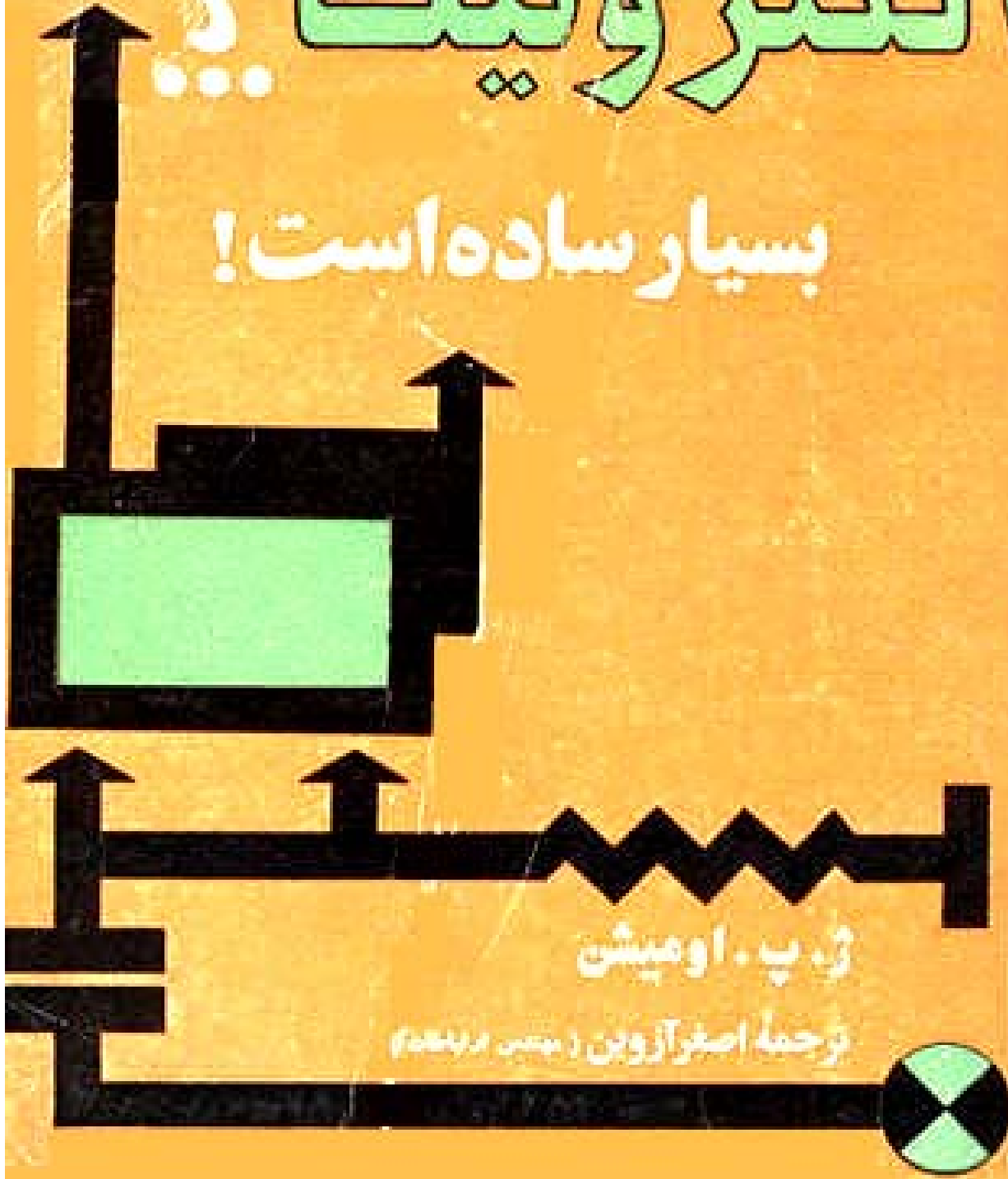


# انکتر و نیک؟

بسیار ساده است!



الکترونیک؟! ... بسیار ساده است!

# تنگستان

۱۳۴۰ - خیابان انقلاب - مقابل دانشگاه - تهران  
تلفن ۶۶۶۶۸۷ - ۶۶۱۸۴۰

ژ. پ. او میشن

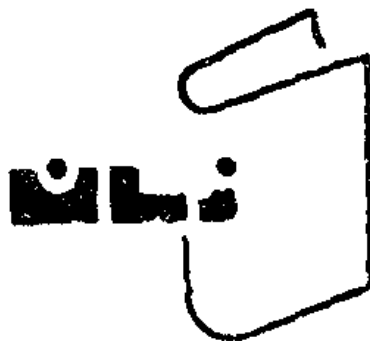
# الکترونیک؟! ... بسیار ساده است!

---

هدفه مبحث سرگرم کننده که به طرز ساده اصول  
الکترونیک و کاربردهای آنرا در صنعت بیان می کند.

---

ترجمه اصغر آزوبین  
(مهندس ارتباطات)



الکترونیک؟... بسیار ساده است!

ژ. پ. ادمیشن

ترجمه اصغر آزوبین

چاپ اول

اسفندماه ۱۳۶۱

۵۰۰ نسخه

چاپ رشیدی

حق چاپ محفوظ و مخصوص کتاب زمان است.

## فهرست

پنج	مقدمه ۱. اسپرنگ
هشت	یادآوری نویسنده
۵۵	مقدمه مترجم
۱۱	معانی لغات

## مبحث اول

۱۹	تماس برقرار می‌شود
۱۹	محافظت نادرست
۲۰	از رادیو به طرف الکترونیک
۲۲	فراگیری اصولی
۲۳	دشواری يك تعريف

## مبحث دوم

۲۵	جذب‌کننده‌های برقی، مغناطیسی و جذب‌کننده‌های نیرو
۲۵	از الکتریسیته به الکتریسیته
۲۸	فشارهای بسیار قوی
۳۰	جذب‌کننده میدان الکتریکی
۳۲	ژیمناستیک خسته‌کننده
۳۳	جذب‌کننده‌های نیرو
۳۵	مسئله قابلیت ارتجاع...
۳۵	اندازه‌گیری تغییرات کم‌مقاومت
۳۷	تأثیر درجه گرما
۳۸	تارهای مرتعش
۳۹	بازهم نیروها را اندازه بگیریم

## مبحث سوم

۴۰	جذب‌کننده‌های شتاب و سلول‌های فتوالکتریک
۴۰	اندازه‌گیری سرعت
۴۱	شتاب
۴۳	شتاب‌سنج با صرفه
۴۴	حالا گوش کنیم
۴۵	برای جایگزینی گرماسنج‌ها
۴۶	تشعشع
۴۷	سلول‌های فتوالکتریک
۴۹	عنصرهای حساس نوری
۵۰	دیودهای نوری
۵۲	چند برابر کننده نور

## مبحث چهارم

۵۵	اندازه‌گیری‌های هسته‌ای و شیمیائی
۵۵	ساختمان اتم‌ها
۵۶	مخلوط ایزوتوپ‌ها
۵۷	قلمروی پارتیکول‌ها
۵۸	اندازه‌گیری تشعشع‌ها
۵۹	شمارگر گایگر
۶۱	اشعه کیهانی
۶۲	برق‌زن
۶۳	کاربرد ایزوتوپ‌ها
۶۴	شیمی الکتریکی ایون‌ها
۶۵	pH
۶۶	اندازه‌گیری pH
۶۸	اختلاف سطح اکسیدی - احیائی
۷۰	روش قدیمی اندازه‌گیری pH

## مبحث پنجم

۷۲	تقویت‌کننده‌های با ترویج مستقیم
۷۲	در جهت فرکانس‌های بالا
۷۴	تصحیح اساسی نیست

۷۵	دامنه فاز نیست
۷۶	دسی بل‌ها
۷۷	نقطه ۳dB
۷۸	وقتی اثر خازن مهم‌تر می‌شود
۷۹	مقاومت کم بار
۷۹	باند گذرا یا ضریب بهره
۸۰	فرکانس‌های پائین
۸۱	پلاریزاسیون‌ها را تغییر بدهیم
۸۲	ارتباط مستقیم
۸۳	جائی که به وسیله یک قوه (باطری) تزویج می‌شود
۸۵	تزویج به وسیله تقسیم‌کننده فشار
۸۶	جبران تقسیم‌کننده فشار
۸۶	جبران به وسیله نقطه اتصال روی مقاومت آند

### مبحث نهم

	سنجش الکتریکی
	کاهش مقاومت ظاهری خروجی
۸۹	مقاومت ظاهری ورودی
۸۹	جریان‌های شبکه
۹۰	لامپ سنجش الکتریکی
۹۱	ضریب بهره در فشار و در توان
۹۲	انحراف
۹۳	دشواری‌های عایقی
۹۴	مقاومت ظاهری خروجی را کم کنیم
۹۵	وضع کار طبقه کاتدین
۹۶	سود مقاومت خروجی کم
۹۹	تشبیه حیوانی
۱۰۰	گسترش به ترانزیستور
۱۰۱	مثال برای طبقه با ارسال‌کننده رام
۱۰۲	ما فوق جمع‌کننده مشترک
۱۰۲	اگر بخواهند پلاریزاسیون خروجی را معکوس کنند
۱۰۵	ترانزیستور = پنتود (بدون ارتباط شبکه پرده)
۱۰۵	مقاومت ظاهری خروجی و مناسب‌ترین بار
۱۰۶	



## مبحث هفتم

علامت‌های مستطیلی	
۱۰۸	برش‌سر، مشتق، انتگرال
۱۰۸	تغییر شکل‌های مطلوب
۱۱۰	يك تغییر شکل پایدار
۱۱۲	ساختن علائم مستطیلی
۱۱۴	کاربرد پایه دوم
۱۱۶	آستانه دوم
۱۱۶	منحنی‌های بسته
۱۱۷	کاربرد قبان اشمیت
۱۱۸	پنود در برابر ترانزیستور؟
۱۱۹	کاربرد کناره‌های تند
۱۲۱	ثابت زمانی
۱۲۳	مدار انتگرال گیرنده
۱۲۴	دندانۀ اره چوب‌بری
۱۲۵	تعریف ریاضی
۱۲۶	مشتق به وسیله يك مدار
۱۲۶	انتگرال
۱۲۷	انتگرال گرفتن به وسیله مدار
۱۲۸	فقط نیستی کامل است

## مبحث هشتم

ضرب و تقسیم فرکانس‌ها	
۱۳۰	چند برابر کردن فرکانس
۱۳۰	راهنمایی به وسیله مدار
۱۳۲	ضرب غیردوره‌ای
۱۳۳	ضرب آبخاری
۱۳۴	تقسیم فرکانس
۱۳۵	ویبراتور چندجانبه
۱۳۵	شرایط اشباع
۱۳۷	همزمانی
۱۳۸	ثبات تقسیم
۱۴۰	تقسیم به عدد زوج
۱۴۱	

۱۴۳	بخش بر ۲
۱۴۴	وضعیت کار يك اكلس - جردان
۱۴۵	آغاز بكار اكلس - جردان
۱۴۶	دیودهایی که سوزن بان نیستند
۱۴۸	توازن اكلس - جردان
۱۴۹	قپان يك ثابتی
۱۵۱	علائم قپان يك ثابتی
۱۵۳	کاربرد يك ثابتی ها
۱۵۴	کاربرد تأخیر اندازها

### مبحث نهم

۱۵۵	تمیز دادن علائم
۱۵۵	تمیز دهنده
۱۵۷	جداسازی بوسیله دامنه
۱۵۸	جددا کننده چند کانالی
۱۶۰	جداسازی بر حسب مدت علامت
۱۶۱	تمیز دهنده شکل موج
۱۶۲	ثابت زمانی

### مبحث دهم

۱۶۴	رله‌ها و موتورها
۱۶۴	مقاومت يك قرقره رله
۱۶۶	فرمان يك رله به وسیله ترانزیستور
	احتیاط‌هایی که برای کار انداختن رله‌ها به وسیله ترانزیستور
۱۶۷	باید مراعات کرد
۱۶۹	محافظت به وسیله دیود
۱۷۰	انتخاب ترانزیستور
۱۷۱	موتور جریان مستقیم
۱۷۳	کلکتور و جارو
۱۷۴	دینامو (نیروزیای جریان مستقیم)
۱۷۵	نیروی ضد محرکه
۱۷۵	زوج
۱۷۶	طرز کار در جریان متناوب

۱۷۸	موتور دو فاز
۱۸۰	میلان دوار
۱۸۱	القاء شده با حلقه‌های اتصال کوتاه
۱۸۲	تغذیه موتورها
۱۸۳	تغذیه موتور جریان مستقیم
۱۸۴	دینامتری تقویت کننده
۱۸۵	فرمان به وسیله تیراترون
۱۸۶	تغذیه با جریان متناوب
۱۸۸	تیراترون‌های نیمه‌هادی (تریستورها)
۱۸۹	بکار افتادن تیراترون
۱۹۰	همزمانی به وسیله برق شهر

### مبحث یازدهم

	مولد مافون صوت
	مدولاتور نور و لیزر
۱۹۳	تحریر کننده‌های ارتعاش
۱۹۳	مافوق صوت‌ها
۱۹۴	مولد مافوق صوت پیزو الکتریک
۱۹۵	پرتوافکن‌های مافوق صوت با توان کم
۱۹۶	پرتوافکن‌های با توان زیاد
۱۹۸	عکس نگار خط به خط (بلینوگراف)
۱۹۹	لیزر
۲۰۰	کاربرد لیزر
۲۰۲	لامپ اشعه کاتودی
۲۰۳	لامپ با حساسیت زیاد
۲۰۴	اسیلوسکوپ با نمونه
۲۰۵	

### مبحث دوازدهم

	شمارش الکترونی
۳۰۹	شمارش مکانیکی
۲۰۹	شمارش دو تادوتا
۲۱۰	شمارش ۴ تا ۴
۲۱۰	شمارش با توان ۲
۲۱۱	قپان محافظ
۲۱۳	شمارش ده تایی
۲۱۴	

۲۱۷	نمایش رقم‌ها
۲۲۰	دکاترون
۲۲۲	محدودیت دکاترون
۲۲۳	شمارش - شمارش معکوس
۲۲۳	لامپ با اشعهٔ صفحه‌ای
۲۲۵	حلقهٔ رجتر
۲۲۸	شمارگر پینس مشخص شده

### مبحث سیزدهم

۲۳۹	مدارهای منطقی و حساب‌های الکترونی
۲۳۰	تبدیل و حساب دوعلامتی
۲۳۲	مدارهای منطقی
۲۳۴	مدار منطقی بدون راه
۲۳۴	بنهم پیوستن مدارهای منطقی
۲۳۶	نمایش الکتریکی اعداد
۲۳۷	نمایش دهنده - جابجا کننده
۲۳۸	جابجائی
۲۳۹	تبدیل موازی - پیاپی
۲۴۰	تبدیل پیاپی - موازی
۲۴۰	جمع موازی

### مبحث چهاردهم

۲۴۳	ضرب‌کننده‌های حسابی و حافظه‌ها
۲۴۵	تفریق
۲۴۶	ضرب
۲۴۷	ضرب‌کنندهٔ دوعلامتی
۲۵۰	قلمروی کاربرد ماشین حساب‌ها
۲۵۲	حافظه‌ها
۲۵۴	حافظه با خطوط وستون‌ها
۲۵۵	حافظه با دیود تونلی
۲۵۷	حافظه برای اعداد پیاپی

## مبحث پانزدهم

۲۵۹	ماشین های فرمان دهنده
۲۵۹	ارسال دوباره وضعیت
۲۶۱	ثبات
۲۶۲	ثبات به وسیله دیناموی سرعتی
۲۶۴	تصحیح به وسیله مشتق
۲۶۴	سیستم های دوسریسته
	مثال برای سیستم تابع:
۲۶۵	تقویت کننده ضدواکنشی
	یک نوع سیستم تابع:
۲۶۶	تقویت کننده ضدواکنشی
۲۶۷	فایده ضدواکنش
۲۶۹	ضریب بهره برابر عکس تضعیف است
۲۷۰	مسئله ثبات
۲۷۲	مونتازهای پائین آورنده مقاومت ظاهری
۲۷۳	مهار سرعت

## مبحث شانزدهم

	حساب کننده های قیاسی
۲۷۵	تقویت کننده های عملی
۲۷۵	خطی بودن یک پتانسیومتر
۲۷۶	پتانسیومتر دوم
۲۷۷	مسئله دقت
۲۷۷	مبدل تونین
۲۷۹	اغتشاش آبخاری
۲۸۰	تقویت کننده های عملی
۲۸۱	جمع
۲۸۳	انتگرال گیرنده
۲۸۴	ضریب کننده قیاسی
۲۸۵	قلمروی محاسبه قیاسی
۲۸۵	ساختن تقویت کننده های عملی
۲۸۶	کاربرد ماشین حساب های قیاسی
۲۸۷	محاسبه در «زمان ساختگی»

## مباحث هفدهم

۲۸۹	مسافرت در اطراف يك رادار
۲۸۹	مانیترون دو آنودی
۲۹۱	مانیترون چند آنودی
۲۹۲	کابل هم مرکز «عایق شده» به وسیله مس
۲۹۳	کلسترون با چندین حفره
۲۹۵	کلسترون «انعکاس»
۲۹۶	جداسازی فرستنده - گیرنده
۲۹۶	ثبات فشار به وسیله دیودز نر
۲۹۷	تغذیه ثابت
۲۹۹	سلسین ها
۳۰۲	کدگذار شماره ای
۳۰۳	ضخ های بسیار بزرگ
۳۰۴	يك نامه از مهندس به مبتدی
۳۰۶	يك نامه از مبتدی به مهندس
۳۰۷	پاسخ مهندس به مبتدی

## مقدمه

اگر ریاضیات را بدرستی، **ملکه علوم** دانسته‌اند، بسیار بجاست که الکترونیک را **ملکه فنون و صنایع** بنامیم.

درواقع اگر در گذشته، **عصر مکانیک** و بعد **عصر الکتریسته** را شناخته‌ایم، عصر ما با جهش شگفت‌آور **الکترونیک** کاملاً مشخص شده است. الکترونیک در همه جا حاضر است، در تمام فعالیت‌های انسانی وارد شده است، انجام کوشش‌های گوناگون را ساده می‌کند و این کار را از باز کردن خودکار درها تا حل کردن پیچیده‌ترین مسئله‌های حساب عملی انجام می‌دهد...

این گسترش سریع **یک تکنیک** را، که در سال ۱۹۰۶ میلادی، با اختراع لی دو فورست *Lee de Forest* از اولین لامپ الکترونی یعنی تریود آغاز شد و او نامش را «**اودیون audion**» گذاشت، چگونه باید تشریح کرد؟ عالمگیر شدن کاربردهای تکنیک به این جوانی را چگونه باید بیان کرد؟

این خواص ذاتی الکترون است که سرنوشت خارق‌العاده این تکنیک جوان را تعیین کرده است. الکترون که جرم بسیار ناچیزی دارد ( $g = 9.1 \times 10^{-31}$ )، دارای بار الکتریکی صرف نظر نکردنی (کولمب  $1.6 \times 10^{-19}$ ) است. الکترون تقریباً آن‌ها به تمام خواص میدان‌های الکتریکی یا مغناطیسی پاسخ می‌دهد. نداشتن مانند «اینرسی»، و «روح حساس» الکترون به آن امکان می‌دهند کارهایی را انجام دهد که همچون فکر کردن نیاز به سرعت عمل دارند. و در نتیجه الکترونیک، قبل از هر چیز، فنی است که هوش را بکار می‌گیرد. در حالی که مکانیک، با جانشینی

عضله‌های انسان، او را از کارهای بدنی که به‌عهده داشت بی‌نیاز کرد، الکترونیک ما را از کارهای بزرگی که نیاز به هوشیاری دارند، معاف می‌سازد، بی‌آنکه غیر از هوشی که بشردارد، چیزچندان زیادتری داشته باشد.

الکترونیک، درحالی‌که با توان بسیار کم کار می‌کند، امکان فرمان‌کارهای بسیار بزرگ را بوجود می‌آورد؛ الکترونیک میکرووات را در خدمت ژینگا-وات و تراوات قرار می‌دهد. به این طریق، سیرموشکها در فضا فرمان داده می‌شود. همانطور که ممکن است مجموعه عملیات یک کارخانه زیرنظم درآید، بهمانگونه که کارهای گوناگون یک موجود زنده اندازه‌گیری می‌شوند، همچنانکه ایون‌های ایجاد شده به وسیله بمباران تشعشع‌های مختلف در یک دستگاه، حساب می‌شوند... تمام این کارها در نتیجه بکارگرفتن دستگاههایی است که همیشه از عنصرهایی مثل لامپ‌های الکترونی، نیمه‌هادیها، مقاومت‌ها، خازن‌ها و سیم‌پیچی‌ها تشکیل شده‌اند.

از این پس چگونه می‌توان، در نیمه دوم قرن بیستم، از اصول اساسی این فن شگفت‌آور بکاربردهائی که روز به روز گسترده‌تر می‌شود، بی‌خبر بود؟ برای راه‌یافتن به شناسائی الکترونیک، برای بررسی امپراطوری جادویی آن، یک راهنمای آگاه و مطمئن لازم است. اثر حاضر از همین گونه است.

هیچکس بیشتر از دوست من ژ.ب. او میشن برای نوشتن این کتاب صلاحیت نداشت. او که مهندس یکی از مؤسسات پایه‌ای الکترونیک است، تجربه‌های صنعتی استواری دارد. درحالی‌که در انستیتوی عالی الکترونیک شمال «در فرانسه» تدریس می‌کند، شگفتن هنرآموزش را که از پدر به ارث برده، به چشم دیده است، پدر او نیز استاد کالج فرانسه و مخترع نامی هلیکوپتر است. ژ.ب. او میشن که چیزهایی برای گفتن دارد و می‌داند چگونه آنها را به روشنی بیان کند، نویسنده بررسی‌ها و اثرهای بیشماری است که بطور بسیار مؤثر برای تربیت نسل کنونی تکنیسین‌ها بکار رفته‌اند.

اشاره به این مطلب برای آنست که روشن شود با چه آسانی، و می‌توان تأیید کرد که به‌عنوان سرگرمی، اثر حاضر را نوشته است و در آن باوام گرفتن «که در این باره او را تمام و کمال تقدیس می‌کنم» دو شخصیتی که سالها پیش به وجود آورده بودم، «مهندس» و «مبتدی» را طوری به گفتگو کشانده که با خوشوقتی اطلاعات اساسی الکترونیک را نشان می‌دهند.

با این کار، او بهیچوجه به عبور سطحی از فن جدید اکتفا نمی‌کند بلکه برعکس، درحالی‌که با جرأت دشوارترین مسائل را پیش می‌کشد، خواننده را وارد ژرف‌ترین و پیچیده‌ترین پیچ‌وخم‌های الکترونیک می‌کند.



این اثر از این نظر بیشتر و بهتر از يك کتاب آموزنده، سود بزرگی برای الکترو-  
نسیپنها خواهد داشت که آنها هم برای بهتر منظم کردن شناسائیهای دقیقی که  
در جریان دیگر گونی بزرگ این فن بدست آورده اند، نگرانند.

طرز بیان مطالب، يك خط منطقی را تعقیب می کند که فهمیدن و جذب  
آن را بسیار آسان می کند. کتاب با «جذب کننده ها»، همان دستگاههایی که  
کمیت های با طبیعت گوناگون را به علائم الکتریکی «برگردان» می کنند، آغاز  
می شود. سپس روش های گوناگون تغییر شکل مشخصات علائم یعنی دامنه،  
شکل و فرکانس آنها مورد بررسی قرار گرفته اند. در آخر، که جالب ترین بخش  
گفتگوی دوستان جوان ما هم هست، نویسنده هزارویک روش برای کاربرد  
علائم تغییر شکل یافته نشان می دهد.

گفتگوها که بانکته های شوخی در آمیخته اند (این شوخی ها در خواننده  
تمددی ایجاد می کند که فرا گرفتن را برایش آسان می سازد، همانگونه که  
قطره های روغن حرکت چرخ ها را در يك دستگاه مکانیکی آسان تر می کند) یا  
تصویرهای شاد حاشیه که دست آورده نر خانم ژ. پ. او می شن است زینت یافته اند  
و این خود نمونه کاملی از همکاری يك زوج است.

اکنون که این اثر عالی به وجود آمده است، با نقل عین ضرب المثل قدیمی  
«هیچکس مجاز به ندانستن قانون نیست»، با استدلال می توان تأیید کرد که  
هیچکس مجاز به ندانستن الکترونیک نیست.

۱. اسپرگ

## یادآوری نویسنده

اصل این کتاب بطور ساده همان چیزی است که دانشجویان «ساده نویسی» می گویند.

با فرا گرفتن مطالب پایه‌ای فن رادیوالکترونیک در کتاب «رادیو...» بسیار ساده است»، کتابی که نویسنده کتاب حاضر همیشه بزرگترین ستایش و احترام را نسبت به آن داشته است، یک روز این فکر به خاطرمان رسید که برای یکنفر از دوستان طرز کار یک دستگاه فرمان دهنده را با همین روش توضیح بدهیم. از آنجا برای سرگرمی خودمان تقلید کوچکی از آن بعمل آوردیم، فقط یک گام بود... که به چابکی برداشتیم. چقدر سرگرم کننده بود که «مبتدی» و «مهندس» را بطور قاچاق و مخفیانه از پدر روحانی آنها دوباره زنده کرده بودیم.

این سرگرمی بسیار ساده تر شده بود چون منظور ما تقلید از یک روش اصیل و بسیار جالب بود. نویسندگان بی شماری از ویکتورها گویا آناتول فرانسه تقلید کرده اند، در حالی که تقلید از یک روش بی رونق که در اصل ارزش ادبی ندارد، غیر ممکن است.

وقتی متن کتاب نوشته شد و به وسیله نقاشی های حاشیه که به دست همسر نویسنده کشیده شده بود و تا حدودی با روش مرحوم گیلاک مطابقت داشت کاملتر گردید، تمام آن برای آقای اسپرگ فرستاده شد و نویسنده با نوعی پریشانی منتظر واکنش او شد. حدس می زنید که این واکنش باور نکردنی بود،

زیرا نتیجه آن کتاب حاضر است. آقای اسپرنگ نویسنده را به خاطر استفاده از شخصیت‌های کتابش «همانطور که خود او می‌خواست» ستایش کرد. نویسنده هنگام نوشتن فصل‌های گوناگون، با استفاده از راهنمایی‌های و توصیه‌های پدر واقعی مبتدی و مهندس، مشاهده کرد که کاملاً نمی‌تواند «همانطور که خود او می‌خواست» رفتار دو همکار ما را تغییر دهد. مبتدی و مهندس گذشته‌ای دراز دارند «اگرچه همیشه جوان مانده‌اند» و در سال‌هایی که پیش از دونسل رادیو الکترونیک و بعد الکترونیک را بطور درخشان پرورش داده‌اند، شخصیت آنها آشکارا ثابت شده است.

بنابراین نویسنده در وضع کارگردانی قرار گرفت که می‌تواند به هنرپیشگان بزرگ فیلم یا تئاتر خود نکاتی را گوشزد کند، اما نمی‌تواند طرز فکر خود را کاملاً به آنها تحمیل کند. وانگهی چنین پدیده‌ای تازگی ندارد زیرا بسیاری از نویسندگان داستان، چندین بار احساس کرده‌اند که زیر تأثیر شخصیت‌های داستان خود قرار گرفته و دنباله‌روی آنها شده‌اند در حالی که گمان می‌کردند بر آنها تسلط مطلق دارند.

در این شرایط، تنها راه حل، برای نویسنده، این بود که دو همکار خود را تا حد امکان آزاد بگذارد و از آن بعد، نوشتن فصل‌های گوناگون بی‌نهایت آسانتر شد. نویسنده احساس کرد بیش از بیست سال جوان شده است و به دوره‌ای رسیده است که مبتدی و مهندس رادیو را به او یاد می‌دادند. به همین دلیل است که نقاشی‌های حاشیه باشکوه همکاری کشیده شد که درست همسال همکاران کتاب «رادیو؟... بسیار ساده است!» هستند زیرا چنین شخصیت‌هایی تا ابد جوان می‌مانند.

چیزی که نویسنده قبل از هر چیز آرزو مند است، اینست که در جریان کار خود به اشاره‌ها و توضیح‌های مبتدی و مهندس خوب گوش کرده باشد. اگر این کار را کرده باشد، این دو چهره بزرگ را که برای تمام الکترونیک‌ها اینقدر آشناست، تغییر نداده است و در این حال کار خود را رضایت بخش خواهد یافت، زیرا، یک بار دیگر، این دو شخصیت برای هزاران نفر جوان «در هر سنی که باشند» دسترسی به جهان زیبا و تازه‌ای را که الکترونیک است، آسان خواهد ساخت.

ژ. پ. او میشن

## مقدمه مترجم

«الکترونیک؟... بسیار ساده است!» کتابی است که به شیوه سه کتاب دیگر، رادیو، تلویزیون و ترانزیستور که در همین مجموعه منتشر شده اند نگاشته شده است و تمام مطالب لازم برای دست یابی به آگاهی‌های پایه‌ای دانش الکترونیک را داراست. اگر چه نگارنده کتاب با نویسنده سه کتاب دیگر فرق دارد با اینحال تا آنجا که توانسته است از روش وی پیروی کرده است.

بطور کلی خواننده با مطالعه این کتاب درخواهد یافت که فهمیدن مطالب آن نیاز به دقت بیشتر و دوباره خوانی‌های زیادتر دارد چرا که هم مطالب از گوناگونی ویژه‌ای برخوردارند و هم پدیده‌ها را با دید ژرفتری بررسی کرده‌اند و اگر در نظر بگیریم که بسیاری از این پدیده‌ها، و یا دست کم کاربرد الکترونیک در اندازه‌گیری و یا نموداری آنها، کاملاً تازه‌گی دارد، انگیزه نیاز به دقت بیشتر در مطالعه کتاب روشن می‌شود.

کتابی که اکنون در دست دارید برگردانی است از چاپ دوم کتاب از زبان فرانسوی «زبان اصلی نویسنده» و بدروال سه کتاب دیگر کوشش شده است کلمه‌های معادلی که تا حد امکان رسا باشند بجای کلمه‌های فرانسوی (یا انگلیسی) بکار گرفته شوند که برای آگاهی بیشتر خوانندگان در آغاز کتاب این کلمه‌ها و معادل آنها آورده شده‌اند.

امید است که این کتاب مورد توجه و استفاده علاقمندان قرار گیرد.

مهندس اصغر آزوبین

## کلمات مبحث اول

Capteur	جذب کننده	منظور دستگاهی است که پدیده‌ای (اعم از مکانیکی، الکتریکی، گرمایی و غیره) را که باید بعداً بکار برود، آشکار بشود و یا اندازه‌گیری بشود، می‌گیرد.
Restituteur	پس‌دهنده	منظور بخشی از دستگاه است که از اعلام الکتریکی داده شده به دستگاه، عملی را که انتظار می‌رود بدست بدهد.
Debit	بده	منظور مقداری از یک پدیده یا عنصر است که در یک ثانیه می‌گذرد.
Système bouclé	دستگاه دوسر بسته	منظور دستگاهی است که خروجی آنرا به ورودی اش وصل کرده باشند.

## کلمات مبحث دوم

Vibrateur	ویبراتور (مرتعش‌شونده)	دستگاهی است که در نتیجه ارتعاش، مداری را قطع و وصل می‌کند و در نتیجه، جریان مستقیم را با قطع و وصل‌های مناسب به جریان متناوب تبدیل می‌کند. در اینجا منظور دستگاهی است که از نظر الکتریکی ارتعاش یا نوسان‌های گوناگونی می‌گیرد و یا پس می‌دهد.
-----------	------------------------	---

منظور دستگاهی است که از یک رشته سیم بسیار نازک بشکل زیگزاگ (۸۹۷) تشکیل شده است که وقتی به آن فشاری وارد شود (چه در جهت کشش سیم باشد و یا در جهت فشردن آن) مقاومتش تغییر می کند.

Jauge de Contrainte اندازه گیر فشاری

### کلمات مبحث سوم

منظور مداری است که روی اختلاف یا کاهش دینفرانسیلی-اختلافی یا کاهش Différenciateur دو مقدار (مثلا فشار یا جریان) کار می کند.

میکروفنی است که برای شنیدن صدا در زیر آب Hydrophone میکروفن آبی-هیدروفن بکار میرود.

میکروفنی است که برای شنیدن صداهائی که در خاک انتشار می یابند، بکار می رود. Géophone میکروفن خاکی-ژئوفن

منظور نیروی برقی است که دو فلز (یا نیمه هادی) Couple thermo - électrique زوج گرمائی-الکتریکی متفاوت و متصل بهم که در نقطه اتصال گرم شوند بوجود می آورند.

منظور مقاومتی است که وقتی زیر تابش نور قرار می گیرد از مقدار آن کاسته می شود و هرچه شدت تابش نور زیادتر باشد، کاهش مقاومت بیشتر است. Photo - resistance مقاومت نوری

در اینجا تجزیه گاز به دو ایون زیر تأثیر جریان (یا Ionisation ایونیزاسیون برخورد) الکترون هاست.

### کلمات مبحث چهارم

منظور تقویت کننده ایست که با یک دستگاه اندازه- تقویت کننده سنجشی Amplificateur électromètre گیر و وصل بوده با هم، برای اندازه گیری مقادیر ضعیف (جریان و فشار) بکار می روند.

شمارگر Compteur

منظور دستگاهی است که یک بلور یا پلاستیک Scintillateur مخصوص در آن بکار برده شده که بمحض برخورد

Inattaquable	حمله نکردنی	پادتیكول هسته‌ای برق کوچکی از آن می‌جهد. در اینجا منظور الکترونی است که در محلولی قرار گرفته و نمی‌تواند با آن ایون مبادله کند (فقط الکترون با آن مبادله می‌کند).
--------------	-------------	--

### کلمات مبحث پنجم

Correction	تصحیح	در اینجا منظور موثری است که برای جبران تضعیف ایجاد شده به وسیلهٔ عنصرهای يك مدار بکار می‌رود.
Tension de Souffle	فشاردهش	فشار متناوب و غیر منظمی که در دوسرلاپ نئون علاوه بر فشار مستقیم وجود دارد.

### کلمات مبحث ششم

Electrometrie	سنجش الکتریکی	در اینجا منظور استفاده از دستگاه‌های سنجشی است که همزمان با اندازه‌گیری تقویت را هم انجام می‌دهند.
Dérive	انحراف	منظور تغییر شکل ایجاد شده در جریان خروجی لامپ اول تقویت‌کننده ذم‌وقعی است که هیچ فشاری به ورودی گذاشته نشده است.
Asservi Générateur	رام نیروزا (مولد)	

### کلمات مبحث هفتم

Ecrétage	برش سر	منظور بریدن سرعلائم الکتریکی از حد بالائی آنست که دامنهٔ آنرا به مقدار معینی محدود می‌کند.
Front	جبهه	منظور کناره‌های صعودی و نزولی منحنی‌های نمایش تغییرات علائم است.

Basculement	توازن	منظور وضع زیاد و کم شدن دو مقدار است که زیاد شدن یکی همراه با کم شدن دیگری و بالعکس است. مثل حالت توازنی که در قیاس ایجاد می شود.
Bistable	دو ثابتي	منظور مداری است که در دو حالت ثابت است.
Flanc	کناره	منظور کناره های صعودی و نزولی منحنی تغییرات جریان یا فشار است.
Crête	قله راس	منظور نقطه ایست که در آن حداکثر جریان یا فشار وجود دارد.
Top	جهش	منظور جهش ناگهانی یک علامت (جریان یا فشار علامت) است.
Palier	سیر (گردش)	در اینجا منظور بخش های غیر عمودی در منحنی تغییرات (فشار یا جریان) است.

#### کلمات مبحث هشتم

Pilotage	راهنمایی	منظور کار فرکانسی است که به یک مداد نوسانی داده می شود تا آنرا برای ساختن فرکانسی چند برابر راهنمایی کند.
Multivibrateur	ویبراتور چندجانبه	
Bistable	دو ثابتي	منظور مونتاژی است که می تواند در دو وضعیت ثابت باقی بماند به این ترتیب که وقتی در یکی از این دو وضعیت است تا موقعی که عاملی موجب تغییر وضع آن نشود به همان حال باقی خواهد ماند.

#### کلمات مبحث نهم

Discriminateur	تمیز دهنده	منظور دستگاهی است که با کار روی یکی از مشخصه های علائم امکان جدا کردن یا تمیز دادن دو علامت مختلف از هم را بوجود می آورد.
----------------	------------	---



Univibrateur      ویراتوریک جانبیه

**کلمات مبحث دهم**

**Polarisé**      در اینجا منظور دلهائی هستند که جهت عبود جهت دار جریان دققره آنها تأثیر دارد و موجب می شود که تیغه به یک طرف و یا وقتی جریان برعکس شد به طرف مقابل جذب شود.

**کلمات مبحث یازدهم**

**Servomecanisme**      ماشین فرمان دهنده      منظور ماشینی است که برای فرمان دادن به سیستم دیگری بکار می رود.

**Belinographe**      عکس نگار خط به خط      منظور دستگاهی است که از اسال عکس یک سند را به فاصله دور به روش خط به خط امکان پذیر می کند.

**کلمات مبحث پانزدهم**

**Stabilisation**      ثبات      در اینجا منظور ثبات دستگاه فرمان داده شده هنگام نزدیک شدن به وضعیت مطلوب است.

**Dynamo tachymétrique**      دیناموی سرعتی      دینامومی است که فشار الکتریکی ایجاد شده به وسیله آن متناسب با سرعت آنست.

**Bouclé**      دوسر بسته      منظور دستگاهی است که خروجی آن به ورودیش متصل می شود و به این ترتیب دست کم بخشی از فشار خروجی به ورودی برمی گردد.

**Tension d'erreur**      فشار اشتباهی      منظور اختلاف فشار بین دو پتانسیومتر و یا اختلاف بین فشار مقایسه شده و فشار مرجع است.

**Asservi**      تابع      منظور سیستمی است که زیر فرمان یک ماشین فرمان دهنده قرار گرفته است.

**Atténuation**      تضعیف

**Asservissement**      مهار      منظور در اختیار گرفتن یک پدیده است.

### کلمات مبحث شانزدهم

Analogique	قیاسی	
Calculateur	ماشین حساب	
Operationnel	عملی (عمل کننده)	در اینجا منظور تقویت کننده های با توزیع مداوم است که ضریب بهره و مقاومت ورودی آنها بسیار بزرگ و مقاومت خروجیشان کم است.
En cascade	آبشاری	در اینجا منظور قرار گرفتن چند عنصر (مثلا پتانسیومتر) بدنبال هم است که وقتی اشتباه محاسبه در یکی پیش می آید بدنبال هم اضافه می شود.
Fictif	ساختگی (تصوری)	در اینجا منظور بوجود آوردن زمانی است که بعداً خواهد آمد (بطور ساختگی) که مثلا برای محاسبه فرسودگی یک دستگاه می توان با دست کردن نمونه ریاضی آن این زمان را پیشاپیش تعیین کرد.

### کلمات مبحث هفدهم و نهمه ها

Cable Coaxial	کابل هم مرکز	منظور کابلی است که دو سیم دارد سیم بیرونی بصورت ورقه ای استوانه شکل است و سیم درونی در مرکز قاعده این استوانه قرار دارد.
Aiguillage	جداسازی	در اینجا منظور جدا کردن مسیر فرکانس گیرنده (گرفته شده به وسیله آنتن) از مسیر فرکانس فرستنده (فرستاده شده به وسیله همان آنتن) است.
Encodeur	کدگذار	
Digital	شماره ای (رقمی)	
Duplexeur	دوجبهت کننده	منظور دستگاهی است که فرکانس های فرستنده و گیرنده را به دوجبهت وابسته راهنمایی می کند.

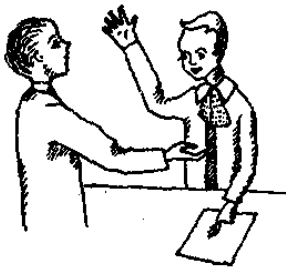
الکترونیک؟... بسیار ساده است!

## مبحث اول

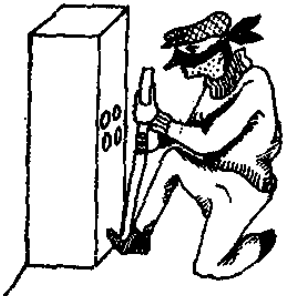
کوشش مبتدی برای ساختن يك دستگاہ دزدگیر الکترونی تا حدودی با شکست روبرو شده است. مهندس نقص‌های دستگاہ را به او نشان می‌دهد و راه حل بهتر را برایش مشخص می‌کند. اما مبتدی، برای کاربرد آن، باید دانش الکترونیک خود را کاملتر سازد، مهندس، پس از تعریف کردن الکترونیک، به او توصیه می‌کند آنچه را که تا بحال در مورد رادیو می‌داند، دوباره از نظر بگذراند تا برای گفتگوهای که از این پس می‌آیند، آمادگی داشته باشد.

## تماس برقرار می‌شود

### محافظة نادرست



**مبتدی** - آه! سلام آقای مهندس، بالاخره آمدید!  
**مهندس** - سلام آقای مبتدی، چرا گفتید بالاخره؟ با اینحال دیر هم نیامده‌ام.  
**مبتدی** - نه، اما می‌دانید برای دیدار شما خیلی بی‌تاب بودم. فقط شما هستید که می‌توانید توصیه سودمندی به من بکنید... در عین حال هم خوشحالم و هم بسیار ناراحت، زیرا دستگاہ من کار نمی‌کند، اما دستگاہ جالب و...  
**مهندس** - نمی‌توانید کمی روشن‌تر صحبت کنید؟ از حرف‌هایی که می‌زنید مطلقاً چیزی نمی‌فهمم.



**مبتدی** - بسیار خوب، تعریف می‌کنم. یکی از دوستانم که جواهر فروشی دارد، چند روز است از من خواسته دستگاہی برایش درست کنم که در برابر دزدها او را محافظت کند. بله، دستگاہ بزرگ و حساسی نمی‌خواست. از صحبت‌هایی که می‌کرد دستگاہ ساده‌ای می‌خواست که خطر دزدی را برای مغازه او کمتر کند. چیز کمی که در گاوصندوقش نگه می‌دارد، ایجاب نمی‌کند که يك دستگاہ پیچیده و گرانبها نصب کند و از من پرسید که می‌توانم اینکار را برایش بکنم یا نه.  
**مهندس** - کار جالبی است. امیدوارم پذیرفته باشید؟  
**مبتدی** - البته. اما لازم بود راهی پیدا کنم که وجود دزد احتمالی را آشکار کند. بنا بر این فکر کردم از يك میکروفن استفاده کنم...  
**مهندس** - اوه...!

**مبتدی** - مثل اینکه چندان موافق نیستید. در واقع می‌بایست قبل از آغاز به کار با شما مشورت می‌کردم. نزدیک صندوق يك میکروفن نصب کردم که به يك تقویت‌کننده وصل است و در خروجی تقویت‌کننده بجای بلندگو يك رله گذاشتم که به وسیله يك یکسوساز بکار می‌افتد (شکل ۱) و يك زنگ را در خانه دوستم که سه طبقه بالای مغازه قرار دارد به کار می‌اندازد.

**مهندس** - این فکر بخودی خود احمقانه نیست، اما اصلاً باور نمی‌کنم که دستگاہ شما مؤثر باشد. آیا آزمایشش کردید؟

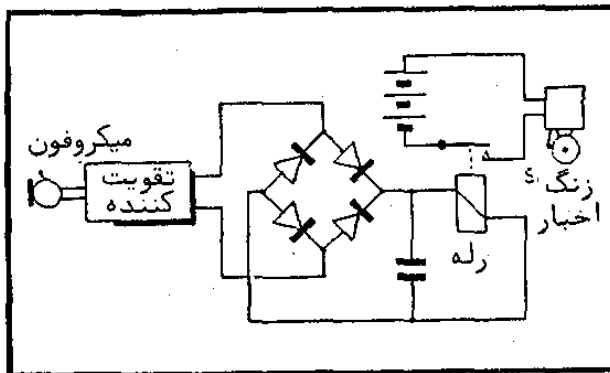
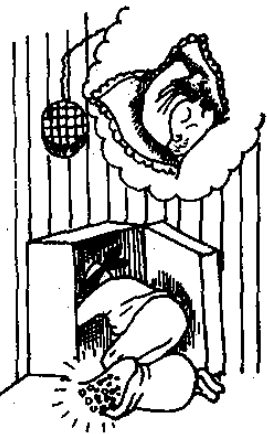
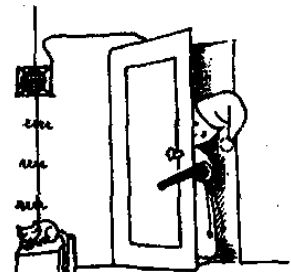
**مبتدی** - البته. کار را با وانمود کردن اینکه می‌خواهم به صندوق دستبرد بزنم آغاز کردم، رله بکار افتاد. خیلی خشنود بودم، همه چیز کامل به نظر می‌رسید.

شب تمام دستگاه را بکار انداختم و... دوستم تمام شب را نخواهید.  
**مهندس** - آه از همینجا متوجه مطلب شدم. دوستان در تمام شب چندین بار  
 بی صدا و سر تا پا غرق اسلحه از خانه اش پائین آمده و به مغازه رفته... چون يك  
 اتومبیل مقابل ساختمان او به سختی ترمز کرده و یا گریه ای در جواهر فروشی گذاشته  
 و در را بسته بودند.

**مبتدی** - اگر جنبه شوخی آن را کنسار بگذاریم، تقریباً همینطور است؛  
 بخصوص وقتی که یادم می آید فردای آن شب دوست من درباره گنجایش من، نبوغ  
 من در اختراع، آینده ام در رادیو... چه حرفها زد.

**مهندس** - مبتدی بیچاره ام، این موضوع را بخوبی میتوانم تصور کنم.  
 از این گذشته، خوب توجه داشته باشید که دستگاه شما، که بخصوص بی موقع بکار  
 می افتد، ممکن است در دزدی های شبیه به همین حالتها واکنشی از خود نشان ندهد.

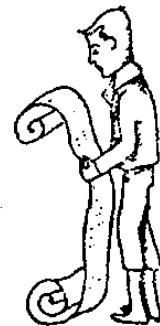
**مبتدی** - آه، نه! غیر ممکن است چون خودم آن را بررسی کردم.  
**مهندس** - آقای مبتدی شما که دزد نیستید. بنابراین درباره کاری که يك  
 دزد هنگام ورود شبانه به يك محل انجام می دهد کمی فکر کنید چون او کوشش می کند  
 تا حد امکان کمترین سروصدا را ایجاد کند. وقتی جلوی صندوق رسید، بسد نیال  
 دستگاه محافظ می گردد و چون ممکن نیست میکروفن شما را ببیند، باشتاب آن  
 را در پوششی می پیچد تا صدا به آن نرسد. ممکن است در این کار موفق بشود.  
 نه، حرفم را باور کنید، جذب کننده خودتان را بدان انتخاب کرده اید.

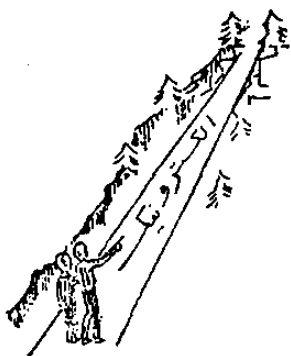


شکل ۱- صدائی که در برابر میکروفن  
 ایجاد شود، پس از تقویت به وسیله  
 تقویت کننده و آشکارسازی، مدار رله  
 را می بندد و به این ترتیب (اساساً)  
 جواهر فروش را با خبر می کند که يك  
 نابکار مشغول دستبرد زدن به گاو صندوق  
 اوست (یا متأسفانه! صدای مزاحم  
 دیگری موجب اینکار شده است)

### از رادیو به طرف الکترونیک

**مبتدی** - منظورتان از «جذب کننده» چیست؟  
**مهندس** - ببینید آقای مبتدی، در تمام دستگاه های الکترونی، يك بخش  
 وجود دارد که «جذب کننده» نامیده می شود (شکل ۲) که پدیده ای را که باید مورد  
 استفاده، آشکار شدن یا اندازه گیری قرار گیرد... جذب می کند. بخش دیگری علامت  
 الکتریکی تهیه شده به وسیله جذب کننده را می گیرد و آنها را به علامت های دیگری  
 که مشخصات مورد نظر را داشته باشند تبدیل می کند. این بخش را «مبدل» می نامند.  
 اما در اینجا این نام معنی کلی تری از آنچه برای شما آشناست دارد. دریایان بخش





آخر، «پس دهنده» است که از علائم الکترونیکی تبدیل شده، عملی را که از مجموع دستگاه انتظار می‌رود، انجام می‌دهد.

**مبتدی** - تمام مطالب بینهایت پیچیده است. ترجیح می‌دهم یک مثال خوب و واضح بزنید.

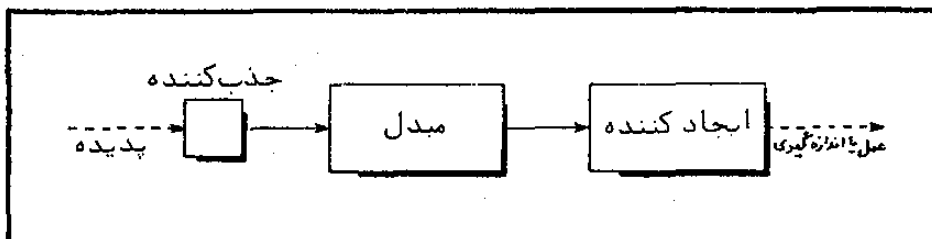
**مهندس** - بسیار خوب. در دستگاه شما، جذب کننده میکروفرن بود که پدیده‌ای را که باید آشکار ساخت (صدا) به علائم الکترونیکی «تعبیر یا برگردان» می‌کند. مبدل شما تقویت کننده‌ای بود که توان علائم را که به وسیله میکروفرن جذب کننده شما تهیه شده، بالا می‌برد. پس دهنده رله و دستگاه خیر دهنده بود.

**مبتدی** - اما چگونه می‌توانستم صدای را به غیر از میکروفرن با چیز دیگری جذب (طبق اصطلاح شما) کنم؟

**مهندس** - آقای مبتدی نباید صدای را بکار می‌بردید بلکه چیز دیگری مثلاً قطع کردن یک رشته اشعه نورانی به وسیله دزد را بکار می‌گرفتید. ترجیح دارد که از اشعه ماوراء قرمز استفاده کنید تا او چیزی نبیند و احساس نکند که متوجه ورود او شده‌اند و به کمک یک سلول فتوالکترونیک...

**مبتدی** - آقای مهندس رحم کنید! من با هیچکدام از این‌ها آشنائی ندارم. اشعه ماوراء قرمز، سلول فتوالکترونیک، این وسائل وحشتناکند! باید دست کم دوره فیزیک عمومی را تمام کرده باشم تا بتوانم چیزی از آن‌ها بفهمم... و باور کنید که این کار یک شب نیست!

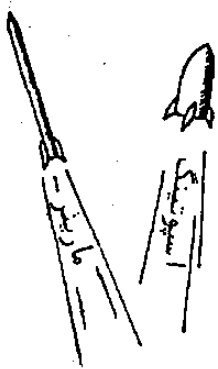
**مهندس** - آقای مبتدی اشتباه نکنید. می‌توانید الکترونیک را کاملاً بفهمید بی آنکه تحصیلات مشکل و مفصل دانشگاهی داشته باشید. آگاهی‌هایی که از رادیو دارید، می‌توانند کمک بسیار زیادی به شما بکنند. از اینهم قدم فراتر



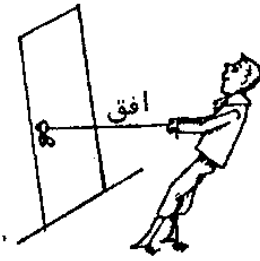
شکل ۲- تمام دستگاههای الکترونیکی یک جذب کننده دارند که پدیده مورد بررسی را به علائم الکترونیکی برگردان می‌کنند که قابل کاربرد در بخش «مبدل» باشد. این مبدل علائم خروجی را به «پس دهنده» می‌دهد که باید کار مورد نظر را انجام دهد و یا اندازه‌گیری را ممکن سازد.

می‌گذارم و می‌گویم نه تنها می‌توانید الکترونیک را بفهمید. بلکه باید آنرا بفهمید. شما جوانید، پس با زمان خودتان زندگی کنید. در عصر ماهواره‌ها، انعکسهای رادار روی کره زهره، ماشین حسابهای برنامه‌ای، پژوهشهای هسته‌ای و الکترونیک صنعتی، دیگر نمی‌توانید به فن رادیو اکتفا کنید. باید افق خودتان را وسیع تر کنید...

**مبتدی** - چه سخنان زیبایی! احساس می‌کنم که در کاخ شاهان زندگی می‌کنم. اما از یک نظر حق باشماست و به همین جهت کاملاً آماده‌ام مطابق گفته بسیار بجای شما «افق خودم را وسیع تر کنم». از کجا باید آغاز کرد؟ امیدوارم درباره ریاضیات با من صحبت نکنید...



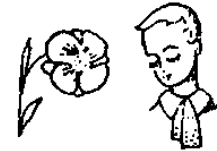
**مهندس** - نه، مطمئن باشید. اگر آگاهی شما در ریاضیات کمی بیشتر شود (که باز هم چندان زیاد نخواهد شد) امکان می‌دهد که پدیده‌ها را بهتر بشناسید؛ اما به عقیده من، یک فرمول یا یک برابری (معادله) هرگز بیان‌کننده طرز کار یک دستگاه نبوده‌اند، پیش از آنکه جبر در کار دخالت داده شود، باید از نظر فیزیکی فهمید که طرز کار چگونه است.



اما برای اینکه به پرسش شما پاسخ داده باشم، به شما توصیه می‌کنم که از آغاز... شروع کنید، یعنی از جذب‌کننده‌های مختلف.

**مبتدی** - بفرمائید! بمن بگوئید یک سلول فتوالکتریک چگونه کار می‌کند در نتیجه جذب‌کننده‌ها را کاملاً فرا می‌گیرم.

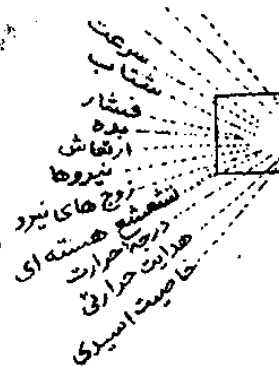
**مهندس** - شما چنان متواضعید که تواضع گل بنفشه در برابر تان هیچ است... وقتی دانستید سلول فتوالکتریک چگونه کار می‌کند (که تازه تنها وسیله حساس در برابر نور نیست که الکترونیسمین‌ها آنرا بکار می‌برند). نمی‌توانید ادعا کنید که در باره جذب‌کننده‌ها «همه چیز» را می‌دانید. انواع آنها آنقدر زیاد است...



**مبتدی** - اما غیر از نور و صدا چه چیز را می‌شود جذب کرد؟

**مهندس** - در واقع تعداد کمی چیزهای دیگر هم هست مانند سرعت، شتاب، فشار، دبی (بده)، ارتعاش‌ها، نیروها، زوج‌های نیرو، تشعشع‌های هسته‌ای، درجه گرما، هدایت گرمایی، خاصیت اسیدی، رطوبت،...

**مبتدی** - رحم کنید آقای مهندس! دیگر نگوئید! وحشتناک است! هیچوقت موفق به فهمیدن کار جذب‌کننده‌های وابسته به آنها نمی‌شوم. بهتر است فوراً از اینکار دست بکشم.



### فراگیری اصولی

**مهندس** - کاملاً اشتباه می‌کنید. شش ماه پیش وقتی فرا گرفتن زبان انگلیسی را آغاز کردید، از اینکه ممکن است چهار هزار کلمه یاد بگیرید ولی نتوانید گفته‌های شکسپیر را بفهمید، از اول ناراحت شدید؛ قطعاً وقتی کسی بدین شما باشد، می‌خواهد تمام مطلب‌های وابسته به یک موضوع را بداند. اما اگر بتوانید تعدادی از این جذب‌کننده‌ها و روش کاربرد آنها را بدانید، باز خیلی خوب است.

**مبتدی** - حالا درست شد. برای من از الکترونیک صحبت می‌کنید که برای مردم عادی خوب است...

**مهندس** - آقای مبتدی بالاخره چه وقت «عقده ریاضیات» شما از بین می‌رود؟ به نظر شما رادیویی که برای تان گفتم به درد مردم عادی می‌خورد؛ راستی اینطور فکر می‌کنید؛ باور کنید که می‌توانم چیزهای جالب و زیادی در الکترونیک بشما بیاموزم. که از آن پس با خواندن مجله‌ها، کتاب‌ها و بخصوص با کارهای عملی می‌توانید دانش خودتان را کامل کنید. ابتدا برای فهمیدن حرف‌های من. چندان دچار زحمت نمی‌شوید و پس از چند گفت‌وگو بین خودمان. از فهمیدن بسیاری از نوشته‌ها که اکنون برایتان کسل‌کننده است شکفت زده خواهید شد.



**مبتدی** - در واقع حق باشماست. درباره این جذب‌کننده‌ها آگاهی‌هایی بمن بدهید و آنوقت من الکترونیک را می‌دانم، چون در واقع الکترونیک همان رادیو است.



## دشواری يك تعريف

**مهندس** - بهیچوجه موافق نیستم! اگر میل دارید می توانید بگوئید رادیو جزئی از الکترونیک است. الکترونیک از آن آغاز شده است، کسانی رامی شناسم که در رشته الکترونیک کاری کنند و در مدت ده سال نه به آنتن دست زده اند و نه به بلندگو و یا میکروفن.

**مبتدی** - پس قبل از اینکه از مطلب دور شویم، الکترونیک را چگونه تعریف می کنید؟

**مهندس** - این حرفتان درست! باید بگویم که من هم دنبال همین کار بودم... ببینید آقای مبتدی، سؤال ناراحت کننده ای کردید. کوشش می کنم به شما پاسخ بدهم و می گویم که الکترونیک فنی است که حرکت بارهای الکتریکی را در ملاءهای دیگری غیر از فلزات (مثلاً خلاء، گازهای با ایونیزاسیون و نیمه هادی ها) مورد کاربرد قرار می دهد و با آنکه روی الکتروسیسته تقریباً «به حالت خاص» کاری کند، مانند (اینرسی) رانندگی می گیرد. برقراری یا قطع يك مدار برقی با وسایل معمولی، مستلزم جابجائی دو رسانای جرمدار برای وصل کردن بهم یا جدا کردن از هم است. اینکار مدتی وقت می گیرد. اگر روی بارهای الکتریکی عمل شود، که عملاً بدون جرم هستند، این کار را خیلی تندتر می توان انجام داد.

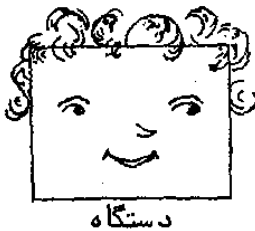
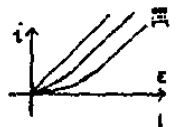
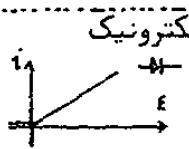
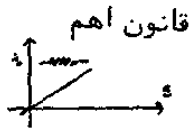
زمان در الکترونیک مفهوم کاملاً خاصی دارد یعنی آنرا به صورت میکروثانیه (Ms) در نظر می گیرند که يك میلیونیم ثانیه است. حتی نانوثانیه (Ns) را که يك میلیاردم ثانیه است بکار می برند. بالاخره گمان می کنم می شود گفت که الکترونیک از جایی آغاز می شود که قانون اهم تمام می شود.

**مبتدی** - ولی اینکار امکان ندارد! در يك تقویت کننده (که بهر حال الکترونی است) مقاومت های زیادی وجود دارند که از قانون اهم پیروی می کنند!

**مهندس** - چیزی را که من نگفتم ام بمن نسبت ندهید! الکترونیک از عنصرهای غیر اهمی استفاده می کند، اما از عنصرهای متداول الکترونیک هم استفاده می کند و به همین جهت است که آشنائی با الکتروسیسته عمومی تا این حد در الکترونیک اساسی است و حتی بیشتر از آنچه که در زمینه محدود رادیو مورد نیاز است.

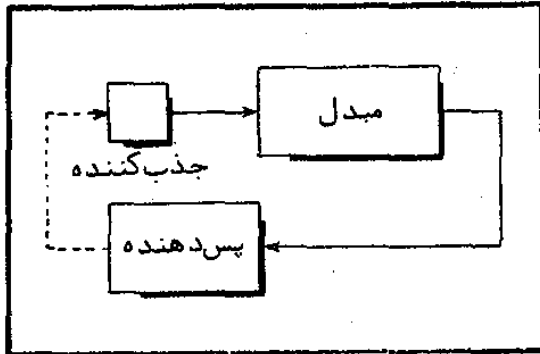
**مبتدی** - خوب قبول می کنم. اما برای اینکه قلمروی گسترده دانش الکترونیک را با هم بپیمائیم چه باید کرد؟ (می بینید که ظرافت شما در سخنرانی را گیر دارد)

**مهندس** - گمان می کنم اساس این کار را برایتان مشخص کرده باشم. ما از جذب کننده ها، از بخشی از الکترونیک که علامت خارج شده از جذب کننده را تبدیل می کند و سپس آنرا پس دهنده که عمل مورد نظر را بدست می دهد، گفتگو خواهیم کرد. برای اینکه دانش شما در باره بعضی از مونتازهای الکترونی که بعداً برای ما سودمند خواهند بود، کامل شود، به بررسی شوارش الکترونی و کاربردهای آن در ماشین حسابها می پردازیم. بالاخره با استفاده از اثر پس دهنده روی جذب کننده (شکل ۳) یعنی «يك دستگاه دوسریسته» دستگاههای فرمان دهنده و محاسبه به وسیله قیاس الکتریکی را می سازیم. اگر باز هم سر حال بودید از اندازه گیری زمان که کاربردهای زیادی





دارد، صحبت می‌کنیم و بعد خواهیم دید که الکترونیک چه کارهایی برای زیست‌شناسی می‌تواند انجام دهد و در نجوم، در...



شکل ۳- در یک دستگاه دوسر بسته، پس‌دهنده روی جذب‌کننده اثر می‌گذارد.

**مبتدی** — رحم کنید! زیر اینهمه بارخفه خواهم شد!  
**مهندس** — نه، بهیچوجه! میل دارید فردا کلامان را آغاز کنیم؟  
**مبتدی** — بهتر است پس فردا باشد. با خواندن دوباره مطالبی که در باره رادیو برایم گفتید کار را آغاز خواهم کرد.  
**مهندس** — فکر بسیار خوبی است. اینکار خیلی سودمند است. بخصوص مطالب‌هایی را که با الکتروسیست‌های عمومی، لامپهای الکترونی و مبدل‌ها وابستگی دارند، بخوانید، اما خودتان را با خواندن جزئیاتی که فقط به رادیو وابسته است خسته نکنید.



## مبحث دوم

دوستان ما از «جذب کننده‌ها» صحبت می‌کنند یعنی درباره همان وسایلی که پدیده مورد بررسی را به‌علائم الکتریکی قابل کاربرد تبدیل می‌کنند. حتی اگر این پدیده از نوع الکتریکی باشد، گاهی لازم است یک جذب کننده وجود داشته باشد (مثلاً برای فشارهای مستقیم یا فشارهای بسیار زیاد الکتریکی). برای میدان‌های مغناطیسی هم جذب کننده‌های ساده‌ای وجود دارند. اگر جذب نیرو مورد نظر باشد، می‌توان مقاومت‌های مخصوصی بکار برد، که با افزایش درازای آنها زیر اثر نیرو، تغییر می‌کنند و مقدار آنها به وسیله پل ویستون اندازه می‌گیرند. در آخر، تارهای مرتعش و پدیده پیزو-الکتریک هم امکان اندازه‌گیری نیروها را بوجود می‌آورند.

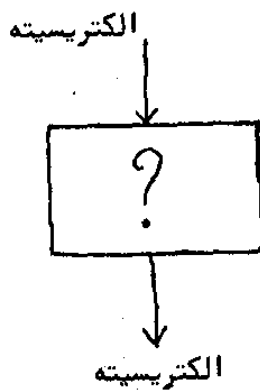
## جذب کننده‌های برقی، مغناطیسی و جذب کننده‌های نیرو

**مهندس** - خوب آقای مبتدی سر حال هستید؟

**مبتدی** - بله، بد نیستم. چند فرمول هست که بخوبی آنها را نفهمیده‌ام. اما رویهم رفته، تمام یادداشت‌هایی را که در جریان گفتگوی اول خودمان برداشته بودم، تقریباً به آسانی مرور کردم. خوب، امروز که از جذب کننده‌ها صحبت می‌کنیم، به من بگوئید که این سلول‌های فتوالکتریک چگونه کار می‌کنند؟

**مهندس** - آقای مبتدی حالا نه گفتگو را با جذب کننده‌هایی آغاز می‌کنیم که در برابر عملیات الکتریکی حساس هستند.

از الکتریسیته به الکتریسیته



**مبتدی** - آقای مهندس مسخره‌ام کرده‌اید! برایم شرح دادید که یک جذب کننده پدیده مورد بررسی را به علامت‌های الکتریکی تبدیل می‌کند. اگر خود پدیده الکتریکی باشد، چیزی برای «جذب» وجود ندارد. کار انجام شده است!

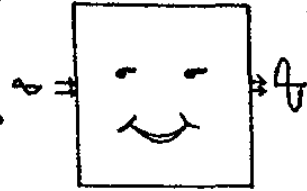
**مهندس** - تصدیق می‌کنم که در بعضی موارد حق با شماست. اما همیشه اینطور نیست. ممکن است که «پدیده الکتریکی» بطور مستقیم قابل کاربرد نباشد. در این صورت برای اینکه قابل کاربرد شود، باید آنرا به وسیله «مبدل» تغییر داد. دستگاهی که باید این تغییر را ایجاد کند یک «جذب کننده» واقعی است. حالا نخستین مثال را برایتان می‌آورم: فرض کنید که این پدیده یک فشار بسیار ضعیف مستقیم باشد، با آنچه می‌کنید؟



**مبتدی** - کار را با گذاشتن آن به یک تقویت کننده آغاز می‌کنم...

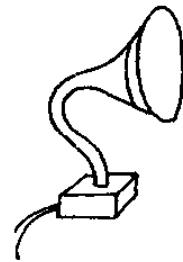
**مهندس** - منتظر همین حرف بودم! آقای مبتدی تقویت کننده‌هایی که شما می‌شناسید غیر از فشارهای متناوب چیزی را تقویت نمی‌کنند. قبول دارم که بزودی درباره تقویت کننده‌هایی که فشارهای مستقیم را تقویت می‌کنند، صحبت خواهیم کرد.

اما خواهید دید که این دستگاه‌ها هم ترجیح می‌دهند که فشار ورودی به آنها تا حد کافی قوی باشد، وگرنه باید ضریب بهره آنها را خیلی زیاد کرد و انشعاب آنها ممکن است باعث زحمت ماشورد. بچاست که به پیشرفت‌های بدست آمده در تقویت کننده‌های دیفرانسیل که به روش مدار مجتمع ساخته‌اند توجه کنید، مثلا مدار مشهور  $\mu A 709$  (یا  $709B$  یا  $2709 SFC$ ) یک تقویت کننده کامل است، که از ورودی تا خروجی آن تزویج کاملا مستقیم دارند، و ضریب بهره فشار آن دست کم  $30000$  است (به تقویت کننده‌های عملی صفحه ۲۷۱ نگاه کنید). نه، بهتر است فشار مستقیم مورد نظرا به یک فشار متناوب تبدیل کنیم...

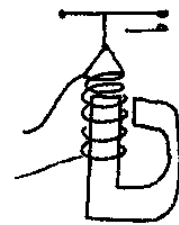
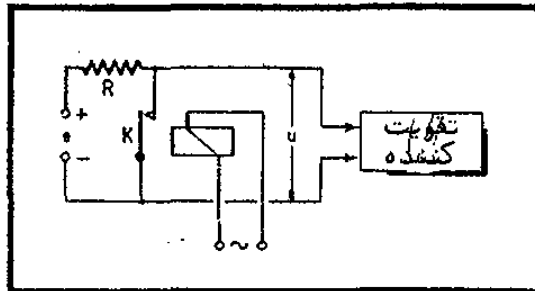


**مبتدی** - از هم اکنون می‌توانم بگویم که در اینجا از مبدل استفاده نخواهید کرد، زیرا مبدل فقط برای فشارهای متناوب قابل کاربرد است.

**مهندس** - کاملا حق دارید. یکی از همین ویبراتورها را بکار می‌برم که بطور مخصوصی ساخته شده‌اند و آنرا «قطع کننده» می‌گویند. این دستگاه‌ها رله‌های بسیار دقیقی هستند (و متأسفانه بسیار گران) که آنها را بسیار سریع به ارتعاش درمی‌آورند اگر به شکل خلاصه شده آن در زیر نگاه کنید (شکل ۴) می‌بینید که فشار  $u$  در ورودی تقویت کننده وقتی اتصال  $K$  مرتعش شوند باز است، برابر  $e$  می‌باشد (فرض می‌کنیم که مقاومت ورودی تقویت کننده نسبت به مقاومت  $R$  بزرگ است). اما وقتی  $K$  بسته است،  $u$  تقریباً صفر است، البته با فرض اینکه مقاومت اتصال  $K$  نسبت به  $R$  خیلی کوچک باشد. بنابراین این فشار  $u$  متناوب است، یا بهتر بگوئیم، دارای یک مؤلفه متناوب است که تقویت کننده آنرا بطور صحیح تقویت می‌کند و پس از آن آشکار خواهیم ساخت.



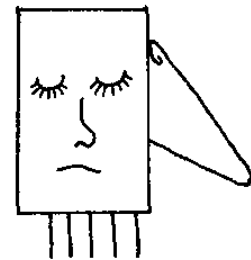
شکل ۴- اتصال  $K$  که بطور دوره‌ای بسته و باز است، فشار مستقیم  $e$  را به فشار متناوب  $u$  که تقویت آن ساده‌تر است، تبدیل می‌کند (مسطحیل کوچک در شکل نشانه اختصاری سیم‌بچی فرورد باهسته مغناطیسی است)



**مبتدی** - این دستگاه بسیار زیرکانه است. اما اتصال  $K$  را چطور به ارتعاش درمی‌آورید؟

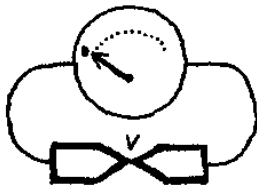
**مهندس** - طرز کار آن را روی شکل خلاصه‌ای که کشیده‌ام می‌بینید به این ترتیب که جریان متناوب مثلا  $50$  هرتز برق شهر را به قرقره می‌دهم. در این قرقره آهن-ربایی هست که باعث می‌شود قطع و وصل کننده، مدار را فقط  $50$  بار در ثانیه قطع کند نه صد بار...

**مبتدی** - این حقه را بلدم، بهمان ترتیب است که در گوشی‌های تلفن و یا بلندگوهای مغناطیسی قدیمی عمل می‌کردند. اما بگوئید ببینم نمی‌توانیم در اینجا



همان روشی را که در بلندگوهای دیتامیک متداول است، بکاربریم و اتصال را به وسیله یک قرقره متحرک بکار بیندازیم؟  
**مهندس** - نه تنها اینکار انجام شدنی است بلکه شروع به ساختن آنهم کرده اند و گمان می کنم آینده مال آن باشد.  
**مبتدی** - خوب، اینکار را بیشتر دوست دارم. اما چرا می گوئید این رله ها اینقدر گران هستند. در واقع غیر از رله های نسبتاً سریع چین دیگری که نیستند؟

**مهندس** - برای شروع بکار به تعداد دفعاتی که اتصال باید کار کند، فکر کنید. پنجاه بار در هر ثانیه بسته و باز شدن، ۱۸۰۰۰۰ بار در هر ساعت که هر روز ۴/۳۰۰/۰۰۰ بار می شود...  
**مبتدی** - رحم کنید و دیگر نگوئید در هر ماه چقدر می شود، چون تا همینجا هم احساس خستگی می کنم!



**مهندس** - رله قبل از شما خسته خواهد شد ولی انواع خوب آن حداکثر صد ساعت کار را تأمین می کنند. همچنین قرقره نباید در حلقه ای که به وسیله اتصال تشکیل می شود، هیچگونه فشاری القاء کند، البته بدون در نظر گرفتن پس مانده های احتمالی فشارها که پس از بسته شدن اتصال ممکن است وجود داشته باشند.  
**مبتدی** - با این موضوع دیگر موافق نیستم! وقتی دو فلز یا هم تماس پیدا کنند، یک اتصال کوتاه بوجود می آید، اینطور نیست؟

**مهندس** - دو فلز کاملاً شبیه بهم بله (که در آنهم حرف است). اما وقتی اندازه گیری فشارها را بر حسب یک هزارم ولت (میلی ولت) آغاز می کنیم، مطلب به این سادگی هم نیست. بالاخره در نظر داشته باشید که ساختن این مرتعش شونده ها مشکل است... و برای خرید آنها باید پول حسابی داد.  
 بجای مرتعش شونده ها می توان بطور مؤثر یک دستگاه مدولاتور تمام یا هیچ که بانیمه هادی ها کار می کند گذاشت که عموماً آنرا «قطع کننده» (Chopper) می گویند، بهترین راه حل بکار بردن یک ترانزیستور با اثر میدان است که وقتی شبکه پلاریزاسیونی ندارد، کانال یا راه سیلیسیوم بین الکتروود منبع و الکتروود مجرای آن کمترین مقاومت را دارد (غالباً بین ۶۰ تا ۳۰۰ اهم) در حالی که بمحض منفی شدن بار شبکه مقاومت بین منبع و مجرا عملاً بمنهایت است. با گذاشتن یک فشار مدولاسیون به این شبکه می توان همان نقش (یا تقریباً همان نقش) اتصال یک مرتعش شونده را از فضای بین منبع و مجرا خواست با این فرق که فشار اتصالی و البته خستگی را کاملاً حذف می کنیم زیرا واضح است که در ترانزیستور یا اثر میدان از نظر مکانیکی چیزی جا بجا نمی شود. تنها فرقی که با مدولاتور مکانیکی دارد اینست که در حالت «بسته» مقاومت منبع - مجرا در مدار باقی می ماند که ممکن است تا صد اهم برسد، در حالی که وقتی اتصالی رله بسته است. مقاومتی تقریباً برابر صفر دارد.



**مبتدی** - از طرز بیان شما... می فهمم که فصل جذب کننده های الکتریکی پایان یافته است.

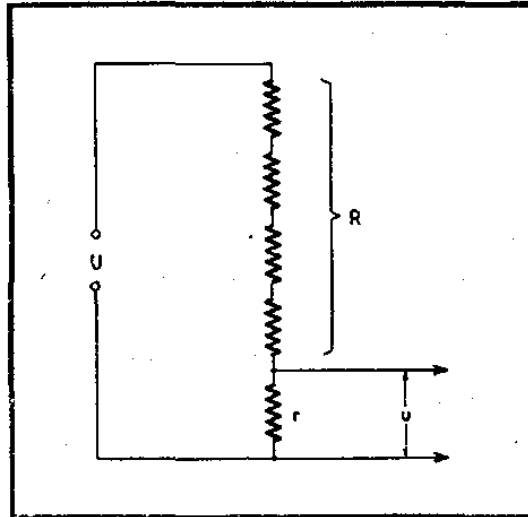
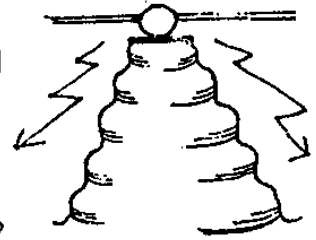
## فشارهای بسیار قوی

**مهندس** - هنوز خیلی مانده است. مسلماً نمی‌توانیم همه را از نظر بگذرانیم، اما از شما می‌پرسم که یک فشار متناوب قوی، مثلاً فشاری که مقدار مؤثر آن ۳۰۰۰۰ ولت باشد، چگونه بکار می‌برید؟

**مبتدی** - ابتدا خیلی دقت می‌کنم.

**مهندس** - کاملاً حق دارید. اما این کار کافی نیست، بلکه باید این فشار را بکار برد. تصور می‌کنم آنرا مستقیماً به شبکه یک تقویت کننده نمی‌گذارید؟

**مبتدی** - این دیگر دور از انصاف است، درست است که من حرفهای پرت ویلا زده‌ام اما تا این حد نبوده است نه. کار را با گذاشتن این فشار به یک پتانسیومتر شروع می‌کنیم...



شکل ۵- تقسیم کننده فشار برای فشار زیاد U. مقاومت R از چندین مقاومت تشکیل شده است برای اینکه هر کدام در دو سرشان فشار زیادی تحمل نکنند.



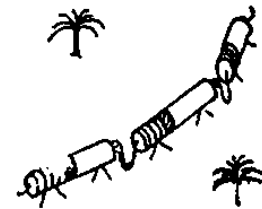
**مهندس** - عجب! عجب! اگر پتانسیومتر را از نوع متداول بگیرید، فقط منفجر خواهد شد. نباید فراموش کنید که یک فشار ۳۰۰۰۰ ولت می‌تواند در هوا، در فاصله‌ای بیشتر از ۴۰ میلیمتر جرقه ایجاد کند. اگر ناچار باشید، می‌توانید یک تقسیم کننده فشار مخصوص مانند شکل ۵ بسازید. فشار خروجی به نسبت

$$\frac{u}{U} = \frac{r}{R+r}$$

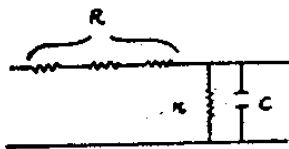
کاهش یافته است.

**مبتدی** - خوب، این مطلب به نظر من درست است. اما چرا مقاومت R از چندین مقاومت بیایی تشکیل شده است؟

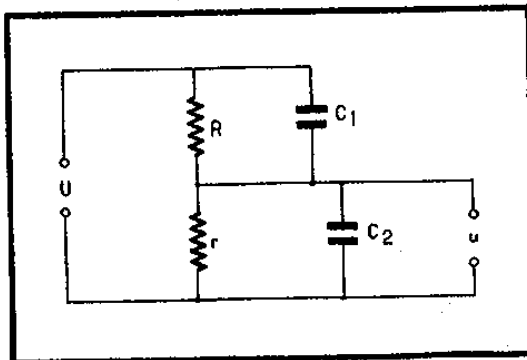
**مهندس** - من فقط چهار تای آنها را کشیده‌ام. در واقع، بیشتر از صد مقاومت می‌گذارم تا در دوسره‌ریک از آنها حداکثر ۳۰۰ ولت فشار وجود داشته باشد. غیر از مواردی که نوع کاملاً ویژه‌ای ساخته شده باشد، یک مقاومت معمولی به سبب آنکه عایق بودنش باید حفظ شود، نمی‌تواند بیش از این فشاری تحمل کند. فقط



توجه کنید که مقاومت  $T$ ، برعکس آنکه به حرف کوچک نمایش داده شده، مقدار نسبتاً زیادی دارد. فراموش نکنید که فشار شما متناوب است و ناچار یک ظرفیت مزاحم  $C$  موازی با  $T$  وجود دارد که همان ظرفیت مزاحم بین رشته‌های وصل‌کننده سرهای ورودی دستگاه الکترونی است که فشار گرفته شده از دو سر  $T$  را به آن می‌گذارید.

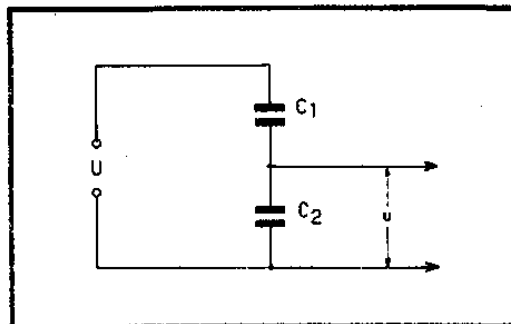


**مبتدی** - منظور چیست؟ به نظر من چندان اهمیتی ندارد.  
**مهندس** - اشتباه می‌کنید دوست من! خازن  $C$  می‌تواند در فرکانس مورد نظر، دارای یک مقاومت ظاهری باشد که مقدار آن نسبت به مقاومت  $T$  بی‌نهایت نباشد؛ در این حال نسبت کاهش در تقسیم‌کننده فشار شما پائین می‌آید.



شکل ۶- برای اینکه تقسیم‌کننده  $R-r$  وابسته به فرکانس نباشد (برای اینکه  $U/u$  مستقل از فرکانس باشد) باید رابطه  $RC_1 = rC_2$  بین آنها برقرار باشد.

شکل ۷- اگر فقط فشار متناوب مورد نظر باشد، می‌توان با دو خازن یک تقسیم‌کننده فشار ساخت.



**مبتدی** - لعنت بر شیطان! فکرش را نکرده بودم! پس کاری نمی‌شود کرد؟  
 آه چرا فهمیدم باید مقدار  $R$  و  $r$  را کم کرد.  
**مهندس** - آرامتر، با این کار جریان زیادی از منبع  $U$  می‌گیرید. ممکن است نتواند این جریان را برایتان تهیه کند و از این گذشته این کار باعث می‌شود که توان زیادی روی مقاومت  $R$  از بین برود.

**مبتدی** - فکری به‌خاطر من رسید! حالا که ناراحتی ما از وجود ظرفیت مزاحم در دو سر  $T$  است، باید با جای دادن یک خازن در دوسر  $R$  بتوان آنرا برطرف کرد.

**مهندس** - بسیار خوب آقای مبتدی، فکرتان بسیار عالی است. اینکار عملاً انجام می‌شود و اگر داشته باشیم  $RC_1 = rC_2$  جبران آن کامل است (شکل ۶).



در این رابطه  $C_2$  ظرفیت مزاحم است. اگر مدار محدود به فرکانسهائی باشد که خیلی کم نیستند می توان مونتاز را ساده تر کرد و در این صورت تقسیم کننده ظرفیتی فشار بدست می آید که آنرا برایتان می کشم (شکل ۷). فرض می کنم که مقاومت ورودی  $R$  دستگاهی که فشار کم شده  $u$  را به آن می گذاریم نسبت به مقاومت ظاهری خازن  $C_2$  تقریباً بینهایت باشد. در این صورت می توانم بگوییم که بار الکتریکی که در هر نیم ریود از  $C_1$  و  $C_2$  می گذرد یکسان است. از آن می توان نتیجه گرفت که

$$u C_2 = (U - u) C_1$$

و از آنجا بدست می آید...

**مبتدی** - خواهش می کنم نتیجه آخر را بگوئید، من بشما اعتماد دارم.  
**مهندس** - يك سطر محاسبه کافی است تا رابطه زیر بدست آید

$$\frac{u}{U} = \frac{C_1}{C_1 + C_2}$$

**مبتدی** - کمی شبیه به فرمولی است که برای تقسیم کننده فشار مقاومتی بدست آوردیم. از هم اکنون حدس می زنم که بمن خواهید گفت ظرفیت مزاحم اهمیتی ندارد و کافی است  $C_2$  را کسر کنیم و...

**مهندس** - کاملاً درست است. آقای مبتدی تعارفات مرا بپذیرید.

**مبتدی** - خواهش می کنم، من همیشه اینطورم. اما در مورد خازن  $C_1$  م حتماً همان ناراحتی که قبلاً درباره مقاومت  $R$  گفتید وجود دارد. بدون شك صد، خازن  $C$  را بطور پیاپی با هم می گذارید؟

**مهندس** - نه، بهیچوجه و برتری این نوع تقسیم کننده فشار در همینجاست برای اینکه خازن  $C_1$  را که ظرفیت بسیار کمی دارد، می توان طوری پیش بینی کرد که تمام فشار  $U$  را تحمل کند. مثلاً می توان يك تکه از کابل رادیولوژی را که روکش خارجی آن مس است و در وسط عایق پلی تن **Polythène** با يك سیم مرکزی دارد و مثل کابل هم مرکز است، بکار برد. بین سیم درونی و پوشش فلزی خازنی تشکیل می شود که در حدود ده پیکوفاراد ظرفیت دارد.

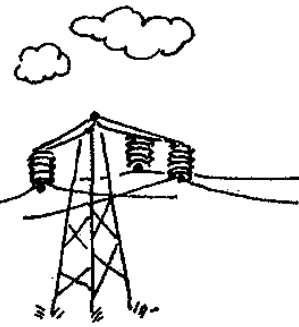
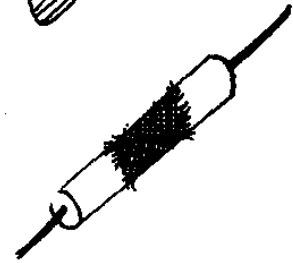
### جذب کننده میدان الکتریکی

**مبتدی** - فکری هم به خاطر من رسیده است.

**مهندس** - معمولاً فکرتان خطرناک است، با اینحال بگوئید.

**مبتدی** - کاملاً اشتباه می کنید، زیرا فکرم درست برای دوری از خطر است. موضوع اندازه گیری فشاری است که روی کابل هوایی فشار قوی ۶۰۰۰۰ با ۲۲۰۰۰۰ ولت وجود دارد. می توان زیر سیم ها، در فاصله ده متری يك سیم موازی گذاشت که جوشن دوم  $C_2$  را تشکیل می دهد (شکل ۸) و دیگر کار تمام است!

**مهندس** - آقای مبتدی مجدداً تعارفات مرا بپذیرید. فکر شما کار برد هم پیدا کرده است. با وجود این چند دشواری وجود دارد (که نگهداشتن جوشن دوم  $C_2$  در يك وضع ثابت نسبت به کابل فشار قوی و به حساب آوردن کابل های فشار قوی دیگر

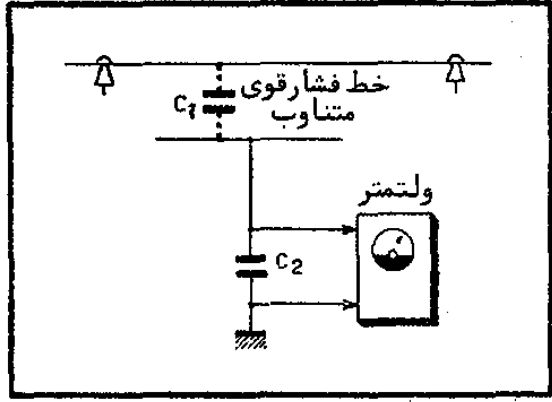




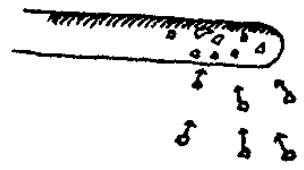
که نزدیک کابل مورد نظر شما هستند، در شمار آنهاست). همانطور که خود شما هم فکر کرده‌اید، موقعیتی را که آرزو داشتیم، پیش آوردید تا برایتان از جذب کننده‌های میدان الکتريکی صحبت کنم. دستگاہی که برایم شرح دادید یکی از آنهاست، اما فقط برای میدان‌های متناوب کاربرد دارد.

مبتدی - آه... بله... اما پیش از آنکه این مطلب را دنبال کنیم یادآوری کنید که منظورتان از «میدان الکتريکی» چیست؟

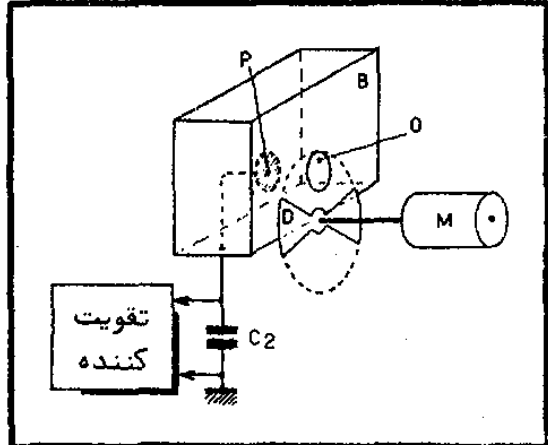
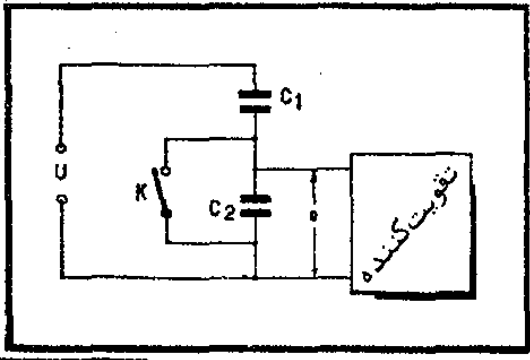
مهندس - منظورم فقط وضع يك منطقه از فضا در همسایگی بارهای الکتريکی است که باعث می‌شود يك نیرو روی تمام بارهای الکتريکی واقع در این منطقه تأثیر کند. وقتی يك میله پلاستیکی را به پارچه‌ای بمالید، میدان الکتريکی آنرا



شکل ۸ - در حالتی که فشار از راه يك خازن بدست آمده باشد، نمی‌توان روش قطع کردن (شکل ۴) را بکاربرد.



شکل ۹ - تقسیم کننده فشار کننده خازنی برای فشارهای بسیار زیاد متناوب. خازن  $C_1$  به وسیله خط فشار قوی و يك سیم که در همسایگی آنست، تشکیل شده است.



شکل ۱۰ - صفحه گرد P، که درجه سربسته B قرار دارد، در برابر يك سوراخ O قرار گرفته است که صفحه گردان D آنرا سد و باز می‌کند و به این ترتیب اثر میدان الکتريکی P به همان آهنک مدولاسیون پیدا می‌کند.



احاطه می کند و باعث می شود که میله اجسام سبک را به خود جذب کند. بین کاتد و آنندیک لامپ، میدان الکتریکی وجود دارد و الکترون ها را به طرف آنند می کشد. **مبتدی** - متوجه شدم. اما دستگاه من برای همه میدانهای الکتریکی خوب است. اگر جریان مستقیم باشد، می توان یکی از همان مرتعش شوندهائی را که برآیم گفتید بکار برد...

**مهندس** - وحشتناک است! فرض کنید چیزی را که شما می گوئید بسازیم (شکل ۹). بجای میدان الکتریکی یک باتری یا فشار زیاد  $U$  را بطور پیاپی با خازن  $C_1$  قرار می دهیم. ویراتورک را چندین بار قطع و وصل کنید به این ترتیب خازن  $C_2$  را کاملاً خالی می کنید که دیگر پر نمی شود و فشار  $e$  برای همیشه صفر خواهد ماند. نه ویراتور فایده ای ندارد، اما برای تبدیل یک عامل مستقیم به عامل متناوب حق دارید چون کاربرد آن آسانتر است؛ فقط نباید این کار را با فشار الکتریکی انجام دهید، بلکه با خود میدان این کار را بکنید.

### ژیمناستیک خسته کننده

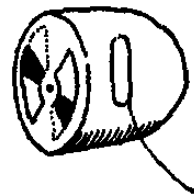
**مبتدی** - این کار را با نزدیک و دور کردن بسیار تند قطعه فلزی متصل به خازن  $C_2$  پر شده که میدان الکتریکی را ایجاد می کند انجام می دهیم؟ **مهندس** - فکر خوبی است. اما گمان نمی کنم بتوانید به این قطعه فلزی حرکت رفت و آمدی بادامنه قوی و ۵۰ پرزود در ثانیه بدهید و اگر بتوانید نمایش خوبی برای سیرک است! بهتر است قطعه فلزی  $P$  متصل به خازن  $C_2$  را در یک جعبه فلزی  $B$  (شکل ۱۰) قرار دهید که صفحه گردان و دریچه دارد که به وسیله موتور  $M$  به حرکت درمی آید، آنرا به طور متناوب باز کنید و یا ببندید. وقتی دریچه باز است، بخشی از قطعه  $P$  زیر اثر میدان قرار می گیرد و وقتی دریچه مسدود است، از تأثیر میدان خارج می گردد. روی  $C_2$  یک فشار متناوب ظاهر می شود و دیگر کاری نداریم جز اینکه به کمک یک تقویت کننده که «الکترومتر» نامیده می شود و بعدها درباره آن صحبت می کنیم، تقویت شود.

**مبتدی** - در واقع کمی شبیه به روشی است که یکی از دوستانم که با سیکلوترون Cyclotron کار می کند، بکار می برد...

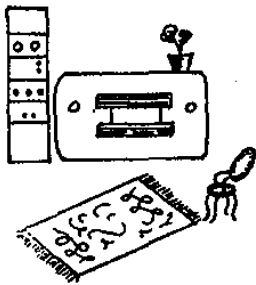
### مهندس - در منزلش؟؟

**مبتدی** - نه در مرکز اورسی (Orsay). او برای اندازه گیری میدان یک مغناطیس، قرقره کوچکی ازسیم دارد که در انتهای یک چوب عصا قرار گرفته و یک موتور آنرا می گرداند و فشاری را که در قرقره القاء می شود اندازه می گیرد.

**مهندس** - در حقیقت این روش در اندازه گیری میدانهای مغناطیسی دائمی متداول است. البته می شود طور دیگری هم عمل کرد. می دانید که آهن و فریتها (Ferrites) (اکسید آهن مغناطیسی که طرز ساختمان آن شبیه به سرامیک هاست) خاصیتی دارند که در یک میدان مغناطیسی اشباع می شوند که این خاصیت معمولاً مطلوب هم نیست. بنابراین کافی است یک میله آهنی یا فریتی را در یک میدان مغناطیسی قرار دهید و در این حال اشباع ضریب قابلیت نفوذ آنرا تغییر می دهد (عاملی که باعث تمرکز خطوط نیرو می شود و اثرش زیادتر کردن ضریب خودالقائی



سیم پیچی است که آهن یا فریت در وسط آن قرار گرفته است) در این صورت کاری غیر از اندازه گیری این ضریب قابلیت نفوذ باقی نمی ماند که بطور ساده با مشخص کردن ضریب خود القائی سیم پیچی که دور میله قرار گرفته است، میدان مغناطیسی را تعیین می کنند. یک جذب کننده میدان مغناطیسی هم هست که بسیار جالب است و آن مقاومت مغناطیسی است. این جذب کننده یک نیمه هادی است که تقریباً مانند یک مقاومت خطی عمل می کند که مقدار مقاومتش زیر تأثیر یک میدان مغناطیسی تغییر می کند. به این ترتیب می توان اندازه گیری میدان مغناطیسی را به اندازه گیری مقاومت الکتریکی تبدیل کرد و مثلاً به وسیله یک پل ویستون انجام داد.



**مبتدی** - اگر میدان مغناطیسی شما متناوب باشد، این موضوع با گردش فرقه سیم پیچی و یا جریان متناوبی که بی شک برای اندازه گیری خود القائی بکار می برید، اغتشاشی ایجاد نمی کند؟

**مهندس** - آقای مبتدی شما دنبال اشکال می گردید. اگر میدان متناوب باشد، فرقه را بی حرکت نگاه میدارند و فشار القاء شده را آزمایش می کنند.

**مبتدی** - در واقع اینکار آسانتر است. به این ترتیب درباره جذب کننده های فشارهای مستقیم (مرتعش شونده ها یا ویراتورها) جذب کننده های فشارهای بسیار قوی (تقسیم کننده های فشار مقاومتی و خازنی) و جذب کننده های میدان الکتریکی و مغناطیسی (فرقه سیم پیچی گردان یا اشباع فریت) برایم صحبت کردید. حالا در چه موردی می خواهید صحبت کنید؟

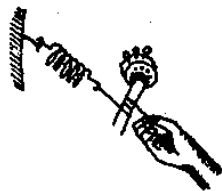


### جذب کننده های نیرو

**مهندس** - فکر می کنم گفتگو درباره جذب کننده های حساس در برابر نیرو،

جالب باشد.

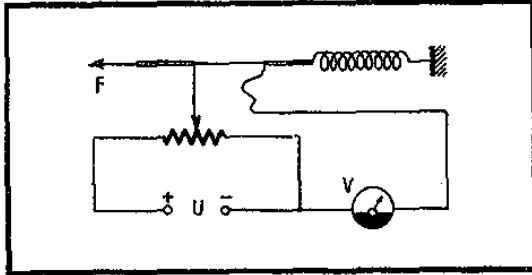
**مبتدی** - شاید راهی برای اندازه گیری نیرو بطور الکتریکی وجود داشته باشد. اگر نیروی مورد بررسی را به سیمی وارد کنید که در انتهایش فنری قرار دارد، هر چه نیرو بزرگتر باشد، این سیم درازتر می شود. بنابراین اگر سیم را به دور محور یک پتانسیومتر پیچیم، با اندازه گیری های الکتریکی می توان مشخص کرد که پتانسیومتر چه مقدار چرخیده است.



**مهندس** - آقای مبتدی امروز کاملاً سر حال هستید! همین دستگاه شما را با کمی تغییر غالباً بکار می برند به این ترتیب که پتانسیومتر از یک سرمتحرک تشکیل شده است که روی یک مقاومت می لغزد. این مقاومت روی یک پدنه استوانه شکل پیچیده شده است و بنا بر این نیازی نیست که سیم رادوریک محور پیچند بلکه آنرا مستقیماً به سرمتحرک وصل می کنند. یک فشار مستقیم (شکل ۱۱) به مقاومت گذاشته شده است و یک ولتمتر V که بین یک سرمقاومت و سرمتحرک قرار گرفته است، امکان خواندن وضعیت سرمتحرک یعنی نیرو را به صورت فشار الکتریکی بوجود می آورد. اما نوع دیگری وجود دارد که بسیار متداول است و آن اندازه گیری فشاری با رشته مقاوم است.

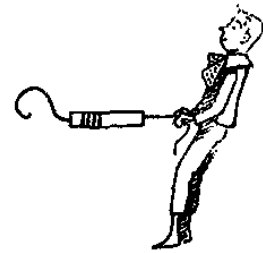
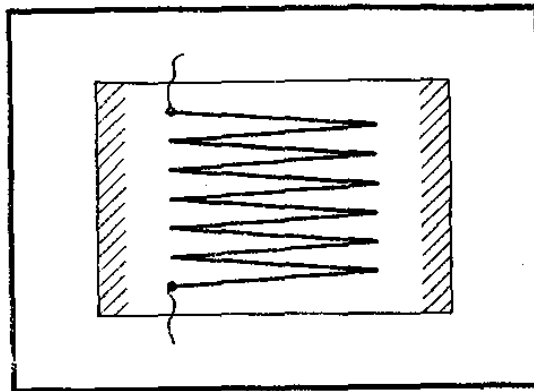
**مبتدی** - اسمش ناراحت می کند، باید دستگاه بسیار پیچیده ای باشد!



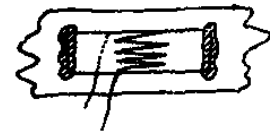


شکل ۱۱- بر حسب مقادیر گوناگون نیروی  $F$ ، سربسته  $K$  پتانسیومتر در سمت راست یا چپ قرار خواهد گرفت. به این ترتیب مقدار نیرو را روی ولتمتری خوانند.

شکل ۱۲- اندازه گیری فشاری از یک سیم به شکل زیگزاگ (۸۰۷) که روی یک کاغذ ثابت شده، تشکیل گردیده است.

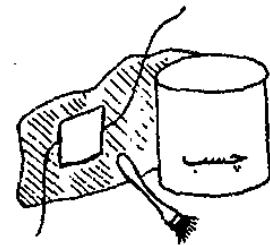


**مهندس** - فقط اسمش پیچیده است. (تازه نام انگلیسی آنرا که به شکل کاملاً فرانسوی **Strain Gauge** زیاد بکار رفته است به شما نگفته ام). آقای مبتدی، می بینید که مقدار یک مقاومت که از یک سیم نازک تشکیل شده باشد، وقتی کشیده شود تغییر می کند...



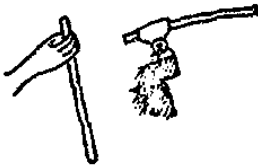
**مبتدی** - آه! حالا می فهمم چرا! می گویند نباید سیم را ببط مقاومت‌ها را در سیم‌کشی دستگاه‌ها کشید چون ممکن است مقدار آنها را تغییر دهد و...

**مهندس** - اوه! اصلاً علتش این نیست. بدو! بدانید که تغییراتی که برایتان گفتم فقط به چند هزارم (حداکثر ۰/۵ درصد) مقدار اصلی می‌رسد و بعد وقتی این پدیده طبق یک قانون شناخته شده بوجود می‌آید که فقط سیم با رشته نازک فلزی باشد. توصیه‌ای که بشما کرده‌اند، و بنظر من بسیار درست است، هدفش اینست که از خراب کردن مکانیکی مقاومت‌های بکار رفته در سیم‌کشی دوری شود. پس ببینید مقاومت‌های اندازه‌گیری، از یک رشته بسیار نازک درست شده‌اند که بطور ۸۰۷ روی یک برگ کاغذ قرار دارند (شکل ۱۲). این کاغذ را روی یک قطعه (که معمولاً فلزی است) می‌چسبانند و فرض می‌کنند که این قطعه زیر اثر نیروهای قرار گرفته است که آنها را «فشاری» (فشارهای درونی) می‌نامند که موجب تغییر شکل قطعه می‌شود. اگر کششی در کار باشد، بخشی از قطعه فلزی که مقاومت روی آن چسبانده شده، درازتر می‌شود، همینطور سیم مقاومت هم درازتر می‌گردد و مقدار مقاومت تغییر می‌کند.



## مسئله قابلیت ارتجاع...

**مبتدی** - ولی آقای مهندس این کار اصلاً جور در نمی آید؛ شما می گوئید که قطعه فلزی است...



**مهندس** - اینکار الزامی نیست، فقط بیشتر وقتها اینطور است.  
**مبتدی** - بله، اگر گفته بودید لاستیکی است، قبول می کردم که زیر اثر یک نیرو تغییر شکل می دهد، ولی برای فلز قبول ندارم.  
**مهندس** - خبر تازه ایست! این میله نازک آهنی را نگاه کنید، اگر آنرا عمودی بگیرم کاملاً راست است. آنرا بطور افقی می گذارم و یک انتهای آنرا درگیره ای قرار می دهم، می بیند که خم می شود. مجبورید بپذیرید که رشته های فلزی که در بالای میله هستند درازتر و رشته های فلزی زیر کوتاه تر شده اند.

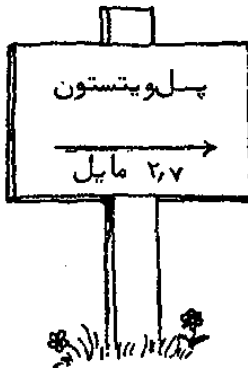


**مبتدی** - نباید این مطلب را بمن می گفتید! وقتی از روی پل فلزی رد می شوم به این فکر می افتم که قطعه های آهنی کف پل دارند زیر پای من درازتر می شوند.  
**مهندس** - تا موقمی که آنها را از حد قابلیت ارتجاع نگذرانید، درازتر شدن آنها کاملاً متناسب با نیروئی است که آنها ایجاد می کند و جای ترس باقی نمی گذارد. پل «برای همین بررسی شده» است. از طرف دیگر درازتر شدن بسیار کم است و برای مقاومت، جای خوشوقتی باقی است چون سیم آن نمی تواند بیشتر از کسری از چند درصد درازتر شود و نشکند.

**مبتدی** - قبول می کنم. اما یک مطلب ناراحت می کند و آن اینست که بمن گفتید مقاومت به مقدار  $0/5$  درصد تغییر می کند و به این ترتیب مسلماً نمی توان تغییرات به این کمی را روی عقربه اهم متر تشخیص داد.

## اندازه گیری تغییرات کم مقاومت

**مهندس** - البته، بهمین جهت برای این کار اهم متر بکار نمی برند. اندازه گیری را با مونتازی انجام می دهند که دانش آموزان زرنگ را هم به وحشت می اندازد چون متوجه ساده بودنش نمی شوند. این مونتاز پل ویستون Wheatstone است.  
**مبتدی** - وحشتناک است! هیچوقت از این دستگاه موخس چیزی نفهمیدم چون داستان ترس آور چهار معادله چهار مجهولی است...  
**مهندس** - ما به طریقه دیگری عمل می کنیم. شکل ۱۳ را می بینید، این شکل چیست؟



**مبتدی** - چیز مشکلی ندارد چون یک قوه با دو تقسیم کننده فشار است.  
**مهندس** - خوب، آیا می توانید مقدار فشارهای  $u$  و  $v$  را بمن بگوئید؟  
**مبتدی** - او... بگذارید ببینم. گمان می کنم اگر به شکل ۵ مراجعه کنم بتوانم مقدار آنها را بدست بیاورم. به این ترتیب داریم:

$$v = \frac{Q}{Q+P} \cdot E \quad \text{و} \quad u = \frac{X}{R+X} \cdot E$$

مهندس... آقای مبتدی صد درصد درست است... حالا بمن بگوئید چه وقت  $u$  با  $v$  برابر می شود؟

مبتدی- واضح است وقتی که  $E = \frac{Q}{Q+P} \cdot E = \frac{X}{R+X} \cdot E$  باشد.

مهندس- خوب حالا متوجه کاری که می کنم باشید؛  
دو طرف برابری را به  $E$  بخش می کنم و بدست می آید:

$$\frac{X}{R+X} = \frac{Q}{Q+P}$$

در این نسبت حاصلضرب طرفین با وسطین مساوی است

$$X(P+Q) = Q(R+X)$$

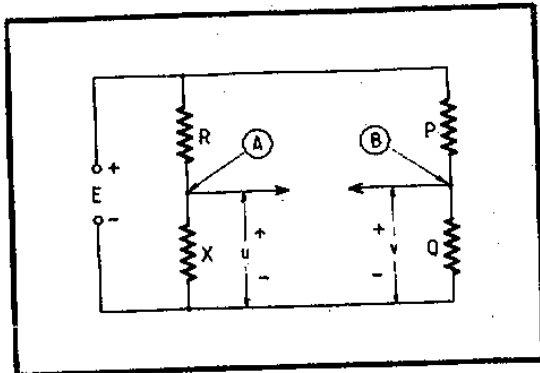
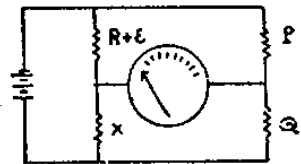
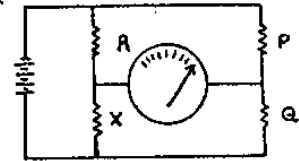
$$XP + XQ = QR + XQ$$

در نتیجه:

از دو طرف  $XQ$  را کسر می کنیم می شود

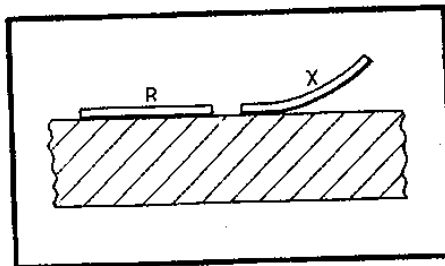
$$XP = QR$$

مبتدی- تا اینجا فهمیدم...



شکل ۱۳- یک پل ویستون بطور بسیار ساده از دو تقسیم کننده فشار تشکیل شده است. وقتی پل در حال تعادل باشد  $u = v$  و بین A و B دیگر فشاری وجود ندارد.

شکل ۱۴- اندازه گیر فشاری R روی قطعه ای که باید بررسی شود چسبانده شده است و در تغییر شکل آن که زیر اثر نیروهای درونی است، شرکت دارد. اندازه گیر X فقط از یک انتهای چسبیده است و زیر اثر نیروها قرار نمی گیرد، اما در همان درجه گرمای مقاومت R قرار دارد و امکان آنرا بوجود می آورد که اثر نامطلوب گرما روی R جبران شود.



مهندس- بسیار خوب، همینجا بایستید که کار تمام است. فرمولی که الان خواندید، فرمول تعادل پل ویستون است، معنای این فرمول اینست که درمونتازما (که یک پل ویستون است) فشارهای  $u$  و  $v$  برابرند و این موضوع را به این ترتیب می توان مشاهده کرد که اگر ولتمتر حساسی بین نقطه های A و B گذاشته شود، عقربه روی صفر قرار خواهد گرفت.

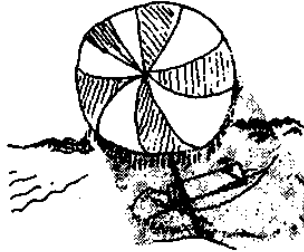


**مبتدی** - موافقم، پل ویتستون بسیار ساده است. اما این موضوع چه سودی برای اندازه گیر فشاری ما دارد؟

**مهندس** - در نظر بگیرید که  $P$ ،  $Q$  و  $X$  مقاومت های ثابت باشند و  $R$  مقاومتی باشد که در برابر درازتر شدن حساس است. با تغییر مقاومت های  $P$  و  $Q$  پل را به حال تعادل در می آوریم. در این حال عقربه ولتمتری که بین  $A$  و  $B$  گذاشته شود، روی صفر می ایستد. اگر مقدار  $R$  تغییر کند، هر چند این تغییر بسیار کم باشد،  $U$  و  $V$  دیگر برابر نیستند و عقربه ولتمتر منحرف می شود و اگر خیلی حساس باشد تا آخر زینه بندی می رسد.

**مبتدی** - این روش بسیار جالب است! و این مقاومت  $R$  که فقط در برابر کشش مکانیکی سیمی که آنرا تشکیل می دهد حساس است، چقدر در عمل سودمند است!

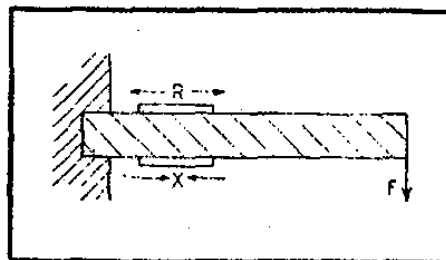
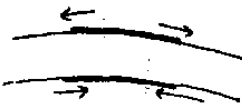
### تأثیر درجه گرما



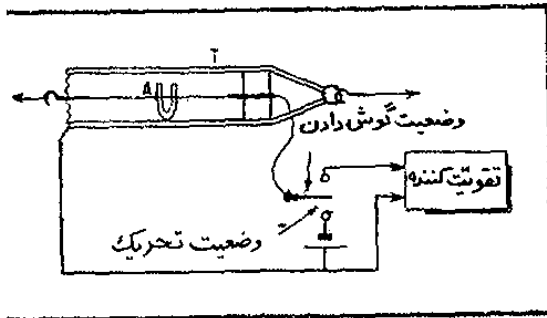
**مهندس** - حتی بسیار عالی است، چون مقاومت دست کم بهمان اندازه که در برابر نیروها حساس است در برابر گرما هم هست. اما در اینجا است که پل ویتستون برتری بیشتری از خود نشان می دهد. در این حالت بجای  $X$  مقاومتی شبیه  $R$  قرار می دهیم که زیر اثر فشارهای مکانیکی قرار ندارد. آنرا در کنار  $R$  جای می دهیم (شکل ۱۴) تا در همان درجه گرمائی باشد که مقاومت  $R$  قرار دارد، اما فقط یک سر آنرا می چسبانیم (تا از اینکه زیر اثر نیروهای مکانیکی قرار بگیرد دوری کرده باشیم). تغییر درجه گرما  $R$  و  $X$  را به یک نسبت زیر تأثیر می گیرد، بنا بر این گرما روی تعادل پل تأثیری ندارد مگر آنکه درازتر شدن سیم مقاومت  $R$  تعادل پل را برهم بزند.

**مبتدی** - این روش بسیار زیرکانه است! افسوس که مقاومت  $X$  فقط برای جبران وارد کار می شود.

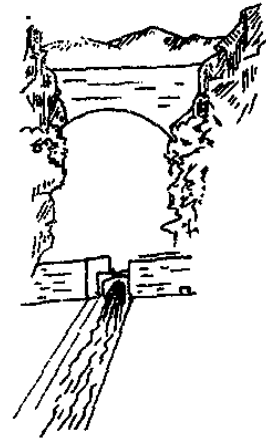
**مهندس** - بهتر از این هم می شود عمل کرد. در مثالی که برای میله آهنی و خم شدن آن آوردم، بالای میله کشیده می شود و زیر آن فشرده می گردد. اگر اندازه گیرهای فشاری  $R$  و  $X$  را (شکل ۱۵) یکی را در بالا و دیگری را در زیر آن ثابت کنیم، اثر گرما با زهم جبران می شود (مگر آنکه بالای میله گرمتر از پائین آن باشد) ولی زیاد شدن مقدار  $R$  (که درازتر شده) با کم شدن مقاومت  $X$  (که بهم فشرده شده) ترکیب می شود تا حساسیت را بهتر کند. حتی می توان با زهم حساسیت را بالا برد به این طریق که کشش و فشار را روی مقاومت های  $P$  و  $Q$  مؤثر ساخت



شکل ۱۵ - در حالت یک میله نازک که خم می شود، می توان طوری عمل کرد که اندازه گیر جبران کننده  $X$  بطور جدی تری در اندازه گیری دخالت کند به این ترتیب که وقتی آنرا در طرف دیگر میله بگذاریم هر وقت  $R$  کشیده می شود،  $X$  فشرده می گردد.



شکل ۱۶- یک رشته مرتعش که در شیشه نگه‌دارنده‌ای کشیده شده و در دهانه یک مغناطیس قرار دارد و زیر اثر یک نیروست، امکان اندازه‌گیری نیرو را به وسیله تغییراتی که در فرکانس نوسان مکانیکی آشپدیدار می‌شود، به وجود می‌آورد.



در حالی که این دو مقاومت هم اندازه‌گیری فشاری هستند و در نقطه‌های انتخاب شده ثابت گردیده‌اند.

### تارهای مرتعش

**مبتدی-** ولی آقای مهندس بگوئید بیستم آیا بعضی وقت‌ها یک کار بردن اندازه‌گیری فشاری شما دشوار است؟ شنیده‌ام اندازه‌گیری‌های مقاومت مصالح را در سدهای بزرگ در محلی انجام می‌دهند که از پلی که می‌خواهند مقاومت مصالح را اندازه بگیرند نسبتاً دور است. سیم‌های بسیار درازی وجود دارد که باید تغییرات درجه‌گرما و تلف‌ها را که همه چیز را مغشوش می‌کنند، وارد کار کنند.

**مهندس-** خوب استدلال کردید. وقتی زیاد ناراحت بشوند، در این صورت خاصیت دیگری از سیم کشیده شده را یکار می‌برند که با نیروی کشش آن تغییر می‌کند و آن فرکانس هم آهنگی سیم است.



**مبتدی-** چطور؟ با سیم و یک خازن مدار نوسانی درست می‌کنند؟

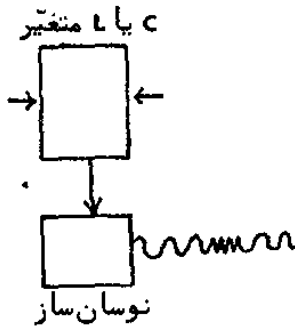
**مهندس-** کاملاً از مرحله پرت هستید. منظورم فرکانس هم آهنگی مکانیکی آنست. تاکنون یک نوازنده ویلن را هنگام کوچک کردن سازش دیده و صدای آنرا شنیده‌اید در این وضع پر حسب کشش سیم، نت تغییر می‌کند. در روش صوتی اندازه‌گیری تغییرات طولی (روش فنی اندازه‌گیری فشارها و تغییر طولی بدست آمده در نتیجه آنرا اینطور می‌نامند) سیم یا تار که به وسیله یک لوله فلزی T نگهداری شده در دهانه یک مغناطیس A قرار گرفته است (شکل ۱۶). وقتی یک جریان متناوب از آن عبور دهند، تار می‌تواند بطور عمودی بر میدان مغناطیسی به ارتعاش در آید و اندازه‌گیری فرکانس هم آهنگی آن حتی از دور هم آسان است. مثلاً می‌توان یک جریان را در زمان بسیار کوتاه از تار گذراند و این کار همان اثر را دارد که یک چکش روی تار یک پیانو نواخته شود. در این حال تار به ارتعاش در می‌آید و نوسانهای آن میراست. حرکت آن در دهانه آهن‌ریا باعث می‌شود که در دو انتهای تار فشاری القاء شود که فرکانس آنرا اندازه می‌گیرند. حتی در فاصله دور هم اندازه‌گیری این فرکانس ساده است. به این ترتیب اگر مثلاً بین دو انتهای یک میله تار بکشیم، به آسانی می‌توانیم تمام تغییراتی را که از نظر فاصله بین این دو نقطه بوجود می‌آید اندازه بگیریم.



**مبتدی-** پس حالا جذب کننده نیروی جدیدی بدست آورده‌ایم! تصور

می‌کنم که این دسته هم تمام شده باشند؟

### باز هم نیروها را اندازه بگیریم



**مهندس** - هنوز خیلی باقی مانده است. بطور مثال خازنی را برایتان نام می‌برم که یکی از جوشن‌های آن می‌تواند تغییر شکل بدهد و یا پاداشتن حالت ارتجاعی ثابت شده باشد و به این ترتیب بر حسب نیروئی که به آن گذاشته می‌شود، کم و بیش از جوشن دیگر فاصله می‌گیرد و در نتیجه مقدار ظرفیت آن تغییر می‌کند. بهمین ترتیب می‌توان فاصله بین دو سیم پیچی را که بطور پیاپی قرار گرفته‌اند تغییر داد و در نتیجه تغییر ضریب تزویج آن دو، ضریب خودالقائی تغییر می‌کند. برای این دو می‌توان نوسان سازی ساخت که عنصر متغیر در آن مدولاسیون فرکانس ایجاد کند. همینطور از بلورهای «پیزو-الکتریک» نام می‌برم که وقتی آنها را زیر تأثیر نیرو قرار دهیم، میدان‌های الکتریکی در آنها گسترش می‌یابند. از ماده متیلور که ممکن است سرامیک، کوارتز یا نمک مخصوصی باشد، در جهت مناسب تیغه‌ای درست می‌کنند، دو رویه آنرا فلز قرار می‌دهند و وقتی روی آن نیروهای مکانیکی وارد می‌کنند، در دوسرین خازن یک فشار الکتریکی ظاهر می‌شود.

**مبتدی** - گمان می‌کنم با سادیسیم مخصوصی که دارید بمن خواهید گفت تمام آنچه را که نام برده‌اید و دارد منظم را آشکارا متورم می‌کند، غیر از یک جزء کوچک از فهرست کامل جذب کننده‌های حساس در برابر عمل مکانیکی چیز دیگری نیست. **مهندس** - آقای مبتدی، شما باید یک روز دکانی بنام «پیشگوی بسیار روشن بین» باز کنید. درباره موضوع جذب کننده‌های مکانیکی باید کتاب‌ها نوشت، اما به نظرم با پریشانی ساعتان را نگاه می‌کنید. ممکن است با کسی وعده دیدار داشته باشید و برای من شکفت آور نیست.

**مبتدی** - فکر می‌کنم کار شما هم در خواندن افکار دیگران بسیار عالی است، تا فردا خدا نگهدار.



## مبحث سوم

مهندس می خواهد رازهای پنهان زیر نام «شتاب» را برای دوستش آشکار کند و چگونگی اندازه گیری آن را بگوید. جذب کننده های دیگری نام برده می شوند که در برابر صوت، گرما و در آخر در برابر نور (سلول های مشهور فتوالکتریک که مبتدی خیلی میل دارد آنها را بشناسد) حساس هستند.

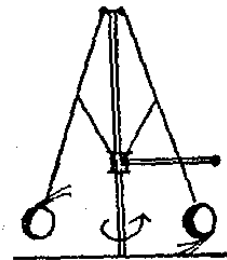
### جذب کننده های شتاب و سلول های فتوالکتریک

**مبتدی** - آقای مهندس امیدوارم که تمام این جلسه را درباره جذب کننده های مکانیکی صحبت نکنید. صمیمانه بگویم که گفتگو درباره آنها کمی برایم خسته کننده است.

**مهندس** - نه، مطمئن باشید. فقط در نظر دارم قبل از آنکه به گروه های دیگر بپردازم، درباره جذب کننده های وضعیت، یعنی جذب کننده هایی که امکان برگردان وضعیت یک قسمت متحرک را به شکل الکتریکی ایجاد می کنند، صحبت کنم.

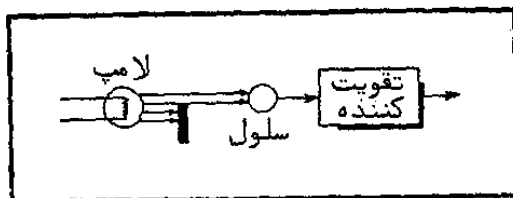
**مبتدی** - به نظر من بسیاری از دستگاههایی که دیروز برایم شرح دادید می توانند در این مورد بکار بروند. مثلاً همان پتانسیومتر با سیم پیچی خطی یا خازنی که یک صفحه آن تغییر شکل می دهد.

**مهندس** - کاملاً درست است. همینطور می توان (شکل ۱۷) یک قطعه را مورد استفاده قرار داد که کم و بیش جلوی عبور اشعه نورانی را می گیرد و یک سلول فتوالکتریک (که بزودی در باره اش صحبت می کنیم) مقدار باقیمانده را اندازه می گیرد، بکار برد. حالا به جذب کننده های سرعت بپردازیم و اینکار را از جذب کننده های سرعت زاویه ای (یا سرعت دورانی) آغاز کنیم.



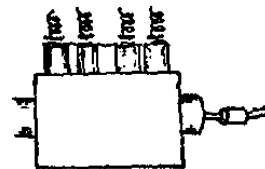
#### اندازه گیری سرعت

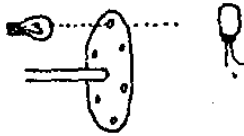
**مبتدی** - می توانیم یک نوع تنظیم کننده گلوله ای را، مانند آنچه که روی ماشینهای بخار وجود دارد، بکار ببریم، بخوبی می دانید که منظور همان محور گردان و دو گلوله و میله ایست که به قسمت متحرک ماشین وصل است و به این ترتیب وقتی محور تند می گردد، نیروی گریز از مرکز گلوله ها را از هم دور می کند.



شکل ۱۷ - بر حسب وضعیت مانع متحرک، اشعه نورانی لامپ کم و بیش به سلول می رسد.

**مهندس** - کاملاً امکان دارد. اما وصل کردن محور به یک دینامو (نیروزی

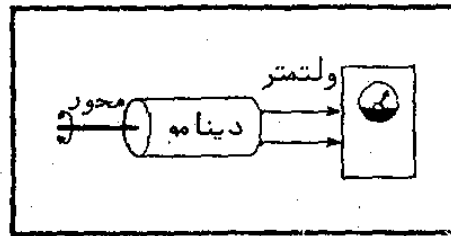




جریان مستقیم) ساده تر است به این ترتیب فشار الکتریکی تولید شده به وسیله نیروی جریان مستقیم متناسب با سرعت خواهد بود (شکل ۱۸) (سازنده آنرا بر حسب ولت به دور در ثانیه تعیین می کنند). همچنین می توان آنرا به محور یک نیروی کوچک جریان متناوب وصل کرد که فرکانس آن اندازه گیری می شود.

**مبتدی** - همه اینها بسیار قشنگ است، اما به وسیله نیروی جریان مستقیم یا متناوب حتماً نیروی ترمز کننده ای به محور اعمال می شود؟

**مهندس** - کاملاً درست است. توجه داشته باشید که اگر محور به وسیله یک موتور دیزل به قدرت هزاراسب. به گردش درآید، ترمز چندان شدید نخواهد بود. با اینحال در راه حل با نیروی جریان متناوب، می توان هیچگونه عمل ترمزی بوجود نیارود، به این ترتیب که محورگردان بطور ساده آهن ربائی کوچک دارد که در مجاورت یک سیم پیچی می گردد و در آن فشاری القاء می کند. اگر بخواهید که هیچگونه ترمزی وارد کار نشود، می توانید روی محور صفحه ای نصب کنید که سوراخهایی دارد و به نوبت جلوی عبور اشعه نورانی را  $n$  بار سد می کند تا به یک...



شکل ۱۸ - یک نیروی جریان مستقیم به وسیله حرکت دورانی به گردش درمی آید فشار الکتریکی متناسب با سرعت گردش به وجود می آورد، اندازه گیری این فشار مقدار سرعت را بدست می دهد.

**مبتدی** - ... سلول فتوالکتریک نرسد. گمان می کنم تا وقتی این سلولها را نشناسم از الکترونیک چیزی نمی دانم!

**مهندس** - بله، از آن خیلی استفاده می کنند. اما اجازه بدهید ابتدا درباره جذب کننده های سرعت که برای حرکت های خطی قابل استفاده هستند، برایتان صحبت کنم.



**مبتدی** - آه! در این حالت نخ را به قطعه ای که حرکت می کند می بندیم و آنرا روی یک استوانه می پیچیم. در اینجا هم مثل ریاضیات به حالت اول برمی گردد.

**مهندس** - این دستگاه چیزهایی دارد. همینطور می توان به قطعه متحرک یک آهنربا متصل کرد که در یک سیم پیچی جا بجا می شود. به این ترتیب فشاری که در سیم پیچی القاء می گردد، تابعی از سرعت جا بجائی است.

قبل از اینکه این قلمرو را تشریح کنیم، می خواستم چند کلمه هم در باره جذب کننده های شتاب یا اندازه گیرهای شتاب با شما صحبت کنم.

شتاب

**مبتدی** - اما شتاب که تغییر سرعت است. می شود به یک جذب کننده سرعت اکتفا کرد و از مقدارهایی که به وسیله آن بدست می آید، شتاب را بیرون آورد.

**مهندس** - تا حدودی حق با شماست. اما فقط تا حدودی، چون یقیناً همان

فکر متداول را دارید که طبق آن شتاب غیر از تغییر مقدار عددی سرعت چیز دیگری نیست، که این مطلب فقط برای جایگاهی خطی واقعیت دارد. در این حالت مخصوص در واقع می توان به یک جذب کننده سرعت اکتفا کرد که مقادیر آن از یک مدار دیفرانسیل (اختلافی یا کاهشی) بدست خواهد آمد...

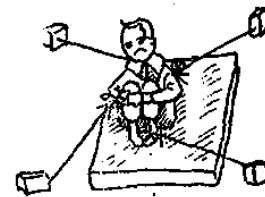
**مبتدی** - همه درست، اما این یکی نه...!

**مهندس** - خیلی ساده تر از آنست که فکر می کنید. اما در حقیقت شتاب معنی دیگری دارد که با آنچه تصویری کنید کمی تفاوت دارد به این ترتیب که تمام تغییرات یک سرعت از نظر اندازه و مقدار و یا جهت را شتاب می نامند. به این ترتیب است که در پیچ های جاده، به اتومبیلی که با سرعت ثابت در حرکت است، شتابی داده می شود به این ترتیب که این شتاب را حس می کنید زیرا یک نیرو (که آنرا نیروی گریز از مرکز می نامند) شما را به یک طرف اتومبیل می برد، درست مثل نیروئی که وقتی مقدار عددی سرعت اتومبیل در یک جاده راست تغییر می کند، روی شما اثر می گذارد.



**مبتدی** - این نیروها را خوب می شناسم. دوستی دارم که یک اتومبیل کورسی دارد. وقتی حرکت می کند، کم مانده است که روی صندلی عقب بیفتم و وقتی ترمز می کند احتمال دارد که از شیشه جلوی اتومبیل بیرون بروم.

**مهندس** - دوستان را بعداً بمن معرفی کنید تا اگر یک روز بمن پیشنهاد کرد با اتومبیلش مسافرت کنم، بلیط ترن بگیرم... آقای مبتدی، حالا تا وقت اینکار برسد، فرض کنید که در اتومبیل دوستان روی یک صندلی کاملاً لغزنده نشسته باشید و یا وجود این به وسیله چهار رشته که شما را به چهار جذب کننده نیرو ارتباط می دهد (که برای شما بسیار خوبست) روی آن ثابت قرار گرفته باشید...



**مبتدی** - من در وضع خوبی نخواهم بود که...  
**مهندس** - این در درجه دوم اهمیت است. مطلب اساسی اینست که چون شما دارای جرم هستید، بدن شما میل دارد بی حرکت بماند...

**مبتدی** - آقای مهندس با اینحال من طبعاً اینقدرز وارفته نیستم!  
**مهندس** - در اینجا مسئله خصوصیات شخصی در میان نیست، بلکه قانون فیزیکی است. هر جسمی که دارای جرم باشد، میل دارد بی حرکت بماند و یا سرعت ثابتی از نظر مقدار و جهت داشته باشد. (به عبارت دیگر حرکت خطی یک نواخت داشته باشد). برای تغییر دادن سرعت شما باید نیروئی در جهت حرکت (برای زیاد کردن مقدار سرعت) و یا در جهت مخالف حرکت (برای کم کردن سرعت) و یا عمود بر جهت سرعت (برای تغییر جهت سرعت) به شما وارد شود. بنابراین وقتی نیروئی به شما وارد می شود، در برابر آن واکنشی به صورت یک نیروی برابر و در جهت مخالف آن از خود نشان می دهید (در اینجا هم خصوصیات شخصی در میان نیست بلکه یک قانون فیزیکی است که «کنش و واکنش» نام دارد). این نیرو را روی چهار رشته ای که شما را نگهداشته اند، اعمال می کنید و نشان دهنده نیرو یا نیروهائی هستند که در هر لحظه زیر تأثیر آنها قرار دارید...



**مبتدی** - کاملاً برخلاف میل خودم...

**مهندس** - با اینحال زیر تأثیر آنها هستید. مجموع اتومبیل، شما و جذب-

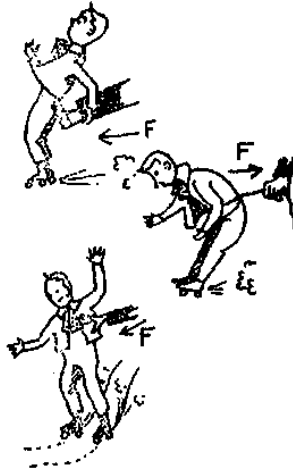
کننده‌های نیرو، یک شتاب سنج تشکیل می‌دهند که در هر لحظه شتاب اتومبیل را نشان می‌دهد.

### شتاب سنج با صرّقه

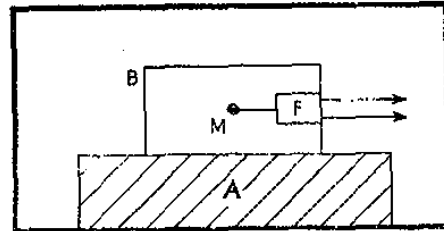
**مبتدی** - پس برای ساختن یک شتاب سنج باید یک اتومبیل و یک نفر و

یک ...

**مهندس** - آقای مبتدی جدی باشید. خوب می‌دانید که کافی است یک جعبه B داشته باشیم (شکل ۱۹) که به قسمت متحرک A وصل است و در آن یک جسم M که دارای جرم است به جذب کننده‌های نیروی F (پیزوالکتریک، پتانسیومتری یا



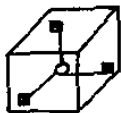
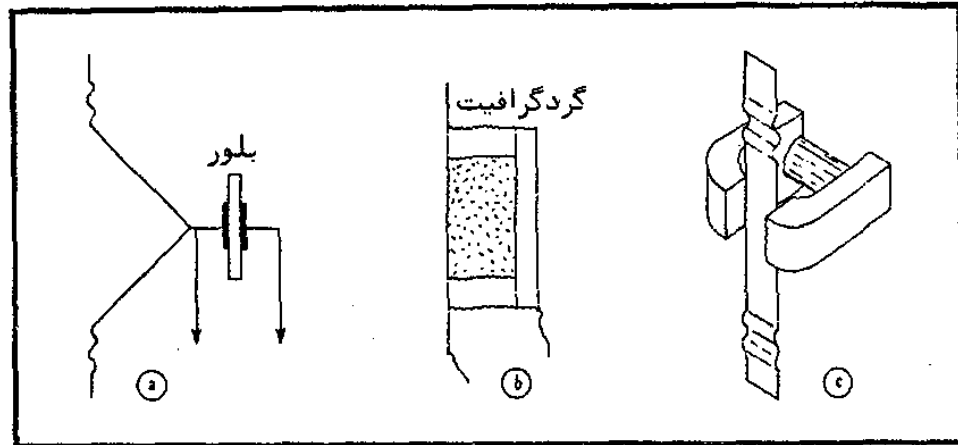
شکل ۱۹ - یک شتاب سنج جعبه‌ایست مثل B که وابسته به جسم متحرک A است. در این جعبه، یک جرم M به وسیله انرژی جنبشی خود وقتی زیر اثر شتاب قرار گرفته است، روی جذب کننده‌های نیرو اثر می‌کند.



انواع دیگر) متصل است. اگر شتاب سنج چند جانبه نداشته باشیم، معمولاً باید سه شتاب سنج داشت، تا شتاب‌ها را در سه جهت آشکار سازند که دوتای آن افقی و یکی عمودی است (که شتاب سنج عمودی در مثال اتومبیل سودی نداشت). برای اتومبیل شتاب عمودی جز موقع عبور از گرده ماهی‌ها وجود ندارد...

**مبتدی** - من همیشه از خوردن گوشت گرده ماهی لذت می‌برم!

**مهندس** - آقای مبتدی بجای اینکه شوخی‌هایی بکنید که معلوم نیست بازه



شکل ۲۰ - میکروفن‌ها می‌توانند به وسیله صفحه لرزان (مرتضی) بلور پیزو-الکترونیک فشردگی هوا را بکار بگیرند (a) یا از گردگرافیت استفاده کنند (b). میکروفن‌ها از فشار القاء شده در یک سیم‌پیچی یا فشار القاء شده در یک نوار (c) که در دهانه یک آهن‌ریبا جا بجا می‌شود نیز استفاده می‌کنند.

باشد، بیشتر درباره کاربرد جذب کننده‌های شتاب فکر کنید. تعداد زیادی از این جذب کننده‌ها را در بخش‌های گوناگون موشک‌ها، که ماهواره‌ها را به آسمان می‌برند، قرار می‌دهند. هواپیماها هم کاملاً مجهز به آنها هستند به این ترتیب که حتی از این جذب کننده‌های شتاب روی قسمت‌هایی می‌گذارند که احتمال لرزش آنها وجود دارد، تا به این ترتیب شتاب لرزش را اندازه بگیرند، البته به شرط آنکه این لرزش برای آن قسمت خطرناک باشد.

**مبتدی** - در واقع بسیار سودمند است.

**حالا گوش کنیم...**

**مهندس** - مکانیک را کنار بگذاریم. حالا یک گشت سریع در قلمروی جذب کننده‌های صوتی می‌زنیم. مدتهاست که آنها را می‌شناسید...  
**مبتدی** - آه! منظورتان میکروفن‌هاست! آخرین کاربردی که از آنها داشتم موفقیت آمیز نبود.

**مهندس** - بله، میکروفن‌هایی مانند آنچه می‌شناسید وجود دارند. بعضی از آنها (شکل ۲۰) یک صفحه لرزان دارد که به صورت یک جذب کننده نیرو کار می‌کند. (نوع بلور پیزوالکتریک، نوع گرافیتی و نوع خازنی) و یا جذب کننده سرعت است (نوع با قرقره سیم متحرک و نوع با نوار متحرک) که تمام اینها جذب کننده‌های صوتی هستند. اما انواع دیگری هم وجود دارند مثلاً هیدروفن‌ها یا میکروفن‌های آبی که برای گوش کردن صدای منتشر شده در زیر آب است (معمولاً پیزوالکتریک هستند) و ژئوفن‌ها یا میکروفن‌های خاکی که برای شنیدن صداها منتشر شده در خاک بکار می‌روند.

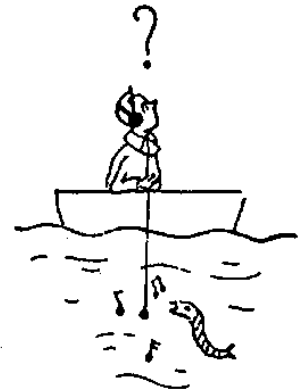
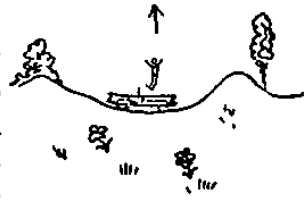
**مبتدی** - دو نوع اخیر برای سرخپوستان بسیار سودمند است!

**مهندس** - بر شیطان لعنت! من که رابطه‌ای بین آنها نمی‌بینم!

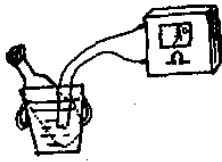
**مبتدی** - آقای مهندس بمن نگوئید که کتابهای نوشته شده درباره سرخپوستان را نخوانده‌اید! همه می‌دانند که رئیس سرخپوستان برای اینکه صدای پای دشمنانش را بشنود و یا از حرکت کالسکه‌ای که می‌خواهد به او حمله کند با خبر شود گوشش را به خاک می‌چسباند.

**مهندس** - درست است، پوزش می‌خواهم، گاهی ممکن است انسان این کتابها را فراموش کند... خوب برای اینکه به مطلب خودمان برگردیم می‌گوییم که میکروفن‌های خاکی (ژئوفن‌ها) بیشتر برای شنیدن صدای انفجارها بکار می‌روند تا به وسیله آنها بفهمند که پوشش‌های زیرزمینی منعکس کننده صدای انفجار (مربوط به ماده منفجر شونده) در کجا قرار دارند. این دستگاهها از طرف کاوشگران نفت هم خیلی بکار برده شده است.

اما چون این داستان سرخپوستان دیگک تصور مرا هم به جوش آورده، بنظرم می‌رسد که اگر به جذب کننده‌های گرما بپردازیم، منطقی باشد.

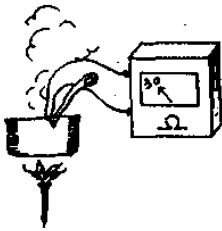


## برای جایگزینی گرماسنج‌ها



**مبتدی** - پیدا کردیم ۱۴ دفعه گذشته به من گفتید که مقاومت‌های اندازه‌گیر فشاری در برابر درجه‌گرما حساس هستند. کافی است یکی از آنها را بکار ببریم بطوری که زیر اثر درجه‌گرما باشد نه زیر اثر عمل مکانیکی، و به این ترتیب کار تمام است!

**مهندس** - خوب استدلال کردید. اینکار متداول است. با وجود این از بیک اندازه‌گیر فشاری به عنوان یک عنصر حساس در برابر گرما استفاده نمی‌کنند چون این عنصر را طوری ساخته‌اند که تا حد امکان حساسیت کمی در برابر درجه‌گرما داشته باشد، بلکه مقاومت متداول تری بکار می‌برند. می‌توان گفت که در درجه گرماهای معمولی، مقاومت یک رشته فلزی در هر سه درجه گرما بطور متوسط یک درصد زیاد می‌شود.



**مبتدی** - بنابراین فکر می‌کنم بکار بردن مقاومت‌های دیگری که در برابر گرما حساس هستند و زیر نام «ترمیستانس Thermistance» شناخته شده‌اند، به مقاومت‌های معمولی ترجیح دارد!

**مهندس** - آه، نه همیشه! ترمیستانس‌ها (که می‌خواستم درباره آنها با شما صحبت کنم) از نیمه‌هادی‌ها هستند که با اینحال برای توان‌های کم الکتریکی از قانون اهم پیروی می‌کنند (که این توان‌ها بطور محسوس آنها را گرم نمی‌کنند) اما وقتی درجه‌گرما بالا می‌رود مقاومت آنها کاهش می‌یابد. بنابراین تغییر آنها خیلی تندتر از تغییرات مقاومت‌های معمولی است بطوری که در این ترمیستانس‌ها تغییر مقاومت برای یک درجه سانتیگراد به ۴ درصد می‌رسد که ۱۲ برابر تغییر مقاومت در فلزهاست. این عنصرها را «ترمیستور Thermistor» و یا بطور کوتاه C.T.N. هم می‌گویند (که از کلمه‌های فرانسوی آن به معنی ضریب درجه‌گرما منفی گرفته شده است).

**مبتدی** - پس اگر این مقاومت‌های C.T.N. در برابر گرما ۱۲ برابر حساس‌تر از مقاومت‌های فلزی باشند، تصور می‌کنم هیچوقت مقاومت‌های فلزی را بکار نمی‌برند.

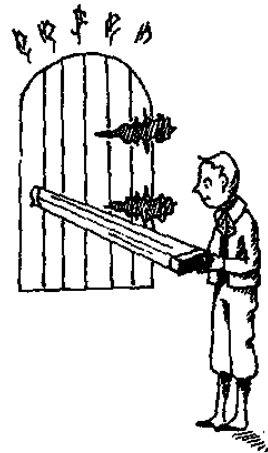


**مهندس** - آنها را هم زیاد بکار می‌برند، چون این مقاومت‌ها می‌توانند درجه‌گرمائی را تحمل کنند که CTN را خراب می‌کند. علاوه بر این قانون آنها که تغییر مقاومت در نتیجه تغییر درجه‌گرماست، ساده و تقریباً خطی است در حالی که قانون تغییر CTN نسبتاً پیچیده است. یک مقاومت از طلای سفید را می‌توان در درجه گرماهایی بکار برد که از چند درجه‌گرما مطلق (۲۶۰- درجه سانتیگراد) آغاز و تا ۱۵۰۰ درجه سانتیگراد می‌رسد. همچنین به وجود مقاومتی که CTP گفته می‌شود (ضریب گرما مثبت) باید توجه داشت. مقاومت اهمی CTP تا اندازه‌ای مثل مقاومت یک رشته فلزی است. وقتی درجه‌گرما بالا می‌رود، مقدارش زیاد می‌شود. اما این تفاوت را با آنها دارد که تغییرات مقاومت CTP در اطراف یک مقدار بحرانی بسیار تند است و بر حسب نوع CTP تفاوت دارد و به این ترتیب امکان می‌دهد که یک درجه‌گرما معین را با دقت بسیار زیاد بشناسیم (و در صورت لزوم این درجه گرما ثابت نگهداشته شود). به همین ترتیب زوج گرمائی-الکتریکی وجود دارد. بطوری

که دوفلز (یا نیمه هادی) که بهم وصل شوند و نقطه اتصال آنها زیر اثر گرما قرار گیرد تبدیل به یک پیل یا قوه واقعی می شوند (شکل ۲۱)

**مبتدی** - بسیار عالی است! به این ترتیب کافی است از این زوج‌ها داشته باشیم و آنها را گرم کنیم تا برق بدست بیاوریم. این پدیده آینده درخشانی دارد!

**مهندس** - بطور مسلم. بخصوص در کشور شوروی که این موضوع بسیار مورد بررسی قرار گرفته است (چون با در نظر گرفتن وسعت آن دوز خیلی از شهرها بدون برق هستند)، می توان یک رادیوی ترانزیستوری را با یک قوه زوج گرمائی که در اطراف شیشه چراغ نفتی که برای روشنائی بکار می رود گذاشته شده تغذیه کرد.



