



دانشگاه سوادکوه

دانشکده مهندسی

«دستور کار آزمایشگاه الکترونیک I»

تهیه و تنظیم:

دکتر سعید فضلی

سعید حاجی میری

آزمایش شماره ۱ :

منحنی مشخصه ی دیود

آزمایش شماره ۲ :

کاربرد دیود در یکسوسازی

آزمایش شماره ۳ :

صافی های منابع تغذیه - رگولاسیون ولتاژ

آزمایش شماره ۴ :

مدارهای شکل دهنده و چند برابر کننده

آزمایش شماره ۵ :

رسم منحنی مشخصه های ترانزیستور

آزمایش شماره ۶ :

تقویت کننده امپتر مشترک

آزمایش شماره ۷ :

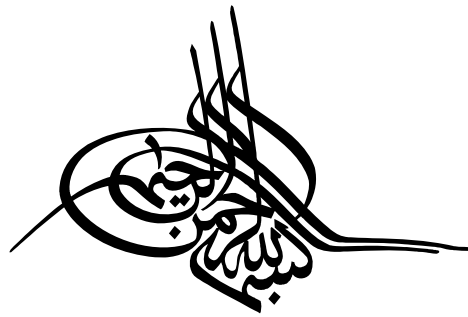
تقویت کننده کلکتور مشترک و بیس مشترک

آزمایش شماره ۸ :

کاربرد زوج دارلینگتون در مدارات

آزمایش شماره ۹ :

بررسی منحنی مشخصه های FET – تقویت کننده سورس مشترک



مقدمه:

آزمایشگاه الکترونیک I احتمالاً اولین برخورد شما با مدارات الکترونیکی، به طور عملی است و بخشی از تجربیات شما در همین آزمایشگاه شکل می گیرد. لذا لازم است که آن را جدی بگیرید و در رفع اشکالات مداری خود کوشا باشید. برای استفاده بهتر از آزمایشگاه به نکات زیر توجه فرمائید:

۱) وقتی از جعبه مقاومت یا خازن المانی را بر می دارید، به مقدار نوشته شده روی جعبه اطمینان نکرده و مقدار آنرا از روی رنگ المان و یا توسط پل دیجیتال تشخیص دهید. مثلاً "ممکن است مقاومت $100k\Omega$ در جعبه ی مقاومت های 100Ω باشد.

۲) پایه ی مقاومت ها یا خازن ها را کوتاه نکنید و اگر نیازی به سری کردن یا موازی نمودن المان ها باشد، پایه های آنها را به هم تاب ندهید، بلکه براحتی می توان از "بردُ برد" برای این کار استفاده کرد. همچنین در هنگام نصب المانهای سه قطبی چون ترانزیستور بر روی "بردُ برد" احتیاجی نیست که پایه های آنها را از حالت اولیه خارج کرد و برای قراردادن بر روی "بردُ برد" پایه های آنها را کج کرد، که اینکار موجب شکسته شدن پایه ی المان می گردد.

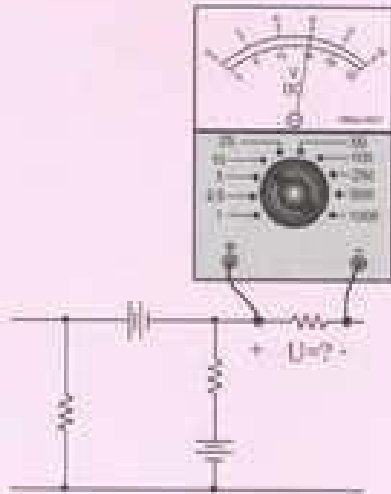
۳) اگر به رنگ های مقاومت ها و خازن ها آشنایی ندارید، آنها را به اشتباه در داخل جعبه قرار ندهید. توجه کنید که شناخت رنگ مقاومت ها در بهتر انجام دادن آزمایش ها بی تاثیر نیست.

۴) جهت به حداقل رساندن خطای آزمایش ها و هم چنین بهتر جواب گرفتن ، اتصالات را به حداقل رسانده و از بکار گیری سیم های اضافه خودداری فرماید.

۵) در انتهای کار در مرتب کردن میز ها و وسایل ، همکاری لازم را مبذول نماید. نتیجه ی این کار مستقیماً به استفاده ی بیشتر شما از آزمایشگاه منتهی می شود.

نکات ایمنی (۱)

۱- هنگام اندازه‌گیری ولتاژ، ولت‌متر را به دو نقطه مورد نظر به صورت موازی بزنید.

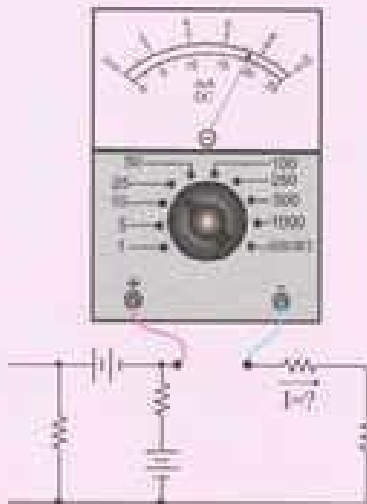


۲- هیچ وقت یک قطعه نیمه‌هادی مانند دیود را با منبع تغذیه به صورت موازی نزنید.

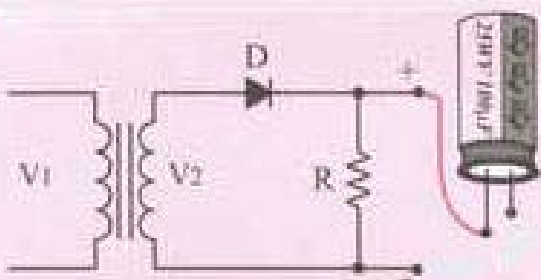


۳- قبل از اتصال مدار به منبع تغذیه، ابتدا ولتاژ خروجی را صفر کنید.

۴- هنگام اندازه‌گیری جریان در مدار، آمپر‌متر را با مدار به صورت سری بزنید.



۵- هنگام اتصال خازن الکترولیتی به خروجی یکسو کننده‌ها، حتماً قطب مثبت را به قطب مثبت خروجی منبع تغذیه و قطب منفی را به قطب منفی یکسو کننده وصل کنید.



در صورت اتصال خازن الکترولیتی به صورت معکوس به منبع ولتاژ، خازن متفجر می‌شود.

نکات ایمنی (۲)

۱- قبل از وصل منبع تغذیه به مدارهای الکترونیکی، ابتدا منبع تغذیه را روشن کنید و ولتاژ خروجی آن را تنظیم کنید و سپس مدار را به منبع تغذیه وصل کنید.

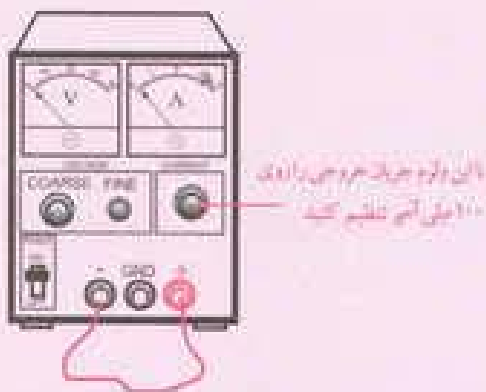


ابتدا منبع تغذیه را روشن کنید و به کمک ولوم COARSE ولتاژ خروجی را تنظیم کنید سپس مدار را به آن اتصال دهید.

۲- اسپلوسکوپ یا منبع تغذیه را در مجاورت وسایل گرمازا یا زینور آفتاب قرار ندهید.



۳- اگر منبع تغذیه ای که با آن کار می کنید دارای ولوم محدودکننده جریان است، در آزمایش های این فصل جریان خروجی را روی ۱۰۰mA تنظیم کنید. برای این کار ابتدا ولتاژ خروجی را روی صفر ولت بگذارید، سپس دوسر خروجی را اتصال کوتاه کنید. ولتاژ خروجی را کمی زیاد کنید تا جریان از ۱۰۰mA تجاوز کند. با استفاده از ولوم Limit Current جریان خروجی را روی ۱۰۰mA تنظیم کنید.



۴- کلیدها و ولوم های روی اسپلوسکوپ خیلی ظریف هستند. هنگام کار با اسپلوسکوپ در صورت نیاز به تغییر، کلیدها را خیلی آرام تغییر دهید.

۴- کلید $x-y$ در اسپکتوسکوپ را برای کارهای معمولی هرگز فعال نکنید. زیرا در این حالت اشعه به صورت یک نقطه نورانی روی صفحه حساس ظاهر می‌شود و پوسش ماده، فسترسانس داخلی را در نقطه‌ای که تابیده شده است می‌سوزاند. در این حالت آن نقطه برای همیشه روی صفحه حساس به صورت یک لکه سیاه دیده می‌شود.



هرگز اسپکتوسکوپ را در حالت $x-y$ قرار ندهید.

۵- هنگام تعویض حوزه کار کلیدها و ولوم‌های موجود در اسپکتوسکوپ خیلی با احتیاط عمل کنید زیرا این کلیدها خیلی حساس هستند و زود خراب می‌شوند.

«آزمایش شماره ۱»

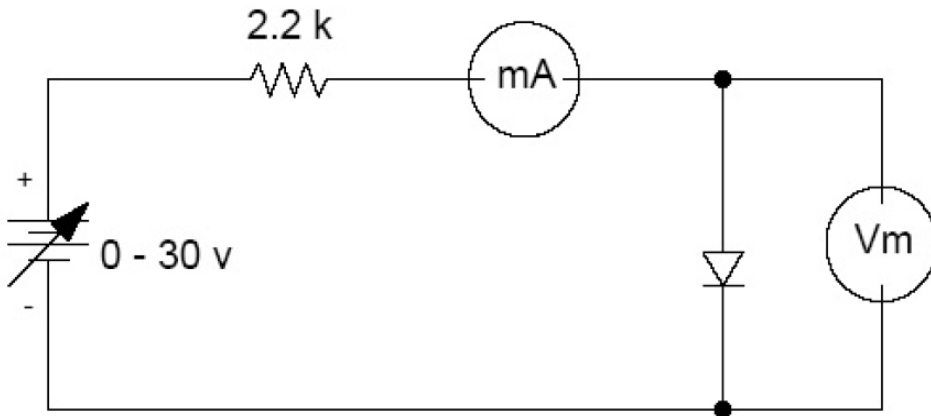
(رسم منحنی مشخصه ی دیود معمولی به روش نقطه یابی)

آزمایش ۱-۱) منحنی مشخصه دیود معمولی در بایاس مستقیم

مراحل آزمایش :

الف- آزمایش دیود با مولتی متر : مقاومت دیودهای در اختیار را بوسیله ی مولتی متر در بایاس مستقیم و مخالف اندازه گیری و از روی آن کاتد و آند دیود ها و همچنین سالم بودن آن را مشخص نمایید.

ب- مداری را مطابق شکل زیر بر روی برد ببندید.



ج- منبع تغذیه DC را مطابق جدول زیر تنظیم و در هر حالت جریان و ولتاژ دیود را اندازه گیری و جدول زیر را تکمیل کنید.

E	۰	۰/۱	۰/۴	۰/۶	۰/۸	۱	۲	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵
V_d												
I_d												

د- با استفاده از اطلاعات بدست آمده از جدول ، منحنی مشخصه ی دیود را با اشل مناسب بر روی کاغذ رسم نمایید.

سؤال ۱) ولتاژ شروع هدایت (cut in voltage) برای دیود فوق چقدر است؟

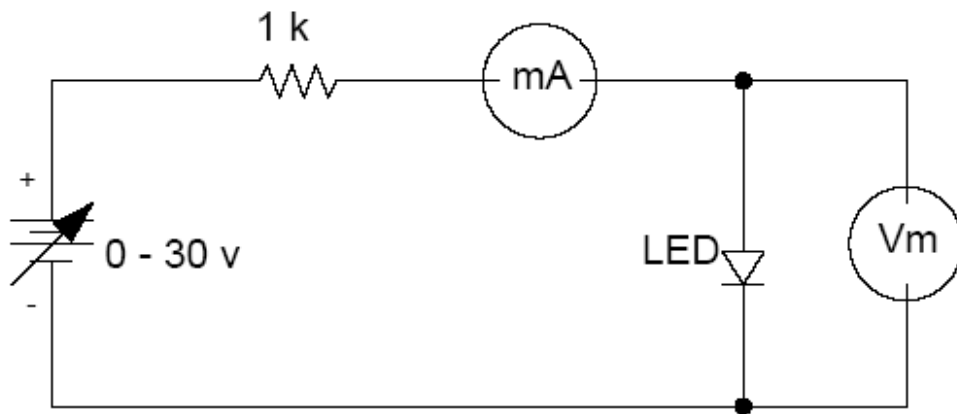
سؤال ۲) آیا دیود مورد آزمایش با توجه به V_γ دیود Si است یا Ge؟

سؤال ۳) چگونه می توانید مقدار η را محاسبه کنید؟ آنرا با مقدار تئوری مقایسه کنید؟

سؤال ۴) مقاومت استاتیک دیود در حالتی که $V_E = 25\text{ V}$ باشد، حساب کنید؟

آزمایش ۱-۲) مشخصه ی منحنی دیود نوری (LED)

الف- مداری را مطابق شکل زیر ببینید.



ب- منبع تغذیه ی DC را مطابق جدول زیر تنظیم و مقادیر ولتاژ و جریان را یادداشت کنید.

