نگرشی بر الکترونیک(۱)

آزمایشگاهی

(گرایش های رشته مهندسی برق)

مهندس عباس نصرآبادی- مهندس علی دولت آبادی

بسم الله الرحمن الرحیم

فهرست مطالب

مقدمه

آزمایش شماره ۱ : آشنایی با انواع دیودها و منحنی ولت آمپر..... ۲

آزمایش شماره ۲ : بررسی مدارات یکسو ساز نیم موج..... ۱۳

آزمایش شماره ۳ : بررسی مدارات یکسو ساز تمام موج..... ۲۲

آزمایش شماره ۴ : بررسی مدارات برش..... ۳۲

آزمایش شماره ۵ : بررسی مدارات جهش..... ۴۰

آزمایش شماره ۶ : بررسی مدارات چند برابر کننده ولتاژ..... ۴۶

آزمایش شماره ۷ :آشنایی با ترانزیستور و بررسی منحنی مشخصه آن..... ۵۱

آزمایش شماره ۸ : بررسی مدار هدایت ترانزیستور..... ۵۹

آزمایش شماره ۹ : بررسی مدار تقویت کننده امیتر مشترک..... ۶۱

آزمایش شماره ۱۰ : بررسی مدار تقویت کننده بیس مشترک..... ۶۹

آزمایش شماره ۱۱ : بررسی مدار تقویت کننده کلکتور مشترک..... ۷۵

آزمایش شماره ۱۲ : بررسی مدار زوج دارلینگتون..... ۸۴

آزمایش شماره ۱۳ : بررسی مدارات تنظیم کننده ولتاژ..... ۹۱

آزمایش شماره ۱۴ :بررسی تقویت کننده های دو طبقه..... ۹۹

آزمایش شماره ۱۵ :بررسی تقویت کننده آبشاری(کاسکود)..... ۱۰۹

آزمایش شماره ۱۶ :بررسی ترانزیستور FET ومنحنی مشخصه آن ۱۱۴

آزمایش شماره ۱۷ بررسی تقویت کننده سورس مشترک ۱۲۴

مقدمه:

بطور کلی منظور از کارهای عملی توسعه توانائی مشاهده است. از این توسعه می‌توان در تفهیم هر چه کاملتر مطالب دروس نظری و نیز تسریع آشنائی با طرز کار دستگاهها و وسایل مختلف سنجش استفاده نمود و بالاخره از مطالعه دقیق دستگاهها و مسائل مربوط به آنها، در صورت نیاز می‌توان برای تکمیل آنها اقدام کرد و یا دستگاه تازه ای را طرح ریزی نمود.

از آنجائی که کارهای عملی نیاز بیشتر به دقت و نظم و ترتیب دارند لازم است نکات زیر را همواره به یاد داشته باشید:

۱- نامرتب بودن وسایل موجب پریشانی می‌گردد لذا برای اخذ نتیجه بهتر، وسایل لازم در آزمایش را بطور مرتب و دقیق بکار ببرید و محیطی منظم و آرام برای انجام آزمایش ایجاد نمائید. ضمناً پس از خاتمه آزمایش وسایل را برای استفاده گروه بعدی مرتب کنید.

۲- نگهداری و محافظت از وسایل وظیفه وجدانی هر فرد است چه صرف نظر از این که تهیه مجدد این وسایل مستلزم انجام مراحل طولانی است اصولاً اعتبار مجدد آنها نیز تحمیلی خواهد بود. بنابراین اگر با دستگاهی آشنائی ندارید از مسئول آزمایشگاه در مورد بکارگیری آن سئوال نمائید.

۳- از قدم زدن در آزمایشگاه و رفتن از محل میز خود به میز دیگر که باعث اشتباه خود و دیگران می‌شود، خوداری کنید.

۴- قبل از ورود به کلاس دانشجویان باید آزمایش مربوطه را مطالعه کنند.

۵- دانشجویان به گروه های دو نفری تقسیم می‌شوند و هر گروه هفته‌ای یک بار در آزمایشگاه حاضر شده و یک آزمایش انجام می‌دهد.

۶- هر آزمایش توسط یک گروه انجام می‌گیرد و به این طریق یک نفر به نوبت منشی گروه می‌گردد و بقیه افراد خواندن دستگاههای اندازه‌گیری و تنظیم را به عهده می‌گیرند.

۷- هر گروه یک گزارش کار تهیه می‌نماید و آن را حداکثر یک هفته بعد از انجام آزمایش تحویل می‌دهد.

۸- هر گزارش کار باید شامل مختصری از تئوری آزمایش، شرح آزمایش، نتیجه و مقایسه آن با نتاج بدست آمده از تئوری باشد.

آزمایش شماره (۱)

آشنایی با انواع دیود ها و منحنی ولت -آمپر

هدف

هدف از این آزمایش آشنایی با پایه های دیودهای معمولی، LED و زنر همراه با رسم منحنی مشخصه ولت-آمپر در دو گرایش مستقیم و معکوس می باشد.

وسایل آزمایش

دیودهای:

$1N4007$

LED

$Zener\,5.6^{V}$

مقاومت: $1^{K\Omega}, 220^{\Omega}, 2.2^{K\Omega}$.

فانکشن ژنراتور:

منبع تغذیه:

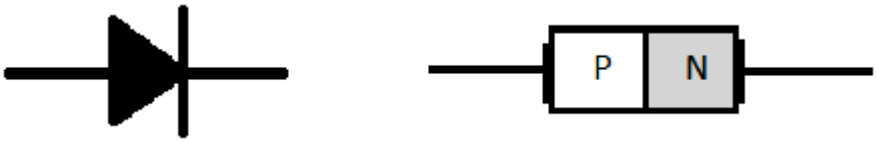
اسیلوسکوپ:

ولت متر: ۲ عدد

مبانی نظری

ساختار دیود

به هر پیوند PN طبق شکل (۱-۱) یک دیود می گویند که به دو سر آن دو قطعه سیم فلزی جهت اتصال به مدار خارجی تعبیه گردیده و مجموعه آن داخل یک پوشش مناسب قرار داده شده است. همچنین دیود یک المان غیر خطی یک طرفه است یعنی هنگامی که که در مدار قرار می‌گیرد باید آند و کاتد آن در نظر گرفته شود.



شکل (۱-۱):نماد مداری دیود

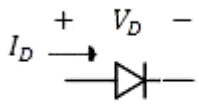
اگر آند در دیود به ولتاژی بزرگتر از کاتد وصل شود آنگاه در بایاس مستقیم است و در غیر این صورت در بایاس معکوس قرار دارد.

انواع دیودها

انواع دیود ها عبارتند از یکسوساز، زنر، نوری، نورانی و خازنی که هر یک از این دیودها کاربرد و ویژگی های خاص خود را دارد.

دیود یکسوساز[1]

برای یکسوسازی و حفاظت در مقابل پلاریته اشتباه به کار می رود.

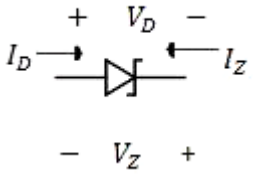


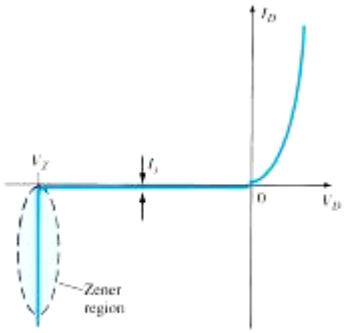
شکل(۱-۲): دیود یکسوساز

1- Rectifier

دیود زنر [1]

از این دیود طبق منحنی ولت-آمپر شکل(۱-۳) به منظور تثبیت کننده ولتاژ در ناحیه شکست معکوس استفاده می شود و چون به صورت معکوس بایاس می شود کاتد آن به قطب مثبت منبع ولتاژ و آند آن به قطب منفی وصل می شود در این صورت جهت جریان از کاتد به آند خواهد بود. از دیود زنر همان طور که گفتیم جهت تثبیت ولتاژ در تنظیم کننده های ولتاژ استفاده می شود.

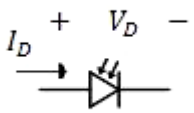




شکل (۱-۳):منحنی ولت-امپر دیود زنر

دیود نوری [2]

یک پیوند *PN* معمولی است. که در داخل یک پوشش پلاستیکی که یک سوی آن شفاف می باشد قرار گرفته است و مقدار جریانی که از خود عبور می دهد بستگی به مقدار نوری دارد که به آن می رسد. این دیود از جمله در شمردن اشیا در خط تولید، خواندن اطلاعات کارتهای سوراخ شده کامپیوتری، کلیدهای نوری و ...کاربرد دارد.

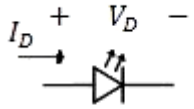


شکل(۱-۴): دیود نوری

1 - Zener Diode
2- Photo Diode

دیود نورانی[1]

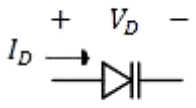
این دیود از بلور نیمه هادی گالیم_آرسنیک ساخته می شود و در آن ترکیب هر الکترون آزاد و حفره به صورت تابش یک فوتون نوری است و مانند دیود معمولی به صورت مستقیم بایاس می گردد. این دیود در نمایشگرهای دیجیتالی و مخابرات فیبر نوری کاربرد دا. د.



شکل(۱-۵): دیود نورانی

دیود خازنی

با تغذیه معکوسی که به آن داده می شود یک حالت خازنی بین دو قسم PN ایجاد می شود که مقدار ظرفیت این خازن ایجاد شده بستگی به مقدار ولتاژ معکوس اعمال شده به این دیود دارد. از این دیود برای تنظیم ولتاژ مدارات تشدید LC در نوسانسازها و نیز در مدارهای مدولاسیون فرکانس استفاده می شود.



شکل(۱-۶): دیود خازنی

روش های نام گذاری دیودها:

استاندارد آمریکایی:

شماره گذاری دیودها از *1N4001* شروع و ادامه پیدا می کند.

استاندارد اروپایی:

نام هر دیود با دو حرف لاتین شروع و به یک شماره ختم می شود.

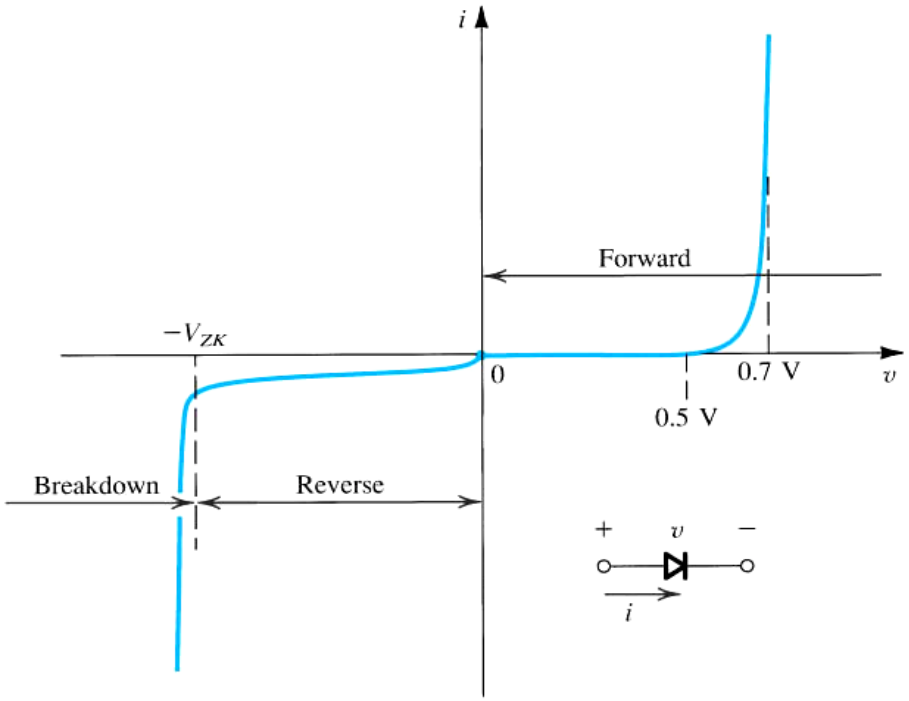
استاندارد ژاپن:

شماره گذاری با *1S* شروع و به یک شماره ختم می شود.

