

# آزمایش شماره ۵

زمان اجرا ۱۶ ساعت آموزشی

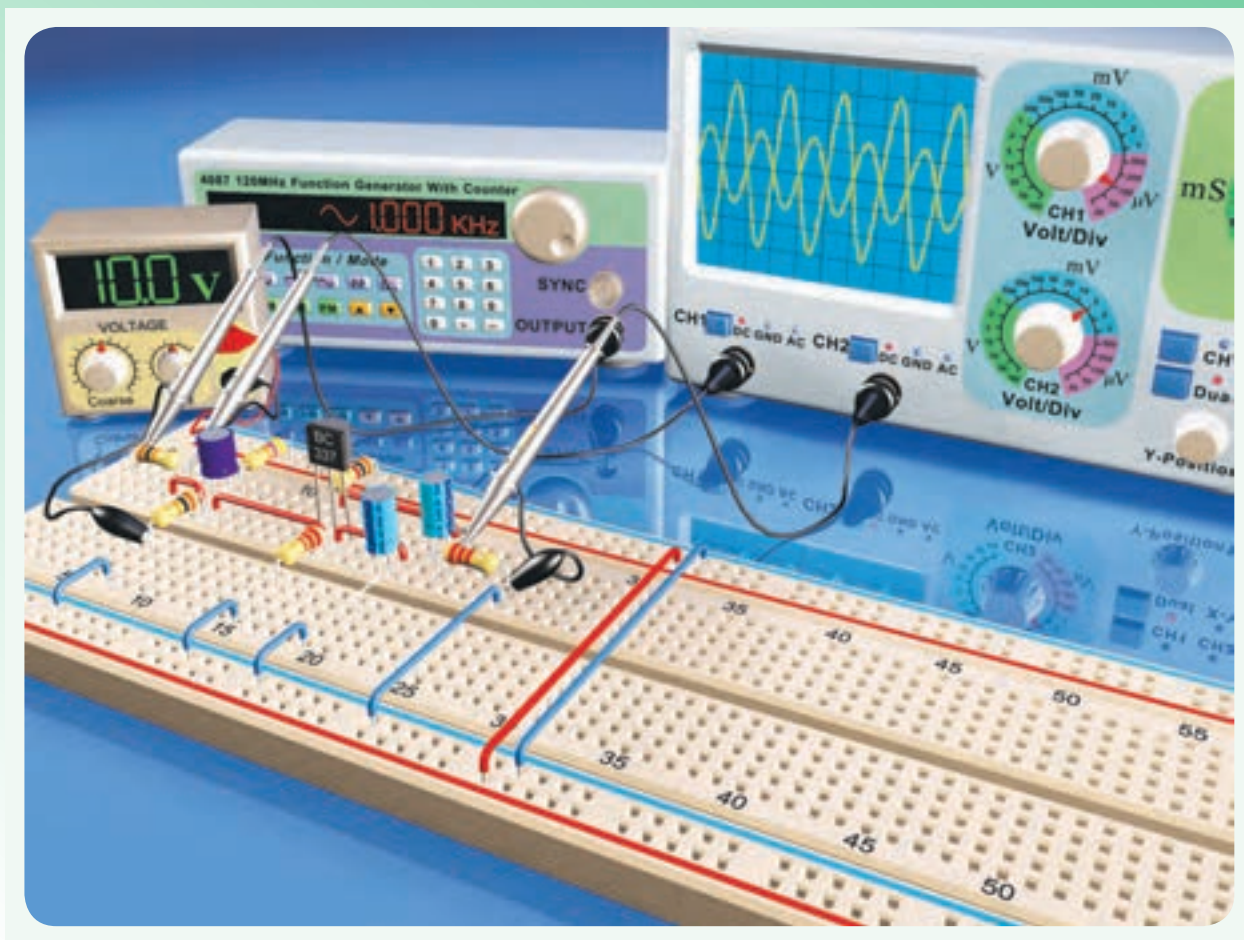


## تقویت کننده های سیگنال کوچک

هدف کلی آزمایش



اجرای عملی مدارهای تقویت کننده ساده سیگنال کوچک





## هدف‌های رفتاری

پس از پایان این آزمایش از فراگیرنده انتظار می‌رود که:

