۴-۴-۱- نتایج آزمایش

آن چه را که در این آزمایش فراگرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

۵-۱ نام‌گذاری ترانزیستورها

برای نام‌گذاری ترانزیستورها ، سه روش رایج در دنیا وجود دارد ولی تعدادی از سازندگان قطعات الکترونیکی از سیستم‌های نام گذاری خاص خود استفاده می کنند. مثلاً حروف اوّل شرکت سازنده را روی ترانزیستور می‌نویسند یا حتی به صورت پیش شماره می‌آورند . روش های رایج نام‌گذاری عبارتند از :

الف :روش ژاپنی

ب : روش اروپایی

پ : روش امریکایی

در این قسمت ، روش های رایج نام‌گذاری را به طور خلاصه شرح می‌دهیم :

۵-۱-۱ روش ژاپنی

در این روش نام‌گذاری ، نام ترانزیستور با پیش وند 2S شروع می‌شود و به دنبال آن یکی از حروف A ، B ، C ، D می آید که هر کدام از حروف مفاهیمی به شرح زیر دارند .

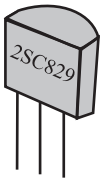
A : ترانزیستور PNP ودر فرکانس‌های زیاد نیز می‌تواند کار کند.

B : ترانزیستور PNP و در فرکانس‌های کم نیز می تواند کارکند.

C : ترانزیستور NPN و در فرکانس‌های زیاد نیز می‌تواند کارکند.

D : ترانزیستور NPN ودر فرکانس‌های کم نیز می‌تواند کارکند.

بعد از این حروف تعداد ۲ ، ۳ یا ۴ رقم عدد قرار می گیرد که با مراجعه به جدول مشخصات ترانزیستورها می‌توان مشخصات ترانزیستور را استخراج کرد . برای مثال ترانزیستور ۲SC۸۲۹ ، ترانزیستور NPN است و در فرکانس‌های زیاد نیز به خوبی کار می کند .سایر مشخصات این ترانزیستور را می توان با مراجعه به جدول مشخصات ترانزیستورها استخراج کرد، شکل ۲۰-۱.



شکل ۲۰- ۱ نام‌گذاری ترانزیستور به روش ژاپنی

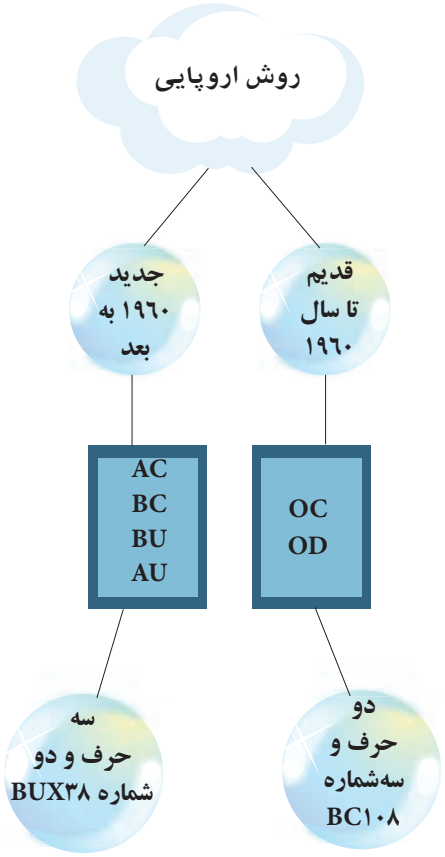
برای بیان نام ترانزیستورهای ژاپنی در بسیاری از موارد حروف 2S را بیان نمی‌کنند و آن را به صورت C۸۲۹ نمایش می‌دهند .

۵-۱-۲ روش اروپایی

در نام‌گذاری به روش اروپایی ، تا سال ۱۹۶۰ میلادی ترانزیستور ها را با پیش وند OD ، OC با دو ، سه یا چهار رقم به دنبال آن مشخص می کردند . حروف OC برای

ترانزیستورهای کم قدرت و OD برای ترانزیستورهای با قدرت بالا به کار می‌روند .

در این نوع نام‌گذاری ، نوع ترانزیستور (NPN ، PNP) جنس نیمه هادی به کار برده شده یا محدوده فرکانسی آن مشخص نمی‌شود. از سال ۱۹۶۰ میلادی به بعد ، شیوه‌ی نام‌گذاری به‌روش بالا تغییر کرد. به این ترتیب ترانزیستورهایی که بیشتر در رادیو و تلویزیون یا وسایل الکترونیکی عمومی به کار برده می‌شدند با دو حرف و سه رقم و ترانزیستورهای خاص با سه حرف و دو رقم مشخص شدند، شکل ۲۱-۱. مثلاً ترانزیستور BUX۳۸ ترانزیستور قدرت با فرکانس بالاست .



شکل ۲۱-۱ روش نام گذاری اروپایی ترانزیستورها

نام گذاری دو حرف وسه رقم

حرف اول در این روش نشان دهنده جنس نیمه هادی است. اگر جنس نیمه هادی ژرمانیوم باشد با حرف A واگر سیلیسیوم باشد با حرف B مشخص می‌شود. حرف دوم یکی از حروف S ، L ، F ، D ، C و یا U است معانی هریک از این حروف در جدول ۳-۱ آمده است

جدول ۳-۱- مشخصات حروف دوم ترانزیستور

C : ترانزیستور با قدرت کم و فرکانس کارکم
D : ترانزیستور با قدرت بالا و فرکانس کارکم
F : ترانزیستور با قدرت کم و فرکانس کارزیاد
L : ترانزیستور با قدرت بالاوفرکانس کارزیاد
S: ترانزیستور با قدرت کم که برای سوئیچ به کار می‌رود
U: ترانزیستور با قدرت زیاد که برای سوئیچ به‌کار می‌رود

سه رقم بعدی نشان دهنده سری ترانزیستور است. با استفاده از این سه رقم و جدول مشخصات ترانزیستورها می توان سایر مشخصات ترانزیستور را استخراج کرد.

