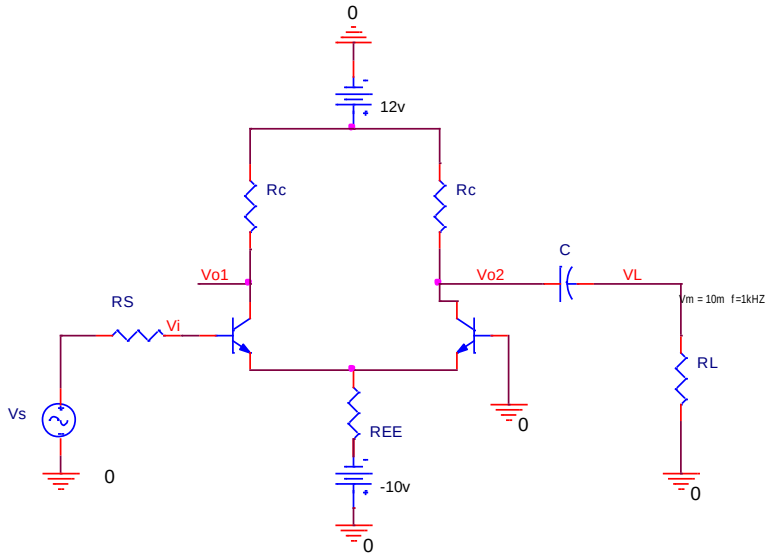
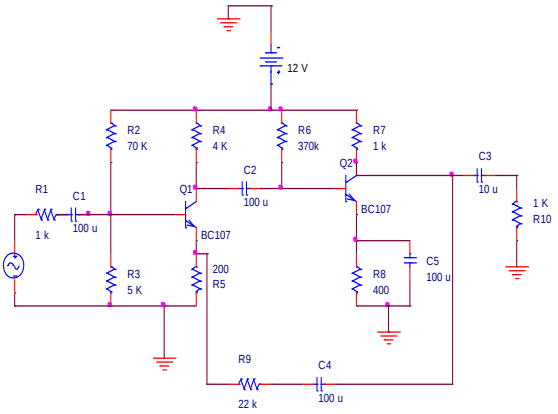
دانشگاه شهید چمران اهواز

دانشکده فنی و مهندسی

گروه برق

دستور کار آزمایشگاه الکترونیک





تهیه کننده: مهندس شایگان

دانشکده مهندسی- گروه برق

نکات ضروری در هنگام کار در آزمایشگاه

- ✓ قبل از انجام هر آزمایش حتماً مقادیر تئوری را محاسبه نمایید.
- ✓ در هنگام بستن مدار حتماً تغذیه خاموش باشد و پس از اطمینان از صحت اتصالات، تغذیه مدار را متصل فرمایید.
- ✓ در صورتی که المان های مدار گرم شده و جریان مدار نامعقول است، سریعاً تغذیه را قطع و مدار را عیب یابی نمایید.
- ✓ حتماً از قسمت های پائین و بالای بردبورد برای اتصالات تغذیه استفاده نمایید و مدار را با کمترین اتصالات ببندید.
- ✓ پس از انجام هر قسمت از آزمایش، نتایج به دست آمده را با مقادیر تئوری مورد انتظار مقایسه کنید در صورت خطای فاحش، خطا را تجزیه و تحلیل کنید و آزمایش را تا رسیدن به نتیجهٔ معقول تکرارکنید.
- ✓ پس از اتمام آزمایش میز خود را مرتب کرده و المان ها را در جعبه ها بگذارید؛ تمام دستگاه ها را خاموش و فیوز میز کار را قطع نمایید.
- ✓ پروب های دستگاه های اندازه گیری و سیگنال ژنراتور را هرگز جدا نکنید.
- ✓ در تنظیم گزارش کار لازم است مقادیر اندازه گیری شده و مقادیر تئوری را به صورت جدولی مقایسه کرده و خطاها را در هر مورد محاسبه کنید.
- ✓ در صورت تشابه گزارش کار و پیش گزارش های گروه های مختلف برای آنها نمره صفر منظور می شود.
- ✓ نحوه محاسبه نمره پایانی

حضور و غیاب	۲ نمره
گزارش کار	۵ نمره
کار کلاسی	۵ نمره
امتحان پایانی	۸ نمره

اطلاعات اولیه جهت کار در آزمایشگاه الکترونیک

۱- مقاومت

معمولاً روی مقاومت نوار یا نقاط رنگی گذاشته شده است که برای مشخص کردن مقدار آن به کار می‌رود. اگـر مقاومـت را طوری در دست بگیریم که نوارهای رنگی بیشتر طرف چپ را اشغال کنند، نوار اول و دوم دو رقم، نوار سوم تعداد صفرها و نوار چهارم تلرانس مقاومت را نشان می‌دهد. و اگر نوارها به درستی قابل تشخیص رنگ نبود حتماً مقاومت را تست کنید تـا از انـدازه آن مطمئن شوید.

متداول ترین سری های مقاومت E12 است که در هر دهه [۱ تا۱۰ اهم)، (۱۰ تا ۱۰۰ اهم)، (۱۰۰ تا ۱۰۰۰ اهـم) و .....] ۱۲ مقدار و موجود است، که دانستن این مقادیر نرم شده در انتخاب نزدیک ترین مقدار مقاومت به مقدار محاسبه شده، کمک می‌کند، این ۱۲ مقدار به شکل زیر می‌باشد:

1.0 1.2 1.5 1.8 2.2 2.7 3.3 3.9 4.7 5.6 6.8 8.2

در طراحی مدارهای الکترونیک، پس از محاسبه مقاومت نزدیک ترین مقدار موجود در سری مقاومت را انتخاب مـی‌کنـیم، و یک بار دیگر مسئله را با مقدار انتخاب شده محاسبه می‌کنیم.

مقادیر محاسبه شده جدید با مقادیر قبلی مقایسه شده و اختلاف این دو را مورد مطالعه قرار می‌دهیم. نکته دیگر در انتخـاب مقاومت توان مصرفی آن است، مقاومت‌ها برحسب قطر آنها درجه‌بندی شده‌اند. مقاومت ها با قطر کوچک، توان یک چهـارم وات و مقاومت های با قطر متوسط توان یک دوم وات را دارند. مقاومت های متداول برای تـوان هـای ($\frac{1}{8}$ و $\frac{1}{4}$ و $\frac{1}{3}$ و $\frac{1}{2}$ و 1 و 2 واتـی) می‌باشند که در آزمایشگاه بیشتر از مقاومت‌ها یک چهارم و یک دوم وات استفاده می‌شود.

جدول مقدار مقاومت بر حسب اهم

رنگ	رقم اول یا دوم	ضریب رقم سوم	تلرانس
بیرنگ	-	-	20 %
نقره‌ای	-	10^{-2}	(+/-)10%
طلائی	-	10^{-1}	(+/-)5%
سیاه	0	10^{0}	(+/-)20%
قهوه‌ای	1	10^{1}	(+/-)1%
قرمز	2	10^{2}	(+/-)2%
نارنجی	3	10^{3}	-
زرد	4	10^{4}	-
سبز	5	10^{5}	(+/-)0.5%
آبی	6	10^{6}	-
بنفش	7	10^{7}	-
خاکستری	8	10^{8}	-
سفید	9	10^{9}	-

۲- خازن

۲-۱- خازن‌های الکترولیت

این خازن‌ها برای ظرفیت C=0.47μF.....,470 000 µF و ولتاژهای قابل تحمل V=9 V.....500 V ساخته می‌شوند و راندمان خوبی ندارند و در هنگام به کارگیری این خازن‌ها لازم است قطب‌های مثبت و منفی آنها را تشخیص داده و به شکل درست، با در نظر گرفتن پلاریته در مدار قرار گیرد.در پاره‌ای مواقع، بعلت جریان نشتی خازن‌ها و تغییر مشخصات داخلی آنها (به مرور زمان) نتایج حاصل خطا خواهند داشت.

۲-۲- خازنهای سرامیکی

این خازنها برای طرفیتهای C = 1 PF ..... 500 PF و ولتاژهای قابل تحمل V=12V, 250 ,500 V ساخته می‌شوند این خازنها به دو صورت عدسی و لوله‌ای موجود می‌باشند و اکثر ظرفیت و ولتاژ قابل تحمل خازن ها روی آنها نوشته شده است. ظرفیت های عددی نوشته شده بر روی این خازنهای عدسی همگی برحسب پیکوفاراد است . رقم اول و دوم، دو رقم

اول ظرفیت و رقم سوم تعداد صفرهای آن می‌باشد، حروف ذکر شده در مقابل عدد مذکور درتعیین ظرفیت آن دخالتی ندارد، هر گاه ظرفیت خازن بصورت صدم، و دهم ذکر شود واحد آن میکروفاراد است که با علامت **M** ضمیمه می‌گردد.

۲-۲-۲- خازن‌های لوله‌ای

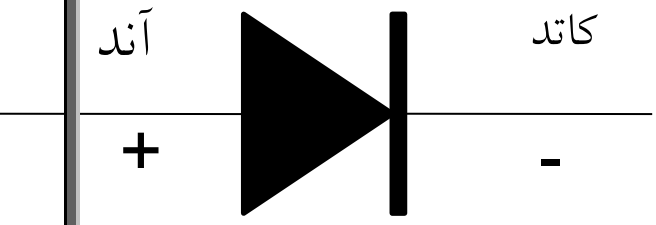
ظرفیت این خازنها مانند مقاومتها با رنگ مشخص می‌شوند. چنانچه ۵ رنگ آنها رسم شده باشد، رنگ اول ضریب حرارتی رنگ پنجم تلرانس و ۳ رنگ وسط مانند مقاومت تعیین کننده مقادیر خازن است.

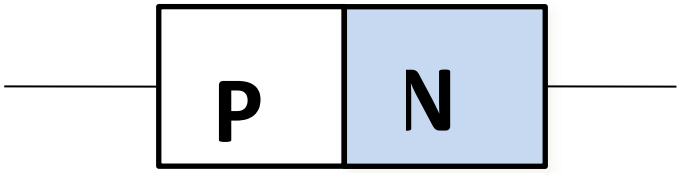
آزمایش اول:

آ شنایی با دیود و رسم منحنی مشخصه ی آن، استفاده از دیود به عنوان مقاومت خطی کنترل شونده و استفاده ازآن به عنوان یک تقویت کننده با بهره قابل کنترل(AGC)

مقدمه:

یک دیود نیمه هادی در واقع یک اتصال **P-N** است که به دو سر آن دو قطعه سیم فلزی جهت وصل به مدار خارجی متصل گردیده و مجموعه در داخل یک پوشش مناسب قرار داده شده است.در شکل زیر نمایش شماتیک ساختمان یک دیود نیمه هادی و در شکل سمت چپ علامت مداری آن نشان داده شده است. سر طرف **P** را اصطلاحا قطب مثبت یا آند و سر طرف **N** را قطب منفی یا کاتد می نامند.





