

## « فصل چهارم »

### تقویت کننده‌های چند طبقه

( مطابق فصل چهارم کتاب الکترونیک عمومی ۲ )

#### هدف کلی :

تقویت کننده‌های چند طبقه، مدارهای زوج دارلینگتون و تقویت کننده‌های آبشاری با استفاده از BJT با کاربرد نرم افزار مولتی سیم

#### هدف های رفتاری:

در پایان این آزمایش که با استفاده از نرم افزار مولتی سیم اجرا می شود از فراگیرنده انتظار می رود که :

- ۱- بهره ی تقویت کننده های چند طبقه را محاسبه کند.
- ۲- مدار تقویت کننده ی دو طبقه با کوپلاژ خازنی را از نظر DC بررسی کند.
- ۳- شکل موج نقاط مختلف تقویت کننده ی دو طبقه با کوپلاژ خازنی را مشاهده و اندازه گیری کند.
- ۴- سیگنال خروجی را در تقویت کننده های با فرکانس زیاد مشاهده و اندازه گیری کند.
- ۵- سیگنال خروجی را در تقویت کننده های با فرکانس کم مشاهده و اندازه گیری کند.
- ۶- مدار تقویت کننده ی دو طبقه با کوپلاژ ترانسفورماتوری را از نظر DC بررسی کند.
- ۷- شکل موج نقاط مختلف تقویت کننده ی دو طبقه با کوپلاژ ترانسفورماتوری را مشاهده و اندازه گیری کند.
- ۸- راندمان را در تقویت کننده ها با کوپلاژ ترانسفورماتوری بررسی کند.
- ۹- مدار تقویت کننده ی دو طبقه با کوپلاژ مستقیم را از نظر DC بررسی کند.
- ۱۰- شکل موج نقاط مختلف تقویت کننده ی دو طبقه با کوپلاژ مستقیم را مشاهده و اندازه گیری کند.
- ۱۱- جریان عبوری از پایه های ترانزیستورهای زوج دارلینگتون را اندازه گیری کند و رابطه ی  $\beta_T = \beta_1 \times \beta_2$  را تحلیل کند.
- ۱۲- ولتاژ نقاط مختلف یک تقویت کننده ی آبشاری را اندازه گیری کند.

۱۷۶

مقاومت ها و خازن هایی در بین طبقات وجود دارد.

#### ۴-۱ آزمایش ۱: تقویت کننده ی دو طبقه با

##### کوپلاژ خازنی

۴-۱-۱ مدارهای تقویت کننده ی چند طبقه که ارتباط بین طبقات به یکدیگر به وسیله ی خازن انجام می شود، را مدار با کوپلاژ خازنی می گویند. به کوپلاژ خازنی، کوپلاژ RC نیز گفته می شود. عبارت " کوپلاژ RC " نشان می دهد که

۴-۱-۲ مدار تقویت کننده ی دو طبقه با کوپلاژ خازنی شکل ۴-۱ را در فضای نرم افزاری ببینید و ولتاژ DC پایه های مختلف ترانزیستورها را توسط ولت متر اندازه گیری کنید.

**سؤال ۱:** آیا با تغییر مقادیر مقاومت‌های بایاس ترانزیستور  $Q_1$ ، ولتاژ بایاس پایه‌های ترانزیستور  $Q_2$  نسبت به مرحله ۴-۱-۲ تغییری کرده‌اند؟ توضیح دهید.



۴-۱-۴ مقادیر مقاومت‌های مربوط به ترانزیستور  $Q_2$  را حدوداً دو برابر افزایش دهید. ولتاژ بایاس پایه‌های هر دو ترانزیستور را اندازه‌گیری و یادداشت کنید.

$$V_{B_1} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{E_1} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{C_1} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{B_2} = \dots\dots\dots V$$

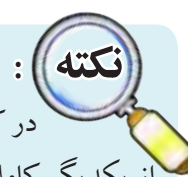
$$V_{E_2} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{C_2} = \dots\dots\dots V$$

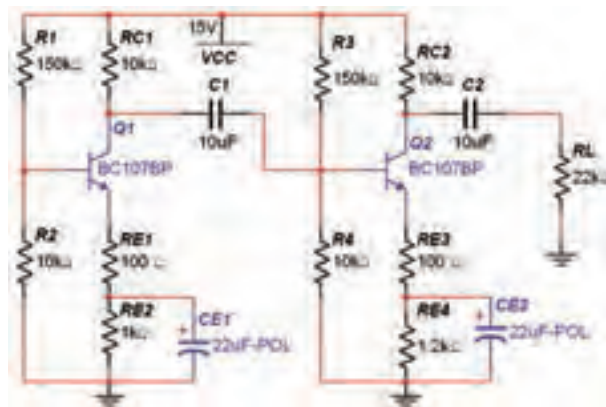
**سؤال ۲:** آیا با تغییر مقادیر مقاومت‌های ترانزیستور  $Q_2$ ، ولتاژ پایه‌های ترانزیستور  $Q_1$  نسبت به مرحله ۴-۱-۲ تغییری کرده‌اند؟ توضیح دهید.