V_E	۰	۰/۵	۱	۱/۵	۱/۸	۲	۴	۵	۱۰	۱۵	۲۰
V_D											
I_D											

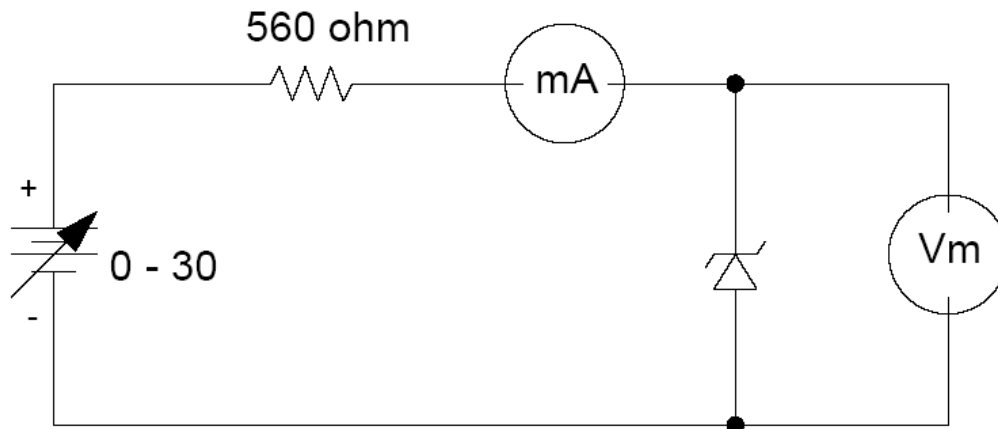
ج- با استفاده از اعداد بدست آمده منحنی مشخصه دیود را روی کاغذ شطرنجی رسم کنید.

سؤال ۱) ولتاژ شروع هدایت این دیود چقدر است؟

سؤال ۲) توان مصرفی این دیود را برای داشتن نور مناسب بدست آورید.

آزمایش ۱-۳) منحنی مشخصه ی دیود در گرایش غیر مستقیم

الف- مدار را مطابق شکل زیر ببینید .



ب- منبع تغذیه ی DC را مطابق جدول زیر تنظیم کنید و در هر حالت جریان و ولتاژ دو سر دیود را اندازه گیری و جدول را تکمیل کنید.

V_E	۰	۲	۴	۵	۵/۱	۵/۲	۵/۳	۵/۴	۵/۵	۶	۸	۱۰	۱۵	۲۰
V_{DZ}														
I_{DZ}														

ج- با استفاده از جدول منحنی مشخصه ی این دیود رادر بایاس غیر مستقیم رسم کنید.

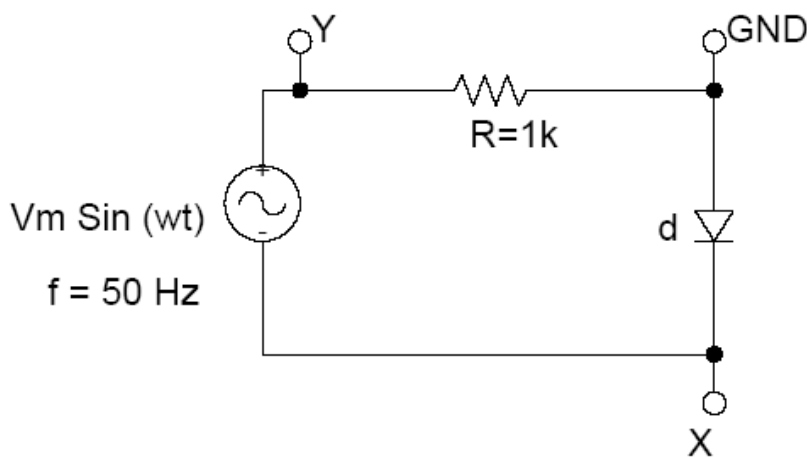
سؤال ۱) ولتاژ شکست این دیود چقدر است؟ انواع شکست را بیان کنید.

سؤال ۲) با توجه به منحنی مشخصه بدست آمده برای دیود زینر مقاومت دینامیکی آنرا در نقطه $V_2=5.1$ بدست آورید.

سؤال ۳) چرا از دیود زینر در $I_Z > I_{Zmax}$, $I_Z < I_{Zmin}$ استفاده نمی شود. این دیود را بدست آورید.

آزمایش شماره ۱-۴) تعیین منحنی مشخصه ی دیود توسط اسیلوسکوپ

الف) در مدار زیر دیود Si را قرار داده و برای دیدن ولتاژ دیود از محور افقی اسکوپ و برای دیدن جریان دیود از محور عمودی که بر روی مقاومت R قرار می گیرد بهره می جوئیم. برای اینکه منحنی روی صفحه ی اسکوپ نلرزد باید فرکانس آن از ۵۰ هرتز بیشتر باشد.



ب) اسکوپ را در حالت X-Y قرار داده ، منحنی مشخصه ی دیود را مشاهده و آن را بطور دقیق و صحیح ترسیم نماید.

ج) مرحله ی قبل را برای دیود زبر انجام دهید . از روی منحنی مشخصه ی ترسیم شده مقدار V_Z , V_γ را مشخص نمایید.

سوال ۱) در مورد نحوه عملکرد این مدار توضیح دهید؟

سوال ۲) غیر از شکل موج سینوسی چه شکل موج های دیگری را می توان به این مدار متصل کرد و همین نتیجه را گرفت؟ چرا؟

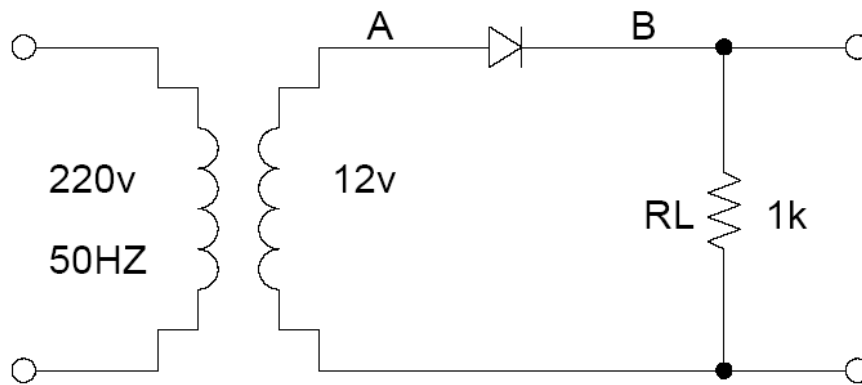
«آزمایش شماره ۲»

یکسو سازی نیم موج ، یکسو سازی تمام موج

توجه : در رسم منحنی ها دوره ی تناوب ، دامنه ، خط صفر (GND) مشخص شود و شکل موج ها زیر هم و با حفظ رابطه ی زمانی ترسیم گردند. (برای رسم موج ها کوپلاژ اسکوپ DC باشد.)

آزمایش ۱-۲ (یکسو سازی نیم موج

مدار زیر را بسته و شکل موج نقاط A , B را رسم کنید.



الف (مقدار ولتاژ DC موجود در شکل موج خروجی چقدر است؟

ب (مقدار موثر ضربان را اندازه گیری کنید. (بوسیله ی اسیلوسکوپ و مولتی متر)

ج (ضریب ضربان را تعیین کنید.

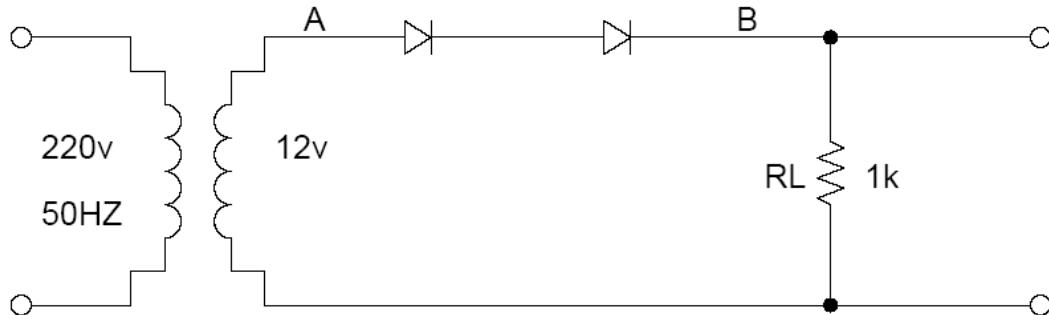
د (از نظر تئوری جواب سوالات فوق چیست ؟ آنها را مقایسه نمایید.

۱-۱-۲) شکل موج دو سر دیود را زیر شکل موج های فوق ترسیم نمایید.

- حداکثر ولتاژ اوج معکوس (P.I.V) دو سر دیود چند ولت است ؟

جهت دیود را در مدار عوض کرده شکل موج خروجی را زیر شکل موج های فوق رسم کنید.

- اگر به جای یک دیود، دو دیود را بطور سری قرار دهیم. شکل موج خروجی چه تغییری می کند؟



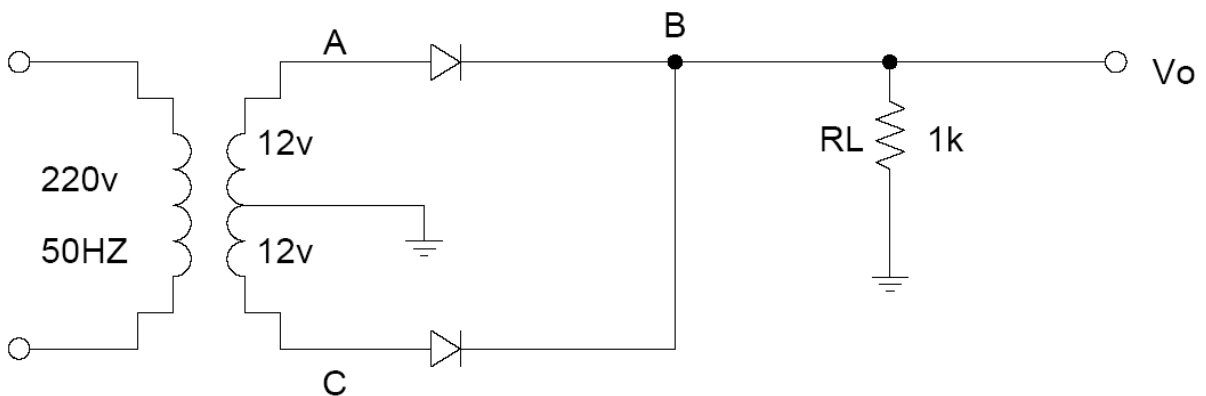
شکل موج دو نقطه ی A , B را رسم نموده، آن را با شکل موج مرحله ی ۱-۱-۱ مقایسه نمایید.

سوال ۱) آیا اینگونه بستن دیود ها فایده ای دارد؟

سوال ۲) سری یا موازی کردن دیود ها در مدارات یکسو ساز به چه منظورهایی بکار می رود؟

آزمایش ۲-۲) یکسو ساز تمام موج

- برای ی یکسو ساز تمام موج می توان از ترانسفورماتور با سر وسط استفاده کرد .
الف) مدار را بسته و شکل موج های نقاط A , B , C را نسبت به زمین ترسیم نمایید.

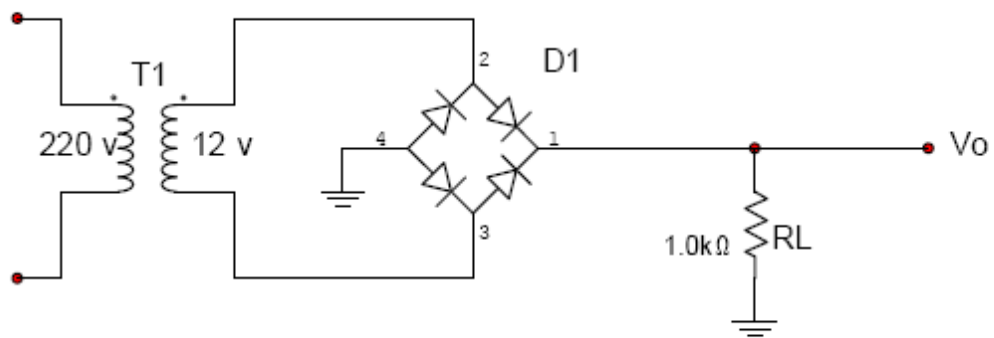


ب) شکل موج دو سر دیود D_1 را مشاهده و ترسیم نمایید. آن را با شکل موج مرحله ی ۱-۱-۱ مقایسه نمایید.

مراحل الف- ب- ج- آزمایش قبل را برای مدار فوق تکرار کنید. مقادیر را با یکسو ساز نیم موج مقایسه کنید.

آزمایش ۲-۳) یکسو ساز تمام موج پل

مدار زیر را بسته ، ولتاژ خروجی و ولتاژ دو سر دیود D_1 را مشاهده و ترسیم نمایید. با استفاده از شکل موج دیود ، مقدار (P.I.V) را مشخص کنید.



