روابط بین جریان‌ها و ولتاژها وتغییرات آنها درترانزیستور وهمچنین ضریب تقویت به عواملی چون درجه حرارت، فرکانس و غیر خطّی بودن المان‌ها بستگی دارد. منظور از غیر خطّی بودن، این است که نسبت تغییرات جریان‌ها و ولتاژها تابع یک معادله خطی ریاضی نیست. معمولاً از طریق ریاضی به سادگی نمی‌توان مقادیر را به‌دست آورد. بنابراین، از منحنی‌هایی که بیان‌کننده روابط بین جریان‌ها و ولتاژها است، استفاده می‌شود. این منحنی‌ها عبارت‌اند از:

الف) منحنی مشخصه ورودی ب) منحنی مشخصه انتقالی پ) منحنی مشخصه خروجی

در ادامه بحث، دربارهٔ هر یک از سه منحنی ذکر شده توضیحاتی خواهیم داد. البته این منحنی‌ها برای آرایش امیتر مشترک ترسیم شده‌اند.

منحنی مشخصهٔ ورودی ترانزیستور یا منحنی بیس امیتر

شکل منحنی مشخصه: در شکل ۱ منحنی مشخصه ورودی ترانزیستور AC ۱۲۷ در حالت امیتر مشترک نشان داده شده است. این ترانزیستور از جنس ژرمانیم است و به همین دلیل، جریان بیس نسبتاً زیادی دارد. منحنی مشخصه ورودی ترانزیستور، بیان‌کننده مقدار جریان ورودی برحسب ولتاژ ورودی است. چون مدار ورودی به یک دیود شباهت دارد، منحنی مشخصه آن نیز شبیه منحنی مشخصه ولت ـ آمپر دیود معمولی است.

اطلاعات قابل استخراج از منحنی مشخصهٔ ورودی

از منحنی مشخصه ورودی اطلاعات زیر را می‌توان استخراج نمود.

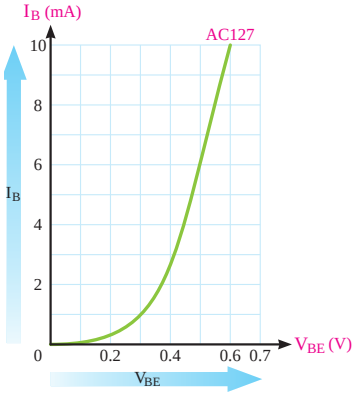
الف) نقطه کارورودی: به ازای یک V_{CE} معین بامعلوم بودن هر یک از کمیت‌های V_{BE} یا I_B از روی منحنی، نقطه کار ورودی مشخص می‌شود.

مثال۱: درشکل ۶۵ به ازای ولتاژ $V_{BE}=۰/۶\ V$ مختصات نقطه کار ورودی را مشخص کنید.

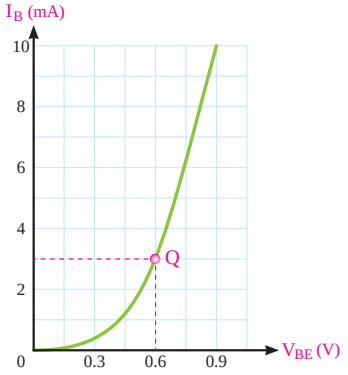
حل: اگر مطابق شکل۲ از نقطه $V_{BE}=۰/۶\ V$ خطی بر محور V_{BE} عمود کنیم، منحنی را در نقطه Q قطع می‌کند، از نقطه Q خطی بر محور I_B عمود می‌کنیم، محل تلاقی این خط با محور I_B مقدار I_B را در نقطه کار مشخص می‌کند.

$V_{BE}=۰/۶V$

$I_B=۳mA$



شکل ۱



شکل ۲

ب) مقاومت دینامیک دیود بیس امیتر: اگر سیگنالی متناوب به بیس ترانزیستور اعمال کنیم، تغییر دامنه این سیگنال موجب آن می‌شود که افت پتانسیل دو سر پیوند بیس ـ امیتر، حول نقطه کار Q قدری تغییر کند. میزان این تغییرات در مقایسه با ولتاژ بایاس V_{BEQ} خیلی کم است؛ مثلاً اگر V_{BEQ}= ۰/۷ ولت فرض شود، ممکن است این تغییرات بین دو مقدار ۰/۶۹ V و ۰/۷۱ V در نوسان باشد. تغییرات V_{BE} باعث تغییرات جریان بیس ترانزیستور خواهد شد. طبق تعریف، مقاومت دینامیکی دیود بیس امیتر با نسبت تغییرات ولتاژ بیس امیتر به تغییرات جریان بیس ترانزیستور برابر است. مقاومت دینامیکی دیود بیس امیتر را با r_π نشان می‌دهند.

$$r_\pi = \frac{\Delta V_{BE}}{\Delta I_B}$$

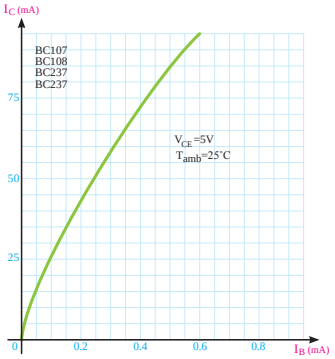
منحنی مشخصهٔ انتقالی ترانزیستور

منحنی مشخصه انتقالی، رابطه بین جریان ورودی و جریان خروجی ترانزیستور را به‌ازای مقادیر ثابت V_{CE} نشان می‌دهد. در شکل ۳ منحنی مشخصه انتقالی ترانزیستور BC ۱۰۷ را به ازای V_{CE} = ۵V مشاهده می‌کنید. از منحنی مشخصه انتقالی ترانزیستور می‌توان β_{DC} و β_{ac} یا hfe را به‌دست آورد.