- ۱- به سؤال‌های نظری کارگاهی آزمایش شماره‌ی (۴) پاسخ دهد.
- ۲- مدار تقویت‌کننده امیتر مشترک را ببیند.
- ۳- نقطه کار ترانزیستور را اندازه بگیرد.
- ۴- مشخصات تقویت‌کننده (بهره‌ی ولتاژ، امپدانس ورودی، امپدانس خروجی و بهره‌ی جریان) را اندازه بگیرد.
- ۵- اثر خازن بای‌پاس امیتر را بر کار تقویت‌کننده مشاهده کند.
- ۶- اثر تغییرات دامنه و فرکانس سیگنال ورودی را بر کار تقویت‌کننده مشاهده کند.
- ۷- مدار تقویت‌کننده‌ی بیس مشترک را ببیند.
- ۸- نقطه‌ی کار ترانزیستور را اندازه‌گیری کند.
- ۹- مشخصات تقویت‌کننده (بهره‌ی ولتاژ، بهره‌ی جریان، امپدانس ورودی و امپدانس خروجی) را اندازه بگیرد.
- ۱۰- اثر خازن بای‌پاس بیس را بر کار تقویت‌کننده مشاهده کند.
- ۱۱- اثر تغییرات دامنه و فرکانس سیگنال ورودی را بر کار تقویت‌کننده مشاهده کند.
- ۱۲- مدار تقویت‌کننده کلکتور مشترک را ببیند.
- ۱۳- نقطه‌ی کار ترانزیستور را اندازه‌گیری کند.
- ۱۴- بهره‌ی جریان، امپدانس ورودی و امپدانس خروجی تقویت‌کننده را اندازه بگیرد.
- ۱۵- مدار جداکننده‌ی فاز ترانزیستوری را ببیند.
- ۱۶- شکل موج‌های خروجی (پایه‌های کلکتور و امیتر ترانزیستور) را ترسیم نماید.
- ۱۷- کلیه‌ی آزمایش‌ها را با نرم‌افزار شبیه‌سازی کند.
- ۱۸- اهداف تعیین شده در حیطه‌ی عاطفی که در آزمایش (۱) آمده است را اجرا کند.
- ۱۹- گزارش کار مستند و دقیق بنویسد.
- ۲۰- به سؤال‌های الگوی پرسش پاسخ دهد.

### ۵-۱-۲- انواع تقویت‌کننده‌های ترانزیستوری

#### از نظر آرایش

تقویت‌کننده‌های سیگنال کوچک در سه نوع امیتر مشترک (CE)، کلکتور مشترک (CC) و بیس مشترک (CB) ساخته می‌شوند.

در صورتی که پایه امیتر از نظر سیگنال AC بین ورودی و خروجی مدار مشترک باشد، مدار را امیتر مشترک یا CE می‌نامند. چنانچه پایه‌ی کلکتور از نظر AC بین ورودی و خروجی مشترک باشد، مدار کلکتور مشترک است. در صورتی که پایه بیس بین ورودی و خروجی از نظر AC مشترک باشد، مدار را بیس مشترک می‌نامند.

### ۵-۲- نکات ایمنی

۵-۲-۱- کلیه‌ی نکات ایمنی ارائه شده در

### ۵-۱-۵- اطلاعات اولیه

#### ۵-۱-۱- انواع تقویت‌کننده‌ها از نظر تقویت

#### سیگنال

یکی از کاربردهای ترانزیستور در مدارهای تقویت‌کننده است. تقویت‌کننده‌های ترانزیستوری قادر به تقویت ولتاژ، جریان و توان سیگنال مورد نظر هستند. با توجه به میزان تقویت‌کنندگی، تقویت‌کننده‌ها را به دو دسته‌ی عمده تقسیم می‌کنند.

- تقویت‌کننده‌های سیگنال کوچک

- تقویت‌کننده‌های سیگنال بزرگ

در این قسمت به بحث روی تقویت‌کننده‌های سیگنال کوچک با زبان ساده می‌پردازیم.

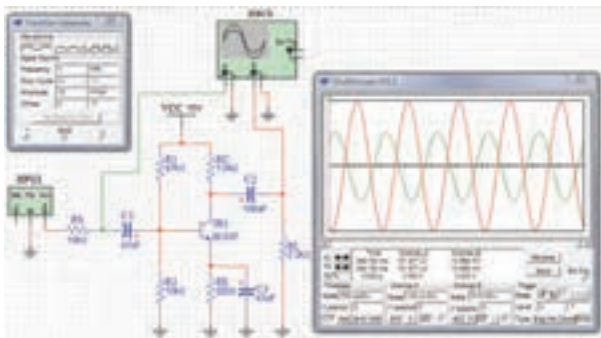
★ ۴-۳-۵- مختصات نقطه‌ی کار مدارهای شبیه‌سازی شده را بنویسید.

★ ۵-۳-۵- تصویر سیگنال ورودی و خروجی مدار امیتر مشترک شبیه‌سازی شده را در محل تعیین شده بچسبانید.

★ ۶-۳-۵- فایل‌های نرم‌افزاری تهیه شده را در یک CD ذخیره کنید و تحویل مربی خود دهید.

★ ۷-۳-۵- مراحل اجرای شبیه‌سازی را به طور خلاصه شرح دهید.

۸-۳-۵- در شکل ۱-۵ یک نمونه مدار امیتر مشترک که شبیه‌سازی شده است را مشاهده می‌کنید.



شکل ۱-۵- مدار شبیه‌سازی شده

#### ۴-۵- قطعات، مواد، ابزار و تجهیزات مورد نیاز

- ۱- اسیلوسکوپ دو کاناله - دستگاه
- ۱- سیگنال ژنراتور صوتی (AF) - دستگاه
- ۱- منبع تغذیه‌ی DC (صفر تا ۳۰ ولت ۱ آمپر) - دستگاه
- ۱- مولتی‌متر دیجیتالی - دستگاه
- ۱- بردبرد - قطعه
- ۱- ترانزیستور با بتای ( $\beta$ ) ۷۵ تا ۱۰۰ کاربرد عمومی (UT) مانند BC۳۳۷ یا ۲SC۸۲۹ و ... - ۱ عدد
- ۱- خازن‌های  $47\mu F$  و  $100\mu F$  با ولتاژ کار ۲۵ ولت از هر کدام - ۲ عدد

آزمایش‌های قبل را مجدداً مرور کنید و آن‌ها را در مراحل اجرای این آزمایش به کار ببرید.