با اتصال این پیوند **P-N** به یک ولتاژ خارجی **می‌توانیم** در آن جریان داشته باشیم، اگر طرف **P** را به قطب مثبت ولتاژ و طرف **N** را به قطب منفی ولتاژی وصل کنیم، بایاس مستقیم دیود را داریم ودر این حالت جریان I_D از رابطه زیر از دیود خواهد گذشت.

$$I_D = I_S\left(e^{\frac{V_D}{\eta V_T}} - 1\right)$$

V_Dولتاژ دو سر دیود و V_T حدودا ۲۶ میلی ولت است. I_S جریان اشباع معکوس دیود است. در بایاس مستقیم عرض ناحیه تهی کم می شود و جریان به صورت نمایی با ولتاژ افزایش می یابد ولی در بایاس معکوس عرض ناحیه تخلیه زیاد می شود لذا جریان ناچیز I_S از آن عبور می‌کند.

معمولا برای تشخیص پایه‌های دیود شرکت سازنده روی دیود علائمی را قرار می‌دهد تا بتوان آند را از کاتد تشخیص داد. در دیودهای معمولی در طرف کاتد یک نوارخاکستری رنگ قرار می‌دهند.

مقاومت دیود

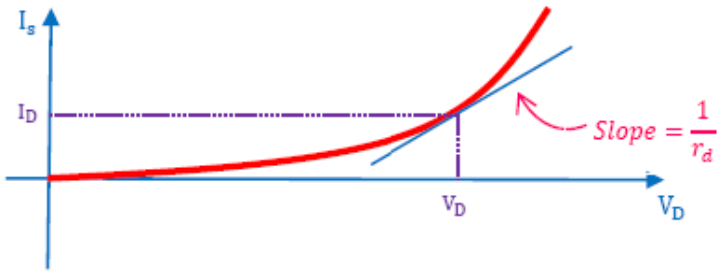
برای دیود دو نوع مقاومت تعریف می‌شود، مقاومت استاتیکی R_S و مقاومت دینامیکی r_d که با روابط زیر نشان داده شده اند.

$$R_S = \frac{V_D}{I_D}$$

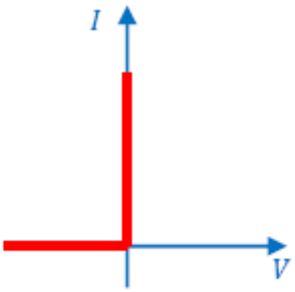
$$r_d = \frac{dv_D}{di_D} = \frac{\eta V_T}{I_D}$$

مقاومت استاتیکی : نسبت ولتاژدیود به جریان آن است و در نقاط کاری دیود متفاوت است.(با مقادیر DC دیود به دست می آید.)

مقاومت دینامیکی : ناشی از تغییرات ولتاژ دو سر دیود به تغییرات جریان گذرنده از آن است و این مقاومت همان عکس مشخصه دیود در هر نقطه آن است (مقادیر ac)

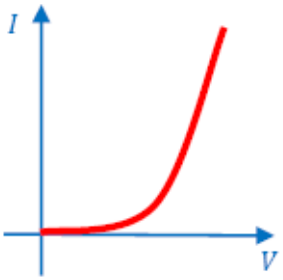


مشخصه کاری دیود (مشخصه مدل ایده آل): در این مدل از مقادیر پتانسیل ناشی از سد پتانسیل، صرف نظر شده و در بایاس مستقیم دیود مانند یک سیم و در بایاس معکوس به صورت مدار باز در نظر گرفته می شود.



مشخصه واقعی دیود :

در این مشخصه در گرایش مستقیم تا ولتاژ خاصی که ولتاژ آستانه نامیده می شود هدایت نداریم و پس از آن رفته رفته جریان قابل ملاحظه شده و افزایش می یابد. گرایش معکوس آن هم در شکل زیر نشان داده شده است.



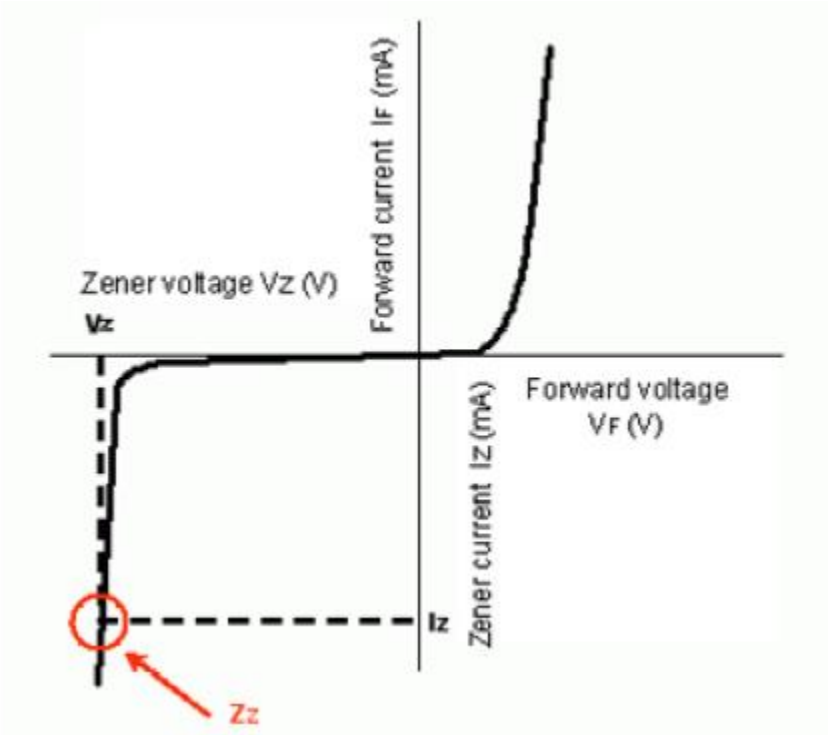
تشخیص قطب های دیود

توسط مولتی متر که در مد دیود قرار گرفته با اتصال سیم قرمز به آند وسیم مشکی به کاتد عددی در حدود 0.6 ولت روی صفحه خوانده می شود که همان ولتاژ آستانه هدایت است ودیود در مسیر جریان یا گرایش مستقیم قرار دارد. با تعویض سیم ها، مولتی متر نباید عددی نشان دهد یعنی در ناحیه قطع جریان وگرایش معکوس است. اگر در هر دوجهت عددی نمایش داده شود یعنی دیود اتصال کوتاه شده ودر هر دوجهت جریان عبور می دهد.واگر در قرار دادن سیم های مولتی متر در هر دو حالت عددی نمایش داده نشود به معنی مدار باز شدن دیود است.

دیود زنر

دیود زنر مانند دیود معمولی از دو نیمه هادی نوع **n** و **p** ساخته می‌شود. دیود زنر در بایاس مستقیم مانند دیود معمولی عمل می‌کند اما این دیود در بایاس معکوس رفتاری متفاوت از خود بروز می‌دهد. برخلاف دیود معمولی، دیود زنر در بایاس معکوس هدایت می‌کند. ولتاژی که دیود زنر در بایاس معکوس در آن شروع به هدایت می‌کند، به ولتاژ شکست معروف است. دیود زنر پس از اینکه وارد ناحیه شکست خود شد، ولتاژ دو سرش ثابت می‌ماند اما جریانش می‌تواند زیاد شود. البته در ناحیه شکست جریانی که از دیود زنر عبور خواهد کرد نباید از حد معینی بیشتر شود. از این خاصیت دیود زنر برای ثابت نگه داشتن ولتاژ در رگولاتورهای ولتاژ استفاده می‌شود.

دیودهای زنر را با ولتاژهای شکست متفاوت می‌سازند. مانند 2.4_V , 3_V , 4.7_V , 5.6_V , ...



دیود نوردهنده LED

مختصر شده LIGHT EMITTING DIODE به معنی دیود منتشر کننده نور می باشد، این دیود از دو نوع نیمه هادی P و N تشکیل شده است . هر گاه این دیود ، در بایاس مستقیم ولتاژی قرار گیرد و شدت جریان به اندازه کافی باشد ، دیود ، از خود نور تولید می کند . نور تولید شده در محل اتصال دو نیمه هادی تشکیل می شود.. نور تولیدی بستگی به جنس به کار برده شده در نیمه هادی دارد . مزایای این لامپ بر لامپ های معمولی عبارتند از :

۱- کوچک بودن و نیاز به فضای کم

۲- محکم بودن و داشتن عمر طولانی (حدود صد هزار ساعت کار)

۳- قطع و وصل سریع نور

٤- تلفات حرارتی کم

٥- ولتاژ کار کم ، بین ۱,۷ ولت تا ۳,۳ ولت

٦- جریان کم حدود چند میلی آمپر با نور قابل رویت

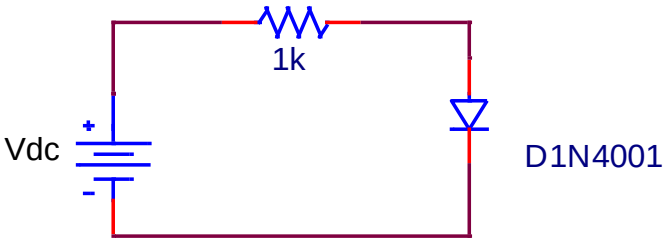
۷- توان کم ، حدود ۱۰ تا ۱۵۰ میلی وات

روش انجام آزمایش

۱-۱) رسم منحنی مشخصه دیود معمولی در بایاس مستقیم و استفاده از دیود به عنوان مقاومت خطی کنترل شونده

الف) **تست دیود** : با قراردادن مولتی متر در حالت تست دیودی پایه های آند و کاتد دیود را مشخص نموده واز سا لم بودن آن اطمینان حاصل نمایید.

ب) مداری را مطابق شکل زیر بر روی بردبورد ببندید.



با تغییر دامنه منبع ولتاژ V_{dc} جدول زیر را کامل کنید.

V_{dc}	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	0.9	1	3	5	10	15
V_D													
I_D													
R_D													

ج) با استفاده از نرم افزار مناسب و با وارد کردن نقاط به دست آمده از جدول بالا مشخصه جریان- ولتاژ دیود را رسم نمایید.

ح)با توجه به جدول بالا استفاده از دیود به عنوان مقاومت خطی کنترل شونده را توجیه کنید.

د) با استفاده از برازش منحنی، مدل خطی دیود را به دست آورده و مقاومت هدایت و ولتاژ آستانه هدایت را به دست آورید.

