

به نام خالق هستی



دانشگاه سوادکوه

دستور کار آزمایشگاه الکترونیک ۱

تهیه و تدوین:

دکتر سیروس طوفان

فهرست آزمایش‌ها و زمان پیش‌بینی شده برای انجام آنها

آزمایش اول: آشنایی با دستگاه‌های اندازه‌گیری (یک جلسه)

آزمایش دوم: آشنایی با دیود و کاربرد دیود زبر به عنوان تثبیت کننده ولتاژ (یک جلسه)

آزمایش سوم: کاربردهای دیود یکسوساز (دو جلسه)

آزمایش چهارم: کاربرد دیود در مدارهای شکل دهنده و چند برابر کننده‌های ولتاژ (یک جلسه)

آزمایش پنجم: آشنایی با ترانزیستور (یک جلسه)

آزمایش ششم: منحنی‌نگار ترانزیستور (Curve Tracer) (یک جلسه)

آزمایش هفتم: تقویت کننده امپدانس مشترک (یک جلسه)

آزمایش هشتم: تقویت کننده‌های کلکتور مشترک و بیس مشترک (یک جلسه)

آزمایش نهم: تقویت کننده‌های زوج دارلینگتون و بوت‌استرپ (یک جلسه)

آزمایش دهم: آشنایی با ترانزیستور JFET و تقویت کننده سورس مشترک با آن (یک جلسه)

برای استفاده بهتر از وقت آزمایشگاه، پیش از شروع هر جلسه آزمایش، لازم است دستور کار با دقت مطالعه شود. همچنین همه طراحی‌ها و محاسبات لازم انجام شده باشند. ضمناً بعد از بستن مدار و بدست آوردن جوابها صحت عملکرد مدار و درست بودن جوابها را بررسی نمائید.

آزمایش شماره ۱

آشنایی با دستگاه‌های اندازه‌گیری

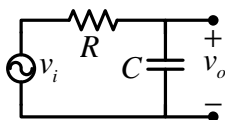
۱-۱) با سیگنال ژنراتور موج سینوسی با دامنه ۲ ولت و با فرکانس دلخواه ساخته و مقدار پیک‌تا‌پیک (V_{P-P}) آن را با اسیلوسکوپ اندازه بگیرید. همچنین با اعمال آن سیگنال به ولت‌متر مقدار موثر (V_{rms}) آن را بخوانید. سپس در رابطه زیر مقدار α را بدست آورید.

$$V_{rms} = \alpha \cdot V_{P-P}$$

سوال ۱: برای موج فوق مقدار تئوری α را محاسبه و با مقدار اندازه‌گیری شده مقایسه کنید.

۱-۲) با اعمال یک ولت آفست DC به سیگنال فوق (توسط سیگنال ژنراتور یا از طریق سری کردن آن با منبع تغذیه DC) دوباره شکل موج خروجی را روی اسیلوسکوپ مشاهده و آن را ترسیم نمایید. مقادیر ولتاژ پیک‌تا‌پیک (V_{P-P}) و موثر (V_{rms}) آن را به ترتیب با اسیلوسکوپ و ولت‌متر اندازه بگیرید. (نکته: در سری کردن سیگنال ژنراتور با منبع تغذیه DC، همواره می‌بایست زمین سیگنال ژنراتور به زمین مدار متصل گردد).
سوال ۲: مقدار موثر اندازه‌گیری شده را با مقدار تئوری آن مقایسه کنید.

۱-۳) مدار زیر را با $R = 1k\Omega$ ، $C = 0.1\mu F$ ، $v_i = 5\sin\omega t$ و $f = 1kHz$ روی بردبرد ببندید. سپس با استفاده از اسیلوسکوپ مقادیر بهره ولتاژ (گین ولتاژی v_o/v_i) و اختلاف فاز خروجی نسبت به ورودی را در حالت‌های زیر اندازه‌گیری کنید. (در انتخاب کلید Source اسیلوسکوپ دقت نمایید).



الف: رسم شکل موج خروجی نسبت به ورودی با حفظ رابطه زمانی.

ب: رسم شکل موج خروجی نسبت به ورودی (در مد X-Y اسیلوسکوپ).

سوال ۳: مقدار اختلاف فاز را به صورت تئوری محاسبه و با مقادیر اندازه‌گیری شده از روش‌های فوق مقایسه کنید.

سوال ۴: پیش فاز یا پس فاز بودن موج خروجی نسبت به موج ورودی چگونه تعیین می‌شود؟

۴-۱) معمولاً مقادیر و خطای مقاومت‌های معمولی با استفاده از کمان‌های رنگی مطابق شکل‌های زیر بیان می‌شوند.

ابتدا طرز تعیین مقدار نامی و خطای مقاومت را از روی کمان‌های رنگی بیان نمائید. سپس مقاومت‌های زیر را توسط

اهم‌تر اندازه‌گیری کرده و با مقادیر نامی آنها مقایسه کنید.

$$R = 56\Omega, 470\Omega, 2.7k\Omega, 39k\Omega, 220k\Omega$$



نکته: مقاومت‌ها در استانداردهای خاصی از جمله S12 ساخته می‌شوند. مقاومت‌های غیر استاندارد نسبت به

مقاومت‌های استاندارد دارای قیمت بالاتری می‌باشند. مقادیر مقاومت‌های استاندارد S12 به صورت زیر می‌باشند.

$$S12 \triangleq (1, 1.2, 1.5, 1.8, 2.2, 2.7, 3.3, 3.9, 4.7, 5.6, 6.8, 8.2) \times 10^n; n = -1, 0, 1, \dots, 6$$

سوال ۵: توان تحملی مقاومت‌های معمولی و مقاومت‌های آجری چگونه تعیین می‌شوند؟

سوال ۶: مقادیر نامی خازن‌ها و سلف‌ها چگونه تعیین می‌شوند؟

سوال ۷: دلیل متفاوت بودن حجم خازنهای AC و DC با ولتاژ تحملی یکسان چیست؟

سوال ۸: طرز قرار گرفتن خازنهای پلاریته‌دار در بین دو گره از مدار چگونه است؟

نکته: برای جلوگیری از ترکیدن خازن‌ها بایستی به محل اتصال پلاریته‌های آنها توجه داشته باشیم.

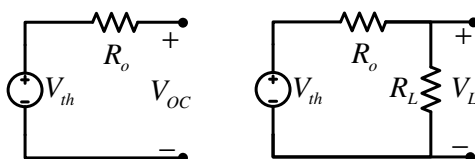
۵-۱) اندازه‌گیری امپدانس خروجی

برای اندازه‌گیری امپدانس خروجی مدارها، ابتدا با اعمال یک موج سینوسی به مدار، مقدار ولتاژ خروجی را در

حالت بی‌باری ($V_{th} = V_{OC}$) اندازه می‌گیرند. سپس با قرار دادن بار R_L در بین خروجی و زمین مدار دوباره مقدار ولتاژ

خروجی (V_L) را اندازه گرفته و از رابطه $V_L = V_{th} \frac{R_L}{R_o + R_L}$ مقدار مقاومت خروجی را به دست می‌آورند. (نکته: در

مدارهایی با عناصر غیرخطی بایستی با اضافه نمودن بار، خروجی در حالت خطی خود باقی بماند).

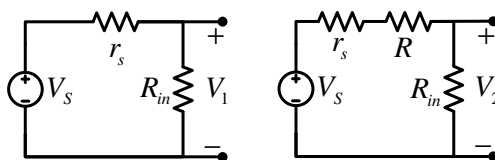


- مقاومت خروجی سیگنال ژنراتور را به ازای $V_{th} = 2 \sin(200\pi t)$ و $R_L = 56\Omega$ (or $= 560\Omega$) اندازه‌گیری کنید.
- مقاومت خروجی سیگنال ژنراتور را به ازای $V_{th} = 2 \sin(2 \times 10^5 \pi t)$ و $R_L = 56\Omega$ (or $= 560\Omega$) اندازه‌گیری کنید.

۶-۱) اندازه‌گیری امپدانس ورودی

برای اندازه‌گیری امپدانس ورودی مدارها، ابتدا با اعمال یک موج سینوسی به مدار مقدار ولتاژ ورودی (V_1) را اندازه می‌گیرند. سپس با قرار دادن مقاومت R در بین ورودی مدار و سیگنال ژنراتور دوباره مقدار ولتاژ ورودی (V_2) را اندازه گرفته و از رابطه زیر مقدار مقاومت ورودی را به دست می‌آورند. (r_s مقاومت داخلی منبع سیگنال است).

$$V_2 = V_1 \frac{R_{in} + r_s}{R + R_{in} + r_s} \approx V_1 \frac{R_{in}}{R + R_{in}}$$



- مقاومت ورودی اسیلوسکوپ را به ازای $V_s = 5 \sin(2 \times 10^5 \pi t)$ و $R = 1M\Omega$ اندازه‌گیری نمائید. (از کوپلاژ DC اسیلوسکوپ استفاده شود.) کوپلاژ را به حالت AC برگردانده و اثر آن را در اسیلوسکوپ مشاهده کنید.
- دوباره با تغییر ضریب پروب از $\times 1$ به $\times 10$ مقاومت ورودی اسیلوسکوپ را اندازه‌گیری نمائید. در این حالت نیز اثر تغییر کوپلاژ از DC به AC را در اسیلوسکوپ مشاهده کنید.

سوال ۹: عملکرد کلیدهای Source و Level را در اسیلوسکوپ توضیح دهید.

سوال ۱۰: روش‌های اندازه‌گیری ولتاژ یک المان شناور و جریان یک المان غیرخطی (مثلاً دیود) را با استفاده از اسیلوسکوپ توضیح دهید.

آزمایش شماره ۲

آشنایی با دیود و کاربرد دیود زبر به عنوان تثبیت کننده ولتاژ

دیودها دارای انواع گوناگونی از جمله دیود یکسوساز، دیود شیشه‌ای، دیود زبر، دیود نوری، دیود تونلی، دیود گان و دیود ورتور می‌باشند که هر کدام از آنها دارای کاربردهای متفاوتی می‌باشند. در این آزمایش مشخصه استاتیکی چند دیود و کاربرد دیود زبر به عنوان تثبیت کننده ولتاژ بررسی می‌شوند.

۱-۲) آزمایش دیود با مالتی‌متر

با استفاده از حالت دیودسنجی مالتی‌متر، دیودهای در اختیار را تست و پایه‌های آند و کاتد آنها را تعیین نمائید.

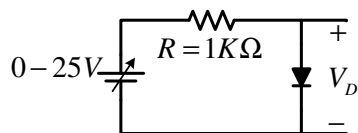
سوال ۱: اعداد نمایش داده شده در مالتی‌متر بیانگر چیست؟ آیا از این اعداد می‌توان جنس دیود را تشخیص داد؟

سوال ۲: آیا می‌توان با اهم‌متر پایه‌های آند، کاتد و جنس دیودها را مشخص نمود. عدد نشان داده شده در اهم‌متر، مقاومت استاتیکی دیود است یا مقاومت دینامیکی؟

۲-۲) منحنی مشخصه دیود در گرایش موافق به روش نقطه‌یابی

بدست آوردن معادله مشخصه هر المانی، مثل رسم نمودار توابع صورت می‌گیرد. برای بدست آوردن منحنی مشخصه دیود، با تنظیم ولتاژ دو سر آن بر روی عدد مشخص، مقدار جریان آن را اندازه می‌گیرند. نمودار حاصل از رسم جریان دیود بر حسب ولتاژ آن را منحنی مشخصه دیود می‌نامند.

- مدار زیر را بسته و با تنظیم ولتاژ دو سر دیود بر روی اعداد جدول زیر منحنی مشخصه آن را بدست آورید.