تشنع

**مبتدی** - برای درجه گرماهای زیاد، مثلاً بالاتر از ۲۰۰۰ درجه سانتیگراد

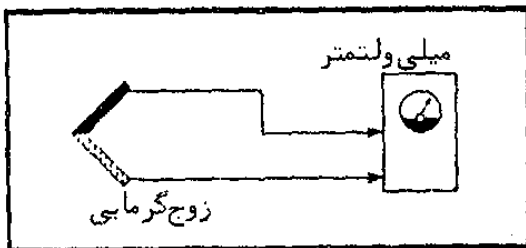
چه می کنند؟

**مهندس** - می دانید جسمی که زیاد گرم باشد، از خود نور می فرستد و به همین شکل است که انرژی از خود تشعشع می کند. ثابت شده برای درجه گرماهایی که بسیار زیاد نباشند توان تشعشع یافته به وسیله یک سانتیمتر مربع جسم گرم (که درجه گرمای آن  $t$  درجه سانتیگراد است) تقریباً متناسب با توان چهارم درجه گرمای مطلق  $T$  جسم است ( $T$  درجه گرمائی است که جسم گرم نسبت به صفر مطلق که  $۲۷۳ -$  درجه سانتیگراد است، دارد) با اندازه گیری این توان تشعشع یافته، درجه گرما بدست می آید. حتی این روش را برای اندازه گیری درجه گرمای زیاد هم بکار می برند. اما در این موقع به این روش عمل می کنند که از روی قوانین تشعشع بطور کمی جسورانه تا بعد از حدود معین محاسبه را ادامه می دهند و مقادیر را بدست می آورند، این قوانین همانهایی هستند که انفجارهای گرمائی - هسته ای عدم دقت آنها را در درجه گرمای زیاد آشکار کرده اند؛ طبق این قوانین، یک بمب هیدروژنی نمی تواند منفجر شود...

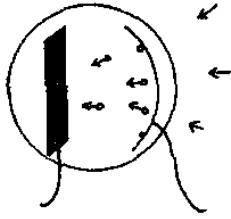


**مبتدی** - به سهم خودم ترجیح می دهم که حق با قوانین باشد!!!

**مهندس** - من هم همینطور. اما آزمون نشان داده است که بمب منفجر می شود. پس این محاسبات که بیش از حد مقادیر داده شده دنبال می شوند، کمی تفتنی است. به همین ترتیب وقتی به من می گویند درجه گرمای فلان ستاره ۶ میلیون درجه است، برای من همان اثر را دارد که گفته باشند: «درجه گرمای آن ۳ تن، یا ده دقیقه است...»

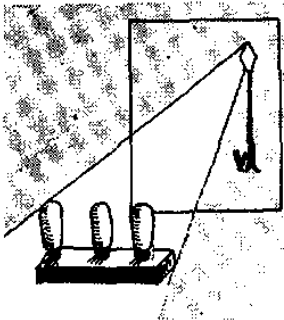


شکل ۲۱ - یک زوج گرمائی تشکیل شده است از دوفلز مختلف که بهم جوش شده اند. بر حسب درجه گرمای لازم برای جوشکاری، فشار الکتریکی که در دو سر آن پدیدار می شود، تغییر می کند.



**مبتدی-** بنابراین اندازه گیری‌های به وسیله تشعشع هیچ ارزشی ندارند؛  
**مهندس-** چرا، خیلی هم با ارزشند. مثلاً یکبار بردن زوج‌های گرمائی  
 امکان اندازه گیری درجه گرمای نقاط مختلف کره ماه و چند کره آسمانی دیگر را  
 با منعکس کردن تصویر یا قسمتی از تصویر کره آسمانی زیر بررسی بوجود آورده‌اند.  
 انعکاس تصویر به وسیله یک آئینه تلسکوپی روی زوج گرمائی به عمل می‌آید و گرم شدن  
 زوج گرمائی که بر حسب درجه گرمای نقطه هدف گیری شده روی کره آسمانی است،  
 اندازه گیری را انجام می‌دهد. و با این همه نتیجه بدست آمده خوب است!  
**مبتدی-** با کمال میل قبول می‌کنم. اما دلم می‌خواست که از سلول‌های  
 فتوالکتریک برایم صحبت کنید.

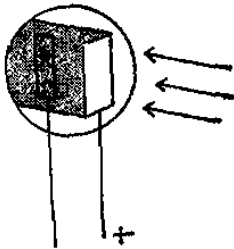
**مهندس-** داشتم بهمین مطلب می‌رسیدم. روش بکاررفته در لامپ‌های الکترونی  
 برای خارج کردن الکترون از ماده یادتان هست؛  
**مبتدی-** البته. درجه گرمای یک جسم را زیاد می‌کنند و این کار سرگردانی  
 الکترون‌ها را افزایش می‌دهد. الکترون‌ها به حدی تکان داده می‌شوند که در آخر  
 از ماده خارج می‌شوند.



**مهندس-** تا همینقدر کافی است. برای اینکه دقیق‌تر باشد، می‌گویم که  
 افزایش انرژی الکترون‌ها که در اثر درجه گرما به وجود آمده است به آنها امکان  
 می‌دهد که از رویه عبور کنند. بله آقای مبتدی، می‌توان انرژی الکترون‌ها را با  
 رساندن یک تشعشع نوری به ماده‌ای که الکترون‌ها در آنست نیز افزایش داد...  
**مبتدی-** بسیار عالی است! پس می‌شود در لامپ‌های الکترونی بجای کاتدهای  
 گرم، کاتدهای روشن شده (زیر نور) گذاشت؟

### سلول‌های فتوالکتریک

**مهندس-** در واقع این کار عملی است اما زیاد جالب نیست چون جریانی  
 که به این ترتیب بدست می‌آید نسبتاً ضعیف است. اگر بخواهیم یک سلول فتوالکتریک  
 درست کنیم (شکل ۲۲) صفحه‌ای می‌گذاریم که پوشیده از ماده مناسبی باشد که وقتی  
 زیر تابش نور قرار می‌گیرد. بخصوص قادر به ارسال الکترون در یک حباب که داخل  
 آن خلأ است، باشد. الکترون دیگری در همین حباب وجود دارد که به اختلاف  
 سطحی که نسبت به این صفحه اندود شده (که کاتد نامیده می‌شود) مثبت است، وصل  
 می‌گردد. الکترون‌های فرستاده شده در اثر تابش نوری که روی کاتد می‌تابد، به طرف  
 الکتروود دیگر آند، خواهند رفت که باعث برقراری جریان  $I_0$  می‌شود که تابع  
 روشنائی کاتد است.

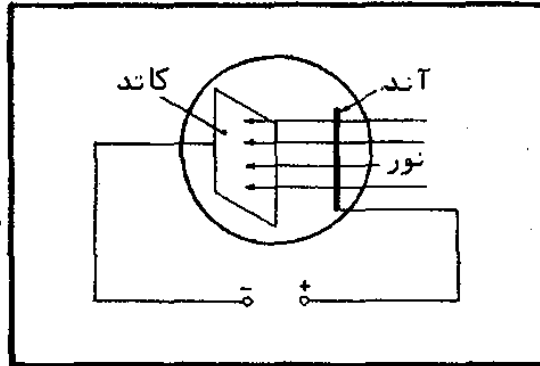


**مبتدی-** در واقع، یک سلول فتوالکتریک پیچیده بنظر نمی‌آید. اما بگوئید  
 ببینم چرا یک آند به این کوچکی کشیده‌اید که یک‌دسته بیشتر نیست؟ باید آند خیلی  
 بزرگتری می‌کشیدید.

**مهندس-** این مطلب لازم نیست و بخصوص نباید فراموش کرد که آند نباید  
 سایه‌ای روی کاتد بیندازد و باید راه را برای عبور نور باز بگذارد. از این گذشته  
 با مقدار ضعیف  $I_0$  (که به زحمت به ده‌ها میکروآمپر می‌رسد و غالباً کمتر از یک میکرو



آمپر است) نیازی به آند بسیار بزرگ نیست.  
**مبتدی** - جریان‌های سلول‌های شما بی اندازه کوچکند. و از این گذشته قرار دادن آند در مسیر اشعه نورانی ناراحت کننده است.  
**مهندس** - خواهید دید که با همین جریان‌های کوچک خیلی خوب کنار می‌آئیم. از یک طرف می‌شود یک کاتد نیمه شفاف بکار برد که روی جدار حباب قرار دارد



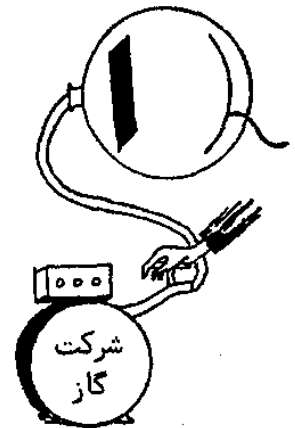
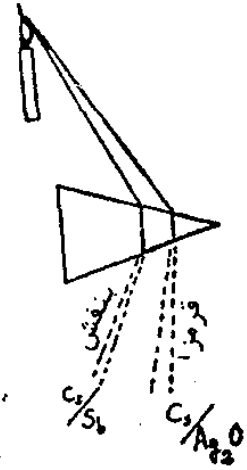
شکل ۲۲ - سلول فتوالکتریک: کاتد زیر اثر نور الکترون می‌فرستد و آند این الکترون‌ها را جذب می‌کند.

به این ترتیب اشعه نورانی از یک طرف به آن برمی‌خورند و باعث می‌شوند که الکترون‌ها از طرف دیگر به بیرون فرستاده شوند. پس نیازی نیست که آند در جهت منبع نورانی باشد. حالا که برایتان از کاتد صحبت می‌کنم، بگذارید این را هم خاطر نشان کنم که گونه‌های زیادی کاتد وجود دارند. بعضی از کاتدها تشکیل شده‌اند از سزیم که روی انتمیوان قرار داده‌اند و در برابر نور آبی و بنفش حساسند، کاتدهائی از سزیم درست می‌کنند که روی اکسید نقره قرار دارند و بخصوص در برابر نور قرمز و زیر قرمز حساس هستند. در آخر به یاد داشته باشید که جریان‌ها تقریباً بستگی به فشار آند ندارد و این جریان فقط به روشنائی یا نور تابیده به کاتد وابسته است (به شکل کاملاً متناسب بطوری که این موضوع امکان می‌دهد حساسیت سلول را بر حسب میکروآمپر به لومن<sup>۱</sup> تعریف کنند). در واقع سلول خلا<sup>۲</sup> تقریباً روشی مانند یک دیود اشباع شده دارد که جریان اشباع آن، به جز درجه گرمای رشته، وابسته به چیز دیگری نیست.

**مبتدی** - گفتید سلول‌های خلا. بنا بر این سلول‌های دیگری هم وجود دارند؟  
**مهندس** - افسوس، بله. سلول‌های گاز دار. عملایشیه به سلول‌های قبلی هستند، اما در آنها مقدار کمی گاز وارد می‌کنند که در اثر الکترون‌های خارج شده از کاتد، ایونیزاسیون پیدا می‌کنند. ایونیزاسیون گاز جریان فتوالکتریک را در عاملی ضرب می‌کند که ممکن است تا چهار برسد و...

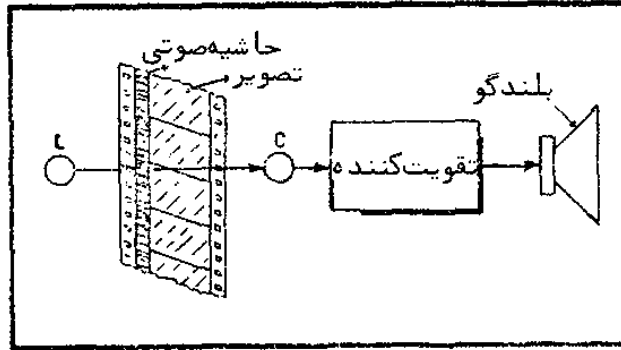
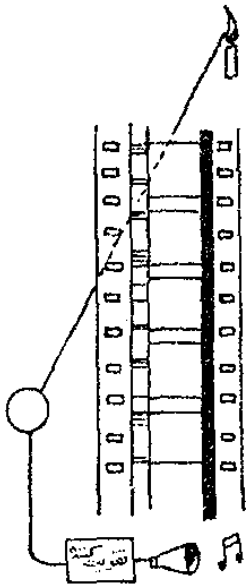
**مبتدی** - وقتی جریان اصلی تا این حد کوچک است. این موضوع بسیار عالی است. چرا گفتید افسوس؟

**مهندس** - چون بزرگترین کاری که از این سلول‌ها برمی‌آید اینست که



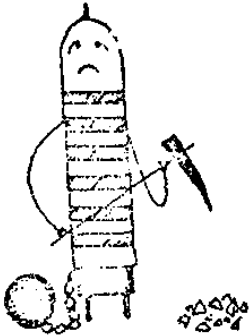
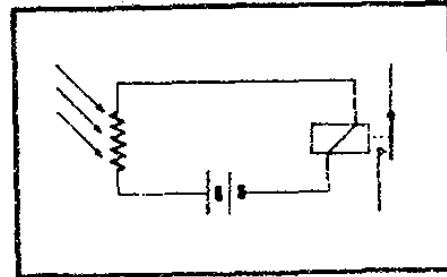
۱. لومن Lumen واحد سیلان نوری است.

به عنوان «خواننده» (ایجادکننده صدا) در سینمای ناطق بکار بروند. می دانید که صدای سینمای ناطق به صورت «حاشیه صوتی» ضبط می شود که نواری است با شفافیت متغیر و در کنار فیلم قرار دارد. این حاشیه از میان یک لامپ L (شکل ۲۳) و یک سلول C می گذرد. تغییرات نوری که به سلول C می رسند به وسیله آن به علامت های



شکل ۲۳- روی کناره فیلم، یک حاشیه صوتی که شفافیت آن از یک نقطه به نقطه دیگر تغییر می کند، کم و بیش جلوی نور خارج شده از لامپ را می گیرد و به این ترتیب با رسیدن به سلول فتوالکتریک C، جریان B.P. صدای دوباره بوجود می آورد.

شکل ۲۴- یک «مقاومت نوری» وقتی زیر تابش نور قرار گرفت، مقاومتش کاهش می یابد و جریانی که از آن می گذرد می تواند یک زن را مستقیماً بکار بیندازد.



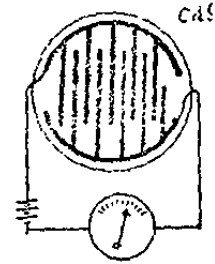
الکتریکی برگردان می شوند که ورودی یک تقویت کننده را زیر تأثیر می گیرند. این سلولها مدت چندین سال جای سلولهای دیگر را گرفته بودند. در حالی که این سلولها شکننده هستند، جریان آنها بستگی زیادی به فشار آنها دارد، حساسیت آنها با گذشت زمان تغییر می کند، تأخیر در ایونیزاسیون و برگشتن گاز به حالت اول موجب می شود که این سلولها نتوانند از تغییرات بسیار تند نور پیروی کنند (در دهزار کیلومتر، ۳dB افت دارند)...

**مبندگی**- دیگر نگوئید. از نظر من سلولهای گازی محکومان فراموش شده هستند. فقط متأسفم که غیر از سلولهای خلا، عنصرهای دیگری وجود ندارند که در برابر نور حساس باشند.

### عناصرهای حساس نوری

**مهندس**- هیچ افسوس نخورید. دستگاہهای حساس نوری زیادی وجود دارند. ابتدا مقاومت های نوری هستند به این ترتیب که به ضعیف از اجسام بخصوص سولفور سرب، سولفور کادمیوم و همینطور سلنیوم (ترکیبات سلنیوم) و انیموانور (ترکیبات انیموان) که بطور مناسبی عمل آورده شده باشند، یک مقاومت الکتریکی از خود نشان می دهند که بر حسب تابش نور بر روی آنها بطور قابل توجهی تغییر

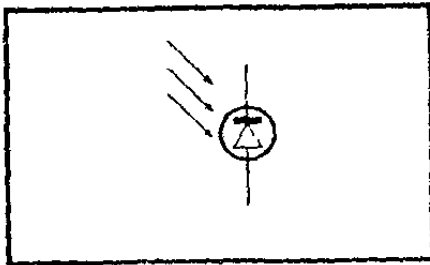
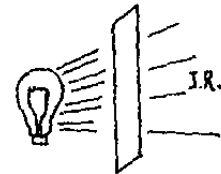
می‌کند. جریان‌هایی که می‌توان از آنها بدست آورد خیلی بیشتر و غالباً چندین ده میلی‌آمپر است. اما این اجسام همیشه مقاومت واقعی نیستند. بعضی از آنها نیمه‌هادی هستند یعنی جریانی که از آنها می‌گذرد، متناسب با فشاری که به آنها می‌گذارند، نیست. علاوه بر این ممکن است مانند بزرگی داشته باشند و فقط در برابر تغییرات آهسته نور (که چندین دهم ثانیه طول بکشد) حساس باشند. اما مقاومت‌های نوری، که برای اندازه‌گیری‌های نورچندان درخشان نیستند، برای بکارانداختن رله بسیار خوبند (شکل ۲۴).



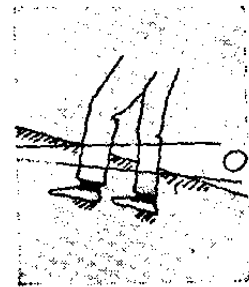
**مبتدی** - گمان می‌کنم این همان چیزی است که برای دستگاه ضد دزد من که آنروز گفتم مناسب است.

**مهندس** - در واقع همینطور است، بخصوص اگر توجه کنید که این مقاومت های نوری به حد کفایت در برابر نور زیر قرمز حساسند.

**مبتدی** - باز هم این نور زیر قرمز این نور چیست و چگونه آنرا ایجاد می‌کنند؟  
**مهندس** - چیز پوشیده‌ای ندارد. زیر قرمز نوری است که در طیف نورها کمی دورتر از قرمز قرار دارد. چشم‌های ما نمی‌توانند آنرا مشاهده کنند، اما بعضی از سلول‌های فتوالکترونیک، مانند نور دیدنی در برابر آن حساسیت دارند. برای

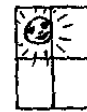


شکل ۲۵ - یک دیود نوری در نقشه‌ها بطور خلاصه اینطور نشان داده می‌شود.



ایجاد نور زیر قرمز فقط یک لامپ با رشته مشتمل (لامپ ممدولی) را بکار می‌برید و در برابر آن یک صافی نوری می‌گذارید که تمام تسمه‌های دیدنی را متوقف می‌کند و در همین حال به نور زیر قرمز اجازه عبور می‌دهد. به این ترتیب یک دسته اشعه دارید که ممکن است با یک سلول خلاصه‌کننده که کاندنسر در برابر نور زیر قرمز حساس است، آشکار شود. این کاندنسر از یک پوشش سزیم که روی یک صفحه نقره‌ای اکسید شده قرار دارد تشکیل شده است. این کاندنسر معمولاً به وسیله سازندگان «کاتد S<sub>1</sub>» نامگذاری می‌شود. به این ترتیب می‌توانید از یک مقاومت نوری که در برابر نور زیر قرمز حساس است استفاده کنید چون این مقاومت کم و زیاد شدن اشعه را آشکار می‌کند بی آنکه کسی بتواند اشعه را ببیند.

**مبتدی** - این واقعا بسیار عملی است. پس جذب کننده‌های نوری دیگر را هم برآیم بگوئید. حدس می‌زنم شده زیادی جذب کننده دیگر وجود دارند!



**دیودهای نوری**

**مهندس** - بله، بله. حتی تعدادشان بسیار زیاد است. من غیر از دیود نوری

چیز دیگری را برایتان نمی‌گویم (شکل ۲۵) در اینجا یک دیود با اتصالی<sup>۱</sup> ژرما-نیومی یا سیلیسیومی داریم که یک منطقه N و یک منطقه P دارد. اگر منطقه P را نسبت به منطقه N مثبت کنیم، جریان بدون دشواری می‌گذرد. برعکس اگر بار الکتریکی دیود را در جهت معکوس بگذاریم، جریان نمی‌گذرد...

**مبتدی-** مثل تمام دیودهای خانواده نجیب دیود!

**مهندس-** بله، اما این دیود «خانواده نجیب» وقتی نور در محل اتصالی آن بتابد افکار پدی به سرش می‌زند چون ضرب‌هائی که در اثر برخورد فوتون‌ها (با دانه‌های نوری) به آن ایجاد می‌شوند باعث می‌گردند که در محل اتصال مجموعه‌ای از الکترون‌ها و حفره‌ها بوجود بیاید و در این موقع دیود به یک نوع «جریان تلف» اجازه عبور می‌دهد، که با اینحال به فشار وابستگی ندارد.



**مبتدی-** لعنت بر دیود! اکنون پدیده‌ای را برایتان شرح دادید که مدت‌ها ما در فکر و خیال فرو برده بود به این ترتیب که یک کنترل‌کننده همگانی ساخته بودم که با یک گالوانومتر و چهار دیود با اتصالی ژرمانیومی کار می‌کرد و مشاهده کرده بودم که دستگاه من، روی فشارهای متناوب، قبل از ظهر خیلی بد و بعد از ظهر بهتر کار می‌کند. در حالی که پنجره آزمایشگاه من به طرف شرق است و صبح دیودها به شدت زیر تابش نور قرار داشتند.

**مهندس-** این مطلب می‌تواند توضیحی درباره علت آن باشد. ممکن است گرم شدن احتمالی دیودها هم باعث آن شده باشند. معمولاً دیودها پوششی از رنگ سیاه دارند که آنها را در برابر نور حفظ می‌کند.



**مبتدی-** در ابتدا این رنگ سیاه را داشتند اما من آنها را تراشیدم تا بینم درون آنها چیست.

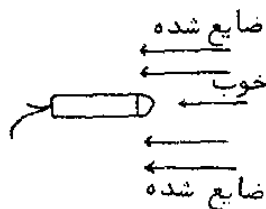
**مهندس-** این داستان بسیار اخلاقی است و نتیجه آن اینست که کنجکاوی همیشه تنبیهی بدنیال دارد. جالب بودن دیود نوری از این جهت است که حساسیت آن غالباً ۳۰۰ برابر بزرگتر از حساسیت بهترین سلول‌های خلاء است. علاوه بر این ماند بسیار کمی دارد و به آسانی از تغییرات نوری که آهنگی برابر صد هزار پریود در ثانیه داشته باشد، پیروی می‌کند. عیب اصلی آن همان عیب اصلی تمام نیمه هادیها یعنی حساسیت در برابر گرما است.

**مبتدی-** سببش بر این حساس‌تر از بهترین سلول‌های خلاء، چه بهره خوبی! باید این دیودها را فقط با روشنی شفق بکار برد!

**مهندس-** این مطلب را باور نکنید. سطح حساس دیودهای نوری بسیار کوچک است و باید روشنائی خوبی داشت تا بتوان تعداد کم لومن لازم برای ایجاد جریان قابل توجه را به این سطح بسیار کوچک رساند. با اینحال این دیودها عناصری بسیار سودمندی هستند که قطعاً برای ایجاد صدا در سینمای ناطق جایگزین سلول‌های گازی خواهند شد...

**مبتدی-** کار خوبی است!

**مهندس-** منم عزا نمی‌گیرم. با وجود این، وسیله دیگری برای رساندن



۱. نگاه کنید به کتاب «ترانزیستور... بسیار ساده است!» از همین مجموعه.

حساسیت سلولها به مقدار بسیار زیاد وجود دارد.

**مبتدی** - تقویت؟

**مهندس** - درست است. اما در این لحظه به روش تقویتی فکر می‌کنم که کاملاً با آنچه شما می‌دانید متفاوت است، چون ارسال ثانوی را بکار می‌برد.

**چند برابر کننده نور**

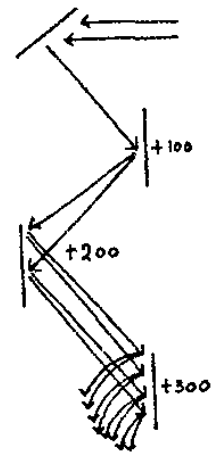
**مبتدی** - این جانور دیگر چیست؟ آه، بله، یاد آمد، همان پدیده ایست که در لامپهای چهار الکترودی (تترود) باعث ناراحتی شده بود چون الکترون‌ها که در نتیجه شبکه پرده شتابشان زیاد شده بود وقتی به آنند برخورد می‌کردند می‌توانستند بیشتر از آنچه الکترون به آنند می‌رسد از آن الکترون بیرون آورند. در بعضی حالتها، اگر شبکه پرده اختلاف سطح بیشتری از آنند داشته باشد آنها را جذب می‌کند و یک نوع جریان وجود دارد که از آنند به طرف شبکه پرده می‌رود و آنند نقش یک کاتد دوم را بازی می‌کند.

**مهندس** - آقای مبتدی نمره شما بیست است! برای اینکه از این پدیده در یک سلول فتو-الکتریک استفاده کنند، ترتیبی می‌دهند که الکترون‌هایی که از کاتد روشن شده به وسیله نور خارج می‌شوند (پتانسیل کاتد صفر است) به الکتروود نخست برسند که اختلاف سطح  $+100$  ولت دارد. این الکتروود از ماده‌ای پوشیده شده است که توان بزرگی برای ارسال ثانوی الکترون دارد و در همسایگی الکتروودی قرار گرفته است که به اختلاف سطح  $+200$  ولت وصل است. یک الکترون که از کاتد نوری خارج شده باشد و به الکتروود با اختلاف سطح  $+100$  ولت برسد، ۲ یا ۳ الکترون از آن خارج می‌کند تا به الکتروودی که اختلاف سطح  $+200$  ولت دارد برسند. در همسایگی این الکتروود، الکتروود دیگری که اختلاف سطح  $+300$  ولت دارد، ۴ یا ۹ الکترون دریافت می‌کند (شکل ۲۶)

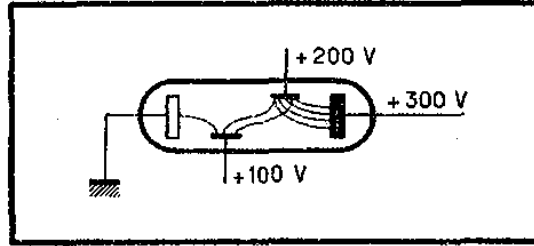
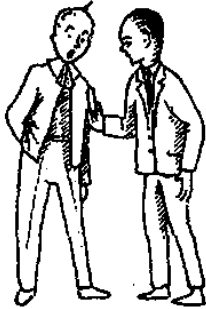
**مبتدی** - آقای مهندس این موضوع بسیار خوب است. اما بگوئید بینم چه چیز مانع می‌شود که الکترون‌ها از آنچه شما کاتد نوری می‌نامید مستقیماً به طرف الکتروود  $+200$  ولتی ریزا بهتر از آن به الکتروودی که اختلاف سطح  $+300$  ولت دارند بروند؟

**مهندس** - طرز قرار گرفتن الکتروودها طوری است که شکل میدان‌های الکتریکی با این کار مخالفت می‌کند، اما این را بدانید که همیشه چند الکترون «بی‌کله» وجود دارند که جایی می‌روند که نباید بروند. اصل در اینست که اگر بطور آماری بگوئیم، تعداد آنها نباید زیاد باشد. به وسیله ده طبقه چند برابر کننده می‌توان جریان فتو-الکتریک را در ضربی ضرب کرد که به چندین میلیون می‌رسد. حساسیت این چند برابر کننده‌های نوری به مقدار باور نکردنی می‌رسد. منظور من لامپ‌هایی است که در صنعت بسیار متداول هستند و در اندازه گیری‌های ستاره‌شناسی بکار می‌روند... یکی از آنها را آورده‌ام تا به شما نشان دهم.

**مبتدی** - آه! انتظار داشتم یک دستگاه بزرگ را بینم، بخصوص که بمن گفته بودید ۱۱ طبقه چند برابر کننده دارد. راستی این الکتروودها را که در عین حال آنند (برای بخشی که قبل از آنها قرار گرفته) و هم کاتد (برای بخشی که پس از

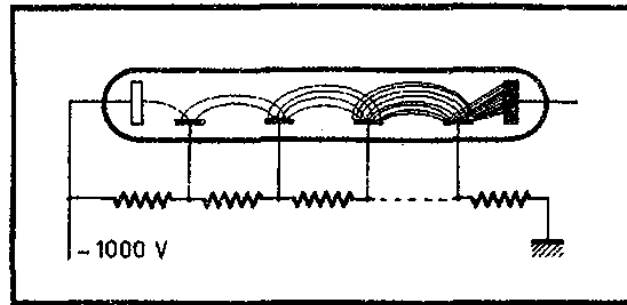


آنها واقع شده) هستند چه می نامند؟

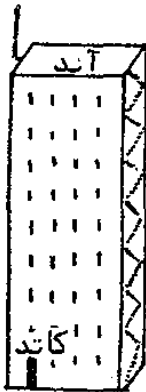


شکل ۲۶- در يك چندبرابرکننده نوری، انکترودهای فرستاده شده به وسیله کاتد يك ارسال ثانوی روی نخستین «دینود» ایجاد می کنند. دومین «دینود» باز هم تعداد انکترودها را چند برابر می کند که از آن بیرون می آیند تا به آند بروند.

**مهندس** - به آنها دینود می گویند. به وسیله يك رشته مقاومت و یا لامپ نئون، که برتری آن نسبت به مقاومت ثابت نگهداشتن فشار است، اختلاف سطح های مناسب را به الکتروودها می گذارند. با اینحال من رشته مقاومت ها را ترجیح می دهم (شکل ۲۷) چون امکان می دهد که تغییرات پیوسته ای از فشار در هر دینود داشته باشیم. در واقع حساسیت مجموع آنها (یا بهتر بگویم توانائی چند برابرکننده طبقه ها)



شکل ۲۷- برای تغذیه يك چند برابرکننده نوری چند طبقه ای، پبتر است که دینودها را به وسیله يك رشته مقاومت که بین کاتد (با اختلاف سطح بسیار منفی) و بدنه قرار گرفته است، تغذیه کنیم.



بطور زیادی به پیروی از فشار هر دینود تغییر می کند.  
**مبتدی** - متوجه شدم. اما چرا در نقشه خودتان يك فشار منفی برای کاتد بکار برده اید؟

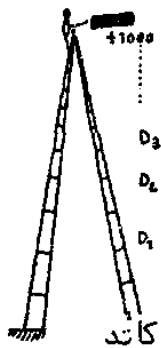
**مهندس** - ترجیح می دهم کاتد را به اختلاف سطح ۱۰۰۰- ولت نسبت به بدنه وصل کنم و الکتروود آخری (آند) را به اختلاف سطحی در حدود صفر متصل کنم، چون روی همین الکتروود است که جریان فتو-الکتريك تقویت شده را دریافت می کنم.

**مبتدی** - در واقع سود داشتن يك سلول فتو-الکتريك بسا این حساسیت بسیار بزرگ چیست؟

**مهندس** - بسیار اتفاق می افتد که اشعه نوری در اختیار دارید که سیلان آن بسیار ضعیف است. حالت مشخص تر از همه، کاربرد در «برق زن ها» است که برای آشکار کردن تشعشع های هسته ای بکار می روند.

**مبتدی** - منظورتان اشعه اتمی است؟

**مهندس** - دريك معنی بله، اما این طرز بیان را که کمی شبیه به «علوم تصویری پیش پا افتاده برای روزنامه های بزرگ است» بهیچوجه دوست ندارم. تمام



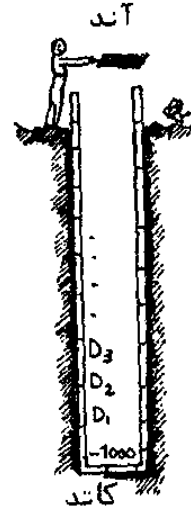
پدیده‌هایی که بطور نادرست اتمی نامیده شده‌اند، در واقع همانهایی هستند که در آنها يك تغییر شکل هسته دخالت می‌کند.

**مبتدی** - می‌دانم چه نتیجه‌ای می‌خواهید بگیرید. بیرون کشیدن الکترون‌ها از يك کاتد لامپ الکترونی یا دريك گاز با یونیزاسیون، اتم‌ها را زیر اثر می‌گیرد و می‌تواند شایسته عنوان «پدیده اتمی» باشد.

**مهندس** - کاملاً درست است. و تازه شما واکنش‌های شیمیایی را فراموش کرده‌اید که در آنها اتم‌های گوناگون بین خودشان الکترون مبادله می‌کنند. مثلاً در شکستن اتم رادیوم، هسته‌های اتم هستند که شکسته شده‌اند، همانطور که فلز در بمب‌های اتمی شکسته می‌شود (که باید آنها را «بمب هسته‌ای» بنامند) و یا در باطری‌هایی که به وسیله پلوتونیوم تهیه می‌شوند.

**مبتدی** - مطالب مربوط به رادیو آکتیویته برای من تقریباً مبهم هستند. اما حالاً که صحبت درباره این مطالب را آغاز کرده‌اید می‌توانم نتیجه بگیرم که نوع جذب کننده‌ها را تغییر داده‌ایم و چون بنظر می‌رسد که ساعتها دیر وقت را نشان می‌دهند، گمان می‌کنم که امروز نمی‌توانم چیزی جذب کنم. اگر میل داشته باشید فردا نباله گفتگو را می‌گیریم.

**مهندس** - موافقم و به این ترتیب می‌توانیم به مسئله جذب کننده‌ها که بدون شك کمی خسته کننده ولی در الکترونیک بسیار مهمند پایان بدهیم.



## مبحث چهارم

مهندس با فرورفتن در قلب ماده، دوست خود را از رازهای پارتيكولها، پروتونها، نوترونها و چیزهای دیگر و همچنین از تشعشعهای هسته‌ای آگاه خواهد ساخت. بنا بر این فوراً به جذب کننده‌های حساس در برابر این تشعشعها می‌رسد (شمارگر گایگر Geiger، اطاق ایونیزاسیون، برق‌زنها) و چون دوستان ما از پارتيكولها صحبت می‌کنند، به وقایعی می‌رسند که در ایونها در قلب محلولها می‌گذرند. مبتدی خواهد دید که  $P^H$  (که درجهٔ اسیدی بودن يك محلول را اندازه می‌گیرد) و توانائی اکسیدکنندگی آن چیست و جذب کننده‌هایی که امکان اندازه‌گیری این اعداد را بوجود می‌آورند کدامند.

### اندازه‌گیری‌های هسته‌ای و شیمیائی

**مبتدی** - آقای مهندس من کاملاً سرخورده و ناراحت هستم. کوشش کردم اثری را بنخوانم که دربارهٔ «پدیده‌های هسته‌ای» (همانطور که شما نام بردید) نوشته شده بود و مورد حملهٔ سیلابی از کلمه‌های ناشناس قرار گرفتم مثل اشعهٔ بتا، نوترونها، ایزوتوپها، الکترون ولت، براترون (Bératron)...

**مهندس** - معنی همهٔ آنها را الان برایتان نخواهم گفت، اما خواهید دید تا آن حد هم که فکر می‌کنید وحشت آور نیستند. ابتدا از شما می‌خواهم که بمن بگوئید هستهٔ اتمها چگونه درست شده‌اند؟



### ساختمان اتمها

**مبتدی** - هسته‌ها گلوله‌های بسیار کوچکی هستند که بار مثبت دارند و تقریباً تمام جرم اتم در آنهاست.

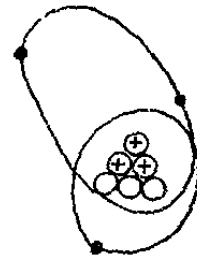


**مهندس** - در این گفته حقیقت وجود دارد اما دربارهٔ هسته‌ها مطالب بیشتری فهمیده شده است. این هسته‌ها از دو نوع پارتيكول (ذرات بسیار ریز) درست شده‌اند که یکی از این دو نوع، پروتونها Proton، دانه‌های ریز با بار مثبت هستند و دیگری نوترونها Neutron، دانه‌های ریز با همان جرم اما بدون بارند. بار الکتریکی يك پروتون برابر بار يك الکترون است اما با علامت مخالف. مسلماً در يك اتم که خنثی است به همان اندازه پروتون در هسته وجود دارد که الکترون در حال گردش به دور آن موجود است. تعداد پروتونها «عدد اتمی» یا «ظرفیت اتمی» نامیده می‌شود. مثلاً هستهٔ هیدروژن ساده فقط يك پروتون دارد که در اطراف آن الکترون اتم گردش می‌کند. پس ظرفیت اتمی هیدروژن 1 است. اما نوع دیگری هیدروژن هم هست که هیدروژن سنگین (یا دوتریوم deutérium) است و به مقدار بسیار کم به صورت مخلوط با هیدروژن ساده (کمتر از  $\frac{1}{1000}$  هیدروژن سنگین

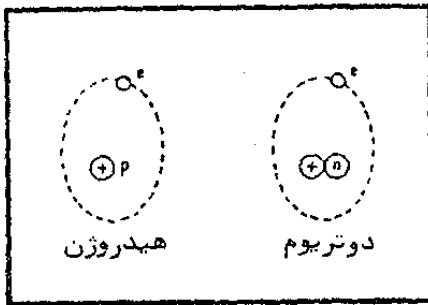
برای  $\frac{999}{1000}$  هیدروژن ساده) در گاز هیدروژن معمولی وجود دارد. این هیدروژن



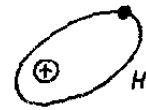
سنگین، در هسته خود، يك پروتون و يك نوترون دارد. (شکل ۲۸). هر اتم آن، مثل هیدروژن ساده، فقط يك الکترون دارد. دوتریوم وزن مخصوصی بیشتر از هیدروژن ساده دارد اما خواص شیمیائی آن تقریباً مشابه است. دوتریوم را در جدول دوره ای عنصرها، که جدول «مندلیف» (Mendeleeff) نامیده شده است، در همان خانه هیدروژن جای می دهند و بهمین دلیل است که دوتریوم و هیدروژن سیک را «ایزوتوپ» (Isotope) می نامند که از دو کلمه یونانی «ایزوس ISOS» به معنی «هم» و «توپوس Topos» به معنی «خانه و جا» گرفته شده است.



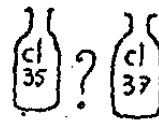
به این ترتیب اتمهائی وجود دارند که با داشتن يك تعداد پروتون، ظرفیت اتمی یکسانی دارند، اما می توانند به دو شکل وجود داشته باشند. اختلاف اینها به وسیله تعداد نوترون ها که با پروتون ها در هسته بطور ثابت قرار گرفته اند، تعیین می شود.



شکل ۲۸- هیدروژن ساده، در هسته خود، غیر از يك پروتون چیزی ندارد. ایزوتوپ (همخانه) سنگین آن «دوتریوم» اضافه بر آن يك نوترون در هسته دارد. برای هر دو نوع هیدروژن فقط يك پروتون در اطراف هسته وجود دارد.



مثلاً در کلر که ظرفیت اتمی آن ۱۷ است (۱۷ پروتون در هسته و ۱۷ الکترون اطراف آن دارد)، دو دسته اتم وجود دارند یکی آنهائی که در هسته اضافه بر ۱۷ پروتون، ۱۸ نوترون هم دارند (جمع ذرات ریز موجود در هسته ۳۵ است) و دیگری اتمهائی که ۱۷ پروتون و ۲۰ نوترون در هسته دارند (جمع تعداد ذرات ریز هسته ۳۷ است). این دو نوع کلر، که از نظر شیمیائی کاملاً شبیه بهم هستند، دو ایزوتوپ را تشکیل می دهند.



**مخلوط ایزوتوپها**

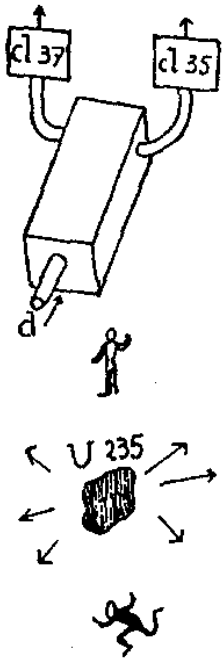
**مبتدی-** گازی که به نام کلر نامیده می شود، از اتمهای ۱۸ نوترونی تشکیل شده یا ۲۰ نوترونی؟



**مهندس-** از هر دو نوع دارد، تقریباً  $\frac{3}{4}$  آن کلر ۱۸ نوترونی است و  $\frac{1}{4}$  کلر

۲۰ نوترونی.

**مبتدی-** حتماً بر حسب آنکه مبدأ کلر چه باشد نسبت آنها تغییر می کند؟  
**مهندس-** نه، و همین موضوع عجیب ترین پدیده ایست که تا کنون شناخته شده است چون نسبت این دو نوع کلر کاملاً یکسان است خواه کلر را از نمک دریای هند بدست آورده باشند و یا از کلر وریتا سیم موجود در الزاس Alsace تهیه کرده باشند.  
**مبتدی-** و جدا کردن این دو ایزوتوپ از هم غیر ممکن است؟



**مهندس** - نه، می شود این کار را کرد، اما بی نهایت مشکل است. این کار بخش بزرگی از کارخانه های هسته ای کنونی را تشکیل می دهد به این معنی که جدا کردن ایزوتوپ های ۲۳۵ (۹۲ پروتون و ۱۴۳ نوترون) و ۲۳۸ (۹۲ پروتون و ۱۴۶ نوترون) اورانیوم طبیعی بخش بزرگی از کار آنهاست. در واقع، ایزوتوپ ۲۳۵ اورانیوم تنها ایزوتوپ رادیوآکتیو اورانیوم است، یعنی هسته های اتم های آن خود بخود منفجر می شوند. از این اورانیوم فقط به مقدار ۰/۷ درصد در اورانیوم طبیعی وجود دارد. آقای مبتدی در واقع بیشتر جسم هایی که به آنها «ساده» می گویند، مخلوطی از ایزوتوپ ها هستند. اما جدا کردن این ایزوتوپ ها از هم به اندازه ای مشکل است که مدت ها یعنی تا آغاز قرن بیستم آنها را به صورت مخلوط نمی دیدند. توجه داشته باشید که این ایزوتوپ ها از نظر خواص شیمیایی کاملاً شبیه بهم هستند و آنوقت متوجه می شوید که چرا کشف آنها اخیراً آغاز شده است.

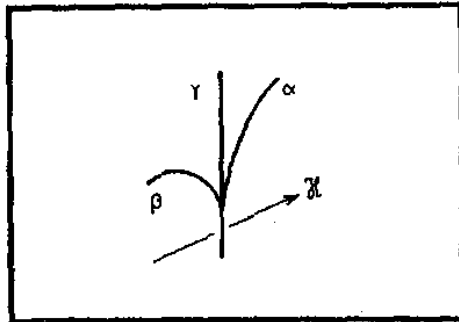
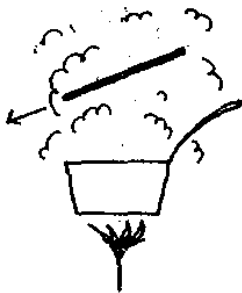
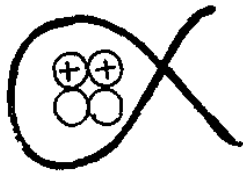
**قلمروی پارتیکول ها (ذرات بسیار ریز)**

**مبتدی** - حالا بخوبی می فهمم که ایزوتوپ ها چگونه اند. اما خیلی دلم می خواست بدانم که پارتیکول بتا ( $\beta$ ) و سایر پارتیکول ها چگونه هستند...

**مهندس** - الان می خواستم در باره آنها صحبت کنم. اجسامی که به آنها «رادیوآکتیو» گفته می شود، نوعی عدم ثبات دارند که باعث می شود هسته آنها خود بخود منفجر گردد. در این حالت تکه های کوچک هسته به وجود می آیند که در تمام جهت ها حرکت می کنند، این تکه ها ممکن است نوترون باشند (تشنه نوترونی) و گاهی هم ممکن است الکترون باشند (که در این حالت می گویند اشعه بتا  $\beta$ ). همینطور ممکن است وضعی پیش بیاید که دیده شود از هسته گروه های چهار پارتیکولی بیرون می آیند که دو نوترون و دو پروتون هستند. این گروه ها را پارتیکول های آلفا ( $\alpha$ ) یا «هلیوم» (که هسته هلیوم است) می نامند و تشنه تشکیل شده به وسیله این پارتیکول ها، «تشنه  $\alpha$ » نام دارد.

همچنین تشنه هست که همراه با پدیده های هسته ایست و آن تشنه  $\gamma$  (گاما) است که شبیه به نور (یا بهتر بگوئیم شبیه اشعه X) میباشد و حالت موجی بیشتری از خود نشان می دهد.

**مبتدی** - این تشنه با دیگران کاملاً متفاوت است چون بجای اینکه از پارتیکول ها تشکیل شده باشد، یک نوع نور است.



شکل ۲۹ - یک میدان مغناطیسی H اشعه  $\gamma$  را منحرف نمی کند، این میدان اشعه  $\alpha$  را کم و اشعه  $\beta$  را (در جهت مخالف) زیاد منحرف می کند.

**مهندس** - اوه! می دانید، بین تشعشع پارتیکول‌ها و تشعشع از نوع نور اختلاف چندانی نیست. اختلاف‌ها بیشتر در توانائی نفوذ تشعشع‌هاست.

تشعشع  $\alpha$  راه درازی طی نمی‌کند و فقط در هوا چند میلیمتر پیش می‌رود. اشعه  $\beta$  می‌تواند دورتر برود و ممکن است از صفحه‌های آلومینیومی با مقداری کلفتی و حتی فولاد نازک عبور کند (هرچه وزن مخصوص ماده کمتر باشد تشعشع هسته‌ای آسانتر از آن می‌گذرد). اشعه  $\gamma$  بسیار نافذ است. این سه نوع تشعشع، این خاصیت را دارند که ایونیزاسیون به وجود می‌آورند به این معنی که می‌توانند در گازهایی که عبور می‌کنند آنها را به بخش‌هایی تقسیم کنند که از نظر الکتریکی خنثی نباشند (ایون‌ها) و به این ترتیب گاز را به صورت رسانای الکتریسیته در آورند؛ هم‌بطور، این تشعشع‌ها می‌توانند، وقتی بخار آب تا درجه گرمای پائین‌تری که معمولاً (بسیار توجه به تراکم بخار آب) باید اشباع بشود، سرد شده باشد، در آن ایجاد اشباع کنند. بخار در این حالت ناپایدار بالای اشباع می‌تواند یک لحظه باقی بماند...

**مبتدی** - مثل آبی که توانسته باشند آنرا چند درجه پائین‌تر از صفر درجه بیاورند بی آنکه یخ بزنند.

**مهندس** - مقایسه بسیار عالی است. اگر از چنین بخاری اشعه هسته‌ای ( $\alpha$  یا  $\beta$  یا  $\gamma$ ) عبور کند، بخار آب می‌تواند ناگهان متراکم بشود و مسیر عبور اشعه با پیدا شدن قطره‌های آب در آن، رسم می‌شود.

**مبتدی** - آیا از اختلاف توانائی نفوذ آنها می‌شود اشعه  $\alpha$ ،  $\beta$  و یا  $\gamma$  را از هم مشخص کرد؟

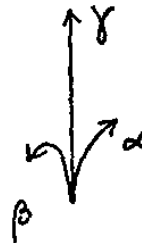
**مهندس** - اینهم یک راه آنست. ترجیح داده می‌شود که اشعه را از یک میدان مغناطیسی بگذرانند. در این صورت اشعه  $\alpha$  (که پارتیکول‌های مثبت و بسیار سنگین هستند) در یک جهت بمقدار کم منحرف می‌شوند، اشعه  $\beta$  (که پارتیکول‌های منفی بسیار سبکند) در جهت مخالف خیلی منحرف می‌شوند. اشعه  $\gamma$  منحرف نمی‌شوند (شکل ۲۹). نوترون‌ها هم منحرف نمی‌شوند، اما جهش نوترون‌ها خاصیت ایونیزاسیون ندارد، بخار آب را متراکم نمی‌کند، نوترون‌ها را به وسیله روشهای غیر مستقیم مشخص می‌کنند.

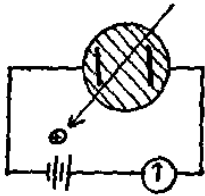
**مبتدی** - بدون شك این اشعه مثل اشعه X می‌توانند از بدن انسان بگذرند؟  
**مهندس** - بله، بجز اشعه  $\alpha$ . اینها هم مثل اشعه X، اگر زیاد بگذرد برده شوند، برای انسان و موجودات زنده زیان بخش هستند، به همین جهت آشکار ساختن آنها بسیار مهم است.

### اندازه‌گیری تشعشع‌ها

**مبتدی** - تصور می‌کنم که تراکم بخار آب را در «تأخیر تراکم» بکار خواهید برد؟

**مهندس** - آنرا «بخار بالای اشباع» می‌نامند. می‌توانستیم از این پدیده استفاده کنیم، و به همین ترتیب تا سی سال پیش رادیو آکتیویته را بررسی می‌کردند. محفظه‌ای که محتوی بخار آب است «طاق ویلسون» می‌نامند. ما بیشتر خاصیت این تشعشع‌ها را از نظر رسانا کردن گازها بکار خواهیم گرفت. گازی را وارد یک محفظه

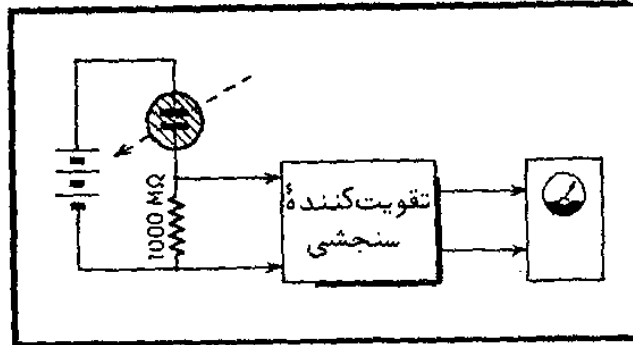




می‌کنیم (که «طاق ایونیزاسیون» می‌نامند) که در آن دو الکتروود قرار دارد و بین این دو الکتروود یک فشار الکتریکی گذاشته شده است. جریانی را که از طاق ایونیزاسیون می‌گذرد، اندازه می‌گیریم؛ این جریان متناسب با تشعشع، حجم طاق (با فرض اینکه تمام این حجم زیر اثر تشعشع قرار گرفته باشد) و فشار گاز است.

**مبتدی-** این جریان را با یک آمپر متر اندازه می‌گیرند؟

**مهندس-** البته که نه! حتی حساس‌ترین میکرو آمپر مترها چیزی نشان نمی‌دهد مگر اینکه طاق ایونیزاسیون بسیار بزرگ و زیر اثر تشعشع زیاد قرار



شکل ۳۰- پارتیکول‌های هسته‌ای که از گاز طاق ایونیزاسیون می‌گذرنه این گاز را به دو ایون تجزیه می‌کنند و به این ترتیب جریان بسیار ضعیفی در این طاق به وجود می‌آورند؛ افت فشار ایجاد شده به وسیله این جریان را در یک مقاومت بسیار زیاد اندازه می‌گیرند.

گرفته باشد. در واقع، عموماً جریانی وجود دارد که در حدود میلیونیم میکرو آمپر یا کمتر از آنست. این جریان را از مقاومت‌های خیلی زیاد (چندین هزار یا میلیون مگا اهم) می‌گذرانند (شکل ۳۰) و اختلاف سطح در سر این مقاومت‌ها را به کمک یک «تقویت کننده سنجشی» اندازه می‌گیرند که اکنون به آن اشاره کردیم و بعد درباره آن گفتگو خواهیم کرد.

**مبتدی-** پس به این ترتیب روش اندازه گیری شما به وسیله طاق ایونیزاسیون، بهیچوجه حساس نیست؟

**مهندس-** حساسیت آن کم است، اما از نظر اینکه می‌تواند تشعشع‌های بسیار قوی را اندازه بگیرد، بسیار سودمند است. این تشعشع‌ها ممکن است در شمار تشعشع‌هایی باشند که انسان می‌تواند دهها ساعت زیر اثر آنها باشد بدون اینکه خطر جدی برایش داشته باشند و یا تشعشع‌هایی باشند که در یک دقیقه او را می‌کشند.

**مبتدی-** برای تشعشع‌های نوع اخیر، ترجیح می‌دهم طاق ایونیزاسیون چندین متر دورتر از من باشد!

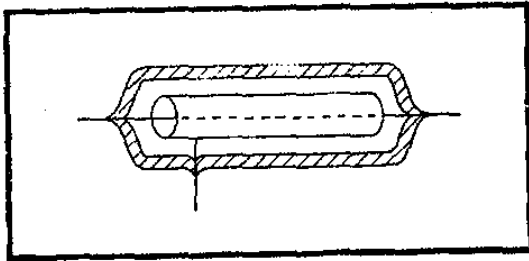
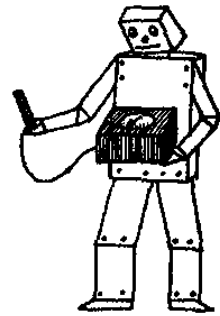


**شمارگر «گایگر-Geiger»**

**مهندس-** از اینهم بهتر عمل می‌کنند به این ترتیب که دستگاه‌های با فرمان از دور را برای اندازه گیری می‌فرستند. برای تشعشع‌های ضعیف‌تر، خاصیت‌های ایونیزاسیون را به روشی دیگر در شمارگر «گایگر-مولر» (Geiger-Muller) بکار می‌گیرند.

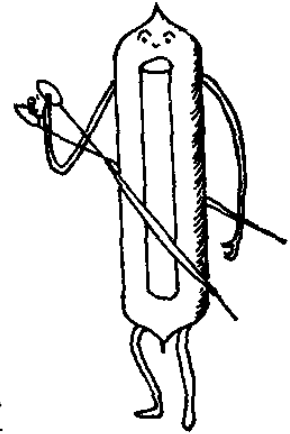
**مبتدی-** این دستگاه چیست؟

**مهندس** - دستگاه بسیار ساده است. محفظه‌ای دارد که محتوی گاز با فشار کم است. یک استوانه در آن می‌گذارند که به دور یک سیم‌های قرار گرفته است (شکل ۳۱). اگر بین سیم و استوانه اختلاف سطحی قرار بدهیم چیزی داریم...



شکل ۳۱ - در یک شمارگر گامگر-مولر، یک استوانه که در مرکزش سیمی کشیده شده، در جایی گذاشته شده که محتوی گاز با فشار کم است و در این گاز، ایونیزاسیون ایجاد شده به وسیله هرپارتیکول در تمام حباب گسترش پیدا می‌کند.

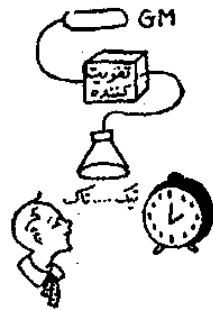
**مبتدی** - ... شبیه به اطاق ایونیزاسیون. **مهندس** - آه، به آن خیلی شباهت دارد و ممکن بود مثل آن بکار برود. اما اختلاف سطح بکار برده شده نسبتاً زیاد است و نزدیک به اختلاف سطحی است که برای ایجاد ایونیزاسیون در گاز محفظه لازم است. اگر یک پارتیکول هسته‌ای از گاز بگذرد، می‌تواند ایونیزاسیون ایجاد کند.



**مبتدی** - درست مثل اطاق ایونیزاسیون است. **مهندس** - به دو دلیل نه، اول اینکه اختلاف سطح بین دو الکتروده اندازه کافی زیاد است بطوری که زیر اثر ایونیزاسیون محلی ایجاد شده به وسیله پارتیکول، تمام گاز محفظه به دو ایون تجزیه می‌شود، و به این ترتیب جریان زیادی به وجود می‌آورد. دوم اینکه ما در پی اندازه‌گیری این جریان نیستیم. فقط کاوش می‌کنیم که این پدیده چندبار در یک ثانیه ایجاد می‌شود.

**مبتدی** - پس تعداد ضربه‌ها را که ممکن است زیاد باشد، شمارش می‌کنند. اما بمن گفتید که ایونیزاسیون زیر اثر فشار بین استوانه و سیم برقرار می‌شود، پس چگونه خاموش خواهد شد؟

**مهندس** - نکته خوبی را یادآوری کردید، در واقع اگر هیچ کار خاصی انجام نشود، خاموش نخواهد شد. برای متوقف کردن (یا خاموش کردن آن) می‌توان یک هونتاز الکترونی بکار برد که «خاموش‌کن» نام دارد که پس از یک ضربه ایونیزاسیون، فشار در دوسر لامپ را خیلی پائین می‌آورد و به این ترتیب ایونیزاسیون را از بین می‌برد. بهترین راه حل اینست که در گاز لامپ مقدار کمی از بخار یک الکل سنگین و یا بروم (brome) قرار دهیم. به این ترتیب مولکول‌های آنها، به سبب ماندی که دارند، وقتی در شمارگر یکبار ایونیزاسیون بوجود آمد، آنها را از بین می‌برند. اینها شمارگرهای «با قطع خودکار» هستند. ببینید یکی از آنها را آورده‌ام، آنها را به برق وصل می‌کنم و ورودی این تقویت کننده را به دوسر مقاومتی که جریان سیم از آن می‌گذرد، متصل می‌کنم. بلند گوهائی که در خروجی تقویت کننده قرار دارند به ما امکان می‌دهند که صدای ضربه‌ها را بشنویم. یک تکه پشیلند Pechblende که سنگ معدن



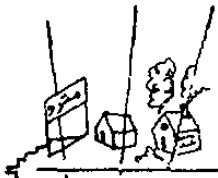
رادیوم و اورانیوم است به آن نزدیک می‌کنم؛ صدای ضربه‌هایی را که بسا تعداد زیادتر «تق تق» می‌کنند، می‌شنوید.

**مبتدی** - بله، اما عجیب است. این کار صدای مشخصی، یعنی فرکانس موسیقی ایجاد نمی‌کند. بدون شك برای اینست که در اینجا ضربه وجود دارد نه تغییر سینوسی شکل.



سلوی شمارگر

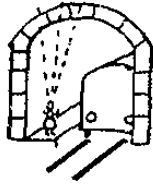
**مهندس** - بهیچوجه تغییر سینوسی نیست آقای مبتدی. تجزیه آنها فقط بر حسب قوانین اتفاقی است. امکان دارد که در یک ثانیه فقط یک بار باشد و در ثانیه بعد ده بار بوجود بیاید. نظم و ترتیبی که در پشت هم آمدن این ضربه‌ها هست بیشتر از نظم و ترتیب ریزش قطره‌های باران بر روی بام نیست. در عوض می‌توانید یک آهنگ متوسط را با تعداد ضربه در دقیقه تعیین کنید (به شرط آنکه در یک دقیقه تعداد زیاد باشد که بتوان قانون عده‌های بزرگ را برای آنها بکاربرد).



**مبتدی** - حالا تکه سنگ معدن اورانیوم خودتان را از اینجا دور کنید. عجب، مثل اینکه فرآورده رادیوآکتیوی در اینجا پنهان است چون ضربه‌ها ادامه دارند. البته باید گفت که تعدادشان خیلی کم شده است.

### اشعه‌کیهانی

**مهندس** - آقای مبتدی چیزی که حالا می‌شنوید، اثر اشعه‌کیهانی است. این اشعه اسرارآمیز در اثر پارتنیکول‌هایی که از ستارگان می‌آیند در جو بالا بوجود می‌آیند و این پارتنیکول‌ها مثل باران ضعیف بطور همیشگی روی سرمان می‌ریزند. آنها شبیه به اشعه  $\gamma$  هستند اما نفوذشان بیشتر است چون چندین متر بتون هم نمی‌توانند ده درصد از آنها را متوقف کند. این اشعه برای اندازه‌گیری بسیار آزار دهنده هستند، چون نمی‌شود از بند آنها رست. و ناچاریم اندازه‌گیری را با در نظر گرفتن آنها انجام دهیم. همانطور که ناچار باشیم اندازه‌گیری نور را انجام دهیم بی آنکه بتوانیم در تار یک کمال قرار بگیریم.



**مبتدی** - اوه، نباید این را بمن می‌گفتید. این اشعه که بدون وقفه از بدن من می‌گذرند، ناراحتم می‌کند.

**مهندس** - آقای مبتدی، مطمئن باشید. شما هم زیر اثر این اشعه قرار دارید همانطور که تمام افراد بشر قرار گرفته‌اند و حال ما هم بدتر نشده است.

**مبتدی** - خوب، من هم همین را می‌خواهم. اما آقای مهندس بگوئید ببینم، به وسیله شمارگر شما، چه تشعشع‌هایی را می‌توان آشکار کرد؟



**مهندس** - تمام تشعشع‌هایی را اندازه می‌گیرد که با داشتن خاصیت ایجاد یونیزاسیون، می‌توانند وارد استوانه شمارگر شوند یعنی اشعه  $\gamma$  را همیشه، اشعه  $\beta$  را در صورتی که به اندازه کافی نفوذکننده باشند (به خصوص اگر پوسته شمارگر نازک باشد) و حتی بعضی از اشعه  $\alpha$  را اندازه می‌گیرد به شرطی که در ته شمارگر در پیچه‌ای از میکی نازک گذاشته باشند تا آنها را از خود بگذرانند. بهرحال شمارگر «گایگر» دستگاهی است با حساسیت بسیار زیاد. این دستگاه برای تشعشع بسیار ضعیفی که برای انسان هیچگونه خطری ندارد و مثلاً به وسیله مقدار کمی سنگ معدن رادیوآکتیو ایجاد شده است، ضربه‌هایی ایجاد می‌کند که آنکارا تندتر از ضربهای

ایجاد شده به وسیله اشعه کیهانی است. بهمین جهت است که آنرا برای بررسی های زمین و معادن، تشخیص هدر رفتن احتمالی تشمع ها و بالاخره پژوهش های علمی بکار می برند.

**برق زن**

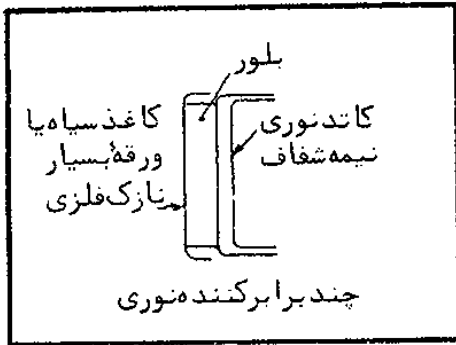
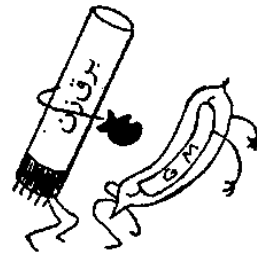


**مبتدی** - بنا بر این حساس ترین دستگاهها برای آشکارسازی تشمع های هسته ای همین است؟

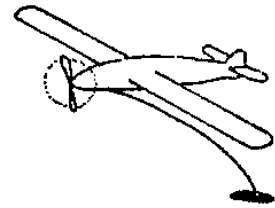
**مهندس** - نه، در برابر «شمارگر برق زن» شکست خورده است.

**مبتدی** - این دستگاه چیست؟ گمان می کنم وقتی درباره سلول های چند برابر کننده الکترون صحبت می کردید، اشاره ای به آن کردید؟

**مهندس** - درست است. در این دستگاه يك بلور یا يك پلاستيك مخصوص بکار می برند که دارای این خاصیت است که وقتی يك پارتیکول هسته ای به آن برخورد کرد، برق کوچکی از آن بیرون می آید. این بلور روی کاتد نوری يك سلول فتو-الکتريك با چند برابر کننده قرار داده شده است (شکل ۳۲). در حالی که این



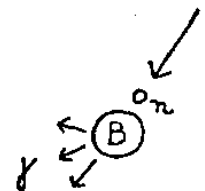
شکل ۳۲ - پارتیکول های هسته ای از کاغذ سیاه یا صفحه فلزی (که برای جلوگیری از عبور نور است) می گذرند و در بلور نفوذ می کنند. این بلور برای هر پارتیکول برقی می فرستد که به وسیله چند برابر کننده نوری که بلور روی آن چسبیده است، آشکار می شود.



کاتد به وسیله کاغذ سیاه و یا يك پوشش تیره، از اثر نور محفوظ نگهداشته شده است و پارتیکول ها باید از آن بگذرند تا به بلور برسند. این جریان چند برابر کننده شامل تعدادی ضرب به است که آهنگ متوسط آنرا اندازه می گیرند. این روش به اندازه ای حساس است که بررسی را در اتومبیل یا هواپیما هم امکان پذیر می کند بطوری که می توان با هواپیما از روی کشوری که فکر می کنند در آن سنگ معدن رادیو آکتیو وجود دارد پرواز کرد و آن را تعیین کرد. اضافه بر این برق زن برای هر پارتیکول هسته ای ضربهای به ما می دهد که متناسب با انرژی همین پارتیکول است. برعکس شمارگر «گایگر» که همه ضربها را برابر بدست می دهد. این خاصیت امکان می دهد که پخش انرژی پارتیکول های مختلف را اندازه بگیریم.

مسلماً درباره اندازه گیری هسته ای چند جلد کتاب می توان نوشت. اما گمان می کنم این موضوع را به پایان رسانده باشم.

**مبتدی** - عقیده من این نیست، و خودم هم احساس نمی کنم که خسته شده و راضی به پایان دادن کار باشم... در باره آشکار سازی نوترون ها، چیزی برایتان نگفته اید، درباره کاربرد این توپها و همینطور کاربرد اندازه گیری های مقدار رادیو-



آکتیوها خارج از قلمروی تأمین سلامتی و بررسی و پژوهش‌های علمی هم صحبتی نکرده‌اند.

**مهندس** - پاسخ شما را به ترتیب می‌دهم. کشف کرده‌اند که اگر نوترون‌ها به يك اتم «بور Bore» برخورد کنند، يك سلسله واکنش‌های هسته‌ای به وجود می‌آورند که همراه با فرستان اشعه  $\gamma$  است. بنابراین کافی است صفحه‌ای را از اسید بوریک بپوشانیم و آنرا نزدیک يك شمارگر یا برق زن قرار دهیم و نوترون‌ها را آشکار سازیم.

**مبتدی** - در واقع بنظر خیلی ساده می‌آید.

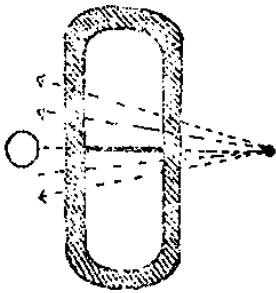
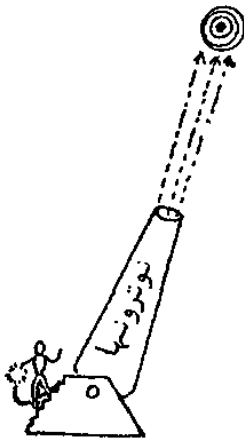
### کاربرد ایزوتوپ‌ها

**مهندس** - ایزوتوپ‌های رادیوآکتیو اجسامی هستند که بطور مصنوعی با به‌باران اتم‌های معمولی به وسیله سیلان بسیار زیاد نوترون‌ها، مثل آنچه در پیل هسته‌ای بوجود می‌آید، تهیه شده‌اند. این نوترون‌ها می‌توانند در يك اتم نفوذ کنند و در هسته داخل شوند. ایزوتوپ تازه‌ای که به این ترتیب بدست می‌آید، غالباً ناپایدار و به شدت رادیوآکتیو است. ایزوتوپ در همه جا با فرآورده معمولی همراه است، اما اشعه هسته‌ای از خود می‌فرستد که امکان می‌دهد به وجودش پی ببرند. بطور مثال، اگر يك تکه فولاد یعنی قطعه‌ای از يك پیستون را زیر اشعه نوترونی يك پیل قرار دهیم، اتم‌های ایزوتوپ رادیوآکتیو آهن تشکیل می‌شوند. با اندازه‌گیری مقدار رادیوآکتیو بودن روغن‌هایی که در روغنکاری موتور می‌روند که این پیستون در آن کار می‌کند، مقدار درصد سایش را می‌توان اندازه گرفت. به این ترتیب به نوعی روی اتم‌ها نشانه گذارده‌ایم که دیگر گمناام نیستند، و این نشانه امکان می‌دهد که به وسیله اندازه‌گیری‌های فیزیکی آنها را دنبال کنیم همانطور که وقتی حلقه‌ای را به پای کیبوتری می‌بندیم می‌توانیم در پروازهای بعدی محل آن را تعیین کنیم. به همین ترتیب می‌شود جمع شدن ید Iode را (که بخشی از آن با ایزوتوپ بد مخلوط شده است) که به وسیله سرطان تیروئید بوجود می‌آید تشخیص داد چون اگر يك شمارگر گایگر را روی بیمار حرکت دهیم، محل‌هایی را که ید رادیوآکتیو و در نتیجه ید معمولی در آنها جمع شده است، نشان خواهد داد. گمان می‌کنم به این ترتیب به پرسش سوم شما پاسخ داده باشم. خاطر نشان می‌کنم که همینطور از رادیوآکتیو بودن اجسام به عنوان نور با خاصیت مخصوص که از اجسام تیره برای نور معمولی، عبور می‌کند، استفاده می‌کنند.

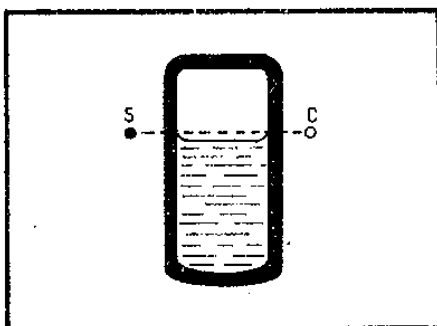
مثلاً شما می‌توانید برای تعیین حد يك مایع در يك ظرف فولادی سر بسته و تیره، يك منبع رادیوآکتیو S را در يك طرف و شمارگر «گایگر» C را در طرف دیگر بگذارید (شکل ۳۳). در این صورت بر حسب اینکه حد مایع بالا یا پائین باشد، تشعشع کم و بیش جذب می‌شود. همینطور می‌توان کلفتی يك ورقه فلزی را با تعیین مقدار باقیمانده تشعشع پس از عبور از ورقه تعیین کرد.

**مبتدی** - بنظر می‌رسد که آینده درخشانی دارد.

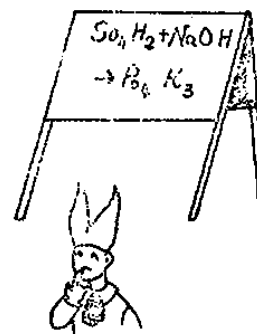
**مهندس** - تازه وقت کافی ندارم تا برای شما درباره تعیین غیوب داخلی يك فلز، درمان‌های پزشکی، بررسی‌های تصفیه و خلوص... و خیلی چیزهای دیگر صحبت







شکل ۳۳- می توان حد يك مایع را حتی در يك محفظه تیره (غیر شفاف) تعیین کرد، چون این مایع بر حسب پائین یا بالا بودن سطحش در محفظه کم و بیش تشعشع هسته ای منبع S را جذب می کند؛ تشعشع باقیمانده به وسیله شمارگر C اندازه گیری می شود.



کنم. ترجیح می دهم که مسئله جذب کننده ها را تمام کنم و درباره دستگاههایی صحبت کنم که در برابر کش های شیمیایی حساس هستند.

### شیمی الکتریکی ایون ها

**مبتدی-** می دانید که من در شیمی زیاد قوی نیستم.

**مهندس-** این موضوع تأثیری ندارد. کافی است بدانید که واکنش های شیمیایی چیزی جز کش های الکتریکی بین ایونهای مختلف نیستند (فقط از شیمی محلول حاصلت می کنم). اسید به ماده ای می گویند که در محلول، ایون های هیدروژن  $H^+$  یا اتم های هیدروژنی را که الکترون خود را از دست داده اند، آزاد کند.

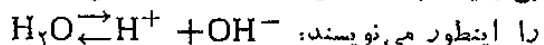
**مبتدی-** پس اینها پروتون هستند.

**مهندس-** در واقع همیشه طور است. این پروتون ها میل آشکاری برای بدست آوردن الکترون از دست رفته خود دارند و غالباً این کار را با گرفتن الکترون های زیادی ایون های منفی انجام می دهند. مثلاً در محلول ها به ایون هایی برخورد می کنیم که «اکسیدریل Oxhydrile» نام دارند یعنی  $OH^-$  که گروهی از يك اتم اکسیژن. يك اتم هیدروژن و يك الکترون اضافی است. این ایون  $OH^-$  میل بسیار شدیدی برای ترکیب با ایون  $H^+$  دارد.

**مبتدی-** این ترکیب چه می دهد؟

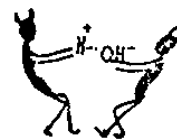
**مهندس-** فقط آب  $H_2O$  بدست می آید که ترکیبی خنثی است. برعکس

آب تمایل بسیار کمی برای تجزیه شدن به ایون های  $H^+$  و  $OH^-$  دارد، اما این تمایل بی نهایت کم است چون آب خالص به سختی رسانای الکتریسیته است. این واکنش

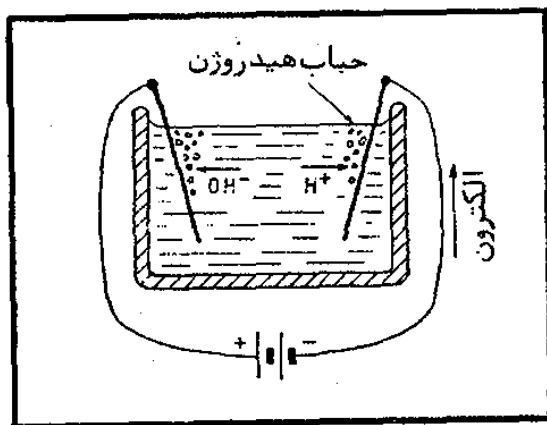
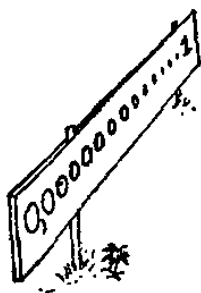


را اینطور می نویسند: دو علامت سهم نشان دهنده آنست که عمل ممکن است در دو جهت انجام شود، اما بخصوص در جهت راست به چپ بیشتر انجام می گردد؛ می توان به وسیله يك قانون شیمیایی نشان داد که حاصل ضرب عامل های دارای ایون  $H^+$  (غلظت که به صورت  $H^+$  نوشته شده) و عامل های دارای ایون  $OH^-$  (نوشته شده  $OH^-$ ) مقدار ثابتی است که برابر است با:

$$H^+ \times OH^- = 10^{-14}$$

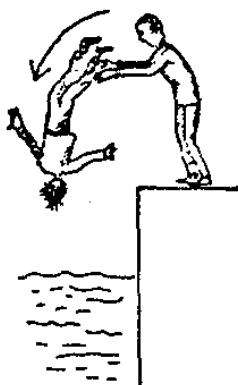


**مبتدی-** این مقدار واقعاً زیاد نیست! چون برابر یک صد هزارم یک میلیاردیم است! رقم این غلظت را چگونه تعیین می کنید؟



شکل ۳۴- اگر بین دو الکترودی که در آب گذاشته شده است، اختلاف سطحی بگذاریم، ایون های  $H^+$  به طرف کاتد می روند و در آنجا الکترونی که کم دارند بدست می آورند و تبدیل به هیدروژن می شوند؛ این پدیده الکترولیز نام دارد (ایون های  $OH^-$  هم بهمان ترتیب در آنند بار خود را از دست می دهند و اکسیژن آزاد می کنند).

**مهندس-** آنها را بر حسب «ایون گرم در لیتر» تعیین می کنند که برابر تعدادی است که ۱ گرم  $H^+$  یا ۱۷ گرم  $OH^-$  در یک لیتر وجود دارند (که مربوط به  $6 \times 10^{23}$  ایون حقیقی است). مسلماً نمی شود ایون ها را وزن کرد، چون داشتن آنها در حالت آزاد غیر ممکن است. اما می توان مقدار آنها را با روش غیر مستقیم تعیین کرد. مثلاً می توان به ایون های  $H^+$  الکترون هائی را که ندارند رساند و نتیجه آن بدست آمدن گاز هیدروژن است (شکل ۳۴) که می شود حجم آنرا اندازه گرفت که از روی آن وزن بدست می آید (که تقریباً ۱ گرم برای ۱۱ لیتر است).



pH

**مبتدی-** از روی برابری شما در تجزیه، تعداد ایون های  $H^+$  برابر با تعداد ایون های  $OH^-$  است؛

**مهندس-** بله، به شرطی که به آب جسم دیگری اضافه نکرده باشیم. حالا که شما به این خوبی مطلب را فهمیده اید بمن بگوئید تمرکز ایون های  $H^+$  در آب چقدر است؟



**مبتدی-** می توان آنرا پیدا کرد. چون  $H^+ = OH^-$  و حاصلضرب آنها هم  $10^{-14}$  است. مقدار هر کدام  $10^{-7}$  می شود.

**مهندس-** کاملاً درست است. اگر در آب اسیدی اضافه کنیم که ایون های  $H^+$  را به مقدار زیاد آزاد کند، غلظت ایون های  $OH^-$  بازمی پائین می آید تا حاصلضرب  $H^+ \times OH^-$  برابر با  $10^{-14}$  باقی بماند. هر چه ایون های  $H^+$  بیشتر باشند، محلول خاصیت اسیدی بیشتری دارد. عادت شده است که مقدار ایون های  $H^+$  را در یک محلول با بدست دادن لگاریتم  $|H^+|$  با علامت مخالف اندازه بگیرند

و آنرا pH محلول می نامند.

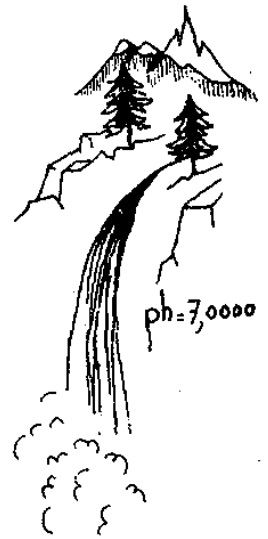
**مبتدی** - آه! لگاریتم، من از آن وحشت دارم!  
**مهندس** - فقط این را بخاطر داشته باشید که اعدادی که در زیر نوشته شده لگاریتمی دارند که در کنار آنهاست:

- ۰ ..... ۱
- ۱ ..... ۱/۱ یا ۱۰<sup>-۱</sup>
- ۲ ..... ۱/۱۰ یا ۱۰<sup>-۲</sup>
- ۳ ..... ۱/۱۰۰ یا ۱۰<sup>-۳</sup>
- ۴ ..... ۱/۱۰۰۰ یا ۱۰<sup>-۴</sup> و غیره

$$10^{-2}$$

$$10^{-7}$$

**مبتدی** - به این ترتیب لگاریتم بطور ساده برابر توان ۱۰ است؟  
**مهندس** - خودتان متوجه شدید. بنابراین وقتی مشخص می کنند که pH يك محلول مثلا ۶ است، معنی آن اینست که غلظت ایون های H<sup>+</sup> در این محلول ۱۰<sup>-۶</sup> است. ببینید آبی که کاملاً خالص باشد pH آن ۷ است. برای محلول های اسیدی pH کوچکتر از ۷ است...

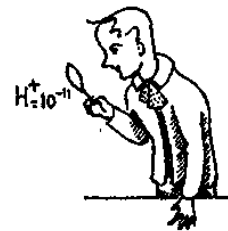


**مبتدی** - آه نه دیگر! در محلول های اسیدی، غلظت ایون های H<sup>+</sup> بیشتر است.  
**مهندس** - آقای مبتدی با این حال قبول دارید که ۱۰<sup>-۲</sup> (یا ۰/۰۱) بزرگتر از ۱۰<sup>-۷</sup> (یا ۰/۰۰۰۰۰۰۱) است؟

**مبتدی** - درست است، حق دارید. پس در محلول هایی که خیلی اسیدی باشند این pH را تا چه مقدار می توان پائین آورد؟  
**مهندس** - اگر مقدار pH برابر صفر باشد، در هر لیتر يك ایون گرم H<sup>+</sup> خواهیم داشت. چون می توانیم کمی بیشتر از آن داشته باشیم، pH می تواند کمی پائین تر از صفر، تقریباً ۱- باشد.  
 برعکس در محلول های بازی (یا قلیائی) که در آنها ایون OH<sup>-</sup> اضافه شده است، غلظت ایون های H<sup>+</sup> به کمتر از مقدار ۱۰<sup>-۷</sup> کاهش می یابد و می تواند تا مقدار ۱۰<sup>-۱۴</sup> کم شود (وقتی که يك ایون گرم OH<sup>-</sup> در يك لیتر وجود دارد) و pH به ۱۴ می رسد. حتی می توان کمی جلوتر رفت و تقریباً به ۱۵ رسید، اما این کاملاً استثنائی است.

**اندازه گیری pH**

**مبتدی** - بنا بر این اندازه گیری pH آنها باید مطلقاً انجام نشدنی باشد؟  
**مهندس** - چرا می خواهید برای pH زیاد یا به عبارتی دیگر محلول های بازی این اندازه گیری دشوارتر باشد؟



**مبتدی** - زیرا مقدار ایون های H<sup>+</sup> برابر ۱۰<sup>-۱۲</sup> یا کمتر از آن در لیتر است، و باید مطلقاً حتی با دستگاه های دقیق غیر قابل اندازه گیری باشد.  
**مهندس** - اگر اندازه گیری شیمیائی انجام می شد، این مطلب کاملاً درست

بود (حتی اگر مقدار pH از ۳ به بعد بود). در واقع این کار به اندازه گیری‌های الکتریکی محدود شده است. مشاهده شده است که وقتی یک جدار نازک شیشه‌ای دو محلول را از هم جدا کند که pH آنها به ترتیب  $pH_1$  و  $pH_2$  باشد (شکل ۳۵) پیلای به دست می‌آید که نیروی محرکه آن بطور محسوس برابر است با:

$$E = E_0 + 0.06(pH_1 - pH_2)$$

مقدار ثابت  $E_0$  بستگی به چند عامل دارد. در واقع در محلولی که می‌خواهند pH آنرا اندازه بگیرند یک گوی شیشه‌ای مخصوص شناور می‌کنند که محتوی محلول اسیدی با pH شناخته شده است و یک سیم طلای سفید در آن قرار دارد. به تمام این دستگاه «الکتروود شیشه‌ای» می‌گویند.

**مبتدی** - خوب آقای مهندس! مرا مسخره می‌کنید! شیشه یک عایق کامل است (که برای لامپ‌های الکترونی جای خوشوقتی است). چطور می‌خواهید با شیشه که عایق است یک الکتروود درست کنید؟

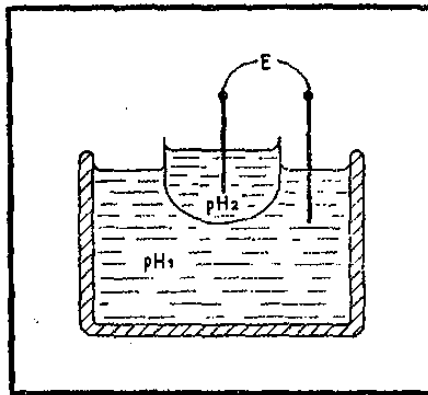
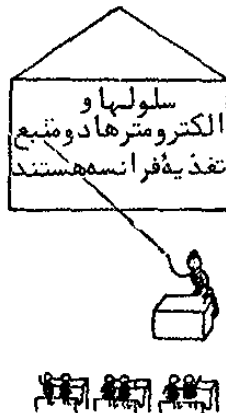
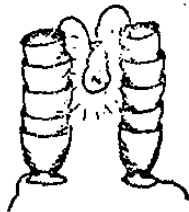
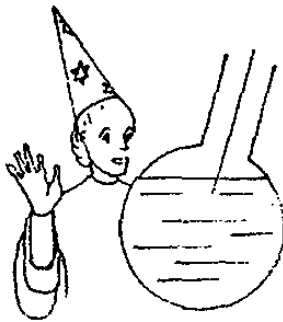
**مهندس** - این شیشه آنطور نیست. به شما گفتم که یک شیشه مخصوص است. بله، با شما موافقم که این شیشه برای کانال‌سازی سیم‌کشی برق در خانه شما مناسب نیست؛ حتی مقاومت الکتروود شیشه‌ای که در جاهای دیگر خوبست، بزرگترین نقص این دستگاه است. این مقاومت از ۵۰ مگا اهم تا چندین هزار مگا اهم است.

**مبتدی** - به عبارت دیگر در اینجا رسانائی در کار نیست بلکه یک عایق غیر-کامل است. اختلاف سطح محلول را چگونه اندازه می‌گیرند؟

**مهندس** - در آن الکتروود دیگری غوطه‌ور می‌کنند که الکتروود «مراجبه» نامیده می‌شود و معمولاً از یک گروه تشکیل شده است که شامل کلرور پتاسیم، کلرور جیوه (کالومل Calomel)، جیوه و طلای سفید است. این الکتروود «کالوملی» با رشته طلای سفید الکتروود شیشه‌ای تشکیل یک پیل می‌دهد که نیروی محرکه آنرا اندازه می‌گیرند. این نیروی محرکه با pH محلولی که باید بررسی شود به وسیلهٔ یک رابطهٔ خطی وابسته است.

$$e = A + 0.06pH$$

که برای هر واحد pH تغییر برابر  $60 \text{ mV}$  است. عدد ثابت A بستگی به الکتروود کالومل و غلظت محلول مشخص در حباب شیشه‌ای دارد. و سازندگان الکتروودها



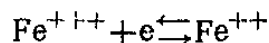
شکل ۳۵ - در حالی که دو محلول با pH مختلف را به وسیلهٔ یک جدار ظریف شیشه‌ای (که زیاد عایق نیست) از هم جدا می‌کنند، اختلاف سطحی بوجود می‌آورد که متناسب با اختلاف pH این دو محلول است.

آنرا برای شما مشخص می‌کنند.  
**مبتدی** - پس به این ترتیب کاری نداریم جز اینکه نیروی محرکه این پیل را اندازه بگیریم، و کار تمام است!  
**مهندس** - جمله «کاری نداریم جز اینکه...» را خیلی دوست دارم. کمی تصورش را بکنید که اندازه‌گیری فشار ایجاد شده به وسیله یک پیل که مقاومت داخلی آن از ۱۰۰۰ مگا اهم تجاوز می‌کند با دقت یک میلی‌ولت چه دشواری‌هایی بوجود می‌آورد این کار را جز با کاربرد یک تقویت‌کننده مخصوص که به آن «تقویت‌کننده سنجشی» گفته می‌شود، نمی‌توان انجام داد.  
**مبتدی** - باز هم... داریم باور می‌کنم که سلول فتوالکتریک و تقویت‌کننده سنجشی، همانطور که گفته شده است، دو منبع تغذیه الکترونیک هستند.

### اختلاف سطح اکسیدی - احیائی

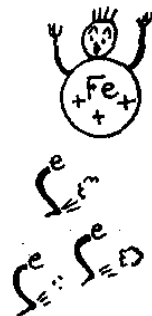
**مهندس** - در گفتگوی آینده خودمان طرز ساختمان این تقویت‌کننده‌های سنجشی را که در واقع نقش مهمی در الکترونیک بازی می‌کنند، خواهیم دید. اما قبل از رسیدن به آن، از واحد دیگری که در شیمی محلول‌ها مهم است صحبت می‌کنیم که اختلاف سطح اکسیدی - احیائی (یا اختلاف سطح ردوکی Redox) نام دارد. می‌دانید اکسیدکننده چیست؟

**مبتدی** - بله، آنرا برایم شرح داده‌اند به این ترتیب که جسمی است که می‌تواند اکسیژن آزاد کند یا هیدروژن آب را جذب کند که اکسیژن آزاد شود.  
**مهندس** - تعریفی که کردید تا اینجا سال پیش کاملاً با ارزش بود. افسوس که هنوز هم در بسیاری از کتابها همین تعریف وجود دارد! در واقع تعریف عمومی و کامل‌تر از این قرار است: یک اکسیدکننده، در محلول‌ها، ایونی است که می‌تواند پارهای مثبت را به ایون‌ها یا اتم‌های دیگر بدهد (یا بطور درست‌تر الکترون‌ها را جذب کند). مثلاً اتم‌های فریک (آهن سه‌ظرفیتی) که وابسته به اتم‌های آهن هستند، سه الکترون از دست داده‌اند و در نتیجه حامل سه بار مثبت هستند. میل دارند یک الکترون جذب کنند تا به ایون فرو (آهن دوظرفیتی) تبدیل شوند که بیشتر از دو بار مثبت ندارد:

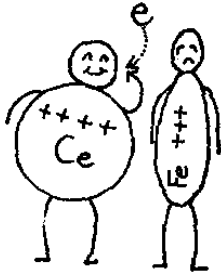


**مبتدی** - که اینطور! چرا نباید سه الکترون جذب کنند که به آهن فلزی معمولی تبدیل شوند؟

**مهندس** - می‌شود این کار را هم کرد. اما ایون‌های فریک خیلی میل دارند نخستین الکترون را جذب کنند و میل آنها برای جذب الکترون بعد خیلی کمتر است. به عبارت دیگر ایون‌های فرو، از یک نوع ثبات برخوردارند که ایون‌های فریک آنرا ندارند. یا اگر ترجیح می‌دهید، ایون‌های فریک گرسنه هستند اما وقتی نخستین الکترون را ببلعند، احساس می‌کنند که به حد سیری رسیده‌اند.  
**مبتدی** - درست، ولی چیز دیگری در فرمول شماست که شگفت‌زدده‌ام می‌کند. چرا واکنش قابل برگشت است؟

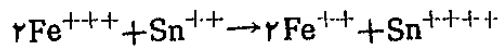


**مهندس** - فقط برای اینکه اگر ایون‌های فرو با يك «خورنده الکترون» (اکسیدکننده) که گرسنه‌تر از آهن فریک است در يك جا قرار گیرند، واکنش راست به‌چپ است که بوجود می‌آید.



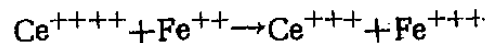
**مبتدی** - از این اصطلاح «ایون‌های گرسنه» خوشم می‌آید. اما با تمام اینها يك صفت درونی است. ابتدا چطور می‌فهمند که يك ایون گرسنه‌تر از ایون دیگر است؟

**مهندس** - آقای مبتدی باور نکردنی است! این شمائید که از من می‌خواهید به تشریح کوانتاتی بپردازم؛ باید انتظار همه‌چیز را داشت... با اینحال اطمینان داشته باشید که بسیار ساده است. اگر ایون‌های آهن سه ظرفیتی و ایون‌های قلع دو ظرفیتی (قلعی که دو بار مثبت دارد) را در کنار هم قرار دهید، تا وقتی ایون‌های قلع دو ظرفیتی وجود دارند که تبدیل به چهار ظرفیتی شوند، (با چهار بار مثبت)، ایون‌های آهن سه ظرفیتی به وضعیت آهن دو ظرفیتی احیا می‌شوند:



این بار واکنش غیر قابل برگشت است و تا هنگامی ادامه می‌یابد که یکی از مواد تشکیل دهنده سمت چپ تمام شود.

در عوض اگر ایون‌های دو ظرفیتی و سه ظرفیتی آهن را مجاور با ایون‌های چهار ظرفیتی سرיום ( $Ce^{++++}$  ایون با چهار ظرفیت مثبت) قرار دهند، ایون سرיום به ایون سه ظرفیتی احیا می‌شود در حالی که ایون‌های آهن دو ظرفیتی را کاملاً اکسید می‌کند:



بنا بر این مخلوط ایون‌های دو ظرفیتی و سه ظرفیتی آهن می‌تواند؛ ایون‌های قلع دو ظرفیتی را اکسید و ایون‌های سرיום چهار ظرفیتی را احیا کند.

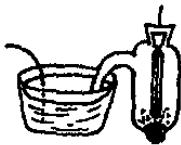
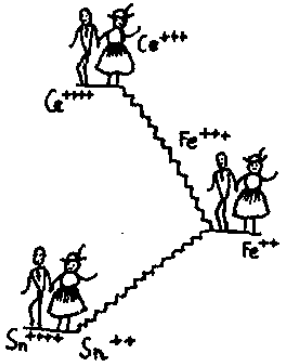
این مطلب نشان می‌دهد که مخلوط  $Fe^{+1} / Fe^{+2}$  بیشتر از مخلوط  $Ce^{+++} / Ce^{++++}$  /  $Sn^{++} / Sn^{++++}$  آزمون الکترون است در حالی که از مخلوط کمتر آزر دارد.

هر يك از این مخلوط‌ها را با اختلاف سطحی مشخص می‌کنند که اختلاف سطح اکسیدی - احیائی گفته می‌شود، که بطور ساده اختلاف سطحی است که يك الکترون حمله نکردنی داخل يك محلول نسبت به خود این محلول پیدا می‌کند.

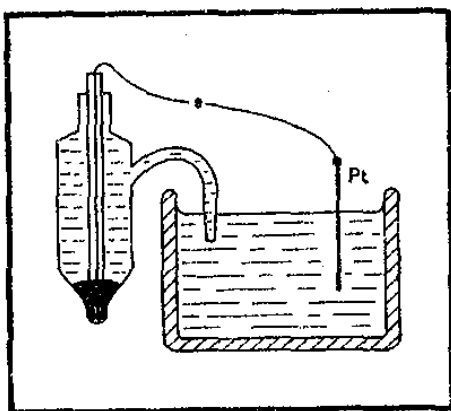
**مبتدی** - چرا حمله نکردنی؟

**مهندس** - چون فقط می‌توانند با محلول، الکترون مبادله کنند نه ایون. برای اینکار معمولاً طلای سفید را انتخاب می‌کنند و اختلاف سطح بین رشته طلای سفید و محلول را به وسیله يك الکتروود مراجعه که معمولاً کالومل است اندازه می‌گیرند (شکل ۳۶). اختلاف سطح ممکن است از ۱- ولت (احیا کننده قوی) تا ۲+ ولت (اکسید کننده بسیار قوی) برسد.

**مبتدی** - طبیعتاً برای اندازه‌گیری يك تقویت کننده سنجشی لازم دارید؟  
**مهندس** - این بار نه. مقاومت داخلی الکتروود کالومل ضعیف است. مقاومت داخلی محلول هم همینطور و می‌توان به يك اندازه‌گیر خوب اکتفا کرد. اما چیزی که کار بیشتر را انجام می‌دهد کار کم را هم می‌تواند بکند، و معمولاً تقویت کننده سنجشی



را بکار می‌برند که در اندازه‌گیری pH هم بکار می‌رود.  
**مبتدی** - فکری بخاطر رسیدن که باید احمقانه باشد، ولی خواستم درباره‌اش  
 با شما صحبت کنم. در حقیقت این ایون‌های  $H^+$ ، به عبارت دیگر پروتون‌ها، میل  
 دارند الکترون جذب کنند تا دوباره مثل هیدروژن‌های خوب خانواده باشند. آیا  
 نمی‌شود آنها را تا حدودی مثل اکسیدکننده‌ها دانست؟  
**مهندس** - اینها اکسیدکننده هستند. واکنش یک فلز در برابر اثر یک اسید،  
 به عبارت دیگر در برابر  $H^+$ ، اکسید شدن فلز است. امکان دارد نظریه‌های اکسید-  
 کنندگی و اسیدی بودن بهم ارتباط داده شوند، اما اینکار ما را از مطلب دور



شکل ۳۶- برای اندازه‌گیری اختلاف سطح  
 اکسیدی-احیائی یک محلول، در این محلول  
 یک الکتروود طلای سفید حمله نکرده‌ی و  
 یک «الکتروود مراجعه» وارد می‌کنند.

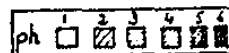


خواهد کرد. آیا متوجه شده‌اید که آگاهی‌های «مقابل تاریخ» شما درباره اکسید-  
 شدن تا چه حد سترش یافته‌اند؟

### روش قدیمی اندازه‌گیری pH

**مبتدی** - بله، بسیار زیاد. اما گمان می‌کنم که عمر آگاهی از وجود pH چند  
 سال بیشتر نیست چون قبل از در اختیار داشتن منبع‌های الکترونی که به تنهایی  
 امکان بکار بردن یک «الکتروود شیشه‌ای» را فراهم کرده است. اندازه‌گیری غیر-  
 ممکن بوده است.

**مهندس** - با وجود این موفق به اینکار می‌شدند. ابتدا فرآورده‌هایی را بکار  
 بردند که دو نوع رنگ برایشان ممکن بود به این معنی که بر حسب pH ترکیب و  
 رنگ آنها تغییر می‌کرد، مثل هلیمانتین (Héliantine) که در ملاء با pH کمتر از  
 ۳، رنگ قرمز داشت و در ملاء با pH بالاتر از ۵، رنگ زرد داشت. همچنین  
 الکتروود بکار می‌بردند که «هیدروژنی» نام داشت و از یک سیم طلای سفید تشکیل  
 شده بود که پوششی از طلای سفید سائیده و گرد سیاه طلای سفید داشت و از روی  
 آن هیدروژن گازی را می‌گذرانند. این الکتروود مقاومت داخلی کمی دارد. اما  
 کاربرد آن کمتر عملی است و در برابر خیلی از پدیده‌های منوش‌کننده که الکتروود  
 شیشه‌ای را زیر تأثیر نمی‌گیرند، حساس است.





همچنین کافذهائی وجود دارند که از ماده رنگی شونده پوشیده شده اند و در مجاورت يك قطره محلول، رنگی بخود می گیرند که برای ردیف pH که از ۱ تا ۱۰ می رسد از رنگ قرمز تا بنفش بخود می رسد. اما به این ترتیب شما به يك واحد دقت محدود می شوید، در حالی که روش الکتریکی در صورتیکه خوب انجام شود، pH را با  $\frac{1}{100}$  تقریب بشما می دهد.

**مبتدی** - آیا دانستن pH تا یکصدم تقریب اهمیت دارد؟  
**مهندس** - بسیار مهم است. مثلا pH خون کاملا ثابت است و یک تغییر بسیار ضعیف نشانه بیماری های شدید است.  
**مبتدی** - افسوس که يك اندازه گیر pH برای مراقبت از سلامتی خودم ندارم!...

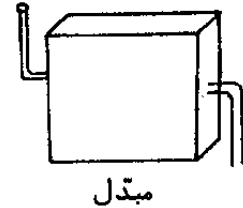


## مبحث پنجم

دوستان ما که توشه خوبی از جذب کننده‌های گوناگون دارند، بررسی خواهند کرد که علامت‌های تهیه شده به وسیله این جذب کننده‌ها چگونه بکار می‌روند. در این موقع بهتر کردن و تکامل تقویت کننده‌هایی که مبتدی می‌شناسد، سودمند خواهد بود، بخصوص گسترش باندها در جهت فرکانس‌های بالا و هم‌بندطور از طرف فرکانس‌های بسیار پائین (یا صفر). در پایان گفتگو مهندس برای دوستش «رازی» را آشکار می‌کند که صدها هزار تکنیسین آنرا فرا گرفته‌اند... و بدون شك فراموش کرده‌اند، چون هیچوقت دیده نمی‌شود که آنرا بکار ببرند.

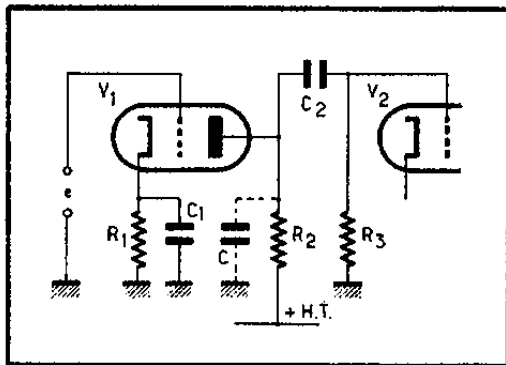
### تقویت کننده‌های با تزویج مستقیم

**مبتدی** - خوب آقای مهندس، امیدوارم این بار درباره جذب کننده‌ها برایم صحبت نکنید چون واقعا برایم هضم نشدنی است.  
**مهندس** - آقای مبتدی ناراحت نباشید، امروز به بخش «مبدل‌ها» به عبارت دیگر، دیگرگونی علامت‌های ایجاد شده به وسیله جذب کننده‌ها می‌رویم. از مبدل‌هایی آغاز می‌کنیم که فقط روی دامنه علامت‌های الکتریکی عمل می‌کنند، به عبارت دیگر از تقویت شروع می‌کنیم.  
**مبتدی** - این کار سریع انجام خواهد شد. غیر از تقویت کننده سنجشی، تمام مطالب را درباره تقویت می‌دانم.

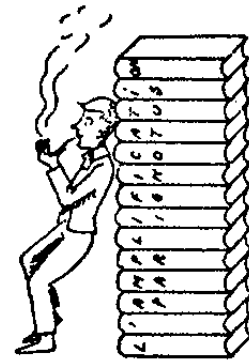


### درجهت فرکانس‌های بالا

**مهندس** - خجالتی بودن کار همیشه شامست. می‌دانید که تقویت کننده فرکانس



شکل ۳۷ - در این طبقه تقویت کننده، در فرکانس‌های پائین به سبب بالا رفتن مقاومت ظاهری خازن  $C_1$  و بخصوص خازن  $C_2$ ، ضریب بهره کم خواهد شد.





پائین را که محدود به فرکانس ۳۰ هرتز تا ۱۵ کیلو هرتز باشد در رادیو چگونه می‌سازند. اگر مسئله تقویت علامت‌هایی غیر از علامت‌های ایجاد کننده صوت در کار باشد، قلمروی فرکانس‌ها ممکن است تا خیلی دورتر گسترش یابد، خواه در جهت فرکانس‌های پائین باشد یا در جهت فرکانس‌های بالا. اگر از شما بخواهم که برای گسترش حد بالائی فرکانس يك تقویت کننده به اندازه باندگذرای تقویت کننده مقاومتی چه می‌کنید، بدون شك به زحمت می‌افتید.

**مبتدی-** بگذارید کمی فکر کنم. حدس می‌زنم می‌خواهید از تقویت کننده‌ای صحبت کنید که شکل خلاصه آنرا کشیده‌ام (شکل ۳۷)

**مهندس-** بله، کاملاً برایم مناسب است، آنرا شرح بدهید.

**مبتدی-** ضریب بهره در فرکانس بالا محدود است چون ظرفیت مزاحم C که بطور موازی با مقاومت R<sub>p</sub> قرار گرفته، مقدار ضریب بهره را کم می‌کند.

**مهندس-** درست است. چاره چیست؟

**مبتدی-** ابتدا کوشش می‌کنم مقدار ظرفیت مزاحم را با انتخاب لامپ‌های مناسب و کم کردن سیمکشی‌ها، پائین بیاورم!

۱. اگر يك تقویت کننده ترانزیستوری مورد نظر باشد، مطلبی که گفته می‌شود تا حدودی ارزش خود را حفظ می‌کند چون در حالتی که مقاومت‌های بار جمع کننده بزرگند و ظرفیت‌های مزاحم مقدار قابل توجهی دارند، حد منحنی جواب بر حسب فرکانس کاملاً وابسته به کاهش مقاومت ظاهری بار جمع کننده در فرکانس‌های بالا است. این مطلب به طور کاملاً اختصاصی برای ترانزیستورهای با اثر میدان درست است، که در آنها همان استدلال لامپ‌های الکترونی دنبال می‌شود.

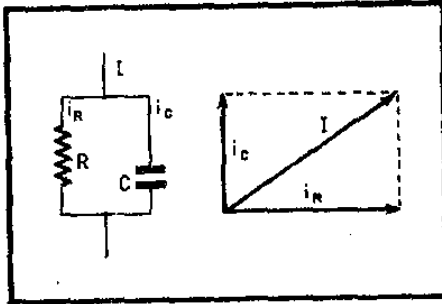
بهر حال برای تقویت کننده‌های ترانزیستوری، چون مقاومت‌های بار جمع کننده معمولاً مقدار نسبتاً کمی دارند، محدود شدن فرکانس که وابسته به کاهش مقاومت ظاهری بار در فرکانس‌های بالاست، غالباً بستگی به يك مقدار فرکانس دارد به همان ترتیب که حدود خاص ترانزیستور قبلاً در آن دخالت داشت. مثلاً اگر مقاومت بار جمع کننده يك ترانزیستور ۱۵۰ اهم و مقدار ظرفیت مزاحم ۱۱ پیکو فاراد

باشد، فرکانس قطع وابسته به عنصرها، در حدود ۱۰۰ MHz است به این ترتیب يك ترانزیستور از نوع معمولی، بخصوص اگر در تقویت جریان کار کند، در فرکانسی که خیلی پائین‌تر از ۱۰۰ مگاهرتز است، کاهش در ضریب بهره ایجاد می‌کند. در واقع برای رعایت حد خاص فرکانس که وابسته به ترانزیستور می‌باشد، بهتر است بدانیم مقاومت ظاهری داخلی منبعی که آنرا تغذیه می‌کند چقدر است اگر این مقاومت ظاهری نسبت به مقاومت ورودی ترانزیستور ضعیف باشد، ترانزیستور در تقویت فشار کار می‌کند. در این حالت لزومی ندارد که بین مونتاز با ارسال کننده مشترك و مونتاز با پایة مشترك یکی را ترجیح بدهیم چون هر دو فرکانس قطعی دارند که نسبتاً بالاست و نزدیک به فرکانس F<sub>p</sub> ترانزیستور است.

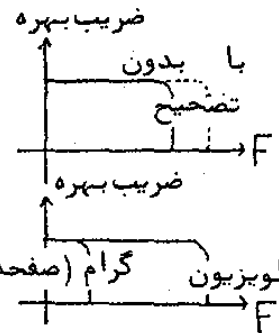
←

نگاه کنید به کتاب «ترانزیستور... بسیار ساده است» از همین مجموعه.

**مهندس** - در واقع حق با شماست. با وجود این، کار شما از این راه خیلی محدود است. شاید بتوانید مقدار این ظرفیت مزاحم را به نصف برسانید و به این ترتیب باند گذرا را دو برابر کنید، اما چگونه بیشتر از این پیش می‌روید؟



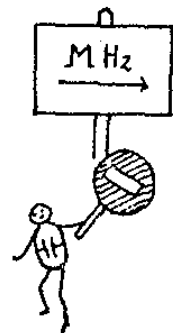
شکل ۳۸ - در حالی که فشار گذاشته شده به R و C یکسان است، جریان C که از خازن می‌گذرد، نسبت به  $I_R$  (جریانی که از مقاومت می‌گذرد) ۹۰ درجه پیش افتادگی دارد. جریان I حاصل جمع برداری این دو جریان است.



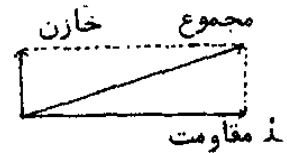
**مبتدی** - آه! بیادم آمد؛ می‌شود از تصحیح استفاده کرد چون تصحیح کاهش مقاومت ظاهری  $R_p$  موازی با C را جبران می‌کند.

**تصحیح اساسی نیست**

**مهندس** - نمی‌توانم آشکارا بشما بگویم که نادرست است، اما تصحیح غیر از یک کار تصنعی که اجازه می‌دهد باند کمی پهن‌تر بشود، چیزی نیست. شما هم همان اشتباه ۹۹ درصد از تکنیسین‌ها را می‌کنید. ببینید من در تلویزیون تقویت کننده‌ای دارم که فرکانس‌ها را از ۱۰ هرتز تا ۱۰ مگاهرتز به درستی تقویت می‌کند؛ قطعاً، تصحیح‌هایی هم دارد اما اگر همه آنها را هم حذف کنم، تقویت کننده من باز هم



فرکانس  $5 \text{ MHz}$  را بخوبی می‌گذراند و این کاری است که مسلماً تقویت کننده گرامافون من نمی‌تواند انجام دهد چون در  $300 \text{ MHz}$  ۹۰ درصد از ضریب بهره خود را از دست می‌دهد. بنابراین چیزی وجود دارد که در این دو تقویت کننده اساساً با هم تفاوت دارد. آنرا خودتان پیدا خواهید کرد. چرا ظرفیت مزاحم شما

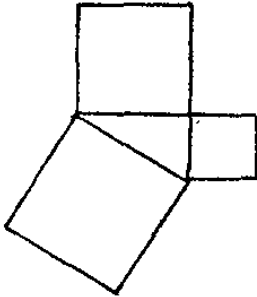


در عوض اگر بهره ورودی ترازیستور منبعمی متصل شده باشد که مقاومت ظاهری داخلی آن نسبت به مقاومت ظاهری ورودی خاص ترازیستور خیلی زیاد باشد، ترازیستور در تقویت جریان کلامی کند. در این حالت، لزومی ندارد که بین مونتاز با ارسال کننده مشترک و مونتاز با جمع کننده مشترک تفاوتی بگذاریم. در هر دو حالت فرکانس قطع نسبتاً ضعیف و برابر است با خارج قسمت  $F_1$  ترازیستور به ضریب بهره استاتیگ در جریان مستقیم.

(مثلاً برای یک ترازیستور سیلیکومی که فرکانس  $F_1$  آن برابر  $160 \text{ MHz}$  است و ضریب بهره اش در جریان مستقیم ۴۰ می‌باشد، فرکانس قطع در ۳dB (سه دسی بل) در حالت تقویت جریان برابر است با  $4 \text{ MHz}$   $(160 : 40 = 4)$  برای یک ترازیستور با اثر میدان، استدلال درست بهمان ترتیبی است که برای لامپهای الکترونی خلاء انجام شده است.

را ناراحت می کند؟

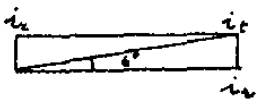
**مبتدی** - بشما که گفتم. این ظرفیت با  $R_p$  بطور موازی قرار می گیرد و در فرکانس های بالا مقدار آنرا کم می کند.



**مهندس** - دلم می خواهد دقیقتر صحبت کنید. فرض کنید که مقدار C برابر ۱۶ پیکو فاراد باشد، چون به این ترتیب مقاومت ظاهری آن ساده تر است، مقدار آن در  $10 \text{ KHz}$  برابر  $1 \text{ M}\Omega$  و در  $100 \text{ KHz}$  برابر  $100 \text{ K}\Omega$  و در  $1 \text{ MHz}$  برابر  $1 \text{ K}\Omega$  است و در  $10 \text{ MHz}$  مقدارش  $1 \text{ K}\Omega$  است. فرض کنید که مقاومت  $R_p$  شما  $100 \text{ K}\Omega$  باشد. در چه فرکانسی C برای شما ناراحتی ایجاد می کند؟

**مبتدی** - باید مقاومت ظاهری  $R_p$  موازی با خازن C را حساب کرد. با اینحال می توانم بشما بگویم که در  $10 \text{ MHz}$  دخالت C که مقاومت ظاهریش  $1 \text{ K}\Omega$  است، نسبت به مقاومت مجموع که در حدود  $100 \text{ K}\Omega$  است، به اندازه کافی ضعیف خواهد بود.

**مهندس** - حتی می توانم بگویم که دخالت آن (با تقریب ۵/۰ درصد) روی مقاومت ظاهری صفر است. ببینید آقای مبتدی، جریانی که از C می گذرد نسبت به جریانی که از  $R_p$  می گذرد ۹۰ درجه پیش افتادگی دارد. من این جریان ها را (شکل ۳۸) با توجه به دامنه و فاز آنها با سهم (برای اینکه نگویم بردار) نمایش می دهم. برای اینکه جریان مجموع را بدست بیاوریم مستطیلی می سازیم که دو جریان دو پهلو میجاور آنرا تشکیل می دهند. قطر مستطیل سهمی را که وابسته به جریان مجموع است یمایا می دهد، بنابراین برای مقادیر جریان که وابسته به  $10 \text{ KHz}$

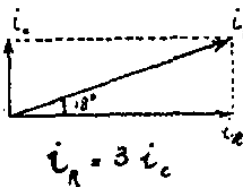


$10 \text{ KHz}$  هستند، بالاترین مقدار جریان  $I_c$  در خازن ده بار کوچکتر از جریان  $I_r$  است که از مقاومت می گذرد. قطر مستطیل از نظر طول به اندازه ای نزدیک به پهلو بزرگتر است که می توان آنرا با این پهلو یکسان گرفت. اگر درباره قضیه فیثاغورث چیزی شنیده باشید...

**مبتدی** - چیزهایی شنیده ام و درست نفهمیده ام.

**مهندس** - این قضیه می گوید که برای بدست آوردن قطر یک مستطیل (یا وتر مثلث قائم الزاویه که نصف مستطیل است) باید ریشه دوم مجموع مربع دو پهلو را بدست آورد. در اینجا یک پهلو  $10$  و دیگری  $1$  است مجموع مربع ها می شود.  $101$  و ریشه دوم آن  $10/05$  است.

**مبتدی** - خیلی عجیب است. وجود خازن مزاحم C در  $10 \text{ KHz}$  واقعا روی تقویت کننده هیچ تأثیری ندارد.



دامنه فاز نیست

**مهندس** - روی ضریب بهره آن تأثیری ندارد، اما روی اختلاف فاز منتقل شده به وسیله تقویت کننده تأثیر دارد. ببینید جریان مجموع (قطر) با فشار  $\theta$

گذاشته شده به شبکه هم فاز است، در حالی که فشار خروجی S مسلماً با چریانی که در RS (پهلوی بزرگ) می گذرد هم فاز است. می بینید که الان بین آن دو اختلاف فازی وجود دارد که نمی توان ندیده گرفت (در اینجا تقریباً ۶ درجه است). می بینید که حتی وقتی مقاومت ظاهری C فقط ۳ برابر مقاومت R<sub>p</sub> است (یعنی در ۳۳ کیلوهرتز) شکل تشکیل شده از دو سهم باز هم مستطیلی است که به حد کفایت کشیده است، در حالی که قطر آن بیشتر از ۵ درصد بزرگتر از پهلوی بزرگ مستطیل نیست. به عبارت دیگر جریان در مقاومت هنوز هم ۹۵ درصد جریان مجموع را تشکیل می دهد (فقط از نظر دامنه) و ضریب بهره باز هم ۹۵ درصد ضریب بهره در فرکانس پائین است. اما اختلاف فاز خیلی مهم است (بیشتر از ۱۸ درجه) مبتدی - اگر همینطور ادامه بدهید در آخر به آنجا می رسید که بگوئید تأثیر C روی ضریب بهره هیچوقت احساس نمی شود.

مهندس - نه، به آنجا نمی رسد. وقتی مقاومت ظاهری C به مقدار R<sub>p</sub> می رسد که در ۱۰۰ کیلوهرتز است، مستطیلی که درباره اش با شما صحبت می کردم

به مربع تبدیل می شود. پهلوی آن فقط ۰/۷ (یعنی  $\frac{1}{\sqrt{2}}$ ) برابر قطر آنست؛ ضریب

بهره فقط ۰/۷ برابر ضریب بهره در فرکانس پائین تر است؛ اختلاف فاز ۴۵ درجه است و به فرکانسی رسیده ایم که «ربع دایره ای» گفته می شود و در آن ضریب بهره مقداری دارد که پائین تر از ۳۰ درصد بالاترین مقدار آنست. می گوئید کاهش

ضریب بهره به مقدار ۳ dB (سه دسی بل) رسیده است... مبتدی - میانه من با دسی بل ها کمی بهم خورده است.

### دسی بل ها

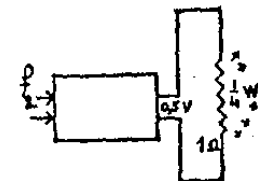
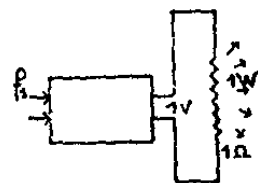
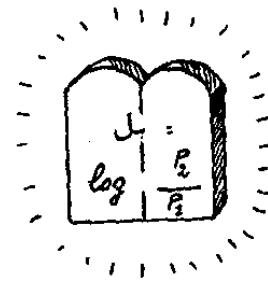
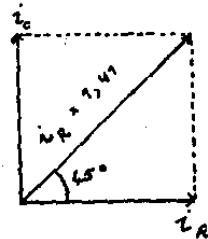
مهندس - با وجود این بسیار ساده است. بل (که معمولاً یکدهم آنرا می گیرند) بیان کننده لگاریتم نسبت توان است.

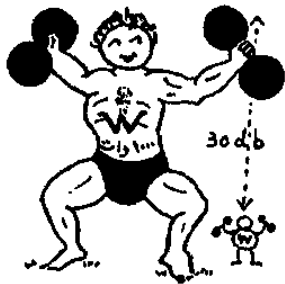
مبتدی - حالا که بهتر شد. ابتدا لگاریتم است که علاقه من نسبت به آن بسیار کم است، بعد از آن داستان نسبت توانها در میان است در حالی که ضریب بهره در فشار مورد نظر باشد و...

مهندس - آقای مبتدی درست است که در اینجا مشکلی وجود دارد. اما آنرا هموار خواهیم کرد. از تعریف شروع می کنم. وقتی دو توان P<sub>۲</sub> و P<sub>۱</sub> نابرابرند می گویند P<sub>۲</sub> از P<sub>۱</sub> به مقدار n دسی بل زیادتر است اگر:

$$\log \frac{P_2}{P_1} = n$$

باشد. به عبارت دیگر وقتی يك توان ده برابر بیشتر از توان دیگر باشد می گویند که ۱۰ دسی بل بیشتر است (که ده دسی بل می شود) و اگر P<sub>۲</sub> هزار برابر P<sub>۱</sub> باشد می گویند که P<sub>۲</sub> به مقدار سه دسی بل بیشتر از P<sub>۱</sub> است (لگاریتم ۱۰۰۰ برابر ۳ است) و یا





اینکه ۳۰ دسی بل زیادتر است.

**مبتدی** - فکر عجیبی است، ترجیح می‌دهم که بگویم هزار برابر قوی‌تر است، بهر حال باشد... اما چطور این رابطه را برای تقویت کننده‌ای که کارش تهیه قدرت نیست بکار می‌برند؟

**مهندس** - فرض کنید که به یک تقویت کننده فشاری با دامنه ثابت و فرکانس متغیر گذاشته شده است. تقویت کننده در فرکانس  $f_1$  در خروجی فشاری ایجاد می‌کند که ۱ ولت است و آنرا روی مقاومت ثابت یک اهم می‌گذاریم. موافق هستید که بگویم توان خروجی ۱ وات است؟

**مبتدی** - بله، برای اینکه جریان برای ۱ ولت یک آمپر است.

**مهندس** - خوب. فرض کنید که در فرکانس  $f_2$  فشار خروجی به  $\frac{1}{2}$  ولت

کاهش می‌یابد. توان چقدر است؟

**مبتدی** - توان  $\frac{1}{4}$  وات است...

**مهندس** - آقای مبتدی!!! اگر یک حرف احمقانه دیگر نظیر این بزنید

شما را از پنجره بیرون می‌اندازم!

**مبتدی** - آه... فهمیدم. فشار  $\frac{1}{2}$  ولت است. پس جریان  $\frac{1}{2}$  آمپر است.

در واقع توان  $\frac{1}{4}$  وات است، باید یاد می‌آمد که توان تغییراتی مانند توان دوم

فشار دارد...

**مهندس** - بله! بنابراین توان به نسبت ۴ برابر کمتر از توان قبلی است

(۴ لگاریتم آن  $0.6$  است). می‌گوئیم که این توان  $0.6$  بل (۶ دسی بل) کمتر

از توان قبلی است و برای آسانتر شدن می‌گوئیم که ضریب بهره تقویت کننده  $6\text{dB}$  پائین آمده است.

**مبتدی** - دارم می‌فهمم. وقتی می‌گویند «ضریب بهره فشار یک تقویت کننده

به مقدار  $P$  دسی بل پائین آمده است» از آن اینطور فهمیده می‌شود که قبل از مقدار

$P$  باید جمله «به طوری که توان خروجی تقویت کننده که روی مقاومت ثابت بسته

شده باشد به مقدار...» گذاشته شده باشد. کمی شبیه به راننده اتوبوسی که می‌گفت:

«مجسمه سوار شوند» و منظورش این بود که قبل از کلمه مجسمه جمله «مسافران

برای رفتن به میدان...» اضافه شود.

نقطه  $3\text{dB}$  (سه دسی بل)

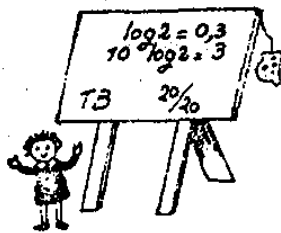
**مهندس** - حالا شما را به جهت دیگری می‌برم، اما به شما تبریک می‌گویم

که مطلب را به این خوبی فهمیدید. پس وقتی ضریب بهره یک تقویت کننده به

مقدار  $0.7$  کاهش می‌یابد، تغییر آن بر حسب  $\text{dB}$  چقدر است؟

**مبتدی** - اجازه بدهید. فشار خروجی به مقدار  $0.7$  کاهش یافته است. پس

جریان خروجی (روی مقاومت خروجی ثابت) به همان نسبت کاهش یافته است پس



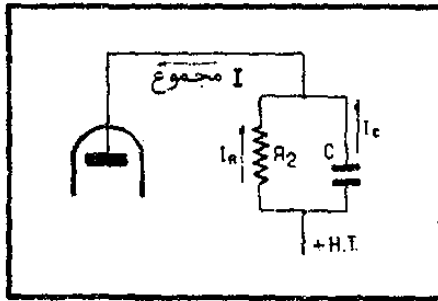
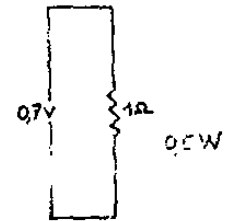
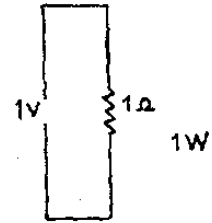
توان خروجی به نسبت

$$0.7 \times 0.7 = 0.49 \text{ (0.5 گوئیم)}$$

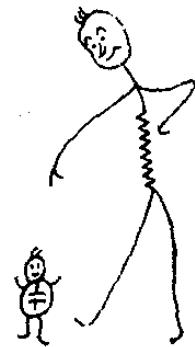
کاهش یافته است. توان به نصف کاهش می‌یابد و دوبار کمتر از توان قبل است. با مراجعه به جدول لگاریتم کوچکی که بمن داده‌اید، می‌بینیم که لگاریتم ۰.۴۹ تقریباً ۰.۳ است. قدرت به مقدار ۰.۳ بل کاهش یافته یعنی ۳dB کمتر شده است. عجیب، درست همان مقداری است که چند لحظه قبل بمن گفتید!

### وقتی اثر خازن مهمتر می‌شود

**مهندس** - جای خوشوقتی است! خوب، تصور کنید در بار آندلامپما (شکل ۳۹) برای فرکانس‌های بالاتر از فرکانسی که وابسته به این تلف ضریب بهره ۳dB است، چه می‌گذرد. جریانی که از خازن C (یعنی خازن مزاحمی که موازی با  $R_p$  است) می‌گذرد، بزرگتر از جریانی است که از مقاومت  $R_p$  می‌گذرد. برای مجموع این دو جریان، بیشتر جریان IC است که به حساب می‌آید. نسبت



شکل ۳۹ - مجموع جریانی که از R و C می‌گذرد، جریانی است که به لامپ می‌رسد (در اینجا جهت قراردادی است).



مجموع  $I_r/I$  و همینطور ضریب بهره به سرعت کاهش می‌یابد. می‌توان گفت که مثلاً

در فرکانس ۱ MHz که در آن مقاومت ظاهری C ده بار کوچکتر از مقاومت  $R_p$  است، بار آندلامپ فقط خازن C است؛ بنابراین ضریب بهره می‌تواند ده بار کمتر شود (در واقع کاهش ضریب بهره کمتر از این مقدار است چون نسبت ۱۰ فقط برای لامپ پنتود می‌تواند واقعیت پیدا کند که ممکن است مقاومت داخلی آنرا نسبت به  $R_p$  بی‌فایده دانست).

**مبتدی** - پس خازن C وقتی مقاومت ظاهری به مقداری کمتر از مقدار  $R_p$  می‌رسد واقعاً شروع به مزاحمت می‌کند؛

**مهندس** - این درست همان چیزی است که یک ربع ساعت است کوشش می‌کنم تا از زبان شما بشنوم. خوب، چه کنیم که این مزاحمت در فرکانسی آغاز شود که تا حد امکان بزرگ است؟

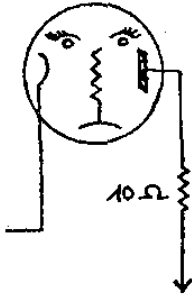
**مبتدی** - مقدار C را کم می‌کنیم.

**مهندس** - درست است، اما قبلاً هم این را گفته بودید. غیر از این چه می‌شود کرد؟



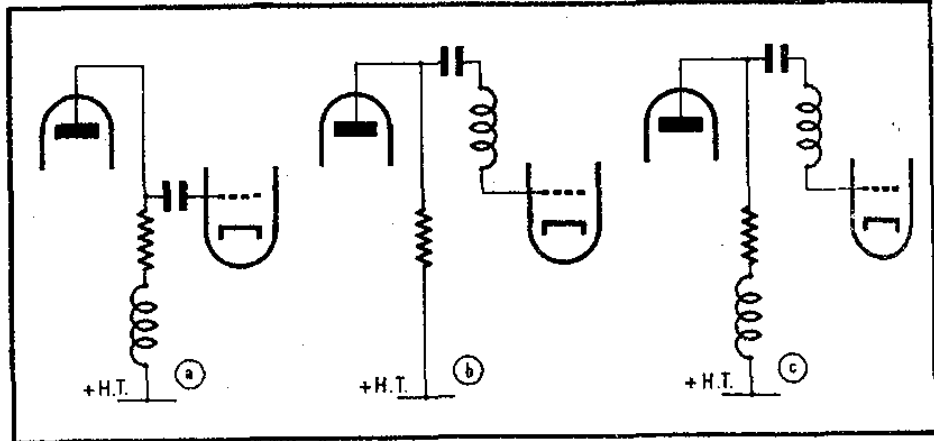
مبتدی - اما من دیگر چیزی بنظر نمی رسد. شاید کم کردن مقدار  $R_p$  باشد؟

مقاومت کم بار

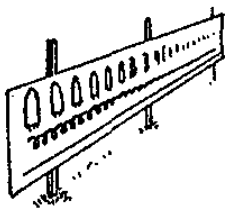


مهندس - بالاخره گفتید!... درست است آقای مبتدی، باید مقاومت  $R_p$  را کم کرد تا فرکانس به حد امکان بزرگ باشد و در این فرکانس مقاومت ظاهری  $G$  (که بطور منظم بر حسب فرکانس کم می شود) کمتر از مقدار  $R_p$  می شود. تقویت کننده های با باند گسترده از نوعی هستند که بار مدار آنها ضعیف است. در تقویت کننده ای که شما برایم کشیدید، ضریب بهره در  $100 \text{ KHz}$  به مقدار  $3 \text{ dB}$  کم می شود. اگر مقاومت بار  $R_p$  بجای  $100 \text{ K}\Omega$  فقط  $1 \text{ K}\Omega$  بود، این کاهش  $3 \text{ dB}$  در فرکانس  $10 \text{ MHz}$  بوجود می آمد.

مبتدی - و اگر آنرا تا  $10 \text{ }\Omega$  کم کنیم به فرکانس  $1000 \text{ MHz}$  میرسیم! مهندس - از نظر اصولی حق باشماست. اما با یک مقاومت  $10$  اهمی در مدار آند، سر هر چه بخواهید شرط می بندم که ضریب بهره در فشار برای لامپ شما خیلی کمتر از یک خواهد بود.



شکل ۴۰ - تصحیح H.P. تقویت کننده ها ممکن است به وسیله یک فرقره که با مقاومت مدار آند بطور بیابایی قرار گرفته است (تصحیح موازی در (a) یا با فرقره ای که بطور بیابایی در ارتباط بین دو طبقه قرار گرفته (تصحیح پیاپی در (b) و یا یکا بردن دو فرقره (تصحیح مختلط رسم شده در (c) انجام شود.



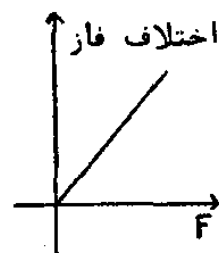
مبتدی - چقدر وحشتناک! فکرش را نکرده بودم. اما بینم با مقاومت  $1 \text{ K}\Omega$  بار مدار آند هم نباید ضریب بهره خیلی زیاد باشد؟

باند گذرا یا ضریب بهره

مهندس - افسوس! هر سکه ای پشت و رو دارد. با یکا بردن لامپ های



پنتود با شیب زیاد که امکان می‌دهند با وجود مقدار کم مقاومت‌های بار مدار آند ضریب بهره خیلی اسفناک نباشد، کارها را بهتر می‌کنند. اضافه بر آن، از همان تصحیح‌های مشهوری که درباره‌اش برای من صحبت کردید استفاده می‌کنند. می‌توان یک قرقره کوچک را بطور پیاپی با بار آند قرارداد (شکل a ۴۰) (تصحیح موازی) همینطور می‌توان یکی از این قرقره‌ها را پیاپی با خازن ارتباطی قرارداد (شکل b ۴۰) (تصحیح پیاپی) یا هر دو را باهم ترکیب کرد (شکل c ۴۰) (تصحیح مختلط). به وسیله همین تصحیح‌ها اگر خوب تنظیم شده باشند، موفق می‌شوند پاند گذرا را تقریباً دو برابر کنند.



**مبتدی** - و به این ترتیب تا کجا می‌شود رفت؟

**مهندس** - بدون دشواری زیاد می‌توان تقویت‌کننده‌هایی ساخت که تا ۳۰ یا ۵۰ مگاهرتز را تقویت کنند. حتی می‌توان از اینهم دورتر رفت اما با روش فنی خاصی که آنرا «تقویت‌کننده تقسیم شده» می‌گویند که یک نوع خط تأخیری است که در آن لامپ‌ها را وارد کرده‌اند و روی آن تکیه نمی‌کنم.

**مبتدی** - آیا در باندهای به این گستردگی می‌توانند اختلاف فاز را به صفر برسانند؟

**مهندس** - نمی‌توانند این کار را بکنند، از این گذشته این کار بی‌فایده است. فقط کافی است اختلاف فاز متناسب با فرکانس باشد که انجام این کار همیشه آسان نیست.

### فرکانس‌های پائین



**مبتدی** - حدس می‌زنم که حالا چه پیش می‌آید، چون پس از اینکه بمن نشان دادید پاند گذرای یک تقویت‌کننده را در جهت فرکانس‌های بالا چگونه گسترش می‌دهند، منطقی است که به گسترش آن در جهت فرکانس‌های پائین بپردازید.

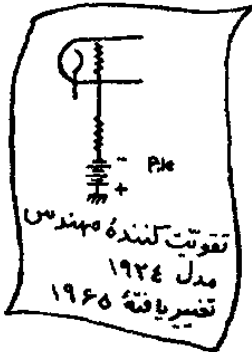
**مهندس** - کاملاً درست است. پس بگوئید بینم در جهت فرکانس‌های پائین ضریب بهره تقویت‌کننده شما را چه چیزی محدود می‌کند.

**مبتدی** - بسیار ساده است! مقاومت‌های ظاهری خازن‌های شکل ۳۷ که بطور خلاصه کشیده‌اید با زیاد شدن فرکانس زیاد می‌شوند، بخصوص مقاومت‌های ظاهری  $C_1$  و  $C_2$ . خازن اول از این بعد یک ضد واکنش وارد مدار می‌کند، دومی ارتباط بین طبقه‌ها را بد تأمین می‌کند. اگر بخواهم با این اثرهای نامطلوب مبارزه کنم، می‌توانم ظرفیت دو خازن را زیاد کنم.

**مهندس** - منهم با اینکار موافقم، اما در این راه به سرعت محدود می‌شوید. برای  $C_1$  که هم اکنون چند میکروفاراد است، نمی‌توانید خیلی جلوتر بروید چون اگر مقدار آنرا به صد و بخصوص ۱۰۰۰ میکروفاراد برسانید، جریان تلف، که در چنین خازن‌هایی دوری ناپذیرند، پلاریزاسیون این طبقه را به شدت بهم خواهد زد.  $C_2$  را از میکروفاراد بیشتر نکنید وگرنه خازن بسیار بزرگی خواهید داشت و در نتیجه ظرفیت‌های مزاحم به وجود می‌آیند، بی آنکه تلف دوری ناپذیری را که ممکن است شبکه لامپ بعد را به یک اختلاف سطح مثبت وصل کند در نظر بگیریم. نه، در مورد خازن  $C_1$  می‌بینید که برای اینکه ناراحتتان نکند، بهتر است حذف شود.



## پلاریزاسیون‌ها را تغییر بدهیم



**مبتدی-** که اینطور! اما اختلاف سطح کاتد شما دیگر ثابت نخواهد بود و لامپ دیگر تقویت نمی‌کند.

**مهندس-** اجازه بدهید آنرا اصلاح کنم و بگویم که لامپ تقویت کمتری می‌کند، اما به تقویت کردن ادامه می‌دهد. به این ترتیب فشاری (فشار بین کاتد و بدنه یا بطور درست تر مؤلفه متناوب آن) را وارد کار کرده‌ایم که از فشار ورودی کسر خواهد شد. همانطور که می‌دانید این کار ضد واکنش است که اثرش پائین آوردن ضریب بهره است، اما در عین حال اعوجاج و خرخر کردن را کمتر می‌کند و برتری‌های دیگری هم دارد.

**مبتدی-** آن برتری‌ها را ندیده نمی‌گیرم، با وجود این جای تأسف است که به این ترتیب بخشی از ضریب بهره را از دست می‌دهیم، بخصوص اگر این ضریب بهره به سبب انتخاب پار ضعیف مدار آند به منظور گذراندن فرکانس‌های بالا کاهش یافته باشد.

**مهندس-** می‌توانیم چیزی از دست ندهیم. ابتدا امکان دارد کاتد را به بدنه وصل کنیم و پلاریزاسیون لامپ را به وسیله شبکه با یک فشار منفی تأمین کنیم...  
**مبتدی-** خوب، با اینکه الکترونیک در اوج پیشرفت است، مرا به همراه خودتان به ابتدای دانش رادیو می‌برید.

**مهندس-** آقای مبتدی، پیشرفت یک فن ما را گاهی به بازگشت‌های عجیب به عقب رهبری می‌کند. اما برای اینکه این احساس را در شما کاهش بدهم، با یک قطعه جدید آشنایتان می‌کنم که اسمش دیود زنر است.  
**مبتدی-** جدید، پس یک نیمه هادی است.

**مهندس-** نتیجه‌گیری شما درست است، اگر چه با استدلال کاملاً غیر منطقی بدست آمده است. دیود زنر یک دیود با اتصالی از جنس سیلیسیوم است، که در جهت گذراندن جریان مثل تمام دیودهای خوب عمل می‌کند و جریان را می‌گذراند، و غیر از یک افت فشار بسیار کم در حدود  $0.7V$  ولت که تقریباً مستقل از جریان است، چیزی وارد مدار نمی‌کند. در عوض اگر پلاریزاسیون آنرا بطور معکوس قرار دهیم دیود کار خود را مثل تمام دیودها با مسدود بودن آغاز می‌کند تا وقتی که فشار معکوس به مقداری برسد که آنرا «فشار زنر» می‌نامند که از این فشار بعد، جریان معکوس بسیار تند شروع به زیاد شدن می‌کند بی آنکه فشار دوسر دیود بطور محسوس تغییر کند.

**مبتدی-** این نوعی سوختن دیود است؟

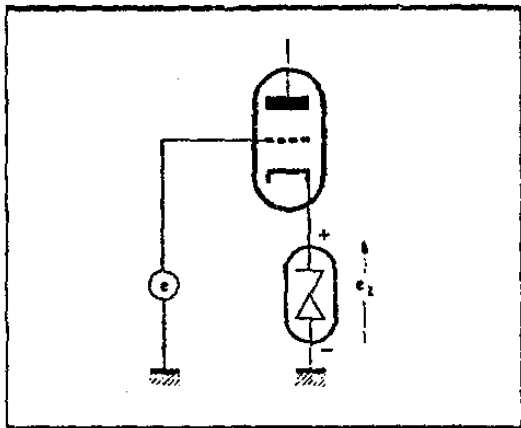
**مهندس-** آه نه! کاملاً با آن فرق دارد چون اگر از یک جریان حداکثر که نسبتاً مهم است تجاوز نکنیم، بهیچوجه صدمه‌ای به دیود نمی‌رسد. فشارهای زنر بین ۳ و ۲۰۰ ولت قرار دارند و بهترین دیودها آنهایی هستند که فشار زنر آنها ۸ ولت است.

**مبتدی-** این دستگاه کوچک بسیار جالب است، اما چه ربطی به تقویت کننده‌ها

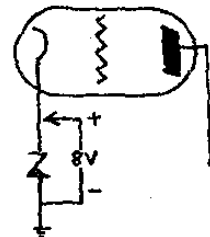
دارد؟

**مهندس-** آقای مبتدی، شما قوه تصور ندارید. پس این دیود را بین کاتد





شکل ۴۱- دیود زنر بین کاتد و بدنه خود فشار  $e_z$  را حفظ می کند که مستقل از جریان کاتدی است؛ این یک روش برای تأمین پلاریزاسیون کاتد است که برای فرکانس های پائین، تا کمترین مقدار، قابل کاربرد است.



و بدنه تقویت کننده خودتان قرار بدهید (شکل ۴۱). کاتد به اختلاف سطح مثبت که بطور محسوس ثابت است وصل می شود، برای اینکه فشار در دوسر دیود زنر عملاً مستقل از جریانی است که از این دیود می گذرد یعنی وابسته به جریان کاتدی نیست. دیگر نیازی به خازن نخواهید داشت، بنابراین در فرکانس های پائین ناراحتی ندارید.

**مبتدی-** این دیگر مجذوب کننده است. مثال شگفت آوری از همکاری نیمه هادیها و لامپهاست که بطور کلی دشمن جانی یکدیگرند.  
**مهندس-** نه آقای مبتدی، نیمه هادیها دشمن لامپها نیستند و بخوبی می شود آنها را با هم بکار گرفت. اما حالا که ناراحتی های ایجاد شده به وسیله خازن  $C_1$  را کاملاً از بین برده ایم، به حساب  $C_2$  می رسیم.

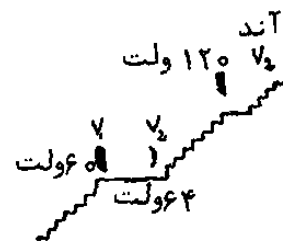


### ارتباط مستقیم

**مبتدی-** حدس می زنم که آنرا هم حذف خواهید کرد.  
**مهندس-** اشتباه نمی کنید. اما باید دقت کرد. اگر آند لامپ اول را به شبکه لامپ دوم وصل می کردم چه پیش می آمد؟  
**مبتدی-** ولی آقای مهندس، قبلاً این پیشنهاد را به شما کردم و شما با آن مخالفت کردید و دلالتان این بود که شبکه لامپ بعد، زیاد مثبت می شود و تمام الکترون ها را جذب خواهد کرد.

**مهندس-** اگر کاتد لامپ بعد را به اختلاف سطحی وصل کنم که نسبت به شبکه آن مثبت تر باشد، دیگر این وضع پیش نمی آید. فرض کنید که لامپ اول با فشار زیاد ۱۰۰ ولت تغذیه شده باشد و فشار آند لامپ ۶۰ ولت باشد. اگر بخوایم پلاریزاسیون کاتد لامپ بعد مثلاً ۴- ولت باشد، آنرا به ۶۴ ولت وصل می کنم.

**مبتدی-** آه، این روش زیرکانه است! در این صورت حد پائینی فرکانسی که تقویت آن امکان دارد چه مقدار است، چون نمی دانم چه چیز آنرا محدود می کند؟  
**مهندس-** حق دارید که آنرا ندانید چون چیز محدود کننده ای وجود ندارد!



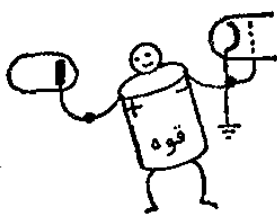
بطور خیلی ساده فرکانس حد پایینی صفر است. این تقویت کننده برای فشار مستقیم است زیرا اگر به ورودی آن فشار مستقیمی بگذارید، فشار خروجی بطور نامعین حفظ خواهد شد.



**مبتدی** - بسیار جالب است، اما در مونتاز شما يك نقص بنظر م می رسد، کاند دوم به  $+64$  ولت وصل است، پس باید آند آن آشکارا فشار زیادتری داشته باشد. اگر این آند به شبکه لامپ سوم وصل شود، موقعیت وخیم تر خواهد شد...

### جائی که به وسیله يك قوه (باطری) تزویج می شود

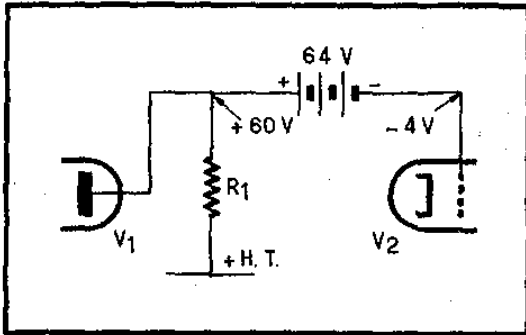
**مهندس** - در واقع اساسی ترین نقص این سیستم همین است که فقط برای در طبقه و حداکثر سه طبقه بکار برده می شود. موقعیت برای ترانزیستورها تغییر می کند زیرا در حقیقت جمع کننده آنها اختلاف سطحی دارد که با اختلاف سطح پایه آنها تفاوت کمی دارد، بنا بر این می توان چندین ترانزیستور را بدنبال هم قرار داد و در عین حال جمع کننده یکی را بطور ساده با ارتباط مستقیم به پایه دیگری متصل کرد بی آنکه این کار ما را به افزایش بیش از اندازه فشار تغذیه برساند. حتی می توان کار بهتری کرد چون بیشتر ترانزیستورها با فشار جمع کننده و پایه مساوی خیلی خوب کار می کنند (در این حال این ترانزیستورها در حد کار اشباع هستند، اما این حد کاملاً قابل قبول است به شرط آنکه دامنه علائمی که باید تقویت شوند، در طبقه آخر از چند میلی ولت تجاوز نکند) در چنین وضع کاری فشار جمع کننده نسبت به ارسال کننده تقریباً  $0/6$  ولت است و پایه هم همینطور است (منظور ترانزیستور سیلیسیومی  $p-n-p$  است) در این حال اگر بخواهیم در طبقه های بعد عدم تنظیم های بزرگ پیش نیاید، باید پلاریزاسیون پایه طبقه اول را به دقت ثابت نگاه داشت.



در آخر می توان سیستم تزویج مستقیمی را که برای گذاشتن ترانزیستورهای  $p-n-p$  و  $p-n-p$  بطور يك در میان وجود دارد، نام برد. ارسال کننده ترانزیستورهای  $p-n-p$  به قطب مثبت تغذیه وصل می شود در حالی که ارسال کننده ترانزیستورهای  $p-n-p$  به بدنه یعنی قطب منفی تغذیه وصل است. جمع کننده يك ترانزیستور را مستقیماً به پایه ترانزیستور بعد وصل می کنند. جهت جریان ها درست است چون جریان پایه يك ترانزیستور  $p-n-p$  (بطور مثال) به وسیله پایه «خارج» می شود (در صورتیکه جهت قراردادی جریان که مخالف جهت حرکت الکترون هاست در نظر گرفته شود) در حالی که جریان جمع کننده يك ترانزیستور  $p-n-p$  به وسیله جمع کننده «وارد» می شود.