ذ) ولتاژ شروع هدایت دیود مورد آزمایش چقدر است ؟ با توجه به ولتاژ شروع هدایت ، دیود سیلیکونی است یا ژرمانیومی ؟

ر) چگونه میتوان مقادیر η و I_S را برای این دیود با استفاده از نتایج حاصله از بند ب محاسبه کرد؟ آنها را به دست آورید.

۱-۲)استفاده ازدیود به عنوان یک تقویت کننده با بهره قابل کنترل(AGC)

مقدمه

چنانچه دیود را در ناحیه ای از مشخصه آن که نسبتا خطی است بایاس کنیم و سیگنال اعمال شده به دوسر آن نسبتا کوچک باشد، دیود از خود مشخصه یک مقاومت خطی را بروز می دهد رسانایی یک دیود با مشتق گیری از رابطه جریان – ولتاژ آن قابل محاسبه است :

$$I_D = I_S\left(e^{\frac{V_D}{\eta V_T}} - 1\right)$$

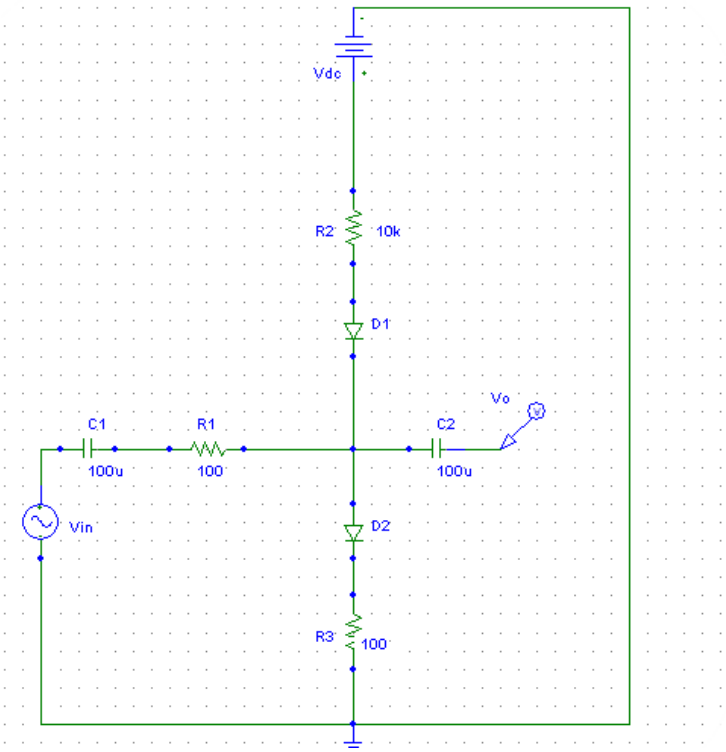
$$g_m = \frac{1}{r_d} = \frac{I_S}{\eta V_T} e^{V_D/(\eta V_T)}$$

$$r_d = \frac{\eta V_T}{I_D}$$

از رابطه فوق پیداست که مقاومت دینامیکی که یک دیود از خود نشان می دهد با جریان نقطه کار آن رابطه معکوس دارد.در بسیاری از مدارها که ورودی آنها سیگنال کوچک ac است ،دیودها توسط منابع dc در نقطه کار مناسب قرار داده می شوند و در نتیجه به مثابه یک مقاومت رفتار می کنند.نمونه این مدارها مدار کنترل اتوماتیک بهره می باشد که در این مدار از تغییر مقاومت دینامیکی دیود در اثر تغییر نقطه کار دیود جهت کنترل بهره استفاده می شود.در این دسته از مدارها که اصطلاحا به کنترل dc بهره شهرت دارند، با تغییر جریان نقطه کار دیود می توان میزان تضعیف سیگنال ac از ورودی به خروجی را به نحو مناسب کنترل کرد.

شرح آزمایش

مدار زیر برای کنترل اتوماتیک بهره به کار می رود.ابتدا نحوه ی عملکرد آن را تحلیل نمایید.سپس مقدار بهره ی مدار را طبق جدول زیر برای هر کدام از مقادیر dc محاسبه نمایید و مدار معادلac را ترسیم کنید .(تحویل جهت پیش گزارش) سپس مدار شکل مقابل را در آزمایشگاه بسته و جدول زیر را با اندازه گیری ورودی و خروجی برای هر کدام از مقادیر dc کامل کنید .



Vdc	Vin	Vo	$A_v=V_o/V_i$
0			
1			
2			
3			
4			
10			

آزمایش دوم

آشنایی با ترانزیستور و طراحی یک تقویت کننده امیتر مشترک

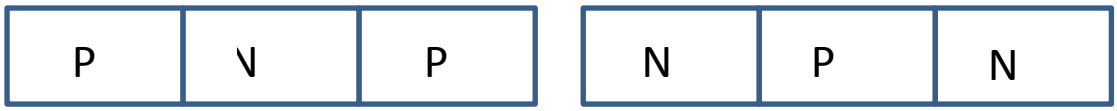
مقدمه

ترانزیستور معمولی یک المان الکترونیکی است که از سه قطعه نیمه هادی نوع **N** و **P** که در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند تشکیل شده است. ترتیب قرار گرفتن نیمه هادی ها در کنار هم می تواند به دو صورت انجام پذیرد:

الف) دو قطعه نیمه هادی نوع **N** در دو طرف و نیمه هادی نوع **P** در وسط

ب) دو قطعه نیمه هادی نوع **P** در دو طرف و نیمه هادی نوع **N** در وسط

در حالت اول ترانزیستور را **NPN** و در حالت دوم **PNP** می نامند.(شکل زیر)

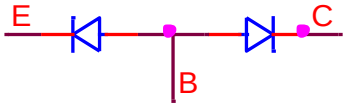


ترانزیستور NPN **ترانزیستور PNP**

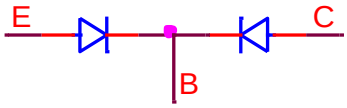
پایه های خروجی ترانزیستور را به ترتیب امیتر ، بیس و کلکتور نامگذاری کرده‌اند.

هر ترانزیستور دارای سه پایه و دو پیوند می باشد. هر پیوند را می توان به صورت یک دیود نشان داد.

در نتیجه معادل دیودی یک ترانزیستور می‌تواند به صورت دو دیود مطابق شکل زیر نشان داده شود.



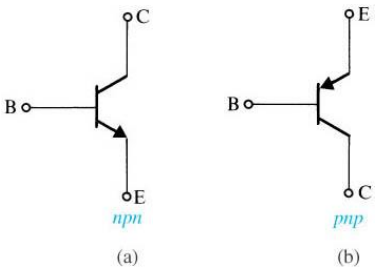
الف) ترانزیستور **NPN**



ب) ترانزیستور **PNP**

علائم مداری

ترانزیستور با علامت مداری زیر نشان داده می‌شود.



بایاسینگ ترانزیستور

برای اینک بتوان از ترانزیستور به عنوان تقویت کننده ولتاژ، جریان و یا قدرت استفاده کرد لازم است ابتدا بر حسب مشخصات و نوع ترانزیستور ولتاژهای لازم DC را به پایه‌های امیتر، بیس و کلکتور آن با توجه به نقطه کار مورد نظر اعمال کرد، به این کار اصطلاحاً بایاس کردن ترانزیستور و یا بایاسینگ می‌گویند. برای بایاس ترانزیستور در ناحیهٔ فعال، باید دیود کلکتور - بیس به طور معکوس بایاس شود و دیود امیتر - بیس به طورمستقیم. انواع روش های بایاس ترانزیستور عبارتند از:

۱) بایاس ثابت یا خود بایاس

۲) بایاس اتوماتیک

۳) بایاس مقسم ولتاژ

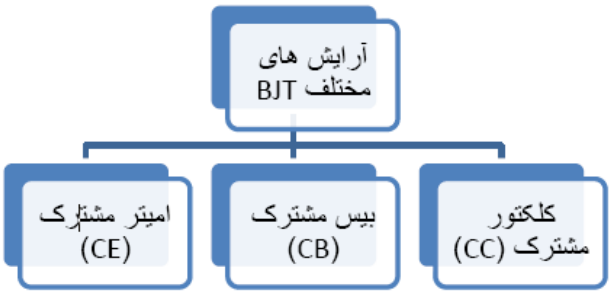
در روش بایاس مقسم ولتاژ نقطه کار کاملا از β و حرارت مستقل بوده و ثبات بهتری نسبت به دو روش دیگر بایاس دارد و لذا ما از این روش برای بایاسینگ ترانزیستور استفاده خواهیم کرد.

چگونگی تشخیص پایه‌های ترانزیستور

برای تشخیص پایه های ترانزیستور می توان از تست دیودهای اتصالات B-E و B-C استفاده کرد، به این ترتیب که باید ابتدا مولتی متر را روی حالت تست دیودی قرار دهیم و بدین صورت که در نوع NPN با اتصال بیس به قطب مثبت مولتی‌متر ، و قطب منفی به دو پایه دیگر اتصالات بیس - امیتر و بیس - کلکتور، هردو ولتاژ کمتر از یک (ولتاژ آستانه پیوند P-N) را نشان می‌دهند، یکی از این ولتاژها کمتر از دیگری خواهد بود ولتاژ کمتر مربوط به اتصال بیس- کلکتور است و در نوع PNP همین وضعیت با اتصال قطب منفی مولتی متر به بیس رخ خواهد داد.

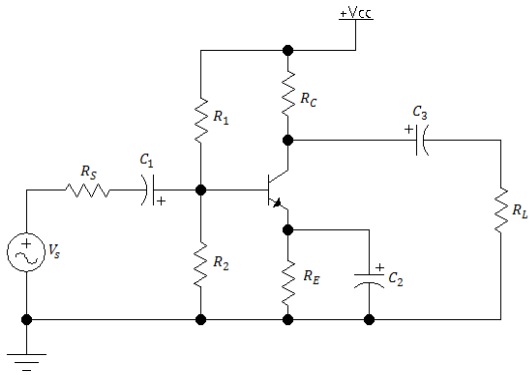
تقویت سیگنال های AC

یک ترانزیستور BJT در سه آرایش مختلف تقویت در مدار مورد استفاده قرار می گیرد. که عبارتند از : CE، CB و CC که هر یک از این آرایش ها ویژگی ها و کاربردهای خاصی را دارا می باشند.



الف)تقویت کننده امیتر مشترک (CE)

پر کاربرد ترین تقویت کننده ترانزیستوری می باشد ، در این تقویت کننده ورودی به بیس و خروجی از کلکتور گرفته می شود.