۲-۲-۵- قبل از اجرای آزمایش کلیه‌ی قطعات به خصوص ترانزیستورها را مورد آزمایش قرار دهید و از سلامت آن‌ها اطمینان حاصل کنید.

۳-۲-۵- قبل از شروع آزمایش دستگاه‌ها و تجهیزات را بررسی و آزمایش کنید تا در خلال اجرای آزمایش با مشکل مواجه نشوید.

۴-۲-۵- هنگام بستن مدار روی بردبرد سعی کنید مدار را به گونه‌ای ببندید که امکان دسترسی به قسمت‌های مختلف برای عیب‌یابی و اجرای آزمایش وجود داشته باشد.

#### ۳-۵- اجرای آزمایش‌ها به صورت

#### نرم‌افزاری

#### توجه کنید

پاسخ مواردی که با ستاره مشخص شده است را باید در کتاب گزارش کار و فعالیت‌های آزمایشگاهی (جلد دوم کتاب کارگاه و آزمایشگاه الکترونیک) درج نمایید.

★ ۱-۳-۵- هدف کلی آزمایش را در کتاب گزارش کار و فعالیت‌های آزمایشگاهی بنویسید. هنر جوین عزیز به مدارهای شبیه‌سازی شده که توسط معلم نمایش داده می‌شود توجه نمایند و نحوه‌ی شبیه‌سازی را فراگیرند.

۲-۳-۵- با مراجعه به جلد دوم کتاب آزمایشگاه مجازی، ابتدا نرم‌افزار مولتی‌سیم را روی کامپیوتر خود نصب کنید، سپس اقدام به شبیه‌سازی مدارهای مورد آزمایش بنمایید.

★ ۳-۳-۵- نقشه‌ی چاپ شده‌ی حداقل یکی از مدارهایی را که شبیه‌سازی کرده‌اید، در کتاب گزارش کار و فعالیت‌های آزمایشگاهی و در محل تعیین شده بچسبانید.

بهره‌ی ولتاژ، بهره‌ی جریان، امپدانس ورودی، امپدانس خروجی و اختلاف فاز بین ولتاژ ورودی و ولتاژ خروجی است.

۲-۵-۵- مدار شکل ۲-۵ را روی برد برد ببندید. در این مرحله  $R_L$  و سیگنال ژنراتور به مدار اتصال ندارد.

★ ۳-۵-۵- با استفاده از مولتی‌متر مشخصات نقطه‌ی کار مدار ( $V_{CE}$ ,  $I_C$ ,  $V_{BE}$ ) را اندازه بگیرید و مقادیر آن را یادداشت کنید. باید تقویت‌کننده در کلاس A قرار داشته باشد؛ یعنی مقدار  $V_{CE}$  حدوداً نصف  $V_{CC}$  باشد (بین ۴ تا ۷ ولت قابل قبول است).

### توجه کنید

در صورتی که تقویت‌کننده‌ی شما در کلاس A قرار ندارد با تغییر مقاومت‌های  $R_1$  و  $R_2$  نقطه‌ی کار را اصلاح کنید.

۴-۵-۵- سیگنال ژنراتور را روی فرکانس ۱۰۰۰ هرتز تنظیم کنید و به مدار وصل کنید.

۵-۵-۵- کانال "یک" اسیلوسکوپ را به خروجی مدار متصل کنید. در این حالت مقاومت بار یعنی  $R_L$  در مدار قرار ندارد.

۶-۵-۵- دامنه‌ی سیگنال ژنراتور را آن قدر تغییر دهید تا دامنه‌ی سیگنال خروجی روی  $5V_{pp}$  تنظیم شود.

★ ۷-۵-۵- بار دیگر توسط مولتی‌متر مشخصات نقطه‌ی کار مدار ( $V_{CE}$ ,  $I_C$ ,  $V_{BE}$ ) را اندازه بگیرید و مقادیر آن را یادداشت کنید.

مقادیر به دست آمده را با مقادیر مرحله‌ی ۳-۵-۵ مقایسه کنید و نتایج را یادداشت کنید.

۸-۵-۵- با استفاده از کانال "یک" اسیلوسکوپ دامنه‌ی پیک توپیک سیگنال ورودی ( $V_{iPP}$ ) را اندازه بگیرید.