سیستم انتخاب شده هر چه باشد (ترانزیستور با فشار تغذیه پله پله، ترانزیستور در حد اشباع، بطور يك در میان  $p-n-p$  و  $p-n-p$ ) تزویج مستقیم بین چند طبقه بطور پشت سر هم باید به تعداد طبقه های نسبتاً کم محدود شود. اگر هر طبقه از نوع متقارن و مطابق با شکل خلاصه ای که «L.T.P» گفته می شود و در شکل ۵۸ نشان داده شده، ساخته شود، می توان تعداد طبقه ها را کمی زیادتر کرد. اما درباره شکل ۴۲ چه می گوئید؟

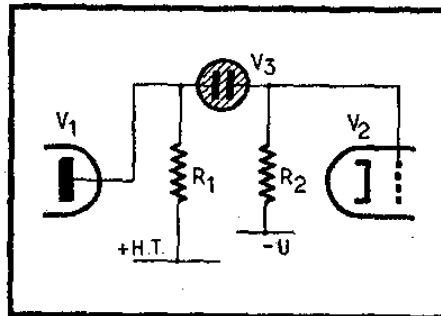
**مبتدی** - عجیب است! نسبتاً مطابق با مدارهای معمولی است، اما چیزی



شکل ۴۱- قوه ولتی امکان می دهد که شبکه لامپ  $V_2$  و آند لامپ  $V_1$  بهم متصل شوند درحالی که مؤلفه مستقیم را منتقل می کنند.

قوه کراکرا  
وقتی از آن  
استفاده نمیکنند  
می خوابد

شکل ۴۲- لامپ گازی  $V_2$  در نتیجه جریانی که از  $R_1$  در جهت قطب منفی منبع  $-U$  می گذرد، دچار ایونیزاسیون می شود و نقش قوه شکل ۴۲ را بازی می کنند.



که مرا متعجب می کند قوه ایست که در راه ارتباطی بین آند لامپ  $V_1$  و شبکه لامپ  $V_2$  قرار گرفته است.

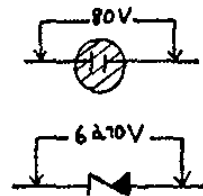
**مهندس-** خوب فکر کنید، این قوه اختلاف سطح ثابت بین آند لامپ  $V_1$  و شبکه لامپ  $V_2$  را حفظ می کند بطوری که شبکه لامپ  $V_2$  همیشه ۶۴ ولت یائین تر از آند لامپ  $V_1$  است و به این ترتیب وقتی آند  $V_1$  به  $+60$  ولت وصل باشد، اختلاف سطح شبکه نسبت به بدنه به  $-4$  ولت است. پس می توان کاتد  $V_2$  را به بدنه وصل کرد.

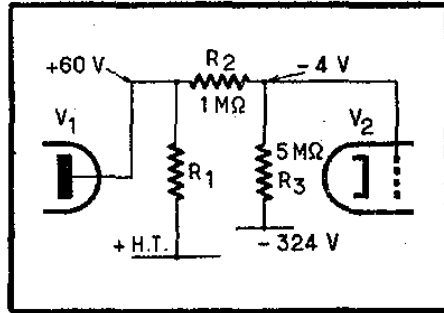
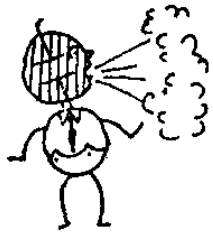
**مبتدی-** بسیار هوشیارانه است. این راه حل واقعی برای تقویت کننده های فشار مستقیم با چندین طبقه است.

**مهندس-** این روش با کمال مطلوب خیلی فاصله دارد. ابتدا اینکه قوه ها بسیار جای گیرند. سنگین هستند، با بدنه ظرفیت مزاحم زیادی تشکیل می دهند و در آخر فرسوده هم می شوند.

**مبتدی-** با اینحال از آنها هیچ جریانی گرفته نمی شود.

**مهندس-** آه، می دانید که گاهی بین گفتارهای تبلیغاتی و حقیقت فاصله زیادی هست. برای هر طبقه یک قوه لازم است. ترجیح می دهند که بجای آنها از لامپ های کوچک نمون استفاده کنند. شکل خلاصه ۴۳ را نگاه کنید. لامپ  $V_3$  یک لامپ کوچک نمون است که وقتی جریانی که خیلی زیاد نباشد از آن بگذرد، در دوسر آن فشار ثابت نگهداشته می شود. شبکه لامپ  $V_2$  را به وسیله یک مقاومت  $R_2$  به یک فشار منفی نسبتاً زیاد وصل می کنند،  $R_2$  هم مقدار زیادی دارد. بنابراین اجباراً جریانی از لامپ  $V_2$  می گذرد و گاز درون آنرا به ایون ها تجزیه می کند (ایونیزاسیون





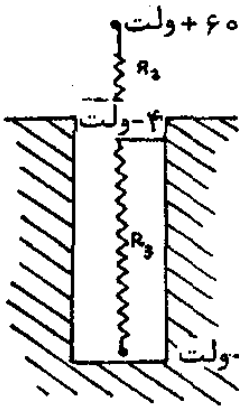
شکل ۴۴- جریانی که از  $R_2$  می‌گذرد و از راه  $R_3$  به طرف ۳۲۴- ولت می‌رود، در مقاومت  $R_2$  يك فشار ۶۴ ولت ایجاد می‌کند که جانشین قوه شکل ۴۲ می‌شود.

ایجاد می‌شود). این جریان نسبت به جریان آن‌دی لامپ  $V_1$  بسیار کوچک است، و لامپ نئون که در گازش ایونیزاسیون ایجاد شده، نقش قوه  $P$  در شکل ۴۲ را بازی می‌کند. این سیستم را مخصوصاً در طبقه‌های آخر تقویت‌کننده‌های با ارتباط مستقیم بکار می‌برند.

**مبتدی-** در واقع لامپ نئون شما مثل يك دیود زئیر کار می‌کند؛ می‌شود بجای آن يك دیود زئیر گذاشت؟

**مهندس-** شاید به سختی بشود اینکار را کرد، اما برای فشارهای زیاد و شدت جریان‌های کم، لامپ‌های کوچک نئون به دیودهای زئیر ترجیح دارند. با اینحال يك نقص هم دارند چون فشار بدست آمده در دوسر  $V_3$  کاملاً مستقیم نیست، بلکه يك مؤلفه متناوب کاملاً غیر منظم دارد (به آن «فشار دمش» می‌گویند) که باعث می‌شود این روش برای طبقه‌های اول که در آنها فشارهای سودمند ضعیف هستند، بکار برده نشود.

**تزیج به وسیله تقسیم‌کننده فشار**



**مبتدی-** پس برای طبقه‌های اول چه می‌کنید؟

**مهندس-** روشی که الان برای شما خواهم گفت برای همه طبقه‌ها خوبست. فوراً آنرا با يك مثال عددی در اختیارتان می‌گذارم. فرض کنیم (شکل ۴۴) که آن‌دی لامپ  $V_1$  شما به +۶۰ ولت وصل باشد، آنرا به وسیله يك مقاومت  $R_2$  که يك مکاهم است به شبکه لامپ  $V_2$  وصل می‌کنم. در حالی که این شبکه به وسیله يك مقاومت  $R_3$  که ۵ مکاهم است به فشار -۳۲۴ ولت وصل شده است. چون هیچ ۳۲۴-ولت جریان شبکه‌ای در لامپ  $V_2$  وجود ندارد، از مقاومت‌های  $R_2$  و  $R_3$  يك جریان می‌گذرد (جریانی که البته نسبت به جریان آن‌دی لامپ  $V_1$  بسیار ضعیف است) بنابراین افت فشار در مقاومت  $R_2$  پنج برابر بزرگتر از افت فشار در دوسر  $R_3$  است. توجه داشته باشید که فشار کلی روی مجموع مقاومت‌های  $R_2$  و  $R_3$  برابر

$$۶۰ + ۳۲۴ = ۳۸۴^v \text{ است با،}$$

بنابراین افت فشار در  $R_2$  برابر ۶۴ ولت و در  $R_3$  برابر ۳۲۰ ولت است و شبکه لامپ  $V_2$  به اختلاف سطح -۴ ولت وصل خواهد شد. می‌بینید که مقاومت  $R_2$  تا حدودی نقش لامپ نئون  $V_3$  (شکل ۴۳) و یا قوه  $P$  (شکل ۴۲) را بازی می‌کند.

**مبتدی** - آقای مهندس در اینجا با شما هم عقیده نیستم چون فشار در دوس این مقاومت ثابت نیست زیرا اگر اختلاف سطح آن  $V_1$  زیاد شود، این افت فشار هم زیاد خواهد شد.

**مهندس** - کاملاً درست است، اما این افزایش شش برابر کمتر است. به عبارت دیگر  $R_2$  و  $R_3$  یک تقسیم کننده فشار تشکیل می دهند که نسبت آن  $\frac{5}{6}$  است.

مسلماً ما دیگر روی شبکه لامپ  $V_2$  بیشتر از  $\frac{5}{6}$  مؤلفه متناوبی را که روی آنند لامپ  $V_1$  وجود دارد، نخواهیم داشت، اما دست کم ۶۴ ولت مستقیم را هم دارید. حتماً در عمل بدنیال یک فشار منفی ۳۲۴ - ولت نخواهند رفت بلکه مقداری را انتخاب می کنند که متداولتر باشد و در نتیجه مقاومت های  $R_2$  و  $R_3$  را تغییر می دهند.

**مبتدی** - این سیستم بدنیست. برای ارتباط مستقیم از قوه به لامپ نئون و سپس به مقاومت رسیدیم یعنی به طرف ساده کردن رفتیم. اما چیزی هست که ناراحت می کند و آن اینست که وجود  $R_2$ ، که مقدارش یک مگا اهم است، بطور پیاپی باشکته لامپ  $V_2$  نمی گذارد که وضع برای فرکانس های بالا روبراه باشد؛

### جبران تقسیم کننده فشار

**مهندس** - در واقع اگر مونتاز شکل ۴۴ بهمان ترتیب ساخته شود برای فرکانسهای بالا شوم است. معمولاً با اضافه کردن یک خازن کوچک که بطور موازی با  $R_2$  قرار می گیرد کارها را روبراه می کنند. اگر این خازن طوری باشد که وقتی ظرفیت آنرا در  $R_2$  ضرب می کنیم مقدارش برابر حاصل ضرب  $\gamma$  ظرفیت مزاحم ورودی لامپ  $V_2$  در  $R_2$  باشد، اثر  $R_2$  روی فرکانس های بالا حذف شده است. اگر  $C \cdot R_2 = \gamma \cdot R_2$  باشد (که در اینجا  $C = 5\gamma$  می شود) تقسیم کننده فشار  $R_2 - C/R_2 - \gamma$ ، «غیر دوره ای» است (تمام فرکانس ها را بطور برابر عبور می دهد و وابسته به فرکانس نیست). راه حلی که برای شما تشریح کردم متداول و معمولی است. بنظر من راه حل دیگری که بسیار زیرکانه است ترجیح دارد و کسانی که با الکترونیک سروکار دارند اصرار دارند آنرا ندیده بگیرند. آنرا در یک مجله بزرگ خارجی پیدا کردم که فکر نمی کردم خیلی خواننده دارد (اما من تنها کسی بودم که به آن توجه کردم).  
**مبتدی** - فوراً آنرا برایم بگوئید. شریک شدن با شما در یک مونتاز سری برایم شورا انگیز است.

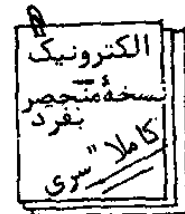
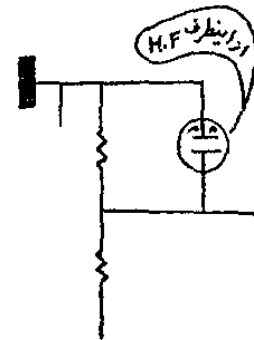
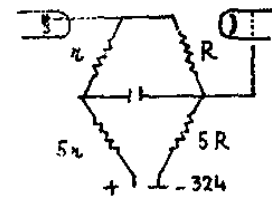
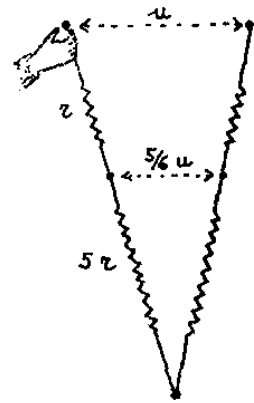
### جبران به وسیله نقطه اتصال روی مقاومت آنند

**مهندس** - «سر» مورد بحث، بدون شك در ۵۰۰۰۰ نسخه چاپ شده است.

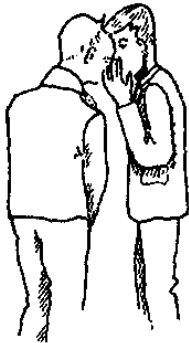
آن سر اینست:

در تقویت کننده شکل ۴۴، می خواهند روی شبکه لامپ  $V_2$  مؤلفه متناوبی

ظاهر شود که مقدارش  $\frac{5}{6}$  مؤلفه موجود روی آنند لامپ  $V_1$  باشد. فرض کنید که بار

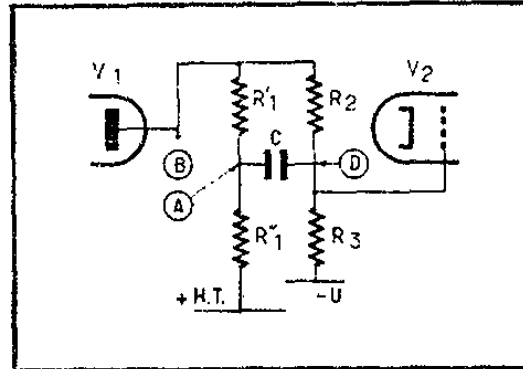


آند لامپ  $V_1$  را به وسیله يك مقاومت تنهای  $R_1$  درست نكرده باشم بلکه به وسیله دو مقاومت  $R'_1$  و  $R''_1$  آنرا تشكيل داده باشم (شكل ۴۵) می توانم این دو مقاومت



شكل ۴۵- برای اینکه تزویج شكل ۴۴ وابسته به فرکانس نباشد، نقطه های A و D را به وسیله خازن C بهم ارتباط می دهند و به این ترتیب قطریك پل متعادل را اتصال کوتاه می کنند چون

$$\frac{R'_1}{R''_1} = \frac{R_2}{R_3}$$



راطوری انتخاب کنیم که مجموع آن ها برابر مقدار  $R_1$  باشد و نسبت آنها برابر نسبت  $R_2$  و  $R_3$  باشد،

$$\frac{R'_1}{R''_1} = \frac{R_2}{R_3}$$

به عبارت دیگر در حالت خاص ما، خواهیم داشت:

$$R''_1 = 5R'_1$$

بنابراین اختلاف سطح نقطه مشترك A در دو مقاومت مؤلفه متناوبی دارد

که  $\frac{5}{9}$  مؤلفه متناوبی است که در نقطه B بدست می آید (به سبب وجود تقسیم کننده

فشار  $(R'_1 - R''_1)$ . این مؤلفه متناوب را به وسیله خازن C با ظرفیت کافی به شبکه لامپ  $V_2$  (نقطه D) منتقل خواهیم کرد. به این ترتیب اختلاف سطح نقطه D را

و دار می کنیم مؤلفه متناوبی داشته باشد که مقدارش  $\frac{5}{9}$  مؤلفه متناوب نقطه B

است، و این همان چیزی است که می خواستیم.

**مبتدی-** در واقع چهار مقاومت شما، دو تقسیم کننده فشار تشکیل می دهند

که يك نسبت دارند، و بطور ساده يك پل ویستون تشکیل می دهند؟

**مهندس-** کاملاً درست است. حالا برای شما برتری این سیستم را خواهم

گفت. ابتدا مشاهده خواهید کرد که نیازی نیست خازن C مقدار مشخصی داشته باشد،

کافی است نسبت به مقاومت مزاحم ورودی لامپ  $V_2$  مقدارش زیاد باشد. در شکل

خلاصه ۴۴، لازم بود خازن C را بر حسب ظرفیت مزاحم  $\gamma$  تنظیم کنیم؛ بنا بر این

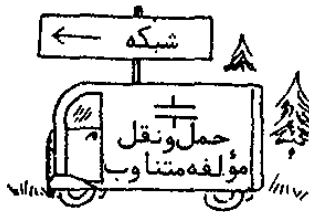
خازن C باید خازن متغیری باشد. در حالی که  $\gamma$  ممکن است برای هر لامپ مقدار

معینی داشته باشد و حتی در يك لامپ معین بر حسب اینکه پلاریزاسیون آن کم یا

زیاد باشد،  $\gamma$  تغییر می کند. با مونتاز شکل ۴۵ چنین چیزی پیش نمی آید. نیازی

ندارید که روی شبکه يك خازن متغیر وصل کنید (که همیشه ناراحت کننده است

زیرا يك خازن متغیر همیشه جای گیر است و احتمال ایجاد نوسان خود بخود دارد).



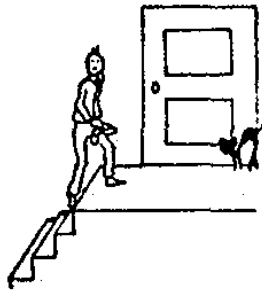
۱- نگاه کنید به کتاب «رادیو»... بسیار ساده است! از همین مجموعه.



فقط یکبار باید مقاومت‌ها تنظیم شوند و دیگر کار تمام است. چون، پلاریزاسیون لامپ  $V_p$  هر چه باشد، تنظیم شما بجای خود باقی خواهد ماند، حتی اگر لامپ  $V_p$  را عوض کنید. معمولاً خازن C را از جنس سرامیک به ظرفیت ۲۲۰ تا ۴۷۰ پیکو-فاراد می‌گیرم که بسیار کوچک و قابل جای دادن در جعبه‌های کوچک دستگاه است.

**مبتدی** - آقای مهندس مرا قانع کردید، به‌عنوان عضو افتخاری در «جمعیت گسترش مونتاز تزویج مستقیم به‌وسیله نقطه اتصال روی مقاومت بار آند» (ج.گ. م.ت.م.ب.ن.ر.م.ا) نام نویسی می‌کنم.

**مهندس** - فعلاً به‌نام نویسی در جمعیت «کسانی که بدون بیدار کردن پدر و مادرشان پنجاه می‌روند» اکتفا کنید چون ساعت یک بعد از نیمه شب است و دلم نمی‌خواهد که از طرف مادران برای دیررفتن شما به‌خانه مورد بازخواست واقع بشوم.

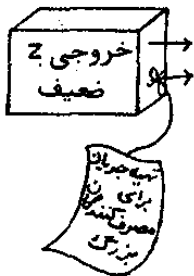


## مبحث ششم

مبتدی که همیشه توقع بیشتری دارد، می خواهد باز هم تقویت کننده ها را بهتر کند. او خواهد دانست که چگونه مقاومت ظاهری ورودی را زیاد می کنند (که تقریباً در مونتاژهایی که «تقویت کننده سنجشی» نام دارند تا بی نهایت می رود) و چگونه مقاومت ظاهری خروجی را می توان کاهش داد. در این مورد کشف خواهد کرد که مناسب ترین مقاومت ظاهری بار یک تقویت کننده ممکن است مقدار کاملاً متفاوتی با مقاومت داخلی خروجی همین تقویت کننده داشته باشد.

### سنجش الکتریکی

#### کاهش مقاومت ظاهری خروجی



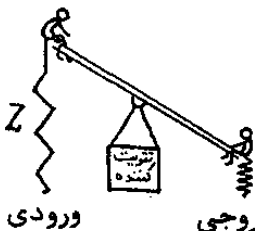
**مبتدی** - بمن یاد دادید که چگونه باندگذرای یک تقویت کننده را در جهت فرکانس های بالا و همچنین فرکانسهای پائین گسترش می دهند اما متوجه شدم که درباره تقویت کننده های سنجشی صحبتی نکرده اید. و این بسیار بد است!

#### مقاومت ظاهری ورودی

**مهندس** - همه مطلب ها را که نمی توانم یکجا بگویم. امروز به آن می رسم. می دانید، در الکترونیک غالباً نیاز به گسترش باندگذرای تقویت کننده ها هست، اما بهمین ترتیب زیاد کردن مقاومت ظاهری ورودی و کاهش مقاومت ظاهری خروجی سودمند است.

**مبتدی** - دلم می خواهد درباره علت این موضوع کمی برایم صحبت کنید و روشهای تغییر این مقاومت های ظاهری را بگوئید.

**مهندس** - اگر تقویت کننده ای ساخته باشید می دانید که به ورودی آن فشار هائی می گذارید و در خروجی فشاری بدست می آورید. مسلماً بسیار علاقمندید که مصرف جریان از منبعی که باید تقویت شود در ورودی بسیار کم باشد و بنابراین باید مقاومت ظاهری ورودی خیلی زیاد باشد. در عوض خروجی تقویت کننده شما وظیفه منبع را به عهده خواهد گرفت، در حالی که علائم را با فشاری قویتر از آنچه به ورودی آن گذاشته اید، دوباره ایجاد می کند. برای اینکه منبع جالب باشد بایست بتواند بی آنکه فشارش پائین بیاید، جریان قابل توجهی بدست بدهد و بنابراین باید مقاومت داخلی ضعیفی داشته باشد.



**مبتدی** - خوب، فهمیدم. پس در جهت ورودی، این مقاومت ظاهری به وسیله خروجی

ظرفیت ورودی و فرکانس مشخص شده است.

**مهندس** - برای فرکانسهای بالا، بله. اما در فرکانسهای پائین، ظرفیت ورودی نقشی بازی نمی کند، این ظرفیت وابسته به مقاومت ظاهری هائی در حدود چندین میلیون مگا اهم است که شما به آن نمی رسید.

**مبتدی** - می دانم چه نتیجه ای می خواهید بگیرید. مقاومت تلفی وجود

دارد که باید آنرا بین شبکه و بدنه جای داد تا الکترون‌های احمقی که با نادانی روی شبکه توقف کرده‌اند، بتوانند جریان پیدا کنند. می‌دانم که این مقاومت بطور موازی روی ورودی طبقه قرار گرفته است. کافی نیست که این مقاومت را زیاد بگیریم تا مقاومت ظاهری ورودی زیادی داشته باشیم؟

### جریان‌های شبکه

**مهندس** - اینکار بدون نقص نخواهد بود. در واقع غیر از الکترون‌های «احمق» چیز دیگری نیست که از راه مقاومت تلف خالی شود بنابراین الکترون‌هائی را هم که از شبکه خارج می‌شوند و باید جای آنها را پر کرد باید به حساب آورد. **مبتدی** - چطور می‌خواهید که الکترون‌ها از شبکه خارج شوند، شبکه که گرم نیست.

**مهندس** - آه، شما اینطور فکر می‌کنید. خوب، خودتان را به جای شبکه بگذارید...

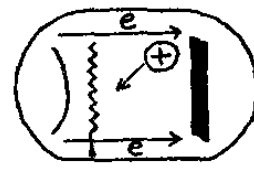
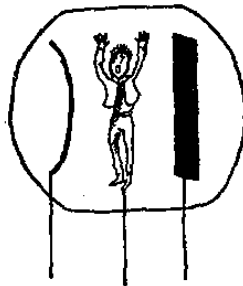
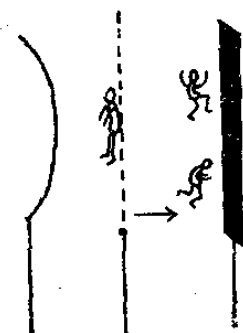
**مبتدی** - رحم کنید، آنجا هوا نیست...  
**مهندس** - بسیار خوب، اما کمی تصور را بکنید که شبکه در فاصله چنددهم یا چندصدم میلی‌متری یک کاتد بسیار گرم قرار دارد که گرما می‌تواند روی آن تشعشع کند و جلوگیری از گرم شدن شبکه دشوار است. از این گذشته نباید ارسال احتمالی الکترون از شبکه در نتیجه پدیده فتوالکترونیک را فراموش کرد. البته می‌توان با سیاه کردن رنگ شیشه لامپ آنرا کاهش داد (اگر چه نور خارج شده از کاتد، که خوشبختانه ضعیف است، همیشه وجود دارد)

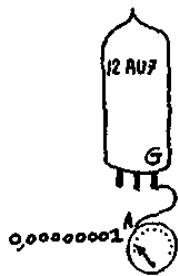
**مبتدی** - این پدیده‌ها شگفت آورند، اما رویهمرفته، بیشتر سودمندند، چون آنها الکترون‌ها را از شبکه خارج می‌کنند درحالی که الکترون‌های دیگر میل دارند در آن باقی بمانند.

**مهندس** - اما آقای مبتدی، الکترون‌ها روی شبکه متوقف نمی‌شوند مگر وقتی که شبکه پلازما سیون بسیار کمی داشته باشد. در کار عادی خارج شدن الکترون‌ها از شبکه خیلی فراوان تر است و این اثر با رسیدن بارهای مثبتی که به وسیله ایون‌ها به شبکه آورده می‌شود، باز هم شدیدتر می‌گردد.

**مبتدی** - این ایون‌ها از کجا بیرون می‌آیند؟ در یک لامپ الکترونی خلاء حکمفرماست.

**مهندس** - در این دنیای پست، هیچ چیز کامل نیست، خلاء هم مثل سایر چیزهاست. مولکول‌های بسیار زیاد گاز در یک لامپ وجود دارند، حتی اگر خوب از هوا خالی شده باشد. این مولکول‌ها زیر اثر میدان الکتریکی بین آند و کاتد و بخصوص در نتیجه برخورد الکترون‌ها، به ایون تجزیه می‌شوند. در نتیجه ایون‌های مثبتی به وجود می‌آیند که با شتاب به شبکه می‌روند و به این ترتیب اثر خود را به اثر ارسال الکترون شبکه می‌افزایند. با وجود این باید خاطر نشان کنم که جریان بوجود آمده در نتیجه ایون‌ها خیلی بیشتر از جریانی است که از خروج الکترون‌ها بدست می‌آید. **مبتدی** - خوب، برای جریان شبکه علت‌هائی وجود دارند! شگفت آور اینست که این اثر تاکنون، موجب ناراحتی من نشده است.





**مهندس** - پیش خودتان تصور نکنید که این جریان شبکه اتصال آنرا زوب خواهد کرد! در یک لامپ معمولی (یک لامپ 12AU7 را با جریان آند ۳mA در نظر می‌گیریم)، این جریان تقریباً ۱ میکروآمپر یا کمتر از آنست. در یک مقاومت تلف 1MΩ (معمولاً باید کمتر از این بگذارید)، این جریان فقط ۰/۰۱۷ فشار ایجاد می‌کند و نمی‌تواند آنرا مورد توجه قرار دهید. اما اگر مقاومت تلف ۱۰۰ یا ۱۰۰۰ مگا اهم بود، این جریان شبکه فاجعه‌ای بوجود می‌آورد.

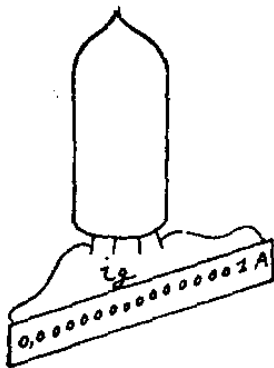
**مبتدی** - پس چه باید کرد؟

**لامپ سنجش الکتریکی**

**مهندس** - ابتدا می‌توانیم لامپ‌های کاملاً اختصاصی بکار ببریم که به‌ویژه خوب از هوا خالی شده‌اند و بکار بردن آنها، فقط با چند ولت فشار آند امکان پذیر است که ایونیزاسیون کاهش می‌یابد. غالباً برای ساختن این لامپ‌ها، تترود را بکار می‌برند، اما برعکس آنچه معمول است، دورترین شبکه نسبت به کاتد، کار شبکه فرمان را انجام می‌دهد. شبکه اول ایون‌ها را دفع می‌کند چون آنرا به اختلاف سطحی وصل می‌کنند که کمی مثبت است.



از این گذشته وقتی گفتم «کاتد»، باید می‌گفتم «رشته»، چون این لامپ‌ها معمولاً با گرمایش مستقیم هستند و به این ترتیب از گرم شدن زیاد شبکه جلوگیری می‌کنند. «لامپ‌های سنجشی» را با این روش می‌سازند که منظور لامپ‌هایی هستند که فشار الکتریکی را اندازه می‌گیرند بی‌آنکه چیزی مصرف کنند.



**مبتدی** - پس لامپ‌های مشهور سنجشی که امکان می‌دهند مقاومت‌های تلف با مقدار زیاد بکار برده شوند، اینها هستند. درجهٔ تکامل آنها تا چه حد است؟

**مهندس** - در بعضی از انواع آنها به جریان شبکه‌ای رسیده‌اند که کمتر از ۱۵-۱۰ آمپر است که یک میلیاردیم میکروآمپر می‌شود. اما باید به شما گوشزد کنم که بالامپ‌های معمولی هم می‌توان نتیجه‌های نسبتاً قابل ملاحظه بدست آورد به این ترتیب که برای کاهش درجه گرمای شبکه، لامپ‌ها را کمتر از حد معمول گرم می‌کنند و با جریان ضعیف آندی مورد استفاده قرار می‌دهند. با این روش به سادگی به جریانی می‌رسند که کمتر از ۱۱-۱۰ آمپر است. بالاخره روش بسیار شگفت‌آوری برای بدست آوردن مقاومت ورودی بسیار زیاد وجود دارد که تریود معکوس است.

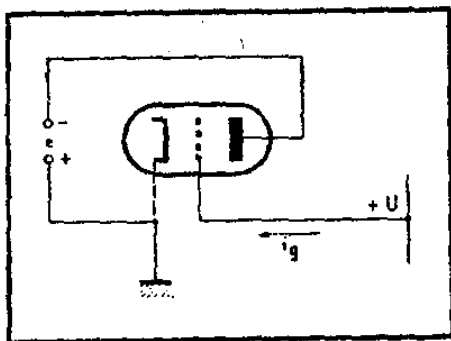
**مبتدی** - پایه‌های لامپ را روبه بالا می‌گذارید؟



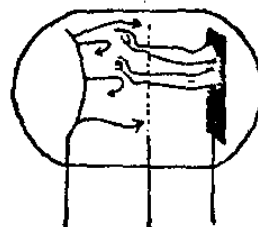
**مهندس** - نه، آنرا همانطور که شکل ۴۶ نشان می‌دهد سوار می‌کنم. بله، متوجه وحشت زدگی شما شدم چون فشار فرمان بطور منفی به آند گذاشته شده است، و جریان شبکه، جریان خروجی است، زیرا شبکه به اختلاف سطح  $U_A$  وصل شده است. هرچه آند منفی تر باشد، با پس‌زدن الکترون‌ها به طرف کاتد، از رسیدن آنها به شبکه مثبت بیشتر جلوگیری می‌کند. شبکه که مثبت است، از رسیدن ایون‌ها به آند جلوگیری می‌کند. درحالی که شبکه به سبب سرد بودن، الکترون نمی‌فرستد. به این ترتیب به یک شبه تریود می‌رسند که مقاومت ورودی آن بسیار زیاد است.

**مبتدی** - این شبه مشخصات شباهتی هم با مشخصات یک تریود معمولی

دارند؟



شکل ۴۶- تریود معکوس: آند که منفی است الکترونها را دفع می کند و به این ترتیب جریان شبکه را کاهش می دهد. این یک مونتاژ سنجش الکتریکی است. جریان مصرف شده از منبع e ناچیز است.

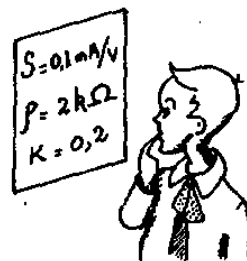


مهندس - چقدر هم از آن دور است! مشخصات آن شبیه به مشخصات یک تریود سنجش الکتریکی است، به عبارت دیگر:

- شیب بسیار ضعیف (بطور متوسط  $0.1 \text{ mA/V}$ )
- مقاومت داخلی ضعیف (مثلاً ۲ کیلو اهم)
- ضریب تقویت کوچک ( $0.2$ )

**ضریب بهره در فشار و در توان**

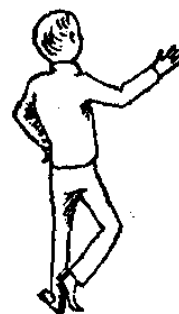
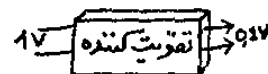
مبتدی- دیگر چیزی نمی فهمم! می گوئید که مقاومت داخلی آن ضعیف است در حالی که ما به مقاومت داخلی زیاد نیاز داریم. بعد از ضریب تقویت کوچکتر از واحد صحبت می کنید. میل دارید با این لامپ چه بکنم!



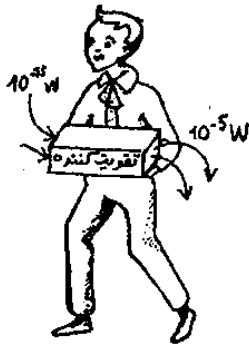
مهندس- ابتدا به پرسش اول شما پاسخ می دهم. نباید مقاومت ورودی (نسبت فشار ورودی به جریان ورودی) را با مقاومت داخلی (نسبت تغییرات فشار خروجی به تغییرات جریان خروجی) را با هم اشتباه کرد. در شبه تریودی که سوار کردیم، تغییرات ۱ ولت فشار شبکه (خروجی) با ایجاد تغییر در جریان شبکه (جریان خروجی) به مقدار  $0.5$  میلی آمپر می شود، که نشان دهنده مقاومت داخلی  $2 \text{ K}\Omega$  است. نباید این جریان را با جریان ورودی اشتباه کرد.

اما درباره ضریب تقویت باید به شما بگویم که وقتی با این نوع لامپ، یک طبقه ورودی می سازید، فشاری از آن خارج خواهد شد که از فشار ورودی آن آشکارا ضعیفتر است. اما چیزی که مهم است اینست که به ورودی فشار ۱ V می گذارید و فقط ۱۵-۱۰ آمپر در آن ایجاد می کنید که توان آن ۱۵-۱۰ وات است. شاید فشار خروجی  $0.1$  ولت باشد اما می تواند مثلاً جریان  $0.1$  میلی آمپر ایجاد کند که توان آن ۵-۱۰ وات است. بنابراین توان ایجاد شده در خروجی  $10 \times 10$  برابر بزرگتر از توان ایجاد شده در ورودی است. با اینحال تقویت  $0.1$  برابر شما در فشار وابسته به ضریب بهره ده میلیارد در توان است، برایتان کافی هست؟

مبتدی- حتی می توانم بشما بگویم که توان خروجی  $100 \text{ dB}$  بالاتر از توان ورودی است.



مهندس- اوه... اتفاقاً درست است!  
مبتدی- خواهش می کنم، من همیشه اینطورم!



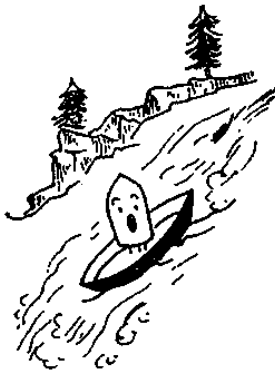
**مهندس** - يك لحظه صبر كنيد تا از شگفت زدگی بیرون بیایم. خوب، بهتر شدم! در دنباله این مطلب به شما می گویم که لامپ های سنجش الکتریکی بدنبال خود معمولاً تقویت کننده با تزویج مستقیمی دارند و اساسی ترین دشواری کاربرد آنها انحراف است. اگر هیچ فشاری به ورودی نگذارید ممکن است در نتیجه تغییر گرمایش لامپ، تغییر فشار تغذیه و یا حتی در نتیجه فرسودگی لامپ جریان آنندی لامپ اول کمی تغییر شکل پیدا کند. گرمای محیط هم ممکن است مؤثر باشد. به این ترتیب می بینیم که فشار خروجی به آرامی تغییر می کند، فشاری که وقتی به ورودی گذاشته می شود بتواند در نبودن تمام علت های انحراف همان تغییرات فشار را در خروجی ایجاد کند «انحراف برده شده به ورودی» نامیده می شود.

**مبتدی** - این انحراف ناراحت کننده است؟

**مهندس** - بله، بله! به ویژه وقتی که به ورودی فشاری داده شود که بخواهند با تقریب یک میلی ولت یا دقیقتر از آن (حالت اندازه گیری pH) مقدارش را بدست بیاورند. با بکار بردن تقویت کننده های متقارن با انحراف هیارزه می کنند.

**مبتدی** - از نوع پوش-پول (Push-Pull)؟

**مهندس** - آنها خوبست. به این ترتیب موفق می شوند انحراف ایجاد شده از تغییرات فشار تغذیه یا گرمایش را بخوبی جبران کنند، چون این تغییرات هر دو لامپ یک طبقه را بطور یکنواخت زیر اثر قرار می دهند و از اختلاف جریان آنندی این لامپ ها استفاده می کنند. برای اینکه کار بهتری شده باشد می گویم مونتاژهای زیادی وجود دارند که ضمن خواندن کتاب ها و مجله های علمی به آن برمی خورید. بخوبی می توان تقویت کننده ای ساخت (که ورودیش روی سنجش الکتریکی باشد یا نباشد) که انحراف برده شده به ورودی آن، پس از یک ربع ساعت که از کار افتادنش بگذرد تا کار دستگاه ثابت لازم را پیدا کند، از ۱/۰ ولت در ۲۴ ساعت کمتر باشد. ممکن است تقریباً در تمام این نوع دستگاه های سنجش الکتریکی بجای لامپ های سنجشی ترانزیستور ویژه ای با اثر میدان با شبکه جدا شده قرار دهند که آنرا «M.O.S.» یا «M.O.S.T.» (ترانزیستور نیمه هادی اکسید فلزی Metal Oxide Semiconductor Transistor) می نامند. منظور یک صفحه سیلیسیومی هست که در آن جریان در سطح بین یک منبع و یک مجرا وقتی می گذرد که یک راه (یا در) برای حامل های بار ایجاد شده باشد. راه حلی که بیشتر از همه برای ایجاد این راه بکار رفته است بر مبنای گذاشتن یک میدان الکتریکی بین این راه و یک الکتروود فلزی («شبه») قرار دارد که این شبکه به وسیله پوششی از سیلیس از راه جدا شده است. اگر در نبودن این میدان، جریان بتواند بین منبع و مجرا برقرار شود، M.O.S. را «سرشار» می گویند (وضعی که بیشتر وجود دارد) همینطور می توان این راه عبور را در ابتدا به وسیله تزریق رویه ای سیلیسیومی بوجود آورد. در اینحال در نبودن میدان عبور جریان بین منبع و مجرا وجود دارد. وجود میدان می تواند عبور جریان را برای پلاریزاسیون معینی از شبکه منبع آسانتر سازد و یا برای پلاریزاسیون مخالف



آن، عبور جریان را دشوار و یا کاملاً متوقف کند. در اینحال يك M.O.S. مختلط داریم که آنرا «سرشار-بی میل» می گویند.

در هر حال برای M.O.S. می توان يك دسته منحنی مشخصه تعیین کرد که شباهت بسیار به منحنی های مشخصه لامپ الکترونی دارد. M.O.S. شیبی دارد که با شیب يك لامپ معمولی یا يك ترانزیستور با اثر میدان با شبکه غیر عایق کاملاً قابل مقایسه است (غالباً با تقریب  $5 \text{ mA/V}$  یا بیشتر، به آن می رسند)، بنابراین خیلی بالاتراز يك لامپ سنجش الکتريکی است. مقاومت داخلی آنها زیاد است. چون شبکه به وسیله پوشش سیلیسی بسیار خالص عایق شده است، مقاومت داخلی M.O.S. قابل توجه است و غالباً به  $10^{15}$  اهم می رسد به این ترتیب که در حقیقت مقدار آنرا خوبی عایق بودن «سیم عبوری» وصل کننده الکتروود شبکه به اتصالی خارجی روی جعبه محدود می کند.

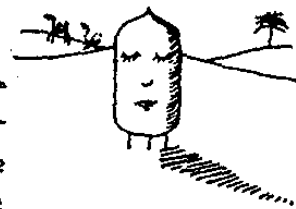
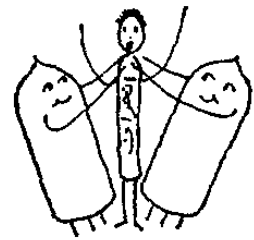
با اینحال بهتر است خاطر نشان کنیم که این M.O.S. بی نهایت شکننده است چون اگر فشار ۶۰ تا ۱۰۰ ولت روی شبکه آن گذاشته شود، سوراخ خراب کننده ای در پوشش سیلیسی که بسیار نازک است بوجود می آورد. نظر به اینکه اتصالی شبکه نسبت به سایر الکتروودها و جعبه، فقط چند پیکوفاراد (غالباً ۴ پیکوفاراد و حتی کمتر) ظرفیت دارد، بنابراین کافی است بار الکترواستاتیکی بسیار کوچکی وجود داشته باشد تا روی شبکه این فشار مخرب بدست بیاید. به این ترتیب نزدیک کردن يك جعبه پلاستیکی بد شبکه، که همیشه در اثر مالش کم و بیش دارای الکتريسیته است، وسیله مطمئنی برای از بین بردن M.O.S. است.

برای نگهداری شبکه در برابر این فشارها، کوشش کرده اند از دستگاهی مانند دیود زنر که داخل جعبه M.O.S. گذاشته می شود، استفاده کنند. در اینکار بخوبی موفقیت پیدا می کنند اما در اینحال مقدار عایق ورودی فقط  $10^9$  اهم است (که چندان بد نیست). اگر واقعاً بخواهند با M.O.S. دستگاه سنجش الکتريکی بسازند، باید نوع محافظت نشده آنرا بکار ببرند، اما این کاربرد باید همراه با احتیاط های جنون آمیز باشد. بهترین راه حل اینست که M.O.S. را تا لحظه آغاز آزمایش به وسیله يك اتصال کوتاه بین شبکه و منبع آن حفظ کنند، اتصال کوتاه وقتی حذف می شود که بخواهند اندازه گیری را انجام دهند و بتوانند تأیید کنند که هیچگونه اثر الکترو-استاتیکی خطر مخربی برای M.O.S. بوجود نمی آورد.

**مبتدی-** در واقع این تقویت کننده های سنجشی نامدار، چندان پیچیده نیستند. چون يك لامپ مخصوص (یا لامپ معمولی که بطور ویژه ای سوار شده است) یا يك M.O.S. در ورودی آنها می گذاریم... و کار تمام است.

### دشواری های عایقی

**مهندس-** درست است، پیچیدگی آن زیاد نیست. اما چنین موثراهایی در موقع ساخت نیاز به مراقبت های زیادی دارند. وقتی می خواهید زیر فشار يك ولت، جریان های تلف از ۱۵-۱۰ آمپر تجاوز نکنند، نشان دهنده اینست که مقاومت عایقی باید  $10^{15}$  اهم باشد و میل داریم بشما بگویم که کار آسانی نیست. در اینجا مسئله بکار بردن باکلیت Bakelite، مقوا، چوب یا مواد متداول دیگر مانند آنها در بین نیست.

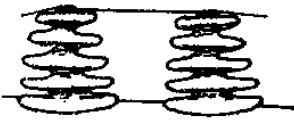




باید کوارتز، شیشه کاملاً خشک، پلکسیگلاس Plexiglas و بعضی از انواع پلاستیک (پلی اتیلن و تفلون Teflon) بکار ببرید. به ویژه باید در برابر رطوبت به شدت دفاع کرد. غالباً تمام بخش سنجش الکتریکی را در یک جعبه بسته قرار می دهند که دارای ماده جذب کننده آب است و سرهای دستگاه به وسیله اتصالی های لحیم شده در شیشه بیرون می آیند. یادآوری می کنم که کابل هم مرکز با عایق پلی تن (Polythène) اگر بدون عیب باشد، از نظر عایقی برای دستگاه سنجش الکتریکی کافی است، تمام انواع دیگرسیم ارتباطی را باید کنار گذاشت مگر آنکه از سیم های لخت روی پایه های عایق با درجه عایقی خوب استفاده شود.

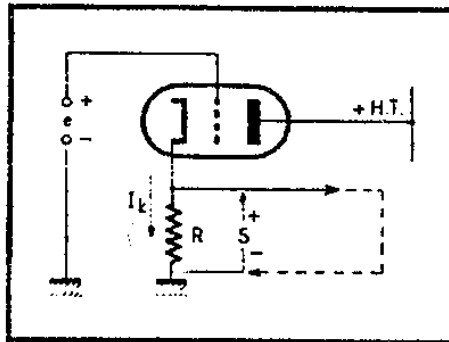
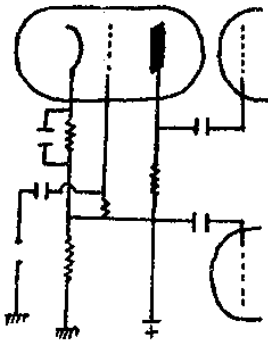
حالا خودتان را برای یک شیرجه عالی آماده کنید چون از چند میلیارد مکاهم (ورودی) به چند اهم (خروجی) سقوط می کنیم.

**مقاومت ظاهری خروجی را کم کنیم**



**مبتدی-** این «بازی مرگ» است یا اینکه من چیزی از آن سرد نمی آورم. چگونه می خواهید مقاومت خروجی را کم کنید و به چند اهم برسانید؟

**مهندس-** مواردی هست که این کار امکان دارد، اما معمولاً تقویت کننده ها باید باند گذرانی داشته باشند که کاربرد مبدل را ممنوع می کند، بخصوص اگر تقویت کننده با تزویج مستقیم باشد. بزودی خواهیم دید که چگونه کاربرد ضدواکنش امکان می دهد از مقاومت داخلی خروجی یک تقویت کننده بمقدار بسیار زیاد کاسته

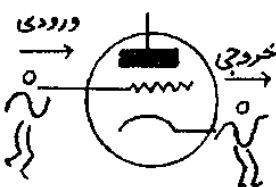


شکل ۴۷- طبقه با خروجی کاتدی: بین شبکه و کاتد لامپ، اختلاف بین فشار ورودی  $e$  و فشار خروجی  $S$ ، گذاشته می شود.

شود؛ فعلاً بحث را به یکی از کاربردهای آن محدود می کنیم که آنهم طبقه با خروجی کاتدی یا کاتدین است که متجذرها کلمات انگلیسی آن «Cathode follower» را که به معنای کاتد تعقیب کننده است بکار می برند.

**مبتدی-** آه، من این مونتاژ را خیلی خوب می شناسم چون یک سیستم ایجاد کننده اختلاف فاز برای تحریک پوش-پول است. واقعاً نمی دانم چه...

**مهندس-** آقای مبتدی آرامش. کاربرد ویژه ای برای مونتاژ کاتدین وجود دارد که همان ایجاد کننده اختلاف فاز است که شما می شناسید. مونتاژ خلاصه ای که در شکل ۴۷ برایتان کشیده ام، با آن خیلی فرق دارد. می بینید که آند لامپ مستقیماً به H.T. وصل است؛ بین کاتد و بدنه مقاومتی وجود دارد (در دو سر این مقاومت است که فشار خروجی را برداشت می کنم) فشار ورودی بین بدنه و شبکه گذاشته شده است در حالی که شبکه را نسبت به بدنه مثبت می کند و...



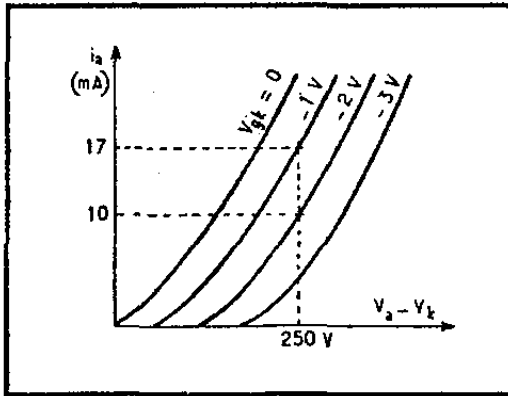
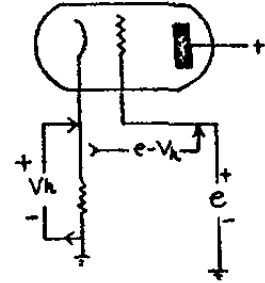


**مبتدی - چه وحشتناک! يك شبکه مثبت!**

**مهندس -** ناراحت نباشید، شبکه نسبت به بدنه کاملاً مثبت است، اما کاتد از آن مثبت تر است که در نتیجه افت فشار در مقاومت R در اثر عبور جریان آندی (وکاتی) لامپ از آن بوجود آمده است. پس شبکه که نسبت به بدنه مثبت است نسبت به کاتد منفی خواهد بود «همانطور که در تمام موارد خوب اینطور است» (مطابق با بیان یک نفر که می شناسمش).

**مبتدی -** آه، نفس راحتی کشیدم. اما بگوئید بینم آیا کاتد نسبت به شبکه خیلی مثبت است؟

**مهندس -** نه، فقط کمی مثبت تر است و گر نه پلاریزاسیون لامپ زیاد خواهد شد و از مقاومت R جریان کافی نخواهد گذشت که کاتد را به اختلاف سطح S که از e بیشتر است، برساند.



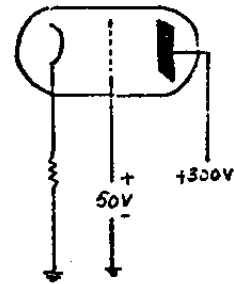
شکل ۴۸ - این دسته از منحنی‌ها امکان پیدا کردن نقطه کار طبقه با بار کاتی را بوجود می‌آورند.



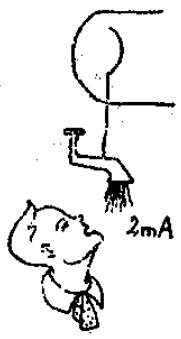
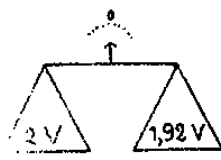
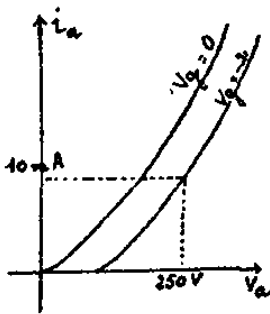
**مبتدی -** اما در طرف دیگر شما چیزی هست که مرا به هیجان می‌آورد. اگر اختلاف سطح کاتد خیلی زیاد شود، پلاریزاسیون لامپ بسیار قوی است، جریان آندی کاهش می‌یابد، که باعث می‌شود اختلاف سطح کاتد هم کم شود. برعکس اگر این اختلاف سطح پائین بیاید و مثلاً کمتر از e شود، پلاریزاسیون لامپ کم می‌شود (حتی به صفر می‌رسد) و جریان لامپ زیاد می‌شود و در عین حال اختلاف سطح کاتد را زیاد می‌کند. مثل اینکه نوسان ایجاد می‌شود، نه؟

**وضع کار طبقه کاتدین**

**مهندس -** بهیچوجه. کار هترودین را بخاطر بیاورید؛ نوسان برای این وجود می‌آید که مدار روی خودش در جهتی واکنش دارد که هر اغتشاشی می‌خواهد خودش را شدیدتر کند (مثلاً زیاد شدن جریان آندی شبکه را مثبت می‌کند). در اینجا برعکس است. نوسانی بوجود نمی‌آید زیرا ما واکنش مثبت نداریم، بلکه واکنش منفی است (یا ضد واکنش است) اما گفته شما به من نشان می‌دهد که خیلی آسان بهره مونتاز را خواهید فهمید. برای اینکه در استدلال بشما کمک کنم يك مثال



۱. نگاه کنید به کتاب «راديو؟...» بسیار ساده است! از همین مجموعه.



عددی انتخاب می‌کنم؛ لامپ از نوع  $12AT7$  است (شیب  $1\text{mA/V}$ ) H.T. برابر  $300\text{V}$  است؛  $\theta = 50^\circ\text{V}$  و  $R = 5\text{K}\Omega$

چون  $S$  نزدیک به  $50$  ولت است، جریاتی که از  $R$  می‌گذرد در حدود  $10\text{mA}$  است و فشار آند-کاتد لامپ در حدود  $250$  ولت است، از روی دسته‌منحنی-های مشخصه لامپ (شکل ۴۸) بمن بگوئید اگر بخواهیم لامپ با فشار  $250$  ولت روی آند تقریباً جریان  $10\text{mA}$  را بگذرانند، پلاریزاسیون آن چقدر است؟  
**مبتدی-** صبر کنید... پیدا کردم؛ درست  $2$  ولت است.

**مهندس-** پس فشار  $S$  ما خواهد بود  $52\text{V} = 50 + 2$  ... و...  
**مبتدی-** اما آقای مهندس این درست نیست چون اگر کاتد به  $52$  ولت وصل باشد، معنی آن اینست که ابتدا فشار آند-کاتد لامپ  $250$  ولت نیست بلکه  $248$  ولت است و علاوه بر این جریان کاتدی  $10\text{mA}$  نیست، بلکه  $10/4\text{mA} = 2.5\text{mA}$  است!

**مهندس-** آقای مبتدی اگر خیلی سخت‌گیرید حق با شماست. بسا این مقادیر اضافی می‌توانید دوباره به شبکه‌ی منحنی‌ها نگاه کنید و بسه بینید فشار پلاریزاسیونی که به جریان آندی نزدیک به  $10/4\text{mA}$  امکان عبور می‌دهد در حالی که فشار آند-کاتد  $248$  ولت باشد چیست؛ اما مقداری بدست خواهید آورد که به اندازه‌ای به  $2$  ولت نزدیک است که دقت دوباره شما را موجه جلوه نمی‌دهد. اگر بخواهم مقدار درست را بدست بیاورم، در حقیقت بجای  $2$  ولت، پلاریزاسیون  $1/92$  ولت را بدست خواهم آورد. گمان نمی‌کنم برای مقداری کمتر از یکدهم ولت بامن بحث و گفتگو کنید؟

**مبتدی-** اصلاً. خوب با این فشار  $51/92$  ولت (برای خوشامد شما بگوئیم  $52$  ولت) خروجی چه خواهید کرد؟

**مهندس-** درست متوجه حرفهای من باشید. فرض کنید که از این منبع فشار  $52$  ولتی، بخواهیم یک جریان  $2\text{mA}$  برای مصرف بگیریم، چه پیش خواهد آمد؟  
**مبتدی-** تصور می‌کنم که فشار خروجی  $S$  پائین خواهد آمد، مثل تمام فشارهای منبعی که از آنها جریان مصرفی را می‌گیریم.

**مهندس-** کاملاً درست است. حالا چیزی که برای من جالب است اینست که این فشار تا چه اندازه پائین می‌آید. افت فشار را بسا  $u$  نمایش می‌دهم (به عبارت دیگر مقدار  $S$ ، که وقتی جریان مصرفی وجود نداشت،  $52$  ولت بود، موقمی که  $2\text{mA}$  جریان مصرفی مطابق مدار نقطه چین در شکل ۴۷ وجود داشته باشد مقدارش به  $S-u$  می‌رسد). این  $2\text{mA}$  از کجا می‌آید؟  
**مبتدی-** البته از لامپ.

**مهندس-** بله، قسمت بزرگی از آن از لامپ می‌آید. چون اختلاف سطح کاتد به اندازه  $u$  پائین آمده‌است، پلاریزاسیون هم به همان مقدار کاهش یافته‌است. یادآوری می‌کنم که شیب لامپ  $1\text{mA/V}$  است. پس افزایش جریان آندی لامپ خواهد بود:

(S شیب لامپ و برابر  $\gamma mA/V$  است)  $S \times u$

اما این تنها منبعی نیست که جریان را در مدار نقطه چین تأمین می‌کند. در واقع اگرچه جریان آندی لامپ افزایش یافته، اما جریان در R کاهش پیدا کرده است، زیرا S کم شده است. این جریان دیگر برابر  $\frac{52}{R}$  نیست بلکه  $\frac{52-u}{R}$

است؛ به عبارت دیگر جریانی که از R می‌گذرد به اندازه  $\frac{u}{R}$  کم شده است و این شدت جریان در جریان  $i = \gamma mA$  هم که در طبقه مصرف می‌شود وجود دارد. پس ما داریم:

$$i = S \cdot u + \frac{u}{R}$$

به این ترتیب:

$$0.002 = 0.007u + \frac{u}{5000} \quad \text{یا} \quad \gamma = \gamma u + \frac{u}{R} = \gamma / \gamma u$$

از آنجا

$$u = \frac{\gamma}{\gamma / \gamma} = 0.28 V$$

مبتدی - خوب، مقدار زیادی نیست.

مهندس - همینطور است که گفتید، و بهره مونتاز در همین است چون می‌تواند در خروجی جریانی ایجاد کند بی‌آنکه فشار آن بطور محسوس پائین بیاید. به عبارت دیگر مقاومت داخلی خروجی آن ضعیف است.

مبتدی - مقدار این مقاومت چه مقدار خواهد بود؟

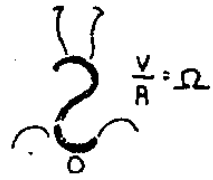
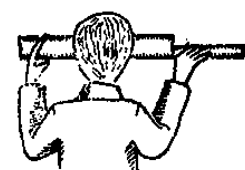
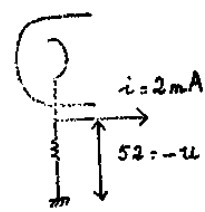
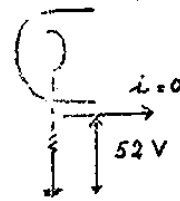
مهندس - حساب کردنش بسیار آسان است. اگر جریان مصرفی شما از یک منبع i و مقاومت داخلی آن r باشد، کاهش فشار در دو سر آن خواهد بود  $u = r \cdot i$ ، بنابراین  $r = \frac{u}{i}$  که در اینجا برابر است با  $140 \Omega = \frac{0.28}{0.002}$  در حالت

عمومی از فرمول  $i = S \cdot u + \frac{u}{R}$  محاسبه کنید که اگر دو طرف را بر u تقسیم کنیم خواهد شد:

$$\frac{i}{u} = S + \frac{1}{R} \quad \text{می‌دانیم که} \quad \frac{i}{u} = \frac{1}{r} \quad \text{و طرف دوم را می‌توان اینطور نوشت:}$$

$$\frac{1}{r} = S + \frac{1}{R}$$

$$\frac{1}{r} = \frac{1}{1} + \frac{1}{R} \quad \text{بنابراین}$$



پس می بینید که مقاومت داخلی خروجی طبقه کاتدین معادل  $R$  و  $\frac{1}{S}$  بطور موازی است.

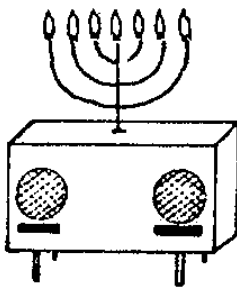
**مبتدی** - عجیب است که به  $\frac{1}{S}$  به چشم مقاومت نگاه کنیم!



**مهندس** - نه چندان. چون  $S$  شیب است، پس بر حسب آمپر به ولت بیان می شود (یا بهتر بگوئیم به میلی آمپر به ولت). بنابراین معکوس آن  $\frac{1}{S}$  بر حسب ولت به آمپر بیان خواهد شد و با تقسیم ولت به آمپر چه چیز بدست خواهد آمد؟ بسیار ساده است چون اهم بدست می آید. مثلاً در حالتی که کمی قبل گفتم، مقدار  $S$  برابر  $7 \text{ mA/V}$  بود پس مقدار  $\frac{1}{S}$  برابر  $143 \Omega = \frac{1}{0.007}$  است. ملاحظه می کنید که مقدار مقاومت  $R$  که ۵ کیلو اهم است در حالت موازی با مقاومت ۱۴۳ اهمی خیلی زیاد نیست چون مقدارش ۳۵ برابر آنست.

آقای مبتدی می بینید که مونتاژ یا خروجی کاتدی ما مقاومت داخلی خروجی ۱۴۰ اهمی دارد در حالی که یک طبقه معمولی مثلاً با  $20 \text{ K}\Omega$  بار مدار آندی، مقاومت داخلی خروجی اش ۵ تا ۱۰ کیلو اهم است زیرا مقاومت داخلی لامپ را هم باید بحساب آورده که وقتی مقاومت خروجی را مشخص می کنند این مقاومت را هم موازی با مقاومت بار آندی در نظر می گیرند.

### سود مقاومت خروجی کم



**مبتدی** - خوب، استدلال شما را فهمیدم. اما می خواهم پرسشی از شما بکنم که بی شک بنظر شما احمقانه می آید: با کاهش مقاومت خروجی طبقه خودتان چه چیزی بدست آورده اید؟

**مهندس** - پرسش شما اصلاً احمقانه نیست و من دوباره آنرا برای شما دقیقتر می گویم. آقای مبتدی بمن بگوئید به چه منظور از یک تقویت کننده می خواهید که یک فشار خروجی بشما بدهد؟

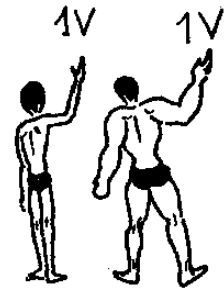
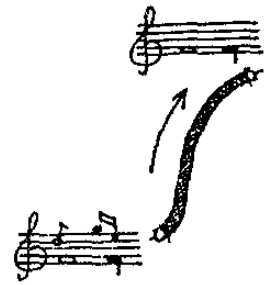
**مبتدی** - البته... برای بکار بردن آن!

**مهندس** - کاملاً درست است. بنابراین «بکار بردن» یک فشار، به این معنی است که از آن جریان بگیریم. اگر منبعی که این فشار را برای شما تهیه می کند (خروجی تقویت کننده شما) مقاومت داخلی ضعیفی داشته باشد، می توانید جریان قابل توجهی از آن بگیرید بی آنکه فشار پائین بیاید.

این فشار خروجی، که به وسیله منبعی با مقاومت داخلی ضعیف تهیه شده است، در برابر اغتشاش هایی که ممکن است در نتیجه تغییر جریان در مدار متصل به منبع و یا در نتیجه تأثیر عوامل خارجی بوجود آمده باشند، حساسیت کمی دارد. مثلاً در دستگاه تقویت کننده با وفاداری زیادی (Hi-Fi) که دارم، هفت طبقه با خروجی کاتدی هست. از میان آنها یکی هست که درست در خروجی گیرنده بسا مدولاسیون فرکانس قرار دارد؛ فشار B.F. آن (که به زحمت به یک ولت می رسد) به وسیله منبعی

تهیه شده که مقاومت داخلی آن فقط ۱۴۰ اهم است (نه  $1.0 \text{ K}\Omega$  که اگر این طبقه نبود مقاومت همین مقدار بود)، بنابراین، برای من این امکان هست که علائم B.F. خود را روی سیم‌های با طول زیاد بگذارم (برای اینکه آنرا به کلیدی که روی صندوق خودم هست ببرم و برگردانم) بی آنکه ترسی داشته باشم که از کنار میدل‌های تغذیه خواهد گذشت چون هیچ خرخر ۵۰ هر تزی به وسیله سیمی که علائم B.F. در آن جا بجا می‌شود جذب نخواهد شد. مثلاً اگر می‌خواستیم این علائم را به وسیله سیم زره‌دار به فاصله صد متری ببرم، به علت وجود زره، ظرفیتی نزدیک به ۱۰۰۰۰۰ پیکوفاراد داشت. بنابراین برای بالاترین فرکانس‌هایی که باید منتقل شوند (برای اینکه دست بالا را بگیریم بگوئیم  $20 \text{ KHz}$ )، خازن  $100000$  پیکوفارادی تقریباً  $800$  اهم مقاومت دارد. برای یک علامت که به وسیله منبعی با مقاومت داخلی  $1.0 \text{ K}\Omega$  تهیه شده است، این  $800$  اهم تقریباً مانند یک اتصال کوتاه است، و من هیچیک از فرکانس‌های بالا را نخواهم داشت و موسیقی که می‌شنوم تغییر شکل یافته و خفه است. برای طبقه من که خروجی کاندی دارد و مقاومت داخلی آن ۱۴۰ اهم است، این  $800$  اهم به حساب نمی‌آید چون یک اختلاف فاز کوچک ایجاد می‌کند و تضعیف قابل‌سنجش بوجود نمی‌آورد.

**مبتدی** - بله ولی... این طبقه با ارتباط کاندی شما که تقویت فشار را انجام نمی‌دهد؟



**مهندس** - حق باشماست چون طبقه با ارتباط کاندی هیچ بهره‌ای در فشار برای من نداشته است. (این ضریب بهره حتی کمی از واحد کمتر است)، اما برای من «همتای» فشارورودی را بوجود می‌آورد که این فشار ممکن بود به وسیله مولدی با مقاومت داخلی بسیار زیاد تهیه شده باشد که در آن صورت نمی‌تواند جریان زیادی برای مصرف بدهد؛ این طبقه در خروجی آنرا به صورت «عضلانی» دوباره ایجاد می‌کند که برابری تقریباً برابر فشار ورودی است ولی می‌تواند جریان مصرف را در اختیار بگذارد بی آنکه زیر اثر آن قرار بگیرد. فشار خروجی به صورت... غیر قابل اغتشاش به معنای کامل کلمه درآمده است.

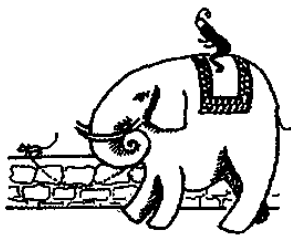
### تشبیه حیوانی

**مبتدی** - درست مثل موشی است که دهانه یک فیل را گرفته و می‌کشد!

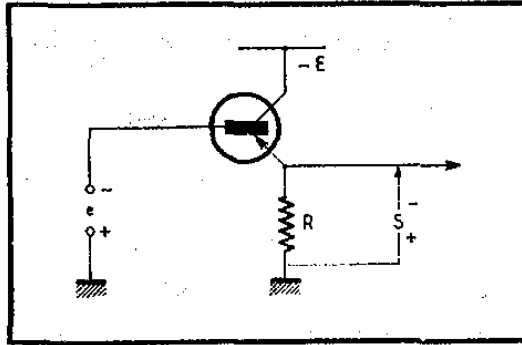
**مهندس** - بله، در واقع این کار خیلی متداول است! ساعتی پیش سه‌تای آنها را در خیابان دیدم!

**مبتدی** - اشتباه می‌کنید که مرا مسخره می‌کنید. آقای مهندس بگذارید حرفم را تمام کنم. منظورم یکی از برنامه‌های سیرک است که دیده‌ام. موش روی لبه دایره سیرک می‌دوید و در عین حال افساری را که از نخ نازکی به گردن فیل افتاده بود با خود می‌کشد. فیل وضع نخ را ثابت نگه می‌داشت، وقتی نخ آویزان می‌شد، آهسته‌تر می‌رفت و وقتی کشیده می‌شد، تندتر می‌رفت. فیل تندتر از موش نمی‌رفت، اما حتی برای متوقف کردن موش، مانعی هم به حساب نمی‌آمد. مردم از خنده روده‌بر شده بودند چون احساس می‌کردند که موش دارد فیل را می‌کشد.



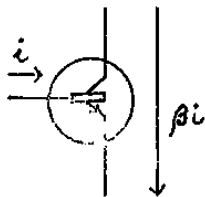


مهندس - کمی شك دارم كسه این داستان را به سبب نیازی که بود ساخته باشید... بهر حال این داستان می رساند که طبقه با خروجی کاتدی را به لطف «فیل تعقیب کننده» فهمیده اید.



شکل ۴۹- طبقه با خروجی ارسال کننده (ارسال کننده تعقیب کننده یا جمع کننده مشترك) معادل ترانزیستوری مونتاز با خروجی کاتدی.

گسترش به ترانزیستور



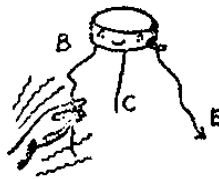
مبتدی- بهر حال این مونتازی است که با لامپ می شود ساخت چون ترانزیستورها کاتد ندارند.

مهندس- نه، اما ارسال کننده ای دارند که جای آنرا می گیرند، و بیشتر وقتها مونتاز با جمع کننده مشترك آنها را درست می کنند (شکل ۴۹) که آنرا «ارسال کننده رام» هم می گویند. شکل خلاصه آنرا با يك ترانزیستور P-N-P برای شما کشیده ام؛ برای يك ترانزیستور P-N-P باید فشارها را معکوس کرد و چیزی بدست می آوریم که باز هم بیشتر به لامپها شباهت دارد.

مبتدی- پس مونتازی است که از نظر تکامل به دقت شبیه مونتاز شکل ۴۷ است؟

مهندس- نه، فقط ظاهراً شبیه بهم هستند. در مونتاز شکل ۴۷ معمولاً ترتیب کار را طوری می دهند که شبکه نسبت به کاتد منفی باشد. بنابراین هیچ جریان شبکه ای وجود ندارد و مقاومت داخلی احتمالی منبعی که فشار e ورودی را تولید می کند به حساب نمی آید.

در يك ترانزیستور، جریان پایه ای وجود دارد که  $\beta$  برابر کوچکتر از جریان جمع کننده است (بادقت کاملاً کافی بگوئیم که همینطور  $\beta$  برابر کوچکتر از جریان ارسال کننده هم هست، چون جریان ارسال کننده خیلی نزدیک به جریان جمع کننده است). اگر جریان ارسال کننده ترانزیستور را تغییر دهیم، واضح است که جریان پایه را هم مقدار  $\beta$  برابر کمتر تغییر می دهیم. اگر منبعی که e را برای من تهیه می کند، يك مقاومت داخلی داشته باشد، این جریان پایه که از آن خواسته می شود، می تواند e را تغییر بدهد. بنابراین تکامل مونتاز با ارسال کننده رام، از نظر مقاومت داخلی خروجی، بستگی به مقاومت های منبعی دارد که به ورودی آن گذاشته شده است.

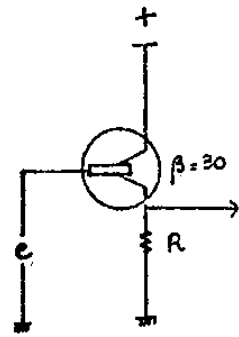


می توان گفت که مقاومت خروجی مونتاز شکل ۴۹ برابر معکوس شیب

ترانزیستور است (که این شیب خارج قسمت ضریب بهره آن در جریان  $\beta$  به مقاومت ورودی آن در حالت ارسال کننده مشترک است) که خارج قسمت مقاومت داخلی موتوری که  $e$  را ایجاد می کند به  $\beta$ ، به آن اضافه شود.

مبتدی - آه، عجب! چقدر پیچیده است!

### مثال برای طبقه با ارسال کننده رام



مهندس - اینطور نیست، حالا می بینید، بخصوص با مثال عددی که می زنم. فرض کنید که مقاومت ورودی ترانزیستور در مونتاز ارسال کننده مشترک  $1\text{ k}\Omega$  و ضریب بهره آن در جریان  $\beta$  برابر ۶۰ باشد. بنابراین شیب آن  $\frac{60}{1000}$  است که  $60\text{ mA/V}$  می شود اگر فشار  $e$  که به ورودی آن گذاشته می شود به وسیله منبعی با مقاومت داخلی ضعیف تهیه شده باشد. چنانچه جریان پایه تغییر کند، تغییری در فشار  $e$  بوجود نمی آید. مقاومت داخلی خروجی مونتاز، مثل همانکه برای لامپ محاسبه کردیم، عبارتست از معکوس شیب که  $1/7$  اهم می شود (مقاومت  $R$  را که باید بطور موازی با مقاومت  $1/7$  اهم منظور کرد به حساب نمی آورم) اما اگر منبعی که فشار  $e$  را ایجاد می کند مقاومت داخلی  $2\text{ k}\Omega$  داشته باشد، هر میلی آمپری که روی ارسال کننده مصرف شود، وابسته به  $\frac{1}{6}$  میلی آمپر مصرف شده روی پایه است، که  $e$  را به مقدار

$$2000 \times \frac{1}{6000} = \frac{1}{30} \text{ V}$$

پایین می آورد.

این کاهش روی خروجی منعکس می شود (ضریب بهره در فشار تقریباً برابر واحد است) و در نتیجه مقاومت داخلی خروجی افزایش می یابد که مقدار آن

$$\frac{1}{\frac{1}{30} + \frac{1}{2000}} = 33 \Omega$$

است (ولت کاهش فشار برای هر میلی آمپر مصرف شده)

بنابراین مقاومت خروجی خواهد بود:  $1/7 + 33 = 50 \Omega$

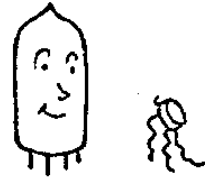
مبتدی - بنابراین مونتاز با ارسال کننده رام فشار ورودی را مستقل از فشار خروجی نمی کند!

مهندس - اینکار را کمتر از طبقه با کاتد رام می کند، با اینحال بطور مؤثر انجام می دهد.

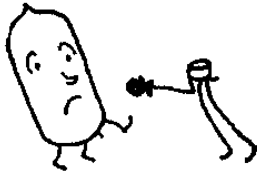
مبتدی - در اینجا پاین تر بودن ترانزیستور نسبت به لامپ کاملاً دیده می شود.

«ما فوق جمع کننده مشترک»

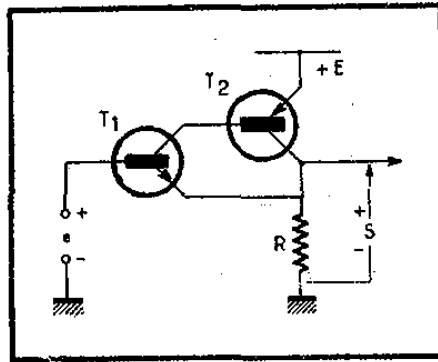
مهندس - آقای مبتدی!!! اگر دیگر از این حرفها بزنید، ابتدا از پنجره



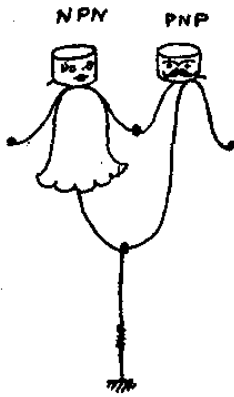
به بیرون پرتابان می‌کنم و بعد مونتاز «مافوق ارسال کننده» را ترانزیستوری را که هیچ معادلی در لامپ‌ها ندارد، بشما نشان نخواهم داد. مبتدی - چطور درست شده است؟



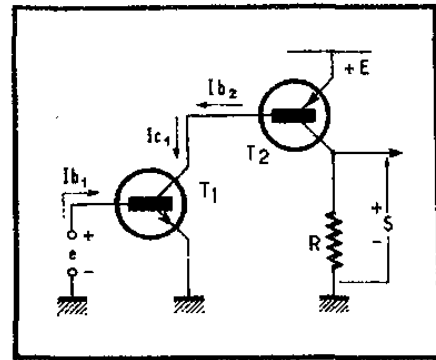
مهندس - در شکل ۵۰ بطور خلاصه آنرا برایتان کشیده‌ام و در شکل ۵۱، شکل یک تقویت کننده با دو طبقه را کشیده‌ام که بررسی آن به شما کمک می‌کند تا مونتاز شکل ۵۰ را بفهمید. می‌بینید که در مونتاز شکل ۵۱، جریان پایه  $T_1$  (ترانزیستور



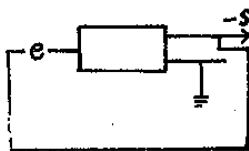
شکل ۵۰ - شمای دو طبقه‌ای یک کاهش دهنده مقاومت ظاهری که یابد و ترانزیستور مکتول هم درست شده است.



شکل ۵۱ - تقویت کننده دو طبقه‌ای با ضریب بهره زیاد که تکمیل آن با ضد واکنش مجموع (مجموع فشار خروجی که از ورودی کسر می‌شود) مونتاز شکل ۵۰ را بدست می‌دهد.



(n-p-n) به وسیله فشار  $\theta$  ایجاد شده و مقدار آن  $i_{b1}$  است. جریان جمع کننده  $T_1$  در جهت مشخص شده به وسیله سهم برقرار می‌شود (البته این جهت قراردادی است)، بنابراین می‌تواند مستقیماً از پایه  $T_2$  بیاید (ترانزیستور P-n-p). جریان جمع کننده  $i_{c1}$  است که از مقاومت R عبور می‌کند و در آن فشار خروجی S را بوجود می‌آورد.



مبتدی - اقرار می‌کنم که سادگی مونتاز مجذوبم کرده است چون فقط یک مقاومت وجود دارد (وتازه برای دو ترانزیستور!)

مهندس - مونتاز شکل ۵۱ ضریب بهره بسیار بزرگی در فشار دارد. به آسانی می‌توان نشان داد که این ضریب بهره برابر است با:

$$S_1 \times \beta_2 \times R$$



که در آن  $S_1$  شیب  $T_1$  و  $\beta_2$  ضریب بهره ترانزیستور  $T_2$  در جریان است. مثلاً اگر  $S_1 = 12 \text{ mA/V}$  و  $\beta_2 = 50$  و  $R = 500 \Omega$  باشد، ضریب بهره فشاری که بدست می آوریم ۳۰۰ است.

می توان نشان داد که این مونتاز ضریب بهره ای در فشار دارد که نزدیک به حاصلضرب مؤلفه مستقیم فشار خروجی  $S_1$  در ۳۵ است، در حالی که این مؤلفه بر حسب ولت تعیین شده باشد. به این ترتیب اگر فشار خروجی شامل مؤلفه مستقیمی در حدود ۹ ولت باشد، ضریب بهره نزدیک به ۳۱۵ است. پس می بینید که بسود ماست که مؤلفه مستقیم فشار در  $S$  افزایش یابد تا ضریب بهره زیاد شود. حتی می توان با مقدار ضعیفتر  $S$  با اضافه کردن یک جریان ثابت (یا تقریباً ثابت) به جریان پایه  $T_2$  و ارسال مجموع آنها به جمع کننده  $T_1$  موفق به اینکار شد. برای رسیدن به این نتیجه کافی است دو دیود سیلیسیومی نامشخص را در جهت عبور جریان بین قطب مثبت  $+E$  و ارسال کننده  $T_1$  قرار دهیم (که افت فشاری تقریباً ثابت به مقدار  $1/4$  ولت بین  $+E$  و این ارسال کننده بوجود می آورد) و علاوه بر آن یک مقاومت ۲۰ تا ۵۰ اهمی بین  $+E$  و پایه  $T_2$  (که به جمع کننده  $T_1$  وصل است) بگذاریم. در این صورت مقاومت یک جریان تقریباً ثابت  $i_0$  را وارد مدار می کند که به جریان  $i_{b2}$  افزوده می شود و به این ترتیب جریان جمع کننده  $I_{c1}$  دیگر برابر  $I_{b2}$  نیست بلکه برابر  $I_{b2} + i_0$  می باشد.

اگر از فشار ورودی  $e$  مجموع فشار خروجی  $S$  را کم کنیم تا بین ارسال کننده و پایه  $T_1$  فقط فشار  $e = e - S$  گذاشته شود، تقویت کننده ای بدست می آوریم که درجه ضد واکنش آن (دوباره به آن خواهیم پرداخت) برابر ۳۰۰ است و مطابق شکل ۱۶ سوار شده است.

مقاومت ورودی آن نزدیک به مگاهم است (که در قلمروی نیمه هادی های معمولی بسیار زیاد است)؛ مقاومت خروجی آن کمتر از  $1/5$  اهم است و ضریب بهره آن در فشار به  $0.997$  می رسد (در بهترین طبقه های پاکت دارم به سختی به  $0.95$  می رسید).

**مبتدی** - در واقع برای من بسیار مجذوب کننده است. اگر چه این داستان ضد واکنش برابرم چندان روشن نیست. چرا از مدتها قبل معادل لامپی آنرا نساخته اند؟

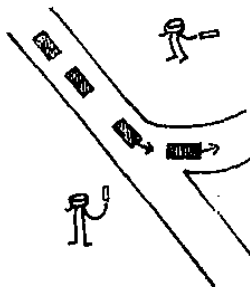
**مهندس** - آقای مبتدی، برای من یک لامپ  $p-n-p$  پیدا کنید تا این مونتاز را برایتان سوار کنم اما می ترسم مدتها بگردید و پیدا نکنید. فقط ترانزیستورها هستند که دو نوع پلاریزاسیون دارند. حقیقت را بخواهید می توان با لامپها یک مونتاز پیچیده ساخت که روی همین اصل استوار است کسه آنها نتیجه های جالبی بدست می دهد.

**مبتدی** - پس مونتاز شکل ۵۰ شما «فوق ارسال کننده رام» نامیده می شود؟  
**مهندس** - راستش را بخواهید این نام را خودم به آن داده ام. وانگهی این مونتاز کمتر شناخته شده است و وقتی می خواهم آنرا مشخص کنم به آن نام گویاتر «قوی کننده عضلانی» را می دهم. اگر بجای ترانزیستور  $n-p-n$ ،  $T_1$



ترانزیستور با اثر میدان و راه N را قرار دهند، مقاومت ورودی تقریباً به بینهایت می‌رسد و مونتاژ بهتر می‌شود. ضریب بهره بی‌نهایت نزدیک به واحد باقی می‌ماند، اما جریان مصرف شده در ورودی آنقدر ضعیف است که تقریباً در تمام حالت‌ها، می‌توان آن را صفر فرض کرد.

اگر بجای  $T_1$ ، یک M.O.S. از نوع مختلط (سرشار - بی‌میل) بگذاریم در اینصورت به یک «ما فوق قوی کننده عضلانی» می‌رسیم که همه صفت‌های یک سنسجش الکتریکی را دارد. یک «ما فوق قوی کننده عضلانی»... از آن خوششان می‌آید؟



**اگر بخواهند پلاریزاسیون خروجی را معکوس کنند**

**مبتدی-** در واقع بسیار چشمگیر است. اما این «قوی کننده‌های عضلانی» گوناگون به نظر من یک نقص مشترک دارند و آن اینست که فشار خروجی آنها برقرار نمی‌شود مگر در یک جهت؛ مثلاً نمی‌شود آنرا مثبت یا منفی کرد، همانطور که جهت جریان را که می‌تواند این فشار را ایجاد کند، نمی‌شود عوض کرد (نمی‌توان جهت جریان را در یک لامپ یا یک ترانزیستور معکوس کرد).

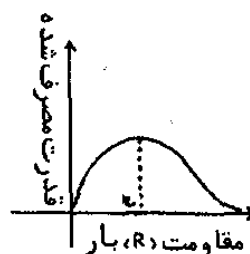
**مهندس-** آقای مبتدی کاملاً درست است. باید گفت که در حالت‌های بسیار زیادی، فشاری که همیشه در یک جهت برقرار می‌شود، کفایت می‌کند. اگر بهتر از این بخواهید می‌توان سیستم «پوش - پول پیایی» را بکار برد. تمام جزئیات این سیستم را برایتان نخواهم گفت اما اصول آن به این ترتیب است:

دو ترانزیستور را بطور پیایی سوار می‌کنند (شکل ۵۲)،  $T_1$  به وسیله فشار  $-E$  که نسبت به بدنه منفی است روی جمع کننده‌اش تغذیه می‌شود و  $T_2$  به وسیله فشار  $+E$  که نسبت به بدنه مثبت است روی ارسال کننده‌اش تغذیه می‌گردد. یک ایجادکننده «اختلاف فاز» مناسب، جریان‌های خاصی به پایه‌های دو ترانزیستور می‌دهد بطوری که مثلاً مجموع جریان‌های جمع کننده‌های ترانزیستورها ثابت باقی بماند. اختلاف این دو جریان یعنی  $i_1 - i_2$  است که از ارتباط خروجی می‌گذرد و دستگاه تغذیه شده به وسیله فشار خروجی  $S$  را طی می‌کند. پس این اختلاف می‌تواند مثبت یا منفی باشد.

**مبتدی-** این روش بسیار زیرکانه است. با لامپ نمی‌شود اینکار را کرد؟

**ترانزیستور = پنتود (بدون ارتباط شبکه پرده)**

**مهندس-** چرا، اما نه چندان آسان. برای اینکه بتوان لامپ‌ها را با بازده خوب بکار برد، توصیه شده است که از لامپ‌های پنتود استفاده شود؛ و تغذیه شبکه پرده دشواری‌هایی به وجود می‌آورد. علاوه بر این، با ترانزیستور به مقاومت‌های ظاهری خروجی بسیار کمتری می‌رسیم به این ترتیب که اگر بخواهیم می‌توانیم جریان چندین آمپری با فشارهای کم داشته باشیم. من این مونتاژ را برای فرمان گردش یک موتور کوچک در دو جهت، که در کشتی نمونه کوچکی با فرمان از راه دور نصب شده بود، بکار برده‌ام. همینطور آنرا برای دستگاه‌های صوتی با وفاداری زیاد ( $Hi-Fi$ ) بکار برده‌ام و به این ترتیب توان خواسته شده را بطور مستقیم



در بلندگویی ۱۵ اهمی خودم بدون مبدل بدست آورده‌ام. اگر بدانید وقتی می‌توانم از دستگاہائی که می‌سازم، این مبدل‌ها را حذف کنم چقدر خوشنود می‌شوم، چون این پاره آهن‌ها خیلی گراندند، وزنشان زیاد است و جایگیری اسفناکی دارند. نازه در باره اعوجاج و اختلاف فازی که وارد علائم می‌کنند صحبت نمی‌کنم.

### مقاومت ظاهری خروجی و مناسب‌ترین بار

**مبتدی** - حالا که به پایان نام بردن از سیستم‌های پائین آورنده مقاومت خروجی رسیده‌ایم، می‌خواستم پرسشی از شما بکنم. وقتی مقاومت خروجی یک طبقه را کاهش دادیم و مثلاً به یک اهم رساندیم، باید بار آنرا یک اهم کرد، یعنی قدرت آنرا روی باری مصرف کرده مقاومتش یک اهم است. انجام این کار یعنی ساختن بارهائی به این کمی حتماً دشوار است، نه؟

**مهندس** - آقای مبتدی مرا خوشحال می‌کنید. الان با عبارت بسیار روشن تصور نادرستی را که بسیاری از تکنیسین‌ها دارند، شرح دادید.

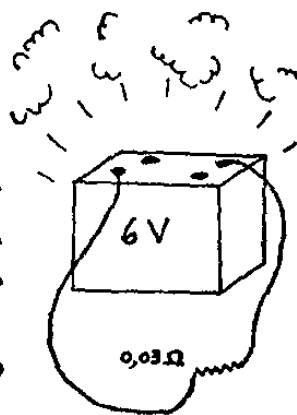
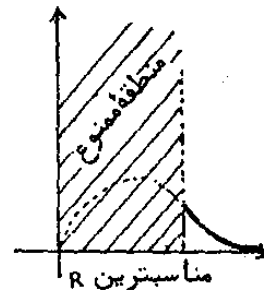
گفته شما از اینجاست که اگر یک نیروزا دارای مقاومت داخلی  $F$  باشد، وقتی می‌شود حداکثر توان را از آن گرفت که بار خارجی آن هم برابر مقاومت داخلی‌اش باشد. اما بسیار اتفاق می‌افتد که نمی‌توان بار نیروزا را برابر  $F$  گرفت چون نیروزا آنرا تحمل نمی‌کند. مثلاً قوه‌ای که نیروی محرکه آن  $4V$  و مقاومت داخلی آن  $10\Omega$  است، بیشترین توان خارجی را وقتی بدست می‌دهد که بار آن را لامپی انتخاب کنیم که مقاومتش در حالت گرم  $10\Omega$  باشد. فشار دوسر آن به نصف کاهش می‌یابد و به  $2V$  می‌رسد و جریان مصرفی  $0.2A$  خواهد بود و توان مصرف شده در لامپ  $0.4W$  است. برای لامپ دیگری که مقاومتش کمتر یا بیشتر از  $10\Omega$  باشد، توان خارجی مصرف شده قوه کمتر از  $0.4W$  است.

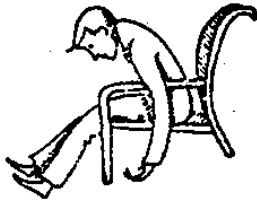
اما این کار را با قوه دیگری آغاز کنید که نیروی محرکه‌اش ۶ ولت و مقاومت داخلی آن  $0.3\Omega$  اهم است (که معمولاً همین مقدار است) نباید بار آنرا مقاومت  $0.3\Omega$  اهمی بگیری چون در اینحال باید جریان  $10A$  ایجاد کند (فشار در دوسر آن ۳ ولت خواهد بود) و قوه این را تحمل نخواهد کرد.

حالا بار آنرا مثلاً  $10\Omega$  می‌گیرید که از آن جریانی گرفته می‌شود که  $6A$  است و شدت جریانی است که برای آن بسیار عادی است.

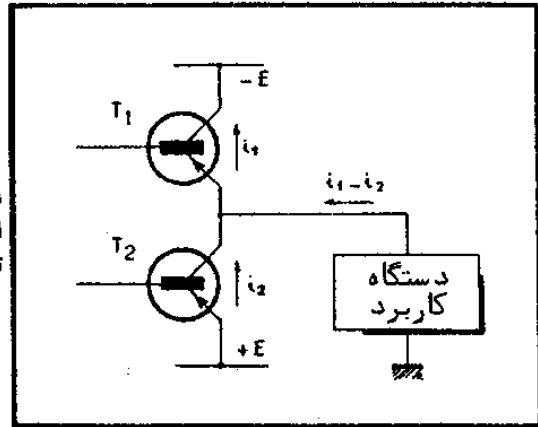
**مبتدی** - به عبارت دیگر در این حالت، مناسب‌ترین مقاومت بار برابر با مقاومت داخلی نیست چون این مقاومت به وسیله فشار قوه و بالاترین جریانی که می‌تواند بدهد مشخص می‌شود.

**مهندس** - کاملاً درست است. حالا که فهمیده‌اید، خاطر نشان می‌کنم که مثلاً وقتی یک تقویت‌کننده که یک طبقه کاهنده مقاومت خروجی دارد، مقاومت داخلی‌اش  $10\Omega$  (یا کمتر) باشد، معنی‌اش اینست که برای هر آمپر که در خروجی مصرف می‌شود، فشار خروجی به اندازه یک ولت (یا کمتر) کاهش پیدا می‌کند. اما ممکن است





طوری ساخته شده باشد که بتواند خود را روی مقاومت بزرگتری بدهد. مثلاً اگر فشار خروجی آن ۱۵ ولت باشد و نتواند بیشتر از  $2A$  بدهد، چنانچه بخواهند بالاترین توان را از آن بگیرند، باید مقاومت را طوری انتخاب کنند که بتواند ۲ آمپر را یا فشار ۱۵ ولت مصرف کند، یعنی  $7/5$  اهم باشد.



شکل ۵۷- پوش-پول پیایی: در اینجا از مقاومت بار اختلاف جریان بین دو ترانزیستور عبور می‌کند.



بمحض آنکه ضد واکنش وارد کار می‌شود (بخصوص طبقه‌های باکندرام یا ارسال‌کننده رام) باید دو چیز را کاملاً از هم جدا کرد،  
 - مقاومت داخلی خروجی، که خارج قسمت تغییر جریان مصرفی در خروجی و تغییر فشاری است که در نتیجه این مصرف بوجود می‌آید.  
 - مناسب‌ترین مقاومت بار، که معمولاً خیلی بزرگتر از قبلی است و خارج قسمت فشار خروجی و بالاترین مقدار جریانی است که می‌تواند در خروجی بدهد.  
**هبتندی** - فهمیدم، اما باید بگویم که از چند دقیقه پیش مقاومت داخلی شخص من آشکارا رو به افزایش است و گمان می‌کنم باید دفعه دیگر دنباله گفتگو را بگیریم.

## مبحث هفتم

اکنون مبتدی پریشان است چون او که به فن B.F. عادت دارد و در آن لازم است شکل علامت‌ها حفظ شود، از تغییر شکل‌های مشخصی که مهندس به این علامت‌ها می‌دهد، دارد دیوانه می‌شود. در واقع او با آموختن اینکه چگونه سرقسمت بالائی يك علامت را می‌برند کار را آغاز می‌کند و سپس می‌بیند که چگونه تغییرات آهسته فشار را به دگرگونی ناگهانی تبدیل می‌کنند (قیان اشمیت Schmitt) و بعد از آن آگاهی‌هایی درباره مدارهای مشتق و انتگرال بدست می‌آورد. کارشومی است چون با وجود وحشت وی از ریاضیات که ضرب‌المثل است، خواهی نخواهی باید يك تعریف (ساده شده) از مشتق‌ها و انتگرال‌ها را بی‌لعد... اما می‌فهمد که این مطلب‌ها ساده‌تر از آنند که معمولاً فکرش را می‌کنند.

### علامت‌های مستطیلی

#### برش سر، مشتق، انتگرال

**مبتدی** - به بینید آقای مهندس، پرسشی هست که دفعه قبل یاد گرفت از شما بپرسم: وفاداری تقویت‌کننده‌های عضلانی گوناگونی که برای شرح دادید چقدر است؟  
**مهندس** - در هر حال برای دستگاه‌های از نوع کاتد رام یا ارسال‌کننده رام عالی است و بخصوص برای «تقویت‌کننده عضلانی» با دو ترانزیستور مکمل بسیار عالی است چون مونتاژی است که درجه ضد واکنش آن بالاست. البته از این وفاداری وقتی می‌توانید استفاده کنید که مونتاژ را با گرفتن جریان یا فشار زیاد در خروجی دچار اضافه بار نکنید.

اما پیادداشته باشید که در الکترونیک، بسیاری از حالت‌ها وجود دارند که در آنها خطی بودن (یا درجه‌های کم اعوجاج) تنها وضع مطلوبی نیست که از يك تقویت‌کننده انتظار دارند. حتی گاهی اوقات برعکس آن مورد نیاز است.

#### تغییر شکل‌های مطلوب

**مبتدی** - که اینطور ا پس همینطوری علائم را بطور اتفاقی تغییر شکل می‌دهند؟

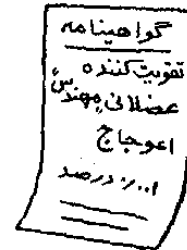
**مهندس** - آنرا تغییر شکل می‌دهند، اما نه اتفاقی.

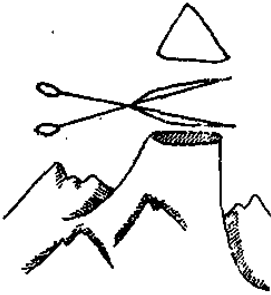
**مبتدی** - خوب چگونه می‌خواهید علامت‌های تغییر شکل یافته صدای درستی ایجاد کنند؟

**مهندس** - یکبار برای همیشه فکر صدای موسیقی و چیزهای دیگر را از مغزتان بیرون کنید پنخس صوت یکی از موارد کاربرد الکترونیک است، اما بهیچوجه تمام الکترونیک را تشکیل نمی‌دهد، همانطور که رادیاتور برقی تمام دانش الکتریسته نیست. فشاری که از تقویت‌کننده شما خارج می‌شود، می‌تواند وارد چیز دیگری غیر از بلندگو شود. مثلاً اگر بخواهید با آن يك رله را بکار بیندازید چرا می‌خواهید که سینوسی شکل باشد؟

**مبتدی** - قبول کردم. چه نوع تغییر شکلی به علائم می‌دهید؟

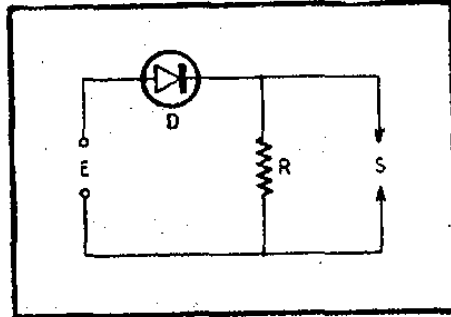
**مهندس** - با برش سر که روش عملی برای یکسان کردن علائم بادامنه‌های



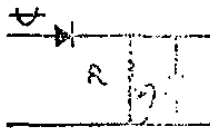
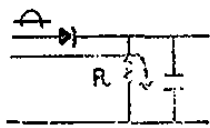


مختلف است کار را آغاز می کنیم ؛ یک راه حل خوب، بکار بردن دیود ساده است چون همانطور که می دانید ، مونتاژ شکل ۵۳ غیر از بخش مثبت علائم ورودی E چیزی را به خروجی (در نقطه S) نخواهد فرستاد.

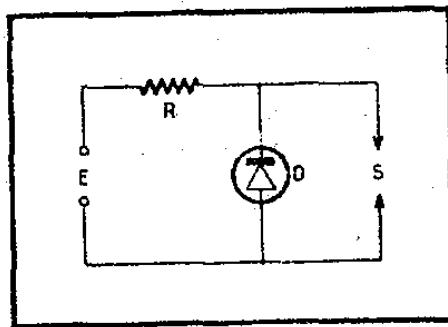
**مبتدی-** فهمیدنش آسان است. اما مقاومت R به چه درد می خورد؟  
**مهندس-** نقش آن قطعی نیست. فرض کنید که در S «چیزی» را وصل کنند



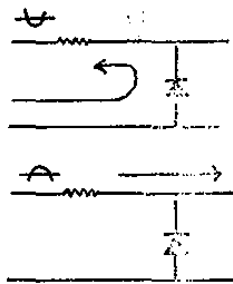
شکل ۵۳- دستگاه برش سر: فقط بخش مثبت فشار E در S راه پیدا می کند.



که فشار S را مورد استفاده قرار دهد و دارای مقاومت زیادی در جریان مستقیم باشد و ظرفیت آن قابل چشم پوشی نباشد. وقتی E زیاد می شود، فشار S می تواند از آن پیروی کند، ظرفیت مزاحم از راه D پرمی شود، اما وقتی E به سرعت پائین می آید (حتی اگر مثبت هم باشد) دیگر از آن پیروی نمی کند چون ظرفیت مزاحم خالی می شود. با قراردادن R بطور موازی با آن. این ناراحتی را حذف می کنم.  
**مبتدی-** پس برای اینکه ظرفیت های مزاحم بخوبی خالی شوند، به سود شماست که این مقاومت را کم بگیریم؟



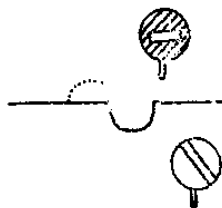
شکل ۵۴- دستگاه برش سر با دیودی که موازی نصب شده و بخش منفی فشار ورودی را اتصال کوتاه می کند.



**مهندس-** از یک نظر بله. اما نباید فراموش کرد که فشار ورودی E، در مدت نیم پر یوهای مثبت، باید بتواند جریان را از R که موازی با خروجی S قرار گرفته است، بگذراند. بنابراین نباید مصرف جریان به وسیله R، منبع E را زیاد متشوش کند.

**مبتدی-** و اگر شما دیود D را برمی گردانید چه پیش می آمد؟

**مهندس-** بخش های مثبت علائم دچار برش سر می شدند فقط بخش های منفی علائم ورودی E را به S منتقل می کردم. حالا مونتاژ دیگری برای برش سر



به شما نشان می‌دهم که پائین‌تر از مونتاز قبلی است، اما گاهی ناچار از بکار بردن آن هستیم و آن مونتاز شکل ۵۴ است. به آسانی خواهید فهمید که چگونه کار می‌کند در مدت نیم‌پریودهای مثبت فشار  $E$ ، دیود مسدود است و فشار  $E$  به  $S$  راه پیدا می‌کند (از راه مقاومت  $R$ ) برعکس در مدت نیم‌پریودهای منفی، دیود از موضع مسدود بودن خارج می‌شود و نقش یک اتصال کوتاه را بازی می‌کند و در نتیجه در  $S$  فشاری وجود ندارد. در واقع  $R$  و  $D$  نقش یک تقسیم‌کننده فشار را بازی می‌کنند که یکی از عنصرهای آن ( $D$ ) می‌تواند مقاومت صفر یا بی‌نهایت داشته باشد.



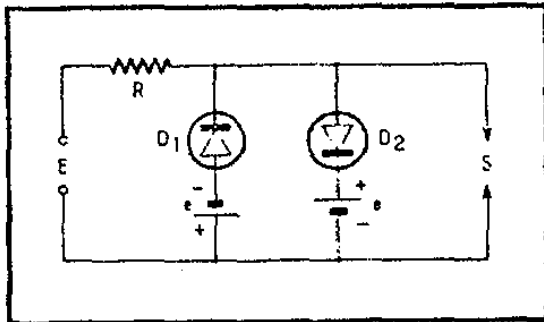
**مبتدی** - این استدلال برای مونتاز قبلی هم درست است. به غیر از عوض شدن جای دیود و مقاومت هر دو همانند هستند و نمی‌دانم چرا مونتاز دوم بنظر شما پائین‌تر از مونتاز اول است.

**مهندس** - الان خواهید دید. در مونتاز شکل ۵۳، در مدت نیم‌پریودهای مثبت  $E$  (این نیم‌پریودها مورد توجه من هستند چون نیم‌پریودهای منفی را قطع کرده‌ام)، منبع از راه دیود  $D$  که مقاومت ضعیفی از خود نشان می‌دهد، مستقیماً روی خروجی  $S$  وصل است. برعکس در مونتاز شکل ۵۴، در مدت نیم‌پریودهای مثبت  $E$ ، مقاومت  $R$  بین  $E$  و  $S$  وجود دارد. درست مثل اینست که مقاومت داخلی منبع  $E$  افزایش یافته است، و قبلاً برایتان گفته‌ام که افزایش مقاومت داخلی یک منبع که ایجادکننده تغییرات احتمالی در علائم است، تا چه اندازه زیان‌بخش است.

**یک تغییر شکل پایدار**

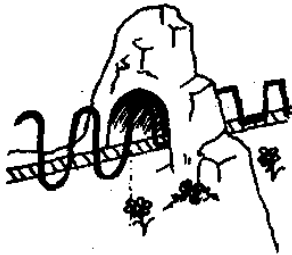
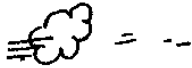
**مبتدی** - در اینجا باز متوجه صحبت شما نمی‌شوم؛ شما که با قطع کردن نیم‌پریودهای منفی علائم، آنرا بطور وحشتناکی تغییر شکل داده‌اید، چگونه از یک تغییر شکل دیگر اینطور می‌ترسید؟

**مهندس** - اگر به عقیده شما آنرا بطور «وحشتناک» تغییر داده‌ام، برای اینست که همان را می‌خواستم، مثلاً میل داشتم نیم‌پریودهای منفی حذف شوند. اما اجباری ندارم که نیم‌پریودهای مثبت را هم تغییر شکل بدهم چون ممکن است



شکل ۵۵ - برش سر باد و چند فشار خروجی برابر فشار ورودی است به شرطی که فشار ورودی بین  $+E$  و  $-E$  قرار گرفته باشد.

دارای قله‌های مثبتی باشند که اصولاً به گذراندن آنها علاقه داریم. به همین جهت است که از بودن مقاومت  $R$  بطور پیاپی در شکل ۵۴ تأسف می‌خورم. نمی‌توانم  $R$

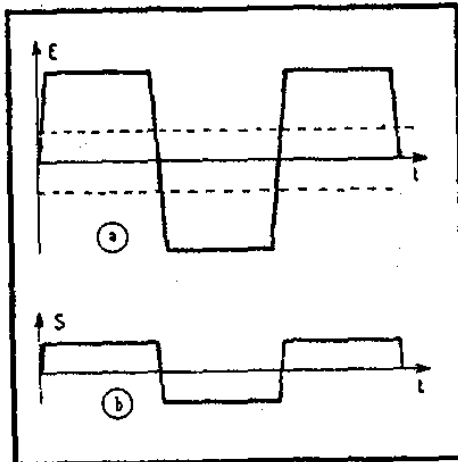
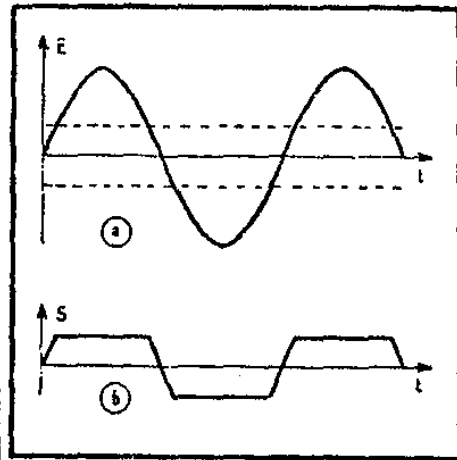


را زیادکنم زیرا باید مقدار  $R$  نسبت به مقاومت دینامیک دیود، وقتی که هادی است زیاد باشد تا نیم پریودهای منفی را بخوبی قطع کند.  
**مبتدی** - این وضع چندان به درد نمی خورد، چون دیودی که هادی باشد مثل اتصال کوتاه است.

**مهندس** - اگر اینطور بود خوب بودا دیود هر چند هم که خوب باشد، بزحمت می توانید در یک دیود کریستالی مقاومت دینامیک کمتر از ۵۰ یا ۱۰۰ اهم بدست بیاورید؛ برای یک دیود خلاء پیدا کردن مقاومت کمتر از ۳۰۰ اهم بسیار کمیاب است. اگر این مونتاز را بشما نشان دادم برای آن بود که به ما امکان می دهد برش سر را بطور دو تائی اجرا کنیم. شکل ۵۵ را نگاه کنید. می بینید که فشار  $E$ ، چنانچه بیشتر از  $-e$  و کمتر از  $+e$  باشد به  $S$  راه پیدا می کند. فشارهای  $e$  که پلاریزاسیون دیودها را تأمین می کنند، مثلا به وسیله دو قوه کوچک تهیه شده اند. اگر فشار ورودی  $E$  بیشتر از  $+e$  بشود، دیود  $D_1$  هادی می شود و  $S$  برابر با  $+e$  باقی می ماند. اگر  $E$  کمتر از  $-e$  شود،  $D_2$  هادی می شود، و  $S$  برابر  $-e$  باقی می ماند.

**مبتدی** - اگر در اینحال در مونتاز شما در  $E$ ، فشار سینوسی شکل وارد کم، از مونتاز چیز شکفت آوری همانند آنکه شکل ۵۶b نشان می دهد خارج می شود؟

شکل ۵۶ - با وارد کردن یک فشار سینوسی شکل در ورودی  $E$  شکل ۵۵، در خروجی یک سینوسی شکل با سرهای بریده بدست می آید.



شکل ۵۷ - سینوسی شکل سر بریده شکل ۵۶b، پس از تقویت و برش دوباره سر، یک نوع موج بدست می آید که بیشتر نزدیک به علامت مستطیل شکل است (جیبه تندتری دارد)



### ساختن علائم مستطیلی

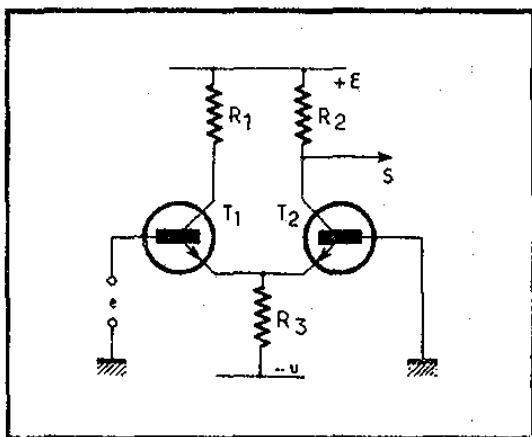
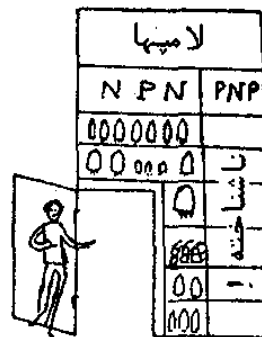
**مهندس** - درست همینطور است. و آنکهی علائم خروجی را بسیار خوب رسم کرده‌اید چون جبهه‌های آن کاملاً عمودی نیستند (مگر آنکه دامنه  $E$  نسبت به  $e$  خیلی زیاد باشد) همچنین اگر بخواهند به این علائم شکل مستطیلی آشکارتری بدهند همانطور که در شکل ۵۷b نشان داده شده، غالباً لازم است که آنها را تقویت کرده و دوباره سر آنها را برید.

**مبتدی** - فکر نوع آمیزی به مغزم رسید! اگر نیاز به برش سر و تقویت علائم داشته باشیم، نمی‌شود هر دو را یکباره انجام داد؛ یسادم می‌آید که وقتی فشار ورودی یک تقویت‌کننده خیلی قوی بسود، تقویت‌کننده میل داشت سر آن را ببرد.

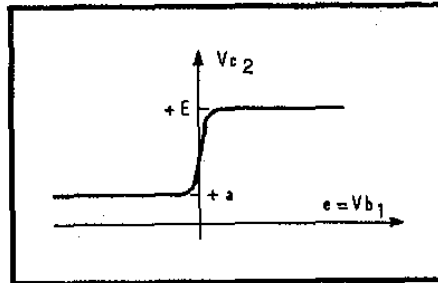
**مهندس** - کاملاً درست است، غالباً برای برش سر علائم بهمین نحو عمل می‌کنند، یک نوع تقویت‌کننده بسیار خوب برای این برش سر همانست که شکل آنرا برایتان می‌کشم (شکل ۵۸)

**مبتدی** - چرا ترانزیستورهای  $n-p-n$  گذاشتید؟

**مهندس** - برای اینکه استدلال کردن برای فشارهای مثبت آسان‌تر است و آنکهی این شکل بدون تغییر برای لامپها بکار می‌رود (غیر از تغییر مقدار مقاومت‌ها). بالاخره برای اینکه ۸۰ درصد ترانزیستورهای سیلیسیومی، که بیش از پیش گسترش پیدا می‌کنند، از نوع  $n-p-n$  هستند. حال خوب به استدلال توجه کنید. اگر  $e$  آشکارا مثبت شود،  $T_1$  هادی می‌شود، اختلاف سطح ارسال کننده‌ها زیاد می‌گردد و  $T_2$  مسدود می‌شود. اگر  $e$  منفی شود،  $T_1$  هادی می‌شود اختلاف سطح ارسال کننده‌ها نزدیک به صفر باقی می‌ماند و  $T_2$  مسدود می‌شود. مقاومت مشترک  $R_3$  ارسال کننده‌ها را به یک اختلاف سطح منفی وصل کرده‌ایم برای اینکه حتی وقتی اختلاف سطح ارسال کننده‌ها نزدیک به اختلاف سطح پدنه است، یک جریان مشخص در  $R_3$  بوجود آید. در شکل ۵۹ منحنی اختلاف سطح جمع کننده  $T_2$  را بر حسب اختلاف سطح پایه  $T_1$  کشیده‌ام.



شکل ۵۸ - مونتاژ برای برش سر که تقویت کننده دو ترانزیستوری را که به وسیله ارسال کننده تزویج شده‌اند، بکار می‌برد. اگر  $e$  مثبت باشد،  $T_1$  مسدود می‌شود، اگر  $e$  منفی باشد،  $T_2$  مسدود خواهد ماند.



شکل ۵۹ - منحنی نمایش اختلاف سطح جمع کننده  $T_1$  بر حسب  $e$  در شکل ۵۸، مؤثر بودن برش سر را نشان می‌دهد.

**مبتدی-** بله، فهمیدم؛ اگر  $e$  مثبت باشد،  $T_1$  مسدود است و جمع کننده آن به  $+E$  متصل است. اما وقتی  $e$  منفی است و یا به عبارت دیگر  $T_1$  مسدود است چگونه باید مقدار  $+a$  اختلاف سطح آنرا بدست آورد؟

**مهندس-** این ابتدائی است، واتسون عزیز... آه... مبتدی عزیز! چون  $T_1$  جریان می‌دهد؛ می‌شود اختلاف سطح پایه و ارسال کننده آنرا با هم یکسان گرفت، بنابراین در نظر می‌گیریم که اختلاف سطح ارسال کننده  $T_1$  صفر است (اختلاف سطح بدنه) پس جریان در مقاومت  $R_2$  خواهد بود  $\frac{u}{R_2}$  و بنابراین

جمع کننده هم همین جریان را دارد (در یک ترانزیستور که بطور عادی کار می‌کند باید جریان جمع کننده و ارسال کننده را همیشه برابر گرفت) پس افت فشار در  $R_2$  خواهد بود:

$$R_2 - \frac{u}{R_2}$$

و اختلاف سطح جمع کننده  $T_1$  برابر است با:

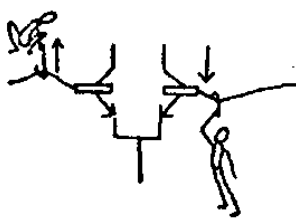
$$a = E - \frac{R_2}{R_2} u$$

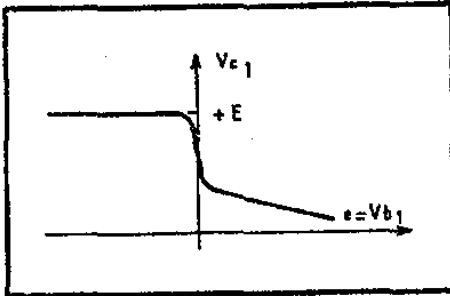
**مبتدی-** مقاومت  $R_1$  به چه درد می‌خورد؟

**مهندس-**  $R_1$  برای اینست که مونتاز را بیشتر قریب‌تر کند، معمولاً آنرا برابر  $R_2$  می‌گیرند. همینطور می‌توانستیم فشار جمع کننده  $T_1$  را به عنوان فشار خروجی بکار ببریم، اما کارچندان درخشانی نیست زیرا دو بخش منحنی نمایش اختلاف سطح جمع کننده  $T_1$  بر حسب اختلاف سطح پایه  $T_1$  (شکل ۶۰) افقی نیستند. در واقع وقتی  $e$  مثبت است، جریان ترانزیستور  $T_1$  با  $e$  تغییر می‌کند.

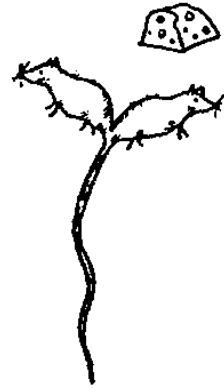
می‌بینید که در این مونتاز وقتی  $e$  منفی و در همان حال  $T_1$  مسدود باشد،  $e$  به چوچه روی مونتاز اثری ندارد، عمیقاً و در روی  $T_1$  و  $T_2$  هم بی‌اثر است. وقتی  $e$  مثبت است مقدار  $e$  روی  $T_1$  اثر می‌کند اما روی  $T_2$  اثری ندارد زیرا  $T_2$  مسدود است.

**مبتدی-** در باطن این مونتاز چندان قریب‌تر نیست؛ از این گذشته بنظر من یک عیب هم دارد چون عبور فشار خروجی از  $+a$  به  $+E$  سریع است اما نه زیاد بخصوص اگر فشار ورودی یک مقدار منطقی داشته باشد (که با بودن این فشار روی پایه ترانزیستور باید با احتیاط همراه باشد). خوب، نام مونتاز شما چیست؟





شکل ۶۰- اگر فشار جمع کنند  $T_1$  را به عنوان فشار خروجی بکار ببریم، برش سر کمتر خوب است، چون این ترانزیستور برای  $e$  مثبت، مسدود نیست.

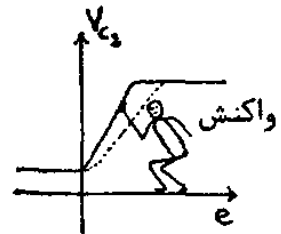


**مهندس** - نام عجیبی دارد که L.T.P. است و خلاصه شده کلمه‌های انگلیسی آن به معنای «زوج دم دراز» است و بدون شک اشاره به زوج ترانزیستوری است که دم دراز دارند (مقاومت بزرگ  $R_p$ ). اما در مورد ایرادی که به سرعت عبور از  $+E$  به  $+E$  گرفتید؛ حق باشماست چون این موضوع گاهی باعث زحمت می‌شود و بزودی می‌بینیم که چطور می‌شود کارها را رو برآه کرد.

### کاربرد پایه دوم

**مبتدی** - در مونتاژ شما چیزی هست که ناراحت می‌کند و آن اینست که پایه ترانزیستور  $T_2$ ، احمقانه به بدنه وصل مانده است، در حالی که اگر این پایه می‌دید که اختلاف سطحش در جهت معکوس اختلاف سطح ارسال کننده‌ها تغییر می‌کند، خیلی هوشیارانه‌تر عمل می‌کرد.

**مهندس** - این گفته شما رهبریم می‌کند که الان توضیحاتی را در اختیارتان بگذارم که فکر می‌کردم بعداً بشما بدهم. در این مونتاژ دقیقاً الکترونی وجود دارد که اختلاف سطحش در جهت عکس اختلاف سطح ارسال کننده‌ها تغییر می‌کند؛ به شکل ۶۰ نگاه کنید.



**مبتدی** - خدای دیو! فکرش را نکرده بودم، خوب، پس درست شد چون کافی است جمع کننده  $T_1$  را به پایه  $T_2$  وصل کنیم و اینکار انجام می‌شود!

**مهندس** - آرامتر! فکر شما خوبست، اما نمی‌توانید اینکار را مستقیماً انجام دهید چون اختلاف سطح جمع کننده  $T_1$  نسبت به ارسال کننده‌ها باید مثبت باقی بماند و نسبت به پایه‌ها هم باید کمی مثبت تر از آن باشد. اما می‌توانید اینکار را به ترتیبی که برای تزویج مستقیم انجام شده است، بکنید که کمی قبل در باره‌اش صحبت کردیم یعنی به وسیله یک تقسیم کننده فشار که به یک فشار منفی هم وصل می‌شود و به این ترتیب به مونتاژ شکل ۶۱ می‌رسید؛ وقتی مونتاژ شکل ۵۸ با عبور جریان در دو ترانزیستور کار می‌کند، یعنی با  $e$  که خیلی نزدیک به صفر است کار می‌کند، کار آن مثل تقویت کننده است. با افزایش تزویج جمع کننده  $T_1$  به پایه

$T_1$  به وسیله  $R_4 - R_5$  ، واکنش مثبتی به آن گذارده‌ایم . اگر این واکنش محدود باشد، نتیجه‌اش بالا رفتن ضریب بهره است و به این ترتیب بخش صعودی در منحنی شکل ۵۹ به خط عمود نزدیکتر می‌شود. اگر این واکنش مثبت خیلی زیاد شود...



**مبتدی-** می‌دانم چون مونتاژ شروع به نوسان می‌کند.

**مهندس-** در حالتی که آشکارساز واکنشی داشته باشیم، بله. اما در اینجا نه مدار نوسانی داریم و نه توزیع متناوب به وسیله خازن. نوسان بوجود نمی‌آید بلکه توازن ایجاد می‌شود. مونتاژ نمی‌تواند در وضعی باقی بماند که هر دو ترانزیستور جریان بدهند زیرا یکی از آنها باید در وضعیت مسدود باقی بماند.

**مبتدی-** کدامیک از دو ترانزیستور قربانی می‌شود؟

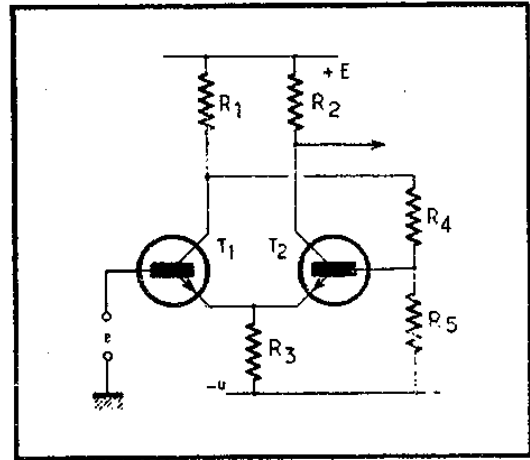
**مهندس-** این موضوع بستگی به مقدار  $e$  دارد. ابتدا فرض کنیم که  $e$  منفی باشد. البته  $T_1$  مسدود است و  $T_2$  نیست.  $e$  را زیاد کنیم؛ برای مقدار  $e$  مساوی با  $A$  ،  $T_1$  از مسدود بودن خارج می‌شود و  $T_2$  مسدود می‌گردد. چیزی که این بار بسیار جالب است اینست که مسدود شدن  $T_2$  بسیار سریع است و بهیچوجه زیر اثر سرعتی که  $e$  از مقدار  $A$  (آنرا آستانه می‌گویند) گذشته است، نیست.

**مبتدی-** عالی است؛ در اینحال می‌توانم  $e$  را در روزیک ولت زیاد کنم و در اینصورت وقتی  $e$  از مقدار  $A$  گذشت، یک توازن ناگهانی خواهیم داشت؛ **مهندس-** بله، بله، از این گذشته در اینجا چیزی شبیه به یک رله خواهید داشت به این ترتیب که در رله جریان را در سیم پیچی آهسته زیاد کنید، وقتی جریان

T ستانه بالا رفتن

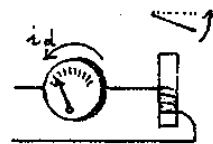
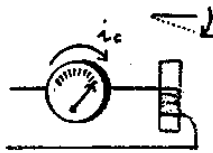


شکل ۱۶- با توزیع جمع کننده  $T_1$  با پایه  $T_2$  به وسیله تقسیم کننده فشار  $R_4 - R_5$  (در مونتاژ شکل ۵۸) قپان اشعیت بدست می‌آید.

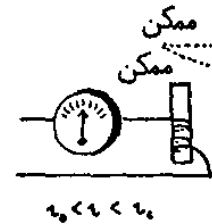


در سیم پیچی به مقدار مورد نظر رسید، رله ناگهان جذب می‌کند. در آنجا هم واکنش مثبت وجود دارد چون بمحض آنکه رله شروع به حرکت کند، فاصله بین آهن (که مغناطیس می‌شود) و تیغه آهنی کاهش پیدا می‌کند و این کار باعث قویتر شدن جذب مغناطیسی می‌شود.

**مبتدی-** و اگر دوباره مقدار  $e$  را بهمان آهستگی کم کنیم وقتی از  $A$  می‌گذرد باز هم مونتاژ ناگهان به حال توازن درمی‌آید؛



## آستانه دوم



**مهندس** - مونتاز به شدت به توازن درمی آید، با وجود این درمقدار A نخواهد بود بلکه برای مقدار ضعیفتر B است. در واقع، ضمن نخستین توازن، اختلاف سطح جمع کننده  $T_1$  زیاد بود، پس اختلاف سطح پایه  $T_2$  هم (نسبتاً) همینطور بود و بنابراین اختلاف سطح ارسال کننده ها هم زیاد بود. پس لازم بود  $e$  خیلی زیاد شود تا بتواند  $T_1$  را از مسدود بودن خارج کند. بر عکس ضمن توازن دوم، که وابسته به کاهش اختلاف سطح پایه  $T_1$  است، ترانزیستور  $T_1$  جریان خواهد داد. اختلاف سطح جمع کننده آن پائین است، اختلاف سطح پایه  $T_2$  هم همینطور و اختلاف سطح ارسال کننده ها هم پائین است. در این شرایط  $T_1$  با مقدار کمتر  $e$  که B است دوباره مسدود می شود. این درست همانند رله است چون وقتی رله جذب کرد، می توانید دوباره جریان را درسیم پیچی کم کنید بطوری که خیلی کمتر از مقداری باشد که جذب کردن رله را بوجود آورده است. جریان قطعی وجود دارد که خیلی کمتر از جریان جذب است.

**مبتدی** - اما در مونتاز عجیب شما، اگر  $e$  بدسلیقه باشد و نخواهد بین A و B باقی بماند چه پیش خواهد آمد؟

**مهندس** - مونتاز عجیب من «قیان اشمیت» (Schmitt) نام دارد. واگر  $e$  را بین A و B نگه دارید، نمی توانم بشما بگویم که قیان در چه وضعی خواهد بود. می شود هم  $T_1$  را در حالت مسدود داشت و این در صورتی است که  $e$  ضمن زیاد شدن به مقداری رسیده باشد که کمتر از B هستند و هم  $T_1$  از مسدود بودن خارج شود و این در صورتی است که  $e$  ضمن زیاد شدن به مقداری رسیده باشد که از A بیشتر هستند و این درست همانند رله است چون اگر جریان درسیم پیچی بین جریان جذب  $I_c$  و جریان قطع  $I_d$  قرار داشته باشد، نمی توانم بشما بگویم که رله در حال جذب است یا نه. وانگهی اگر قطع شده باشد شما فقط باید کمی روی تیغه آن فشار بیاورید آنوقت رله جذب می کند و در حال جذب باقی می ماند. تیغه را عقب بکشید رله قطع می کند و بحال قطع باقی می ماند.

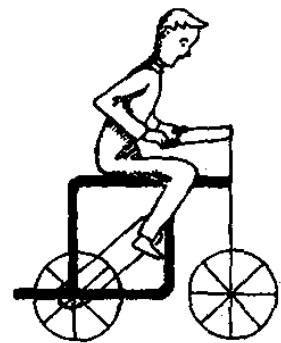
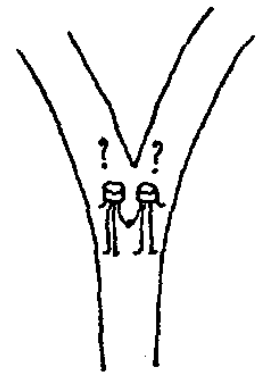
**مبتدی** - در این حالت مونتاز شما نمی داند چه می خواهد...

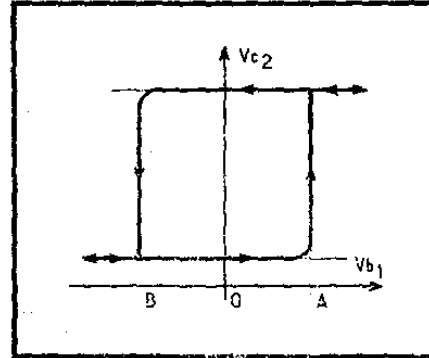
**مهندس** - چرا خوب هم می داند چون نمی خواهد در حال وسط قرار بگیرد. برای مونتاز دو حالت ثابت امکان دارد، و آنگهی بهمین جهت است که آنرا «دو ثابتی» می نامند.

**مبتدی** - پس باید کشیدن منحنی شکل ۵۹ غیر ممکن باشد.

## منحنی های بسته

**مهندس** - نه، فقط کمی پیچیده است. آنرا در شکل ۶۲ برایتان کشیده ام. دیگر منحنی عادی در بین نیست بلکه يك «منحنی بسته» است. اگر  $e$  کمتر از B باشد، دشواری وجود ندارد چون فشار خروجی برابر  $a$  است.  $e$  را زیاد کنیم (علامت سهم ها را دنبال کنید)؛ ضمن عبور از مقدار A، مونتاز به توازن در





شکل ۶۲- منحنی نمایش فشار جمع کننده  $T_p$  قپان اشمیت بر حسب  $e$  نشان دهنده وجود پدیده‌ای شبیه به هیستریزیس است؛ دیگر منحنی در بین نیست بلکه یک «منحنی بسته» است.



می آید و فشار خروجی جهش پیدا می کند و به مقدار  $E +$  می رسد. (و در اینجا بخش صعودی کاملاً عمودی است). اگر  $e$  باز هم زیادتر شود، دشواری وجود ندارد، فشار خروجی همان  $E +$  باقی می ماند.  $e$  را کم کنیم؛ وقتی به مقدار  $A$  می رسد چیزی پیش نمی آید، به پائین آوردن  $e$  ادامه خواهیم داد (باز هم علامت سهمها را دنبال کنید). وقتی  $e$  به مقدار  $B$  می رسد، هونتاز دوباره به توازن درمی آید. **مبتدی-** منحنی شما چیزی را بیادم می آورد... بله همانست. این منحنی شبیه به دوره هیستریزیس فریت هاست که آنرا برای حافظه در ماشین حسابها بکار می برند.

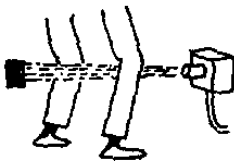
**مهندس-** عجب، عجب، عجب!!!

**مبتدی-** از تعجب غش نکنید. بی پرده بگویم که کوشش کردم در این باره کتاب ساده شده ای بخوانم و فقط تصور مبهمی از آن دارم. **مهندس-** حال کمی بهتر شد. بعداً این مطلب را برایتان شرح می دهم، اما گفته شما به اندازه ای درست بود که نفسم قطع شد. **مبتدی-** حالا دلم می خواهد قبل از آنکه از موضوع دور شویم، برایم شرح بدهید که قپان اشمیت شما به چه درد می خورد و در چه موقعیتی از آن استفاده می کنند.

**کاربرد قپان اشمیت**



**مهندس-** الان نمونه ای از آنرا برایتان می گویم. مسلماً تسابحال در نمایشگاهها دستگاهی با سلول فتوالکتریک دیده اید که تعداد بازدیدکنندگان را می شمارد؛

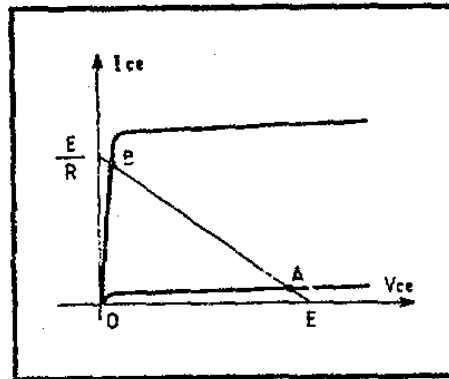
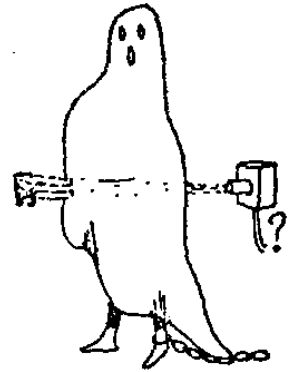


**مبتدی-** بله، نورافکنی هست که اشعه نورانی را روی یک جمیع کوچک می اندازد که باید در آن سلول جای داشته باشد. وقتی یک بازدیدکننده وارد می شود، اشعه قطع می گردد.

**مهندس-** همینطور است. در چنین دستگاهی، وقتی هیچکس عبور نمی کند، نوری که سلول دریافت می کند مشخص نیست چون شدت روشنائی لامپ ممکن است

تغییر کند (اندکی بر اثر گذشت زمان، و بسیار زیاد بر حسب فشار شبکه برق)، وقتی اشعه به وسیله یک بازدید کننده سد شده است، نور باقیمانده ای هم که سلول دریافت می کند معلوم نیست (همیشه کمی نور در محوطه هست کسه از کنار وارد سلول می شود)...

**مبتدی** - بخصوص اگر بازدید کننده کمی شفاف باشد!



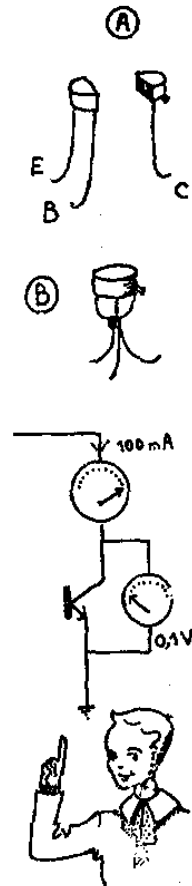
شکل ۶۳ - به یک ترانزیستور که از راه مقاومت R به وسیله فشار  $I_B$  تغذیه شده باشد، «دروغ اشباع» می گویند به شرطی که جریان پایه کافی به آن بدهند (نقطه B). می توان آنرا هم مسدود و یا تقریباً مسدود کرد (نقطه A).

**مهندس** - دستگاه برای شمارش نیمه اشباع ساخته نشده است. بهر حال می بینید که علائم سلول بد مشخص شده اند. پس کاملاً به سود ما است که در خروجی آنرا به یک قپان اشمیت بدهیم. به این ترتیب یک علامت خروجی در اختیار ما قرار خواهد گرفت که «همه یا هیچ» و کاملاً معین است. علاوه بر این، علامت کناره های عمودی خواهد داشت و این چیزی است که اگر بخواهیم، همانطور که ساعتی قبل بشما نشان دادم، از آن ضربه هایی بسازیم، بسیار سودمند است. اگر فقط می خواستیم سر آنرا ببریم، می توانستیم به L. T. P. شکل ۵۸ اکتفا کنیم و یا اینکه با یک تقویت کننده ترانزیستوری که تحریک آن بسیار زیاد است بسازیم. همانطور که در شکل ۶۳ می بینید، خط راست بار در نقطه A به منحنی مشخصه وابسته به  $I_{BE} = 0$  برخورد می کند و با منحنی وابسته به  $I_{BE} = 100 \mu A$  (بطور مثال) در نقطه B برخورد دارد. در A ترانزیستور تقریباً مسدود است (با جریان تلف برابر) و در B وضعیتی دارد که آنرا «اشباع» می نامند. ترانزیستور می تواند جریان جمع کننده زیادی را زیر اختلاف سطح جمع کننده - از سال کننده ۰/۱ ولت و حتی کمتر از خود بگذراند. اگر ترتیب کار را طوری بدهیم که آخرین ترانزیستور تقویت کننده به وسیله جریان پایه ای که به صفر می رسد (و حتی احتمالاً در جهت عکس هم می رود) و خیلی از  $100 \mu A$  (صد میکرو آمپر) بیشتر است، تحریک شود، فشار خروجی کاملاً سربریده خواهد بود و فشار بین یک قله تا قله دیگر آن عملاً برابر فشار تغذیه طبقه آخر خواهد بود.

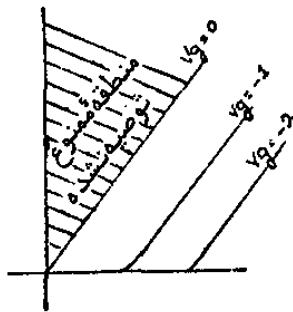
**مبتدی** - این دیگر بسیار عالی است، منظورم گذراندن جریان زیاد با فشار ۰/۱ ولت است! اصلاً نمی توان اینکار را با لامپ ها کرد!

پنتود در برابر ترانزیستور؟

**مهندس** - با یک لامپ پنتود می توانید نزدیک به این مونتاز را بسازید و



به این ترتیب لامپ جریان زیادی را از خود می گذراند حتی اگر اختلاف سطح آند پائین بیاید و خیلی هم کمتر از اختلاف سطح شبکه پرده شود. این اختلاف سطح به  $0/1$  ولت نخواهد رسید اما نباید فراموش کرد که همه چیز نسبی است و پنتود زیر فشار الکتریکی زیادتری کار می کند. اگر با  $300$  ولت تغذیه، بتوانید فشار آندی را تا  $5$  ولت برسانید، بهمان نسبت فشار  $0/1$  ولت برای ترانزیستور با تغذیه  $6$  ولت پائین آمده است. البته با لامپ های تریود چنین برش سری نمی توان انجام داد.



**مبتدی-** با وجود این روی دسته منحنی های تریودها، منحنی مشخصه ای وجود دارد که برای اختلاف سطح صفر کشیده شده است که وابسته به حداکثر ممکن جریان آندی است. مسلماً این منحنی فشار آندی بشما نمی دهد که صفر باشد، اما برش سر وجود خواهد داشت.

**مهندس-** نه آقای مبتدی. جریانی که وابسته به پلاریزاسیون صفر است، بهیچوجه حداکثر نیست. می توان شبکه را مثبت کرد و جریان باز هم افزایش می یابد. البته اینکارچندان توصیه نشده است، اما اینکار را می کنند (بخصوص در تقویت پوش پول کلاس  $AB_2$ ). بعضی ها در باره برش سر فشار شبکه صحبت کرده اند که در نتیجه دخالت جریان شبکه بدست می آید که همین جریان از مثبت شدن شبکه جلوگیری می کند به شرط آنکه در شبکه مقاومتی بطور پیاپی گذاشته شود، مثل مونتاژ برش سر شکل  $54$  که در آن دیود را گردانده باشند. اما این راه خوب نیست. البته، تمام این مونتاژهای برش سر، کناره های کاملاً عمودی را که با یک قباز اهمیت بدست می آورید، بشما نخواهند داد.

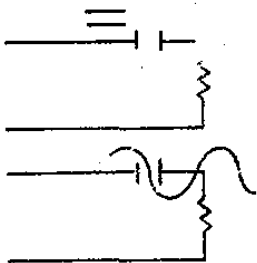
### کاربرد کناره های تند



**مبتدی-** چرا اینقدر به کناره های تند اهمیت می دهید. آیا از نظر زیبایی است؟

**مهندس-** بهیچوجه. اگر بخواهیم با تغییر شکل دوباره علائم مستطیل شکل خودمان که این بار به وسیله دیفرانسیل است، ضرب هائی تهیه کنیم، داشتن کناره های تند ضروری است.

**مبتدی-** اوه عجب! اینکار ب «دیفرانسیل» انجام می شود و دارد حواس مرا پرت می کند.



**مهندس-** چیز مهمی نیست. با صافی شکل  $64$  آشنا هستید؟  
**مبتدی-** نه... آه، بله! همانست که بین آند یک لامپ و شبکه لامپ بعد قرار می دهند تا جلوی عبور مؤلفه مستقیم را بگیرد و مؤلفه متناوب را از خود بگذراند.

**مهندس-** درست است. اگر فشار متغیری شبیه آنچه در شکل  $65$  نشان داده شده، که مدت زیادی ثابت (وصفر) است، سپس ناگهان به مقدار  $A$  می رسد و تا بینهایت در آن می ماند، به این صافی بگذارم چه پیش می آید؟  
**مبتدی-** بسیار پیچیده است. فقط می توانم بشما بگویم که تا قبل از



لحظه‌ای که E تغییر کند، S باید صفر باشد، زیرا E ثابت است. اما بعد از آن، آنوقت...

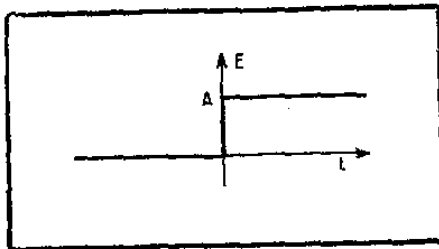
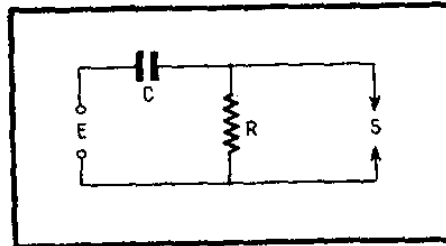
**مهندس** - می‌توانید چیز دیگری را بمن بگوئید و آن اینست که S مدت زیادی پس از دگرگونی E چه خواهد شد (لحظه‌ای که E ناگهان تغییر کرده است).

**مبتدی** - اگر مدت زیادی صبر کنیم، فشار خروجی باید صفر شود زیرا فشار ورودی دوباره ثابت شده است. اما پس از آن... S همیشه صفر است!!!

ساعت	S
10 <sup>h</sup> 59	0,00
11 00	0,00
11 01	<del>0,00</del>
11 02	<del>0,00</del>
	0,00

نه!  
نه!

شکل ۶۴ - این صافی بالاگذر مدار مشتق گورنده نام دارد، این صافی کناره‌های عمودی فشار E را بطور کامل منتقل می‌کند اما سیرهای این فشار را تغییر می‌دهد.



شکل ۶۵ - تغییرات ناگهانی فشار گذاشته شده به مدار شکل ۶۴

**مهندس** - آرام‌تر! تا موقع دگرگونی، S صفر باقی می‌ماند، مدت زیادی پس از دگرگونی، دوباره صفر می‌شود؛ اما در لحظه دگرگونی کاملاً فرق می‌کند. فرض می‌کنیم که دگرگونی در یک زمان صفر انجام می‌شود. یک خازن در مدت زمان صفر چقدر می‌تواند پر شود؟

**مبتدی** - صبر کنید، یک خازن برای پر شدن باید مقداری الکتروسیسته بگیرد، اگر آنرا در زمان صفر دریافت کند، نشان‌دهنده جریان بی‌نهایت است. پس در این صورت اصلاً نمی‌تواند پر شود؟

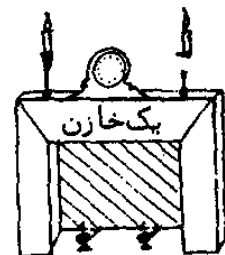
**مهندس** - بگوئید «بهیچوجه نمی‌تواند پر شود» آنوقت حقیقت را گفته‌اید. آقای مبتدی هیچوقت اینرا فراموش نکنید که: «فشار دوسریک خازن در زمان صفر نمی‌تواند از یک مقدار معین تغییر کند»

**مبتدی** - خوب اصل شما را قاب می‌کنم و در اطاقم می‌زنم. اما این موضوع چه ربطی به مسئله شما دارد؟

**مهندس** - این موضوع حل آنرا بطور ساده در اختیاران می‌گذارد. خازن C، قبل از دگرگونی، با چه فشاری پر شده بود؟

**مبتدی** - آه... بله... صفر، چون E صفر بود و S هم همیشه صفر.

**مهندس** - کاملاً درست است. درست قبل از دگرگونی خازن با فشار صفر پر



$$0 + 0 = 0$$

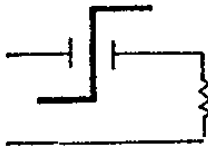
$$\frac{TB}{20} = \frac{20}{20}$$

شده بود. درست پس از دگرگونی با چه فشاری پرس شده بود؟

**مبتدی** - شما آنقدر روی «درست قبل» و «درست بعد» اصرار کردید که فکرمی کنم باید در نظر گرفت که بین این دو، زمانی برابر صفر گذشته است. اگر من اصل مشهور شما را بکار ببرم، از آن نتیجه می‌گیریم که خازن با همان مقداری صفر پرس شده است.

**مهندس** - درست است، صد درصد درست است. در حالی که بلافاصله پس از دگرگونی، جوشن چپ خازن C اختلاف سطحش به مقدار A رسیده است. بنابراین، از این لحظه به بعد جوشن راست چه اختلاف سطحی پیدا کرده است؟  
**مبتدی** - قطعاً به مقدار A رسیده است زیرا C همانطور خالی مانده است. اما در این صورت... جریانی وجود دارد که از R خواهد گذشت و این غیر ممکن است چون یک خازن نمی‌تواند جریان را از خود بگذراند!

**مهندس** - دور بر نندارید. بله، درست بعد از دگرگونی، جریانی در R وجود خواهد داشت. و مقدار آن در ابتدا خواهد بود  $\frac{A}{R}$ . اما خازن کاملاً حق دارد جریانی



از خود بگذراند به شرط آنکه جریان آنرا بر کند؛ این درست همان چیزی است که انجام می‌شود چون جریان در R خازن C را پر خواهد کرد، و بتدریج که C پر شود، شدت جریان کاهش خواهد یافت.