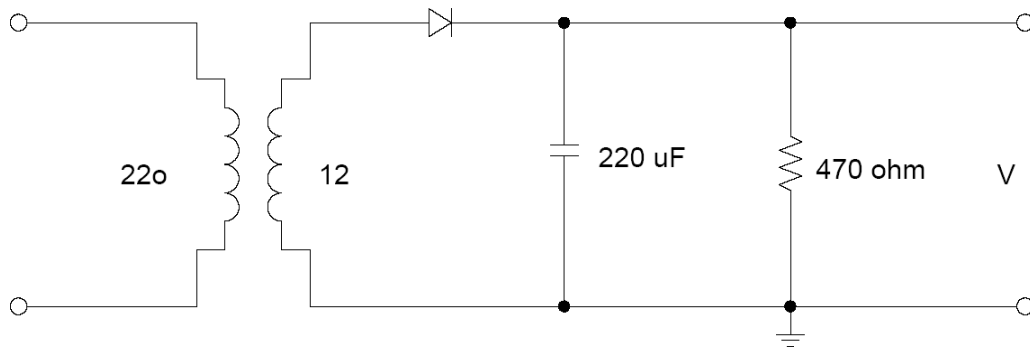
«آزمایش شماره ۳»

صافی خازنی ، صافی π مقاومتی

توجه : به پلاریته ی خازن ها و ولتاژ قابل تحمل آنها دقت نمایید.

آزمایش ۳-۱ ()

۳-۱-۱ (مدار زیر را ببندید.



شکل موج خروجی را نسبت به ورودی ترسیم کنید . مقدار ولتاژ DC و مقدار ریپل را اندازه بگیرید .

الف (ضریب ضریبان را بدست آورید .

ب (در صد رگولاسیون را حساب کنید . برای این کار ولتاژ بی باری و ولتاژ بار کامل (470Ω) را اندازه بگیرید .

ج (مقادیر فوق را با مقادیر تئوری مقایسه کنید .

د (شکل موج دو سر دیود را در حالت بی باری روی اسکوپ مشاهده و از روی آن ولتاژ اوج معکوس (P.I.V) دیود را مشخص کنید .

۳-۱-۲ (در مدار فوق یک مقاومت (10Ω) با کاتد دیود سری کنید . شکل موج جریان دیود (I_D) را مشاهده و با حفظ رابطه ی زمانی ، زیر شکل موج های فوق ترسیم نمایید .

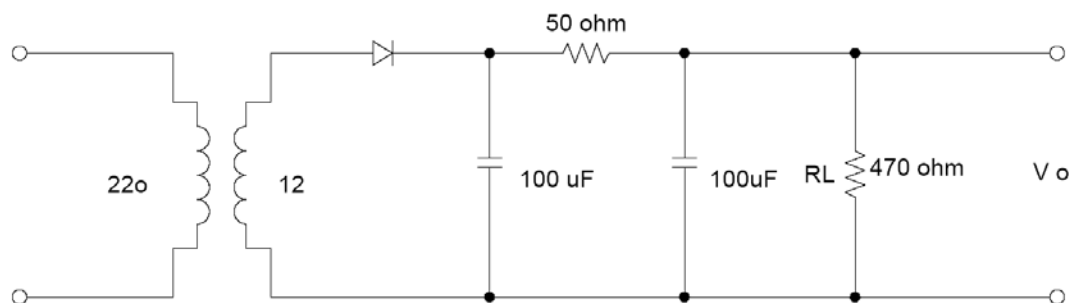
- رابطه جریان دیود را از لحاظ تئوری محاسبه کرده ، آن را با مقدار اندازه گیری شده مقایسه نمایید .

۳-۱-۳) به جای خازن $220\mu F$ ، خازن $470\mu F$ را قرار دهید. شکل موج خروجی را مجدداً رسم و با شکل موج مرحله ی ۳-۱-۱ مقایسه کنید.

۳-۱-۴) مقاومت باری را بدست آورید که شکل موج خروجی در مرحله ی قبل همان شکل موج مرحله ی ۳-۱-۱ گردد. ابتدا محاسبه و سپس آزمایش.

آزمایش ۳-۲)

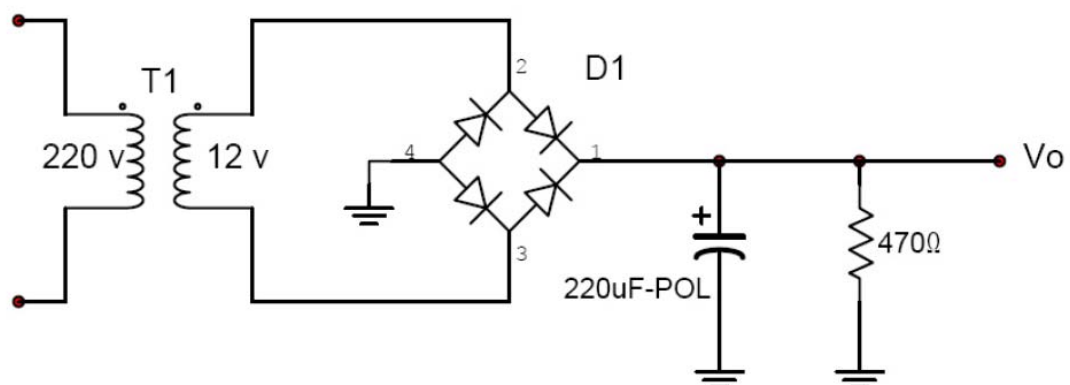
به جای صافی خازنی از صافی π مقاومتی استفاده می کنیم.



الف) کلیه ی اندازه گیری ها و محاسبات مرحله ی ۳-۱-۱ را برای مدار فوق انجام دهید.

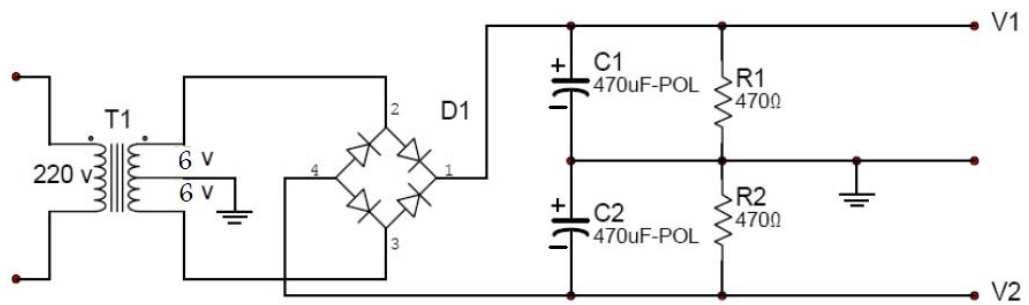
ب) این صافی را با صافی خازنی مقایسه کنید (مقدار DC، ریپل، ضریب ضریبان، و ۰۰۰).

آزمایش ۳-۳) مدار یکسو ساز تمام موج با صافی خازنی را ببندید. شکل موج خروجی را در این حالت زیر شکل موج های مرحله ی ۳-۱-۱ ترسیم کنید.



- اندازه گیری ها و محاسبات مرحله ی ۱-۱-۳ را برای مدار فوق تکرار کنید .

آزمایش ۳-۴ (تهیه ولتاژ مثبت و منفی



- ولتاژ های V_1, V_2 را اندازه گیری و ضریب ضریبان آنها را محاسبه کنید .

- طرز کار مدار را شرح دهید .

پروژه:

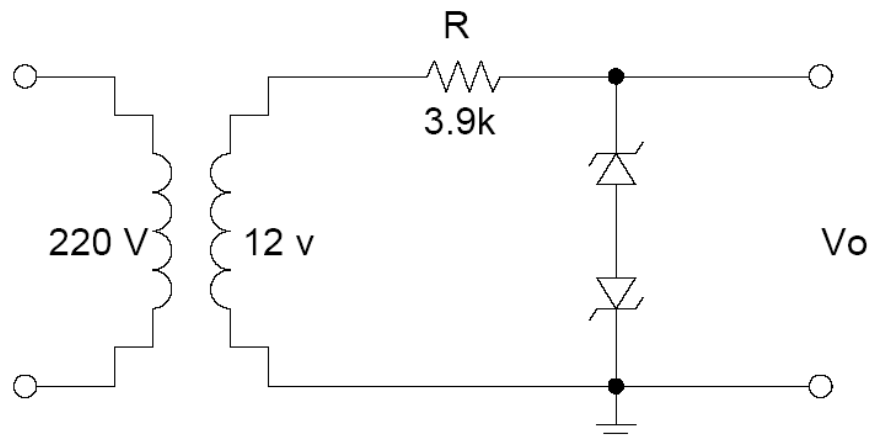
یک منبع تغذیه ی DC با استفاده از امکانات آزمایشگاهی طرح کنید که دارای مشخصات زیر باشد.

$$V_{oDC}=15\text{v} , I_L=150\text{ mA} , V_{r\text{max}}=2\text{v}$$

«آزمایش شماره ۴»

استفاده دیود در مدار های شکل دهنده و چند برابر کننده های ولتاژ

۴-۱- مدار زیر را بسته و شکل موج ورودی و خروجی را با حفظ رابطه ی زمانی رسم کنید.



سوال ۱ : مدار چه عملی را انجام داده است؟

سوال ۲ : مقدار مقاومت R را چگونه انتخاب می کنید؟

۴-۲- ورودی عمودی اسکوپ را به خروجی (V_o) و ورودی افقی را به ورودی (V_i) متصل نموده ، اسکوپ را در حالت X-Y قرار دهید . منحنی بدست آمده را دقیقاً ترسیم کنید.

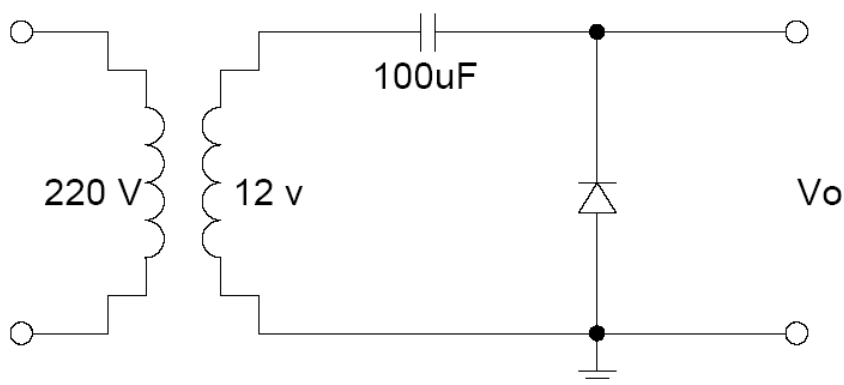
با استفاده از مشخصه ی انتقالی و شکل موج ورودی که در مرحله ی قبل ترسیم نموده اید، شکل موج خروجی را بدست آورده، آن را با حالت قبلی مقایسه کنید.

سوال ۳ : کاربرد مشخصه ی انتقالی را بیان کنید؟

۴-۳- مدارهایی را طراحی نمایید که بتوانند شکل موج های زیر را بسازند.
مدارها را بسته و شکل موج های حاصل از آنها را رسم نمایید.

۴-۴- مدار زیر را ببندید.

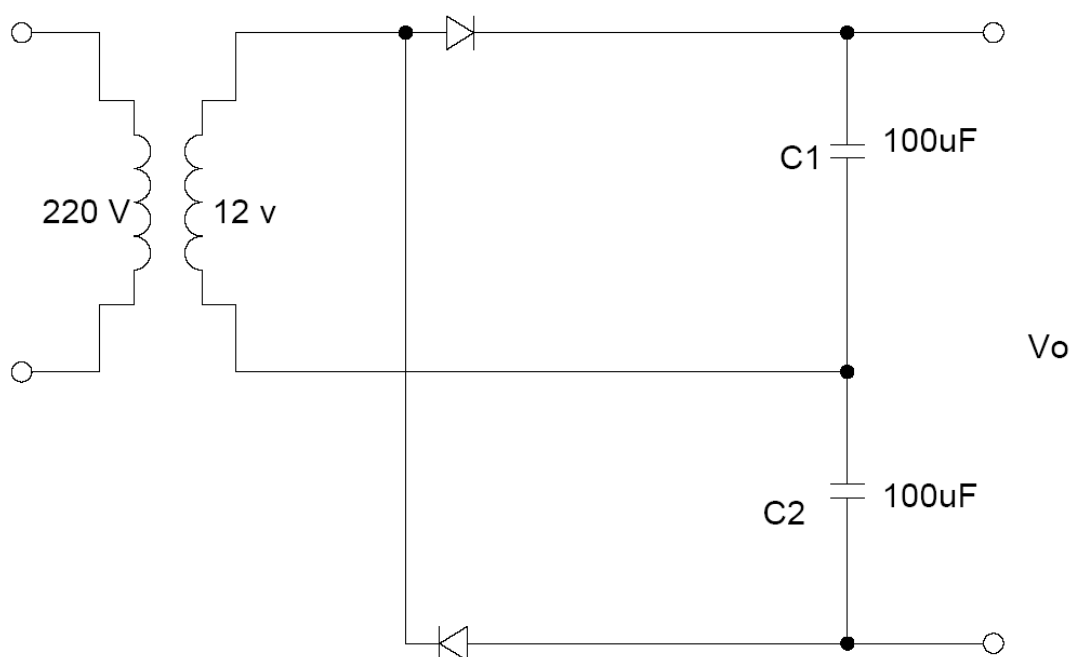
- شکل موج خروجی را ترسیم نموده ، توضیح دهید مدار چه عملی انجام می دهد.



- جهت دیود را عوض نموده ، مجدداً شکل موج خروجی را ترسیم نمایید.