V_D (mV)	۱۰۰	۲۰۰	۳۰۰	۴۰۰	۵۰۰	۵۵۰	۵۷۵	۶۰۰	۶۲۵	۶۵۰	۶۷۵	۷۰۰	۷۵۰
I_D (mA)													

سوال ۳: چگونه می‌توان از روی منحنی مشخصه دیود، مقاومت دینامیکی و مقاومت استاتیکی آن را به دست آورد؟

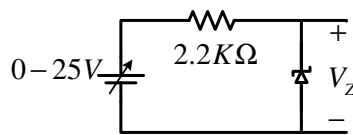
سوال ۴: با استفاده از اعداد جدول فوق مقدار η را در رابطه زیر بدست آورید. (از رابطه ΔV_D استفاده کنید).

$$V_D = \eta V_T \ln \frac{I_D}{I_S} \Rightarrow \Delta V_D = V_{D2} - V_{D1} = \eta V_T \ln \frac{I_{D2}}{I_{D1}}$$

۳-۲) منحنی مشخصه دیود در گرایش مخالف به روش نقطه یابی

در مدار زیر با تنظیم ولتاژ V_D بر روی اعداد جدول زیر و اندازه‌گیری جریان آن، منحنی مشخصه بایاس معکوس

دیود زبر ۵,۶ ولتی را ترسیم نمائید.



V_Z (V)	۰,۱	۰,۲	۱	۲	۳	۴	۵	۵,۴	۵,۵	۵,۶	۵,۷	۵,۸	۶
I_D (mA)													

سوال ۵: انواع شکست در دیودها را بیان نمائید.

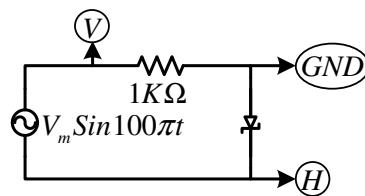
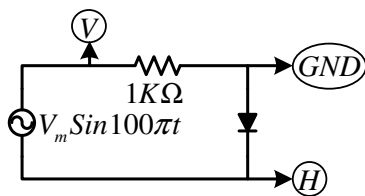
۴-۲) به دست آوردن منحنی مشخصه دیودهای یکسوساز و زبر با استفاده از اسیلوسکوپ

برای به دست آوردن منحنی مشخصه دیودها در مدارهای زیر ولتاژ و جریان آن را به ترتیب به محورهای افقی و

عمودی اسیلوسکوپ اعمال کرده و در مد X-Y شکل موج آنها را مشاهده می‌کنند. برای اینکه منحنی مشخصه روی

صفحه اسیلوسکوپ نلرزد باید فرکانس سیگنال ورودی از ۵۰ هرتز بیشتر باشد. شکل سیگنال ورودی می‌تواند

سینوسی، دندان‌اره‌ای و یا مثلثی باشد.



مدارهای فوق را بسته و منحنی مشخصه دیودهای تست شده در قسمت‌های قبل را بدست آورید. اگر دیود در

بایاس مستقیم با منبع ولتاژ V_f و مقاومت R_f و در بایاس معکوس با منبع ولتاژ V_z و مقاومت R_z معادل‌سازی شود؛

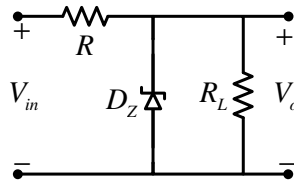
مقادیر V_f و R_f را برای دیود یکسوساز و مقادیر V_z ، R_f و V_z را برای دیود زبر به دست آورید.

۵-۲) کاربرد دیود زنر در مدارهای تثبیت کننده ولتاژ

یکی از کاربردهای مهم دیود زنر، تثبیت کردن ولتاژ ریپل دار است. مدار زیر یک رگولاتور ولتاژ ساده را نشان می-دهد. رگولاتور ولتاژ برای تثبیت ولتاژ خروجی (نسبت به تغییرات ولتاژ ورودی با تغییر مقاومت بار در محدوده مشخص) و کاهش ضریب ضریب ضریب جریان خروجی بکار می‌رود. برای عمل تثبیت باید دیود در ناحیه زنری قرار گیرد یا به عبارتی $I_{z,\min} \leq I_z \leq I_{z,\max}$ باشد. $I_{z,\min}$ و $I_{z,\max}$ به ترتیب جریان زانو (جریان به ازای ولتاژ شکست) و حداکثر جریان قابل تحمل در بایاس معکوس می‌باشند. اگر ولتاژ ورودی بین E_1 تا E_2 ($E_2 > E_1$) تغییر کند محدوده تغییرات مقاومت بار به ازای مقاومت R مشخص جهت تثبیت ولتاژ در خروجی به صورت زیر تعیین می‌شود.

$$I_{z,\min} \leq \frac{E_1 - V_{z0}}{R} - \frac{V_{z0}}{R_{L,\min}} \quad \text{و} \quad \frac{E_2 - V_{z0}}{R} - \frac{V_{z0}}{R_{L,\min}} \leq I_{z,\max}$$

که در آن V_{z0} ، $R_{L,\max}$ و $R_{L,\min}$ به ترتیب ولتاژ شکست زانو، حداکثر و حداقل مقدار مقاومت بار می‌باشند. در معادلات فوق از مقاومت دیود زنر در ناحیه شکست، r_z ، صرف‌نظر شده است. ($V_z = V_{z0} + r_z I_z$)



پارامترهای مربوط به رگولاتورهای ولتاژ را به شرح زیر می‌توان تعریف کرد.

(۱) ضریب تثبیت مطلق (Absolute Stabilizing Factor)

$$G = \left. \frac{\Delta V_{in}}{\Delta V_o} \right|_{\Delta T=0, \Delta I_L=0}, \quad \Delta V_o = \frac{\partial V_o}{\partial V_{in}} \Delta V_{in} + \frac{\partial V_o}{\partial I_L} \Delta I_L + \frac{\partial V_o}{\partial T} \Delta T$$

(۲) ضریب پایداری ولتاژ ورودی (Input Regulation Factor)

$$S_V = \frac{1}{G}, \quad \Delta V_o = \Delta V_{in} \frac{R_L \parallel r_z}{R + R_L \parallel r_z} \approx \Delta V_{in} \frac{r_z}{R + r_z}$$

نکته: معمولاً مقدار r_z برای دیودهای زنر $5-7V$ دارای حداقل مقدار می‌باشد.

(۳) ضریب تنظیم نسبی (Relative Stabilizing Factor)

$$S = \frac{V_o}{V_{in}} \frac{dV_{in}}{dV_o}$$

۴) درصد تنظیم ورودی (Line Regulation)

$$Line\ Reg. = 100 \times \frac{\Delta V_o}{V_o} \Big|_{\Delta T=0, \Delta I_L=0}$$

۵) درصد رگولاسیون بار (Load Regulation)

درصد تغییرات ولتاژ خروجی به ازاء تغییرات جریان بار به شرط ثابت بودن ولتاژ ورودی.

$$Load\ Reg. = \frac{\Delta V_o}{V_o} \times 100 = \frac{V_{o,NL} - V_{o,FL}}{V_{o,FL}} \times 100$$

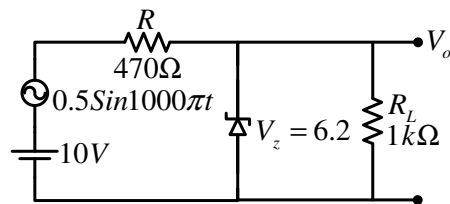
۶) ضریب حذف ضربان (Ripple Rejection Ratio)

$$R.R.R. = \frac{v_{r,in}}{v_{r,o}}$$

در رابطه فوق $v_{r,o}$ و $v_{r,in}$ به ترتیب بیانگر ولتاژ ریپل ورودی و ولتاژ ریپل خروجی است.

- در مدار زیر ابتدا محدوده R_L را برای تثبیت شدن ولتاژ خروجی بدست آورید سپس مدار را به ازای

$R_L = 1k\Omega$ بسته و پارامترهای فوق را برای آن اندازه گیری نمائید.



سوال ۶: در مدار فوق، با استفاده از مدار معادل دیود زنر، پارامترهای فوق را بر حسب المانهای مدار به دست

آورده و با مقادیر اندازه گیری شده مقایسه کنید.

سوال ۷: حداکثر توان DC و توان AC تلف شده در دیود زنر و مقاومت R چقدر است؟

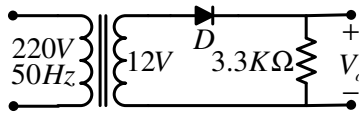
آزمایش شماره ۳

کاربردهای دیود یکسوساز

تبدیل ولتاژ AC به ولتاژ DC خیلی ساده به نظر می‌رسد. اما در توان‌های نسبتاً بالا استفاده از مدارهای یکسوساز معمولی، جریان‌های شدید لحظه‌ای در ورودی ایجاد می‌کند که می‌تواند به عناصر مدار آسیب جدی بزند. همچنین در یکسوسازهایی با توان‌های نسبتاً بالا، اختلاف فاز به وجود آمده در بین جریان و ولتاژ ورودی باعث چشمگیر شدن توان راکتیو می‌گردد. علاوه بر اینها افت ولتاژ ورودی، برای بار ثابت، باعث افزایش جریان ورودی می‌شود که این نیز می‌تواند به عناصر مدار آسیب برساند. از طرفی یکسوسازها باید بتوانند با دو سیستم انتقال قدرت الکتریکی پذیرفته شده جهانی ($220V/50Hz$ و $110V/60Hz$) کار کنند. به همین دلایل باید در یکسوسازهای توان متوسط و توان بالا از مدارهای محافظ جریان ورودی، کنترل ولتاژ ورودی، کنترل ضریب کیفیت ورودی و فیلتر حذف نویز (در صورت تغذیه مدارهای فرکانس بالا با ولتاژ یکسو شده) استفاده شود.

۳-۱) یکسو ساز نیم‌موج (Half wave rectifier)

الف: مدار شکل زیر را بسته و شکل موج ولتاژهای دو سر دیود (V_D) و خروجی (V_o) را با حفظ رابطه زمانی رسم کنید. پارامترهای جدول زیر را اندازه‌گیری و ثبت نمایید. (توجه: در رسم شکل موج‌ها، بایستی کلید کوپلاژ اسیلوسکوپ در حالت DC باشد.)



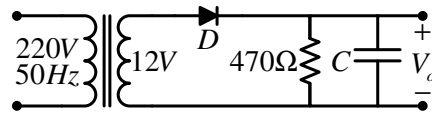
ولتاژ DC خروجی	ضریب ضربان (RF)	حداکثر ولتاژ اوج معکوس (PIV) دو سر دیود	اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ ورودی

سوال ۱: مقادیر تئوری پارامترهای جدول فوق را محاسبه و با مقادیر اندازه‌گیری شده مقایسه کنید.

سوال ۲: در مدار فوق هارمونیک‌های جریان خروجی را بدست آورده و اثر مولفه DC آن را بر روی اندازه ترانس بیان کنید.

ب: با انتخاب کوپلاژ AC اسیلوسکوپ، شکل موج خروجی مدار را در حالت بی‌باری رسم و توجیه کنید.

ج: مطابق شکل زیر خازن $C = 220\mu F$ را به صورت موازی در خروجی قرار داده و پارامترهای جدول زیر را اندازه‌گیری کنید. شکل موج ولتاژهای دو سر خروجی و دیود را با حفظ رابطه زمانی رسم کنید. (برای جلوگیری از ترکیدن خازنها بایستی به ولتاژ تحملی و محل اتصال پلاریته‌های آنها توجه داشته باشید).



درصد رگولاسیون	حداکثر ولتاژ اوج معکوس (PIV) دو سر دیود	ضریب ضربان (RF)	ولتاژ ریپل خروجی	ولتاژ DC خروجی

نکته: برای تعیین درصد رگولاسیون ولتاژ بی‌باری و بار کامل (470Ω) خروجی را اندازه بگیرید.

د: در مدار فوق مقاومتی برابر 10Ω با کاتد دیود سری کنید. شکل موج جریان دیود (I_D) را مشاهده و بر حسب

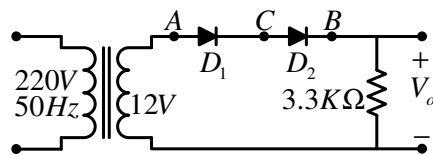
شکل موج خروجی با حفظ رابطه زمانی ترسیم کنید.