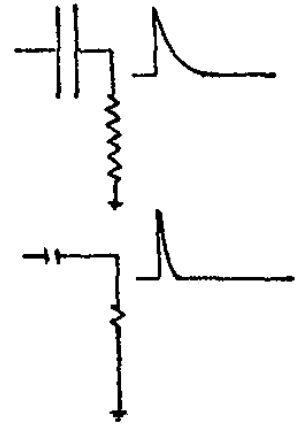
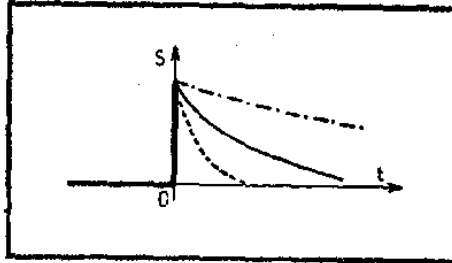
**مبتدی** - و البته اگر خیلی صبر کنیم C با فشار A پر خواهد شد. برای اینکه، مدت زیادی بعد، دیگر جریانی در R وجود نخواهد داشت، چون فشار S صفر شده است.

### ثابت زمانی

**مهندس** - اوه، آقای مبتدی امروز خیلی خوب پیش می‌روید! پس می‌فهمید که فشار خروجی S به همان ترتیبی است که در شکل ۶۶ به شما نشان خواهم داد. چیزی که سرعت نزول دوباره را مشخص می‌کند، حاصلضرب RC است که آنرا «ثابت زمانی» می‌نامند و آنرا بر حسب ثانیه بیان می‌کنند (C بر حسب فاراد و R بر حسب اهم). در واقع هر چه C بزرگتر باشد، پر شدن خازن آهسته‌تر است و هر چه R بزرگتر باشد باز هم پر شدن آهسته‌تر است. به آسانی می‌شود نشان داد که پس از یک زمان برابر با ثابت زمانی RC، فشار خروجی تقریباً به ۳۷ درصد A کاهش یافته است. پس از زمانی که دو برابر ثابت زمانی است، S بیشتر از  $\frac{13}{5}$  درصد A وجود ندارد؛ و پس از مدت زمانی که سه برابر RC است، می‌توان گفت که کار تمام است، چون فقط ۵ درصد از A باقی مانده است. اگر RC کوچک باشد، فشار خروجی به همان ترتیب که شکل ۶۶ با منحنی نقطه‌چین نشان می‌دهد، تغییر می‌کند؛ اگر بزرگ باشد منحنی خط نقطه‌نشان‌دهنده آنست. با RC بسیار کوچک، فشار خروجی به شکل یک «جهش» نمایان می‌شود (شکل ۶۷).

**مبتدی** - خوب، فهمیدم. اما ببینم، فشاری که در خروجی یک قپان اشمیت و یا مونتاژ برش سربست می‌آوردید منظره‌ای شبیه به شکل ۶۵ ندارد؛ این منحنی بطور متناوب جبهه‌های صعودی و نزولی دارد. اگر آنرا به مدار شکل ۶۴ بگذاریم

شکل ۶۶- منظره فشار خروجی يك مدار مشتق گیرنده که به ورودی آن فشار با تغییر ناگهانی شکل ۶۵ گذاشته شده باشد: وقتی RC کوچک است منحنی نقطه چین، خط پر برای RC متوسط و خط نقطه برای RC بزرگ است.

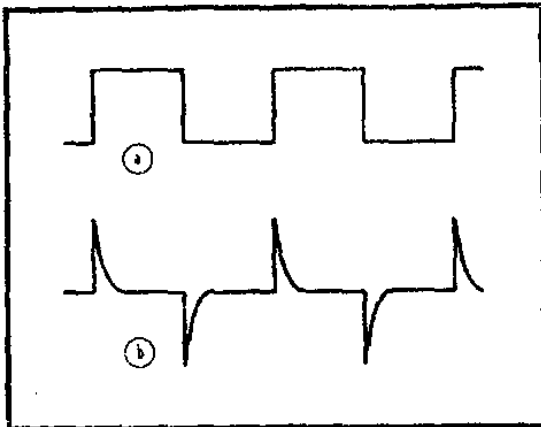
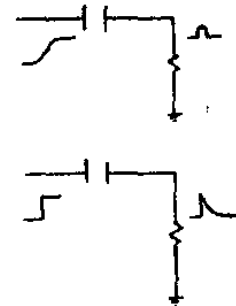


شکل ۶۷- علامت «جبهش» که در نتیجه گذاشتن يك فشار با تغییر ناگهانی به مدار مشتق گیرنده ای که RC آن کوچک است، بدست آمده است.

چه بدست خواهد آمد؟

**مهندس-** يك جبهه نزولی در جهت تغییر خودش تقریباً همان جبهه صعودی است بنابراین در خروجی تغییرهای ناگهانی منفی بما خواهد داد (شکل ۶۸b).  
**مبتدی-** در واقع بسیار ساده است. حالا می فهمم که چرا آنقدر به جبهه های عمودی اهمیت می دادید چون در مدت دگرگونی آهسته، خازن C وقت پر شدن خواهد داشت، و دیگر تغییرات فشار خروجی را منتقل نمی کند. او! با اینحال می توان نتیجه خوبی هم بدست آورد چون کافی است R یا C (یا هر دو) را زیاد کنیم تا خالی شدن C در زمان دگرگونی ضعیف باشد.

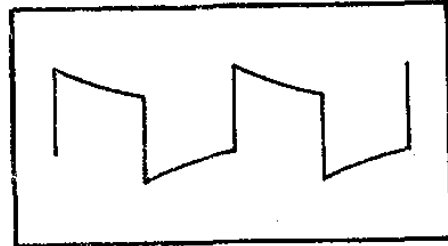
**مهندس-** آقای مبتدی، امروز بخصوص سر حال هستید. اما دقت کنید چون اگر حاصلضرب RC را زیاد کنید ممکن است که C بین دو دگرگونی زمان لازم برای پر شدن کامل را نداشته باشد؛ در این صورت فشار خروجی همانست که در شکل ۶۹



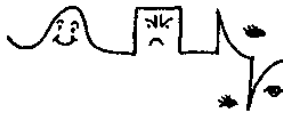
شکل ۶۸- يك علامت مستطیلی (a) تعدادی تغییرات ناگهانی صعودی و نزولی بدنیال هم است. وقتی آنرا به يك مدار مشتق گیرنده که ثابت زمانی آن (RC) کوچک است بگذارند ضربه هائی بدست خواهد داد که بطور متناوب مثبت و منفی هستند.

برای شما می کشم. بنا بر این باید حاصلضرب RC را نسبت به مدت دگرگونی بزرگ

و نسبت به پریود علائم کوچک انتخاب کرد. هر چه نسبت مدت دگرگونی به پریود علائم بیشتر باشد این انتخاب آسانتر است.



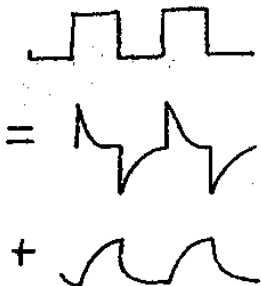
شکل ۶۹- اگر ثابت زمانی RC مدار نسبت به پریود علائم قابل چشم پوشی نباشد، فشار خروجی تغییر شکل می دهد، چون C بین دو دگرگونی زمان کافی برای تخلیه نخواهد داشت.



**مبتدی-** قطعاً علائم بیچاره دیگر صورت انسانی ندارند! قسمتی از منحنی سینوسی شکل را (می توان اینطور فرض کرد) در قیاس اشیت به علائم مستطیلی تبدیل کرده اند. بعد به وسیله مدار شکل ۶۴ شما، بصورت جهش در آورده اند... که واقعا اسم این مدار چیست؟

**مدار انتگرال گیرنده**

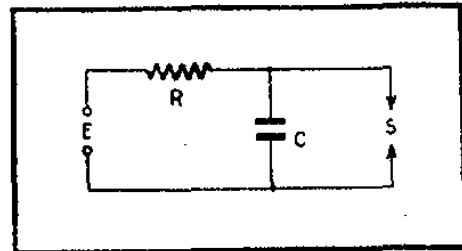
**مهندس-** آنرا «مدار کاهنده» یا «مدار مشتق گیرنده» می نامند. می بینید که نامش بی جهت شما را ترسانده بود. اما در همینجا نمی ایستیم چون تغییرات دیگری هم هست که می شود آنها را ساخت. درباره شکل ۷۰ که نامش را یعداً برایتان می گویم چه فکر می کنید؟



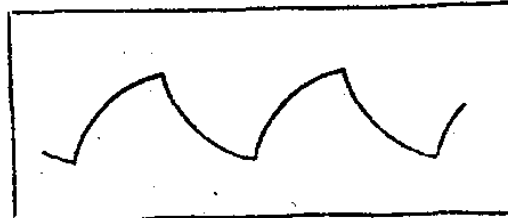
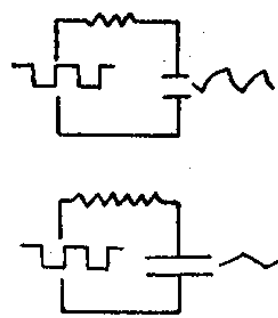
**مبتدی-** این همان شکل ۶۴ است، فقط جای R و C را با هم عوض کرده اید.

**مهندس-** این جزئی است که کل را تغییر می دهد! خوب، در E علائم مستطیلی را بگذارید در خروجی چه خواهید داشت؟

**مبتدی-** چون در اینجا هم یک مقاومت و یک خازن بطور یبایی قرار دارند، شاید همان وضع سابق را داشته باشیم یعنی همانکه در شکل ۶۸b کشیده اید.



شکل ۷۰- صافی پائین گذر که آنرا به عنوان مدار انتگرال گیرنده بکار می برند



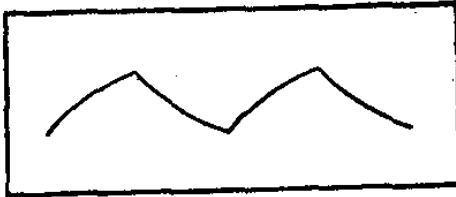
شکل ۷۱- با گذاشتن علائم مستطیلی، که پریود آن نسبت به RC بزرگ باشد، به ورودی مدار، در خروجی علائمی با کناره های گرد داریم که با علائم ورودی شباهت کمی دارد.

**مهندس** - چه وحشتناك! با وجود این الان برایتان گفتم که: فشار دو سر يك خازن در زمان صفر نمی تواند از يك مقدار معين تغییر کند. ببینید آقای مبتدی، اگر در E، درمونتاز شکل ۶۴ علائم مستطیلی می گذاشتیم (شکل ۶۸a) و در خروجی آن، یعنی در دوسر R علائم شکل ۶۸b را داشتیم، باید در دوسر خازن آنچه را که علائم ۶۸b لازم دارند تا علائم ۶۸a را بسازند، داشته باشیم.

**مبتدی** - می خواهید بگوئید اختلاف این دو؟ خوب، می توانم آنرا از روی شکل بدست بیاورم. صبر کنید... آنرا روی شکل ۷۱ برایتان می کشم.

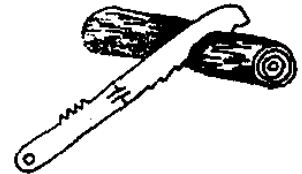
**مهندس** - بسیار خوب. می بینید که این علامت که در دوسر C ظاهر می شود، همان علامتی است که در خروجی مدار شکل ۷۰ بدست خواهیم آورد. می شد انتظار آنرا داشت چون در جریان دگرگونی علامت ورودی، S فوراً تغییر نمی کند، زیرا باید زمانی بگذرد تا C با مقدار جدید فشار پر شود.

**مبتدی** - بنا بر این علامت شما مستطیلی با جبهه های کمی خمیده و گرد است. با آن چه می شود کرد؟



شکل ۷۲ - اگر RC بزرگتر باشد، عازن C بین دو دگرگونی وقتی برای پر شدن کامل ندارد.

شکل ۷۳ - با افزایش بازهم زیادتر RC، تفاوت دامنه قلّه به قلّه علامت خروجی را کاهش می دهیم.



**مهندس** - در واقع آنطور که شما کشیده اید خیلی جالب نیست. اما فرض کنید که من حاصل ضرب RC را زیاد کنم. علامت چه تغییری خواهد کرد؟

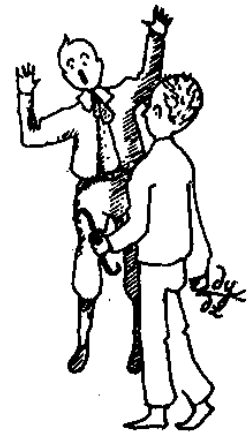
**مبتدی** - تصور می کنم چون C، جریان کمتری برای پر شدن در اختیار دارد (در حالی که با بزرگتر شدن، جریان بیشتری لازم دارد) پر شدن C در لحظه دگرگونی بعدی به پایان نخواهد رسید؛ شاید چیزی شبیه به شکل ۷۲ بدست بیاید.

**مهندس** - حق با شماست. اگر بازهم RC را زیاد کنیم. فشار خروجی تغییر کمی خواهد کرد و منظره شکل ۷۳ را خواهد داشت.

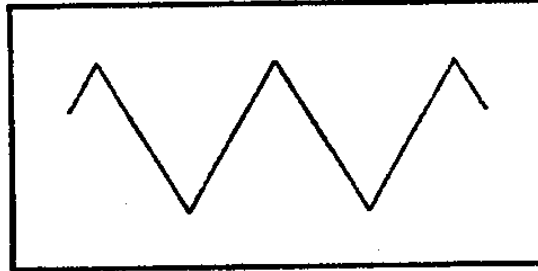
### دندانۀ اره چوب بری

**مبتدی** - عجب، قسمت هائی را کشیده اید که تقریباً خط راست هستند!

**مهندس** - همینطور خوبست، چون واقعاً خط راست هستند. چون S نسبت به E ضعیف باقی می ماند، می توان گفت که فشار در دوسر مقاومت R در فاصله زمانی بین دو دگرگونی تقریباً ثابت باقی می ماند. بنا بر این جریان پر شدن (یا خالی شدن) C ثابت خواهد بود و خازن C به روشی تقریباً خطی پر (و یا خالی) می شود.



برای اینکه بتوانید شکل فشار S را بهتر ببینید، حالا آنرا طوری می کشم که در جهت محور عمودی به اندازه کافی بزرگ شده است (شکل ۷۴).



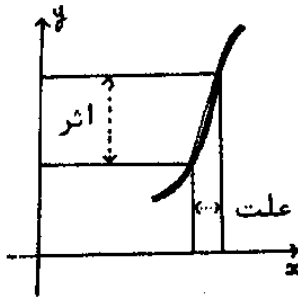
شکل ۷۴ - علامت خروجی شکل ۷۳ که با مقیاس دیگری بررسی شده است، از بخش‌های کوچک تقریباً راستی تشکیل شده است که شکل «دندان‌فاره چوب» بری دارد.

**مبتدی** - شکل عجیبی است. مثل اینست که دندان‌های اره ایست که برای چوب بری ساخته باشند.

**مهندس** - بهمین جهت است که این علامت را «دندان‌فاره چوب بر» یا «دندان‌اره متقارن» می گویند. آنرا وقتی بکار می برند که بخواهند یک تغییرات فشار خطی داشته باشند که ابتدا بالا برود و بعد پائین بیاید. یکی از کاربردهای مدار شکل ۷۰ که آنرا مدار «انتگرال گیرنده» می نامند در همین جا است.

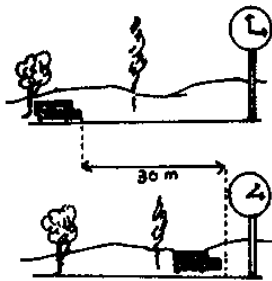
**مبتدی** - آه، بهمین جهت بود که نمی خواستید نامش را بمن بگوئید. از این گذشته خیلی دلم می خواست بدانم چرا به این مدارها نام‌های عجیب و غریب می دهند.

### تعریف ریاضی



**مهندس** - آقای مبتدی خودتان اینطور خواستید! نمی توانم به پرسش شما پاسخ بدهم مگر آنکه بطور کوتاه برایتان بگویم که مشتق و انتگرال چیست. وانگهی این کارچندان مغزشما را خالی نمی کند.

مقداری مانند  $y$  را تابع می گویند که وابسته به مقدار  $x$  که «متغیر» نامیده می شود، باشد به این معنی که برای هر مقدار  $x$  (که علت است) یک مقدار  $y$  (اثر) وابسته باشد. در اطراف یک مقدار داده شده  $a$  از متغیر  $x$ ، خواهیم دید که آیا  $y$  کم یا زیاد به تغییرات  $x$  پاسخ می دهد؛ به عبارت دیگر تغییرات اثر را با تغییراتی از علت که باعث بوجود آمدن آن شده است مقایسه می کنیم (با بدست آوردن خارج قسمت این تغییرات). مشتق تابع در نقطه  $a$  تقریباً همین است. البته، ما فقط تغییراتی از  $x$  را در اطراف مقدار  $a$  در نظر می گیریم که تا حد امکان کوچک باشد، تا با دقت هر چه بیشتر بتوانیم بدانیم که تابع نزدیک به  $a$  چه وضعی دارد.



ببینید، کمی متغیر (علت) را قلقلک می دهیم و نگاه می کنیم این کار روی تابع (اثر) چه تغییری می دهد. اگر اثر این «قلقلک» روی تابع زیاد باشد، می گوئیم که مشتق زیاد است.

اگر متغیر زمان باشد، این مشتق سرعت تغییرات تابع را بیان می کند. مثلاً اگر وضع یک اتومبیل را در یک جاده در هر لحظه بدانیم، می توانیم سرعتش را از آن بدست بیاوریم. اگر در لحظه ای که به وسیله  $T$  مشخص می کنیم، اتومبیل در یک فاصله

قرارداشته باشد در لحظه  $T_0 + 2s$  (که دو ثانیه بعد باشد)، ۳۰ متر دورتر رفته باشد، سرعت آنرا از تقسیم کردن راه پیموده اضافی از مبدأ (۳۰ متر) به افزایش متغیر زمان (۲s) بدست می آوریم؛ نتیجه می شود:

$$30 \div 2 = 15 \text{ m/s} \quad (\text{که } 54 \text{ کیلومتر در ساعت می شود})$$

بنابراین می توانم بگویم که سرعت مشتق راه پیموده نسبت به زمان است. این مشتق وقتی زیاد است که راه پیموده بر حسب زمان به سرعت افزایش یابد.



مشتق به وسیله یک مدار

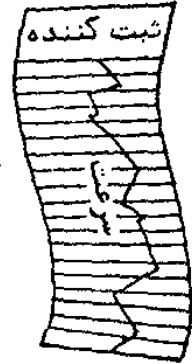
**مبتدی** - بطور مبهم فهمیدم. پس برای مدار شکل ۶۴ هم وضع کمی شبیه به همین است چون اگر فشار در ورودی به سرعت افزایش یابد، جریان پر شدن خازن زیاد خواهد بود که در نتیجه فشار خروجی قوی بدست خواهد داد.

**مهندس** - کاملاً موضوع را فهمیده اید. البته در مثال اتومبیل نمی توان تغییران ناگهانی در راه پیموده را بدست آورد چون در این صورت سرعت مربوط به آن بی نهایت خواهد بود...

**مبتدی** - که همه دوندگان خواب آنرا می بینند!

انتگرال

**مهندس** - نه، چون غیر ممکن است. این سرعت «بی نهایت» که در زمان قابل چشم پوشی بدست آمده باشد، نماینده شتاب بی نهایت هم هست؛ بنابراین بطور دو برابر امکان ناپذیر است. حالا درباره تعریف ریاضی انتگرال و گرفتن انتگرال صحبت کنیم. اگر همان اتومبیلی که گفتم در نظر بگیرید، تصور کاملی از آن خواهید داشت، اما این بار فرض کنید که در هر لحظه وضعیت آنرا نمی دانید بلکه سرعتش را می شناسید (مثلاً به وسیله یک سرعت نگار)



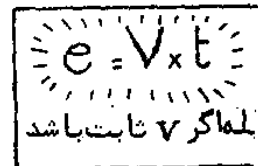
منظور پیدا کردن راه پیموده در هر لحظه به وسیله اتومبیل است.  
**مبتدی** - این کار مشکلی پیش نمی آورد چون کافی است زمانی را که اتومبیل در راه بوده در سرعت متوسط ضرب کنیم.

**مهندس** - استدلال شما کاملاً درست است، اما فقط در حالتی که این سرعت کاملاً ثابت باقی مانده باشد. بسیار امکان دارد که اینطور نباشد چون مثلاً اتومبیل از دهکده ای عبور کرده که حرکتش را آهسته تر کرده است، ممکن بود از راه های مستقیمی عبور کرده باشد که راننده روی گاز فشار داده باشد. به طوری که سرعت آن بهیچوجه ثابت نمانده باشد.

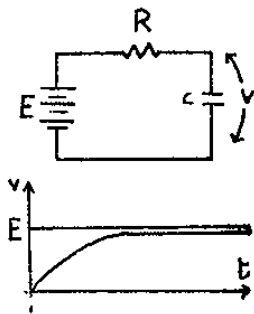
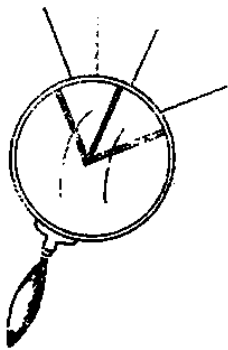
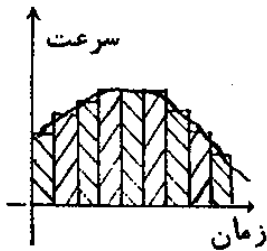
**مبتدی** - در این صورت مطلقاً نمی دانم چه بکنم...

**مهندس** - بطور ساده روش شما را بکار خواهیم برد، اما زمان را به بخشهای جزئی تقسیم می کنیم، که هر کدام از آنها به اندازه کافی کوچک باشد تا بتوانیم اینطور بگویم که سرعت در این فاصله ها تغییر نمی کند...

**مبتدی** - در این حال همه چیز عوض می شود! حسابی که می کنید هیچ ربطی به حقیقت ندارد.



2 s	$\dot{a} = 15 \text{ m/s} = 30 \text{ m}$
3 s	$\dot{a} = 12 \text{ m/s} = 36 \text{ m}$
1 s	$\dot{a} = 11 \text{ m/s} = 11 \text{ m}$
3 s	$\dot{a} = 9 \text{ m/s} = 27 \text{ m}$
بر روی هم 104m	



**مهندس** - از شما همین انتظار را داشتم. هر چه تعداد فاصله‌ها را بیشتر بگیریم، بیشتر به ارزیابی درست نزدیک می‌شویم. از این گذشته، فراموش نکنید که سرعت یک اتومبیل بر حسب زمان معمولاً تغییرات آهسته‌ای دارد...

**مبتدی** - به عقیده من اصلاً اینطور نیست. یادتان هست دربارهٔ پسر عمویم که یک اتومبیل کورسی دارد با شما صحبت می‌کردم. برای او چند ثانیه کافی است تا سرعت ۱۸۰ کیلومتر در ساعت برسد...

**مهندس** - بله، اما من دربارهٔ اشخاص معمولی صحبت می‌کردم. پس اگر فاصله زمانی بسیار کوتاهی را در نظر بگیریم، مثلاً یک ثانیه را در نظر بگیریم و در این مدت سرعت نگاه شده نزدیک به ۳۶ کیلومتر در ساعت (۱۰ متر در ثانیه) باشد، می‌توانیم بگوییم که در مدت این یک ثانیه، راه پیموده بسیار نزدیک به ۱۰ متر است. به این ترتیب با افزودن راه‌های پیموده در مدت زمانهای بسیار کوتاه، یک نوع جمع بسیار بزرگ انجام می‌دهیم که شامل تعدادی جمع است و حاصل جمعی داریم که به اندازه کافی درست است.

ریاضی‌دانان با داشتن چنین آگاهی‌هایی عمل می‌کنند. فقط چیزها را تا حد زیادی پیش می‌برند با این فرض که تعداد فاصله‌های زمانی تا بی‌نهایت افزایش می‌یابند. در این حال می‌گویند که انتگرال تابع را حساب کرده‌اند.

**مبتدی** - این عبارت برای من بی‌اندازه ناخوشایند است. هر چه باشد، «انتگرال» مشهور شما بنظر من درست مخالف با چیزی است که قبلاً اسمش را مشتق گذاشتید چون در آنجا سرعت را از موقعیت اتومبیل بدست می‌آوردیم و نامش مشتق بود، اگر درست در خاطر مانده باشد، عمل مخالف آن امکان می‌دهد موقعیت را از روی سرعت بدست بیاوریم.

**مهندس** - مطلب را کاملاً فهمیده‌اید. در ریاضی نمی‌گویند مخالف، می‌گویند عمل عکس آن را باید انجام داد. فکرمی‌کنم حالا شباهت کاملی با مدار «انتگرال گیرنده» شکل ۷۰ می‌بینید...

**مبتدی** - بهیچوجه، بنظر من در آنجا هیچ رابطه‌ای وجود ندارد.

### انتگرال گرفتن به وسیلهٔ مدار

**مهندس** - این شباهت را فوراً خواهید دید. فرض کنید که در ورودی E این مدار فشار ثابتی بگذارم. در خروجی چه فشاری بدست خواهیم آورد؟

**مبتدی** - بدون شك منحنی همیشگی پر شدن یک خازن است، که قوس صعودی که گرمی‌شود و به یک حد اکثر برابر با فشار ثابت گذاشته شده به ورودی می‌رسد.

**مهندس** - درست است آقای مبتدی. اگر به این منحنی دقیق شویم، می‌بینیم که شامل بخشی کوچکی است که تا وقتی فشار خروجی نسبت به فشار ورودی ضعیف باقی می‌ماند، بطور منظم صعود می‌کند. البته این موضوع کاملاً منطقی است چون اختلاف بین فشار ورودی E و فشار خروجی S است که به مقاومت R گذاشته می‌شود؛ اگر E ثابت باشد در حالی که S کوچک است، جریان پر کردن که از راه مقاومت R می‌گذرد عملاً ثابت است. در این شرایط خازن بطور منظم پر خواهد شد (برای اینکه دقیقتر باشد می‌گوییم بطور خطی پر می‌شود).



**مبتدی** - خوب، تا اینجا گفته‌های شما را فهمیدم، اما مطلقاً رابطه آنرا با داستان غم‌انگیز اتومبیل شما و گرفتن انتگرال نمی‌دانم.

**مهندس** - پس بطور ساده به ورودی مدار شکل ۷۰ فشار  $E$  را که در هر لحظه متناسب با سرعت اتومبیل است وصل می‌کنیم؛ تا وقتی که شما فرض می‌کنید فشار خروجی  $S$  خیلی ضعیف باقی خواهد ماند چه پیش خواهد آمد؟

**مبتدی** - چون  $S$  را قابل چشم‌پوشی فرض کردیم، جریانی که از  $R$  می‌گذرد در هر لحظه متناسب با  $E$  خواهد بود. بنابراین پرشدن خازن بر حسب آنکه  $E$  یعنی سرعت، اگر اشتباه نکرده باشم کم و بیش بزرگ باشد، کم و بیش تندتر خواهد بود.

**مهندس** - دیگر سودی ندارد که به حرفهای من گوش بدهید چون کار تمام است زیرا در هر لحظه، فشار دوسر خازن که پرمی‌شود درست مثل راه پیموده به وسیله اتومبیل ما، افزایش می‌یابد. اگر سرعت زیاد باشد ( $E$  بزرگ باشد)، خازن تند پر می‌شود، فشار  $S$  در دوسر آن به تندی افزایش می‌یابد، درست مثل راه پیموده به وسیله اتومبیل وقتی که سرعتش زیاد است. اگر در دریک لحظه معین، اتومبیل ما بایستد، فشار  $E$  صفر می‌شود، پرشدن خازن قطع می‌گردد...

**مبتدی** - آه، نه دیگر من دیگر با آن موافق نیستم چون  $E$  صفر است، خازن خالی می‌شود.

**مهندس** - اگر سخت بگیریم حق باشماست. اما فرض کردیم که  $E$  خیلی بزرگ است و  $R$  و  $C$  هم همینطور. فشار دوسر خازن  $C$  همانطور نسبت به مقدار معمولی  $E$  ضعیف است. بنابراین اگر خازن  $C$  وقتی  $E$  صفر می‌شود بطور مؤثر کمی تخلیه شود، این خالی‌شدن اهمیت بسیار کمی دارد.

**مبتدی** - خوب، دازم می‌فهمم. حتی فکری هم به خاطر من رسیده است.

**مهندس** - معمولاً من به افکار شما اعتماد ندارم، با این حال بگوئید.

**مبتدی** - خوب، اگر اتفاقاً اتومبیل به عقب حرکت کند و سرعت منفی شود...

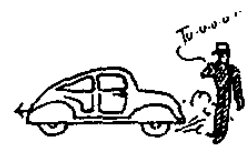
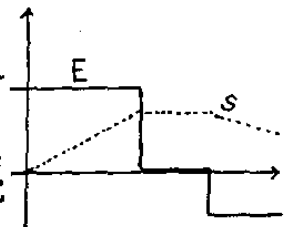
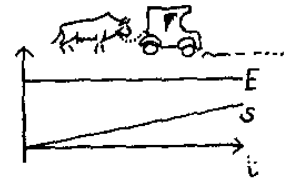
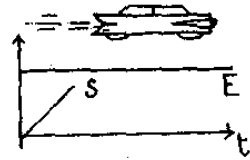
**مهندس** - این مطلب از نظر جبری کاملاً قابل قبول است.

**مبتدی** - خوب در این شرایط، در ورودی شکل ۷۰ یک فشار منفی خواهیم داشت. این بار می‌شود گفت که خازن  $C$  خالی خواهد شد، در حالی که فشار منفی در ورودی مقدار زیادی دارد. تقریباً شبیه به همانست که در کیلومتر شمار اتومبیل شما پیش خواهد آمد یعنی می‌بینیم که کاهش را نشان می‌دهد.

**مهندس** - آقای مبتدی تمام تبریکاتم را بپذیرید، شما کاملاً موضوع را فهمیده‌اید... در واقع مقداری که به ورودی داده می‌شود کاملاً می‌تواند منفی باشد. اما درباره عملی کردن این تجربه، وقتی کوشش می‌کنید به این ترتیب با سرعت به سمت عقب حرکت کنید و درست راست جاده باشید، ترجیح می‌دهم با شما در اتومبیل نباشم. گذشته از این وضع فکر شما کاملاً منطقی است.

**فقط نیستی کامل است**

**مبتدی** - بله، اما... مرا ببخشید، در تمام این مطلب چیزی هست که ناراحت می‌کند؛ بمن گفتید برای اینکه مدار شکل ۷۰ بدرستی عمل کند، یعنی همانطور که شما می‌گوئید «انتگرال گیرنده» باشد، باید فشار خارجی  $S$  بسیار ضعیف باشد. اتومبیل



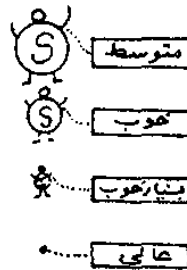
با نیروی حرکتی که دارد کیلومترها راه را پشت سر می‌گذارد، به عبارت دیگر، خازن  $C$ ، اختلاف سطحی در خود جمع می‌کند. پس چه باید کرد؟ دیگر نمی‌توانید بگوئید که فشار خروجی نسبت به  $E$  قابل چشم‌پوشی است؟

**مهندس** - کاملاً حق دارید. این سیستم فقط برای یک زمان محدود با ارزش است، طولانی بودن این زمان همانقدر است که مقاومت  $R$  را زیادتر و خازن  $C$  را بزرگتر بگیری که به همین سبب فشار دوسر خازن  $C$  بی‌نهایت ضعیف خواهد بود. **مبتدی** - اما در اینحال با بردن چیزها تا بی‌نهایت می‌توان گفت که وقتی مدار به عنوان فشار در خروجی اصلاً چیزی بدست ندهد، مدار شما کامل خواهد بود.



**مهندس** - آقای مبتدی روی یک اصل فلسفی انگشت گذاشتید که بر جهان حکومت می‌کند و آن اینست که تکامل به ما تعلق ندارد و بازگشت نخواهد کرد مگر با چیزی که به طرف صفر تمایل دارد. ما از چیزی خشنود می‌شویم که کامل نباشد ولی صفر هم نباشد و ارزیابی می‌کنیم که به این ترتیب بسیار خوب است.

**مبتدی** - گمان می‌کنم حرف‌های شما را خوب فهمیده‌ام، اما احساس می‌کنم که با افزودن دانش خود، مغز من به فشاری رسیده است که باعث می‌شود وفاداری که از آن صحبت می‌کنید، فاصله بسیار زیادی از تکامل بگیرد و شاید وقت آن رسیده باشد که گفتگوی خودمان را همینجا تمام کنیم.

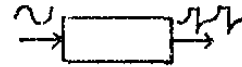


## مبحث هشتم

حالا دیگر کار تمام است چون مبتدی به وسیله «تغییر شکل خواهی» (تمایل به تغییر دادن علائم) مسموم شده است. او کار را با چند برابر کردن فرکانس آغاز می کند، بعد آنرا تقسیم می کند، که این مطلب باعث می شود که مهندس درباره ویراتور چندجانبه برایش صحبت کند. توضیحاتی که در مورد تقسیم به اعداد زوج داده می شود، احساس پیش‌رسی از وجود مونتاژ دو ثابتی «اکلس-جوردان» (Eccles-Jordan) را در مبتدی بوجود می آورد و به وسیله Hybrid (اختلاط) با ویراتور چندجانبه، یک ثابتی را بوجود خواهد آورد. مبتدی خیلی وسوسه خواهد شد که بجای کاربرد این مونتاژ، که تأخیر انداز ضربه است، «پیش‌انداز ضربه» را بگذارد (البته سیستم مبتدی است!) اما می‌ترسد که موفق به اختراع دستگاه اخیر نشود.

## ضرب و تقسیم فرکانس‌ها

**مبتدی** - آقای مهندس مثل اینست که میل شما به آزاد علائم و تغییر آنها به بالاترین حد، این بار دچار کمروئی شده است.  
**مهندس** - قبلاً بشما گفتم که منظور من آزاد آنها نیست، بلکه الکترونیک به آن نیاز دارد. با این توضیح حالا بمن بگوئید از کجا این کمروئی را بمن نسبت می‌دهید؟



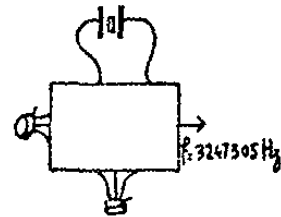
**مبتدی** - در تمام تغییر شکل‌ها، شکل علائم را چنان خراب کرده‌اید که مولد به وجود آورنده آنها، دیگر کودکان خود را نخواهد شناخت؛ با اینحال بر خلاف میل خودتان فرکانس آنها را حفظ کرده‌اید.  
**مهندس** - خوب، اگر اینکار خوشحالتان می‌کند، الان درباره ضرب و تقسیم فرکانسها صحبت می‌کنیم...

**مبتدی** - اینکار بخصوص برای خوشحال کردنم نیست، چون از الان حدس می‌زنم که بی‌نهایت پیچیده است.  
**مهندس** - پیچیده کلمهٔ رسائی نیست، بگوئید بسیار مشکل و تازه شاید گویا نباشد... تا بحال درباره دستگاههای چندبرابر کننده فرکانس چیزی شنیده‌اید؟  
**مبتدی** - نه، هرگز، و نمی‌دانم با آن چه می‌کنند.

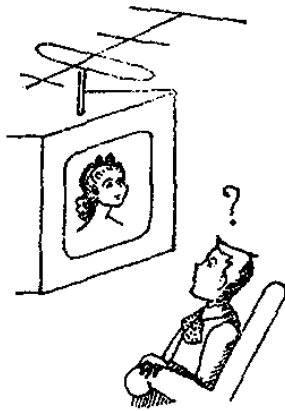
### چند برابر کردن فرکانس

**مهندس** - حالا آنرا خواهید دید. قطعاً تا بحال نوسان‌سازهای کوادرنری را بکار برده‌اید؟

**مبتدی** - بله، حتی آنرا ساخته‌ام و بسیار درست کار می‌کند؛ فرکانس کاملاً ثابتی بدست می‌آوریم، که در دنیای کنونی، چیز ثابتی است.  
**مهندس** - بالاترین مقدار فرکانس زیادی که با کوادرنر درست کرده‌اید چقدر است؟



**مبتدی** - هیچوقت نیاز نداشتم که فرکانسی بیشتر از ۳ یا ۴ مگاهرتز داشته باشم.



**مهندس** - می توانستید کوارتزهایی پیدا کنید که فرکانس آنها نزدیک به ۲۰ مگاهرتز باشد، اما بعد از این مقدار دشوار است و در هر حال کوارتزی پیدا نمی کنید که با فرکانس ۱۸۵/۲۵ مگاهرتز کار کند.

**مبتدی** - این فرکانسی است که نمیدانم چه فایده ای دارد!

**مهندس** - از این حرف نتیجه می گیرم که هیچوقت به تلویزیون نگاه نکرده اید. با اینحال سودمند است بدانید که ارسال تصویر به وسیله فرکانسی که کوارتز ایجاد می کند، انجام می گردد.

**مبتدی** - لعنت بر شیطان! این فکر را نکرده بودم. اما شما که گمان نمی کنید اگر یک کوارتز ۱۸۵/۲۵ مگاهرتزی سفارش بدهند، می توان آنرا به همان صورت بکار برد؟

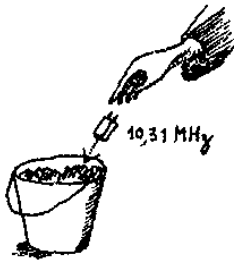
**مهندس** - مسلماً نه. هر چه فرکانسی که کوارتز باید با آن نوسان کند بیشتر باشد، باید آنرا نازکتر کرد؛ و در این فرکانس کوارتز بسیار نازک خواهد بود...

**مبتدی** - تصور می کنم مثل آدمی است که رعشه بگیرد...

**مهندس** - آقای مبتدی بجای اینکه شوخی هائی بکنید که برای مجله های پیش پا افتاده خو بست، بهتر است فکر کنید که نمی توان کوارتزی ساخت که کلفتی آن چند میکرون باشد. پس به کوارتزی اکتفا می کنیم که فرکانسی بدهد که خیلی کمتر از ۱۸۵/۲۵ مگاهرتز باشد.

**مبتدی** - دوست عزیز در اینصورت باید بگویم اگر کوارتز شما فرکانس مورد نیاز فرستنده را ندهد هیچ کاری نمی توانم بکنم.

**مهندس** - دوست عزیز بگذار منم متقابلاً بگویم که می توانم به کوارتزی اکتفا کنم که فرکانس خیلی کمتری می دهد به شرط آنکه بتوانم این فرکانس را در عدد صحیح ضرب کنم.



**مبتدی** - خوب، این موضوع اصلاً به فکر نمی رسید. حدس می زنم حالا برآیم خواهید گفت که یک فرکانس را چگونه چند برابر می کنند. اقرامی کنم که اینکار تا حدودی کتبکاویم را تحریک می کند.

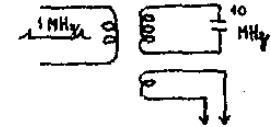
**مهندس** - خیلی آسان تر از آنست که گمان می کنید. قبلاً در باره مدارهای نوسانی چیز هائی شنیده اید. می دانید که نوسان های یک خازن و یک قرقره که در نتیجه یک ضربه الکتریکی ایجاد شده باشد میل دارد فرکانسی داشته باشد که با فرمول تامسون داده شده است:

$$F = \frac{1}{2\pi\sqrt{L.C}}$$

فرض کنید که یک مدار نوسانی ساخته ایم که فرکانس هماهنگی آن ۱۰ مگاهرتز است. آنرا با ضربه های الکتریکی کوتاه با فرکانس یک مگاهرتز برای برگشت تحریک می کنیم. با هر ضربه مدار آغاز به نوسان می کند در حالی که فرکانسی برابر ۱۰ مگاهرتز بما می دهد. این نوسان ها میل به میرا شدن دارند یعنی دامنه ای دارند که به تدریج کم می شود. در لحظه ای که مدار نوسان دهم خود را آغاز می کند، یک ضربه تازه می رسد و به این ترتیب ضربه جدید دامنه نوسان مدار را دوباره زیاد می کند (شکل ۷۵) و کار ادامه می یابد.

**مبتدی** - اما در اینجا چند برابر کردن واقعی فرکانس وجود ندارد.

**مهندس** - مگر شما چه می‌خواهید؟ در این مدار فرکانس يك مكاهرتز وارد می‌کنم و از آن فرکانس ۱۰ مكاهرتز بیرون می‌آورم.  
**مبتدی** - بله، تا اینجا را قبول دارم. اما این نوسان ۱۰ مكاهرتز به وسیله مدار داده شده است. این فرکانس با فرکانسی که به آن می‌دهیم هیچ رابطه کامل ندارد.

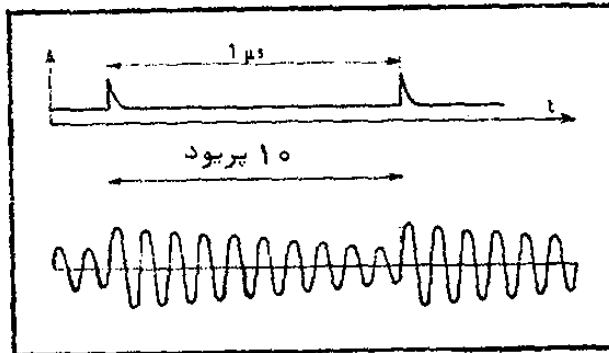


راهنمایی به وسیله مدار



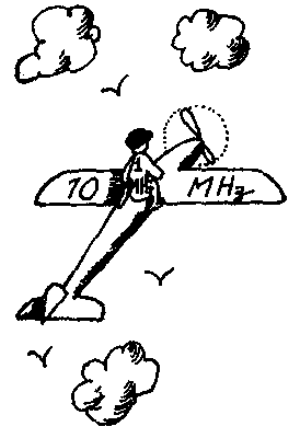
**مهندس** - اگر من درست دقت نمی‌کردم و فرکانس آنرا ۱۰ برابر فرکانس ضربه‌هایی که به آن می‌دهیم نمی‌گرفتم، هیچ رابطه‌ای با آن نداشت. چون درست همین کار را کرده‌ام، ضربه تازه‌ای که دامنه نوسان را زیاد می‌کند، آنرا درست در موقعی به حرکت درآورده که دهمین پریود آغاز شده است. بنابراین نوسانی با فرکانس ۱۰ مكاهرتز داریم که به گونه‌ای به وسیله ضربه‌های يك مكاهرتز راهنمایی و رهبری می‌شود. حالا فرض کنید که فرکانس يك مكاهرتز ۵ درصد زیاد شود؛ با هر ضربه‌ای که در ورودی ایجاد می‌شود، نوسان‌های ۱۰ مكاهرتز مداری نوسانی، کمی زودتر به حرکت آورده می‌شوند؛ بنابراین در فرکانس خروجی افزایش کمی که آنهم ۵ درصد است به وجود خواهد آمد. بدیهی است چنین دستگاهی غیر از تغییرات ضعیف فرکانس ورودی چیزی قبول نمی‌کند. با در نظر گرفتن اینکه موضوع چند برابر کردن فرکانس نوسان يك کوارتز به وسیله يك عدد ثابت در بین است،

شکل ۷۵ - ضربه‌های با فرکانس يك مكاهرتز، نوسان‌های يك مدار ده مكاهرتز را در هر پریود به حرکت درمی‌آورند به این ترتیب فشار خروجی فرکانسی دارد که ده‌بار بزرگتر از فرکانس ضربه‌های تحریک کننده است.

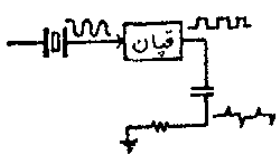


می‌توانیم مطمئن باشیم که تغییرات این فرکانس همیشه بسیار ضعیف است.  
**مبتدی** - خوب، قبول دارم که در اینجا چند برابر کردن فرکانس بطور مؤثر انجام می‌شود. فقط در دستگاه‌ها چیزی هست که ناراحت می‌کند و آن اینست که اگر از يك نوسان ساز کوارتز استفاده کنم، تمام کوشش خود را می‌کنم که کوارتز فشار سینوسی شکل درست کند. کوارتز از آن ضربه‌های مناسب بدست نمی‌دهد که بتواند مدار نوسانی را تحریک کند.

**مهندس** - پس آقای مبتدی تمام چیزهایی که دفعه قبل گفتم فراموش کرده‌اید؟ فکر می‌کنید که قبان اشمیت، مدارهای مشتق‌گیرنده و دیگر مدارها را فقط برای این اختراع کرده‌اند که اشخاصی نظیر مبتدی را ناراحت کنند؟ از آنها هم می‌توان استفاده کرد.



**مبتدی** - اقرار می‌کنم که دیگر به آنها فکر نمی‌کردم. اما این دستگاهها نسبتاً پیچیده هستند.



**مهندس** - واقعاً بنظر شما يك دستگاه که یا دو ترانزیستور معمولی، چهار مقاومت و شاید يك یا دو دقیقه کار درست می‌شود پیچیده است؟ اینکار آن قدر کم است که بکار بردن کلمهٔ درست کردن برایش زیاد است. نه آقای مبتدی اگر در اینجا متوقف شوید، من بروم بخوابم برایم بهتر است.

### ضرب غیر دوره‌ای

**مبتدی** - خوب، حرفم را نشنیده بگیرید. اما... معذرت می‌خواهم بدون شك میل عجیبی برای مخالفت دارم... با اینحال بنظر من اندوهیار است که این دستگاه چند برابر کنندهٔ فرکانس در ورودی نیاز به چنین ثباتی دارد. دلم می‌خواست دستگاهی برای چند برابر کردن به من معرفی می‌کردید که تغییرات قابل توجه فرکانس در ورودی را هم قبول کند.



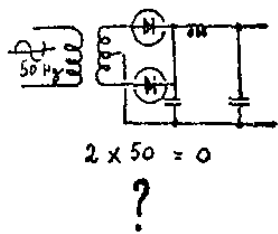
**مهندس** - خوب آقای مبتدی خودتان یکی از آن برایم پیدا کنید و این بار، ضمانت می‌کنم که بتوانید گواهینامهٔ مشهور خودتان را بگیرید. با بهره‌برداری از آن حتی پول زیادی هم بدست می‌آورید (یا درست‌تر بگویم پول زیادی به کسی که از آن بهره‌برداری کند می‌رسانید) با اینحال برای اینکه کمی دلگرم شوید، روش‌هایی را که چند برابر کردن فرکانس را از راه آسانتری امکان‌پذیر می‌کنند، به شما نشان خواهم داد. نتیجه‌های بدست آمده خیلی جالب نیستند، اما می‌توان حد مجاز برای تغییرات فرکانس را زیادتر گرفت. حتی مطمئن هستم که تا بحال دستگاه دو برابر کنندهٔ فرکانس هم ساخته‌اید.

**مبتدی** - خدایا! مسلماً نه وگرنه خودم خیر داشتم.

**مهندس** - خوب، حالا می‌فهمید. قطعاً یکسوسازی ساخته‌اید که از برق شهر استفاده می‌کند تا به وسیلهٔ دو لامپ فشار مستقیم در اختیارتان بگذارد؟

**مبتدی** - بله، البته. اما بادیو برابر کردن فرکانس خیلی فاصله دارم چون از فرکانس ۵۰ هرتز آغاز می‌کنم تا به فرکانس صفر هرتز برسم... اگر این کار را دوبار برابر کردن بدانید، من در عالم خیال هستم.

**مهندس** - به چیزی که پس از صاف کردن بدست می‌آورید فکر نمی‌کنم، بلکه قبل از صافی موردنظر من است. چون هر لامپ بطور نوبتی در يك پریود کار می‌کند، در سر صافی فشار خرخر بدست می‌آورید که فرکانس آن دو برابر فرکانس شبکه است (شکل ۷۶) به عبارت دیگر، فرکانس صد هرتز بدست می‌آورید.

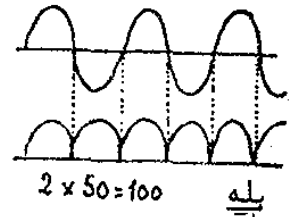


**مبتدی** - اما مقدار آن بسیار ناچیز است چون خازن صافی درست برای حذف کردن این مؤلفه گذاشته شده است.

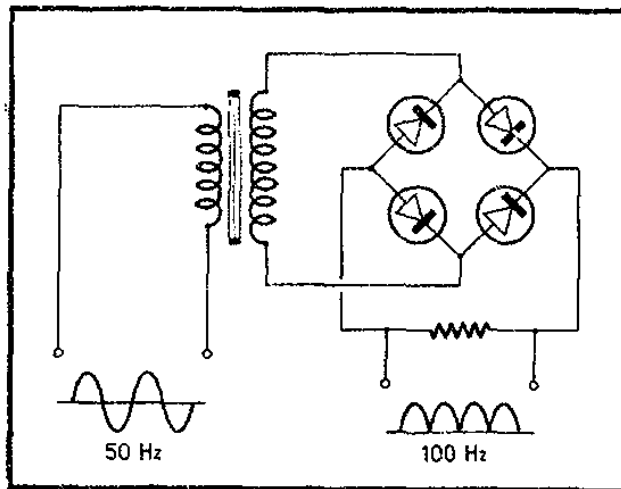
**مهندس** - بله، اما اگر صافی بکار نبرید، فشاری دارید که در دو تیم پریود نمایان می‌شود که اصولاً فشار متناوب صد هرتزی است که به يك مؤلفهٔ ثابت اضافه شده است.

**مبتدی** - قبول دارم که فرکانس آن تقریباً صد پریود در ثانیه است، اما خیلی با فرکانس سینوسی شکل فاصله دارد.

**مهندس** - منم هیچوقت نگفتم که سینوسی شکل است. در واقع اگر به دقت این فشار را تجزیه و تحلیل کنید، علاوه بر مؤلفه مستقیم و مؤلفه صدهرتزی، هارمونیک‌هایی پیدا می‌کنید که باعث می‌شوند این شکل شگفت‌آور را پیدا کند. و آنکه به وسیله یک صافی هارمونیک‌ها را به آسانی می‌توان حذف کرد و فقط مؤلفه صدهرتزی را نگهداشت.



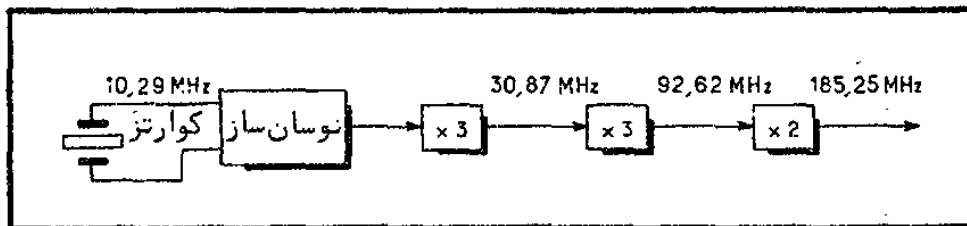
**مبتدی** - بله، قبول دارم، اما حالا که یک صافی وجود دارد برای تمام فرکانس‌ها قابل استفاده نیست.  
**مهندس** - کاملاً موافقم، و هیچوقت ادعا نکردم دو برابر کننده فرکانسی بشما معرفی کنم که کاربرد همگانی داشته باشد.



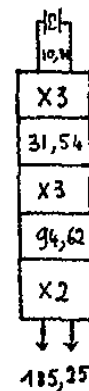
شکل ۷۶ - با یکسوسازی دو نیمه پریود یک فشار ۵۰ هرتزی، فرکانس را دو برابر می‌کنیم برای اینکه اساس فشار یکسو شده صد هرتز است.

**ضرب آبخاری**

**مبتدی** - پس در اینجا می‌توان فشار صدهرتز صاف شده شما را برای گذاشتن به یک دستگاه شبیه مدار شکل ۷۶ بکار برد؛ در این صورت ۲۰۰ هرتز بدست می‌آید که می‌توان آنرا به نوبه خود صاف کرد و...  
**مهندس** - آفرین آقای مبتدی، کاملاً فهمیده‌اید که غالباً بسیار جالب است



شکل ۷۷ - یک نوسان‌ساز کوارتزی که روی فرکانس ۱۰/۲۹ مگاهرتز کار می‌کند، پس از دو طبقه سه برابر کننده و یک طبقه دو برابر کننده فرکانس زیاد ۱۸۵/۲۵ مگاهرتز را بدست می‌دهد، ثبات فرکانس درست مانند کوارتز در آغاز کار است و فرکانسی ایجاد می‌کند که برای ایجاد آن کوارتزی وجود ندارد.



که روش چند برابر کردن فرکانس‌ها دنبال هم بکار برده شود. در مثال فرکانس زیاد  $185/25$  مگاهرتزی که قبلاً برایتان گفتم، بهتر اینست که از فرکانس  $10/29$  مگا-هرتزی آغاز کنیم. با سه برابر کردن فرکانس آن به وسیله روشی که قبلاً برایتان گفتم فرکانس  $30/87$  مگاهرتز را بدست می‌آوریم که به ورودی يك تقویت کننده با تحریک زیاد گذاشته می‌شود که اگر ضربه ایجاد نکند دست کم هارمونیک ایجاد می‌کند و به وسیله آن يك مدار نوسانی زیر تحریک قرار می‌گیرد که روی هارمونیک سوم آن تنظیم شده است و در نتیجه در آن فرکانس  $92/62$  مگاهرتز را بدست می‌آوریم. اگر این فرکانس را دوبرابر کنیم فرکانس  $185/25$  مگاهرتز را بما خواهد داد (شکل ۷۷)

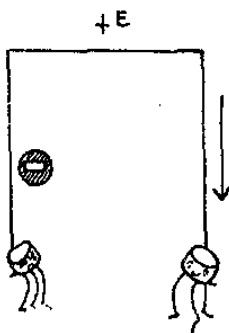


### تقسیم فرکانس

**مبتدی-** آقای مهندس حالا که ضرب فرکانس يك علامت به این ترتیب امکان پذیر است، تقسیم کردن آن هم باید امکان داشته باشد درست است؟  
**مهندس-** اگر چه در نتیجه گیری شما از منطقی استفاده شده که قابل بحث است با اینحال درست است. حتی باید بگویم که تقسیم کردن يك فرکانس از ضرب کردن آن ساده تر است. روش‌های زیادی برای این کار وجود دارد. روش‌های اساسی را بدنبال هم بررسی خواهیم کرد.  
 اگر فرکانسی در نظر باشد که نسبتاً تغییراتش کم است، می‌توانیم از نوسان سازی استفاده کنیم که روی ضربه‌هایی کار می‌کند که ما آنرا به وسیله فرکانسی که می‌خواهیم تقسیم کنیم همزمان کرده ایم.

### ویبراتور چند جانبه

**مبتدی-** منظورتان از نوسان سازی که با ضربه کار می‌کند چیست؟  
**مهندس-** چیزی شبیه ویبراتور چند جانبه است. طرز کار دستگاه آنقدر ساده است که تصورش را نمی‌توانید بکنید؛ در شکل ۷۸ بطور خلاصه آنرا کشیده‌ام.  
**مبتدی-** وقتی همینطوری به آن نگاه کنیم چندان پیچیده بنظر نمی‌آید. اما به شما چندان اعتماد نمی‌توان کرد. می‌شود گفت که يك تقویت کننده با دو طبقه است که خروجی آنرا به ورودیش وصل کرده اند.

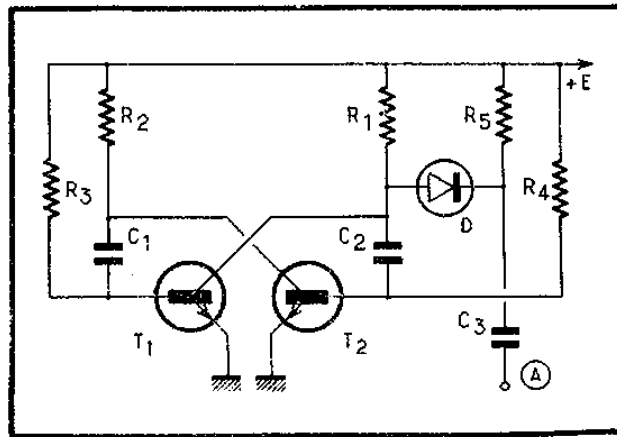
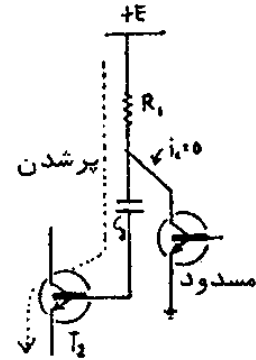


**مهندس-** کاملاً درست است. و آنکهی به همین جهت است که مجموعه آن شروع به نوسان می‌کند. با آنچه که درباره مدارهای مشتق گیرنده برایتان گفته‌ام، باید به آسانی طرز کار آنرا بفهمید. فرض می‌کنیم ابتدا ترانزیستور  $T_1$  هدایت می‌کند و حتی به حال اشباع رسیده است؛ این ترانزیستور نوعی اتصال کوتاه بین جمع کننده، ارسال کننده و پایه خودش در مونتاز به وجود می‌آورد. در این لحظه فرض کنیم که  $T_2$  مسدود است. چون در يك لحظه پایه آن به يك فشار منفی وصل شده است. در این شرایط جریانی که از مقاومت  $R_1$  می‌گذرد میل دارد با خالی کردن خازن  $C_1$  این پایه را کمتر از پیش منفی (و حتی مثبت) کند. در يك لحظه، پایه ترانزیستور  $T_2$  مثبت می‌شود...



**مبتدی** - آنوقت آنهم هادی می‌شود، آن هم به اشباع می‌رسد و همچنین متوقف می‌گردد.

**مهندس** - آرامتر آقای مبتدی. اگر  $T_2$  هادی شود، اختلاف سطح جمع-کننده آن که  $+E$  بود، ناگهان صفر می‌شود. این تغییر ناگهانی از راه خازن  $C_1$  بطور کامل به پایه  $T_1$  منتقل خواهد شد؛ این پایه ناگهان منفی می‌شود و  $T_1$  مسدود خواهد شد. در نتیجه همین عمل، ازدیاد اختلاف سطح جمع‌کننده  $T_1$  که میل دارد خازن  $C_2$  را دوباره پر کند، به  $T_2$  کمک می‌کند تا به اشباع برسد.



۷۸- ویبراتور چندجانبه در ترانزیستوری، که هر کدام بطور متناوب مسدود می‌شود در حالی که دیگری به اشباع رسیده است.

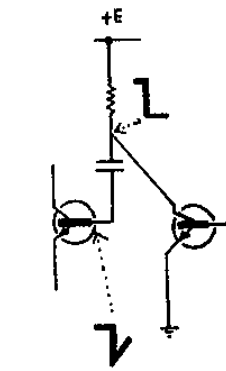
در حالی که پایه  $T_1$  منفی است، جریانی که از مقاومت  $R_3$  می‌گذرد، با خالی کردن خازن  $C_1$  اختلاف سطح آنرا بالایی برد تا حدی که پایه  $T_1$  بسیار کم مثبت شود. در این لحظه  $T_1$  هادی خواهد شد و  $T_2$  را مسدود خواهد کرد درست مثل چند لحظه قبل و کار ادامه پیدا می‌کند. در شکل ۷۹ تغییرات فشار دو جمع‌کننده و دو پایه ترانزیستورها را برایتان کشیده‌ام.

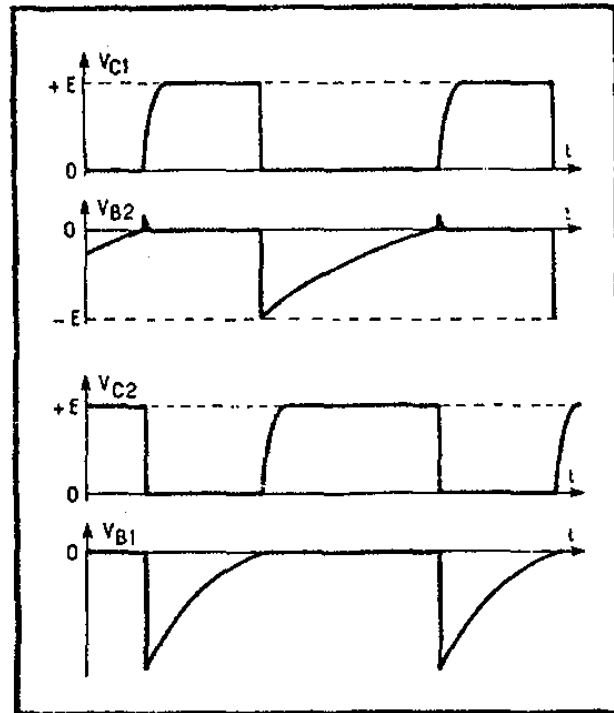
**مبتدی** - تقریباً می‌فهمم چگونه کار می‌کند اگرچه بسیار پیچیده است. در واقع روی پایه‌ها فشارهایی بدست می‌آوریم که کمی شبیه به فشارهای شکل ۶۹ هستند، چیزی که تقریباً عادی است زیرا بعد از مدارهایی که ارتباط خازنی و مقاومتی دارند همین نوع فشار بدست می‌آید. چیزی که بیشتر شگفت‌زده‌ام می‌کند، شکل فشارهایی است که روی نوسان‌ساز بدست می‌آید و آن اینست که چرا بالا رفتن منحنی آهسته و پائین آمدنش ناگهانی است؟

**مهندس** - بالا رفتن آهسته بخوبی قابل توضیح است. مثلاً وقتی که ترانزیستور  $T_1$  به وسیله پایه‌اش مسدود شد، اختلاف سطح جمع‌کننده‌اش نمی‌تواند به سرعت بالا برود زیرا باید خازن  $C_1$  از راه خازن  $C_2$  دوباره پر شود. همین باعث بوجود آمدن گردی در منحنی می‌شود که شما در باره‌اش صحبت کردید.

برعکس وقتی یک ترانزیستور ناگهان رسانا می‌شود، یک نوع اتصال کوتاه درست می‌کند که از راه آن خازن‌ها می‌توانند به سرعت خالی شوند. از این گذشته خازن‌ها نیازی هم به آن ندارند.

در واقع وقتی  $T_1$  مسدود شد،  $C_2$  باید پر شود، چون جوشن پائینی آن از





شکل ۷۹- شکل موج‌های ویبراتور چند جانبی شکل ۷۸.



راه اتصال پایه-ارسال کننده  $T_1$  که رسانا است به اختلاف سطح بدنه وصل است. وقتی  $T_1$  ناگهان مسدود شد، خازن  $C_p$  کاهش ناگهانی اختلاف سطح جمع کننده  $T_1$  را به پایه  $T_1$  منتقل می‌کند؛ بنابراین نباید خالی شده باقی بماند. این چیزی است که علت راست بودن کناره‌های نزولی را که در منحنی تغییرات اختلاف سطح جمع کننده  $T_1$  دیده می‌شود، بیان می‌کند. و آن گهی نباید فراموش کرد که پایه‌های دو ترانزیستور نمی‌توانند مثبت شوند. زیرا بمحض اینکه کمی مثبت شوند، اتصال پایه - ارسال کننده رسانا می‌شود و به این ترتیب یک اتصال کوتاه واقعی پدید می‌آید که خواهد داد. این همان چیزی است که بیان کننده وجود بخش‌های افقی روی منحنی نمایش تغییرات فشار دو پایه ترانزیستورها بر حسب زمان است.

درباره ویبراتور چند جانبی مطلب‌های زیاد دیگری برای گفتن هست، اما مطالبی که می‌دانید آنقدر هست که بتوانیم آنرا به عنوان بخش کننده فرکانس بکار ببریم.

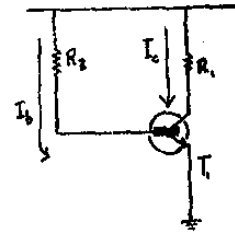
### شرایط اشباع



مبتدی- قبل از اینکه می‌خواستم پرسشی بکنم. بمن گفتید که ترانزیستور- های  $T_1$  و  $T_2$  وقتی کار می‌کردند اشباع شده بودند. دلم می‌خواهد حرفتان را باور کنم ولی می‌خواستم بدانم برای چه.

مهندس- کاملاً حق دارید این پرسش را بکنید. مثلاً فرض کنید که  $T_1$  رسانا است. جریانی که به پایه آن می‌رسد از راه مقاومت  $R_p$  است. اختلاف سطح پایه

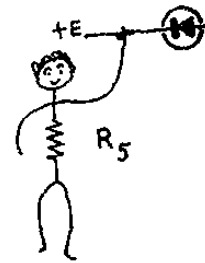
آن تقریباً برابر اختلاف سطح ارسال کننده آنست، همانطور که در تمام ترانزیستور غیر مسدود اینطور است. پس در دوسر مقاومت  $R_p$  فشاری وجود دارد که عملاً برابر  $E$  است. بنابراین جریانی که از این مقاومت می‌گذرد، یعنی جریان پایه  $T_1$  برابر است با  $\frac{E}{R_p}$ .



از طرف دیگر، اگر این ترانزیستور اشباع شده باشد، چون اختلاف سطح جمع کننده آن عملاً صفر است، جریان جمع کننده اش برابر است با  $\frac{E}{R_1}$ . بنابراین کافی است ضریب بهره ترانزیستور در جریان (که آنرا به وسیله  $\beta$  نمایش می‌دهیم) به نحوی باشد که حاصل ضرب جریان پایه  $\frac{E}{R_p}$  در  $\beta$  بزرگتر از جریانی باشد که ممکن است به وسیله جمع کننده بگذرد، یعنی بزرگتر از  $\frac{E}{R_1}$  باشد. یک مثال عددی می‌زنم. ترانزیستوری می‌گیریم که ضریب بهره آن در جریان  $\beta = 30$  باشد. کافی است که مقاومت  $R_p$  کمتر از  $30$  برابر مقاومت  $R_1$  باشد، تا اینکه حاصل ضرب  $\frac{E}{R_p}$  در  $\beta$  (30) بزرگتر از  $\frac{E}{R_1}$  باشد.

**مبتدی** - تا اینجا مطالب شما را خوب فهمیدم، اما چیز دیگری هم هست. شما جریان‌هایی را که در نتیجه پیر شدن یا خالی شدن خازن‌ها ممکن است به پایه‌ها بروند و یا از آن خارج شوند، در نظر نمی‌گیرید.

**مهندس** - این جریان‌ها فقط کارها را رو بر راه‌تر می‌کنند. مثلاً وقتی خازن  $C_1$  از راه مقاومت  $R_2$  پرمی‌شود، جریان پیر شدن آن به جریانی که از راه  $R_p$  به پایه  $T_1$  می‌رسد، افزوده می‌شود. بنابراین غیر از بهتر کردن موقعیت، کار دیگری نمی‌کند.



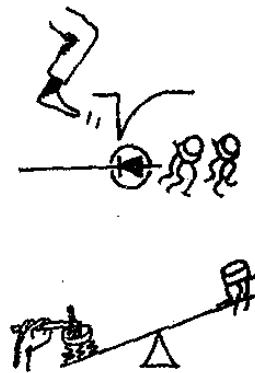
### همزمانی

**مهندس** - حالا از دیود  $D$  که تا بحال بکار نبرده بودم، استفاده خواهیم کرد تا یک ضربه منفی را، که از نقطه  $A$  از راه خازن  $C_3$  فرستاده شده، بسه جمع کننده ترانزیستور  $T_1$  بگذارم.

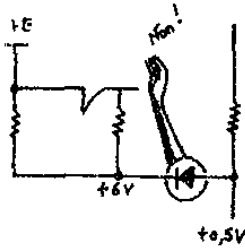
**مبتدی** - مقاومت  $R_5$  به چه درد می‌خورد؟

**مهندس** - این مقاومت بطور ساده برای اینست که اختلاف سطح متوسط کاتد دیود  $D$  را به مقدار  $E$  ثابت نگهدارد. به این ترتیب دیود  $D$  نمی‌تواند رسانا باشد مگر آنکه ترانزیستور  $T_1$  مسدود باشد (چون این موضوع جمع کننده ترانزیستور  $T_1$  و در نتیجه آن دیود را به اختلاف سطح  $E$  وصل می‌کند) و کاتد دیود به وسیله ضربه‌ای که از راه خازن  $C_3$  می‌رسد، منفی شود.

**مبتدی** - وحشتناک است! اگر به این ترتیب ضربه‌ای را روی جمع کننده  $T_1$  بفرستید، کارمون تا زرا کاملاً برهم می‌زنید!



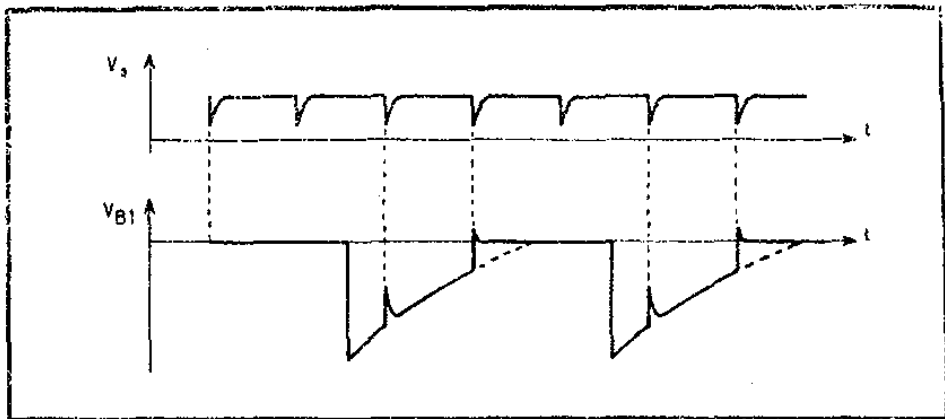
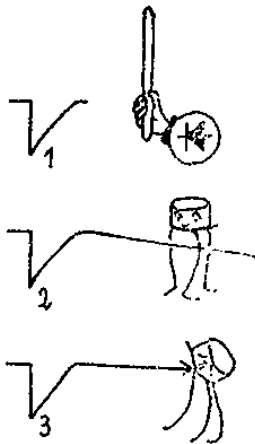
مهندس - اقرار می‌کنم که قصد من هم همین بود. فرض کنید که مثلاً ویبراتور چندجانبه میل داشته باشد که با فرکانس تکرار ۱۰۰ هرتز کار کند. به نقطه A مونتاز ضربه‌های منفی با فرکانس ۳۳۰ هرتز می‌فرستیم. ابتدا فرض می‌کنیم که نخستین کار ویبراتور چندجانبه که همزمان با کاهش ناگهانی اختلاف سطح جمع‌کننده  $T_1$  است، درست در لحظه‌ای به وجود بیاید که یک ضربه به A می‌رسد.



وقتی ضربه بعد به A می‌رسد، خیلی احتمال دارد که ترانزیستور  $T_1$  همانطور اشباع شده بماند. بنابراین ضربه گذاشته شده به کاتد دیود، منتقل نخواهد شد. ضربه بعدی ممکن است باز هم به حالت اشباع  $T_1$  برخورد کند؛ پس آن هم اثری ندارد. سومین ضربه در لحظه‌ای بوجود می‌آید که ویبراتور چندجانبه روی نقطه نوازن لحظه‌ای است. در اینحال  $T_1$  مسدود است و پایه  $T_1$  ازدوباره خارج شدن از مسدودی خیلی دور نیست. به این ترتیب سومین ضربه به حالت نوازن ویبراتور چندجانبه را کمی زودتر از آنکه خودش می‌کرد، ایجاد می‌کند. ۳ پریود از یک علامت ۳۳۰ هرتزی، کمی کمتر از یک صدم ثانیه طول می‌کشد. پس از سه ضربه تازه، دوباره شبیه به سه ضربه نخست، همان وضعیت تکرار می‌شود؛ حالت نوازن ویبراتور چندجانبه به سبب ضربه دریافت شده در A دوباره کمی زودتر بوجود می‌آید. پس ویبراتور چندجانبه کمی زودتر از آنچه که خودش نوسان می‌کرد، نوسان می‌کند. این ویبراتور چندجانبه، علائمی با ۱۱۰ هرتز به ما خواهد داد، یعنی  $\frac{1}{3}$  فرکانس گذاشته شده به

وردی آن (شکل ۸۰)

مبتدی - در اینجا با شما موافق نیستم. نخستین باری که این ویبراتور چندجانبه را با خشونت مشخصی مجبور کردید خیلی زودتر از موقع نوسان کند، باید در نتیجه این کار نوعی تغییر شکل در ویبراتور چندجانبه بوجود آمده باشد. مرتبه بعد، تغییر شکل بعدی حتماً به قبلی افزوده شده است. و بعد از ۲ یا ۳ پریود ویبراتور چندجانبه، این کار دیگر عملی نیست.



شکل ۸۰ - ضربه‌های گذاشته شده به نقطه A، نوازن دوباره ویبراتور چندجانبه را زودتر از آنکه خودیخود بوجود می‌آید، ایجاد می‌کند. ویبراتور چندجانبه با فرکانسی نوسان

می‌کند که برابر  $\frac{1}{3}$  فرکانس ضربه‌های گذاشته شده به نقطه A است.

**مهندس** - دقیقاً نه آقای مبتدی. يك ویراتور چندجانبه حافظه ندارد. يك بار که به حالت توازن درآمد، خواه خود بخود باشد یا زیر تأثیر ضربه خارجی، در وضع کاملاً مشخصی قرار می‌گیرد که بستگی به این ندارد که تحریک شده است یا نه.



**مبتدی** - اگر خوب فهمیده باشم ویراتور چندجانبه شما کینه‌ای نیست.  
**مهندس** - الکترونیک به اندازه کافی وسایل تجزیه و تحلیل روحی در اختیار ندارد که بتوان وضع روحی ویراتورهای چندجانبه را شناخت. ساده‌ترین کوشش، به عبارت فنی حافظه ندارد، و آنکه این موضوع مشخصاً بسیار گرانبهای برای ما است.

### ثبات تقسیم

**مبتدی** - در واقع این کار خیلی به نظر من پیچیده نیست. اما اگر فرکانس ضربه‌های گذاشته شده به  $A$  را تغییر دهیم چه پیش می‌آید. مثلاً اگر تعداد آنرا به ۴۰۰ هر تیز برسانیم چه می‌شود.

**مهندس** - ممکن است باز هم کار کند و ویراتور چندجانبه رضایت بدهد که کارش را کمی تندتر کند و به  $133 = 3 \times 400$ ، هر تیز برساند. اما همینطور امکان دارد وقتی همزمان با يك ضربه به توازن درآمد، پس از گذشت سه ضربه، برای حساس بودنش در برابر ضربه هنوز خیلی زود باشد. در این شرایط ضربه سوم را ندیده می‌گیرد و بطور ساده روی ضربه چهارم، که درست وقتی می‌رسد که ویراتور چند جانبه میل دارد دوباره به توازن درآمد، متوازن می‌شود. در این صورت دستگاه دیگر به ۳ تقسیم نمی‌کند بلکه بر ۴ تقسیم خواهد کرد.

**مبتدی** - پس خیلی ثابت نیست؟

**مهندس** - تا آنجا ثابت است که فرکانسی را که باید تقسیم کند، زیاد تغییر ندهید. چنین دستگاهی آماده نیست که هر فرکانس نامشخص را به يك عدد ثابت تقسیم کند. اگر فرکانس گذاشته شده به ورودی فقط تا حد ضعیفی تغییر کند، با این روش تقسیم‌کننده‌ای بسیار عالی ساخته‌اید.

**مبتدی** - این چیزی است که به درد من می‌خورد چون خیلی دلم‌می‌خواست يك تقسیم‌کننده به  $819$  داشته باشم تا ضربه‌هایی با فرکانس تعداد تصویرهای تلویزیون به وسیله ضربه‌های با فرکانس خطوط داشته باشم. بنا بر این ویراتور چند جانبه‌ای می‌سازم که تقریباً روی ۲۵ هر تیز اما کمی آهسته‌تر کار کند زیرا بر این گفتید که همزمانی غیر از تندتر کردن کار دیگری انجام نمی‌دهد و ضربه‌هایی با فرکانس خطوط به آن خواهد داد.

**مهندس** - آقای مبتدی اگر موفق شوید يك سو حسابی بشما می‌دهم! چطور می‌خواهید که ویراتور چندجانبه شما آنقدر زرنک باشد که روی ضربه همزمانی  $818$  به توازن در نیاید و روی ضربه  $819$  کاملاً بکار بیفتد. واقعاً بین این دو ضربه وضع آن کمی تغییر کرده است. برای اینکار باید تنظیم جادویی مطلق و با عدم ثبات کامل وجود داشته باشد.

با وجود این می‌توانید يك تقسیم‌کننده به  $819$  بسازید ولی یکبار ساخته



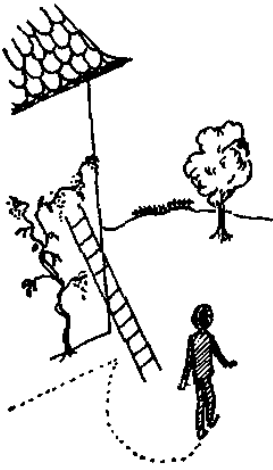
$$819 = 9 \times 7 \times 13$$

نخواهد شد. شاید توجه کرده باشید که ۸۱۹ حاصل ضرب  $۹ \times ۷ \times ۱۳$  است. بنا بر این در طبقه اول فرکانس خط خودتان را به ۹ تقسیم می‌کنید. ضرب‌های این نخستین ویراتور چندجانبه به ویراتور دوم گذاشته خواهد شد که آنرا به ۷ تقسیم می‌کند؛ این طبقه دوم به ویراتور چندجانبه سوم می‌رسد که فرکانس وایسته را به ۱۳ تقسیم می‌کند. البته احتمال دارد که آخرین طبقه برای شما بیشتر اشکال ایجاد کند.

**مبتدی** - آقای مهندس اگر خوب فهمیده باشم، خرافاتی هستید چون از عدد ۱۳ می‌ترسید...

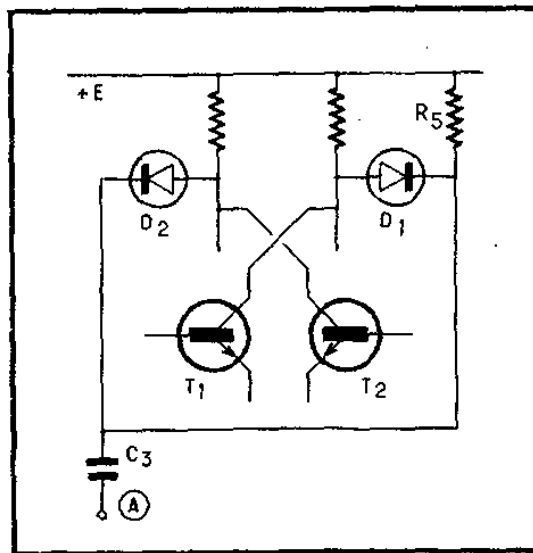
**مهندس** - ضمانت می‌کنم که خرافات در این میان هیچ نقشی ندارد. اگر بجای ۱۳، ۱۵ یا ۱۷ بود بیشتر پریشان می‌شدم. هر چه نسبت تقسیم بیشتر باشد، ساختن تقسیم‌کننده دشوارتر است؛ ویراتور چندجانبه نباید روی ضربه دوازدهم بکار بیفتد، اما روی ضربه سیزدهم بطور مطمئن باید بکار بیفتد. انجام اینکار آسان نیست. با وجود این موفق به انجام اینکار می‌شوند. بهر حال برای این نوع تقسیم‌کننده‌ها ترجیح می‌دهند مونتاژهای پیچیده‌تری بکار ببرند که ترجیح می‌دهم اکنون روی آن بافشاری نکنم چون این کارها را از موضوع دور خواهد کرد.

### تقسیم به عدد زوج



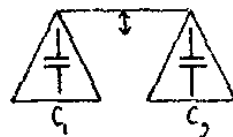
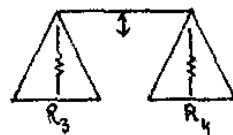
**مبتدی** - خوب، از شما متشکرم، اما می‌خواستم پرسشی بکنم. وقتی درباره عدد ۱۳ با شما صحبت کردم، بمن گفتید که از تقسیم به ۱۵ یا ۱۷ بیشتر پریشان خواهید شد. چرا فقط این عددهای فرد را گفتید؟

**مهندس** - خیلی خوب کردید که به این مطلب توجه داشتید. وقتی منظور تقسیم به عددهای زوج باشد، یک سیستم بسیار نبوغ‌آمیز وجود دارد که امکان می‌دهد آنرا با بهترین ثبات انجام داد. به شکل خلاصه‌ای که در شکل ۸۱ برایتان کشیده‌ام



شکل ۸۱ - مونتاژ دودودی که امکان می‌دهد ویراتور چندجانبه بطور قرینه زیر اثر قرار گیرد تا آنرا روی هر نوسان هم‌زمان سازد و تقسیم فرکانس به وسیله یک عدد زوج عملی گردد.

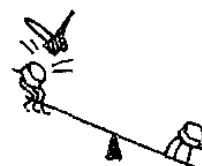
نگاه کنید. بقیهٔ ویراتور چند جانبه را نکشیده‌ام؛ فقط خاطر نشان می‌کنم که ویراتور چند جانبه با بیشترین دقت ساخته شده تا به حد امکان قرینه باشد، یعنی در نبودن، ضربه‌های همزمانی، میل دارد علائمی بدست بدهد که بسیار قرینه هم هستند در حالی که هر ترانزیستور در هر پر یود به اندازهٔ ترانزیستور دیگر مسدود باقی می‌ماند. در این کار با برابر گرفتن مقاومت‌های  $R_3$  و  $R_4$  و همچنین خازن‌های  $C_1$  و  $C_2$  شکل ۷۸ تا حد امکان موفق می‌شوند. مقدار مقاومت‌های  $R_1$  و  $R_2$  اهمیت کمتری دارند.



**مبتدی** - تصور میکنم دو ترانزیستور انتخاب خواهید کرد که تا حد امکان شبیه هم باشند.

**مهندس** - البته این کار هیچ زبانی ندارد، اما تقریباً بی‌سود است چون ترانزیستورهای ما از مسدود بودن به اشباع می‌رسند مثل کلید عمل می‌کنند.

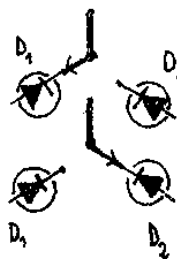
فرض کنید که ویراتور چندجانبهٔ ما میل دارد با فرکانس تقریباً ۹۰ هرتز کار کند. در نقطه A به آن ضربه‌های ۴۰۰ هرتزی می‌گذاریم. این ضربه‌ها در عین حال به کانت دیودهای  $D_1$  و  $D_2$  گذاشته می‌شوند. فقط یکی از این دو دیود که آن را به یک ترانزیستور مسدود متصل است می‌تواند ضربه را متصل کند. فرض کنید که یکی از همین ضربه‌ها نوسانی در ویراتور چندجانبه بوجود بیاورد که  $T_1$  را مسدود و  $T_2$  را به اشباع برساند. ضربهٔ بعدی می‌تواند به جمع‌کننده  $T_1$  برسد، چون



این جمع‌کننده به اختلاف سطح  $+E$  وصل است. اما در حالی که این ضربه  $\frac{1}{2}$  ثانیه بعد از توازن می‌رسد، ویراتور چندجانبه به اندازهٔ کافی دور از لحظه ایست که خود بخود نوسان کند و اگر ضربهٔ فرستاده دامنهٔ مناسبی داشته باشد، برای ایجاد



این توازن کافی نخواهد بود. در عوض ضربه بعدی  $\frac{1}{2}$  ثانیه پس از یک توازن می‌رسد، یعنی کمی قبل از لحظه‌ای که ویراتور چندجانبه خود بخود به توازن درمی‌آید (یادآوری می‌کنم که ویراتور خیلی قرینه است بنا بر این هر توازن خود بخود در اینحال  $\frac{1}{18}$  ثانیه از توازن قبلی دورتر است) پس این ضربهٔ دوم ویراتور چندجانبه

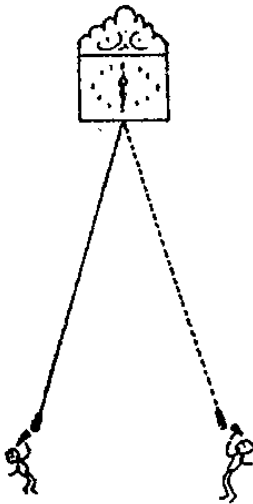


را به توازن درمی‌آورد؛  $T_1$  به اشباع می‌رسد و  $T_2$  مسدود خواهد شد. حالا  $D_2$  است که می‌تواند ضربه‌ها را متصل کند. مثل حالت قبل، ضربه بعدی نمی‌گذرد یا بطور درست‌تر اثری ندارد؛ فقط ضربه بعد از آن است که توازن دیگری بوجود می‌آورد.

**مبتدی** - در این صورت بهیچوجه فایده ندارد چون ویراتور چندجانبه شما، فقط با هر دو ضربه یکبار بکار می‌افتد؛ بنا بر این با ۲۰۰ هرتز کار می‌کند.

**مهندس** - مبتدی عزیز بنظر می‌رسد که فراموش کرده‌اید که یک پر یود کامل ویراتور چندجانبه وابسته به دو نوسان است؛ تا حدودی مثل اینست که یک نوسان «رفت» و یک نوسان «برگشت» وجود دارد. به عبارت دیگر کاملاً عادی است که ویراتور چندجانبه ۲۰۰ بار در ثانیه به توازن درآید. فرکانس واقعی آن ۱۰۰ هرتز خواهد بود.

**مبتدی** - فکرش را نکرده بودم در واقع حق با شماست. اما خیلی جالب

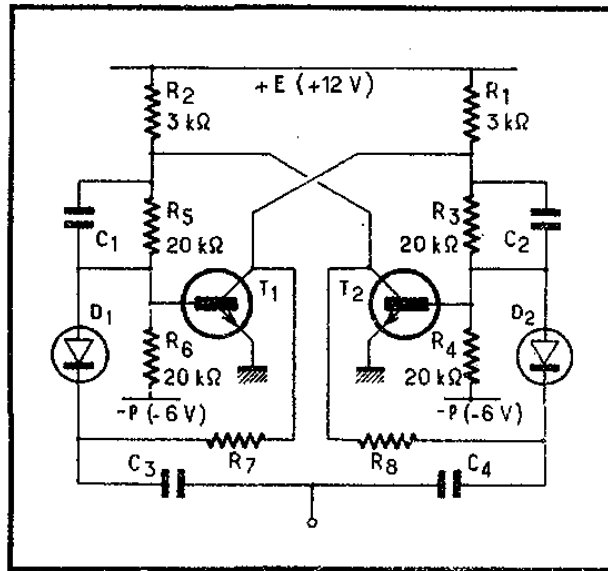


است. اگر چه بخش بر ۴ انجام می‌شود، ویرا تور چند جانبه برای هر دو ضربه ورودی یکبار یکبار می‌افتد. بنا بر این در کار خودش بیشتر ثبات دارد.  
 مهندس - البته و بهمین خاطر بود که چند دقیقه قبل بشما گفتم، بخش بر ۱۳ دشوار و بخش بر ۱۵ دشوار تر و بر ۱۷ از هر دو دشوار تر است... بر عکس بخش بر ۱۴ خیلی آسان تر از تقسیم بر ۱۳ است.

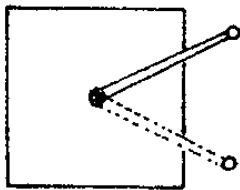
## بخش بر ۲

مبتدی - من به فکر مطلبی هستم و آن اینست که اگر لازم بود بر ۲ بخش کنند، تقریباً کار کاملی داشتیم چون ویرا تور چند جانبه با هر ضربه ورودی یکبار می‌افتاد.

مهندس - آقای مبتدی کاملاً حق با شماست و حتی راهی به شما می‌آموزم که بخش بر ۲ را برایتان مطلقاً کامل و بکلی مستقل از فرکانس انجام دهد. برای اینکار شما را با یک مونتاژ تازه آشنا می‌کنم که قیام کننده دو ثابتی یا قیام کننده اکلس - جردان نام دارد. شکل خلاصه آنرا اینجا برایتان می‌کشم (شکل ۸۲).  
 مبتدی - عجب، عجب! چقدر بنظر پیچیده می‌آید!



شکل ۸۲ - مونتاژ دو ثابتی، که «اکلس - جردان» گفته می‌شود، با دود بود که برای فرستادن ضربه‌های نوسان ساز به سوی ترانزیستوری که اشباع شده است، یکبار می‌روند.



مهندس - شاید در هم باشد، اما واقعاً پیچیده نیست. در اینجا شباهت‌هایی با ویرا تور چند جانبه شکل ۷۸ می‌بینید، مثلاً وقتی که یکی از دو ترانزیستور جردان می‌دهد، به وسیله فشار جمع کننده‌اش روی پایه ترانزیستور دیگر اثر می‌کند. بر عکس آنچه که در ویرا تور چند جانبه شکل ۷۴ وجود داشت، در اینجا ارتباط‌های مستقیم بین هر جمع کننده و پایه ترانزیستور مقابل داریم. به این ترتیب است که مثلاً اگر ترانزیستور  $T_1$  جریان بدهد (در وضع اشباع اگر ممکن باشد)، اختلاف سطح جمع کننده آن خیلی کم است. به وسیله تقسیم کننده فشار  $R_3 - R_4$ ، اختلافی سطح پایه  $T_2$



را به مقداری که کمی منفی است می‌رساند که اینکار عملاً  $T_1$  را مسدود می‌کند. برعکس اگر  $T_1$  مسدود شود، اختلاف سطح جمع‌کننده‌اش در حدود  $+E$  است. بنابراین پل مقاومتی  $R_3 - R_4$  میل دارد پایه ترانزیستور  $T_1$  را به یک فشار مثبت برساند. در واقع این پایه به زحمت مثبت می‌شود و جریان پایه یک نوع برش سر برای فشاری که به وسیله مقاومت‌های  $R_3$  و  $R_4$  به سوی آن برده می‌شود، ایجاد می‌کند.

**مبتدی** - تقریباً گفته‌های شما را فهمیدم، اما یک مثال عددی خوشحالم خواهد کرد.

### وضعیت کار یک اکلس - جردان

**مهندس** - گمان می‌کنم اگر به شکل ۸۲ نگاه کنید، راضی می‌شوید: بین پرانتز مقدار فشارهای تغذیه  $+E$ ، یعنی  $12^V$ ، پلاریزاسیون  $-P$  (که در اینجا  $6^V -$  است) و همینطور مقدار مقاومت‌ها را مشخص کرده‌ام. فرض کنید که  $T_1$  جریان بدهد و عملاد را شباع باشد، بنا بر این اختلاف سطح جمع‌کننده‌اش به صفر رسیده است، در نتیجه جریان جمع‌کننده‌اش در حدود  $4mA$  است چون این جمع‌کننده به وسیله یک فشار  $12$  ولت از راه مقاومت  $R_1$  که  $3K\Omega$  است تغذیه می‌شود. پس دو مقاومت  $R_3$  و  $R_4$  که با هم برابرند پایه  $T_1$  را به اختلاف سطح  $3^V -$  می‌رسانند. بنا بر این این ترانزیستور کاملاً مسدود خواهد بود.

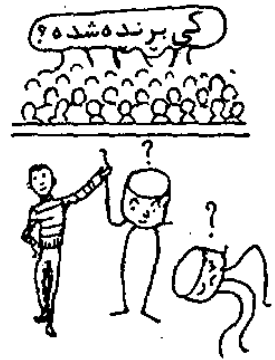
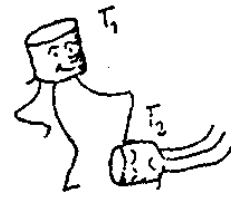
حالا فرض کنید که  $T_1$  مسدود باشد. بنا بر این اختلاف سطح جمع‌کننده‌اش در حدود  $12^V +$  است، در اینحال پل مقاومتی  $R_3 - R_4$  میل دارد پایه  $T_1$  را به اختلاف سطح  $3^V +$  برساند، البته این پایه به زحمت به اختلاف سطح  $0/3^V$  (مقدار معمولی فشار پایه ارسال‌کننده در یک ترانزیستور زرماتیومی که بطور عادی کار می‌کند) می‌رسد. در این شرایط، به آسانی می‌توان حساب کرد که به این پایه از راه مقاومت‌های  $R_1$  و  $R_3$  که رویهم  $23K\Omega$  است جریانی می‌رسد که  $0/00052^A = 12 / 23000$  یا

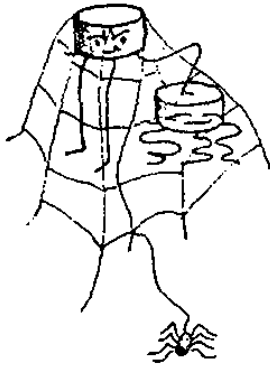
$0/52mA$  است. از طرف دیگر از راه مقاومت  $R_4$  جریانی برابر:

$0/0003^A = 6 / 20000$  یا  $0/3mA$  عبور می‌کند. بنا بر این پایه، اختلاف بین

این دو جریان یعنی  $0/22mA = 0/3 - 0/52$  را دریافت می‌کند. اگر ضرب بهره جریان در ترانزیستور فقط بیشتر از  $20$  باشد، مطمئن خواهیم بود که آنرا به اشباع رسانده‌ایم چون فراموش نکنید که جریان جمع‌کننده‌اش حداکثر برابر  $4mA$  است.

**مبتدی** - خوب، در واقع می‌بینم که در مونتاز شما، وقتی یکی از ترانزیستورها جریان می‌دهد، دیگری را مسدود می‌کند، در عوض وقتی یکی از ترانزیستورها





مسدود است، دیگری را به اشباع می‌رساند. اما چیزی که می‌خواستم بدانم اینست که کدامیک مسدود و کدامیک اشباع خواهد بود؟

**مهندس** - آقای مبتدی، دقیقاً برای پاسخ به پرسش شما ناتوانم. در واقع خیلی احتمال دارد که در مدتی که  $T_2$  اشباع است،  $T_1$  مسدود باشد، بهمین ترتیب امکان دارد که وقتی  $T_2$  مسدود است،  $T_1$  اشباع باشد.

**مبتدی** - در اینصورت مونتاژ شما نمی‌داند چه می‌خواهد!

**مهندس** - بی‌آنکه وارد بحث روانشناسی شوم، فقط به شما می‌گویم که مونتاژ مورد نظریک «دو ثابتی» است. قبلاً همراه با قیان اشویت شکل ۶۱، وقتی فشار پایه ترانزیستور  $T_1$  بین دو مقدار آستانه قرار داشت، با آن برخورد کرده‌اید.

**مبتدی** - پس این مونتاژی تواند مدتی بسا وضع  $T_1$  مسدود و  $T_2$  اشباع شده و یا برعکس آن باقی بماند.

**مهندس** - با گفته شما موافقم، با این شرط که نگوئید «مدتی». در واقع وقتی مونتاژ شکل ۸۲ در یک وضع مشخص است، ممکن است تا موقعی که وضعیت را تغییر نداده‌اند، تا بی‌نهایت در همان حال بماند.

## آغاز بکار اکس-جردان

**مبتدی** - در اینصورت چگونه «وضعش را تغییر می‌دهید»؟ (از همان اصطلاح خودتان استفاده کردم).

**مهندس** - در اینجا است که دیوهای  $D_1$  و  $D_2$  دخالت می‌کنند. فرض کنیم که مونتاژ در وضعیتی است که  $T_1$  مسدود و  $T_2$  اشباع است. می‌بینیم که در این شرایط کاتد دیوهای  $R_1$  و  $R_2$  به اختلاف سطح‌هایی وصل شده‌اند که از

اینقرار هستند؛ کاتد  $D_1$  تقریباً به  $+12^V$  و کاتد  $D_2$  تقریباً به اختلاف سطح صفر. یک ضربه منفی به نقطه  $A$  می‌فرستیم؛ خازن‌های  $C_1$  و  $C_2$  این ضربه را در یک

زمان به کاتدهای دو دیود منتقل می‌کنند. اما چون کاتد  $D_1$  به  $+12^V$  وصل است، در حالی که آند آن به اختلاف سطح منفی وصل است ( $T_1$  مسدود)، ضربه‌ای بایش

از  $12^V$  لازم است تا بتواند  $D_1$  را رسانا سازد. در عوض کاتد  $D_2$  به اختلاف سطح صفر (یا تقریباً صفر) وصل است و آند آن اختلاف سطحی دارد که نزدیک به صفر

و یا بسیار کم مثبت است (گفتم که  $0/2$  یا  $0/3$  ولت است). بنابراین فقط دیود  $D_2$  رسانا خواهد شد. یک ضربه منفی به پایه  $T_2$  گذاشته خواهد شد که مسدود

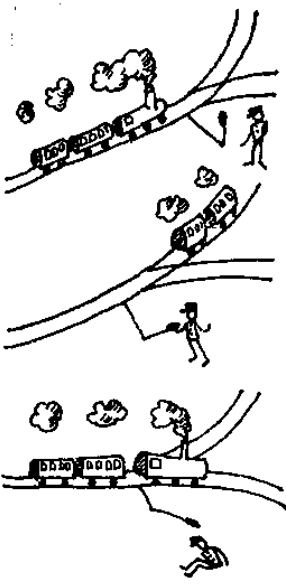
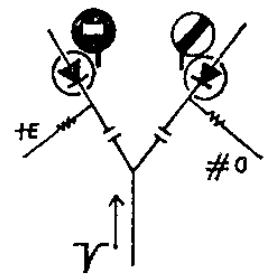
می‌گردد. افزایش فشار وابسته به جمع‌کننده آن به وسیله  $R_1$  -  $R_2$  و به ویژه به وسیله خازن  $C_1$  که کناره‌های عمودی را بخوبی انتقال می‌دهد، به پایه  $T_1$  منتقل شده و آنرا

از حالت مسدود بودن خارج می‌کند. بنابراین دستگاه تغییر وضع داده است.

**مبتدی** - خوب تا اینجا متوجه شدم. اما ضربه بعدی همین اثر را دارد. در حالی که باید اثر معکوس داشته باشد تا مونتاژ را به حالت اولیه برگرداند.

**مهندس** - مبتدی عزیز، بنظرم فراموش کرده‌اید که ترانزیستور  $T_1$  رسانا شده است در حالی که  $T_2$  مسدود گردیده است. بنابراین پس از نوسان، مقاومت  $R_1$

به تدریج آند دیود  $D_1$  را به اختلاف سطحی نزدیک به صفر می‌رساند؛ در همین مدت



مقاومت  $R_A$  به تدریج اختلاف سطح کاتد  $D_2$  را به مقداری نزدیک به  $12^v$  می‌رساند. اگر به اندازه کافی صبر کنید و سپس ضربه بعدی را بفرستید، می‌بینید که وضعیت پلاریزاسیون‌های کاتد دیودها نسبت به آنچه که قبل از نخستین ضربه بود، معکوس شده است. بنابراین وقتی ضربه دوم می‌رسد، عمل معکوس انجام می‌شود یعنی این ضربه مونتاژ را به وضع اولیه برمی‌گرداند.

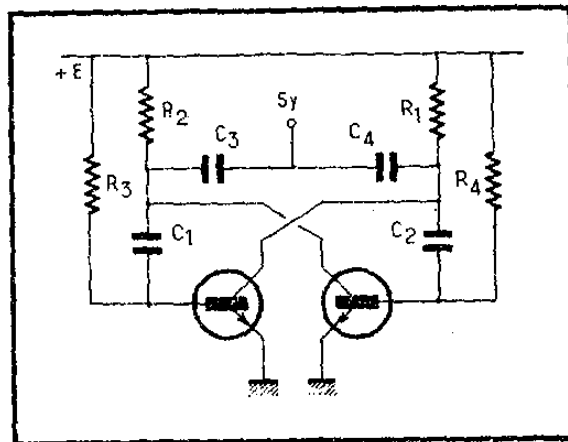
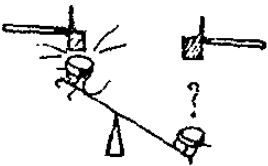
**مبتدی** - این دستگاه بسیار نوخ آمیز است. در واقع دیودهای  $D_1$  و  $D_2$  نقش یک سوزن بان راه آهن را بازی می‌کنند که ضربه را به طرف ترانزیستوری می‌فرستند که درست برای مسدود شدن به آن نیاز دارد.

**مهندس** - کاملاً حق دارید، منظور همین سوزن بانی است. اما به ویژه توجه شما را به نقشی که مقاومت‌های  $R_A$  و  $R_B$  و همچنین خازن‌های  $C_3$  و  $C_4$  در کار این سوزن بانی بازی می‌کنند، جلب می‌کنم. یکبار که مونتاژ به توازن درآمد، تغییر اختلاف سطح‌های کاتد دیودهای  $D_1$  و  $D_2$  به تدریج انجام می‌شود، در واقع باید زمان لازم را برای اینکه  $C_3$  از راه مقاومت  $R_B$  و  $C_4$  از راه مقاومت  $R_A$  پر شوند، حساب کرد. در واقع سوزن بانی کاملاً مؤثری وجود دارد که به وسیله وضعیت قبلی قپان فرمان داده شده است. نقش تأخیر اندازی مدارهای  $R_B - C_3$  و  $R_A - C_4$  اساسی است و برای اینکه مقایسه راه آهنی شما را کامل کرده باشم می‌گویم که همین نقش از انجام کار سوزن بانی (تعویض مسیر) در لحظه عبور ترن جلوگیری می‌کند.

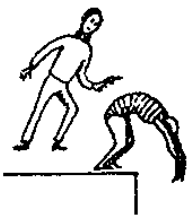
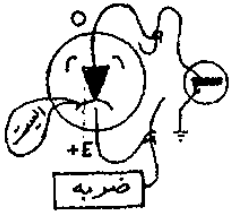
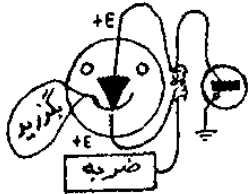
**مبتدی** - با وجود این چنین چیزی در مونتاژ شکل ۸۱، که در آن دیودهای  $D_1$  و  $D_2$  نقش یک سوزن بان مشابه را بازی می‌کنند وجود ندارد...

### دیودهایی که سوزن بان نیستند

**مهندس** - بهیچوجه آقای مبتدی؛ در اینجا مرتکب اشتباه متداولی می‌شوید، اما دلم می‌خواهد مثل همه مردم عمل نکنید... در مونتاژ شکل ۸۱، دیودهای  $D_1$  و  $D_2$  به منظور بازی کردن نقش یک سوزن بان گذاشته نشده‌اند. تنها هدف آنها اینست که به ضربه منفی که باید توازن ایجاد کند اجازه بدهند تا به سوی یکی از



شکل ۸۳ - برای تقسیم یک فرکانس به عدد زوج ویبراتور چند جانیته دودیودی را زوی دو جمع کننده اش همزمان می‌کنند و ویبراتور چندجانیته را تا حد امکان فریبده درست می‌کنند.



جمع کننده‌ها برود، درحالی که همین جمع کننده پس از آن، مثل اینست که از منبع ضربه جدا شده است. درمونتاز شکل ۸۱ می‌توانستیم با دشواری زیاد اینکار را در نقطه A انجام بدهیم و به وسیله دو خازن کوچک  $C_3$  و  $C_4$  (شکل ۸۳) ضربه‌ها را به دو جمع کننده بفرستیم...

**مبتدی-** آه، نه دیگر! در این صورت آنها را فقط به جمع کننده ترانزیستور مسدود نخواهید فرستاد بلکه به دیگری هم می‌فرستید.

**مهندس-** آقای مبتدی، انتظار دارید ترانزیستور اشباع شده با دریافت ضربه منفی روی جمع کننده‌اش چه کاری بکند؟ تأثیر آن بهمان اندازه است که روی تنه درخت تنومندی داغ کوچکی بگذارید. جمع کننده چنین ترانزیستوری وقتی به این ترتیب زیر تأثیر قرار بگیرد، این ضربه منفی را به پایه ترانزیستور مسدود می‌فرستد، که قطعاً اینکار نمی‌تواند آنرا بیشتر مسدود کند. فقط ترانزیستور مسدود است که در برابر ضربه منفی وارد شده روی جمع کننده‌اش حساس است و آنرا از راه خازن ارتباطی به پایه ترانزیستور اشباع شده می‌فرستد و به این ترتیب است که توازن آغاز می‌شود.

**مبتدی-** پس در این صورت چرا یک خازن  $C_3$  یک مقاومت  $R_5$  و دو دیود  $D_1$  و  $D_2$  که بهای آنها زیاد است بکار برده‌اید؟ چون فقط دو خازن کافی است.

**مهندس-** ابتدا درباره بهای آنها بگویم که یک دیود خوب، گرانتر از یک خازن نیست. اما بعد، اگر این دیودها را بکار برده‌ام برای اینست که به ویراتور چند جانیه امکان بهتر کار کردن داده شود. وجود دو خازن که به هر یک از جمع کننده‌ها می‌رود درحالی که همین خازن‌ها از سوی دیگر به نقطه A متصلند که از آنجا ضربه‌های منفی می‌رسد، ممکن بود کار ویراتور چند جانیه را دچار اغتشاش کند. در عوض با بکار بردن دو دیود  $D_1$  و  $D_2$  در شکل ۸۱، آن دیودی که اول رسانا می‌شود، یک ضربه را به جمع کننده ترانزیستور مناسب منتقل می‌کند، پس از آنکه توازن بوجود آمد، این دیود مسدود می‌شود. وضع کارطوری است که بنظر می‌رسد در این لحظه منبع ضربه‌ها را از ویراتور چند جانیه جدا کرده‌اند.

**مبتدی-** پس این دیودها نقش ساده یک کلید را بازی می‌کنند. می‌توان بجای آنها دو کلید کوچک گذاشت که پس از فرستادن ضربه آنها قطع کنند.

**مهندس-** در اصل بله. اما اگر بتوانید قطع و وصل کلیدهای خود را با تقریب

۱ میکروثانیه انجام دهید و وقتی لازم باشد این کار را ۲۰۰۰۰ بار در ثانیه انجام دهید،

تشویقتان می‌کنم از کارت‌تان دست بکشید و در یک سیرک نمایش بدهید.

**مبتدی-** البته! اما چیز دیگری هم هست که کمی ناراحت می‌کند و آن اینست که آیا در مونتاز شکل ۸۲ دیودهای سوزن‌بانی  $D_1$  و  $D_2$  همین نقش جدا کننده منبع ضربه‌ها و قپان را بازی نمی‌کنند؟

**مهندس-** چرا، کاملاً درست است. چون این دیودها در عین حال دیودهای سوزن‌بانی و دیودهای جداسازی منبع از قپان هستند. در وضع مونتازهای شکل ۷۸ و ۸۱ دیودها فقط نقش جدا کننده منبع و مونتاز بکار افتاده را بازی می‌کردند. برای اینکه بهتر متوجه شوید، تشبیه مکانیکی آنها برایتان می‌گویم. تعدادی شیرچه‌رو را در نظر بگیرید که پشت سر هم از روی سکوبه آب می‌پرند، درحالی که مری شنا آنها

را همزمان می‌کند به این ترتیب که روی پشت شیرچه روئی که آماده پریدن است ضربه‌ای می‌زند بطوری که او را کمی زودتر از زمانی که در نظر دارد شیرچه برود به آب بیندازد...

**مبتدی** - در این صورت، برای بدبختی که قبل از لحظه‌ای که انتظار دارد به آب پرت می‌شود، نتیجه شوم است!

**مهندس** - نه، مطمئن باشید! پیش‌انداختن حرکت خیلی کم است. شیرچه در همان موقع آماده پریدن است. حالا بررسی کنیم که مریبی شنا چگونه کار می‌کند. او شیرچه‌رو را به جلو می‌راند تا اینکه حرکت کند. بنابراین باید ارتباط مکانیکی بین مریبی شنا و شیرچه‌رو یک جانبه باشد. به عبارت دیگر مریبی شنا باید بتواند شیرچه‌رو را به جلو براند اما نباید به وسیلهٔ او کشیده شود. اگر مریبی شنا بجای فشار دادن دست به پشت شیرچه‌رو، محکم شانه‌های او را بگیرد، دو حالت وجود دارد: یا مریبی خوب جا گرفته است تا مانع شود که شیرچه‌رو او را بطرف آب بکشد و یا اینکه به وسیلهٔ او کشیده می‌شود و با او شیرچه می‌رود...

**مبتدی** - کار خوبی می‌کند!

**مهندس** - آن یک داستان جداگانه است. می‌بینید آقای مبتدی، در این حالت، مثل وضع بکار افتادن یک ویبراتور چندجانبه یا هر چیز دیگر، ارتباطی لازم است که جز در یک جهت عمل نکند و بمحض اینکه توازن شروع شد قطع کند. همین نقش است که همیشه دیوها بازی می‌کنند؛ همینطور در بعضی موارد می‌توانند نقش سوزن بان را بازی کنند همانطور که این وضع در مونتاژ شکل ۸۲ دیده می‌شود. حالا پس از این گفتگوی دراز دربارهٔ نقش دیوها و خارج شدن از موضوع، به کار این مونتاژ بر می‌گردیم.

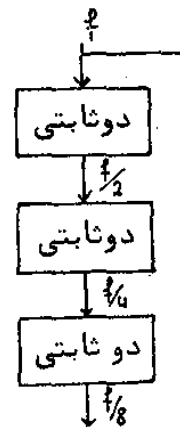
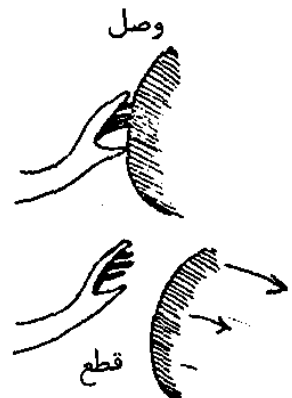
### توازن اکلس - جردان

**مبتدی** - گمان می‌کنم اکنون همه چیز را گفته باشید به این ترتیب که هر بار که یک ضربه به A می‌رسد، مونتاژ تغییر وضع می‌دهد. بنابراین باید دو ضربه در نقطه A داشت تا مونتاژ به وضع اولیه برگردد.

**مهندس** - درست است. کار مجموعه را بدرستی فهمیده‌اید. پس می‌بینید که این دستگاه می‌تواند برای پخش کردن یک فرکانس، که هر چه می‌خواهد باشد، به ۲ بکار برود. به این دستگاه بخش‌کننده غیر دوره‌ای می‌گویند. اگر علائم تهیه شده روی جمع‌کننده این مونتاژ را بکار ببریم و آنرا به وسیلهٔ یک مدار مشتق‌گیر نده از نوع مدار شکل ۶۴ به ضربه تبدیل کنیم، می‌توانیم به وسیلهٔ آن قیام دو ثابتی دیگری را تحریک کنیم و به این ترتیب تقسیم بر عدد ۴ را عملی کرده‌ایم. می‌بینید که با این روش می‌توانیم به سادگی تقسیم فرکانس‌ها را به ۴، ۸، ۱۶، ۳۲، ... عملی کنیم.

**مبتدی** - تصور می‌کنم نخستین تقسیم‌کننده در میان این تقسیم‌کننده‌هاست که حداکثر سرعتی را که مونتاژی می‌تواند با آن کار کند، محدود می‌کند. تکامل معمولی دستگاهها تا چه اندازه است؟

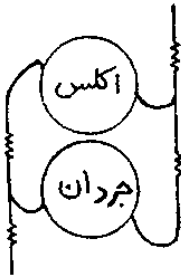
**مهندس** - یک قیام مانند شکل ۸۲ را می‌توان بسیار آسان با فرکانس‌های ۵ یا ۶ مگاهرتز بکار انداخت با انتخاب خوب ترانزیستورها و با مقاومت‌هایی



کمتر از مقدارهایی که برای شما مشخص کرده‌ام، بخوبی موفق می‌شوند فرکانس‌هایی را که تا ۳۰ مگاهرتز هم می‌رسند، بخش کنند.

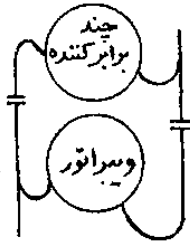
توجه خواهید کرد که این دستگاه تا چه اندازه پاسخگوی نیازهای ساخت یک بخش کننده کامل است چون همین قپان که با دریافت ضربه‌هایی با فرکانس ۳۰ ملیون در ثانیه، در خروجی علائمی با فرکانس ۱۵ ملیون پریود در ثانیه بدست می‌دهد، با دریافت چهارضربه در ثانیه به همان روش کار می‌کند و در خروجی علائمی بدست می‌دهد که فرکانس آن ۲ هرتز است.

**مبتدی** - این مدار بسیار جالب است. افسوس که فقط به ۲ قسمت می‌کند (یا ۴، ۸، ۱۶، ...)



**مهندس** - دستگاه‌هایی با چند وضع ثابت وجود دارند که امکان می‌دهند بخش بر اعداد دیگری غیر از ۲ به همین تکامل انجام شود، این اعداد ممکن است ۳، ۴، ۵ و یا هر مقدار دیگر باشد. این مجموعه‌ها بر اساس شیب به اساس مونتاژ شکل ۸۲ استوارند. این دستگاه‌ها کمی مفصل‌تر هستند و جزئیات آنها را وقتی درباره‌شمارش گفتگو می‌کنیم، خواهیم دید.

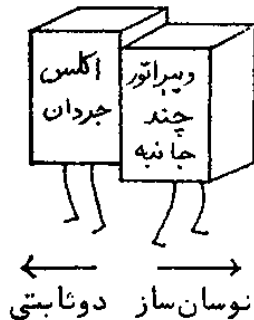
**مبتدی** - بیچاره من! قپان اکلس-جردان شما بخودی خود پیچیده بود! اگر بخواهید چیزهای پیچیده‌تری برایم بگوئید، احساس می‌کنم که مغز من نمی‌تواند مقاومت کند.



**مهندس** - آقای مبتدی ناراحت نشوید؛ این کار را خیلی به تدریج انجام می‌دهیم و خواهید دید که در باطن بی‌نهایت کمتر از آن پیچیده است که با نگاه کردن به شکل آن تصور می‌شود.

**مبتدی** - امیدوارم اینطور باشد. در واقع فهمیدن کار یک مونتاژ، اگر بتوان آنرا با مونتاژی که قبلاً شناخته‌ایم مقایسه کرد، کمی آسان‌تر است. به این ترتیب بین اکلس-جردان شکل ۸۲ و ویبراتور چندجانبه شکل ۷۸ شما بنظر من بعضی شباهت‌ها وجود دارد. اختلاف اساسی آن دو در اینست که در ویبراتور چندجانبه، ارتباط‌های یک جمع‌کننده با پایه‌ی ترازیستور مقابل از راه خازن‌ها برقراری شود. در مونتاژ اکلس-جردان ارتباط همیشگی به وسیله پل‌های مقاومتی برقرار است.

### قپان یک ثابتی



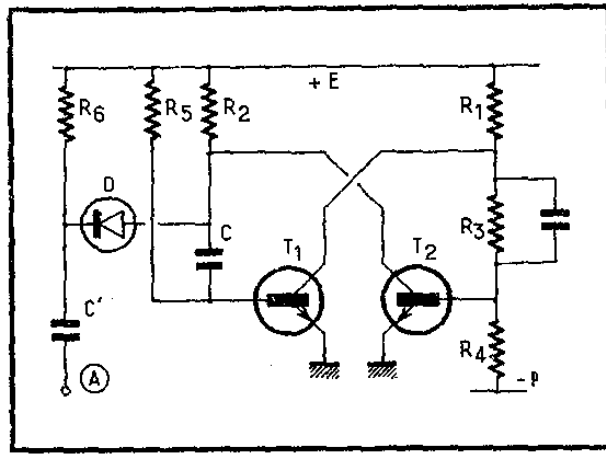
**مهندس** - آقای مبتدی کاملاً حق با شماست. حالا که می‌بینم خوب و سر حال هستید. درباره‌ی مونتاژ تازه‌ای برایتان صحبت می‌کنم که تقریباً فرزند مونتاژهای شکل ۸۲ و شکل ۷۸ است و این مونتاژ را بطور خلاصه در شکل ۸۴ کشیده‌ام.

**مبتدی** - این دیگر مخلوط شگفت‌آوری است چون ترازیستور  $T_1$  به وسیله تقسیم‌کننده فشار  $R_4 - R_3$  با ترازیستور  $T_2$  تزویج شده است همانطور که در مونتاژ اکلس - جردان دیده می‌شود در حالی که جمع‌کننده  $T_3$  مثل ویبراتور چندجانبه شکل ۷۸ به وسیله خازن C با پایه‌ی ترازیستور  $T_1$  تزویج شده است. در این حالت این مونتاژ نوسانی است یا دو ثابتی؟

**مهندس** - نه اینست و نه آن. در واقع ویبراتور چندجانبه شکل ۷۸ به طبقه‌ای از مونتاژها تعلق دارد که «ثابتی‌ها» نام دارد، یعنی در شمار مونتاژهایی است که نمی‌توانند

در يك وضع نامشخص بمانند چون در نتیجه دگرگونی ناگهانی که در يك لحظه بوجود می آید و یا در اثر يك ضربه راه انداز کمی شتاب پیدا می کنند و از آن وضع خارج می شوند. مونتاژ شکل ۸۴ وضعی دارد که در آن تابی نهایت می تواند بساقي بماند و این وضعیتی است که در آن ترانزیستور  $T_1$  در اشباع جریان می دهد در حالی که ترانزیستور  $T_2$  را مسدود می کند، درست همانطور که در اکلس - جردان پیش می آید.

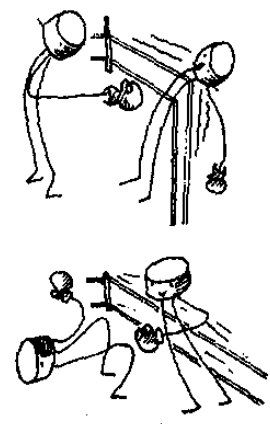
**مبتدی** - در این صورت يك مونتاژ دو تابی مانند قبل است.



شکل ۸۴ - مونتاژ يك تابی، مخلوطی از ویبراتور چند جانبه و مونتاژ دو تابی است که می توان آنرا با گذاشتن ضربه در A به توازن درآورد و خود بخود به حال اول بر می گردد.

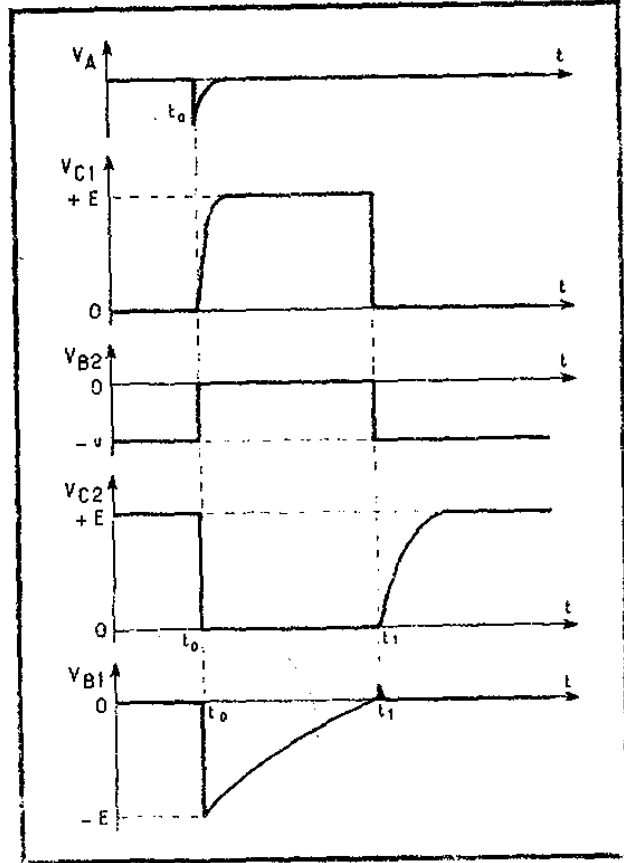
**مهندس** - نه آقای مبتدی این مونتاژ دو تابی نیست، يك تابی است. در واقع اگر يك ضربه منفي به نقطه A گذاشته شود، از راه خازن  $C'$  به کاند دیود D منتقل خواهد شد؛ این ضربه از راه این دیود و خازن C، میل دارد ترانزیستور  $T_1$  را مسدود کند. بمحض اینکه جریان این ترانزیستور آغاز به کم شدن کند، افزایش در اختلاف سطح جمع کننده اش بوجود می آید (افت فشار در  $R_1$  کاهش می یابد) این افزایش به پایه ترانزیستور  $T_2$  انتقال می یابد که شروع به جریان دادن می کند. اختلاف سطح جمع کننده  $T_2$  کاهش می یابد، این کاهش که از راه خازن C به پایه ترانزیستور  $T_1$  منتقل می شود عمل ضربه اصلی را تقویت می کند تا اینکه به مسدود کردن کامل  $T_1$  و کار  $T_2$  در حال اشباع کشانده شود.

**مبتدی** - این همانست که به شما می گفتم چون این دومین حالت ثابت است



**مهندس** - نه این حالت نمی تواند تا بی نهایت برقرار باشد چون فراموش نکنید که حالا اختلاف سطح پایه  $T_1$  منفي است. جریانی از راه مقاومت  $R_5$  خواهد گذشت، این جریان می خواهد اختلاف سطح پایه  $T_1$  را زیاد کند در عین حال خازن C به وسیله همین جریان خالی خواهد شد. بمحض اینکه پایه  $T_1$  کمی مثبت شد،  $T_1$  دوباره شروع به جریان دادن می کند، اختلاف سطح جمع کننده اش پائین خواهد آمد که میل دارد جریان دادن  $T_2$  را کم کند و در نتیجه اختلاف سطح جمع کننده  $T_2$  را بالا می برد. این بالا رفتن اختلاف سطح که به وسیله خازن C به  $T_1$  گذاشته

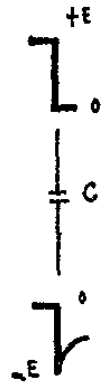
می‌شود به دگرگون شدن مجموعه شتاب بیشتری می‌دهد تا اینکه  $T_1$  دوباره اشباع و  $T_2$  مسدود شود.



شکل ۸۵ - شکل موجهای يك ثابتی شکل ۸۴

مبتدی - تمام این پدیده‌ها که همزمان بوجود می‌آیند و رویهم اثر می‌کنند بی‌نهایت پیچیده هستند و من به زحمت می‌توانم آنها را بفهمم.

علائم قبایل يك ثابتی



مهندس - برای کمک به شما، در شکل ۸۵ منحنی‌های نمایش تغییرات اختلاف سطح‌های گوناگون الکترودهای مونتاژ را بر حسب زمان کشیده‌ام. می‌بینیم که در  $A_1$  در لحظه  $t_0$  يك ضربه منفی به مونتاژ گذاشته‌اند. در این لحظه اختلاف سطح جمع‌کننده  $T_1$  می‌خواهد به  $+E$  افزایش یابد. این افزایش از راه پل  $R_2 - R_4$  به پایه ترانزیستور  $T_2$  که در اصل با فشار  $-U$  مسدود شده انتقال می‌یابد و به این ترتیب اختلاف سطح آن کمی بالای صفر می‌رسد. همان‌طور که می‌بینید، این موضوع خارج شدن  $T_2$  از مسدود بودن را بدنبال دارد چون اختلاف سطح جمع‌کننده آنرا تقریباً به صفر می‌رساند.

این کاهش اختلاف سطح جمع‌کننده  $T_2$  که از راه  $C$  به پایه  $T_1$  انتقال یافته است (این پایه در اصل اختلاف سطح صفر داشته است) اختلاف سطح این پایه را به



مقداری نزدیک به  $E$  - می‌رساند.

**مبتدی** - می‌خواستم بدانم چرا این مقدار  $E$  - است؟

**مهندس** - آقای مبتدی این اصل مشهور را فراموش کرده‌اید که فشار در دوسریک خازن نمی‌تواند از یک مقدار معین در زمانی تقریباً صفر تغییر کند. اگر به آن فکر کنید خواهید دید که درست قبل از رسیدن ضربه در  $A$ ، اختلاف سطح جمع کننده  $T_1$  مقدار  $E$  + بوده است ( $T_1$  مسدود)، اختلاف سطح پایه  $T_2$  تقریباً صفر بوده است. بنابراین خازن  $C$  با فشاری نزدیک به  $E$  پر شده است؛ درست پس از توازن، باز هم با فشار  $E$  پر شده است. چون جوشن فوقانی آن به اختلاف سطحی نزدیک به صفر رسیده است ( $T_1$  مسدود) بنابراین جوشن پائینی آن فقط به اختلاف سطحی در حدود  $E$  - رسیده است.

**مبتدی** - اقرار می‌کنم که دیگر به اصل مشهور شما فکر نمی‌کردم. فراموش کردم آنرا با حروف زرین بنویسم و در اطاقم آویزان کنم. اما باور کنید که دیگر تأخیری در اینکار نخواهم کرد. روی منحنی‌های شما می‌بینم که اختلاف سطح پایه  $T_1$  درست پس از توازن آغاز به زیاد شدن می‌کند. تصور می‌کنم به علت جریانی باشد که از  $R_5$  می‌گذرد.

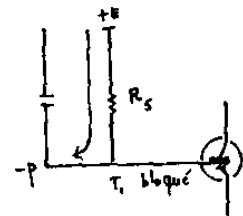
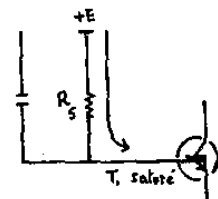
**مهندس** - اشتباه نمی‌کنید، وقتی  $T_1$  اشباع شده بود، جریانی که از  $R_5$  می‌گذشت به پایه این ترانزیستور می‌رفت. حالاً که  $T_1$  مسدود است، تنها کاری که این جریان می‌تواند بکند، خالی کردن خازن  $C$  و حتی اگر قبل از آن چیزی وارد کار نمی‌شد، پر کردن آن در جهت مخالف است. اما قبل از اینکه به این مرحله برسد، اختلاف سطح پایه  $T_2$  تقریباً به صفر می‌رسد و این چیزی است که در زمان  $t_1$  می‌گذرد. در این لحظه می‌بینید که ترانزیستور  $T_1$  دوباره رسانا می‌شود اختلاف سطح جمع کننده آن به صفر می‌رسد که در اثر همین کار ترانزیستور  $T_2$  را که اختلاف سطح جمع کننده اش به سوی  $E$  + افزایش می‌یابد، مسدود خواهد کرد.

**مبتدی** - آقای مهندس در آنجا یک بخش صعودی کشیده‌اید که نشان‌دهنده افزایش نسبتاً آهسته اختلاف سطح جمع کننده  $T_2$  است. چرا؟

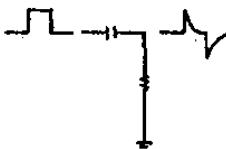
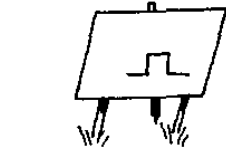
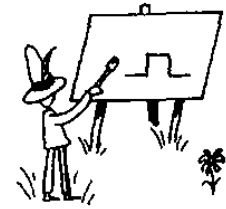
**مهندس** - فراموش نکنید که برای افزایش اختلاف سطح جمع کننده  $T_2$  باید جریانی که از  $R_5$  می‌گذرد اول خازن  $C$  را پر کند. جوشن پائینی این خازن به وسیله ارتباط پایه - ارسال کننده  $T_1$  که جریان می‌دهد در اختلاف سطح تقریباً صفر نگهداشته شده است، در این صورت این خازن فقط به تدریج پر خواهد شد و به این ترتیب نمی‌گذارد اختلاف سطح جمع کننده  $T_2$  جز به آهستگی افزایش یابد.

**مبتدی** - طرز کار مونتاز عجیب شما را دارم می‌فهمم. با وجود این شکفت آور است چون اگر فکر کنیم می‌بینیم که ترانزیستور  $T_2$  تازه شروع به جریان دادن کرده است که مسدود می‌شود. این موضوع مشخص کننده احساس وحشتناک محرومیت در آنست.

**مهندس** - می‌توانید برای ترانزیستورها یک درمانگاه روانشناسی تأسیس کنید تا بتوانید اثرهای ناراحت کننده این عقده را جبران کنید. تا آن وقت، به استفاده از مونتازهای که برای کاربردهای زیادی جالب است اکتفا کنید.



کاربرد يك ثابتی‌ها



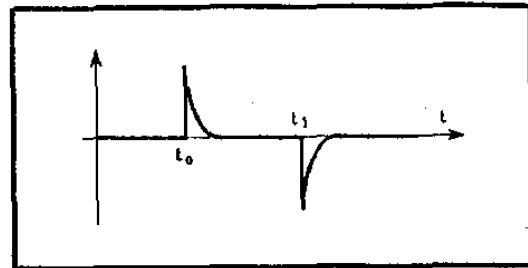
**مبتدی-** اما در اینجا با ویراتور چندجانبه سروکار نداریم چون تا حدودی، به غیر از یک مورد، کار آن شبیه ویراتور چندجانبه نیست.

**مهندس-** درست به همین جهت که یکبار با دونوسان، که اولی با تحریک و دومی خود بخود انجام می‌شود، مثل آن کار می‌کنم آنرا ویراتوریک جانبه می‌گویند. گاهی هم دیده می‌شود که آنرا «ویراتور چند جانبه یک ثابتی» نامیده‌اند. از این نامگذاری که در شکم خودش جمع اضداد است وحشت دارم بهمان اندازه که از کلمه‌های گازفیزی و یا روشنی تاریکی وحشت می‌کنم. جالب بودن مونتاژ برای اینست که ضربه بکار برده در A هر چه باشد، به شرطی که برای ایجاد نوسان کافی باشد، می‌بینید که در جمع کننده  $T_1$  علامتی با زمان برقراری یکسان و دامنه غیر متغیر بدست می‌آوردید. بنا بر این دستگاه برای یکنواخت کردن ضربه‌ها نهایت مطلوب است. مثلاً یادتان هست که ضربه‌های تهیه شده به وسیله شمارگر گایگر-مولر کاملاً نامنظم بودند. اگر آنها را به ورودی مدار یک ثابتی مانند شکل ۸۴ بگذاریم، می‌توانیم آنها را شبیه بهم کنیم و اینکار گذشته از همه چیز، شمارش آنها را آسان می‌کند.

**مبتدی-** برش دادن سر آنها ساده تر است.

**مهندس-** در آن صورت نتیجه بدست آمده به این تکامل نیست. در واقع وقتی ضربه‌های داده شده به وسیله چنین شمارگری زیاد بلند باشد، در عین حال درازتر هم هست و در نتیجه لامپ شمارگر زمان درازتری لازم دارد تا دوباره ایونیزاسیون خود را از دست بدهد. برش سر ساده ضربه‌هایی به ما خواهد داد که بلندی یکسانی دارند اما همه آنها پهنای برابر نخواهند داشت. از این گذشته کاربرد جالب دیگری برای این مونتاژ یک ثابتی وجود دارد. فرض کنید که فشار جمع کننده ترانزیستور  $T_1$  را بگیریم و آنرا به یک مدار مشتق گیرنده مانند مداری که در شکل ۶۴ بررسی کردیم بگذاریم. اگر خازن C و مقاومت R مدار مشتق گیرنده را بحد کافی کوچک انتخاب کرده باشیم چه نتیجه‌ای از آن بدست می‌آید؟

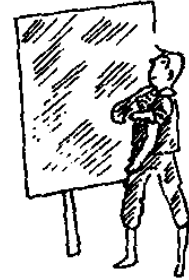
شکل ۸۶- بامشتق گرفتن علامت نمایان شده روی جمع کننده  $T_1$  مونتاژیک ثابتی، می‌توان یک ضربه منفی بازمان  $t_1$  بدست آورد که نسبت به ضربه ایجادنوسان تأخیر دارد.



**مبتدی-** گمان می‌کنم بتوانم آنرا بگویم؛ اگر حافظه من درست باشد، در خروجی این مداریک ضربه مثبت در لحظه  $t_0$  (شکل ۸۶)، در لحظه‌ای که اختلاف سطح جمع کننده  $T_1$  ناگهان زیاد می‌شود، بدست می‌آوریم، بعد در زمان  $t_1$  در لحظه‌ای که دوباره از مسدود بودن خارج می‌شود و اختلاف سطح جمع کننده آن

ناگهان پائین می آید، يك ضربه منفی بدست می آوریم.  
**مهندس** - قطعاً آقای مبتدی، این نام بیش از پیش برایتان نامناسب است! کاملاً درست گفتید. در این شرایط فرض کنید که به کمک يك دیود، ضربه مثبت را قطع کنم. بنابراین غیر از ضربه منفی در لحظه  $t_1$  چیزی باقی نمی ماند. پس این ضربه بعد از ضربه تحریک خواهد رسید با تأخیری که فقط بستگی به خازن ها و مقاومت های مونتاژ شکل ۸۴ دارد. پس به این ترتیب يك مونتاژ تأخیر انداز ضربه ساخته ایم به این معنی که اگر ضربه ای در A به آن بگذاریم، از آن يك ضربه بسا تأخیری خارج می شود که آنرا به درستی می شناسیم و می توانیم بر حسب مقدار عنصر های مونتاژ این تأخیر را از کس میکر و ثانیه تا چندین ثانیه تغییر دهیم.

**مبتدی** - در این صورت برای این کشف به شما تبریک نمی گویم پیوسته تکرار می کنند که الکترونیک فن سرعت به حد کمال است. حالا شما وسیله ای کشف کرده اید که تأخیری در کار آن وارد کنید؛ بنا بر این در جهت عکس پیشرفت قدم بر می دارید.



### کاربرد تأخیر اندازها

**مهندس** - آرامتر، با کلمات بازی نکنید. در عملیات تدریجی، لازم است بتوانیم يك علامت را با زمانی قابل تنظیم به تأخیر بیندازیم. به ویژه وقتی بخواهند به وسیله این علامت پدیده ای را تحریک کنند و بهمین ترتیب اسپیلوسکوپ پیش بینی شده برای مشاهده این پدیده را بکار بگیرند؛ همین کار را می کنند به این ترتیب که پدیده را با تأخیر تحریک می کنند و اسپیلوسکوپ را بدون تأخیر بکار می گیرند. از این راه می توانیم پدیده را با اسپیلوسکوپ کاملاً مشاهده کنیم؛ زیرا جاروی اسپیلوسکوپ قبل از اینکه پدیده آغاز شود، آغاز بکار کرده است.

**مبتدی** - آقای مهندس بگوئید ببینم اگر اسپیلوسکوپ را کمی جلوتر بکار بیندازیم بهتر از آن نیست که پدیده با تأخیر ایجاد شود؟

**مهندس** - خوب آقای مبتدی، يك «مدار پیش انداز» را برایم کشف کنید که بتواند در خروجی خود به مقدار مشخصی از زمان قبل از اینکه ضربه ای به ورودی آن گذاشته شود، ضربه ای به ما بدهد؛ و شما قول می دهید ابتدا شهرت جهانی پیدا کنید و بعد موفقیت بزرگی در جامعه دانشگامیان نصیب شما شود!

**مبتدی** - درست می گوئید، فکرش را نکرده بودم؛ بسه این ترتیب بجای داشتن يك اسپیلوسکوپ پیش افتاده، ترجیح می دهند پدیده ای با تأخیر (عقب افتاده) داشته باشند... همانطور که در این جهان همه چیز نسبی است.

**مهندس** - بنا بر این از قلّه بلند فلسفه پائین می آئیم و به مشاهدات زمینی بر می گردیم تا توجه شما را جلب کنم که خیلی دیر است. نمی خواهم به این ترتیب مسئول بگو مگوی شما و «پولت» باشم...

**مبتدی** - کاملاً حق دارید و دفعه بعد گفتگوی خودمان را دنبال می کنیم.



## مبحث نهم

دوست جوان مامی خواهد با اینهمه در علائم (و همینطور در افکار خود) نظم و ترتیبی به وجود بیاورد. بنا بر این بدنیال آن خواهد رفت که بدانند چگونه می توان علائم را «تمیز داد» یعنی آنها را بر حسب فرکانس، دامنه و زمان ادامه از هم جدا کرد؛ و خواهد دید که چگونه مشاهده های روی گریه های ماده که بچه زائیده اند، مسئله «جدا کننده های دامنه» را روشن می کند.

### تمیز دادن علائم



**مبتدی** - آقای مهندس، با در نظر گرفتن گوناگونی غیر عادی شکل های علائم که با خوشحالی آنها را شکنجه می دهید، باید شناختن آنها از هم دشوار باشد.

**مهندس** - نه چندان، ضربه ها را با علائم مستطیل شکل، یا سینوسی شکل اشتباه نخواهید کرد و یک اسیلوسکوپ کافی است تا بدانیم با کدام علامت سر و کار داریم.

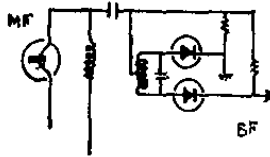
**مبتدی** - بله، اما ابتکار نیاز به آن دارد که همیشه یک نفر اسیلوسکوپ را زیر نظر بگیرد. نمی شود یک جداسازی «خودکار» برای این علائم بوجود آورد؟  
**مهندس** - خیلی خوب هم می شود. و آن گهی این کار مرا به راهی می برد که باید درباره مسئله تمیز دادن علائم برایتان صحبت کنم.

**مبتدی** - این داستان دیگر چیست؟

**مهندس** - بطور ساده منظور ساختن مدارهایی است که بتوانند تغییرات یکی از مشخصه های علائم را نمودار کنند. مثلاً یک تمیز دهنده فرکانس می سازند که وقتی به ورودی آن علائمی گذاشته شود، بر حسب اینکه فرکانس این علائم از یک مقدار انتخاب شده بیشتر یا کمتر باشد، در خروجی فشاری مثبت یا منفی به ما می دهد.

#### تمیز دهنده

**مبتدی** - آه، درست است! باید بیاد می آوردم. در واقع دستگاهی که در گیرنده های با مدولاسیون فرکانس جاسانشین آشکارساز معمولی در رادیوهای با مدولاسیون دامنه می شود، تمیز دهنده می نامند. بنا بر این قبلاً با این دستگاه آشنا شده ام.



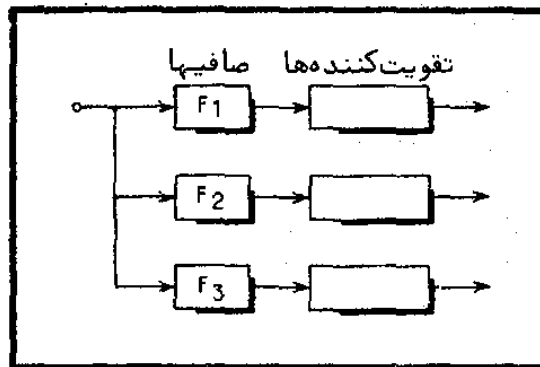
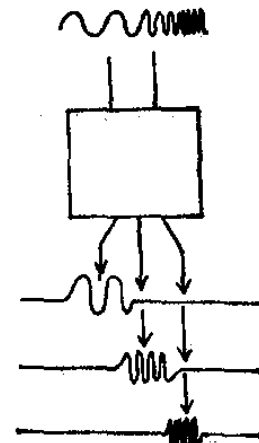
**مهندس** - در واقع دستگاهی که گفتید برای این نوع کاربرد بسیار متداول است. در کاربرد صنعتی معمولاً منظور اینست که تغییرات یک فرکانس را برای هدفی نمایان سازند که با نقطه نظر شما در بخش رادیویی فرق دارد. به این ترتیب است که مثلاً یک لمس کننده را که در یک مقایسه کننده کلفتی است بکار بیندازند که این لمس کننده روی جوشن متحرک یک خازن واقع در یک مدار نوسانی، قرار دارد. بیاد دارید که از کاربرد چنین جذب کننده ای نام بردیم. مدار نوسانی مورد بحث که بخشی از یک نوسان ساز را تشکیل می دهد، به ما امکان خواهد داد که فرکانسی بدست بیاوریم

که وقتی جوشن متحرك خازن جا بجا می شود، این فرکانس تغییر خواهد کرد. فشار متناوب با فرکانس متغیر وقتی به ورودی يك تمیز دهنده گذاشته شود، در خروجی فشاری می دهد که همانند تغییر جوشن متحرك، متغیر خواهد بود.

**مبتدی** - بنا بر این همیشه دستگاهی مورد نظر است که بر حسب فرکانس ورودی فشاری کم و بیش زیاد ایجاد می کند؟

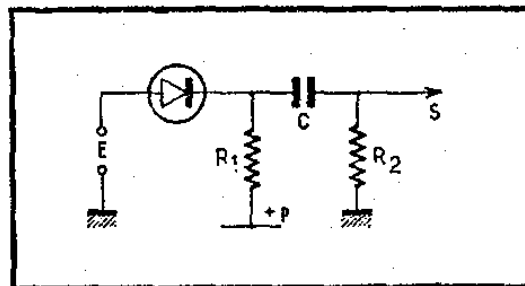
**مهندس** - می توان چیز دیگری هم ساخت. ممکن است به دستگاهی نیاز داشته باشید که وقتی روی ورودی خودش علائم با فرکانس متغیر را می گیرد، بر حسب آنکه فرکانس این علائم در چه محدوده ای از فرکانس قرار دارد، آنها را به راههای (کانال های) مختلف بگذارد...

**مبتدی** - ساختن آن باید بی نهایت پیچیده باشد!

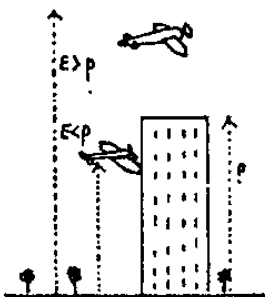


شکل ۸۷ - بر حسب فرکانس علامت ورودی، صافی ها این علامت را به طرف تقویت کننده های مختلف می فرستند. به این ترتیب يك تمیز دهنده فرکانس ساخته می شود.

**مهندس** - نه، به چه چوچه، حتی بسیار ساده است. کافی است تعدادی تقویت کننده جدا ساز (شکل ۸۷) ساخت که هر کدام از آنها يك صافی برای گذراندن باند معینی از فرکانس داشته باشند و همه آنها در يك زمان زیر اثر علائم قرار بگیرند. باندهای گذرای مختلف صافی ها همدیگر را نمی پوشانند، بلکه در کنار هم قرار دارند بطوری که يك علامت ورودی بر حسب فرکانسی که دارد از يك راه (یا کانال) و یا از راه (کانال) دیگر خارج می شود به این ترتیب جدا سازی علائم را بر حسب فرکانس آنها عملی کرده ایم.



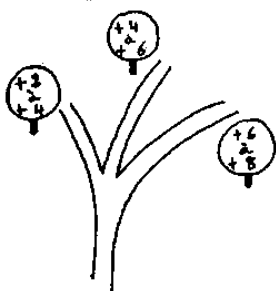
شکل ۸۸ - در S ضربه ای دریافت نمی شود مگر آنکه در E ضربه ای گذاشته شود که فشار قله آن بیشتر از P باشد.