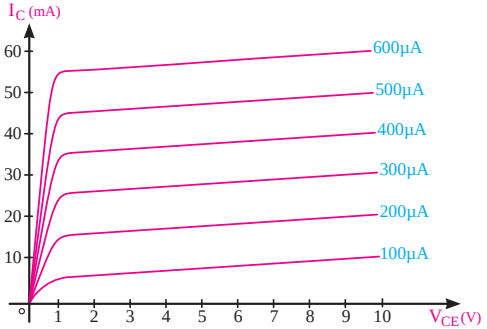
$$\beta_{DC} = \frac{I_C}{I_B}\Big|_{V_{CE}} \text{ ثابت} \Rightarrow \beta_{ac} = hfe = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}\Big|_{V_{CE}} \text{ ثابت}$$

منحنی‌های مشخصهٔ‌خروجی ترانزیستور

منحنی مشخصه خروجی ترانزیستور، رابطهٔ بین جریان و ولتاژ خروجی را به‌ازای جریان ورودی معین نشان می‌دهد. اگر تقویت کننده امیتر مشترک باشد، جریان ورودی I_B، جریان خروجی Ic و ولتاژخروجی V_{CE} خواهد بود تقریباً همه کارخانه‌های سازنده ترانزیستور این منحنی را درحالت امیترمشترک ارائه می‌دهند. شکل ۴ منحنی مشخصه خروجی ترانزیستور را به ازای جریان I_Bهای مختلف و ثابت نشان می‌دهد.



شکل ۳

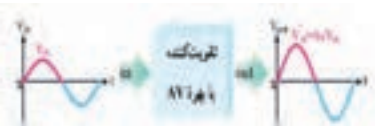


شکل ۴

تقویت‌کننده

چون برای تغییر شکل‌موج و تبدیل آن به موج مربعی می‌توان از تقویت‌کننده با ضریب‌تقویت زیاد استفاده نمود، برای آشنایی با ضریب تقویت به شرح مختصر آن می‌پردازیم. مدارهای تقویت‌کننده و مطالب مربوط به آن در سال‌های بعد به تفصیل شرح‌داده خواهد شد.

هرگاه سیگنالی مثلا سینوسی را به مداری بدهیم که دامنه ولتاژ و یا جریان را افزایش دهد به این مدار تقویت‌کننده گویند. مدار تقویت‌کننده شامل قطعات مختلف مانند مقاومت، سیم‌پیچ، دیود، ترانزیستور و سایر قطعات الکترونیکی و منبع تغذیه است. قطعات در مدار تقویت‌کننده ممکن است به‌صورت مجزا یا به‌صورت مجتمع (آی‌سی) باشد. در شکل ۵ تقویت‌کننده را به‌صورت بلوک دیاگرام و شکل موج ورودی و خروجی آن را مشاهده می‌کنید.



هرگاه دامنه ولتاژ خروجی را به دامنه ولتاژ ورودی تقسیم‌کنیم، میزان بهره ولتاژ (ضریب تقویت) به دست می‌آید. A_V اول کلمات Amplification Of Voltage به معنی تقویت ولتاژ است.

$$\text{ضریب تقویت ولتاژ} = \frac{\text{دامنه ولتاژ خروجی}}{\text{دامنه ولتاژ ورودی}}$$

$$A_V = \frac{V_{OPP}}{V_{IPP}} = \frac{V_{OPK}}{V_{IPK}} = \frac{V_{Oe}}{V_{Ie}}$$

شکل ۵

اطلاعات قابل استخراج از منحنی‌های مشخصهٔ خروجی:

از منحنی‌های مشخصه خروجی ترانزیستور اطلاعات زیر را می‌توان استخراج نمود.

الف) نقطه کار

ب) جریان نشتی

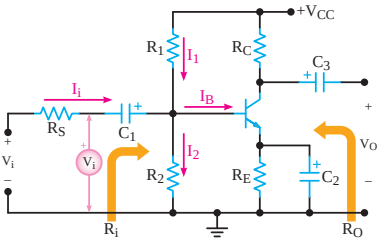
پ) بهره جریان

ت) امپدانس (مقاومت) خروجی ترانزیستور

تقویت‌کننده ترانزیستوری

تقویت‌کنندهٔ امیتر مشترک (CE)

تقویت‌کننده امیتر مشترک، بیشترین کاربرد در انواع تقویت‌کننده‌ها را دارد. تقویت‌کننده امیتر مشترک علاوه‌بر تقویت جریان، تقویت ولتاژ را نیز انجام می‌دهد و به همین دلیل، در بسیاری از موارد، نسبت به تقویت‌کننده‌های دیگر برتری دارد. در مدار شکل ۶ یک تقویت کننده امیتر مشترک با بایاس سرخود را مشاهده می‌کنید.