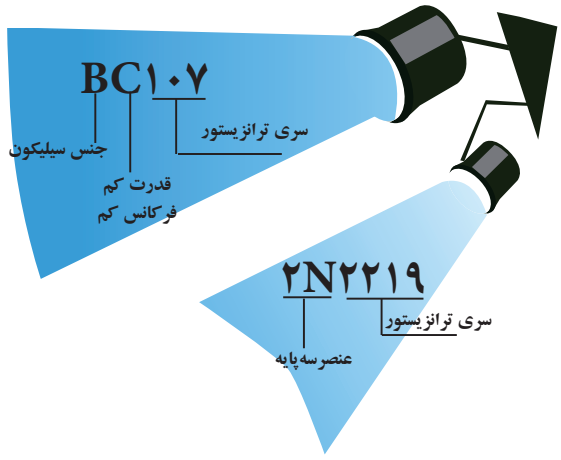
مثلاً در ترانزیستور BC۱۰۷ ، جنس نیمه هادی سیلیسیوم (B) است و ترانزیستور با قدرت کم کار می کند و فرکانس کار آن کم (C) است .

دراین‌روش نام‌گذاری ، نوع‌ترانزیستور(PNP ، NPN) ازروی حروف ترانزیستور مشخص نمی‌شود.

۳-۵-۱ روش آمریکایی

دراین روش نام‌گذاری ، ترانزیستورها و کلیه المان‌های سه قطبی یعنی المان‌هایی که سه پایه دارند را با ۲N مشخص می کنند و تعدادی رقم را به عنوان سری ترانزیستور به دنبال آن می‌آورند. حرف N و عدد۲ (۲ N) فقط نشان می‌دهد که المان از هر نوعی که باشد سه پایه دارد. سایر مشخصات قطعه مانند نوع قطعه مثلاً ترانزیستور ، ترایاک ، تریستور را

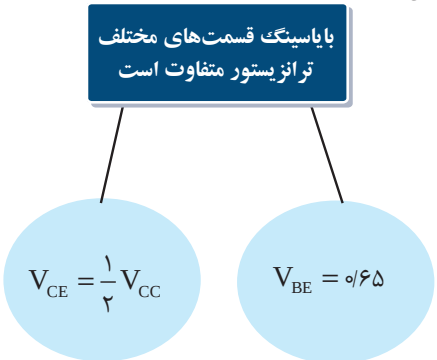
نمی‌تـوان از روی حـرف و اعـداد اختصاص داده شـده به ترانزیستور مشخص کرد.



شکل ۲۲-۱ روش نام گذاری آمریکایی و اروپایی ترانزیستور

۶-۱ بایاسینگ ترانزیستور

برای این که یک ترانزیسـتور درسـت کار کند، ابتدا باید مقادیـر ولتاژ و جریان DC ترانزیسـتور را تأمین کنیم. تأمین ولتاژ پایه های ترانزیسـتور را بایاسـینگ ترانزیستور می‌نامند. ولتاژی که باید به قسمت‌های مختلف یک ترانزیستور یا یک مدار ترانزیستوری اعمال شود با توجه به نوع و کار مدار است. مثلاً در شـرایطی لازم است مقدار ولتاژ بیس امیتر ترانزیستور حدود ۰/۶۵ ولت و ولتاژ کلکتور امیترآن (V_{CE}) ، $\frac{۱}{۲} V_{CC}$ باشد، شکل ۲۳-۱.

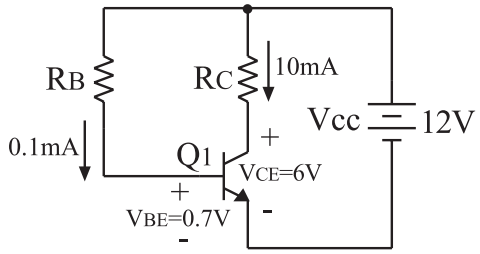


شکل ۲۳-۱ بایاسینگ ترانزیستور

بـرای تأمین ولتاژهای مورد نیاز برای قسـمت‌های مختلف یـک تقویت کننـده به کمک فقـط یک منبع تغذیـه ، باید از تقسیم کننده های مقاومتی اهمی استفاده کنیم . برای این منظور مقاومت های اهمی را به صورت های مختلف‌به تقویت کننده می‌بندیـم و با ایجاد افت ولتاژ کافی ، ولتاژ و جریان‌های DC موردنیاز را به دسـت می آوریم. یادآور می‌شـود که انتخاب مقاومت‌ها ، هدف‌های دیگری مانند تعیین امپدانس ورودی ، امپدانس خروجی ، بهره‌ی ولتاژ را نیز در برمی گیرد .

برای این که با مقاومت هـای اهمی بتوانیم افت ولتاژهای موردنیاز را ایجاد کنیم مثال سـاده زیر را مورد بررسـی قرار می‌دهیم .