★ ۹-۵-۵- با استفاده از رابطه‌ی  $A_{V_1} = \frac{V_{OPP_1}}{V_{iPP_1}}$

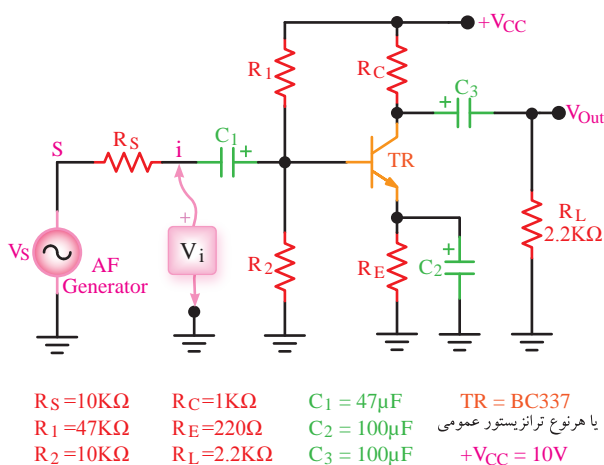
- مقاومت‌های  $10K\Omega$ ،  $220\Omega$ ،  $1K\Omega$ ،  $2/2K\Omega$ ،  $47K\Omega$  و  $68K\Omega$  با توان  $\frac{1}{4}W$  از هر کدام ۱ عدد
- مقاومت  $10K\Omega$  با توان  $\frac{1}{4}W$  ۲ عدد
- پتانسیومتر  $10K\Omega$  (ترجیحاً خطی) ۱ عدد
- تجهیزات، ابزار و مواد مورد نیاز

## ۵-۵- مراحل اجرای آزمایش

### تقویت‌کننده‌ی امیتر مشترک

۱-۵-۵- در شکل ۲-۵ مدار تقویت‌کننده‌ی امیتر مشترک نشان داده شده است.

در این تقویت‌کننده سیگنال ورودی به امیتر اعمال می‌شود و خروجی از کلکتور ترانزیستور گرفته می‌شود.



شکل ۲-۵- مدار تقویت‌کننده‌ی امیتر مشترک

منبع تغذیه‌ی  $V_{CC}$  به وسیله‌ی دو مقاومت تقسیم‌کننده‌ی ولتاژ  $R_1$  و  $R_2$  و ولتاژ بیس ترانزیستور را تأمین می‌کند. مقاومت‌های  $R_C$  و  $R_E$  مقاومت‌های بایاس کلکتور و امیتر ترانزیستور هستند. برای آن که ولتاژ متناوب روی  $R_E$  افت نکند، دو سر مقاومت  $R_E$  را به وسیله‌ی خازن  $C_2$  که خازن «بای‌پاس» نام دارد، برای ولتاژ متناوب اتصال کوتاه می‌کنیم.  $C_1$  و  $C_3$  نیز خازن‌های کوپلاژ هستند. در این تقویت‌کننده، هدف از آزمایش اندازه‌گیری

مقدار بهره‌ی ولتاژ مدار را در حالت بی‌باری محاسبه کنید،  $V_{OPP1}$  را ولتاژ خروجی بدون بار یا  $V_{ONL}$  (No Load) می‌نامند.

★ ۱۰-۵-۵- مقاومت بار  $R_L$  را به مدار متصل کنید و بهره‌ی ولتاژ مدار را در حالت بارداری از رابطه‌ی  $A_{V2} = \frac{V_{OPP2}}{V_{iPP1}}$  محاسبه کنید. در این مرحله باید  $V_{OPP2}$  و  $V_{iPP1}$  مجدداً با اسیلوسکوپ اندازه‌گیری شود. مقدار  $V_{OPP2}$  را ولتاژ خروجی در حالت بارداری می‌نامند. آن را با  $V_{OFL}$  (Full Load) نشان می‌دهند. در ضمن قراردادن بار در مدار تأثیر چندانی در  $V_{iPP}$  ندارد.

★ ۱۱-۵-۵- مقادیر بهره‌های ولتاژ اندازه‌گیری شده در حالت بارداری و بی‌باری را با هم مقایسه کنید و در مورد آن توضیح دهید.

★ ۱۲-۵-۵- با اندازه‌گیری ولتاژ دو سر بار به وسیله‌ی اسیلوسکوپ  $I_L$  را از رابطه‌ی  $I_L = \frac{V_{R_L}}{R_L}$  محاسبه کنید.

★ ۱۳-۵-۵- ولتاژ دو سر  $R_S$  را با اسیلوسکوپ اندازه بگیرید و مقدار  $I_i$  را از رابطه‌ی زیر محاسبه کنید:

$$I_i = \frac{V_{R_S}}{R_S} = \frac{V_S - V_i}{R_S}$$

★ ۱۴-۵-۵- بهره‌ی جریانی مدار را با استفاده از رابطه‌ی  $A_I = \frac{I_L}{I_i}$  محاسبه کنید.

توجه داشته باشید که مقدار  $\beta_{DC} = \frac{I_C}{I_B}$  و  $h_{fe} = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}$  توسط کارخانه‌ی سازنده در شرایط معین تعریف می‌شود. حال اگر به ترانزیستوری که در شرایط DC بایاس شده است، سیگنالی AC اعمال کنیم و در خروجی آن باری (مثلاً بلندگو) قرار دهیم، این حالت را حالت AC ترانزیستور می‌نامیم. در این شرایط بهره‌ی جریانی مدار از نسبت جریان عبوری از بار ( $I_L$ ) به جریان ورودی مدار ( $I_i$ ) به دست می‌آید که آن را با  $A_I$  نمایش می‌دهند. با توجه به اینکه  $I_L$  با تغییر

بار تغییر می‌کند، مقدار  $A_I$  نیز با تغییر بار تغییر می‌نماید. بنابراین باید در اندازه‌گیری‌ها و محاسبات، مقدار  $\beta_{DC}$  یا  $h_{fe}$  را از  $A_I$  تمیز دهیم و توجه کنیم که  $\beta_{DC}$  و  $h_{fe}$  کاملاً متفاوت با  $A_I$  است.