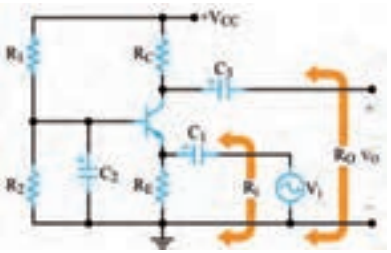
شکل ۶

تقویت‌کنندهٔ بیس مشترک (CB)

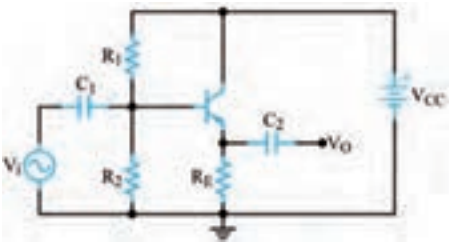
در تقویت‌کننده بیس مشترک، ورودی مدار، امیتر بیس و خروجی آن کلکتور بیس است. شکل ۷ یک تقویت‌کننده بیس مشترک با تغذیه سرخود را نشان می‌دهد.

تقویت کنندهٔ کلکتورمشترک (CC)

اگر ورودی مدار تقویت‌کننده‌ای «بیس ـ کلکتور» وخروجی آن «امیتر ـ کلکتور» باشد. تقویت‌کننده در حالت کلکتور مشترک کار می‌کند. شکل ۸ یک تقویت‌کننده CC با تغذیه سرخود را نشان می‌دهد.



شکل ۷



شکل ۸

مقایسهٔ سه نوع آرایش تقویت‌کننده‌ها از نظرمشخصات

همان‌طوری که در مباحث قبلی مشاهده کردید، سه نوع آرایش تقویت‌کننده‌ها (CE، CB و CC) از نظر میزان بهره ولتاژ و جریان و مقاومت‌های ورودی و خروجی کاملاً باهم متفاوت هستند. همچنین بهره توان این تقویت‌کننده‌ها که از رابطه $A_P = A_V \times A_I$ محاسبه می‌شود نیز باهم متفاوت است. تقویت‌کننده امیتر مشترک به علت داشتن بهره ولتاژ و بهره جریان نسبتاً زیاد بهره توان بسیار زیادی دارد به همین دلیل کاربرد آن در مدارهای مختلف الکترونیکی بسیار زیاد است. در جدول ۱ مشخصات این سه نوع آرایش را برای یک نوع ترانزیستور که از نظر بایاس تاحد امکان باهم تشابه دارند، مشاهده می کنید.

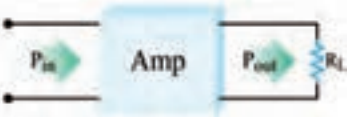
جدول۱

	امیتر مشترک (CE)	بیس مشترک (CB)	کلکتور مشترک (CC)
بهرهٔ جریان	متوسط	کم و کوچک‌تر از واحد	زیاد
بهرهٔ ولتاژ	متوسط	زیاد	کم و کوچک‌تر از واحد
بهرهٔ توان	خیلی زیاد	زیاد و تقریباً برابر بهرهٔ ولتاژ	زیاد و تقریباً برابر بهرهٔ جریان
مقاومت ورودی	متوسط	کم	زیاد
مقاومت خروجی	متوسط	زیاد	کم
اختلاف فاز	۱۸۰°	۰°	۰°

بهرهٔ تقویت‌کننده برحسب دسی‌بل (Decibel)

به شکل ۹ که بلوک دیاگرام یک تقویت‌کننده است توجه کنید. در این شکل توان داده شده به یک تقویت‌کننده را برابر P_{in} و توانی را که از آن گرفته می‌شود برابر P_{out} فرض می‌کنیم، طبق تعریف ده برابر لگاریتم اعشاری نسبت $\frac{P_{OUT}}{P_{IN}}$ تقویت‌کننده را ضریب تقویت توان برحسب دسی‌بل می‌نامیم. این موضوع با رابطه لگاریتمی مقابل بیان می‌شود.

$$A_P(dB) = ۱۰\log\frac{Pout}{Pin}$$



شکل ۹

مثال۲: درصورتی که توان وارد شده به شبکه شکل ۷۲ برابر یک وات و توان دریافتی از آن مساوی ۲ وات باشد، بهره قدرت این تقویت‌کننده چند دسی‌بل می‌شود؟

پاسخ: ابتدا A_P را محاسبه می‌کنیم. مرتبه $A_P = \frac{P_{OUT}}{P_{IN}} = \frac{۲}{۱} = ۲$

مقدار A_P را در رابطه لگاریتمی دسی‌بل قرار می‌دهیم.

$$A_{P(db)} = ۱۰\log\frac{P_{OUT}}{P_{IN}} = ۱۰\log ۲$$

$Log۲ = ۰/۳۰۱۰۳$ است که برای سادگی محاسبات آن را برابر با ۰/۳ درنظر می‌گیریم و مقدار A_P را برحسب دسی‌بل محاسبه می‌کنیم. $A_{P(db)}=۱۰\times۰/۳=۳$

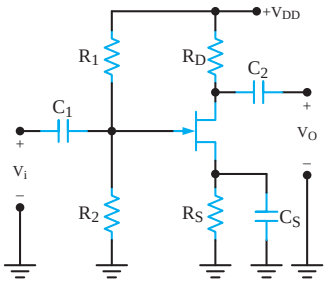
FETها

تقویت‌کننده‌های سیگنال کوچک FET

یکی ازکاربردهای مهم قطعات FET، ساخت مدارهای تقویت‌کننده ولتاژ است. از یک FET ممکن است به‌صورت سورس مشترک، گیت مشترک یا درین مشترک استفاده کنیم. هر یک از این سه آرایش، مشابه ترانزیستور BJT مشخصات ورودی و خروجی خاصی دارد.