سوال ۳: در مدار فوق حداکثر مقدار جریان دیود را محاسبه و با مقدار اندازه‌گیری شده مقایسه کنید.

سوال ۴: در مدار فوق اثر افزایش مقدار خازن و مقاومت را بر روی حداکثر جریان دیود و ضریب ضربان بیان کنید.

ه: مدار شکل زیر را بسته و شکل موج‌های V_o ، V_{AB} ، V_{AC} و V_{CB} را با اسیلوسکوپ مشاهده و رسم کنید.

همچنین حداکثر ولتاژ اوج معکوس دیودها را اندازه‌گیری کنید.



سوال ۵: آیا $V_{AB} = V_{AC} + V_{CB}$ است؟ با توجه به مقادیر اندازه‌گیری شده چگونه این مساله را توصیف می‌کنید؟

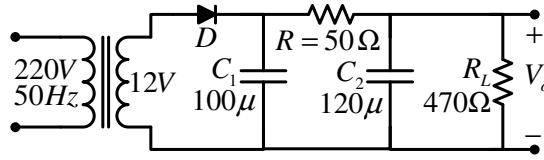
سوال ۶: سری یا موازی کردن دیودها در مدارهای یکسوساز به چه منظورهایی به کار می‌روند؟

سوال ۷: چگونه می‌توان حداکثر ولتاژ اوج معکوس دیودها را یکسان نمود؟

۳-۲) استفاده از صافی π مقاومتی به جای صافی خازنی

برای افزایش درصد رگولاسیون، می‌توان به جای صافی خازنی از صافی π شکلی مطابق زیر استفاده کرد. برای

تست این مطلب مدار زیر را بسته و با مشاهده شکل موج خروجی جدول زیر را پر کنید.

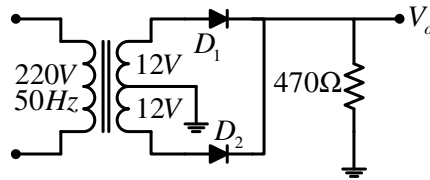


ولتاژ DC خروجی	ولتاژ ریپل خروجی	ضریب ضریبان (RF)	PIV دیود D	درصد رگولاسیون

۳-۳) یکسوساز تمام موج (Full wave rectifier)

۱-۳-۳) یکسوساز تمام موج با استفاده از ترانسفورماتور سر وسط

الف: مدار زیر را بسته و شکل موج‌های V_{D1} و V_{D2} را با حفظ رابطه زمانی بر حسب V_o مشاهده و رسم کنید.



همچنین پارامترهای جدول زیر را اندازه‌گیری و ثبت نمایید.

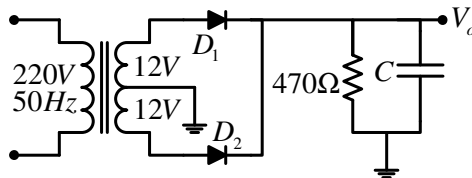
ولتاژ DC خروجی	ضریب ضریبان (RF)	PIV دیود D_1	PIV دیود D_2

سوال ۸: در مدار فوق حداکثر ولتاژ اوج معکوس دیودها را محاسبه و با مقدار اندازه‌گیری شده مقایسه کنید.

سوال ۹: در مدار فوق هارمونیک‌های جریان خروجی را بدست آورده و اثر مولفه DC آن را بر روی اندازه ترانس بیان کنید.

ب: مطابق شکل زیر خازن $C = 220\mu F$ را به صورت موازی در خروجی قرار داده و شکل موج‌های V_{D1} و V_{D2} را با

حفظ رابطه زمانی بر حسب V_o مشاهده و رسم کنید. همچنین پارامترهای جدول زیر را اندازه‌گیری کنید.

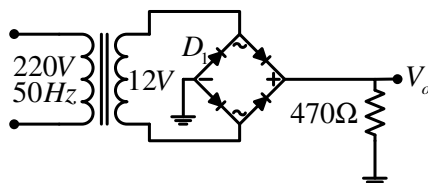


ولتاژ DC خروجی	ضریب ضریبان (RF)	PIV دیود D_1	PIV دیود D_2	در صد رگولاسیون

۳-۳-۲) یکسوساز تمام موج پل

الف: مدار شکل زیر را بسته و شکل موج‌های ولتاژ خروجی و ولتاژ دو سر دیود D_1 را مشاهده و ترسیم نمائید. با

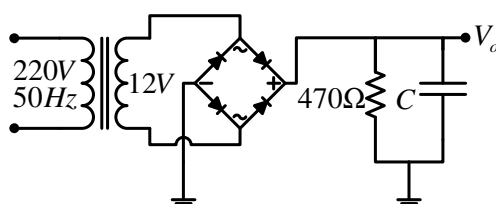
استفاده از شکل موج دیود، مقدار PIV آن را مشخص کنید.



سوال ۱۰: در مدار فوق حداکثر ولتاژ اوج معکوس دیودها را محاسبه و با مقدار اندازه‌گیری شده مقایسه کنید.

ب: خازن $C = 220\mu F$ را به صورت موازی در خروجی قرار دهید. دوباره شکل موج‌های ولتاژ خروجی و ولتاژ دو

سر دیود D_1 را مشاهده و ترسیم نمائید. همچنین پارامترهای جدول زیر را اندازه‌گیری و ثبت نمائید.



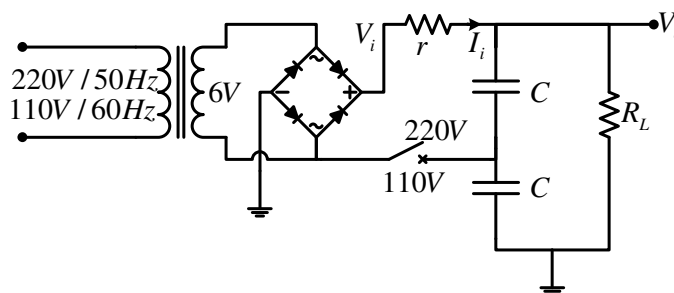
در صد رگولاسیون	PIV دیود D	ضریب ضریب (RF)	ولتاژ DC خروجی

۳-۴) عملکرد یکسوساز با تغییر سیستم انتقال قدرت الکتریکی

همانطوری که بیان شد باید یکسوسازها بتوانند با دو سیستم انتقال قدرت الکتریکی پذیرفته شده جهانی کار

کنند. برای ایجاد این توانایی در یکسوسازها، مطابق شکل زیر از مدار دلن (Delon) استفاده می‌کنیم. در این مدار

مقاومت r برای نمونه‌گیری جریان ورودی استفاده می‌شود.

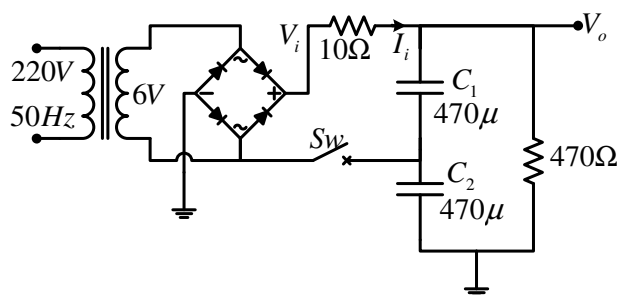


سوال ۱۱: عملکرد مدار فوق را بیان نمائید.

برای تست مطلب فوق مدار زیر را بسته و در دو حالت زیر شکل موج‌های ولتاژ خروجی، ولتاژ ورودی، جریان ورودی را رسم کنید. همچنین مقادیر ولتاژ DC و ریپل خروجی را اندازه‌گیری نمایید.

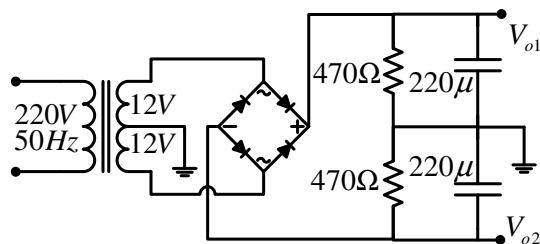
الف: باز بودن کلید

ب: بسته بودن کلید (به جای کلید از یک سیم استفاده کنید).



۳-۵) ایجاد ولتاژ مثبت و منفی

در خیلی از مدارها علاوه بر ولتاژ مثبت، ولتاژ منفی نیز لازم است. با ترکیب دو مدار یکسوساز تمام موج می‌توان به طور همزمان ولتاژ مثبت و منفی ایجاد کرد. برای تست این مطلب مدار زیر را بسته و با توصیف عملکرد مدار، شکل موج خروجی‌ها را مشاهده و ترسیم کنید. ولتاژهای V_1 ، V_2 و ضریب ضریب آنها را اندازه‌گیری کنید.



پروژه عملی: با استفاده از امکانات آزمایشگاهی یک منبع تغذیه DC طرح کنید که دارای مشخصات زیر باشد.

$$V_{o,DC} = 15V, I_{L,max} = 0.5A, V_{r-pp} = 0.15V$$

پروژه تحقیقاتی: بررسی روش‌های کنترل توان راکتیو (یا کنترل ضریب کیفیت) و کنترل حداکثر جریان ورودی

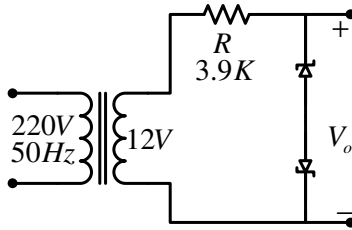
در یکسوسازهای توان متوسط و توان بالا

آزمایش شماره ۴

کاربرد دیود در مدارهای شکل دهنده و چند برابر کننده‌های ولتاژ

۴-۱) مدارهای شکل دهنده سیگنال ورودی

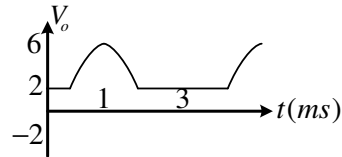
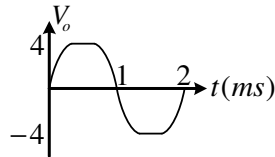
۴-۱-۱) مدار زیر را با دیودهای زنر ۲,۴ ولتی بسته و با استفاده از اسیلوسکوپ شکل موج خروجی را بر حسب موج ورودی در مد X-Y مشاهده و رسم کنید. شکل موج خروجی بر حسب موج ورودی در مد X-Y را منحنی مشخصه یا مشخصه انتقالی مدار می‌نامند.



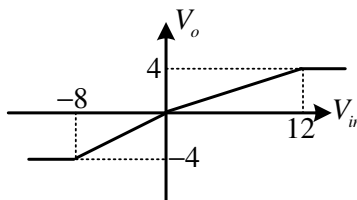
سوال ۱: عملکرد مدار فوق را توضیح دهید؟

سوال ۲: روشی برای نصف کردن شیب مشخصه انتقالی مدار فوق بیان کنید.

۴-۱-۲) مدارهایی طراحی کنید که موج خروجی آنها به ورودی سینوسی به صورت شکل‌های زیر باشند. مدارهای طراحی شده را بسته و شکل موج خروجی آنها را بر حسب شکل موج ورودی با حفظ رابطه زمانی ترسیم نمایید.



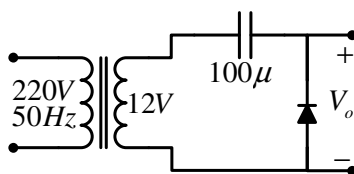
۴-۱-۳) مداری با مشخصه انتقالی بصورت زیر طراحی کنید. مدار را بسته و مشخصه آن را مشاهده و رسم نمایید.



۲-۴) مدارهای دیودی چند برابر کننده ولتاژ

در مدارهای دیودی، چند برابر کردن ولتاژ با شارژ کردن خازن در یک نیم سیکل و دشارژ کردن آن در نیم سیکل بعدی بر روی خازن دیگر انجام می‌گیرد. برای تست این مطلب چندین مدار به صورت‌های زیر بسته و تست نمائید. برای جلوگیری از ترکیدن خازن‌ها، قبل از بستن مدارها پلاریته آنها را تعیین کرده و به تأیید برسانید.