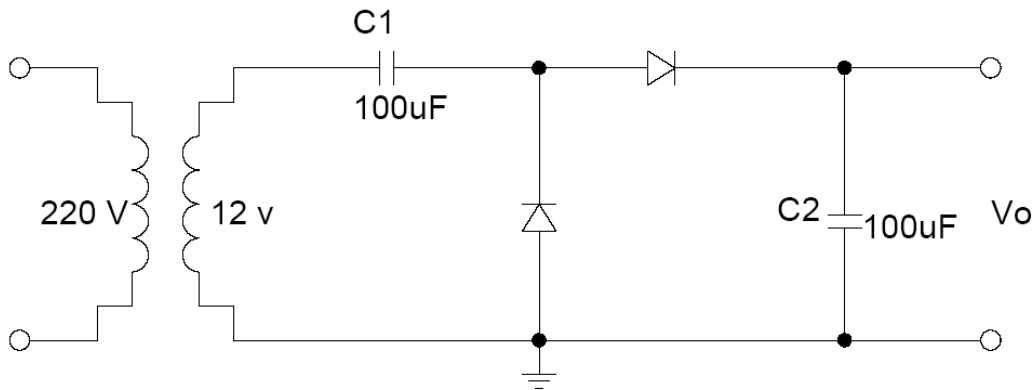
۴-۵- چند برابر کننده های ولتاژ :

۴-۵-۱- مدار زیر را بسته ، لتاژ خروجی را مشاهده و رسم کنید. این ولتاژ چند برابر دامنه ی ولتاژ ورودی است؟



- یک مقاومت $3/9k$ را بعنوان بار در خروجی قرار داده و شکل موج را ترسیم کنید.

۴-۵-۲- مدار زیر را بسته و مراحل آزمایش ۱-۵-۵ را در مورد آن تکرار کنید.

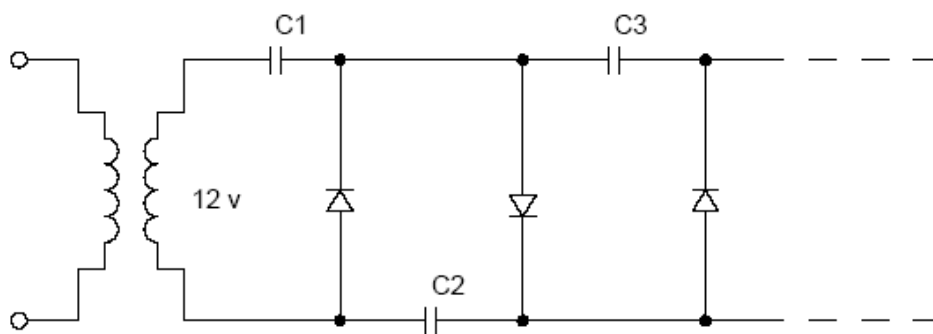


- دو مدار فوق را مقایسه کنید و (ولتاژ رپیل، ولتاژ خازن ها، P.I.V دیودها و ...)

۴-۵-۳- مدار زیر را ببندید.

- ولتاژ دو سر خازنهای $C1, C2, C3, C1+C3$ را اندازه بگیرید.

$$C1, C2, C3 = 100\mu F$$



توضیح دهید مدار چه عملی را انجام می دهد.

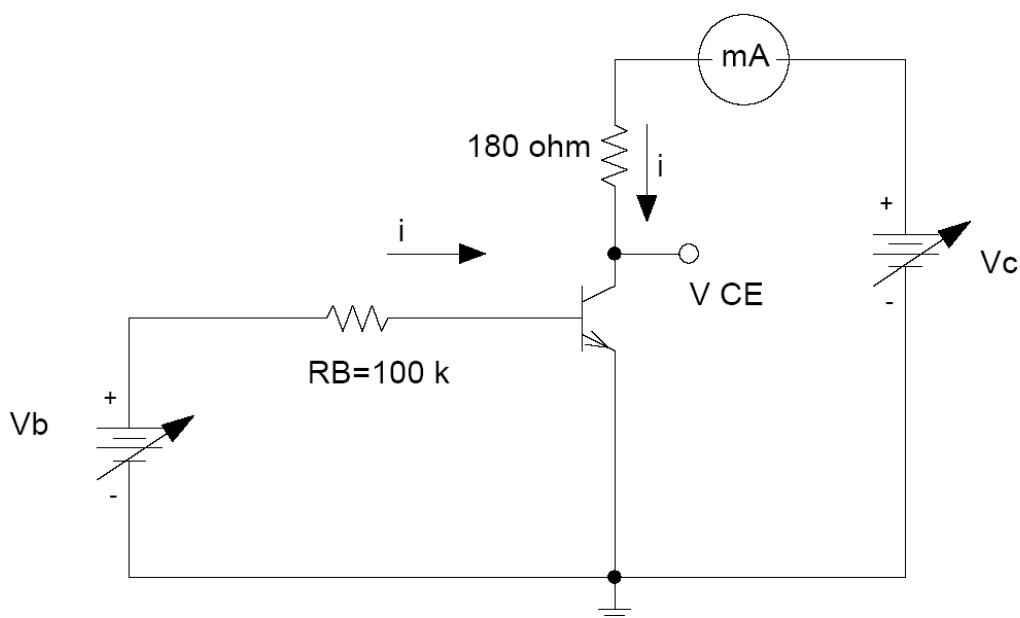
اگر مقاومت بار $(3/9)$ در خروجی قرار گیرد. فرکانس رپیل چقدر خواهد بود؟

آزمایش شماره ۵

الف) رسم منحنی مشخصه خروجی آرایش آمیتر مشترک به روش نقطه یابی :

مدار شکل زیر برای بدست آوردن مشخصه خروجی ترانزیستور در آرایش آمیتر مشترک طراحی شده است.

۱-۱-۵ مدار شکل زیر را بر روی برد برد ببینید و با توجه به اینکه جریان I_B را می توان توسط منبع ولتاژ V_{BB} تغییر داد، به ازای هر مقدار ثابت I_B و با تغییر منبع ولتاژ V_{CC} ، ولتاژ V_{CE} را به صورت پله ای تغییر داده و I_C را اندازه گیری نمایید و در جدول یادداشت نمایید.



Vce(V)	Ic (ma)								
	0	1	2	3	4	6	8	10	12
Ib(μA)									
0									
10									
20									
30									
40									
50									

۲-۱-۵ با استفاده از نتایج جدول فوق منحنی های تغییرات I_C را به ازای I_B های مختلف رسم کنید.

۳-۱-۵ β_{ac} , β_{dc} را در نقطه کار $V_{CE}=6_v$, $I_B=20\mu_A$ محاسبه و با یکدیگر مقایسه کنید.

۴-۱-۵ β_{ac} را در نقاط کار $V_{CE}=8_v$, $I_B=10\mu_A$, $V_{CE}=8_v$ بدست آورید و با یکدیگر مقایسه کنید.

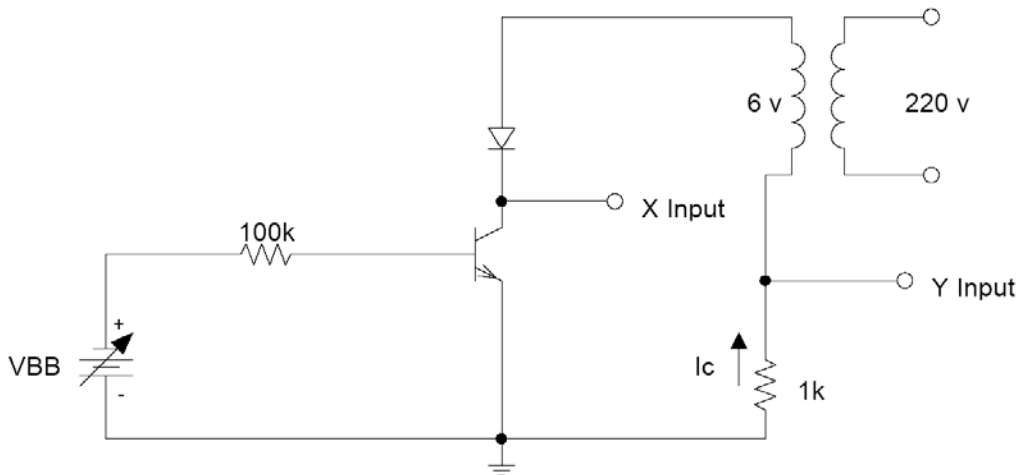
۵-۱-۵ I_{CBO} را تعریف کرده و مقداری تقریبی آنرا در $V_{CE}=8_v$ بدست آورید.

(ب) رسم منحنی مشخصه خروجی آرایش امیتر مشترک توسط اسیلوسکوپ

مدار شکل زیر برای بدست آوردن مشخصه خروجی ترانزیستور در آرایش امیتر مشترک توسط اسیلوسکوپ طراحی شده است. توجه کنید که در هنگام استفاده از اسیلوسکوپ کلید سلکتور مربوط به زمان را بر روی X-Y قرار داده و دکمه معکوس (INV) مربوط به ورودی Y را فشار دهید.

۱-۲-۵ نقش هر یک از اجزای شکل زیر را بطور کیفی شرح دهید.

۲-۲-۵ مدار شکل زیر را بر روی برد بسته و به ازای I_B منحنی خروجی ترانزیستور را توسط اسیلوسکوپ مشاهده و رسم نمایید.



۳-۲-۵ منطقه قطع و اشباع ترانزیستور را روی $I_C - V_{CE}$ که توسط اسیلوسکوپ بدست آمده است مشخص نمایید و مقدار V_{CEsat} را بطور تقریبی بدست آورید.

۴-۲-۵ با توجه به منحنی های مشخصه $I_C - V_{CE}$ مشاهده می شود که با افزایش I_B شیب منحنی ها در ناحیه فعال افزایش می یابد. این شیب معرف چه پارامتری در مدل (سیگنالهای کوچک) هایبیرید ترانزیستور است؟ توضیح دهید.

آزمایش شماره ۶

تقویت کننده امیتر مشترک

تعیین بهترین نقطه کار:

با توجه به تقویت کننده امیتر مشترک زیر، خط بارها را به شرح زیر می توان نوشت:

DC : $v_{CC} = (R_C + R_E) I_C + V_{CE}$

ac : $v_{CC} = -i_c (R_C \parallel R_L) \rightarrow V_{CE} = V_{CEQ} + (R_C \parallel R_L)(I_{CQ} - I_C)$

$v_{CEQ} = (R_C \parallel R_L) I_{CQ}$, $I_{CQ} = V_{CC} / (R_C + R_E + R_C \parallel R_L)$

در حالت کلی می توان نوشت:

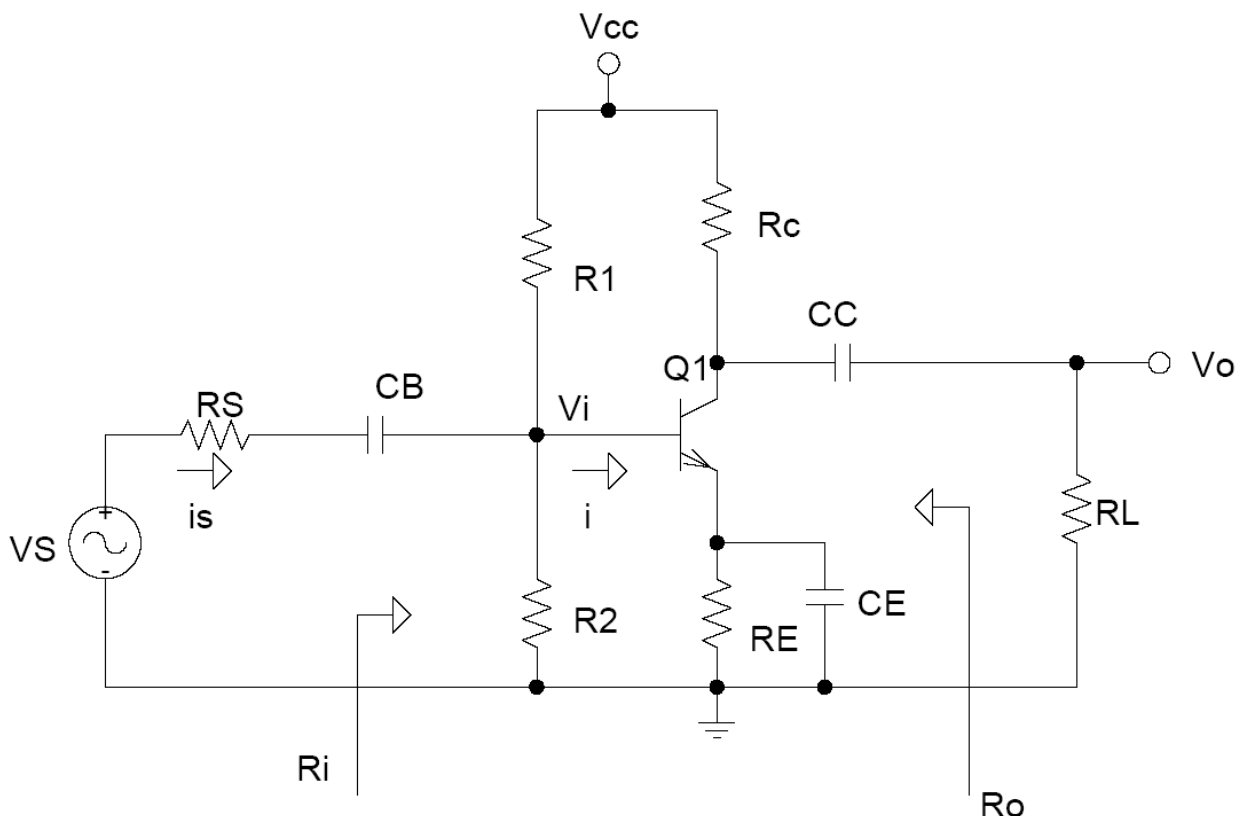
$I_{CQ} = V_{CC} / (R_{DC} + R_{ac})$, $V_{CEQ} = R_{ac} \cdot I_{CQ}$