1 -Light Emitting Diode(LED)

بررسی رفتار دیودهای معمولی:

رفتار یک دیود را می توان از روی منحنی مشخصه آن طبق شکل (۱-۶) مورد بررسی قرار داد که در عمل این کار به دو روش نقطه یابی و اسیلوسکوپ انجام می گیرد.



شکل(۱-۶):منحنی مشخصه دیود در بایاس مستقیم و معکوس

معادله مشخصه دیود:

رابطه بین جریان و ولتاژ دو سر دیود را معادله مشخصه می گویند. معادله مشخصه دیود از رابطه (۱-۱) بدست می آید.

(۱-۱)

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

I_S: جریان اشباع معکوس

$1\langle\eta\langle 2$: ضریب انتشار که یک پارامتر ثابت است که به جنس دیود و ساختار فیزیکی آن بستگی دارد. مقدار آن برای $Si = 1.4$ و $Ge = 1$ می باشد.

V_T: ولتاژ حرارتی که دارای رابطه زیر می باشد

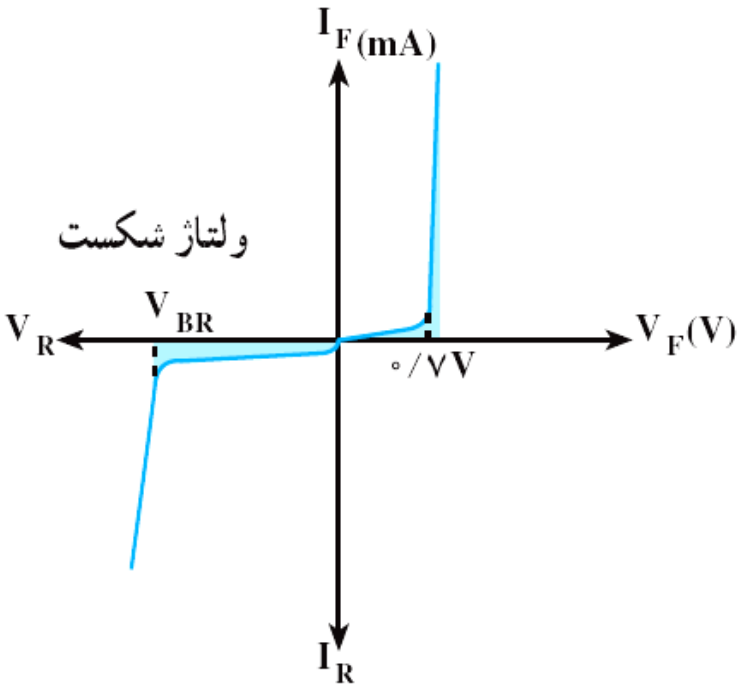
$$V_T = \frac{KT}{q}$$

K: ثابت بولتزمن T: دما بر حسب کلوین q : بار الکترون

مقدار V_T در دمای معمولی 26^{mV} است.

ولتاژ شکست معکوس:

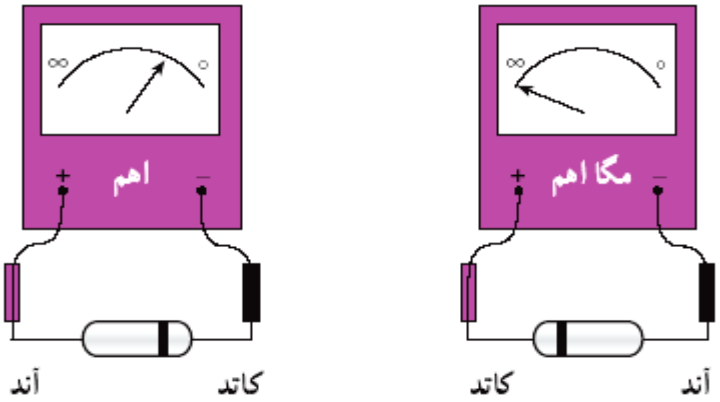
اگر ولتاژ معکوس دیود را افزایش دهیم به مقداری خواهیم رسید که جریان معکوس دیود به طور ناگهانی شروع به افزایش سریع می کند این پدیده را پدیده شکست و ولتاژی که در آن این پدیده صورت می گیرد را ولتاژ شکست معکوس گویند. شکل (۱-۷) این پدیده را نشان می دهد.



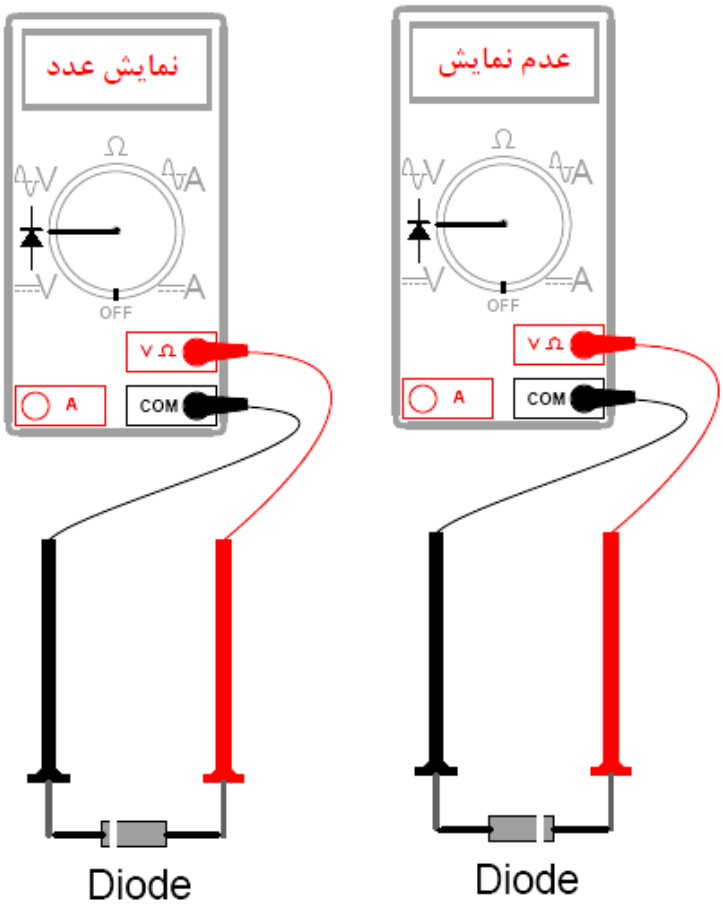
شکل(۱-۷): ولتاژ شکست معکوس در دیود

روش آزمایش:

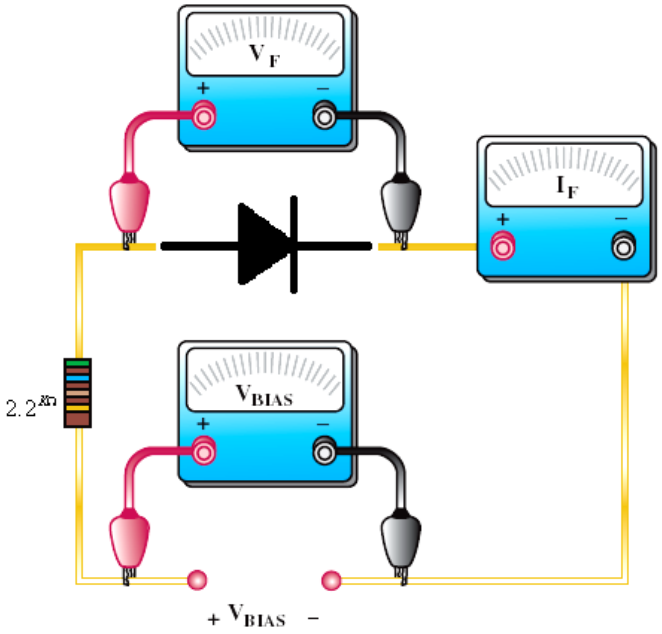
قدم۱: با استفاده از اهم متر عقربه ای طبق شکل زیر پایه ها آند و کاتد را مشخص کنید.



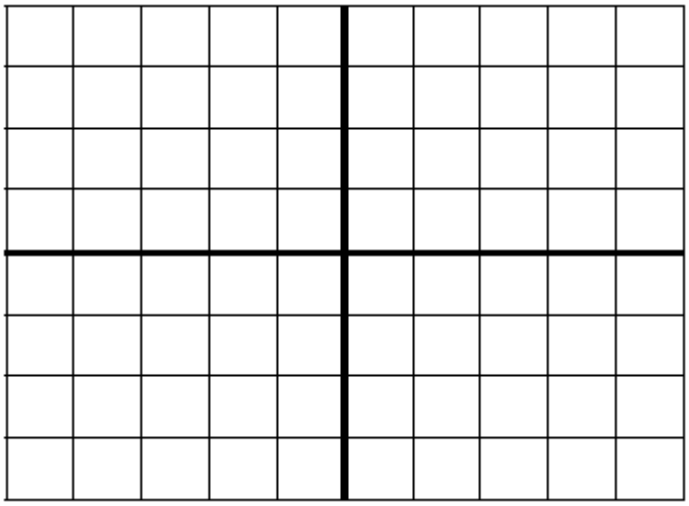
قدم ۲: با استفاده از ولت متر دیجیتال طبق شکل زیر پایه ها آند و کاتد را مشخص کنید.



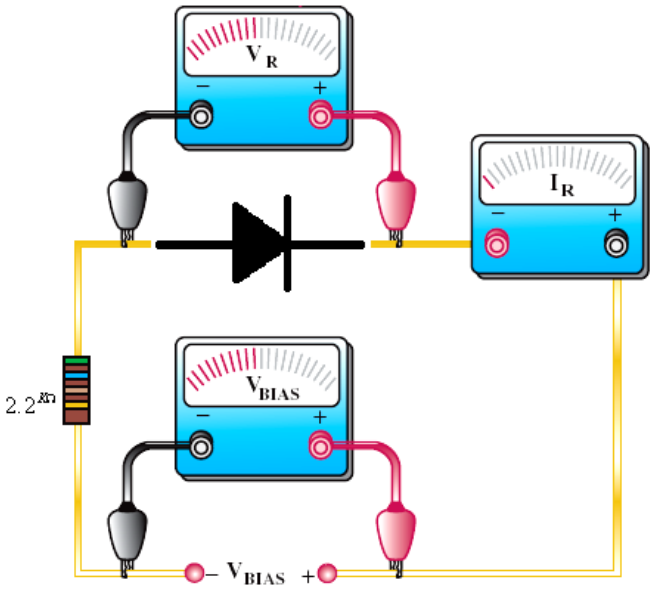
قدم ۳: با استفاده از مدار زیر ابتدا جدول را تکمیل و سپس منحنی ولت- آمپر دیود را در گرایش مستقیم رسم کنید.