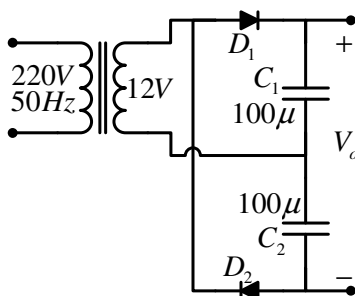
۱-۲-۴) مدار زیر را بسته و شکل موج ولتاژ خروجی و ولتاژ دو سر خازن را رسم و توصیف کنید.



سوال ۳: با تعویض جهت دیود و خازن در مدار فوق شکل موج خروجی چه تغییری می‌کند.

۲-۲-۴) دو برابر کننده ولتاژ

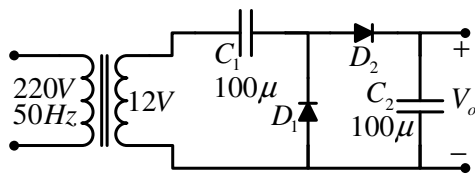
الف: مدار زیر را بسته و ولتاژ خروجی آن را مشاهده و رسم کنید. این ولتاژ چند برابر دامنه ولتاژ ورودی است؟



- مقاومت $R = 3.9K\Omega$ را به عنوان بار در خروجی قرار داده و دوباره شکل موج خروجی را رسم کنید.

سوال ۴: مقدار موج ریپل خروجی را محاسبه و با مقدار اندازه‌گیری شده مقایسه کنید.

ب: مدار زیر را بسته و ولتاژ خروجی آن را مشاهده و رسم کنید. این ولتاژ چند برابر دامنه ولتاژ ورودی است؟



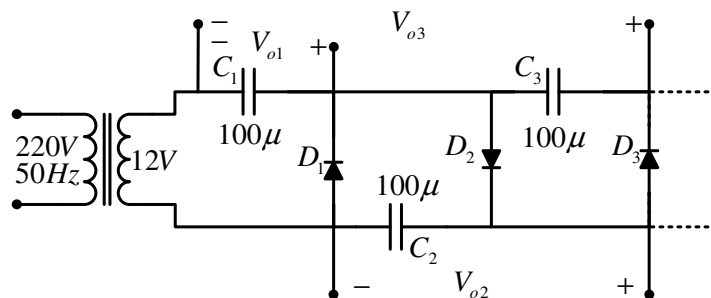
- مقاومت $R = 3.9K\Omega$ را به عنوان بار در خروجی قرار داده و دوباره شکل موج خروجی را رسم کنید.

سوال ۵: عملکرد مدارهای دو برابر کننده ولتاژ را توضیح دهید.

سوال ۶: دو مدار فوق را از نظر ولتاژ ریپل خروجی، فرکانس موج ریپل، ولتاژ خازن‌ها و PIV دیودها مقایسه کنید.

۴-۳-۳ چند برابر کننده ولتاژ

مدار زیر را بعد از تعیین پلاریته خازن‌های آن بسته و ولتاژ دو سر خازن‌ها را اندازه‌گیری کنید.



- مقاومت $3.9K\Omega$ را به عنوان بار در یکی از خروجی‌ها (در V_{o2}) قرار داده و شکل موج دو سر آن را مشاهده و

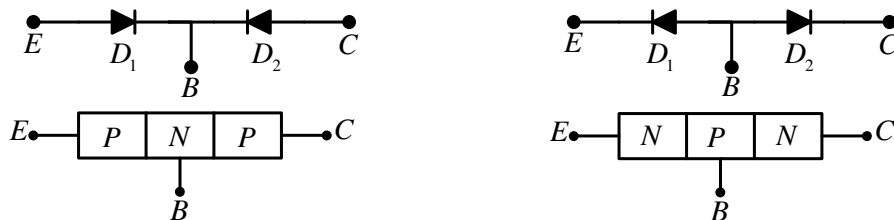
رسم کنید. دامنه و فرکانس موج ریپل خروجی را اندازه‌گیری کنید.

آزمایش شماره ۵

آشنایی با ترانزیستور

تعیین پایه‌های ترانزیستور با استفاده از مالتی‌متر

ساختار ترانزیستورهای^۱ BJT به شکل سمبولیک مانند دو دیود پشت به پشت می‌باشد، در نتیجه به راحتی می‌توان با استفاده از یک مالتی‌متر وضعیت پایه‌ها و جنس آن را تشخیص داد. برای افزایش β ترانزیستورها، در هنگام ساخت همواره سطح امیتر-بیس را کوچکتر از سطح بیس-کلکتور و عمق بیس را کمتر انتخاب می‌کنند. همچنین امیتر را بیشتر از بیس و بیس را بیشتر از کلکتور نفوذ می‌دهند. در نتیجه در حالت سنجش دیود با اهم‌متر، مقاومت اهمی امیتر-بیس بزرگتر از مقاومت اهمی بیس-کلکتور خواهد بود. و در سنجش با حالت دیودی مالتی‌متر، عدد نشان داده شده برای دیود بیس-امیتر نسبت به دیود بیس-کلکتور بیشتر می‌باشد. بنابراین نمی‌توان سرهای امیتر و کلکتور را به جای هم استفاده نمود. در ترانزیستورهای BJT، کاهش عمق بیس باعث کاهش ولتاژهای شکست بیس-امیتر، کلکتور-بیس و کلکتور-امیتر می‌گردد.



۵-۱) تشخیص پایه‌ها، نوع و جنس ترانزیستورها به وسیله مالتی‌متر

به وسیله مالتی‌متر، پایه‌ها، نوع (NPN, PNP) و جنس (سیلیکون، ژرمانیوم) ترانزیستورهای در اختیار را تشخیص داده و اعداد نشان داده شده برای هر کدام از اتصالات دیودی آنها را بنویسید.

سوال ۱) آیا می‌توان با قرار دادن دو تا دیود به صورت پشت به پشت یک ترانزیستور ساخت؟ چرا؟

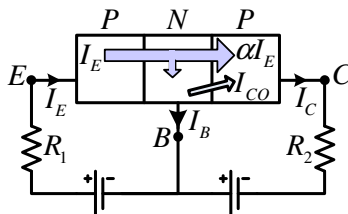
^۱ Bipolar Junction Transistor (BJT)

سوال ۲: چگونه می‌توان BJT، CMOS، JFET و UJT بودن یک المان ترانزیستوری را با مالتی‌متر تعیین نمود. آیا می‌توان نوع (NPN، PNP، NMOS، PMOS، NFET، PFET، N-channel یا P-channel) آنها را تشخیص داد؟

عملکرد و پارامترهای ترانزیستور BJT

عملکرد ترانزیستور BJT: در این ترانزیستورها با بایاس مستقیم شدن دیود بیس-امیتر، حامل‌های الکتریکی از امیتر به بیس و از بیس به امیتر ریخته می‌شود. ولی به خاطر کم بودن ناخالصی بیس نسبت به امیتر می‌توان از حامل‌های ریخته شده به امیتر صرف‌نظر نمود. مقدار کمی از حامل‌های ریخته شده به بیس در بیس جذب شده و قسمت اعظم آن توسط میدان الکتریکی حاصل از بایاس معکوس کلکتور-بیس وارد کلکتور می‌گردد. این کسر از جریان امیتر را با α (عددی نزدیک به ۱) نشان می‌دهند. بنابراین جریانی به مقدار $(1-\alpha)I_E$ وارد بیس می‌شود. نسبت این دو جریان را با β نشان داده و به آن ضریب تقویت جریانی ترانزیستور می‌گویند.

$$\beta = \frac{\alpha I_E}{(1-\alpha)I_E} \Rightarrow \beta = \frac{\alpha}{1-\alpha}$$



با استفاده از شکل فوق می‌توان نوشت:

$$I_C = \alpha I_E + I_{CO} \quad \text{و} \quad I_E = I_C + I_B$$

که I_{CO} جریان اشباع معکوس دیود کلکتور-بیس می‌باشد. با حذف I_E از روابط اخیر، مقدار I_C به صورت زیر به دست می‌آید:

$$I_C = \frac{\alpha}{1-\alpha} I_B + \frac{1}{1-\alpha} I_{CO} = \beta I_B + (1+\beta) I_{CO}$$

از رابطه فوق دیده می‌شود علاوه بر اینکه جریان کلکتور به جریان بیس بستگی دارد به پارامترهای ترانزیستور (β) و I_{CO} نیز بستگی دارد. لازم به ذکر است که β مقدار ثابتی نبوده و به نقطه کار ترانزیستور (I_C, V_{CE}) بستگی دارد. اصولاً I_{CO} به جنس ترانزیستور و دمای آن وابسته است. معمولاً در دمای محیط این جریان برای ترانزیستورهای

ژرمانیوم در رنج μA و برای ترانزیستورهای سیلیکونی در رنج nA است. پارامترهای مهم دیگر ترانزیستور BJT عبارتند از:

$(V_{CBO})_{MAX}$: ماکزیمم ولتاژ قابل اعمال به کلکتور- بیس (در بایاس مخالف) در حالتی که امیتر باز است.

$(V_{CEO})_{MAX}$: ماکزیمم ولتاژ قابل اعمال به کلکتور- امیتر (در بایاس مخالف) در حالتی که بیس باز است.

$(V_{EBO})_{MAX}$: ماکزیمم ولتاژ قابل اعمال به بیس- امیتر (در بایاس مخالف) در حالتی که کلکتور باز است.

$(T_J)_{MAX}$: ماکزیمم درجه حرارتی که اتصال ترانزیستور تحمل می کند.

(I_{CES}) : جریان کلکتور در حالتی که امیتر و بیس اتصال کوتاه شده باشند.

(I_{CEO}) : جریان کلکتور در حالتی که بیس باز است.

(I_{CBO}) : جریان کلکتور در حالتی که امیتر باز است.

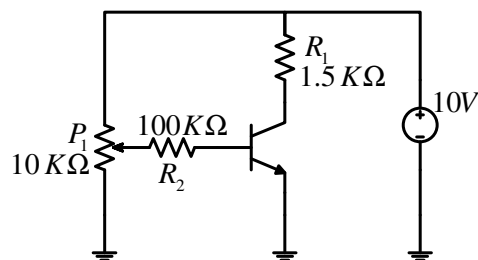
سوال ۳: از کاتالوگ ترانزیستورهای BC107A، 2N3019 و 2N3055 مقادیر پارامترهای فوق را برای آنها بیان کنید.

۵-۲) تغییرات β ترانزیستور با تغییر نقطه کار آن:

همانطور که بیان شد β ترانزیستور به نقطه کار (I_C, V_{CE}) آن بستگی دارد. برای مشاهده این مطلب در مدار زیر با

تغییر پتانسیومتر مقدار V_{CE} را تنظیم کرده و پارامترهای جدول را کامل کنید. با تغییر پتانسیومتر R مرز اشباع و

اشباع کامل را برای ترانزیستور به دست آورید. (در صورت لزوم مقاومت $100K\Omega$ را کاهش دهید).



V_{CE}	حداقل مقدار	۰٫۲	۰٫۳	۰٫۴	۰٫۵	۲	۵	۸	۱۰
I_C									
I_B									
$\beta = I_C / I_B$									
ناحیه کاری ترانزیستور									

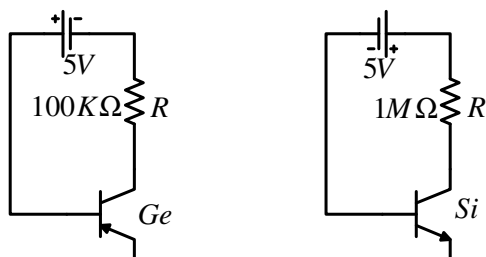
برای حالت $V_{CE} = 5V$ ، ترانزیستورها را با هویه گرم کرده و اثر افزایش دما را بر روی β بیان نمائید.