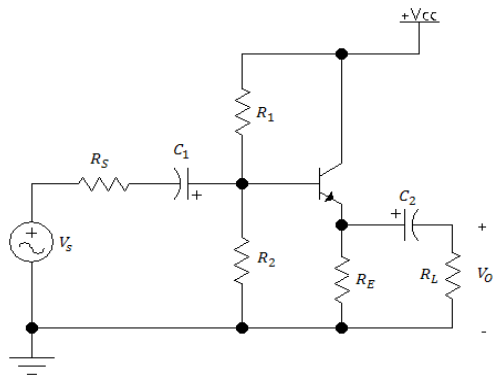
تقویت کننده امیتر مشترک

خصوصیات عمده تقویت کننده امیتر مشترک

تنها تقویت کننده ای است که می‌تواند هم بهره ولتاژ و هم بهره جریان بزرگتر از واحد داشته باشد. و امپدانس ورودی و خروجی آن تقریبا متوسط است . با چند طبقه از آنها بهره ولتاژ افزایش یافته پس در طبقات میانی تقویت کننده‌های چند طبقه به کار می‌رود.

ب)تقویت کننده کلکتور مشترک (C-C)

در این تقویت کننده ورودی به بیس و خروجی از امیتر گرفته می‌شود. شکل مداری این تقویت کننده در زیر مشاهده می‌شود.



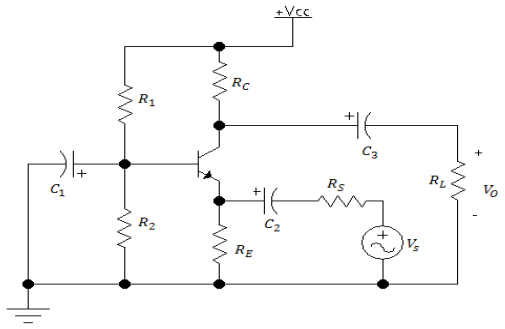
خصوصیات عمده تقویت کننده کلکتور مشترک

بهره جریان زیاد و بهره ولتاژ نزدیک به واحد دارای مقاومت ورودی زیاد و مقاومت خروجی کم می باشد.

به خاطر مقاومت خروجی کم، اکثرا به عنوان بافر در طبقه خروجی استفاده می شود.(برای تطبیق با مقاومت های بار کوچک).

ج)تقویت کننده بیس مشترک

در این تقویت کننده سیگنال ورودی به امیتر اعمال می‌شود و خروجی از کلکتور ترانزیستور گرفته شده است . شکل مداری این تقویت کننده در زیر مشاهده می‌شود.



خصوصیات عمده تقویت کننده بیس مشترک

بهره ولتاژ بزرگ و بهره جریان نزدیک به واحد

مقاومت ورودی کم و مقاومت خروجی زیاد

اکثرا برای تقویت ولتاژ در فرکانس های بالا به کار می رود.

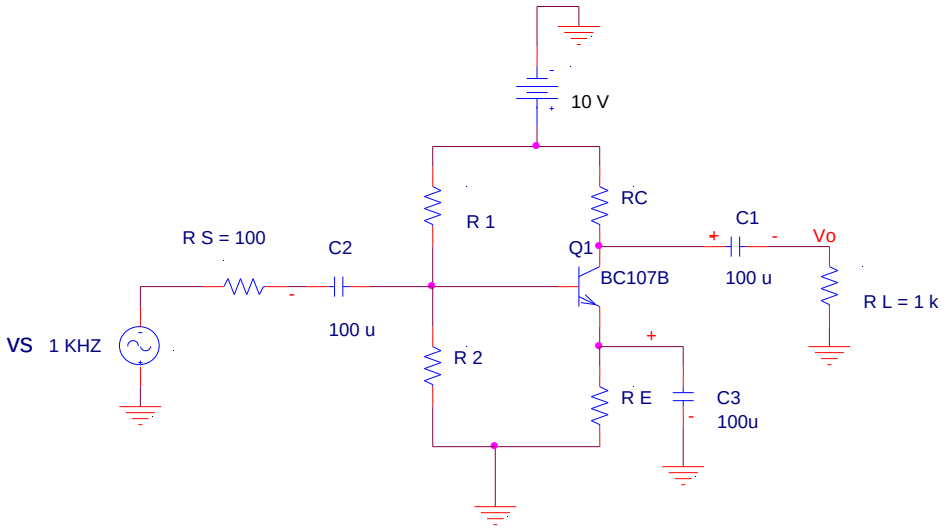
شرح آزمایش

آشنایی با ترانزیستور و طراحی یک تقویت کننده امیتر مشترک

۱) یک ترانزیستور **BC107B** بردارید و یک بار به کمک مولتی‌متر پایه‌های آن را مشخص نمایید و یک باردیگر به کمک کاتالوگ این ترانزیستور، پایه‌های آن را شناسایی نمایید. این ترانزیستور **npn** است یا **pnp** ؟برای اطمینان از سالم بودن ترانزیستور چگونه عمل می‌نمایید ؟

۲) یک تقویت کننده امیتر مشترک به صورت داده شده در شکل زیر (بایاس مقسم ولتاژ) طراحی نمایید که دارای نقطه کار (V_{CE}=5 V , I_C=2 mA) باشد. طراحی مدار را به گونه‌ای انجام دهید که مستقل از β باشد.

راهنمایی: مقاومت امیتر را ۱۰۰ اهم و Vcc= 10v فرض نمایید و h_{FE} ترانزیستور را از کاتالوگ (در انتهای دستور کار موجود است) برای نقطه کار داده شده مشخص کنید. (طراحی را بدون در نظر گرفتن مقاومت بار انجام دهید.)



راهنمایی:

چنانچه بخواهیم بایاس مدار کاملا مستقل از β باشد در بایاس مقسم ولتاژ رابطه زیر را خواهیم داشت :

$$R_{B1} \parallel R_{B2} \ll \beta R_E$$

$$\text{تقریباً } R_{B1} \parallel R_{B2} = \frac{1}{10}\beta R_E$$

الف) پس از بستن مدار طراحی شده بر روی بردبورد نقطه کار مدار را اندازه گیری نموده و β را ترانزیستور را به دست آورید. در صورت لزوم مقادیر مقاومتها را برای رسیدن به بایاس مورد نظر اصلاح کنید.

IC	VCE	β

ب) با اعمال ولتاژ سینوسی با دامنه ۱۰ میلی ولت و فرکانس ۱ کیلو هرتز به ورودی تقویت کننده، شکل موج خروجی و اختلاف فاز آن را با شکل موج ورودی مشاهده نمایید. آیا شکل موج خروجی سینوسی است؟

در صورت سینوسی نبودن شکل موج خروجی چه باید کرد؟

ج) پس از مشاهده شکل موج سینوسی در خروجی، بهره ولتاژ، بهره جریان ، مقاومت ورودی و خروجی این تقویت کننده را اندازه گیری نمایید و در گزارش کار با مقادیر تئوری مقایسه کنید.

راهنمایی: برای اندازه گیری مقاومت خروجی و ورودی در آزمایشگاه از روابط زیر استفاده نمایید.

$$R_o = \frac{V_{ONL} - V_{OL}}{V_{OL}} \times R_L$$

$$R_i = \frac{V_i}{V_s - V_i} \times R_s$$

	تئوری مقدار	عملی مقدار
Av		
AI		
Ri		
Ro		

آزمایش سوم:

طراحی تقویت کننده کلکتور مشترک

مقدمه

مدار کلکتور مشترک علاوه برتقویت جریان، به عنوان مبدل امپدانس کاربرد زیادی دارد، زیرا دارای امپدانس ورودی بسیار بزرگ و امپدانس خروجی خیلی کوچک است.برای تطبیق منبع با امپدانس بالا به باری که امپدانس کوچکی دارد از این مدار می‌توان استفاده کرد. معمولا ترانزیستورهای آخرین طبقه یک تقویت کننده صوتی که مقاومت بار کوچکی دارند، از این آرایش برخوردارند. مدار بیس مشترک تقویت جریان ندارد اما دارای بهره ولتاژی شبیه امیتر مشترک است. با این تفاوت که دارای امپدانس ورودی کوچکتر از امیتر مشترک و امپدانس خروجی بزرگتر از آن است. یکی از ویژگی‌های آرایش بیس مشترک باند فرکانسی وسیع آن می‌باشد.

در یک تقویت کننده سری **n** طبقه ، کلیه طبقات میانی از نوع امیتر مشترک هستند و طبقات اول و آخر بسته به امپدانس ها ی منبع و بار تعیین می‌شوند.

نکاتی جهت طراحی مدارات ترانزیستوری

الف) چنانچه بخواهیم دامنه نوسانات متقارن سیگنال حداکثر شود، لازم است نقطه کار وسط خط بار acباشد.براین اساس نقطه کار ترانزیستور از دو رابطه زیر به دست می آیند (از روش ترسیمی) :

$$I_{CQ} = \frac{V_{CC}}{R_{ac} + R_{dc}}$$

$$V_{CEQ} = \frac{V_{CC}\, R_{ac}}{R_{ac} + R_{dc}}$$

ب) چنانچه بخواهیم بایاس مدار کاملا مستقل از β باشد در بایاس مقسم ولتاژ رابطه زیر را خواهیم داشت :