**سؤال ۳** نتیجه‌ای که از آزمایش مراحل ۴-۱-۳ و ۴-۱-۴ به دست آورده‌اید، به طور خلاصه بنویسید.



در کوپلاژ خازنی، طبقات از نظر DC از یکدیگر کاملاً تفکیک شده و جدا هستند.



شکل ۴-۱ مدار تقویت کننده دو طبقه با کوپلاژ خازنی

$$V_{B_1} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{E_1} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{C_1} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{B_2} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{E_2} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{C_2} = \dots\dots\dots V$$

۴-۱-۳ مقادیر مقاومت‌های بایاس ترانزیستور  $Q_1$  را به حدود ۱/۵ برابر افزایش دهید. ولتاژ بایاس پایه‌های هر دو ترانزیستور را اندازه‌گیری و یادداشت کنید.

$$V_{B_1} = \dots\dots\dots V$$

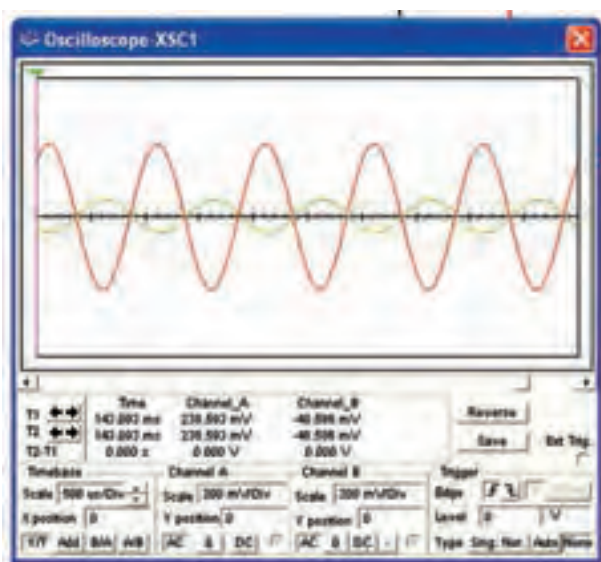
$$V_{E_1} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{C_1} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{B_2} = \dots\dots\dots V$$

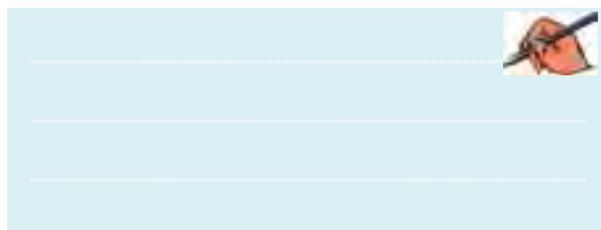
$$V_{E_2} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{C_2} = \dots\dots\dots V$$

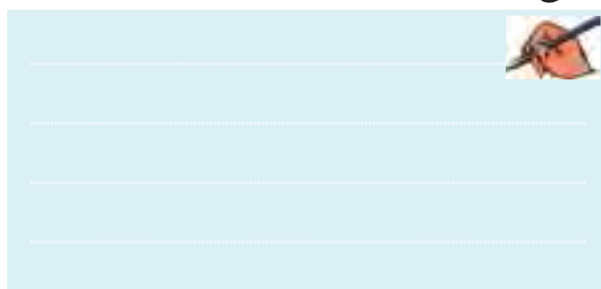


شکل ۴-۲ مدار تقویت کننده‌ی دو طبقه با کوپلاژ خازنی و شکل موج‌های خروجی هر دو طبقه

**تمرین ۱:** دستگاه اسیلوسکوپ را به ورودی مدار و خروجی طبقه‌ی آخر اتصال دهید و شکل موج‌های مربوطه را مشاهده کنید. آیا بین این دو شکل موج اختلاف فازی وجود دارد؟ توضیح دهید.



**تمرین ۲:** دستگاه اسیلوسکوپ را به ورودی مدار و خروجی طبقه‌ی اول اتصال دهید و شکل موج‌های مربوطه را مشاهده کنید. آیا بین این دو شکل موج اختلاف فازی وجود دارد؟ توضیح دهید.



۴-۱-۵ خازن کوپلاژ  $C_p$  را از مدار قطع کنید. یعنی دو طبقه را از لحاظ تغذیه‌ی DC از یکدیگر جدا نمایید. ولتاژ پایه‌های هر دو ترانزیستور را اندازه‌گیری کنید و نتیجه را با مقادیر اندازه‌گیری شده در مرحله‌ی ۴-۱-۲ مقایسه کنید.

$$V_{B_1} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{E_1} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{C_1} = \dots\dots\dots V$$