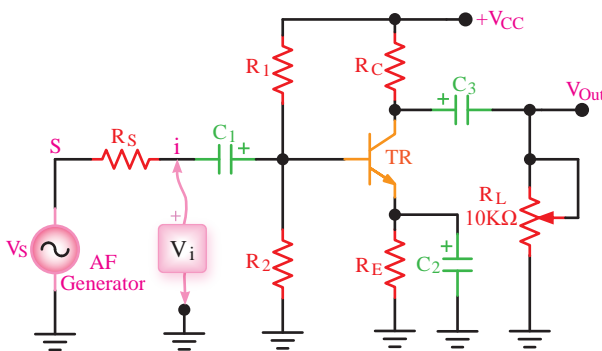
★ ۱۵-۵-۵- با اندازه‌گیری مقادیر  $V_i$  و  $I_i$  مقاومت ورودی تقویت‌کننده را با استفاده از رابطه‌ی  $R_i = \frac{V_i}{I_i}$  اندازه بگیرید.

★ ۱۶-۵-۵- با اندازه‌گیری ولتاژ خروجی بدون بار ( $V_{ONL}$ ) و نیز ولتاژ خروجی با بار ( $V_{OFL}$ ) و با استفاده از فرمول زیر مقاومت خروجی تقویت‌کننده را محاسبه کنید.

$$R_O = \frac{V_{ONL} - V_{OFL}}{V_{OFL}} \times R_L$$

۱۷-۵-۵- به جای مقاومت  $R_L$  طبق شکل ۳-۵ یک پتانسیومتر  $10K\Omega$  قرار دهید.

۱۸-۵-۵- مقدار پتانسیومتر را تغییر دهید تا ولتاژ خروجی به اندازه‌ی نصف ولتاژ در حالت بی‌باری یعنی  $\frac{V_{ONL}}{2}$  شود.



شکل ۳-۵- قرار دادن پتانسیومتر به جای  $R_L$

★ ۱۹-۵-۵- مقاومت پتانسیومتر را بدون این که تغییر دهید اندازه بگیرید. این مقاومت برابر با مقاومت خروجی تقویت‌کننده است. چرا؟ شرح دهید.

★ ۲۰-۵-۵- مقدار مقاومت خروجی به دست آمده

۵-۵-۲۸ ★ نتایج به دست آمده را در جدول ۵-۱ یادداشت کنید و درباره‌ی آن‌ها توضیح دهید.

۵-۵-۲۹ - خازن بای پاس را دوباره در مدار قرار دهید.

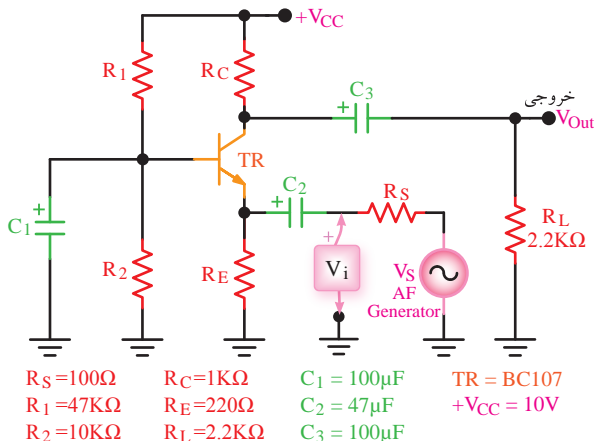
۵-۵-۳۰ ★ مقدار فرکانس سیگنال ژنراتور را افزایش دهید و اثر آن را روی شکل موج خروجی مشاهده کنید و درباره‌ی آن توضیح دهید.

۵-۵-۳۱ ★ فرکانس را مجدداً روی ۱KHz بگذارید و دامنه‌ی ورودی را افزایش دهید. اثر آن را روی شکل موج خروجی مشاهده کنید و در مورد آن توضیح دهید.

### تقویت کننده‌ی بیس مشترک

۵-۵-۳۲ - در شکل ۵-۴ مدار تقویت کننده‌ی بیس مشترک را ملاحظه می‌کنید.

در این تقویت کننده سیگنال ورودی را به امیتر می‌دهیم و سیگنال تقویت شده را از کلکتور ترانزیستور دریافت می‌کنیم. خازن  $C_1$  پایه‌ی بیس را از نظر AC به زمین بای پاس می‌کند. در این آزمایش هدف کلی بررسی بهره‌ی ولتاژ، بهره‌ی جریان، مقاومت ورودی، مقاومت خروجی و اختلاف فاز در تقویت کننده‌ی بیس مشترک است.



شکل ۵-۴ - تقویت کننده‌ی بیس مشترک

۵-۵-۳۳ ★ مدار شکل ۵-۴ را روی برد برد ببندید

در مرحله‌ی ۵-۵-۱۹ را با مقدار مقاومت خروجی به دست آمده در مرحله‌ی ۵-۵-۱۶ مقایسه کنید و درباره‌ی آن توضیح دهید.