R_{DC}

مقاومت های حلقه خروجی در حالت DC:

R_{ac}

مقاومت های حلقه خروجی در حالت ac:



اندازه گیری مشخصات مدار امیتر مشترک :

پس از محاسبات بهترین نقطه کار و یافتن مقاومت‌های بایاس R_1, R_2 ، مدار را می‌بندیم، ابتدا می‌بایست مقادیر نقطه کار (مقادیر DC) مدار بوسیله ولت‌متر اندازه‌گیری شود. در این حالت سیگنال ورودی ac باید صفر باشد (سیگنال ژنراتور خاموش و یا از مدار قطع) اگر مقدار V_{CEQ} و I_{CQ} مناسب نبود باید با تغییر مقاومت‌های بایاس به نقطه کار مناسب رسید. بدیهی است راه‌های مختلفی وجود دارد، می‌توان مثلاً R_1 را ثابت نگه داشت و R_2 را تغییر داد و یا بالعکس. در هر صورت به نقطه کار مناسب خواهیم رسید. اگر بخواهیم یکی از مقاومت‌های بایاس را پتانسیومتر بگذاریم آنرا به جای R_2 بکار می‌بریم. همواره در طول آزمایش سعی خواهیم کرد تغییرات پتانسیومتر را با آگاهی از عملکرد آن انجام دهیم، به این شکل که فرض می‌کنیم نقطه کار ما بعد از بستن مدار نزدیک منطقه اشباع باشد در این صورت جریان I_C و یا جریان I_B زیاد است و باید مقدار آن کاهش یابد، چون R_1 ثابت است در نتیجه مقاومت R_2 باید کاهش یابد یعنی جهت تغییر پتانسیومتر مشخص می‌گردد.

پس از تنظیم نقطه ی کار، سیگنال ژنراتور را روشن و ولتاژ ورودی را افزایش می‌دهیم. این کار را تا جایی ادامه می‌دهیم تا خروجی شروع به اعوجاج کند. (بریده شود) در صورتیکه نقطه کار صحیح باشد شکل موج از هر دو طرف (قطع، اشباع) در یک زمان بریده می‌شود، در غیر این صورت باز هم با تغییر مقاومت‌های بایاس می‌توان نقطه کار مناسب و صحیح را بدست آورد.

پس از تنظیم نقطه ی نهایی مدار می‌توان مقادیر ولتاژهای متناوب V_o, V_i, V_s را اندازه‌گیری نمود. این اندازه‌گیری همواره از طریق اسیلوسکوپ و بر حسب مقادیر پیک تو پیک انجام خواهد شد. به کمک این سه ولتاژ می‌توان پارامترهای مدار را محاسبه کرد:

$$A_v = V_o / V_s \quad , \quad A_{v_s} = V_o / V_s$$

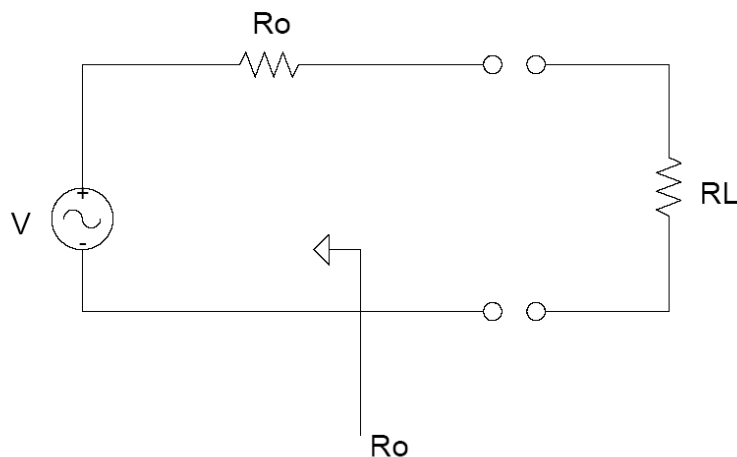
$$I_o = V_o / R_L \quad , \quad I_s = (V_s - V_i) / R_s \quad , \quad A_{I_s} = I_o / I_s \quad , \quad A_I = I_o / I_i$$

$$I_i = I_s - V_i / (R_1 \parallel R_2)$$

$$R_i = V_i / I_s \quad , \quad R'_1 = V_i / I_i$$

بدست آوردن مقاومت خروجی R_o :

توئن هر مدار یا تقویت کننده ای را می‌توان بصورت زیر نمایش داد:



اگر به خروجی این مدار R_{L1} وصل می شود، جریان I_{L1} در مدار برقرار می شود و ولتاژ خروجی V_{O1} خواهد بود:

$$I_L = V_{O1} / R_{L1} \quad , \quad v = V_{O1} + R_O I_{L1}$$

و اگر مقاومت بار R_{L2} به خروجی وصل شود، جریان I_{L2} در مدار برقرار شده و ولتاژ خروجی V_{O2} می گردد.

$$I_{L2} = V_{O2} / R_{L2} \quad , \quad v = V_{O2} + R_O I_{L2}$$

از دو رابطه فوق خواهیم داشت:

$$R_O = (V_{O1} - V_{O2}) / (I_{L1} - I_{L2})$$

$$R_O = -\Delta V / \Delta I$$

در عمل می توانیم یکبار R_L را از مدار برداشته و ولتاژ مدار باز را بخوانیم V_{O1} ، بار دیگر مقاومت بار را قرار داده و ولتاژ خروجی V_{O2} را خواهیم داشت در نتیجه:

$$R_O = (V_{O1} - V_{O2}) / I_{L2} \quad , \quad I_{L1} = 0$$

روش دیگری که برای اندازه گیری مقاومت خروجی در بعضی مواقع قابل استفاده است، قرار دادن یک پتانسیومتر در خروجی است. ابتدا ولتاژ مدار باز (ولتاژ بی باری) را اندازه گرفته، مقاومت پتانسیومتر را از مقدار ماکزیمم بتدریج کم نموده تا ولتاژ خروجی نصف ولتاژ حالت مدار باز شود.

در این حالت مقاومت پتانسیومتر با مقاومت خروجی مدار برابر است؟ چرا؟

پاسخ فرکانسی مدار :

می دانیم به دلیل وجود خازن های کوپلاژ و بای پس در فرکانس های پایین و خازن های ترانزیستور در فرکانس های بالا، بهره ی ولتاژ مدار ثابت نبوده و دارای منحنی زیر است که به آن پاسخ فرکانسی می گوئیم.

نقاط مهم روی منحنی جایی است که دامنه بهره به مقدار $1/\sqrt{2}$ برابر خود می رسد. (f_L, f_H) تفاضل این دو فرکانس را پهنای باند تقویت کننده گویند.

$$B.W = f_H - f_L$$

چون حوزه ی تغییرات فرکانس زیاد است محور افقی را بر حسب $\log f$ مدرج می کنند و در روی محور عمودی بهره ی ولتاژ را بر حسب dB نشان می دهد.

$$A_O \quad 20 \log A_{VS} \rightarrow 20 \log A_O \quad (\text{dB})$$

$$A_O / \sqrt{2} \quad 20 \log A_O / \sqrt{2} \rightarrow 20 \log A_O - 20 \log \sqrt{2} = 20 \log A_O - 3 (\text{dB})$$

یعنی f_L فرکانسی است که بهره ی ولتاژ از مقدار ماکزیمم 3 dB کاهش می یابد.

$$f_L = f_{3\text{dB}}$$

در این آزمایش می خواهیم f_L را اندازه گیری کنیم در نتیجه باید A_{VS} را مورد توجه قرار دهیم :

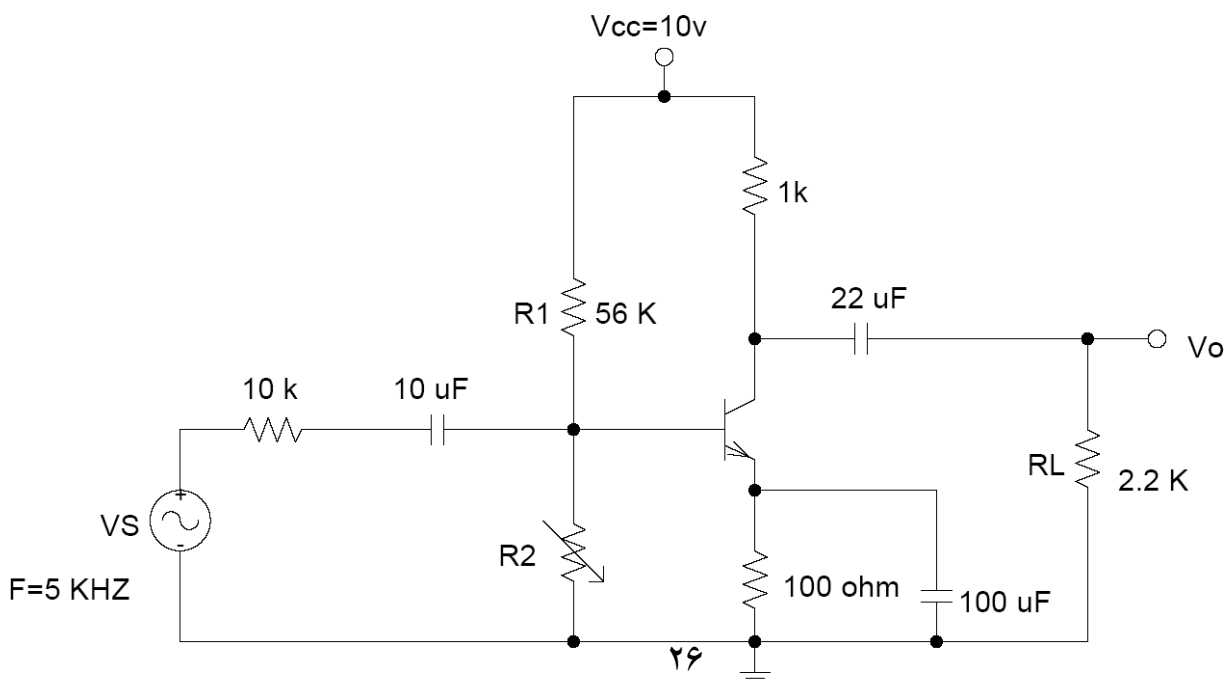
$$A_{VS} = V_O / V_S$$

چون روی اسکوپ نمی توانیم A_{VS} را مشاهده کنیم مبنای کار خود را V_O قرار می دهیم به شرط آنکه مقدار V_S در طول آزمایش ثابت باشد. ولتاژ خروجی را در فرکانس وسط باند روی 7 خانه از اسکوپ تنظیم می کنیم ، فرکانس سیگنال ژنراتور را کاهش می دهیم تا خروجی به 5 خانه برسد ، فرکانس سیگنال ژنراتور همان f_L ما خواهد بود زیرا:

$$7 / \sqrt{2} \approx 5$$

شرح آزمایش:

۱-۶ بهترین نقطه کار را برای تقویت کننده امیتر مشترک زیر محاسبه کنید.
۲-۶ در نقطه کار فوق اگر فرض کنیم $\beta = 200$ ، $V_{BE} = 0.7$ ، باشد مقاومت های R_1 ، R_2 را مجاسبه کنید.



۳-۶- پلاریته ی خازن ها را تعیین کنید .

۴-۶- پس از بستن مدار و توسط مقاومت R_2 به بهترین نقطه ی کار دست یابید. مقادیر زیر را اندازه گیری و یادداشت نمایید.

$$R_2 =$$

$$V_{CEQ}, I_{CQ}, V_{BQ}, V_{EQ}, V_{BEQ}$$

۵-۶- ماکزیم خروجی بدون اعوجاج که از این مدار حاصل می گردد را اندازه گیری نموده ، آن را با مقدار تئوری مقایسه کنید.

$$V_{op, pmax} = ?$$

۶-۶- شکل موجهای V_s ، V_i ، V_o را با حفظ رابطه زمانی رسم کنید.
۷-۶- با توجه به مقادیر اندازه گیری شده فوق پارامترهای زیر را محاسبه کنید.

$$A_{VS}, A_{Vi}, A_I, R_i$$

۸-۶- مقاومت خروجی تقویت کننده R_o را بدست آورید.

۹-۶- مقدار f_L و f_H را برای تقویت کننده اندازه گیری نموده سپس منحنی پاسخ فرکانسی را ترسیم کنید. (در کاغذ لگاریتمی)

*محاسبات:

با استفاده از کاتالوگ ترانزیستور مورد استفاده و یا از طریق Curve Tracer مقادیر β ، h_{fe} و h_{ie} ترانزیستور را در نقطه کار مربوطه استخراج و مدار معادل h تقویت کننده را رسم کنید .

مقادیر و پارامتر های مرحله ۶-۷ و ۶-۹ را از طریق مدار فوق محاسبه ، آنها را با مقادیر عملی بدست آمده مقایسه کنید.