مدار تقویت‌کنندهٔ سورس مشترک (Common source=CS)

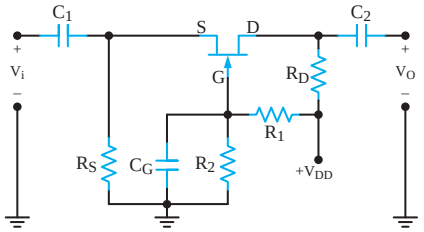
در شکل ۱۰ تقویت‌کننده سورس مشترک با ترانزیستور JFET کانال n را مشاهده می‌کنید.



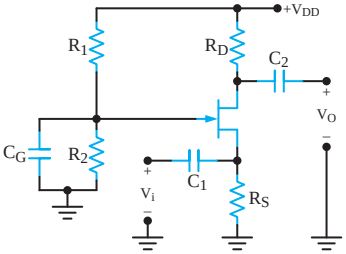
شکل ۱۰

تقویت‌کنندهٔ گیت مشترک (Common gate=CG)

تقویت‌کننده گیت مشترک مشخصاتی مشابه تقویت‌کننده BJT بیس مشترک دارد. در شکل ۱۱ مدار یک تقویت‌کننده گیت مشترک را مشاهده می‌کنید. برای آنکه از این شکل درک بهتری داشته باشید، آن را به‌صورت شکل ۱۲ دوباره رسم کرده‌ایم. دقت کنید که محل هیچ‌کدام از اجزای مدار و یا جای ورودی و خروجی آن در این شکل تغییر نکرده است.



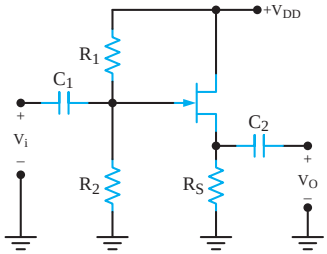
شکل ۱۱



شکل ۱۲

تقویت‌کننده درین مشترک یا سورس پیرو (Common Drain=CD)

در شکل ۱۳ یک تقویت‌کننده درین مشترک دیده می‌شود. این مدار با مدار تقویت‌کننده BJT کلکتورمشترک مشابهت زیادی دارد. در این مدار، پایه درین در مقابل سیگنال ac زمین می‌شود. سیگنال ورودی به پایه گیت اعمال می‌شود و خروجی مدار از پایه سورس گرفته می‌شود.



شکل ۱۳

مقایسهٔ تقویت‌کننده‌های BJT با تقویت‌کننده‌های FET

ترانزیستور، هر آرایشی که داشته باشد، عمل تقویت را انجام می‌دهد. هر یک از آرایش‌های ترانزیستور در مدار، مشخصات ورودی وخروجی ویژه‌ای را ایجاد می‌کند. آرایش CE مناسب‌ترین ترکیب است؛ زیرا بیشترین بهره ولتاژ و جریان را دارد و در نهایت قدرت بیشتری را فراهم می‌سازد.
آرایش CB به علّت داشتن مقاومت ورودی خیلی کم و مقاومت خروجی زیاد برای ایجاد تطبیق امپدانس بین یک مولّد سیگنال با مقاومت داخلی کم و یک بار بزرگ مناسب است.
این آرایش به دلیل داشتن پاسخ فرکانسی وسیع، در فرکانس‌های بالا نیز کاربرد دارد.
آرایش CC به علّت دارا بودن مقاومت خروجی خیلی کم اغلب به عنوان یک بافر (جداگر) برای تطبیق دادن بارهای کوچک در مدار استفاده می‌شود. ضمن اینکه مدار جریان را نیز تقویت می‌کند. طبقه نهایی تقویت‌کننده‌های صوتی را که باید بلندگوهای با امپدانس کم را تغذیه کند، به‌صورت کلکتور مشترک می‌بندند.
ترانزیستورهای اثر میدان نیز مشابهت زیادی با آرایش‌های BJT دارند. با این تفاوت که مقاومت

ورودی FET بسیار بیشتراز مقاومت ورودی BJT است. به‌طور کلی ازنظرآرایش، مدارهای BJT با FET به‌صورت زیر مقایسه می‌شوند.

الف) آرایش CS مشخصاتی مانند آرایش CE دارد.

ب) مشخصات آرایش CG مانند آرایش CB است.

پ) آرایش CD مشخصاتی مانند آرایش CC دارد.