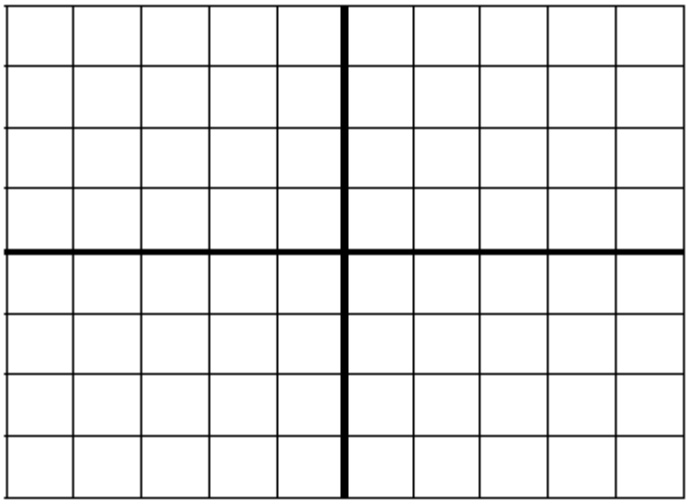
V_{BIAS}	$0^V - 30^V$
V_F	
I_F	



قدم ۴: با استفاده از مدار زیر ابتدا جدول را تکمیل و سپس منحنی ولت- آمپر دیود را در گرایش معکوس رسم کنید.



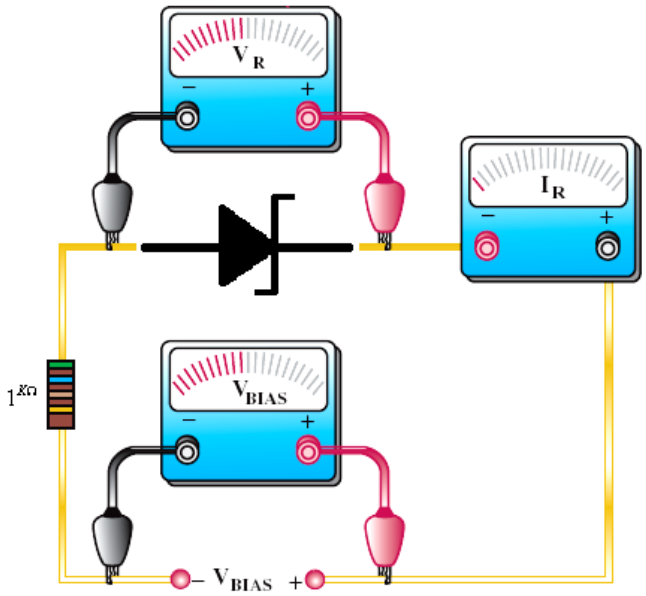
V_{BIAS}	$0^V - 30^V$
V_R	
I_R	



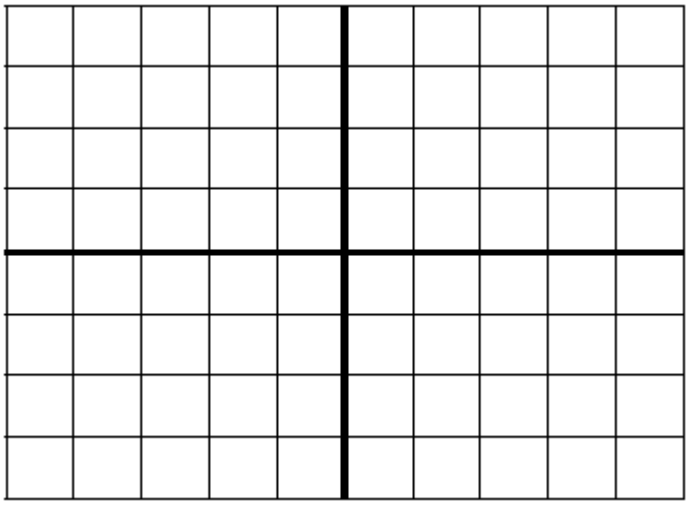
قدم ۵: قدم ۳ و ۴ را با قرار دادن یک دیود نورانی LED به جای دیود تکرار کنید.

قدم ۶: در قدم ۳ نوک هویه را به دیود نزدیک کنید و پس از تکمیل جدول مربوطه اثر دما بر کار دیود را بررسی کنید.

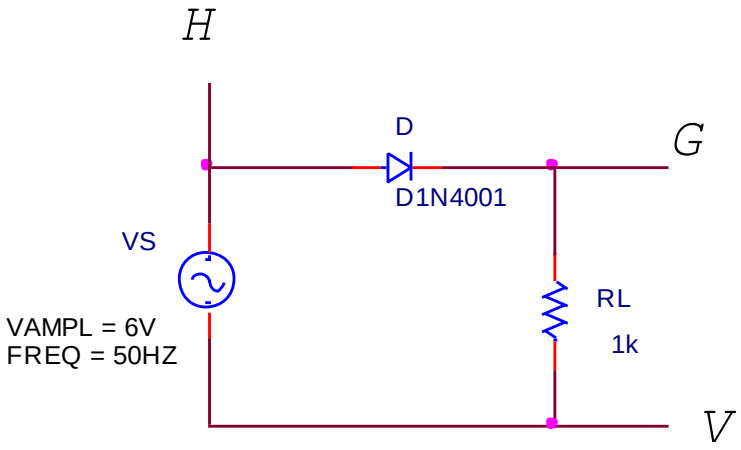
قدم ۷: با استفاده از مدار زیر منحنی ولت- آمپر دیود زنر را در گرایش معکوس رسم کنید.



V_{BIAS}	$0^V - 30^V$
V_R	
I_R	



قدم۸: با استفاده از مدار زیر منحنی ولت- آمپر دیود را در گرایش مستقیم در صفحه اسیلوسکو پ مشاهده کنید.



پرسش:

۱-داده های به دست آمده از قدم ۳ را با نرم افزار متلب رسم کنید؟

۲- مطلوبست رسم منحنی ولت – آمپر دیود در بایاس مستقیم و معکوس با استفاده از نرم افزار *PROTEUS* و *PSpice(Schematics)*؟

۲- در مورد عملکرد مدار قدم ۸ توضیح دهید؟

آزمایش شماره (۲)

بررسی مدارات یکسوساز نیم موج

هدف:

آشنایی با کاربرد دیود به عنوان یکسوساز نحوه عملکرد آن و همچنین استفاده از خازن ها به عنوان صافی ها.

وسایل آزمایش:

دیود: $1N4007$

مقاومت: $1^{K\Omega}$,$10^{K\Omega}$.

خازن: $1^{\mu F}$,$10^{\mu F}$,$47^{\mu F}$,$100^{\mu F}$

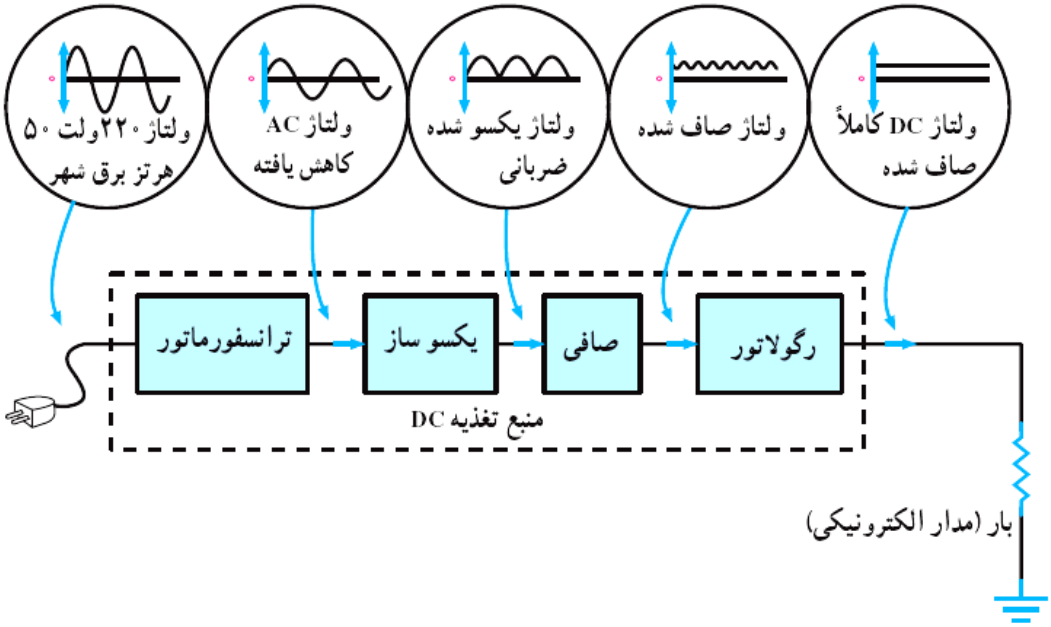
فانکشن ژنراتور:

اسیلوسکوپ:

ولت متر:

مبانی نظری:

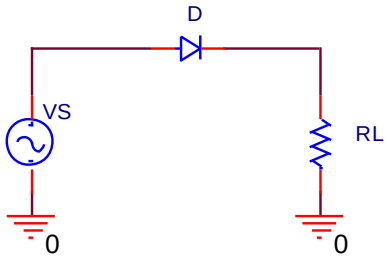
هدف از یکسوسازی رسیدن به ولتاژهای DC است که برای مصارف دستگاه های برقی و الکترونیکی که نیاز به ولتاژهای DC دارند استفاده می شود. بنابرین برای رسیدن به این ولتاژ باید طبق بلوک دیاگرام شکل (۲-۱) منبع تغذیه ای را طراحی کنیم.