مثال۱ : اگربخواهیم در مدار ترانزیستورشکل ۲۴-۱ مقادیر $I_B=۰/۱mA$, $I_C=۱۰\ mA$ ، V_{BE} ۰/۷V ، $V_{CE}=۶V$ باشـد ،مقدار مقاومت‌هایی که باید به ترانزیستور اتصال داده شود را محاسبه کنید .



شکل ۲۴-۱ نمونه‌ای از بایاسینگ مستقیم

حل: از روی شکل ۲۴-۱ روابط را می‌نویسیم:

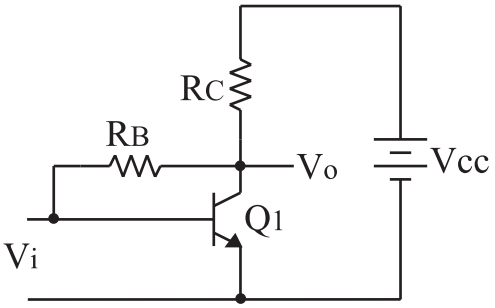
طبق قانون KVL در حلقه‌ی خروجی $(V_{CE} ، R_C ، V_{CC})$

$$V_{CC}=R_CI_C+V_{CE}$$
$$۱۲=R_C\times ۱۰mA+۶$$
$$R_C=\frac{۱۲-۶}{۱۰mA}=۶۰۰\Omega$$

طبق قانون KVL در حلقه‌ی ورودی $(V_{BE} ، R_B ، V_{CC})$

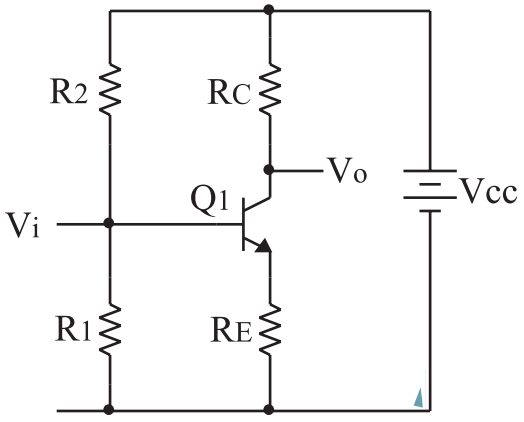
$$V_{CC}=R_BI_B+V_{BE}$$
$$۱۲=R_B\times ۰/۱mA+۰/۷$$
$$R_B=\frac{۱۲\times ۰/۷}{۰/۱}=۱۱۳k\Omega$$

مقادیر V_{CE} ، V_{BE} ، I_B و I_C در یک ترانزیسـتور را نقطه کار ترانزیسـتور مـی نامند . برای تأمین ولتـاژ و جریان DC مورد نیاز علاوه برمدار شـکل ۲۴-۱ از مدارهای دیگری نیز اسـتفاده می شـود. در شـکل ۲۵-۱ یک نمونه دیگر از مدار بایاسـینگ ترانزیستور نشان داده شـده است. این نوع مدار را **مدار بایاسینگ کلکتور ـ بیس** می نامند .



شکل ۱-۲۵ یک نمونه‌ی دیگری از بایاسینگ ترانزیستور (بایاسینگ کلکتور- بیس)

یکی از رایج ترین نوع بایاسینگ ترانزیستور ،مدار شکل ۱-۲۶ است این مدار را **بایاسینگ تقسیم کننده ی مقاومتی یا سرخود** می‌نامند .

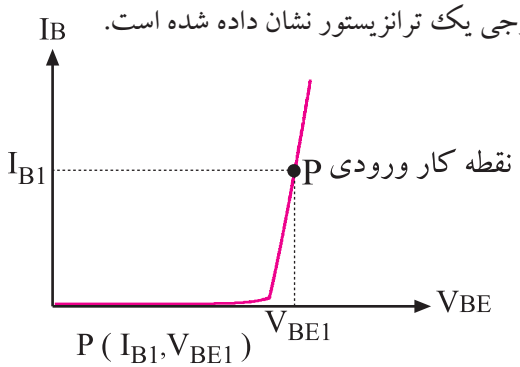


شکل ۱-۲۶ مدار بایاسینگ ترانزیستور از نوع سرخود

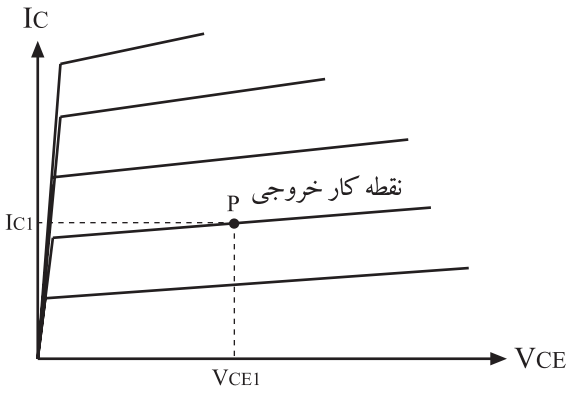
انتخاب هریک از انواع بایاسینگ شکل ۲۴- ۱ یا ۲۵- ۱ یا ۲۶-۱ در یک تقویت کننده بستگی به سایر مشخصات الکتریکی تقویت کننده دارد.