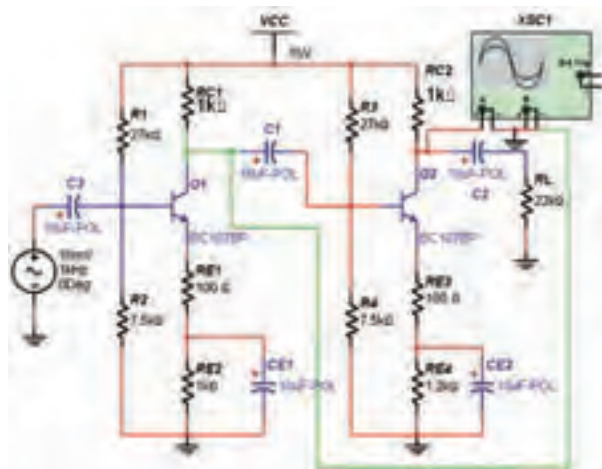
$$V_{B_2} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{E_2} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{C_2} = \dots\dots\dots V$$



۴-۱-۶ منبع ولتاژ AC و خازن  $C_p$  را به مدار شکل ۴-۱ اضافه کنید. با استفاده از اسیلوسکوپ ولتاژ پیک تا پیک کلکتور ترانزیستورهای  $Q_1$  و  $Q_2$  و سیگنال ورودی را مطابق شکل ۴-۲ اندازه بگیرید و ضریب بهره‌ی هر طبقه را به دست آورید.



**سؤال ۷: ۱-۴** آیا موج کلکتور ترانزیستور  $Q_1$  با موج کلکتور ترانزیستور  $Q_2$  اختلاف فاز دارد؟ شرح دهید.



**سؤال ۸: ۱-۴** آیا اختلاف فازی بین شکل موج ورودی و شکل موج خروجی وجود دارد؟ با ذکر دلیل شرح دهید.



**سؤال ۹: ۱-۴** آیا شکل موج روی امپتر ترانزیستورها سینوسی است؟ شرح دهید.



**۸-۱-۴** با اندازه گیری ولتاژها و جریان های دریافتی از منبع تغذیه  $I_{DC}$  و  $V_{CC}$  و ولتاژ و جریان AC خروجی، راندمان مدار را با استفاده از رابطه ی:  $\eta = \frac{P_O}{P_I}$  به دست آورید.



**۷-۱-۴** ضریب بهره ی کل مدار از رابطه ی:

$$A_V = A_{V_1} \times A_{V_2}$$

به دست می آید. هم چنین ضریب بهره ی هر طبقه از رابطه ی:  $A_V = \frac{V_O}{V_i}$  حاصل می شود. در مدار شکل ۲-۴ با استفاده از مقادیر دامنه ی ورودی و خروجی، ضریب بهره ی هر طبقه و سپس ضریب بهره ی کل را به دست آورید.

$$A_{V_1} = \dots\dots\dots$$

$$A_{V_2} = \dots\dots\dots$$

$$A_{V_T} = \dots\dots\dots$$

**سؤال ۴: ۱-۴** آیا روش های دیگری برای به دست آوردن ضریب بهره ی کل مدار وجود دارد؟ توضیح دهید.



**سؤال ۵: ۱-۴** ضریب بهره ی کل چه رابطه ای با ضریب بهره ی هر طبقه دارد؟ شرح دهید.



با توجه به شکل ۲-۴ به سؤال های زیر پاسخ دهید.

**سؤال ۶: ۱-۴** آیا موج کلکتور ترانزیستور  $Q_1$  با موج ورودی روی بیس ترانزیستور  $Q_2$  اختلاف فاز دارد؟ توضیح دهید.



۴-۱-۱۲ مقادیر  $V_{ONL}$  و  $V_{OFL}$  را اندازه بگیرید و مقدار امپدانس خروجی تقویت کننده را محاسبه کنید.

$$V_{ONL} = \dots\dots\dots$$

$$V_{OFL} = \dots\dots\dots$$

$$Z = \dots\dots\dots \Omega$$

۴-۱-۱۳ منبع ولتاژ را روی فرکانس ۱۰ کیلو هرتز تنظیم کنید و بهره‌ی مدار را با اندازه‌گیری ولتاژ خروجی به دست آورید.

$$A_V = \dots\dots\dots$$


۴-۱-۱۴ منبع ولتاژ را روی فرکانس ۱۰۰ کیلو هرتز تنظیم کنید و بهره‌ی مدار را با اندازه‌گیری ولتاژ خروجی به دست آورید.

$$A_V = \dots\dots\dots$$

۴-۱-۱۵ منبع ولتاژ را روی فرکانس ۵۰ کیلو هرتز تنظیم کنید و بهره‌ی مدار را با اندازه‌گیری ولتاژ خروجی به دست آورید.

$$A_V = \dots\dots\dots$$

**سؤال ۱۰:** در کدام یک از مراحل ۴-۱-۱۳، ۴-۱-۱۴ و ۴-۱-۱۵ بهره‌ی ولتاژ بیشتر است؟




.....

.....

.....

**سؤال ۱۱:** با مقایسه‌ی بهره‌ی ولتاژ در مراحل ۴-۱-۱۳، ۴-۱-۱۴ و ۴-۱-۱۵ آیا می‌توان نتیجه گرفت تقویت کننده با کوپلاژ خازنی در سیگنال‌های با فرکانس کم و زیاد ضریب بهره‌ی کمتری دارد؟ و در فرکانس‌های میانی بالاترین بهره را دارد؟ توضیح دهید.