۵-۵-۲۱ - اسیلوسکوپ را روی حالت دو کاناله قرار دهید و  $CH_1$  را به ورودی و  $CH_2$  را به خروجی متصل کنید. در این حالت  $R_L$  در مدار قرار دارد.

۵-۵-۲۲ - اسیلوسکوپ را به گونه‌ای تنظیم کنید که حدوداً دو سیکل کامل روی صفحه ظاهر شود.

۵-۵-۲۳ ★ شکل موج خروجی و ورودی را با مقیاس مناسب و در نظر گرفتن اختلاف فاز در نمودار ۵-۱ ترسیم کنید.

### نکته‌ی مهم



هنگام مشاهده‌ی شکل موج خروجی و ورودی دقت کنید تا اسیلوسکوپ روی  $CH\ Invert$  نباشد. زیرا اگر روی این تنظیم قرار گیرد اختلاف فاز را نشان نمی‌دهد.

۵-۵-۲۴ ★ مقدار زاویه‌ی اختلاف فاز را با توجه به شکل موج ترسیم شده در مرحله‌ی ۵-۵-۲۳ محاسبه کنید.

۵-۵-۲۵ - در شکل ۵-۲ در حالتی که مقاومت بار  $R_L$  (۲/۲ کیلو اهم) به خروجی اتصال دارد، خازن بای پاس  $C_2$  را جدا کنید.

۵-۵-۲۶ ★ با استفاده از اسیلوسکوپ دو کاناله، مقدار  $A_{V_p}$  مدار را در حالتی که خازن بای پاس در مدار قرار ندارد اندازه بگیرید.

۵-۵-۲۷ ★ مقدار  $A_{V_p}$  به دست آمده در حالتی که خازن بای پاس در مدار قرار ندارد را با  $A_{V_p}$  مقایسه کنید و در مورد آن توضیح دهید.

$$R_O = \frac{V_{ONL} - V_{OFL}}{V_{OFL}} \times R_L$$

۴۶-۵-۵- به جای مقاومت بار  $2/2$  کیلو اهمی یک پتانسیومتر  $10$  کیلو اهمی قرار دهید (پایه وسط پتانسیومتر و یکی دیگر از پایه ها به مدار وصل می شود).

۴۷-۵-۵- پتانسیومتر را به گونه ای تنظیم کنید که ولتاژ دو سر آن برابر با  $\frac{V_{ONL}}{2}$  شود.

۴۸-۵-۵- ★ پتانسیومتر را از مدار جدا کنید و بدون آن که آن را تغییر دهید، مقاومت متصل شده به جای بار را اندازه بگیرید. این مقاومت همان مقاومت خروجی تقویت کننده است. درباره ی آن توضیح دهید.

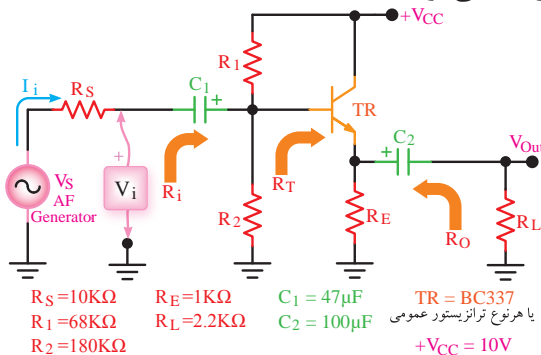
۴۹-۵-۵- ★ به وسیله ی اسیلوسکوپ شکل موج خروجی و ورودی را با مقیاس مناسب در نمودار ۲-۵ رسم کنید؛ سپس اختلاف فاز بین موج خروجی و ورودی را اندازه بگیرید (در این حالت مقاومت بار در مدار قرار دارد).

۵۰-۵-۵- ★ نتایج به دست آمده را در جدول ۲-۵ یادداشت کنید و در مورد آن توضیح دهید.

### تقویت کننده ی کلکتور مشترک

۵۱-۵-۵- ★ در شکل ۵-۵-۵ مدار یک تقویت کننده ی کلکتور مشترک نشان داده شده است.

در این تقویت کننده سیگنال ورودی به دیود بیس کلکتور اعمال می گردد و سیگنال خروجی از امیتر کلکتور دریافت می شود؛ یعنی، پایه ی کلکتور بین ورودی و خروجی مشترک است، از این رو به این تقویت کننده «کلکتور مشترک» می گویند.



شکل ۵-۵- تقویت کننده ی کلکتور مشترک

و نقطه ی کار DC آن را اندازه بگیرید. شکل مدار را رسم کنید.

۳۴-۵-۵- سیگنال ژنراتور را روی فرکانس  $1000$  هرتز تنظیم نمایید.

۳۵-۵-۵- اسیلوسکوپ را به خروجی مدار وصل کنید (در این حالت باری به مدار وصل نیست). دامنه ی سیگنال ورودی را آن قدر تغییر دهید تا دامنه ی سیگنال خروجی روی  $5V_{PP}$  تنظیم شود.