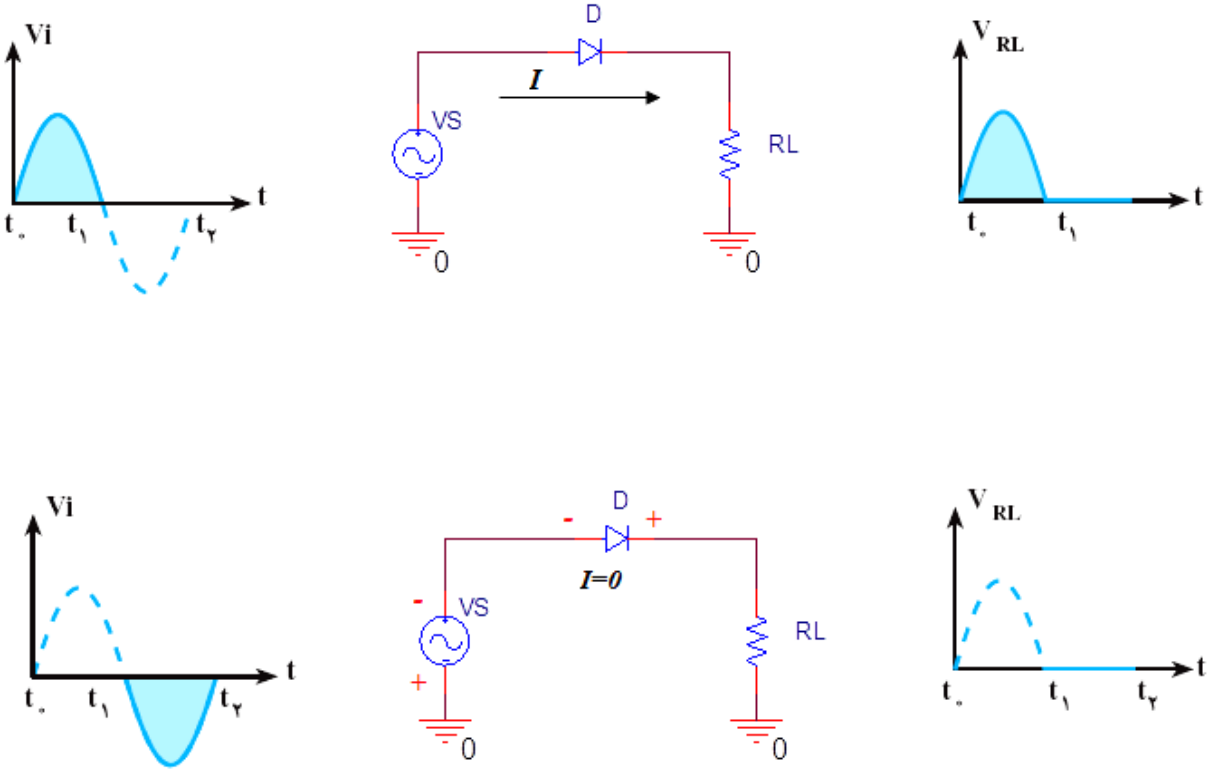
شکل(۲-۱): بلوک دیاگرام منبع تغذیه

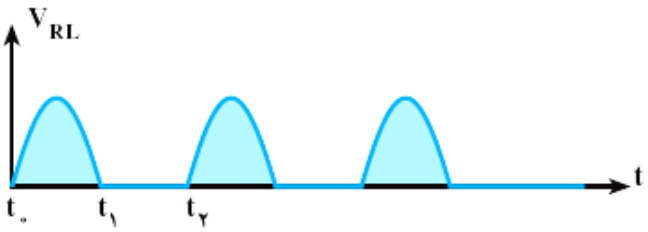
اما در این آزمایش به بررسی مدارات یکسوساز نیم موج مثبت و منفی همراه با صافی ها می پردازیم و در ادامه در آزمایشات بعدی یکسوسازهای تمام موج و مدارات تنظیم کننده ولتاژ را بررسی می کنیم.

یکسوساز نیم موج مثبت:

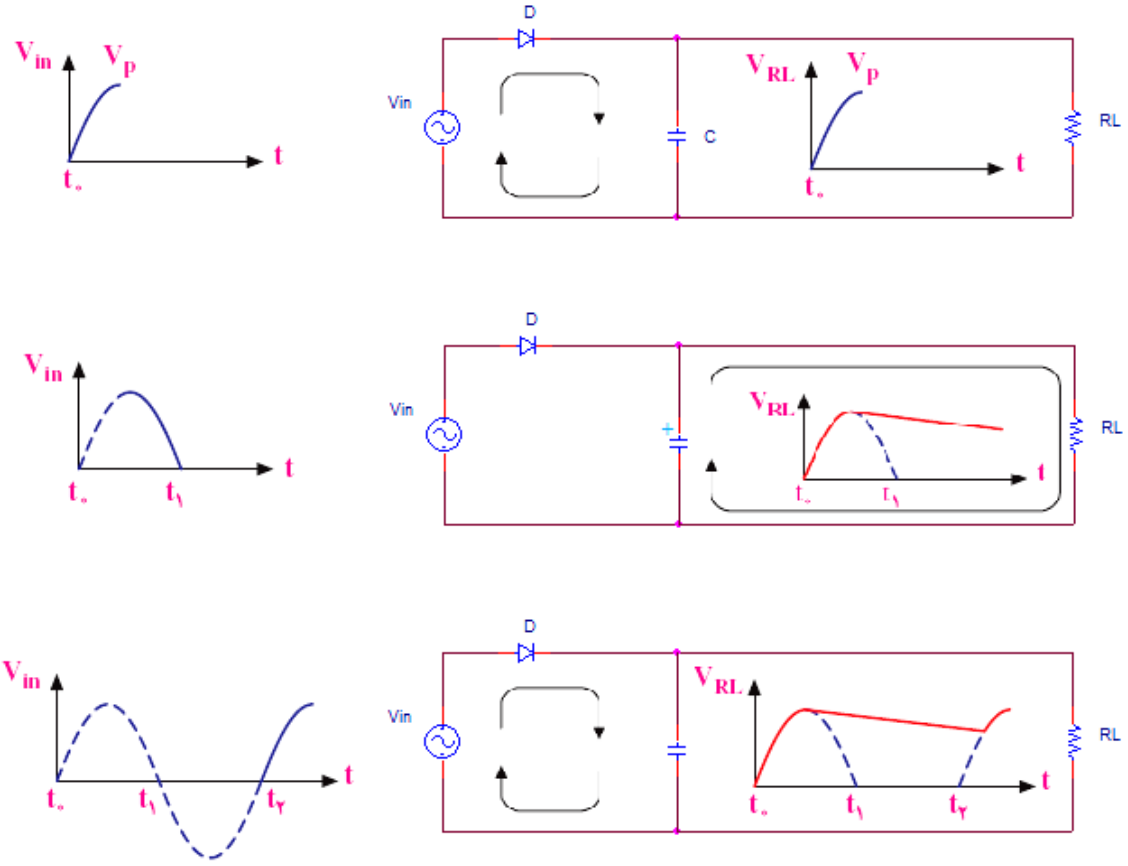


طرز کار یکسوساز نیم موج مثبت:

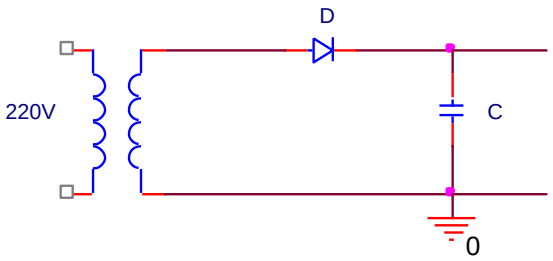




یکسوساز نیم موج مثبت با صافی خازن:



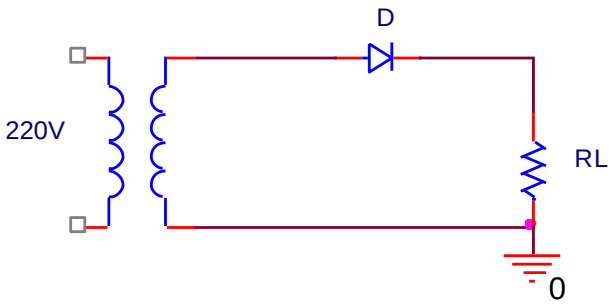
یکسوساز نوک:



تمرین: در آزمایشگاه یکسوساز نوک را تحلیل کنید؟

روش آزمایش:

قدم۱: مدار **یکسوساز نیم موج مثبت** زیر را بر روی بردبورد مونتاژ و سپس سیگنال های مورد نظر را رسم کنید.



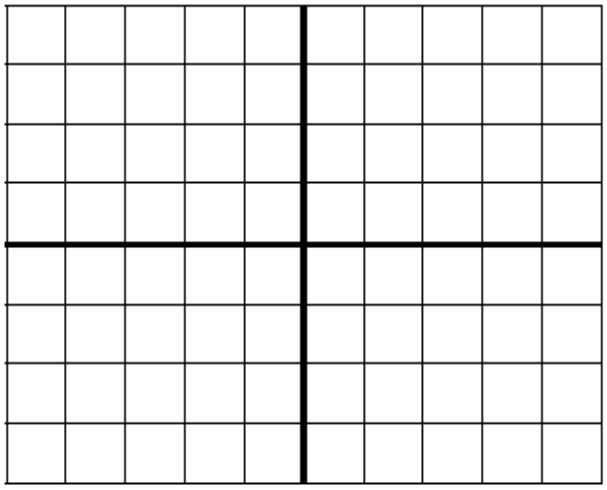
$V_S = 3Sin(\omega t)$

$f = 1^{KHz}$

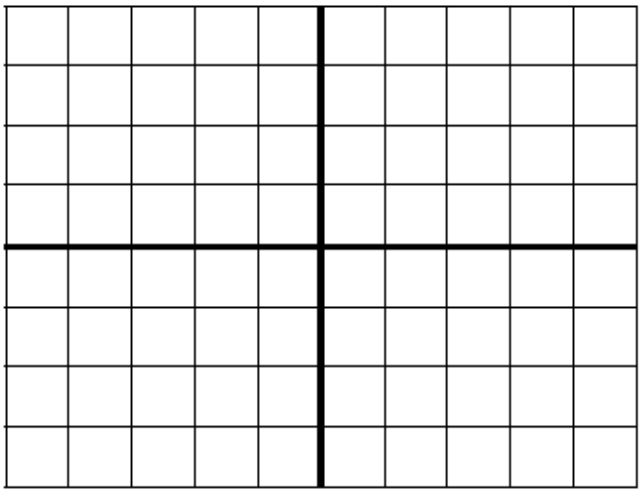
نکته:

رسم سیگنال های زیر برای $R_L = 1^{K\Omega}$ می باشد.

V_S



V_O



قدم ۲: با استفاده از ولت متر و اسیلوسکوپ جدول زیر را تکمیل نمائید.

%VR	V_o					V_i		یکسوساز نیم موج بدون صافی
	I_{dc}	I_m	V_{dc}	V_{rms}	V_m	V_{rms}	V_m	
								$R_L = 1^{K\Omega}$
								$R_L = 10^{K\Omega}$

فرمول های مورد استفاده در محاسبه مقادیر تئوری یکسوساز نیم موج:

$$V_{rms}(V_i) = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$$

$$I_{dc} = \frac{I_m}{\pi}$$

$$V_{dc} = \frac{V_m}{\pi} = R_L I_{dc}$$

$$V_{rms}(V_o) = \frac{V_m}{2}$$

بازده یکسو کننده نیم موج:

$$\eta = \frac{P_{out(DC)}}{P_{in(av)}} = \%40.6$$

درصد رگولاسیون ولتاژ:

$$\%VR = \frac{V_{0dc(NL)} - V_{Odc(FL)}}{V_{Odc(FL)}} \times 100$$

ضریب ضربان:

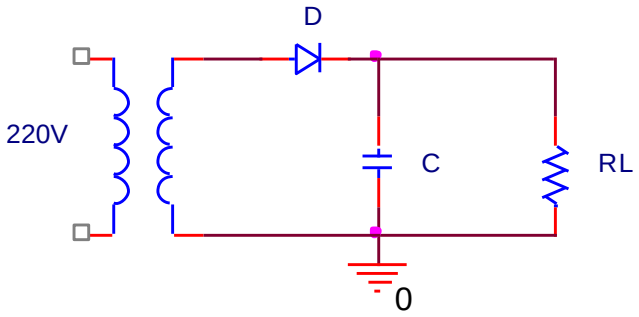
$$\%r.f = \frac{V_{r(rms)}}{V_{O(dc)}} = \frac{0.385V_m}{\frac{V_m}{\pi}} = \%121$$

قدم ۳: مدار **یکسوساز نیم موج مثبت با صافی خازن** زیر را بر روی بردبورد مونتاژ و سپس سیگنال های مورد نظر را رسم کنید.