۱-۷ – نقطه‌ی کار و خط بار ترانزیستور

۱-۷-۱ نقطه‌ی کار : به مقادیر DC مربوط به I_B ، I_C و V_{CE} و V_{BE} ترانزیستور نقطه‌ی کار ترانزیستور می گویند. در شکل ۱-۲۷ نقطه‌ی کار ورودی و در شکل ۱-۲۸ نقطه کار خروجی یک ترانزیستور نشان داده شده است.



شکل ۱-۲۷ نقطه‌ی کار ورودی روی منحنی مشخصه‌ی ورودی مشخص شده است

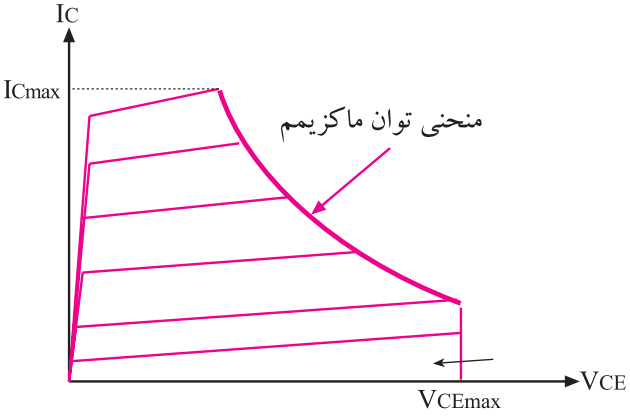


شکل ۱-۲۸ نقطه‌ی کار خروجی یک ترانزیستور

۱-۷-۲ انتخاب نقطه‌ی کار : برای انتخاب نقطه کار ، ابتدا باید محدودیت های ترانزیستور را در نظر گرفت. از جمله محدودیت‌ها می‌توان تحمل توان تلف شده در ترانزیستور، حداکثر جریان کلکتور و حداکثر ولتاژ « کلکتور - امیتر» (V_{CE}) را نام برد. توان تلف شده در ترانزیستور تقریباً برابر $P_D = V_{CE}.I_C$ است. به همین جهت نقطه‌ی کار را باید در محلی انتخاب کنیم که حاصل ضرب V_{CE} در I_C (P_D) از ماکزیمم توان قابل تحمل ترانزیستور کمتر و یا مساوی آن باشد. همچنین نقطه‌ی کار در I_B = ۰ یعنی منطقه‌ی قطع ترانزیستور یا در نقطه‌ی اشباع ترانزیستور قرار نگیرد. به طور

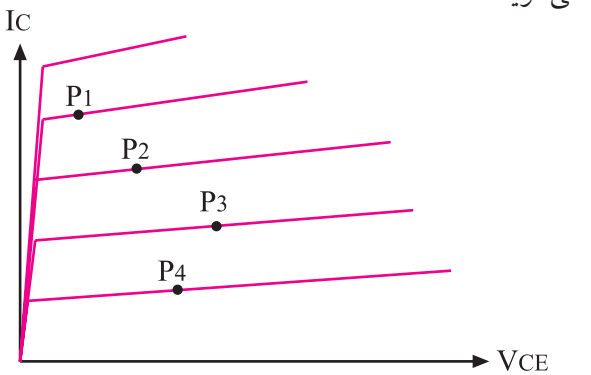
کلی ضمن رعایت موارد فوق ، نقطه‌ی کار باید در محلی قرار گیرد که بتواند سیگنال را از دو طرف به یک اندازه تقویت کند .

شکل ۲۹-۱ منحنی مشخصه‌ی خروجی ترانزیستور که در آن حداکثر توان مجاز ترانزیستور مشخص شده است را نشان می‌دهد.



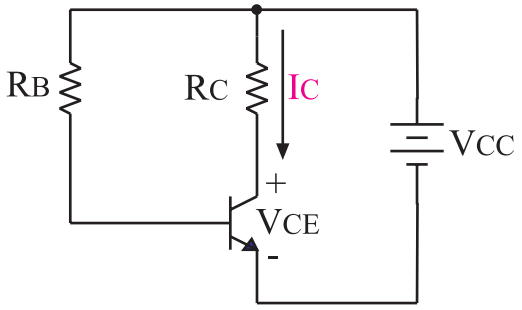
شکل ۲۹-۱ محدودیت‌های انتخاب نقطه‌ی کار با توجه به توان مجاز ترانزیستور

۳-۷-۱ خط بار : برروی منحنی مشخصه‌ی خروجی ترانزیستور می‌توان نقاط زیادی را به عنوان نقطه‌ی کار انتخاب کرد، شکل ۳۰-۱. با تغییر ولتاژ منبع تغذیه، R_B یا R_C نقطه‌ی کار جدیدی به دست می‌آید. اگر چند نقطه کار را در حالت‌هایی پیدا کنیم که ولتاژ منبع تغذیه و مقاومت R_C ثابت باشند، ملاحظه می‌کنیم که نقاط مذکور روی یک خط مستقیم قرار می‌گیرد. به این خط مستقیم «خط بار ترانزیستور» می‌گویند .



شکل ۳۰-۱ بر روی منحنی مشخصه خروجی ترانزیستور ، نقاط زیادی را می‌توان به عنوان نقطه کار انتخاب کرد .