$$R_{B1} \parallel R_{B2} \ll \beta R_E$$

تقریباً $R_{B1} \parallel R_{B2} = \frac{1}{10}\beta R_E$

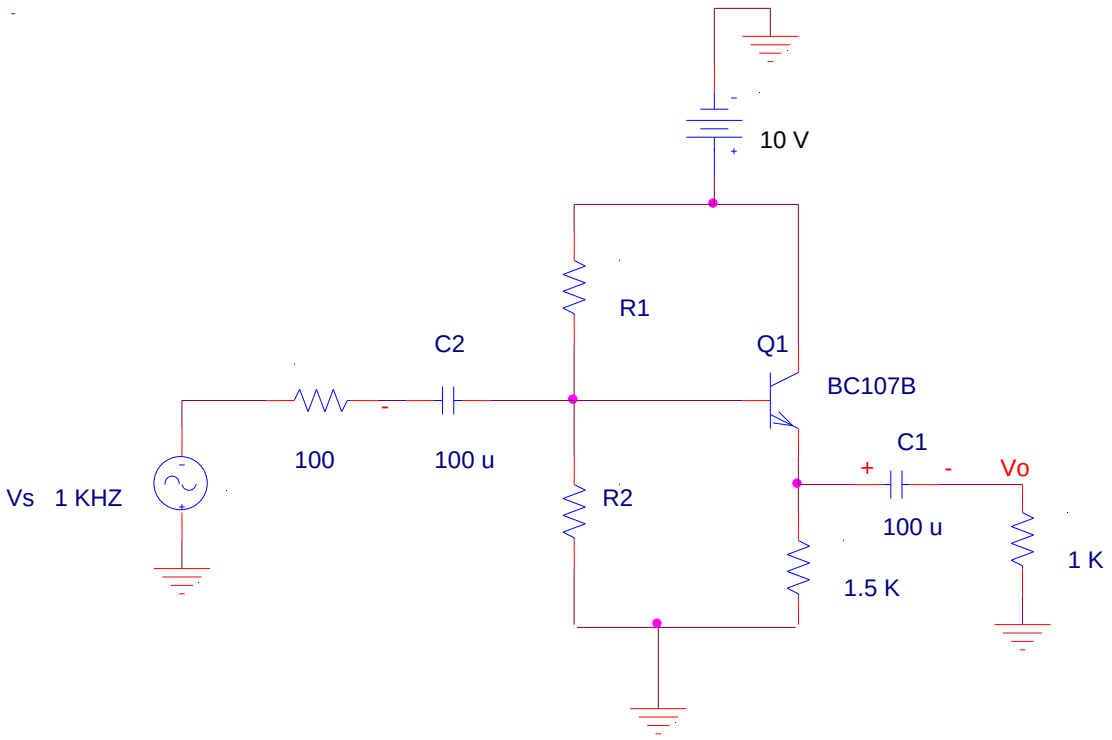
شرح آزمایش

طراحی یک تقویت کننده کلکتور مشترک

الف) در مدار شکل زیر مقادیر مقاومت‌ها را طوری طراحی کنید که دامنه نوسانات متقارن خروجی حداکثر شده و نقطه کار پایداری خوبی داشته باشد.

مدار را بسته و مقادیر مقاومت‌ها را برای رسیدن به بایاس مورد نظر اصلاح کنید.

نقطه کار مدار و ضریب β را اندازه گیری نمایید. (جدول زیر را پر نمایید.)



IC	VCE	β

ب) با اعمال ولتاژ سینوسی فرکانس ۱ کیلو هرتز و دامنه مناسب به ورودی تقویت کننده، شکل موج خروجی مشاهده نمایید.در صورت سینوسی نبودن شکل موج خروجی چه باید کرد؟ حداکثر دامنه نوسانات متقارن خروجی در این مدار چقدر است؟

Vo	
Vi	
Vomax	

ج)بهره ولتاژ، بهره جریان، مقاومت ورودی و مقاومت خروجی این تقویت کننده را اندازه‌گیری کرده و با مقادیر تئوری مقایسه نمایید. بهره ولتاژ مدار بدون بار چقدر است؟

	تئوری مقدار	عملی مقدار
AV		
AVNL		
AI		
Ri		
Ro		

راهنمایی: برای اندازه گیری مقاومت خروجی و ورودی در آزمایشگاه از روابط زیر استفاده نمایید.

$$\mathrm{R_o} = \frac{V_{ONL} - \mathrm{V_{OL}}}{\mathrm{V_{OL}}} \times R_L$$

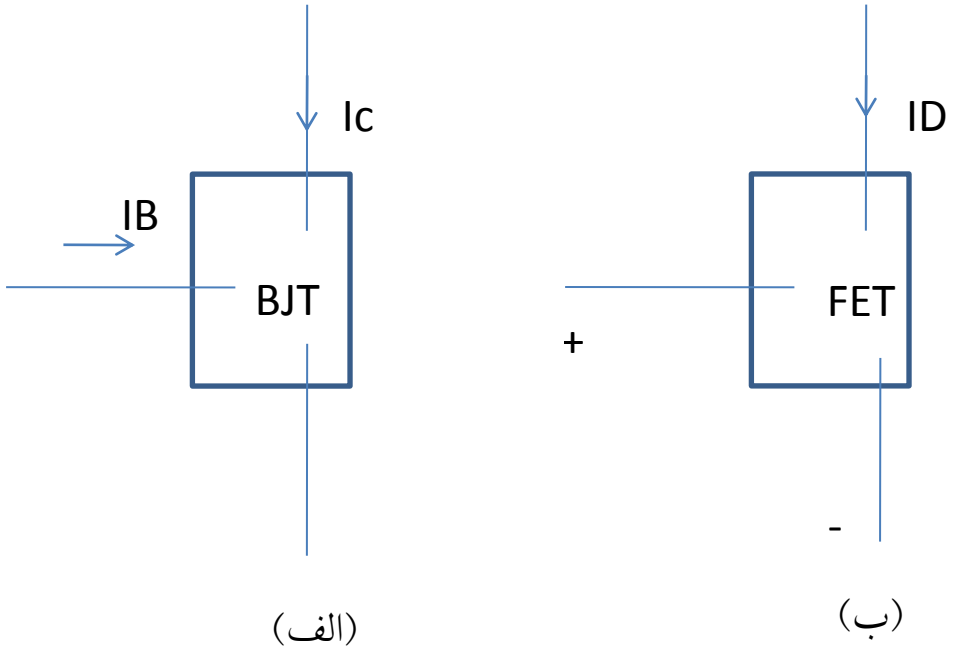
$$\mathrm{R_i} = \frac{V_i}{\mathrm{V_s} - \mathrm{V_i}} \times \mathrm{R_s}$$

آزمایش چهارم:

بررسی مشخصه JFET و بررسی تقویت کننده سورس مشترک

مقدمه

ترانزیستور اثر میدانی (یه به اختصار FET) قطعه ای سه پایه است که در موارد بسیاری به کار می رود و در مقیاس وسیعی با ترانزیستور BJT رقابت می کند. اگر چه اختلافات مهمی بین این دو قطعه وجود دارد اما تشابه بسیاری نیز بین آنها وجود دارد. اختلاف نخست بین این دو ترانزیستور در آن است که ترانزیستور یک قطعه کنترل جریان است ، در حالیکه ترانزیستور همانگونه که در شکل زیر مشاهده می کنید یک قطعه کنترل ولتاژ است.

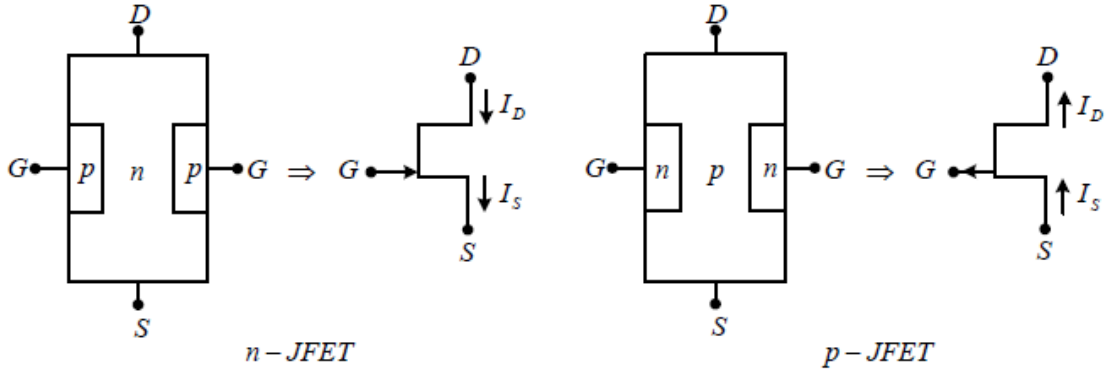


الف)تقویت کننده کنترل جریان ب) تقویت کننده کنترل ولتاژ

درست مانند ترانزیستورهای npn و pnp قطبی، ترانزیستورهای اثر میدانی نیز از دو نوع کانال n و p هستند.یکی از مهم ترین شاخصه های FET امپدانس ورودی زیاد آن است. مقاومت ورودی آن در اندازه‌های ۱ تا چند صد اهم از مقاومت ورودی ترانزیستور BJT بیشتر است. به طور کلی FET ها در مقابل حرارت با ثبات تر ازBJT ها هستند. معمولا از نظر ساختمان از BJTها کوچکترند و این امر به طور ویژه کاربردشان را در تراشه های مدار مجتمع (آی سی) کارآمد می‌سازد. این ترانزیستورها نسبت بهBJT از سرعت کمتری برخوردارند ولی مزیت های دیگر آن از قبیل اشغال فضای کمتر تولید آسانتر و هزینه کمتر آنها را از جنبه اقتصادی مورد توجه قرار داده است.

معرفی JFET

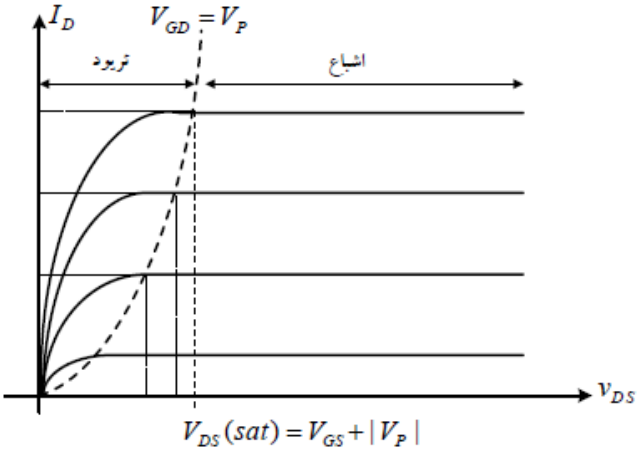
ترانزیستور $JFET$ یک قطعه الکترونیکی است که دارای سرهای گیت (G)، سورس (S) و درین (D) می‌باشد. در الکترونیک به دلیل مقاومت ورودی بسیار بزرگ، پایداری حرارتی خوب و تولید نویز کم بسیار استفاده می‌شود. این مزایا سبب شده است تا از آن در ساختمان مدارهای مجتمع استفاده شود. این نوع ترانزیستورها از نظر ساختمان با BJT تفاوت دارند و بر دو نوع $n-JFET$ و $p-JFET$ می‌باشند که ساختمان آن‌ها درشکل زیر نشان داده شده است:



برخلاف BJT ساختمان $JFET$ کاملاً متقارن است و می‌توان جای سورس و درین را عوض نمود. اینکه کدامیک سورس و کدامیک درین است به ولتاژی است که به این پایه‌ها اعمال می‌شود. به طور مثال در $n-JFET$، پایه‌ای که ولتاژ آن بزرگتر است، درین و دیگری سورس می‌باشد. به عبارت دیگر در $n-JFET$، $V_D > V_S$ و در $p-JFET$، $V_S > V_D$

نواحی کار JFET

در شکل زیر مشخصه جریان - ولتاژ $JFET$ نشان داده شده است.