$V_S = 3Sin(\omega t)$

$f = 1^{KHz}$

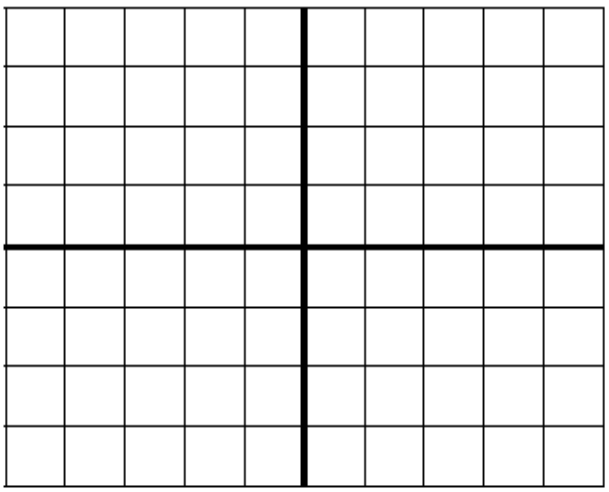
$R_L = 1^{K\Omega}$



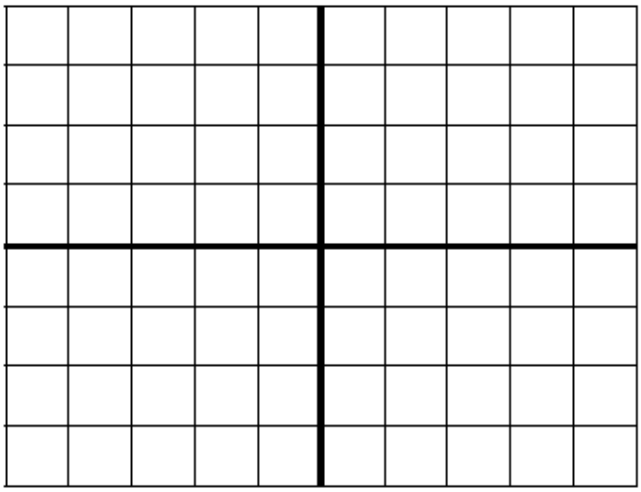
نکته:

رسم سیگنال های زیر برای $C = 1^{\mu F}$ می باشد.

V_S



V_O



قدم ۴: با استفاده از ولت متر و اسیلوسکوپ جدول زیر را تکمیل نمائید.

%VR	V_o				V_i		یکسوساز نیم موج با صافی خازن
	V_r	I_{dc}	V_{dc}	V_{rms}	V_{rms}	V_m	
							$C=1^{\mu F}$
							$C=10^{\mu F}$
							$C=47^{\mu F}$
							$C=100^{\mu F}$

فرمول ولتاژ موجک در یکسوساز نیم موج با صافی خازن:

$V_r = \frac{V_{dc}}{fRC}$ که با تقریب بار کم(*Light Load*) داریم $V_r = \frac{V_m}{fRC}$

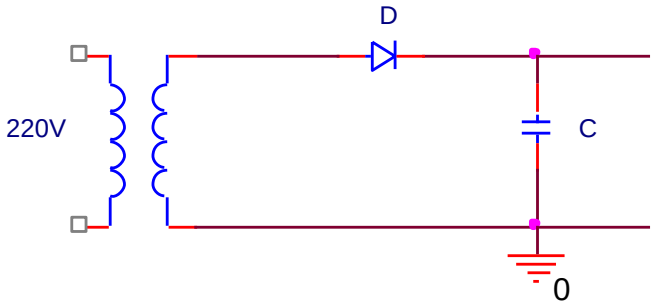
قدم ۵: با معکوس کردن دیود در قدم های قبلی آزمایشات را برای **یکسوساز نیم موج منفی** تکرار کنید.

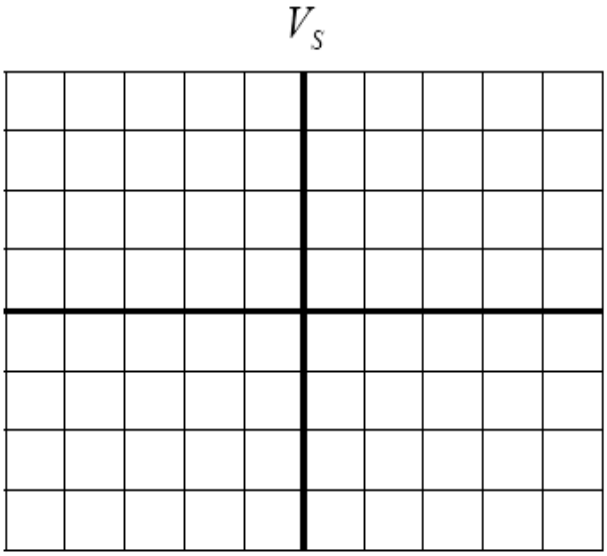
قدم ۶: مدار **یکسوساز نوک** زیر را بر روی بردبورد مونتاژ و سپس سیگنال های مورد نظر را رسم کنید.

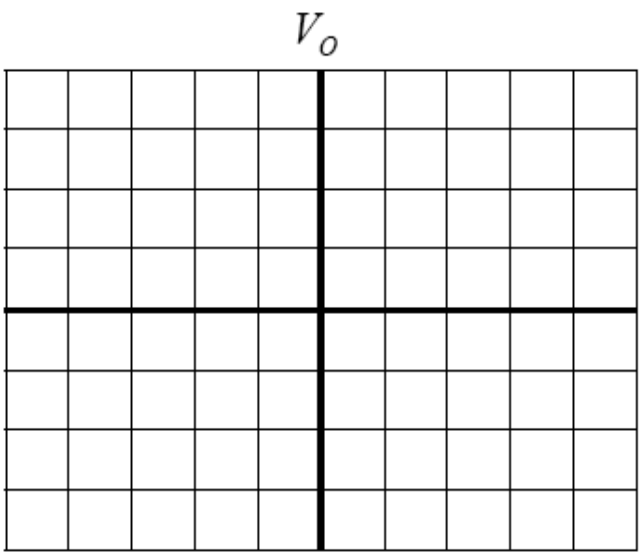
$V_S = 3Sin(\omega t)$

$f = 1^{KHz}$

$C = 47^{\mu F}$







پرسش:

۱- مطلوبست آزمایشات فوق با استفاده از نرم افزار *PROTEUS* و *PSpice(Schematics)*؟

۲- طرز کار یکسوساز نیم موج منفی را شرح دهید؟

۳- طرز کار یکسوساز نیم موج منفی با صافی را شرح دهید؟

۴- فرمول ولتاژ موجک در یکسوساز نیم موج با صافی خازن را اثبات کنید؟

۵- فرمول های مورد استفاده در محاسبه مقادیر تئوری یکسوساز نیم موج را اثبات کنید؟

۶- آیا در یک مدار یکسو ساز به هر میزان می توان ظرفیت خازن را افزایش داد؟علت چیست؟

آزمایش شماره (۳)

بررسی مدارات یکسو ساز تمام موج

هدف:

هدف از این آزمایش، طراحی مدارات یکسوساز تمام موج (مثبت و منفی) با استفاده از مدار پل و آشنایی با ویژگی ها و نحوه عملکرد این مدار است. همچنین مقایسه نتایج اندازه گیری شده با مقادیر مطلوب(تئوری) می باشد. و در ادامه استفاده از خازن ها را به عنوان صافی در این نوع از مدارات بررسی می کنیم.

وسایل آزمایش:

دیود: $1N4007$ چهار عدد

مقاومت: $1^{K\Omega}$, $10^{K\Omega}$.

خازن: $1^{\mu F}$, $10^{\mu F}$, $47^{\mu F}$, $100^{\mu F}$

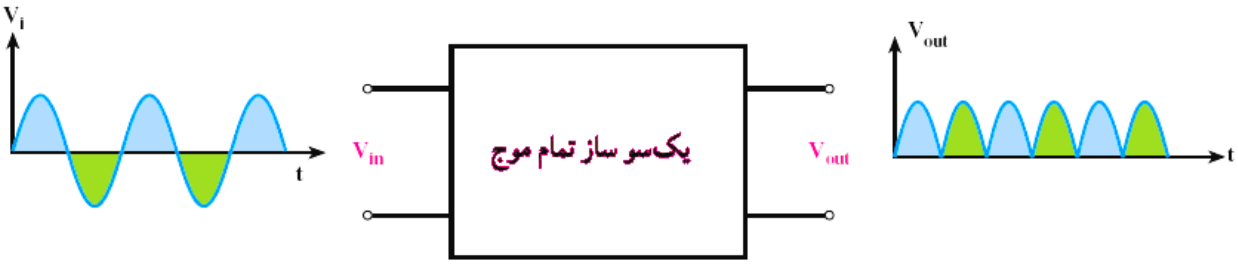
فانکشن ژنراتور:

اسیلوسکوپ:

ولت متر:

مبانی نظری:

اما همانطور که در آزمایش شماره ۲ گفتیم هدف از یکسوسازی رسیدن به ولتاژهای DC است که برای مصارف دستگاه های برقی و الکترونیکی که نیاز به ولتاژهای DC دارند استفاده می شود. اما در این آزمایش در بخش مبانی نظری جهت رسیدن به سیگنال مورد نظر شکل (۳-۱) به بررسی انواع مدارات یکسوساز تمام موج می پردازیم و در بخش روش آزمایش، مدارات یکسوساز تمام موج(پل) از نوع مثبت و منفی همراه با صافی ها را بررسی می کنیم.