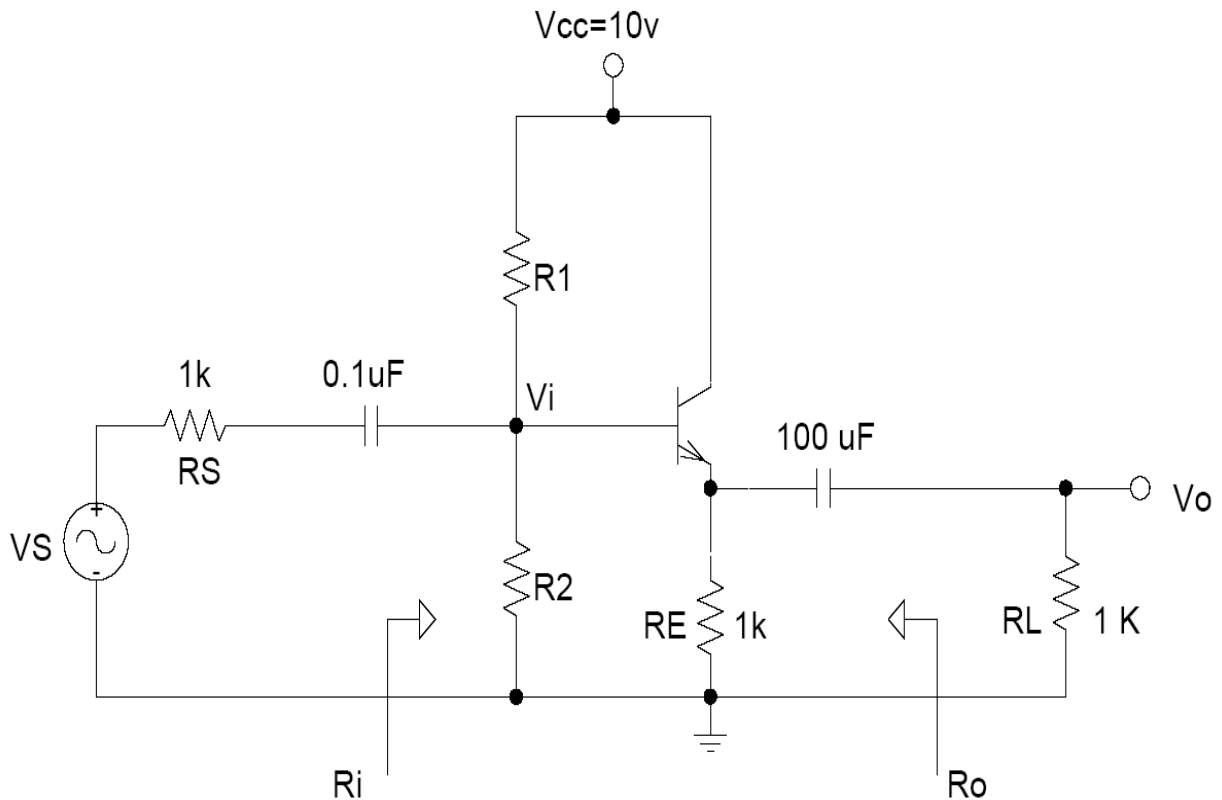
آزمایش شماره ۷

تقویت کننده کلکتور مشترک و بیس مشترک

تقویت کننده کلکتور مشترک : (CC)

۱-۷- بهترین نقطه ی کار را برای تقویت کننده زیر محاسبه کنید.

۲-۷- در نقطه ی کار فوق اگر فرض کنیم $\beta=150$, $V_{BE}=0.7$ باشد، مقاومت های R_1 و R_2 را محاسبه کنید.



۳-۷- پلاریته خازن ها را تعیین کنید.

۴-۷- مدار را بسته و توسط شبکه ی بایاس به بهترین نقطه ی کار دست یابید.

مقادیر DC مدار را اندازه گیری نمایید.

۵-۷- سیگنال ژنراتور را روشن نموده و فرکانس آن را در محدوده فرکانس وسط باند مدار قرار دهید. ($f=?$) حداکثر ولتاژ خروجی بدون اعوجاج چقدر است؟

$$V_{OP..Pmax}=?$$

۶-۷- شکل موج های V_o ، V_i ، V_S را با حفظ رابطه زمانی رسم کنید.

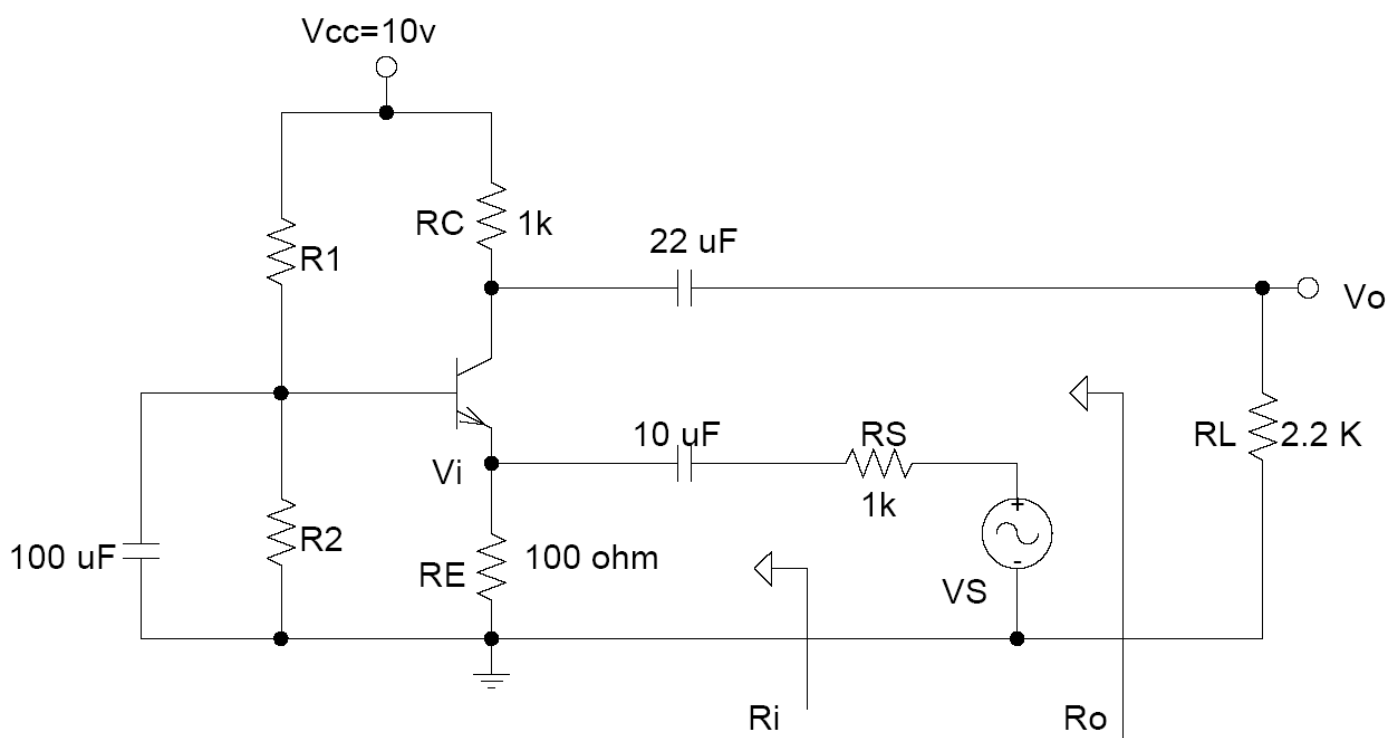
۷-۷- پارامتر های مدار را از طریق آزمایش بدست آورید.

A_{VS} ، A_{Vi} ، A_I ، R_i ، R_o

۸-۷- f_h و f_L مدار را اندازه گیری کنید.

محاسبات: با بدست آوردن پارامتر های h ترانزیستور مقادیر مرحله ی ۷-۷، ۸-۷ را از طریق مدار معادل محاسبه نمایید.

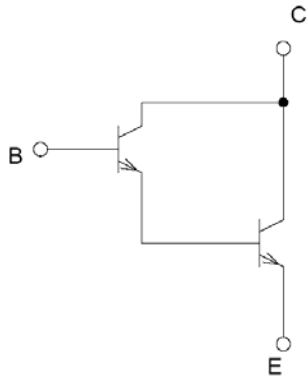
تقویت کننده ی بیس مشترک (CB):



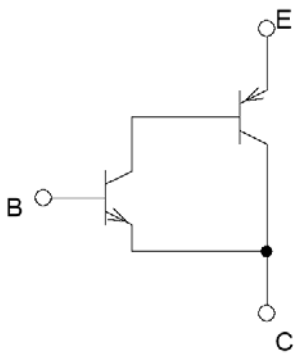
- کلیه ی محاسبات و اندازه گیری هایی را که برای تقویت کننده ی کلکتور مشترک انجام داده اید، برای تقویت کننده فوق تکرار کنید (مراحل ۷-۱ الی ۷-۸)

آزمایش شماره ۸
کاربرد زوج دارلینگتون در مدارات

هرگاه دو ترانزیستور بصورت زیر به هم متصل گردند، تشکیل زوج دارلینگتون را می دهند.



Darlington pair



Inverted Darlington

این دو ترانزیستور عملاً مانند یک ترانزیستور با β خیلی زیاد عمل می کنند. زوج دارلینگتون را معمولاً بصورت امیتر مشترک یا کلکتور مشترک در مدارات بکار می گیرند.

- β کل ترانزیستورهای فوق را محاسبه کنید.

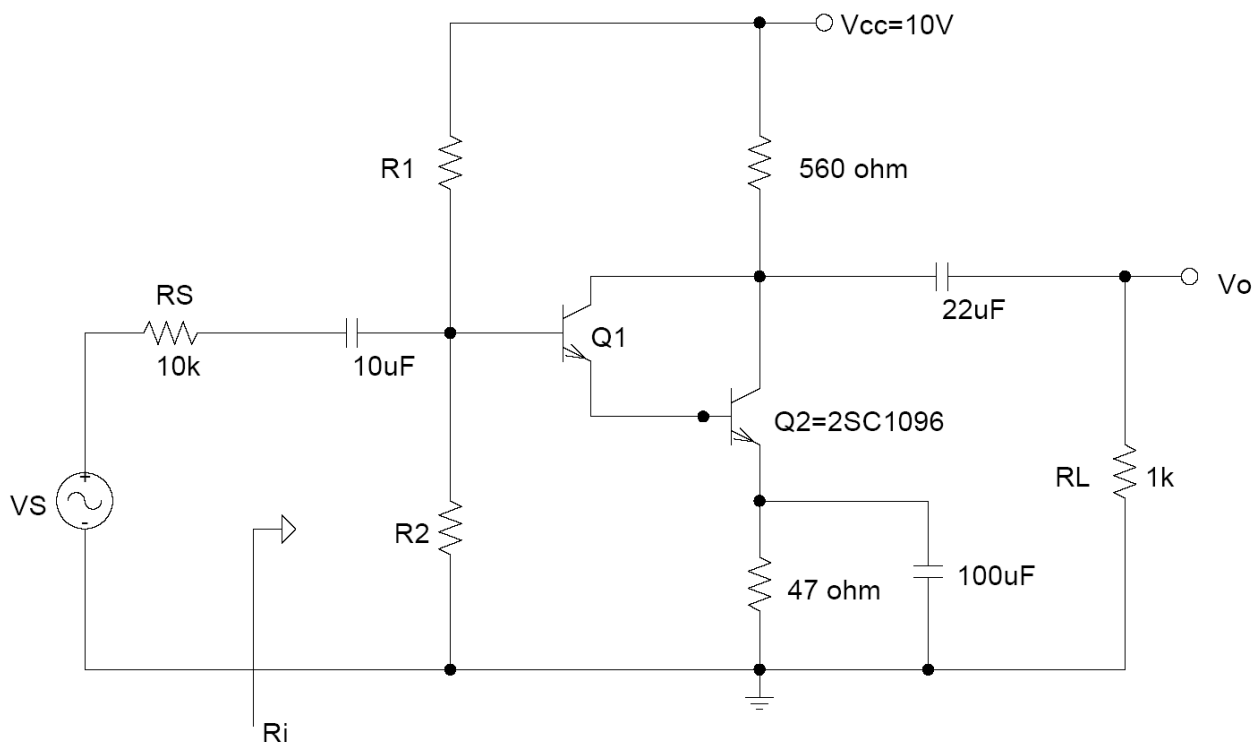
از نظر محاسبه بایاسینگ، تعیین نقطه کار و خط بارهای DC و ac تقویت کننده هایی که در آنها زوج دارلینگتون استفاده شده با مدارات ترانزیستور معمولی فرقی ندارد.

آزمایش شماره ۱ :

تقویت کننده امیتر مشترک با زوج دارلینگتون :

۱-۱- V_{CEQ} و I_{CQ} زوج دارلینگتون را طوری تعیین کنید که حداکثر تغییرات را در خروجی داشته باشیم. (بهترین نقطه کار)

۱-۲- اگر $V_{BE2} = V_{BE1} = 0.7V$ و $\beta_1 = 200$ ، $\beta_2 = 100$ باشد مقدار β کل و همچنین مقاومت های R_1 ، R_2 را با توجه به نقطه ی کار فوق محاسبه کنید.



۱-۳- مدار را بسته و مقاومت های بایاس را برابر با $R_1 = 1M\Omega$ و $R_2 = 220k$ قرار دهید .