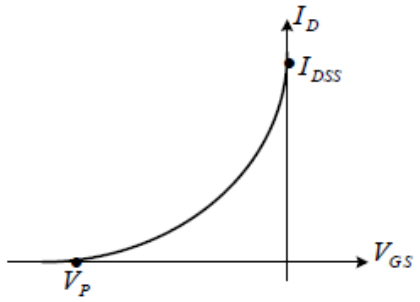
به $V_{DS}(sat) = V_{GS} + |V_P|$ ولتاژ موثر می‌گویند و مقدار V_{DS}ای است که با ازای آن فشردگی کانال رخ می‌دهد. از طرفی به مقدار ولتاژ V_{GD} که به ازای آن به فشردگی کانال رخ می‌دهد را V_P یا ولتاژ فشردگی $(Pinchoff)$ می‌گویند. با توجه به مشخصه جریان - ولتاژ نواحی کار $n-JFET$ به صورت زیر است:

۱- ناحیه اشباع (فعال) : درصورتی که $V_{DS} \geq V_{DS}(sat)$ و در این حالت رابطه‌ی جریان درین به صورت زیر می‌باشد:

$$I_D = I_{DSS}(1-\frac{V_{GS}}{V_P})^2$$

واضح است که اگر در این حالت $V_{GS}=0$ باشد، $I_D = I_{DSS}$ خواهد شد و همچنین اگر $I_D = 0$ باشد، $V_{GS} = V_P$ می‌شود.

از این نکته می‌توان جهت اندازه‌گیری I_{DSS} و V_P استفاده نمود. نمودار $I_D - V_{GS}$ در شکل زیر نشان داده شده است:



۲- ناحیه تریود (خطی): درصورتی که $V_{DS} < V_{DS}(sat)$ و در این حالت رابطه‌ی جریان درین به صورت زیر می‌باشد:

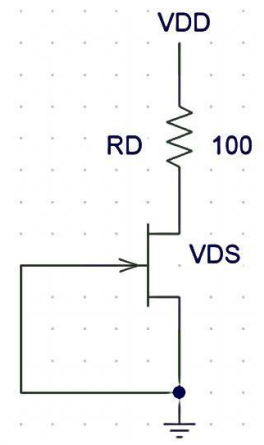
$$I_D = I_{DSS}\left[2(1-\frac{V_{GS}}{V_P})\frac{V_{DS}}{V_P} - (\frac{V_{DS}}{V_P})^2\right]$$

در هر دو ناحیه برای اینکه ترانزیستور روشن باشد باید $V_{GS} \geq -|V_P|$ باشد و اگر $V_{GS} < -|V_P|$ باشد، ترانزیستور قطع می‌شود.

شرح آزمایش

الف : رسم منحنی مشخصه خروجی به ازای $V_{GS}=0$

با مراجعه به کاتالوگ JFET 2N3819 مشخصه خروجی و مقادیر V_P و I_{DSS} را استخراج نمایید. سپس مداری مطابق شکل زیر را بر روی بردبورد ببندید.



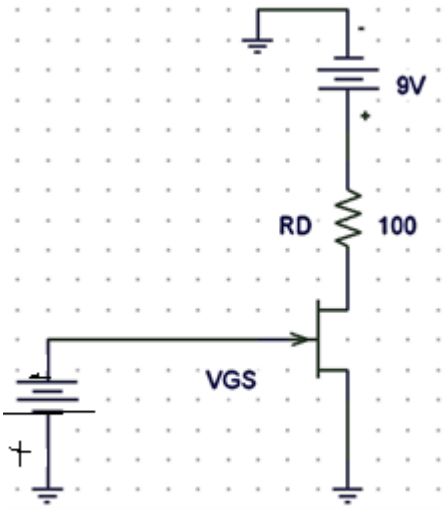
مشخصه I_D بر حسب V_{DS} را در حالت اتصال کوتاه بودن گیت با تغییر V_{DD} به صورت نقطه یابی به دست آورده و رسم کنید.

V DD	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
VRD											
ID=VRD/100											

ب : رسم منحنی مشخصه انتقالی JFET

با مراجعه به کاتالوگ JFET 2N3819 مشخصه انتقالی را استخراج نمایید.

سپس مداری مطابق شکل صفحه بعد بر روی بردبورد ببندید.



مشخصه انتقالی JFET را با تغییر ولتاژ گیت – سورس به دست آورید.(طبق جدول).

V GS	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2.5	-2	-1.5	-1	-0.5	0
VRD												
ID=VRD/100												

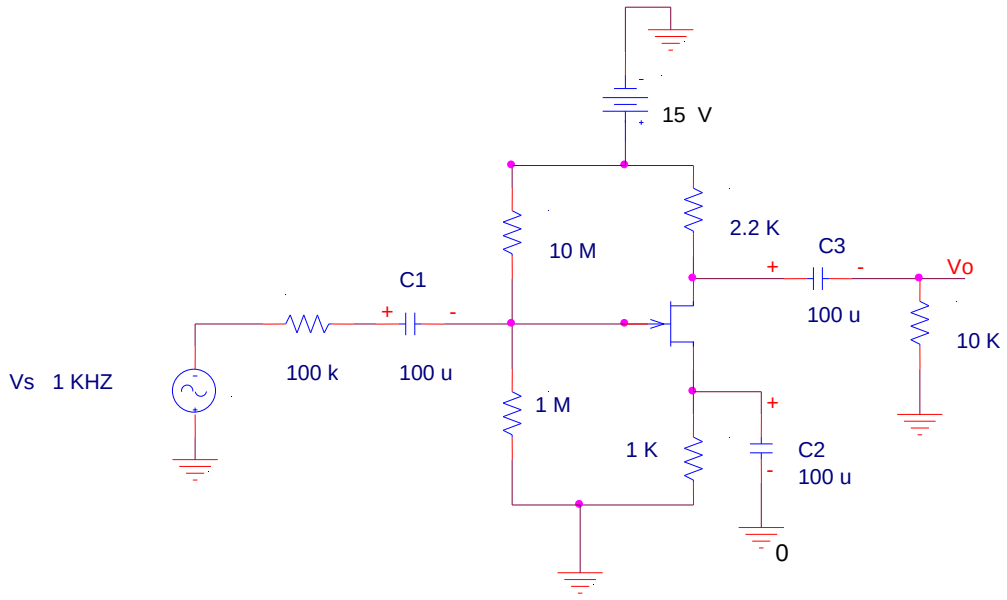
از دو آزمایش اول و دوم I_{DSS} ، V_P را به دست آورید.

V_P	
I_{DSS}	

ج : بررسی تقویت کننده سورس مشترک

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

۱) ابتدا مدار تقویت کننده صفحه بعد بر روی برد بورد بسته و نقطه کار ترانزیستور را اندازه گیری نمایید و با مقادیر تئوری مقایسه کرده و ناحیه کاری ترانزیستور را مشخص کنید.



I_D	V_{GS}

۲) با اعمال ولتاژ سینوسی با فرکانس و دامنه مناسب به ورودی تقویت کننده، شکل موج خروجی مشاهده نمایید. پس از اطمینان از سینوسی بودن خروجی مقادیر بهره ولتاژ، بهره جریان، مقاومت ورودی و مقاومت خروجی این تقویت کننده را اندازه‌گیری کرده و با مقادیر تئوری مقایسه نمایید.

	مقدار تئوری	مقدار عملی
Av		
AI		
Ri		
Ro		

آزمایش پنجم:

سوئیچ ترانزیستوری

مقدمه

کاربرد ترانزیستورها فقط به تقویت سیگنال ها محدود نمی‌شود .ترانزیستورها در طراحی‌های دیگر می‌توانند به عنوان یک سوئیچ در کنترل و کامپیوتر مورد استفاده قرار گیرند . این ترانزیستورها به ترانزیستورهای سوئیچینگ موسومند زیرا آن‌ها می‌توانند، با سرعت بالا، از یک مقدار ولتاژ به ولتاژ دیگر عمل سوئیچ را انجام دهند.

منطق **T.T.L** یا (**Transistor- Transistor Logic**) از پراستفاده‌ترین منطق‌ها در طراحی سیستم‌های دیجیتال می‌باشد .در این منطق می‌توان از ترانزیستور به عنوان دیود استفاده کرد.

ناحیه	V_{BE}	V_{CE}	رابطهٔ جریان
قطع	< 0.6	مدار باز	$I_B = I_c = 0$
فعال	$0.6 - 0.7$	> 0.8	$I_C = h_{FE} I_B$
اشباع	0.75	0.2	$I_{CS}/h_{FE} \geq I_B$

برای قسمت الف این آزمایش می‌توانید از یک نقطه کار اشباع به صورت زیر استفاده کنید:

I_B=0.5 mA و I_C=10 mA

V_{CE} (sat) = 70 mV

V_{BE} (sat) = 0.75 V

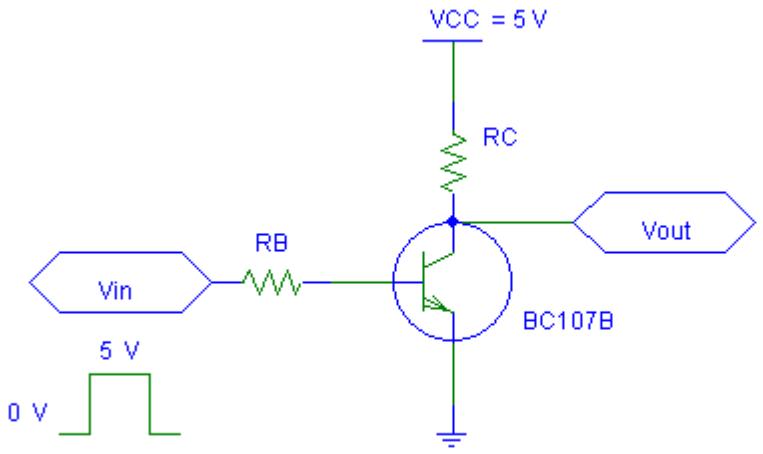
در قسمت الف آزمایش یک گیت معکوس کنندهٔ **NOT** را بررسی می‌کنیم. وقتی ورودی صفر است، کلید ترانزیستوری توسط ولتاژ منفی بیس باز است و خروجی ۵+ ولت است. به ازای مقادیر مثبت ورودی بیس بایاس مستقیم می‌شود و جریان از کلکتور می‌گذرد و ولتاژ خروجی حدود یک چند دهم وات است.

در قسمت ب که می‌خواهید گیت **NAND** طراحی کنید و از این گیت**NOT** استفاده کنید، توجه داشته باشید که باید مقاومت **RB** را به دو قسمت تقسیم کنید.(چرا؟)

شرح انجام آزمایش

الف: بررسی قطع و اشباع ترانزیستور BJT

با استفاده از ترانزیستورBC107B یک سوئیچ ۵ ولتی برای ورودی با دامنهٔ تا ۵ ولت طراحی نمایید .مطابق شکل.