بررسی پروژه‌ها

تقویت‌کننده ۱۰ وات

سیگنال خروجی میکروفون‌ها بسیار ضعیف هستند. چنانچه آنها را مستقیم به آمپلی‌فایر وصل کنید سطح سیگنال خروجی بسیار کم خواهد بود. به‌طوری که ممکن است صدا به خوبی شنیده نشود. به همین دلیل باید قبل از اتصال میکروفون به تقویت‌کننده، کمی سطح سیگنال آن‌را توسط مدار پری آمپلی‌فایر تقویت کرده و سپس برای تقویت نهایی به مدار تقویت‌کننده اصلی متصل نمود. هنگام اتصال میکروفون به میکروکنترلر نیز باید از پری آمپلی‌فایر استفاده کرد. با توجه به اینکه خروجی میکروفون‌ها بسیار ضعیف بوده و سیگنال تولید شده توسط آن به‌طور مستقیم توسط ورودی میکروکنترلر تشخیص داده نمی‌شود باید آن را ابتدا توسط پری‌آمپلی‌فایر تقویت کرده و سپس به ورودی میکروکنترلر متصل نمود.

بلوک دیاگرام آی ـ سی TDA۲۰۰۳

شکل ۱۴ بلوک دیاگرام آی ـ سی TDA۲۰۰۳ را نشان می‌دهد. نقش پایه‌های این مدار به شرح زیر است.

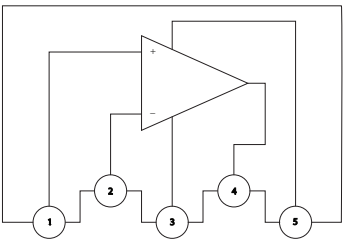
پایه‌های ۱ و ۲: ورودی

پایه ۴: خروجی

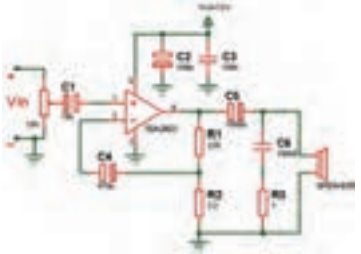
پایه‌های ۳ و ۵: تغذیه

در نقشه شماتیک مدار تقویت‌کننده، ولومی برای کنترل شدت صوت قرار داده نشده‌است. به این دلیل که قرار است در ادامه خروجی بُرد پخش Mp۳ مستقیماً به ورودی این مدار متصل گردد. اگر برای مصارفی استفاده می‌کنید که به ولوم نیاز دارد، کافی‌است به‌صورت شکل ۱۵ مدار را به‌کار ببرید.

در این مدار با تنظیم ولوم می‌توانید شدت صدای خروجی را کنترل نمایید. ولوم دارای سه پایه است. سیگنال ورودی به یکی از پایه‌های ثابت داده می شود و پایه ثابت دیگر به زمین مدار متصل می‌گردد. حال می‌توانید از پایه متغیر (پایه وسط) سیگنال قابل کنترل را دریافت کنید. از این روش برای ورودی تقویت‌کننده‌های صوتی دیگر نیز می‌توانید استفاده نمایید.



شکل ۱۴ ـ بلوک دیاگرام TDA۲۰۰۳



شکل۱۵ـ مدار تقویت‌کننده با ولوم کنترل شدت صوت

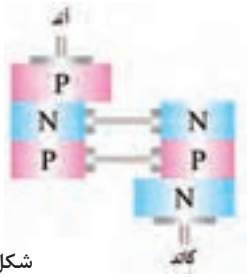
مدار معادل دیود چهار لایه

می‌توان دیود چهار لایه را به‌صورت شکل ۱۶ برش داد و آن را به دو بخش مطابق شکل ۸۶ تقسیم نمود. همان طور که در شکل ۱۷ مشاهده می‌شود نیمه سمت چپ معادل یک ترانزیستور PNP و نیمه سمت راست یک ترانزیستور NPN است. لذا طبق شکل ۱۸ دیود شاکلی از دوترانزیستور PNP و NPN تشکیل می‌شود. این دو ترانزیستور به یکدیگر کوپلاژ مستقیم شده‌اند. این مجموعه به قفل ترانزیستوری (Latch) معروف است.

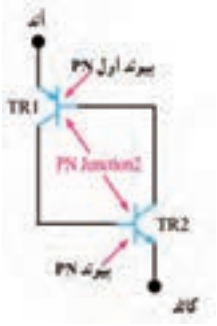
همان طور که در شکل ۱۹ مشاهده می‌کنید، کلکتور TR_1 به بیس TR_2 و کلکتور TR_2 به بیس TR_1 اتصال دارد. این نوع اتصال باعث فیدبک مثبت می‌شود و می‌تواند شرایطی را به‌وجود آورد تا عمل قفل شدن ترانزیستوری انجام پذیرد.

در این حالت هر تغییری درجریان در هر نقطه‌ای از حلقه فیدبک، تقویت می‌شود و پس از تقویت با همان فاز به نقطه شروع برمی‌گردد. به شکل ۸۸ توجه کنید.