در صورت لزوم و با تغییر مقاومت های فوق به بهترین نقطه کار دست یابید . سپس مقادیر زیر را اندازه گیری کنید .

$$R_1, R_2, V_{CEQ1}, V_{CEQ2}, I_{CQ1}, I_{CQ2}$$

۱-۴- مقدار β را برای زوج دارلینگتون اندازه گیری کنید .

$$\beta = I_C / I_B$$

$$I_C = I_{CQ1} + I_{CQ2}$$

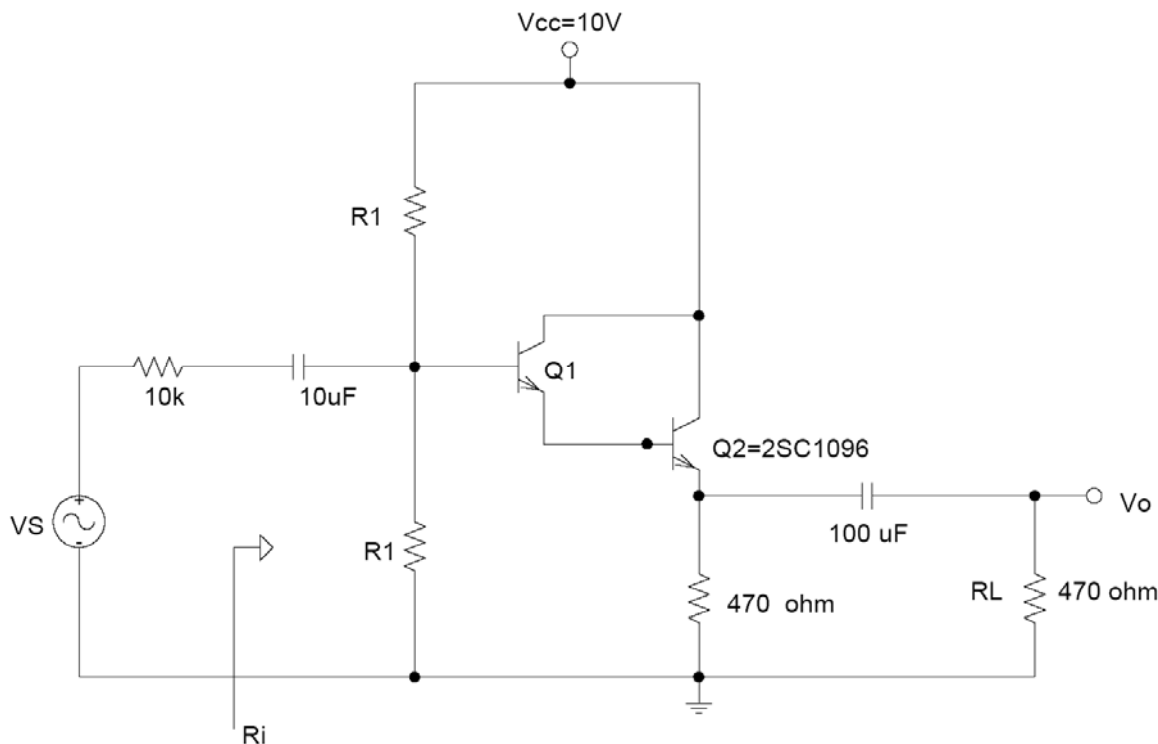
۱-۵- با اندازه گیری V_o, V_i, V_s پارامترهای تقویت کننده را محاسبه کنید .

$$R_i, R'_i, A_{vs}, A_v, A_{is}, A_i$$

آزمایش شماره ۲ :

زوج دارلینگتون در حالت کلکتور مشترک :

۱-۲- محاسبات مراحل ۱-۱ و ۱-۲ را برای مدار تقویت کننده زیر تکرار نمایید .



۲-۲- مدار را بسته و مقاومت های بایاس را برابر $R_1 = 470\text{ k}$ و $R_2 = 1/2\text{ M}$ قرار دهید .

در صورت لزوم و با تغییر مقاومت های فوق به بهترین نقطه ی کار دست یابید . سپس مقادیر زیر را اندازه گیری نمایید .

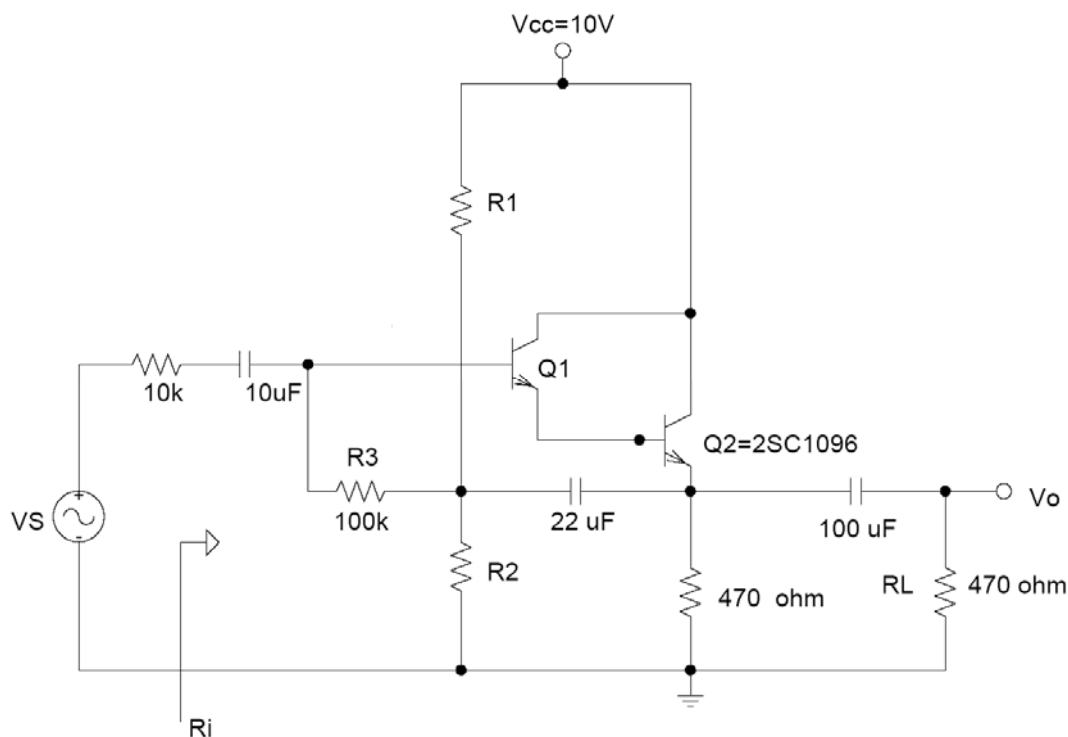
$$R_1, R_2, V_{CEQ1}, V_{CEQ2}, I_{E1}$$

۲-۳- مرحله ی ۱-۵ را در مورد این مدار تکرار کنید .

آزمایش شماره ۳ :

بایاس بوت استرپ (Boot Strapped) :

۳-۱- مدار را بسته و با تغییر مقاومت های R_1, R_2 تقویت کننده را در بهترین نقطه ی کار بایاس کنید .



$$V_{CEQ} = ? , I_{CQ} = ?$$

۳-۲- مقادیر V_0, V_i, V_s را اندازه گیری کرده و پارامترهای زیر را محاسبه کنید .

$$R_i, A_{V_s}, A_{V_i}$$

۳-۳- امپدانس ورودی R_i را با مقداری که در مرحله ی ۲-۳ بدست آورده اید مقایسه کرده ، علت افزایش را شرح دهید .

آزمایش شماره ۹

بررسی مشخصه FET و بررسی تقویت کننده سورس مشترک

تا کنون با دیود و مدار های ساده آن و همچنین مشخصات و بعضی از کاربرد های ترانزیستور آشنا شده اید . در این جلسه مشخصه خروجی و انتقالی ترانزیستور اثر میدان (FET) و همچنین یکی از کاربرد های تقویت کنندگی آن مورد بررسی قرار می گیرد . به طور کلی میتوان گفت که امپدانس ورودی FET بسیار بزرگ ولی خاصیت تقویت کنندگی آن در مقایسه با BJT ضعیف تر است .

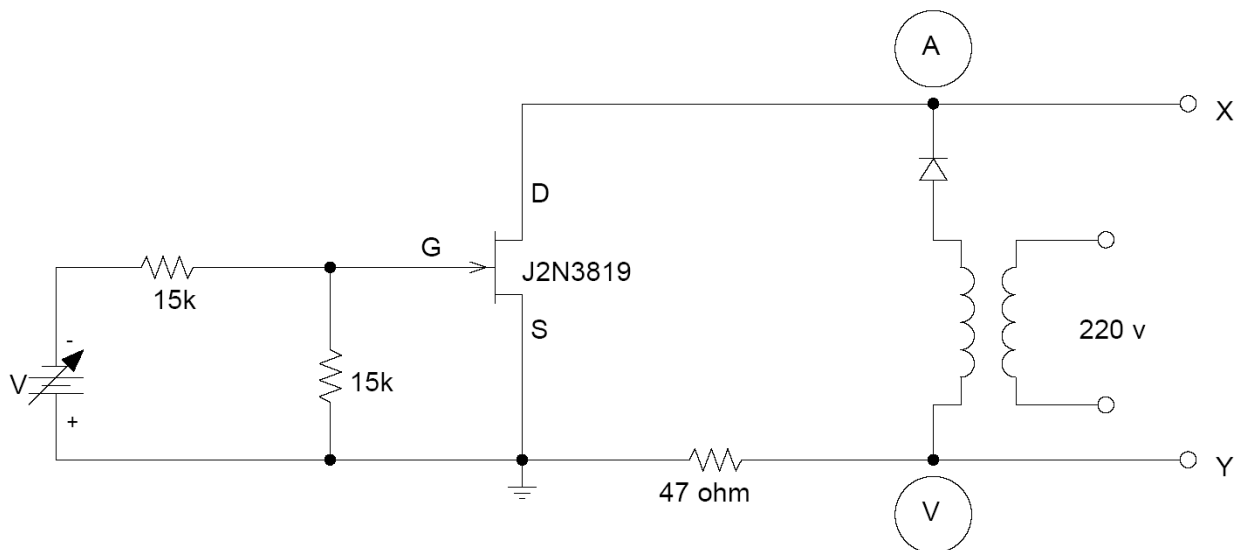
آزمایش ۱ :

رسم منحنی مشخصه خروجی FET

برای طراحی تقویت کننده های FET ، داشتن مشخصات آن ضروری است . عموماً کمیت های مورد نیاز را میتوان از مشخصه خروجی FET بدست آورد . منحنی های خروجی را میتوان از روش نقطه یابی و یا رسم پیوسته به کمک اسیلوسکوپ بدست آورد . در این جلسه برای سهولت ، با استفاده از اسیلوسکوپ مشخصه خروجی FET را بدست می آوریم .

شکل ۹-۱ مدار مربوط به دست آوردن مشخصه خروجی را نشان می دهد .

- مدار شکل ۹-۱ را بر روی برد ببندید و اسیلوسکوپ را در وضعیت X-Y قرار داده و سپس گره H را به ورودی افقی که نشانگر V_{DS} و گره V را به ورودی عمودی که نشانگر ضریبی از I_{DS} می باشد متصل نمایید . برای این که شکل مناسبی بر روی صفحه اسیلوسکوپ داشته باشید وضعیت ورودی عمودی را در حالت معکوس (INV) و همچنین وضعیت کوپلاژ ورودی های عمودی و افقی را در حالت DC قرار دهید .



تذکر برای جلوگیری از آسیب FET دیدن به نکات زیر توجه کنید :

۱ - اتصالات مدار را به دقت بررسی کنید تا از درست بودن محل المان ها اطمینان حاصل نمایید .

۲ - قبل از اتصال سر V به گیت ، منبع تغذیه را بر روی $6V$ تنظیم نمایید . ($V_{GS} = -3$)

۳ - ترانسفورماتور را ابتدا به شبکه 220 V اتصال داده سپس سر A را به آند دیود اتصال دهید .

ولتاژ V_{GS} را بر روی 0 تنظیم کرده و سپس مشخصه $I_{DS} - V_{DS}$ را روی اسیلوسکوپ مشاهده و رسم کنید .

با استفاده از منحنی $I_{DS} - V_{DS}$ بدست آمده در قسمت قبل کمیت های I_{ds} , I_{DSS} , V_p را به طور تقریبی بدست آورید . [جدول ۱]

ولتاژ V_{GS} را آنقدر کاهش دهید ، تا منحنی $I_{DS} - V_{DS}$ تقریباً به صورت یک خط افقی بر روی صفحه اسیلوسکوپ مشاهده شود . این مقدار V_{GS} نشانگر چه کمیتی است ؟ این مقدار را با کمیت بدست آمده در قسمت قبل مقایسه نمایید و در صورت اختلاف ، علت را بیان نمایید .

ولتاژ V_{GS} را برابر $V_p/4$ ، $2V_p/4$ ، $3V_p/4$ ، V_p (بدست آمده در قسمتهای قبلی) قرار دهید و به ازای هر مقدار V_{GS} مشخصه خروجی را روی اسیلوسکوپ مشاهده و ترسیم نمایید .

- روش دیگری برای تخمین V_p و I_{DSS} پیشنهاد کنید .