۱) با اعمال ورودی ۵ ولت با مقادیر مقاومت های طراحی شده، ولتاژهای B-E و C-E را مشاهده نمایید .در صورتی که ترانزیستور اشباع نیست با تغییر مقادیر، ترانزیستور را به اشباع ببرید. در حالت اشباع اثر افزایش R_C بر ولتاژها را تحقیق کنید.

۲) با زمین کردن ورودی، ولتاژها را مشاهده نمایید .آیا ترانزیستور قطع است؟

۳) با اعمال ولتاژ مربعی TTL با فرکانس 1KHZ شکل موج خروجی را مشاهده نمایید و ورودی و خروجی را نسبت به یکدیگر رسم نمایید.

٤) اثر بالا بردن فرکانس ورودی را در خروجی مشاهده نمایید .در چه فرکانسی دامنه افت می یابد و شکل موج خروجی عوض می شود .فرکانس کار این سوییچ را به دست آورید.

ب: طراحی گیت منطقی TTL

یک گیت منطقی NAND با استفاده از BC107B با منطق TTL طراحی نمایید .(لازم به ذکر است در منطق TTL سطح ولتاژ ورودی ها و خروجی ها صفر و ۵ ولت است و ورود یهای گیت به ترانزیستورهای BJT اعمال می گردد و خروجی نیز از BJT گرفته می شود.) مدار را بسته و جدول صحت را تکمیل نمایید.

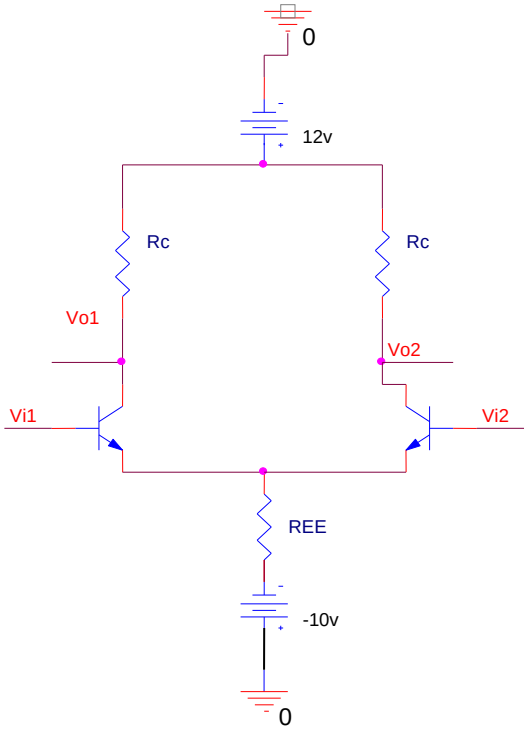
آزمایش ششم:

طراحی تقویت کننده تفاضلی

هدف از این آزمایش طراحی تقویت کننده تفاضلی و اندازه گیری بهره، مقاومت ورودی و خروجی آن می باشد.

طراحی و محاسبات تئوری و نرم افزاری

یک تقویت کننده تفاضلی مطابق شکل زیر طراحی کنید. دراین مدار، با در نظر گرفتن $V_{i1} = V_{i2} = 0$ مقاومت های مدار را برای $Ic = 1ma$ تعیین کنید. در مدار طراحی شده مقادیر تئوری نقاط کار، بهره‌ی ولتاژ تفاضلی، بهره‌ی ولتاژمشترک و ضریب حذف سیگنال مشترک، مقاومت ورودی و مقاومت خروجی را در حالت تفاضلی و مشترک را محاسبه نمایید. دقت نمایید ترانزیستور به طور مناسب بایاس شود.



شبیه سازی :

۱- مدار طراحی شده را شبیه سازی کرده و نقاط کار، بهره‌ی ولتاژ تفاضلی، بهره‌ی ولتاژمشترک و ضریب حذف سیگنال مشترک را اندازه‌گیری کنید.

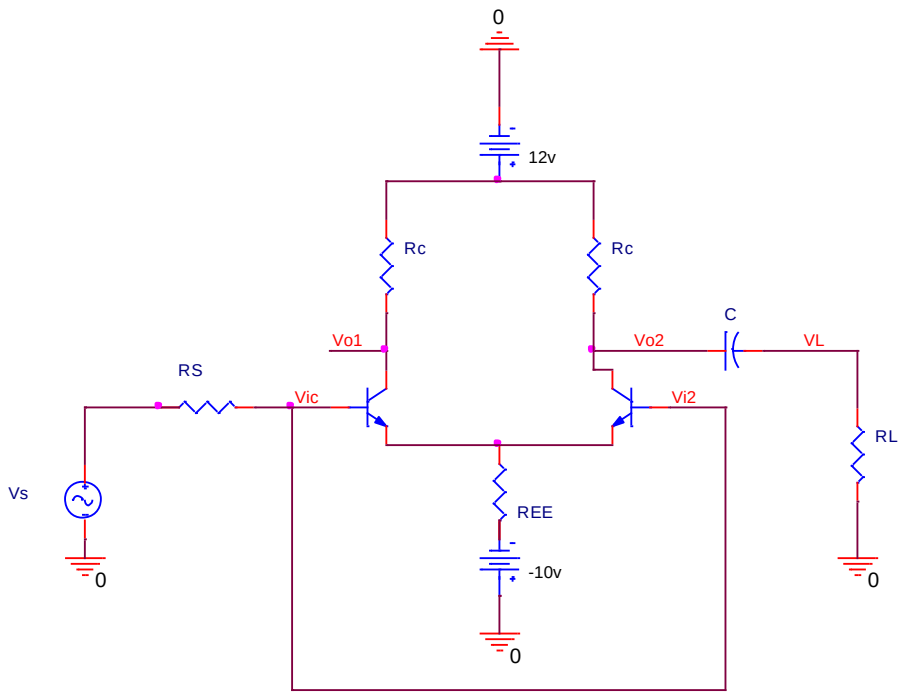
پیاده سازی مدار طراحی شده روی برد بورد

۱- مدار طراحی شده در قسمت ۱ مطابق شکل زیر بر روی بربورد ببندید. هر دو بیس را به زمین متصل کرده و مقادیر بایاس DC ترانزیستورها را اندازه گیری نمایید.

VC_1	V_{C2}	V_E	V_{BE1}	V_{BE2}	V_{CE1}	V_{CE2}

۲- حالت مشترک

الف) با اعمال ورودی مشترک با مقدار مناسب مطابق شکل زیر بهره حالت مشترک، مقاومت ورودی و مقاومت خروجی را اندازه گیری کرده آنها را مقادیر تئوری مقایسه نمایید.



	مقدار تئوری	مقدار عملی
A_{Vc}		
Ri		
Ro		

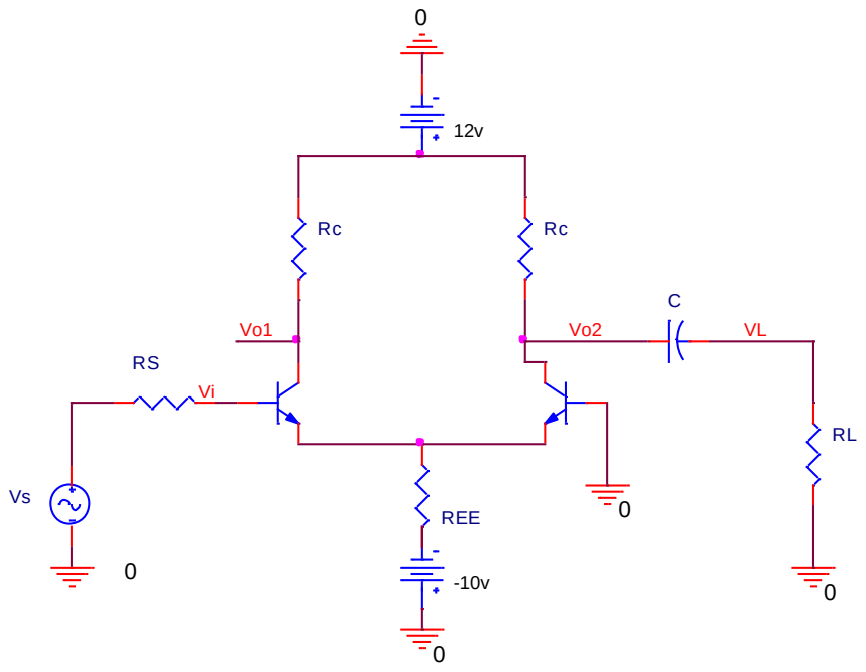
ب) اختلاف فاز خروجی ها V_{O1} و V_{O2} (در حالت بدون بار) را به کمک حالت **DUAL** اسکوپ مشاهده نمایید. اختلاف فاز این دو چقدر است؟

۳- حالت تفاضلی

با اعمال ورودی یک طرفه مطابق شکل زیر می توان بهره دیفرانسیل را اندازه گرفت.

الف) با ذکر روابط توضیح دهید چگونه می توان این کار را انجام داد؟ اندازه ورودی به حدی باشد که خروجی غیر خطی نشود. در این حالت مقاومت ورودی را اندازه گیری نمایید.

با اعمال ورودی یک طرفه با مقدار مناسب مطابق شکل زیر بهره حالت تفاضلی، مقاومت ورودی و مقاومت خروجی را اندازه گیری کرده آنها را مقادیر تئوری مقایسه نمایید



	مقدار تئوری	مقدار عملی
AVd		
Ri		
Ro CMRR		

ب) در حالت ورودی یک طرفه اختلاف فاز خروجی ها V_{O1} و V_{O2} (در حالت بدون بار) را به کمک حالت **DUAL** اسکوپ مشاهده نمایید. اختلاف فاز چقدر است؟

ج) با استفاده از مد **X-Y** اسکوپ مشخصه انتقالی V_L بر حسب V_i را مشاهده و رسم کنید.(دامنه V_i را تا حدی افزایش دهید که نواحی غیر خطی مشخصه ظاهر شوند.) محدوده خطی بودن چقدر است؟

٤)سوالات پایانی

الف)مزایای مهم تقویت کننده تفاضلی را بیان کنید.