**مبتدی-** آیا جداسازی علائم بر حسب دامنه آنها هم امکان پذیر است؟  
**مهندس-** کاملاً. با یکی از دستگاہهای برش سر که در شکل های ۵۴، ۵۳ و ۵۵ به شما نشان دادم و با کمی تغییر در آن می توان اینکار را انجام داد. به این ترتیب است که مثلاً مدار شکل ۸۸ فشار خروجی S را به شما نخواهد داد مگر آنکه فشار ورودی E از یک مقدار +P بیشتر شود و تا موقعی که E کمتر از +P است، دیود مسدود است.

**مبتدی-** خازن C و مقاومت R<sub>p</sub> به چه درد می خورند؟  
**مهندس-** فقط برای حذف مؤلفه مستقیم ایجاد شده در نتیجه پلاریزاسیون +P که روی کاتد دیود وجود دارد، بکار می روند.

**مبتدی-** بنا بر این فرستادن علائم در جهت های مختلف بر حسب دامنه آنها بسیار آسان است چون کافی است چند عدد از مونتاژ شکل ۸۸ شما با مقادیر گوناگون و درجه بندی شده P ساخت و در هر راه فقط برای فشارهای کاملاً معین راه خروج وجود دارد.



**مهندس-** در واقع تمیز دهنده بر حسب دامنه را به همین ترتیب می سازند، اما مسئله کمی پیچیده تر از آنست که گمان می کنید. فرض کنید که پنج مدار مطابق شکل ۸۸ درست کنیم که مقدار پلاریزاسیون P آنها به ترتیب +۲، +۴، +۶، +۸ و +۱۰ ولت باشد. در یک لحظه همه آنها دیودها را که بین خودشان متصل هستند زیر تأثیر می گیریم. بدیهی است که کاتد دیودی که پلاریزاسیون آن +۱۰ ولت است علامتی عبور نخواهد داد مگر آنکه فشار ورودی از +۱۰ ولت تجاوز کند. همینطور کاتد دیودی که پلاریزاسیون +۶ ولت دارد، علائم را منتقل نمی کند مگر آنکه علائم دامنه ای بالاتر از +۶ ولت داشته باشند. اما ممکن است بخواهیم روی یک کانال علائمی نداشته باشیم مگر آنکه فشار ورودی دامنه ای داشته باشد که بین +۶ و +۸ ولت قرار گرفته باشد.

**مبتدی-** این موضوع هیچ مشکلی به وجود نمی آورد چون همان چیزی است که روی کاتد با پلاریزاسیون +۶ ولت پیدا می کنیم.

**مهندس-** خوب آقای مبتدی، شما مرا بفکر یکی از دوستانم می اندازید. او گربه ماده ای داشت که خیلی دوستش داشت و برای این گربه در پائین دره یک گربه رو درست کرده بود یعنی در پیچه ای گذاشته بود که بقدر کفایت بزرگ بود تا گربه بتواند بدون اشکال از آن بگذرد. اما بعد از آن، این گربه بچه هائی پیدا کرد. دوست من که می خواست کاری بکند که بچه گربه ها هم بتوانند بگذرند بفکرش رسید که پهلوی گربه روی اصلی، گربه روهای کوچکی درست کند...



**مبتدی-** نمی دانم چه رابطه ای با موضوع دارد ولی بهر حال کاملاً بیهوده است چون بچه گربه ها هم بخوبی می توانستند بدنیاال مادرشان از گربه روی اصلی بگذرند...

**مهندس-** آقای مبتدی حرفی را که می خواستم یزنم زدید. کاتد دیودی که پلاریزاسیون +۶ ولت دارد، وقتی یک علامت بیشتر از ۶ ولت به ورودی برسد

آنرا تحویل خواهد داد. اما اگر این فشار ورودی از ۸ ولت هم بگذرد، تحویل دادن را قطع نخواهد کرد بلکه برعکس تمام فشارهای بالاتر از آنرا هم تحویل می‌دهد.

**مبتدی-** آه! چقدر احمق بودم، فکرش را نکرده بودم! پس کاری نمی‌شود کرد.

### جداکننده چندکانالی

**مهندس-** چرا، مطمئن باشید. موقعیتی که در آن فقط روی کاتد با پلاریزاسیون +۶ ولت علائم را بدست می‌آوریم و روی کاتد با پلاریزاسیون +۸ ولت بدست نمی‌آوریم چیزی است که ما بدنبال آن هستیم یعنی علائمی که در ورودی دامنه آنها بین ۶ و ۸ ولت قرار دارد. بنابراین به کمک مدارهایی که «ضد برخورد» نام دارند دستگاهائی می‌سازیم که به وسیله خروجی کاتد با پلاریزاسیون +۶ ولت زیر تأثیر قرار می‌گیرند و به وسیله خروجی کاتد با پلاریزاسیون +۸ ولت مسدود می‌شوند و به این ترتیب مسئله را حل کرده‌ایم.

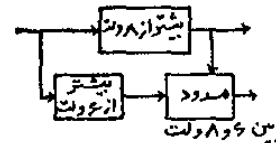
**مبتدی-** دلم می‌خواهد قبول کنم ولی شما این مسئله را با جادو حل کرده‌اید! این مدارهای ضد برخورد چیست که تا بحال اسمش را نشنیده‌ام؟

**مهندس-** می‌توان بسیاری از آنها را به روش‌های گوناگون در نظر گرفت. مثلاً می‌توانیم یک دستگاه شکل‌دهنده در خروجی دیودی که پلاریزاسیون +۸ ولت دارد قرار دهیم. این دستگاه بطور مثال یک ویبراتور یک‌جانبه (سیستم یک‌ثابتی) خواهد بود که وقتی دامنه علامت از ۸+ ولت تجاوز کرد، بکار می‌افتد. علامت این ویبراتور یک‌جانبه برای مسدود کردن یک تقویت‌کننده بکار خواهد رفت که ورودی معمولی آن زیر تأثیر علامتی که از کاتد با پلاریزاسیون +۶ ولت خارج شده است، قرار دارد. پس این تقویت‌کننده قادر خواهد بود فقط وقتی کار کند که علامت ورودی از ۶ ولت تجاوز کند (تا علامتی در ورودی داشته باشد) و در عین حال این علامت به ۸ ولت نرسیده باشد (برای اینکه مدار یک‌ثابتی را تحریک نکند و در نتیجه تقویت‌کننده مسدود نگردد).

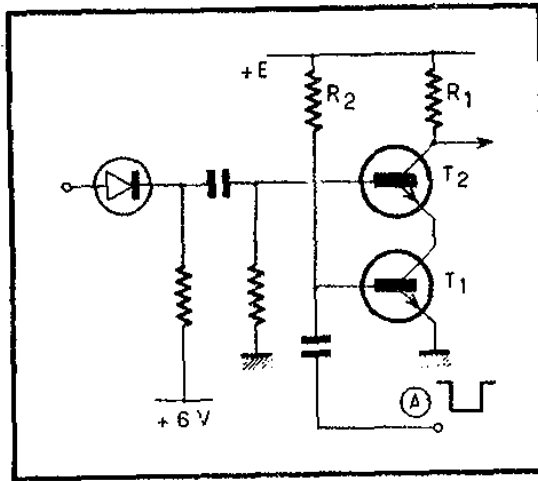
**مبتدی-** دارم می‌فهمم، با اینحال دو چیز را می‌خواستم بدانم. ابتدا چرا این یک‌ثابتی را در خروجی دیودی که پلاریزاسیون ۸ ولت دارد بکار برده‌اید و بعد چطور یک تقویت‌کننده قابل مسدود کردن را درست می‌کنند؟

**مهندس-** اگر این ویبراتور یک‌جانبه را بکار بردم فقط برای اینست که فشاری در اختیار داشته باشم که به محض رسانا شدن دیود با پلاریزاسیون ۸ ولت از «هیچ» (یا قطع) به «همه» (یا اصل) برسد. اگر علامت کاتد این دیود را مستقیماً برای مسدود کردن تقویت‌کننده‌ام بکار برده بودم، مسدود کردن بر حسب اینکه علامت کم و بیش از ۸ ولت تجاوز می‌کرد، با انرژی کمتری انجام می‌شد. ویبراتور یک‌جانبه در اینجا فقط به عنوان دستگاه شکل‌دهنده، دستگاه یکسان‌کننده ضربه‌ها بکاررفته که بمحض آنکه علامت ورودی کمی از ۸ ولت تجاوز کند یک علامت کاملاً مشخص بیا می‌دهد.

به عنوان تقویت‌کننده مسدود شدنی، می‌توانید هونتازی که بطور خلاصه



در شکل ۸۹ کشیده ام بکار ببرید. می بینید که ترانزیستور  $T_1$  معمولاً همیشه اشباع است. در واقع پایه آن از راه مقاومت  $R_2$  به  $+E$  وصل است، بنابراین مثل یک اتصال کوتاه عمل می کند و کارها طوری است که گوئی ارسال کننده ترانزیستور  $T_2$  به بدنه وصل است. برعکس ترانزیستور  $T_2$  کسه پلاریزاسیون پایه اش صفر است، مسدود می باشد. این ترانزیستور بوسیله فشاری که از کاتد دیود با پلاریزاسیون ۶ ولت خارج می شود، از مسدود بودن خارج می گردد. اگر هیچ علامتی به  $A$  گذاشته نشود، یک علامت که به پایه  $T_2$  برسد، روی جمع کننده اش یک علامت منفی بما خواهد داد. برعکس اگر یک علامت منفی خارج شده از یک ثابتی که زیر تأثیر دیود پلاریزاسیون ۸ ولت است، به  $A$  گذاشته شود، در مدتی که این علامت می رسد، ترانزیستور  $T_1$  به صورت مسدود درمی آید و ما در خروجی چیزی نخواهیم داشت (روی جمع کننده  $T_2$ ) حتی اگر  $T_2$  از مسدود بودن خارج شود.



شکل ۸۹- اگر به آن دیود ضربه ای بیش از ۶ ولت گذاشته شود، ترانزیستور  $T_2$  از مسدود بودن خارج می شود به شرط آنکه ضربه ای به  $A$  نرسد که علامت بدهد و آنرا مسدود کند.



**مبتدی-** بینیم مونتاژ شما فقط برای علامت هائی مؤثر است که امکان دارد در زمان وجود علامت تهیه شده به وسیله یک ثابتی به پایه  $T_2$  برسند. اگر علامت های رسیده روی کاند  $T_2$  طولانی تر باشند، دستگاه کار نمی کند.

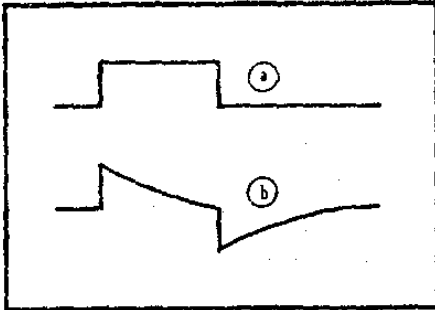
**مهندس-** حق باشماست، اصولاً این مونتاژ برای آن ساخته شده است که به غیر از ضربه های نسبتاً کوتاه چیزی را نگیرد. اگر بخواهید برای کل کردن با علامت های غیر مشخص مناسب باشد باید بجای ویرا-توز یک جانبه یک نوع قیاب اشمیت بگذارید و بین خروجی این قیاب تا پایه  $T_1$  یک ارتباط مستقیم بر قرار کنید.

**مبتدی-** در این صورت جدا کننده دامنه شما مجموعه ای خواهد شد که نسبتاً پیچیده است. خوشبختانه پنج کانال بیشتر نیست.

**مهندس-** آقای مبتدی، به این سادگی مطمئن نشوید، جداسازهای دامنه ای وجود دارند که تا ۱۰۰ یا ۲۰۰ کانال دارند. فقط باید مونتاژ مورد نظر را به تعداد کافی تکرار کرد. این نوع جداسازها بخصوص برای طبقه بندی کردن ضربه های ورودی بکار می روند که این ضربه ها از یک شمارگر گایگر-مولر یا یک چند برابر-



کننده نوری مجهز به يك برق زن بدست آمده اند. پس به این ترتیب می توان ضربه های



شکل ۹۰ - يك علامت مستطیل شکل طولانی (a) که به مدار مشتق گیرنده گذاشته شود، با تغییر شکل کامل از آن خارج می گردد (b) که در بخش منفی پیشروی قابل توجهی کرده است.

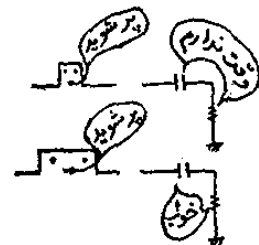


با دامنه های کمتر از ۱۷، از ۱ تا ۲۷، از ۲ تا ۳۷ و غیره را بطور جداگانه شماره کرد. این شمارش ضربه های با سطح معین امکان می دهد که انرژی پارتیکول هائی را که با این دستگاه نمایان ساخته اند، محاسبه کنند.

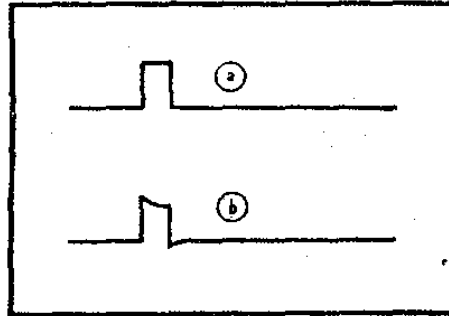
### جدا سازی بر حسب مدت علامت

**مبتدی** - اگر می خواستند ضربه های گرفته شده را بر حسب مدت آنها، نه دامنه آنها، جدا کنند چه می کردند؟  
**مهندس** - راه حل های زیادی وجود دارد؛ البته ما با یکسان کردن دامنه تمام ضربه ها که به وسیله برش سر انجام می شود کار را آغاز می کنیم. وقتی این کار انجام شد، می توانیم از يك مدار مشتق گیرنده ساده مانند شکل ۶۴ استفاده کنیم.  
**مبتدی** - در این صورت من چیزی نمی فهمم چون چنین مداری هر علامت مستطیلی را به دو ضربه تبدیل می کند که یکی مثبت در ابتدا و دیگری منفی در انتهاست.

**مهندس** - این وضع برای ضربه های است که پهنای آنها بسیار زیاد باشد. یادتان هست که امکان ایجاد مدارهائی را در نظر گرفتیم که خازن و مقاومتی با مقدار زیاد نسبت به مدت زمانی که ابتدا و انتهای ضربه را از هم جدا می کند، داشته باشند. اگر به چنین مداری يك ضربه طولانی بفرستیم، همانطور که روی شکل ۹۰a نشان داده ام، فشار خروجی قطعاً به صورتی است که در ۹۰b نشان داده شده است یعنی يك ضربه مثبت در آغاز و يك ضربه منفی در پایان، می بینید که در این حالت مدت زمان علامت ورودی به اندازه کافی بزرگ است که خازن بتواند در مدت رسیدن این علامت کاملاً خالی شود. برعکس اگر علامت کوتاهتری بفرستیم مانند شکل ۹۱a، می بینیم که خازن در مدت وجود علامت، وقت خالی شدن ندارد (یا درست تر بگویم خیلی کم خالی می شود). بنابراین در خروجی، علامتی شبیه به آنچه در شکل ۹۱b نشان داده شده است داریم که عملاً ضربه منفی ندارد. به وسیله يك دستگاه که ضربه های مثبت را قطع می کند و ضربه های منفی را هم اگر از يك آستانه (یا حد) نگذرند نمایان نمی کند، مداری خواهیم داشت که می تواند ضربه های کوتاه را (که علامتی به خروجی نخواهند داد) از ضربه های طولانی (که در پایان ضربه طولانی علامتی در خروجی



می‌دهند) تمیز بدهد.



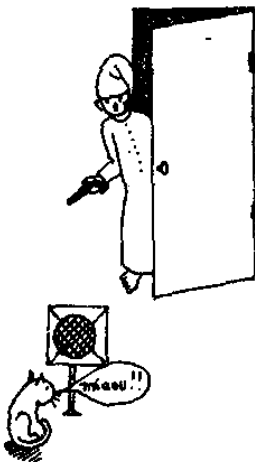
شکل ۹۱- اگر يك علامت کوتاه (a) به مدار مشتق گیرنده گذاشته شود، در خروجی (b) تغییر شکل کمی پیدا می‌کند و پیشروی در بخش منفی کم است.



**مبتدی-** همین باعث تأسف است. چرا نباید دستگاهی داشت که از ابتدای ضربه طولانی يك علامت بدست بدهد؟  
**مهندس-** آقای مبتدی فکر نمی‌کنید که چنین دستگاهی باید جادوگر باشد چون يك ضربه طولانی و يك ضربه کوتاه هر دو به يك نوع آغاز می‌شوند. وقتی به انتها رسیدند می‌توان گفت که ضربه طولانی بوده است یا کوتاه.  
**مبتدی-** درست است... اقرار می‌کنم که به این مطلب فکر نکرده بودم.

### تمیز دهنده شکل موج

**مهندس-** این موضوع نشان می‌دهد که همیشه خوب است قبل از گفتن کمی فکر کنیم. حالا می‌توانیم علائمی داشته باشیم که بخواهیم آنها را بر حسب شکلشان تمیز دهیم. مثلاً می‌توانیم دستگاهی بسازیم که غیر از ضربه‌ها چیزی را نمایان نسازد و تغییرات آهسته را نمایان نکند. برای اینکار کافی است که يك مدار ساده مشتق-گیرنده، همان مدار جاودانی شکل ۶۴ را بکار ببریم. اگر فشاری به ورودی آن بگذاریم که آهسته تغییر کند، تقریباً در خروجی چیزی بدست نمی‌دهد، چون خازن زمان لازم برای پر شدن یا خالی شدن در مدت تغییرات آهسته دارد و اینکار با کمترین جریان پر شدن یا خالی شدن انجام می‌شود که با عبور از مقاومت، فشار بسیار کمی بدست می‌دهد. برعکس تغییرات ناگهانی فشار گذاشته شده به ورودی، بطور کامل از راه خازن دوباره منتقل خواهد شد و بنابراین آنرا در خروجی خواهیم یافت.

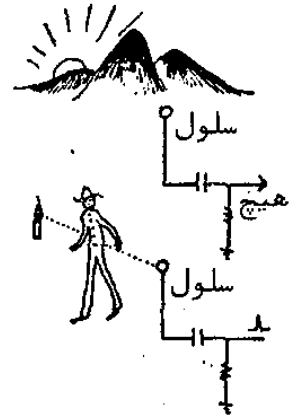


**مبتدی-** بنظر من این مطلب بسیار روشن است، اما نمی‌دانم برای چه علائم با تغییرات ناگهانی را از علائم با تغییرات آهسته باید جدا کرد.  
**مهندس-** حافظه شما کم است. بیاد بیاورید که دستگاه دزدگیری ساخته بودید و باعث ناراحتی شما شد...

**مبتدی-** از این کار وحشتناک صحبت نکنید که خاطره بسیار بدی است!  
**مهندس-** با وجود این یادتان هست که بشما پیشنهاد کردم از سلول فتو-الکتريك استفاده کنید. در این حالت خوبست که بدنیاال این سلول مداری بگذارید که فقط در برابر تغییرات ناگهانی روشنائی حساس باشد، مثل وقتی که یک نفر ضمن عبور بین لامپ و سلول قرار بگیرد. به این ترتیب علامت‌هایی را که ممکن است از تغییرات آهسته روشن یا تیره شدن سلول نتیجه شده باشند (مثل طلوع خورشید یا فرارسیدن شب) حذف می‌کنند.

**مبتدی** - و اگر برعکس این را می‌خواستند یعنی در برابر تغییرات ناگهانی روشنایی حساس نباشد و فقط تغییرات آهسته نور را نمایان کند چطور؟

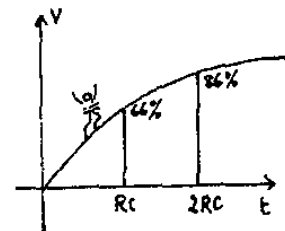
**مهندس** - بطور ساده يك مدار كه «انتگرال گیرنده» نام دارد یعنی مدار شكل ۷۰ را بكار می‌بریم. درحالی‌كه مدار مشتق گیرنده شكل ۶۴ يك صافی بالا گذر بود، مدار شكل ۷۰ يك صافی پائین گذر است. این صافی مؤلفه‌های با فرکانس بالا یا دگرگونی‌های سریع را حذف می‌کند و فقط مؤلفه‌های مستقیم را حفظ می‌کند. این دستگاه شبیه دستگاہی است كه روی اتومبیل خودم بكار برده‌ام. در جلوی کابوت اتومبیل يك سلول فتوالكتریک كوچك نصب کرده‌ام كه يك قبان اشمیت را زیر تأثیر می‌گیرد تا لامپ كوچكي را در تابلوی جلوی راننده روشن كند و این كار وقتی انجام می‌شود كه روشنایی محیط اطراف خیلی ضعیف شده و من هنوز چراغ اتومبیل را روشن نكرده‌ام. چون نمی‌خواستم هر بار كه از زیر يك درخت كمی انبوه می‌گذرد این لامپ روشن و خاموش شود، يك صافی شبیه صافی شكل ۷۰ گذاشته‌ام كه مجهز به ثابت زمانی در حدود ۱۰ ثانیه است. همه چیز طوری مرتب شده كه گوئی سلول فتوالكتریک من بسیار آهسته جواب می‌دهد و بنا بر این فقط در روشنایی متوسط آسمان، كه به طرف آن برگردانده شده است، حساس است.



### ثابت زمانی

**مبتدی** - از نظر فكر بسیار زیر كانه است. با وجود این می‌خواستم بدانم منظورشما از ثابت زمانی به درستی چیست؟

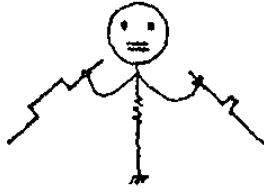
**مهندس** - منظور كمیتی است كاملاً متداول كه آنرا برای تمام مدارهای دارای مقاومت و خازن بكار می‌برند. ببینید آقای مبتدی وقتی ظرفیت خازن C مثلا يك مدار انتگرال گیرنده را در مقاومت R آن ضرب می‌کنند، عددی پدست می‌آید كه می‌توانند آنرا بر حسب ثانیه بیان کنند (به شرط آنكه C بر حسب فاراد و R بر حسب اهم باشد). این زمان وابسته به مدتی است كه خازن لازم دارد تا از راه مقاومت R پر شود و یا روی آن خالی شود بطوری‌كه این پر شدن یا خالی شدن به مقدار ۶۳ درصد بار پایانی آن باشد. از من نخواهید كه علت انتخاب این رقم را بگویم چون برای این كار باید از معادلات دیفرانسیل استفاده كنم.



**مبتدی** - همه چیز را قبول دارم اما نه اینكار را!

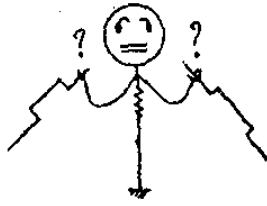
**مهندس** - خاطر جمع باشید، به آن نیازی نداریم. بنا بر این در پایان زمانی كه برابر این ثابت زمانی RC است، خازن به مقدار ۶۳ درصد مقدار پایانی اش پر یا خالی شده است. پس از مدتی كه دو برابر ثابت زمانی است، خازن به مقدار ۸۶ درصد پر یا خالی خواهد شد. بالاخره در پایان مدتی كه سه برابر ثابت زمانی باشد پر شدن (یا خالی شدن) تا ۹۵ درصد انجام خواهد شد. به عبارت دیگر برای يك مدار مشتق گیرنده یا انتگرال گیرنده مقادیرهای جداگانه C و R معین نیستند كه به حساب می‌آیند بلكه حاصل ضرب آنهاست كه بر حسب ثانیه (یا میکروثانیه) بیان می‌شود و نام آنرا ثابت زمانی گذاشته‌اند.

**مبتدی** - بنا بر این اگر خوب فهمیده باشم، وقتی منظور جدا کردن علامت‌ها بر حسب زمان باشد، يك ثابت زمانی انتخاب کرده‌اید كه نسبت به علامت شكل



۹۰۸ کوتاه و نسبت به زمان علامت نشان داده شده در شکل ۹۱۸ دراز (طولانی) باشد؟

مهندس - کاملاً درست گفتید، در واقع بهمین ترتیب ثابت زمانی را انتخاب می‌کنند. و آن‌گهی به همین دلیل است که هر چه نسبت زمان ضربه طولانی به ضربه کوتاه بزرگتر باشد، تمیز دادن علامت‌ها از هم مؤثرتر انجام می‌شود.



## مبحث دهم

دوستان ما که در کارهای پی‌درپی خود، رد علامت‌ها را تعقیب می‌کنید، به لحظه‌ای رسیده‌اند که بسیار علاقمندند علامت را «بکار ببرند». در اینحال مبتدی می‌فهمد که «رله‌ها، چندان ساده نیستند» برای اینکه قطعه‌های را بگردانند، باید موتوری وجود داشته باشد؛ مهندس برای او از رازهای این دستگاهها و مدارهائی که می‌توانند به آنها فرمان دهند، پرده برمی‌دارد.

### رله‌ها و موتورها

**مهندس** - حالا انواع گوناگون «پس‌دهنده» را بررسی می‌کنیم.  
**مبتدی** - این دستگاهها چیست که هیچوقت درباره‌اش برایم صحبت نکرده‌اید؟  
**مهندس** - چرا، درباره آنها برایتان مطالبی گفته‌ام. بنا براین یادتان رفته است که تمام دستگاههای الکترونی تشکیل می‌شوند از یک جذب کننده که اثر خارجی را به یک علامت الکتریکی تبدیل می‌کند، یک میدل که روی علائم همه نوع تغییری را به وجود می‌آورد و بالاخره یک پس‌دهنده که از علامت تغییر کرده نشانه مورد نظر را بدست می‌دهد و یا عملی را به انجام می‌رساند.  
**مبتدی** - آه پس به آخرین حلقه زنجیر رسیدیم. پس مطلب دارد جدی می‌شود.



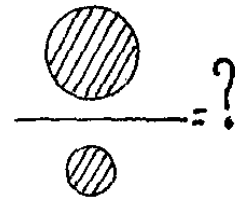
**مهندس** - آقای مبتدی مطلب همیشه جدی بود. وانگهی اگر اکنون با آخرین حلقه زنجیر روبرو هستیم، بازهم چیزهای زیادی درباره کار بردهای اختصاصی برای گفتن داریم. بهر حال کار را با رله‌ها شروع می‌کنیم.

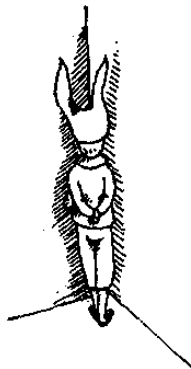
### مقاومت يك قرقره رله

**مبتدی** - اینکار بی‌فایده است، چون مطلب را کاملاً می‌دانم.  
**مهندس** - خوب، حالا که طبق گفته محجوبانه شما «مطلب را کاملاً می‌دانید»، می‌توانید بمن بگوئید مقاومت يك رله مشخص چگونه بر حسب فشاری که باید آنرا بکار بیندازد تغییر می‌کند؟

**مبتدی** - آه... این پرسش بیشتر جنبه ریاضی دارد!  
**مهندس** - از شما نخواستیم که توضیح مفصل بدهید. فقط خواستم کمی فکر کنید.

در يك رله مشخص، يك مشخصه مهم تعداد آمپر-دوری است که برای جذب کردن لازم است، به عبارت دیگر حاصل ضرب تعداد دور قرقره در جریان لازم برای جذب تیغه به طرف هسته است که عمل می‌کند و اتصال‌های رله را وصل می‌کند. يك رله مشخص را در نظر می‌گیریم (شکل ۹۲) که برای قرقره آن يك محل ممین را در نظر گرفته‌اند. این قرقره چند دور سیم پیچی با سیمی که مقطع و مقاومت آن ممین است دارد. فرض کنید بجای این سیم، سیمی بکار ببریم که قطر





	2	3
4	5	6
7	8	9

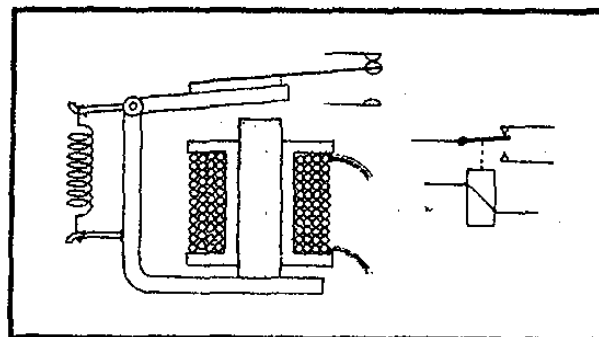
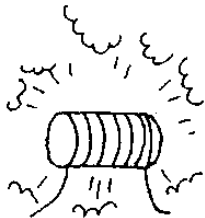
آن سه بار کوچکتر باشد، مقطع آن چقدر کم شده است؟  
**مبتدی** - خیلی ساده است، به نسبت ۳.

**مهندس** - آقای مبتدی نمره شما صفر است. چگونه جرأت می کنید بگوئید که وقتی قطر يك دایره را به نسبت ۳ کم می کنید، سطح آن بهمین نسبت کاهش پیدا می کند؟ با اینحال مدتهاست می دانید که سطح يك دایره متناسب با توان دوم شعاع آنست! بنابراین با يك شعاع (یا يك قطر) که  $\frac{1}{3}$  باشد، سطحی که داریم ۹ بار کوچکتر است. پس می توانیم تعداد دورها را ۹ بار بیشتر کنیم. حالا می توانید بگوئید که مقاومت جدید چقدر است؟

**مبتدی** - این بار دیگر بسیار ساده است چون سیم ۹ بار درازتر شده است پس مقاومت آن ۹ برابر زیادتر می شود.

**مهندس** - این بار آقای مبتدی دیگر از حد گذرانده اید! فراموش کرده اید که اگر سیم ۹ بار درازتر شده، مقطع آنهم ۹ برابر کمتر شده است، بنابراین مقاومت اولیه در ۸۱ ضرب شده است.

**مبتدی** - که اینطور! هیچوقت فکر نمی کردم باید سیم که فقط سه برابر کوچکتر است، مقاومتی داریم که تا این حد زیادتر شده است. اما اگر جریانی از آن بگذرانیم، توان تلف شده در آن زیاد خواهد بود.



شکل ۹۲ - يك رله (که به صورت اختصاری در سمت چپ نشان داده شده). شامل يك قرقره است که يك میدان مغناطیسی ایجاد می کند و تیغه را جذب کرده و باعث می شود که يك انصالی، که اتصال کار نام دارد، باز یا بسته شود.

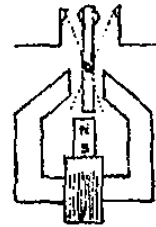


**مهندس** - مسلماً نه، در واقع چون تعداد دورهای قرقره ۹ برابر قرقره اول است، باید جریانی از آن بگذرانیم که ۹ برابر کوچکتر است. با در نظر گرفتن اینکه توان تلف شده متناسب با مقاومت و توان دوم جریان است، بنابراین در سیم پیچی همان توان اولیه را بدست می آوریم. چیزی که در اینجا بدست آورده ایم کاملاً کلی است چون وقتی حجم مس سیم پیچی مشخص است، فقط توان مصرف شده در این سیم پیچی است که عمل مغناطیسی رله را معین می کند. بهمین جهت است که برای يك رله مشخص می گویند توان تحریک آن ۱ یا  $\frac{1}{2}$  وات است. می توان انواع بسیار حساس تری ساخت بطوری که با توان فرمان  $\frac{1}{2}$  و حتی  $\frac{1}{10}$  وات کار کنند. رله های مافوق حساس می توانند با توان تحریک در حدود میلی وات (یک هزارم وات) کار کنند؛ معمولاً این رله ها غیر از جریان های بسیار ضعیف نمی توانند جریانی های

دیگری را قطع و وصل کنند و برای هر مورد بکار نمی‌روند بلکه آنها را برای فرمان رله واسطی که توان بیشتری دارد بکار می‌برند.

### فرمان يك رله به وسیله ترانزیستور

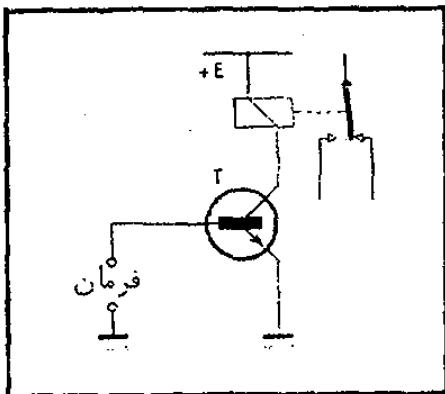
**مبتدی** - فکر بسیار خوبی به منمزم رسید و آن اینست که اگر به جای فرمان دادن مستقیم جریان قرقره يك رله، پایه يك ترانزیستور را زیر تأثیر بگیریم که جریان جمع‌کننده‌اش از رله عبور کند، در اینصورت می‌توانیم ترانزیستور را با توان بسیار ضعیفی فرمان دهیم؛ حتی این توان را در صورت لزوم می‌شود باز هم کمتر کرد به این ترتیب که از يك طبقه تقویت‌کننده که آنهم ترانزیستوری است استفاده کنیم.



**مهندس** - آقای مبتدی کاملاً حق با شماست، فقط باید بگویم که این فکر قبلاً پیشنهاد شده و حتی عملی هم شده است. در واقع رله‌هایی وجود دارند که در کنار سیم‌پیچی قرقره، يك تقویت‌کننده ترانزیستوری دارند، بطوری که بتوان آنها را با کمترین توان فرمان داد (شکل ۹۳) حتی رله‌هایی ساخته‌اند که در آنها قبل از این تقویت‌کننده قهان اشمیت قرار دارد که بادقت بسیار زیاد حدود جذب و قطع اتصالی‌ها را مشخص می‌کند.

**مبتدی** - درست، باز هم یک نفر از من پیش‌افتاده است... دارم باور می‌کنم که هیچوقت نمی‌توانم پیش از دیگران چیز تازه‌ای پیدا کنم.

**مهندس** - آقای مبتدی ناراحت نباشید، يك روز هم فوبت به شما می‌رسد، اما ابتدا باید این فن را خوب یاد بگیرید، اینکار برای پیدا کردن چیزهای تازه پیش از دیگران لازم است. برای اینکه دوباره به رله‌ها بپردازیم، برایتان از طبقه‌ای نام می‌برم که بدون شك آنرا نمی‌شناسید و آنهم رله‌های جهت‌دار است. اینها رله‌هایی هستند که در آنها يك آهن‌ربای دائمی اثر خود را به اثر مغناطیسی قرقره می‌افزاید. به عبارت دیگر بر حسب جهت جریان، تیزه ممکن است جذب و یا دفع شود. بنابراین رله‌هایی داریم که فقط برای جریانی که در جهت مشخص باشد جذب می‌کنند.

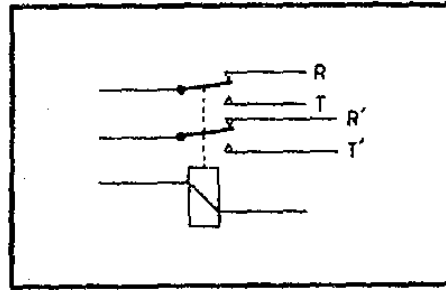


شکل ۹۳ - يك رله را می‌توان به وسیله يك ترانزیستور بطور مؤثر فرمان داد.



**مبتدی** - این کار را با آسانی بیشتری می‌شود انجام داد به این ترتیب که بطور پیاپی با سیم‌پیچی یک دیود ساده بگذاریم.

**مهندس** - بله، اگر فقط منظور این باشد که کاری بکنیم تا رله برای یک جهت مشخص جریان جذب کند، اما با یک رله جهت‌دار می‌توان بهتر از این عمل کرد. می‌شود کاری کرد که برای جریان‌های مثبت تیغه متحرک به طرف راست حرکت کند و به این ترتیب یک اتصالی را ببندد. وقتی جریان وجود ندارد این تیغه در وسط باقی می‌ماند؛ اگر جهت جریان را معکوس کنند، تیغه به طرف چپ می‌رود و اتصالی دیگری را می‌بندد. در اینجا چیزی اضافه بر آنچه که یک رله معمولی با یک دیود، که بطور پیاپی با سیم‌پیچی آن وصل است، بما می‌دهد، داریم. و آن‌گهی آقای مبتدی می‌داند که در رله‌های معمولی اتصالی‌هایی وجود دارند که «اتصالی استراحت» نام دارند و وقتی رله زیر تحریک نیست، آنها وصل هستند؛ وقتی رله جذب می‌کند این اتصالی‌ها قطع می‌شوند. معمولاً وقتی رله جذب می‌کند همان تیغه‌ای که اتصالی استراحت را قطع کرد، اتصالی کار را وصل می‌کند. بنابراین با چیزی سروکار داریم که اتصالی معکوس‌کننده یا استراحت-کار می‌نامند و بیشتر وقت‌ها با اتصالی RT آنرا مشخص می‌کنند. حتی ممکن است چند عدد از این اتصالی‌ها داشت. (شکل ۹۴).



شکل ۹۴ - یک سیم‌پیچی می‌تواند دو معکوس‌کننده را بکار بیندازد، دو اتصالی استراحت مستقل را باز کند و دو اتصالی کار را که مستقل هستند، ببندد.



**احتیاط‌هایی که برای کار انداختن رله‌ها به وسیله ترانزیستور باید مراعات کرد**

**مبتدی** - گمان می‌کنم حالا همه مطالب لازم درباره رله‌ها را فهمیده باشم.

**مهندس** - آقای مبتدی، من فهمیده‌ام که هیچوقت کمروئی بر شما تسلط نداشته است؛ جا دارد کتاب‌های زیادی درباره رله‌ها نوشته شود. من فقط به گفتن مطالب جزئی درباره آن اکتفا می‌کنم. ابتدا می‌دانید که وقتی جریان قرقره یک رله را به وسیله یک ترانزیستور یا یک لامپ فرمان می‌دهند (تأمین می‌کنند) چه احتیاط‌هایی باید بعمل آورد؟

**مبتدی** - تصور می‌کنم که باید ترانزیستور یا لامپ را طوری انتخاب کرد که بتواند جریان لازم را بدون دشواری تهیه کند.

**مهندس** - در واقع این نخستین شرط است، اما کافی نیست. کمی فکر کنید که وقتی جریان کاملاً در رله برقرار شد، ناگهان ترانزیستور را با یک فشار مناسب روی پایه‌اش مسدود کنند چه پیش خواهد آمد؟



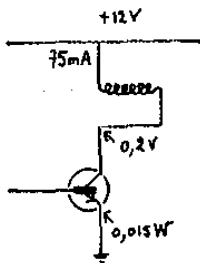


**مبتدی-** نمی توانستیم بجای این عنصر عجیب  $V. D. R$  يك مقاومت ساده بگذاریم؟

**مهندس-** چرا، می شد اینکار را کرد. اما فرض کنید که می خواستیم اضافه فشار را به ۲۴ ولت محدود کنیم در اینصورت می بایست مقاومتی انتخاب کنیم که زیر فشار ۲۴ ولت، جریان ۷۵ میلی آمپر از خود بگذراند که يك مقاومت تقریباً ۳۳۰ اهمی است. چنین مقاومتی که موازی با قرقره رله قرار گرفته باشد، برای کار عادی تقریباً شدت جریان ۳۷ میلی آمپر مصرف می کند که نسبت به جریانی که از رله می گذرد، از چشم پوشی بدور است. لازم است ترانزیستور جریانی برابر  $75 + 37 = 112$  میلی آمپر را از خود بگذراند که فقط ۷۵ میلی آمپر آن در رله بکار می رود.

**مبتدی-** بله، فایده این عنصرهای  $V. D. R$  را بخوبی فهمیدم. در واقع آنها کمی نقش دیودهای ایجاد نوسان و بیراتور چندجانبه را بازی می کنند که قبلاً درباره آنها گفتگو کردیم. در حقیقت در کار عادی آنها از رله قطع هستند. و وقتی به آن متصل می شوند که فشار افزایش می یابد.

**محافظت به وسیله دیود**



**مهندس-** در حقیقت شباهتی وجود دارد. از این گذشته می توانستید برای محافظت رله دیودی بکار ببرید. کافی است آنرا همانطور که در شکل ۹۴ مکرر نشان داده ام سوار کنید. می بینید که اختلاف سطح جمع کننده ترانزیستور نمی تواند از ۲۴ ولت زیادتر شود، اگر چه جریان جمع کننده ترانزیستور ناگهان قطع شود.

**مبتدی-** راه حل با کاربرد  $V. D. R$  را ترجیح می دهم. چون در آن منبع کمکی ۲۴ ولت وجود ندارد. اما نکته ای هست که کمی ناراحت می کند، بخصوص در مثال عددی شما. از رله ای صحبت کردید که با ۱۲ ولت و جریان ۷۵ میلی آمپر کار می کند. این دو رقم نشان دهنده توان  $0.9$  وات در قرقره است.

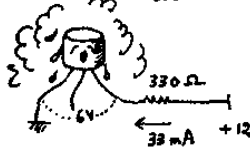
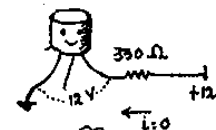
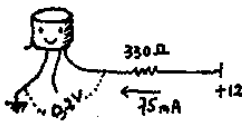
**مهندس-** آقای مبتدی این مقدار کاملاً عادی است. چند دقیقه پیش آنرا به شما گفتم.

**مبتدی-** برای رله بله، اما اینکار ایجاب می کند که ترانزیستور از نوع قوی باشد برای اینکه باید يك وات را به مصرف برساند.

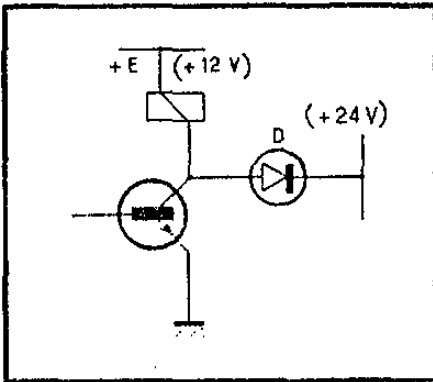
**مهندس-** مبتدی عزیز، اینطور نیست. فکر کنید که در کار معمولی، ترانزیستور اشباع شده است و در این حال جریان جمع کننده ۷۵ میلی آمپری کاملاً از آن می گذرد، اما فشار جمع کننده اش تقریباً صفر است و تقریباً تمام ۱۲ ولت در دوسر سیم پیچی قرقره وجود دارد. در این شرایط توان تلف شده روی جمع کننده ترانزیستور بی نهایت کم است.

**مبتدی-** در اینصورت می توانیم به يك ترانزیستور کوچک اکتفا کنیم به شرط آنکه ۷۵ میلی آمپر را روی جمع کننده و اضافه فشار ۲۴ ولت را وقتی مسدود است تحمل کند؟

**مهندس-** می توانید اینکار را بکنید به شرط آنکه مطمئن باشید ترانزیستور همیشه در اشباع و یا مسدود بودن کار می کند. اما اگر پایه آن طوری فرمان داده شود



که ترانزیستور بتواند در يك حالت بين مسدود بودن و اشباع كار كند، ممكن است تلفی روی جمع کننده اش وجود داشته باشد. به آسانی می توان نشان داد که هر بار که ترانزیستوری به وسیله فشار  $+E$  از راه مقاومت  $R$  تغذیه شده باشد، زیادترین مقدار تلف توانی که روی جمع کننده آن ممکن است وجود داشته باشد برابر  $\frac{E^2}{4R}$  است که بیشترین تلفی است که وقتی ترانزیستور اشباع است روی مقاومت  $R$  وجود دارد.



شکل ۹۴ مکرر- وقتی ترانزیستور ناگهان مسدود شود، انرژی موجود در دیفرنر رله اختلاف سطح جمع کننده را به اندازه ای بالا می برد که  $D$  را رسانا می کند. دیسود ترانزیستور را حفظ خواهد کرد.

این بیشترین تلف  $\frac{E^2}{4R}$  در جمع کننده ترانزیستور وابسته به وضع کاری است که در آن همان مقدار فشاری که در دوسر ترانزیستور وجود دارد در دوسر بار هم موجود باشد (مقدار این فشار در دوسر هر کدام از آنها  $\frac{E}{4}$  است). در حالت مورد نظر ما، اگر در دو سر رله ۶ ولت وجود داشته باشد (بنابراین در دوسر ترانزیستور ۶ ولت هست) تلف جمع کننده در ترانزیستور به حد امکان زیاد است؛ این تلف همانطور که گفتم برابر يك چهارم بیشترین تلف در رله، یعنی کمی بیشتر از  $0/22$  وات است. عده زیادی از ترانزیستورهای كوچك این تلف را به خوبی تحمل می کنند.

انتخاب ترانزیستور

$$75 \text{ mA} \times 0,2 \text{ V} = 0,015 \text{ W}$$

$$0 \text{ mA} \times 12 \text{ V} = 0 \text{ W}$$

مبتدی- پس اگر مطالب شمارا خوب فهمیده باشم می توان گفت دو حالت وجود دارد؛ یا ترانزیستور در حالت مسدود و یا اشباع کار می کند که در این صورت تلف جمع کننده ضعیف است، یا ترانزیستور به تدریج از حالت مسدود به اشباع می رسد که در این حالت باید بتواند  $0/22$  وات مصرف کند. اما در واقع مدت زمان کمی در این حالت که باید  $0/22$  وات مصرف کند باقی می ماند (خیلی احتمال دارد که این وضع برای جذب رله نارسا باشد چون در دوسر سیم پیچی آن نیمی از فشار لازم



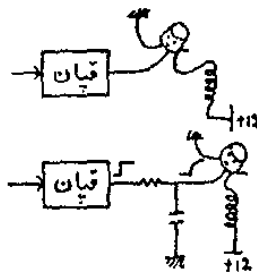
برای کار زله وجود دارد). بنابراین می توانیم ترانزیستوری پیش بینی کنیم که غیر از ۰/۱۵ وات و حتی کمتر از آن نتواند مصرف کند.

**مهندس-** نه آقای مبتدی، با ترانزیستورها استدلال لامپ‌ها را بکار نبرید چون حتی برای یک زمان کوتاه از حدود نظری تلف نباید تجاوز کرد. محل اتصال یک ترانزیستور مانند گرمائی کمی دارد، به عبارت دیگر درجه گرمای آن بسیار تند از تغییرات قدرت تلف شده پیروی می کند. در یک لامپ ضریب اطمینان بزرگی دارید چون لامپی که اصولاً نباید بیش از یک وات روی آنند مصرف کند، بخوبی می تواند ۴ یا ۵ وات را برای مدت چند ثانیه روی آنند مصرف کند، به شرط آنکه اینکار را زیاد تکرار نکنید. برای یک ترانزیستور این حد به روش بسیار بحرانی تری مشخص شده است. از طرف دیگر مدت نسبتاً زیادی طول می کشد تا آنند یک لامپ گرم شود، در حالی که برای یک ترانزیستور، چند هزارم ثانیه کافی است تا اتصال آن گرم شود. از این گذشته بهیچوجه ثابت نشده است که مجموعه ترانزیستور احتمالاً مدت زیادی در وضعیتی که ۰/۲۲ وات در ترانزیستور مصرف شود باقی نماند (در این مورد با شما موافقم که نامناسب ترین وضع است).

**مبتدی-** پس بکار بردن یک ترانزیستور با توان کمتر غیر ممکن است؟

**مهندس-** نه، کاملاً امکان دارد اما در این حال باید این ترانزیستور را مثلاً به وسیله یک قپان اشعیت فرمان داد تا همیشه در حالت مسدود یا اشباع باشد و هیچوقت نتواند در وضع بینابین قرار گیرد. برعکس، در این موقع نقص هائی را که درباره تغییر بسیار تند جریان جمع کننده برایتان گفتم خواهید یافت. خطر اضافه فشارهای زیاد وجود دارد که برای مقابله با آنها باید از پیش به دیود یا مقاومت V. D. R مجهز شد.

**مبتدی-** در این حالت امکان ندارد که بین قپان اشعیت و پایه ترانزیستور، صافی پائین گذاری از همان نوع که مدار انتگرال گیرنده نامیده اید بگذاریم؟ بهر حال عبور از حالت مسدود به اشباع بقدر کافی تند خواهد بود که ترانزیستور مدت بسیار کوتاهی در وضع نامطلوبی که ۰/۲۲ وات مصرف می کند باقی بماند، از طرف دیگر شاید بتوان کاری کرد که این دگرگونی آنچنان تند نباشد که اضافه فشارهای زیاد تولید کند.

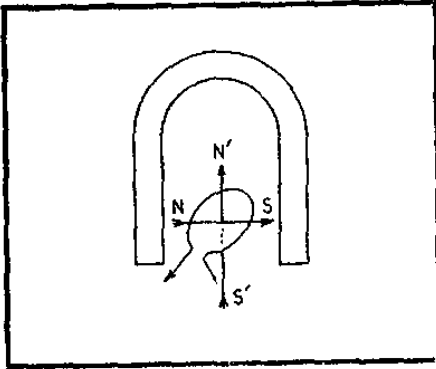


**مهندس-** آقای مبتدی استدلالتان قابل توجه بود، اما ممکن است برای یافتن راه حل قابل قبول آشکارا به زحمت بیفتید. بهر صورت کاملاً یاد آوری شده است که جبهه های کاملاً عمودی را بدون اینکه به وسیله مدار انتگرال گیرنده تضعیف شوند نباید به پایه ترانزیستوری فرستاد که مدار جمع کننده اش شامل یک قرقه است. اگر مایل باشید حالا با دست دیگری از پیس دهنده ها رو برو می شویم؛ منظورم مو توره است. **مبتدی-** این دستگاه ها تا حدودی پیچیده هستند و من درباره آنها تصورات مبهمی دارم.

### مو توره جریان مستقیم

**مهندس-** تا اندازه ای حدس می زدم، بهمین خاطر است که چند کلمه درباره الکترو تکمیک برایتان صحبت می کنم. کار را با مو توره جریان مستقیم آغاز می کنیم.

به چیزی که در شکل ۹۵ برایتان کشیده‌ام نگاه کنید. آهن ربای بزرگی که به شکل



شکل ۹۵- طرح يك موتور: وقتی از يك سیم حلقه شکل در يك میدان مغناطیسی NS (که مثلاً به وسیله يك مغناطیس ایجاد شده است) جریان بگذرد يك میدان  $N'S'$  ایجاد می‌کند که با ایجاد واکنش روی میدان مغناطیسی، سیم را می‌گرداند.

نعل اسب است. يك میدان مغناطیسی افقی بشما می‌دهد که در آن يك سیم حلقه شکل را به صورت افقی قرار داده‌ام و از آن جریانی می‌گذرانم. اگر اکنون آهن ربا را به حساب نیاورید زیر اثر جریان در این سیم چه می‌گذرد؟

**مبتدی-** این را می‌دانم؛ چون سیم حلقه شکل چیزی شبیه به يك مغناطیس صاف می‌شود که قطب شمال آن بالا و قطب جنوبیش پائین است.

**مهندس-** کاملاً درست است. آقای مبتدی در این حالت به عقیده شما، اثر مغناطیسی که ثابت است و میدان مغناطیسی آن افقی است و برعکس میدان مغناطیسی سیم حلقه شکل است چه خواهد بود؟

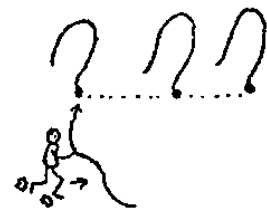
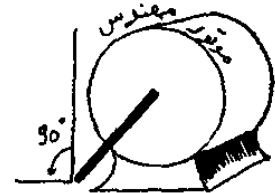
**هپتدی-** گمان می‌کنم دو میدان مغناطیسی روی هم اثر می‌کنند و در نتیجه مغناطیس و یا سیم حلقه شکل می‌گردد.

**مهندس-** چون مغناطیس کاملاً ثابت است، سیم حلقه شکل خواهد گشت با میل به اینکه قطب شمالش را به طرف قطب جنوب مغناطیس ببرد. اگر این سیم حلقه شکل روی يك محور ثابت باشد، در این صورت محور خواهد گشت.

**مبتدی-** آقای مهندس نمی‌خواهم شما را ناراحت کنم. اما اگر درست فهمیده باشم، «موتور مهندس» بیشتر از  $\frac{1}{4}$  دور نمی‌گردد. به عبارت دیگر چندان برای من جالب نیست.

**مهندس-** قبل از اینکه اینطور انتقاد کنید کمی صبر داشته باشید. با حرف شما کاملاً موافقم. اگر فقط يك سیم حلقه شکل به همین وضع داشتیم موتور من فقط يك چهارم دور می‌گشت. اما من بیشتر از يك سیم دارم... البته در کیفم! در نتیجه روی محور چندین سیم حلقه شکل می‌گذارم که هر کدام نسبت به سیمهای دیگر جا بجا و با فاصله است و این سیمها به نوبت عمل خواهند کرد.

**مبتدی-** در این صورت باید آدمی که جریان را به حلقه‌های مختلف می‌فرستد خیلی تند کار کند تا جریان را فقط به حلقه‌ای بفرستد که کاملاً سودمند است.

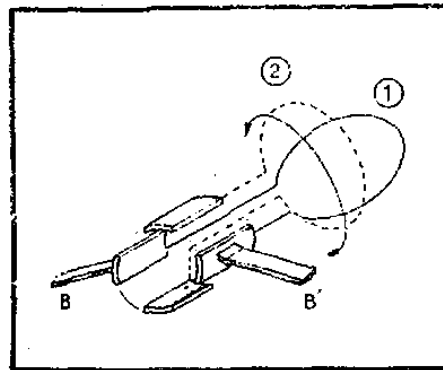
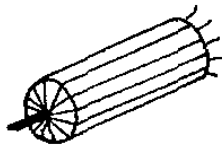


## کلکتور و جارو

**مهندس** - این مطلب را به خاطر بسپارید که این «آدم» که شما گفتید، اصلاً کاری ندارد، به تدریج که محور می‌گردد حلقه‌ها از برابر او رزه می‌روند. به شکل ۹۶ نگاه کنید که در آن دو سیم حلقه‌شکل را کشیده‌ام که شماره ۱ و ۲ را دارند. می‌بینید که این حلقه‌ها در سوی من به تیغه‌های کوچکی ختم می‌شوند که کمی پهن است و جاروهای B و B' جریان را به آنها می‌رسانند. وقتی حلقه ۱ اقی (یا کمی متمایل) است، جاروهای B و B' جریان را به آن می‌رسانند. وقتی این حلقه به سبب تأثیر مغناطیسی روی میدان مغناطیسی که این حلقه ایجاد می‌کند، آغاز به گرداندن محور کرد، جریان در حلقه ۱ قطع خواهد شد، اما در حلقه ۲ که جای آنرا می‌گیرد و به نوبه خودش جریان جاروهای B و B' را دریافت می‌کند، برقرار خواهد شد.

**مبتدی** - این دستگاه بسیار زیرکانه است! در این صورت دو حلقه عمود بر هم خواهید داشت که هر کدام به نوبه خود عمل می‌کنند.

**مهندس** - از این حلقه‌ها حتی خیلی بیشتر از دوتا خواهم گذاشت و به این ترتیب تیغه‌های بیشتری می‌گذارم تا جریان را به این حلقه‌ها برسانند. در واقع روش ساخت طبقه‌ها کمی پیچیده‌تر است. اما همانکه برایتان شرح دادم کاملاً قابل استفاده خواهد بود. به این ترتیب یک موتور جریان مستقیم ساخته‌ایم. مجموع تیغه‌ها که جاروها روی آن مالش پیدا می‌کنند (واز این راه تیغه‌ها را بطور پی در پی به حلقه‌ها ارتباط می‌دهند) کلکتور نام دارد. گاهی برای ایجاد میدان مغناطیسی که روی حلقه‌ها تأثیر کند، مانند شکل ۹۵ یک مغناطیس دائمی بکار می‌برند. غالباً

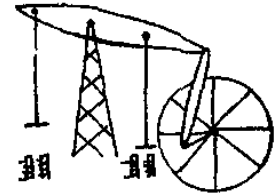


شکل ۹۶ - برای داشتن چرخش بیشتر از ۴ دور در موتور قبلی روی حلقه ۱ حلقه ۲ را قرار می‌دهند و مجموع آنها شروع به چرخیدن می‌کند.

جای این مغناطیس، یک مغناطیس برقی می‌گذارند. سیم پیچی این مغناطیس را القاء کننده (اندوکتور Inducteur) می‌گویند در حالی که سیم پیچی که می‌گردد القاء شده (Induit) نام دارد.

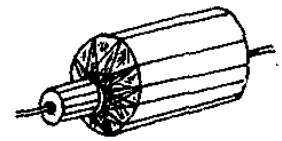
**مبتدی** - در واقع یک موتور برقی آنطور که گمان می‌کردم پیچیده نیست. **مهندس** - نه، در واقع بسیار ساده است. آقای مبتدی می‌بینید تمام حیل‌های

که در ساخت موتورها بکار رفته مشتمل بر بکار گرفتن نیروئی است که از يك میدان مغناطیسی می گذرد و روی يك جریان اعمال می شود، در آغاز پیدایش الکتریسیته، فکر می کردند از نیروی جاذبه ای که يك مغناطیس برقی روی آهن اعمال می کند استفاده کنند. این نیرو بر حسب فاصله ای که بین مغناطیس برقی و آهن وجود داشت بسیار متغیر بود، این کار مجبور می کرد وسیله قطع و وصل پیچیده ای برای سیم پیچی ها بسازند. همین مطلب نویسنده بزرگی را وادار ساخته بود که بگویند موتور برقی برای همیشه محکوم است و هیچوقت دستگاه قابل استفاده ای جز برای بازی، نخواهد بود. خوشبختانه از آن بعد درباره کاربرد نیروهای کناری فکر کردند. خاطر نشان می کنم که برای تقویت اثر مغناطیس، آهن القاء شده بجای آنکه يك تکه گرفته شود، از مقداری صفحه های آهنی ساخته می شود تا از ایجاد جریان های گردنده (مثل مبدل ها) در آن جلوگیری شود و در این صفحه ها شیارهایی ایجاد شده که سیم پیچی هایی که برایتان گفتم در این شیارها جای داده شده اند. تکه های قطبی (نام آنها را قطبی گذاشته اند چون به قطب مغناطیس و یا مغناطیس برقی وصل هستند) شبیه به هلال هستند که خیلی به القاء شده نزدیک می شوند تا امکان بسته شدن خطوط میدان مغناطیسی را از آن راه آسانتر کنند. و حالا آقای مبتدی يك معما برایتان طرح می کنم. اگر یکی از این موتورها را بگیرم با فرض اینکه مثلاً القاء کننده آن يك مغناطیس دائمی باشد؛ چنانچه القاء شده آنرا بگردانم چه پیش می آید؟



### دینامو (نیروزی جریان مستقیم)

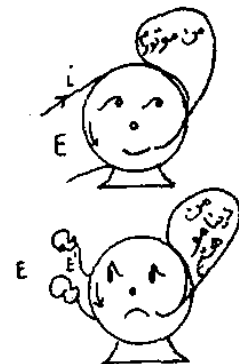
**مبتدی** - آه، خیلی ناراحتم می کنید. تصور می کنم حالا که حلقه ها در يك میدان مغناطیسی جابجا می شوند، در آنها فشارهایی القاء می شود.  
**مهندس** - کاملاً حق دارید. با استفاده از سیستم جاروها و کلکتور، باز هم حلقه ای را که سیلان مغناطیسی تندترین تغییرات را در آن دارد از راه جاروها به مدار خارجی وصل می کنیم به این ترتیب دستگاه ما به منبع جریان تبدیل می شود.  
**مبتدی** - خوب، تقریباً متوجه شدم، اما می خواستم بدانم فرکانس این جریان چقدر است.



**مهندس** - آقای مبتدی برای پیدا کردن آن به زحمت می افتید چون این فرکانس... صفر است. در حقیقت دستگاه ما جریان کاملاً مستقیم نخواهد بود چون وقتی جاروها برای گذشتن از يك حلقه و رفتن به حلقه دیگر از يك جفت تیغه جدا می شوند تا به يك جفت تیغه دیگر کلکتور وصل شوند، جریان اندکی دچار نوسان می شود. اما چون حلقه ای که به جاروها وصل است. وقتی القاء شده می چرخد دنبال حلقه قبلی می آید. همیشه نسبت به آهن ربا يك وضع را دارد. جریان در خارج، یعنی در مداری که جاروها وصل می کنند، همیشه در يك جهت برقرار می شود. حال دستگاهی ساخته ایم که دینامو (نیروزی جریان مستقیم) می نامند.

**مبتدی** - چیزی هست که خیلی آزارم می دهد چون واقعاً نمی دانم اختلاف بین يك موتور و يك دینامو چیست؟

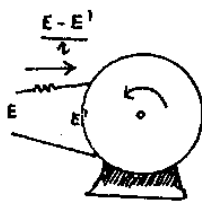
**مهندس** - آقای مبتدی کاملاً حق دارید، چون هر دو يك ماشین هستند. فقط مسئله کلمه در پیش است. وقتی القاء شده را بگردانم و برق تولید شده را بگیرم،



دستگاه را بصورت دینامو بکار برده‌ام؛ اگر به‌القائه شده جریان بدهم و نیروی مکانیکی محور را بکار ببرم، دستگاه را بصورت موتور بکار برده‌ام.

### نیروی ضد محرکه

**مبتدی-** در این صورت چیزی هست که کمی ناراحت می‌کند. وقتی این دستگاه را بصورت موتور بکار می‌برند، اینکار نمی‌تواند باعث شود که فراموش کند که می‌تواند دینامو هم باشد... بنابراین به‌نوبه خودش جریان تولید می‌کند که روی جریانی که شما به آن می‌دهید، می‌افتد... راستی به این جریان کمک می‌کند یا به آن آزار می‌رساند؟



**مهندس-** آقای مبتدی خوب استدلال کردید اما خودتان می‌توانستید پاسخ پرسشتان را پیدا کنید. مشخصه مخالفت القاء یادتان هست. بنابراین می‌توانید پیشاپیش مطمئن شوید که جریان ایجاد شده به‌وسیله موتور (از آنجا که همیشه نیروزا است) با جریانی که من به آن می‌دهم تا مانند موتور آنرا بچرخاند، مبارزه می‌کند و این همانست که «نیروی ضد محرکه» موتور می‌گویند.

**مبتدی-** در این صورت وحشتناک است! دیگر هیچ جریانی از موتور نمی‌گذرد و دیگر نخواهد چرخید... اما اگر دیگر نچرخد، نیروی ضد محرکه‌ای هم وجود ندارد و در اینحال می‌گردد... احساس می‌کنم که دیوانه خواهم شد!

**مهندس-** آقای مبتدی عصبانی نشوید، این چیزها خیلی ساده‌تر است. فرض کنید به موتور فشاری وصل کنم به این ترتیب جریانی از حلقه‌های القاء شده عبور خواهد کرد. بنابراین القاء شده با سرعتی که رو به افزایش است، آغاز به حرکت خواهد کرد. به تدریج که سرعت آن افزایش می‌یابد، نیروی ضد محرکه هم به سهم خودش افزایش پیدا می‌کند. زمانی می‌رسد که نیروی ضد محرکه به اندازه کافی نزدیک به فشار گذاشته شده به موتور می‌شود، بطوری که اختلاف بین این دو نقطه جریان نسبتاً ضعیفی از موتور می‌گذراند. این جریان درست برای نگهداری حرکت موتور بکار می‌رود چون نیروی لازم برای مبارزه با سایش را بوجود می‌آورد. اگر با کار گرفتن از موتور، جلوی حرکت آنرا بگیرم، حرکت آنرا کمی آهسته می‌کنم و در نتیجه کاهش نیروی ضد محرکه، دیگر بین این نیرو و فشار گذاشته شده به موتور تعادل ایجاد نمی‌شود و افزایش جریانی در موتور بوجود خواهد آمد که این جریان نیروی لازم را به موتور خواهد داد تا با کند شدن حرکتش مبارزه کند.

**مبتدی-** گمان می‌کنم فهمیده باشم. اما دلم می‌خواست مطالبی را که درباره نیروی کند کننده حرکت و سرعت گفتید، دقیقتر برآیم بگوئید.

### زوج

**مهندس-** اینکار خیلی ساده است. اگر القاء شده را نگه دارید و از چرخیدنش جلوگیری کنید، میل زیادی که برای گردش دارد (که آنرا زوج می‌گویند و بعد برایتان تعریف می‌کنم) متناسب با شدت جریانی است که وارد القاء شده کرده‌ام. این شدت جریان را دو برابر کنید، به این ترتیب میل به گردش را در



القائه شده دو برابر کرده‌اید. برای اینکه درست‌تر گفته باشند از زوج موتور صحبت می‌کنند. این زوج با مقدار وزنه‌ای که موتور می‌تواند بلند کند اندازه‌گیری می‌شود به شرط اینکه این وزنه به رشته‌ای وصل باشد که بدور استوانه‌ای که روی محور موتور ثابت شده است پیچیده که شعاع این استوانه معین است.

مثلاً می‌گوئیم زوج یک موتور معین برای جریان یک آمپر در القاء شده‌اش برابر  $0.3$  کیلوگرم بر سانتیمتر ( $0.3 \text{ kg/cm}$ ) است به شرطی که وقتی جریان در القاء شده به یک آمپر رسید موتور بتواند یک وزنه  $0.3$  کیلوگرمی را که به رشته‌ای وصل شده است از زمین بلند کند و رشته‌ها به دور استوانه‌ای به شعاع یک سانتیمتر که روی محورش نصب است پیچند.

**مبتدی-** او! خیلی پیچیده است. ولی چرا به این ترتیب قطر استوانه را

تعیین می‌کنید؟

**مهندس-** ببینید، حتماً حدس می‌زنید که اگر رشته را روی استوانه‌ای با قطر بسیار کم پیچیم. حتی اگر یک موتور کم‌توان باشد، می‌تواند یک وزنه بزرگ را بلند کند چون این کار را بسیار آهسته انجام می‌دهد، زیرا هر دور وابسته به درازای بسیار کمی از رشته است. برعکس اگر بتواند همین وزنه را با پیچیدن رشته روی استوانه بزرگتری بلند کند، شایستگی بیشتری دارد، چون برای همان سرعت موتور، وزنه خیلی تندتر بالا می‌آید.

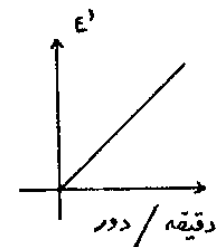
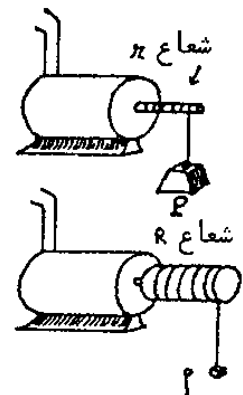
**مبتدی-** پس به گفته شما، شدت جریانی که از یک موتور می‌گذرد، امکان می‌دهد که میل به گردش آنرا بدست بیاوریم (یا اگر میل شما باشد، زوج موتور را بدست بیاوریم، چون هنوز به این کلمه که برایم اسرارآمیز است، اعتماد ندارم).

**مهندس-** کاملاً درست است. حالا چیز دیگری هست که باید بدانید و آن سرعت موتور برای فشار معین است. فرض می‌کنیم که هیچ‌سایشی وجود ندارد و در این حالت نیروی ضد محرکه کاملاً برابر فشاری است که به دوسر موتور گذاشته شده است. به عبارت دیگر وقتی فشار  $10$  ولت را به القاء شده موتور می‌گذارند، القاء شده سرعتش را زیاد می‌کند تا اینکه سرعتش به مقداری برسد که اگر موتور را بصورت دینامو بکار می‌گرفتید، فشاری که تهیه می‌کند برابر  $10$  ولت باشد. در این لحظه جریانی که از القاء شده می‌گذرد تقریباً صفر است. البته این مطلب منطقی است چون موتور نباید زوجی بوجود بیاورد پس فقط کافی است حرکت القاء شده را حفظ کند. در واقع این مطلب فقط برای موتوری درست است که آزادکار کند (یعنی در خارج کاری انجام ندهد) و یا در حالتی باشد که مقاومت سیم تشکیل‌دهنده القاء شده آن بسیار کم باشد.

**مبتدی-** دارم متوجه می‌شوم. اما خیلی در مورد اینکه منظور موتور جریانی مستقیم است اصرار کردید. تصور می‌کنم که حالا درباره دستگاه تازه‌تر به عبارت دیگر موتورهای جریان متناوب برایم صحبت خواهید کرد.

### طرز کار در جریان متناوب

**مهندس-** در واقع می‌خواهم برایتان درباره آنها صحبت کنم، اما آنها را دستگاه‌های تازه‌تری ندانید. آنها مزایا و نواقصی دارند؛ اما اگر بخواهید در



آغاز بکار يك زوج قوی و به ویژه کار کردن روان و آرامی داشته باشید، موتورهای جریان مستقیم بهترین موتورها هستند.



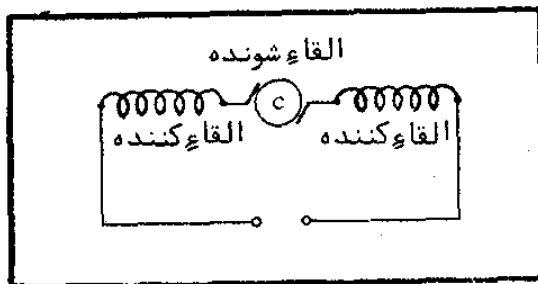
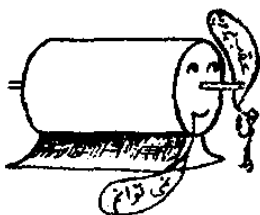
قبل از اینکه درباره موتورهای کسه به ویژه برای جریان متناوب ساخته شده اند برایتان صحبت کنم، می خواستم پرسشی از شما بکنم؛ اگر يك موتور با القاء شده و کلکتور را که برای جریان مستقیم ساخته شده است با جریان متناوب تغذیه کنیم چه پیش خواهد آمد.

**مبتدی-** حدس می زنم که اینکار را اصلاً دوست ندارد!

**مهندس-** منظور من حالت روحی موتور نیست، بلکه واکنش های قابل امسی که ممکن است، روی موتور داشته باشد چیست؟

**مبتدی-** فکر می کنم که شروع به لرزش می کند، کمی دريك جهت می گردد و بعد در جهت عکس... تا اینکه کاملاً از بین برود.

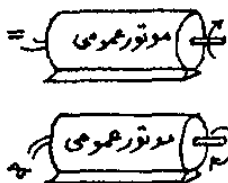
**مهندس-** اگر موتوری باشد که القاء کننده اش با آهن ربا ساخته شده باشد، حق با شماست، در واقع جهت گردش با تغییر جهت جریانی که از القاء شده می گذرد، عوض می شود. اما اگر موتوری مورد نظر باشد که القاء کننده از آهن ربای برقی ساخته شده باشد و سیم پیچی آن با سیم پیچی القاء شده بطور پیاپی قرار گرفته باشد همانطور که غالباً اینطور است (شکل ۹۷) فکر کنید وقتی جریان تغییر جهت می دهد، قطب مغناطیس آهن ربای برقی هم تغییر می کند. در این شرایط جهت جریان در القاء شده و در سیم پیچی القاء کننده که بطور پیاپی با آن قرار گرفته است هر چه باشد، موتور همیشه در همان جهت می گردد.



شکل ۹۷- در موتور معمولی از نوع «پیاپی»، القاء کننده با القاء شده بطور پیاپی قرار گرفته است.

**مبتدی-** این شوخی بسیار نامطبوع است. بنابراین نمی شود جهت گردش چنین موتوری را عوض کرد؟

**مهندس-** چرا می شود این کار را کرد. بنابراین کافی است جهت جاروها، یاسرهای تغییر داد ولی در القاء کننده عوض نکرد. بنابراین کافی است جهت جاروها، یاسرهای آهن ربای برقی القاء کننده را عوض کنیم تا موتور جهت گردش خود را تغییر دهد. اما اگر جهت جریان را یکبار در القاء شده و القاء کننده معکوس کنیم جهت گردش عوض نمی شود. بنابراین اگر چنین موتوری را با جریان متناوب تغذیه کنید، همیشه دريك جهت می گردد؛ حتی باید بگویم که اینکار غالباً انجام می شود و به همین جهت است که به آن «موتور عمومی» می گویند که در آن تحريك القاء کننده به وسیله جریانی انجام می گردد که از القاء شده گذشته است. همین موتور اگر با جریان مستقیم تغذیه شود می گردد، و اگر جریان متناوب هم به آن بدهند می گردد اما نه بخوبی موتور

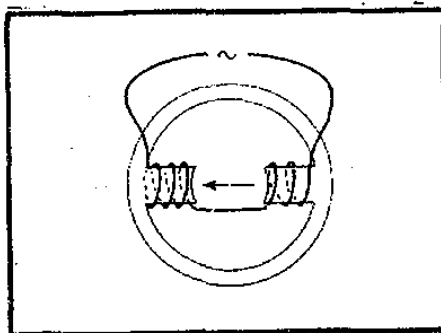


جریان مستقیم.

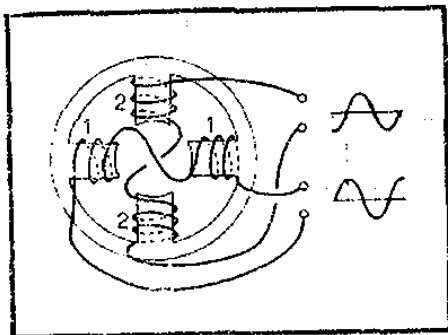
مبتدی - چرا بخوبی آن نمی‌گردد؟ چون به آن توهین شده است؟

### موتور دو فاز

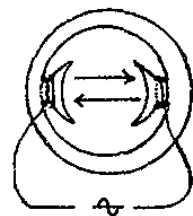
**مهندس -** جدی باشید اگر با جریان متناوب، بخوبی جریان مستقیم نمی‌گردد، فقط برای اینست که این جریان غالباً صفر می‌شود و وقتی جریان ضعیف است، موتور غیر از يك زوج ضعیف چیزی نمی‌دهد. از طرف دیگر موتور، دارای ضریب خودالقائی است که مقداری دارد و با عبور جریان متناوب در يك سیم پیچی مخالفت می‌کند. حالا دستگاهی را خواهیم دید که کاملاً با این موتور فرق دارد، فقط با جریان متناوب کار می‌کند و برای کار بردهای گوناگون بسیار سودمند است یعنی موتوری است که با جریان‌های با فاز مختلف کار می‌کند. به شکل ۹۸ نگاه کنید؛ در اینجا يك آهن‌ربای برقی ساخته‌ام که کاملاً شبیه به القاء کننده معمولی يك موتور عادی است که آنرا به جریان متناوب وصل می‌کنم. میدان مغناطیسی بین قطعه‌های قطبی چگونه ظاهر می‌شود؟



شکل ۹۸ - میدان ایجاد شده به وسیله فرقردهائی که جریان متناوب از آنها گذشته است، نوسانی است.



شکل ۹۹ - به وسیله دو زوج فرقرده که به وسیله جریان‌های متناوب با فازهای مختلف تغذیه شده‌اند، می‌توان میدانی تهیه کرد که جهت آن می‌چرخد و در نتیجه ممکن است يك مغناطیس در اثر این میدان کشیده شده و با سرعتی که میدان می‌گردد، بچرخد. این موتور همزمان است. با گذاشتن حلقه‌های اتصال کوتاه شده سیم در آن يك موتور غیر همزمان می‌سازند.



**مبتدی -** چیزی که شما قطعه‌های قطبی می‌گوئید، گمان می‌کنم همان قسمت -

های پیش آمده است که دور آنها سیم پیچی شده است؛

**مهندس -** کاملاً درست است. آنها مجهز به چیزی هستند که آنرا شکوفائی

قطبی می‌گویند که امکان عبور بهتر خطوط میدان به القاء شده را فراهم می‌کند.

۱. در زبان فارسی عده‌ای آنرا کفشک نامگذاری کرده‌اند (مترجم).

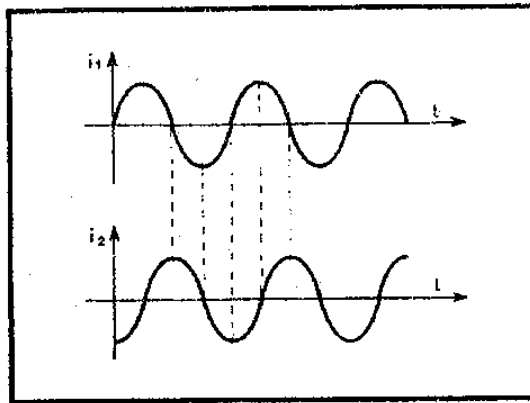
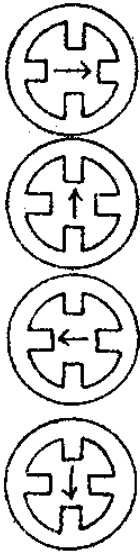
به پرسش من برگردیم.

**مبتدی** - فکر می‌کنم میدان مغناطیسی بین این قطعه‌های قطبی از یکی به دیگری می‌رود و به تدریج که جریان زیاد می‌شود، میدان قوی‌تر می‌گردد، بعد پائین می‌آید و به جایی می‌رسد که صفر می‌شود، برعکس می‌گردد و در جهت مخالف زیاد می‌شود، به نوبت خودش کم می‌شود...

**مهندس** - کاملاً همینطور است. حالا با گذاشتن یک سیم پیچی دوم، کار را پیچیده‌تر می‌کنیم. همان‌طور که در شکل ۹۹ می‌بینید، این سیم پیچی دوم میل دارد یک میدان مغناطیسی ایجاد کند که عمود بر میدان اول خواهد بود. در این سیم پیچی دوم جریان متناوبی می‌فرستم که همان فرکانس سیم پیچی اول را دارد، اما به اندازه یک چهارم پریود نسبت به آن اختلاف فاز دارد...

**مبتدی** - آه، کار دارد خراب می‌شود! به محض اینکه داستان فاز به میان می‌آید، مطلب بسیار پیچیده می‌شود.

**مهندس** - نه تا این اندازه، اگر دقت داشته باشید، جریان ۱ (شکل ۱۰۰) که من به سیم پیچی ۲ می‌فرستم، در دگرگونی‌هایش یک چهارم پریود نسبت به ۱ جریانی که از سیم پیچی ۱ می‌گذرد، تأخیر دارد. به عبارت دیگر در لحظه‌ای که جریان در ۱ بیشترین مقدار را دارد، جریان در ۲ صفر است. این جریان در لحظه‌ای که جریان در سیم پیچی ۱ پس از مثبت شدن به صفر می‌رسد، بیشترین مقدار مثبت را پیدا می‌کند. در این شرایط میدان مغناطیسی بین چهار قطعه قطبی روش کاملاً مخصوصی پیش خواهد گرفت. ابتدا، چون جریان در سیم پیچی ۱ بیشترین مقدار را دارد و مثبت است، این میدان از چپ به راست می‌رود. جریان در سیم پیچی ۱ کم می‌شود و در همان حال در ۲ افزایش می‌یابد. در این شرایط یک میدان از پائین به بالا آشکار می‌شود که به تدریج که میدان افقی از چپ به راست کاهش می‌یابد،



شکل ۱۰۰ - جریان‌هایی که دو سیم پیچی مونسور دو فاز را تحریک می‌کند، نسبت به هم ۹۰ درجه اختلاف فاز دارند به این ترتیب وقتی یکی حداکثر است دیگری صفر است.

مقدار میدان عمودی بیشتر می‌شود.

پس از یک چهارم پریود، میدان فقط از پائین به بالاست و آغاز به کم شدن می‌کند زیرا شدت جریان در ۲ کاهش می‌یابد. در این لحظه جریان دوباره آغاز به گذشتن از ۱ می‌کند اما در جهت معکوس آنکه در ابتدا داشت. میدانی از آن نتیجه می‌شود که کمی به طرف چپ می‌رود، اندکی بعد وقتی جریان بیشترین مقدار

منفی را در ۱ دارد (و در ۲ صفر است)، میدان مغناطیسی فقط به سمت چپ متوجه است و بیشترین مقدار را دارد. جریان منفی که از ۱ می‌گذرد از شدتش کاسته خواهد شد (از لحاظ قدر مطلق) در حالی که یک جریان منفی می‌خواهد در ۲ برقرار شود که میل دارد یک میدان مغناطیسی عمودی به ما بدهد که این بار از بالا به پایین است. وقتی جریان در ۱ دوباره صفر شود، ما به میدانی می‌رسیم که فقط از بالا به پایین متوجه است. در این لحظه جریان در ۲ از لحاظ قدر مطلق کم می‌شود در حالی که در ۱ مقدارش زیاد می‌شود و در عین حال مثبت می‌شود، یک میدان مغناطیسی خواهیم داشت که میل دارد از چپ به راست برود.

درواقع، میدان‌های مغناطیسی در دوسر قرقه‌های ۱ و ۲ در هر لحظه بهم افزوده می‌شوند برای اینکه یک میدان واحد بدست بدهند که می‌تواند نسبت به محورهای ۱ و ۲ تمایل داشته باشد و اگر جریان در ۲ نسبت به جریانی که از ۱ می‌گذرد زیاد باشد این میدان به سوی محور عمودی متمایل خواهد بود و به همین ترتیب تغییر پیدا می‌کند.

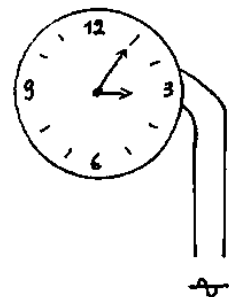
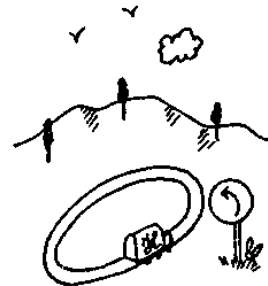
### میدان دوار

**مبتدی-** درواقع بسیار پیچیده است. اما گمان می‌کنم فهمیده باشم که در آنجا دیده بی نهایت عجیبی می‌گذرد. این میدان مغناطیسی وانمود می‌کند که می‌گردد. **مهندس-** کاری که می‌کند بیشتر از وانمود کردن است چون واقعاً می‌گردد. به این ترتیب میدانی درست کرده‌ایم که دوار نام دارد.

یک مغناطیس درون این میدان قرار دهید، مغناطیس میل دارد بگردد تا هر لحظه از این میدان پیروی کند؛ مغناطیس درست با همان سرعت گردش میدان می‌گردد. به این ترتیب چیزی ساخته‌ایم که موتور همزمان نام دارد.

**مبتدی-** چنین موتوری بسیار عالی است. کلکتوری وجود ندارد و قسمت گردنده فقط یک مغناطیس است. سادگی آن خارق‌العاده است. علاوه بر اینها، با سرعتی می‌گردد که کاملاً مشخص است.

**مهندس-** البته مزایای بزرگی دارد. با اینحال باید خاطر نشان کنم که نقص‌های آن هم کمتر از مزایای آن نیستند. این موتور جز با سرعتی که میدان می‌گردد، طور دیگری نمی‌تواند بگردد. اگر کار بیشتری از آن بخواهند، دیگر نمی‌توانند از این سرعت گردش پیروی کنند. در این حالت می‌گویند که موتور جدا می‌شود و بلافاصله می‌ایستد. برای اینکه دوباره به گردش درآید، ممکن است لازم باشد مثلاً به کمک یک دستگاه مکانیکی آنرا به حرکت بیاوریم تا دوباره به سرعت گردشی برسد که با میدان بستگی پیدا می‌کند. بنابراین دستگاهی است که خارج از موارد مخصوص، که سرعت گردش کاملاً معینی مورد نیاز است، کاربرد آنرا توصیه نمی‌کنم. مثلاً این موتور را می‌توان برای گرداندن عقربه‌های ساعت به وسیله یک فرکانس کاملاً ثابت که از تقسیم کننده فرکانس تحریک شده به وسیله کوارتز بدست آمده است، بکاربرد. برای کاربردهای متداول دیگر، موتور غیرهمزمان را توصیه می‌کنم.



## القائه شده با حلقه‌های اتصال کوتاه

**مبتدی-** منظور از موتور غیرهمزمان چیست؟

**مهندس-** فرض کنید که در فضای موجود بین قطعه‌های قطبی شکل ۹۹، چند دور سیم به صورت حلقه قرار داده باشم که همه آنها اتصال کوتاه باشند. چه پیش خواهد آمد؟

**مبتدی-** ظاهراً هیچ چیز.

**مهندس-** کاملاً اشتباه می‌کنید. پس یادتان رفته که پدیده القاء چیست؟

**مبتدی-** نه، اما این مطلب چندان تغییر ایجاد نمی‌کند. قطعاً میدان دوار شما سیلان مغناطیسی را در این حلقه‌ها تغییر خواهد داد و در نتیجه جریان‌هایی ایجاد می‌شود. ولی اینکار فقط هرج و مرج بزرگی بوجود می‌آورد.

**مهندس-** بهیچوجه! باز هم مشخصه ضد و نقیض القاء را بخاطر بیاورید.

جریان‌هایی که زیر اثر این فشارهای القاء شده برقرار می‌شوند روی میدان اثر خواهند کرد و به این ترتیب نیروهای نتیجه می‌شوند که میل دارند حلقه‌ها را به حرکت درآورند. برای تمام حلقه‌ها، اثر مکانیکی میل دارد آنها را با سرعت میدان به گردش درآورد. به این ترتیب اگر میدان نسبت به حلقه‌ها بی‌حرکت گرفته شود، دیگر جریان‌هایی در آنها القاء نخواهد کرد. این کاری است که نیروهای مغناطیسی معمولاً میل دارند انجام بدهند تا بتوانند با تغییرات سیلانی که آنها را به وجود آورده است، مبارزه کرده باشند.

**مبتدی-** این موضوع بنظر من قابل درک است. اما نمی‌دانم نسبت به

موتور همزمان چه امتیازی بدست آورده‌اید. با این همه، گذاشتن يك مغناطیس از گذاشتن این همه حلقه ساده‌تر بود.

**مهندس-** ابتدا بگویم که نمی‌شود گفت اینکار حتماً ساده‌تر است. و بعد هم

در اینجا از يك امتیاز قابل توجه سود می‌بریم و آن اینست که موتور به خودی خود حرکت می‌کند. اگر القاء شده آن به ایستد زوجی به بزرگی زوج موتور جریان مستقیم ایجاد نمی‌کند. با وجود این می‌تواند بخودی خود به حرکت درآید. سپس چنانچه بخواهیم از آن کار بگیریم، حرکتش کمی آهسته‌تر می‌شود، بطوری که القاء شده آن سرعت کمتری از میدان دوار دارد و به این ترتیب جریان‌های القاء شده‌ای در حلقه‌ها بوجود خواهد آمد. القاء شده از میدان جدا نمی‌شود و با سرعتی نزدیک به سرعت گردش میدان می‌گردد و نسبت به سرعت گردش يك لغزش یا جا بجایی نشان می‌دهد که هرچه کاری که از آن می‌گیریم بیشتر باشد، این لغزش بزرگتر است. بنابراین موتوری است که نرمش بیشتری دارد.

**مبتدی-** در این صورت فکر می‌کنم همین موتور را در جاروهای برقی و قهوه

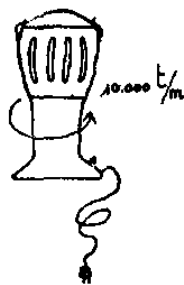
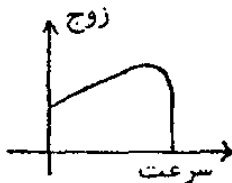
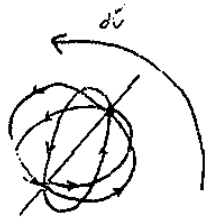
خردکن‌های برقی بکار می‌برند...

**مهندس-** معمولاً در این دستگاهها که نیاز به گردش بسیار تند دارند،

بیشتر موتورهای عمومی را بکار می‌برند که يك کلکتور و دو جارو دارند. ببینید آقای مبتدی، يك موتور غیرهمزمان نمی‌تواند سرعت از میدان، بگردد. با جریان

متناوبی که در اختیار ماست، این گردش ۵۰ دور در ثانیه است.

**مبتدی-** این سرعت بنظر من عالی است!



**مهندس-** بله، اما به گفته کارشناسان این سرعت کافی نیست که بتواند قهوه خردکن برقی را که سرعت گردشش باید دست کم سه برابر این (۱۵۰ دور در ثانیه یا ۹۰۰۰ دور در دقیقه) باشد، به درستی بکار بیندازد. بهمین جهت است که در این دستگاهها موتور عمومی می گذارند. در عوض، برای تهیه توانهای زیاد به روش آسان، موتور غیرهمزمان را زیاد بکار می برند. تقریباً همیشه ماشینهای رختشوئی را با این موتورها درست می کنند. ما فقط به کاربرد آن در دستگاههای کوچکی اکتفا می کنیم که ماشینهای فرمان نامیده می شوند و بعدها درباره آنها گفتگو می کنیم. الان چگونگی جریان دادن به این موتورها را، خواه موتور جریان مستقیم باشد یا موتور همزمان، کمی بررسی می کنیم.

### تغذیه موتورها

**مبتدی-** مسلماً جریان دادن به يك موتور غیرهمزمان آسان تر است چون باید جریان متناوب به آن داد و تقویت کننده های این نوع جریان آسان تر ساخته می شوند.

**مهندس-** تا حدودی حق با شماست، اما در مورد موتور غیرهمزمان مسئله کوچکی وجود دارد. به این موتور دو جریان مختلف می دهند.

**مبتدی-** نمی دانم چرا اینکار شمارا آندوهگین می کند چون فقط کافی است دو تقویت کننده بکار ببریم.

**مهندس-** اگر يك جفت از قرقره ها را با جریان متناوبی که دامنه ثابت دارد تغذیه کنیم و جفت دیگر را زیرجریان متناوبی قرار دهیم که نسبت به اولی اختلاف فاز دارد و به وسیله تقویت کننده تهیه شده، این کار ساده تر است. میدان دواری بدست می آوریم که کمی لنگ می زند، اما به این ترتیب می توانیم سرعت موتور را بر حسب فشار خروجی تقویت کننده تنظیم کنیم.

**مبتدی-** بله، اما در اینجا چیزی هست که کمی ناراحتم می کند، ولی شاید تغییر جهت گردش این گونه موتورها مورد نظر نباشد چون نمی شود گفت که يك جریان متناوب مثبت است یا منفی.

**مهندس-** درست است اما می توان گفت يك چهارم نیز بد نسبت به جریانی که از سیم پیچی يك جفت قرقره مستقیماً تغذیه شده می گذرد، پیش افتادگی یا پس افتادگی دارد. بنابراین اگر پلاریزاسیون خروجی تقویت کننده ای که يك جفت قرقره دیگر را تغذیه می کند معکوس کنیم جهت گردش موتور را هم معکوس کرده ایم.

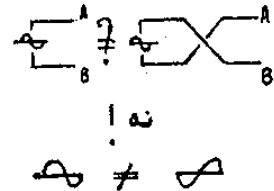
**مبتدی-** نمی دانم منظورتان از «معکوس کردن پلاریزاسیون خروجی» چیست... متناوب همیشه متناوب است!

**مهندس-** آرامتر، به مونتاز شکل ۱۰۱ نگاه کنید...

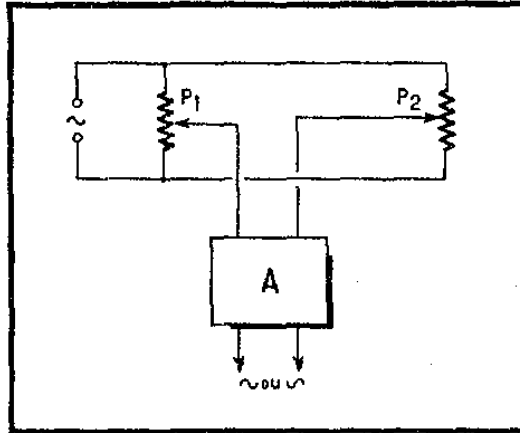
**مبتدی-** مدتهاست آنرا می شناسم، فقط يك پلویستون است.

**مهندس-** عجب! آقای مبتدی امروز کاملاً سر حال هستید، بله در واقع يك پلویستون است. فرض کنید که سرهای متحرك  $P_1$  و  $P_2$  درست در وسط باشند، در این صورت چه فشاری به ورودی تقویت کننده  $A$  می فرستیم؟

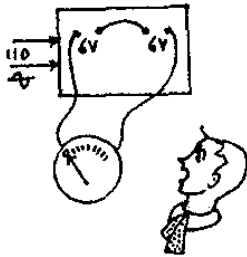
**مبتدی-** هیچ فشاری نمی فرستیم.



**مهندس** - در واقع يك «فشار صفر» به آن می گذاریم. حالا با ثابت نگه داشتن سر متحرك  $P_2$  سر متحرك  $P_1$  را ابتدا به طرف بالا و سپس به طرف پائین جابجا می کنیم. بخوبی می بینید فشاری که به ورودی  $A$  می گذاریم ممکن است با فشاری که پتانسیومترها را تغذیه می کند هم فاز باشد و یا فاز مخالف آنرا داشته باشد.



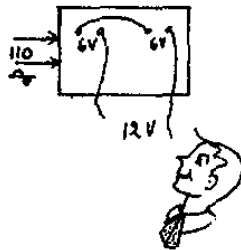
شکل ۱۰۱ - بر حسب وضع قرار گسرتن  $P_1$  و  $P_2$  ، فشار خروجی که از  $A$  بدست می آید ممکن است هم فاز و یا با فاز مخالف فشاری باشد که در  $P_1$  و  $P_2$  بدست آمده است.



**مبتدی** - این دیگر مضحك تر است! پس می شود از يك فشار متناوب مثبت یا منفی صحبت کرد.

**مهندس** - من این کلمه را بکار نمی برم، فقط می گویم «هم فاز» یا «با فاز مخالف». ببینید آقای مبتدی حتماً برای شما اتفاق افتاده است که دو سیم پیچی ثانوی يك مبدل را بطور پیاپی بهم وصل کنید تا فشاری برابر مجموع فشار آن دو بدست بیاورید؟

**مبتدی** - بله البته، یادم هست. حتی این موضوع توهینی هم به شخصیت من کرد. مبدلی داشتم که دو سیم پیچی ثانوی داشت که هر کدام ۶ ولت بود خواستم آن دو را بهم ببندم که فشار ۱۲ ولت بدست بیاورم و ابتدا فشاری بدست آوردم که کاملاً صفر بود.



**مهندس** - می بینید آقای مبتدی، دو فشار خروجی خودتان را بطور پیاپی وصل کرده بودید اما با فاز مخالف. اگر سرهای یکی از دو سیم پیچی ثانوی را عوض می کردید، فشار ۱۲ ولت بدست می آوردید. جای خوشوقتی است که نیاز نداشتید ثانوی های خودتان را موازی وصل کنید چون در این حالت اگر اتصال را با فاز مخالف انجام می دادید، برابر با يك اتصال کوتاه واقعی بود. پس می بینید که می توانیم به سیم پیچی کمکی يك موتور دو فاز فشار متناوبی بدهیم که آنرا در يك جهت یا در جهت دیگر بگرداند (بر حسب فاز این فشار متناوب) و سرعت آنرا کم و زیاد کنیم (بر حسب دامنه این فشار).

### تغذیه موتور جریان مستقیم

**مبتدی** - در حالت موتور جریان مستقیم، گمان نمی کنم جریان يك لامپ یا يك ترانزیستور را مستقیماً به موتور بدهید؟



**مهندس** - اگر قانونی که مرا از اینکار باز می‌دارد نشانم بدهید خیلی متشکر می‌شوم. در واقع همین کار را خواهم کرد. معمولاً ترانزیستور آمادگی بیشتری برای این نوع کار دارد، چون مو تورها را با سیمهای کلفت تر و دور سیم پیچی کمتر، آسانتر می‌شود ساخت، به عبارت دیگر ساختن آنها برای فشارهای نسبتاً ضعیف و جریان زیاد ساده تر است. بنابراین غالباً برای بکار انداختن مو تور يك ترانزیستور بکار می‌بریم.

در این صورت باید به بعضی موارد توجه شود. وقتی القاء شده يك مو تور را در مدار جمع کننده يك ترانزیستور قرار دهیم، عملاً مقدار جریانی را که باید از این القاء شده بگذرد تعیین کرده ایم (تا وقتی که در دوسر ترانزیستور فشار وجود دارد یعنی ترانزیستور اشباع شده نیست). بنابراین مقدار زوجی که مو تور بوجود می‌آورد، معین کرده ایم. وقتی ترانزیستور به اشباع می‌رسد یعنی دیگر فشار در دو سر آن وجود ندارد، فشار در دوسر مو تور دیگر نمی‌تواند افزایش یابد و در نتیجه برابر فشار تغذیه است. به این ترتیب این موضوع حد سرعت مو تور را معین می‌کند.

**مبتدی** - اما چیزی هست که مرا ناراحت می‌کند چون يك مو تور جریان مستقیم آمادگی دارد که در هر دو جهت بگردد. در اینجا دیگر موضوع وحشتناک هم فازی و یا فاز مخالف وجود ندارد. زیرا تغییر جهت جریان القاء شده، ونه در القاء کننده، است که تغییر جهت گردش مو تور را بدنبال دارد. در حالی که جریان جمع کننده يك ترانزیستور جز در يك جهت نمی‌تواند بگردد. این مسئله را چگونه باید حل کرد؟

**مهندس** - راه حل های زیادی وجود دارد. مثلاً می‌توانید مو تور خودتان را با تقویت کننده پوش، پول پیایی (سری) بکار ببندازید که بطور خلاصه آنرا در شکل ۵۲ برایتان کشیده ام. این راه حل ساده ترین راه حل است.

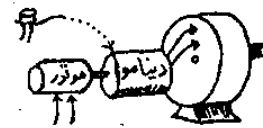
**مبتدی** - باز هم چیزی هست که فکر مرا پریشان می‌کند. در بعضی موارد ممکن است به مو توری نیاز باشد که توان بسیار زیادی بدهد و من نمی‌دانم می‌توانم به آسانی ترانزیستور هائی پیدا کنم که بتوانند چندین ده آمپر جریان بدهند و چندین صد ولت فشار را تحمل کنند.

### دیناموی (نیروزای جریان مستقیم) تقویت کننده

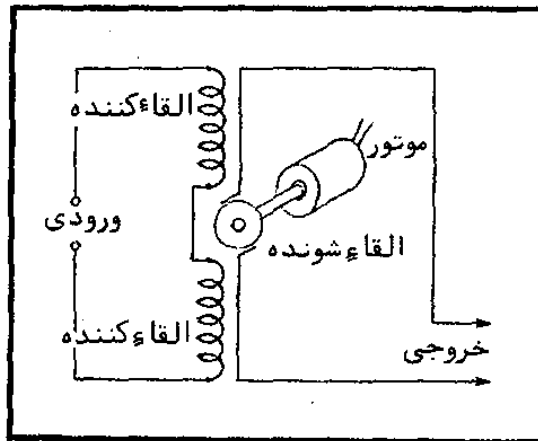
**مهندس** - می‌توانید پیدا کنید اما برایتان نسبتاً گران تمام می‌شود. در این حالت راه حل ظریفی وجود دارد و آن بکار بردن دیناموی تقویت کننده است.

**مبتدی** - فوراً بگوئید این چگونه چیزی است چون فقط لامپها و ترانزیستورها را به عنوان تقویت کننده می‌شناختم، اما هرگز حدس نمی‌زدم که این حیوان نجیب که دینامو نام دارد و زیر کاپوت اتومبیل به وجودش پی بردم، بتواند بجای تقویت کننده بکار برود.

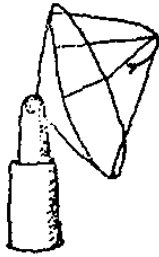
**مهندس** - آه، بی نهایت ساده است. دیناموئی را در نظر بگیرید (شکل ۱۰۲) که به وسیله يك مو تور می‌گردد، اگر به آهن ربای الکتریکی که به عنوان القاء کننده آنست جریانی ندهم، دینامو هیچ جریانی روی جاروهای خودش بوجود نمی‌آورد. هر چه جریانی که به القاء کننده اش می‌دهم بیشتر باشد، فشاری که این دینامو در دو سر جارو بوجود می‌آورد و می‌تواند جریان به ما بدهد زیادتر است. توان



نسبتاً ضعیفی برای تحریک القاء کننده کافی است تا امکان آنرا بوجود بیاورد که دینامو توان برقی بسیار زیادی بین دو جارو ایجاد کند. در واقع از موتوری که دینامو را می گرداند انرژی خواسته می شود، درحالی که تنها هدف جریانی که از القاء کننده می گذرد اینست که یک میدان مغناطیسی ایجاد کند، که آنرا می شود با انرژی کمی تهیه کرد به شرط آنکه حلقه های سیم پیچی را زیاد گرفته باشند.



شکل ۱۰۲- در یک دینامو که به وسیله موتوری به گردش درمی آید، فشار در دروس جاروها تابع جریان در القاء کننده است.



**مبتدی-** این دیگر بسیار عالی است! بنابراین جریان دیناموی خودتان را به موتوری که می خواهید فرمان دهید می فرستید و تقویت کننده ترانزیستوری فقط القاء کننده دینامو را زیر تأثیر می گیرد؟

**مهندس-** کاملاً درست است. چنین سیستمی با ترانزیستور معمولی و کم بها، امکان کم و زیاد کردن سرعت گردش یک موتور با توان چندین کیلووات را بوجود می آورد. من آنرا برای گرداندن برج کوچک آنتن راداری که چندین تن وزن دارد و آنرا با تقویت کننده بسیار کوچکی فرمان می دادند، بکار برده ام.

**مبتدی-** در واقع ساختن آن بسیار خوبست. اما نکته ای هست که مرا اندوهگین می کند! در این حالت مجبور هستید سه ماشین داشته باشید که یکی موتور گرداننده دیناموی تقویت کننده است، خسود دینامو و موتوری که جریان دیناموی تقویت کننده را به آن می دهند. واقعاً داشتن همه اینها کمی جایگیر است!

**مهندس-** در واقع یکی از نقص های این سیستم همین است. (که مستقل از نقص وابسته به دشواری هائی است که از مغناطیسی نتیجه می شوند که ممکن است در آهن القاء کننده دینامو باقی بماند و نیاز به روش های اصلاح پیچیده دارند.) بهمین جهت است که به موازات آن روش دیگری را گسترش داده اند که بی نهایت زیرکانه است و شامل تغذیه یک موتور جریان مستقیم با تیراترون است.

### فرمان به وسیله تیراترون

**مبتدی-** پس در این حالت موتور شما حرکت دندانه اره ای دارد!  
**مهندس-** آقای مبتدی قبلاً حرف های احمقانه زده اید اما نه تا این حد... نه، شوخی نکنید. البته یک تیراترون آمادگی دارد که در بعضی از مونتاژ هائی که



برایتان گفتم برای تهیه فشارهای دندان‌اره‌ای بکار برود. درحقیقت آنرا با روش کاملاً متفاوتی برای راه‌انداختن موتورمان بکار می‌بریم به این ترتیب که جریان تیراترون را وارد القاءشده موتور می‌کنیم.

**مبتدی-** اما القاءشده از این نوع جریان وحشت دارد، چون جریان يك تیراترون از ضربه‌های کوتاهی تشکیل می‌شود که شدت آنها بسیار زیاد و مدت ادامه آنها بسیار کوتاه است.

**مهندس-** این وضع آنها در موتورهای زاینده‌دندان‌اره‌ای بود که برایتان گفتم. تیراترون می‌تواند به گونه کاملاً متفاوتی کار کند؛ مثلاً وقتی که خاصیت اساسی آنرا که غیرمداوم بودن است بکار ببریم. یکبار که عبور جریان را در آن برقرار کردیم، اگر چیزی غیر از خازنی که جریان آنرا ایجاد می‌کند باشد، تیراترون می‌تواند پخویی به گذراندن جریان ادامه دهد.

**مبتدی-** آقای مهندس حرفهای شما ضد و نقیض است! قبلاً کاملاً تأکید کرده بودید که در يك تیراترون وقتی جریان برقرار شد ممکن است به مقدار زیادی برسد و حتی باید اقدامهای احتیاطی برای محدود کردن آن بعمل آورد.

**مهندس-** این درست همان کاری است که ما می‌کنیم. اگر در مدار آن تیراترون يك مقاومت و يك منبع را بطور پیاپی قرار دهیم، وقتی تیراترون بکار افتاد، شدت جریان کاملاً عاقلانه در مقداری که قانون اهم حکم می‌کند، نگه داشته خواهد شد. افت فشار در دو سر تیراترون بسیار ضعیف و در دو سر مقاومت زیاد است و شدت جریانی که از تیراترون می‌گذرد به واسطه این مقاومت محدود خواهد شد.

**مبتدی-** این مطلب به عنوان کاربرد يك تیراترون بنظر من بسیار عجیب است. به عبارت دیگر وسیله‌ای برای گذراندن جریان از موتور در اختیار داریم. اما گذشته از امکان گذراندن این جریان با تحریک تیراترون از راه شبکه‌اش، نسبت به چیزی که يك راه ساده به ما می‌داد، چیز مهمی بدست نیآورده‌ایم.

### تغذیه با جریان متناوب

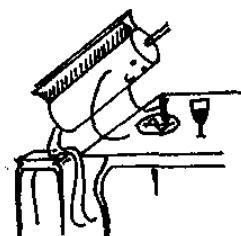
**مهندس-** اگر منبعی که تیراترون را تغذیه می‌کند منبع فشار مستقیم بود، حق داشتید. اما اگر موتوری را که بطور پیاپی با تیراترون قرار گرفته است با منبع جریان متناوب تغذیه کنیم، موضوع فرق می‌کند.

**مبتدی-** در این صورت فکر می‌کنم موتوری بکار می‌برید که عمومی نام دارد و کار با جریان متناوب را هم می‌پذیرد؟

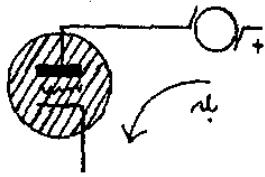
**مهندس-** بهیچوجه، يك موتور جریان مستقیم بکار می‌بریم که اگر القاء کننده‌اش آهن‌ربای دائمی نباشد، جریان تحریک آن هم کاملاً ثابت باشد.

**مبتدی-** در این صورت بهتر است فوراً بروم آقای مهندس آخر بمن گفتید که چنین موتوری در جهتی می‌گردد که بستگی به جهت گردش جریان در القاء شده‌اش دارد!

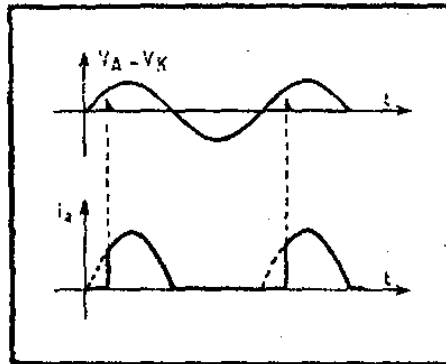
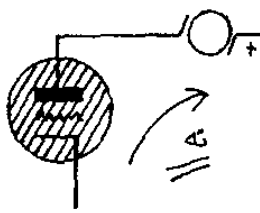
**مهندس-** عصبانی نشوید. البته جریانی که در القاءشده موتور می‌گذرد



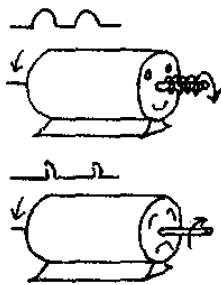
مستقیم نخواهد بود. دست کم باید گفت که یکسو شده است چون یک تیراترون نمی تواند ایونیزاسیون در گاز داخل حباب بوجود بیاورد مگر وقتی که آند آن نسبت به کاتدش مثبت باشد. جریانی که از موتور می گذرد همیشه در یک جهت است و فقط در نیم پریود عبور می کند و این نیم پریود همانست که در آن آند تیراترون نسبت به کاتدش مثبت است.



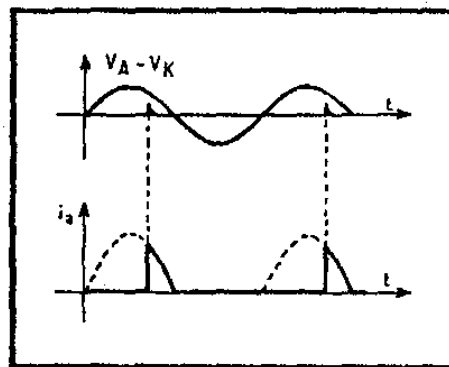
**مبتداً** - در این شرایط قبول دارم. اما درست نمی دانم چه امتیازی بدست آورده اید چون اگر شبکه به مقدار کافی منفی باشد، در تیراترون ایونیزاسیون بوجود نمی آید و موتور نمی گردد. و اگر شبکه را مثبت کنید و یا حتی آنرا به اختلاف سطح صفر وصل کنید، تیراترون در تمام مدت با ایونیزاسیون است و می توان بجای آن یکسوساز ساده ای گذاشت.



شکل ۱۰۳ - اگر ضربه های راه انداختن تقریباً در ابتدای نیم پریود مثبت فشار آند به شبکه تیراترون گذاشته شوند، جریان آندی در بخش بزرگی از این نیم پریود عبور می کند و در نتیجه مقدار متوسط آن زیاد است.



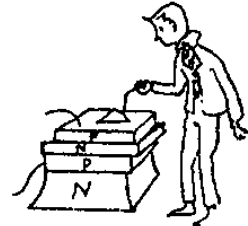
**مهندس** - بله، شما حدود نهائی را خوب ارائه می دهید. اما من می توانم کاری بکنم که خیلی تدریجی تر باشد. مثلاً فرض کنید که به شبکه تیراترون ضربه هائی بگذاریم و ترتیب کار را طوری بدهم که در نیم پریودی که آند نسبت به کاتد مثبت است، این ضربه ها کم و بیش با تأخیر برسند. می بینید که اگر این ضربه ها در این نیم پریود خیلی زود برسند، همانطور که در شکل ۱۰۳ نشان داده شده است، جریان



شکل ۱۰۴ - اگر ضربه ها دیرتر برسند، جریان متوسط ضعیف است.

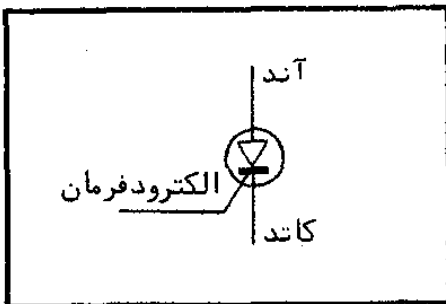
یکسوساز تقریباً در تمام مدت نیم پریود از موتور خواهد گذشت. برعکس اگر ضربه ها را خیلی دیرتر بفرستم، همانطور که در شکل ۱۰۴ نشان داده شده، به آسانی مشاهده می کنید که زمان ایونیزاسیون در تیراترون قبل از اینکه به علت منفی شدن آندش نسبت به کاتد کاملاً از بین برود، بسیار کوتاه است.

**مبتدی-** این مطلب جالب است! این تیراترون مثل یکسوسازی کار می کند که بتوان آنرا فرمان داد.  
**مهندس-** و آنکهی بهمین جهت است که غالباً آنرا با نام «لامپ زیر فرمان» مشخص می کنند. از این گذشته معادل نیم هادی آنرا هم «یکسوساز سیلیکومی زیر فرمان» می نامند و آنرا غالباً با حروف اول کلمه های انگلیسی آن که به همین معنی است با S. C. R مشخص می کنند.



### تیراترون های نیمه هادی (تریستورها Thyristors)

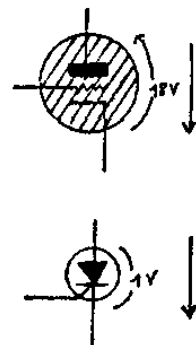
**مبتدی-** پس نیمه هادی هائی هم هست که مثل تیراترون کار می کند؟  
**مهندس-** بله و کار آنها عالی است. بی آنکه در جزئیات ساخت آن وارد شوم. بشما می گویم که آنها چهار پوشش دارند که بطور یک درمیان  $p, n, p, n$  است. نخستین پوشش  $p$  آند نام دارد، آخرین پوشش  $n$  کاتد است. پوشش  $p$  که درست پهلوی پوشش  $n$  کاتد قرار دارد به یک سیم خارجی (الکتروود فرمان) وصل است و پوشش سوم به چیزی وصل نیست، باوجود این اتصالی های آن در کار نقشی به عهده دارند. چنین تیراترونی که معمولاً برای تحمل فشار حداکثری به مقدار معین مثلاً ۲۰۰ یا ۴۰۰ ولت درست شده است، ممکن است به وسیله الکتروود فرمانش در یک جهت یا جهت دیگر تحریک شود و بکار بیفتد. این کار وقتی انجام می شود که ابتدا، درست مثل یک تیراترون گازی، آند آنرا نسبت به کاتد مثبت کنند



شکل ۱۰۵- علامت تیراترون جامد (معادل نیمه هادی تیراترون گازی) که آنرا یکسوساز سیلیسیومی زیر فرمان یا تریستور هم می گویند.

اما با آن این تفاوت را دارد که فشاری روی الکتروود فرمان آن نمی گذارند بلکه جریانی به آن داده می شود. یکبار که تیراترون بکار افتاد، فقط مدار خارجی جریانی را که از آن می گذرد محدود می کند، چون تقریباً مثل یک اتصال کوتاه عمل می کند، یا درست تر بگویم مثل یک دیود یکسوساز سیلیکومی است که افت فشاری برابر یک ولت ایجاد می کند. می بینید که تا چه اندازه نسبت به تیراترون گازی جالبتر است چون این تیراترون وقتی تحریک شد در دوسر خود افت فشاری در حدود ۱۵ ولت دارد.

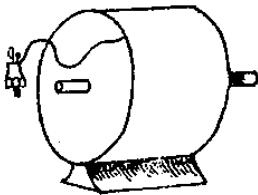
بنابر این تیراترون سیلیسیومی بسایک جریان چند میلی آمپری که روی الکتروود فرمانش وجود داشته باشد، بکار می افتد و بعد از اندکی، تا وقتی در مدار آندش شدت جریانی بالاتر از چند میلی آمپر برقرار کنند، مثل یک دیود یکسوساز عمل می کند. اگر این تیراترون را اتصال کوتاه کنند که اینکار فشار دوسر آنرا از ولت هم، که معمولاً وقتی رساناست این فشار بین آند و کاتدش وجود دارد، کمتر می کند،



تیراترون از کار می افتد. همینطور با قطع کردن جریانی که از آن می گذرد یا منفی کردن آنندش نسبت به کاتد که هر دو یکی است، آنرا از کار می اندازند. برای یادآوری اینکه این دستگاه تا چه اندازه به یکسوسازی که زیر فرمان گرفته باشند نزدیک است، آنرا بصورتی که در شکل ۱۰۵ کشیده ام خلاصه می کنند، به عبارت دیگر مثل دیود یکسوساز با یک الکتروود اضافی فرمان است که بطور کج از کاتد بیرون آمده است. **مبتدی** - با این تیراترون های نیمه هادی می توان شدت جریان های زیاد را زیر فرمان گرفت؟

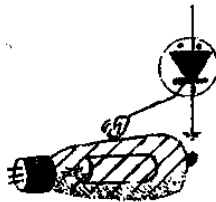


**مهندس** - آه، بله، جریان های بسیار زیاد. مثلاً این تیراترون را که در دست من است می بینید. اقرار می کنید که خیلی بزرگ نیست. بله، همین تیراترون کوچک که در برابر بزرگی موتور ۲ کیلو واتنی اصلاً به حساب نمی آید، برای زیر فرمان گرفتن سرعت موتور بطور منظم کاملاً کفایت می کند. این دستگاه های کوچک که ده تایی آن در یک مشت جا می گیرد، هر کدام ۸ گرم وزن دارد، بالاترین فشاری که تحمل می کنند ۵۰۰ ولت است و می تواند جریانی بیشتر از ۲۰ آمپر از خودش عبور دهد. برای اینکه بتوان با یک تیراترون گازی همین کار را کرد، باید نوع بسیار عالی آنرا انتخاب کرد که ۷ تا ۸ سانتیمتر قطر و در حدود ۱۵ سانتیمتر بلندی دارد. و آنکه به مسئله های دیگری اشاره می کنم مثل مصرف بسیار زیاد انرژی برای گرم کردن کاتد این تیراترون گازی و زمان زیادی که کاتد قبل از بکار انداختن تیراترون باید گرم شود که ممکن است به آن زیان زیادی برساند.



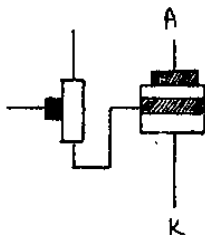
**مبتدی** - در این صورت فکر می کنم تا چند سال دیگر تیراترون گازی وجود نداشته باشد.

**مهندس** - عقیده من هم همین است. در حال حاضر انواع نیمه هادی آن نسبتاً گران است، که البته گرانی آن خیلی بیشتر از گرانی نوع گازی با همین تکامل نیست و اگر برای نگهداری آنها در برابر اضافه فشار اقدام احتیاطی ویژه ای نکنند، زود از بین می روند. باید گفت تیراترون های نیمه هادی بی چون و چرا راه حل های آینده را به همراه دارند.



## بکار افتادن تیراترون

**مبتدی** - بسیار خوب، وقتی مدار فرمان و تورها را سوار کنم، فقط تیراترون های سیلیکومی در آن می گذارم. باز هم نکته ای هست که کمی ناراحت می کند و آن اینست که شما درباره ضربه های کارانداز تیراترون صحبت کردید که آنرا کم و بیش جلو می اندازد. چطور این ضربه ها را درست می کنند و چگونه وضع آنرا (تصور می کنم بمن خواهید گفت «از نظر فاز») نسبت به پریود مثبت، روی آند تیراترون تغییر می دهید؟

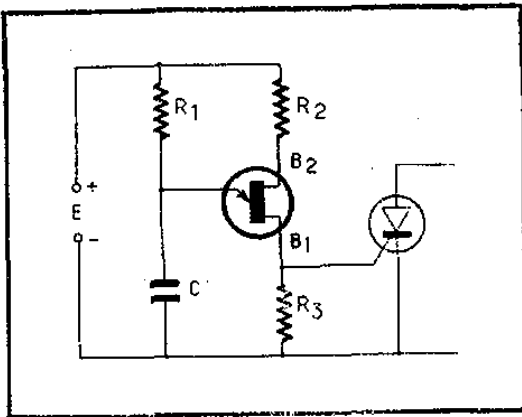


**مهندس** - این ضربه ها را به راه های گوناگون می توان تهیه کرد. غالباً برای بکار انداختن تیراترون های سیلیکومی، مونتاژی را بکار می برند که یک ترانزیستور ویژه بنام «ترانزیستور یک اتصال» دارد.

**مبتدی** - بنظر من این وضع بسیار خوبست. می خواهیم تیراترونی را بکار بیندازیم که سه اتصال دارد و برای این کار ترانزیستوری بکار می بریم که اگر اسمش

درست باشد، فقط يك اتصالى دارد. اينكار تعادل را كمى برقرار مى كند.  
**مهندس-** بفرم تقسيم مساوى تعداد اتصالى ها نبودم. هرچه باشد، ترانزیستور يك اتصالى دستگاه كوچك و ساده است چون ميله سيليسيمى از نوع B است كه در هر آنها يك اتصالى دارد (كه آنها را پايه ۱ و پايه ۲ مى گويند) و يك اتصالى كاملاً در وسط بايك منطقه P دارد كه آنرا ارسال كننده مى گويند. وقتى بين دو پايه آن اختلاف سطحى بگذارم، تا حدودى مثل تيراترونى عمل مى كند كه آنند، ارسال كننده آنست و كاند يكى از دو پايه است. اگر مونتازى مطابق شكل ۱۰۶ با آن سوار كنم خازن C از راه  $R_1$  پر خواهد شد تا الكتروليت نمايش داده شده به وسيله سهم (كه آنرا ارسال كننده ترانزیستور يك اتصالى مى نامند) به اختلاف سطحى نزديك به  $\frac{E}{4}$  برسد.

در اين لحظه، اتصالى ارسال كننده ترانزیستور يك اتصالى ناگهان بسيار رسانا مى شود و خازن C به سرعت از راه  $R_3$  خالى مى شود. اتصالى هاى را كه  $B_1$  و  $B_2$  ناميديم در واقع دو اتصالى هستند كه روى پايه اين ترانزیستور كه جمع كننده ندارد، درست شده اند. در لحظه اى كه C روى  $R_3$  خالى مى شود، در دوسر اين مقاومت، فشارى ظاهر مى شود كه مى تواند تيراترون را بكار بيندازد.



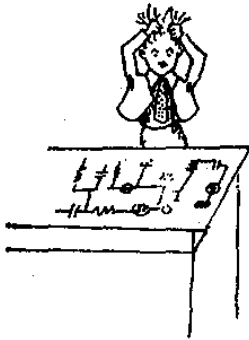
شكل ۱۰۶- مونتاز يك ترانزیستور يك اتصالى  
 اتصالى براى اينكه وقتى فشار در دوسر C به مقدار معينى مى رسد به وسيله تخليه C روى  $R_3$  ضربه هاى لازم براى بكار- انداختن تيراترون جامد را بدست بدهد.

**مبتدى-** در واقع ترانزیستور يك اتصالى شما يك نوع تيراترون كوچك است؟  
**مهندس-** در حقيقت شباهت هاى با تيراترون دارد. اما فقط جريان هاى با شدت كم را عبور مى دهد. مى توان آنرا براى فشارهاى دندانانه اره اى و موارد ديگرى بكار برد. غالباً آنرا مانند بخش كار انداز تيراترون ها بكار مى برند.  
**مبتدى-** بنظر من ترانزیستور يك اتصالى شما دستگاه شگفت آورى است. اما چيزى دارد كه ناراحتم مى كند چون شما بمن نگفته ايد كه در مونتاز شكل ۱۰۶ چه مى كنيد تا ضربه اى كم و پيش زودتر در مدتى كه نيم پريد مثبت برق شهر ادامه دارد، بدست بياوريد. بنظر من آيد كه دستگاه شما بايد دندانانه اره اى هاى بدهد كه با شكه هيچ ارتباطى نداشته باشند.

**همزمانى به وسيله برق شهر**

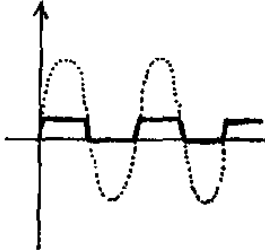
**مهندس-** حق بيا شماست. شكل ۱۰۶ را براى اين كشيدم كه طرز كار



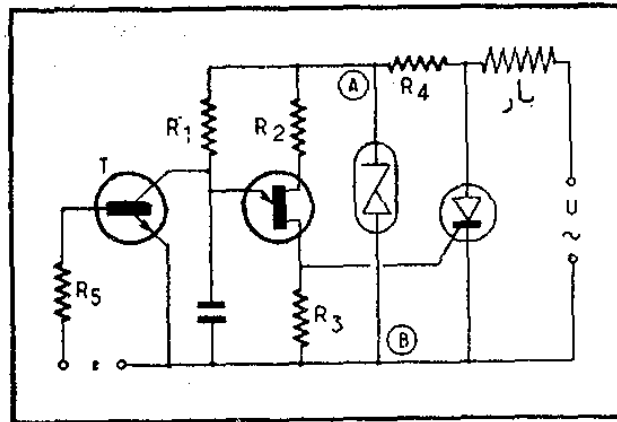


ترانزیستور يك اتصالی و روشی که آنرا با يك تیراترون تزویج می کنند بشما بفهمانم. اگر شکل نهائی کاربرد آن را می خواهید، به شکل ۱۰۷ نگاه کنید که به آسانی خواهید فهمید.

**مبتدی** - جرأت می کنید بگوئید آسان است! شکل شما بی نهایت پیچیده است. **مهندس** - نه، مثل تمام شکل ها، باید کوشش کنید هر عنصر را پس از دیگری نگاه کنید، می بینید که فشار متناوب U از راه مقاومت بار به تیراترون گذاشته شده است. از این بار (که ممکن است القاء شده يك موتور باشد) وقتی تیراترون بکار افتاد (در مدت نیم پریدهائی که آند آنرا نسبت به کاتدش مثبت می کنند) جریان تیراترون خواهد گذشت. از روی فشاری که در دو سر تیراترون وجود دارد، فشار تندیۀ ترانزیستور يك اتصالی را به وسیله مقاومت  $R_4$  و دیود زئر درست می کنیم بعضی اینکۀ فشار دوسر تیراترون مثبت باشد، هر چند هم کمی بالاتر از فشار دیود زئر باشد، افت فشار در مقاومت  $R_4$  بین نقاط A و B فشار ثابتی را حفظ می کند که برابر فشار زئر است.

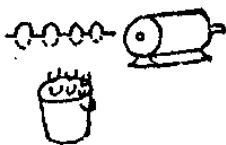


اگر فشار دوسر تیراترون منفی باشد (آند نسبت به کاتد منفی باشد) دیود زئر مثل دیود معمولی کار می کند و اختلاف سطح A را در مقداری تقریباً برابر با B نگه می دارد. بنابراین مجموعه ترانزیستور يك اتصالی به وسیله فشار بین A و B تندیه می شود که جایگزین فشار E شکل ۱۰۶ می شود. پرشدن خازن C درست در لحظه ای آغاز می شود که فشار دو سر تیراترون طوری شود که آند آن نسبت به کاتدش مثبت باشد. پرشدن در لحظه ای قطع می شود که بازخازن به مقداری رسیده باشد که برای رسانا کردن ترانزیستور يك اتصالی کفایت می کند.



شکل ۱۰۷ - مونتاژ کامل فرمان جریان متوسط در مقاومت بار به وسیله تیراترون جامد که با يك ترانزیستور يك اتصالی بکار افتاده است.

اگر ترانزیستور T مسدود شود، پرشدن خازن سریع است و ضرر به ای که در دو سر  $R_4$  بوجود می آید از آغاز نیم پرید مثبت عملاً تیراترون را بکار می اندازد. برعکس اگر ترانزیستور T به وسیله جریانی که منبع e به پایۀ او می دهد رسانا باشد، بخشی از جریان را به نقطه B می فرستد که از راه  $R_1$ ، خازن را پر کند؛ پس این پرشدن آهسته تر خواهد شد، و در نتیجه کار افتادن ترانزیستور يك اتصالی با تأخیر صورت می گیرد و تیراترون هم با تأخیر کار خواهد کرد. پس جریان متوسطی که در تیراترون می گذرد خیلی کم است.

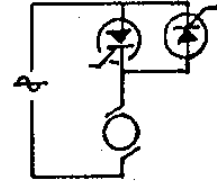


**مبتدی** - آنقدرها هم که شما می گوئید ساده نیست. با وجود این گمان می کنم



کمی فهمیده باشم. اما در این شکل و همینطور در شکل قبلی چیزی هست که ناراحتی می‌کند و آن اینست که عملاً یک نیم‌پرید فشار متناوب را بکار می‌برند و نیم‌پرید دیگر اجباراً از دست می‌رود.

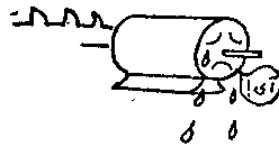
**مهندس** - درست است و اگر از این مطلب ناراحتید، امکان دارد دو تیراترون بکار ببرید که در جهت عکس هم سوار شده‌اند و هر کدام روی یک نیم‌پرید شبکه کار می‌کنند. به وسیله دو دیود معمولی متصل به دو تیراترون ترتیب کار را طوری می‌دهند که جریان نیم‌پرید اول و یا نیم‌پرید دیگر در یک جهت از مقاومت پارازیت‌ها همانطور که می‌بینید، در اینجا سیستم چندان پیچیده‌ای نیست و برای فرمان موتورهای با توان بسیار زیاد کاملاً آمادگی دارد.



**مبتدی** - دلم می‌خواهد حرفتان را قبول کنم، اما باز هم چیزی هست که موجب ناراحتی من می‌شود چون جریانی که از این موتورها می‌گذرد ناگهان زیاد می‌شود و اگر بخواهیم آنرا کم کنیم فقط در پر یوهای کوتاه عبور می‌کند. نباید ابتدا در انتظار اضافه فشارهایی بود که در نتیجه پدیده خودالقائی ایجاد می‌شوند و بعد منتظر بود در موتور که نمی‌خواهد زیر اثر این قطع کردن‌های ناگهانی قرار گیرد و اکشن‌هایی بروز کند:

**مهندس** - در مورد موتور جز تسلیم گفتن به آن کاری نمی‌توانم بکنم. اما بشما می‌گویم که شخصاً یکی از این موتورها در خانه دارم و هیچوقت ندیده‌ام بیاید و شکایت کند. ایسراد شما درباره فشارهای ایجاد شده به وسیله خودالقائی مهم‌تر است چون در واقع این اضافه فشارها می‌توانند ما را ناراحت کنند، بهر حال کار دستگاه را پیچیده‌تر می‌کنند بی‌آنکه الزاماً تغییر شکل بسیار مهمی در شکلی کنه برایتان کشیده‌ام و بسیار نزدیک به مداری است که می‌توان در عمل بکار برد، بوجود بیآورند.

**مبتدی** - ممکن است موتور شما به آن عادت کند، اما احساس می‌کنم که مغزم اشباع شده است و گمان می‌کنم بهتر باشد فردا به گفتگو ادامه دهیم.



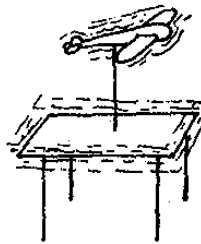
## مبحث یازدهم

این بار دیگر چیزی برای گرداندن درکار نیست چون میتدی می خواهد بداند که مافوق صوت چیست و چگونه آنرا ایجاد می کنند. یا رسیدن به مدولاسیون منبع های نوری و کاربرد آنها در فرستادن عکس به راه دور یا دستگاهی آشنا می شود که آینده بزرگی در پیش دارد و آن لیزر LASER است.

### مولد مافوق صوت

### مدولاتور نور و لیزر

#### تحريك کننده های ارتعاش



**میتدی** - آقای مهندس يك نوع پسردهنده هست که دلم می خواست چند کلمه درباره آن بر این صحبت کنید. یکی از دوستانم که در هواپیمائی کار می کند به من گفته است که برای آزمایش دستگاههای کوچک و ظریف که باید روی هواپیماها سوار شوند، آنها را روی میز لرزانی قرار می دهند که به وسیله يك تقویت کننده بزرگ فرمان داده می شود. این دستگاه دیگر چیست؟

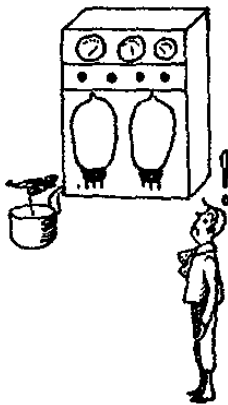
**مهندس** - بدون اینکه خودتان بدانید دستگاه را می شناسید. فقط يك بلندگوی بسیار بزرگ با بوبین متحرك است. آهن ربائی که آنرا درست می کند بسیار بزرگ است و در فاصله دو قطب آن فرقه ای می گذارند که در آن جریان يك تقویت کننده را وارد می کنند. این فرقه به قطعه هایی که به آن بسته شده باشند، حرکتی با فرکانس جریانی که به آن داده اند، می دهد.

**میتدی** - در این صورت بخوبی می توانم چنین تحريك کننده ارتعاشی درست کنم چون کافی است از بلندگویی که گوشه گنجه ام گذاشته ام و به علت اینکه صفحه اش پاره شده مصرف نمی کنم، استفاده کنم.

**مهندس** - در واقع می توانید از آن استفاده کنید اما تحريك کننده های ارتعاش معمولی دستگاهائی هستند که توان آنها نسبت به بلندگوی کوچک شما بسیار زیاد است. تصور کنید که برای ایجاد ارتعاش اجباری یا دامنه معین در يك صفحه بزرگ فولادی که روی آن اشیاء مورد آزمایش قرار داده شده اند، اگر بخواهید حرکت، دامنه قابل توجهی داشته باشد، باید توان بسیار زیاد باشد. مثلاً من يك ایستگاه آزمایش را می شناسم که در آن تقویت کننده میز مرتعش می تواند توانی برابر ۸۰ کیلووات بدهد.

**میتدی** - این مطلب برایم مبهوت کننده است. قطعاً با تقویت کننده ۵ واتی کاری نمی توانم بکنم.

**مهندس** - گفته شما را تصحیح می کنم، شما می توانید به چیزهای کوچک و سبک، به ویژه در فرکانسهای نسبتاً پائین ارتعاشهای با دامنه کمی بدهید. بدست آوردن



دامنه قوی در فرکانسهای بالا بدون آنکه توانهای زیادی در بویین تحریک کننده مصرف شود، دشوار است.

**مبتدی-** بله، اما چیزی هست که ناراحت می کند، توانی که به آن می فرستید بطور کامل به انرژی مکانیکی تبدیل نمی شود. پس چه می شود؟

**مهندس-** بخش بزرگی از آن به گرما تبدیل می شود. بهمین جهت است که در تحریک کننده های ارتعاش که از یک اندازه بزرگتر هستند، باید دستگاههای خنک کننده بسیار قوی پیش بینی شود. در دستگاهی که من دیدم و به وسیله تقویت کننده ۸۰ کیلو واتی تحریک می شد، از راه تصحیح های مناسب در تقویت کننده های تحریک، قادر بود صدا را طوری باوفاداری زیاد ایجاد کند که تا بحال صدائی مانند آن نشنیده اید. چیزی که شگفت آورتر بود، شنیدن صدای والس شوین بود که به وسیله ارتعاش یک صفحه فولادی به بزرگی تقریبی نیم متر مربع که چندین میلی متر قطر داشت، در هوا ایجاد می شد. کمی تصورش را بکنید که چه توانی برای ارتعاش این صفحه با دامنه قابل توجه بکار می رود تا بتواند از آن یک صفحه بلندگوی واقعی برای فرکانسهای ۳ یا ۴ کیلو هرتز بسازد.



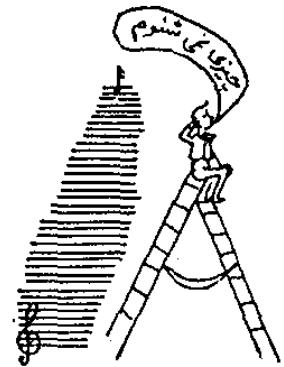
**مبتدی-** برای موسیقی به صفحه کاغذی معمولی که با چند وات پنجویی بکار می افتد اکتفا می کنم. اما با کمال میل قبول می کنم که این بلندگو نمی تواند دستگاههای کوچکی را که می خواهند آزمایش کنند تا مرز قطع شدن به لرزش درآورد. اما بدرستی چگونه می فهمند که این دستگاهها زیر چه آزمایشی قرار گرفته اند؟

**مهندس-** بی نهایت ساده است چون در کنار دستگاه آزمایش شده، یکی از سیستم های کوچکی را که شتاب سنج نام دارد و قبلاً برایتان گفته ام می گذارند.

### ما فوق صوت ها

**مبتدی-** با این تحریک کننده های ارتعاش تا چه فرکانسی می شود رفت؟

**مهندس-** از ده کیلو هرتز نباید تجاوز کرد. حتی رسیدن به این حد هم خیلی کم اتفاق می افتد. اگر بخواهید به یک جسم ارتعاش تندتری بدهید، عملاً به قلمرو ما فوق صوت می رسیم.



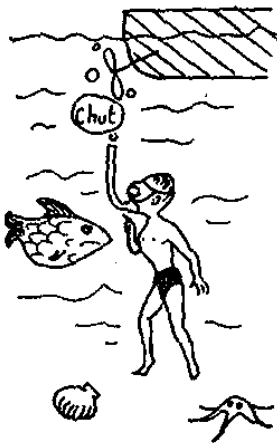
**مبتدی-** وصفش را شنیده ام. گمان می کنم آنها صدائی هستند که فرکانسشان بسیار بالاست بطوری که گوش نمی تواند بشنود. به عبارت دیگر فرکانسهائی هستند که از ۱۵ کیلو هرتز بالاترند.

**مهندس-** در واقع همینطور است. گام امواج ما فوق صوت بی نهایت گسترده است و از ۱۵ کیلو هرتز تا چندین مگاهرتز گسترده است.

**مبتدی-** گمان می کنم برای ایجاد آنها باید بلندگوهای کاملاً خارج العاده ساخت.

**مهندس-** در واقع آنها را بسیار کم با بلندگو ایجاد می کنند. از این گذشته ما فوق صوت را خیلی کم در هوا بکار می برند. به آسانی می توانید با توان کم و با استفاده از بلندگوهای کوچک الکترواستاتیک که غالباً به عنوان توپتر Tweeter<sup>۱</sup> در دستگاههای صوتی باوفاداری زیاد بکار می برند تا فرکانس ۱۰۰ کیلو

۱. Tweeter بلندگوی کوچکی است که می تواند فرکانسهای زیاد را باوفاداری ایجاد کند.



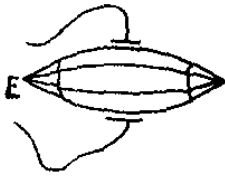
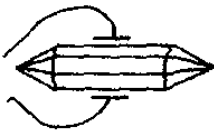
هرتز را بسازید. همینطور می‌توانید بلندگوهای ایونی را بکار ببرید که امکان رسیدن به فرکانسهای بالاتر را هم بوجود می‌آورند. اما امواج مافوق‌صوت در هوا بخوبی منتشر نمی‌شوند. بیشتر وقت‌ها آنها را در مایع‌ها و یا جامدات بکار می‌برند. **مبتدی** - عجب! با اینحال نمی‌توانید بمن بگوئید که امواج مافوق‌صوت در مایع‌ها و جامدات منتشر می‌شوند.

**مهندس** - اگر هم شما موافق نباشید، همین‌را خواهم گفت. چرا می‌خواهید مافوق‌صوت‌ها اینکار را نکنند درحالی‌که صوت معمولی این کار را می‌کند؛ اگر زیر آب دریا رفته باشید، مشاهده کرده‌اید که در زیر آب صدای پروانه کشتی که خیلی دورتر از شما حرکت می‌کند بخوبی شنیده می‌شود. برای امواج مافوق‌صوت، انتشار آسانتر است زیرا این صداها که طول موج کوتاهی دارند به آسانی به صورت دسته فشرده‌ای درمی‌آیند که می‌توان آنها را بدون تلف به فاصله دور فرستاد. اما همانطور که گفتم، دستگاههایی مثل بلندگو را بسیار کم برای ایجاد آنها بکار می‌برند.

**مبتدی** - در اینصورت واقعاً نمی‌دانم امواج مافوق‌صوت را چطور با یک بلندگو چگونه می‌شود طور دیگری ساخت.

**مهندس** - دو روش اساسی آن شامل کاربرد پیزوالکتریسته یا مانتیو-استریکسیون<sup>۱</sup> است.

**مبتدی** - اگر بخواهید این کلمه‌ها را بکار ببرید بهتر است فوراً برو.

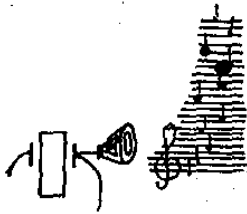


### مولد مافوق‌صوت پیزوالکتریک

**مهندس** - آقای مبتدی ناراحت نشوید. پیزوالکتریک خاصیتی است که بعضی از بلورها دارند و وقتی زیر فشار مکانیکی قرار می‌گیرند، یک فشار الکتریکی بوجود می‌آورند. هم‌اکنون هم با آن آشنا هستید چون پیکاپ‌های پیزوالکتریک بسیار متداولند. این پدیده دو طرفه است، به عبارت دیگر وقتی بین دو الکترودی که بطور مناسب روی یک بلور معین گذاشته شده است، فشار الکتریکی بگذاریم، این بلور تغییر شکل می‌دهد. به کمک بلوری از این نوع که غالباً کوارتز است، امواج مافوق‌صوت درست می‌کنند به این ترتیب که به آن فشار متناوب یا فرکانس بالا را وارد می‌کنند و بلور شروع به ارتعاش می‌کند.

**مبتدی** - این دستگاه برای ساختن بلندگو بسیار عالی است، با مطلبی که گفتید تصور می‌کنم به‌ویژه برای ایجاد فرکانس‌های بالا مورد توجه باشد.

**مهندس** - حتی برای فرکانس‌های بسیار بالا هم مناسب است. در عمل فرکانس‌های پائین را بسیار بد ایجاد می‌کند، چون دامنه تغییر شکل کم است و برای ایجاد فرکانس‌های پائین باید دامنه قوی باشد. در واقع این دامنه چنان ضعیف است که بدون استفاده از هم‌آهنگی حتی با دستگاههای مخصوص هم نمی‌توان ارتعاش مافوق‌صوت ایجاد شده را احساس کرد. می‌دانید که یک بلور، فرکانس نوسانی مخصوصی دارد. معمولاً آنرا روی همین فرکانس تحریک می‌کنند. در این صورت دامنه نوسان بزرگتر می‌شود. بلور را مستقیماً در مایعی فرو می‌برند که باید دسته



۱. فشردگی مغناطیسی.

امواج مافوق صوت را در آن بفرستد و یا آنکه به قطعه جامدی که امواج باید در آن فرستاده شود متصل می کنند که در این حالت برای اینکه بهتر بهم متصل شوند پوشش نازکی از روغن بین آنها می گذارند.

**مبتدی** - از این پرسش که می کنم معذرت می خواهم اما فرستادن امواج مافوق صوت در مایع و یا جامد به چه درد می خورد؟

**مهندس** - امواج مافوق صوت که در یک مایع فرستاده شود، این مشخصه را دارد که مواد سریشمی شناور در آب را ته نشین می کند. همچنین موجودات میکرونی را از بین می برد. این روش برای سترون کردن است اما کاملاً متداول نیست. همینطور این امواج امکان ساخت مخلوطی از مواد را به صورت بی نهایت همگن بوجود می آورد در حالی که معمولاً مخلوط نمی شوند. مثلاً اگر امواج مافوق صوت را در آبی بفرستید که در ته آن جیوه قرار دارد، می بینید که جیوه به قطره های بسیار ریز پخش می شود که این قطره ها با آب مخلوط می شوند و نوعی محلول خاکستری بوجود می آید که مدت ها بعد دوباره ته نشین می شود. در جامدها، غالباً دسته امواج کوچک مافوق صوت را در آنها می فرستند تا بدانند که آیا این امواج در داخل جامدها به نقص هایی (ترک یا حفره) برخورد می کنند که در این صورت انعکاس آشکار شونده ای بوجود می آورند و به این ترتیب امکان پی بردن به نقص ها بدون خراب کردن قطعه بوجود می آید. در این باره بعدها دوباره گفتگو می کنیم. همینطور در یک مایع مافوق صوت می تواند وسیله ای برای ارتباط بوجود بیاورد همانطور که یک موج حامل رادیو در هوا و یا در خلاء بوجود می آورد. همچنین می توان آنها را برای آشکار کردن مانع در آب بکار برد، مثلاً توده های ماهی را برای صید مشخص کرد یا کاربردهای نظامی به آن داد که به آسانی حدس می زنید.