.....

.....

.....

.....

**توجه داشته باشید** توان ورودی از حاصل ضرب  $I_{DC}$  و  $V_{CC}$  و توان خروجی از حاصل ضرب  $I_{RL}$  و  $V_{RL}$  به دست می‌آید.

۴-۱-۹ در مدار شکل ۴-۲ به وسیله‌ی اسیلوسکوپ ولتاژ منبع AC، ولتاژ بیس و کلکتور ترانزیستور اول، ولتاژ بیس و کلکتور ترانزیستور دوم و ولتاژ خروجی را اندازه بگیرید و یادداشت نمایید.

$$V_{P-Pi} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{P-PB_1} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{P-PC_1} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{P-PB_2} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{P-PC_2} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{P-PO} = \dots\dots\dots V$$

۴-۱-۱۰ در مدار شکل ۴-۲ مقاومت بار را از مدار قطع کنید و ولتاژهای مرحله‌ی ۴-۱-۹ را اندازه‌گیری و یادداشت نمایید.

$$V_{P-Pi} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{P-PB_1} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{P-PC_1} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{P-PB_2} = \dots\dots\dots V$$


$$V_{P-PC_2} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{P-PO} = \dots\dots\dots V$$

۴-۱-۱۱ مقادیر بهره را در دو حالت با مقاومت بار و بدون مقاومت بار به دست آورید و نتیجه را با هم مقایسه کنید و درمورد تأثیر مقاومت بار توضیح دهید.

$$A_{V_{FL}} = \dots\dots\dots$$

$$A_{V_{NL}} = \dots\dots\dots$$



.....

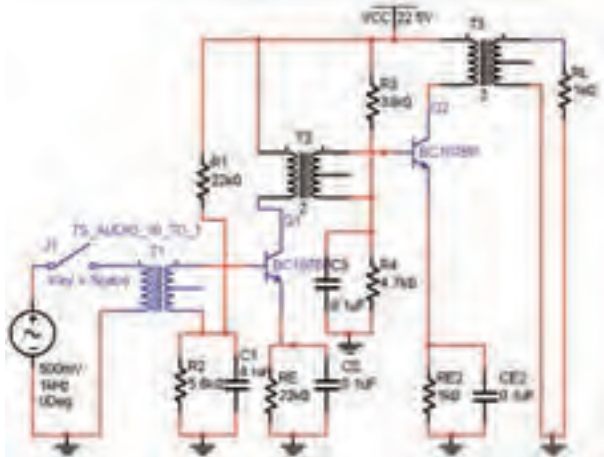
.....

.....

.....

## نکته

در کوپلاژ ترانسفورماتوری طبقات از نظر DC از یکدیگر جدا هستند.



شکل ۴-۴ مدار تقویت کننده‌ی کوپلاژ ترانسفورماتوری

۴-۲-۴ ولتاژ DC پایه‌های ترانزیستورها را اندازه

بگیرید و یادداشت کنید.

$$V_{B_1} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{E_1} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{C_1} = \dots\dots\dots V$$

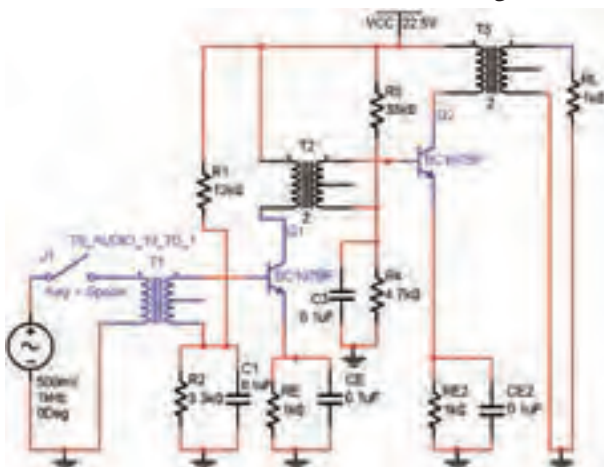
$$V_{B_2} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{E_2} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{C_2} = \dots\dots\dots V$$

۴-۲-۵ مقدار مقاومت های بایاس ترانزیستور  $Q_1$  را

مطابق شکل ۴-۵ تغییر دهید و مدار را ببندید.



شکل ۴-۵ مدار تقویت کننده‌ی کوپلاژ ترانسفورماتوری


## ۴-۲ آزمایش ۲: تقویت کننده‌ی دو طبقه

### با کوپلاژ ترانسفورماتوری

۴-۲-۱ برای دست آوردن راندمان بیشتر در

تقویت کننده‌های قدرت می‌توانیم از کوپلاژ ترانسفورماتوری استفاده کنیم. در این حالت در کلکتور ترانزیستور به جای مقاومت  $R_C$ ، اولیه‌ی یک ترانسفورماتور قرار می‌گیرد. از کوپلاژ ترانسفورماتوری در تطابق امپدانس و همچنین نیاز به راندمان بالا استفاده می‌کنند.