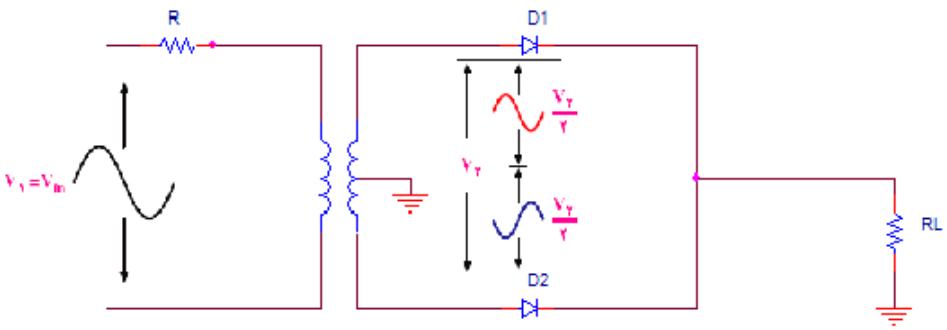
شکل(۳-۱): شکل کوج مطلوب یکسو ساز تمام موج

انواع مدارات یکسوساز تمام موج:

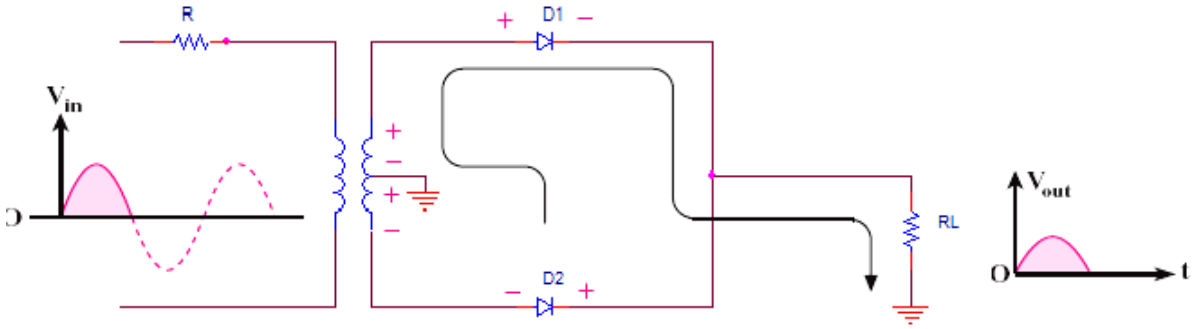
یکسوساز تمام موج با مبدل سر وسط

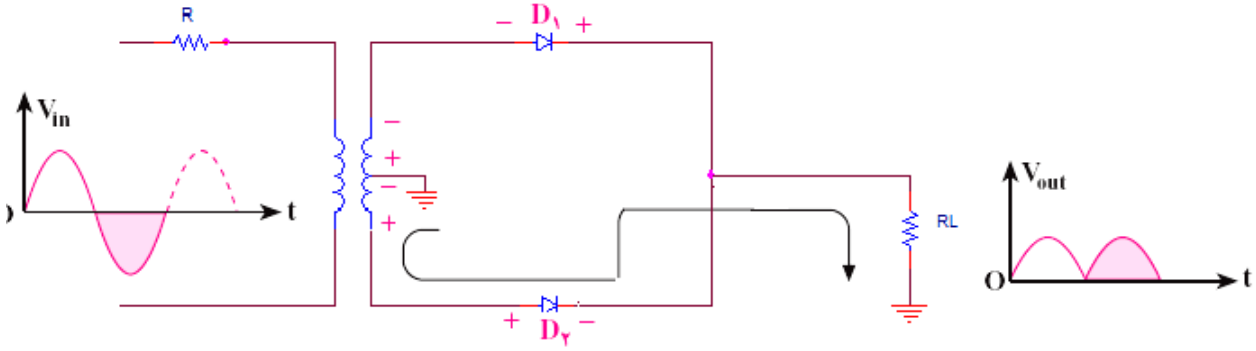
یکسوساز تمام موج(پل)

یکسوساز تمام موج با مبدل سر وسط:

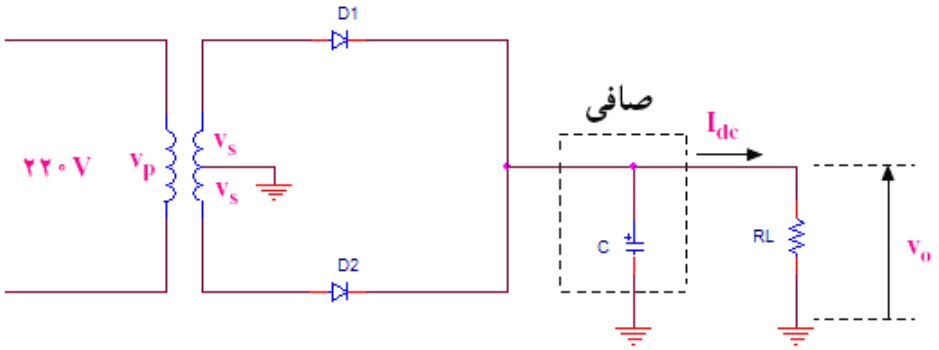


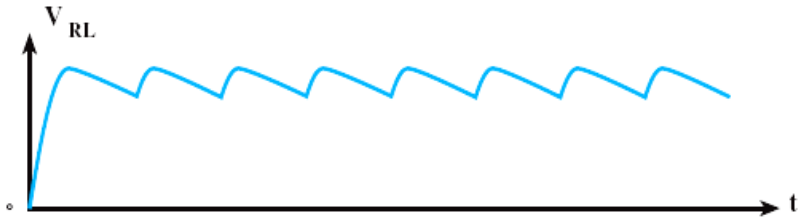
طرز کار یکسوساز تمام موج با مبدل سر وسط:



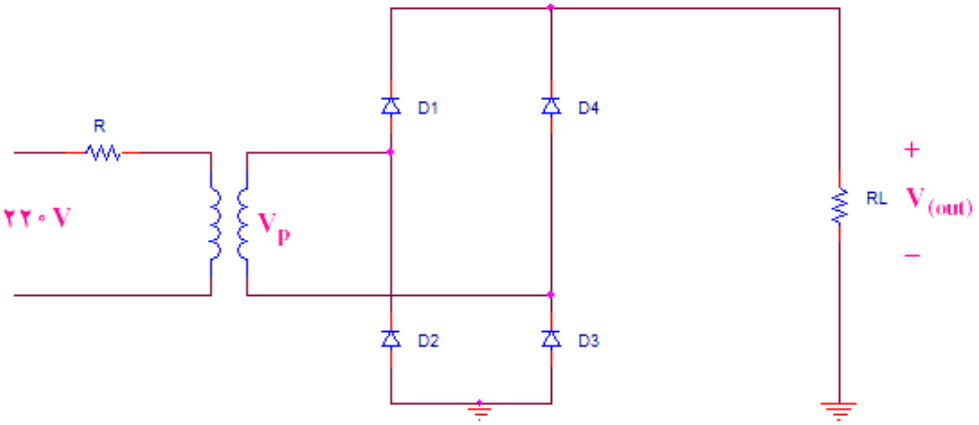


یکسوساز تمام موج با مبدل سر وسط با صافی خازن:

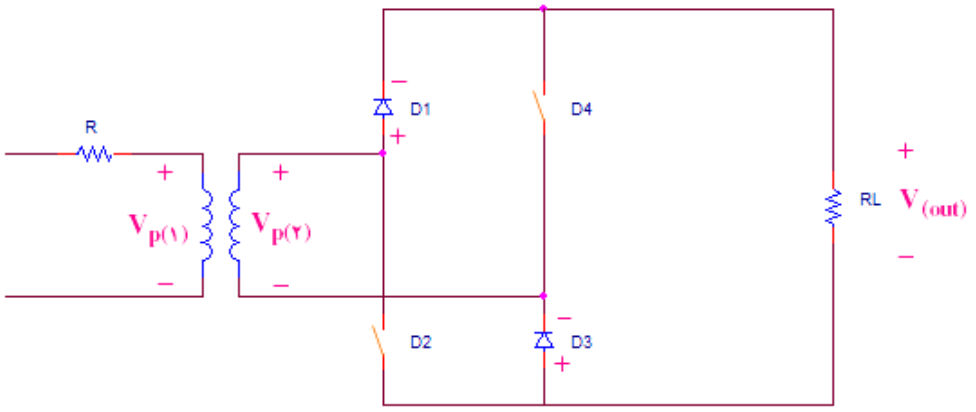


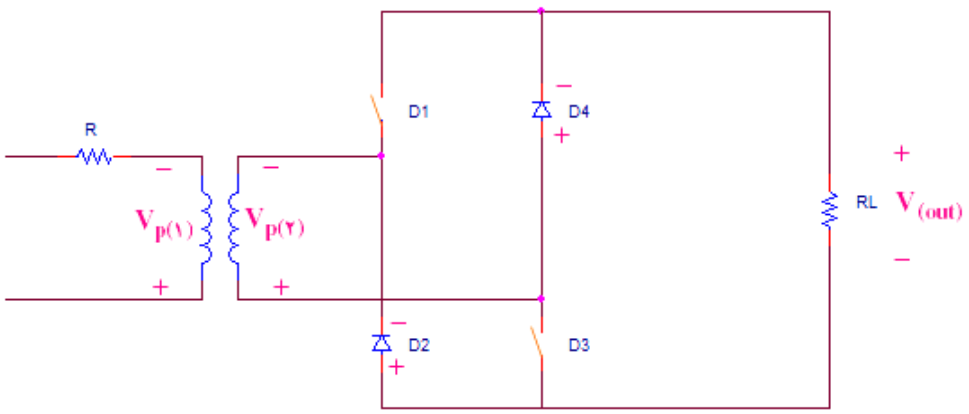


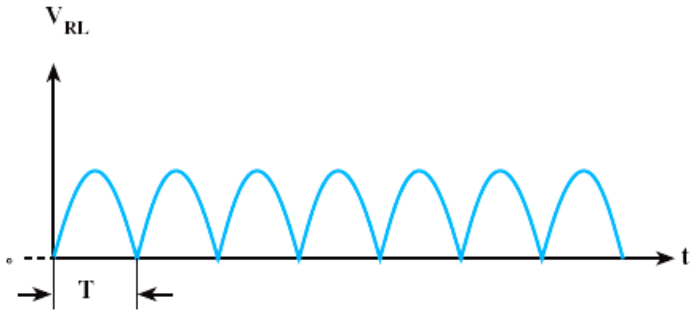
یکسوساز تمام موج(پل):



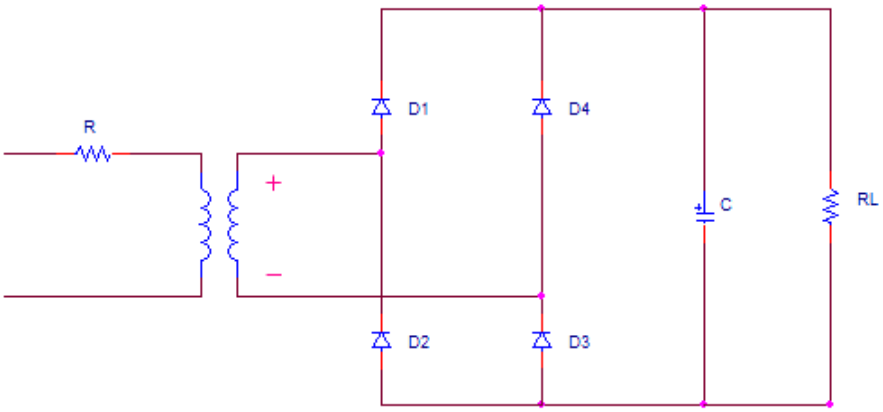
طرز کار یکسوساز تمام موج(پل):