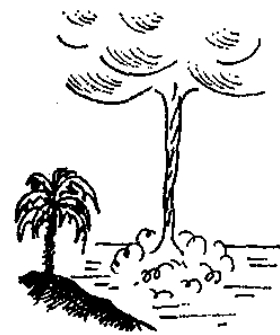
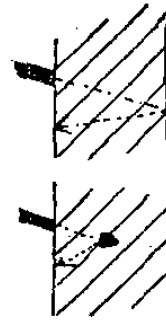
**مبتدی** - فرستنده مافوق صوت چگونه ساخته شده است؟ صحبت از بلور (کریستال) کردید، دلم می خواست بدانم چگونه آنها را بکار می برند.

### پرتوافکن های مافوق صوت با توان کم

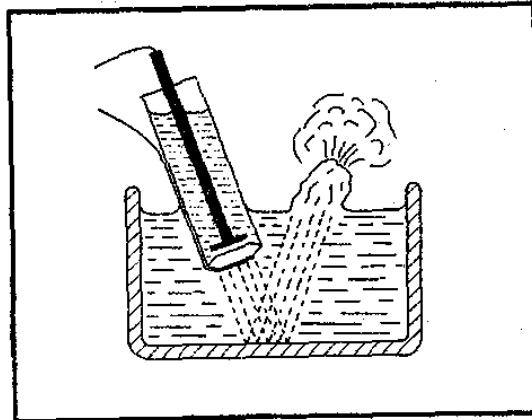
**مهندس** - روش های زیادی وجود دارند. برای توان های کم، یک تپه کوارتز را بکار می برند که یک روی آن فلز نشانده شده و روی دیگر که در مایع عایقی مثل نفت فرو رفته است در فاصله کمی از یک پیستون قرار دارد که الکتروود دیگر را تشکیل می دهد، به این ترتیب که مقطع آنرا در شکل ۱۰۸ برایتان کشیده ام. می بینید که پیستون بسیار نزدیک به رویه عقب تپه کوارتز است بی آنکه کاملاً با آن تماس پیدا کند.

**مبتدی** - وضعیت دستگاه شما را بخوبی مشاهده می کنم. برعکس اصلاً نمی فهمم بر آمدگی کوچکی که در سطح آب، در سمت راست «پرتوافکن مافوق صوت» (اگر بشود اینطور گفت) کشیده اید چیست.

**مهندس** - کلمه ای که بکار برده اید یعنی پرتوافکن کاملاً درست است و غالباً بکار برده می شود. اما این بر آمدگی کوچک فقط نشان دهنده پدیده ایست که واقعا می بینید. امواج مافوق صوت کاملاً مستقیم حرکت می کنند و عمود بر رویه فلزی نشانده شده زیری بلور هستند. این امواج به ته محفظه محتوی آب می رسند و در



آنجا منعکس می‌شوند و به سطح آب می‌رسند. به این ترتیب مشاهده می‌شود که وقتی يك انرژی قوی مافوق صوت را وارد آب می‌کنند، نقطه‌هایی که زیر این تشعشع قرار گرفته‌اند به وسیله پدیده‌ای پیچیده که آنرا فشار تشعشع می‌نامند بهم فشرده



شکل ۱۰۸- تیغه کسراتز که در انستهای پرتوافکن مافوق صوت قسرار دارد به نوسان درمی‌آید و دسته امواج مافوق صوت را وارد آب می‌کند؛ امواج در ته محفظه منعکس می‌شوند و فشار تشعشع، چشمه کوچکی روی آب بوجود می‌آورد.

می‌شوند. اگر امواج مافوق صوت که از زیر آب می‌آیند نزدیک به سطح آب برسند، دیده می‌شود که در بالای سطح آب، نوعی چشمه جهنده کوچک بوجود می‌آید که در بالای آن گردی از ذرات بسیار ریز آب دیده می‌شود که در نتیجه آشفتهگی مافوق صوتی بوجود آمده است.



**مبتدی** - اگر دستم را در آب زیر امواج مافوق صوت بگذارم چه اثری روی آن می‌کند؟

**مهندس** - فوراً دستتان را بیرون می‌آورید چون احساس خواهید کرد که دستتان را، که کم و بیش پوستش کنده شده است، در محلول اسید سولفوریک فرو برده‌اید. در همین حال احساس سوزش هم بشما دست می‌دهد. البته این مطلب بسیار خوب است زیرا نباید بگذارید امواج مافوق صوتی که چنین توانی دارد مدت زیادی روی اعضاء بدن شما اثر کند. این امواج می‌توانند یاخته‌ها را تپاه کنند و یا گلیول‌های قرمز را از بین ببرند.



**مبتدی** - عجب، هرگز گمان نمی‌کردم که امواج مافوق صوت خطرناک است. اما پیشنهاد کرده‌اند که این امواج را برای شست و شوی لباس بکار ببرند. اقرار می‌کنم که از این موضوع سردر نمی‌آورم و بنظر من اگر برای رخت‌ها خطرناک نباشد، دست کم برای خانه‌دارها خطرناک است.

**مهندس** - آقای مبتدی خیالتان راحت باشد، در این حالت منظور کلبرد اشعه مافوق صوت با توان کم است. از این گذشته بمحض اینکه در ماشین رختشوئی را بازکنند که دست در آن بکنند، يك دستگاه ویژه مولد مافوق صوت را قطع می‌کند. تأثیر چنین دستگاهی باید به حد کافی خوب باشد چون اکنون از آنها برای تمیز کردن قطعه‌های کوچک مکانیکی استفاده می‌کنند و نتیجه‌های بسیار خوب بدست می‌آورند. درباره رختشوئی باید بگویم که عمل اشعه مافوق صوت داخل کردن فرآورده پاک‌کننده در منفذهای پارچه خواهد بود. از این گذشته گمان نمی‌کنم در حال حاضر هنوز گسترش زیادی پیدا کرده باشد. اما در آینده امکانات جالبی برای آن وجود دارد.

## پرتوافکن‌های با توان زیاد

**مبتدی-** پس همیشه پرتوافکنی شبیه به آنچه که در شکل ۱۰۸ نشان داده‌اید بکار می‌برند.

**مهندس-** نه، به ویژه اگر بخواهید دسته اشعه قویتری داشته باشید باید کوارتز کلفت‌تری بگیرید. چون این ماده نسبتاً کمیاب و گرانبهاست، راه‌حل بسیار جالبی پیدا کرده‌اند که «ساندویچ لانژون Langevin» نام دارد. در این روش یک تیغه نازک کوارتز را می‌گیرند و در دو طرف آن تیغه‌ای از فلزی می‌گذارند که سرعت انتشار صوت در این فلز مانند سرعت انتشار کوارتز باشد. خوشبختانه فولاد جوابگوی این نیاز است، پس به این ترتیب مجموعه‌ای از دو صفحه ضخیم فولادی تشکیل می‌دهند که به وسیله یک تیغه نازک کوارتز از هم جدا شده‌اند که ممکن است این تیغه از چند قطعه تشکیل شده باشد به شرط آنکه همه آنها یک کلفتی داشته باشند و همه را نسبت به محورهای بلور کوارتز یکسان بریده باشند.

**مبتدی-** صمیمانه بگویم که این نوع ساندویچ فولاد-کوارتز نباید برای صبحانه چندان جالب باشد!

**مهندس-** غیر مستقیم چرا. در واقع همین دستگاه است که در کشتی‌ها برای فرستادن ضربه‌های مافوق صوت و همینطور آشکار کردن وجود زیر دریایی‌ها و احتمالاً توده ماهی‌ها از راه انعکاس بکار می‌رود.

**مبتدی-** بخوبی متوجه شدم که به کمک این خاصیت پیزوالکتریک چگونه اشعه مافوق صوت تولید می‌کنند. اما از چیزی صحبت کردید که نامش به همین عجیب و غریبی بود.

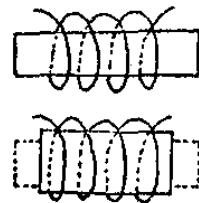
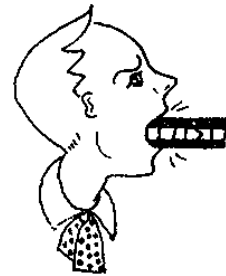
**مهندس-** از مانیٹواستریکسیون یا فشردگی منطاطیسی صحبت می‌کنید. این پدیده نسبتاً ساده است و از این قرار است. بعضی مواد منطاطیسی، وقتی زیر اثر یک میدان منطاطیسی واقع شوند، درازایشان تغییر می‌کند. اگر این مواد را زیر اثر یک میدان متناوب که به یک میدان دائمی اضافه شده است و فرکانس میدان متناوب برابر فرکانس هماهنگی مکانیکی ماده باشد، بگذارند، اثرات تعاش مافوق صوت بدست می‌آید. **مبتدی-** چرا به یک میدان منطاطیسی دائم اضافه می‌کنید؟

**مهندس-** درست مثل بلندگوهای قدیمی است. وقتی میدان منطاطیسی در یک جهت و یا در جهت دیگر باشد، تیغه بطور یکسان منقبض می‌شود. انقباض در اطراف میدان صفر، تقریباً صفر است. میدان منطاطیسی دائمی یک نوع پلاریزاسیون منطاطیسی تشکیل می‌دهد که تأثیر خوبی برای دستگاه بوجود می‌آورد.

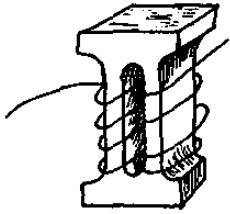
**مبتدی-** این ماده مرموز که چنین خاصیتی دارد چیست؟

**مهندس-** می‌توان ورقه‌های فولاد-نیکلی را بکار برد؛ بعضی از فریت‌ها که این خاصیت را دارند بیش از پیش بکار برده می‌شوند و به روش بسیار با صرفه‌ای بدست آوردن دسته‌های قوی اشعه را امکان پذیر می‌سازند که با اینحال در قلمروئی از فرکانس که به ندرت از ۵۰ کیلو هرتز تجاوز می‌کند، محدود می‌شوند. برای فرکانس‌های بالاتر کوارتز بکار می‌رود.

**مبتدی-** این قطعه فریت را چگونه برش داده‌اند؟



**مهندس** - معمولاً به شکل يك قطعه استوانه شکل و يا يك هسته که به روی خودش بسته شده باشد می سازند تا امکان گردش خوب سیلان مغناطیسی بوجود بیاید. چیزی که مهم است اینست که دو صفحه انتهائی آن کاملاً صاف و کاملاً موازی هم باشند. به این ترتیب موج مافوق صوتی که از این میله می گذرد به درستی روی رویه هایش منعکس می شود و نوسانی با امواج ساکن را در داخل میله حفظ می کند. هر بار که این موج به يك رویه برخورد می کند، بخشی از آن به طرف ملاء خارجی می گریزد و بخشی هم در فریت منعکس می شود. به واسطه همین بخش منعکس شده است که نگهداری نوسان با موج ساکن تا همین می گردد.

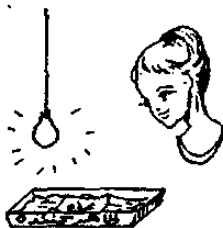
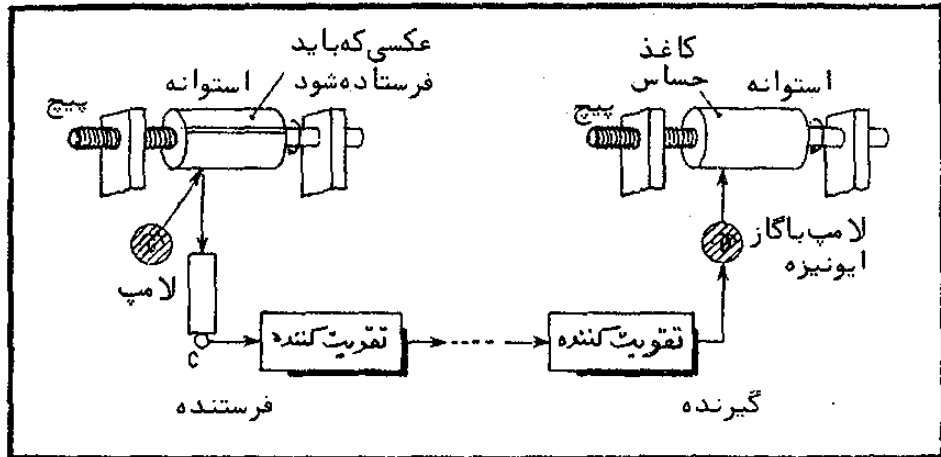
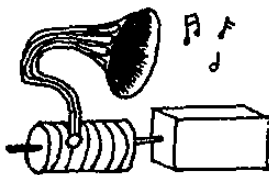


**عکس نگار خط به خط (بلینوگراف Belinographe)**

**مبتدی** - متوجه شدم در میله چه می گذرد. اما آقای مهندس بگوئید ببینم نمی شود کوشش کرد چیز دیگری غیر از امواج مافوق صوت به عنوان پدیده پس دهنده بوجود آورد؛ مثلاً اگر نور درست کنیم. آیا وسیله دیگری غیر از لامپ های معمولی وجود دارد؟

**مهندس** - آه، بله، وسیله های زیادی هست! ابتدا کازبر دلامپ های با یونیزاسیون را دارید که در آنها از گاز جریان یون ها را می گذرانید. چنین لامپی برای تغییرات سریعتر نور خیلی بیشتر از لامپ های معمولی آمادگی دارد. به این ترتیب است که مثلاً فرستادن عکس به فاصله دور را با روش ادوارد بلین Edward Belin عملی می کنند.

عکسی که باید فرستاده شود روی يك استوانه (شکل ۱۰۹) جای داده می شود که بطور کاملاً منظم و با سرعت کاملاً معینی که به وسیله يك کوارتز مشخص

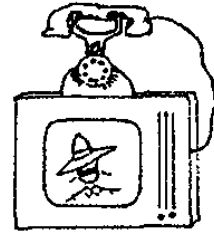


شکل ۱۰۹ - برای فرستادن يك سند به وسیله عکس نگار خط به خط، این سند را که روی يك استوانه پیچیده شده خط به خط تجزیه و تحلیل می کنند. استوانه که به دور محورش می چرخد آهسته از برابر يك سلول فتوالکترونیک می گذرد که در يك لحظه يك نقطه آنرا تجزیه و تحلیل می کند. در گیرنده لامپی که روشنائی متغیری دارد روی يك کاغذ حساس عکاسی که همان سرعت حرکت سند تجزیه و تحلیل شده در فرستنده را دارد، سند را چاپ می کند.



شده است می‌گردد. يك سلول فتوالكتريك C مقطعی از این استوانه را در سطحی بطور عمود بر محورش تجزیه و تحلیل می‌کند یا درست تر بگویم يك ماریچ روی استوانه را تجزیه و تحلیل می‌کند. چون نقطه‌ای که کاوش می‌شود آهسته با حرکتی موازی با محور استوانه جابجا می‌شود.

**مبتدی-** آقای مهندس واقفاً زحمت نکشید و جزئیات را برایم نگوئید. این نوع تجزیه و تحلیل آنقدر به تلویزیون کنونی شباهت دارد که از نظر من تقریباً قطعی است.



**مهندس-** چه بهتر. درگیرنده علائم فرستاده شده به وسیله سلول فتوالكتريك از راه خط تلفنی گرفته می‌شود، پس از اینکه دريك لامپ با گاز تجزیه شده به وسیله ایونها تقویت شد، نقطه‌ای کم و بیش درخشان بدست می‌دهد که زوی يك استوانه شبیه به استوانه فرستنده که دريك اطاق تاریک قرار دارد و رویش کاغذ حساس عکسی است، می‌افتد. استوانه گیرنده درست با همان سرعت استوانه فرستنده می‌گردد (برای اینکار روی دقت بی نهایت کوارتز حساب می‌شود) و به وسیله يك ضربه ویژه جریان، مراقبت می‌شود که حرکت استوانه درگیرنده کاملاً هم فاز حرکت استوانه فرستنده باشد. نقطه نورانی که روی کاغذ حساس می‌افتد در طول يك خط موازی با محور گردش استوانه با همان سرعتی که نقطه کاوش کننده در فرستنده حرکت می‌کند، جابجا می‌شود. وقتی گرفتن عکس تمام شد، عکس را ظاهر می‌کنند.

**مبتدی-** چیزی هست که اصلاً نمی‌فهمم و آن اینست که وقتی درباره تلویزیون برایم صحبت می‌کردید روی این مطلب اصرار کردید که برای فرستادن تصویر باند گذرای بسیار بزرگی لازم است که از مگاهرتز تشکیل می‌شود. حالا درباره فرستادن تصویر روی يك خط تلفنی صحبت می‌کنید! اصلاً نمی‌فهمم.

**مهندس-** در تلویزیون هر تصویر در  $\frac{1}{25}$  ثانیه فرستاده می‌شود. يك عکس با

روش ادوارد بلین در ۷ تا ۱۵ دقیقه فرستاده می‌شود. می‌بینید که می‌شود باند گذرا را بطور قابل توجهی کم کرد و به این ترتیب يك مدار تلفنی را بکار برد.

**مبتدی-** بله، اما خیلی تقریبی است. این مطلب برایم توضیح می‌دهد که چرا عکسهای گرفته شده به وسیله تلفن (تله فتو) که در روزنامهها چاپ می‌شوند، خوب نیستند.

**مهندس-** این مطلب اصلاً ربطی به فرستادن عکس ندارد. اگر عکس اصلی و عکس گرفته شده در فاصله ۶۰۰ کیلومتری را پهلوی هم بگذارم و شما نشان دهم گمان نمی‌کنم بدون کمک يك ذره بین بتوانید آنها را از هم مشخص کنید، فقط چون تله فتوها معمولاً برای اخباری که فوریت زیادی دارند، ارسال می‌شوند، روش کلیشه سازی سریعی که در روزنامهها بکار می‌رود، تصویرها را دگرگون می‌کند.

**مبتدی-** خوب، دیگر از عکسبرداری از راه دور (تله فتو) بدگوئی نمی‌کنم. اما آقای مهندس بگوئید ببینم نمی‌شود نور را به طریق دیگری تهیه کرد.

لیزر

**مهندس-** آه چرا، البته. حتی برای شما تازه ترین روش تهیه آنرا نشان

خواهم داد، روشی که بسیار نویددهنده است ولیزر نام دارد و اسم آن از يك گروه بندی حروف اصلی تعریف انگلیسی آن گرفته شده است.

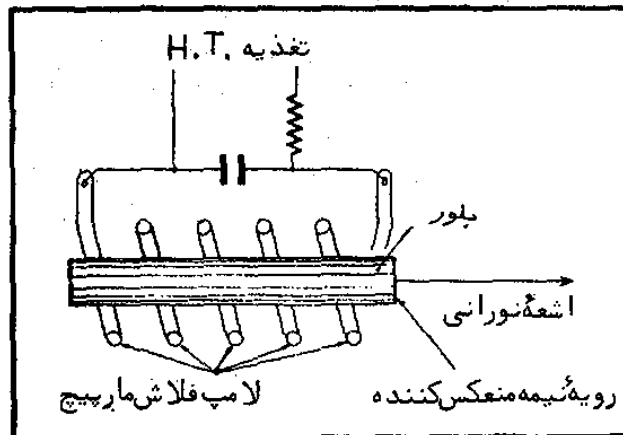
**مبتدی** - درباره این وسیله چیزهای مبهمی شنیده‌ام، حتی بمن گفته اند که می توان اشعه مرگ ساخت.

**مهندس** - آقای مبتدی می بینم که اطلاعات خود را از روزنامه های خبری کسب کرده اید. توجه داشته باشید که متأسفانه کمی حقیقت هم در آن وجود دارد. هم اکنون لیزر می تواند اشعه نورانی کاملاً جهت دار تهیه کند و امکان دارد مانند آنها به فاصله های بسیار دور فرستاده شود. تعبیه آن کمی شبیه به مولد مافوق صوت با فریت است که کمی قبل از آن صحبت کردیم. يك بلور شفاف از نوع یاقوت را بکار می برند که دو رویه انتهائی آن کاملاً صاف و موازی باهم هستند. این دو رویه بخشی از نوری را که درون بلور ممکن است بوجود آمده باشد منعکس می کنند و بخش دیگر را عبور می دهند. در اطراف این بلور (شکل ۱۱۰) يك منبع نورانی قرار می دهند که توان بسیار زیادی دارد، مثلاً از يك لامپ فلاش شبیه به آنچه در عکاسی بکار می برید استفاده می کنند که از تخلیه خازن بزرگ C که با فشار الکتریکی زیادی پر شده در يك لامپ یا گاز تجزیه شده به ایون ها روشنائی ایجاد می کند.

**مبتدی** - و نور فلاش است که از بلور خارج می شود در این صورت... لیزر شما چیز جدیدی ندارد.

**مهندس** - اصلاً اینطور نیست. نور از خود بلور خارج می شود.

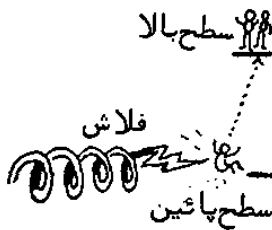
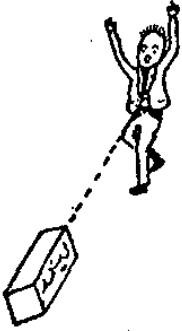
انرژی که به صورت نوری به مواد تشکیل دهنده بلور داده می شود باعث می گردد که بعضی از پارتیکول ها در داخل بلور فعالیت بیشتری پیدا کنند به عبارت دیگر در حد انرژی آنها افزایشی بوجود می آورد. این پارتیکول ها مقداری از انرژی خود را از دست می دهند و به انرژی در سطح کمتری می رسند. این انرژی از دست داده شده است که به صورت نور تشعشع پیدا می کند. بلور بارویه های هموارش يك نوع هماهنگ کننده را تشکیل می دهد که تا حدودی شبیه به مدار نوسانی



شکل ۱۱۰ - در لیزر بلوری، فلاش که دور بلور پیچیده شده است، برقی می فرستد که پارتیکول های بلور را تحریک می کند. این پارتیکول ها باز دست دادن انرژی خود، يك دسته اشعه نورانی ایجاد و تقویت می کنند که برای آن، بلور با دو رویه صاف و موازی هم خود، يك «هم آهنگ کننده» نوری تشکیل می دهد.

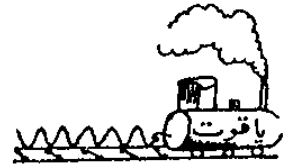
با اضافه فشار بسیار زیاد است. بنابراین نور با فرکانس اجباری که به وسیله درازای

۱. ذرات بسیار ریز ماده.



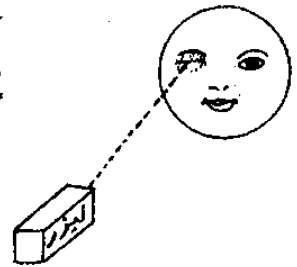
بلور تعیین می‌شود، بوجود می‌آید؛ و این نور به وسیله یکی از رویه‌های انتهائی بلور به صورت دسته اشعه‌ای که تقریباً موازی هستند تشعشع می‌کند.

**مبتدی** - آیا نور ایجاد شده به وسیله بلور همان نور فلاش را دارد؟  
**مهندس** - نه آنقدر. اما یک مشخصه گرانیهادارد چون این نور را «چسبنده» می‌گویند. این نور، برعکس نور فرستاده شده به وسیله اجسام گرم و یا گازهای تجزیه شده به ایون معمولی، از یک سلسله موج تشکیل شده است که نوسان‌های خود را در یک زمان قابل پیش‌بینی می‌فرستد. در روش‌های دیگر تهیه نور، انرژی نوری به وسیله مقداری نوسان‌های کوچک تشعشع پیدا می‌کند که هر کدام در زمان بی‌نهایت کوچکی ادامه دارد و هر کدام یک سلسله موج بسیار کوتاه تشکیل می‌دهند (به‌درازی چند سانتیمتر که با در نظر گرفتن سرعت نور زمان بسیار کمی است) که هیچکدام با دیگری رابطه فازی ندارد.



برعکس در لیزر نور تهیه شده از نظر ساختمان موجی کاملاً شبیه به موج الکترومغناطیسی ایجاد شده به وسیله یک آنتن است که یک نوسان با فرکانس زیاد آنرا ایجاد کرده باشد. همچنین لیزرهای گازی را بکار می‌برند که در آنها یک گاز معین بین دو رویه نیمه منعکس کننده کاملاً صاف و موازی هم قرار دارد. این گاز به وسیله یک تخلیه الکتریکی به روش لامپ نوردانی ایونی تحریک می‌شود. اما این بار ارسال نور چسبنده بوجود خواهد آمد. همچنین از لیزرهای نیمه‌هادی نام می‌برم. مشاهده شده است که بعضی از دیودها، بخصوص آنهایی که از آرسنیور گالیوم، انتیموانوراندیوم و ترکیب‌های دیگری از همین نوع درست شده‌اند، وقتی جریان‌های شدیدی در جهت گذرای آنها عبور داده شود، از خود نوری می‌فرستند. معمولاً این ارسال نور در قلمروی نور زیر قرمز است و نور چسبنده در کار نیست.

اما اگر چنین دیودی بسازند که دو رویه کاملاً موازی و صاف داشته باشد، می‌توانند نور چسبنده‌ای بدست بیاورند. چنین لیزری (که «تزیقی» یا «لیزر نیم‌هادی» گفته می‌شود) کوچکترین اندازه را دارد اگر چه جهت‌پذیری آن آشکارا، کمتر از نوع گازی یا بلوری آنست. مسلماً با در نظر گرفتن موازی بودن کامل اشعه نورانی بدست آمده به وسیله لیزر، اگر آنها را به وسیله یک عدسی متمرکز کنند، گردآوری انرژی بسیار زیادی در یک نقطه به ابعاد آنقدر کوچک بدست می‌آید که انرژی آن در یک سانتیمتر مربع بسیار زیاد است در نتیجه با متمرکز کردن اشعه لیزر با این روش روی یک تیغه فولادی، تقریباً بلافاصله آنرا سوراخ می‌کنند. از اینجا است که فکر کار برد آن برای تخریب گرفته شده است که خوشبختانه فعلاً در وضعیت طرح باقی مانده است و جای ناسف است چون یک روز ممکن است واقعیت وحشتناکی بشود.



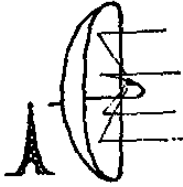
### کاربرد لیزر

**مبتدی** - بنظر من این لیزر وسیله بسیار آزاردهنده‌ایست. چه سودی برای ما دارد؟

**مهندس** - سود آن در اینست که می‌توان یک نور سوار شده (بامدولاسیون) را به وسیله فرستنده فرستاد و در عین حال همین نور را با دقت بسیار زیاد از راه کانال جا بجا کرد. به وسیله چنین دستگاهی بود که موفق شدند یک نقطه معین روی کره

ماه را روشن کنند بی آنکه با وجود راه پیموده‌ای برابر ۳۸۰۰۰۰ کیلومتر، پراکندگی قابل ملاحظه‌ای در اشعه بوجود آید.

**مبتدی** - مطلب دارد قابل توجه می‌شود. اما می‌شود امواج هر تزی را هم متمرکز کرد؟



**مهندس** - این کار دشوارتر خواهد بود. آقای مبتدی فراموش نکنید که امکان تمرکز یک موج غیر مشخص تا بمی از نسبت ابعاد قسمت‌های بکار برده شده برای تمرکز آن به طول موج تشعشع متمرکز شونده است. به عبارت دیگر اثر تمرکزی که یک بلور با پهلوی ۵ میلیمتر برای لیزری با اشعه‌ای با طول موج  $0.7$  میکرومتر بوجود می‌آورد برابر اثر تمرکزی است که یک منعکس‌کننده با پهلوی ۷۰۰ متر برای یک موج بطول ۱۰ سانتیمتر بدست می‌دهد. به اضافه چون فرکانس نوسان‌های نورانی بی نهایت زیاد است، می‌تواند به عنوان موج حامل برای فرکانس‌های قابل توجه بکار برود. یک شعاع لیزر می‌تواند در یک زمان صدها هزار برنامه تلویزیونی یا چند میلیارد مکالمه تلفنی را منتقل کند، یعنی تمام ارتباط‌های لازم برای کره زمین را تأمین کند... حالا درباره پس‌دهنده‌ای صحبت خواهیم کرد که پدیده‌ای غیرمادی در خروجی تهیه می‌کند.

**مبتدی** - که اینطور آقای مهندس! پس شما در قلّه کمره بلند فلسفه شنا می‌کنید؟



### لامپ اشعه کاتودی

**مهندس** - آقای مبتدی، دلم می‌خواست اول برایم تعریف می‌کردید قلّه کمره چیست. بعد هم وقتی شنا می‌کنم، ترجیح می‌دهم سطح صاف (آب) باشد. نه، مطمئن باشید. وقتی از پس‌دهنده غیرمادی صحبت می‌کنم، معنی اش اینست که پس‌دهنده‌ای مورد نظر است که چیز مادی را به حرکت نمی‌آورد (باید گفت با نور هم تقریباً همین حالت وجود داشت). چیزی که در این لحظه بفکر آنم، فقط لامپ اشعه کاتودی اسیلوسکوپ است چون پس‌دهنده (که در اینجا میدان الکتریکی بوجود آمده از فشار خروجی اسیلوسکوپ است) تأثیری جز بر روی الکترون‌ها ندارد.

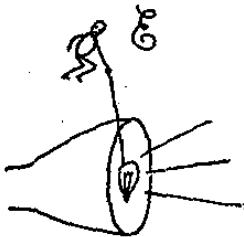
**مبتدی** - اما الکترون‌ها کاملاً مادی هستند!

**مهندس** - اینطور فکر می‌کنید؟ بسیار خوب، پس این سطل را بگیرد و برای من پر از الکترون کنید!

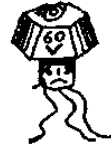
**مبتدی** - می‌خواستم بگویم که از تشکیل‌دهنده‌های ماده است. خوب با این الکترون‌ها چه می‌خواهید بکنید؟

**مهندس** - فقط آنها را در یک لامپ مخصوص از کاتدی که آنرا می‌فرستد متمرکز می‌کنم تا آنها را به یک نقطه مشخص در ته لامپ برسانم که همانطور که می‌دانید در آنجا پوششی از ماده نورزا وجود دارد که وقتی الکترون با آن تماس پیدا می‌کند روشن می‌شود. به این ترتیب یک نقطه نورانی ساخته‌ایم که می‌توانیم به وسیله میدان‌های الکتریکی ایجاد شده به وسیله صفحه‌های انحراف داخل لامپ آنرا در تمام جهت‌ها جابجا کنیم.

**مبتدی** - آقای مهندس من ایسن دستگاه را خوب می‌شناسم. فکر نمی‌کنم

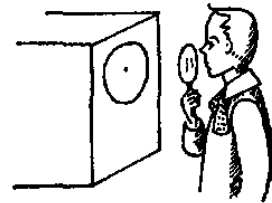


درباره آن چیزی برای یاد دادن بمن داشته باشید.  
**مهندس** - می دانم که معمولاً وقتی کمی درباره یک سؤال بررسی کردید همیشه احساس می کنید آنرا کاملاً می دانید. اما مطالب زیادی درباره اسیلوسکوپ کاتدی برای گفتن وجود دارد. ابتدا از شما می پرسم برای اینکه یکی از آنها را با ترانزیستور بسازید چه می کنید؟ (البته به غیر از خود لامپ کاتدی).  
**مبتدی** - در اینصورت ترانزیستورهای خوبی انتخاب می کنم که فشارهای نسبتاً زیاد را تحمل کنند و تقویت کننده ها و قواعد زمانی ها را با روش معمولی سوار می کنم.



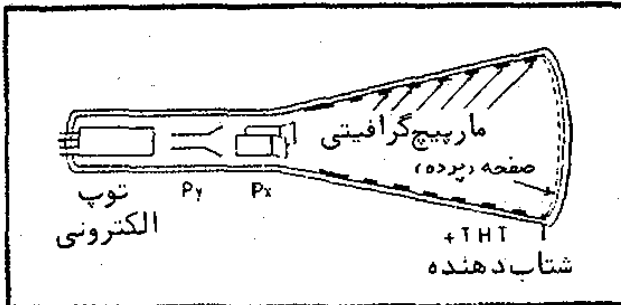
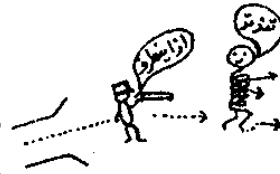
### لامپ با حساسیت زیاد

**مهندس** - موافقم. اما بدانید که ترانزیستورهای شما به دشواری فشار ۴۰ یا ۵۰ ولت جمع کننده را تحمل می کنند، به ویژه اگر بخواهید توانی هم از آنها بگیرید که اگر آنها را برای توان های زیاد بکار ببرید که این کار لازم هم هست چون ضمناً گرفتن جریان زیاد به واسطه مقاومت های ضعیف بار که وابسته به پهنای گذرای بزرگ است اجباری است. در یک لامپ کاتدی معمولی، که در آن حساسیت انحراف در حدود ۰/۳ میلیمتر به ولت است، فشارهای خروجی چنین تقویت کننده ای حداکثر می تواند اسپات را ۲۰ میلیمتر منحرف کند. احتمالاً با یک مونتاژ متقارن می توانید این انحراف را دو برابر کنید، اما بهیچوجه توصیه نمی کنم که این فشارهای ۶۰ ولتی را برای ترانزیستورها بکار ببرید. مقدار ۲۰ ولت متداول تر است. در این لحظه مجبور می شوید با یک ذره بین نقطه روشن را زیر نظر بگیرید تا متوجه جابجائی آن بشوید.

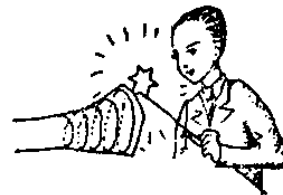


**مبتدی** - اگر عادت نداشتم که ببینم شما مسئله حل نشدنی را حل می کنید، موقعیت را وخیم می دانستم. در نتیجه منتظر معجزه هستم.

**مهندس** - از اعتماد شما تشکر می کنم. معجزه ای در کار نیست، بلکه پیشرفت مهمی در ساخت لامپ های اشعه کاتدی بوجود آمده است. موفق شده اند در الکترون ها بعد از انحراف، به وسیله یک میدان الکتریکی طبقه طبقه شتاب ایجاد کنند که این میدان به وسیله یک نوع آند تشکیل شده از ماریپیج که جدار داخل لامپ را می پوشاند (شکل ۱۱۱) درست شده است. به واسطه ساخت کاملتر الکتروده های انحراف، به حساسیت انحرافی می رسند که ۵ میلیمتر به ولت وحتى بیشتر است. در این شرایط،



شکل ۱۱۱ - در لامپ کاتدی با آند شتاب دهنده، الکترون های فرستاده شده به وسیله توپ الکتریکی که به وسیله صفحه های انحراف، منحرف شده اند، بعداً به وسیله میدان الکتریکی تدریجی که به وسیله T.H.T در لامپ بوجود آمده است و ماریپیج گرافیتی که به این آند شتاب دهنده متصل است، سرعت بیشتری پیدا می کنند.





با ترانزیستورهائی که با فشار معمولی خود تغذیه شده‌اند، تمام لامپ‌ها را به آسانی می‌توان زیر چارو گرفت.

**مبتدی** - افسوس که قبلاً این لامپ‌ها را نساخته بودند! استفاده از آنها با تقویت‌کننده‌های لامپی گرم خیلی عملی بود. اما سوالی هست که فکر را بخود مشغول کرده است: آن اینست که با این اسیلوسکوپ‌های ترانزیستوری چه باند گذرایی می‌توان داشت؟

### اسیلوسکوپ با نمونه

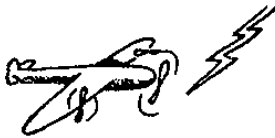
**مهندس** - آنهائی که من می‌شناسم در حال حاضر باند گذرای ۲۰ مگاهرتزی دارند، که بدهم نیست. این‌را بدانید که با پیشرفته‌ترین روش فنی هم بدست آوردن باندهای گذرایی که از ۵۰ یا ۸۰ مگاهرتز خیلی بیشتر باشند، بسیار دشوار است. اگر بخواهید شکل امواج مربوط به سرعت‌های بیشتر را هم ببینید، اگر پدیده دوره‌ای باشد، راه حل جالبی وجود دارد و آن اسیلوسکوپ با نمونه است.

**مبتدی** - این دستگاه چیست که اصلاً صحبتش را نشنیده‌ام؟

**مهندس** - فقط کاربرد روش فنی استرووسکوپ<sup>۱</sup> در میکروسکوپ است. این روش را می‌شناسید؟ اگر درختی را که می‌گردد به وسیله یک برق کوتاه روشن کنید که در هر دور یک برق آنرا روشن کند، به سبب باقی ماندن احساس دید، درخت بنظر شما بی حرکت خواهد آمد. فرکانس برق‌ها را خیلی کم کاهش دهید، در هر برق بنظر می‌رسد که درخت نسبت به وضعیت سابق کمی جابجا شده است؛ شما احساس می‌کنید که درخت را می‌بینید که با سرعت بی نهایت کمی می‌گردد.

**مبتدی** - این سیستم بسیار زیرکانه است. کار آنرا دیده بودم، اما بهیچوجه نمی‌دانستم چگونه اینکار انجام می‌شود. این اصل را چطور در اسیلوسکوپ بکار می‌برید؟

**مهندس** - در شکل ۱۱۲، شکل خلاصه و کلی چنین اسیلوسکوپ<sup>۱</sup> را برایتان کشیده‌ام.



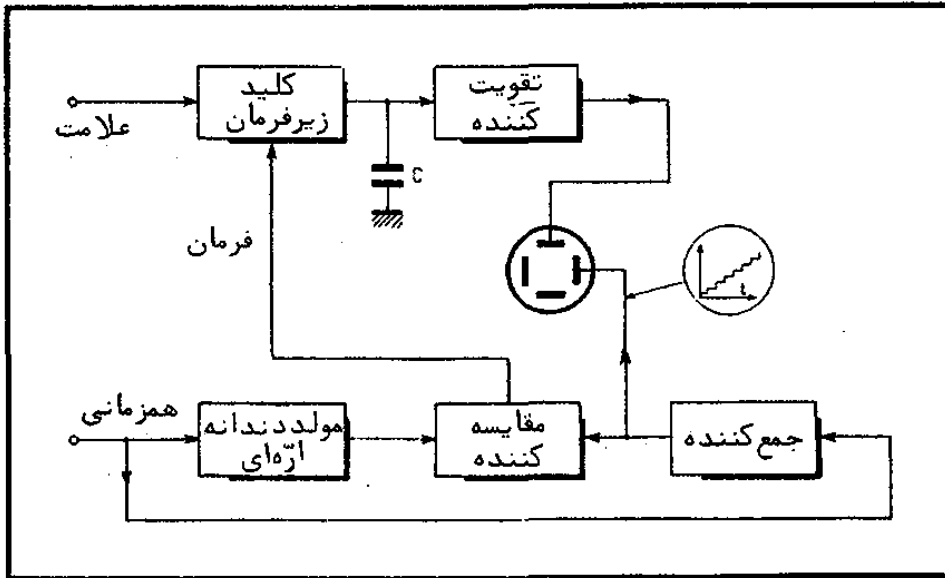
فرض می‌کنیم که همیشه قبل از علامت دوره‌ای مورد نظر برای بررسی، یک علامت همزمانی وجود داشته باشد. اگر نیاز باشد این علامت همزمانی را از روی علامت مورد بررسی با هونتازی نزدیک به قیاس اشمیت دست می‌کنیم و علامتی که باید بررسی شود به وسیله یک خط تأخیری عقب می‌اندازیم تا ضربه همزمانی پیش از آن برسد.

هر وقت که یک ضربه همزمانی می‌رسد، یک دندان آده‌ای با صعود بسیار تند ایجاد می‌کند. در همین زمان آنرا به دستگاهی می‌گذاریم که «جمع‌کننده» نام دارد و پله پله یک خازن را پر می‌کند به این ترتیب که هر بار پارسیدن ضربه همزمانی خازن یک پله پر می‌شود. دندان آده‌ای با صعود تند و علامت خارج شده از جمع‌کننده به هونتازی که «مقایسه‌کننده» نام دارد گذاشته می‌شوند. این هونتاز در لحظه‌ای که فشارهای گذاشته شده به دو ورودی اش به یک مقدار برسند، در خروجی ضربه‌ای بدست

$$1ns = 0,000000001s!!!$$

۱. روشی که دیدن حرکت‌های تند یک جسم را به صورتی امکان پذیر می‌کند که گویی جسم بی حرکت است و یا حرکت آنرا آهسته کرده‌اند. مترجم.

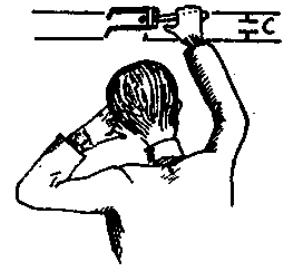
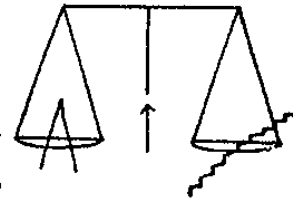
می‌دهد. این ضربه را برای فرمان يك نوع كليد الكترونی بكار می‌برند كه علامت را با خازن حافظه C ارتباط نمی‌دهد مگر درست در لحظه‌ای كه يك ضربه بازکننده به وسیله مقایسه‌کننده به آن گذاشته شده باشد.



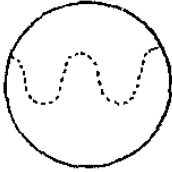
شکل ۱۱۲- شکل خلاصه و کلی يك اسپلوسکوپ بانمونه که امکان می‌دهد از يك نوع موج دوره‌ای «استرویسکوپی» بعمل آید.

**مبتدی- پیچیدگی اینها دیوانه‌کننده است!**  
**مهندس- منم نگفتم ساده‌است، اما گمان می‌کنم لازم باشد این دستگاه را که در الکترونیک سریع، انقلابی بوجود می‌آورد بشناسید (الکترونیکي که در آن زمان بر حسب نانوثانیه یعنی میلیاردم ثانیه اندازه‌گیری می‌شود). می‌بینید با نخستین علامتی که می‌رسد، فشار خروجی جمع‌کننده تقریباً صفر است. بنابراین کاملاً در ابتدای قوس صعودی دندانه آزماي تند است که مقایسه‌کننده ضربه خود را می‌فرستد و در نتیجه قطع‌کننده الكترونی در لحظه بسیار نزدیکی که بعد از ضربه همزمانی است، علامت را به C ارتباط می‌دهد.**

در پر یود بندی، در حالی که فشار خروجی جمع‌کننده به مقدار ارتفاع وابسته به يك پله بالاتر رفته است، مقایسه‌کننده ضربه خود را به اندازه بسیار کمی دیرتر خواهد فرستاد. بنا بر این در لحظه‌ای که کمی دیرتر از لحظه رسیدن ضربه همزمانی است، با ارتباط دادن علامت به خازن C وضع کار را تجزیه و تحلیل می‌کنیم. در هر پر یود C کمی دیرتر با علامت ارتباط داده می‌شود. بایندیر فتن اینکه C از يك پر یود به پر یود دیگر خالی نمی‌شود. بنا بر این نقطه به نقطه در دوسر C تغییرات فشاری خواهیم داشت که وابسته به فشار علامت که بطور قابل توجهی آهسته شده است، میباشد. همه چیز مانند آنست که در استرویسکوپی می‌گذرد چون در هر پر یود، کمی دیرتر به علامت «نگاه می‌کنیم». فشار دوسر C، قبل از اینکه به صفحه‌های عمودی اسپلوسکوپ گذاشته شود، تقویت می‌شود.

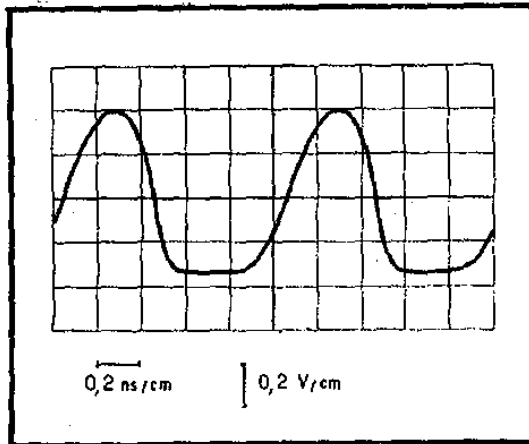


اما انحراف افقی مستقیماً به وسیله جمع کننده ایجاد می شود و به این ترتیب همانطور که می توانید بفهمید، اسپات لامپ کاتدی بسیار ناگهانی از يك نقطه به نقطه دیگر جابجا می شود؛ اسپات بطور نقطه چین يك منحنی رسم می کند که وابسته به تغییرات فشار علامت در طول زمان است. می توان آنرا با تقویت کننده های با باند گذرای بسیار باریک ساخت.



**مبتدی** - خوب، اینهم پیچیدگی های زیاد برای ساختن اسپلوسکوپ! واقعاً نمی دانم از اینکار چه نتیجه ای گرفته ایم!

**مهندس** - برای اینست که درست نگاه نمی کنید. کمی به شکل رسم شده به وسیله اسپلوسکوپ که در اینجا بشما نشان می دهم (شکل ۱۱۳) نگاه کنید. این منحنی روی لامپ کاتدی يك اسپلوسکوپ با نمونه رسم شده است. سی بینید چه مشخصه ای روی شکل برده شده است؟



شکل ۱۱۳ - منحنی رسم شده روی يك اسپلوسکوپ با نمونه. این شکل امکان می دهد که شکل موج مربوط به يك ژنکاهرتز (۱۰۰۰ MHz) دیده شود.



**مبتدی** - به درجهت عمودی  $0,2 V/cm$  و درجهت افقی  $0,2 ns/cm$  را می بینم. **مهندس** - اینحرف را با آرامش می زنید بی آنکه از خودتان کمی بپرسید اینها وابسته به چیز هستند. آقای مبتدی می دانید که يك نانوثانیه چقدر است؟ **مبتدی** - بمن گفته اید که يك میلیاردم ثانیه است. همین.

**مهندس** - بنظر نمی آید که واکنشی از خودتان نشان داده باشید. اما فکرش را بکنید در مدت يك نانوثانیه، نور (که در پیمودن راه سرعت کمی ندارد) فاصله ۳۰ سانتیمتر را می پیماید.

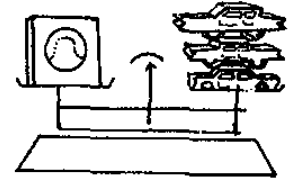
**مبتدی** - آه! در اینصورت دارم می فهمم که در واقع خیلی تند است. اما اگر خوب حساب کرده باشم، این منحنی سینوسی شکل کمی تغییر کرده، که در شکل می بینیم يك پرپودش ۵ سانتیمتر را گرفته است، به عبارت دیگر در يك نانوثانیه پیموده است. بنابراین ۱۰۰۰ مگاهرتز است!

**مهندس** - خوشوقتم که شما را وادار کردم که کاملاً احساس کنید در اینجا چیز واقعاً قابل توجهی هست.

**مبتدی** - اما آقای مهندس بمن گفته بودید که این منحنی از نقطه چین یعنی نقطه هایی بدنبال هم تشکیل شده است در حالی که من غیر از يك خط پیوسته چیزی نمی بینم.



مهندس - در واقع نقطه‌هایی بدنیاال هم است، اما دو هزار نقطه برای تمام منحنی وجود دارد. در نتیجه نمی‌توانید آنها را از هم مشخص کنید.  
 مبتدی - دستگاه جالبی است و فوراً می‌روم تا یک اسیلوسکوپ با نمونه برای خودم بخرم.



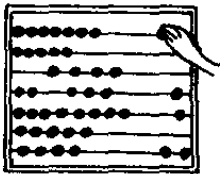
مهندس - توصیه می‌کنم کمی صبر کنید، بهای این دستگاه در وضع کنونی، برابر ۲ یا ۳ اتومبیل کورسی است.  
 مبتدی - چون فعلاً به یک ژیان ساخته‌ام، باز هم کمی صبر می‌کنم. برعکس احساس می‌کنم که خیلی دیر است...  
 مهندس - نمی‌خواهم باعث شوم که «پولت» از شما بازخواست کند. در نتیجه از شما دعوت می‌کنم فردا برای ادامه این بحث بیائید.



## مبحث دوازدهم

چون مبتدی ریاضیات را دوست ندارد، منطقی است که دوستش برای او شرح بدهد ماشینهای الکترونی چگونه برای او حساب می کنند. برای اینکار باید نخستین عمل یعنی شمارش را بررسی کرد. ابتدا شمارش دوتائی بررسی می شود و بعد به روش «ده تائی» می رسند که مستقیماً درسیستم ده تائی می شمارد و به وسیله های انجام آنها و اعلام نتیجه می پردازند. مبتدی که دیگر تردیدی ندارد حتی می خواهد بداند که يك «شمارگر مشخص از پیش» چیست.

## شمارش الکترونی



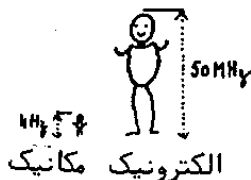
**مهندس** - سلام آقای مبتدی. امروز درباره چیز بسیار تازه ای برایتان صحبت خواهم کرد و آن شمارش است.  
**مبتدی** - چه چیز را می خواهید بشمارید؟  
**مهندس** - ضربهای الکتریکی را می شماریم. مطلب بسیار جالب اینست که می شود آنها را خیلی تند شمرد. شاید حالا هم وسیله ای برای شمردن علامت های الکتریکی می شناسید؟

### شمارش مکانیکی

**مبتدی** - بله، مدتی است يك شمارگر تلفنی خریده ام. نگاه کرده ام که بینم چگونه ساخته شده است و دیدم که نسبتاً ساده است. يك آهن ربای برقی وجود دارد که هر وقت جریانی به آن می دهیم يك تینه کوچک را جذب می کند. وقتی جریان قطع می شود، تینه که به وسیله فنری کشیده می شود، بجای اول برمی گردد. در بازگشت بجای اول خاری را فشار می دهد که این خار يك چرخ دندانه دار را بچلو می راند. این چرخ دندانه دار، چرخ دیگری را می گرداند که دارای شماره هائی است که این شماره ها در جلوی يك شکاف می گردند و می توان آنها را دید. هر بار که چرخ شماره دار يك دور کامل می زند و به این ترتیب ده شماره جلو می رود، شماره بعدی را به میزان يك دهم دور می گرداند و اینکار درست به ترتیبی است که کیلومتر شمار اتومبیل انجام می دهد.

**مهندس** - بسیار خوب آقای مبتدی، الان برای من بادقت زیاد کار شمارگر مکانیکی را تشریح کردید. کار چنین دستگاهی آسان است، اما بدون شك متوجه شده اید که از نظر سرعت شمارش، امکانات آن محدود است.

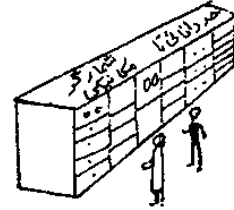
**مبتدی** - نه چندان! حتی با آن توانستم تا چهار ضربه در ثانیه را بشمارم.  
**مهندس** - برای يك شمارگر مکانیکی بد نیست، اما بزودی با مونتاز هائی روبرو خواهیم شد که می توانند چندین ده میلیون ضربه در ثانیه را بشمارند. گمان نمی کنم دستگاه مکانیکی شما بتواند به این تکامل برسد، حتی به گردنای آن هم نمی رسد.



الکترونیک مکانیک

**مبتدی- آه، بیچاره، حتماً نمی‌تواند.** حدس می‌زنم از دستگاه‌های الکترونی استفاده می‌کنید؟

### شمارش دو تا دو تا



**مهندس- بله، و شما یکی از این دستگاه‌ها را می‌شناسید.**  
**مبتدی- که اینطور! بهیچوجه نمی‌دانم کدام دستگاه است.**  
**مهندس- باوجود این درباره‌اش با هم گفتگو کرده‌ایم، همان قبان دو تا بتی اکلس- جردان است که خلاصه آنرا در شکل ۸۲ برایتان کشیده‌ام.**  
**مبتدی- در آنجا يك تقسیم‌کننده ساده فرکانس به ۲ مورد نظر بود و نمی‌دانم چطور می‌تواند بشمارد.**

**مهندس- باوجود این آقای مبتدی فرض کنید که برای آغاز این قبان را بطور منظم در يك حالت معین قرار دهم (مثلاً  $T_1$  اشباع و  $T_2$  مسدود). برحسب آنکه قبان در همان حالت باقی بماند و یا تغییر حالت بدهد به آسانی می‌توانم بفهمم قبان ضربه‌ای دریافت کرده است یا نه.**

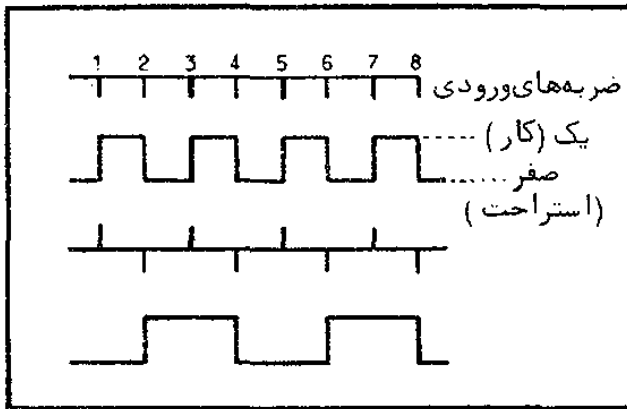
**مبتدی- با این مطلب اصلاً موافق نیستم چون اگر سه ضربه رسیده باشد درست در همان وضعیتی است که يك ضربه دریافت کرده باشد. اگر دو ضربه دریافت کرده باشد می‌توانید نتیجه بگیرید که اصلاً ضربه‌ای دریافت نکرده است.**  
**مهندس- درست است، این مونتاز فقط تا يك می‌تواند بشمارد. از این عدد که گذشت، باعث اشتباه شما می‌شود.**

**مبتدی- در اینصورت بشما تبریک نمی‌گویم. ساختن چیزی به این پیچیدگی که غیر از يك، چیزی نمی‌تواند بشمارد، واقعاً بسیار اندک است!**



### شمارش ۴ تا ۴ تا

**مهندس- حالا فرض کنید که این مونتاز را بگیرم و ترتیبی بدهم که با رسیدن به صفر (یعنی وقتی  $T_1$  از مسدود بودن خارج می‌شود و  $T_2$  مسدود می‌شود)**



شکل ۱۱۴- ضربه‌های ورودی، درحالی که قبان نخستین را از وضعیت يك به وضعیت صفر (یا برعکس) می‌رسانند، آنرا با فرکانسی که به اندازه نصف فرکانس ضربه است بکار می‌اندازند. فشار خروجی مشتق شده‌اش، که در آن فقط ضربه‌های منفی بکار رفته‌اند، قبان دیگری را بکار می‌اندازد که در این صورت با فرکانسی کار می‌کند که چهاربار کمتر از فرکانس ضربه‌های ورودی است.

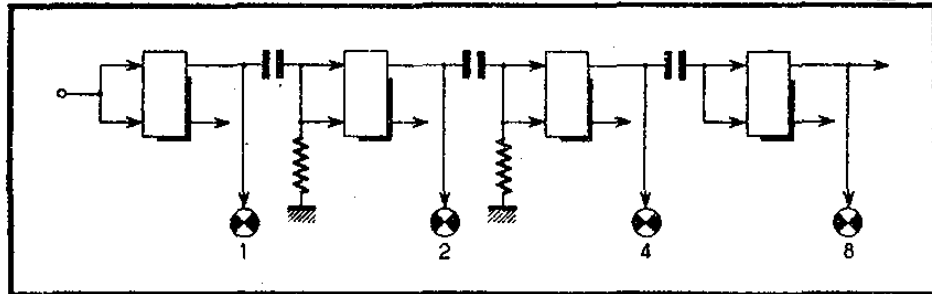
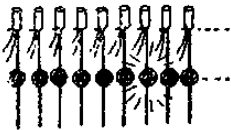
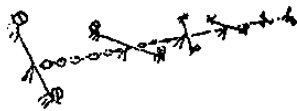
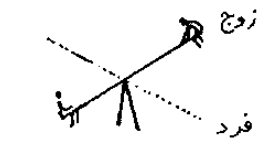
يك ضربه منفی بدهد كه به ورودی مونتاژ دیگری شبیه به مونتاژ اول گذاشته شود (شکل ۱۱۴). کار را با دو قپان که هر دو در وضعیت صفر هستند آغاز کنیم. با ضربه اول، قپان اول به حالتی می‌رسد که آنرا حالت «کار» ( $T_1$  مسدود و  $T_2$  اشباع) می‌گوییم، اما این وضع روی قپان دوم بی‌اثر خواهد بود چون این توازن فقط يك ضربه مثبت به طرف آن می‌فرستد که در برابر آن غیر حساس است. در دومین ضربه ورودی، قپان اول به حالت صفر برمی‌گردد. بنابراین اینك ضربه منفی به قپان دوم می‌فرستد که آنرا به حال توازن ذمی آورد. ضربه سوم، قپان اول را دوباره به حالت يك می‌رساند درحالی‌که قپان دوم در همان حال کار باقی می‌ماند. ضربه چهارم فقط قپان اول را به وضعیت صفر برمی‌گرداند که با فرستادن يك ضربه منفی به قپان دوم آنرا هم به وضعیت صفر می‌آورد. به این ترتیب مونتاژ تازه ما می‌تواند از صفر تا يك، دو و سه بشمارد. از آن بعد حاصل جمع‌هایی که به ما می‌دهد اشتباه است.

**مبتدی** - اینهم چندان معجز اثر نیست. شمردن تاسه که کار درخشانی نیست.

## شمارش با توان ۲

**مهندس** - اما اینکار به سرعت جالب می‌شود. تعدادی قپان مثل شکل ۸۲ می‌سازیم و طوری عمل می‌کنیم که توازن يك قپان روی ورودی قپان بعدی اثر کند. مثلاً فشار جمع‌کننده  $T_1$  هر قپان را به يك مدار از نوع مشتق (مثل مدار شکل ۶۴) می‌گذاریم. هر بار که يك قپان به صفر برمی‌گردد، يك ضربه منفی به ورودی قپان بعدی خواهد گذاشت و آنرا به حال توازن در خواهد آورد (شکل ۱۱۵).

**مبتدی** - قبول دارم که هر مستطیل نشان‌دهنده يك دو تایی شبیه به شکل ۸۲ است، اما نمی‌فهمم چرا هر قپان دو تایی، دو ورودی و دو خروجی دارد.



شکل ۱۱۵ - به وسیله يك سلسله قپان که هر کدام دیگری را فرمان می‌دهد، يك شمارگر دو تایی درست می‌کنند، درحالی‌که وضع هر قپان به وسیله يك لامپ مشخص می‌شود.

**مهندس** - دو ورودی فقط خازن‌های  $C_3$  و  $C_4$  در شکل ۸۲ هستند. در اینجا باز هم هر دو را در يك زمان زیر تأثیر می‌گیریم. اما همیشه اینطور نیست. دو خروجی به دو جمع‌کننده ترانزیستورها وصل هستند. اکنون بیش از پیش میل دارند قپان‌هایی بکار ببرند که دیگر از اجتماع ترانزیستورها و مقاومت‌های جداگانه تشکیل نشده باشند بلکه از مدارهای مجتمع درست شده باشند. امکانات این مدارهای مجتمع به ترتیبی است که اکنون می‌توانند حتی در يك صفحه کوچک چند قپان دو تایی (بیشتر از چهارتا) را یکجا گرد بیاورند. در این کار، به ویژه از این جهت محدود

می‌شوند که يك مدار مجتمع نمی‌تواند سیم‌های زیادی داشته باشد؛ در این صورت اگر بخواهند برای هر قیاق يك ورودی، يك (یا دو) خروجی، يك صفرکننده و مدارهای فرمانی که بعداً خواهیم گفت داشته باشند، امکان ندارد تعداد قیاق‌ها را در يك مدار مجتمع به مقدار دلخواه زیاد کنند.

از این نوع قیاق‌ها چندین نوع وجود دارد که تقریباً نام داده شده به آنها بکنواخت شده است.

۱- نوع T (ت) که فقط شامل يك ورودی است که گذاشتن يك علامت مناسب روی آن وضعیت قیاق را تغییر می‌دهد، و اگر در حال «کار» بوده آنرا به وضعیت «استراحت» درمی‌آورد و برعکس.

۲- نوع R-S-T که علاوه بر ورودی T دو ورودی دیگر به نام‌های R (صفرکننده) و S (يك‌کننده) دارد. اگر قبل از فرمان ورودی T، روی S، ولی نه روی R، فشاری گذاشته شود، پس از فرمان روی T، قیاق به حالت «کار» برمی‌گردد (مگر اینکه قبلاً به این وضعیت رسیده باشد که در این صورت فرمان روی T اثر نمی‌کند).

۳- روی R فشاری گذاشته شود اما روی S گذاشته نشود، بعد از فرمان روی T، قیاق به وضعیت «استراحت» برمی‌گردد (مگر اینکه قبلاً به این وضعیت رسیده باشد که در این صورت فرمان روی T اثر نمی‌کند).

۴- روی R و S فشار صفر گذاشته شود، فرمان روی T اثر نمی‌کند، قیاق حالت اولیه خود را حفظ می‌کند.

۵- روی R و S فشاری گذاشته شود، نمی‌شود فهمید چه پیش می‌آید، در این صورت در «وضعیت غیر مشخص» هستیم.

۶- نوع J-K که نوع پیشرفته نوع R-S-T است و آنهم دارای يك ورودی T است اما «وضعیت غیر مشخص» ندارد. اگر قبل از فرمان ورودی T، روی ورودی J فشار گذاشته شود اما روی ورودی K چیزی گذاشته نشود، پس از فرمان روی T قیاق به حالت «کار» درخواهد آمد (مگر آنکه قبلاً به این وضعیت رسیده باشد که در این صورت فرمان روی T اثر نمی‌کند).

۷- روی K فشار گذاشته شود اما روی ورودی J چیزی گذاشته نشود، پس از فرمان روی T قیاق به حالت «استراحت» درخواهد آمد (مگر آنکه قبلاً به این وضعیت رسیده باشد که در این صورت فرمان روی T اثر نمی‌کند).

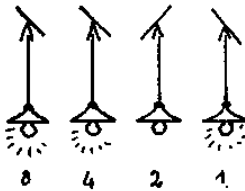
۸- نه در ورودی J و نه در ورودی K فشاری گذاشته نشود، قیاق در همان حالتی که بوده باقی می‌ماند و ورودی T عمل نمی‌کند (تا اینجا همه چیز مثل R-S-T است درحالی‌که J نقش ورودی S و K نقش ورودی R را بازی می‌کند).

۹- روی ورودی J و ورودی K فشار گذاشته شود، با رسیدن فرمان روی T، قیاق تغییر وضعیت می‌دهد، حالت قبلی‌اش هر چه باشد فرقی نمی‌کند (مثل يك قیاق از نوع T).

۱۰- قیاق از نوع D، که يك قیاق J-K است که در آن فقط دسترسی به ورودی J امکان‌پذیر است، درحالی‌که ورودی K به وسیله مدار «معکوس‌کننده» ای فرمان داده می‌شود که درون مدار مجتمع قرار گرفته است. غالباً آن را به عنوان عنصر حافظه بکار می‌برند.

این قبان‌های مختلف بر حسب روش زیر تأثیر گرفتن به رسته‌های دیگری تقسیم می‌شوند. کاملترین آنها نوعی هستند که «ماستر اسلاو» (آقا-برده) نام دارند (دستگاههایی با مدار «آقا» و مدار «برده»). برای فرمان روی ورودی T آنها دادن هیچگونه شکل جدید به علامت لازم نیست چون فرمان در T فقط باید از یک فشار صفر آغاز شود، از یک حد یا آستانه بگذرد و دوباره پائین بیاید و هر چه که بخواهیم آهسته به کمتر از یک آستانه دیگر که کمتر از اولی است برسد (مثلاً تا صفر برود).

از یک سلسله از همین قبان‌ها شروع کنیم که در اصل همه آنها در وضعیت صفر هستند. می‌بینید که قبان اول هر بار که تعدادی ضربه فرد به آن بدهیم در وضعیت یک است و هر دفعه که تعدادی ضربه زوج دریافت کند به وضعیت صفر درمی‌آید. قبان دوم پس از ضربه دوم به وضعیت یک می‌رسد و برای ضربه سوم در همان وضع می‌ماند و برای چهارمین و پنجمین ضربه دوباره به وضعیت صفر می‌رسد. بنابراین با ادامه

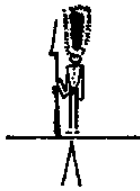


استدلال می‌توانید ببینید که هر چه یک قبان در این سلسله دورتر واقع شده باشد، کمتر دچار توازن می‌شود. و آنکه این مطلب شکفت آور نیست برای اینکه هر کدام از آنها فرکانس را به نسبت ۲ تقسیم می‌کنند. برای من کافی است که وضع قرار گرفتن قبان را مثلاً به وسیله چراغی که وقتی قبان در وضعیت یک است روشن می‌شود، تعیین کنم تا تعداد ضربه‌های فرستاده شده را بدانم. زیر چراغ قبان اول می‌نویسم ۱، زیر چراغ قبان دوم ۲، زیر لامپ قبان سوم ۴، زیر لامپ قبان چهارم ۸ و به ترتیب زیر چراغهای قبان‌های پنجم و ششم و هفتم، عددهای ۱۶، ۳۲ و ۶۴ را می‌نویسم...

پس از اینکه تعدادی ضربه فرستادم، کاری ندارم جز آنکه به اعدادی که زیر چراغ‌های روشن قرار گرفته‌اند نگاه کنم و آنها را با هم جمع کنم. به این ترتیب مجموع ضربه‌های دریافت شده را بدست خواهیم آورد. می‌بینید که لهر بار که یک طبقه اضافه می‌کنم عددی را که می‌توانم بشمارم دو برابر می‌کنم. به این ترتیب با ده طبقه تا ۱۰۲۴ را می‌توانم بشمارم و با ۱۱، ۱۲ و ۱۳ طبقه می‌توانم تا ۲۰۴۸، ۴۰۹۶ و ۸۱۹۲ بشمارم. می‌بینید که این اعداد از هم اکنون سریع بالا می‌روند.

**مبتدی** - می‌خواهم آنرا قبول کنم، با وجود این خیلی پیچیده است. علاوه بر این نمی‌توانید مطمئن شوید که تعداد ضربه‌ها از بیشترین تعدادی که شمارگر شما می‌تواند نشان دهد، تجاوز نکند. در این لحظه نخواهید فهمید که چیزی که نشان می‌دهد درست است یا نه.

### «قبان محافظ»



**مهندس** - وسیله‌ای برای دانستن آن وجود دارد. کافی است بعد از آخرین قبان، قبان مخصوصی بگذاریم که فقط یکبار می‌تواند کار کند. این قبان را مثلاً از روی شکل ۸۲ با حذف خازن C می‌سازند. در این شرایط، این قبان وقتی ضربه‌ای دریافت کرد به وضعیت یک می‌رود، اما اگر ضربه‌های دیگری هم به آن برسد، باز در همان وضعیت می‌ماند. این نوع قبان که بعد از آخرین قبان قرار داده شود، تشکیل دستگاه اطمینان‌مار خواهد داد. اگر آخرین قبان هیچوقت به صفر برنگردد، قبان اطمینان‌مار در وضعیت صفر باقی خواهد ماند. بنابراین اگر قبان اطمینان در وضعیت صفر باقی بماند، مطمئن خواهیم بود که عدد نشان داده شده درست است. بهر حال ترتیب کار را

طوری می‌دهند که تعداد طبقه‌ها کافی باشد تا شمارگر بتواند همیشه ضربه‌هایی را که به آن می‌فرستیم شمارش کند بی آنکه «دوباره کاری کند» یعنی بی آنکه به علت تجاوز از بیشترین شماره مجاز دوباره به صفر برگردد.

**مبتدی** - در این صورت، قبول می‌کنم با تعداد طبقه‌ها، شمارگر شما به حد بلوغ رسیده است و می‌تواند تا ۸۱۹۲ یا دو برابر آنرا بشمارد. چیزی که اندوهگینم می‌کند اینست که برای بدست آوردن مجموع ضربه‌های دریافت شده، باید اعدادی را جمع کرد که بعضی از آنها ممکن است مفصل باشد. اینکار فوراً انجام نمی‌شود و درست نمی‌دانم نسبت به شمارگر مکانیکی چه امتیازی بدست آورده‌ایم.

**مهندس** - قطعاً شمارگر مکانیکی شما از نظر ساختمان ساده‌تر بود و خیلی آسانتر خوانده می‌شد. اما یادآوری می‌کنم که اگر نخستین قیاس‌ها را خوب انتخاب کنیم، می‌توانیم ضربه‌ها را با آهنگ چند میلیون در ثانیه و حتی چندین ده میلیون در ثانیه حساب کنیم.

**مبتدی** - ب فکر آن نبودم، اما در این حالت، نمی‌شود انتظار داشت که رسیدن به پایان امکانات شمارگر شما مدت زیادی طول بکشد مگر آنکه تعداد طبقات واقعاً زیادی داشته باشد.

**مهندس** - قبول دارم چون برای داشتن ظرفیت شمارش تا یک میلیون، شمارگر باید تقریباً ۲۰ طبقه داشته باشد. یادآوری می‌کنم که این طبقه‌ها نسبتاً ساده هستند. بخصوص آنهایی که با آهنگ آهسته کار می‌کنند. بهر حال با شما موافقم که این شمارگر نوع دو رقمی (که بر پایه مکانیسمی است که فقط صفر و یک را می‌شناسد) کاربرد ساده‌ای ندارد. به همین جهت است که شمارگرهای کاملتری ساخته‌اند که امکان شمارش در سیستم ده تایی خوب ما را فراهم می‌کند.

### شمارش ده تایی

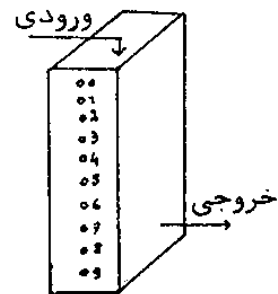
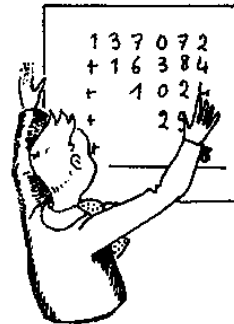
**مبتدی** - می‌توانید یکی از آنها را برایم شرح بدهید... می‌ترسم که بطرز وحشتناکی پیچیده باشد.

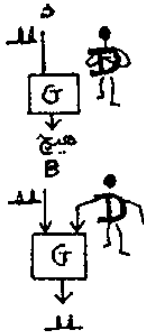
**مهندس** - بعضی از این مونتاژها ممکن است خیلی پیچیده باشند. ما فقط یکی از آنها را بررسی می‌کنیم. منظور ساختن یک «ده تایی» است یعنی یک مونتاژ الکترونی که هر وقت ده ضربه دریافت کرد دوباره به وضعیت اول برگردد. در ضربه دهمی که دریافت می‌کند، یک ضربه روی راهی که «خروجی» نام دارد می‌فرستد که ماهوریت دارد به ده تایی دیگری فرمان بدهد.

بطور ساده ساختمان یک ده تایی روشار «Rochar» را که شما جمع‌بندی آن در شکل ۱۱۶ نشان داده شده بشما نشان خواهیم داد. در ابتدای آن یک قیاس دو تایی B<sub>۱</sub> را می‌بینید که دوباره آنرا بصورت مستطیل کوچکی می‌کشیم (باز هم مونتاژی است شبیه مونتاژ شکل ۸۲).

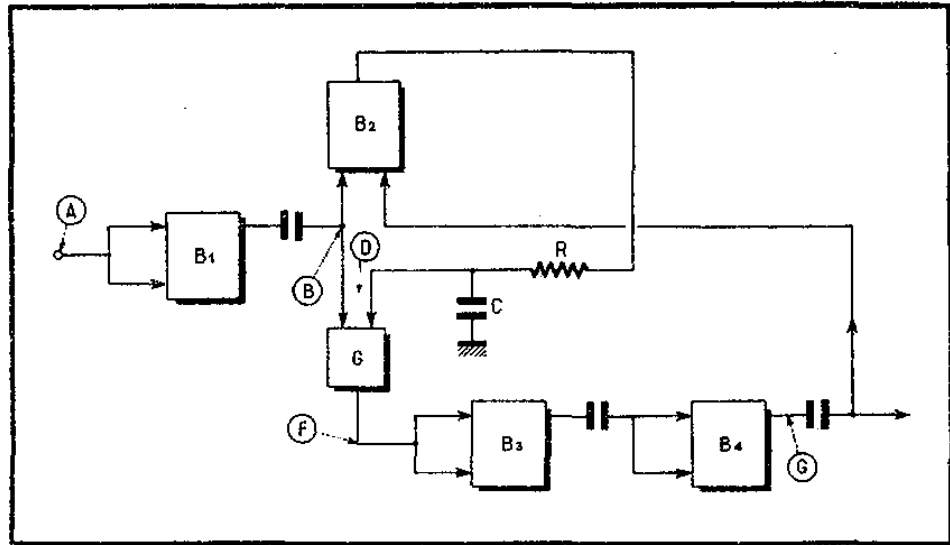
**مبتدی** - باز هم دو ورودی کشیده‌اید اما سودی ندارد چون همیشه هر دو را بهم متصل می‌کنید.

**مهندس** - نه، همیشه اینطور نیست. می‌توانم هر کدام را بطور دیگری زیر تأثیر بگیرم. مثلاً روی C<sub>۳</sub> ضربه‌هایی بگذارم و روی C<sub>۴</sub> ضربه‌های دیگری وارد





کنم. بهمین جهت است که قیام را به عنوان اینکه دو ورودی دارد در نظر می گیرم. وقتی آنرا به صورت بخشی کننده به ۲ بکار می بریم، این دو ورودی بهم متصل می شوند و در یک زمان به آنها ضربه های منفی گذاشته می شود. حالتی را که در آن ترانزیستور  $T_1$  جریان می دهد و  $T_2$  مسدود است، به نام وضعیت صفر (یا استراحت) مشخص کرده ایم. وقتی یک قیام به صفر بر می گردد، کاهش ناگهانی اختلاف سطح جمع کننده  $T_1$  بعد از یک مدار مشتق گیرنده که در اینجا فقط خازن آنرا کشیده ام، به یک ضربه منفی بر گردان می شود. بنابراین می بینید که در نقطه B به ازاء هر دو ضربه ورودی، یک ضربه منفی داریم.



شکل ۱۱۶- شمای جمعهای ده تایی شمارش روشار: دو ثابتی  $B_1$  تقسیم ثرکانس به ۲ را عملی می کند، مجموع سه دو ثابتی دیگر از پنج حالت پشت سرهم می گذرند.

مبتدی - بله، و همینطور می بینم که این ضربه در دو جهت فرستاده شده است؛ ابتدا به قیام  $B_1$  که بطور عجیبی روی یک ورودی اش وارد می شود، بعد در مونتاژی که نام دارد و اصلاً کار آنرا نمی دانم.

مهندس - با دقت طرز کار آنرا دنبال کنیم. در واقع قیام  $B_1$  فقط به وسیله پایه ترانزیستور  $T_1$  زیر تأثیر گرفته شده است. با اولین ضربه ای که روی ورودی سمت چپ دریافت می کند، به توازن درمی آید و از وضعیت صفر به وضعیت یک ( $T_1$  مسدود و  $T_2$  اشباع شده) می رود. تا وقتی که دوباره به صفر برنگردد، ضربه های منفی که ممکن است به نقطه B برسند روی آن تأثیری ندارند.

اما مونتاژ G، بطور ساده همان چیزی است که در زبان فرانسه جدید «gate» (در) گفته می شود، یعنی کلید قطع و وصل الکترونی است که به وسیله یک فشار فرمان داده می شود. به این ترتیب که اگر فشاری که روی ورودی D خود دریافت می کند، صفر باشد، ضربه هایی که روی ورودی سمت چپ آن می رسند، در F وجود نخواهند داشت. برعکس اگر ورودی D آن فشار مثبتی دریافت کند، این در برای ضربه ها باز خواهد بود و ضربه هایی که روی ورودی چپ آن قرار گیرند، در





بدست می آیند.

**مبتدی** - ساختن این مونتاز باید بطور وحشتناکی پیچیده باشد.  
**مهندس** - آه، نه، معمولاً از يك ديود ويك مقاومت درست می شود؛ بعداً  
 آنرا خواهیم دید. فعلاً درحالی که به جز ضربه های منفی که به نقطه B می رسند با  
 چیز دیگری کار ندارم، بشما نشان خواهم داد که بقیه مونتاز پنج طبقه دارد که این  
 ضربه ها بطور پی در پی از آنها می گذرند.

اولین ضربه ای که به B می رسد،  $B_1$  را به توازن درمی آورد، اختلاف سطح  
 خروجی چپ  $B_1$  (جمع کننده ترانزیستور  $T_1$  آن) زیاد می شود و در G را از  
 حالت مسدود بودن خارج می کند...

**مبتدی** - بنابراین، همین ضربه اول از راه G عبور می کند و در F  
 بدست می آید.

**مهندس** - نه آقای مبتدی، مثل اینست که وجود مقاومت R و خازن C را  
 فراموش کرده اید؛ اینها بالاتر رفتن اختلاف سطح D را به اندازه کافی به تأخیر می اندازند  
 تا ضربه ای که در  $B_1$  توازن ایجاد کرده بازم در باز G را پیدا نکنند و به این ترتیب  
 انتقال نیابد.

در عوض، دومین ضربه که به B می رسد، خواهد توانست از راه G در  
 بگذرد.

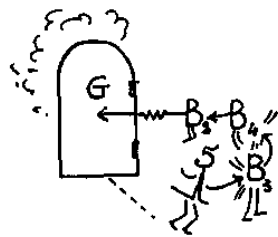
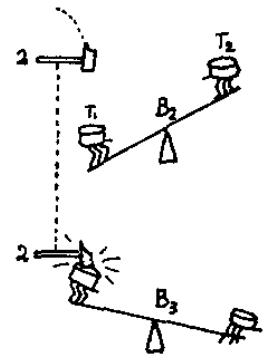
**مبتدی** - اما، این ضربه دوباره روی قپان  $B_1$  عمل خواهد کرد؛  
**مهندس** - این ضربه حتماً زیادی به آن نمی رساند چون فراموش نکنید که  
 فقط روی یکی از خروجی های این قپان عمل می کند؛ این ضربه بصورت فشار منفی  
 روی پایه  $T_1$  که مسدود است می رسد. پس کاری به آن نمی کند.

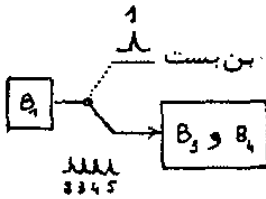
**مبتدی** - درست است، فراموش کرده بودم. اما اگر کاری به  $B_1$  نکند باید  
 برای  $B_1$  کاری انجام دهد؛

**مهندس** - کاملاً حق باشماست چون آنرا به توازن درمی آورد، که روی  $B_1$   
 تأثیری ندارد چون  $B_1$  از وضعیت صفر به يك می رسد درحالی که يك ضربه مثبت به  
 $B_1$  می فرستد که در برابر آن حساس نیست. سومین ضربه در B هم از راه G می-  
 گذرد ( $B_1$  همانطور در وضعیت يك باقی می ماند). بنابراین آنرا در F بدست  
 می آوریم و قپان  $B_1$  را به وضعیت صفر می رساند. اینکار که انجام شد،  $B_1$  يك ضربه  
 منفی به  $B_1$  می فرستد که به حال توازن درمی آید. چهارمین ضربه به B می رسد، از راه  
 G می گذرد به F می رسد،  $B_1$  را به حال توازن درمی آورد و به وضعیت يك می رساند،  
 که اثری روی  $B_1$  نمی کند...

**مبتدی** - آقای مهندس، احساس می کنم که قپان های  $B_1$  و  $B_2$  درست مثل  
 يك شمارگر معمولی کار می کنند که تا ۳ می شمارد؛

**مهندس** - احساس شما کاملاً درست است. حالا بررسی کنیم که برای ضربه  
 پنجم که به B می رسد چه پیش می آید. ضربه از در G می گذرد. آنرا در F بدست  
 می آوریم. این ضربه  $B_1$  را به وضعیت صفر می آورد، بنابراین  $B_1$  يك ضربه منفی  
 به  $B_1$  می فرستد که به توازن درمی آید، یعنی به صفر می رسد. چون دوباره به صفر  
 می رسد، از راه خروجی چپ خود، يك ضربه منفی روی ورودی راست قپان  $B_1$   
 می فرستد و آنرا به وضعیت صفر می رساند.





**مبتدی** - حالا دیگر کاری انجام نمی‌شود چون  $B_4$  به وضعیت صفر رسیده است، بنابراین در  $G$  را مسدود می‌کند و نمی‌گذارد این ضربه پنجم بگذرد.  
**مهندس** - چرا آقای مبتدی، مثل اینست که یکبار دیگر وجود مقاومت  $R$  و خازن  $C$  را که ارسال علامت خروجی  $B_4$  را به در  $G$  کند می‌کند فراموش کرده‌اید. از طرف دیگر حتی بدون این مقاومت و خازن، خطری وجود ندارد چون پنجمین ضربه باید ابتدا از راه  $G$  عبور کند، بعد  $B_4$  را به وضعیت صفر برساند، که اینکار قبل از اینکه ضربه‌ای که باید  $B_4$  را به وضعیت صفر برساند فرستاده شود،  $B_4$  را به وضعیت صفر رسانده است. تمام این تأخیرها که با هم جمع شوند، باعث می‌شوند که ضربه بخوبی از راه  $G$  بگذرد حتی اگر باعث شود که پس از آن بسته شدن در آغاز گردد.  
**مبتدی** - این سیستم بسیار زیرکانه است. اگر درست فهمیده باشم شما یک نوع شمارگر چهار وضعیتی دارید که این وضعیت‌ها از  $B_3$  و  $B_4$  تشکیل شده‌اند و نمی‌تواند غیر از ۵ تا ۳ چیزی بشمارد. یکی از ضربه‌هایی را که برای آن می‌فرستیم وسیله در  $G$  از آن می‌گیریم و قیان  $B_4$  است که آنرا در خود نگاه می‌دارد که باعث می‌شود این مجموعه از ۵ تا ۴ را بشمارد یعنی پنج شماره.

**مهندس** - آقای مبتدی، کاملاً حق با شماست و شما تبریک می‌گویم. شما کاملاً سر حال هستید. در این شرایط متوجه می‌شوید که این مجموعه بطور مؤثر تقسیم بر ۱۰ را انجام می‌دهد، چون مجموع قیان‌های  $B_3$  و  $B_4$  هر بار که پنج ضربه به نقطه  $B$  رسیده است، یعنی ده ضربه در  $A$  دریافت شده باشد، دوباره به همان حالت اول برمی‌گردند. با در نظر گرفتن پیشرفت‌هایی که به وسیله مدارهای مجتمع بدست آمده است، اکنون مدارهای ده تایی کاملی در یک مدار مجتمع وجود دارند، بعضی از آنها از نظر تشکیل وضعی دارند که به درستی تشکیلات ده تایی روشار را پیاد می‌آورند. این وضعیت در مورد مدارهای  $SFC 490$  و  $SN 7490$  و غیره صدق می‌کند. در این مدارها مجموعه ایست که مستقیماً ده تایی می‌شمارد در حالی که خروجی آنها با کد دو رقمی ده تایی معمولی است. ورودی آن از نوع دماستر اسلاو (آقا - برده) است، بنابراین برای فرمان آن شکل دادن علائم بهیچوجه لازم نیست. سرعت شمارش از ۲۰ مگاهرتز بیشتر است، ده تایی علاوه بر بخش معمولی دو مدار دارد (که هر کدام دو ورودی دارند) که امکان می‌دهند آنرا به وضعیت صفر در آورد و یا به وضعیت مربوط به ۹ قرار داد. برای تغذیه همه آنها ۵ ولت کافی است و مصرف آن کمتر از  $40mA$  است. اکنون ده تایی‌های دیگر با مدار مجتمع امکان می‌دهند که شمارش و دماستر معکوس انجام شود.

### نمایش رقم‌ها



**مبتدی** - قبول می‌کنم که در واقع مونتاژهای شما ده تایی حساب می‌کنند. اما نمی‌دانم چطور نتیجه را نشان می‌دهیم.  
**مهندس** - برای اینکار مخلوطی از فشارهایی لازم است که از جمع کنند چهار قیان روی مقاومت‌ها بدست می‌آید. تشریح جزء به جزء آنها پیچیده است و تازه سود چندانی ندارد. فقط بدانید که بدست آوردن فشارهایی روی ده رشته سیم مستقل که فقط یکی از آنها مثبت است در حالی که دیگران منفی هستند، آسان است. وقتی

تمام مجموعه در وضعیت صفر است، رشته‌ای که «صفر» نامیده شده است، فشار مثبتی را جابجا می‌کند، در حالی که رشته‌های دیگر به اختلاف سطح منفی وصل شده‌اند. به تدریج که ضربه‌ها به ده تائی فرستاده می‌شوند، فشار مثبت روی رشته‌ای، که يك نشانه گذاری شده، بوجود می‌آید، بعد روی رشته ۲ و... و بعد روی رشته ۹ و در آخر روی رشته‌ای که صفر نشانه گذاری شده می‌آید. این ده رشته، ده پسیایه ده ترانزیستور سیلیسیومی را که می‌توانند فشار زیادی را تحمل کنند، زیر فرمان می‌گیرند. در جمع کننده این ده ترانزیستور ده لامپ تئون قرار می‌دهند که می‌توانند وقتی ترانزیستوری که به آنها فرمان می‌دهد از مسدود شدن خارج شود، به نوبت روشن شوند.

**مهندسی** - واقعا اجزاء زیادی دارد. فقط اگر خوب فهمیده باشم ده لامپ تئون خودتان را در يك خط قرار می‌دهید و در کنار هر کدام عددهای ۵ تا ۹ را می‌نویسید. باید چیز کاملتری هم وجود داشته باشد چون يك روز، پیش یکی از دوستانم که در انرژی هسته‌ای کار می‌کند، شمارگری دیدم که در آن خود رقم‌ها، همیشه در يك محل، در يك نوع لامپ کوچک با رقم‌های قرمز کاملاً خوانا دیده می‌شدند. آنرا چگونه درست می‌کنند؟



**مهندس** - آنچه شما دیده‌اید فقط تازه‌ترین نوع نمایش ارقام است؛ لامپ گازی با نمایش عددی است. غالباً آنرا با نام «نیکسی Nixie» مشخص می‌کنند. اگرچه منظور از آن مارکی است که مؤسسه سازنده آن «بروگس Burroughs» رویش گذاشته است. این لامپ شامل يك آند بشکل استوانه و ده کاتد با سیم آهنی بسیار نازک است که هر کدام جلوی دیگری قرار دارد و هر يك به شکل يك رقم است. (شکل ۱۱۷). آند از راه مقاومتی که شدت جریان را محدود می‌کند به اختلاف سطح ۲۵۰ تا ۳۰۰ ولت وصل است؛ ده کاتد به جمع کننده‌های ده ترانزیستور سیلیسیومی که قبلاً برایتان گفتم وصل هستند. فقط یکی از این ترانزیستورها از حالت مسدود بودن خارج شده است در حالی که بقیه مسدودند. کاتدی که مربوط به این ترانزیستور است به اختلاف سطحی که تقریباً صفر است می‌رسد و جریانی که در نتیجه یونیزاسیون بوجود می‌آید و از لامپ می‌گذرد، شکل روشنی ایجاد می‌کند که شبیه به عدد است. و این عدد وابسته به ترانزیستوری است که از حالت مسدود بودن خارج شده است.

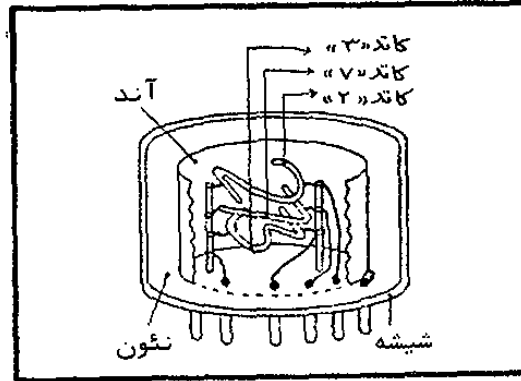
**مبتدی** - بسیار زیرکانه است! اما چیزی هست که بنظر من عجیب می‌آید. گفتید که این کاتدهای مختلف هر يك پشت دیگری قرار گرفته است. وقتی کاتدی را که آخر همه قرار گرفته است روشن کنند، نباید چیزی دیده شود برای اینکه کاتدهای دیگر جلوی آن هستند.



**مهندس** - تمام حقه در ساختن این کاتدهاست که از رشته فلزی بسیار نازک ساخته شده‌اند، بطوری که حتی وقتی جلوی شکل روشن حاصل در نتیجه یونیزاسیون هم قرار گرفته باشند نمی‌شود آنها را دید. اگر آنها را از نزدیک نگاه کنید، شاید بتوانید خطوط سیاه بسیار ریزی ببینید که به شکل رقم درست شده‌اند، اما باید چشمان بسیار تیزی داشته باشید تا بتوانید آنها را تشخیص بدهید. البته روش‌های زیاد دیگری هم برای نمایش وجود دارد، اما این روش لامپ با گاز نمایش عددی، دارد از همه بیشتر متداول می‌شود.

**مبتدی** - با وجود این اگر درباره آن فکر کنیم، ناراحت کننده است. پس

يك ده تائی علاوه بر چهار قبان و يك در، بايد شامل ده ترانزیستور سيليسیومی با فشار زياد، يك لامپ نمايش عددی و مقاومتهای فرمان ترانزیستورهای سيليسیومی هم باشد.



شكل ۱۱۷- لامپ نمايش عددی در گاز نئون شامل يك آند استوانه‌ای (در اینجا مقطع آن کشیده شده است که ساختمان کاتدها نشان داده شود) و ده کاتد باسیم بسیار نازک است، هر کدام شكل يکی از رقم‌های ۰ تا ۹ را دارند. بر حسب آنکه کدام کاتد وصل شده باشد، می‌بیشیم که رقم‌های مربوط به آن بانور قرمز روشن می‌شود.

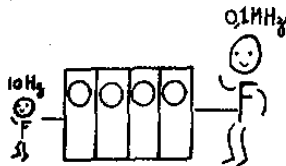
**مهندسی-** توجه داشته باشید که در میان مدارهای مجتمع، اکنون يك نوع وجود دارد (مثلاً ۴۴۱E SFC) که شامل تمام مدارهای آشکار کردن کد، به اضافه ده ترانزیستور سيليسیومی با فشار زياد برای فرمان کاتدهای لامپ نمايش عددی است. بنابراین برای ساختن يك ده تائی دو مدار مجتمع و يك لامپ نمايش کافی است درحالی که این ده تائی آنقدر کوچک است که می‌توان ۴ یا ۵ عدد از آنرا در پشت جای داد. همينطور یادآوری می‌کنم که می‌توان بین خروجی‌های دو رقم ده تائی و ورودی آشکار کننده کد، يك قبان چهار تائی D گذاشت که به صورت حافظه آخرین نتیجه شمارش بکار می‌رود و به این ترتیب نتیجه محاسبه را وقتی می‌گیرند که يك علامت مناسب به مدار حافظه فرستاده شده باشد. در این صورت می‌توان یکبار محاسبه کرد، وقتی محاسبه تمام شد نتیجه را آشکار کرد، دوباره حساب کرد (درحالی که نتیجه آشکار شده شمارش قبلی حفظ شده است) و نتیجه را وقتی آشکار کرد که محاسبه جدید تمام شده باشد.

**مبتدی-** با وجود این تعداد عنصرها برای شمارش تا ۱۰، حتی بدون حافظه، خیلی زیاد است.

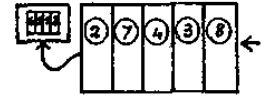
**مهندسی-** آقای مبتدی تا حدودی باشما موافقم، فقط این را بدانید که اگر این ده تائی بیشتر از ۱۰ حساب نمی‌کند، آنرا بی‌نهایت سریع انجام می‌دهد. با دو ده تائی ناصد می‌شمارید و با ۶ تا از آنها تا يك میلیون می‌توانید بشمارید. **مبتدی-** فکری به خاطر من رسید...

**مهندسی-** بسیار خطرناک است، اما با این حال بگوئید ببینم چیست. **مبتدی-** فکر می‌کنم وقتی مثلاً چهار عدد از این نوع ده تائی‌ها را دنبال هم بگذاریم، ضربه‌هایی که از آخرین ده تائی خارج می‌شوند، فرکانس بسیار کمتری از ضربه‌هایی دارند که به اولی وارد می‌گردند.

**مهندسی-** من نمی‌گویم خیلی کمتر، بلکه می‌گویم «ده‌هزار بار کمتر». **مبتدی-** همین را می‌خواستم بگویم. در نتیجه این ضربه‌ها با فرکانس‌هایی که تا حدودی پائین است خارج می‌شوند و شاید بتوان آنها را با وسیله ساده‌تری شمرد. حتی با يك جمع کننده مکانیکی.



**مهندس** - آقای مبتدی اینکار عملی است. معمولاً بیشتر از چهار ده تائی قبل از جمع کننده مکانیکی می گذرانند. این جمع کننده نمی تواند بیشتر از ۴ یا ۵ بار در تائیه کار کند. چون نامطلوبترین ده تائی ها هم اکنون چندین صد هزار ضربه در تائیه را می شمرد، می بینید که دست کم قبل از شماره کننده مکانیکی باید پنج عدد از آنها قرار داد. اگر بخواهم آهنگ شمارش را تندتر کنم، قبل از همه يك ده تائی اضافی می گذارم که این بار طوری ساخته شده است که بسیار سریع کار کند، مثلاً برای اینکه ۲ تا ۳ میلیون ضربه در تائیه را بشمرد.

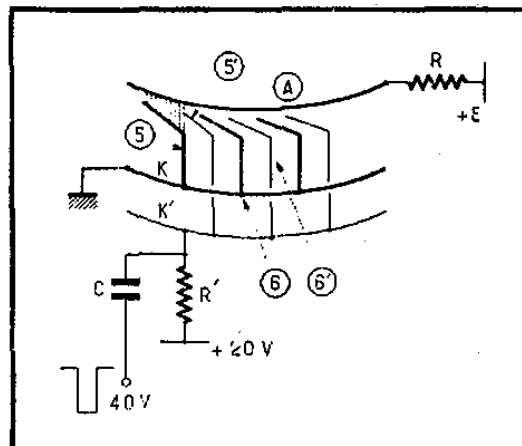


اگر بخواهم باز هم امکان مجموعه شمارگر را زیاد کنم، باز هم در جلوی آن يك ده تائی که به ویژه با دقت ساخته شده و می تواند مثلاً ضربه های ۵۰ مگاهرتزی را بشمرد قرار می دهم و به این ترتیب دستگاه بسیار کاملی خواهیم داشت.

**مبتدی** - بله، بنابراین می بینیم که کاربرد شماره کننده مکانیکی در مصرف چند ده تائی در سوسی فرکانس های بسیار پائین صرفه جویی کرده است. اما با وجود این بنظر من اندوهناک است که برای شمردن باید مجموعه ای به این پیچیدگی ساخت.

### دکاترون

**مهندس** - اگر زیاد عجله نداشته باشید، به عبارت دیگر اگر شمارش مافوق سریع نخواهید، می توانید دستگاه های ساده تری را بکار ببرید، اگرچه امکان آنها محدودتر است. هم اکنون کار نسبتاً جالبی هست که می شود انجام داد و آن لامپ شمارگر گازی است. برای شما درباره یکی از آنها که دکاترون نام دارد صحبت خواهم کرد. این لامپ در يك جو نئون، آرگون یا هیدروژن شامل حلقه ایست که آن را تشکیل می دهد و در شکل ۱۱۸ با A نمایش داده شده است. برای اینکه شکل درهم نشود فقط قسمتی از آنرا برایتان کشیده ام. زیر این حلقه ده کاتد اصلی قرار دارند که به وسیله K نمایش داده شده اند و همینطور می بینید این کاتدها در محلی که به آنند نزدیک می شوند به صورت مورب خم شده اند.



شکل ۱۱۸ - لامپ شمارگر گازی نوع «دکاترون»: وقتی يك ضربه منفی از راه C به (S) گذاشته شود، ایونیزاسیون از راه این کاتد ثانوی از (S) به (K) می جهد.



این ده کاتد بین خودشان به وسیله يك حلقه ارتباط دارند که به بدنه متصل می شود. بین هر دو تا از این کاتدها، يك کاتد ثانوی قرار دارد که این کاتدها را با



خطوط باریکتری نشان داده‌ام و با نمایش آنها باحرف K آنها را شماره‌گذاری کرده‌ام. این کاتدها هم به یک حلقه دیگر متصلند که از لامپ خارج می‌شود. اینها هم ده عدد هستند و بهمان شکل کاتدهای K خم‌شدگی دارند.

**مبتدی** - دکاترون شما بطور وحشت آوری پیچیده است! با بیست کاتد حتماً بهای آن زیاد است.

**مهندس** - بهیچوجه. این کاتدها غیر از نقطه‌های فلزی که روی حلقه‌ها نصب شده‌اند چیز دیگری نیستند، ساختمان آن بسیار ساده است.

آند به وسیله فشار  $+E$  که  $300$  یا  $400$  ولت است از راه مقاومت R تغذیه می‌شود. کاتدهای اصلی K به بدنه وصل هستند درحالی که کاتدهای کمکی  $K'$  همه به اختلاف سطحی که کمی مثبت است وصل شده‌اند. بنابراین ایونیزاسیون روی یکی از کاتدهای K آغاز می‌شود. فرض کنیم که روی کاتد شماره ۵ که برای شما در شکل نشان داده‌ام باشد.

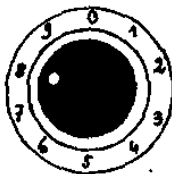
حالا از راه خازن C، یک ضربه منفی بادامنه  $40$  ولت را به کاتدهای کمکی  $K'$  می‌گذاریم. این کاتدها نسبت به کاتدهای K منفی خواهند شد چون آنها دراصل اختلاف سطح  $20$  ولت داشته‌اند و خازن تمام جبهه نزولی ضربه را منتقل خواهد کرد. بنابراین حالا ایونیزاسیون میل دارد بین آند و یکی از کاتدهای  $K'$  برقرار شود زیرا اختلاف سطحی که بین آند A و کاتدهای  $K'$  وجود دارد بالاتر از اختلاف سطحی است که بین آند و کاتدهای K هست.

**مبتدی** - و کدام کاتد  $K'$  از این ایونیزاسیون «استفاده» می‌کند؟ می‌شود هر کدام از آنها را گرفت چون ده تا هستند.

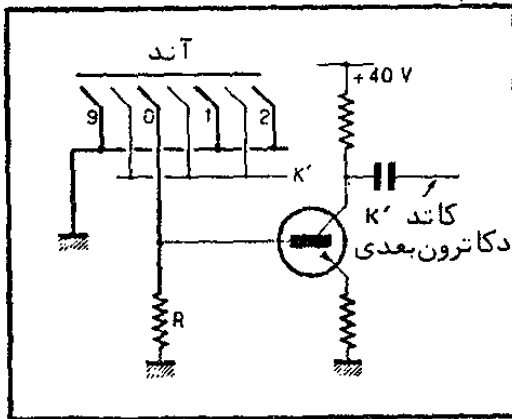
**مهندس** - نه، فقط یک امکان وجود دارد، چون کاتد کمکی  $5'$  به انتهای خمیده‌ای ختم می‌شود که هم‌اکنون در منطقه ایونیزاسیون کاتد اصلی ۵ قرار دارد، همین کاتد است که ایونیزاسیون را به طرف خودش می‌کشد و بردیگران ترجیح دارد. در اینصورت منطقه ایونیزاسیون روی کاتد  $5'$  کشیده می‌شود. در آنجا زیاد نخواهد ماند. در پایان ضربه گذاشته شده به کاتدهای  $K'$  این کاتدها دست کم اختلاف سطح  $20+$  ولت خود را باز می‌یابند. بنابراین ایونیزاسیون میل دارد دوباره بطرف یکی از کاتدهای اصلی K برود. کاتدی که برای برقراری ایونیزاسیون مخصوصاً مناسب است، کاتد اصلی شماره ۶ خواهد بود، زیرا انتهای خم شده آن در منطقه با ایونیزاسیونی که اکنون کاتد  $5'$  را احاطه کرده است، قرار دارد.

بنابراین می‌بینید که با هر ضربه فرستاده شده به کاتدهای کمکی  $K'$ ، منطقه ایونیزاسیون از یکی از کاتدهای اصلی به کاتد بعدی جهش پیدا می‌کند. با در نظر گرفتن اینکه این منطقه چون نور از خود بیرون می‌دهد، دیده خواهد شد، کافی است به انتهای پیشانی لامپ در محور حلقه آند نگاه کنیم تا بدانیم تعداد ضرب‌های دریافت شده چند است. در خارج لامپ در اطراف محل آند، حلقه‌ای می‌گذارد که روی آن به صورت دایره تقریباً شبیه به یک ساعت اعداد صفر تا نه را نوشته‌اند.

**مبتدی** - این سیستم شما بسیار زیرکانه است چون لامپ در عین حال هم برای شمردن و هم برای نشان دادن نتیجه شمارش بکار می‌رود. حالا، چیزی که کمتر متوجه می‌شوم اینست که چگونه هرده ضربه یکبار، ضرب‌های را بدست می‌آورند تا دکاترون بعدی را بکار بیندازند.



**مهندس** - برای اینکار کافی است که یکی از کاتدهای اصلی  $K$  به وسیله یک خروجی جداگانه از لامپ بیرون برده شود؛ آنرا به وسیله یک مقاومت کوچک  $R$  به بدنه وصل می‌کنیم (شکل ۱۱۹) که وقتی تخلیه بار الکتریکی به این کاتدها می‌رسد، در دوسر این مقاومت فشاری ظاهر می‌شود که کمی مثبت است. این فشار مثبت وقتی به پایه یک ترانزیستور گذاشته شود، روی مدار جمع‌کننده آن، ضربه منفی را که باید به دکاترون بعدی داد، بدست می‌دهد.



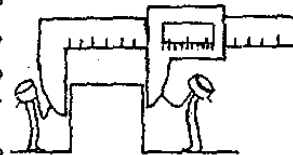
شکل ۱۱۹ - کاتد «صفر» دکاترون وقتی جریان در سافت کند، ساعت می‌شود ترانزیستوری از حالت مسدود خارج شود که این ترانزیستور پیشروی دکاترون بعدی را زیر فرمان می‌گیرد.

**مبتدی** - از این سیستم خیلی بیشتر از ده تائی‌های شما خوشم می‌آید! خیلی ساده‌تر است و فقط باید از لامپ استفاده کرد.

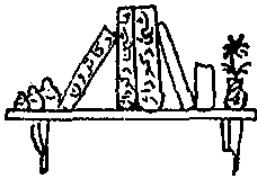
### محدودیت دکاترون

**مهندس** - با وجود این فراموش نکنید که برای فرمان کاتدهای  $K'$  باید یک ترانزیستور تقویت‌کننده داشت. حتی غالباً دو ترانزیستور بکار می‌برند که این دو بصورت یک ثابتی سوار شده‌اند تا یک ضربه باشکله معین بدست بدهند. از جانب دیگر این سیستم دکاترون اگر چه ساده‌گانه‌ای دارد، از نظر فرکانس محدودیت زیادی دارد. انواع متداولی که روی این دکاترون ساخته شده‌اند تا حدود صد کیلوهرتز کار می‌کنند که خود این هم خوب است. بعضی از انواع ویژه آنها که با هیدروژن پر شده‌اند تا  $1\text{MHz}$  هم کار می‌کنند. اما با هیدروژن نور فرستاده شده بسیار ضعیف است و غالباً باید دستگاه نمایش نتیجه ویژه‌ای بکار برد. توجه شما را جلب می‌کنم که این لامپ‌ها کوچکند و تقریباً قطر آنها  $1\text{A}$  میلی‌متر و درازای آنها  $40$  میلی‌متر است. غالباً ده کاتد اصلی  $K$  بطور جداگانه بیرون آورده شده‌اند، تا امکان نمایش عدد شمرده شده از راه یک تقویت‌کننده ترانزیستوری روی یک لامپ نمایش عددی از نوع «نیکسی» وجود داشته باشد.

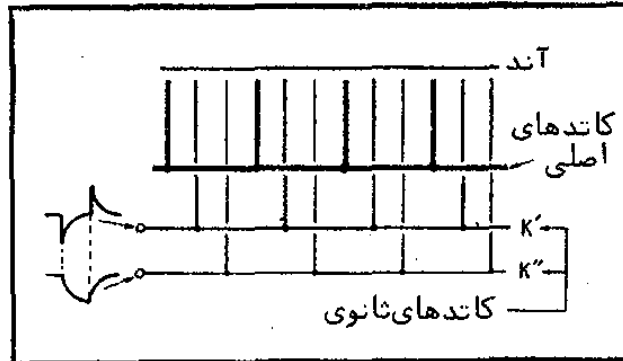
**مبتدی** - جای تأسف است، دستگاهی به این سادگی داشتید و حالا دارید پیچیده‌اش می‌کنید.



## شمارش - شمارش معکوس

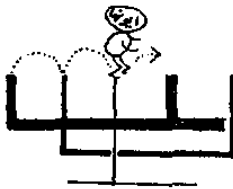


مهندس - آقای مبتدی، این را بدانید که تعداد زیاد روشهای بکار رفته برای ساختن ده تایی ها، دلیلی است برای اینکه راه حل کامل وجود ندارد.

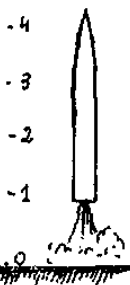


شکل ۱۲۰ - در دکاترون یا دو ردیف کاند ثانوی، جهت گردش منطقه ایونیزاسیون را به وسیله علامتهائی که روی این کاتدها گذاشته می شوند فرمان می دهند: زوی کاتدهای  $K'$  علامتهای قائم الزاویه مشتق روی کاتدهای  $K''$  علامتهای قائم الزاویه انتگرال گذاشته می شوند.

یادآوری می کنم که انواع دیگری هم از دکاترون وجود دارد که از نظر تاریخی قبل از دکاترونی که برایتان شرح دادم قرار دارند. کاتدها نوکهای صافی دارند و یکی هم نیست بلکه دو ردیف کاتد کمکی  $K'$  و  $K''$  (شکل ۱۲۰) وجود دارد. روی اولین ردیف ضربه های باجبهه راست را که بعداً به تدریج پائین می آیند می گذاریم و روی ردیف دوم ضربه هائی می گذاریم که به تدریج بالا می روند و بعد آهسته تر پائین می آیند. به این ترتیب می توان منطقه ایونیزاسیون را از یکی از کاتدهای اصلی، بعبور از دو کاتد کمکی که بین دو کاند اصلی قرار دارند، به کاند بعدی جهش داد. اگرچه این سیستم ممکن است پیچیده تر بنظر برسد، این امتیاز را دارد که با معکوس کردن جهت اتصال دو ردیف کاتد کمکی اعداد را روبه افزایش و یا روبه کاهش قرار داد.



مبتدی - این موضوع به نظر من واقعاً بیشتر نقص است تا امتیاز. همیشه بمن گفته اند شمارش را درجهت افزایش یعنی ۱، ۲، ۳، ۴... انجام می دهند. مهندس - بله، شمردن بهمین ترتیب است. اما برای بعضی از کاربردها داشتن سیستمی که «شمارش معکوس» را انجام دهد، ممکن است سودمند باشد. مثلاً، به این ترتیب می توانید با شمردن تعداد ضربه و سپس با شمارش معکوس عدد دیگر، تفریق را انجام دهید. شمارگر اختلافی را نشان خواهد داد. دکاترون با دو سیستم کاتد کمکی برای اینکار آمادگی دارد درحالی که دکاترونی که در شکل ۱۱۸ برایتان کشیده ام، که از نظر ساختمانی ساده تر است، فقط در یک جهت می گردد. مبتدی - آیا حالا تمام روشهای شمارش را برایتان شرح داده اید؟

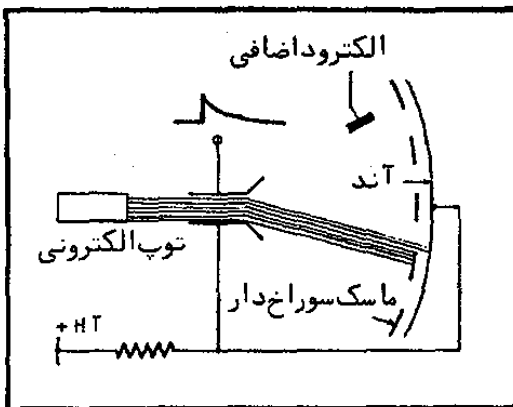


## لامپ با اشعه صفحه ای

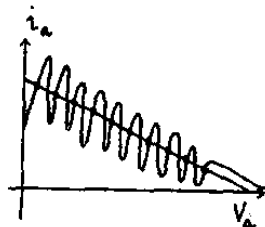
مهندس - آه، نه! هنوز خیلی مانده است! بدون اینکه وارد جزئیات شوم، به سرعت دستگاکهائی را که از این به بعد می آیند برای شما نام می برم. ابتدا لامپ



با اشعه صفحه ایست. این لامپ نوعی لامپ با اشعه کاتدی است که در آن دسته اشعه الکترونی ممکن است به وسیله صفحه های انحراف، منحرف شود. اشعه به پرده ای می رسد که در کنار لامپ قرار دارد و امکان تعیین وضعیت دسته اشعه را بوجود می آورد. این اشعه از سوراخها (شکل ۱۲۱) به طریقی می گذرد که جریانی که ایجاد می کند بر حسب وضعیت اشعه بموجب قانون تا اندازه ای پیچیده تغییر می کند که با گذاشتن مقاومت ساده ای در آن، امکان می دهد ۱۰ وضعیت ثابت برای اشعه بدست آید. به وسیله ضرب هائی که کناره پیشانی آن راست است و کناره عقبی آن تغییرات آهسته ای دارد، می توان طوری عمل کرد که اشعه از يك وضعیت به وضعیت دیگر جهش کند.



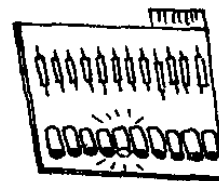
شکل ۱۲۱- در لامپ با اشعه صفحه ای، اشعه الکترونی می تواند از راه سوراخهای يك ماسک به آند برسند. آند به يك صفحه منحرف کننده وصل است، که این موضوع به معنی مشغله جریان آند بر حسب فشار آن، شکل سینوسی می دهد در حالی که این امکان را بوجود می آورد که اگر آند را از راه يك مقاومت مناسب تغذیه کنند، اشعه الکترونی ده وضعیت ثابت داشته باشد. اگر روی صفحه منحرف کننده دیگر به وسیله علائمی که جبهه جلوی آن راست باشد و بعد آهسته پائین بیاید اثر بگذاریم، می توان اشعه را از يك وضعیت به وضعیت دیگر برد.



وقتی اشعه به دهمین وضعیت ثابت رسید، هنگام عبور، الکترونها را روی الکترواداضافی کوچکی می فرستد و به این ترتیب علائمی می دهد که لامپ شمارگر بعدی را بکار می اندازد و اولی را به صفر می رساند. این سیستم بدون احتیاط ویژه ای می تواند تا ۳۰ KHz کار کند. با مونتازهای بسیار دقیق می توان کار آنرا تا ۱ MHz رساند. ابعاد این لامپ ها متوسط است. متداول ترین لامپ در میان آنها E1T است که ۳۵ میلیمتر قطر و ۶۵ میلیمتر بلندی دارد. این راه حل تا حدودی جالب و نسبتاً با صرفه است. باید بگویم کاربرد آن رفته رفته کمتر شده است.

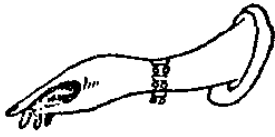
**مبتدای- افسوس.** چون کاملاً الکترونی است، ظرفیت از سیستم های گازی با یونیزاسیون است.

**مهندس-** لامپ های گازی بسیار جالبی وجود دارند برای مثال تیراترون های با کاتد سرد را یادآوری می کنم. اینها لامپ های کوچک نئونی هستند که يك الکترواداضافی مخصوص تحریک دارند (شکل ۱۲۲). با این لامپ ها می توان انواع مونتاز با ۱۰ حالت متعادل (با ده لامپ) ساخت که دارای این امتیاز هستند که هر حالتی دارند آنرا آشکار کنند و مونتازی که ده لامپ با یونیزاسیون داشته باشد، نور قرمز بسیار روشن دارد. این سیستم هرگز شمارش بیشتر از چند کیلوهرتز را امکان پذیر نمی کند، اما ساده است و برای بعضی کاربردهای صنعتی آمادگی دارد.



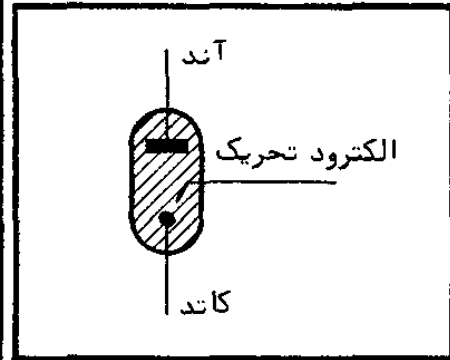
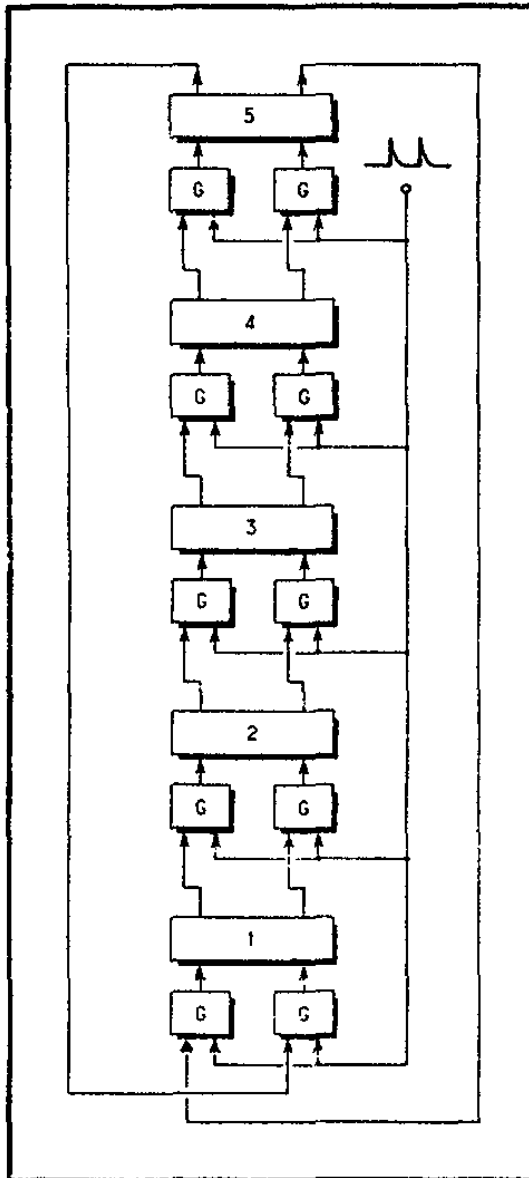
همینطور نامی هم از «تروکوترون Trochotron» می برم که میدان مغناطیسی ایجاد شده به وسیله يك آهن ربا بدور لامپ را بکار می برد. طرز کار آن تا حدودی پیچیده است، اما تا يك مگاهرتز می تواند بشمارد.

به ویژه یادتان باشد که برای شمارش، بیش از پیش به سوی کاربرد ده تائی های مجهز به ترانزیستور که نتیجه را روی يك لامپ نشان دهنده گازی عددی نشان می دهد، توجه پیدا می کنند.



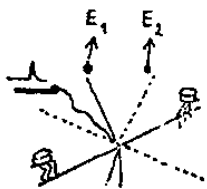
حلقه رجندر Regener

مبتدی- آیا تمام ده تائی های ترانزیستوری مطابق شکل ۱۱۶ سوار شده اند؟



شکل ۱۲۲- تیراترون با کاتد سرد شامل يك الکتروود تحریک است که به وسیله يك جریان بسیار ضعیف، می تواند تخلیه بین کاتد و آند را ایجاد کند.

شکل ۱۲۳- ساختمان «حلقه رجندر» که امکان شمارش ده تائی را با ۵ تپان دو تائی و مونتاژهای «دره» یا «gate» G که ضربه های راه انداز را جهت می دهند، بوجود می آورد.



مهندس- آه نه، تعدادشان خیلی زیاد است. احتمالاً صدها مدار مختلف ده تائی وجود دارد. در نظر ندارم که تمام آنها را برایتان بشمارم. فقط، بی آنکه زیاد در جزئیات وارد شوم، برایتان سیستم نوع آمین حلقه رجندر که ۵ تپان شبیه به

قیان شکل ۸۲ را بکار می‌برد، شرح می‌دهیم. هر قیان به وسیله فشارهای خروجی اش، درهائی را که ضربه‌ها را به سوی یکی از دو ورودی قیان بعدی می‌فرستد، باز می‌کند و یا می‌بندد. (شکل ۱۲۳). قیان شماره ۱ به ترتیبی وصل شده است که تمام ضربه‌های فرستاده شده به دری که این ترانزیستور فرمان می‌دهد، می‌خواهد قیان شماره ۲ را به همان حالتی که قیان شماره ۱ هست در بیاورد. در تزویج بین شماره ۲ و شماره ۳، همینطور بین شماره ۳ و شماره ۴ و شماره ۴ و شماره ۵ هم ایسن وضع وجود دارد.

برعکس قیان شماره ۵ با قیان شماره ۱ (یا بهتر بگوئیم به درهائی که به دو ورودی شماره ۱ فرمان می‌دهند) تزویج شده است. به طوری که بارسیدن يك ضربه به قیان شماره ۵ می‌خواهد قیان شماره ۱ را به وضعی مخالف وضع قیان شماره ۵ ببرد...

**مبتدی-** این سیستم شما پیچیدگی وحشت آوری دارد.

**مهندس-** بله، در واقع تا حدودی پیچیده است، اما کاملاً نبوغ آمیز است. در اصل تمام قیان‌ها در وضعیت صفر هستند. با فرستادن يك ضربه تمام درها، چون قیان شماره ۵ در وضعیت صفر است، این ضربه را به در فرمان قیان شماره ۱ می‌فرستد بطوری که قیان شماره ۱ به وضعیت ۱ درمی‌آید. ضربه دوم اثری روی قیان شماره ۱ ندارد چون قبلاً به وضعیت يك درآمده است، روی قیان شماره ۲ اثر خواهد کرد و آنرا به وضعیت يك می‌برد. در پنجمین ضربه تمام قیان‌ها به وضعیت ۱ درآمده‌اند. در این لحظه اثر قیان ۵ روی اطوری است که ضربه ششم قیان شماره ۱ را به وضعیت صفر می‌برد. ضربه هفتم هم قیان ۲ را به وضعیت صفر می‌برد و ضربه دهم هم قیان شماره ۵ را به وضعیت صفر می‌برد. همانطور که می‌بینید سیستم معمولاً بصورت ده تائی می‌شمارد.

**مبتدی-** سرگرم کننده است، پشت هم آمدن حالت‌های پنج قیان شما چیزی را بیاد من می‌آورد، ولی نمی‌توانم به درستی بگویم چیست... آه! فهمیدم، نمایش عددی مختلف به صورت الفبای مورس است، که همیشه پنج علامت را بکار می‌برد و در آنها می‌بینیم که نقطه‌ها پیش می‌روند از ۱ (يك نقطه چهار خط) به ۲ (۲ نقطه، سه خط) و تا ۵ (۵ نقطه) می‌رسد. بعد از این خط‌ها هستند که پیشروی می‌کنند به این ترتیب که از ۶ (يك خط چهار نقطه) تا ۹ (چهار خط يك نقطه) می‌رود.

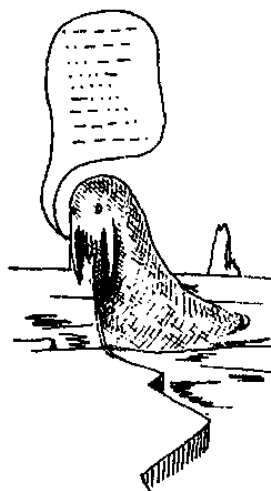
**مهندس-** اقرار می‌کنم که هیچوقت ایسن فکر را نکرده بودم، اما درست است. دست کم این مطلب نشان می‌دهد که پشت هم آمدن حالت‌های مختلف را بخوبی فهمیده‌اید.

به اندازه‌ای ده تائی‌های گوناگون وجود دارد که مسلماً در فکر آنها نیستم که شرح آنها را آغاز کنم. هر سازنده‌ای می‌خواهد ساخته خود را بکار ببرد و بدبختانه راه حل کاملی وجود ندارد. هر چه باشد، اکنون وسیله‌های بسیار خوبی برای شمردن ضربه‌های با فرکانس خیلی سریع در دست داریم (منظورم شمارشی است که تا ۲ یا ۳۰۰ مگاهرتز می‌رسد).

### کاربرد شمارش سریع

**مبتدی-** اجازه بدهید يك پرسش بکنم، شمردن با این سرعت به چه درد

می‌خورد؟

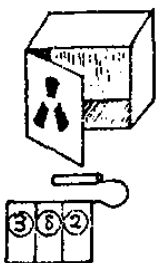


**مهندس** - کاربردهای آن بسیار زیاد است. ابتدا به این وسیله می‌توانید یک فرکانس را با دستی زیاد اندازه بگیرید چون ترتیب کار را طوری می‌دهند که علامت یا شمارگر در مدتی که بسیار نزدیک به یک ثانیه است ارتباط پیدا کند پس در این حالت شمارگر تعداد پررود در یک ثانیه را بشما نشان خواهد داد.



بعد می‌توانیم این شمارش را برای اندازه‌گیری زمان بکار ببریم. فرض کنید که به شمارگر ضربه‌های با بازگشت ۱۰ مگاهرتزی بگذاریم درحالی که این گذشتن فرکانس در لحظه‌ای آغاز شده باشد که یک نوع ضربه درست شده و یک در را باز کرده باشد و در لحظه‌ای تمام شود که ضربه دیگری در را ببندد. به این ترتیب زمانی را که این دو ضربه را از هم جدا کرده است برحسب میکروثانیه اندازه گرفته‌ایم. بنابراین اندازه‌گیری سرعت یک گلوله که بطور پی‌درپی به دو دسته اشعه نوری که به دو سلول فتوالکترونیک می‌رسند، برخورد می‌کند، به این ترتیب بسیار ساده و با دقت بسیار زیاد امکان‌پذیر است.

کاربرد دیگری را هم به شما یادآوری می‌کنم؛ به یک شمارگر ۲۳۴۷۳ ضربه بفرستید، بعد بی‌آنکه بین دو ارسال آنرا به صفر برسانید، ۱۱۸۲۷۷ ضربه دیگر به آن بدهید. در این صورت خواهید دید که شمارش نشان داده شده روی شمارگر ۱۴۱۷۵۰ است که بطور ساده جمع دو عدد قبلی است به این ترتیب شما جمع را انجام داده‌اید. با در نظر گرفتن سرعتی که اعداد شماره شده‌اند، می‌بینید که این سیستم اگر چه از نظر اساس ابتدائی است، می‌تواند به سرعت حاصل جمع‌های بزرگ را بدهد. بالاخره از این شمارش در کاربردهای هسته‌ای استفاده‌های زیادی می‌کنیم. یادتان هست که شمارگرهای ویژه، وقتی شمارگرهای گایگر-مولر باشند، ضربه‌هایی به ما می‌دهند که آهنگ متوسط آن فعالیت منبع هسته‌ای که آنها را ایجاد می‌کند، مشخص می‌ساخت.



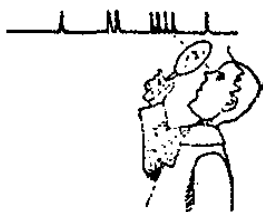
**مبتدی** - گمان می‌کنم در این حالت‌ها نیاز به شمارگر با تکامل بسیار زیاد نیست.

**مهندس** - سخت در اشتباه هستید. در واقع فراموش نکنید که این ضربه‌ها، با آنکه یک آهنگ متوسط دارند (مثلاً هزار ضربه در ثانیه) به روش کاملاً نامنظم فرستاده شده‌اند که آنها را بی‌قاعده می‌گوئیم.

به عبارت دیگر اگر یک شمارگر گایگر-مولر هزار ضربه در ثانیه برای ما می‌فرستد، زمانی که یک ضربه را از ضربه بعدی جدا می‌کند و با آهنگ منظم همیشه یک هزارم ثانیه است، ممکن است یک صد هزارم ثانیه و یا ۲۵ هزارم ثانیه باشد. بنابراین برای اینکه یک ضربه را فراموش نکنیم، باید شمارگر الکترونی که بعد از آنست، بتواند ضربه‌های را که یک صد هزارم ثانیه بعد می‌رسد با ضربه قبلی بطور جداگانه به حساب بیاورد. به عبارت دیگر اگر چه شمارگر بطور متوسط در هر ثانیه هزار ضربه دریافت می‌کند، باید بتواند ضربه‌هایی را که فاصله منظم صد هزار ضربه در یک ثانیه از هم دارند، محاسبه کند.

**مبتدی** - خیلی وحشت آور است! به این ترتیب ده تایی دوم باید بتواند ده هزار ضربه در ثانیه بشمارد!

**مهندس** - نه، دقیقاً. در واقع اگر از یک ضربه به ضربه دیگر، فاصله زمانی که آنها را از هم جدا می‌کند بتواند خیلی تغییر کند، زمانی که برای دریافت ده



ضربه لازم است فقط دچار تغییرات ضعیف‌تر می‌شود؛ اصولاً بطور متوسط  $\frac{1}{100}$

ثانیه است. تغییر آن به مقدار  $\pm 50\%$  درصد بسیار کم اتفاق می‌افتد. پس از دو ده تایی، ضربه‌هایی خواهیم داشت که تقریباً منظم هستند. در واقع اگر صد ضربه بشماریم، زمانی برای دریافت آنها لازم است، کمی بعد، زمان لازم برای صد ضربه دیگر بسیار نزدیک به اولی است، یعنی اگر آهنگ متوسط ۱۰۰۰ ضربه در ثانیه باشد، بسیار نزدیک به  $\frac{1}{10}$  ثانیه خواهد بود. به عبارت دیگر فقط ده تایی اول باید سرعت کارش



خیلی زیادتر از سرعت کاری باشد که بطور نظری لازم است، ده تایی دوم کمی زیادتر خواهد بود و سومی ضربه‌ها را با آهنگی تقریباً منظم می‌شمارد.

**مبتدی** - از این موضوع بیشتر خوشم می‌آید. به این ترتیب می‌توانیم پس از ۳ یا ۴ ده تایی، يك شماره کننده مکانیکی خوب بگذاریم تا رقم ده‌ها، صد‌ها، هزار و رقم‌های بالاتر را بدانیم.

با وجود این پرسشی هست که می‌خواستم مطرح کنم؛ برایم گفته‌اند که بعضی از سیستم‌های شمارگرهای الکترونی هستند که در ابتدا روی آنها يك عدد رامی - آورند و وقتی نتیجه کار به این عدد می‌رسد، علامت می‌دهد. آنرا چگونه درست می‌کنند؟

### شمارگر پیش مشخص شده

**مهندس** - چیزی که الان گفتید، شمارگر پیش مشخص شده نام دارد. ساختن آن آسان است. همین ده تایی‌های معمولی را بکار می‌برند که نتیجه آن روی لامپ‌های نیکسی نشان داده می‌شود. به وسیله چند کلید ده وضعیتی (تعداد کلیدها برابر تعداد ده تایی‌هاست)، يك الکتروود غیر مشخص از یکان نیکسی را به راه اول، يك الکتروود از دهگان نیکسی را به راه دوم و... غیره وصل می‌کنیم. فرض کنید که رقم ۷ یکان، رقم ۲ دهگان و رقم ۴ صدگان را به وسیله این کلیدها وصل کرده باشیم. می‌توانیم يك مدار الکترونی بسازیم که وقتی فشار صفر روی سه کلید وجود دارد، ضربه‌ای به ما بدهد، یعنی وقتی رقم ۷ یکان و ۲ دهگان و ۴ صدگان با هم روشن شدند، این ضربه را بدهد. بنابراین ضربه مزبور وقتی تهیه می‌شود که شمارگر ۴۲۷ ضربه دریافت کرده باشد. به این ترتیب يك شمارگر پیش مشخص شده درست می‌کنند. حال آنکه شما اصول پایه‌ای شمارگرها را می‌شناسید، با هم خواهیم دید که چگونه این آگاهی‌ها را برای ساختن ماشین حساب‌های بزرگ عددی بکار می‌برند...  
**مبتدی** - برای امروز روی من حساب نکنید، من خیلی روی مغزم حساب کرده‌ام و احتمال دارد حساب‌های شما عکس آن باشد و در نتیجه عکس رضایت شما جلب شود...



## مبحث سیزدهم

چون ماشین‌حساب‌های الکترونی سلیقه خاصی برای تقسیم اعداد دو علامتی دارند، دوست جوان ما باید درباره این حساب عجیب که غیر از صفر و یک چیزی نمی‌شناسند، اطلاعاتی بدست بیاورد. او به سرعت در این باره ذوق پیدا می‌کند و این موضوع مهندس را به جایی می‌رساند که درباره مدارهای منطقی، که غیر از صفر و یک و پیوستن آن دو باهم با چیزی سروکار ندارند، صحبت کند. مبتدی که بطور ویژه‌ای از سفر پرشده است، بدون اشکال زیاد، این دستگاه اساسی ماشین‌حساب‌های الکترونی یعنی نمایش‌دهنده-جابجاکننده (یا ثبت‌کننده با چاپجائی) را می‌فهمد. این دستگاه که برای هر کار مناسب است، با اینحال برای انجام عمل جمع کمی کند بنظر می‌رسد.

### مدارهای منطقی

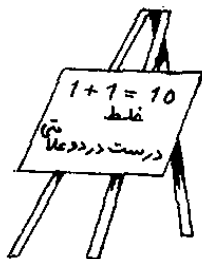
### و حساب‌های الکترونی

$$3 \times 10^2 = 300$$

$$8 \times 10 = 80$$

$$5 \times 1 = 5$$

$$\underline{385}$$



**مهندس** - آقای مبتدی بگوئید ببینم امروز سر حال هستید؟  
**مبتدی** - بله، متشکرم. چرا این سؤال را کردید؟ می‌خواهید یلائی سرم

بیاورید؟

**مهندس** - می‌خواهم کسار را با یاد دادن شمردن به شما آغاز کنم... البته با

شماره گذاری دو علامتی.

**مبتدی** - گمان می‌کردم دفعه گذشته موضوع شمردن را تمام کرده‌ایم.

**مهندس** - راه حل‌های الکترونی را مرور کردیم. موضوعی که امروز مطرح

است مربوط به حساب است.

**مبتدی** - اوه!

**مهندس** - پریشان نشوید، خواهید دید که بسیار آسان است. آیا به درستی

می‌دانید که معنی عدد ۳۸۵ چیست؟

**مهندس** - البته، معنی آن اینست که ۳ صدگان، به اضافه هشت دهگان و

به اضافه ۵ یکان.

**مهندس** - درست است. من با دقت بیشتر می‌گویم، حالا که عدد نویسی ده

تائی را بکار می‌بریم معنی این عدد اینست: ۳ دفعه پایه ۱۰ به توان دو، به اضافه

۸ بار پایه ده به توان یک، به اضافه ۵ واحد. حالا تصور کنید بجای اینکه عدد ۱۰

را پایه عدد نویسی بگیریم، عدد ۲ را پایه انتخاب کنیم. کافی است دو رقم را بکار

ببریم که به ترتیب ۵ و ۱ هستند، در این حالت، مقداری را که در پایه ۱۰ با ۲ نمایش

داده می‌شود چطور می‌نویسید؟

**مبتدی** - در اینجا نمی‌دانم چطور باید از عهدہ بر بیایم چون نمی‌توانم غیر از

۰ و ۱ عدد دیگری بکار ببرم.



**مبتدی-** این کار باید وحشتناک باشد، با وجود این احساس می‌کنم برای آزمایش حاضرم.

**مهندس-** خوب پس این جمع را بنویسید:

$$\begin{array}{r} h g f e d c b a \\ 1101101 + \\ 1101000 \end{array}$$

بالای هر ستون حروف الفباء را گذاشته‌ام تا شما را راهنمایی کند، **a** مربوط به یکان است، **b** برای دومان (ببخشید که لغت جدیدی وضع کرده‌ام که یادآور دهگان است)، **c** برای چهارمان، **d** برای هشتمان، **e** برای شانزدهمان، **f** برای سی و دومان، **g** برای شصت و چهارمان و **h** برای صد و بیست و هشتمان. می‌توانید شروع کنید.

**مبتدی-** سعی می‌کنم این کار را بکنم. تصور می‌کنم که مثل حساب بر پایه ده عمل می‌کنند؟

**مهندس-** درست همانطور، فقط با قاعده‌های دیگری برای جمع کردن رقم‌های جداگانه چون در حساب دو علامتی هستیم.

**مبتدی-** شجاعانه عمل کنیم. درستون **a** یکان‌ها، یک در بالا و صفر در پائین است. تصور می‌کنم که معمولاً صفر به اضافه یک می‌شود یک که آنرا در زیر می‌نویسیم. درست است؟

**مهندس-** خیلی خوبست، اما اقرار کنید که چندان پیچیده نبود.

**مبتدی-** خوب، با کمال میل قبول می‌کنم. به ستون **b** دومان می‌رویم. خوب در اینجا کمی ناراحتم. هر دو عدد صفر است.

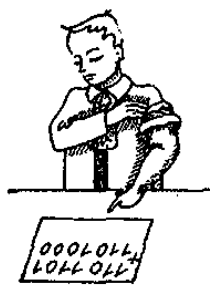
**مهندس-** این عمومیت دارد چون وقتی خیلی ساده است، هیچکس نمی‌داند. برای من در هر حسابی که باشد، صفر به اضافه صفر برابر صفر است.

**مبتدی-** واقعاً باید فکرش را می‌کردم. بنابراین در جمع زیر ستون **b** می‌نویسم صفر. به چهارمان در **c** برویم. در اینجا هم مشکلی نیست، یک در بالا و صفر در پائین، مجموع آنها یک است که در زیر می‌نویسیم. در جهت هشتمان شاید کمی پیچیده‌تر باشد چون در برابر یک در بالا و یک در پائین قرار گرفته‌ایم. مجموع آنها ۲ می‌شود و من عدد ۲ ندارم.

**مهندس-** مسلماً عدد ۲ ندارید. اما می‌توانید عدد ۲ را در دو علامتی به شکل ۱ که صفر بدنبال دارد بنویسید. به عبارت دیگر در موقعیتی قرار می‌گیرید که در حساب معمولی وقتی جمع دو عدد بیشتر از ده می‌شود، به آن برخورد می‌کنید. در این حالت چه می‌کنید؟

**مبتدی-** در این حالت فقط رقم یکان را می‌گذارم و رقم دهگان را برمی‌دارم. **مهندس-** خوب، رقم یکان یعنی صفر را درستون **d** می‌گذارید و رقم دومان یعنی یک را می‌گیرید که به رقم ستون **e** اضافه می‌کنید.

**مبتدی-** ادامه می‌دهم. برای **e** مشکلی نیست، فقط همان رقمی را که برداشته‌ام دارم به اضافه صفر، به اضافه صفر، بنابراین همان رقم ۱ را در جمع ستون **e** می‌نویسم. در **f** چیزی می‌بینم که شناخته شده است، ۱ به اضافه یک که عدد ۲ را بمن می‌دهد. صفر می‌گذارم و ۱ را نگه می‌دارم که به ستون **g** اضافه می‌کنم.



$$\begin{array}{l} 1+1 = 10 \\ 1+1+1 = 11 \end{array}$$

هیچ + هیچ = ؟





در اینجا خیلی دشوار خواهد شد چون باید سه بار ۱ را با هم جمع کنیم. مهندس- اما درست همان اصل را بکار خواهید برد. سه بار عدد يك یعنی ۳ در حساب دو رقمی نماینده يك دومان به اضافه يك واحد است، بنا بر این به صورت ۱ بدنبال ۱ نوشته می شود، پس در ستون 8، يك را می گذارید و يك را هم نگه می دارید.

مبتدی- درست است باید فکرتش را می کردم و چون عدد یکی که نگه داشته ام چیزی برای اضافه شدن ندارد به گذاشتن آن درستون h اکتفا می کنم. حالا می فهمم که چرا این ستون را که نه عدد اول و نه عدد دوم در آن رقم داشتند و بهمین جهت خیلی مرا تحریک کرده بود، گذاشته بودید.

$$\begin{array}{r} 1 \\ 7 \\ + 5 \\ \hline 2 \end{array}$$

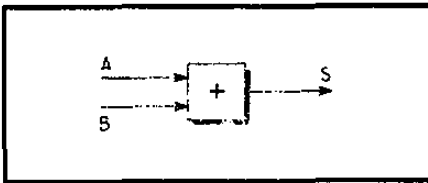
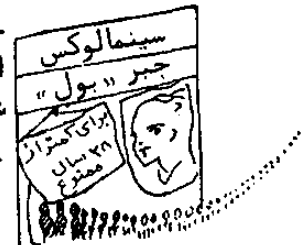
### مدارهای منطقی

مهندس- گمان می کنم حالا به اندازه ای می دانید که بتوانید هر عملی را با استدلال منطقی در دو علامتی انجام دهید. حالا خواهیم دید که وسایل الکترونی که می توانند این کار را انجام دهند کدامند. کار را با صحبت درباره مدارهای منطقی آغاز می کنم.

مبتدی- چطور! تمام مدارهایی که تا بحال برایم گفتید غیر منطقی بود؟ مهندس- نه، از روی کلمه قضاوت نکنید، به مدارهایی منطقی می گویند که امکان انجام بعضی عملیات را فراهم کنند که وابسته به روش استدلالی باشد که آنرا جبر منطقی می گویند و همبستگی کاملی با حساب دو علامتی دارد. در این مدارها فقط امکان بودن یا نبودن فشار را مورد نظر قرار می دهیم. نبودن فشار صفر نامیده می شود و بودن مقداری فشار مثبت يك نامیده خواهد شد. به عبارت دیگر هر چیز که يك نباشد صفر است و هر چیز صفر نباشد يك است.

مبتدی- تا وقتی خیلی پیچیده نباشد، احساس آرامش می کنم. مهندس- آقای مبتدی چندان به آن اعتماد نکنید، درست پشت همین سادگی ظاهری است که گاهی دشواری این نوع استدلالها پنهان است. بهر حال خواهید دید که شمارا چندان دور نمی برد.

$$\begin{array}{r} 1 \\ 1 \\ + 1 \\ \hline 0 \end{array}$$

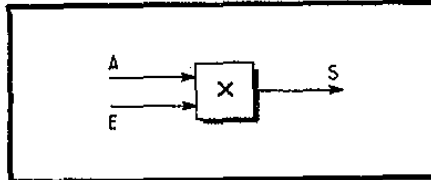


شکل ۱۲۴- علامت اختصاری مدار منطقی «یا» که وقتی فشار روی يك ورودی یا روی دیگری (یا هر دو آنها) وجود دارد، در خروجی فشاری بدست می دهد.

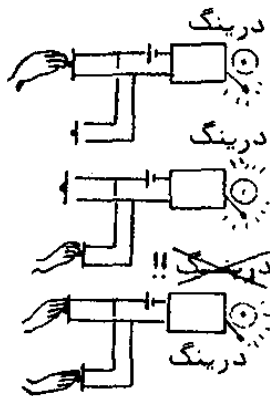
با مدار «یا» که خلاصه آنرا در شکل ۱۲۴ برایتان کشیده ام کار را آغاز می کنیم. از علامت + ناراحت نشوید. آن اشاره به علامت گذاری مخصوصی است که ترجیح می دهیم شمارا وارد آن نکنم. این مدار «یا» بمنظور اینست که وقتی روی ورودی A یا ورودی B و یا روی هر دو ورودی آن فشاری وجود دارد، در خروجی فشاری بدست بدهد. و با فرض اینکه فشارهای A و B روی قرقره های دو رله که کنتاکت یا اتصالی کار آنها را موازی قرار داده ام اثر خواهند کرد، چیزی شبیه به آن

درست خواهید کرد.

**مبتدی** - چیزی که مرا در مدار «یا»ی شما کمی ناراحت می‌کند اینست که وقتی فشار روی یکی از دو ورودی ویا در يك لحظه روی هر دوی آنها می‌گذارم، تفاوتی نمی‌کند.



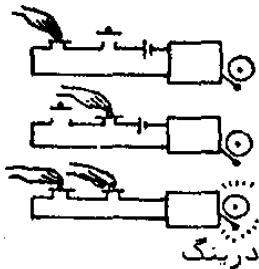
شکل ۱۲۵ - علامت اختصاری مدار منطقی «و» که فقط وقتی در خروجی فشاری بدست می‌دهد که روی یکی از خروجی‌ها و روی خروجی دیگر در يك زمان فشاری وجود داشته باشد.



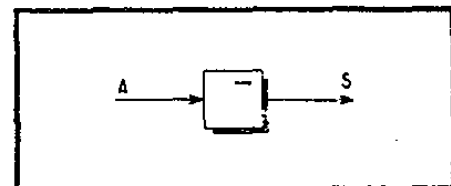
**مهندس** - این فکری است که باید به آن عادت کنید. مثلاً تصور کنید که زنگی را به وسیله دو دکمه مختلف تغذیه می‌کنید که باهم بطور موازی قرار دارند، برای اینکه بشود از دو محل مختلف آنرا بکار انداخت. اگر روی هر کدام از دکمه‌ها فشار بدهیم، زنگ به صدا درمی‌آید. اگر روی هر دو کلید در يك زمان فشار بدهیم، بازهم زنگ به صدا درمی‌آید (اما شدت صدایش دو برابر نیست). **مبتدی** - خوب، قبول کردم، اما در اینصورت باید بجای «یا»ی تعریف شما کلمه مخصوصی گذاشته شود.