۴-۲-۲ در تقویت کننده‌های ترانسفورماتوری با کوپلاژ

ترانسفورماتوری، می‌توانید از ترانسفورماتور نوع  استفاده کنید. برای استفاده از آن مطابق شکل ۴-۳ ترانسفورماتور را از نوار Virtual به روی صفحه‌ی کار بیاورید.



شکل ۴-۳ نحوه‌ی استفاده از نوار Virtual برای آوردن ترانسفورماتور روی صفحه‌ی کار

۴-۲-۳ مدار شکل ۴-۴ که یک تقویت کننده‌ی دو

طبقه با کوپلاژ ترانسفورماتوری است را ببندید.

۴-۲-۸ برای مشاهدی شکل موج پایه‌های مختلف تقویت کننده‌های دو طبقه با کوپلاژ ترانسفورماتوری اسیلوسکوپ را بر روی پایه‌های ترانزیستورهای مدار شکل ۴-۴ قرار دهید و ولتاژ پیک‌تا پیک آن‌ها را اندازه بگیرید و یادداشت نمایید.

$$V_{P-PB_1} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{P-PE_1} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{P-PC_1} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{P-PB_r} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{P-PE_r} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{P-PC_r} = \dots\dots\dots V$$

۴-۲-۹ ولتاژ و جریان خروجی و ورودی مدار را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$$V_i = \dots\dots\dots V$$

$$I_i = \dots\dots\dots \text{mA}$$

$$V_o = \dots\dots\dots V$$

$$I_o = \dots\dots\dots \text{mA}$$

۴-۲-۱۰ با توجه به مقادیر ولتاژ ورودی و خروجی ضریب بهره را محاسبه و یادداشت کنید.

$$A_v = \dots\dots\dots$$

۴-۲-۱۱ راندمان مدار را با اندازه‌گیری جریان و ولتاژ ورودی ( $V_{CC}$ ,  $I_{DC}$ ) و جریان و ولتاژ خروجی ( $V_{RL}$ ,  $I_{RL}$ ) محاسبه کنید.

$$\eta = \frac{P_o}{P_i}$$

سؤال ۱۴: راندمان‌های به دست آمده در مراحل ۴-۱-۷ مدار شکل ۴-۱ و ۴-۲-۹ مدار شکل ۴-۴ را با هم مقایسه کنید و نتیجه را بنویسید.



۴-۲-۶ ولتاژ پایه‌های ترانزیستورهای شکل ۴-۵ را اندازه‌گیری و یادداشت کنید.

$$V_{B_1} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{E_1} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{C_1} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{B_r} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{E_r} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{C_r} = \dots\dots\dots V$$

سؤال ۱۲: آیا با تغییر مقدار مقاومت‌های بایاس ترانزیستور  $Q_1$  مدار شکل ۴-۵ مقدار ولتاژ DC پایه‌های مختلف ترانزیستور  $Q_1$  با مدار شکل ۴-۴ تفاوتی دارد؟ توضیح دهید.



۱۸۲

۴-۲-۷ ترانسفورماتور  $T_1$  را در مدار شکل ۴-۵ قطع کنید و ولتاژ پایه‌های ترانزیستورها را اندازه‌گیری و یادداشت کنید.

$$V_{B_1} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{E_1} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{C_1} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{B_r} = \dots\dots\dots V$$

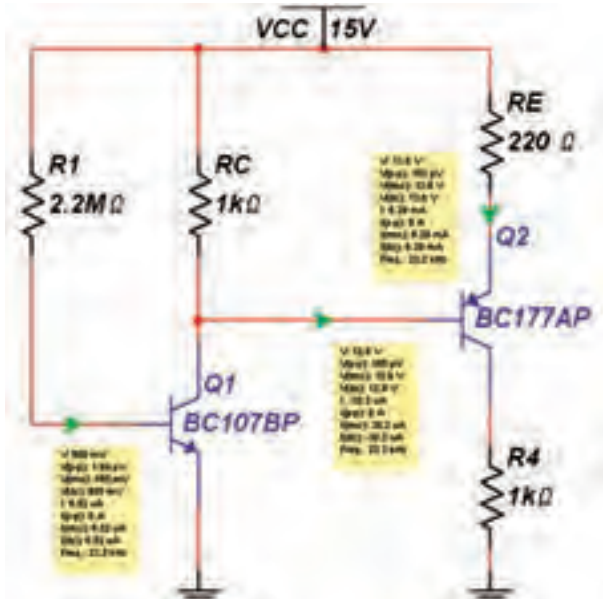
$$V_{E_r} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{C_r} = \dots\dots\dots V$$

سؤال ۱۳: مقادیر ولتاژ پایه‌های ترانزیستورها در مراحل ۴-۲-۶ و ۴-۲-۷ را با هم مقایسه کنید و نتیجه را بنویسید.



۳-۳-۴ ولتاژ DC پایه‌های ترانزیستورهای مدار شکل ۴-۷ را با استفاده از پروب اندازه‌گیری مطابق شکل ۴-۸ اندازه‌گیری کنید.