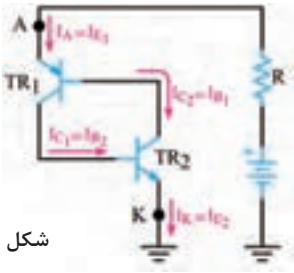
شکل ۱۶



شکل ۱۷



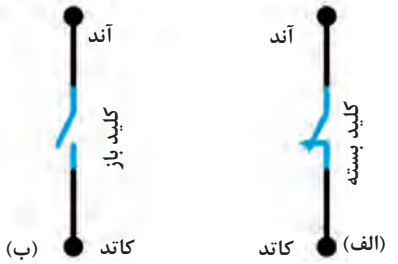
شکل ۱۸



شکل ۱۹

مثلاً اگر جریان بیس TR_2 افزایش یابد، جریان کلکتور TR_2 افزایش می‌یابد و منجر به جاری شدن جریان بیشتری در بیس TR_1 می‌شود و در ادامه جریان کلکتور TR_1 بیشتری را ایجاد می‌کند. در نتیجه، بیس TR_2 با شدت بیشتری راه‌اندازی می‌شود. این روند یعنی بالا رفتن جریان‌ها ادامه می‌یابد تا این که هر دو ترانزیستور به اشباع می‌رسند. در این حالت دیود چهارلایه قفل می‌شود و طبق شکل الف ـ ۲۰ مانند یک کلید بسته یا وصل عمل می‌کند.

حال اگر عاملی بـاعث کـاهش جریان بیس TR۲ شود، جریان کلکتور TR۲ کاهش می‌یابد و جریان بیس TR۱ را کم می‌کند. کاهش جریان بیس TR۱ جریان کلکتور کمتری را به وجود می‌آورد و در ادامه، جریان بیس TR۲ را به مقدار بیشتری کاهش می‌دهد. این عمل ادامه می‌یابد تا اینکه هر دو ترانزیستور به حالت قطع می‌روند. در این شرایط دیود شاکلی مجدداً قفل شده و طبق شکل ب ـ ۲۰شبیه به یک کلید باز (قطع) عمل می‌کند.



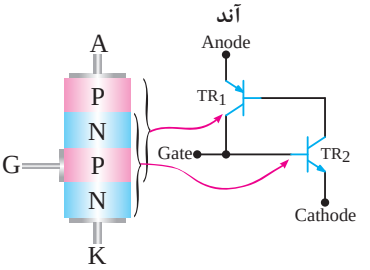
شکل ۲۰

شکل ۲۱

شکل ۲۲

مدار معادل SCR و عملکرد آن (SCR Equivalent Circuit)

برای درک بهتر عملکرد SCR می‌توان ساختمان کریستالی آن را مطابق شکل۲۱، برش داد و آن را به دو نیمه جداگانه مانند شکل۲۲ تقسیم نمود. مانند شکل ۲۳ یک نیمه از SCR معادل یک ترانزیستور PNP و نیمه دیگر آن معادل یک ترانزیستور NPN است که کلکتور و بیس آنها بهم کوپلاژ مستقیم شده‌اند.



شکل ۲۳

روشن کردن SCR

هم‌زمان یک سیگنال راه‌انداز به پایه گیت آن اعمال کنیم. به منظور تشریح کار SCR چندحالت را مورد بررسی قرار می‌دهیم.

حالت اول: جریان و ولتاژ گیت صفر است: در این حالت جریان بیس TR_2 مساوی صفر و جریان IC_2 تقریباً معادل ICo می‌شود. ازطرفی چون جریان ICo بسیار ناچیز است، نمی‌تواند ترانزیستور TR_1 را روشن کند. در این شرایط هر دوترانزیستور در حالت خاموش باقی‌می‌مانند و طبق شکل ۲۴ بین آند و کاتد امپدانس بالایی قرار می‌گیرد که به معنای باز بودن مدار است.

حالت دوم: اعمال پالس مثبت به گیت: هرگاه یک پالس مثبت V_G را به گیت اعمال کنیم و دامنه V_G را به اندازه کافی بزرگ انتخاب نماییم به‌طوری‌که بتواند TR_2 را روشن کند، شرایط زیر رخ می‌دهد.

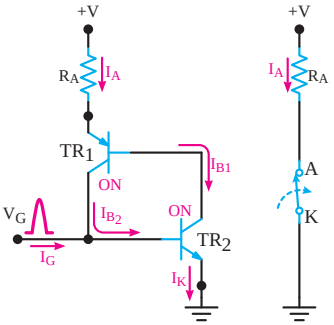
الف) با اعمال V_G مقدار جریان بیس ترانزیستور TR_2 یعنی I_{B2} افزایش می‌یابد.

ب) با زیاد شدن I_{B2} مقدار I_{C2} زیاد می‌شود.

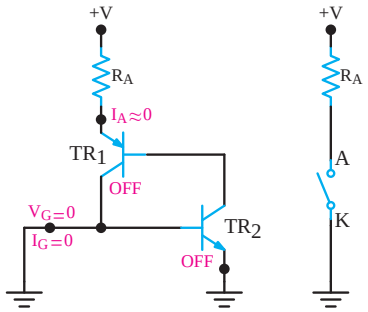
پ) چون $I_{C2} = I_{B1}$ است، با افزایش I_{C2} مقدار I_{B1} زیاد می‌شود.

ت) با زیاد شدن I_{B1} مقدار جریان I_{C1} افزایش می‌یابد.

ث) چون $I_{C1}=I_{B2}$ است با زیاد شدن I_{C1} مقدار I_{B2} مجدداً زیاد می‌شود و دوره عملیات تکرار می‌گردد. در شکل الف ـ ۲۵ هدایت ترانزیستورهای TR_1 و TR_2 در شکل ب ـ ۲۵ مدار معادل آن به‌صورت یک کلید بسته، نشان داده شده است.