- اگر بخواهیم مشخصه خروجی یک ترانزیستور قدرت را با استفاده از مداری مانند شکل ۹-۱ بدست آوریم چه مشکلی پیش خواهد آمد (توجه کنید که در این حالت جریان DC از سیم پیچهای ثانویه ترانسفورماتور می گذرد .) برای رفع این مشکل چه پیشنهادی دارید؟

آزمایش ۲:

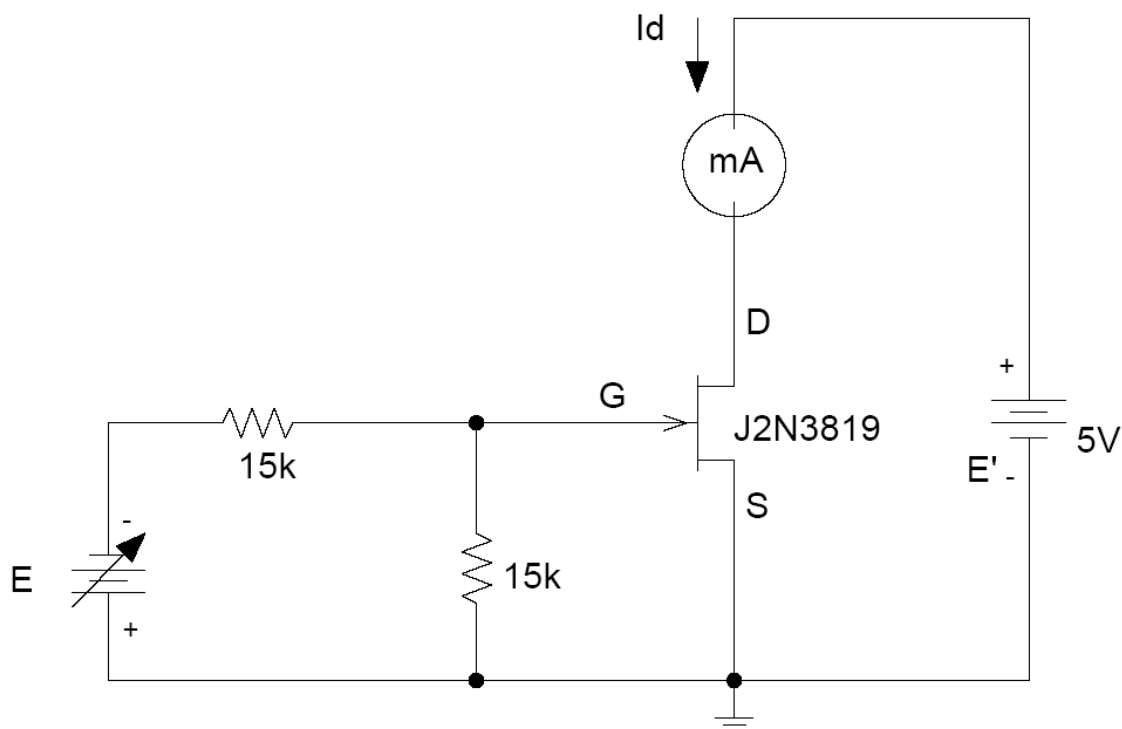
رسم مشخصه انتقالی FET

در ترانزیستور نوع کانال FET N اگر $V_{DS} > V_{GS} - V_p$ و $V_{GS} > V_p$ باشند آنگاه FET در ناحیه اشباع قرار می گیرد. در این ناحیه جریان از رابطه ذیل بدست می آید:

$$I_D = I_{DSS} (1 - V_{GS} / V_p)^2 (1 - \lambda V_{DS}) \quad (2-1)$$

در عمل مقدار عددی λ کوچک بوده و برای خیلی از کاربردها میتوان از آن صرف نظر کرد. بدین ترتیب جریان I_D فقط تابعی از V_{GS} خواهد بود.

- در این قسمت مشخصه انتقالی FET را با استفاده از روش نقطه یابی بدست می آوریم. شکل ۹-۲ مدار مورد آزمایش را نشان می دهد، این مدار را بر روی برد ببندید.



در مدار شکل ۹-۲ ولتاژ V_{DS} را به کمک منبع ولتاژ E' بر روی 5V تنظیم کرده و با تغییر V_{GS} (به کمک منبع) مقدار I_D را در هر حالت اندازه گیری کنید. مقدار V_{GS} را ابتدا صفر انتخاب کرده و سپس بتدریج کاهش دهید تا تقریباً I_D برابر صفر شود. منحنی تغییرات I_D بر حسب V_{GS} را رسم کنید.

تذکر: به پلاریته منبع E در هنگام بستن مدار بر روی برد توجه کنید.

- مقادیر I_{DSS} و V_P را با استفاده از منحنی I_D-V_{GS} بدست آورید و با مقادیر بدست آمده از قسمتهای قبل مقایسه کنید. [جدول ۲]

می دانیم که در ناحیه اشباع FET پارامتر g_m بصورت ذیل تعریف می شود:

$$g_m = \partial I_o / \partial V_{gs} \approx \Delta I_o / \Delta V_{gs}$$

و با استفاده از رابطه (۲-۱) داریم:

$$g_m = 2/V_p \sqrt{I_D I_{DSS}} \quad (۲-۲)$$

g_m را به ازای I_D های $I_{DSS}/2$ و $I_{DSS}/4$ با استفاده از رابطه (۲-۲) و همچنین منحنی $I_D - V_{GS}$ بدست آمده از آزمایش تعیین کردونتیایج را مقایسه کنید. [جدول ۲]

پارامتر	V_p	I_{DSS}	I_{DS}
مقدار			

جدول ۱ - مشخصات FET

پارامتر	I_{DSS}	V_p	g_m			
			محاسبه		منحنی	
			$I_D = I_{DSS}/2$	$I_D = I_{DSS}/4$	$I_D = I_{DSS}/2$	$I_D = I_{DSS}/4$
اندازه						

جدول ۲ - مشخصات FET

بررسی تقویت کننده سورس مشترک

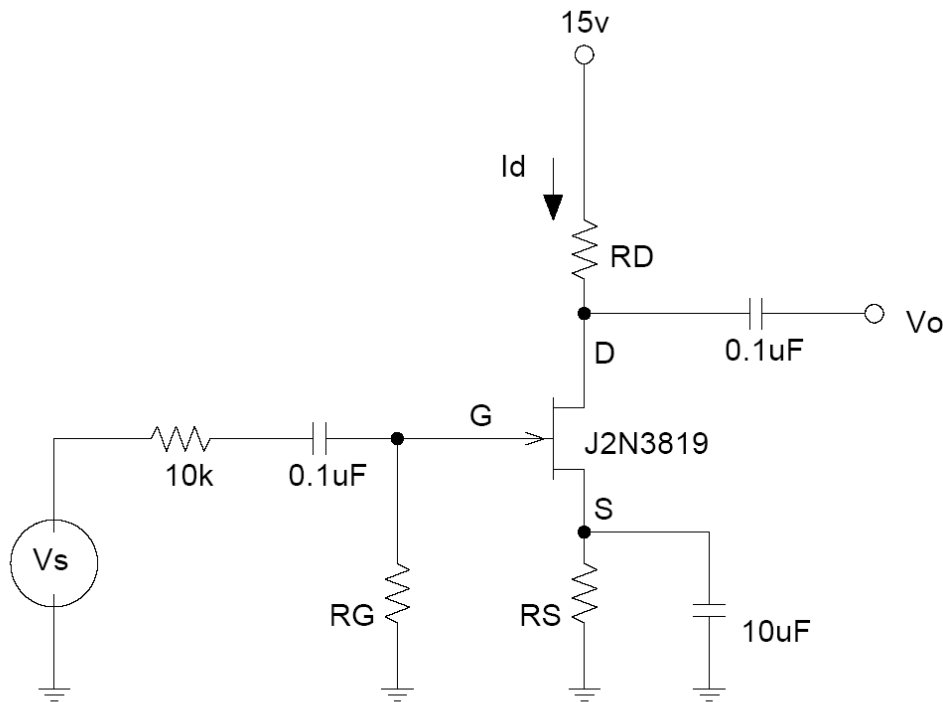
در این قسمت به بررسی یک تقویت کننده ساده سورس مشترک می پردازیم.

مدار تقویت کننده شکل زیر را در نظر بگیرید.

- با استفاده از I_{DSS} و V_p بدست آمده ، مقاومت های R_G ، R_S و R_D را به گونه ای محاسبه کنید که امپدانس ورودی $100K\Omega$ ، $I_D = I_{DSS}/4$ ، $V_{GS} = 5V$ گردد. مقاومتها را استاندارد انتخاب نمایید.

- مدار تقویت کننده شکل زیر را بر روی برد بسته و نقطه کار ترانزیستور را اندازه گیری نمایید و با مقادیر طراحی شده مقایسه کنید. [جدول ۱]

تذکر: برای اندازه گیری نقطه کار ترانزیستور مولد سیگنال را خاموش نمایید.



- امپدانس ورودی و بهره و لتاژ را در فرکانسهای میانی محاسبه کنید.

- امپدانس ورودی و بهره و لتاژ تقویت کننده را در فرکانس اندازه گیری نمایید و با مقادیر تئوری مقایسه کنید. [جدول ۲]

تذکر: در هنگام آزمایش دامنه و لتاژ خروجی را اختیار نمایید.

با انتخاب فرکانسهای مناسب ، پاسخ فرکانسی این مدار تقویت کننده سورس مشترک را بدست آورید و همچنین فرکانسهای قطع پایین و قطع بالا را تعیین کنید .

تذکر: برای جلوگیری از اعوجاج دامنه ولتاژ خروجی را اختیار نمایید.

- حداکثر سوئینگ ماکزیمم خروجی را اندازه بگیرید و با استفاده از مشخصه خروجی ترانزیستور و خط بار آنرا توجیه نمایید.

مزایا و معایب تقویت کننده سورس مشترک را نسبت به امیتر مشترک بیان دارید.

پارامتر	R_G	R_S	R_D	I_D	V_{DS}
مقدار					

جدول ۱ – پارامترهای تقویت کننده سورس مشترک

	Z_i	A_v
محاسبه		
آزمایش		

جدول ۲ – مشخصات تقویت کننده سورس مشترک

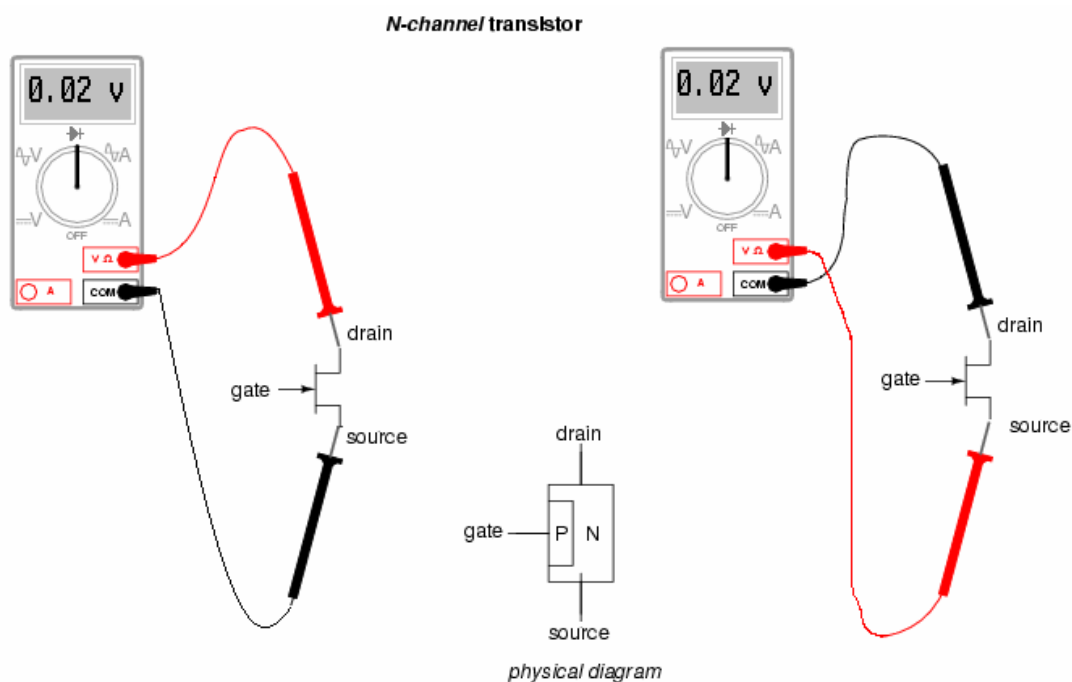
(JFET)

۱- با استفاده از کتابهای data sheet و برگه های اطلاعاتی مربوط به

قطعات الکترونیکی

۲- با استفاده از مولتی متر

برای تشخیص پایه های JFET می بایست مولتی متر را بر روی قسمت تست دیودی قرار داد و پایه ای از ترانزیستور را پیدا کرد که در صورت تغییر پلاریته مقدار مقاومت آن تغییر نکند که همان سورس و درین و حدود مقدار مقاومت بین 50 اهم تا 5 کیلو اهم نشان میدهد (افت ولتاژ خیلی کوچک در حدود چند هزارم ولت در صورتی که دستگاه تست ما افت ولتاژ را نشان دهد.)



مقاومت مابین گیت سورس و یا گیت درین در گرایش مستقیم مقاومت کم (افت ولتاژ در حدود 0.4 تا 0.7 ولت) و در گرایش معکوس مقاومت بی نهایت می باشد. معمولا مقاومت بین پایه درین و گیت از مقاومت پایه درین سورس بیشتر است که از این طریق می توان پایه درین را از سورس تشخیص داد.