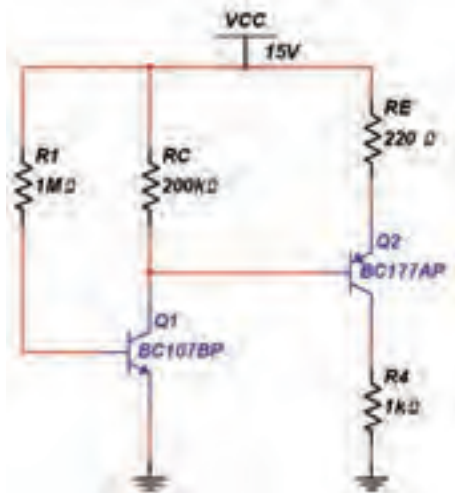


شکل ۴-۸ مقادیر اندازه‌گیری شده توسط پروب اندازه‌گیری

$$\begin{aligned} V_{B_1} &= \dots\dots\dots V \\ V_{E_1} &= \dots\dots\dots V \\ V_{C_1} &= \dots\dots\dots V \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{B_2} &= \dots\dots\dots V \\ V_{E_2} &= \dots\dots\dots V \\ V_{C_2} &= \dots\dots\dots V \end{aligned}$$

۴-۳-۴ مقدار مقاومت‌های  $R_C$  و  $R_E$  را مطابق شکل ۴-۹ تغییر دهید و ولتاژ پایه‌های ترانزیستورها را اندازه‌گیری نمایید.



شکل ۴-۹ مدار تقویت کننده‌ی دو طبقه‌ی کوپلاژ مستقیم

**سؤال ۱۵:** با مقایسه‌ی راندمان بین دو مدار فوق چه نتیجه‌ی کلی حاصل می‌شود؟



**نکته:**

یکی از ابزارهای اندازه‌گیری در نرم‌افزار مولتی سیم پروب اندازه‌گیری است. با اتصال این پروب به هر نقطه از مدار می‌توانید انواع ولتاژ و جریان را اندازه‌گیری کنید. این پروب را مطابق شکل ۴-۶ از نوار ابزار، مورد استفاده قرار دهید.

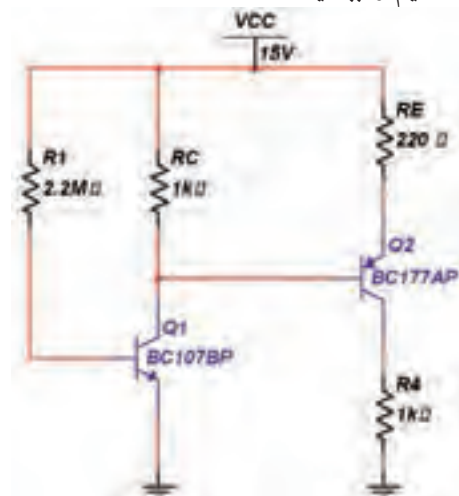


شکل ۴-۶ موقعیت پراب اندازه‌گیری در نوار ابزار

### ۴-۳-۳ آزمایش ۳: تقویت کننده‌ی دو طبقه با کوپلاژ مستقیم

۴-۳-۱ در این نوع کوپلاژ، میزان تقویت در فرکانس‌های پایین، بالا است.

۴-۳-۲ مدار شکل ۴-۷ تقویت کننده‌ی دو طبقه با کوپلاژ مستقیم را ببینید.




شکل ۴-۷ مدار تقویت کننده‌ی دو طبقه با کوپلاژ مستقیم

**سؤال ۱۸:** با استفاده از مقادیر به دست آمده از مرحله‌ی ۳-۴-۶ ضریب بهره‌ی هر طبقه و ضریب بهره‌ی کل را به دست آورید.

$$A_{V_1} = \dots\dots\dots A_{V_r} = \dots\dots\dots$$

$$A_{V_T} = \dots\dots\dots$$

**سؤال ۱۹:** کدام نوع از انواع کوپلاژ با شرایط یکسان ضریب بهره‌ی ولتاژ بیشتری دارد؟ کاربرد هر یک از انواع کوپلاژها را بنویسید.



.....

.....

.....

.....

## ۴-۴ آزمایش ۴: تقویت کننده‌ی زوج دارلینگتون

۴-۴-۱ زوج دارلینگتون نمونه‌ای از تقویت کننده‌های دو طبقه با کوپلاژ مستقیم است.


۴-۴-۲ مدار شکل ۴-۱۰ را ببینید. در این مدار ترانزیستور BD۱۳۷ نسبت به ترانزیستور BC۱۷۷ از  $\beta$  کوچک‌تری برخوردار است، به همین دلیل ترانزیستور BD۱۳۷ را در دومین طبقه‌ی مدار قرار دهید. دستگاه آمپر متر را بر روی پایه‌های ورودی و خروجی مدار وصل کنید و جریان عبوری از این پایه‌ها را اندازه‌گیری نمایید.

$$V_{B_1} = \dots\dots\dots V \quad V_{E_1} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{C_1} = \dots\dots\dots V \quad V_{B_r} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{E_r} = \dots\dots\dots V \quad V_{C_r} = \dots\dots\dots V$$

**سؤال ۱۶:** با مقایسه‌ی ولتاژ DC ترانزیستورها در مدارهای شکل های ۴-۸ و ۴-۹ چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ توضیح دهید.