**مهندس** - بخشی از گفته شما درست است. بی اندازه عادت کرده‌ایم که کلمه «یا» را برای اختصاص بکار ببریم چون وقتی می‌گویند که یک نفر بلند است یا کوتاه، او نمی‌تواند در عین حال هر دو اندازه را داشته باشد. اما این کلمه را در معنی غیر اختصاصی آن هم بکار می‌برند. وقتی می‌گویند يك ترانزیستور بد بکار برده شده یا خراب است، کاملاً امکان دارد که در عین حال هر دو وضع وجود داشته باشد و کلمه «یا» در اینجا اختصاص ایجاد نمی‌کند.

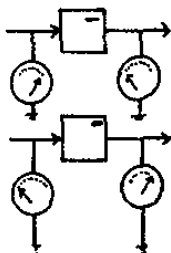
حالا به مدار «و» می‌پردازم. برای نمایش آن، علامت اختصاری شکل ۱۲۵ را بطور قراردادی انتخاب کرده‌ام. علامت X علامت گذاری‌های جبر «بول Boole» را بیاد می‌آورد که بررسی آن ما را از موضوع دور خواهد کرد. این مدار وقتی فشاری به ورودی A و ورودی B آن در يك زمان گذاشته می‌شود، باید فشاری در خروجی‌اش بدست بدهد. مثلاً می‌توانیم آنرا به این ترتیب بسازیم که به وسیله فشار به قرقره‌های دو رله فرمان بدهم که اتصال کار آنها را بطور پیاپی باهم وصل کرده‌ایم.



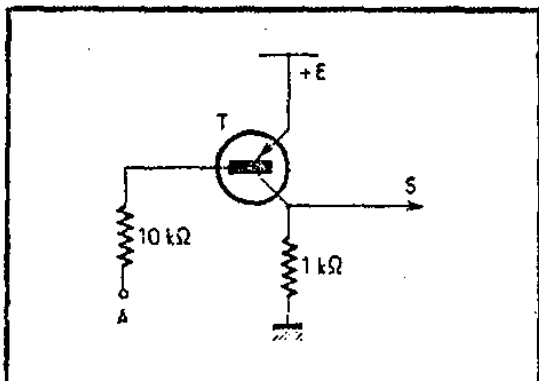
شکل ۱۲۶ - علامت اختصاری مدار منطقی «متمم» که وقتی فشار در ورودی آن نیست، در خروجی فشاری بدست می‌دهد و برعکس.



حالا سومین مدار منطقی را برایتان تعریف می‌کنم که مدار «متمم» است. علامت اختصاری آن مطابق شکل ۱۲۶ است. بطور ساده مداری است که وقتی به ورودی فشاری ندهیم، در خروجی فشاری به ما می‌دهد، و وقتی در ورودی فشاری به آن بدهیم، در خروجی فشاری به ما نمی‌دهد. می‌توانیم آنرا به این ترتیب درست



کنیم که به وسیله فشار ورودی A روی قرقره رله‌ای اثر بگذاریم که اتصالی استراحت آن يك فشار مثبت در خروجی به ما می‌دهد.



شکل ۱۲۷- ساختمان يك مدار «مشم» به وسیله يك ترانزیستور ساده.

### مدار منطقی بدون رله

**مبتدی-** در واقع بنظر من مدارهای شما تا اندازه‌ای ساده هستند، اما من از وجود رله در آنها ناراحتم. مسلماً راهی هست که بجای آنها عنصرهایی بگذاریم که کارشان سریعتر است.

**مهندس-** حق با شماست. مدارهای رله‌ای که برایتان شرح دادم به این منظور بود که به روشنی طرز کار مدارهای منطقی را بشما نشان دهم. در واقع اگر مثالی می‌خواهید، مدار شکل ۱۲۶ را بخوبی می‌توان به وسیله مونتاژ شکل ۱۲۷ ساخت.

می‌بینید که اگر من نقطه A را به اختلاف سطح +E وصل کنم (که مانند وجود فشار در نظر گرفته شده است) ترانزیستور T مسدود می‌شود و فشار خروجی S صفر است. برعکس اگر نقطه A به بدنه وصل شود (نبودن فشار در ورودی) يك جریان پایه در ترانزیستور از راه مقاومت  $10 K\Omega$  می‌گذرد؛ اگر ضریب بهره جریان در این ترانزیستور بیشتر از ۱۰ باشد، که چیز معمولی است، ترانزیستور اشباع شده است و جریانی که از آن می‌گذرد جمع کننده آن (یعنی خروجی S) را به اختلاف سطحی نزدیک به +E می‌رساند. سیستم‌های تا اندازه‌ای ساده و همینطور ترانزیستوری برای ساختن مدارهای «و» و «یا» هم داریم.

**مبتدی-** در واقع همه اینها به نظر من تقریباً ساده هستند. اما درست نمی‌دانم با مدارهای منطقی خودتان چه می‌خواهید بکنید. بنظر من امکانات آنها بسیار محدود است.

### بهم پیوستن مدارهای منطقی

**مهندس-** ناراحت نشوید. از لحظه‌ای که تعدادی از آنها را با هم یکجا جمع کنیم، امکانات آنها زیاد می‌شود. برای اینکه مثالی برایتان آورده باشم، الان مداری خواهیم ساخت که در جمع کردن اعداد دو علامتی بکار خواهد رفت. همانطور که متوجه شده‌اید، وقتی دو عدد دو علامتی را جمع می‌کنیم اعداد یکان عبارتند از: صفر اگر هر دو صفر باشد.

يك اگر فقط يكي از هر دو عدد يك باشد. بنا بر این گروهی از مدارها را پیدا می‌کنیم که اگر به هر يك از دو ورودی آن فشاری بگذاریم، در خروجی فشاری به ما بدهد، اما وقتی به دو ورودی آن فشاری گذاشتیم در خروجی فشاری به ما ندهد.

**مبتدی** - بنا بر این مدار یا مناسب نیست.

**مهندس** - قطعاً به تنهایی نمی‌تواند کافی باشد. اما مونتاژ ساخته شده‌ای را که در شکل ۱۲۸ بطور خلاصه برایتان کشیده‌ام، بررسی کنید. دو فشار ورودی A و B در يك لحظه به مدار «یا» شماره ۱ و مدار «و» شماره ۲ گذاشته می‌شوند. می‌بینید که در خروجی مدار «و»، مدار «متمم» شماره ۳ را قرار داده‌ام.

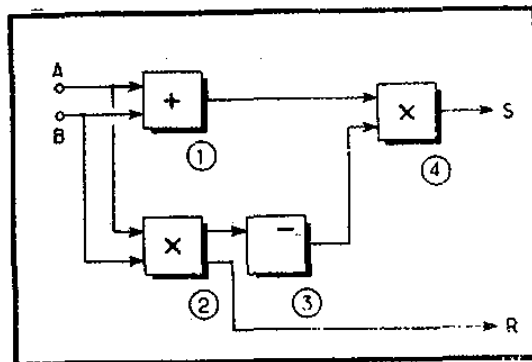
پس در خروجی این مدار «متمم»، يك خواهیم داشت، مگر وقتی که فشارهای ورودی A و B هر دو وجود داشته باشند و این وضع در واقع فقط وقتی وجود دارد که هر دو خروجی مدار «و» شماره ۲ فشاری داشته باشم.

**مبتدی** - تا اینجا بدون دشواری فهمیده‌ام.

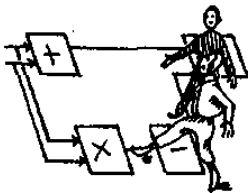
**مهندس** - بقیه آن پیچیده‌تر از این نیست. در خروجی مدار «یا» شماره

۱. وقتی فشار روی A یا B یا هر دو وجود داشته باشد، فشاری خواهیم داشت. حالا وضع کار مدار «و» شماره ۴ را بررسی کنید. فقط در حالتی که ورودی‌های A و B هر دو فشاری دریافت کنند، مدار «و» شماره ۴ روی ورودی یا بینی‌اش چیزی دریافت نمی‌کند. در سه حالت دیگر (فشار صفر در A و B، فشار صفر در A و بودن فشار در B و فشار صفر در B و بودن فشار در A) روی ورودی فشاری را دریافت خواهد کرد.

پس این مدار شماره ۴ بودن فشار در خروجی مدار «یا» شماره ۱ را فقط در حالتی حذف می‌کند که فشارها در يك لحظه در A و B وجود داشته باشند. پس می‌بینید که با بررسی تمام حالت‌های ممکن، فشار S وجود نخواهد داشت مگر آنکه فشار روی A داشته باشیم اما روی B نداشته باشیم یا اینکه روی B باشد ولی روی A نباشد.



شکل ۱۲۸ - بهم پیوستن مدارهای منطقی بسک مدار «یا اختصاصی» یا «نیم جمع کننده» می‌دهد که وقتی فشار در A و یا B وجود داشته باشد در خروجی فشاری بدست می‌دهد، اما اگر در هر دو ورودی فشار وجود داشته باشد، در خروجی فشاری نخواهد داد.



**مبتدی** - به آن اندازه که گفتید ساده نیست، با وجود این می‌شود از آن

سردر آورد. فقط نمی‌دانم این خروجی که به حرف R نمایش داده‌اید و از مدار «و» شماره ۲ گرفته‌اید بد چه درد می‌خورد.

**مهندس** - آقای مبتدی به خاطر اتقان رجوع کنید. بیادتان خواهد آمد که

در جمع دو علامتی، اگر هر دو رقم جمع شده مقدارشان يك بود، باید يك را ننگه می- داشتیم؛ به عبارت دیگر خروجی R نماینده ننگه داشتن عدد است، اگر در A و B فشار وجود داشته باشد، در R يك وجود دارد.

**مبتدی** - آیا حلالی توانید درباره ماشین حساب های بزرگ برایم صحبت کنید؟

A	B	S	R
0	0	0	0
1	0	1	0
0	1	1	0
1	1	0	1

### نمایش الکتریکی اعداد

**مهندس** - قبل از اینکه به آن برسیم، باید ابتدا بشما بگویم که روشهای بکار برده شده برای نمایش اعداد به شکل الکتریکی چیست.

يك عدد که بر حسب کد دو علامتی بیان شده باشد از تعدادی رقم تشکیل شده است که یا يك هستند و یا صفر. فرض کنید که  $\Pi$  رقم وجود دارد. می توانیم این رقم را به شکل الکتریکی با دو روش بیان کنیم.

ابتدا به شکل اعداد موازی است به این ترتیب که  $\Pi$  رشته سیم بکار می بریم که به ترتیب وابسته به  $\Pi$  رقم هستند، که روی این سیم ها بر حسب آنکه عدد وابسته به آن سیم يك باشد یا صفر، فشاری وجود خواهد داشت یا نخواهد داشت. بنا بر این تمام رقم ها در يك زمان روی همان تعداد سیمی که رقمها لازم دارند، ارائه می شوند.

روش دوم نمایش، روش اعداد پیاپی گفته می شود. این روش مشتمل بر فرستادن یا فرستادن ضربه ها روی يك خط تنها، با آهنگ تعیین شده از قبل است به این ترتیب که با بررسی رقمی که باید فرستاده شود، مثلاً از راست به چپ، برای هر رقم 1، ضربه ای فرستاده می شود و برای هر رقم صفر ضربه فرستاده نمی شود.

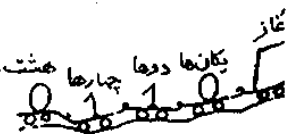
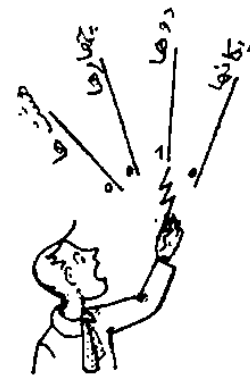
**مبتدی** - این روش آخر بنظر من خیلی خطرناک است چون اگر عددی که باید فرستاده شود با چند صفر شروع شود، بهیچوجه نمی شود فهمید فرستادن عدد چه وقت آغاز شده است. به این ترتیب است که مثلاً در يك عدد 7 رقمی، اگر شامل يك 1 و شش صفر باشد، عدد پیاپی شما فقط از يك ضربه تشکیل می شود؛ می شود فکر کرد که عدد يك است و یا عدد يك و صفر. درست معلوم نیست.

**مهندس** - برای اینکه این تردید از بین برود، وسیله ای بکار می برند که یکبار حرکت کنند، چه می کنند؟

**مبتدی** - از آغاز کننده مسابقه می خواهند يك تیر شلیک کند.

**مهندس** - ماهم همین کار را می کنیم به این ترتیب که در روی سیمی که رقمها باید فرستاده شوند، ضربه آغازی بنام «استارت» (آغاز) وجود دارد که فرستادن دوباره را اعلام می کند و از روی آن می دانند که چه وقت باید رقم های یکان، دومان، چهارمان و غیره را دریافت کرد. برای اینکه علامت آغاز با ضربه های رقمها اشتباه نشود، مدت زمان آنرا متفاوت می گیرند که امکان می دهد به سادگی آنرا جدا کنند.

**مبتدی** - بنظر من این روش فرستادن مجدد خیلی زیرکانه تر از روش عددهای موازی است. برای فرستادن همه آنها فقط يك سیم کافی است. با اینحال چیزی هست که بنظر من خیلی عجیب است و آن روش فرستادن است که با ارسال یکان آغاز می شود، بعد دومان، بعد چهارمان و غیره فرستاده می شوند. بطور کلی وقتی عددی را می خوانند، رقم های آنرا از چپ به راست می دهند.



## نمایش دهنده - جایجا کننده



**مهندس** - در واقع عادت بر آنست که شما گفتید، اما می دانید که همیشه برای انجام عمل جمع و ضرب، از یکان آغاز می کنند. برای کاربرد آسان این عدد پیاپی در ماشین های حساب، بهتر است که اول یکان را به ما بدهد. اما درباره بهتر بودن فرستادن اعداد پیاپی، فراموش نکنید که اگر چه به بیشتر از یک سیم برای فرستادن اعداد نیازی نیست، اما این کار به دو جهت گران تمام می شود: ابتدا زمان فرستادن طولانی تر است، سپس کاربرد عدد گرفته شده به سادگی اعداد موازی نیست. حالا خواهیم دید که دستگاه کلید ماشین حسابها را چگونه می سازند؛ این دستگاهی است که نمایش دهنده - جایجا کننده می نامند و با نام انگلیسی آن **Shift Register** (ثبت کننده یا جایجائی) هم مشخص می کنند. این دستگاه یک نوع میز حافظه است که می توان عدد را رقم به رقم روی آن لغزاند.

**مبتدی** - چگونه می خواهید حافظه بسازید؟ علاوه بر این، اگر باید عدد را جایجا هم بکنند، باید بطرز خاصی دشوار باشد.

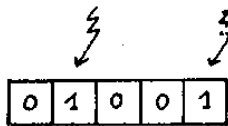
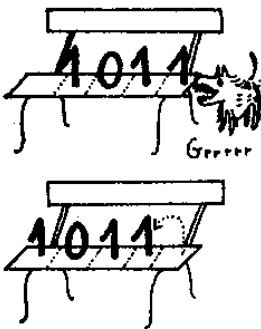
**مهندس** - شکل خلاصه این نوع نمایش دهنده - جایجا کننده با سه طبقه را در شکل ۱۲۹ برایتان کشیده ام؛ می بینید که تکرار این مونتاژ اساسی مشخص است این دستگاه تشکیل می شود از یک قیاق که روی یکی از ورودی های بطور مستقیم و روی ورودی دیگرش به وسیله مدار «یا» زیر تأثیر قرار می گیرد. قیاق یک فشار خروجی بدست می دهد که با تبدیل به ضرب، به یک مونتاژ گذاشته می شود که یک تأخیر - انداز است و به وسیله R مشخص شده است. مثلاً می توان به وسیله یک مونتاژ یک ثابتی نظیر همانهایی که برایتان شرح دادم، آنرا ساخت.

**مبتدی** - قطعاً مطلب قابل فهمیدن بنظر می آید. اما بالاخره به اینجا رسیدم که به شماهای جمعیه ای شما بدین شوم چون زیر ظاهر ساده خودشان، پیچیدگی وحشت آوری پنهان کرده اند.

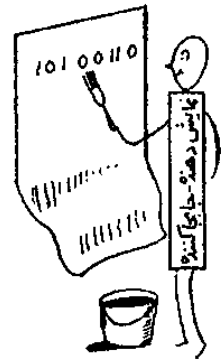
**مهندس** - این یکی مو بردنتان راست نمی کند. روی قیاقها علاوه بر ورودی های معمولی، یک ورودی کناری کوچک می بینید که با حرف Z نمایش داده ام. این یک ورودی است که وابسته به فرمان صفر کننده است؛ این کار را مثلاً با فرستادن یک ضرب منفی از راه این ورودی به پایة ترانزیستور T<sub>۳</sub> مونتاژ شکل ۸۲ می توان انجام داد.

فرض کنید که یک عدد موازی در اختیار من باشد. آنرا به وسیله تمام خطوطی که منتقل کرده اند به ورودی های E<sub>۱</sub> و E<sub>۲</sub> و E<sub>۳</sub> و غیره نشان دهنده - جایجا کننده که تمام قیاقهایش به حالت صفر در آمده اند می گذاریم. سیم یکان شیکه سیمها را که عدد موازی روی آن منتقل شده به ورودی E<sub>۱</sub> وصل می کنیم؛ سیم در مان به ورودی E<sub>۲</sub> خواهد رفت و سیم چهار مان به ورودی E<sub>۳</sub> می رود. اگر به این ترتیب عدد موازی به صورت ضرب یا نبودن ضرب به ورودی های مختلف نشان دهنده - جایجا کننده گذاشته شود چه می گذرد؟

**مبتدی** - تمام این مطالب آنقدر برای من مبهم است که فقط می توانم این پاسخ را به شما بدهم که تنها قیاقهایی که ضرب دریافت کنند به حالت ۱ در می آیند.

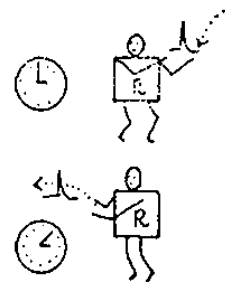
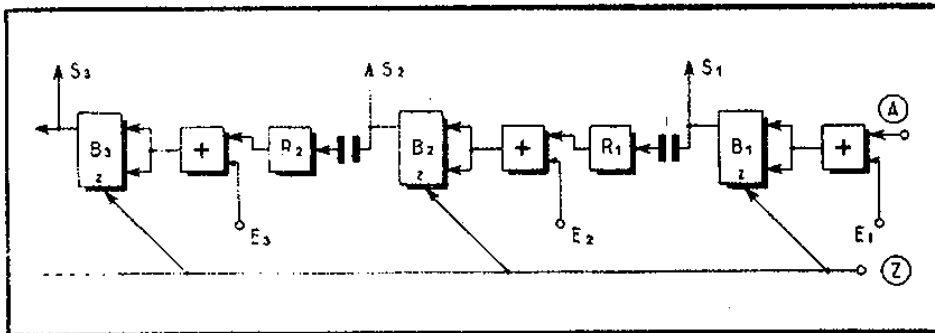


از این که بگذریم، دیگر چیزی نمی‌توانم بگویم.  
**مهندس** - آقای مبتدی منم بیشتر از این از شما نخواستم. بنابراین می-  
 بینید قپان‌های مختلف وابسته به ردیفی که در آن ۱ وجود داشته بحال توازن در  
 می‌آیند. پس فشارهای خروجی این قپان‌ها يك حافظه از عدد مورد بحث تشکیل  
 می‌دهند که بصورت کد موازی نمایانده شده و بطور دائم نشان داده می‌شود.  
**مبتدی** - تمام این عملیات پیچیده‌تر از آنست که يك حافظه از عدد بدست  
 بیاید. عدد موازی شما به صورت بودن یا نبودن ضربه تهیه شده بود. اگر به صورت  
 فشار مستقیم یا نبودن فشار مستقیم تهیه می‌شد، تمام مونتاژ شما بی‌فایده بود.



### جابجایی

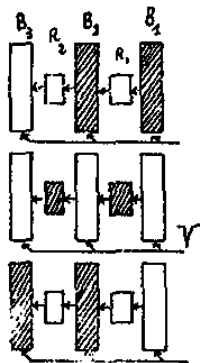
**مهندس** - کاملاً با شما موافقم. اما هنوز تصور امکانات مونتاژ را هم نکرده‌اید.  
 حالا فرض کنید که به سیم Z يك ضربه منفی صفر کننده بگذارم. چه خواهد شد؟  
**مبتدی** - اوه، جادوگری که نیست، تمام قپان‌ها به حالت صفر درمی‌آیند و  
 حافظه شما پاک می‌شود.  
**مهندس** - اگر مدارهای تأخیر انداز نداشتم این مطلب درست بود. در  
 لحظه‌ای که من این ضربه صفر کننده را وارد می‌کنم، قپان‌هایی که در وضعیت يك  
 بودند به صفر برمی‌گردند. با اینکار ضربه‌ای به تأخیر اندازهایی که بعد از آنها قرار  
 گرفته‌اند، می‌فرستند. در این لحظه آن عده از قپان‌هایی که باید دوباره به حالت  
 ۱ بروند، این کار را می‌کنند. حالا خواه به حالت صفر آمده باشند یا نه.



شکل ۱۲۹ - شمای جمع‌بندی «نشان‌دهنده - جابجاکننده» (ثبت‌کننده بسا جابجایی  
 Shift Register) که روی آن می‌توان يك عدد دو علامتی را به وسیله ورودی‌های Z  
 نشان داد، يك ضربه که به (Z) وارد شود عدد نشان داده شده را به سمت چپ می‌لغزاند.

**مبتدی** - در این مورد کاملاً با شما موافقم. با این حرکت عجیب چه چیزی  
 نصیب شما می‌شود؟

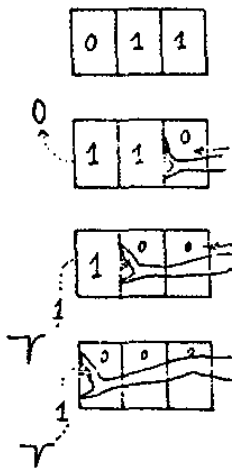
**مهندس** - چیزی که بدست می‌آید اینست که وضع مشخصی که قبل از به صفر  
 رساندن روی هر قپان وجود داشت، حالا روی قپان بعدی برده شده است (در جهت  
 راست به چپ). مثلاً اگر يك ضربه روی  $E_1$  و یکی هم روی  $E_2$  فرستاده باشم و  
 روی  $E_3$  چیزی نفرستاده باشم، در اصل در  $S_1$  و  $S_2$  فشار خروجی خواهم داشت



و در  $S_3$  چیزی ندارم. حالا يك ضربه صفر کننده می فرستم. قپان های  $B_1$  و  $B_2$  به حالت صفر درمی آیند درحالی که تأخیر اندازهای  $R_1$  و  $R_2$  را تحریک می کنند. برعکس قپان  $B_3$  که در وضعیت صفر بوده دیگر به آن حالت بر نمی گردد و همانجا می ماند. بنابراین تأخیر انداز  $R_3$  را هم تحریک نمی کند. وقتی اندکی بعد تأخیر اندازهای  $R_1$  و  $R_2$  ضربه های خود را می فرستند، قپان  $B_2$  که به حالت صفر آورده شده بود، دوباره به حالت 1 بر می گردد. بنا بر این در خروجی های  $S_3$  و  $S_2$  فشار خواهیم داشت، و در خروجی  $S_1$  نداریم. بجای نشان دادن عدد 011 حالا عدد 110 را نشان خواهیم داد. عدد نشان داده شده را يك ستون به طرف چپ جابجا کرده ایم و درست راست يك صفر گذاشته ایم.

**مبتدی-** اگر چنین کاری روی عدد نشان داده شده در پایه 10 انجام می شد، یعنی تمام رقم ها يك ستون به سمت چپ جابجا می شدند و يك صفر سمت راست گذاشته می شد عدد را در ده ضرب کرده بودیم. اما وقتی عدد دو علامتی مورد نظر است، نمی دانم اینکار وابسته به چیست.

**مهندس-** بطور ساده وابسته به ضرب کردن آن در 2 است. این تازه یکی از امکانات دستگاه ماست. با هر ضربه ای که روی Z فرستاده می شود، عددی را نشان می دهیم که دو برابر عددی است که در اصل نشان داده شده بود. اما نشان دهنده - جابجا کننده مسا باز هم امکانات جالبتری دارد حالا وقتی سه بار بطور پی در پی به وسیله خط Z صفر کردن را انجام دهیم، به ضرب بهائنی که از قپان  $B_3$  خارج خواهد شد نگاه کنید.



### تبدیل موازی-پیاپی

**مبتدی-** برای اینکه بهتر متوجه شوم، حالتی را که شما در نظر گرفتید بررسی می کنم به این ترتیب، عددی که در اصل نشان داده شده بود 011 بود. اولین فرمان به Z، عدد نشان داده را 110 کرد، اما گمان می کنم در این حالت، در نظر می گیرید که ضربه ای از قپان  $B_3$  خارج نمی شود چون از وضع صفر به يك می رود. **مهندس-** در واقع يك ضربه مثبت می دهد که ما با يك دیود آنرا حذف می کنیم. بنابراین چیزی از قپان  $B_3$  خارج نمی شود. در صفر کردن بعدی چه پیش می آید؟

**مبتدی-** اوه، اینجا خیلی پیچیده خواهد بود! می بینیم به وسیله ضربه ای که در Z وارد شده، قپان  $B_1$  که به وضعیت يك در آمده بود، دوباره به صفر خواهد رفت؛ به عقیده من باید در خروجی اش يك ضربه بدست بدهد، چون فقط ضربه هائی برای شما جالبند که وابسته به عبور از حالت يك به صفر باشند. اما چون  $B_3$  به وسیله تأخیر انداز  $B_3$  ضربه ای را که از به صفر رسیدن  $B_3$  بدست آمده دریافت می کند،  $B_3$  دوباره به حالت يك درمی آید. حالا درست نمی دانم به کجا رسیده ایم.

**مهندس-** خوب، ما ضربه ای از قپان  $B_3$  بیرون آورده ایم و عدد نشان داده شده حالا 100 است. اگر برای بازسوم ضربه صفر کردن را بفرستیم، دوباره ضربه ای از  $B_3$  بیرون خواهیم آورد، چون از حالت يك دوباره به وضعیت صفر خواهد رسید. دیگر هیچ قپانی نمی تواند به حالت يك برگردد، چون عدد نشان داده شده به طرف



چپ پیشروی کرده به حدی که کاملاً کنار زده شده است.

**مبتدی** - اینکار دیگر خنده آور است؛ شما با سه بار صفر کردن، به نوعی، عددی را که روی مونتاز نشان داده می‌شد، رقم به رقم، کنار زده‌اید. فقط آنرا در جهت پدی کنار زده‌اید چون این غدد را ابتدا با نبودن ضربه (رقم چهارمان)، بعد يك ضربه (رقم دو مان) و بعد باز هم يك ضربه (رقم يك مان) بدست آورده‌ایم.

**مهندس** - ذرواقع همینطوز است. ما عدد مان را رقم به رقم از جایی که نشان داده شده بود، کنار زدیم. به عبارت دیگر آنرا در خروجی  $S_3$  به صورت کد پیاپی بدست آورده‌ایم. وقتی گفتید که این کد پیاپی با پایان یافتن به یگان تهیه می‌شود حق داشتید؛ اگر می‌خواستیم برعکس آنرا داشته باشیم، می‌بایست عدد را روی سه قپان به ترتیب معکوس نشان می‌دادیم؛ یگان در  $E_3$ ، دو مان در  $E_2$  و چهار مان در  $E_1$ .

**مبتدی** - بنا بر این نشان‌دهنده ... جا بجا کننده شما می‌تواند يك عدد موازی را به يك عدد پیاپی تبدیل کند.

### تبدیل پیاپی - موازی



**مهندس** - آه، می‌دانید اگر بشود باید گفت که ترانزیستور این مونتاز بیشتر از يك معجزه دارد. می‌تواند برعکس آنرا هم انجام بدهد. فرض کنید که عدد را به شکل پیاپی آن روی ورودی  $A$  بفرستیم، درحالی که بدنبال فرستادن هر رقم يك ضربه صفر کننده بفرستیم. می‌بینید که وقتی اولین رقم روی  $B_1$  نشان داده شد، صفر کردن، آنرا به سمت  $B_2$  پیش می‌برد. در این لحظه، رقم دوم روی  $B_1$  نشان داده شده است که قبلاً به صفر رسانده شده بود. ضربه دوم به  $Z$  می‌رسد و رقمی را که ابتدا روی  $B_2$  نشان داده شده بود (رقم اول) به سمت  $B_3$  می‌برد، درحالی که رقم نشان داده شده روی  $B_1$  (رقم دوم) به  $B_2$  می‌رود. در این لحظه  $B_1$  دوباره به صفر رسیده است و می‌تواند رقم سوم پیاپی را که به  $A$  می‌رسد، ثبت کند.

**مبتدی** - قطعاً این مونتاز بسیار هوشیار است. حالا يك عدد پیاپی را به يك عدد موازی تبدیل کرده است.

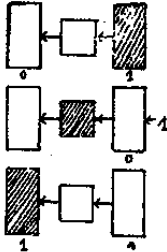
### جمع موازی

**مهندس** - هنوز تمام امکانات آنرا ندیده‌ایم. فرض کنید که يك عدد موازی را به وسیله ورودی‌های  $E_1$  و  $E_2$  و  $E_3$  به مونتاز خودم بفرستم. حالا عدد دوم را روی همان ورودی‌های  $E$  می‌فرستیم، یگان روی  $E_1$ ، دو مان روی  $E_2$  و چهار مان روی  $E_3$ . حالا چه خواهد شد؟

**مبتدی** - يك مخلوط وحشتناك بدست می‌آید!

**مهندس** - بهیچوجه. نگاه کنید در یکی از قپان‌ها چه می‌گذرد. اگر پس از نمایش اولین رقم در وضعیت صفر باشد، ممکن است در موقع نمایش عدد دوم ضربه‌ای دریافت نکند به شرط آنکه این عدد دوم در جای وابسته به این قپان شامل صفر باشد. در این حالت در وضعیت صفر باقی می‌ماند. همینطور ممکن است در لحظه نمایش عدد دوم ضربه‌ای دریافت کند که در این صورت به توازن درمی‌آید و به حالت





يك می‌رود. ممکن است در جریان نمایش عدد اولی ضربه‌ای دریافت کند اما هنگام نمایش عدد دوم ضربه‌ای دریافت نکند. در این حالت هم پس از نمایش عدد دوم به حالت يك باقی خواهد ماند. می‌بینید که در این سه حالت روی هر قپان رقمی داریم که وابسته به رقم مجموع دو عدد است.

**مبتدی** - عجب، سرگرم‌کننده است. اما چیزی که بمن گفتید فقط در حالت‌های محدودی درست است.

**مهندس** - الان به شما نشان می‌دهم که در تمام حالت‌ها درست است. فرض کنید که قپان  $B_1$  در جریان نمایش عدد اول ضربه‌ای دریافت کرده باشد (که نشان می‌دهد عدد اول در رقم یکان عدد 1 داشته است). حالا فرض می‌کنیم که در جریان نمایش عدد دوم هم يك ضربه در  $E_1$  دریافت کرده باشد. بنابراین دوباره به صفر برمی‌گردد و به این ترتیب رقم مجموع را نشان خواهد داد. اما با آمدن به صفر، ضربه‌ای به تأخیر انداز  $R_1$  می‌فرستد. این ضربه چیزی جز آنچه نگهداشته می‌شود نیست. پس از نمایش عدد دوم، این عدد نگه داشته شده به قپان  $B_2$  می‌رسد و با تغییر دادن وضعیت آن به عددی که  $B_2$  نمایش داده است اضافه خواهد شد.

**مبتدی** - بسیار جالب است، چون مونتاژ شما می‌تواند جمع را انجام دهد و حساب اعداد نگه داشته شده را هم داشته باشد، این مطلوبترین راه برای ساختن جمع‌کننده است.

**مهندس** - این یکی از راه‌حل‌هاست، اما بهترین آنها نیست. فرض کنید که اولین عدد نمایش داده شده 111 و عدد دوم 001 باشد. وقتی عدد دوم را نمایش می‌دهیم  $B_1$  به حال توازن درمی‌آید و به حالت صفر برمی‌گردد. این قپان به وسیله  $R_1$  ضربه‌ای به  $B_2$  می‌فرستد که پس از کمی تأخیر به توازن درمی‌آید و به حالت صفر برمی‌گردد.  $B_2$  به وسیله  $R_2$  ضربه‌ای به  $B_3$  می‌فرستد که پس از تأخیر دیگری به توازن درمی‌آید و به حالت صفر برمی‌گردد. در این صورت می‌بینید که تأخیرها بهم اضافه می‌شوند و زمان قابل توجهی طول می‌کشد تا حاصل جمع کاملاً نمایش داده شود.

**مبتدی** - این تقصیر شماست. چرا تأخیرکننده‌ها را گذاشتید؟

**مهندس** - آقای مبتدی، پس طرز کار نمایش‌دهنده - جایجا کننده را نفهمیده‌اید! این تأخیر اندازه‌ها دوری ناپذیرند. در واقع وقتی يك عدد را به وسیله صفر کردن جلو می‌بریم باید اول قپان‌ها به صفر برگردند و بعد از آن به آنهایی که باید دوباره به توازن درآیند يك ضربه که فرستاده شده و به وسیله یکی از مدارهای تأخیر اندازه به تأخیر افتاده است، برسد. همینطور وقتی که نمایش‌دهنده - جایجا کننده را برای جمع کردن اعداد موازی بکار می‌بریم باید از رسیدن يك رقم از عدد دوم و يك عدد نگه داشته شده‌ای که از قپان دیگری رسیده است بطور همزمان به يك قپان، جلوگیری شود.

**مبتدی** - آقای مهندس باز شروع شد. از من خواستید که با کار وحشت‌آور طرز کار نمایش‌دهنده - جایجا کننده شمارا بفهمم و حالا می‌خواهید بگوئید که نمی‌شود آنرا بکار برد.

**مهندس** - نه آقای مبتدی. بخوبی می‌توان نمایش‌دهنده - جایجا کننده را بکار برد. و آنکه بی‌زودی کاربرد بی‌نهایت هوشیارانه‌ای از این مجموعه خواهیم دید. طبیعتاً روش‌های فنی مدارهای مجتمع امکان کاهش پیچیدگی نمایش‌دهنده - جایجا کننده

ص ۳۳۸ (۴۰) تلفن کنید	a
نشان دهنده - جایجا کننده	b
می‌تواند حافظه را نگهدارند جایجا	c
کند، بی‌پایه موازی و موازی را	d
به بی‌پایه تبدیل کند و غیره	e
در جستجوی محلی برای مونتاژ	f
جهت هر کار است:	g
با شماره ۰۰۷ مجله مکاتبه کنید:	h
ترانزیستور کوچک بهر اندازه در	i
جستجوی محل غیر اشباع است	j

را بمقدار زیاد فراهم کرده اند (امروزه غالباً دستگاه «ثبت یا جابجائی» نام گرفته اند). بیشتر وقتها آنها با مدار مجتمع با تکنولوژی M. O. S می سازند و چندین نوع از آن وجود دارد:

۱- دستگاه ثبت از نوع «دینامیک»، که در آنها اطلاعات نمی تواند نگه داشته شود مگر آنکه آنها به وسیله فرمان های جلوگیری کننده ای که سرعت پشت هم آمدن آن از یک مقدار حداقل بیشتر است «به جریان بیندازند». چون مدارهای مجتمع مورد بحث می توانند تا ۱۰۰ رقم دو علامتی را در خود نگه دارند، تجهیز چنین مداری به ۱۰۰ ورودی و ۱۰۰ خروجی مورد نظر نیست. بنابراین به این موضوع اکتفا می کنند که با «پستن» دستگاه ثبت به روی خودش، عدد نمایش داده شده را «به جریان بیندازند». اگر بخواهند عدد نمایش داده شده را بدانند باید آنها «بل» بگیرند، به عبارت دیگر آنها به شکل عدد پیاپی، وقتی که از آخرین طبقه خارج می شود تا به اولین طبقه برود، در حین عبور آنها به صورت رقم های دو علامتی بخوانند.

۲- دستگاه ثبت نوع «استاتیک» که پیچیده تر است و در آن می توان اطلاعات را متوقف کرد. بنابراین رقم های دو علامتی که در این دستگاه نوشته می شود، برای دوری از پاک شدن، نیاز به «جریان داشتن» بطور همیشگی ندارند.

اگر بخواهند یک دستگاه با جابجائی با همان تعداد ورودی و خروجی که رقم دو علامتی در خود نگه می دارد، بسازند، این کار را با چندین مدار مجتمع انجام می دهند. برای این منظور می توان مدارهایی که چندین قیان از نوع J-K دارند بکار برد. (این قیان بطور قابل توجهی برای ساختن این نوع دستگاه های ثبت، آمادگی دارد) و یا از نوع D استفاده کرد. بالاخره توجه شما را به این عمل جلب می کنم که اگر یک دستگاه ثبت با مدارهای تأخیر انداز بکار ببریم، ممکن است اینکار مدت زیادی طول بکشد. بنابراین کوشش خواهیم کرد در این حالت روش دیگری بکار ببریم که فردا درباره آن صحبت خواهیم کرد.



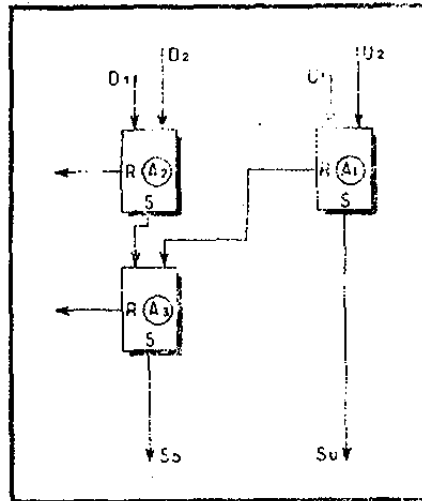
**مبحث چهاردهم**

این واقعه حتمی بود چون مبتدی برای اینکه بیشتر با الکترونیک آشنا شود، پیش می‌تازد! او فهمید که چگونه با حساب الکترونی دو علامتی باید عمل جمع را انجام داد. بنابراین آماده است که ظریف‌کاری این فن را بیاموزد و چرا که ضرب‌کننده را بررسی نکند. باز هم باید قبل از آنکه انرژی هوشمندانه‌اش، مثل یک خازن لیزر پس از برق‌زدن خالی شود، طرزکار حافظه‌های باهسته فریت را بفهمد و فرابگیرد...

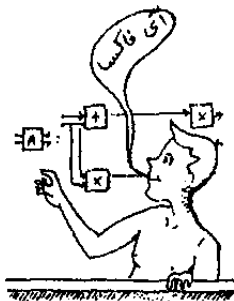
## ضرب‌کننده‌های حسابی

### و حافظه‌ها

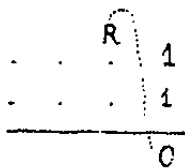
مبتدی سه من راه‌حل جمع‌شده را پیدا کردم چون هیچ دشواری خاصی وجود ندارد، موازی درست می‌کنیم که برای هر رقمی که باید جمع شود، مداری شبیه به شکل ۱۲۸ داشته باشد.



شکل ۱۳۰. ضربه‌های یککان و دوکان یک جمع‌کننده موازی دو علامتی.

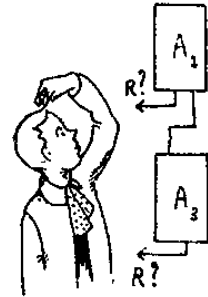


**مهندس** - بده، این کنار برای یککان و دوکان نخستین عدد کاملاً خوبست. وقتی بخواهیم دوکان این دو عدد را با هم جمع کنیم، مسئله‌ای پیش خواهد آمد و آن اینست که احتمالاً باید سه رقم را جمع کنیم که عبارتند از رقم دوکان نخستین عدد، رقم دوکان عدد دوم و عدد نگه‌داشته‌ای که احتمالاً از جمع یککان دو عدد بدست آمده است.

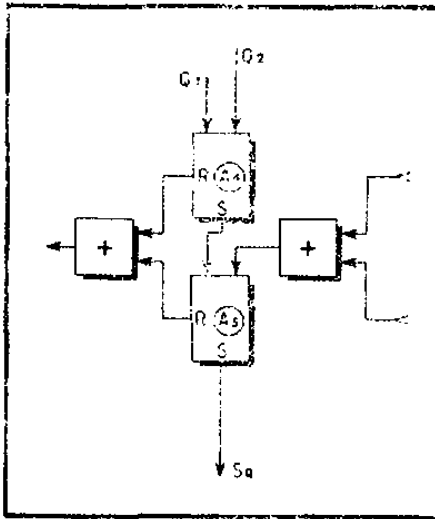


مبتدی سه من اینسورت تصور می‌شم مداری شبیه به مدار شکل ۱۲۸ که کمی تغییر داده شده تا بجای دو ورودی، سه ورودی داشته باشد، برایتان لازم است.

**مهندس** - در واقع بطور ساده دوتا از مدارهای شکل ۱۲۸ را، همانطور که در شکل ۱۳۰ نشان داده‌ام، بکار می‌بریم. در این شکل بجای تمام مدارهای شکل ۱۲۷ (که چندین بار بکار برده شده‌اند) مستطیل‌های  $A$  را گذاشته‌ام که دو ورودی، یک خروجی  $S$  برای حاصل جمع و یک خروجی  $R$  برای عددهای نگه داشته، دارند. می‌بینید که مدار  $A_1$ ، رقم یکان نخستین عدد  $(U_1)$  و دومین عدد  $(U_2)$  را می‌گیرد. خروجی  $S$  آن رقم یکان مجموع را به ما می‌دهد که آنرا با  $S_{11}$  نشان داده‌ام. همینطور می‌بینید که برای جمع رقم‌های دومان دو عدد ما که به وسیله  $D_1$  و  $D_2$  مشخص شده‌اند، مدار  $A_2$  را بکار می‌بریم. خروجی حاصل جمع آن به یک مدار مشابه  $A_3$  فرستاده خواهد شد، درحالی‌که ورودی دیگر  $A_3$ ، رقم نگه داشته‌ای را که از  $A_1$  می‌رسد، دریافت می‌کند. در خروجی  $S$  از  $A_3$ ،  $S_D$  رقم مجموع دومان را خواهیم داشت.



**مبتدی** - گمان می‌کنم فهمیده باشم. اما در این صورت رقم نگه داشته این عمل آخر از  $A_2$  خارج می‌شود یا از  $A_3$  یا از هر دو در یک زمان؟



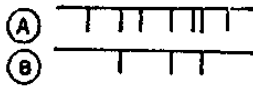
شکل ۱۳۱ - طبقه «چهارمان» همان جمع کننده

**مهندس** - مسلماً از هر دو در یک زمان خارج نمی‌شود. در واقع اگر رقم نگه داشته‌ای باشد که از  $A_2$  خارج شود، معنی‌اش اینست که مقدار  $D_1$  و  $D_2$  هر دو یک است. در این صورت خروجی جمع  $A_2$  صفر است. در اینحال  $A_3$  با دریافت صفر روی یکی از ورودی‌هایش می‌تواند یک خروجی مجموع بدست بدهد، اما رقم نگه داشته‌ای نخواهد داد.

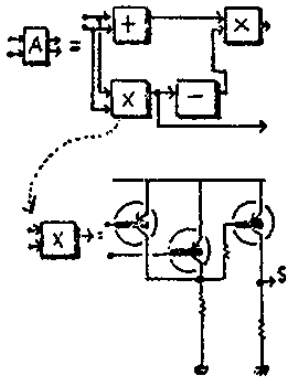
**مبتدی** - در واقع می‌بینم که خروجی رقم نگه داشته در یک زمان روی  $A_2$  و  $A_3$  وجود نخواهد داشت. در این صورت برای رفتن به چهارمان، به عنوان رقم نگه داشته کدامیک از خروجی‌های  $R$ ،  $A_2$  یا  $A_3$  را باید به جمع کننده وابسته متصل کنیم؟

**مهندس** - آقای مبتدی کلمه دقیق‌تری را که راه حل را بشما خواهد داد بکار بردید. بنا بر این به ورودی نگه داشته مجموع دومدار  $A$ ، که تشکیل جمع کننده رقم‌های چهارمان را خواهد داد، خروجی  $R$  از  $A_2$  یا  $A_3$  را به وسیله مدار «یا»

متصل می‌کنیم. این همان چیزی است که در شکل ۱۳۱ برایتان کشیده‌ام که نشان‌دهنده تشکیل دنباله جمع‌کننده است. از طبقه چهارمان به بعد همه چیز دوباره بهمین ترتیب تهیه می‌شود. بنا بر این می‌بینید که اگر یک جمع‌کننده موازی احتمالاً پیچیده است، چندان درهم نیست.



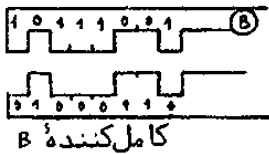
**مبتدی-** دیگر می‌خواستید چه باشد؟ وقتی فکر می‌کنم چیزی را که موصوما نه با حرف A در یک مستطیل مشخص کرده‌اید، مدار شکل ۱۲۸ است که در آن هر مربع کوچک مجموعه‌ای از چندین ترانزیستور، مقاومت و دیود است، کمی مضطرب می‌شود.



**مهندس-** آقای مبتدی مضطرب نشوید. سیستم‌های عملیات حسابی همیشه تکراری هستند از چندین دفعه عنصرهای نسبتاً ساده که به مجموعه‌های کوچکتری که ساده‌ترند تجزیه می‌شوند. هر چه باشد یک جمع‌کننده مثل شکل ۱۳۰ و ۱۳۱ این برتری را دارد که بلافاصله مجموع دو عدد موازی را که روی ورودی آن نشان داده شده است، بدست می‌دهد.

**مبتدی-** اگر می‌خواستیم عدد پیاپی را جمع کنیم چگونه؟  
**مهندس-** مونتازی نظیر همین را می‌گیریم، درحالی که فقط دو مدار A، یک مدار «یا» روی نگه‌دارنده رقم‌ها و یک سیستم حافظه بکار می‌بریم که مثلاً رقم نگه‌داشته دومان را در موقع جمع چهارمان به آن اضافه می‌کند. تشریح آن مارا از مطلب کمی دور می‌کند اما نسبتاً ساده است. این سیستم شامل عنصرهای خیلی کمتر است اما نقص آن در اینست که نیاز به ذخیره کردن عدد پیاپی که خارج می‌شود، دارد. در جمع‌کننده‌های شکل ۱۳۰ و ۱۳۱، پاسخ فوراً بدست می‌آید بدون اینکه رقم به رقم منتظر آمدن عدد پیاپی باشیم، به اضافه این پاسخ در خروجی نمایش داده می‌شود درحالی که عددهای موازی به ورودی گذاشته شده‌اند.

**تفریق**

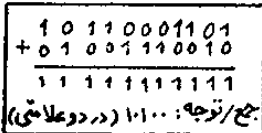


کامل‌کننده B

**مبتدی-** حالا تقریباً جمع کردن را می‌دانم. اما تفریق را چگونه انجام می‌دهید؟

**مهندس-** معمولاً مسئله را برعکس می‌کنند. فرض کنید که می‌خواهیم از عدد A، عدد B را کم کنیم. کار را بسا اضافه کردن یک واحد به A شروع می‌کنیم و عدد مخالف B را به آن می‌افزاییم و رقمی را که باید نگه داریم به حساب نمی‌آوریم.  
**مبتدی-** عدد مخالف B به چه می‌گوئید؟

**مهندس-** بطور ساده عددی است که وقتی به جای تمام یک‌ها در عدد B، صفر و به جای تمام صفرهای B بگذاریم بدست می‌آید. چون B کوچکتر از A است، باید B را طوری نوشت که بعد از اولین یک درست چپ آن آنقدر صفر داشته باشد که تعداد رقم‌هایش برابر رقم‌های A شود. با گرفتن عدد مخالف B تمام این صفرها تبدیل به یک می‌شوند. یک مثال عددی برایتان می‌زنم؛ فرض کنید که A برابر ۱۰۱۱۰۱ (یعنی ۴۵) باشد و B برابر ۱۰۱۱...



**مبتدی-** بی‌بارت دیگر ۱۱.  
**مهندس-** آفرین آقای مبتدی. سیستم دوعلامتی را خیلی خوب یاد گرفته‌اید.

بنابر این عدد B را به این ترتیب می نویسیم:

۰۰۱۰۱۱

تا مثل عدد A، شش رقم داشته باشد، با گرفتن عدد مخالف B بدست می آوریم:

۱۱۰۱۰۰

حالا بگذارید پرسشی از شما بکنم؛ اگر این عدد مخالف را با B جمع کنید چه بدست می آورید؟

**مبتدی-** گمان می کنم بدون دشواری بتوانم این جمع را انجام دهم؛ هر جا که در یکی از دو عدد صفر وجود دارد در دیگری يك است. بنابراین مجموع آنها عددی است شش رقمی که تمام آنها يك است یعنی ۱۱۱۱۱۱

**مهندس-** آفرین، کاملاً درست است؛ حالا به آن يك واحد اضافه کنید.

**مبتدی-** خوب اگر این واحد را اضافه کنم؛ برای جمع يكان رقم صفر را بدست می آورم. يك را نکه می دارم که وقتی به يك اضافه شود، صفر را به عنوان رقم دومان بدست می دهد و يك را نکه می دارم... عجب جالب است، بالاخره عدد ۱۰۰۰۰۰۰ را بدست خواهم آورد.

**مهندس-** درست است. عدد شما حالا ۷ رقم دارد، اگر آخرین رقمی که نکه داشتید، ندیده بگیرم، غیر از صفر چیزی باقی نمی ماند. پس می بینید که با اضافه کردن «عدد مخالف B» و يك واحد، صفر بدست می آوریم. به عبارت دیگر اگر رقم نکه داشته را ندیده بگیرم، عدد مخالف B، به اضافه يك واحد، به نوعی برابر با B- است. بنابراین کافی است آنرا به A اضافه کنم؛ عمل به این ترتیب است:

۱۰۱۱۰۱ +

۱۱۰۱۰۰

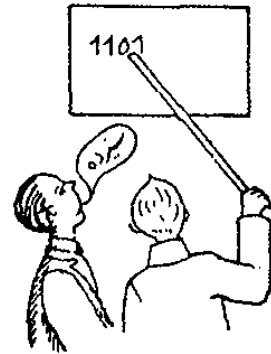
—————  
(۱) ۱۰۰۰۰۰۱

**مبتدی-** می بینم که آخرین ۱ را در پرانتز گذاشته اید، بدون شك برای اینست که نمی خواهید آخرین رقم نکه داشته شده را به حساب بیاورید.

**مهندس-** درست همینطور است. می بینید که حالا اگر يك واحد به حاصل جمع بدست آمده اضافه کنم به ما خواهد داد ۱۰۰۰۰۱۰. اگر همین عدد آخر به پایه ده تبدیل شود رقم ۳۴ را می دهد که درست اختلاف بین ۴۵ و ۱۱ است.

**مبتدی-** اقرار می کنم که بدون عبور از سیستم دو علامتی خیلی سریعتر عمل می کردم!

**مهندس-** شما، شاید. اما ماشین های الکترونی در سیستم دو علامتی خیلی سریعتر از شما در سیستم ده تایی عمل می کنند، حتی اگر زمان لازم برای تبدیل را هم در نظر بگیریم.



ضرب

**مبتدی-** قطعاً این سیستم حساب خودکار بسیار سرگرم کننده است. می توانید برای من بگوئید که ضرب را چگونه انجام می دهند؟

**مهندس-** این بار جرات شما بسیار زیاد شده است. ذواق مجرم و غمناک بسیار پیچیده است.

کار را با نشان دادن اینکه از نظر عملیات حساب برای بیان اعداد چگونه عمل می کنند، آغاز می کنم. فرض کنید که می خواهیم مضروب  $11010$  (۲۶) را در يك مضروب فیه که برابر ۱۳ است ضرب کنیم...

**مبتدی** - به عبارت دیگر  $1101$ .

**مهندس** - اوها واقماً در تبدیل پایه ده به دو علامتی خیلی قوی هستید. بنا بر این می بینید که مضروب فیه تشکیل می شود از:

- يك بار يك واحد.

- صفر بار ۲

- يك بار توان دوم ۲

- يك بار توان سوم ۲

بنا بر این، این عددها را با هم جمع می کنیم:

- يك بار مضروب

- صفر بار همین مضروب که در عدد ۲ ضرب شود. (یعنی با يك صفر در

سمت راستش، به عبارت دیگر  $110100$ ).

- يك بار همین مضروب که در عدد ۴ ضرب شود یعنی با دو صفر اضافه در

سمت راستش نوشته شود (به عبارت دیگر  $1101000$ ).

- یکبار همین مضروب که در عدد ۸ ضرب شود یعنی با سه صفر اضافه در

سمت راستش (به عبارت دیگر  $11010000$ ).

بنا بر این می توانیم عمل ضرب را به ترتیبی که برایتان می نویسم انجام دهیم:

$$11010 \times$$

$$1101$$

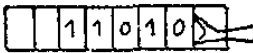
$$11010$$

$$00000$$

$$1101000$$

$$11010000$$

$$101010010$$



= دوبرابر



**مبتدی** - حالا که به سیستم دو علامتی کاملاً عادت کرده ام، عمل ضرب شما

درست کاری را که در سیستم ده تایی انجام می دهم بیاد می آورد چیزی که بیشتر از همه

مرا ناراحت می کند جمع کردن حاصل ضرب های جزء به جزء است. اما تصور می کنم

وقتی اینکار بخواهد با مدارها انجام شود، وحشتناک می شود.

### ضرب کننده دو علامتی

**مهندس** - نه، کار پیچیده ای خواهد بود، اما با بکار بردن نمایش دهنده -

جا بجا کننده که عمومیت پیدا کرده و شما کمی پیش از آن ناراحت بودید، در این کار

موفق می شویم. یادتان هست که روی این مونتازها، می توان عدد نمایش داده شده را

يك رقم جلو برد یعنی آنرا در ۲ ضرب کرد. برای اینکار کافی است در مونتاز شکل

۱۲۶، فرماتی به خط Z داده شود. گمان می کنم به اندازه کافی تمرین کرده اید که





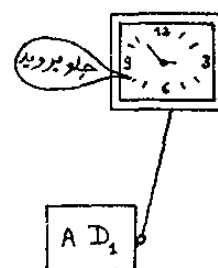
بتوانید با جرأت با شمای کامل چند برابر کننده روبرو شوید مثل چیزی که در شکل ۱۳۲ برایتان کشیده‌ام. مضروب را روی نمایش‌دهنده — جایجاکننده  $AD_1$  نمایش داده‌ایم، این مضروب طوری قرار گرفته که یکان در سمت راست، بعد با رفتن به سمت چپ دومان ( $D$ )، چهارمان ( $Q$ )، هشتمان ( $H$ ) قرار دارند. فرمان  $Z_1$  عددنمایش داده شده روی  $AD_1$  را به سمت چپ جلو می‌برد.

مضروب فیه روی نمایش‌دهنده — جایجاکننده  $AD_2$  نمایش داده شده است. این بار یکان را کاملاً سمت چپ گذاشته‌ایم، دومان در راست آن، چهارمان بیشتر به طرف راست... و  $Z_2$  فرمان جلو بردن نمایش مضروب فیه راهم به طرف چپ پیش می‌برد. روی یک نمایش‌دهنده — جایجاکننده سوم که فقط به عنوان جمع کننده بکار می‌رود، حاصل ضرب نمایش داده خواهد شد. نمایش‌دهنده — جایجاکننده‌های  $AD_1$  و  $AD_2$  به اندازه کافی ورودی و خروجی دارند که عملیات تا آخر بتواند انجام شود. مستطیل کوچکی که در سمت راست واقع شده است، یک مولد ضرب به‌های تعیین آهنک (یا ساعت) است. همین مولد است که آهنک پیش رفتن عملیات را تعیین می‌کند. بینیم در جریان رسیدن اولین ضربه تعیین آهنک چه می‌گذرد؛ این ضربه از مدار «و»  $G_1$  خواهد گذشت برای اینکه رقم یکان، که روی  $AD_2$  نمایش داده شده یک است. خروجی‌های  $AD_1$  و  $AD_2$  را در لحظه رسیدن اولین ضربه تعیین آهنک، برای شما در داخل پرانتزها نوشته‌ام. پس این اولین ضربه از راه  $G_1$  می‌گذرد. این ضربه به تمام مدارهای  $D$  که بین  $AD_1$  و  $AD_2$  واقع شده‌اند خواهد رسید و از تعدادی از این مدارها که در ورودی خودشان، که به وسیله خروجی همین ردیف از  $AD_1$  فرمان داده می‌شوند رقم دریافت می‌دارند، دوباره خارج خواهد شد...

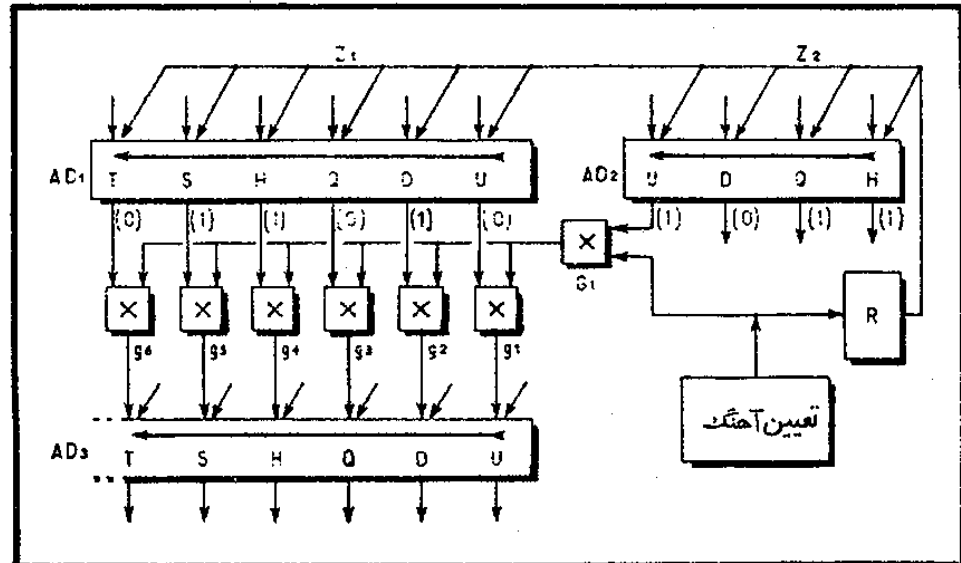
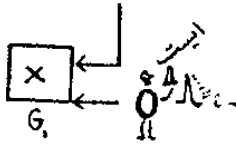
**مبتدی-** این مطلب کاملاً موخش است و من چیزی از آن نمی‌فهمم!  
**مهندس-** جزئیات آنرا از سر می‌گیریم؛ می‌بینید که در خروجی  $U$  نمایش‌دهنده — جایجاکننده  $AD_1$  صفر وجود دارد، در سمت راستش روی خروجی  $D$  آن (دومان) رقم ۱ است، روی خروجی  $Q$  آن (چهارمان) صفر است، روی خروجی  $H$  و  $S$  (هشتمان و شانزدهمان) یک است. در اصل روی خروجی یکان ( $U$ )  $AD_2$  یک است. پس اولین ضربه تعیین آهنک از راه مدار «و»  $G_1$  می‌گذرد. این ضربه به تمام ورودی‌های سمت راست مدارهای دیگر «و»،  $g_1$ ،  $g_2$ ، ...  $g_6$  خواهد رسید. به سبب وجود عدد نشان داده شده روی  $AD_1$ ، این ضربه؛ روی خروجی  $g_1$  نیست، روی خروجی  $g_2$  هست، روی خروجی  $g_3$  نیست، روی خروجی‌های  $g_4$  و  $g_5$  وجود خواهد داشت. گمان می‌کنم که این بار فهمیده باشید؟

**مبتدی-** بی نهایت پیچیده است، اما با کمک گرفتن از تمام چشمه‌های هوشیاریم تقریباً دارم می‌فهمم.

**مهندس-** خواهید دید که بقیه آن دشوارتر نیست. می‌بینید که این اولین ضربه تعیین آهنک، نتیجه‌ای که خواهد داشت نمایش مقدار حاصل ضرب روی  $AD_2$  به مقدار واقعی است. وقتی این ضربه پایان یافت، مدار تأخیرانداز  $R$  (که زمان تأخیر آن کمتر از فاصله زمانی است که دو ضربه تعیین آهنک را از هم جدا می‌کند) یک فرمان جایجائی به  $Z_1$  در  $AD_1$  و به  $Z_2$  در  $AD_2$  می‌فرستد. برای  $AD_1$  عدد نمایش داده شده یک رقم به چپ جایجا می‌شود. به عبارت دیگر چیزی که روی  $AD_1$  نمایش داده شده حالا عدد ۱۱۰۱۰۰ است که قبلاً به آن برخورد کرده بودیم. روی



AD<sub>۴</sub> عدد نمایش داده شده یک رقم به سمت چپ جابجا می‌شود، به عبارت دیگر، رقم قدیمی دومان (صفر) است که حالا به ورودی بالائی مدار G<sub>۱</sub> گذاشته می‌شود. بنابراین ضربۀ دوم تعیین آهنگ از راه G<sub>۱</sub> نخواهد گذشت، زیرا رقم دومان مضروب فیه که حالا به ورودی بالائی G<sub>۱</sub> گذاشته شده است، صفر است. به عبارت دیگر، حاصلضرب مضروب در ۲ به نمایش دهنده - جابجا کننده AD<sub>۳</sub> فرستاده نخواهد شد.



شکل ۱۲۲- شمای کامل یک ضرب کننده دو علامتی، که سه نمایش دهنده - جابجا کننده و یک نوسان ساز تعیین آهنگ را مورد استفاده قرار می‌دهد. R یک تأخیر انداز ضربها است.

ضربۀ دوم دوباره تأخیر انداز R را بکار خواهد انداخت. ضربۀ تأخیری که از آن خارج می‌شود به وسیلۀ Z<sub>۱</sub> روی AD<sub>۱</sub> و به وسیلۀ Z<sub>۲</sub> روی AD<sub>۲</sub> اثر خواهد کرد. بنابراین چون باز هم عدد نمایش داده شده روی AD<sub>۱</sub> را یک رقم به سمت چپ جابجا می‌کنیم، حالا روی AD<sub>۱</sub> عدد ۱۱۰۱۰۰۰ یعنی حاصلضرب مضروب در ۴ را نمایش خواهیم داد. همینطور مضروب فیه روی AD<sub>۲</sub> یک رقم جابجا شده است و حالا رقم چهارمان (۱) است که به ورودی بالائی G<sub>۱</sub> گذاشته شده است. بنابراین سومین ضربۀ تعیین آهنگ از راه G<sub>۱</sub> خواهد گذشت، و از آن دسته مدارهای g که به وسیلۀ خروجی AD<sub>۱</sub> رقم یک را دریافت کنند نیز خواهد گذشت. این ضربۀ عددی را به AD<sub>۳</sub> می‌فرستد که وابسته به حاصلضرب مضروب در عدد ۴ است (دو رقم به طرف چپ جابجا می‌شود).

**مبتدی** - اما اینکار مخلوط وحشت آوری روی AD<sub>۳</sub> به وجود می‌آورد  
**مهندس** - بهیچوجه. فراموش کرده‌اید که یک نمایش دهنده - جابجا کننده می‌تواند جمع دو عدد موازی را بزند. برای اینکار کافی است دو عدد یکی بعد از دیگری روی آن نمایش داده شود.  
**مبتدی** - اما بمن گفتید که این نمایش دهنده - جابجا کننده خیلی طول می‌دهد تا این جمع را بزند...

**مهندس** - گرافه گوئی نکنیم چون زمانی که برای اینکار طول می کشد برابر مجموع تأخیرهایی است که تأخیر اندازهها در آن بوجود می آورند. اما قطعی تواند در چند میکروثانیه عمل کند. بهر صورت زمان لازم را به آن می دهیم به این ترتیب که ضربهای تعیین آهنگ را خیلی تند نمی فرستیم. وقتی سومین ضرب به تعیین آهنگ گذشت، به وسیله R دچار تأخیر می شود، دوباره در  $AD_1$  برای مضروب و در  $AD_2$  برای مضروب فیه جایجائی بوجود می آورد. حالا مضروب با سه صفر در سمت راست آن (یعنی ضرب شده در ۸) در روی  $AD_1$  نمایش داده شده است. روی  $AD_2$  حالا رقم هشتمان هاست که به ورودی بالائی  $G_1$  گذاشته شده است یعنی رقم ۱ است.

چهارمین ضرب به تعیین آهنگ، کسه می تواند به وسیله  $G_1$  بگذرد چون رقم هشتمان در مضروب فیه يك است، به وسیله مدارهای g نمایش حاصلضرب مضروب در عدد هشت را روی  $AD_2$  ایجاد خواهد کرد.  $AD_2$  باز هم این عدد تازه را به آنهایی که قبلاً جمع کرده بود، اضافه می کند. بنا بر این حاصلضرب بدست خواهد آمد.

**مبتدی** - پس باید برای از کار انداختن سیستم تعیین آهنگ خیلی دقت کرد؟  
**مهندس** - اینکار اصلاً لازم نیست. فراموش نکنید که پس از چهارمین ضرب به که با تأخیر به  $Z_2$  گذاشته می شود، نمایش دهنده  $AD_2$  «خالی» شده است. اگر ضربهای دیگر به دنبال آن برسند، دیگر از راه  $G_1$  که همیشه روی ورودی بالائی خود صفر دارد، عبور نخواهند کرد.

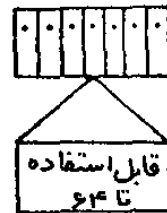
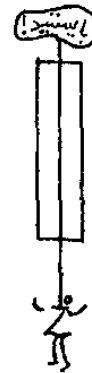
**مبتدی** - من این روش فنی دو علامتی را خیلی ستوده ام، بنظر من این ضرب کننده کابوس الکترونیسین های بیمار است!  
**مهندس** - قبول دارم که باید زیاد دقت کرد تا کار آنرا فهمید. در این صورت تقسیم کننده را به شما هدیه می کنم که باز هم پیچیده تر است و کار آن به صورتی مثل آزمایش، لمس کردن و تفریق است!

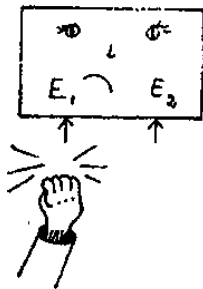
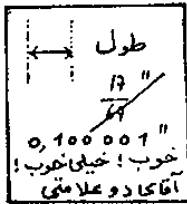
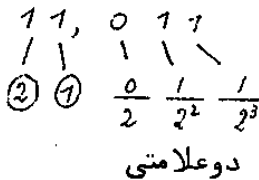
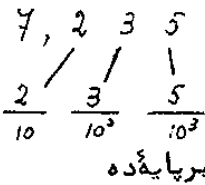
### قلمروی کاربرد ماشین حسابها

**مبتدی** - آقای مهندس نمی خواستم شمارا ناراحت کنم اما بنظرم می آید که این ماشین حسابها تجسم يك بمب هیدروژنی را برای انسان بوجود می آورند که برای کشتن مگس درست شده باشد. تعداد زیادی ترانزیستور، دیود و عنصرهای دیگر را رویهم ریخته اید و همه آنها را برای ضرب ۲۶ در ۱۳ گرد آورده اید! واقعا کاربرد وسایل بزرگ برای کار کوچک است.

**مهندس** - الان روی یکی از کار بردهای مهم ماشین حسابها انگشت گذاشتید. در واقع با اضافه کردن طبقه های اضافی به ضرب کننده شکل ۱۳۲، یعنی با امتداد دادن نمایش دهنده - جایجا کننده و اضافه کردن مدارها به آن، امکانات آنرا بطور منظم بالا می برم.

**مبتدی** - بله، اما در عین حال پیچیدگی آنرا افزایش می دهید.  
**مهندس** - درست است، اما چیزی که شما نمی بینید، نقطه بعدی است چون هر بار که يك «بخش» به نمایش دهنده - جایجا کننده و يك طبقه g اضافه می کنم، امکان بکار بردن عددهائی که يك رقم اضافه تر دارند بوجود می آورم، به عبارت دیگر عددهائی که دو برابر بزرگترند می توانم بکار ببرم به این معنی که هر بار که يك طبقه





اضافه می‌کنم، ظرفیت ماشین را دو برابر می‌کنم.

به عبارت دیگر وقتی یک ماشین حساب بتواند اعداد ۴ یا ۵ رقمی را بکار ببرد، اگر از نظر نسبت پیچیدگی ساخت به نتیجه بدست آمده کاملاً شوم باشد، برعکس وقتی روی اعداد ۲۰ یا ۳۰ رقمی کار کند، بسیار جالب خواهد بود. مثلاً با ۳۰ رقم، روی اعداد در حدود میلیارد کار می‌کنیم و نتیجه در یک زمان کوتاه به ما داده می‌شود. به عبارت دیگر، ماشین حساب‌ها اساساً برای این هستند که دقت زیادی روی اعداد با رقم‌های زیاد به ما بدهند.

**مبتدی** - اگر خوب فهمیده باشم می‌خواهید بگوئید که وقتی تعداد طبقه‌ها با تصاعد حسابی زیاد می‌شود، امکانات ماشین‌ها با تصاعد هندسی افزایش پیدا می‌کند؟

**مهندس** - خدایا! بدادم برس! چون خیال می‌کردم همیشه فهمیدن مطالب برایتان دشوار است، این بود که کوشش کردم تا به زبان ساده مطلب را برایتان بگویم. بله کاملاً حق با شماست.

**مبتدی** - راستی درباره دقت برایم حرف زدید؛ بیشتر کار آنها را درباره عددهای بزرگ قبول دارم نه عددهای دقیق. عددهای دو علامتی بخش کسری ندارند.

**مهندس** - اینهم خبر تازه است کاملاً می‌توانید یک عدد دو علامتی بنویسید که یک ممیز داشته باشد و بعد از آنها عدد قرار گرفته باشد. مثلاً معنی عدد ۱۱/۰۱۱ اینست؛ ۳ عدد صحیح ( یک بار ۲ و یک بار ۱ ) و در سمت راست ممیز، رقم اول صفر است که معنی اش اینست که نصف (  $\frac{1}{2}$  ) وجود ندارد، رقم دوم

یک است که معنی اش اینست که  $\frac{1}{4}$  وجود دارد، سومین رقم بازم یک است که معنی اش

اینست که  $\frac{1}{8}$  هم وجود دارد. به عبارت دیگر قسمت راست ممیز معنی اش اینست که

باید صفر را با  $\frac{1}{4}$  و  $\frac{1}{8}$  جمع کنیم، یعنی  $\frac{3}{8}$ . می‌بینید که کاملاً می‌توان از اعداد

کسری صحبت کرد، درست مثل اعداد پایه ده با بکار بردن ممیز.

**مبتدی** - این یک سیستم عددنویسی است که به ویژه انگلیسی‌ها باید از آن خوششان بیاید. چون اینچ آنها به نصف، یک چهارم، یک هشتم و غیره تقسیم می‌شود.

با این روش عددنویسی صحبت کردن درباره  $\frac{17}{8}$  اینچ نسبتاً ساده است!

**مهندس** - اقرار می‌کنم که فکرش را نکرده بودم. اما در واقع می‌شود فکر کرد که این روش کسری عددهای دو علامتی برای خشنودی کسانی که این اینچ‌های غیر واقعی و اجزاء آنرا بکار می‌برند، اختراع شده است. حالا برای اینکه تصویری از مجموعه این ماشین‌های حساب داشته باشید، باید چند کلمه‌ای درباره سیستم‌های حافظه صحبت کنیم.

**مبتدی** - چه فکر عجیبی. به چه درد می‌خورد؟

## حافظه‌ها

**مهندس** - حافظه‌ها در ماشین‌های حساب، همان نقشی را بازی می‌کنند که کاغذ در موقع حساب کردن برای شما دارد. باید نتیجه‌های بدست آمده ضمن کار را یادداشت کرد تا بتوان بعداً از آنها استفاده کرد. در اینجا به کمک کاربرد عدد نویسی دو علامتی، کاری نداریم جز اینکه بودن یا نبودن را روی بعضی از راه‌ها (یا کانال‌ها) که وابسته به صفرها و یک‌ها هستند، یادداشت کنیم. بسايد نتیجه يك عمل (یا يك عدد داده شده) بتواند نشان داده شود.

**مبتدی** - اما قبلاً درباره آن برایم صحبت کرده‌اید. اینکار را روی يك نمایش‌دهنده - جایجاکننده بخوبی می‌شود انجام داد.

**مهندس** - درست است، سیستم نمایش‌دهنده - جایجاکننده شامل قیان‌هایی هستند. این قیان‌ها امکان يك نوع سیستم حافظه را نشان می‌دهند. برحسب آنکه در حال استراحت و یا حال توازن باشند، نشان‌دهنده رقم صفر یا يك هستند.

**مبتدی** - در این صورت به عنوان حافظه از نمایش‌دهنده - جایجاکننده استفاده می‌کنیم؟

**مهندس** - در بعضی موارد این کار ممکن است انجام شود، اما بیشتر وقت‌ها راه‌حلی است که بیهوده‌گران است. می‌توانیم به قیان‌های ساده اکتفا کنیم. آنها را با ضربه‌هایی که باید در حافظه قرار بگیرند، به وسیله یکی از ورودی‌هایشان زیر تأثیر می‌گیریم. به این ترتیب قیان‌هایی که يك ضربه دریافت می‌کنند به وضعیت کار می‌روند و تا موقعی که آنها را دوباره صفر نکنند به همان وضع باقی می‌مانند.

اما می‌خواستم چند کلمه درباره دستگاه حافظه ساده صحبت کنم. دسته جالبی از این سیستم وجود دارد که حلقه کوچک فریت را بکار می‌برد (فریت به ترکیبی از آهن، اکسیژن و چند فلز دیگر گفته می‌شود که برحسب تکنیک سرامیک‌ها ساخته شده‌اند).

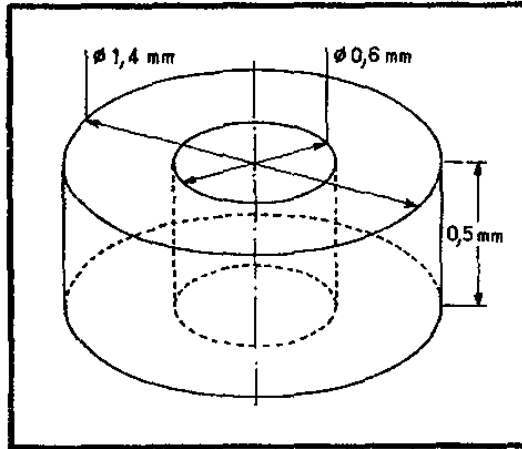
**مبتدی** - آه، درست، دارم به شرح این «هسته‌های با منحنی بسته مستطیلی» می‌رسم که صحبتش را شنیده بودم اما نمی‌فهمیدم منظور چیست.

**مهندس** - درست همانها هستند. می‌توان فریت‌هایی ساخت که وقتی زیر اثر يك میدان مغناطیسی با شدت کافی قرار بگیرند، خاصیت مغناطیسی خود را در يك جهت یا در جهت دیگر حفظ کنند. فرض کنید حلقه کوچکی شبیه به آنچه بشما نشان می‌دهم (شکل ۱۳۳) داشته باشیم...

**مبتدی** - خوب، اگر ذره بین نداشته باشید، به زحمت می‌توانید آنرا ببینید و یا پیدا کنید!

**مهندس** - در واقع جالب بودن سیستم در همین است چون ابعاد کوچک آن به ما امکان می‌دهد حافظه‌هایی با تعداد نسبتاً زیادی عنصر بسازیم که در حجم کوچکی جای بگیرند. يك سیم رسانا از سوراخ این حلقه کوچک می‌گذرانیم و جریانی از آن عبور می‌دهیم. با حلقه‌ای که گفته شد، اگر شدت جریان مثلاً از  $0/7$  آمپر بیشتر شود، تمام سیستم در يك جهت مغناطیس می‌شود، درحالی که خطوط نیروی میدان مغناطیسی در حلقه بسته می‌شوند.





**مبتدی** - آیا در این صورت این حلقه برابر با یک مغناطیس است؟

**مهندس** - نه، حلقه هیچ میدان مغناطیسی خارجی ندارد، چون خطوط نیرو در داخل فریت بسته می‌شوند. اما وسیله‌ای در اختیار ماست که بدانیم در کدام یک از دو جهت مغناطیس شده است. فرض کنید که حلقه به وسیله جریانی که از  $7/0$  آمپر بیشتر است و در یک جهت از سیم می‌گذرد مغناطیس شده باشد، جریانی بیشتر از  $7/0$  آمپر را در جهت

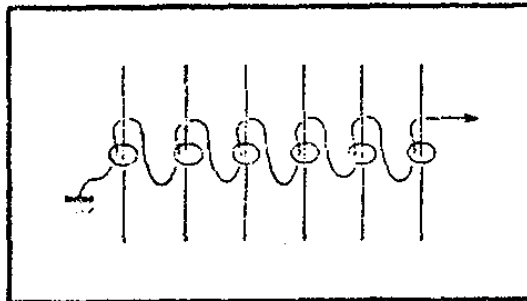
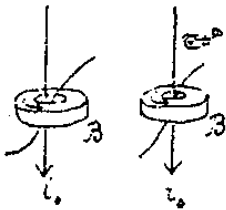
شکل ۱۳۳ - حلقه فریت که برای نگه داشتن یک حافظه به وسیله جبهتی که مغناطیس شده است، بکار می‌رود.



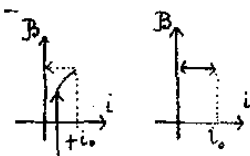
عکس از همین سیم می‌گذرانیم می‌بینیم که جهت مغناطیس حلقه معکوس می‌شود. **مبتدی** - بدون گفتگو حرفتان را قبول می‌کنم، اما پیشرفت بیشتری از قبل نکرده‌ام چون حلقه کوچک هنوز هم میدان خارجی ندارد.

**مهندس** - با شما موافقم. اما فرض کنید که سیم دومی هم از حلقه عبور دهیم. این سیم یک نوع مدار ثانوی برای مبدلی به حساب می‌آید که یک سیم بیشتر ندارد و سیم اول مدار اولیه آنست و فریت هسته آهنی مبدل را تشکیل می‌دهد. وقتی جهت مغناطیس در حلقه گردش می‌کند، فشاری روی این سیم دوم القاء می‌شود. بنابراین وسیله‌ای در اختیار داریم که بدانیم آیا جهت مغناطیس در حلقه عوض شده است یا نه.

ده حلقه نظیر همین را در نظر بگیرید. از هر کدام از آنها یک سیم جداگانه عبور می‌کند که سیم ثبت نام دارد. فقط یک سیم هم، پشت سر هم از تمام حلقه‌ها می‌گذرد. همین سیم است که آنرا سیم خواننده (قراأت کننده) می‌نامیم و به ترتیبی است که برای شما در شکل ۱۳۴ نشان داده‌ام. کار را با گذاشتن سیستم در وضعیتی

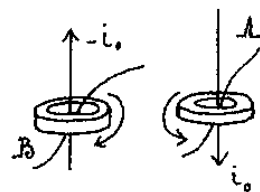


شکل ۱۳۴ - حافظه مغناطیسی از هسته‌های قابل مغناطیس شدن تشکیل شده است که از هر کدام از آنها یک سیم ثبت پرسیش (عمودی) و یک سیم خواننده می‌گذرد.

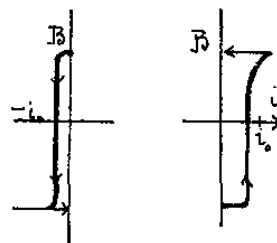


که آنرا صفر می‌نامیم شروع می‌کنیم و این کار را با عبور دادن جریانی بیشتر از  $7/0$  آمپر در سیمهای عمودی از بالا به پایین انجام می‌دهیم. اینکار را پاک کردن حافظه می‌گویند. حالا در تعدادی از سیم‌های وابسته به محل‌هایی که می‌خواهیم در

آنجا يك واحد داشته باشیم (يك واحد یادداشت کنیم) جریان‌هایی بیشتر از  $0/7$  آمپر از پائین به بالا می‌گذرانیم. حلقه‌های وابسته به این سیم‌ها، میدان مغناطیسی معکوس پیدا می‌کنند. حالا برای پرسش از حافظه، جریانی بالاتر از  $0/7$  آمپر را در هر يك از سیم‌ها از بالا به پائین می‌فرستیم. حلقه‌هایی که در جریان یادداشت رقم‌ها جریانی از پائین به بالا دریافت کرده‌اند، میدان مغناطیسی معکوس پیدا می‌کنند و روی سیم خواننده جریانی القاء می‌کنند. می‌بینید که به این ترتیب حافظه‌ای درست کرده‌ایم.

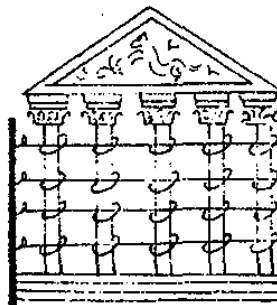


**مبتدی-** در واقع متوجه شدم، اما از يك چیز متاسفم و آن اینست که برای خواندن نتیجه این حافظه، مجبورید در همان حال آنرا پاک کنید. از طرف دیگر، این سیستم حلقه‌های ردیف‌شده که به تعداد مفروضاتی که باید ثبت شود سیم دارد به نظر من کمی درهم است.



### حافظه با خطوط و ستون‌ها

**مهندس-** قطعاً یکی از نقص‌های این سیستم اینست که حافظه، خواننده‌ای دارد که آنرا از بین می‌برد. می‌توان دستگاه‌های مخصوصی را در نظر گرفت که وقتی ضمن خواندن، يك هسته مغناطیس‌شده (که نماینده يك واحد است) پیدا کسرند، آنچه را که در داخل آن ثبت شده است بلافاصله پس از خواندن دوباره ثبت می‌کنند. این کار موضوع را کمی پیچیده‌تر می‌کند، اما ساختن آن متداول است. وارد جزئیات صفحه‌های فریتی با چندین سوراخ نمی‌شوم که آنها هم خواندن بدون از بین بردن را امکان‌پذیر می‌کنند. ترجیح می‌دهم به پرسش دوم شما که درباره پیچیدگی سیستم است پاسخ بدهم. می‌توان به روش زیر آنرا به مقدار زیادی بهتر کرد: برای ثبت واحد دريك هسته و برای خواندن چیزی که در آن ثبت شده يك سیم بکار نمی‌بریم بلکه از دو سیم استفاده می‌کنیم، در هر يك از این سیم‌ها، جریانی به شدت  $0/4$  آمپر می‌فرستیم. بنابراین اگر فقط دريك سیم جریان بفرستیم، ثبتي وجود نخواهد داشت، ثبت وقتی وجود دارد که در يك زمان به هر دو جریان بدهیم.

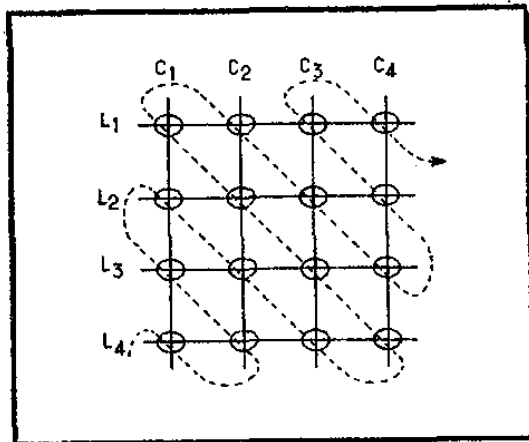


**مبتدی-** این يك نوع مدار «دو» است.

**مهندس-** کاملاً درست است؛ جالب بودن این سیستم در اینست که به ما امکان می‌دهد ثبت را به صورت خط و ستون انجام دهیم. در شکل ۱۳۵ می‌بینید ۱۶ هسته در اختیار من است که در نقطه برخورد چهار ستون  $C_1 \dots C_4$  و چهار خط  $L_1 \dots L_4$  واقع شده‌اند. سیم خواننده از تمام این هسته‌ها می‌گذرد و به صورت نقطه‌چین نمایش داده شده است. برای ثبت يك رقم در ستون سوم و خط دوم، يك جریان  $0/4$  آمپر را در سیم  $C_3$  از بالا به پائین و در سیم  $L_2$  از چپ به راست می‌فرستیم. فقط هسته‌ای که در نقطه تقاطع این دو سیم قرار گرفته است، معادل جریان  $0/8$  آمپر را دریافت خواهد کرد و به وضعیت مغناطیسی وابسته در خواهد آمد. وقتی بخواهیم آنچه در این هسته نوشته شده بخوانیم، جریان‌های پرسش  $0/4$  آمپر را در  $C_3$  از پائین به بالا و در  $L_2$  از راست به چپ خواهیم فرستاد. اگر هسته ستون سوم خط دوم ثبتي دریافت کرده باشد، و فقط در همین حالت، در سیم خواننده فشاری القاء می‌شود. به این ترتیب می‌بینید که با ۱۶ خط و ۱۶ ستون می‌توانم چیزی درست



کنم که آنرا «صفحه حافظه» می‌نامند و ۲۵۶ عنصر دارد که در حجم بسیار کوچکی جای گرفته است.



**مبتدی** - در واقع بسیار زیرکانه است، اما نمی‌خواهم بجای کسانی باشم که چنین حافظه‌ای را درست می‌کنند چون واقعاً مثل بافتنی خانم‌هاست.

**مهندس** - واقعاً هم سازندگان این صفحه‌های حافظه خانم‌ها هستند. به اینکار «بافت» می‌گویند چون در حقیقت شباهتی بیسن ساختمان آن و بافتن پارچه وجود دارد. با یکجا گرد آوردن تعداد زیادی از این صفحه‌ها بطور موازی، یک حافظهٔ مجموع بدست می‌آورند که امکان می‌دهد تعداد بسیار زیادی رقم داده شده را ثبت کنیم.

برای اینکه نمونه دیگری، که در قلمروی حافظه‌ها بسیار جالب است، به شما نشان دهم، توجه شما را به کاربرد دیودهای تونلی جلب می‌کنم.

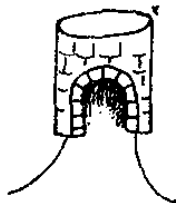
### حافظه با دیود تونلی

**مبتدی** - این دستگاهها را خیلی کم می‌شناسم و بهیچوجه نمی‌دانم چطور آنها را برای ساختن حافظه بکار می‌برند.

**مهندس** - یک دیود تونلی، دیودی است که از یک فشار الکتریکی به بعد (آنرا  $0/4$  ولت می‌گیریم) مثل دیود معمولی در جهت هدایت کار می‌کند. برای فشارهایی کمتر از این مقدار، باز هم در جهت مستقیم، می‌بینیم که وقتی فشار کم می‌شود، برخلاف انتظار جریان دیود افزایش می‌یابد. بنا بر این در این قسمت منطقه‌ای هست که مقاومت منفی دارد. برای یک فشار مخصوص که آنرا فشار «رأس» می‌گویند، جریان دیود از یک مقدار حداکثر می‌گذرد و اگر به کم کردن فشار در دوسر دیود ادامه بدهند، این پساار جریان بسیار تند کاهش می‌یابد و به صفر می‌رسد. در شکل ۱۳۶ منحنی نمایش تغییرات جریان دیود را بر حسب فشار دو سر آن کشیده‌ام. چنین دیود تونلی اگر از یک فشار داده شده به بعد از راه یک مقاومت تغذیه شود، یک سیستم دو ثابتهی بما می‌دهد.

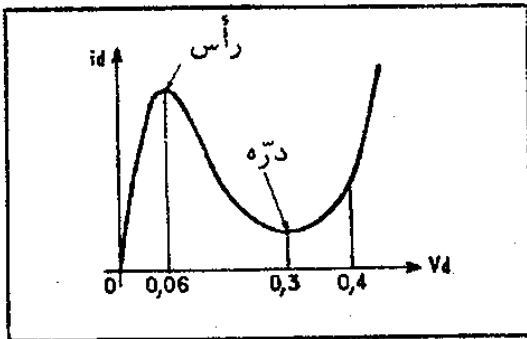
**مبتدی** - که اینطور، من که بهیچوجه نمی‌دانم چگونه است.

**مهندس** - مونتاز شکل ۱۳۷ را که حتماً قبول می‌کنید چندان پیچیده نیست، بررسی کنید. ما در پی آن هستیم که جریان  $i$  را در دیود و فشار دو سر آن  $v$  را مشخص کنیم. باید دو مقدار  $i$  و  $v$  پیدا کنیم که در عین حال مصرف کننده (دیود تونلی)





و تهیه کننده (قوه خشك با نیروی محرکه  $\theta$  و مقاومت داخلی  $R$ ) را راضی کند. منحنی نیازهای مصرف کننده، منحنی شکل ۱۳۶ است. منحنی نشان دهنده رابطه بین  $i$  و  $v$  که به وسیله تهیه کننده تحمیل می شود یک خط راست است همانطور که قانون اهم می خواهد. این خط راست همانست که شما زیر نام «خط راست بار» می شناسید. در شکل ۱۳۸ منحنی مشخصه دیود تونلی و خط راست بار را کشیده ام به این ترتیب می بینید که می توان به عنوان دو مقدار  $v$  و  $i$  که وابسته به حالت ثابت هستند، مقادیری را پیدا کرد که از راه رسم به وسیله نقطه های  $A$  و  $B$  نشان داده شده اند.

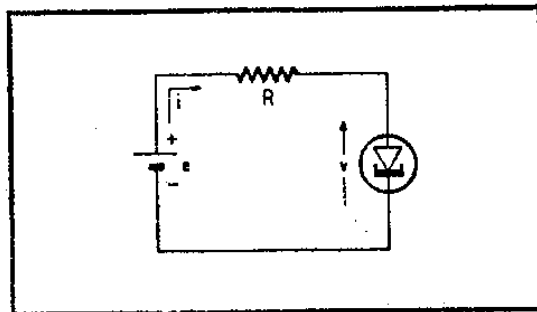


شکل ۱۳۶- منحنی مشخصه فشار - جریان یک دیود تونلی ژرمانیومی.



**مبتدی** - این دیود واقعاً عالی است چون ساختن یک سیستم دو ثابتی با یک قوه خشك، یک مقاومت و یک دیود بسیار عالی است. اما با نقطه  $C$  چه می کنید، آیا آنهم یک حالت ممکن را مشخص می کند؟

شکل ۱۳۷- مونتاژ دیود تونلی به صورت عنصر حافظه.



**مهندس** - ممکن هست اما ثابت نیست. در این محل، مقاومت دینامیک دیود تونلی منفی است و حالت وابسته به آن نمی تواند حفظ شود. می بینید با یک دسته از دیودهای تونلی به این ترتیب می توانیم حافظه های بسازیم. امتیاز این سیستم در اینست که دسترسی به این حافظه بی نهایت سریع است، به عبارت دیگر ثبت در بخش کوچکی از میکروثانیه انجام می شود. در اینجا زمان را بیشتر با نانوثانیه یعنی یک میلیاردم ثانیه اندازه می گیرند. در هسته های فریتی در بهترین وضع، زمان ثبت به میکروثانیه می رسد چون در واقع باید به ماده مدتی فرصت داد تا مغناطیس آن به توازن در آید. با تغذیه هر دیود تونلی به وسیله دو مقاومت می توانیم با دیودهای تونلی سیستم های ثبتی به صورت خطوط و ستون ها مانده هسته های فریت بسازیم. همینطور با این دیودها به آسانی می توان خواننده های ساخت که

$$1ns = 0,000000001s$$

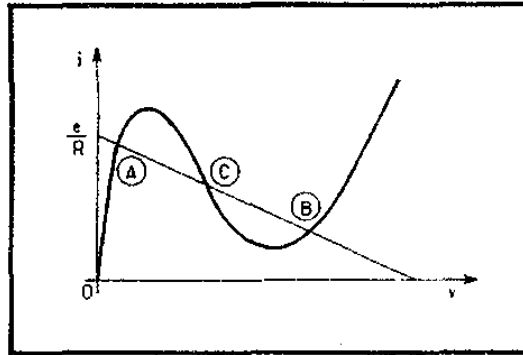
حافظه را هم از بین ببرند.

**مبتدی** - هیچ شک نیست که اگر يك روز ماشین حساب درست كنتم، حافظه آن از دیود تونلی است!

**مهندس** - فکر خوبی است. بدبختانه فقط يك عیب دارد که بزودی از شدت آن کاسته می شود و آن اینست که این دیودهای تونلی نسبتاً گران هستند. بدون شك امکان تازه و جالبی در قلمروی حافظه ها وجود دارد که «اوویستور» **Ovitors** می باشد (از نام **Ovhinsky** مخترع آن گرفته شده است). منظور دیودهایی است که نیمه هادیهای از جنس شیشه دارند که معمولاً يك عایق تقریباً کامل است. این دیود از يك فشار الکتریکی به بعد که به دوسر آن گذاشته شود، دچار تغییر وضعیتی می گردد که بسیار سریع است (به نظر می رسد که زمانهای پاسخ در حدود همان زمانهای دیود تونلی است) که آنرا به وضع رسانا بودن می رساند. بر حسب جنس ماده این حالت ممکن است پس از قطع تمام فشار باقی بماند (در این صورت يك ضربه در جهت عکس لازم است تا اوویستور را به وضع اولیه درآورد) یا اینکه نگهداشته نشود مگر آنکه فشار دوسر دستگاه را از يك مقدار حداقل کمتر نکنند.



اگر بتوانند این دیودها را با بهای کم تهیه کنند، عنصرهای حافظه بسیار جالبی تشکیل می دهند.



شکل ۱۳۸ - سه حالت ممکن سونناز  
شکل ۱۳۷. نقطه های A و B وابسته  
به حالت های ثابت هستند.

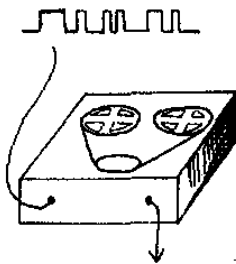
### حافظه برای عددهای پیاپی

**مبتدی** - اگر می خواستم يك عدد پیاپی را در حافظه نگه دارم، چطور می توانستم اینکار را بکنم؟

**مهندس** - بطور ساده آنرا مثل يك علامت معمولی روی نوار مغناطیسی ثبت می کنید. همینطور غالباً يك استوانه را که پوشش اکسید مغناطیسی دارد و بسیار تند می چرخد بکار می برند که روی آن سرهای متعدد مغناطیسی کار ثبت مشخصات وابسته را روی راههای زیادی انجام می دهند. نقص این دستگاه اینست که زمان دسترسی به حافظه نسبتاً زیاد است.

**مبتدی** - راستی آقای مهندس، بمن نگفتید که اعداد پیاپی را چطور می توان در هم ضرب کرد.

**مهندس** - اقرار می کنم که شما می ضرب کننده اعداد پیاپی را نمی دانم. اما اگر شما می ضرب کننده شکل ۱۳۲ را بررسی کنید مشاهده خواهید کرد که مضروب فیه و مضروب روی نمایش دهنده - جایجا کننده نمایش داده شده اند. از طرف دیگر به شما گفته ام که این دستگاهها تبدیل يك عدد پیاپی را به يك عدد موازی به سادگی



امکان پذیر می‌سازند. اگر دو عدد پیاپی داشتیم که می‌خواستیم در هم ضرب کنیم، کار را با تبدیل آنها به عدد موازی روی نمایش‌دهنده - جابجا کننده‌های  $AD_1$  و  $AD_2$  شکل ۱۳۲ آغاز می‌کردیم.

پس حالا اساس سیستم‌های جمع‌کننده، تفریق‌کننده و ضرب‌کننده ماشین حساب‌ها را که در انجام عملیات بزرگ حساب با سرعت زیاد، نقش بازی می‌کنند، می‌شناسید.

**مبتدی** - در واقع با این حرف تقریباً موافقم، اما با افزودن دشواری‌ها و ضرب کردن دام‌ها یا تله‌ها، تمام ماده خاکستری مغز من را تفریق کرده‌اید و احساس می‌کنم که حافظه‌های من کاملاً نیروی مغناطیسی خودشان را از دست داده‌اند. اگر ناراحت نمی‌شوید گمان می‌کنم بهتر باشد دفعه دیگر به صحبت‌هایمان ادامه دهیم، حتی اگر این جلسه چند روز بعد باشد بهتر است تا من بتوانم از این «حمام دیزیتالی» که در آن فرو رفته‌ام، بیرون بیایم.



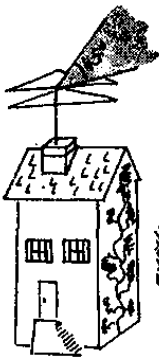
## مبحث پانزدهم

مبتدی نزدیک است مهندس مشاور شود! او يك سيستم فرمان آنتن درست کرده است. اما می خواهد به نتیجه های بهتری برسد. مهندس نخواهد گذاشت که این موقعیت غیرمنتظره برای یاد دادن ماشین های فرمان دهنده به او (با خطرهای پنهانی به نوسان آمدن تمام این مجموعه ها) و شباهت آن با يك تقویت کننده ضد واکنشی، از دست برود.

### ماشین های فرمان دهنده

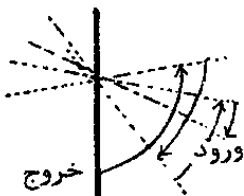
مبتدی - آه آقای مهندس، از دیدار شما خوشحالم، چون احتمالاً راه حل مسئله ای را که فکرم را خسته کرده است خواهید گفت.  
مهندس - شروع کنید، همه آنها به روشنی برایم شرح بدهید، من سراپا گوشم.

#### ارسال دوباره وضعیت



مبتدی - یکی از دوستانم که برای سرگرمی ارتباط رادیویی برقرار می کند (دوستدار اینکار است)، يك آنتن جهت پذیر دارد. از من خواسته است به او کمک کنم تا يك سيستم جهت دادن به آنتن بسازد چون از آپارتمان خودش نمی تواند آنتن مورد بحث را ببیند و می خواهد بداند آنتن به کدام طرف متوجه است. به او پیشنهاد کردم برای شناختن وضعیت آنتن آنرا به يك پتانسیومتر وصل کند، چون شما به من آموختید که می توان آنها را برای اعلام وضعیت بکار برد.

مهندس - راه حل خوبی است، اما می دانید که نمی توانید آنرا برای يك دور کامل بکار ببرید چون يك پتانسیومتر يك زاویه مرده دارد.  
مبتدی - می دانم، اما در حال حاضر اهمیتی ندارد چون دوست من قربانی ساختمان نزدیک منزلش شده است که ارسال امواج رادیویی را برای او در يك زاویه ۴۵ درجه غیر ممکن می سازد. بنابراین گردش آنتن او محدود است، حتی در مکانیسم آن خارهایی گذاشته شده است که آنرا دورتر از حد مورد نیاز نبرند (شکل ۱۳۹). برای او پتانسیومتری پیدا کردم که زاویه مرده آن ۵ درجه است و به او کمک کردم تا برای فرمان دادن به موتور و آنتن دستگاهی به وسیله دو ترازیستور بسازد تا بتوان تمام آنرا با يك کلید بسیار کوچک فرمان داد. يك ولت متر که فشار را بین سر متحرک پتانسیومتر و یکی از دو انتهایش اندازه می گیرد، امکان شناختن وضعیت آنتن را فراهم می آورد.



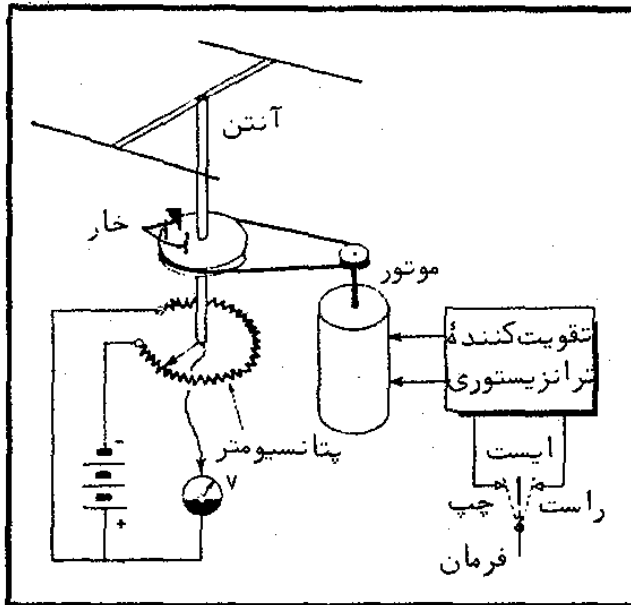
مهندس - تمام آن بسیار خوب است. نمی دانم درجه مورد می توانم بشما کمک کنم، احساس می کنم که مسئله ای که برای شما طرح کرده اند کاملاً حل کرده اند.  
مبتدی - آه... تقریباً نصف آنرا. در واقع من و دوستم از نتیجه بدست آمده چندان خوشنود نیستیم. موتور دور برمی دارد و وقتی شروع به گردش می کند برای اینکه وضعیت مورد نظر را بدست بیاوریم باید کمی جلوتر آنرا قطع کنیم. غالباً

از این موقعیت می‌گذریم و باید آنرا به عقب برگرداند. حتی گاهی می‌شود که زیاد عقب می‌آید و باید تنظیم را دوباره شروع کرد. مطمئن هستیم که برای اینکار راه‌حلی دارید.

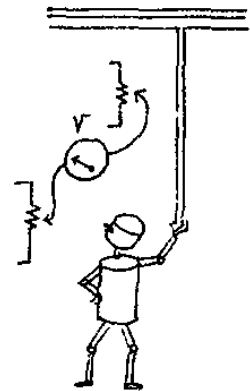
**مهندس** - نه تنها راه‌حلی دارم بلکه خیلی خوشحالم که این پرسش را از من کرده‌اید. فرض کنید که می‌خواهیم به آنتن شما حرکتی بدهیم و یا درست‌تر بگوییم آنرا در یک وضعیت کاملاً مشخص قرار دهیم. به عنوان وسیله فرمان یک پتانسیومتر دیگر انتخاب می‌کنیم که تا حد امکان شبیه به پتانسیومتری باشد که آنتن آنرا حرکت می‌دهد. حتی به شما توصیه می‌کنم پتانسیومتر دوم را روی یک تخته یا صفحه قرار بدهید که محورش از آن بیرون بیاید. روی همین صفحه نقشه دنیا را قرار بدهید و یک عقربه که به محور پتانسیومتر وصل است، جهتی را که آنتن را باید روی آن بگذارید مستقیماً به شما نشان خواهد داد.

**مبتدی** - اگر وسیله‌ای در اختیارم بگذارید که بشود این سیستم را ساخت، احساس می‌کنم که به چشم دوستم بزرگترین مهندسی که در تمام دورانها وجود داشته خواهد شد!

**مهندس** - خواهید دید که اینکار در چند ساعت انجام می‌شود. سیم‌پیچی ثابت پتانسیومتر آنتن و پتانسیومتر دیگر را که من «فرمان» می‌نامم به وسیله یک فشار یکسان تغذیه می‌کنم.



شکل ۱۳۹- گردش آنتن به وسیله موتوری فرمان داده می‌شود که به وسیله جریان یک تقویت‌کننده تغذیه می‌گردد. برای شناختن وضعیت آنتن، پتانسیومتری به آن متصل کرده‌اند که این وضعیت را روی ولتمتر V نشان می‌دهد.



بنابر این منظور از اینکار اینست که اختلاف سطح‌های دو پتانسیومتر آنتن و فرمان را برابر کنیم.

**مبتدی** - بله همینطور است. تا حدودی می‌دانم چه می‌خواهید بکنید. می‌خواهید بین دوسر متحرک پتانسیومترها یک ولتمتر قرار بدهید و فرمان موتور را طوری تنظیم کنید که این ولتمتر روی صفر بیاید.

**مهندس** - از یک نظر حق با شماست. چون روی وضعیت آنتن «عمل می‌



کنند» تا اختلاف سطح بین دوسر متحرك پتانسیومترها را به صفر برسانند. اما آنکه «عمل می‌کند» نه شما هستید و نه دوستان بلکه يك دستگاه خودکار است.

فرض کنید که اختلاف سطح بین دوسر متحرك پتانسیومترها به ورودی يك تقویت کننده گذاشته شود که خروجی آن به موتور آنتن فرمان می‌دهد؛ اگر تقویت کننده شما خوب درست شده باشد و اگر مؤلفه جریان مستقیم را بخوبی عبور دهد، بخشی از مسئله را حل کرده‌اید.

**مبتدی** - بسیار عالی است! الان می‌روم این را در خانه دوستم نصب می‌کنم و...  
**مهندس** - و دوستی شما تا آخر عمر بهم می‌خورد! در واقع اگر این دستگاه را بدون احتیاط لازم نصب کنید، واقعه غیر منتظره بسیار نامطبوعی در انتظار شماست که خواهید دید آنتن با خشم دائماً حرکت می‌کند تا اینکه موتور خراب شود و یا آنتن از زمین پرود و یا هر دو از کار بیفتند.

**مبتدی** - اینهم از مشخصات شماست. پس از اینکه راه حل بسیار جذابی پیدا می‌کنید به دلایلی که من نمی‌دانم چیست بمن می‌گوئید غیر قابل استفاده است!

## ثبات

**مهندس** - دور بر نندارید. فقط باید بعضی چیزهای کوچک به شکل اولیه اضافه کرد تا کاملاً قابل کاربرد باشد. در واقع حرکتی که درباره آن با شما صحبت کردم بطور واقعی ظاهر می‌شود. این فقط در نتیجه آنست که خودکار بودن آن شبیه به حرکت با دست است.

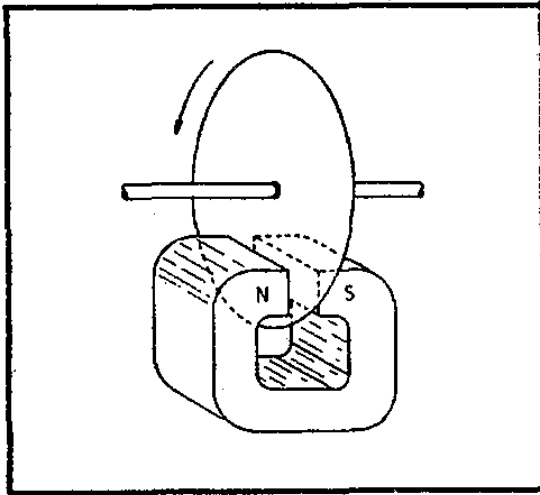
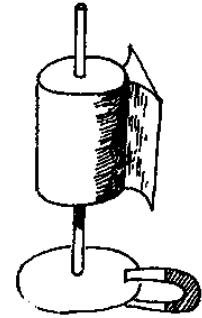
وقتی موتور می‌خواهد آنتن را به حرکت در آورد تا آنرا به وضعیت مطلوب برساند، مقداری دور می‌گیرد. وقتی آنتن به این وضعیت رسید، موتور دیگر فشار الکتریکی دریافت نمی‌کند، اما دوری که گرفته است آنرا از وضعیت مطلوب می‌گذراند، بعد فشار دوسر آن معکوس می‌گردد و موتور در جهت عکس گردش می‌کند. ممکن است که این نوسان در دو جهت میرا شود و موتور وضع ثابتی بگیرد اما احتمال هم دارد که این حرکت برای همیشه ادامه پیدا کند. در این لحظه باید سیستم میرا کردن حرکت موتور وارد کار شود.

**مبتدی** - يك مدار نوسانی را می‌توانم میرا کنم اما يك موتور را نمی‌توانم!  
**مهندس** - با اینحال با روش فنی بسیار شبیه به آن، همین کار را می‌کنیم. برای میرا کردن يك مدار نوسانی، به دوسر آن يك مقاومت وصل می‌کنید به این ترتیب وقتی فشار در دو سر خازن (یا قرقره) زیاد است، تلف توان زیادی در مقاومت وجود دارد. اما در مورد موتور، به عنوان نخستین راه حل به شما توصیه می‌کنم روی محور آن دستگاهی از نوع هالشی چسبنده نصب کنید. منظور نوعی ترمز است که يك زوج ترمز کننده را وارد کار می‌کند که هر چه سرعت بیشتر باشد، مقدار آن بیشتر است. يك نوع ساخت ساده این دستگاه (شکل ۱۴۰) به شکل يك صفحه مسی است که از فاصله بین دو قطب يك آهن ربای بسیار قوی می‌گذرد. جریان‌های القاء شده در جرم مس در ضمن گردش (جریان فوکو) نیروهائی ایجاد خواهند کرد که حرکت صفحه را با شدتی ترمز کنند که هر چه گردش صفحه تندتر باشد، این شدت زیادتر است. در این شرایط آنتن شما به وضعیت مورد نظر تان نزدیک می‌شود و تمایل



کمی به گذشتن از این وضعیت دارد. پس از چند نوسان با دامنه کوچک به وضعیت نهائی خود می‌رسد.

**مبتدی-** بله، این راه حل عملی است، اما هیچ از آن خوشم نمی‌آید چون به این ترتیب سرعت موتور را خیلی محدود خواهید کرد. این روش برای وقتی که آنتن نزدیک به وضعیت مطلوب باشد، بسیار خوب است اما وقتی که دور از آن باشد چندان خوب نیست و به این ترتیب چنین دستگاہی زمان لازم برای آوردن آنتن به وضعیت مطلوب را خیلی زیاد می‌کند.



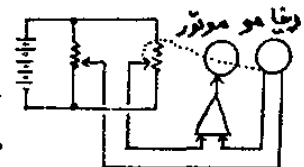
شکل ۱۴۰- يك صلیحه که در فاصله بین دو قطب آهن‌ریا می‌چرخد در اثر جریان‌های فوکو، اثر ترمزی بوجود می‌آورد که هرچه سرعت گردش زیادتر باشد، این اثر ترمز بیشتر است.

**مهندس-** کمی از آنچه گمان می‌کنید کمتر است. فراموش نکنید که هرچه آنتن از وضع مورد نظر دورتر باشد، فشاری که بین دو سر متحرک پتانسیومترها وجود دارد زیادتر است، در نتیجه فشار الکتریکی گذاشته شده به موتور، بر حسب دوری از وضعیت مطلوب، رو به افزایش است. بنابراین اگر ایسن فاصله زیاد باشد، با وجود ترمز، موتور می‌تواند نسبتاً تند بگردد، و نیروی ترمز نمی‌تواند زیادتر از نیروی گرداننده موتور باشد مگر در وقتی که فاصله آنتن از وضع مطلوب کم باشد. حالا درباره اینکه این راه حل کافی نیست با شما موافقم.

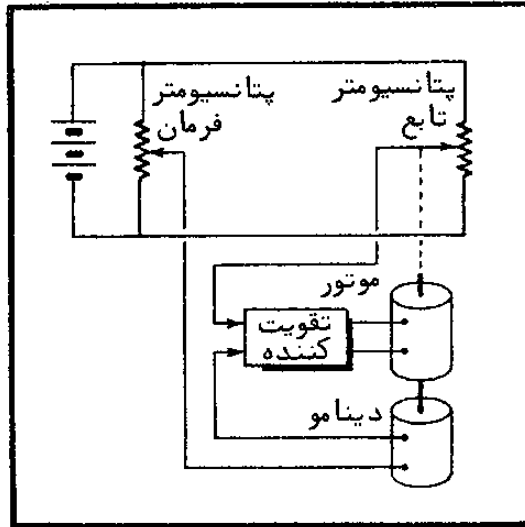
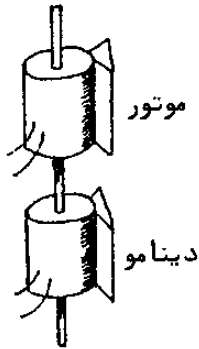
### ثبات به وسیله دیناموی سرعتی

**مبتدی-** چیزی که بسیار خوب خواهد بود، اینست که یک نوع ترمز داشته باشیم که فقط وقتی دخالت کند که آنتن به وضعیتی که باید در آن قرار بگیرد نزدیک شده است و بخصوص متناسب با وضعی باشد که موتور خیلی تند می‌چرخد.

**مهندس-** آقای مبتدی به درستی در راه صحیح کام برمی‌دارید. باید در تقویت کننده‌ای که به موتور فرمان می‌دهد، فشاری وارد کرد که متناسب با سرعت موتور باشد و به فشار موجود بین دوسر متحرک پتانسیومتر اضافه شود. برای این کار ساده‌ترین راه حل اینست که به موتور، یک دینامو وصل شود که در این حالت آنرا **دیناموی سرعتی** می‌گویند و فشار خروجی را که بدست می‌دهد متناسب با سرعت موتور است و این فشاری است که از اختلاف دوسر متحرک پتانسیومترها کاسته می‌شود



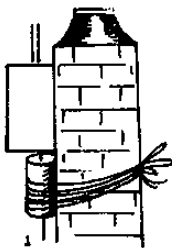
مبتدی- چرا باید يك دینامو را به موتور وصل کرد؟ چندی پیش برایم شرح دادید که يك موتور جریان مستقیم و يك دینامو هر دو يك دستگاه هستند، از این



شکل ۱۴۱- در این سیستم فرمان خودکار، فشار ایجاد شده به وسیله دیناموی سرعتی از فشار اشتباهی (فشاری که بین دوسر متحرك دو پتانسیومتر وجود دارد) کاسته شده است. به این ترتیب نمی تواند تند بگردد مگر آنکه این فشار زیاد بسازد؛ و لسی موتور به وضعیت مطلوب نزدیک باشد، دیگر نمی تواند تند بگردد چون دیناموی سرعتی نزدیک به انتیبا، سرعت را کم می کند و به این ترتیب گذشتن موتور را از حد معین و نوسان را حذف می کند.

گذشته یاد می آید که وقتی موتور کار می کند بنظر می آید که يك دینامو هم هست و بهمین جهت يك نیروی ضد محرکه از خود نشان می دهد. نمی شود این نیرو را بکار برد؛

مهندس- از يك جهت حق با شماست، اما کاربرد این نیروی محرکه همیشه آسان نیست. در واقع در دوسر يك موتور فشاری داریم که حاصل جمع نیروی محرکه و يك افت فشار است که در نتیجه عبور جریان از سیم های القاء شده، که بهر حال مقاومتی دارند بوجود آمده است. در حقیقت مونتاژهایی وجود دارد که امکان بکار بردن فشار الکتریکی دو سر موتور را برای بدست آوردن همین مقدار تابع سرعت، که ثبات مجموعه را عملی می کند، بوجود می آورند. این مونتاژها پیچیده هستند و زیاد توصیه نمی کنم که وارد این بحث شوید. در واقع نباید فراموش کرد که موتور شما به خروجی تقویت کننده شما ارتباط دارد. پس به این آسانی که می خواهید، فشار دوسر آن در اختیار آن نیست. اگر به موتور يك دیناموی سرعتی بسته باشید، می توانید فشاری متناسب با سرعت داشته باشید که روی دوسیم که کاملاً از بدنه جدا هستند تهیه شده است و می توانید با نهایت آسانی آنرا از اختلاف سطح بین دوسر متحرك پتانسیومترها کسر کنید. حتی اگر لازم باشد، می توانید این فشار الکتریکی دینامو را به وسیله دیود یا دستگاههای مشابه دیگر با «برش سر» تغییر بدهید. به این ترتیب کار ترمز وابسته به سرعت محدود خواهد بود که این موضوع امکان می دهد سرعت گردش مجموع موتور- دینامو تا وقتی اختلاف سطح بین دو سر متحرك پتانسیومترها زیاد است، خیلی زیاد باشد.



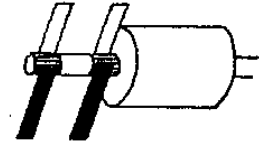
مبتدی- در حقیقت راه حل ظریفی است، اما احساس می کنم که در بکار بردن آن ناراحتیم. مجموع سیستم مکانیکی فرمان آنتن قبلاً درست شده است و نمی دانم



این دینامو را کجا باید جای داد.

### تصحیح به وسیله مشتق

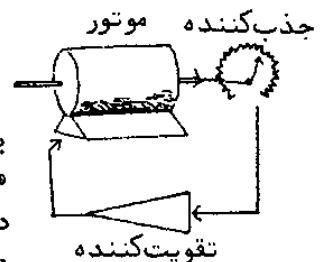
**مهندس** - موتورهای وجود دارند که خودشان شامل یک دیناموی سرعتی در داخل خود هستند. القاء شده موتور و دینامو از نظر قرار گرفتن، مخلوط باهمدیگرند اما از نظر الکتریکی از هم عایقند و دو کلکتور جداگانه و دو جفت جارو دارد. با اینحال اگر بخواهید تأسیسات موجود را تا حد امکان کمتر تغییر بدهید، یک راه حل تقریبی وجود دارد که بدهم نیست به این ترتیب که فشار سر متحرک پتانسیومتر آنتن خودتان را می‌گیرید و آنرا به یک مدار مشتق از نوع شکل ۶۴ می‌گذارید. چون فشار گذاشته شده به این مدار متناسب با وضعیت آنتن است، چیزی که در خروجی مدار مشتق بدست می‌آورید، فشاری خواهد بود که تقریباً متناسب با سرعت این آنتن است. وقتی فشار خروجی این مدار بطور متناسبی تقویت شود و به همراه اختلاف سطح موجود بین دوسر متحرک پتانسیومترها به ورودی تقویت کننده گذاشته شود، بشما امکان خواهد داد که کار مجموعه را ثابت نگه دارید. شاید اینکار بخوبی کار با دینامو نباشد، اما تغییر تأسیسات نصب شده خیلی کمتر خواهد بود.



**مبتدی** - گمان می‌کنم که راه حل مناسب را پیدا کرده باشید و قطعاً همین را بکار خواهیم برد و دوست من خوشحال می‌شود.  
**مهندس** - در واقع گمان می‌کنم تأسیسات شما او را کاملاً راضی کند. با پتانسیومترهای خوب می‌تواند دقت جهت یابی را بهتر از یک درجه کند که برای یک آنتن کاملاً کافی است.

### سیستم‌های دوسر بسته

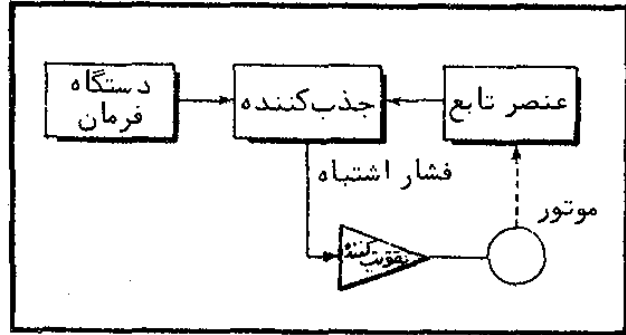
**مبتدی** - در این مجموعه چیزی وجود دارد که کنجکوی مرا تحریک می‌کند. برای اینکه اصطلاحات شما را بکار ببرم، موتوری که روی آنتن ائسر می‌کند، «پس‌دهنده» است. پتانسیومتر آنتن چیزی غیر از «جذب کننده» نیست. درحالی که در این سیستم پس‌دهنده مستقیماً به جذب کننده بسته شده است، با اینحال جذب کننده به پس‌دهنده فرمان می‌دهد.



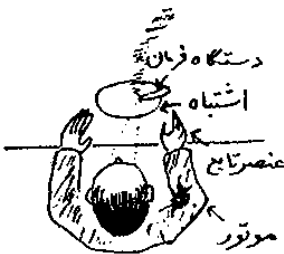
**مهندس** - الان انگشت روی نقطه اساسی این دستگاه‌ها گذاشتید چون در واقع همین اثر پس‌دهنده روی جذب کننده است که دستگاه‌های فرمان‌دهنده را مشخص می‌کند.  
**مبتدی** - پس دستگاه‌های فرمان‌دهنده، ماشین‌هایی هستند که در آنها پتانسیومتر جذب کننده (گیرنده) وجود دارد؟

**مهندس** - غیر از این چیزی نیست. می‌توان سیستم‌های زیاد دیگری را در نظر گرفت. چیزی که مشخص کننده یک دستگاه فرمان‌دهنده است و تا حدودی شکل عمومی آنست. شمائی است که در شکل ۱۴۲ نشان داده شده است. می‌بینید که در آن یک دستگاه فرمان وجود دارد که یک سیستم مقایسه کننده وضعیت (یا حالت) آنرا با وضعیت (یا حالت) عنصر تابع یعنی عنصری که می‌خواهیم به آن فرمان بدهیم، مقایسه می‌کند. تفاوت بین حالت‌های این دو عنصر که به وسیله مقایسه کننده

نمایان می شود به يك علامت اشتباه (یا اختلاف) بر گردان می شود که به تقویت کننده می گذارند. فشار خروجی تقویت کننده روی موتور اثر می کند که می خواهد حالت عنصر تابع را به ترتیبی در آورده تا حد امکان نزدیک به حالت دستگاه فرمان باشد.



شکل ۱۴۲- شمای جعبه ای يك سیستم تابع (فرمان دهنده) که در آن موتور برای آنست که عنصر تابع را به وضعیتی در آورد که در آن فشار اشتباهی صفر باشد.

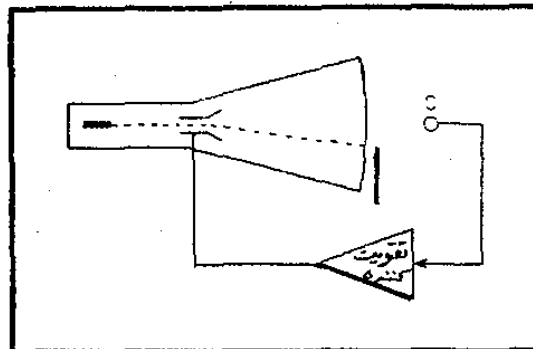


**مبتدی-** اگرچه معمولاً به شمای جعبه ای شما اعتماد ندارم، بنظر می آید که این یکی خیلی روشن است. در سیستم فرمان آنتن، دستگاه فرمان پتانسیومتر است که دست دوست هن روی آن اثر می گذارد، عنصر تابع آنتن است (در نتیجه پتانسیومتر جذب کننده وضعیت هم هست). اختلاف سطح بین دوسر متحرك پتانسیومتر- هاست که علامت اشتباه شمرده می شود و آنرا به تقویت کننده می گذاریم. با وجود این در شمای شکل ۱۴۲، سیستم های ثبات را که قبلاً درباره آنها برای صحبت کرده اید، نشان نداده اید.

**مهندس-** این دستگاه ها همیشه لازم نیستند و بهر حال آنها را روی شمای جعبه ای که تا این اندازه ساده باشند، نشان نمی دهند. حالا میل دارم که آگاه باشید که يك دستگاه فرمان دهنده چیز بسیار عمومی است. باید به کلماتی که بکار برده ام معنی بسیار گسترده ای بدهید. مثلاً وقتی می گویم «موتور»، این معنی را از آن نفهمید که منظور چیزی است که به حرکت درمی آورد، یا بطور درست تر باعث ایجاد تغییر در چیزی می شود و منظور فقط آن چیزی نیست که معمولاً از کلمه موتور فهمیده می شود.

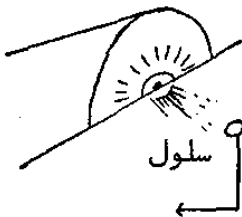


**مبتدی-** دلم می خواست مثالی درباره این موتور غیر مادی بزنید.



شکل ۱۴۳- يك مثال برای سیستم تابع: سلول فتوالکتریک C بر حسب آنکه مقوا چگونه بین سلول و اسپات قرار گرفته باشد، کم و بیش نور اسپات لامپ کاتدی را جذب می کند، این سلول تغییر وضعیت اسپات را فرمان می دهد.

مثال برای سیستم تابع: تقویت کننده ضد واکنشی



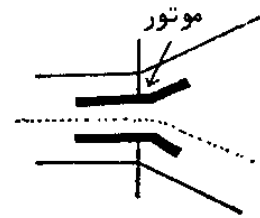
**مهندس-** در این صورت «مونوفرمر» **Monoformer** را برایتان نام می برم. منظور دستگاهی است که در آن می خواهند يك لامپ کاتدی درست در محلی

روی صفحه پرسد که در خارج لامپ يك مقوا جلوی بخشی از نور آنرا می‌گیرد. این نتیجه را بهمان ترتیب که در شکل ۱۴۳ نشان داده‌ام بدست می‌آوریم. تقویت‌کننده فشار سلول فتوالکتريک C را دریافت می‌کند و فشار خروجی آن که به دستگاه انحراف عمودی لامپ کاتدی گذاشته شده است می‌خواهد وقتی سلول روشن است اسپات لامپ کاتدی را به طرف پائین منحرف کند.

**مبتدی** - درست است! متوجه شدم، وقتی اسپات در منطقه باز قرار دارد سلول را روشن می‌کند و در نتیجه فشاری به ورودی تقویت‌کننده گذاشته می‌شود. بنابراین اسپات به سمت پائین منحرف می‌شود تا اینکه به لبه مقوا برسد، زیرا اگر پائین تر برود، تقویت‌کننده دیگر فشار خروجی نخواهد داشت و اسپات دوباره میل دارد بالا بیاید.

**مهندس** - مطلب را کاملاً فهمیده‌اید. می‌بینید که در این مثال «موتور» غیر از اثر منحرف‌کننده‌ای که فشار خروجی تقویت‌کننده روی اسپات اعمال می‌کند، چیز دیگری نیست. عنصر تسایع اسپات است، دستگاه فرمان مقوا است و مقایسه‌کننده چیزی نیست جز... قانون نور که به ما می‌گوید نور روی خط مستقیم منتشر می‌شود. در واقع برحسب آنکه اسپات نسبت به مقوا بالاتر یا پائین تر باشد، سلول روشن می‌شود و یا نمی‌شود. بنابراین می‌بینید که کلمات وابسته به وضع شکل ۱۴۲ را در يك معنای کلی باید در نظر گرفت.

**مبتدی** - اقرار می‌کنم که بطور مجموع هیچ شباهتی بین «مونو فرم» شما و سیستم فرمان آنتن نمی‌بینم. اما باید بگویم که این مسئله فرمان‌دهنده‌ها برایم کاملاً تازگی دارد.

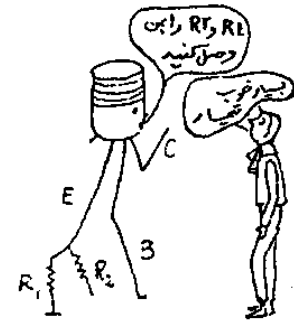


### يك نوع سیستم تابع:

#### تقویت‌کننده ضد واکنشی

**مهندس** - آه! مسلماً نه. شما هم احتمالاً فرمان‌دهنده یا بهتر بگویم سیستم‌های تابع (معنی گسترده‌تر از کلمه قبلی) ساخته‌اید بدون آنکه خودتان بدانید. مطمئن هستم که تا بحال تقویت‌کننده فرکانس پائین مجهز به ضدواکنش ساخته‌اید. **مبتدی** - بله، مثل همه رادیوسازها. اما اصلاً ارتباط آنرا با این موضوع نمی‌دانم؛ وانگهی باید بگویم که در این حالت کورکورانه از دستورهای شکل کشیده شده پیروی کرده‌ام. به من گفته بودند که در يك تقویت‌کننده معین با اضافه کردن يك مقاومت در اینجا و يك مقاومت در آنجا، خوبی کار این تقویت‌کننده را با قبول زیانی که کاهش مقداری ضریب بهره است و چندان مهم نیست، افزایش می‌دهند، بشرطی که این ضریب بهره دراصل زیاد باشد. من آزمایش کردم، نتیجه‌های بدست آمده بسیار خوب بود اما اقرار می‌کنم که هنوز هم نمی‌دانم چرا.

**مهندس** - اگر مقاومت‌هایی را که به تقویت‌کننده‌های خودتان اضافه کرده‌اید، از نزدیک تجزیه و تحلیل کنید خواهید دید که منظور از این مقاومت‌ها اینست که بخش مشخصی از فشار خروجی را به ورودی تقویت‌کننده برسانند، درحالی که این بخش از فشاری که به ورودی تقویت‌کننده می‌دهید کسر می‌شود. اینکار مثلاً با برداشت فشار خروجی مدار ثانوی مبدل و گذاشتن مثلاً یک‌دهم آن به وسیله یک





باشد؛ برای بدست آوردن فشار خروجی ۱۰ ولت، يك فشار ورودی  $1\text{ mV}$  لازم است. فرض کنیم که تضعیف کننده نسبت تضعیف ۵۰ داشته باشد، به عبارت دیگر  $\Gamma = 0.02$  باشد. از آن نتیجه می گیریم که مقدار  $rS$  وقتی  $S$  برابر ۱۰ ولت باشد،  $200\text{ mV}$  خواهد بود. برای بدست آوردن فشار  $u$  که  $1\text{ mV}$  باشد، باید فشار  $e$  در ورودی  $201\text{ mV}$  باشد. به این ترتیب اختلاف بین  $rS$  و  $e$  بیشتر از  $1\text{ mV}$  نخواهد بود.



**مبتدی** - بدون دشواری حرفهای شمارا فهمیدم، اما تا اینجا تنها «امتیاز»ی که در مونتاز شما می بینم اینست که در اینجا فشار ورودی لازم دویست برابر بیشتر از موقعی است که بطور مستقیم فشار روی آن گذاشته شود. شاید این مطلب جالب باشد اما اقرار می کنم که چیزی از آن نمی فهمم.

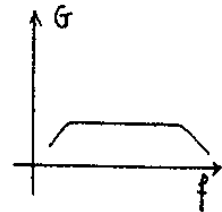
**مهندس** - از يك جهت حق با شماست، در واقع فشار ورودی بزرگتری لازم است و این يك نقص مونتاز است که معمولاً چندان مهم نیست زیرا همیشه می توان ضریب بهره اولیه را مقداری بیشتر گرفت. اما خیلی تند امتیازهای این سیستم را کشف خواهید کرد. آقای مبتدی نقص های اساسی يك تقویت کننده چیست؟

**مبتدی** - به عقیده من گران است و ساختن آن ناراحت کننده است.

**مهندس** - منظورم این نقص ها نیست بلکه نارسائی هائی است که از نظر الکتریکی دارد.

**مبتدی** - در این صورت گمان می کنم منظورتان اشاره به اعوجاج آن و همینطور باندگذرای آنست که تا اندازه ای که می خواهند گسترده نیست به عبارت دیگر گاهی فرکانس های زیاد و کم را بهتر از فرکانس های متوسط می گذرانند.

**مهندس** - درست می خواستم همین را بگوئید. مشاهده می کنید که این دو عیب در نتیجه تغییر ضریب بهره بوجود می آیند. بدگذراندن فرکانس های بسیار زیاد یا بسیار کم بستگی به تغییرات ضریب بهره بر حسب فرکانس دارد؛ اگر ضریب بهره بر حسب دامنه تغییر کند، باعث بوجود آمدن اعوجاج غیر خطی می شود.



حالا مونتاز شکل ۱۴۴ را بررسی کنید؛ ضریب بهره جدید بی نهایت نزدیک

به ۵۰ است (۱۰ ولت خروجی برای  $201\text{ mV}$  ورودی). اما فرض کنید که به يك دلیل نامشخص، ضریب بهره تقویت کننده ده بار کوچکتر شود. حالا برای اینکه

$10\text{ V}$  در خروجی تهیه کند دیگر در ورودی  $1\text{ mV}$  لازم ندارد بلکه  $10\text{ mV}$  باید

به آن داده شود. برعکس فشار  $rS$  همان مقدار  $200\text{ mV}$  باقی خواهد ماند. فشار

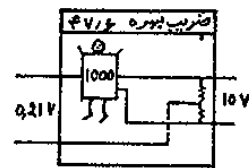
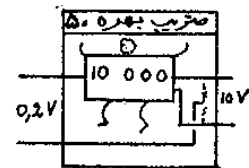
$e$  که باید گذاشته شود تا در  $u$  مقدار  $10\text{ mV}$  بدست آید، خواهد بود

$210\text{ mV}$ . به عبارت دیگر، ضریب بهره تسازه مجموع دیگر ۵۰ نیست بلکه

$47/6 = 0.21 \div 10$  است که تغییر آن نسبت به ضریب بهره اولیه بیش از  $4/2$  درصد نیست. می بینید که وقتی ضریب بهره تقویت کننده خیلی تغییر می کند، ضریب

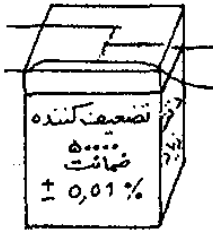
بهره مجموع مدار به مقدار بسیار کمی تغییر می کند. بنابراین مونتاز ما امکان

آنرا بوجود آورده است که ضریب بهره کاملاً ثابت شود.

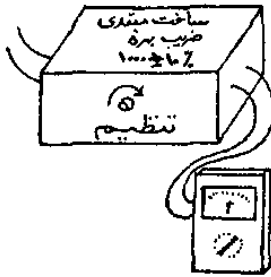


## ضریب بهره برابر عکس تضعیف است

**مبتدی** - اما ضریب بهره شما فقط تا آنجا که خود این تضعیف ثابت باشد، ثابت خواهد بود.



**مهندس** - نکته بسیار خوبی را گفتید. اما فراموش نکنید که ساختن یک تضعیف کاملاً ثابت، بی نهایت ساده است. این کار به وسیله تقسیم کننده فشار مقاومتی انجام می شود که در صورت لزوم به خازن های کوچک مجهز می گردد تا اثر ظرفیت های مزاحم جبران شود. ساختن یک تضعیف کننده که بتواند فشار ورودی را در باند فرکانسی قابل توجه و فشارهای بسیار متغیر به ۵۰ بخش کند بسیار آسان است. به عبارت دیگر بدست آورده ایم که ضریب بهره مجموع مونتاز، معکوس نسبت  $T$  تضعیف، تضعیف کننده است. به این ترتیب است که ضریب بهره را کاملاً ثابت کرده ایم.



خوشحالم که کار این دستگاه را فهمیدم. به این ترتیب راه حل مسئله ای را که مدتی برآیم مطرح بود بدست دادید چون می خواستم تقویت کننده کوچکی با ضریب بهره ۱۰۰۰ بسازم تا آنرا در ورودی یک ولت متر قرار دهم و ولت متر را به یک میلی ولت متر تبدیل کنم. یک تقویت کننده هم ساخته بودم اما از اینکه می دیدم هر روز ضریب بهره اش تغییر می کند خیلی در زحمت بودم چون این ضریب بهره بر حسب تغییر فشار برق شهر و همبسطور فرسودگی لامپ ها تغییر می کرد.

**مهندس** - در واقع روشی که گفتم راه حل مطلوب برای ساختن تقویت کننده اندازه گیری است. آقای مبتدی می بینید که تأثیر روش ضداکنش اینست که امکان تبدیل یک تقویت کننده معمولی را به یک تقویت کننده اندازه گیری بوجود آورده است. در واقع اگر می توانیم بخواهیم تقویت کننده هایی با ضریب بهره بسیار زیاد بسازیم، برعکس بدست آوردن ضریب بهره ای بین دو مقدار نزدیک بهم در تقویت کننده، بدون کاربرد روش ضداکنش، بسیار دشوار است. لزوم نگهداری ضریب بهره بین دو مقدار محدود را تبدیل به این می کنند که ضریب بهره از یک مقدار حداقل بیشتر باشد که انجام این شرط بسیار آسان است. حالا اضافه می کنم که ضداکنش بهبودی های دیگری هم برای مونتاز ایجاد می کند. این بهبود از کاهش صدای مزاحم تقویت کننده، بخصوص صدای مزاحمی که ممکن است از صاف کردن نادرست تغذیه بوجود آمده باشد، آغاز می شود.



**مبتدی** - این را دیگر نمی دانم چطور انجام می شود.

**مهندس** - خیلی ساده است چون این صدای مزاحم فشاری بدست می دهد که به  $S$  اضافه می گردد و مثل اینست که یک منبع فشار مزاحم را بطور بیابایی با خروجی تقویت کننده قرار داده باشند. تضعیف کننده بخشی از این فشار مزاحم را به ورودی مدار اختلاف منتقل می کند و این بخش به ورودی تقویت کننده خواهد رسید، و در فشار خروجی آن مؤلفه ای ظاهر می کند که با این فشار مزاحم مبارزه می کند و به مرحله ای می رسد که آنرا بطور قابل توجهی کاهش می دهد. وارد محاسبه بهبودی که از این راه حاصل می گردد و بسیار ساده هم هست. نمی شوم، فقط بدانید که فشار مزاحم خروجی به ضریب  $1G$  که آنرا ضریب ضداکنش می نامند تقسیم می شود. در مثال عددی ما این ضریب برابر ۲۰۰ است.

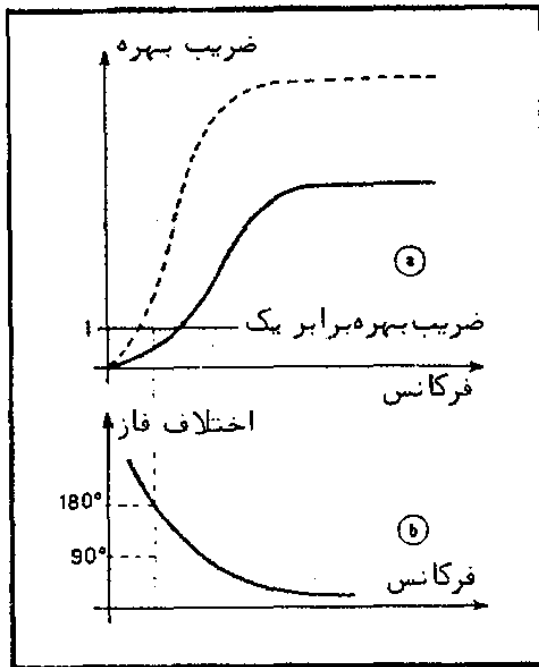
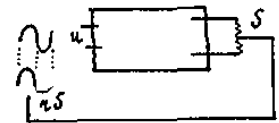
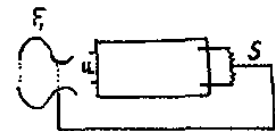
**مبتدی** - بسیار عالی است! به این ترتیب اگر تقویت کننده خرخر وحشتناکی داشته باشد، ضدواکنش آنرا کاملاً آرام می کند.

**مهندس** - درست است. اثر این ضدواکنش به وسیله کاهش مقاومت خروجی هم آشکار خواهد شد. در واقع اگر مصرف جریان در خروجی تقویت کننده يك مقدار باشد، به سبب وجود مقاومت داخلی خروجی تقویت کننده، فشار S میل دارد کاهش پیدا کند، این کاهش يك نوع فشار مزاحم مانند خرخری است که صحبتش را کردیم. بنا بر این مبارزه ای بر ضد این کاهش به وسیله اثر مدار بسته ضدواکنش وجود خواهد داشت و کاهش بدست آمده خیلی کوچکتر خواهد بود و به این ترتیب مقاومت داخلی خروجی تقویت کننده به IG تقسیم شده است. همینطور می توان نشان داد که برعکس مقاومت ورودی این تقویت کننده به وسیله ضد واکنش بسیار زیاد شده است برای اینکه این بار در ضریب IG ضرب گردیده است.

**مبتدی** - واقعاً جالب است! این ضدواکنش همه چیز را مرتب می کند!

### مسئله ثبات

**مهندس** - در واقع خیلی چیزها را مرتب می کند. با وجود این باید در کاربرد آن احتیاطهایی بعمل آورد چون تقویت کننده ای که ما بکار بردیم اساساً در خروجی فشار S را هم فاز با فشار u ورودی به ما می دهد. برای فرکانس های بالا، فشار خروجی ممکن است با فشار ورودی اختلاف فاز داشته باشد. اگر این اختلاف



شکل ۱۴۵. در فرکانس های پائین ضریب بهره تقویت کننده پائین می آید (a) و اختلاف فاز زیاد می شود (b). در مقدار معینی از فرکانس این اختلاف فاز به ۱۸۰ درجه می رسد. اگر در این فرکانس ضریب بهره دو سر بسته تقویت کننده از يك کمتر باشد (منحنی با عطف پر)، ضد واکنش عدم ثباتی وارد نمی کند. اگر ضریب بهره تقویت کننده زیاده شود (منحنی نقطه چین)، ضریب بهره دو سر بسته برای فرکانس وابسته به اختلاف فاز ۱۸۰ درجه از يك بیشتر است: تمام مدار به نوسان درمی آید.

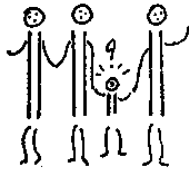
فاز به نیم پیروی در برسد، دیگر ضدواکنش در بین نیست بلکه واکنش مثبت بوجود می آید. در این صورت تمام پرتی های ضدواکنش را از دست خواهیم داد و برعکس تمام معایب واکنش مثبت را خواهیم داشت که با اینحال همراه با افزایش ضریب

بهره است مگر درحالتی که ضریب بهره تقویت کننده برای فرکانسی که این اختلاف فاز به نیم پریودی رسد بزرگ باشد. درحالت اخیر تمام مجموعه به نوسان درمی آید. وقتی در یک تقویت کننده، ضداکنش مورد استفاده قرار می گیرد، هرچه بخواهند ضریب ضداکنش بزرگتر باشد، باید بیشتر مراقب مسئله اختلاف فاز بود.

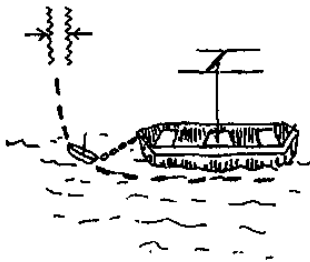


**مبتدی-** این موضوع مرا بیاد حادثه ناخوشایندی که برایم اتفاق افتاد می اندازد. یک تقویت کننده مجهز به ضد واکنش ساخته بودم که خیلی خوب کار می کرد و یک روز بجای یکی از لامپ هایش، لامپ مشابهی گذاشتم که ضریب بهره بسیار بزرگتری داشت و به این ترتیب تقویت کننده دیوانه شد و صدای عجیبی بمن داد که آدم را بیاد موتور قایق می انداخت.

**مهندس-** درواقع این بار یک ایجاد نوسان با فرکانس پائین بوده چون تقویت کننده ای که ساخته بودید قطعاً تزویج مستقیم نداشته است. در نتیجه برای فرکانس های بسیار پائین، اختلاف فازی بین ورودی و خروجی وارد کار می کرده است (شکل ۱۴۵). با ضریب بهره ای که در اصل متوسط باشد (منحنی با خط پر در a) نمی توانید تمام مجموعه را به نوسان در آورید. با افزایش ضریب بهره اصلی در تقویت کننده (منحنی نقطه چین روی شکل ۱۴۵a)، ضریب ضد واکنش را افزایش داده اید و از حدی که در آن ایجاد نوسان می کند (Accrochage) تجاوز کرده اید. **مبتدی-** بله، منم حدس می زدم که علتش آنست که تقویت کننده من فرکانس های پائین را بد می گذراند.