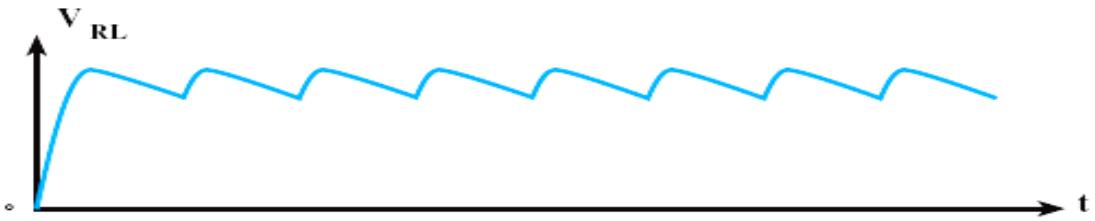






یکسوساز تمام موج(پل) با صافی خازن:



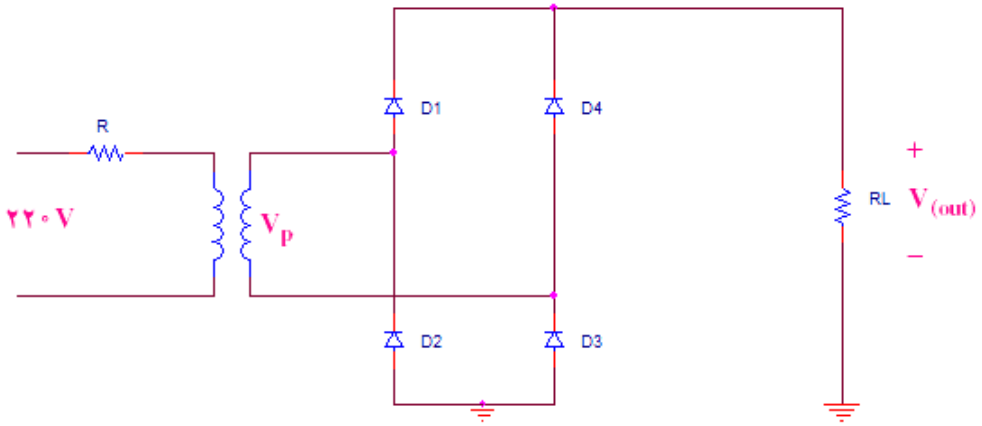


روش آزمایش:

قدم۱: مدار **یکسوسازتمام موج (پل)** از نوع مثبت زیر را بر روی بردبورد مونتاژ و سپس سیگنال هـای مـورد نظر را رسم کنید.

$V_S = 3Sin(\omega t)$

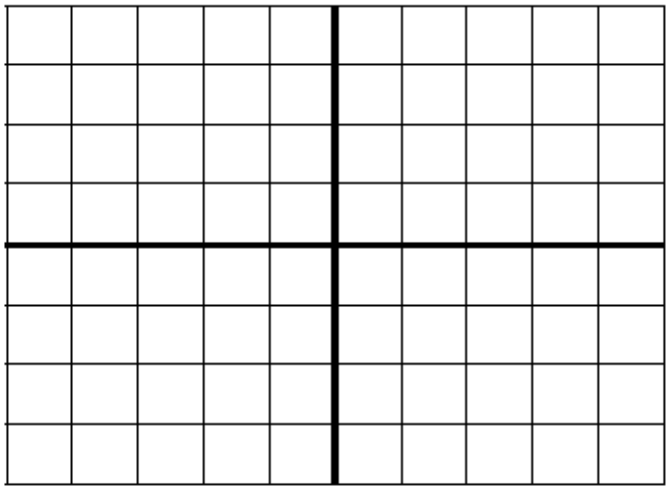
$f = 1^{KHz}$



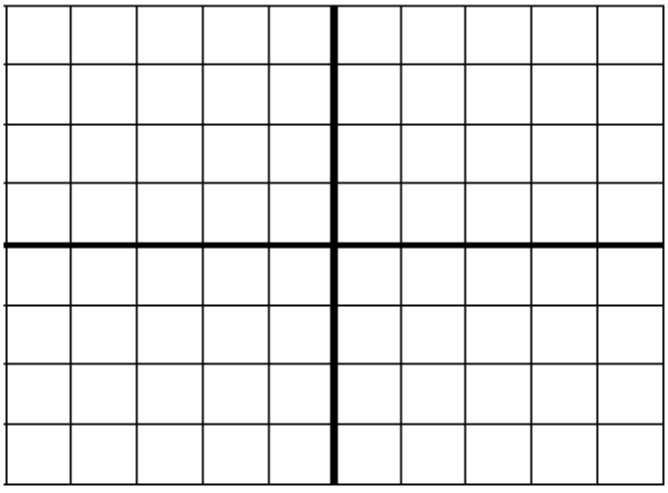
نکته:

رسم سیگنال های زیر برای $R_L = 1^{K\Omega}$ می باشد.

V_O



V_S



قدم ۲: با استفاده از ولت متر و اسیلوسکوپ جدول زیر را تکمیل نمائید.

%VR	V_o					V_i		یکسوساز تمام موج بدون صافی
	I_{dc}	I_m	V_{dc}	V_{rms}	V_m	V_{rms}	V_m	
								$R_L = 1^{K\Omega}$
								$R_L = 10^{K\Omega}$

فرمول های مورد استفاده در محاسبه مقادیر تئوری یکسوساز تمام موج:

$$I_{dc} = \frac{2I_m}{\pi} \; V_{dc} = \frac{2V_m}{\pi} = R_L I_{dc}$$

$$V_{rms}(V_i) = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$$

بازده یکسو کننده تمام موج:

$$\eta = \frac{P_{out(DC)}}{P_{in(ac)}} = \%81.2$$

درصد رگولاسیون ولتاژ:

$$\%VR = \frac{V_{0dc(NL)} - V_{Odc(FL)}}{V_{Odc(FL)}} \times 100$$

ضریب ضربان

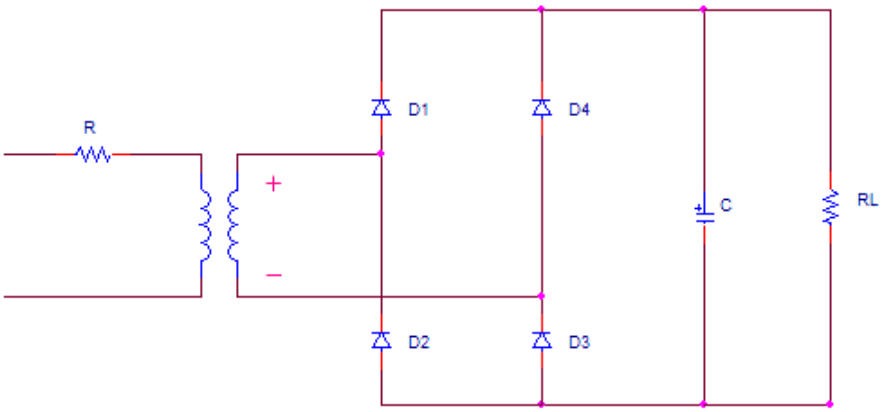
$$\%r.f = \frac{V_{r(rms)}}{V_{O(dc)}} = \frac{0.308V_m}{\frac{2V_m}{\pi}} = \%48$$

قدم ۳: مدار **یکسوساز تمام موج (پل) مثبت با صافی خازن** زیر را بر روی بردبورد مونتاژ و سپس سیگنال های مورد نظر را رسم کنید.

$V_S = 3Sin(\omega t)$

$f = 1^{KHz}$

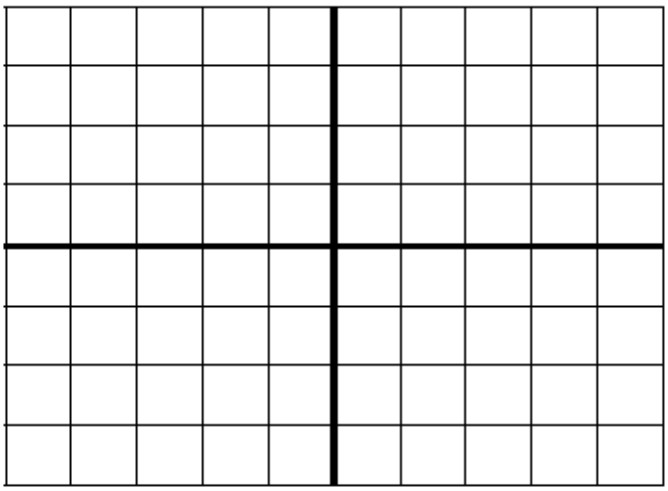
$R_L = 1^{K\Omega}$



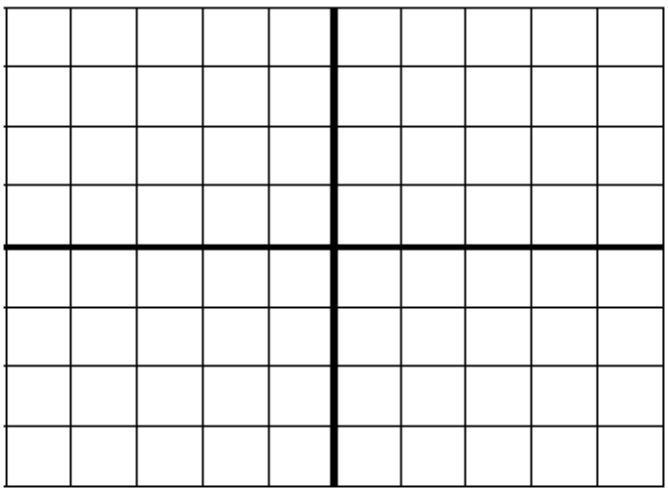
نکته:

رسم سیگنال های زیر برای $C = 1^{\mu F}$ می باشد.

V_O



V_S



قدم ۴: با استفاده از ولت متر و اسیلوسکوپ جدول زیر را تکمیل نمائید.

یکسوساز تمام موج با صافی خازن	V_i		V_o				%VR
	V_m	V_{rms}	V_{rms}	V_{dc}	I_{dc}	V_r	
$C=1^{\mu F}$							
$C=10^{\mu F}$							
$C=47^{\mu F}$							
$C=100^{\mu F}$							

فرمول ولتاژ موجک در یکسوساز تمام موج با صافی خازن:

$V_r = \frac{V_{dc}}{2fRC}$ که با تقریب بار کم(*Light Load*) داریم $V_r = \frac{V_m}{2fRC}$

قدم ۵: با معکوس کردن دیود در قدم های قبلی آزمایشات را برای **یکسوساز تمام موج (پل)** از نوع منفی تکرار کنید.

پرسش:

۱- مطلوبست آزمایشات فوق با استفاده از نرم افزار *PROTEUS* و *PSpice(Schematics)*؟

۲- با استفاده از نرم افزار *PROTEUS* و *PSpice(Schematics)* تمامی مدارات یکسوساز تمام موج با مبدل سر وسط را پیاده سازی کنید؟

۳- طرز کار یکسوساز تمام موج(پل) از نوع منفی را شرح دهید؟

۴- طرز کار یکسوساز تمام موج(پل) از نوع منفی با صافی را شرح دهید؟

۵- فرمول ولتاژ موجک در یکسوساز تمام موج(پل) با صافی خازن را اثبات کنید؟

۶- فرمول های مورد استفاده در محاسبه مقادیر تئوری یکسوساز تمام موج (پل) را اثبات کنید؟

۷- پس از انجام آزمایشات یکسوساز نیم موج و تمام موج معایب و مزایا هر کدام را شرح دهید؟

۸- نقش خازن را در یکسوسازهای نیم موج و تمام موج به عنوان صافی چگونه توجیح می کنید؟

آزمایش شماره (۴)

بررسی مدارات برش

هدف:

پیاده‌سازی انواع مدارهای برشگر(سری،موازی،دوطرفه) و به دست آوردن منحنی ولتاژ خروجی بر حسب ولتاژ ورودی، مقایسه نتایج تئوری با نتایج عملی.