برای رسم خط بار می‌توان از معادله‌ی خروجی ترانزیستور استفاده نمود. با توجه به شکل ۳۱-۱ معادله ی ولتاژ خروجی را می نویسیم :



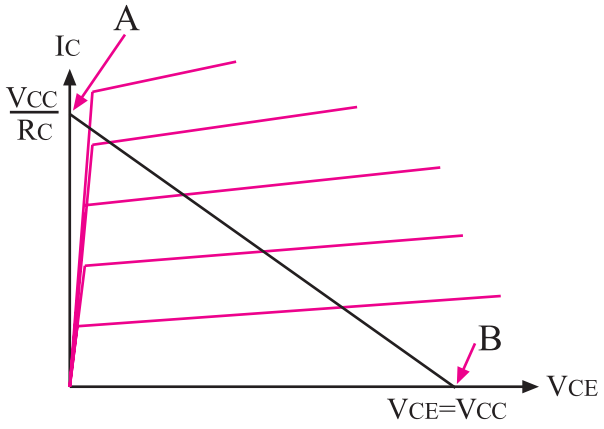
شکل ۳۱-۱ معادله‌ی ولتاژ خروجی تقویت‌کننده به صورت $V_{CC} = R_C I_C + V_{CC}$ است.

چون R_C ثابت و مقادیر I_C و V_{CE} متغیراست،یک‌بار I_C و بار دیگر V_{CE} را مساوی صفر در نظر می گیریم. سپس نقاط به دست آمده را به هم وصل می‌کنیم تا خط بار به دست آید.

$$\text{A نقطه} \begin{cases} V_{CE} = ۰ \\ V_{CC} = R_C.I_C + ۰ \Rightarrow I_C = \dfrac{V_{CC}}{R_C} \end{cases}$$

$$\text{B نقطه} \begin{cases} I_C = ۰ \\ V_{CC} = ۰ \times R_C + V_{CE} \Rightarrow V_{CE} = V_{CC} \end{cases}$$

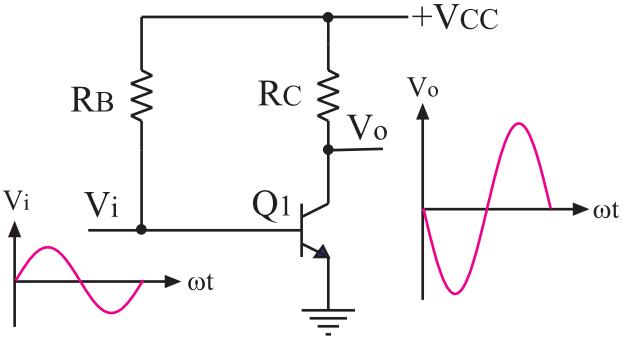
در شکل ۳۲-۱ خط بار یک ترانزیستور که در تقویت کننده شکل ۳۱-۱ به کار رفته است را مشاهده می کنید . با توجه به شرایطی که قبلاً ذکر شد بر روی خط بار می‌توان تعداد زیادی نقطه‌ی کار به دست آورد.



شکل ۳۲-۱ نحوه‌ی ترسیم خط بار

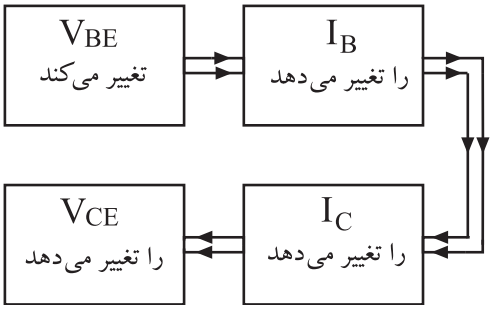
۱-۸ نحوه‌ی تقویت در ترانزیستور

برای این که بتوانیم یک سیگنال الکتریکی را از نظر دامنه یا جریـان تقویت کنیم، باید ابتدا ترانزیسـتور را از نظر ولتاژ DC بایاس کنیم . سپس سیگنال مورد نظر را به ورودی بدهیم و از خروجی تقویت‌کننده، سیگنال تقویت شده را بگیریم. در شکل ۳۳-۱ یک تقویت‌کننده ساده‌ی ترانزیستوری نشان داده شده است .



شکل ۳۳-۱ یک تقویت‌کننده‌ی ساده‌ی ترانزیستوری

در شکل ۳۴-۱ چگونگی تغییر ولتاژ خروجی با تغییر ولتاژ ورودی را مشاهده می‌کنید.



شکل ۳۴-۱اثر تغییرات V_{BE} بر روی V_{CE}

خازن‌هایی که در مسـیر سـیگنال‌های ورودی و خروجی قـرار گرفتـه اند مانـع عبور مقادیـر ولتاژ و جریـان DC از طبقه‌ای به طبقه دیگر می‌شـوند و فقط سـیگنال‌های متغیر را عبـور می‌دهند. ظرفیت این خازن‌هـا در فرکانس‌های صوتی حدود میکروفاراد است .