شکل ۲۵



شکل ۲۴

حالت سوم: قطع پالس تحریک (تریگر V_G): با قطع پالس تحریک (تریگر V_G) SCR همچنان در ناحیه فعال باقی می‌ماند و آند و کاتد آن مانند یک کلید بسته عمل می‌کند.

مزایای دیگر رله جامد

از دیگر مزایای رله‌های جامد می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

قطع و وصل رله‌های جامد بسیار سریع‌تر از رله‌های الکترومکانیکی و کنتاکتورها بوده و زمان سویچینگ آنها، در حد میکروثانیه یا میلی‌ثانیه است.

چون در زمان قطع و وصل جرقه ایجاد نمی‌کنند، برای مکان‌هایی که گازها و مواد قابل اشتعال و انفجار وجود دارد، مناسب است.

به‌دلیل نداشتن قطعات متحرک در برابر لرزش و ضربه مقاوم‌تر از رله‌های الکترومکانیکی هستند.

اندازه کوچک‌تری دارند.

انواع رله‌های جامد از نظر نوع ولتاژ فرمان و سوئیچ:

۱ رله با ولتاژ کنترل DC و خروجی DC

۲ رله با ولتاژ کنترل DC و خروجی AC

۳ رله با ولتاژ کنترل AC و خروجی DC

۴ رله با ولتاژ کنترل AC و خروجی AC

همچنین رله‌های جامد به‌صورت تک فاز و سه فاز نیز تولید می‌شوند.

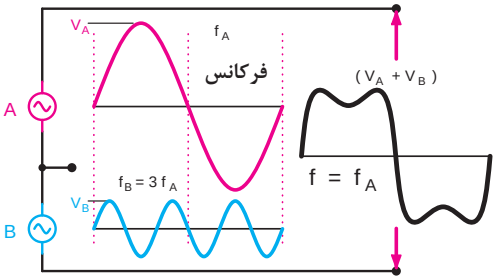
هارمونیک‌های یک موج

مضرب‌های فرد و زوج از فرکانس اصلی را در اصطلاح هارمونیک (Harmonic) می‌نامند. هر موج غیر سینوسی از ترکیب تعدادی موج سینوسی به‌وجود می‌آید. این امواج توسط دستگاه مخصوص (دستگاه طیف‌نما) از یکدیگر قابل تفکیک هستند. اگر فرکانس اصلی یک موج غیرسینوسی را f_A در نظر بگیریم، هارمونیک‌ها به‌ترتیب $1f_A$، $2f_A$، $3f_A$، $4f_A$ و سایر ضرایب فرد و زوج هستند. هرقدر شماره هارمونیک افزایش می‌یابد، مقدار دامنهٔ آن کم می‌شود.

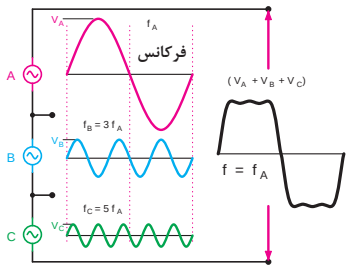
هارمونیک‌های موج مربعی متقارن

هر موج مربعی متقارن فقط دارای هارمونیک‌های فرد است. یعنی اگر موج اصلی دارای فرکانس f_A باشد، هارمونیک‌ها دارای فرکانس $1f_A$، $3f_A$، $5f_A$ و سایر ضرایب فرد هستند. مثلاً اگر فرکانس اصلی برابر ۱MHZ باشدهارمونیک‌ها دارای فرکانس ۱MHZ، ۳MHZ، ۵MHZ و... است.

در شکل ۲۶ ترکیب هارمونیک اول و سوم از موج مربعی نشان داده‌شده است. در شکل ۲۷ ترکیب هارمونیک اول، سوم و پنجم از موج مربعی رسم‌شده است. مشاهده می‌کنید در این حالت موج حاصل از هارمونیک‌ها به موج مربعی نزدیک‌تر است.



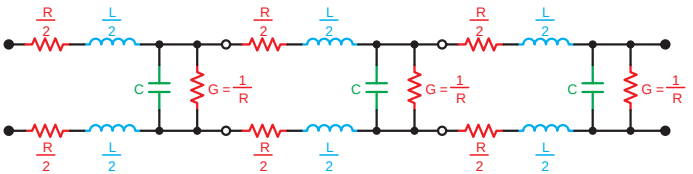
شکل ۲۶



شکل ۲۷

مدار معادل واقعی خط انتقال

مدار معادل خط انتقال بر مبنای واحد طول سنجیده می‌شود. بر خلاف سیم معمولی، مدار معادل این خطوط از مجموعه R و L به‌طور سری و C و g به‌طور موازی مانند شکل۲۸تشکیل شده است.



شکل ۲۸

امپدانس مشخصه خط انتقال

امپدانس مشخصه خط انتقال، در تمام نقاط طول خط تقریباً ثابت است و مقدار تقریبی آن از رابطه $Z_{\circ} = \sqrt{\frac{L}{C}}$ به‌دست می‌آید.