.....

.....


.....

**سؤال ۱۷:** مقدار  $A_V$  را در مدار تقویت کننده با کوپلاژ مستقیم در فرکانس‌های ۱۰۰Hz و ۱KHz و ۱۰KHz به دست آورید و در مورد نتیجه‌ی حاصل شده توضیح دهید.

$$A_{V_1} = \dots\dots\dots$$

$$A_{V_r} = \dots\dots\dots$$

$$A_{V_T} = \dots\dots\dots$$



.....

.....

۴-۳-۵ مدار را مجدداً به حالت اولیه برگردانید. منبع سیگنال را به ورودی مدار شکل ۴-۸ وصل کنید و شکل موج پایه‌های ترانزیستورها را با استفاده از دستگاه اسیلوسکوپ مشاهده و ولتاژ پیک تا پیک آنها را توسط پروب اندازه‌گیری کنید.

$$V_{P-PB_1} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{P-PE_1} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{P-PC_1} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{P-PB_r} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{P-PE_r} = \dots\dots\dots V$$

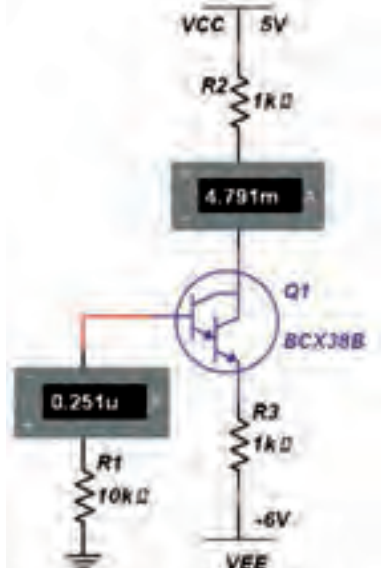
$$V_{P-PC_r} = \dots\dots\dots V$$

معادل NPN زوج دارلینگتون را می‌توانید در اختیار بگیرید.

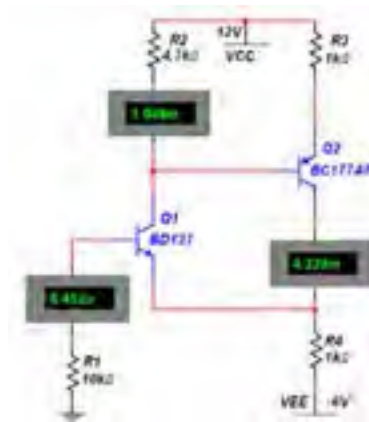


شکل ۴-۱۱ نحوه‌ی قراردادن ترانزیستور زوج دارلینگتون

۴-۴-۵ مدار شکل ۴-۱۲ را ببندید و جریان عبوری از مدار را توسط آمپر متر اندازه‌گیری نمایید. مقدار  $\beta$  مدار را به دست آورید.



شکل ۴-۱۲ مدار زوج دارلینگتون



شکل ۴-۱۰ مدار زوج دارلینگتون و اندازه‌گیری جریان‌های مدار

$$I_{B_1} = \dots\dots\dots \text{mA}$$

$$I_{C_1} = \dots\dots\dots \text{mA}$$

$$I_{C_2} = \dots\dots\dots \text{mA}$$

۴-۴-۳ با توجه به نسبت اندازه‌ی جریان‌های ورودی و خروجی مدار شکل ۴-۱۰ به این نتیجه می‌رسیم که مدار تقویت کننده‌ی جریان است.

**سؤال ۲۰:** آیا می‌توانید  $\beta$  کل و  $\beta$  هر یک از ترانزیستورهای مدار شکل ۴-۱۰ را با توجه به مقادیر جریان‌های مدار به دست آورید؟ روش محاسبه را توضیح دهید.



$$\beta_1 = \dots\dots\dots$$

$$\beta_2 = \dots\dots\dots$$

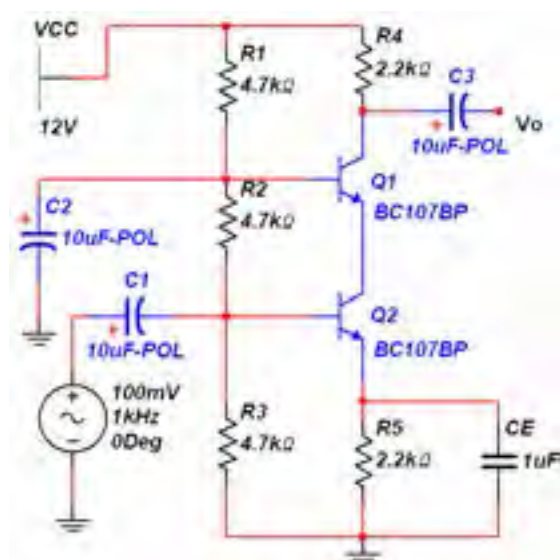
$$\beta_T = \dots\dots\dots$$

۴-۴-۴ برای آزمایش زوج دارلینگتون می‌توانید از ترانزیستورهای ترکیبی خاص نیز استفاده کنید. از نوار Component قسمت ترانزیستور DARLINGTON\_N را مطابق شکل ۴-۱۱ انتخاب کنید و بر روی میز کار انتقال دهید. در این حالت یک ترانزیستور

## ۴-۵ آزمایش ۵: تقویت کنندهی آبشاری

مدار تقویت کنندهی آبشاری ترکیب دیگری از اتصال کوپلاژ مستقیم دو ترانزیستور است. کاربرد این مدار برای تقویت سیگنال‌های فرکانس بالا است.