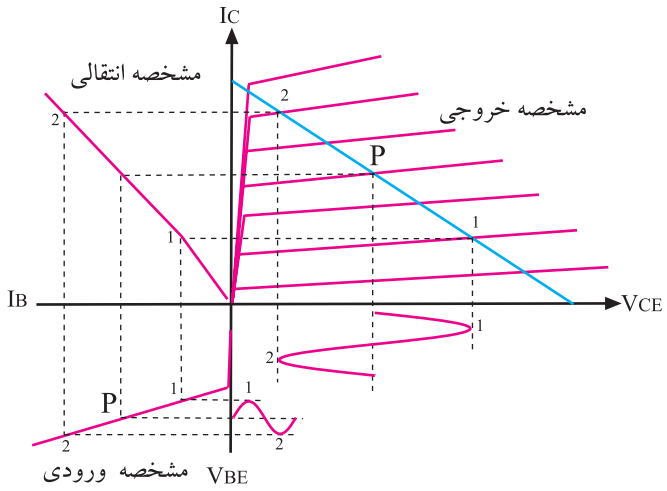
سـیگنال خروجی همان ولتاژ دو سـر «کلکتـور – امیتر» (V_{CE}) است . برای درک چگونگی تقویت سیگنال با توجه به نقطه‌ی کار و خط بار، موضوع را از روی منحنی مشخصه‌های ورودی ، انتقالی و خروجی مورد بررسی قرار می‌دهیم .

سـیگنال ورودی به پایه بیس و امیتر اعمال می‌شود بنابراین به ولتاژ DC بین بیس و امیتر (V_{BE}) یک ولتاژ متغیر اضافه می‌شود. این ولتاژ متغیر حول نقطه کار ورودی تغییر می‌کند و باعث تغییر I_B و سبب تغییر در I_C می‌شود و تغییرات I_C با توجه به رابطه :

$$V_{CC} = R_C \cdot I_C + V_{CE}$$

(ثابت) (ثابت)

باعـث ایجاد تغییـر در V_{CE} می‌شـود. بنابراین خروجی تقویت‌کننده همان ولتاژ دوسـر کلکتور و امیتر است .مراحل تقویت سیگنال را در شکل ۳۵-۱ مشاهده می‌کنید.



شکل ۳۵-۱ تغییر ولتاژ ورودی (V_{BE}) باعث تغییر I_B و تغییر I_B سبب تغییر I_C می شود. تغییر I_C مقدار V_{CE} را تغییرمی‌دهد

۱-۹ مشخصات تقویت‌کننده‌های ترانزیستوری

هـر تقویت‌کننـده‌ی الکترونیکـی دارای یـک سـری مشخصات کلی و عمومی به شرح زیر است :

الف :امپدانس ورودی تقویت کننده

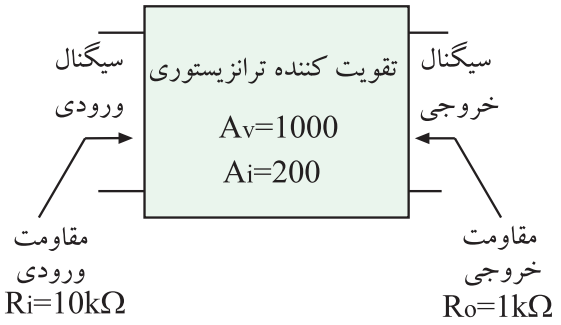
ب : امپدانس خروجی تقویت کننده

ج : بهره‌ی ولتاژ

د : بهره‌ی جریان

هـ : حداقل فرکانس کار (فرکانس قطع پایین)

و : حداکثر فرکانس کار (فرکانس قطع بالا)



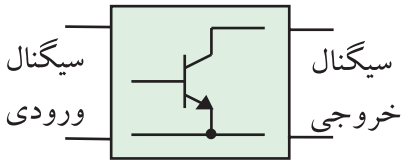
شکل ۱-۳۶ بلوک دیاگرام یک تقویت‌کننده‌ی عمومی

۱-۱۰آرایش ترانزیستور

در تقویت‌کننده‌ها ، همیشه یک پایه ترانزیستور بین ورودی و خروجی به صورت مشترک قرار می‌گیرد، زیرا ترانزیستور سه پایه دارد و ما نیاز به دو پایهٔ ورودی و دو پایهٔ خروجی داریم . لذا باید یکی از پایه‌های ترانزیستور به صورت مشترک بین ورودی و خروجی ترانزیستور قرار گیرد.

۱-۱۰-۱ آرایش امیتر مشترک

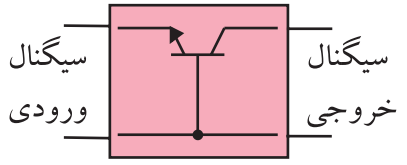
اگر پایه مشترک بین ورودی و خروجی امیتر باشد، تقویت‌کننده را امیتر مشترک می نامند، شکل ۱-۳۷. علت نام‌گذاری این آرایش به خاطر مشترک بودن پایهٔ امیتر است.



شکل ۱-۳۷ تقویت‌کننده‌ی امیتر مشترک

۱-۱۰-۲ آرایش بیس مشترک

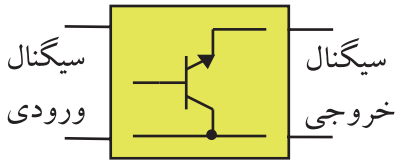
اگر پایهٔ مشترک بین ورودی و خروجی بیس باشد، تقویت‌کننده را بیس مشترک می‌نامند، شکل ۱-۳۸ .



شکل ۱-۳۸ تقویت‌کننده بیس مشترک

۱-۱۰-۳ آرایش کلکتور مشترک

چنان چه پایهٔ مشترک بین ورودی و خروجی کلکتور باشد، تقویت‌کننده را کلکتور مشترک می‌نامند.