$Z_{\circ}$= امپدانس مشخصه خط انتقال

L = اندوکتانس سری در واحد طول بر حسب هانری

C = ظرفیت خازنی بین دو سیم در واحد طول بر حسب فاراد

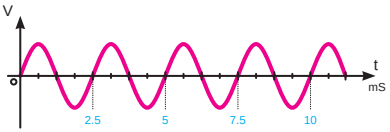
مثال: امپدانس مشخصه خط انتقال ایده‌آل را در حالتی که $L = ۰/۲\ \mu H$ و $C = ۴۰\ PF$ (در واحد طول) است، محاسبه کنید.

حل:

$$Z_{\circ} = \sqrt{\frac{L}{C}} \rightarrow Z_{\circ} = \sqrt{\frac{۰/۲\times۱۰^{-۶}}{۴۰\times۱۰^{-۱۲}}} = ۷۰/۷\Omega$$

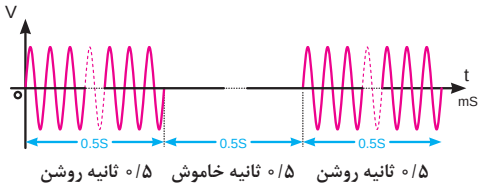
شکل انواع سیگنال‌های ارسالی از مرکز تلفن

■ **بوق آزاد:** این سیگنال دارای فرکانسی در حدود ۳۵۰ تا ۴۴۰ هرتز است و پس از برداشتن گوشی از طرف مرکزتلفن به‌طور ممتد، ارسال می شود، شکل ۲۹.



شکل ۲۹ ــ بوق آزاد با زمان تناوب ۲/۲ تا ۸/۲ میلی ثانیه

■ **بوق اشغال تلفن و اشغال خط شهری:** این سیگنال دارای فرکانسی در حدود ۴۸۰ تا ۶۲۰ هرتز است و حدود۰/۵ ثانیه روشن و ۰/۵ ثانیه خاموش است، شکل ۳۰.



شکل ۳۰ــ مشخصات سیگنال اشغال خط

■ **سیگنال بازتاب زنگ:** این سیگنال دارای فرکانسی در حدود ۴۴۰ تا ۴۸۰ هرتز است (مشابه بوق آزاد) و حدود۲ ثانیه روشن و ۲ ثانیه خاموش است. فرکانس و زمان روشن و خاموش بودن این سیگنال در سیستم‌های مختلف، فرق می‌کند، شکل ۳۱.

شکل ۳۱ــ مشخصات سیگنال بازتاب زنگ

■ در مدارهای قطع و وصل الکترونیکی از تراشه CD۴۰۱۳ نیز استفاده می‌شود. هر زمان که کلید فشار داده شود پایه شماره ۱ این تراشه تغییر وضعیت می‌دهد. چون این خروجی دارای جریان ضعیفی است، از یک ترانزیستور برای تقویت جریان استفاده شده‌است. این ترانزیستور جریان لازم برای راه‌اندازی رله را فراهم می‌کند. قطع و وصل رله می‌تواند سبب قطع و وصل وسایل دلخواه شما شود. البته در این حالت باید به جریان مجاز کنتاکت‌های رله دقت نمایید.

■ **قسمتی از برگه اطلاعاتی ماژول SR۵۰۱:**

Spectification:

- Voltage: 5V - 20V
- Power Consumption: 65mA
- TTL output: 3.3V. 0V
- Delay time: 0.2 sec
- Trigger methods: L - disable repeat trigger, H enable repeat trigger
- Sensing range: less than 120 degree, Within 7 meters
- Temperature: -15 ~ +70
- Dimension: 32*24 mm, distance between screw 28mm, M2, Lens dimension in diameter: 23mm

Application

Automatically sensing light for Floor, bathroom, basement, porch, warehouse, Garage, etc, ventilator, alarm, etc.

● **قسمتی دیگر از برگه اطلاعاتی ماژول SR۵۰۱: (نحوه کالیبره کردن ماژول)**

Instructions

Induction module needs a minute or so to initialize. Duning initializing time, it will output 0-3 times. One minute later it comes into standby. Keep the surface of the lens from close lighting source and wind, which will introduce interference.

■ پایه شماره ۴ آی ـ سی ۵۵۵ زمانی که به زمین متصل باشد، خروجی ۵۵۵ غیرفعال و چنانچه این پایه به مثبت وصل شود خروجی فعال خواهد شد. در این مدار پایه مذکور توسط یک مقاومت ۱۰ کیلو اهم به زمین متصل شده است (به این مقاومت پایین‌کش یا Pull_Down می‌گویند) و آی ـ سی غیرفعال است.

■ حال اگر به هر دلیل این پایه به ولتاژ مثبت متصل شود خروجی فعال می شود. در این مدار از ماژول PIR استفاده شده است. اما شما می‌توانید هر مدل ماژولی که با حس کردن یک کمیت، خروجی «یک» تولید می‌کند را به این پایه وصل کنید. به عنوان مثال می‌توان با اتصال یک ماژول تشخیص گاز، این مدار را به «مدار هشداردهنده گاز» تبدیل کرد.

■ **دو مدل از این ماژول‌ها در جدول ۱ نمایش داده شده است.**

جدول ۱ـ ماژول گاز

نام ماژول (سنسور)	شکل
MQ۶ حساس به گازهای LPG, Propane, iso, butane	
MQ ـ۲ حساس به کلیه گازهای مشتعل و دود	