سوال ۴: در آزمایش فوق طرز تغییرات β را بر حسب تغییرات I_C بیان و رسم کنید؟

۳-۵) اندازه‌گیری جریان I_{CBO} ترانزیستورها

در مدارهای زیر مقادیر و جهت جریان I_{CBO} ترانزیستورها را اندازه‌گیری کنید. سپس با هویه ترانزیستورها را گرم

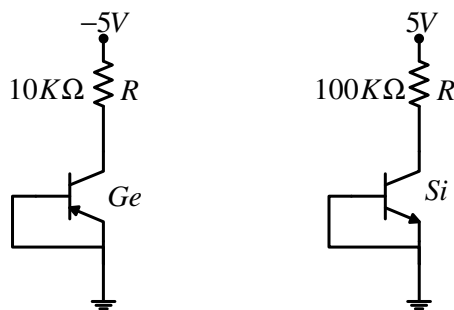
کرده و اثر افزایش دما را بر روی جریان I_{CBO} بیان نمائید. ($I_{CBO,T_2} = I_{CBO,T_1} \times 2^{0.1(T_2-T_1)}$)



۴-۵) اندازه‌گیری جریان I_{CES} ترانزیستورها

الف: در مدارهای زیر جریان I_{CES} ترانزیستورها را اندازه‌گیری کنید. سپس با هویه ترانزیستورها را گرم کرده و اثر

افزایش دما را بر روی جریان I_{CES} بیان نمائید.



سوال ۵: در مدارهای فوق I_C چگونه به وجود می‌آید؟

سوال ۶: چگونه میتوان ترانزیستور ژرمانیومی را به قطع برد؟ (Cut off)

ب: مدار بیس را باز کرده و مجدداً مقادیر I_C ترانزیستورها را اندازه‌گیری کنید. ($I_C = I_{CEO}$)

سوال ۷: در حالت بیس-باز چه تغییری در I_C ترانزیستورها پدید آمده است؟ علت را شرح دهید.

سوال ۸: برای ترانزیستور سیلیکونی مقادیر I_{CBO} ، I_{CEO} و I_{CES} را مقایسه کنید.

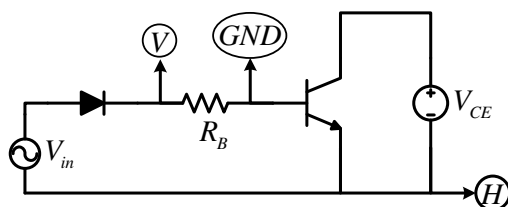
آزمایش شماره ۶

منحنی نگار ترانزیستور (Curve Tracer)

در آزمایش دوم به دو روش منحنی مشخصه دیود را بدست آوردید. اولی به طریق نقطه‌یابی (تنظیم ولتاژ دو سر دیود و اندازه‌گیری جریان آن) و دومی به کمک مد X-Y اسیلوسکوپ (اعمال یک منبع ولتاژ متغیر مثلاً سینوسی به یک مدار دیود- مقاومت سری و دیدن جریان دیود بر حسب ولتاژ آن) می‌باشند. چون اسیلوسکوپ نمی‌تواند جریان را نشان دهد لذا جهت تبدیل جریان دیود (المان غیر خطی) به ولتاژ، از مقاومتی به صورت سری با آن استفاده می‌شود. برای بدست آوردن منحنی مشخصه ترانزیستور، $I_C = F(I_B, V_{CE})$ ، نیز می‌توان به همین روش‌ها عمل کرد. با این تفاوت که، چون جریان کلکتور، I_C ، تابعی از جریان بیس، I_B ، و ولتاژ کلکتور-امیتر، V_{CE} ، است لذا ابتدا بایستی یکی از آنها را تثبیت نمود و سپس با تنظیم دیگری جریان کلکتور را اندازه گرفت. عموماً با استفاده از بایاس ثابت، I_B را تثبیت کرده و تغییرات I_C بر حسب تغییرات V_{CE} اندازه‌گیری می‌شود.

۶-۱) منحنی مشخصه ورودی ترانزیستور BJT ($I_B = F(V_{BE})|_{V_{CE}=cte}$):

نمودار جریان بیس، I_B ، بر حسب تغییرات ولتاژ بیس-امیتر، V_{BE} ، در حالتی که ولتاژ کلکتور-امیتر، V_{CE} ، ثابت است را منحنی مشخصه ورودی ترانزیستور می‌نامند. با استفاده از مدار زیر منحنی مشخصه ورودی ترانزیستور NPN را روی اسیلوسکوپ مشاهده و رسم کنید. ($V_{in} = 2\sin 1000\pi t$ ، $V_{CE} = 6V$ و $R_B = 100k\Omega$)

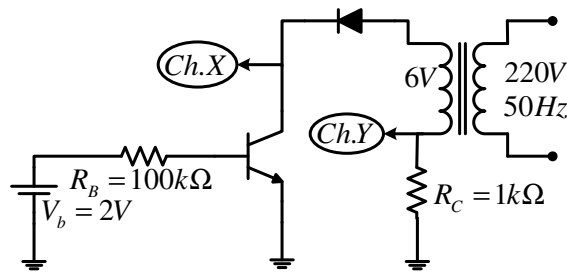


بدیهی است که در بدست آوردن منحنی مشخصه ورودی ترانزیستور PNP، جهت‌های باطری و دیود عوض می‌شوند. وظیفه دیود در این مدار، یکسوسازی ولتاژ سیگنال ژنراتور و اعمال نیم موج مثبت به بیس ترانزیستور است. سوال ۱: از روی منحنی مشخصه ورودی ترانزیستور ولتاژ آستانه هدایت دیود بیس-امیتر را به دست آورید.

۲-۶) منحنی مشخصه خروجی ترانزیستور BJT ($I_C = F(V_{CE})|_{I_B=cte}$):

نمودار جریان کلکتور، I_C ، بر حسب تغییرات ولتاژ کلکتور-امیتر، V_{CE} ، در حالتی که جریان بیس، I_B ، ثابت است را منحنی مشخصه خروجی ترانزیستور می‌نامند. با استفاده از مدار زیر منحنی مشخصه خروجی ترانزیستور NPN را روی اسیلوسکوپ مشاهده و رسم کنید. در این مدار دیود برای یکسوسازی، جهت ایجاد موج مثبت به کلکتور-امیتر

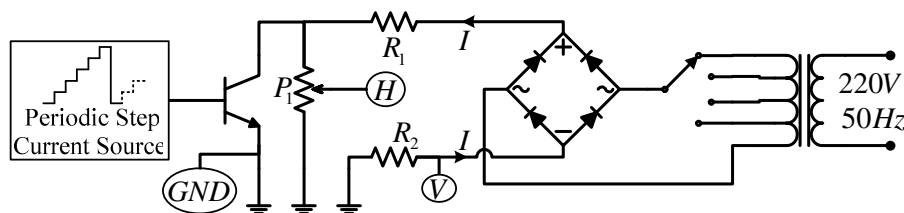
$$(I_C = I_S (e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} - 1) (1 + \frac{V_{CE}}{V_A}))$$



سوال ۲: از روی منحنی مشخصه خروجی ترانزیستور مقدار β آن را به ازای $V_{CE} = 3V$ به دست آورید.

منحنی‌نگار یا Curve Tracer:

منحنی‌نگار ترانزیستور دستگاهی است که مدارات فوق به طور کاملتر در داخل آن تعبیه شده است و برای بدست آوردن منحنی مشخصه دیود یا ترانزیستور احتیاجی به بستن مدار بیرونی وجود ندارد. بلکه فقط المان (ترانزیستور و دیود) و اسیلوسکوپ را به آن وصل می‌کنند؛ بعد با انتخاب مناسب کلیدها، منحنی مشخصه ترانزیستور بر روی اسیلوسکوپ دیده می‌شود. همچنین در این دستگاه به جای یکسوساز نیم موج از یکسوساز تمام موج استفاده شده است لذا قابلیت تغییر پلاریته دارد. معمولاً اکثر پارامترهای ترانزیستور، از روی منحنی مشخصه خروجی آن، به ازای I_B های (V_{GS} های) مختلف، بدست می‌آیند. دستگاه Curve Tracer قابلیت اعمال جریان پله‌ای به بیس (ولتاژ پله‌ای به گیت-سورس) ترانزیستور را دارد. در نتیجه به طور هم زمان چند منحنی بر روی اسیلوسکوپ دیده می‌شوند. می‌توان مدار داخلی دستگاه Curve Tracer را به صورت شکل زیر معادل‌سازی کرد.



در این دستگاه به جای اینکه V_{CE} را مستقیماً به انحراف افقی بدهند. این کار از طریق یک پتانسیومتر انجام می‌گیرد. لذا می‌توان با آن طول انحراف افقی را تغییر داد. دستگاه منحنی نگار (LEADER) LTC 905 دارای دکمه‌ها و اتصالاتی مطابق شکل زیر است؛ که عبارتند از:

دستگاه منحنی نگار (LEADER) LTC 905

- ۱- کلید روشن و خاموش،
- ۲- لامپ نشان دهنده روشن بودن دستگاه،
- ۳- کلید پلاریته برای انتخاب پلاریته مناسب ولتاژ،
- ۴- ترمینال، برای اتصال به انحراف عمودی اسیلوسکوپ،
- ۵- ترمینال، برای اتصال به انحراف افقی اسیلوسکوپ،
- ۶- ترمینال، برای اعمال بایاس از خارج به ترانزیستور،
- ۷- انتخاب‌گر مقدار پله جریان و اختلاف دو پله مجاور،
- ۸- محل اتصال المان مورد آزمایش با استفاده از سیم‌رابط،
- ۹- محل اتصال المان مورد آزمایشی با پایه‌های سوزنی،
- ۱۰- انتخاب‌گر اتصال سمت چپ یا راست،
- ۱۱- انتخاب‌گر نوع المان (NPN یا PNP، NMOS یا PMOS، NFET یا PFET، دیود بایاس مستقیم یا معکوس)،
- ۱۲- انتخاب‌گر مقدار ولتاژ متغییر اعمالی به کلکتور-امتیتر (درین-سورس) ترانزیستور،
- ۱۳- پتانسیومتر کنترل کننده طول محور افقی،
- ۱۴- محدود کننده جریان با استفاده از مقاومت؛ این دکمه برای المانهایی کم قدرت و پر قدرت بایستی به ترتیب روی Signal ($R_1 = 100\Omega$) و Power ($R_1 = 10\Omega$) قرار گیرد.

۳-۶ بدست آوردن منحنی مشخصه دیود با استفاده از Curve Tracer

ابتدا منحنی‌نگار را روشن کرده و پتانسیومتر کنترل کننده طول محور افقی (V_{Sweep}) و دکمه محدود کننده جریان آن را به ترتیب روی ۰ ولت و Signal قرار داده و به اسیلوسکوپ متصل نمائید. همچنین مقیاس محورهای افقی و عمودی اسیلوسکوپ را به ترتیب برابر با $1V/Cm$ و $0.1V/Cm$ مندرج کنید. سپس دیودهای در اختیار را در محل اتصال المان دستگاه منحنی‌نگار (اتصالات ۷ یا ۸) قرار داده و منحنی مشخصه آنها را در گرایش موافق و مخالف به طور دقیق در صفحه اسیلوسکوپ مشاهده و رسم نمائید.

سوال ۳: از روی منحنی مشخصه دیودها ولتاژ آستانه هدایت (V_γ)، ولتاژ شکست (V_Z)، مقاومت بایاس مستقیم (R_f) و مقاومت بایاس معکوس (R_Z) آنها را به دست آورید.