۴-۵-۱ مدار شکل ۴-۱۳ را ببینید و ولتاژ پایه‌های هر یک از ترانزیستورها را اندازه‌گیری کنید.



شکل ۴-۱۳ مدار تقویت کنندهی آبشاری

$$V_{B_1} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{E_1} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{C_1} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{B_2} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{E_2} = \dots\dots\dots V$$

$$V_{C_2} = \dots\dots\dots V$$

**سؤال ۲۴:** ویژگی مدار شکل ۴-۱۳ از نظر پایداری حرارتی چیست؟ توضیح دهید.

$$I_{B_1} = \dots\dots\dots mA$$

$$I_{C_2} = \dots\dots\dots mA$$

$$\beta_T = \dots\dots\dots$$

**سؤال ۲۱:** نتایج  $\beta_T$  مراحل ۴-۴-۲ و ۴-۴-۵ را با هم مقایسه کنید و نتیجه را شرح دهید.



**تمرین ۳:** با استفاده از انواع دیگر ترانزیستورهای زوج دارلینگتون مدار آزمایش مرحله‌ی ۴-۴-۵ را تکرار کنید و نتیجه را بنویسید.



**سؤال ۲۲:** آیا می‌دانید چه رابطه‌ای بین جریان ورودی و جریان خروجی در مدار شکل ۴-۱۲ برقرار است؟ توضیح دهید.



**سؤال ۲۳:** آیا می‌دانید اگر در مدار زوج دارلینگتون از دو ترانزیستور npn یا pnp استفاده شود، مدار به چه صورتی طراحی می‌شود؟ تجربه کنید و نتیجه را بنویسید.



$$V_{CE} = \dots\dots\dots V$$

$$I_C = \dots\dots\dots mA$$

$$P_C = \dots\dots\dots mW$$

**سؤال ۲۷:** مدار شکل ۴-۱۴ چه نوع تقویت کننده‌ای را

نشان می‌دهد؟ توضیح دهید.



**سؤال ۲۸:** نتایجی که از این آزمایش به دست آورده‌اید

را بنویسید.



**سؤال ۲۵:** توان تلف شده در ترانزیستورهای مدار

شکل ۴-۱۳ را محاسبه کنید. توان تلف شده از رابطه‌ی:

$$P_C = V_{CE} I_C$$

مذکور را محاسبه کنید.

$$V_{CE} = \dots\dots\dots V$$

$$I_C = \dots\dots\dots mA$$

$$P_C = \dots\dots\dots mW$$

**۴-۵-۲** در مدار تقویت کننده‌ی آبشاری شکل ۴-۱۳

دستگاه اسیلوسکوپ را به ورودی و خروجی وصل کنید.

ولتاژ پیک تا پیک ورودی و خروجی را اندازه‌گیری نمایید و

ضریب بهره‌ی مدار را به دست آورید.

$$V_{P-Pi} = \dots\dots\dots$$

$$V_{P-PO} = \dots\dots\dots$$

$$A_{V_T} = \dots\dots\dots$$

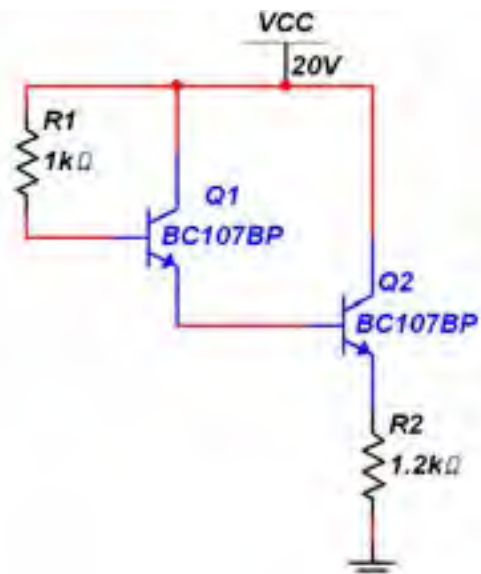
**سؤال ۲۶:** آرایش ترانزیستورهای مدار شکل ۴-۱۳ را

بنویسید.



**تمرین ۴:** مدار شکل ۴-۱۴ را ببندید. توان تلف شده‌ی

کل مدار را با استفاده از جریان و ولتاژ به دست آورید.



شکل ۴-۱۴ مدار تقویت کننده دو طبقه