۳۶-۵-۵- ★ دامنه ی سیگنال ورودی و خروجی را اندازه بگیرید ( $V_{iPP}$  و  $V_{oPP}$ ) و یادداشت کنید.

۳۷-۵-۵- ★ با استفاده از رابطه  $A_{V_1} = \frac{V_{oPP_1}}{V_{iPP_1}}$  مقدار بهره ی ولتاژ را محاسبه کنید.

۳۸-۵-۵- مقاومت بار  $R_L = 2/2 K\Omega$  را به خروجی مدار وصل کنید.

۳۹-۵-۵- ★ با اندازه گیری مقدار ولتاژ خروجی در حالت بارداری ( $V_{OFL}$ ) مقدار بهره ی ولتاژ را محاسبه کنید.

۴۰-۵-۵- ★ ولتاژ دو سر بار  $R_L$  را اندازه بگیرید و مقدار جریان عبوری از  $R_L$  را محاسبه کنید.

۴۱-۵-۵- ★ ولتاژ  $V_S$  و  $V_i$  را اندازه بگیرید و مقدار ولتاژ دو سر  $R_S$  را از رابطه  $V_{RS} = V_S - V_i$  محاسبه کنید.

۴۲-۵-۵- ★ با استفاده از مقادیر  $R_S$  و  $V_{RS}$  مقدار جریان ورودی ( $I_i$ ) را از رابطه  $I_i = \frac{V_{RS}}{R_S}$  محاسبه کنید.

۴۳-۵-۵- ★ با استفاده از رابطه  $A_I = \frac{I_L}{I_i}$  مقدار بهره ی جریان را محاسبه کنید.

۴۴-۵-۵- ★ با استفاده از مقادیر اندازه گیری شده ی  $V_i$  و  $I_i$  مقدار مقاومت ورودی تقویت کننده ی بیس مشترک را محاسبه کنید.

۴۵-۵-۵- ★ با اندازه گیری ولتاژ خروجی در حالت بدون بار و ولتاژ خروجی در حالت با بار، و با استفاده از فرمول زیر مقاومت خروجی تقویت کننده را محاسبه کنید.

$$R_i = \frac{V_i}{I_i}$$

مقاومت ورودی تقویت کننده را از رابطه‌ی  $R_i = \frac{V_i}{I_i}$  محاسبه کنید.

★ ۵-۵-۶۱- با اندازه‌گیری ولتاژ خروجی بدون بار و نیز ولتاژ خروجی با بار، و با استفاده از فرمول زیر، مقاومت خروجی تقویت کننده را محاسبه کنید:

$$R_O = \frac{V_{ONL} - V_{OFL}}{V_{OFL}} \times R_L$$

★ ۵-۵-۶۲- به وسیله‌ی اسیلوسکوپ شکل موج ورودی و خروجی را در نمودار ۵-۳ رسم کنید، سپس اختلاف فاز بین موج خروجی و ورودی ( $\phi$ ) را اندازه بگیرید. در این حالت مقاومت بار در مدار قرار دارد.

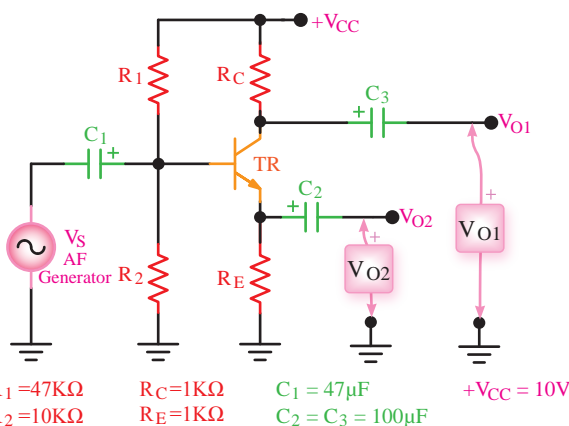
درباره‌ی مقدار اختلاف فاز ایجاد شده بحث کنید.

★ ۵-۵-۶۳- نتایج به دست آمده در این آزمایش را در جدول ۵-۳ بنویسید و در مورد آن بحث کنید.

★ ۵-۵-۶۴- مقادیر کمیت‌های  $R_O$ ,  $R_i$ ,  $A_i$ ,  $A_V$  و  $\phi$  را برای تقویت کننده‌های آمیتر مشترک، بیس مشترک و کلکتور مشترک در جدول ۵-۴ خلاصه کنید و آن‌ها را با هم مقایسه نمایید و توضیح دهید.

★ ۵-۵-۶۵- مدار جداکننده‌ی فاز شکل ۵-۶ را روی بردبرد ببندید. مدار را در دفتر گزارش کار رسم کنید.

★ ۵-۵-۶۶- نقطه‌ی کار DC مدار را اندازه بگیرید و از صحت کار مدار اطمینان حاصل کنید.



شکل ۵-۶- مدار جداکننده‌ی فاز

توجه داشته باشید که منبع تغذیه‌ی DC از نظر ولتاژ متناوب اتصال کوتاه است؛ در نتیجه، کلکتور از نظر ولتاژ متناوب به زمین وصل می‌شود. مقاومت‌های  $R_1$  و  $R_2$  تقسیم کننده‌ی ولتاژ هستند و ولتاژ بیس را تأمین می‌کنند.