۴-۶ بدست آوردن منحنی مشخصه‌های ترانزیستور BJT با استفاده از Curve Tracer

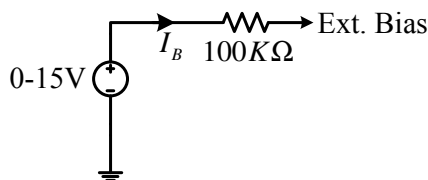
الف: ترانزیستورهای BJT در اختیار را بر روی منحنی نگار قرار داده و با انتخاب $V_{Sweep} = 10$ و $I_{Step} = 10\mu A$ ابتدا منحنی مشخصه ورودی و خروجی آنها را مشاهده و به طور دقیق رسم کنید. سپس یک نقطه کار دلخواه در روی منحنی مشخصه آنها انتخاب کرده و مقادیر β ، h_{fe} ، h_{oe} و V_A را بدست آورید.

با تغییر $V_{Sweep} = 20V$ و $I_{Step} = 20\mu A$ ، منحنی مشخصه یکی از ترانزیستورها را دوباره به طور دقیق رسم کنید. ترانزیستورها را با هویه گرم کرده و اثر افزایش دما را بر روی منحنی مشخصه آن بیان نمایید.

سوال ۴: چگونه می‌توان از روی منحنی مشخصه ورودی ترانزیستور مقدار h_{ie} را بدست آورد.

ب: با استفاده از مدار زیر، جریانی برابر با $25\mu A$ به بیس ترانزیستور Si اعمال کرده و منحنی مشخصه آن را رسم

کنید. مقادیر β و h_{oe} را با ازای $V_{CE} = 5V$ بدست آورید.



۵-۶ بدست آوردن منحنی مشخصه‌های ترانزیستور JFET با استفاده از Curve Tracer

ترانزیستورهای JFET در اختیار را بر روی منحنی نگار قرار داده و با انتخاب $V_{Sweep} = 10$ و $V_{Step} = 1V$ ، ابتدا منحنی مشخصه ورودی و خروجی آنها را مشاهده و به طور دقیق رسم کنید. سپس با انتخاب یک نقطه کار دلخواه در روی منحنی مشخصه خروجی مقادیر g_m و R_o برای یکی از ترانزیستورها بدست آورید. ترانزیستور را با هویه گرم کرده و اثر افزایش دما را بر روی منحنی مشخصه خروجی آن بیان نمایید.

سوال ۵: با تغییر V_{Step} به ۱,۵ ولت، اثر آن را بر روی منحنی مشخصه ورودی بیان کنید.

سوال ۶: چگونه می‌توان از روی منحنی مشخصه ورودی، مقادیر V_p و I_{DSS} ترانزیستور را بدست آورد.

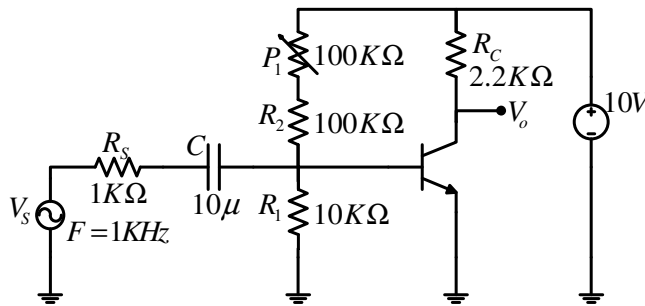
آزمایش شماره ۷

تقویت کننده امپیر مشترک

۷-۱) اثر نقطه کار ترانزیستور بر روی دامنه سیگنال خروجی

مدار زیر را بسته و سپس با تغییر پتانسیومتر P_1 ولتاژ کلکتور- امپیر را بر روی هر یک از اعداد جدول زیر تنظیم کرده و در هر بار بعد از تنظیم ولتاژ کلکتور- امپیر با اعمال سیگنالی (سیگنال ژنراتور را روشن کنید) به مدار، حداکثر دامنه خروجی را توسط اسیلوسکوپ مشاهده و اندازه گیری نمایید.

V_{CE}	حداقل مقدار	۲	۵	۸	۱۰
V_{o-pp}					
حالت ترانزیستور					



- برای حالت $V_{CE} = 5V$ ترانزیستور را با هویه گرم کرده و اثر افزایش دما را بر روی نقطه کار ترانزیستور و شکل موج خروجی بیان نمایید.

سوال ۱: اثر افزایش هر کدام از پارامترهای V_{cc} ، R_C و R_2 را بر روی نقطه کار ترانزیستور بیان کنید.

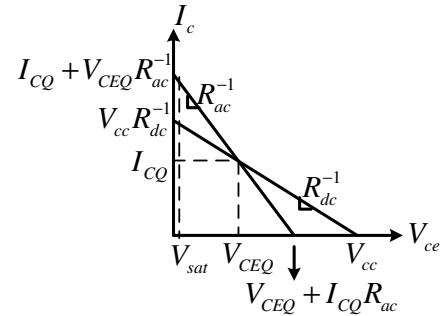
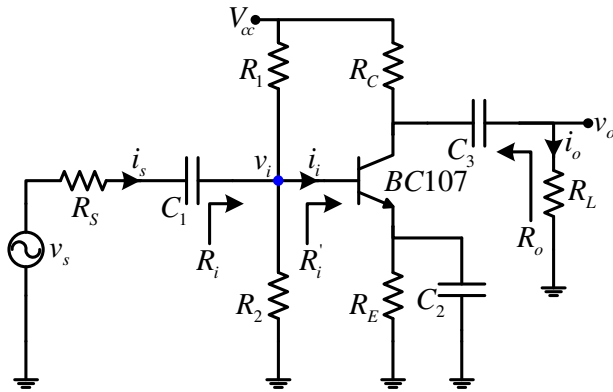
سوال ۲: اگر در مدار فوق ترانزیستور در ناحیه فعال باشد افزودن مقاومت $R = 100\Omega$ در امپیر، نقطه کار را به سمت قطع می‌برود یا اشباع؟ چرا؟

نقطه کار بهینه برای داشتن حداکثر نوسان در خروجی تقویت کننده امپیر مشترک:

در تقویت کننده امپیر مشترک زیر می‌توان خط بارهای DC و AC را به صورت زیر نوشت:

$$\text{DC: } V_{ce} = (R_C + R_E)I_{CQ} + V_{CEQ} \triangleq R_{dc}I_{CQ} + V_{CEQ} \qquad \text{AC: } v_{ce} = -(R_C \parallel R_L)i_c \triangleq -R_{ac}i_c$$

در رابطه فوق R_{dc} و R_{ac} به ترتیب مجموع مقاومت‌های حلقه خروجی در حالت DC و AC می‌باشند.



با انتخاب نقطه کار در وسط خط بار AC $(I_{CQ} = \frac{I_{CQ} + [V_{CEQ} - V_{sat}]R_{ac}^{-1}}{2}$ و $V_{CEQ} = \frac{V_{CEQ} - R_{ac}I_{CQ} + V_{sat}}{2}$)

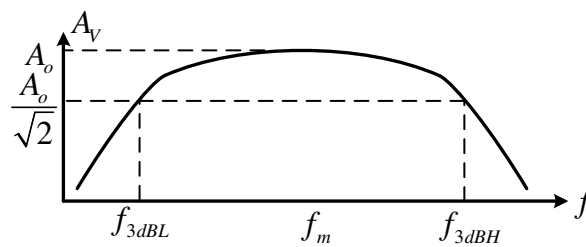
حداکثر دامنه نوسان بدون اعوجاج در خروجی $(v_{o,max} = \min[R_{ac}I_{CQ}, (V_{CEQ} - V_{sat})])$ ایجاد می‌گردد. به راحتی

می‌توان نشان داد که نقطه کار بهینه برای داشتن حداکثر نوسان در خروجی از روابط زیر بدست می‌آید.

$$V_{CEQ} = R_{ac}I_{CQ} + V_{sat} \quad \text{و} \quad I_{CQ} = \frac{V_{cc} - V_{sat}}{R_{dc} + R_{ac}}$$

پاسخ فرکانسی تقویت کننده‌های ولتاژ:

خازن‌های کوپلاژ و بای‌پس در فرکانس‌های پایین و خازن‌های داخلی ترانزیستور در فرکانس‌های بالا باعث افت بهره ولتاژ تقویت کننده‌ها می‌گردند. منحنی حاصل از رسم بهره ولتاژ تقویت کننده در حوزه فرکانس را پاسخ فرکانسی می‌گویند. سه نقطه مهم این منحنی، فرکانس میانی (f_m) ، فرکانس‌های قطع بالا (f_{3dBH}) و فرکانس‌های قطع پایین (f_{3dBL}) می‌باشند. تقویت کننده‌ها در فرکانس میانی دارای حداکثر بهره ولتاژ (A_o) و در فرکانس‌های قطع بالا و پایین دارای بهره ولتاژی برابر با $A_o/\sqrt{2}$ می‌باشند. فرکانس‌های قطع بالا و پایین را فرکانس‌های نصف توان یا فرکانس‌های ۳dB نیز می‌نامند. زیرا در این فرکانس‌ها بهره توان نصف می‌شود. $(10\text{Log}0.5 = -3\text{dB})$



نمودار پاسخ فرکانسی تقویت کننده‌ها

سوال ۳: با توجه به نمودار فوق روشی برای تعیین فرکانس‌های f_m ، f_{3dBL} و f_{3dBH} بیان کنید.

۷-۲) تقویت کننده امیتر مشترک (Common Emitter):

الف: در مدار تقویت کننده امیتر مشترک فوق ابتدا با فرض $V_{BE} = 0.6V$ و $\beta = 100$ مقاومت‌های بایاس R_1 و R_2 را برای داشتن حداکثر دامنه نوسان در خروجی طراحی نمائید. سپس مدار را بسته و بعد از رسیدن به نقطه کار بهینه، مقادیر I_{CQ} ، V_{CEQ} ، R_1 ، R_2 را اندازه‌گیری کنید. (در صورت لزوم برای رسیدن به نقطه کار بهینه، یکی از مقاومت‌های R_1 یا R_2 را تغییر دهید).

با استفاده از مقادیر نقطه کار پارامترهای سیگنال کوچک، بهره $A_{VI} = \frac{v_o}{v_i} = -g_m(R_c \parallel R_L)$ و حداکثر دامنه نوسان را محاسبه کنید.

ب: با اعمال سیگنال کوچک به ورودی مدار فوق، شکل موجهای v_s ، v_i و v_o را با حفظ رابطه زمانی رسم و پارامترهای $v_{o,max}$ ، $A_{VI} = \frac{v_o}{v_i}$ ، $A_{VS} = \frac{v_o}{v_s}$ ، $A_{IS} = \frac{i_o}{i_s}$ ، $A_{II} = \frac{i_o}{i_i}$ ، $R_i = \frac{v_i}{i_i}$ ، $R_o = \frac{v_i}{i_i}$ را در فرکانس‌های میانی اندازه‌گیری کنید. همچنین f_{3dB} و f_{3dBH} را اندازه‌گیری کنید. نکته: در اندازه‌گیری مقاومت خروجی

$$(R_o = R_L \left(\frac{v_{o,NL}}{v_{o,L}} - 1 \right)) \text{ دقت شود که خروجی } (v_{o,NL}) \text{ به قطع یا اشباع نرود.}$$

ج: خازن C_1 را دو برابر کرده و دوباره f_m ، f_{3dB} و f_{3dBH} را اندازه‌گیری کنید.

د: خازن C_2 را دو برابر کرده و دوباره f_m ، f_{3dB} و f_{3dBH} را اندازه‌گیری کنید.

ه: خازن $C = 100P$ را در بین بیس-کلکتور قرار داده و دوباره f_m ، f_{3dB} و f_{3dBH} را اندازه‌گیری کنید.

و: خازن $C = 100P$ را در بین بیس-امیتر قرار داده و دوباره f_m ، f_{3dB} و f_{3dBH} را اندازه‌گیری کنید.