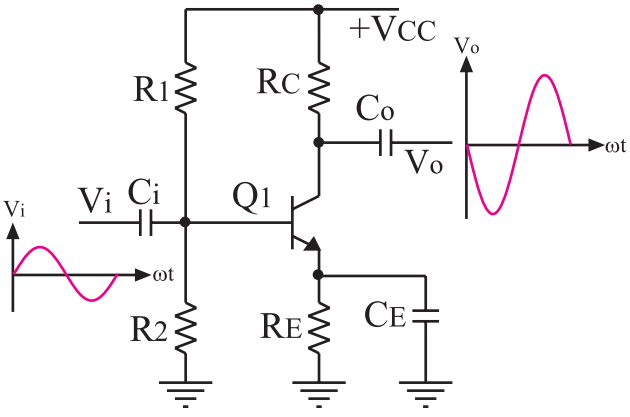


شکل ۱-۳۹- تقویت‌کننده‌ی کلکتور مشترک

نکته مهم:

منظور از مشترک بودن یک پایه‌ی ترانزیستور اشتراک از نظر AC است ، لذا اگر پایه‌ای از نظر DC به منبع تغذیه متصل باشد چون قطب‌های منبع تغذیه با خازن داخلی آن از نظر AC اتصال کوتاه می‌شود آن پایه مشترک است .

مشخصات تقویت‌کننده های امیتر مشترک ، بیس مشترک و کلکتور مشترک با هم متفاوت است. در این قسمت به بررسی مشخصات کلی و عمومی تقویت‌کننده‌ی امیتر مشترک می‌پردازیم . در شکل ۱-۴۰ یک نمونه تقویت‌کننده امیتر مشترک نشان داده شده است . در این تقویت‌کننده ، سیگنال ورودی را به پایه بیس اعمال می‌کنیم و سیگنال خروجی را از پایه کلکتور می‌گیریم.



شکل ۱-۴۰ یک نمونه تقویت کننده‌ی امیتر مشترک

مشخصات تقویت‌کننده امیتر مشترک به شرح زیر است :

الف :بهره‌ی ولتاژ ($\frac{V_o}{V_i}$) بیشتر از یک

ب :بهره‌ی جریان ($\frac{I_O}{I_i}$) بیشتر از یک

ج : مقاومت ورودی آن متوسط است (در حدود چند کیلو اهم)

د: مقاومت خروجی آن متوسط‌است(درحدودچندکیلو اهم)

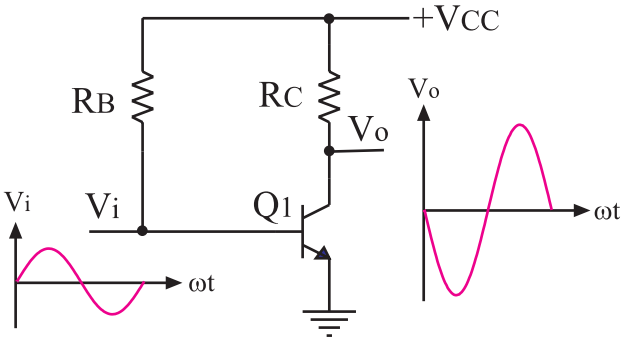
هـ: بین سیگنال ورودی وخروجی آن ۱۸۰ درجه اختلاف فاز وجود دارد.

دلیل وجود اختلاف فاز ۱۸۰ درجه بین ورودی و خروجی این است که وقتی دامنه سیگنال ورودی زیاد می‌شود، V_{BE} نیز زیاد می‌شود و مقدار I_B را زیاد می‌کند .با افزایش I_B مقدار I_C که برابر با βI_B است افزایش می‌یابد. از طرفی مقدار V_{CC} در حلقه‌ی خروجی بین مقاومت R_C و V_{CE} تقسیم می‌شود. چون V_{CC} ثابت است، با زیاد شدن I_C مقدار V_{RC} زیاد و V_{CE} کم می‌شود. این کاهش ولتاژ به معنی وجود اختلاف فاز ۱۸۰ درجه بین ورودی وخروجی است. در صورتی که V_{BE} کم شود عمل عکس اتفاق می‌افتد.

باتوجه به شکل ۴۱-۱داریم:

$$V_{CC} = R_C I_C + V_{CE}$$

ثابت ثابت



شکل ۴۱-۱- تقویت‌کننده‌ی ساده ترانزیستوری

۱-۱۱ آزمایش‌شماره ۳

تقویت‌کننده امیتر مشترک

زمان اجرا : ۵ ساعت آموزشی

۱-۱۱-۱هـــدف آزمایش: بررســی تقویــت ولتاژ در تقویت‌کننده‌ی امیتر مشترک

۱-۱۱-۲ تجهیزات،ابزار، قطعات‌ومواد موردنیاز:

ردیف	نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱	سیگنال ژنراتور صوتی	یک دستگاه
۲	اسیلوسکوپ دو کاناله	یک دستگاه
۳	منبع تغذیه ۱A و ۱۵ V - ۰	یک دستگاه
۴	برد برد آزمایشگاهی	یک قطعه
۵	ترانزیستورBC۱۰۷یاBC۱۰۸یاBC۱۰۹	یک عدد
۶	مقاومت‌های ۱ KΩ ، ۴۷ kΩ (۱/۴ وات) ۸/۲KΩ،۲۲۰Ω،۱۰KΩ	هرکدام یک عدد
۷	خازن ۱۰۰µf	دو عدد
۸	خازن ۴۷µf	یک عدد
۹	سیم رابط یک سرگیره سوسماری	شش رشته
۱۰	سیم رابط معمولی ۵۰ سانتی متری	چهار رشته