در این آزمایش هدف کلی به دست آوردن بهره‌ی ولتاژ، بهره‌ی جریان، مقاومت ورودی، مقاومت خروجی و اختلاف فاز تقویت کننده‌ی کلکتور مشترک است. شکل مدار کلکتور مشترک را در کتاب گزارش کار رسم کنید.

★ ۵-۵-۵۲- مدار شکل ۵-۵ را روی بردبرد ببندید و نقطه‌ی کار آن را اندازه بگیرید.

★ ۵-۵-۵۳- سیگنال ژنراتور را روی فرکانس ۱۰۰۰ هرتز تنظیم نمایید.

★ ۵-۵-۵۴- اسیلوسکوپ را به خروجی مدار وصل کنید (در این حالت باری به مدار وصل نیست)، دامنه‌ی سیگنال ورودی را آن قدر تغییر دهید تا دامنه‌ی سیگنال خروجی روی  $5V_{PP}$  تنظیم شود.

★ ۵-۵-۵۵- دامنه‌ی سیگنال ورودی تقویت کننده را اندازه بگیرید ( $V_{iPP}$ )، و بهره‌ی ولتاژ مدار را از رابطه‌ی  $A_V = \frac{V_{OPP}}{V_{iPP}}$  محاسبه کنید.

★ ۵-۵-۵۶- مقاومت بار  $R_L = 2/2 K\Omega$  را به خروجی مدار وصل نمایید.

★ ۵-۵-۵۷- با اندازه‌گیری ولتاژ دو سر بار، مقدار  $I_L$  را از رابطه‌ی  $I_L = \frac{V_{R_L}}{R_L}$  محاسبه کنید.

★ ۵-۵-۵۸- ولتاژ دو سر  $R_S$  را اندازه بگیرید؛ سپس مقدار  $I_i$  را از رابطه‌ی  $I_i = \frac{V_{R_S}}{R_S}$  محاسبه کنید.

★ ۵-۵-۵۹- با استفاده از رابطه‌ی  $A_i = \frac{I_L}{I_i}$  و مقادیر اندازه‌گیری شده‌ی  $I_L$  و  $I_i$  مقدار بهره‌ی جریان را اندازه بگیرید.

★ ۵-۵-۶۰- با اندازه‌گیری  $V_i$  و جریان ورودی



۵-۷-۵- با توجه به جدول ۴-۵ هر یک از تقویت‌کننده‌های CE، CB و CC چه کاربردی می‌توانند داشته باشند؟

۵-۷-۶- در مدار جداکننده‌ی فاز شکل ۶-۵ به چه دلیل دامنه‌ی ولتاژها در خروجی‌های  $V_{O1}$  و  $V_{O2}$  یکسان ولی فاز آن‌ها مخالف است؟

۵-۵-۶۷- سیگنال ژنراتور AF را روی ۱۰۰۰هرتز قرار دهید.

۵-۵-۶۸- اسیلوسکوپ را به خروجی  $V_{O1}$  وصل کنید و دامنه‌ی سیگنال ژنراتور AF را در حدی تغییر دهید که در خروجی  $V_{PP}$  ظاهر شود.

۵-۵-۶۹★ کانال دیگر اسیلوسکوپ را به خروجی  $V_{O2}$  وصل کنید و شکل موج خروجی‌های  $V_{O1}$  و  $V_{O2}$  را با مقیاس مناسب و فاز صحیح و دو رنگ مختلف در نمودار ۵-۴ رسم کنید.

۵-۵-۷۰★ شکل موج خروجی‌های  $V_{O1}$  و  $V_{O2}$  را از نظر دامنه و فاز با هم مقایسه کنید. آیا دامنه و فاز هر دو یکسان است؟ شرح دهید.

۵-۵-۷۱★ آیا مدار مورد آزمایش یک مدار جداکننده‌ی فاز است؟ شرح دهید.

### ۵-۶★ نتایج آزمایش

آنچه را که در این آزمایش اجرا کرده‌اید به‌طور خلاصه جمع‌بندی کنید.

## ارزش‌یابی



### ۵-۸★ ارزش‌یابی پایان هر آزمایش

پس از انجام آزمایش و کامل کردن دفتر گزارش کار نتیجه‌ی ارزش‌یابی را مورد مطالعه قرار دهید و نقاط ضعف خود را بر طرف نمایید.



## الگوی پرسش



### ۵-۷★ الگوی پرسش

۵-۷-۱- در شکل ۲-۵ در صورتی که خازن  $C_2$  از مدار خارج شود چه تغییری در بهره‌ی ولتاژ پیش می‌آید؟ چرا؟ شرح دهید.

۵-۷-۲- کاربرد تقویت‌کننده‌ی امیتر مشترک را شرح دهید.

۵-۷-۳- فرمول محاسبه‌ی  $R_O$  را ثابت کنید.

۵-۷-۴- در محاسبه‌ی  $R_O$  چرا وقتی ولتاژ دو سر پتانسیومتر نصف مقدار  $V_{ONL}$  می‌شود، مقاومت پتانسیومتر همان  $R_O$  است؟ اثبات کنید.