سوال ۴: در مدار فوق با افزایش دامنه سیگنال ورودی شکل موج خروجی از کدام سمت زودتر بریده شود. چرا؟

سوال ۵: بریده شدن شکل موج خروجی از بالا و پایین چه نواحی کاری از ترانزیستور را نشان می‌دهند؟

آزمایش شماره ۸

تقویت کننده‌های کلکتور مشترک و بیس مشترک

۸-۱) تقویت کننده کلکتور مشترک (Common Collector)

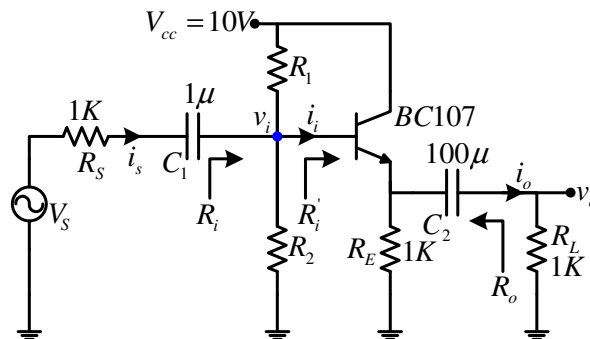
با توجه به تقویت کننده کلکتور مشترک زیر می‌توان خط بارهای DC و AC را به صورت زیر نوشت:

$$\text{DC: } V_{cc} = R_E I_{CQ} + V_{CEQ} \triangleq R_{dc} I_{CQ} + V_{CEQ}$$

$$\text{AC: } v_{ce} = -(R_E \parallel R_L) i_c \triangleq -R_{ac} i_c$$

لذا در این تقویت کننده نیز نقطه کار بهینه برای داشتن حداکثر نوسان در خروجی از روابط زیر بدست می‌آید.

$$V_{CEQ} = R_{ac} I_{CQ} + V_{sat} \quad \text{و} \quad I_{CQ} = \frac{V_{cc} - V_{sat}}{R_{dc} + R_{ac}}$$



الف: در مدار فوق ابتدا با فرض $V_{BE} = 0.6V$ و $\beta = 100$ مقاومت‌های بایاس R_1 و R_2 را برای داشتن حداکثر

دامنه نوسان در خروجی طراحی نمائید. سپس مدار را بسته و بعد از رسیدن به نقطه کار بهینه، مقادیر I_{CQ} ، V_{CEQ} ، R_1 ، R_2 را اندازه‌گیری کنید.

ب: با اعمال سیگنال کوچک به ورودی مدار فوق، شکل موجهای v_s ، v_i و v_o را با حفظ رابطه زمانی رسم و

پارامترهای $v_{o,max}$ ، $A_{VI} = \frac{v_o}{v_i}$ ، $A_{VS} = \frac{v_o}{v_s}$ ، $A_{II} = \frac{i_o}{i_i}$ ، $A_{IS} = \frac{i_o}{i_s}$ ، $R_i = \frac{v_i}{i_i}$ ، $R_i' = \frac{v_i}{i_i}$ و R_o را در فرکانس‌های میانی

اندازه‌گیری کنید. همچنین f_{3dBH} و f_{3dBL} را اندازه‌گیری کنید.

سوال ۱: در مدار فوق با افزایش دامنه سیگنال ورودی شکل موج خروجی از کدام سمت زودتر بریده شود. چرا؟

۸-۲) تقویت کننده بیس مشترک (Common Base)

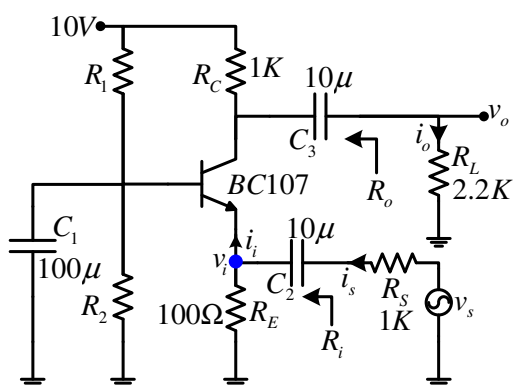
با توجه به تقویت کننده بیس مشترک زیر می توان خط بارهای DC و AC را به صورت زیر نوشت:

$$\text{DC: } V_{cc} = (R_C + R_E)I_{CQ} + V_{CEQ} = (R_C + R_E)I_{CQ} + V_{CBQ} + V_{BE} \triangleq R_{dc}I_{CQ} + V_{CBQ} + V_{BE}$$

$$\text{AC: } v_{cb} = -(R_C \parallel R_L)i_c \triangleq -R_{ac}i_c$$

لذا در این تقویت کننده نقطه کار بهینه برای داشتن حداکثر نوسان در خروجی از روابط زیر بدست می آید.

$$V_{CEQ} = R_{ac}I_{CQ} + V_{sat} + V_{BE} \quad \text{و} \quad I_{CQ} = \frac{V_{cc} - V_{BE} - V_{sat}}{R_{dc} + R_{ac}}$$



الف: در مدار فوق ابتدا با فرض $V_{BE} = 0.6V$ و $\beta = 100$ مقاومت های بایاس R_1 و R_2 را برای داشتن حداکثر

دامنه نوسان در خروجی طراحی نمایید. سپس مدار را بسته و بعد از رسیدن به نقطه کار بهینه، مقادیر I_{CQ} ، V_{CEQ} ،

R_1 ، R_2 را اندازه گیری کنید.

ب: با اعمال سیگنال کوچک به ورودی مدار، شکل موجهای v_s ، v_i و v_o را با حفظ رابطه زمانی رسم و پارامترهای

$$v_{o,max}$$

$$A_{VS} = \frac{v_o}{v_s}, \quad A_{VI} = \frac{v_o}{v_i}, \quad A_{IS} = \frac{i_o}{i_s}, \quad A_{II} = \frac{i_o}{i_i}, \quad R_i = \frac{v_i}{i_i}, \quad R_o = \frac{v_i}{i_i}$$

کنید. همچنین f_{3dBH} و f_{3dBL} را اندازه گیری کنید.

- در مدار فوق با افزایش دامنه سیگنال ورودی، اعوجاج امیتر و کلکتور را به دقت مشاهده و رسم کنید.

سوال ۲: آیا ممکن است در مدار فوق امیتر دارای اعوجاج باشد ولی در کلکتور اعوجاجی ایجاد نشود. چرا؟

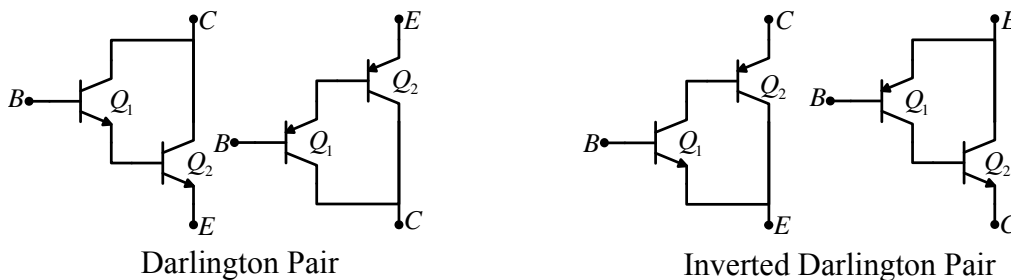
سوال ۳: تقویت کننده های امیتر مشترک و بیس مشترک را از نظر بهره ولتاژ، مقاومت ورودی، مقاومت خروجی،

اعوجاج ورودی و اعوجاج خروجی مقایسه کنید.

آزمایش شماره ۹

تقویت کننده‌های زوج دارلینگتون و بوت‌استرپ

در آزمایش‌های قبلی دیدید که مقاومت ورودی تقویت کننده بیس مشترک کمتر از مقاومت ورودی تقویت کننده امیتر مشترک و مقاومت ورودی تقویت کننده امیتر مشترک کمتر از مقاومت ورودی تقویت کننده کلکتور مشترک می‌باشد. ولی در تقویت سیگنال منابع با مقاومت داخلی زیاد (مثل تقویت سیگنال تولیدی توسط بعضی از سنسورها) مقاومت ورودی تقویت کننده کلکتور مشترک نیز کافی نیست. برای افزایش مقاومت ورودی تقویت کننده‌ها می‌توان از آرایش‌های زوج دارلینگتون استفاده نمود. هرگاه دو ترانزیستور به صورت‌های زیر به هم متصل گردند، تشکیل زوج دارلینگتون می‌دهند. عملاً، این دو ترانزیستور مانند یک ترانزیستور با β خیلی زیاد عمل می‌کنند.



سوال ۱: ابتدا β کلی آرایش زوج دارلینگتون و زوج دارلینگتون معکوس را بر حسب β_1 و β_2 محاسبه کنید. سپس مزیت زوج دارلینگتون معکوس را نسبت به زوج دارلینگتون بیان نمایید.

عموماً زوج دارلینگتون به صورت‌های امیتر مشترک یا کلکتور مشترک با بایاس معمولی یا با بایاس بوت‌استرپ در مدارها به کار می‌رود. طراحی تقویت کننده‌های زوج دارلینگتونی برای داشتن حداکثر نوسان خروجی، تفاوت چندانی با مدارات ترانزیستوری آزمایش‌های قبلی ندارد. فقط در این ساختارها باید توجه کرد که ترانزیستور Q_2 هیچگاه نمی‌تواند اشباع شود. لذا حداقل ولتاژ دو سر کلکتور-امیتر زوج دارلینگتون برابر $V_{CE,Sat1} + V_{BE2}$ در نظر گرفته می‌شود. بنابراین نقطه کار بهینه در این تقویت کننده‌ها برابر است با:

$$V_{CEQ2} = R_{ac} I_{CQ} + V_{CE,Sat1} + V_{BE2} \quad \text{و} \quad I_{C1} = I_{C1} + I_{C2} = \frac{V_{cc} - (V_{CE,Sat1} + V_{BE2})}{R_{dc} + R_{ac}}$$

۹-۱) تقویت کننده امیتر مشترک با زوج دارلینگتون

الف: در مدار زیر ابتدا با فرض $V_{BE1} = V_{BE2} = 0.6V$ ، $\beta_1 = 200$ و $\beta_2 = 100$ مقاومت‌های بایاس R_1 و R_2 را برای داشتن حداکثر دامنه نوسان در خروجی طراحی نمائید. سپس مدار را با مقاومت‌های بایاس $R_1 = 1Meg\Omega$ و $R_2 = 220K\Omega$ بسته و بعد از رسیدن به نقطه کار بهینه، پارامترهای زیر را اندازه‌گیری کنید. (در صورت لزوم برای رسیدن به نقطه کار بهینه، یکی از مقاومت‌های R_1 یا R_2 را تغییر دهید.)

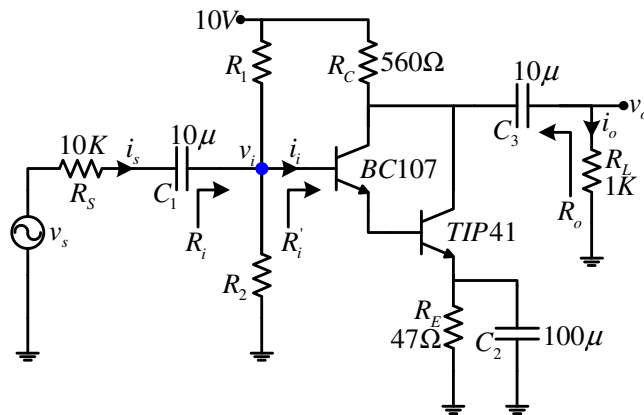
$$R_1, R_2, V_{CQ1}, V_{CQ2}, I_{CQ1}, I_{CQ2}, \beta$$

سوال ۲: دلیل اصلی تفاوت عمده β کلی اندازه‌گیری شده با β کلی محاسبه شده چیست؟

سوال ۳: روشی برای افزایش β کلی مدار فوق بیان کنید.

ب: با اعمال سیگنال کوچک به مدار پارامترهای $v_{o,max}$ ، $A_{VI} = \frac{v_o}{v_i}$ ، $A_{VS} = \frac{v_o}{v_s}$ ، $A_{II} = \frac{i_o}{i_i}$ ، $A_{IS} = \frac{i_o}{i_s}$ ، $R_i = \frac{v_i}{i_i}$

و $R_o = \frac{v_i}{i_i}$ را در فرکانس‌های میانی (f_m) و همچنین f_{3dB} و f_{3dBH} را اندازه‌گیری کنید.