**مهندس-** روش شما را کمی اصلاح می کنم به این ترتیب که باید مقدار تمام خازن ها غیر از یکی از آنها را افزایش داد. باید توضیح بدهم که ثابت کردن این مطلب نیاز به محاسبات بسیار پیچیده ای دارد، اما اگر برای شما بگویم که فقط یک مدار است که اختلاف فاز آن حداکثر می تواند به یک چهارم پریودی برسد، معنی آن کاملاً برایتان روشن می شود. علاوه بر این هرچه فرکانس پائین تر باشد، تضعیفی که این مدار وارد کار می کند بیشتر است. اگر بتوان فرکانس را کم کرد، درحالی که تضعیف همیشه کم می شود، قبل از اینکه مدارهای دیگر آغاز به وارد کردن اختلاف فازهای زیاد در مدار کنند، می توان ضریب بهره تقویت کننده را به کمتر از مقدار بحرانی ایجاد نوسان برای فرکانسی رساند که در آن اختلاف فاز کل به نیم پریودی رسد. **مبتدی-** آه، عجب! بی نهایت پیچیده است! هر وقت مسئله فاز پیش می آید همینطور است چون وحشتناک می شود.



**مهندس-** از یک جهت حق با شماست چون موضوع هائی که با فاز سروکار دارند غالباً دقیق هستند و این مطلب به خاطر آنکه افراد کمتر به حل آن عادت کرده اند دشوارتر می شود.

**مبتدی-** شبیه بودن ماشین های فرمان دهنده و تقویت کننده های ضد واکنشی را دارم می فهمم. می توان گفت سیستمی که شما برای جهت دادن به آنتن پیشنهاد کرده اید یک «راهنمائی» آنتن بوجود می آورد تا اختلاف سطح بین دوسر متحرک پتانسیومترها به صفر برسد. تقویت کننده شکل ۱۴۴ شما هم به همین ترتیب فشار خروجی اش را

۱. نگاه کنید به کتاب «راديو»... بسیار ساده است! از همین مجموعه.



«راهنمایی» می‌کند تا اختلاف بین  $\epsilon$  و  $\frac{1}{\delta_0}$  فشار خروجی اش عملاً صفر باشد و یا درست‌تر بگوییم درست برابر مقداری باشد که ورودی تقویت‌کننده می‌خواهد.

**مهندس** - آقای مبتدی، مطلب را کاملاً فهمیده‌اید و هر بار کمتر از پیش این نام بشما می‌آید. امروز بخصوص سر حال هستید!

**مبتدی** - خواهش می‌کنم، من همیشه اینطورم.

### مونتازهای پائین‌آورنده مقاومت ظاهری

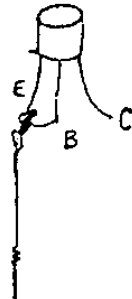
**مهندس** - خوب، پس از این موضوع استفاده می‌کنم تا توجه شما را جلب کنم که ما قبلاً با ضد واکنش و فایده آن در مونتازهای قبلی برخورد کرده‌ایم. آیا سیستم‌هایی را که برای پائین آوردن مقاومت ظاهری خروجی یک تقویت‌کننده بکار برده‌ایم، بیاد دارید؟

**مبتدی** - بله، درباره طبقه‌های با خروجی کاندی لامپ یا خروجی روی ارسال-کننده ترانزیستور برایم صحبت کرده‌اید. همینطور یادم هست که مونتاز عجیبی بود که آنرا قوی‌کننده عضلانی می‌نامیدید (شکل ۵۰).

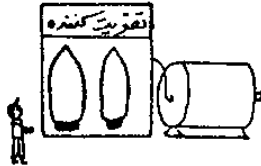
**مهندس** - در این صورت حالا می‌فهمید که چرا مونتاز خاصیت‌های جالبی داشت چون مونتاز شکل ۵۱ یک تقویت‌کننده با دو طبقه بود، با ضریب بهره بسیار زیاد و با تزویج مستقیم که به وسیله کاربرد ترانزیستورهای  $p-n-p$  و  $n-p-n$  درست شده بود. فشار ورودی بین ارسال‌کننده ترانزیستور اول و پایه آن گذاشته شده بود؛ فشار خروجی در دوسر مقاومت بار جمع‌کننده ترانزیستور دوم، به عبارت دیگر بین این جمع‌کننده و بدنه، برداشت شده بود. در مونتاز شکل ۵۰، با وصل کردن ارسال‌کننده ترانزیستور اول به جمع‌کننده ترانزیستور دوم، تمام فشار خروجی را روی این ارسال‌کننده می‌گذاریم که به این ترتیب از فشار ورودی کسر می‌شود. در اینجا ضریب  $F$  برابر واحد است. بنا بر این هر چه ضریب بهره اصلی تقویت‌کننده شکل ۵۱ بزرگتر باشد، ضریب بهره مجموع مونتاز تازه، بیشتر به یک نزدیک است. برای طبقه ساده‌ای که خروجی آن روی ارسال‌کننده است، مثل مدار شکل ۴۹، موضوع به همین ترتیب است چون اگر، در حالی که مقاومت بار همانطور بین ارسال‌کننده و بدنه گذاشته شده است، فشار ورودی را بین ارسال‌کننده و بدنه بگذارید (فشار ورودی روی دوسیم مستقل که هر کدام از بدنه جدا هستند گذاشته شود)، یک تقویت‌کننده معمولی بدست خواهید آورد.

**مبتدی** - مسلماً نه! مقاومت بار بجای اینکه در جمع‌کننده باشد، در ارسال‌کننده است.

**مهندس** - هیچ اهمیتی ندارد چون تنها چیزی که به حساب می‌آید اینست که جریان ترانزیستور به وسیله فشاری فرمان داده شود که بین پایه و ارسال‌کننده آن گذاشته شده است و این جریان از مقاومتی عبور کند تا در دوسر آن فشار متغیری بوجود بیاورد. اهمیتی ندارد که مقاومت در ارسال‌کننده باشد یا جمع‌کننده، زیرا جریانی که از این الکترودها می‌گذرد عملاً یکی است. بنا بر این می‌بینید که از این مونتاز، به مونتاز ارسال‌کننده تابع در شکل ۴۹ می‌رسیم در حالی که فقط باید



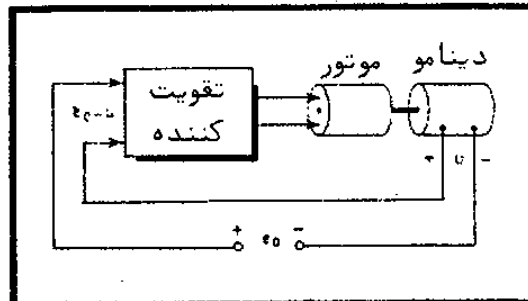
فشار ورودی را بین پایه و بدنه بگذاریم. در این شرایط فشار خروجی از فشار ورودی کاسته می‌شود تا فشار  $u$  را بین بدنه و ارسال کننده بدست بدهد. در اینجا هم باز یک ضداواکنش مجموع داریم، یعنی یک ضداواکنش با ضریب  $T$  برابر با واحد. **مبتدی** - حالا فایده این مونتاژها را درک می‌کنم به این معنی که مسلم است آنها مقاومت داخلی خروجی ضعیف، ضریب بهره بسیار ثابت و مقاومت داخلی ورودی زیادی دارند.



### مهار سرعت

**مهندس** - کاملاً همینطور است. برای پایان دادن به این موضوع دلم می‌خواهد کمی درباره زیر فرمان گرفتن سرعت برایتان صحبت کنم. در اینجا مسئله اینست که موتوری را با سرعتی بگردانیم که کاملاً ثابت و قابل تصحیح باشد. **مبتدی** - برای اینکار هیچ مشکلی نیست چون تصور می‌کنم که یک موتور همزمان بکار می‌برید که به آن جریانی می‌دهید که فرکانسش کاملاً معین باشد؟ **مهندس** - این کار در بعضی وقت‌ها انجام می‌شود. اما ممکن است به این ترتیب ساختن یک تقویت کننده با باند گسترده و یک نیروزا با فرکانس متغیر، که احتمالاً باید ورودی آنها برای تهیه توان قابل توجهی که برای بکار انداختن یک موتور بزرگ لازم است، ساخته شوند، دشوار باشد. معمولاً کاربرد مثلاً یک موتور جریان مستقیم را که یک جذب کننده سرعت را که آنها مثلاً یک دیناموی سرعتی است بجز حرکت می‌آورد ترجیح می‌دهند.

**مبتدی** - دیناموی سرعتی در اینجا چکار می‌کند؟ آنکه یک سیستم ثابت است. **مهندس** - این دینامو ممکن است به عنوان سیستم ثابت در مهار وضعیتی مثل حالت آنتن دوست شما بکار برود. حالا آنرا با روش دیگری بکار می‌بریم (شکل ۱۴۶) چون فشار  $u$  آنرا با فشار ثابت  $e_0$  فرمان مقایسه خواهیم کرد؛ اختلاف بین این دو فشار است که به ورودی تقویت کننده خواهیم گذاشت که فشار خروجی اش موتور را فرمان می‌دهد. در حالت آهسته تر کردن حرکت موتور، فشار فرمان آن افزایش خواهد یافت، که این موضوع به موتور امکان می‌دهد با ترمز کردن میارزه کند. به این ترتیب مهار سرعت را عملی کرده ایم.

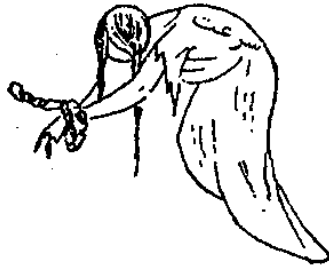


شکل ۱۴۶ - برای ثابت نگه داشتن سرعت یک موتور در مقدار معین، تفاوت بین یک فشار ثابت  $e_0$  و فشار  $u$  را که متناسب با سرعت است و به وسیله یک دیناموی سرعتی بسته شده به موتور به وجود آمده است، به ورودی تقویت کننده‌ای که به موتور فرمان می‌دهد، می‌گذارند.

همینطور فرمان موتور به وسیله تیراترون را که قبلاً برایتان گفتم زیاد بکار می‌برند به این ترتیب که کاری می‌کنند که سرعت موتور روی اختلاف فاز ضربه‌های کارانداز تیراترون اثر کند. بخصوص این کاریست که برای تغییر دهنده‌های سرعت

در صنعت پکار می‌برند، که در ماشین‌های ابزار بسیار پکار رفته است که امکان می‌دهد از يك موتور بزرگ که با سرعت کمی می‌گردد و با اینحال زوج بسیار بزرگی دارد و یا اگر لازم شد از يك موتور با سرعت زیاد، همیشه موتوری با سرعت بسیار ثابت داشته باشند.

مبتدی توضیحات شما را بخوبی فهمیدم، اما همانطور که شما گفتید، من که سر حال بودم احساس می‌کنم که به سرعت دارم خسته می‌شوم. حس می‌کنم که اگر ادامه این بحث برای يك دفعه دیگر گذاشته شود، ترجیح دارد.



## مبحث شانزدهم

قویتر و بازم قویتر! مبتدی يك «ماشین حساب الكترونی» پتانسیومتری ساخته است. اساس آن عالی است اما اغتشاش موجب ایجاد عدم دقت در آن می شود. مهندس به او نشان می دهد که چگونه می شود این معایب را رفع کرد و با زرنگی از این مطلب برای یاد دادن تقویت کننده های عملی و ماشین های قیاسی به او استفاده می کند. مبتدی حالا می خواهد وارد مرحله ساختن شود؛ با اینحال ترجیح می دهد کمی از آنچه یاد گرفته است بازگو کند تا ببیند نقاط حساسی که در تفکرات او انحراف ایجاد می کنند چیست.

### حساب کننده های قیاسی

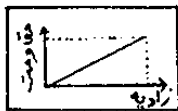
### تقویت کننده های عملی

مهندس - آه آقای مبتدی امروز به ویژه منور بنظر می رسیده آیا اختراع تازه ای کرده اید؟  
مبتدی - آقای عزیز، اختراع که چیزی نیست، ساختن مهم است. در واقع بدانید از اینکه به تازگی ساخت ماشین حساب الكترونی را تمام کرده ام خیلی بخود می بالم.  
مهندس - آه...!



### خطی بودن يك پتانسیومتر

مبتدی - خواهش می کنم غش نکنید. کار به این ترتیب شروع شد؛ رفتم پتانسیومترهایی برای آنتن دوستم بخرم و چند تا از آنها خریدم، چون مقداری از آنها پیدا کردم که خیلی جالب بود. فروشنده ای که آنها را بمن فروخت، بمن گفت که خیلی خطی هستند، یعنی از وضعیت آغاز وقتی محورش را بگردانیم مقاومتی بین سر متحرك و یکی از دو انتهای پتانسیومتر بدست می آید که کاملاً متناسب با زاویه ایست که آنرا چرخانده ایم.



مهندس - آقای مبتدی دیگر شمارا نمی شود شناخت، تعریف شما ریاضی به تمام معناست. البته کاملاً درست است. خوب ادامه بدهید.

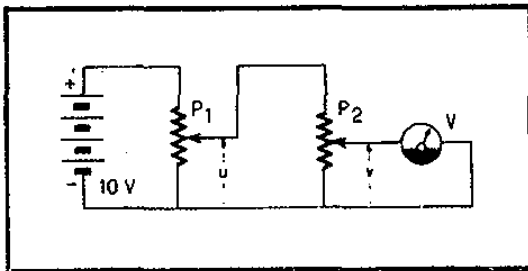
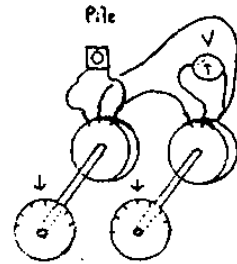
مبتدی - خواستم ببینم چیزی که فروشنده گفته درست است یا نه. بنابراین به پتانسیومتر فشاری گذاشتم که درست ۱۰ ولت بود و از يك تغذیه خوب و ثابت گرفته می شد. روی محور پتانسیومتر صفحه کوچکی گذاشتم که با دقت آنرا زینه بندی کرده بودم، آنرا به ده بخش برابر از وضعیت شروع تا وضعیت انتهای پتانسیومتر تقسیم کردم و يك ولتتر خوب بین سر متحرك پتانسیومتر و انتهای مقاومتی که سر متحرك از آن شروع به حرکت کرده است، قرار دادم. در این لحظه مشاهده کردم که مقدار نشان داده شده به وسیله ولتتر کاملاً با زینه بندی صفحه وابسته است. روی خط پنجم زینه بندی در نیمه راه يك فشار پنج ولت بدست آوردم.



**مهندس** - آقای مبتدی بشما تبریک می گویم، همان کاری که برای آزمایش خطی بودن پتانسیومتر باید انجام دهید، کاملاً انجام داده اید. حالا بنظر من اگر بخواهید این را ماشین حساب نامگذاری کنید، کمی از مرحله پرت می شوید.

### پتانسیومتر دوم

**مبتدی** - آقای مهندس فکر می کنید که من جرأت می کنم برای چیز به این کوچکی شما را عصبانی کنم؟ بگذارید تشریح خودم را تمام کنم. چون فشاری داشتم که با چرخاندن محور پتانسیومتر تغییر می کرد، فکر کردم که می شود آنرا به سیمهای یک پتانسیومتر دیگر که بسیار شبیه به پتانسیومتر اول اما مقاومتش خیلی زیادتر از آنست گذاشت تا فشار سر متحرک پتانسیومتر اول را برهم نزنند. این پتانسیومتر دوم هم مجهز به صفحه ایست که برای تمام گردش پتانسیومتر از ۵ تا ۱۰ زینه بندی شده است. در اینحال ولت متر بین سر متحرک این پتانسیومتر دوم و انتهای پائینی آن قرار دارد، همانطور که شکل ۱۴۷ نشان می دهد. در اینحال فشار گذاشته شده به پتانسیومتر دوم  $U$  است؛ فشاری که روی ولت متر  $V$  می خوانم و  $U$  می نامم چیزی نیست غیر از حاصلضرب  $U$  در تضعیف (کاهش) پتانسیومتر دوم. اگر بپذیریم که انحراف ولت متر  $V$  تا آخر را ۱۰۰ واحد گرفته باشم (۱۰ ولت)، این انحراف عددی بمن می دهد که حاصلضرب دو عدد نشان داده شده روی دو زینه بندی است. موضوع همین است و گمان می کنم بنظر شما با ارزش است؟



شکل ۱۴۷ - «ضرب کننده مقایسه ای مبتدی» از دو پتانسیومتر با خطی بودن بسیار زیاد و یک ولت متر تشکیل می شود.



**مهندس** - آقای مبتدی کار موفقیت آمیزی است، اکنون یک ضرب کننده مقایسه ای ساخته اید که گاهی در ماشین حسابها بکار می برند.

**مبتدی** - آه! پس قبلاً آنرا می شناختید! مرا ببین که می خواستم اجازه ساخت آنرا برای خودم بگیرم!

**مهندس** - آقای مبتدی مضطرب نشوید، اگر همینطور ادامه بدهید، بزودی اجازه ساخت های دیگری می گیرید. سیستم شما خیلی زیرکانه است و از اینکه به تنهایی آنرا یافته اید تبریک می گویم. مقدار پتانسیومترهای  $P_1$  و  $P_2$  چقدر است؟  
**مبتدی** -  $P_1$  مقاومت ۲۰۰۰ اهمی است و  $P_2$  مقاومتش ۱۰۰۰۰۰ اهم است و ولت متر من یک بررسی کننده متداول  $\frac{10}{V}$  (۲۰۰۰۰ اهم به ولت) است.

**مهندس** - آیا مونتاز شما خیلی دقیق است؟



**مبتدی-** برای اینکه چیزی را مخفی نکرده باشم، باید بگویم که کمی سرخوردم. بخصوص وقتی که سر متحرک  $P_4$  را نزدیک وسط می گذاشتم. به این ترتیب بود که مثلاً با گذاشتن سر متحرک هر دو پتانسیومتر در وسط (هر دو روی خط تقسیم ۵) ولت متر  $V$  باید ۲۵ قسمت را نشان می داد (۲/۵ ولت)، در حالی که دیدم کمی بیشتر از ۲۲ را نشان می دهد. بدون شك زینته بندی را با دقت انجام نداده ام.

**مهندس-** به این علت نیست، شمارا خوب می شناسم و می دانم که وقتی بخواهید، در رسم پسر بسیار دقیقی هستید. این مطلب علت دیگری دارد. بگذارید من حساب کنم... خوب، خوب، کار رو برآه است. اشتباه به جاست.

**مبتدی-** در این صورت برای من توضیح بدهید.

**مهندس-** خیلی ساده است، فراموش کرده اید که ولت متر  $V$ ، اختلاف سطح پتانسیومتر  $P_4$  را برهم می زند. این پتانسیومتر مقاومت صد هزار اهمی دارد! ولت متر  $V$  روی اندازه ۱۰ ولت، ۲۰۰۰۰۰ اهم مقاومت دارد. می بینید که این مقاومت نسبت به مقاومت  $P_4$  بی نهایت نیست و فشار  $V$  که اندازه می گیرید کمتر از فشاری است که اگر ولت متری با مقاومت زیادتر بکار می بردید، بدست می آوردید.

**مبتدی-** در این صورت باید یک ولت متر اختصاصی بجای ولت متر  $V$  بکار برد؟

**مهندس-** بدون آن هم می توانید این کار را بکنید. اگر مقاومت پتانسیومتر  $P_4$  را کمتر انتخاب کنید نتیجه ای که می گیرید خیلی بهتر خواهد بود. محاسبه نشان می دهد که بهترین مقدار آن ۱۴۰۰۰ اهم است. اگر آنرا ده هزار اهم هم بگیرید چیز خوبی خواهید داشت.

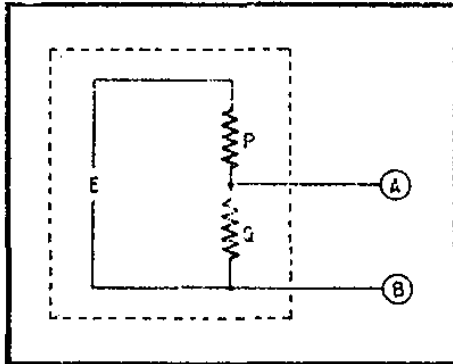
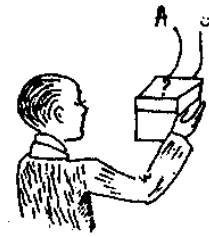
**مبتدی-** با کمال میل قبول می کنم که در این حالت ولت متر  $V$  دیگر اختلاف سطح پتانسیومتر  $P_4$  را برهم نمی زند، اما می ترسم که این مقاومت ده هزار اهمی که روی سر متحرک  $P_4$  وصل است. این بار اختلاف سطح  $P_4$  را به شدت برهم بزند.

### مبدل تونن Thévenin

**مهندس-** الان به شما نشان می دهم که چگونه این اغتشاش را محاسبه می کنند. برای اینکار روش بسیار متداولی را بشما یاد خواهم داد که آنرا مبدل تونن می نامند.

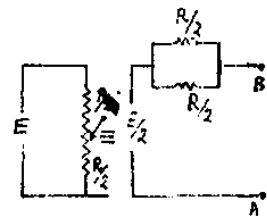
یک منبع  $E$  را در نظر بگیرید (شکل ۱۴۸) که روی یک تقسیم کننده فشار تشکیل شده از مقاومت های  $P$  و  $Q$  وصل شده است. اگر مجموع منبع و مقاومت ها در یک جمعیه در بسته قرار داشته باشند بین نقطه های  $A$  و  $B$  تقریباً معادلی از یک منبع تازه بدست آورده ام. مبدل تونن به ما می گوید که بین نقطه های  $A$  و  $B$  از سوی خارج جمعیه، درست مثل اینست که ما منبعی داریم با نیروی محرکه  $E'$  و مقاومت درونی  $r$ . این مقدار را محاسبه می کنیم. برای نیروی محرکه  $E'$ ، مشکلی وجود ندارد چون وقتی در خارج جمعیه بین نقطه های  $A$  و  $B$  چیزی وصل نشده باشد، همان اختلاف سطحی است که بین این دو نقطه وجود دارد. بدون شك می توانید این مقدار را با محاسبه جریانی که  $E$  ایجاد می کند، حساب کنید.

**مبتدی** - بنظر من بسیار ساده است چون جریان منبع E از مقاومت های P و Q که بطور پیاپی قرار دارند می گذرد و بنابراین برابر است با  $\frac{E}{(P+Q)}$ ؛ این جریان وقتی از مقاومت Q می گذرد افت فشاری برابر  $\frac{E.Q}{(P+Q)}$  در آن بوجود می آورد.



شکل ۱۴۸- یک فشار E که به تقسیم کننده P=Q گذاشته شده است، مقداری فشار بین A و B بدست می دهد.

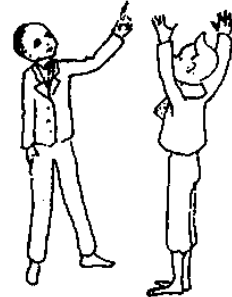
**مهندس** - کاملاً درست است. بنابراین مقدار E' همین خواهد بود (شکل ۱۴۹). مقاومت درونی منبع معادل خواهد بود...  
**مبتدی** - تصور می کنم که بطور ساده برابر P است.  
**مهندس** - در اینجا اشتباهی کردید که تقریباً همه می کنند. در واقع مقاومت درونی معادل وابسته به P و Q بطور موازی است یعنی  $\frac{PQ}{(P+Q)}$



**مبتدی** - از نظر نتیجه تقریباً غیرمنتظره است. با وجود این مقاومت P بین منبع E و نقطه A کاملاً بطور پیاپی قرار گرفته است.  
**مهندس** - می توانم درستی آنرا به وسیله ریاضی ثابت کنم.

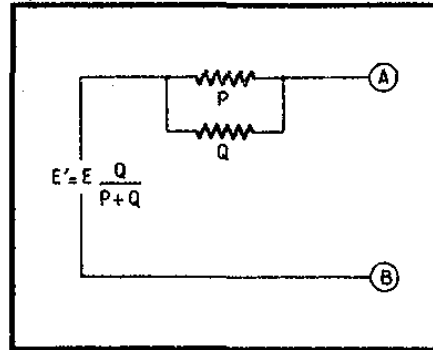
**مبتدی** - هر کار می خواهید بکنید، غیر از اینکار!  
**مهندس** - منتظر همین واکنش بودم. این را بدانید که مقاومت Q موازی با هر چیزی است که شما بین نقطه های A و B قرار می دهید. اگر Q نسبت به P کم باشد، می توانیم بین A و B مقاومتی قرار دهیم که نسبت به P کم اما نسبت به Q زیاد باشد. بنابراین مقدار Q تغییر نخواهد کرد، که معنی اش اینست که فشار بین A و B کم تغییر می کند. بنابراین می بینید که منبع معادل ما، یک مقاومت درونی دارد که خیلی کمتر از P است.

$$\frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots} = \frac{R_1 R_2 \dots}{R_1 + R_2 + \dots}$$



**مبتدی** - خوب، مبدل تونن شمارا قبول دارم. چگونه آنرا برای پتانسیومتر  $P_1$  خودمان بکار می بریم؟  
**مهندس** - بطور ساده بادر نظر گرفتن اینکه بجای منبع ۱۰ ولتی و دو بخش پتانسیومتر  $P_1$  شما که به ترتیب بالا و پایین سر متحرك قرار گرفته اند، منبعی گذاشته شده که فشار آن کمتر از ۱۰ ولت است، و از این گذشته درست وابسته به زینت پتانسیومتر  $P_1$  است و مقاومت درونی آن برابر دو بخش  $P_1$  است که بطور موازی با هم قرار گرفته اند.

می بینید که وقتی سر متحرک  $P_1$  نزدیک به انتهای يك مقاومت است، این مقاومت درونی خیلی کم است، چون یکی از دو بخش مقاومت مقدار بسیار کمی را نشان می دهد. می توان نشان داد که این مقاومت درونی معادل، وقتی سر متحرک در



شکل ۱۴۹- فشار بین  $(A)$  و  $(B)$  شکل ۱۴۸ معادل (تبدیل تونین) با فشاری است که يك قوه با نیروی محرکه  $E$  می دهد و مقاومت درونی آن برابر  $P$  موازی با  $Q$  است (یعنی  $\frac{P \cdot Q}{(P+Q)}$ )

وسط قرار دارد به بیشترین مقدار می رسد. در این لحظه هر دو بخش پتانسیومتر مقاومتی دارند که برابر نیمی از مقاومت کل است. وقتی این دو بصورت موازی قرار بگیرند مقاومت معادلی بشما می دهند که  $\frac{1}{P}$  مقاومت کل است. به عبارت دیگر،

منبع معادل تغذیه ۱۰ ولتی و پتانسیومتر  $P_1$  شما، نیروی محرکه ای دارد که برحسب موقعیت سر متحرک  $P_1$ ، بین ۰ و ۱۰ ولت تغییر می کند. مقاومت درونی آن وقتی سر متحرک  $P_1$  کاملاً درپائین است، از صفر شروع می شود، وقتی سر متحرک در وسط قرار دارد بیشترین مقدار را که برابر ۵۰۰ اهم است بخود می گیرد، تا وقتی سر متحرک کاملاً به بالا رسید دوباره به صفر برسد. بنابراین باید روی مقاومت درونی معادلی که حداکثر ۵۰۰ اهم است، حساب کرد. پس می بینید که يك پتانسیومتر  $P_1$  با مقاومت ده هزار اهم فشار ظاهر شده بین سر متحرک  $P_1$  و بدنه (بدون مقاومت دیگر) را فقط کمی برهم می زند.

مبتدی- بنابراین نتیجه را به این ترتیب می فهمم که بین سر متحرک  $P_1$  و بدنه مقاومت درونی معادلی داشتم که وقتی سر متحرک در وسط قرار داشت می توانست به ۲۵۰۰۰ اهم برسد. در این شرایط عادی بود که مقاومتی مثل مقاومت ولت متر که روی زینه ۱۰ ولت برابر ۲۰۰۰۰۰ اهم است، چنین منبعی را به شدت منشوش کند.

مهندس- این اغتشاش درست برابر ۱۱ درصد بوده است.

## اغتشاش آشاری

مبتدی- اما بنظر من موقعیت وخیم است چون اگر برای  $P_1$  مقاومت زیادی در نظر بگیریم، ولت متر  $V$  فشار خروجی  $P_1$  را منشوش می کند. اگر برای  $P_1$  مقدار کمی انتخاب کنید، این پتانسیومتر فشار سر متحرک  $P_1$  را منشوش می کند. به عبارت دیگر موقعیت همانقدر غم انگیز است که موقعیت مردی که می خواست پول زیادی بدست بیاورد (تا نروتمند شود)، اما پول کمی داشته باشد (تا مالیات





کمتر بدهد) تأثیر آور است.

**مهندس** - این مسئله بخصوص دردناک است. اما اینهم مثل مسئله ماشین حساب شما راه حلی دارد که مصالحه است. با انتخاب  $P_1$  به مقدار  $14000$  اهم است که کمترین اغتشاش را خواهیم داشت.

بهر حال اگر می‌خواستیم حاصل ضرب سه مقدار را با سه پتانسیومتر آبشاری داشته باشیم، برای پیدا کردن مقدار مقاومت‌های پتانسیومترها که بصورت تصاعد هندسی هستند دچار زحمت می‌شدیم. بنابراین روش ساده‌تری را بکار می‌بریم به این ترتیب که بین سر متحرک  $P_1$  و سیم پیچی مقاومتی پتانسیومتر  $P_2$  تقویت‌کننده‌ای می‌گذاریم که مقاومت ظاهری را پائین می‌آورد و ضریب بهره‌ای دارد که تا حد امکان نزدیک به یک است و مقاومت ورودی بزرگ و مقاومت خروجی کمی دارد. **مبتدی** - فکر می‌کنم که چیزی از نوع طبقه با ارسال‌کننده تابع یا «تقویت‌کننده عضلانی» که شکل خلاصه آنرا در شکل ۵۰ برایم کشیده‌اید بکار خواهید برد.



### تقویت‌کننده‌های عملی

**مهندس** - درست همینطور است. حالا که صحبت درباره این روش حساب کردن را آغاز کرده‌ایم، به شما نشان خواهم داد که با تقویت‌کننده‌های عملی چه کار جالبی می‌توان انجام داد.

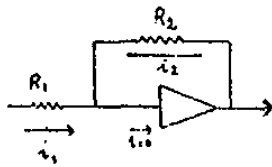
**مبتدی** - اینهم گروه تازه‌ای از تقویت‌کننده‌ها که چیزی از آن نمی‌دانم!

**مهندس** - آقای مبتدی خیلی ساده‌تر از آنست که فکر می‌کنید. بطور ساده یک تقویت‌کننده با تزویج مستقیم را که ضریب بهره بسیار زیاد، مقاومت ورودی بسیار بزرگ و مقاومت خروجی بسیار کمی داشته باشد، اینطور می‌نامند. غالباً تقویت‌کننده‌های عملی، اختلافی هستند، به عبارت دیگر شامل دو ورودی هستند و عملاً فقط در برابر اختلاف فشارهای گذاشته شده به ورودی، حساس هستند نه در برابر مقدار عمومی این دو فشار. مثلاً اگر به ورودی یک، فشار  $2/0 +$  میلی‌ولت و به ورودی ۲ فشار  $2/0 -$  میلی‌ولت گذاشته شود در خروجی همان فشاری بدست می‌آید که روی ورودی یک، فشار  $1/0 + 4/0$  ولت و به ورودی ۲، فشار ۱ ولت گذاشته شود. این مسئله موتتاژ را ساده‌تر می‌کند و امکان بکار بردن ضدواکنش جریان (مانند شکل ۱۵۰) یا ضدواکنش فشار، مانند شکل ۱۴۴ را در این تقویت‌کننده‌ها بوجود می‌آورد. برای کاربردی برابر شکل ۱۵۰، باید ورودی آنرا که «ورودی -» یا «ورودی معکوس‌کننده» نامیده می‌شود بکار گرفت که وابسته به علامت خروجی با فاز مخالف با علامت ورودی است؛ ورودی دیگر را که «ورودی +» یا «ورودی غیر معکوس‌کننده» نام دارد (و اگر به تنهایی زیر تأثیر قرار می‌گرفت، علامت خروجی هم‌فاز با علامت ورودی بدست می‌داد) به بدنه متصل می‌کنند.

برای ضدواکنش فشار، ورودی + زیر تأثیر قرار می‌گیرد و روی ورودی - (یا ورودی معکوس‌کننده) است که بخشی از فشار خروجی گذاشته می‌شود. تقویت‌کننده‌های عملی مجتمع، مثل  $6AV09$ ،  $SFC2709$  و غیره از همین نوع هستند. بعداً خواهیم دید که آنها را چگونه می‌سازند.

فرض کنید که چنین تقویت‌کننده‌ای را، همانطور که در شکل ۱۵۰ نشان

داده‌ام، سوار کرده باشیم، ضریب بهره تقویت کننده منفی است؛ به عبارت دیگر تقویت کننده برای یک فشار مثبت ورودی (که به سبب ضریب بهره زیاد آن بسیار ضعیف است)، در خروجی فشار منفی به ما می‌دهد. آیا می‌توانید جریان‌هایی را که از مقاومت‌های  $R_1$  و  $R_2$  که برابر انتخاب کرده‌ایم، می‌گذرند، بمن نشان بدهید؟



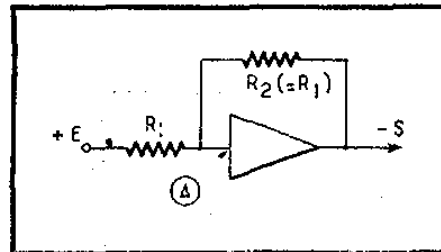
**مبتدی-** آنقدر، روی مقدار بسیار زیاد ضریب تقویت کننده خودتان اصرار کردید که حدس می‌زنم باید اختلاف سطح A ورودی آنرا صفر گرفت. بنابراین جریان در  $R_1$  برابر  $\frac{A}{R_1}$  و در  $R_2$  مقدار  $\frac{A}{R_2}$  خواهد بود.

**مهندس-** کاملاً درست است. حالا می‌توانید بمن بگوئید که این دو جریان نسبت بهم چه مقداری دارند.

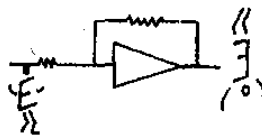
**مبتدی-** در این مورد هیچ حدسی نمی‌توانم بزنم.

**مهندس-** با وجود این به شما گفته بودم که مقاومت ورودی این تقویت کننده خیلی زیاد است. بنابراین جریان ورودی آن عملاً صفر است. معنی اش اینست که جریان‌هایی که از  $R_1$  و  $R_2$  می‌گذرند، برابرند. چون مقاومت‌های  $R_1$  و  $R_2$  برابرند، می‌توانید از آن نتیجه بگیرید که  $E=S$ .

**مبتدی-** واقعاً خیلی زحمت کشیدید تا ضد واکنش را دوباره برایم شرح دادید. **مهندس-** خوشنودم که آنرا دوباره شناختید. بنابراین چنین تقویت کننده‌ای امکان بدست آوردن یک علامت معکوس را به وجود می‌آورد، یعنی از روی یک فشار



شکل ۱۵۰- ضریب بزرگ ضد واکنش که به تقویت کننده گذاشته شود، باعث می‌گردد که ضریب بهره‌اش برابر ۱- شود (همیشه بساید فشار در A را تقریباً صفر گرفت و جریان ورودی تقویت کننده هم صرف نظر کردنی است).



داده شده، یک فشار برابر و با جهت مخالف را بدست می‌دهد. حالا اگر مقاومت  $R_2$  برابر  $R_1$  نبود و مثلاً پنج برابر آن بود، فشار خروجی S که بدست می‌آوریم، ۵ برابر فشار ورودی بود. بنابراین وسیله ساده‌ای در اختیار داریم که یک فشار را در ۵ ضرب کنیم.

**مبتدی-** اما همه این‌ها را قبلاً برایم گفته‌اید. در اینجا چیز تازه‌ای وجود ندارد.

**جمع**

**مهندس-** الان به آن هم می‌رسیم. حالاً مونتاژ شکل ۱۵۱ را در نظر بگیریم.

جریان‌هایی که از سه مقاومت سمت چپ می‌گذرند به ترتیب عبارتند از  $\frac{E_1}{R_1}$ ،

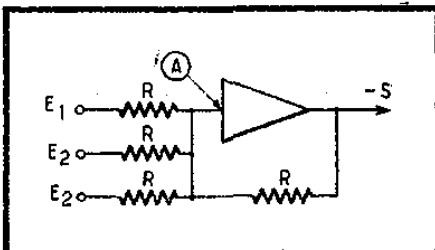
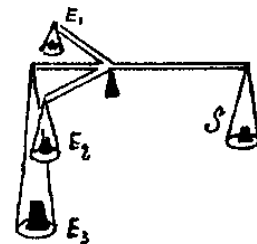
$\frac{E_2}{R_2}$  و  $\frac{E_3}{R_3}$ . جریانی که از مقاومت سمت راست می‌گذرد مانند قبل  $\frac{S}{R}$  است. در

واقع اختلاف سطح در A همیشه به سبب بهره بسیار زیاد تقویت کننده، برابر صفر گرفته شده است. به سبب مقاومت ظاهری زیاد ورودی تقویت کننده، جریانی که به ورودی آن می رسد باید صفر گرفته شود که این مطلب باعث می شود مجموع سه جریانی که به نقطه A می رسند برابر جریانی باشند که از آن خارج می شود. اگر این برابری را بنویسید و خروجی های R را از دو طرف حذف کنید، بدست می آورید:

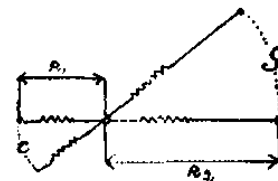
$$E_1 + E_2 + E_3 = S$$

به این ترتیب فشاری بدست آورده ایم که برابر مجموع سه فشار است.

**مبتدی** - دستگاه شما بسیار زیرکانه است و تا اندازه ای مرا به یاد یک نوع ترازو می اندازد. در واقع اگر بازوی سمت چپ شاهین ترازو سه شاخه یا درازای مساوی بود که هر کدام یک کفه داشت، می توانستیم بگوئیم که وزنه های مساوی  $E_1$ ،  $E_2$  و  $E_3$  در کفه های سمت چپ گذاشته ایم. ترازو با وزنه S که در کفه سمت راست می گذاریم بحال تعادل درمی آید و این در موقعی است که این وزنه برابر مجموع سه وزنه ای باشد که در سمت چپ گذاشته شده است.



شکل ۱۵۱- این مونتاژ در خروجی فشاری تهیه می کند که برابر با مجموع سه فشار ورودی (صرف نظر از علامت آن) است.



**مهندس** - تشبیه شما عالی است. و آنکمی می توان گفت که در مورد شکل ۱۵۰ هم بکار برده می شود به این ترتیب که چون اختلاف سطح نقطه A ثابت است، اختلاف سطح های انتهای چپ  $R_1$  و انتهای راست  $R_2$  متناسب با مقدار این دو مقاومت تغییر می کند؛ درست مثل حرکت هائی است که دو انتهای یک اهرم که نقطه A نقطه اتکا و آنرا تشکیل می دهد دارند، در حالی که درازای بازوهای اهرم به ترتیب برابر  $R_1$  و  $R_2$  است.

**مبتدی** - به این ترتیب روشی برای جمع کردن سه فشار به من داده اید...  
**مهندس** - حالت سه ورودی را فقط به عنوان مثال انتخاب کردم. می شود هر قدر بخواهیم تعداد ورودی را زیاد کنیم.

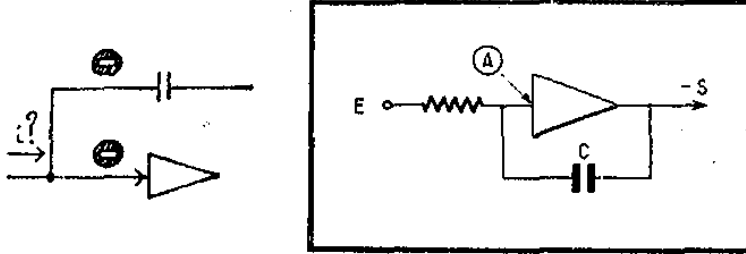
**مبتدی** - این را فهمیدم. چیزی که می خواستم بگویم، اینست که این دستگاه جمع را انجام می دهد اما برای تفریق چه می کنید.

**مهندس** - خیلی ساده است؛ به وسیله مونتاژ شکل ۱۵۰، با مقاومت های  $R_1$  و  $R_2$  که برابرند، به یک فشار E مثبت. یک فشار S منفی را وابسته می سازند که مساوی با آنست. با «اضافه کردن» این فشار S- در مونتاژ شکل ۱۵۱، به حالت کسر کردن فشار E از آنها بر می گردد.

حالا دلم می خواهد بگوئید درباره مونتاژ شکل ۱۵۲ چه فکر می کنید.

## انتگرال گیرنده

مبتدی- خیلی ساده بنظر می آید، اما به این سادگی آشکار اعتماد ندارم. برای اینکه به روش استدلالی که تا بحال داشته ایم گفته باشم، گمان می کنم بتوانم بگویم



شکل ۱۵۲- مونتاژ تقویت کننده انتگرال گیرنده

که اختلاف سطح نقطه A عملاً صفر باقی می ماند. در نتیجه جریانی که از R می گذرد خواهد بود  $\frac{E}{R}$ . فقط این مطلب بهیچوجه ادامه نمی یابد چون این جریان نمی تواند به ورودی تقویت کننده برود (مقاومت ورودی بی نهایت است). باید این جریان به خازن برود درحالی که نمی توان جریان مستقیم را وارد خازن کرد. مهندس- مسلماً اگر بخواهد همیشگی باشد، امکان پذیر نیست. اما نمی دانم چه چیز با فرستادن جریان مستقیم در مدتی محدود برای پر کردن خازن مخالفت می کند.

مبتدی- درست است فکرش را نکرده بودم. اما نمی تواند خازن شما را پر کند چون جوشن چپ به اختلاف سطح صفر وصل است و جوشن راست به خروجی تقویت کننده ارتباط دارد!

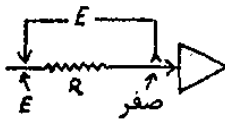
مهندس- آقای مبتدی قطعاً کمتر از چند دقیقه پیش سر حال هستید چون خروجی تقویت کننده نقطه ای نیست که اختلاف سطح ثابتی داشته باشد. به تدریج که خازن پر می شود، اختلاف سطح جوشن سمت راست آن پائین خواهد آمد. بنا بر این می بینید که جریانی که در هر لحظه خازن را پر می کند، متناسب با E است. چه نتیجه ای از آن می گیرید؟

مبتدی- گمان می کنم اگر E را ثابت نگهدارم، خازن C با جریان ثابتی پر خواهد شد، یعنی بر حسب قاعده ای که کاملاً منظم است.

مهندس- درست است و دقیقتر بگویم بر حسب قاعده خطی است. و اگر E ثابت نباشد چطور؟

مبتدی- این دیگر وحشتناک می شود چون خازن جریان دریافتی را در خود جمع می کند و همراهم می افزاید و مخلوط وحشتناکی بوجود می آید.

مهندس- خازن آنها را بهم اضافه نمی کند، کار بهتری انجام می دهد چون انتگرال آنها را می گیرد. چیزی که به این ترتیب ساخته ایم یک مدار انتگرال گیرنده تقریباً کامل است. یادتان هست که یکی از این مدارها را فقط با یک مقاومت و یک خازن (شکل ۷۰) ساخته بودیم. این مدار را نمی توانستیم بکار ببریم مگر در حدودی که فشار خروجی S ضعیف و حتی نسبت به فشار ورودی E صرف نظر کردنی بود، برای



اینکه بتوان فشار دوسر مقاومت R را کاملاً برابر E در نظر گرفت، در مونتاز شکل ۱۵۲، حتی اگر فشار خروجی زیاد باشد، فشار دوسر R کاملاً برابر E است. پس این مدار يك انتگرال گیرنده کامل است.

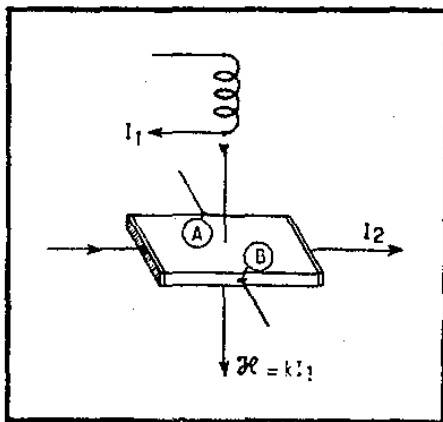
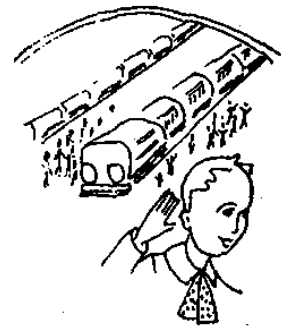
**مبتدی-** وقتی شروع به صحبت از انتگرال و چیزهای دیگر می کنید، خیلی پریشان می شوم. اما گمان می کنم که این نوع مدار هیچوقت تنها نمی ماند. وقتی از انتگرال گیرنده صحبت می شود، تصور می کنم که مشتق گیرنده هم دور از آن نیست.

**مهندس-** حق با شماست. با عوض کردن جای خازن و مقاومت در شکل ۱۵۲ يك مدار مشتق گیرنده بدست می آوریم. می بینید که با این تقویت کننده های عملی، می توانیم ضرب در يك عدد ثابت، جمع، تفریق، انتگرال گرفتن و مشتق گرفتن را انجام دهیم.

### ضرب کننده قیاسی

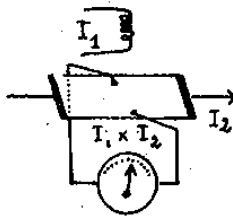
**مبتدی-** بله، اما بعضی چیزها کسر است. اگر بخواهید از مقادیری شروع کنید که همیشه فشارهای الکتریکی باشند، نمی دانم برای ضرب کردن دو مقدار درهم چه خواهید کرد. «مونتاز مبتدی» در شکل ۱۴۷ فقط برای وضعیت قرار گرفتن محدود پتانسیومترها بکار می روند نه برای فشارها.

**مهندس-** می توانیم به اجبار آن چیزی را که شما «مونتاز مبتدی» می نامید بکار ببریم در حالی که سرهای متحرک  $P_1$  و  $P_2$  را به وسیله دستگاههای فرمان دهنده ای فرمان بدهیم که به وسیله فشارهایی که باید درهم ضرب شوند، تحریک می گردند. روش های دیگری هم وجود دارند مثلاً روشی که بر پایه «اثر هال Hall» بنا شده است. **مبتدی-** این همان اثر پیچیدن صداست که در يك سالن راه آهن شنیده می شود. **مهندس-** خواهش می کنم جندی باشید. اثر مورد بحث شامل ظاهر شدن يك اختلاف سطح بین دو نقطه از صفحه کوچک يك نیمه هادی است که جریانی از آن می گذرد که عمود بر يك میدان مغناطیسی است بهمان ترتیب که در شکل ۱۵۳ برایتان



شکل ۱۵۳- اثر هال: در يك صفحه نیمه هادی، که جریان  $I_1$  از آن گذشته است و زیر اثر يك میدان  $H$  قرار دارد، بین نقطه های A و B اختلاف سطحی آشکار می شود که با  $I_1$  و  $H$  متناسب است.

کشیده ام. جریان در صفحه از چپ به راست می گذرد و میدان مغناطیسی  $H$  از بالا

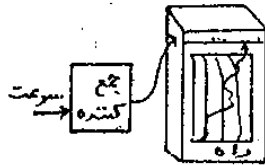


به پائین است؛ بین نقطه‌های A و B اختلاف سطحی آشکار می‌شود که از یک طرف متناسب با جریان و از سوی دیگر متناسب با میدان مغناطیسی است. اگر میدان مغناطیسی را به وسیله یک سیم پیچی که با جریان  $I_1$  تحریک شده است، بوجود آورده باشیم و از صفحه جریانی  $I_2$  را بگذرانیم؛ اختلاف سطح بین A و B حاصل ضرب  $I_1 I_2$  متناسب خواهد بود. به این ترتیب است که می‌توان یک ضرب‌کننده قیاسی ساخت.

### قلمروی محاسبه قیاسی

**مبتدی-** در واقع این مطلب بنظر من روشن است. برعکس صفت «قیاسی» را که چندین بار بکار برده‌اید، نمی‌فهمم.

**مهندس-** این صفت دسته‌ای از ماشین‌حساب‌ها را مشخص می‌کند که روی مقادیر الکتریکی یا تغییرات مداوم عمل می‌کنند. این مقادیر به وسیله قیاس (شباهت) الکتریکی نمایش‌دهنده مقادیری با طبیعت گوناگون هستند که روی آنها می‌توان محاسبه را انجام داد. مثلاً با مدار انتگرال‌گیرنده شکل ۱۵۲، به ورودی فشاری می‌گذاریم که نماینده سرعت یک متحرک است. فشار خروجی، زیر شکل یک قیاس الکتریکی، راه پیوسته شده به وسیله این متحرک را نمایش خواهد داد. می‌بینید که روش بکار برده شده در اینجا با آنچه در محاسبه بکار برده‌ایم کاملاً متفاوت است. به این ترتیب که ماشین‌های دو علامتی عددها را بکار می‌برند و عملیات حساب را روی این اعداد انجام می‌دهند، هر عدد فقط بطور غیرمداوم تغییر می‌کرد و معادل شبیه به یک پدیده را نمایش نمی‌داد بلکه بیان عددی این پدیده بود.



**مبتدی-** اختلاف این دو را بخوبی فهمیدم. بنظرم می‌رسد که ماشین‌های قیاسی خیلی ساده‌تر و خیلی جالب‌تر از ماشین‌های حساب هستند، فهمیدن طرز ساخت آنها بی‌نهایت ساده‌تر است.

**مهندس-** تاحدودی درست است. اما دقت آنها محدودتر است چون رسیدن به یک درصد آسان است اما گذشتن از  $\frac{1}{1000}$  خیلی دشوار می‌شود. به عبارت دیگر،

حساب قیاسی وقتی که دقت خیلی زیاد لازم نباشد، بیشتر مورد نظر قرار می‌گیرد. حالا اگر چه طرز ساخت آنها در ظاهر ساده‌تر است، اما فراموش نکنید کسه یک تقویت‌کننده عملی دستگاهی است که ساختمان آن دقیق و دشوار است چون در واقع باید ضریب بهره قابل ملاحظه‌ای داشته باشد (غالباً از ۱۰۰۰۰۰۰ متجاوز است) در حالی که تمام صفت‌های دیگری را هم که برایتان نام برده‌ام باید داشته باشد.

### ساختن تقویت‌کننده‌های عملی

**مبتدی-** چگونه می‌توان به این نتیجه رسید؟

**مهندس-** معمولاً یکی از همین مدولاتورهای قطع (جداساز) همه یا هیچ را که قبلاً برایتان گفتم بکار می‌برند؛ بیشتر از یک مدولاتور مکانیکی، از مدولاتور ترانزیستوری یا ازیستیم‌نوری مقاوم (مقاومتی که مقدار اهمی آن با تابش نور تغییر

می کند) استفاده می کنند. کاربرد مدولاتورهای همه یا هیچ با ترانزیستورهای پیاپی میدان که سابقاً آنرا مشخص کردیم (شکل ۱۶) روز بروز بیشتر می شود. با وجود این از این مدل های با قطع (جداسازی) که هرچه بیشتر با مدارهای مجتمع و با رقابت درست می شوند هم دیده می شود که در آنها طرز ساخت زیرکانه ای بکار رفته که اساساً تا خروجی آن تقریباً قرینه است و زوج (دوتا) گرفتن تقریباً خودکار عنصرهای ورودی امکان می دهد که تعداد انشعابها به کمترین مقدار برسد به حدی که کار به وسیله قطع (جداسازی) دیگر امتیازی ندارد. چون به این ترتیب این خطر وجود دارد که باند گذرای بسیار محدودی بدست بیاید، مونتاژ نسبتاً پیچیده ای بکار می برند که مونتاژ گولدبرگ Goldberg است و در آن ترتیب کار را طوری می دهند که مؤلفه متناوب به یک نقطه مشخص تقویت کننده گذاشته شود، در حالی که مؤلفه مستقیم به وسیله یک پیش تقویت مجهز به یک مدولاتور و یک آشکارساز ارسال شده است. تمام آنها نسبتاً پیچیده هستند، اما عملاً بهترین راه حل برای بدست آوردن ضریب بهره بسیار زیاد، ثبات خوب و امکان داشتن ضریب بهره ضد واکنش بسیار بزرگ است. فراموش نکنید که در مونتاژ شکل ۱۵۰ اگر  $R_1 = R_2$  گرفته شود، ضریب ضد واکنشی بکار برده ام که برابر با ضریب بهره تقویت کننده است؛ بشما گفته ام که ضریب بهره ممکن است در حدود ۱۰۰۰۰۰ باشد.



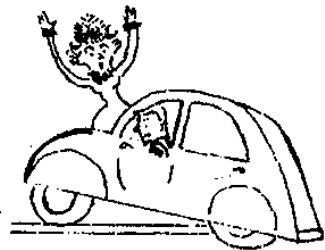
**مبتدی-** حالا می فهمم که چرا همیشه اختلاف سطح نقطه A را صرف نظر کردنی گرفته اید. اما همینطور می فهمم که این تقویت کننده های عملی باید مجموعه هائی بسیار پیچیده و گران باشند.

**مهندس-** آقای مبتدی اشتباه نمی کنید. در واقع این تقویت کننده ها قطعه های بسیار گرانی هستند و یک ماشین حساب قیاسی بزرگ ممکن است تعداد زیادی از آنها داشته باشد.

### کاربرد ماشین حساب های قیاسی

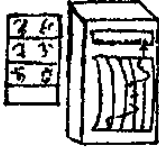
**مبتدی-** درست متوجه نمی شوم چرا تعداد آنها باید زیاد باشد. دلم می خواهد درباره امکانات این ماشین ها مثالی برایم بزنید.

**مهندس-** می دانید که در مکانیک سیستم های نوسانی وجود دارند به این ترتیب که هر جسم دارای جرم که به وسیله یک فنر که با نیروئی متناسب با فاصله بین وضعیت جسم و حالت استراحت آن عمل می کند به وضعیت معینی رسیده باشد، اگر از این وضعیت فاصله بگیرد، شروع به نوسان می کند. مثلاً وقتی با زبان خودتان یکی از چرخها را روی لبه پیاده رو بالا بپرید، یک ضربه به لاستیکها وارد کرده اید، ضربه ای که در نتیجه بالاتر بودن سطح پیاده رو وارد شده است. روی خود چرخ یک دستگاہ نوسانی میرا دارید که آنرا کمک فنر می گویند. چرخ به وسیله ای به بدنه اتومبیل وصل است که خود آن یک سیستم نوسانی دوم را تشکیل می دهد. ضربه وارد شده در نتیجه بلندتر بودن پیاده رو به وسیله چیزی که قابل ارتجاع است یعنی لاستیک منتقل شده است. به وسیله سیستم های قیاسی، سیستم های نوسانی را با مدارهای تشکیل شده از خازن و سیم پیچی و میرائی مکانیکی آنها را به وسیله مقاومتهای موازی شبیه سازی می کنیم. به تمام آن که نمایش دهنده اتومبیل (یا بهتر بگوئیم حرکات آن)



است، ضربهای به شکل يك فشار الكتريكي وارد می کنیم که وابسته به بالا رفتن روی پیاده رو است.

**مبتدی** - بنظر می رسد که اینکار بسیار خوبست. به این ترتیب خطر آسیب دیدن لاستیک کمتر است.



### محاسبه در «زمان ساختگی»

**مهندس** - این تنها امتیاز آن نیست. می توانیم طوری عمل کنیم که گوئی زینه بندی زمان را عوض کرده ایم. پدیده الكتريكي که جریان می یساید وابستگی کامل با چیزی دارد که بطور مکانیکی می گذرد (مثلاً فشار روی بعضی از الكترودها وابسته به حرکت های اطاق اتومبیل بر حسب زمان است) اما مقیاسهای زمانی آن متفاوت است. به عبارت دیگر آنطور که کارشناسان حرکت می گویند، ضروری نیست که ما در «زمان حقیقی» عمل کنیم. پس می توانیم مثلاً طوری عمل کنیم که تغییرات الكتريكي که نشان دهنده پدیده است، آهسته تر از خود آن باشد. به این ترتیب تمام امکانات را برای ثبت فشار خروجی داریم. حالت های دیگری هم هست که برعکس در آن می خواهند معادل الكتريكي يك پدیده را به شکل سریعتر بسازند.

**مبتدی** - واقعاً فایده این یکی را نمی دانم چون بادقت بررسی کردن چیزی که در يك پدیده می گذرد جالبتر است.

**مهندس** - بله، به شرطی که این پدیده خیلی سریع باشد. اما ممکن است حرکت و دگرگونی پدیده بسیار آهسته باشد. این وضع بخصوص با حالت يك ديگك بزرگ که توربینی را به حرکت درمی آورد مطابقت دارد چون اگر توان کسوده را افزایش بدهند، به سبب ماندگرمائی ديگك، تأثیر آن روی فشاربخار پس از زمان قابل ملاحظه ای ظاهر می شود. بسیار جالب است که نمونه قیاسی يك ديگك بخار و توربین را ساخت به این ترتیب امکان آن هست که با شتاب دادن به کارها معلوم کرد که مجموع دستگاه در برابر يك مقدار زغال بیشتر یا کمتر که در کوره می ریزند چه واکنشی نشان می دهد. با انجام آن با شتاب زیادتر امکان آنرا داریم که عملیات گرم کردن را با بیشترین سوددهی رهبری کنیم.

**مبتدی** - در واقع تغییر تازه ای از گوی بلورین جادوگران است چون با این روش درباره آینده پیشگوئی می کنید!

**مهندس** - بیان شما به نظر من کتابه دار است چون نمی توانم «آینده را پیشگوئی» کنم مگر آنکه آینده زیر قوانین ریاضی ساده قرار داشته باشد. فقط در این حالت است که برای من امکان دارد نتیجه و اثرهای يك عمل نسبتاً محدود را در زمان پیش بینی کنم.

**مبتدی** - تا آن لحظه که تمام دستگاههای خودکار الكترونی با کسانی که آنها را ساخته اند به مبارزه برخیزند.

**مهندس** - خواهش می کنم! واهد گنده گوئی های روزنامه های بزرگ و مخالف نشوید! فراموش نکنید که يك ماشین الكترونی غیر از آنچه که به آن داده اید، چیزی به شما نخواهد داد. این دستگاه نمی تواند عصیان کند و یا کوشش کند سازنده خودش را از هم بدرود همانطور که يك اتومبیل نمی تواند خودبخود حرکت کند و یا درحالی

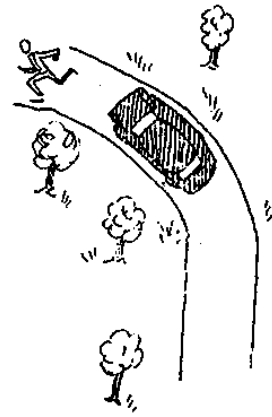




که کسی سوار آن نیست قصد جان راننده اش را بکنند و در پیچ و خم جاده ها به تعقیب او بپردازد. آقای مبتدی مطمئن باشید که تا اندازه ای مسائل الکترونی را بررسی کرده ایم و چیزی که به ویژه در این سن دانش دوست دارم اینست که وقتی موضوع کمک به انسان پیش می آید، خاصیت های جالبی دارد و امکان گسترش فن را بوجود می آورد که حالا نمی شود درباره اش حدسی زد، اما بخش بزرگی از آن در جهت کمک به انسان است.

**مبتدی** - حالا که به نتیجه گیری های کلی و بزرگ رسیده اید، باید گفتگوهای خودمان را پایان یافته بدانم.

**مهندس** - هنوز چیزهای گفتنی زیاد است. آقای مبتدی پیشنهاد می کنم پانزده روزی فکر کنید، پس از آن به سراغ من خواهید آمد و توضیحات گوناگونی درباره تمام چیزهایی که بنظر تان پیچیده آمده است، خواهید خواست. امیدوارم خیلی زیاد نباشد و بزودی بتوانیم آنها را تمام کنیم.



## مبحث هفدهم

مبتدی با توده‌ای پرشش باز می‌گردد. تمام این پرشش‌ها تقریباً با دیدن يك رادار و خواندن دستور بکاربردن آن برایش پیش آمده است. بنا بر این همراه مهندس آگاهی‌هایی درباره‌ی هیپر فرکانس (فرکانس بسیار زیاد)، مانیترون Magnétron و کلیسترون Klystron، کابل‌های هم‌مرکز که سیم مرکزی آن به وسیله‌ی... يك ساقه‌ی مسی عایق شده است، سیستم‌های جداساز فرستنده-گیرنده رادار، ثبات فشار تغذیه و سیستم‌های کپی برداشتن از وضعیت «سلسین Selsyn» بدست می‌آورد. در اینحال، مبتدی که کاملاً بهیچان آمده است، در نظر می‌گیرد يك دستگاه واقعاً بزرگ بسازد و از این راه نشان می‌دهد که الکترونیک دیگر هیچ چیز پوشیده‌ای برای او ندارد.

## مسافرت در اطراف يك رادار

مهندس- خوب آقای مبتدی، آیا پرشش‌های زیادی برای پرسیدن از من پیدا کرده‌اید؟

مبتدی- بسیار زیاد. فقط گمان می‌کنم که خودم بتوانم به تعداد نسبتاً زیادی از آنها پاسخ دهم. فقط تعدادی از پرشش‌ها را انتخاب کرده‌ام که با شگفتی تمام، همه آنها در اطراف دیدن يك رادار که هفته گذشته انجام داده‌ام، دور می‌زند. برای آغاز دلم می‌خواهد بر اینم بگوئید که يك مانیترون چگونه کار می‌کند.

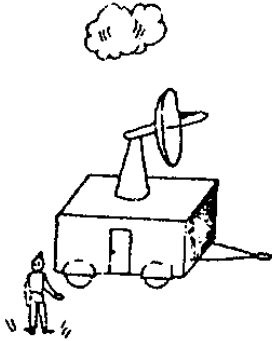
### مانیترون دو آندی

مهندس- ابتدا مانیترون دو آندی را مورد توجه قرار می‌دهیم. این لامپ از يك کاتد گرم تشکیل شده است که در فاصله بین دو قطب يك آهن ربای قوی، در جهت خطوط نیرو قرار گرفته است. دو آند بطور ساده دو نیمه استوانه هستند که همین کاتد را احاطه کرده‌اند. این دو آند را به دو انتهای يك مدار نوسانی متصل می‌کنیم که نقطه وسط آن به قطب مثبت يك منبع فشار زیاد وصل است در حالی که قطب منفی این منبع به کاتد وصل شده است به ترتیبی که خیلی خلاصه در شکل ۱۵۴ برایتان کشیده‌ام. البته مجموع دو آند و کاتد در يك حباب شیشه‌ای قرار دارند تا بتوانند در خلأ کار کنند. فرض کنید که در اثر يك عدم تعادل کوچک، یکی از دو آند بطور لحظه‌ای به اختلاف سطحی برسد که خیلی کم بیشتر از آند دیگر باشد.

مبتدی- چطور اینکار امکان دارد؟ این دو آند به وسیله مدار نوسانی بهم متصل هستند.

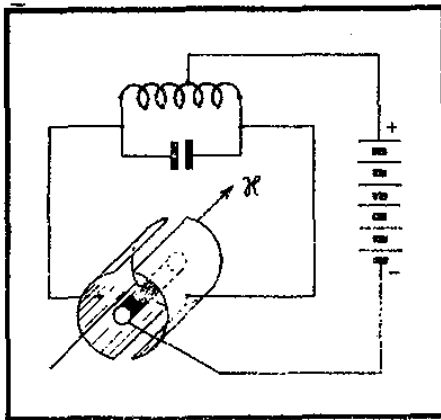
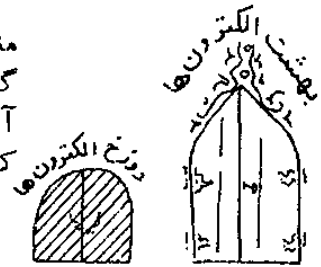
مهندس- بهمین دلیل ممکن است که وضع طوری شود که این مدار میل به نوسان بسیار کوچکی پیدا کند و به این ترتیب بطور لحظه‌ای اختلاف سطحی بین دو انتهایش بوجود بیاورد، به عقیده شما در این حالت الکترون‌هایی که از کاتد خارج شده‌اند چه خواهند کرد؟

مبتدی- آه! واقعاً مسئله‌ای وجود ندارد چون الکترون‌ها به تعداد زیاد روی یکی از دو آندی که مثبت تر است فرود خواهند آمد.



**مهندس** - دست کم در این جهت حرکت می کنند. اما نباید وجود میدان مغناطیسی را از یاد برد چون این میدان میل دارد مسیر الکترونها را به صورت گرداندن بدور کاتد در آورد. در نتیجه، این الکترونها که به تعداد زیادتری به طرف آند مثبت تر حرکت کرده بودند به سبب انحراف مسیرشان روی آندی می رسند که کمتر مثبت است.

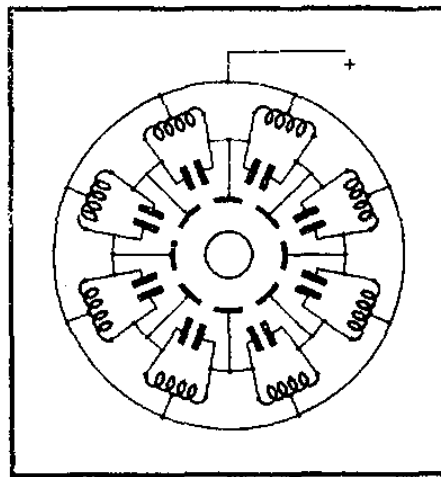
**مبتدی** - در این صورت الکترونهای احمقی هستند!



شکل ۱۵۴ - نخستین نوع مانیپترون دو آندی که زیر اثر یک میدان مغناطیسی موازی با محور کاتد قرار گرفته است.

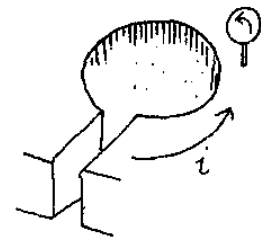


شکل ۱۵۵ - مانیپترون از نوع «چند فازی» با هشت آند که به وسیله مدارهای نوسانی بهم وصل شده اند.



**مهندس** - نه اینطور نیست! در واقع این الکترونها تمایل پیدا خواهند کرد که عدم تعادل اولیه را شدیدتر کنند و به این ترتیب اختلاف سطح بین دو آند را زیادتر خواهند کرد تا اینکه این اختلاف خیلی زیاد شود و مدار نوسانی شروع به تغییر این اختلاف در جهت دیگر کند. بنابراین اثر الکترونها و میدان مغناطیسی است که نوسان را ایجاد خواهد کرد.

**مبتدی** - این موضوع بسیار حوشمندانه است! در واقع مانیپترون شما چیزی جز یک دیود دو آندی نیست.



## مانیترون چند آندی

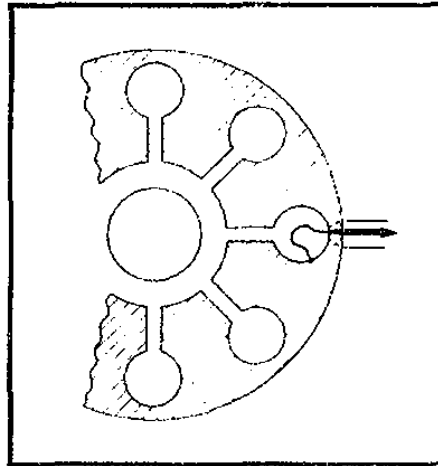
**مهندس** - درست همینطور است. معمولاً مانیترون را با بیشتر از دو آند مثلاً با هشت یا ده آند می‌سازند. می‌توان این آندها را به‌ترتیبی که در شکل ۱۵۵ کشیده‌ام، گروه‌بندی کرد. نوسان درست مثل شکل ۱۵۴ بوجود خواهد آمد، با این اختلاف که حالا هشت مدار نوسانی تزویج شده وجود دارند که در یک زمان نوسان خواهند کرد. در یک لحظه معین، آندهای زوج نسبت به آندهای فرد مثبت خواهند بود، در نیم پریود بعدی بر عکس آنست.

**مبتدی** - طرز کار آنرا می‌فهمم اما بنظر من ساختن این سیستم با هشت آند با هشت مدار نوسانی بی‌نهایت پیچیده است!

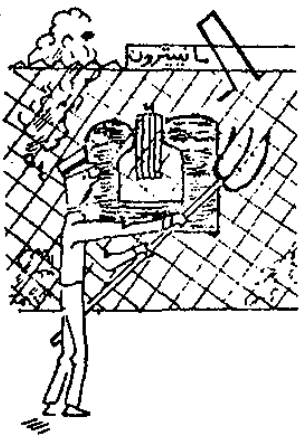
**مهندس** - آقای مبتدی خیلی ساده‌تر از آنست که فکر می‌کنید، در واقع این مدارهای نوسانی و این آندها را روی یک ورقه مسی که بریده شده است می‌سازند، همانطور که در شکل ۱۵۶ برایتان کشیده‌ام. تمام این ورقه مسی را به HT+ وصل می‌کنند. می‌بینید که جریان برای رفتن از یک آند به آند دیگر باید دور حفره بگردد که همین مطلب معادل یک سیم‌پیچی را بما می‌دهد که فقط یک حلقه دارد.

**مبتدی** - سیم‌پیچی را کاملاً می‌بینم اما برعکس بهیچوجه خازن را نمی‌بینم. **مهندس** - بنا بر این آنجا که باید نگاه کنید، نمی‌کنید چون بین دو روی مقابل هم شکاف کوچکی که فضای موجود در اطراف کاتد را به یکی از حفره‌ها مربوط می‌سازد، مقداری ظرفیت وجود دارد.

**مبتدی** - درست است و با در نظر گرفتن اینکه مقدار خودالقائی و همچنین ظرفیت بسیار اندک است، فکر می‌کنم که باید فرکانس خیلی زیاد باشد.



شکل ۱۵۶ - ساخت عملی مانیترون هشت آندی بجای مدارهای نوسانی، حفره‌های هم‌آهنگ شونده که در ورقه فلزی بریده شده است، قرار گرفته‌اند. در یکی از آنها یک حلقه برای برداشت انرژی پیش‌بینی شده است.



**مهندس** - با این مانیترون‌ها به آسانی فرکانس‌هایی می‌سازند که از ۳۰۰۰۰ مگاهرتز یا بعبارت دیگر ۳۰ مایلپادپریود در ثانیه بیشتر است. این فرکانس وابسته به طول موجی کمتر از یک سانتیمتر است. در رادارهای معمولی این مانیترون‌ها را بیشتر برای ایجاد نوسان‌های  $3\text{GH}$  (زیگاهرتز) (که ۳۰۰۰ مگاهرتز یا طول موج  $10\text{Cm}$  است) یا  $10\text{GH}$  (۳ سانتیمتر) بکار می‌برند. معمولاً برای رادارها،

این ماینیرون را برای مدت زمان بسیار کوتاه (یک میکروثانیه یا کمتر) به وسیله یک فشار نسبتاً زیاد تغذیه می کنند و از آن توان لحظه ای بسیار زیادی بدست می آورند.  
**مبتدی** - این توان را چگونه از ماینیرون خارج می کنند؟  
**مهندس** - در یکی از حفره ها بطور ساده یک حلقه جای داده اند که ثانوی یک مبدل را تشکیل می دهد و به یک کابل هم مرکز می رسد که انرژی را انتقال می دهد.

### کابل هم مرکز «عایق شده» به وسیله مس

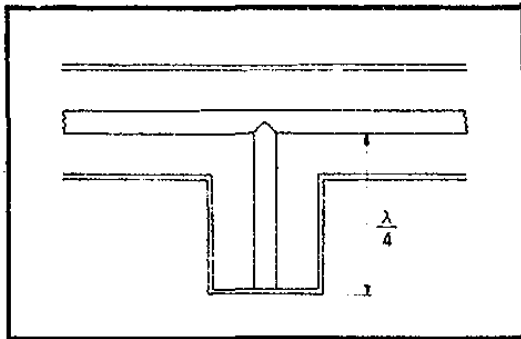
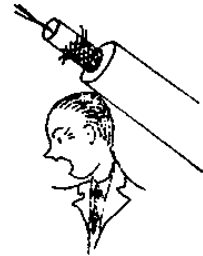
**مبتدی** - در مورد کابل هم مرکز می خواستم پرسشی از شما بکنم. احساس می کنم که این کابل را در رادار نسبتاً کم بکار می برند. چه مزاحمتی ایجاد می کند؟  
**مهندس** - مزاحمتش اینست که نمی شود توان زیادی را با تلف ضعیف در فرکانس زیاد منتقل کرد. در یک کابل هم مرکز، چیزی که بیش از همه مزاحمت ایجاد می کند، لزوم نگهداری سیم مرکزی بطور مکانیکی است. اگر یک عایق غیر مشخص بگذاریم، این عایق تلف هائی وارد می کند که مشخص کننده کاهش قابل توجه انرژی است.

**مبتدی** - در این صورت بهترین عایقی که می توانید در یک کابل هم مرکز بکار ببرید چیست؟

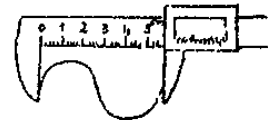
**مهندس** - برای این حالت، مس را به شما توصیه می کنم.

**مبتدی** - مستخره ام کرده اید؟ دلم می خواست بدانم با کابل هم مرکز به سر کدامیک از ما دو نفر زده اند، شما یا من؟!

**مهندس** - علت شگفت زدگی شما را می فهمم. فراموش نکنید که در اینجا با فرکانس های بسیار زیاد کار می کنیم. بنابراین در یک کابل هم مرکز، یک تکیه گاه مسی مثل آنکه شکل ۱۵۷ نشان می دهد می سازیم، بطوری که درازای آن برابر یک چهارم



شکل ۱۵۷ - تکیه گاه یک چهارم موج برای سیم مرکزی کابل هم مرکز.



طول موج نوسانی باشد که کابل هم مرکز هدایت می کند. چون انتهای این قطعه یک چهارم طول موج اتصال کوتاه است، موجی که به وسیله این اتصال کوتاه منعکس شده، هم فاز با موجی که به آن برخورد می کند، به نقطه حرکت موج می رسد. بنابراین وضع طوری است که گوئی ساقه پایه در محلی که به سیم مرکزی وصل شده، قطع گردیده است.  
**مبتدی** - این راه حل بسیار هوشیارانه است. تصور می کنم که به این ترتیب تمام مسئله های ارسال فرکانس های بسیار زیاد را حل کرده اند؟

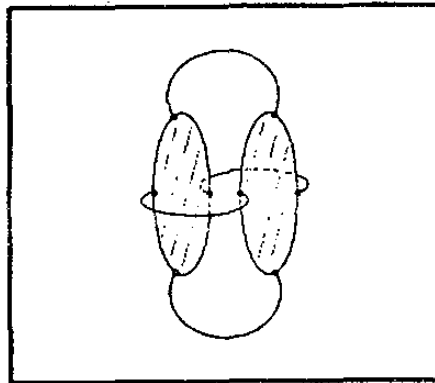
**مهندس** - متأسفانه این مسئله‌ها خیلی زیادند! چنین سیستمی برای يك فرکانس کاملاً مشخص مناسب است.

درحالی‌که غالباً تمییر دادن فرکانس دريك رادار سودمند است. چون کابل هم مرکز حتی با پایه يك چهارم موج کامل نیست، ترجیح می‌دهند لوله‌ای بکار ببرند که معمولاً مقطع مستطیل شکل دارد و در آن موج به وسیله انعکاس‌های پی‌درپی منتشر می‌شود و این همانست که هادی (راهنما) موج نامیده می‌شود.

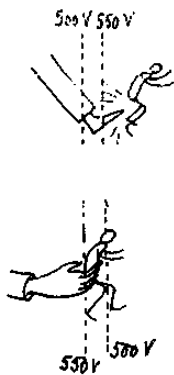
### کلیسترون با چندین حفره



**مبتدی** - حالا دلم می‌خواهد پرسم کلیسترون چیست و چگونه کار می‌کند.  
**مهندس** - ابتدا وضع يك کلیسترون تقویت کننده با دو حفره را در نظر می‌گیریم. برای اینکار ابتدا باید بدانید که يك حفره هم آهننگ شونده از نوع «رومباترون Rhumbatron» چیست. با مشاهده شکل ۱۵۸ تصویری از آن خواهید داشت. در این شکل دو صفحه گرد را می‌بینید که روبروی هم قرار دارند و تشکیل خازنی را می‌دهد که به وسیله چندین دور سیم، که سیم پیچی موازی را تشکیل می‌دهند، بهم وصل می‌کنند. در آخر چیزی بدست می‌آوریم که مقطع آنرا در شکل ۱۵۹ نشان داده‌ام و در واقع منظره يك لاستیک اتومبیل (از جهت توئی) را دارد که دو پارچه گرد روبروی هم روی آن بافته باشند.



شکل ۱۵۸ - دو صفحه کوچک که به وسیله چند دور سیم بهم متصل شده‌اند تشکیل يك مجموعه هم آهننگی را می‌دهند.

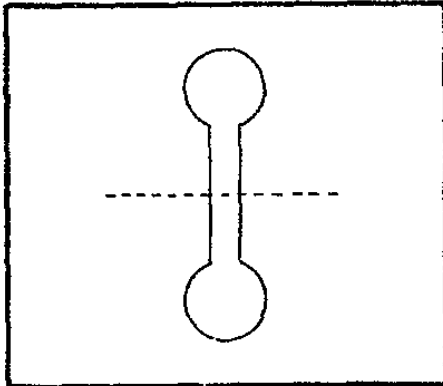


**مبتدی** - قطعاً در این فن فرکانس بسیار زیاد، باید به دیدن مدارهای نوسانی کاملاً ویژه عادت کرد. در داخل این مدار است که الکترون‌ها رومبا می‌رقصند؟

**مهندس** - هرطور میل شمامت تعبیر کنید، بهتر است بگوئید که این میدانهای مغناطیسی هستند که به روش تقریبی اینکار را می‌کنند. بنابراین همانطور که شکل ۱۶۰ نشان می‌دهد کاندی را در نظر بگیریم که الکترون می‌فرستد و آندی که آنرا جمع می‌کند. بین این دو الکتروود دو حفره هم آهننگی قرار داده‌ام. از این گذشته مدارهای این حفره‌ها شبکه‌هایی برای گذراندن الکترون‌ها هستند.

فرض کنید که من حفره اول را از راه يك حلقه تزویج به وسیله فشار کوچکی با فرکانس بسیار زیاد که آنرا روی فرکانس هم آهننگی‌اش به نوسان در آورده، تحریک کنم. وقتی الکترون‌ها در سطح دوشبکه وابسته ظاهر شوند، ممکن است شتاب

بیشتری پیدا کنند (وقتی شبکه دومی که از آن عبور کرده اند نسبت به شبکه اول مثبت باشد) یا کندتر شوند (در حالت معکوس).  
**مبتدی** - این مطلب ممکن است بی نظمی عجیبی بوجود بیاورد چون الکترون ها گاهی تندتر حرکت می کنند و گاهی کندتر. باید باهم مخلوط شوند!



شکل ۱۵۹ - مقطعی در امتداد محور «رومباترون» که حفرة هم آهنگی يك كليسترون را تشکیل می دهد.

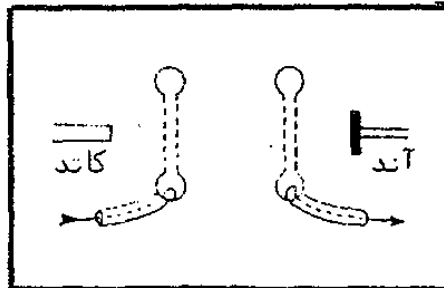


**مهندس** - از حقیقت چندان دور نیستید. اگر مسیر کافی برای الکترونها بگذارند، آنهایی که تندتر می روند دوباره به آنهایی که کندتر حرکت می کنند می رسند و به این ترتیب يك گروه الکترون که در یکجا جمع شده اند بدست می آوریم. اگر شرایط خوب باشد، این گروه الکترون در سطح دومین شبکه های حفرة دوم قابل توجه تر است. این دسته های الکترون، در حال گذر از حفرة دوم، انرژی خود را به آن می دهند و در این حفرة موج ظاهر شدن نوسان، با توانی بیشتر از آنچه برای تحریک حفرة اول بکار رفته است، می شوند.

**مبتدی** - پس کلیسترون يك لامپ تقویت کننده است؟

**مهندس** - کلیسترون های تقویت کننده هم وجود دارند. حتی با همین لامپهاست که می توان بزرگترین توان های قله یا رأس را در فرکانس های بسیار زیاد بدست آورد بطوری که هم اکنون برای امواج ۳ زیگهر تزی به توان رأسی برابر ۳۰۰۰۰ کیلووات می رسند.

نکته ۱۶۰ - ساختمان کلیسترون دو حفرة ای: حفرة اول الکترونها را از نظر سرعت زیسر تاثیر می گیرد. در فضای بین دو حفرة الکترونها بصورت گروه درمی آیند و حفرة دوم را تحریک می کنند، به غیر از يك جریان مستقیم چیزی به آن نمی رسد.

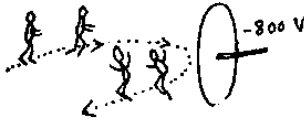


همچنین می توان کلیسترون را بصورت نوسان ساز بکار برد به این ترتیب که اگر حفرة خروجی را با حفرة ورودی با فاز مناسب تزویج کنید، این مجموعه به نوسان درمی آید.

**مبتدی** - اما اگر بخواهید فرکانس را تعمیر دهند اینکار نسبتاً دشوار است

چون باید در يك لحظه تطبيق هر دو حفره را تغيير داد.

### كليسترون «انعكاس»



**مهندس** - درست بخاطر پشت سر نهادن اين نقص است که كليسترون «انعكاس» را در نظر گرفته اند. اين كليسترون فقط يك حفره دارد که از تمام اين مجموعه به اختلاف سطح خيلى مثبت برده شده است و در اين كليسترون بجای آنند، الکترونی می گذارند که به اختلاف سطح بسيار منفي برده شده است. الکترونها پار اول از حفره می گذرند و در اثر سرعتی که دارند به الکترونی منفي نزديک می شوند؛ به وسیله این الکترونی دفع می گردند و بار دوم از حفره می گذرند. اين حفره که در عين حال هم حفره خروج و هم حفره ورود است، تزويج مناسب را وارد کار می کند و مجموع آن به نوسان درمی آید. اين كليسترون های «انعكاس» غالباً به عنوان نوسان ساز محلی بکار رفته اند، در حالی که توان ضعيفی ایجاد می کنند تا بتوان در گیرنده های رادار که معمولاً از نوع سوپر هترودين هستند، با موجی که باید گرفت ضربان ایجاد کنند.

**مبتدی** - در اين حال روی شبکه يك لامپ، نوسان كليسترون و روی شبکه ديگر نوسانی که از آنتن می رسد می گذارند؟

**مهندس** - اينکار در فرکانس های به اين زيادی منع شده است. در حقيقت نوسان محلی كليسترون را به يك حفره هم آهنگی می فرستند (قطعه هدايت موج) که هدايت موج متصل به آنتن هم به آنجا منتهی می شود. در محلی که اين دو موج بهم بر می خورد، يك کریستال (بلور) کوچک آشکار ساز قرار می دهند و به اين ترتيب عنصري را می سازند که برای ایجاد ضربان بين دو موج لازم است. در مدار بلور، فرکانس واسطرا دریافت می کنند که به وسیله يك تقويت کننده معمولی ترانزیستوری یا لامپی تقويت می شود. وقتی منظور تهیه چند ميليوات باشد، بیش از پيش ميل دارند که بجای كليسترون ها و لامپ های مشابه دستگاه های نیمه هادی قرار دهند. در بين دستگاه های که در آخر گفته شد می توان بطور اساسی از دستگاه های زیر نام برد:

۱ - چند برابر کننده های فرکانس (یا «واراکتورها» Varactors) که از ديودهای تشکيل شده اند که بر حسب فشاری که به آنها گذاشته شده است، ظرفيت متغیری از خود نشان می دهند. اگر فشار سينوسی شکلی به اين ديودها بگذاريم تغييرات ظرفيت آنها در جريان يك پریود ممکن است به آشکار شدن هارمونیک های فرکانس فرستاده شده برگردان شود. اين هارمونیک ها پس از صاف شدن می توانند به نوبت خودشان يك چند برابر کننده یا فرکانس مشابه را زیر تأثیر بگيرند. از يك علامت H. F با چند مگاهرتز که به وسیله يك نوسان ساز ترانزیستوری ایجاد شده، کار را آغاز می کنند و به وسیله چند برابر کردن، علامت هایی با توان متوسط و با فرکانس تا چند زيگاهرتز بدست می آورند در باند امواج دسيمتری و سانتيمتری).

۲ - ديودهای بهمن (که غالباً «ديود ريد Reed» ناميده می شوند). منظور ديودهای هستند که زیر يك روش پلاریزاسيون معکوس، مقاومت دينامیک منفي از خود نشان می دهند. با تزويج آن با يك حفره تطبيق شده، می توان نوسانی با فرکانس بسيار زياد ایجاد کرد.

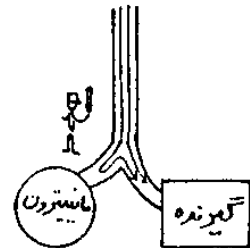


۳- استفاده از «اثر گن Gunn» منظور بوجود آمدن نوسان‌های بافرکانس بسیار زیاد در یک میلهٔ ارسینورگالیوم است که از آن جریان می‌گذرانند.

### جداسازی فرستنده-گیرنده

**مبتدی-** دربارهٔ آنتن گیرنده برایم صحبت کردید. باوجود این در رادارها فقط یک آنتن وجود دارد؟

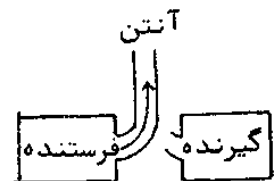
**مهندس-** درحقیقت این آنتن ابتدا برای فرستنده، بعد برای گیرنده بکار می‌رود. البته این استفادهٔ دوبرابر مسائل بسیار دقیقی بوجود آورده است از جمله اینکه توان فرستنده از هزاران کیلووات تجاوز می‌کند، درحالی‌که گیرنده می‌تواند یک میلیونیم میکرووات را تشخیص بدهد. برای آنکه آنرا در برابر تخریب به وسیلهٔ موج فرستنده حفظ کنند، یک سیستم بسیار هوشیارانه از لوله‌های محتوی گاز با فشار کم در مسیر هدایت امواج یا در اطراف آن ساخته‌اند. در جریان فرستادن چون توانی که در لوله‌های هدایت امواج جریان پیدا می‌کند خیلی قوی است، در گاز ایجاد یونیزاسیون می‌کند. در این حالت شبیه به ملاء رسانا می‌شوند. به این ترتیب انسدادی در هدایت موجی که آنتن را به گیرنده وصل می‌کند به وجود می‌آورند و گیرنده عملاً چیزی دریافت نمی‌کند. برعکس وقتی باید موج را دریافت کرد، توان آن بقدری ضعیف است که گاز اصلاً به حالت یونیزاسیون در نمی‌آید. در اینحال راه عبور موج به طرف گیرنده باز است و موج دریافت شده به طرف گیرنده می‌رود. یک لولهٔ محتوی گاز دیگر که در جهت هدایت بین نقطه انشعاب میان گیرنده و مانیترون قرار دارد، نقش یک سد را بازی می‌کند و از رفتن موج گرفته شده به طرف مانیترون جلوگیری می‌کند. این لوله در پهلوی واقع شده است به همین جهت وقتی که یونیزاسیون ندارد معادل بستن لولهٔ هدایت و برعکس لوله ایست که در مسیر لولهٔ هدایت موج به طرف گیرنده قرار دارد که تا وقتی یونیزاسیون نداشته باشد به امواج اجازهٔ عبور نمی‌دهد.



**مبتدی-** چرا باید از رفتن موج گرفته شده به مانیترون جلوگیری کرد؟ خطری وجود دارد که آنرا خراب کند.

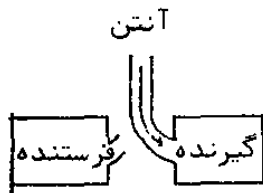
**مهندس-** مسلماً چنین خطری نیست. اما این موج برای گیرنده احمقانه از دست می‌رود، درحالی‌که انرژی زیادی برای تلف کردن وجود ندارد. بادر نظر گرفتن وجود لوله‌های گاز در مسیر هدایت موج و پهلوی آن (این لوله‌ها TR و ATR نامیده می‌شوند) تمام انرژی دریافت شده از موج به گیرنده فرستاده می‌شود.

**مبتدی-** این سیستم جداسازی خودکار و لحظه‌ای علائم بی‌نهایت هوشیارانه است. اما می‌خواستم بازهم دربارهٔ رادار از شما پرسشی بکنم: چطور تغذیهٔ ثابت را درست می‌کنند. در شکل خلاصه‌ای که برای رادار کشیده بودند و من بررسی کردم، چندین بار تذکر داده بودند، و من نمی‌دانم چطور باید آنها را ساخت.



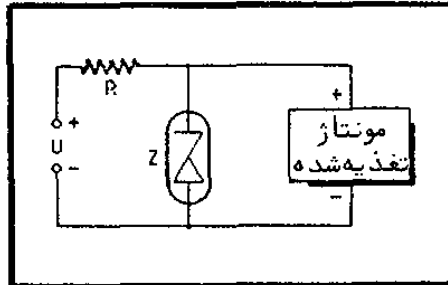
### ثبات فشار به وسیلهٔ دیود زئر

**مهندس-** آقای مبتدی هم اکنون هم تا حدودی آنرا می‌دانید. به ویژه دربارهٔ



دیوهای زرنر با شما صحبت کرده‌ام. **مبتدی** - بله، اما درست نمی‌دانم چطور آنها را برای ثابت نگه داشتن یک فشار بکار می‌برند.

**مهندس** - بطور ساده آنرا موازی با مونتاز تغذیه شده سوار می‌کنید، به ترتیبی که در شکل ۱۶۱ آنرا برایتان کشیده‌ام. می‌بینید که دیود زرنر جریانی را که مونتاز تغذیه شده مصرف نمی‌کند، به مصرف می‌رساند. وقتی مونتاز تغذیه شده مصرف متغیری پیدا کرد، جریانی که از دیود زرنر می‌گذرد در جهت عکس تغییر می‌کند. فشار تغذیه U را بزرگتر از آنچه لازم دارند انتخاب می‌کنند، اختلاف توان باید در مقاومت R مصرف شود. چون مقاومت درونی دیود زرنر خیلی کوچکتر از R است، تغییرات فشار U بطور بسیار ضعیف در دوسر دیود و مونتاز تغذیه شده نمود پیدا می‌کند.



شکل ۱۶۱- ثابت فشار به وسیله دیود زرنر

**مبتدی** - این طرز کار کاملاً شبیه به طرز کار لامپ‌های ثابت نگه‌دارنده گازی است، اما گمان می‌کنم بتوان مونتازهای پیشرفته‌تری هم ساخت.

**مهندس** - آقای مبتدی اشتباه نمی‌کنید، می‌توان یک سیستم تابع را بکار برد که در واقع بسیار شبیه به دستگاههای فرمان‌دهنده است و فشار خروجی را به وسیله یک ضدواکنش ثابت نگه می‌دارد به این ترتیب که با مقایسه فشار خروجی با یک فشار مرجع و با تقویت اختلاف فشاری که از این مقایسه بدست آورده‌است و تأثیر دادن آن از راه خروجی این تقویت‌کننده روی دستگاه تنظیم‌کننده، اینکار را انجام می‌دهد.

**مبتدی** - این مطلب کمی مبهم است. دلم می‌خواهد یک مثال محسوس برآیم بنزید.

**تغذیه ثابت**



**مهندس** - در این صورت مثالی برایتان می‌زنم که در شکل ۱۶۲ آنرا نشان داده‌ام. فشار U که باید ثابت شود از راه مقاومت  $R_p$  به یک دیود زرنر Z گذاشته شده است که فشار مرجع ما را تهیه می‌کند. این فشار را متغیر درست می‌کنیم تا بتوانیم فشار خروجی را تغییر بدهیم به این ترتیب که به وسیله پتانسیومتر P، فقط یک بخش از آنرا می‌گیریم. فشار ثابت شده E، به وسیله تقسیم‌کننده فشار  $R_1-R_2$  به یک نسبت کاهش پیدا کرده است. بنابراین بخش معینی از این فشار خروجی است که به ارسال‌کننده ترانزیستور  $T_p$  گذاشته شده است. بر حسب آنکه فشار خروجی

بسیار زیاد یا بسیار کم باشد، ترانزیستور  $T_1$  مسدود یا رساناست. جریان جمع کننده آن که نشان دهنده اشتباه فشار (یا اختلاف فشار) تقویت شده است، به پایه ترانزیستور  $T_1$  گذاشته شده است. تزویج بین دو ترانزیستور بسیار ساده است چون  $T_1$  از نوع  $p-n-p$  است. فرض کنید که به دلیل نامعلومی، مونتاژی که به وسیله  $E$  تغذیه شده است، بخواهد جریان زیادی مصرف کند. فشار  $E$  کاهش خواهد یافت، اختلاف سطح ارسال کننده  $T_1$  هم کاهش می یابد که این موضوع باعث افزایش جریان جمع کننده  $T_1$  می شود. این جریان ضمن عبور از پایه  $T_1$ ، جریان جمع کننده  $T_1$  را بطور بسیار قابل توجهی زیاد می کند، که این موضوع اثر برهم زننده اصلی را جبران می کند.

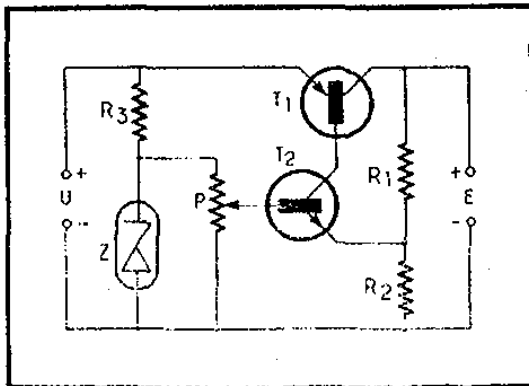
**مبتدی-** چیزی که در اینجا ناراحت می کند اینست که ترانزیستور  $T_1$  تمام اختلاف فشار بین  $U$  و  $E$  را تحمل می کند و در همین حال باید توان زیادی مصرف کند. **مهندس-** ترانزیستور  $T_1$  را از نوع قدرت (توان) انتخاب می کنیم که روی یک رادیاتور خوب سوار شده است بطوری که از بین بردن گرما را بطور مناسب

تأمین کند. به این ترتیب به سادگی می توان تلف بیشتر از  $100W$  را در یک ترانزیستور بدست آورد که از امکانات بیشتر لامپهایی که تا کنون بدست آورده اید بالاتر است. **مبتدی-** تغذیه به این سادگی با تمام این کیفیت های مثبت واقعاً قابل توجه است. احتمالاً تا اندکی بعد یکی از آنها برای خودم می سازم.

**مهندس-** اگر آنرا با دقت بکار ببرید، نتایج بسیار خوبی به شما خواهد داد. با اینحال بیاد داشته باشید که در برابر اتصال کوتاه حفظ نمی شود چون اگر دو سر خروجی را بایک مقاومت بسیار کم بهم وصل کنید، ممکن است کار شما به خراب کردن ترانزیستور  $T_1$  بیانجامد.

**مبتدی-** فکر می کنم گذاشتن یک فیوز کافی باشد.

**مهندس-** بنظر می رسد که ترانزیستورهای وجود دارند که خیلی سریع عمل می کنند. معمولاً ترانزیستور است که قبل از سوختن فیوز می میرد و فیوز را حفظ می کند. اگر بخواهید کاملاً مطمئن باشید که ناراحتی برایتان بوجود نمی آید



شکل ۱۶۲- ثبات فشار به وسیله ترانزیستور. فشار مرجع، بخشی از فشاری است که در دو سر دیود زener وجود دارد،  $T_1$  تقویت کننده فشار اشتباه است، در حالی که  $T_2$  یک ترانزیستور قدرت است.



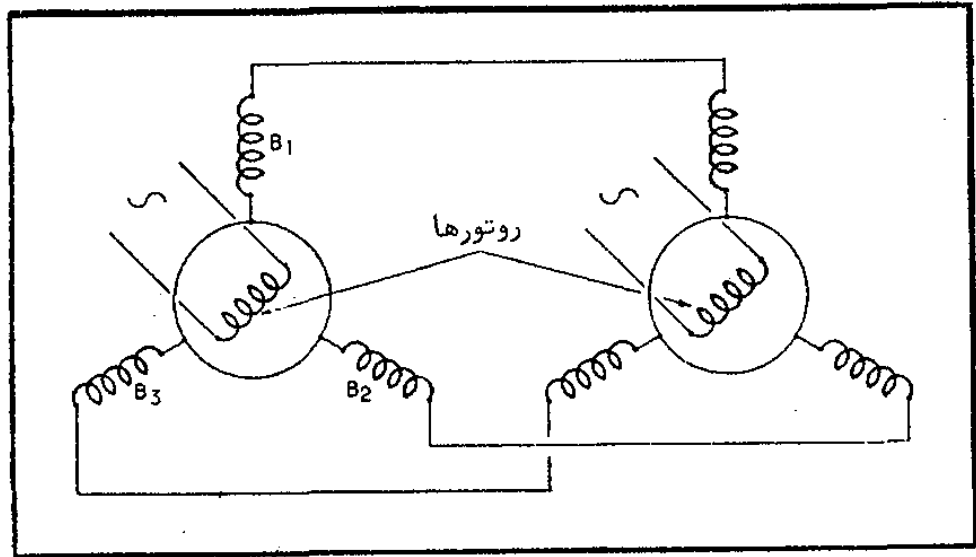
باید به این تغذیه مونتاژ نسبتاً ساده ای با سه ترانزیستور اضافه کنید که نقش قیان را بازی می کند و قطع فشار خروجی را تقریباً بلافاصله (در مدت چند میکروثانیه) پس از وجود آمدن شدت جریان اضافی انجام بدهد. این مونتاژ را در اینجا برایتان

شرح نمی‌دهم، کمی درهم است اما اصلاً پیچیده نیست؛ جزئیات آنرا در بسیاری از شمای مختلف پیدا می‌کنید.

### سلسین‌ها Selsyns

**مبتدی-** به این شمای درهم اما غیر پیچیده که شما می‌گوئید اعتماد ندارم؛ یا اینحال فکر می‌کنم بتوانم ازعهده آن برآیم. حالا می‌خواستم از شما بپرسم که سلسین که در همان کتابچه رادار خیلی مطلب درباره‌اش خوانده‌ام چیست؟

**مهندس-** سلسین يك دستگاه كوچك است كه ازخارج شبیه به يك موتور است كه برای ارسال دوباره وضعیت يك درخت، بکار می‌رود. شامل يك قسمت ثابت (استاتور) است (شکل ۱۶۳) که از سه سیم پیچی  $B_1$ ،  $B_2$  و  $B_3$  که با هم زاویه ۱۲۰ درجه دارند تشکیل شده است. قسمت متحرک آن (گردان یا روتور) فقط يك سیم پیچی دارد که يك میدان مغناطیسی عمود بر محور روتور می‌دهد و به وسیله دو حلقه که روی آنها دو جارو اصطکک دارند به خارج وصل می‌شود.



شکل ۱۶۳- زوج «سلسین» که برای ارسال دوباره يك وضعیت مکانیکی به وسیله سه دامنه فشارهای القاء شده در استاتور فرستنده به وسیله روتور فرستنده بکار می‌رود.



$$i_1 + i_2 + i_3 = 0$$

**مبتدی-** در واقع کمی به موتور شباهت دارد؛ نمی‌دانم چگونه آنرا برای ارسال يك وضعیت بکار می‌برند.

**مهندس-** فرض کنید که دو سلسین شبیه بهم را بکار می‌بریم. همانطور که در شکل ۱۶۳ نشان داده‌ام، سه سیم پیچی استاتور اول را به سه سیم پیچی وابسته به آنها در استاتور دوم وصل کرده‌ام...

**مبتدی-** آه نه دیگر! من موافق نیستم. درست است که يك سیم از هر سیم پیچی را به سیم وابسته به آن در سیم پیچی دوم وصل کرده‌اید اما از يك طرف سه

سر دیگر سیم پیچی اول را اتصال کوتاه کرده‌اید و از طرف دیگر، سیم پیچی‌های دوم راهم اتصال کوتاه کرده‌اید. قبول می‌کردم که یک سیم برای اتصال این سه سر دیگر بکار ببرید به شرط آنکه از یک استاتور به استاتور دیگر این سیم وصل شود.

**مهندس** - اینکار لازم نیست. در واقع می‌توان نشان داد که فشارهایی که ما در سه سیم پیچی داریم به ترتیبی هستند که جمع جبری آنها همیشه صفر است. بنا بر این پیش بینی یک اتصال بین نقطه‌های مشترک سیم پیچی‌ها بی‌فایده است. حالا یک فشار متناوب به سیم پیچی روتور سلسین اول می‌گذاریم، در نتیجه سه فشار القا شده در سه سیم پیچی استاتور بوجود می‌آیند که دامنه آنها بر حسب وضعیت روتور تغییر می‌کند. این سه فشار وقتی به سه سیم پیچی سلسین دوم گذاشته شوند، سه میدان مغناطیسی ایجاد می‌کنند که باهم ترکیب می‌شوند تا یک میدان مغناطیسی ایجاد کنند که درست هم جهت با میدان مغناطیسی ایجاد کننده این سه فشار در سلسین اول باشد.

حالا دو روش برای استفاده از سلسین دوم وجود دارد. می‌توانیم روی روتور آن فشاری بگذاریم که مانند همان فشار گذاشته شده روی روتور سلسین اول باشد (معمولاً فشار متناوب ۵۰ هرتز ۹۰ تا ۱۰۰ ولت است). در این شرایط میدان مغناطیسی روتور دوم روی سیم پیچی‌های استاتور همین سلسین تأثیر می‌کند و روتور را درست به همان وضعیت روتور سلسین اول درمی‌آورد.

**مبتدی** - طرز کار آنرا می‌فهمم اما درست نمی‌دانم بین سلسینی که فرمان را می‌فرستد و سلسینی که آنرا می‌گیرد چه اختلافی وجود دارد.

**مهندس** - حق دارید که اختلافی نمی‌بینید چون اختلافی وجود ندارد. ارسال علائم ممکن است در دو جهت انجام شود. درست مثل اینست که بین دو سلسین یک کابل قابل انعطاف برای انتقال حرکت قرار داده باشید. اگر روتور دوم را از گردش بازدارید، مقاومت وابسته به آنرا روی روتور اول احساس خواهید کرد. این فقط یک ارسال وضعیت است اما سیستم تابع نیست. معمولاً آنرا برای جایجا کردن یک عقربه روی یک صفحه زینه بندی شده به کمک سلسین دوم بکار می‌برند تا یک وضعیت را نشان بدهند. این سیستم بسیار آسان است و وقتی نیاز به گردش دائمی بدون زاویه مرده دارید، این سیستم با امتیاز بیشتر جانشین سیستم پتانسیومتری می‌شود.

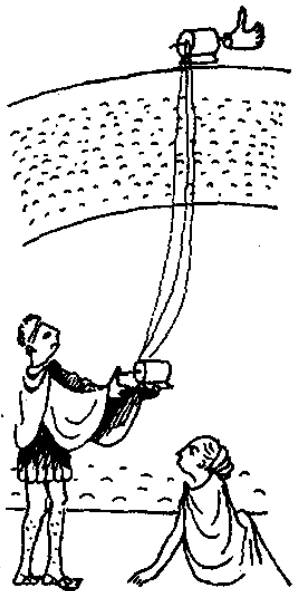
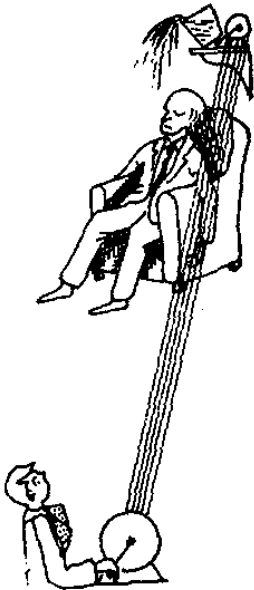
برعکس اگر فشاری روی روتور سلسین دوم نگذارم و آنرا با دست جایجا کنم، موضوع کاملاً فرق می‌کند. به عقیده شما چه پیش می‌آید؟

**مبتدی** - فکر می‌کنم که فشاری روی این ثانوی القاء خواهد شد.

**مهندس** - کاملاً درست است. این فشار چگونه تغییر می‌کند؟

**مبتدی** - باز فکر می‌کنم وقتی روتور سلسین دوم را بگردانم فشار تغییر خواهد کرد. بدون شک وقتی این روتور دوم در جهتی است که میدان مغناطیسی از حلقه‌های آن بخوبی می‌گذرد، این فشار مقدار زیادی دارد. و وقتی حلقه‌ها را طوری قرار می‌دهیم که میدان دیگر نمی‌تواند از داخل آنها بگذرد احتمالاً این فشار خیلی ضعیف است.

**مهندس** - درست است، اما برای اینکه مطلب را دقیقتر گفته باشم، خاطر نشان می‌کنم که وقتی روتور را در وضعیتی قرار دهم که سطح حلقه‌ها موازی با میدان مغناطیسی ایجاد شده به وسیله سه سیم پیچی استاتور درآید. این فشار القا شده



حتماً به صفر خواهد رسید. این وضعیت عمود بر وضعیت است که وقتی روتور را به وسیله همان فشاری که روتور سلسین اول را تغذیه می‌کردم و قبلاً برایتان گفتم، تغذیه شود.

می‌توانیم فشار این روتور دوم را به یک تقویت کننده بدهیم و بعد به یک آشکارساز مخصوص که در برابر فاز حساس است بفرستیم که فشاری به ما خواهد داد که بر حسب آنکه روتور نسبت به وضعیتی که هیچ فشار القاء شده در آن وجود ندارد، در یک جهت یا جهت مخالف آن جابجا شده باشد مثبت یا منفی است.

**مبتدی** - فکری هم بنخاطر من رسید...

**مهندس** - بگوئید ببینم چیست، بنظر می‌آید که امروز خیلی سر حال هستید.

**مبتدی** - نه، من همیشه اینطورم. اگر این فشار روتور را که بطور مناسب

تقویت شده باشد به یک موتور دو فاز بگذاریم، می‌توانیم آنرا در یک جهت و یا جهت دیگر به حرکت در آوریم.

**مهندس** - کاملاً درست است و اینکار هم انجام می‌شود. چه روش شما را

بگیرند و یا موتور مستقیمی بگیرند که به وسیله آشکارساز حساس در برابر فاز که الان برایتان گفتم فرمان داده شود، همیشه این موتور را برای تأثیر روی روتور سلسین بکار می‌برند تا آنرا در وضعیتی نگه دارند که غیر از یک فشار القاء شده صرف نظر کردن چیزی در آن نباشد.

**مبتدی** - امتیاز این روش نسبت به روش اول چیست؟

**مهندس** - این بار ارسال دو طرفه نیست. سلسین اول فرمان می‌دهد در حالی

که دومی تابع است. از طرف دیگر توانی که روی روتور سلسین تابع در اختیار ما قرار می‌گیرد فقط به تقویت کننده و موتور زیر فرمانش بستگی دارد. به این ترتیب می‌توان یک عضو بسیار سنگین و دارای ماند زیاد را به وضعیت مورد نظر رساند. بهمین دلیل است که این سیستم ارسال غالباً برای آنتن‌های رادار بکار برده می‌شود.

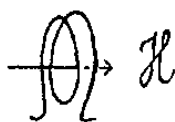
**مبتدی** - در واقع این سیستم سلسین که می‌توان آنرا به روش‌های بسیار

گوناگون بکار برد، بسیار راحت است. شماره ۲ هم ممکن است در دو نوع کار بردی که برایم گفتید بکار برده شود.

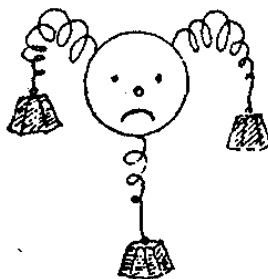
**مهندس** - بطور نظری امکان آن هست؛ در واقع ترجیح می‌دهند که سلسین

را کمی اختصاصی‌تر کنند. بعضی از آنها هستند که به ویژه برای کاربرد به عنوان ارسال کننده ساخته شده‌اند. ترتیب کار را طوری می‌دهند که سیم پیچی آنها نتوانند به وسیله بارهایی که باید از آنها جریان یابند خیلی دچار اغتشاش شوند. اما در باره کار سلسین تکرار کننده (رپتور) باید گفت که اگر مستقیماً با اعلام وضعیت کار می‌کند، همانطور که برایتان گفتم، برای میرا کردن گردش روتور آنها، احتیاط‌هایی

بعمل می‌آورند. برعکس اگر بخواهند آنها را با یک سیستم تابع و یک موتور بکار بگیرند، یعنی بر حسب طرز کاری که آشکارساز همزمان نام دارد بکار گرفته شوند، باید آهن روتور آنها کاملاً همگن باشد تا روتور هیچگونه واکنشی روی سیم پیچی سلسین ارسال کننده اعمال نکند. در حالت ارسال مستقیم، بدون موتور گرداننده سلسین دوم (این ارسال را اعلام به دور *Télé-affichage* می‌گویند)، لازم نیست که همگن بودن هسته آهن روتور سلسین دوم به آن حد کامل باشد. چون این روتور که به وسیله نیروهای مغناطیسی در وضعیت وابسته قرار می‌گیرد، واکنشی روی



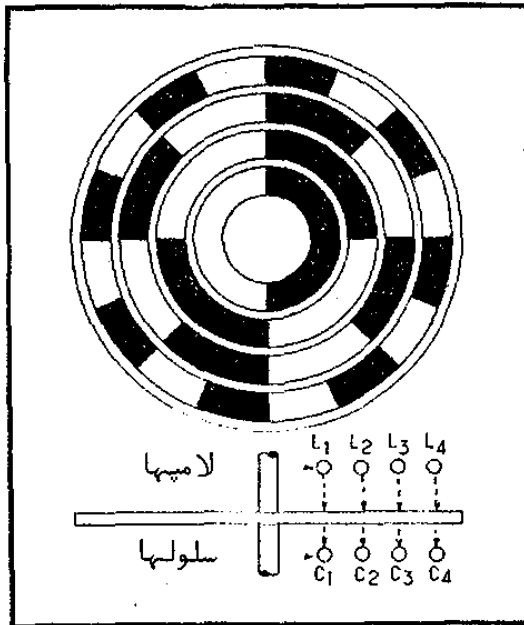
م حداکثر



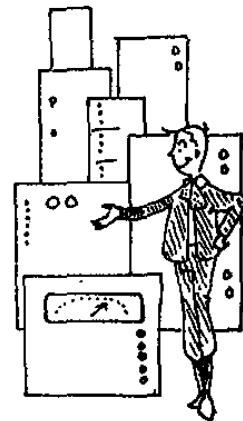
ارسال کننده نخواهد داشت.

### کدگذار شماره‌ای

**مبتدی** - باز هم چیز شگفت‌آوری در کتابچه راهنمای رادار وجود داشت؛ در آنجا صحبت از انتقال وضعیت به وسیله «کدگذار شماره‌ای» بود. این دیگر چیست؟ **مهندس** - بطور ساده منظور دستگاهی است که به یک محور متصل است و وضعیت آنرا به صورت عددی معمولاً با کد دوعلامتی منتقل می‌کند. مثلاً می‌توان (شکل ۱۶۴) آنها را به وسیله یک صفحه گرد که شامل چندین نوار پشت‌سرم در یک دایره است درست کرد که هر نوار بخش‌های شفاف و بخش‌های تیره دارد. در برابر هر نوار لامپی قرار دارد که این نوار را بر حسب بخشی از شعاع صفحه گرد روشن می‌کند و در طرف دیگر یک سلول فتوالکترونیک قرار دارد. بر حسب آنکه یک قسمت شفاف (یا تیره) این نوار بین لامپ و سلول قرار گیرد، این سلول یک فشار (یا فشار صفر) ایجاد می‌کند. با بخش مناسب منطقه‌های شفاف و تیره روی نوارها می‌توان ترتیبی داد که فشارهای ایجاد شده به وسیله سلول با کد دوعلامتی شماره‌ای را نشان دهد که امکان آشکار کردن وضعیت محور را بوجود می‌آورد.



شکل ۱۶۴ - صفحه گرد که گذار نوارهایی با منطقه شفاف و تیره دارد. بر حسب وضعیت زاویه‌ای صفحه گرد، لامپ‌های  $L_1, L_2, L_3, L_4$  یا سلول‌های فتوالکترونیک را روشن می‌کنند و یا روشن نمی‌کنند. این سلول‌ها به این ترتیب روی تعدادی خطوط که برابر تعداد نوارهاست وضعیت صفحه را که به صورت کد دوعلامتی است، ارسال می‌دارند.



وضعیت بهمان ترتیب است که در مقایسه محاسبات عددی و محاسبه قیاسی وجود داشت. یک سیستم ارسال حسابی (یا شماره‌ای) وقتی جالب است که یک ارسال مجدد شامل رقم‌های زیاد را بکار می‌برند، که وابسته به دقت بسیار زیاد است. برای دقت کمتر، می‌توان به تغییرات پیوسته مقادیر اکتفا کرد مثلاً از مقادیر دامنه سه فشار در سه سیم‌پیچی همانطور که در سه سلسین بکار می‌روند، استفاده کرد.

## طرح‌های بسیار بزرگ

**مبتدی** - از اینکه طرز کار این کدگذارهای شماره‌ای را فهمیده‌ام بسیار خوشنودم. اینها به‌من امکان می‌دهند مسئله‌ای را که مدتهاست وقت مرا گرفته است حل کنم چون یکی از دوستانم از من خواسته است که برای ماشین ابزارش، فرمان خودکاری بسازم که بر حسب يك برنامه معین کار کند. یکی از همین کدگذارها را به ماشین تزویج می‌کنم و آنرا بکار می‌برم. شماره‌ای که برای من مشخص می‌کند، روی يك دستگاه نمایش‌دهنده - جا‌بجا کننده ذخیره می‌شود. این دستگاه به‌من امکان می‌دهد که آنرا با شماره برنامه جمع کنم که خود آن روی حافظه‌های مغناطیسی ثبت است...

**مهندس** - آقای مبتدی می‌دانستم که سر حال هستید، اما هرگز حدس نمی‌زدم اینقدر سر حال باشید! قطعاً برای شما، الکترونیک...  
**مبتدی** - الکترونیک؟.. بسیار ساده است!

پایان



## يك نامه از مهندس به مبتدی

### دوست عزیز:

مدتهاست که دوباره شما را ندیده‌ام و تصور می‌کنم که ساختن فرمان برنامه‌ریزی شده ماشین ابزار، کاملاً مجذوبتان کرده است. فکر می‌کنم برای اینکه مطلب‌هایی را که در جریان گفتگوهایمان نام بردیم، مرتب کنیم، بجاست که آنها را به گونه‌ای برای شما مرتب کنم.

یادتان هست که نیمه عدم موفقیتی که در ساختن دستگاه دزدگیر الکترونی داشتید مرا به شرح دستگاه‌های جذب‌کننده برای شما کشاند (صفحه ۲۰) بعد کوشش کردم الکترونیک را برایتان تعریف کنم (صفحه ۲۳) و در آخر برای اینکه گفتگوهای بعدی زمینه‌سازی شود، شمارا به خواندن دوباره يك كتاب ساده الکتريسيته برانگيختم.

در فصل دوم (صفحه ۲۵) دیدیم که چنانچه پدیده‌ای که به بخش الکترونی فرستاده می‌شود، الکتريسيته هم باشد، باز ممکن است یکبار بردن يك جذب‌کننده لازم باشد؛ دیدیم که چگونه فشارهای مستقیم را، برای آنکه آسانتر بتوان تقویت کرد، به فشار متناوب تبدیل می‌کنند (صفحه ۲۵) دستگاه‌های جذب‌کننده میدانهای الکتريسيته (صفحه ۳۰) را دیدیم، اندازه‌گیری فشاری (صفحه ۳۳) که اندازه‌گیری نیرو را امکان‌پذیر می‌کند و هم‌ینطور دستگاه‌های با تار مرتعش (صفحه ۳۸) و دستگاه‌های پیزو الکتريک را بررسی کردیم.

در فصل سوم (صفحه ۴۰) درباره مفهوم دقیق شتاب و شتاب‌سنج‌ها (صفحه ۴۱) صحبت کردیم. جذب‌کننده‌های صدا یا میکروفن‌ها (صفحه ۴۴) را دیدیم، عنصرهای حساس در برابر گرما (از جمله ترمیستانس‌ها در صفحه ۴۵ و زوج گرمائی) و حساس در برابر نور را بررسی کردیم؛ در میان گروه اخیر، ابتدا سلول‌های فتوالکتريک خلا (صفحه ۴۶)، و سلول‌های گازی (صفحه ۴۷)، مقاومت‌های نوری (صفحه ۴۹)، دیودهای نوری (صفحه ۵۰)، و سپس چند برابرکننده نوری (صفحه ۵۲) مورد بررسی قرار گرفتند.

در گفتگوهای چهارم خودمان (صفحه ۵۵) برای شما چیزی را که در هسته اتم‌ها وجود دارد شرح دادم (فوتون‌ها و نوترون‌ها) و گفتم که ایزوتوپ چیست (صفحه ۵۶). با طبیعت تشعشع هسته‌ای آشنا شدیم، اشعه آلفا، بتا و گاما را شناختیم (صفحه ۵۷) و راه‌های اندازه‌گیری آنها را دانستیم، از جمله اطاق ایونیزاسیون (صفحه ۵۸)، شمارگر گایگر-مولر (صفحه ۵۹) و برق‌زن (صفحه ۶۲) را دیدیم.

با گذر از آنجا، گشت کوتاهی در شیمی الکتريک ایون‌ها زدیم؛ برای شما PH را تعریف کردم (صفحه ۶۴) و روتر، اندازه‌گیری آنرا با الکتروود شیشه‌ای (صفحه ۶۶) و بعد پتانسیل یا اختلاف سطح اکسیدی - احیائی را برایتان گفتم.

وقتی برای بار پنجم همدیگر را دیدیم (صفحه ۷۲)، بررسی بخش الکترونی خاصه مجموعه‌ها را آغاز کردیم و اینکار با تقویت‌کننده آغاز شد که به‌شما نشان دادم که باندگذرای آنرا چگونه به‌طرف فرکانس‌های زیاد (صفحه ۷۳) و فرکانس‌های کم یا صفر (صفحه ۸۰) گسترش می‌دهند. (در همین زمینه به‌شما یادآوری کردم که دسی‌بل (صفحه ۷۶) چیست).

در جریان ششمین گفتگویمان (صفحه ۸۹) بررسی کردیم که چگونه مقاومت ظاهری ورودی يك تقویت‌کننده را باید زیاد کرد و به‌لامپ سنجش الکتریکی (صفحه ۹۱) رسیدیم و کم کردن مقاومت ظاهری خروجی (صفحه ۹۵) به‌وسیلهٔ مونتاژهای بی‌خروجی کاندی (صفحه ۹۶) با جمع‌کنندهٔ مشترك (صفحه ۱۰۱) و به‌وسیلهٔ تقویت‌کنندهٔ عضلانی و یا مافوق جمع‌کنندهٔ مشترك (صفحه ۱۰۲) را دیدیم.

وقتی برای هفتمین بار همدیگر را دیدیم (صفحه ۱۰۸) دربارهٔ تغییر شکل دادن علائم مثل برش‌سر (صفحه ۱۱۰) و مونتاژی که می‌تواند اینکار را بکند، تقویت‌کنندهٔ قرینه، که «زوج دم‌دراز» نامیده می‌شود (صفحه ۱۱۳) و بخصوص مونتاژی که دوباره ایجاد می‌کند و «پیان اشیت» نام دارد (صفحه ۱۱۵) گفتگو کردیم. با این علائم با کتاره تند، مدارهای مشتق‌گیرنده (صفحه ۱۱۹) و انتگرال‌گیرنده (صفحه ۱۲۳) را زیر تأثیر گرفتیم. برای مشخص کردن نقش آنها می‌بایست برایتان می‌گفتم که مشتق (صفحه ۱۲۵) و انتگرال (صفحه ۱۲۶) چیست.

در هشتمین دیدارمان (صفحه ۱۳۰) ضرب فرکانس‌ها را (صفحه ۱۳۰) در حالت يك فرکانس ثابت و بعد برای يك فرکانس نامعین (صفحه ۱۳۳) دیدیم. در آنجا برای اینکه بتوانم دربارهٔ تقسیم فرکانس‌ها صحبت کنم لازم شد دربارهٔ ویراتور چندجانبه برایتان صحبت کنم (صفحه ۱۳۵) و بعد کاربرد ویژهٔ آنرا برای تقسیم به عدد زوج (صفحه ۱۴۱) بگویم. این حالت اخیر مرا به مرحله‌ای رساند که باشما ببینیم دو ثابتی اکلس-جردان چگونه تشکیل شده است (صفحه ۱۴۳) و از روی آن مونتاژ يك ثابتی و یا ویراتور يك جانبیه (صفحه ۱۴۹) را کاملاً فهمیدید.

در جریان نهمین گفتگویمان (صفحه ۱۵۵) یاد گرفتید که تمیز دهندهٔ دامنه (صفحه ۱۵۶) و جدا کننده (صفحه ۱۵۸) چیست.

دهمین گفتگوی ما (صفحه ۱۶۴) دربارهٔ پس‌دهنده‌های گوناگون بود، در حالی که با رله‌ها (صفحه ۱۶۵) آغاز شد و در ادامه به‌موتورهای جریان مستقیم (صفحه ۱۷۱) و بعد به‌موتورهای جریان متناوب (صفحه ۱۷۷) رسید. وقتی برای یازدهمین بار همدیگر را دیدیم (صفحه ۱۹۳) خواستید بدانید که تحریک‌کننده‌های ارتعاش (صفحه ۱۹۴) موادهای مافوق صوت پیزوالکتریک (صفحه ۱۹۵) یا با فشردگی مغناطیسی (صفحه ۱۹۸) چیست. دربارهٔ منبع‌های نور با مدولاسیون، دستگاه عکس‌نگار خط به خط (صفحه ۱۹۹) و بعد لیزر (صفحه ۲۰۱) گفتگو کردیم.

در جریان دوازدهمین دیدار ما بود (صفحه ۲۰۹) که فهمیدید شمارش الکترونی، ابتدا دو علامتی (صفحه ۲۱۰) و بعد بر پایهٔ ده (صفحه ۲۱۴) چگونه است و چطور نتیجه را نمایش می‌دهند (صفحه ۲۱۷).

قبل از اینکه به‌ماشین حسابها برسیم در ابتدای سیزدهمین گفتگویمان (صفحه ۲۲۹) لازم بود که در مورد حساب دو علامتی، برای جمع (صفحه ۲۳۰)، مدارهای منطقی (صفحه ۲۳۲) که به ما امکان می‌دهند يك نیمه جمع‌کننده (صفحه ۲۳۴) و يك نمایش‌دهندهٔ جابجاکننده (صفحه ۲۳۷) بسازیم، کمی شمارا تمرین بدهم.

چهاردهمین بار که دوباره همدیگر را دیدیم (صفحه ۲۴۳) آماده بودیم که با جمع‌کنندهٔ دو علامتی کامل (صفحه ۲۴۴) و ضرب‌کننده (صفحه ۲۴۷) روبرو شویم. برای حساب کردن به‌حافظه نیاز داریم، بشما نشان دادم که حافظه‌های باهسته فریت (صفحه ۲۵۳) و دیود تونلی (صفحه ۲۵۵) چگونه کار می‌کنند.

به‌پانزدهمین گفتگوی خودمان رسیدیم (صفحه ۲۵۹) که در جریان آن دربارهٔ فرمان‌های پیروی شده (صفحه ۲۶۰) از ثبت آنها (صفحه ۲۶۲) و از ماشین‌های فرمان‌دهنده بطور کلی (صفحه ۲۶۴) برایتان صحبت کردیم. دربارهٔ يك نوع دستگاه تابع تابع تقویت‌کنندهٔ ضدواکنشی (صفحه ۲۶۶) است، صحبت کردیم.

به‌شانزدهمین جلسه رسیدید (صفحه ۲۷۵) يك طرح اصلی از ضرب‌کنندهٔ قیاسی (صفحه ۲۷۶) مرا

به صحبت کردن درباره تقویت کننده‌های عملی (صفحه ۲۸۰) کشاند و بعد درباره محاسبه قیاسی (صفحه ۲۸۱) بطور کلی صحبت کرد.

هدف هفدهمین دیدار ما (صفحه ۲۸۹) پاسخ گوئی به پرسش‌های شما درباره هیپر فرکانس (فرکانس بسیار زیاد) به ویژه درباره تهیه آنها به وسیله ماینیرون (صفحه ۲۹۰)، راه پیمائی آنها به وسیله کابل هم مرکز با عایق يك چهارم موج (صفحه ۲۹۲) و مخلوط شدن آنها با فرکانس ثابت تهیه شده به وسیله کلیسترون (صفحه ۲۹۳) بود. همینطور دو جهت کننده‌ها را (صفحه ۲۹۶) که علائم فرکانس زیاد را در رادار به دو جهت می‌فرستند، دیدیم. برای مدارهای ضمیمه رادار بود که مونتاژهای ثابت تغذیه (صفحه ۲۹۷) و عنصرهای کپی برداشتن از وضعیت را که سلسین نام دارند (صفحه ۲۹۹) بررسی کردیم.

در این لحظه است که شما، بی آنکه هیچ تردید داشته باشید، وارد مرحله اجرای طرح عالی خودتان که ساختن فرمان برنامه ریزی شده است، شده اید و بهمین جهت بشما تبریک می‌گویم. بدون شك ما، یعنی من و شما، نمی‌توانیم ادعا کنیم که در جریان هفده دیدارمان «تمام الکترونیک» را بررسی کرده ایم. فقط امیدوارم کمی به شما کمک کرده باشم تا در این دانش اطلاعاتی بدست بیاورید. دانشی شورانگیز است، شرایط زندگی را در دنیای تازه بهتر می‌کند و پیشرفتی صاعقه آسا دارد. بهمین جهت است که باید پیوسته در جریان آن قرار بگیرید، هر روز الکترونیک را بیاموزید همانطور که خود منم اینکار را می‌کنم. اگر در جریان این «دوباره بکارگرفتن» پیوسته، به دشواری برخورد کردید، در کمک خواستن از من تردید نکنید، اگر بتوانم پاسخ بدهم این کار را خواهم کرد؛ اما به جرات می‌توان شرط بست که يك روز، مرا «پشت سر خواهید نهاد» و این وضع بسیار خوبست چون جوان‌ها باید از مسن‌ترها پیش بیفتند. در انتظار آنروز، دوستی صادقانه مرا بپذیرید.

دوست شما مهندس

## چند سال بعد

### يك نامه از مبتدی به مهندس

مهندس عزیزم

خواسته‌اند به او کمک کنم تا در جریان کارها قرار بگیرد. می‌دانید که چقدر بخود می‌بالیدم که (نقش «مهندس» را بازی می‌کنم). در واقع به موقعیتی فکر می‌کردم که بمن داده شده بود تا بتوانم آنچه را که می‌دانم آشکار کنم، زیرا فکر می‌کنم با یاد دادن به دیگران، چیز زیادی می‌شود آموخت (در واقع برای همین نیست که اینقدر دوست دارید مطالب را شرح بدهید؟)

بله، اما طوری شده که خیلی زود سرخوردم. تازه وارد، که گذشته از همه چیز دوست داشتنی است، با اشتیاق تمام از من اطلاعاتی می‌خواهد که مطلقاً نمی‌توانم به او بدهم. یادداشت‌هایی را که در جریان گفتگو-

بکلی خرد شده ۱۲۱ الان متوجه شدم که در الکترونیک مطلقاً چیزی نمی‌دانم!

اقرار می‌کنم که از چند نتیجه سرگرم کننده‌ای که چند سال است بدست آورده‌ام کمی ختام شده بودم. و پیشرفت‌های الکترونیک را از نزدیک دنبال نکرده بودم. در حالی که مؤسسه‌ای که در آن کار می‌کنم (آنها گمان می‌کنند هنوز می‌توانم کساری انجام بدهم، اما می‌ترسم بزودی بفهمند که فقط به درد موزه می‌خورم) يك کارمند فنی تازه کار استخدام کرده است. از من

چه می شود کرد؟ برای یاد گرفتن توده اطلاعاتی که بمنظور درجریان قرار گرفتن لازم دارم، اگر سالها وقت لازم نباشد مطمئناً ماهها باید وقت صرف شود. در این مدت فن به پیشرفت خود ادامه خواهد داد و فاصله من از آن بیش از پیش زیاد می شود. در اینصورت این علامت S. O. S (درخواست کمک) است که برایتان می فرستم؛ آیا راه حلی وجود دارد؟

مهندس عزیزم از شما خواهش می کنم اگر راه حلی، اگرچه تقریبی، برای مسئله من سراغ دارید، فوراً آنرا بمن بگوئید.

ادادتمند شما

مبتدی

(چقدر نام من به طرزی اندوهبار درست است!)

هایمان با هم برداشته بودیم و بیش خودم نگه می داشتم تا توضیحاتی به او بدهم یا خود برده بودم. آنها را دیدم، ورق زد و فوراً احساس کردم که تقریباً پس رفت. ابتدا دیدن شماهای لامپی او را شگفت زده کرد. بعد بمن گفت: «درباره مدارهای مجتمع چیزی در اینجا ننوشته اید؛ و بعد این لامپها قدیمی است. بقیه یادداشت های شما هم باید مال همان عصر یعنی خیلی قدیمی باشد.» حالا درست شد چون من در الکترونیک «توخالی» و «در حال انهدام» هستم. درست است، ما درباره کاربرد مدارهای مجتمع گفتگو نکرده ایم. کمی با آنها آشنائی دارم؛ ولی او تعدادی از آنها را می شناسد. (با وجود این از او نخواهم خواست که برآیم شرح بدهد چون هر چه باشد هر کس شخصیتی دارد!)

### پاسخ مهندس به مبتدی

الکترونیک «توخالی» هستید (یا بهتر بگویم گمان می کنید که هستید). نه، فقط به خاطر واقعیت زیرا است؛ وقتی یک مدار مجتمع را درست می کنند، می بینند که به آسانی یک ترانزیستور یا یک دیود می سازند، ساختن یک مقاومت به آسانی آنها نیست به ویژه اگر مقدارش زیاد باشد و بخواهند آنرا مخصوصاً دقیق بسازند. بنا بر این در یک شما مدار مجتمع، اگر بتوانند بجای یک مقاومت سه ترانزیستور و دو دیود بگذارند برد با آنهاست. اینکار موجب می شود که اجباراً روش ساخت مدارها طوری باشد که بنظر شما (دست کم در ابتدا) عجیب بیاید.

از این مطلب گذشته از لامپ چه می گوئید؟ صادقانه بگوئید شما هم همانطور که بعضی ها گفته اند «هر چیزی که درباره لامپها می دانستید فراموش کنید تا ترانزیستور را بفهمید» همین کار را کرده اید؛ نه، اینطور نیست؛ بنا بر این زیر تأثیر کسی قرار نگیرید. وانگهی خاطر نشان می کنم که یکی از آخرین وارد شدگان به قلمروی نیمه هادیها یعنی ترانزیستور با اثر میدان، به اندازه ای شبیه به لامپهای رادیویی است، که برای کسانی مثل شما که لامپها را تا حدودی بکار برده اند، کاربرد این ترانزیستورها آسانتر است تا برای جوانترها.

### مبتدی بیچاره ام:

شما هم مانند بسیاری از افراد شبیه به خودتان گذاشتید که زیر تأثیر چند پرسش واقع شوید، و همانطور که عوام می گویند یک لحظه «دست و پایتان را گم کردید.» و نتیجه گرفتید که به هیچ درد نمی خورید. بخودتان اطمینان داشته باشید احساس شما کاملاً فریب دهنده است. پس من چه بگویم که از شما بزرگترم، آنهم... نه، نمی گویم چند سال.

این را باور کنید که همکار جوان شما درباره مدارهای مجتمع اطلاعات کمتری از شما دارد. چرا، اعتراض نکنید. فراموش نکنید که یک مدار مجتمع، روش فنی برای به انجام رساندن یک کار است. در حالی که شما می توانید این مدار را با عنصرهای جدا از هم، ترانزیستورها، مقاومتها، دیودها و غیره بسازید.

بنا بر این برای شما چه اثری دارد که تمام این عنصرها در یک قطعه سیلیسیوم جای داده شده باشند؛ در موارد زیادی تکامل آنها جالب توجه است. ساده کردن مونتاژها چشمگیر است، اما چیزی که زیر پوشش مدار مجتمع قرار دارد برای شما تازگی ندارد.

اگر به شکل این مدار نگاه کنید از جادرمی روید. این مطلب بهیچوجه به خاطر آن نیست که شما در

نگذارید که پیشرفت‌های فن و بخصوص تکنولوژی شمارا خیره و یا اینکه نومید کند. برای شروع، کتاب کوچکی درباره مدارهای مجتمع خطی بخوانید (بدون شك کمتر از جا درخواهید رفت). خواهید دید که چگونه وضعیت روانی سازندگان (ترانزیستور هر چه که بخواید، مقاومت نه چندان زیاد، به ویژه خازن بهیچوجه، مگر در موقعی که خودداری از کاربرد آنها ممکن نباشد) آنها را به شما هائی کشانده است که دست کم برای کسانی که نخستین بار آنها را می بینید، شگفت آور است (اما باور کنید که خیلی زود به آن عادت می کنید).

وقتی این کتاب کوچک را خواندید (و چند دفترچه سازندگان را هم دیدید) چند مدار مجتمع قیاسی، يك تقویت کننده دیفرانسیل، يك مقایسه کننده، يك تغذیه ثابت برای خودتان بخرید و چند ساعتی با آنها سرگرم شوید. خواهید دید که چه زود با آنها آشنا می شوید. آنوقت کتاب دیگری، که چندان مبهم نباشد، درباره مدارهای منطقی مجتمع بخوانید. در آن با ترانزیستور-هائی که چند ارسال کننده دارند آشنائی پیدا می کنید که راه حل ساده ای برای افزایش تعداد نقطه هائی هستند که به وسیله آنها از يك انصالی پایه-ارسال کننده می-شود جریان گرفت. ببینید که يك مدار «و کامل شده» (یا «نه و» که حالا بیشتر میل دارند «در نانه» بگویند) چگونه ساخته شده است. باز هم چند مدار مجتمع، این بار منطقی، بخرید و با آنها سرگرم شوید. يك قپان با دو «در نانه» بسازید و کوشش کنید چند دستگاه را که در کتابچه های راهنمای سازندگان مدارهای مجتمع منطقی شکل آنها بطور جعبه ای کشیده شده، بسازید. از نظر من، پانزده روز لازم است تا دوباره همه چیز بنظر شما «بسیار ساده» شود.

از یادداشت هائی صحبت کردید که در جریان گفتگوهایمان درباره الکترونیک برداشته بودید. يك نسخه از آنرا خودم نگه داشته بودم. بنابراین دوباره آنها را خواندم و این احساس دلپذیر بمن دست داد که چیزهائی است نسبتاً تازه. برای اطمینان شما چند مطلب را اضافه کردم که آنرا در نسخه ای که در دست دارید، در همان محلی که اگر گفتگوهایمان به تازگی گذشته بود قرار می دادید، گذاشته ام.

از «دوباره در جریان بودن» صحبت می کنید. من این اصطلاح را دوست ندارم؛ بهتر است از «آموزش

همیشگی» صحبت کنید. کاملاً باور کرده ام برخلاف چیزی که در اثر نومیدی نوشته اید، وجود مجله های فنی را که در دسترس شما قرار گرفته است، کاملاً ندیده نگرفته اید. چه خواسته باشید یا نخواستہ باشید، مجموعه شناسائی های خودتان را کامل کرده اید.

درواقع همکار جوان شما، موقعیت بسیار عالی برای شماست که معلومات خودتان را مرور کنید. فقط به او بگوئید که کار را با یاد دادن مدارهای اساسی به او آغاز خواهید کرد؛ درباره جذب کننده ها برایش صحبت کنید (از زمان گفتگوی ما تا کنون چندان تغییر نکرده اند). پس از گذشت این مدت، بر عهده خودتان (همانطور که روان شناسان می گویند) نسبت به مدارهای مجتمع غلبه کرده اید. و وقتی درباره آن صحبت خواهید کرد می دانید درون جعبه چیست، و این چیزی است که شما کمک می کنید خصوصیات آنها را بهتر بفهمید. اگر کسی به این مدارها به عنوان عنصرهای ترکیب شونده نگاه کند و نخواهد حتی از زور هم بداند که چگونه ساخته شده اند، در کاربرد همان اشتباه را مرتکب خواهد شد که تمام کسانی که می خواستند ترانزیستور را بکار ببرند بی آنکه يك کلمه نارسا درباره آنچه در سیلیسیوم یا ژرمانیوم می گذرد بدانند، مرتکب شدند.

یا الله آقای میتدی کمی جرأت داشته باشید! يك روز بعد از ظهر برای نوشتن چند مطلب اضافی که برایتان می فرستم وقت صرف کردم و به این ترتیب گمان نمی کنم خواندن آنها بیشتر از آن وقتتان را بگیرد. می دانید از چه چیز بیشتر از همه می ترسم؟ از این می-ترسم در مدت يك ماه به این نتیجه برسید که الکترونیک پس از گفتگوئی که با هم کرده ایم تقریباً تغییری نکرده است. این حرف گزاره گوئی بسیار خطرناکی است. چون شما را به جائی می کشاند که موقعیت های وارد شدن در پیشرفت های تازه را ندیده بگیرید. اما این مطلب باز هم ارزنده تر از پیشروی در جهت مخالف است که وقتی نامردا به من نوشتید در آن افتاده بودید.

خوب، پس تمام اینها، تمام این مطالب تازه... بسیار ساده است (در آخر فوراً باید بگویم با وجود این چیز-هائی هست که باید گفت «بینهایت پیچیده» است. «مانطور که یکنفر که می شناختمش می گفت».

ادامند شما

مهندس

از این مجموعه منتشر شده است:

**رادیو؟... بسیار ساده است!**

۱. اسپرگ - ترجمه رضا سیدحسینی - اصغر آزوبین

**تلویزیون؟... بسیار ساده است!**

۱. اسپرگ - ترجمه اصغر آزوبین

**ترانزیستور؟... بسیار ساده است!**

۱. اسپرگ - ترجمه اصغر آزوبین

## ۷۰ دستگاه الکترونی

شرح کامل طرز کار و ساختن ۷۰ دستگاه الکترونی  
که در خانه، اتومبیل، مؤسسات، صنعت، بازی نور و  
صدا و بالاخره اسباب بازی کودکان کاربرد دارند.

ر. بسون  
ترجمه اصغر آزوبین

## ترانزیستور در رادیو و تلویزیون

شرح کامل ساخت و طرز کار انواع ترانزیستور  
و مشخصات و نوع کاربرد آن همراه با  
۸۰۰ مدار که طرز سوال کردن آنها را نشان می دهد

ترانزیستور با پایه نازک (سطح - سدا)

هرچه پوشش پایه ترانزیستور نازک تر باشد، فرکانس کاربرد آن بزرگتر است و  
مقاومت اهمی آن هم کمتر است. مقاومت ترانزیستور را با بکار بردن بلوری که شامل تعداد  
نسبتاً زیادی اتمهای خارجی است، می توان کاهش داد. از سوی دیگر اگر کلفتی پوشش پایه  
کم باشد، الزاماً ظرفیت زیادی بین ارسال کننده و جمع کننده آن ایجاد خواهد شد، ظرفیتی  
که جز با کوچک کردن ابعاد این الکترونها نمی توان آنرا کاهش داد...

ترجمه و تدوین: مهندس اصغر آزوبین

# راهنمای عملی برای خواندن نقشه های الکترونیک

۵ - اجزاء غیر مؤثر: عناصر خود القاء شبکه ها

.....

اول - قرقه با عایق هوا که شامل هیچگونه هسته مغناطیسی نیست.  
این قرقه ها ممکن است استوانه ای و دریک لایه باشند و یا از چند لایه که  
بر روی هم قرار گرفته اند (لانه زنبوری) تشکیل شوند؛

.....

ترجمه مهندس اصغر آزوبین

## تلویزیون رنگی؟! ... بسیار ساده است!

.....

مبتدی - علائم رنگ «سبز» را دوباره چگونه پیدا می کنند؟  
مهندس - علائم  $(R-y)$  و  $(B-y)$  که آشکار سازی و به طرز معینی صاف شده اند، به قالب  
گذاشته می شوند. این «قالب» از سه ترانزیستور  $TR$  و  $TV$  و  $TB$  تشکیل شده است، هر یک از  
ترانزیستورها روی ارسال کننده خود، علائم  $y$  را از راه مقاومت هائی دریافت می کنند که  
مقدار این مقاومت ها طوری انتخاب شده است که در خروجی سطح علائم برابر باشد...

ترجمه مهندس اصغر آزوبین

الکترونیک؟!  
بسیار  
ساده است!

بله! همانطور که عنوان کتاب تأیید می‌کند، هیچ چیز ساده‌تر از الکترونیک و کاربردهای آن نیست. یک علامت به وسیله یک جذب کننده (گیرنده) ثبت می‌گردد، سپس به روش دلخواه دگرگون می‌شود تا روی یک عنصر فرمان اثر کند.

منابع این فن، امکان تصور طبقه‌های گوناگون جذب کننده، تبدیل کننده و فرمان را بوجود می‌آورند، همین امکانات گوناگون است که موضوع مورد بحث در این کتاب می‌باشد.

برای اینکه تمام پدیده‌های وارد درکار را بهتر درک کنید، نویسنده که استادانستیتوی عالی "الکترونیک دونور" در کشور فرانسه است، روش روشن، خوشایند و دقیق اثرهای مشهور اسپرگ را در پیش گرفته است که گفتگوهای مهندس و مبنای آن، اکنون به شهرت افسانه‌ای رسیده است.

این کتاب، برتر از یک کتاب عالی، آموزنده و پیشرواست؛ به بسیاری از کارشناسان رادیو و تلویزیون امکان خواهد داد که شناسائی خود را در زمینه الکترونیک صنعتی به روشی دلپذیر کاملتر کنند.