۱-۱۱-۳ مراحل اجرای آزمایش:

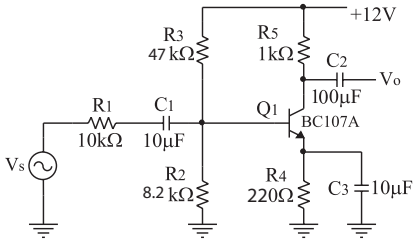
الف : بررســی تقویت ولتاژ در تقویت‌کننده‌ی امیتر مشترک با خازن بای پاس

- منبع تغذیه را با احتیاط کامل به برق وصل کنید.
- منبع تغذیه را روشــن کنید و دامنه خروجی آن را روی صفر ولت بگذارید.
- اسیلوسکوپ را روشــن کنید و تنظیم‌های زیر را روی آن انجام دهید.
- بــه کمک ولوم INTEN نور اشــعه را به مقدار کافی تنظیم کنید.
- به کمک ولوم FOCUS اشعه را تا حد ممکن نازک

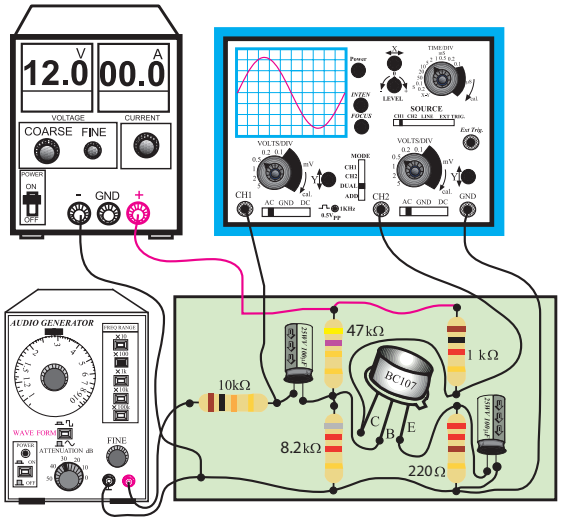
(باریک) کنید .

- کلیدسلکتور TIME/DIVراروی رنج مناسب قرار دهید.
- ولوم Level را روی صفر بگذارید.
- ولوم Time variable را در حالت cal قراردهید.
- ولـوم Volt variable هر دو کانال را در حالت cal بگذارید.

- کلید AC-GND-DC مربوط به هر دو کانال را در حالت GND قرار دهید.
- مدارشکل۴۲-۱را روی‌برد برد ببندید.



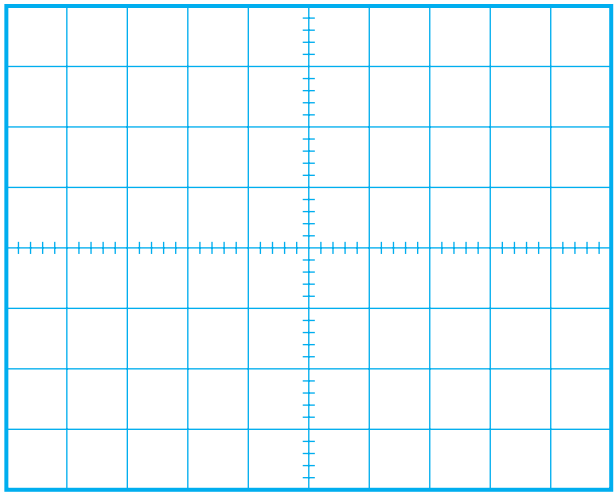
شماتیک مدار



مدار عملی

شکل ۴۲-۱ مدار عملی تقویت‌کننده‌ی امیتر مشترک با خازن بای پاس

- سـیگنال ژنراتور را روشـن کنید. شـکل مـوج ولتاژ خروجی آن را در حالت سینوسی قرار دهید و فرکانس آن را روی ۱KHZ بگذارید. ولوم دامنه خروجی سیگنال ژنراتور را طوری تنظیم کنید که دامنه مشاهده شده مربوط به کانال CH۱ اسیلوسـکوپ روی صفحه حساس برابر با ۵۰ میلی‌ولت باشد.
- ولتاژ خروجی منبع تغذیه را روی ۱۲ ولت تنظیم کنید.
- کلید MODE اسیلوسـکوپ را در حالت ALT قرار دهید.
- کلید SOURCE اسیلوسـکوپ را در حالت CH۱ بگذارید.
- مکان صفر اشعه هر دو کانال را در مرکز تنظیم کنید.
- کلید AC-GND-DC کانـال CH ۱ را در حالت AC قرار دهید.
- شکل موج ظاهر شده روی صفحه حساس را در نمودار شکل ۴۳-۱ ، با مقیاس مناسب رسم کنید.



شکل ۴۳-۱ شکل موج ولتاژ ورودی تقویت‌کننده

$$Volts/Div = ...V$$

- ولـوم Volt variable را بـه طـور کامل در جهت حرکت عقربه‌های ساعت بچرخانید.

Vm را از روی شـکل موج نشان داده شده روی صفحه حساس به دست آورید. $V_m = ...V$

- کلیـد AC-GND-DC کانـال CH ۲ را در حالت AC قراردهید.
- شـکل موج نشـان داده شـده روی صفحه‌ی حساس مربـوط به CH۲ (خروجی تقویت‌کننـده‌ی) را در نمودار شکل ۴۴-۱ با مقیاس مناسب رسم کنید.