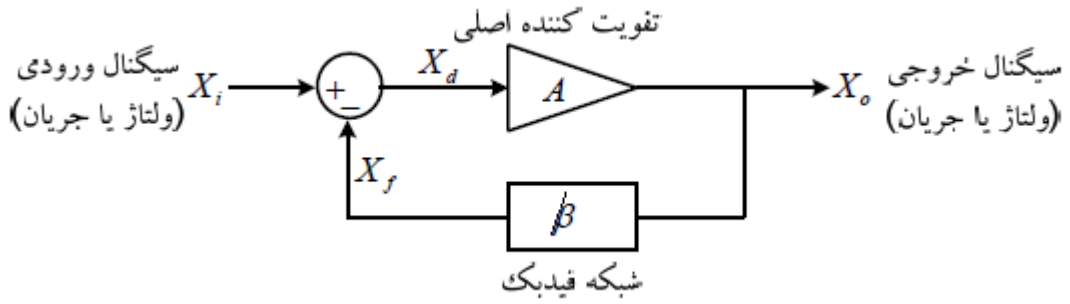
ب)جهت افزایش CMRR چه باید کرد؟ توضیح دهید.

آزمایش هفتم:

بررسی تقویت کننده با فیدبک

مقدمه:مفهوم فیدبک

فیدبک به مفهوم بازگرداندن بخشی از خروجی یک سیستم و ترکیب آن با ورودی، به منظورکنترل خروجی می باشد. بلوک دیاگرام تقویت کننده با فیدب ک به صورت زیر می باشد.



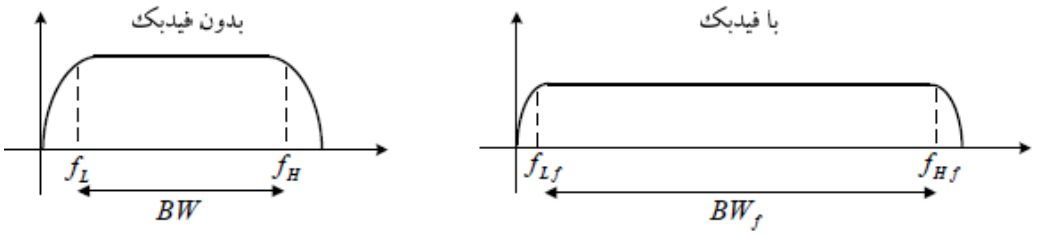
در فیدبک از سیگنال خروجی نمونه برداری شده و با سیگنال ورودی مقایسه می شود و ازآنجاکه سیگنال های ورودی وخروجی می توانند به صورت ولتاژ یا جریان باشند، بنابراین نوع نمونه برداری می تواند نمونه برداری از ولتاژ یا جریان وهمچنین نوع مقایسه می تواند مقایسه با ولتاژ یا جریان باشد. درحالت کلی دو نوع فیدبک وجود دارد :

الف: فیدبک منفی

ب):فیدبک مثبت

کاربرد عمده فیدبک مثبت در طراحی اسیلاتورها (نوسان سازها) و فیلترهای فعال می باشد. اما ما در اینجا تنها ازفیدبک منفی استفاده می کنیم که داری مزایای بسیار مفیدی می باشد. برخی از این مزایا عبارتند از:

الف) پهنای باند مدار زیاد می شود زیرا در یک تقویت کنندهٔ فیدبک دار فرکانس قطع پایین با ضریب $\frac{A}{(A+B)}$ کاهش و فرکانس قطع بالا با ضریب $(A+B)$افزایش می یابد.



$$f_{Lf} = \frac{f_L}{1+\beta A}$$

$$f_{Hf} = f_H(1+\beta A)$$

یکی از پارامترهای مهم تقویت کننده حاصل ضرب بهره باند (Ao) در پهنای باند (BW) می باشد که با GB نشان می دهند(*GB = Gain Bandwidth Product*) و مقدار آن ثابت است یعنی:

$$GB = A_0 \times BW$$

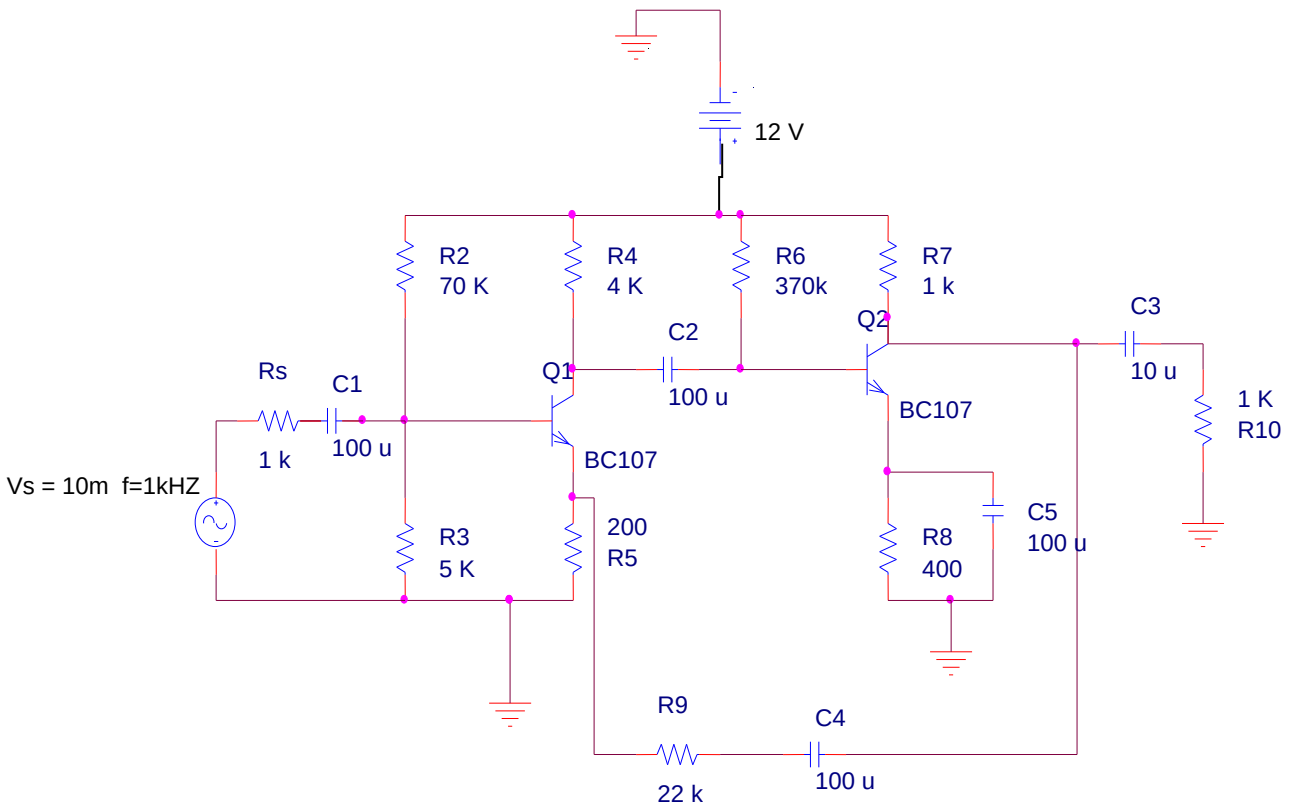
این نشان می دهد اگر پهنای باند افزایش یابد، بهره ی ولتاژ کاهش می یابد و برعکس . با توجه به اینکه پهنای باند تقویت کننده فیدبک دار افزایش می یابد، انتظار داریم بهره ی ولتاژ آن کاهش یابد.

ب) اعوجاج کاهش یافته و مدار خطی تر کار می کند.

ج) می توان امپدانس های ورودی وخروجی را کنترل نمود.

روش انجام آزمایش :

فیدبک ولتاژ- سری



محاسبات تئوری و شبیه سازی

الف) در تقویت کننده شکل بالا، ابتدا نوع فیدبک را تشخیص داده سپس نقاط کار ترانزیستورها تقویت کننده بدون فیدبک را حساب کنید.

ب) با تشکیل تقویت‌کننده کمکی (با در نظر گرفتن اثر بارگذاری فیدبک)، گین ولتاژ A'_v ، مقاومت ورودی، مقاومت خروجی و فرکانس قطع پایین تقویت کننده را محاسبه نمایید و سپس این مقادیر را با محاسبه ضریب عدم حساسیت برای تقویت کننده با فیدبک حساب کنید.

مقادیر A'_v (بهره تقویت کننده اصلی با در نظر گرفتن اثر بارگذاری فیدبک) ، β (بهره شبکه فیدبک) و $D=1+A'_v\beta$ (ضریب عدم حساسیت) می باشند.

ج) مدار را در محیط نرم افزار **ORCAD** رسم نموده و شبیه سازی نمایید.

کلیه محاسبات طراحی را به همراه نتایج به دست آمده از شبیه سازی به عنوان پیش گزارش تحویل دهید.

پیاده سازی مدار

۱) مدار را بر روی برد بورد بسته و نقاط کار ترانزیستورها را با مولتی متر اندازه‌گیری نمایید و در جدول زیر ثبت کنید. مقادیر اندازه گیری شده را با مقادیر محاسبه شده مقایسه کنید و در صورت نیاز مقاومت‌های بایاس را جهت رسیدن به مقادیر تئوری نقطه کار اصلاح نمایید.

Q_1	V_{BEQ}	V_{CEQ}	I_{CQ}
Q_2	V_{BEQ}	V_{CEQ}	I_{CQ}

۲) مدار را با در نظر گرفتن اثر بارگذاری فیدبک در ورودی و خروجی (تشکیل تقویت کننده کمکی) بسته و پس از کنترل نقاط کار ترانزیستورها، گین ولتاژ، مقاومت خروجی، مقاومت ورودی و فرکانس قطع بالا و پائین تقویت کننده A'_v را اندازه گیری کرده و با مقادیر تئوری مقایسه کنید.

۳) اکنون فیدبک را برقرار کنید و مشخصات بالا را با وجود فیدبک اندازه گیری کرده و با مقادیر تئوری مقایسه کنید.

کلیه مقادیر به دست آمده از قسمت ۲ و ۳ در جدول شکل زیر ثبت نمایید.

		$\frac{V_{ONL}}{V_i}$	R_i	R_O	BW
مقادیر عملی	بدون فیدبک				
	با فیدبک				
	ضریب عدم حساسیت				
مقادیر نظری	بدون فیدبک				
	با فیدبک				
	ضریب عدم حساسیت				

٤) دامنهٔ سیگنال ورودی را افزایش دهید تا خروجی تقویت کننده $A'v$ به نزدیک شکست (حالت قطع و اشباع) برسد (ایجاد اعوجاج در شکل موج خروجی). با برقراری فیدبک اثر آن را بر روی اعوجاج شکل موج خروجی بررسی کنید. ماکزیمم سیگنال سینوس بدون اعوجاج خروجی را در حالت بدون فیدبک و با فیدبک اندازه‌گیری و مقایسه کنید.

۵) تاثیر فیدبک بر مقاومت ورودی ،خروجی، بهره ولتاژ و پهنای باند تقویت کننده چیست ؟