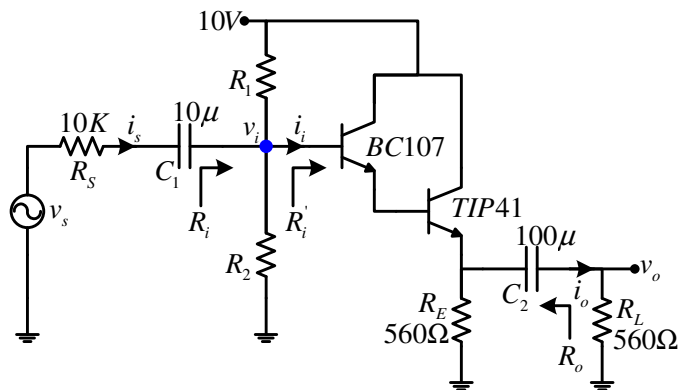
۹-۲) تقویت کننده کلکتور مشترک با زوج دارلینگتون

در مدار زیر ابتدا با فرض $V_{BE1} = V_{BE2} = 0.7V$ ، $\beta_1 = 200$ و $\beta_2 = 100$ مقاومت‌های بایاس R_1 و R_2 را برای داشتن حداکثر دامنه نوسان در خروجی طراحی نمائید. سپس مدار را با مقاومت‌های بایاس $R_1 = 470K\Omega$

بسته و بعد از رسیدن به نقطه کار بهینه، با اعمال سیگنال به آن، پارامترهای $v_{o,max}$ ، $A_{VI} = \frac{v_o}{v_i}$

و f_{3dB} و همچنین f_{3dBH} را در فرکانس‌های میانی (f_m) و همچنین $R_o = \frac{v_i}{i_i}$ ، $R_i = \frac{v_i}{i_s}$ ، $A_{IS} = \frac{i_o}{i_s}$ ، $A_{II} = \frac{i_o}{i_i}$ ، $A_{VS} = \frac{v_o}{v_s}$

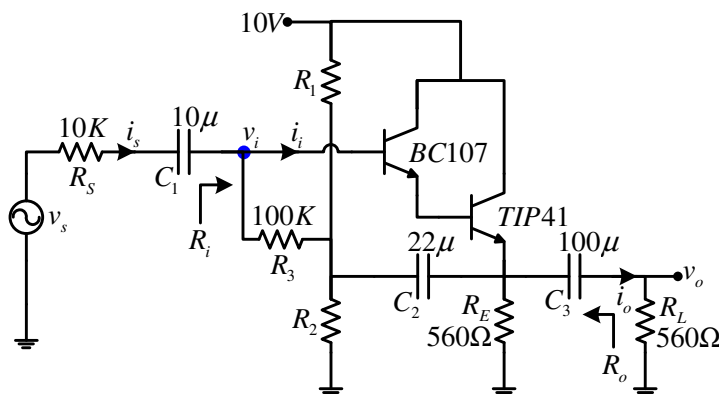
را اندازه‌گیری کنید. (در صورت لزوم برای رسیدن به نقطه کار بهینه، مقاومت R_1 یا R_2 را تغییر دهید.)



۹-۳) تقویت کننده کلکتور مشترک زوج دارلینگتونی با بایاس بوت استرپ:

در هر دو مدار فوق زیاد بودن مقادیر مقاومت‌های بایاس باعث افزایش نویز حرارتی و کاهش پایداری نقطه کار نسبت به β می‌گردد. یکی از راه‌های افزایش مقاومت ورودی و کاهش مقاومت‌های بایاس جهت کاهش نویز، در مدارهایی با بهره ولتاژ کوچکتر یا مساوی یک، استفاده از خازن بوت استرپ می‌باشد. در روش بوت استرپ، طبق قضیه میلر اثر مقاومت‌های بایاس در ورودی چندین برابر می‌گردد.

در مدار زیر ابتدا با فرض $V_{BE1} = V_{BE2} = 0.6V$ ، $\beta_1 = 200$ و $\beta_2 = 100$ مقاومت‌های بایاس R_1 و R_2 را برای داشتن حداکثر دامنه نوسان در خروجی طراحی نمائید. سپس مدار را بسته و بعد از رسیدن به نقطه کار بهینه، با اعمال سیگنال به آن، پارامترهای $v_{o,max}$ ، $A_{V1} = \frac{v_o}{v_i}$ ، $A_{VS} = \frac{v_o}{i_s}$ ، $A_{II} = \frac{i_o}{i_i}$ ، $A_{IS} = \frac{i_o}{i_s}$ ، $R_i = \frac{v_i}{i_s}$ ، $R_i' = \frac{v_i}{i_i}$ و R_o را در فرکانس‌های میانی (f_m) و همچنین f_{3dB} و f_{3dBH} را اندازه‌گیری کنید.



پروژه: با استفاده از آزمایش‌های ۷، ۸ و ۹ تقویت کننده‌ای با مشخصات زیر طراحی کنید.

$$V_{cc} = 10V, A_v = 200, R_{in} = 10M\Omega, R_o = 100\Omega$$

آزمایش شماره ۱۰

آشنایی با ترانزیستور JFET و تقویت کننده سورس مشترک با آن

۱-۱۰) منحنی مشخصه ترانزیستور JFET و پارامترهای آن

می‌دانید که JFET^۱، ترانزیستور قابل کنترل با ولتاژ می‌باشد. البته علاوه بر قابل کنترل بودن جریان درین با ولتاژ گیت- سورس، جریان آنها به ولتاژ درین- سورس نیز وابسته است ($I_D = I_{DSS}(1 - V_{GS}/V_P)^2(1 + \lambda V_{DS})$). برای ایجاد قابلیت کنترل بایستی گیت- سورس آنها به صورت معکوس بایاس گردد. این ترانزیستورها نسبت به ترانزیستورهای دو قطبی مقاومت ورودی زیاد و بهره ترانسانایی کمتری دارند. معمولاً در ترانزیستورهای JFET مقاومت بین پایه‌های درین- گیت از مقاومت بین پایه‌های درین- سورس بیشتر است. ولی در اکثر آنها پایه‌های درین و سورس قابل تعویض می‌باشند. پارامترهای مهم ترانزیستور JFET عبارتند از: V_P ، I_{DSS} ، $g_m = \partial I_d / \partial V_{gs} |_{V_{DS}=cte}$ ، $R_{ds} = \partial V_{DS} / \partial I_D |_{V_{GS}=cte}$ و

$$\mu = - \frac{\partial V_{DS}}{\partial V_{GS}} |_{I_D=cte} = g_m R_{ds}$$

- از روی کاتالوگ پایه‌های ترانزیستور JFET مورد آزمایش (یکی از ترانزیستورهای 2N3819, 2N4091 2N4092,

2N4093) را پیدا کنید. با استفاده از مالتی‌متر، مقاومت بین پایه‌های مختلف آن را اندازه‌گیری نمایید.

سوال ۱: مقاومت بین پایه‌های درین- سورس بیانگر چه پارامتری از ترانزیستور JFET است.

سوال ۲: آیا می‌توان با استفاده از یک مالتی‌متر پایه‌های ترانزیستور JFET را تعیین کرد.

سوال ۳: در تست با مالتی‌متر، تفاوت ترانزیستور JFET با ترانزیستور BJT در چیست؟

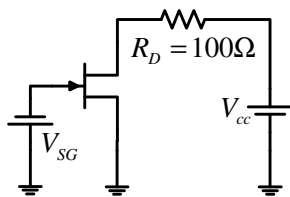
برای تعیین پارامترهای JFET آزمایش‌های زیر را انجام دهید.

الف) مشخصه جریان درین ترانزیستور JFET بر حسب ولتاژ گیت- سورس آن ($I_D = F(V_{GS}) |_{V_{DS}=cte}$)

در مدار زیر با تنظیم V_{GS} بر روی اعداد جدول زیر، جریان درین را به ازای دو مقدار مختلف V_{DS} اندازه گرفته و

بر حسب V_{GS} رسم نمایید. (نکته: هر بار بعد از تثبیت V_{GS} ، با تغییر منبع V_{cc} مقدار V_{DS} را تنظیم کنید).

^۱ Junction Field Effect transistor (JFET)



V_{SG}	۰	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴
$I_D _{V_{DS}=4V}$															
$I_D _{V_{DS}=6V}$															

سوال ۴: آیا در ولتاژهای V_{GS} ثابت، تغییر V_{DS} اثری بر روی جریان درین دارد. چرا؟

سوال ۵: چطور می‌توان از نمودار I_D بر حسب V_{GS} ، مقدار ترانسانسیب^۱ ترانزیستور، g_m ، را بدست آورد.

(ب) مشخصه جریان درین ترانزیستور JFET بر حسب ولتاژ درین - سورس آن ($I_D = F(V_{DS})|_{V_{GS}=cte}$)

در مدار شکل فوق با تنظیم V_{DS} بر روی اعداد جدول زیر، جریان درین را به ازای دو مقدار مختلف V_{SG} اندازه-

گیری کرده و بر حسب V_{DS} رسم کنید.

V_{DS}	۰	۰,۲۵	۰,۵	۰,۷۵	۱	۱,۵	۲	۴	۶	۸	۱۰
$I_D _{V_{SG}=2V}$											
$I_D _{V_{SG}=0V}$											

سوال ۶: مقاومت ac درین - سورس، R_{ds} ، ترانزیستور JFET مورد آزمایش را بدست آورید.

سوال ۷: با توجه به مقادیر اندازه‌گیری شده، به ازای $V_{DS} = 4V$ مقدار g_m ترانزیستور را بدست آورید.

(ج) اندازه‌گیری پارامترهای V_P و I_{DSS} ترانزیستورهای JFET

- ابتدا مداری برای اندازه‌گیری V_P بیان کنید سپس مدار بیان شده را بسته و به طور عملی مقدار V_P ترانزیستور

JFET را به دست آورید.

- ابتدا مداری برای اندازه‌گیری I_{DSS} بیان کنید سپس مدار بیان شده را بسته و به طور عملی مقدار I_{DSS}

ترانزیستور JFET را به دست آورید.

^۱ Transconductance

تقویت کننده ولتاژ با استفاده از ترانزیستور JFET

می‌توان از ترانزیستور JFET در سه آرایش سورس مشترک، گیت مشترک و درین مشترک به عنوان تقویت کننده

استفاده نمود. جدول ۱-۱۰ مشخصات این تقویت کننده‌ها را در فرکانس‌های میانی نشان می‌دهد.

جدول ۱-۱۰ مشخصات تقویت کننده‌های ولتاژی با ترانزیستور JFET در فرکانس‌های میانی

آرایش مدار	Common Source (CS)	Common Drain (CD)	Common Gate (CG)
مدار			
بهره ولتاژ (A_v)	$\frac{-g_m (R_D \parallel R_L)}{1 + g_m R_S}$	$\frac{g_m (R_S \parallel R_L)}{1 + g_m (R_S \parallel R_L)}$	$g_m (R_D \parallel R_L)$
مقاومت ورودی (R_{in})	R_G	R_G	$R_S \parallel 1/g_m$
مقاومت خروجی (R_o)	R_D	$R_S \parallel 1/g_m$	R_D

* اگر در تقویت کننده سورس مشترک، $R_S = 0$ یا bypass شده باشد $A_v = -g_m R_D$ می‌شود.

۲-۱۰ تقویت کننده سورس مشترک با ترانزیستور JFET

مدار تقویت کننده شکل زیر را بسته و نقطه کار ترانزیستور را اندازه‌گیری کنید. سپس با اعمال سیگنال سینوسی

به مدار، پارامترهای $A_{vI} = v_o/v_{in}$ ، $A_{vS} = v_o/v_s$ ، $v_{o,max}$ ، R_{in} و R_o را در فرکانس‌های میانی اندازه گرفته و یادداشت

نمائید. همچنین f_m ، f_{3dBh} و f_{3dBL} را اندازه‌گیری کنید.