وسایل آزمایش:

دیود: $1N4001$ دو عدد

مقاومت: $1^{K\Omega}$,$100^{K\Omega}$.

دیود زنر: 2.7^{V} دو عدد

فانکشن ژنراتور:

اسیلوسکوپ:

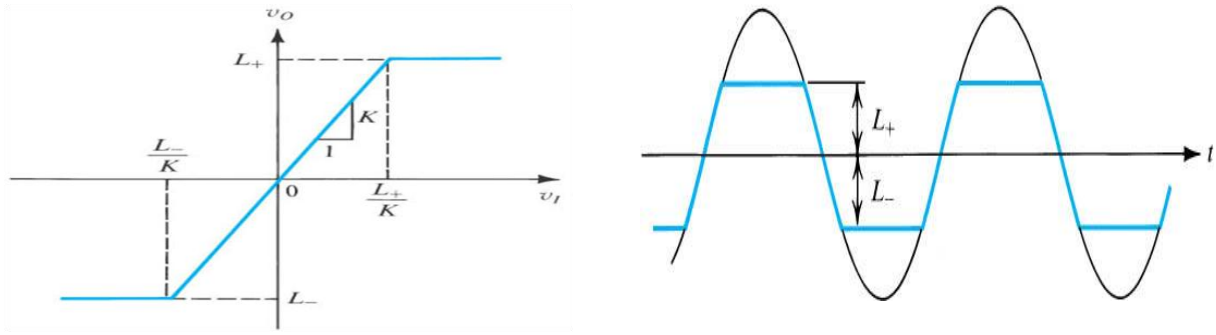
منبع تغذیه:

مبانی نظری:

برای محدود کردن یک سیگنال یا انتخاب بخشی از آن که بالاتر یا پایین‌تر از حد معینی باشد طبق شکل زیر از مدارهای برشگر یا محدود کننده[۲] استفاده می‌شود. به عبارت دیگر این مدارها حداکثر پتانسیل مجاز خروجی را کنترل می‌کنند این مدارها پایه و اساس مدارهای دیجیتالی و مدارهای منطقی‌اند زیرا یک سیستم منطقی به صورت دودویی کار می‌کند و در وسایلی مورد استفاده قرار می‌گیرند که فقط می‌توانند دو حالت داشته باشند. در منطق بول رده‌بندی دودویی در مورد یک گزاره، با درست یا نادرست، زیاد یا کم، بسته یا باز، یک یا صفر، و... مشخص می‌شود. فرض کنیم بخواهیم این مدارها این مفهوم را برسانند که وقتی سطح ولتاژ DC کمتر از دو ولت باشد آن را صفر منطقی و اگر بیش از چهار ولت باشد آن را یک منطقی بنامیم، بنابراین باید ولتاژ DC در محدوده‌ی دو و چهار (در گستره‌ی مورد نیاز)، محدود شود. که این عمل با مدارهای برش نیز انجام می‌شود.

محدودکننده‌ها در سیستم های پردازش سیگنال متنوعی کاربرد دارند. یکی از ساده‌ترین کاربردهای آنها محدود کردن ولتاژ بین پایه‌های ورودی آپ امپ به حدی کوچکتر از ولتاژ شکست ترانزیستورهای سازنده طبقه ورودی آپ امپ است.

ترکیب دیود و مقاومت راه ساده‌ای برای ساختن مدارهای محدودکننده است.



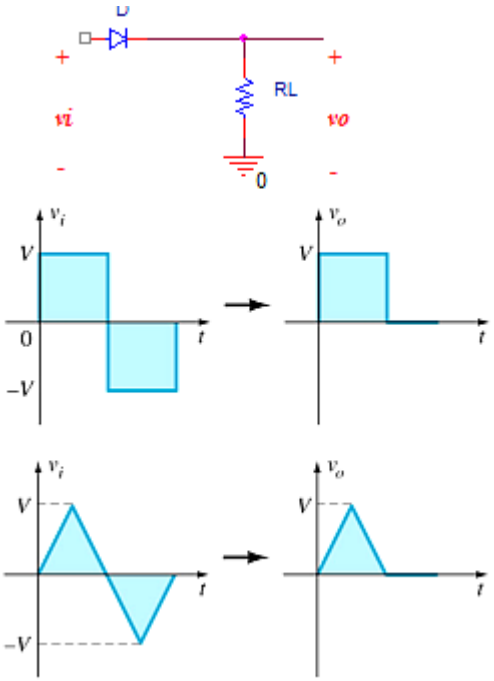
شکل(۴-۱): شکل موج و منحنی انتقالی یک مدار محدود کننده

به طورخلاصه مدارهای محدودکننده به سه‌دسته‌ی مدارات محدودکننده‌ی موازی و مدارات محدودکننده‌ی سری و مدارات محدودکننده دوطرفه تقسیم می‌شوند. در مدارهای برشگر دیود نقش اصلی را بازی می‌کند. اگر دیود در شاخه موازی قرار گرفته باشد برشگر موازی نامیده می‌شود، چون دیود در شاخه‌ی موازی ورودی و خروجی قرار دارد در غیر این صورت برشگر را سری می‌نامیم. در زیر به طور خلاصه بعضی از انواع برشگرها را مشاهده می‌کنیم:

---

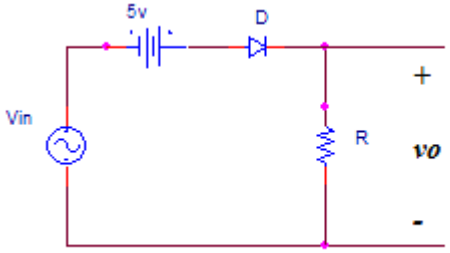
[2] -- *Clipper*

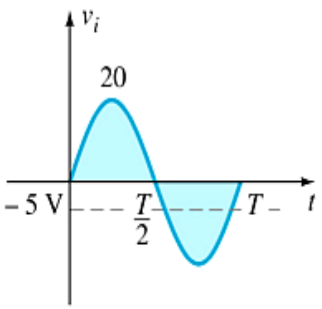
۱- برشگر سری بدون منبع تغذیه DC:

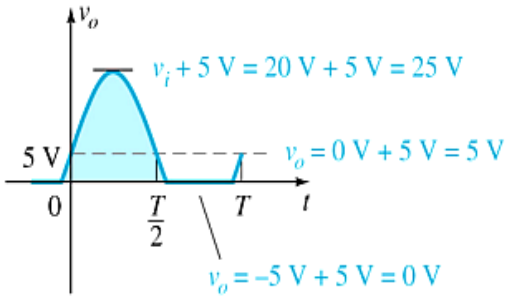


تحلیل به عهده دانشجو:

۲- برشگر سری با منبع تغذیه DC:

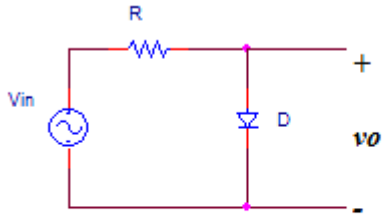


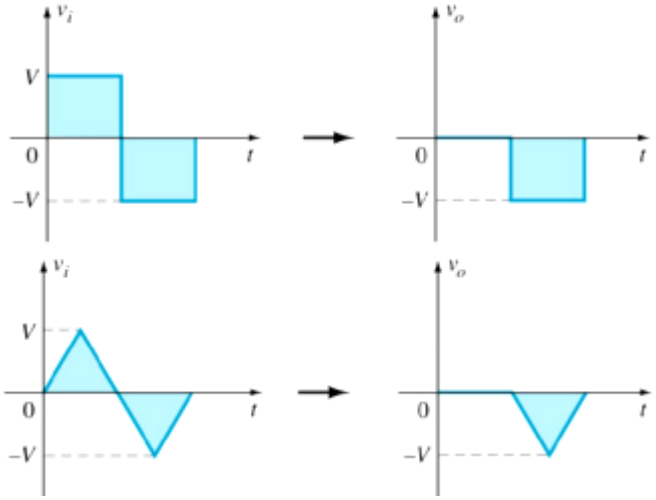




تحلیل به عهده دانشجو:

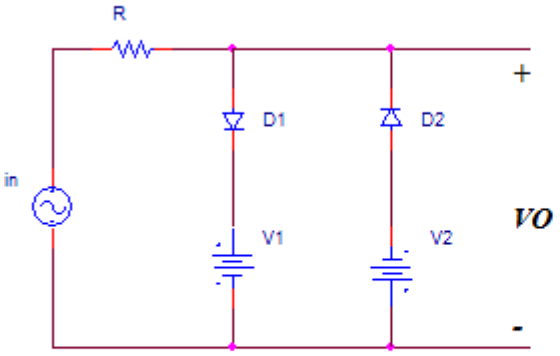
۳- برشگر موازی بدون منبع تغذیه DC:

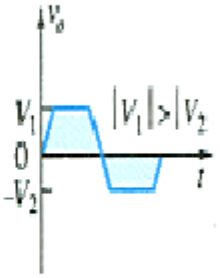




تحلیل به عهده دانشجو:

۴- برشگر دو طرفه:



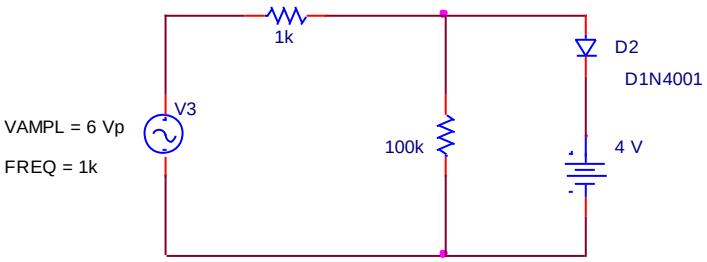


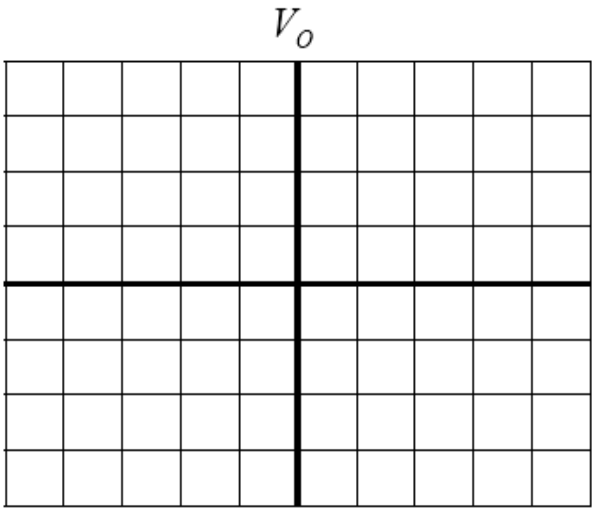
تحلیل به عهده دانشجو:

روش آزمایش:

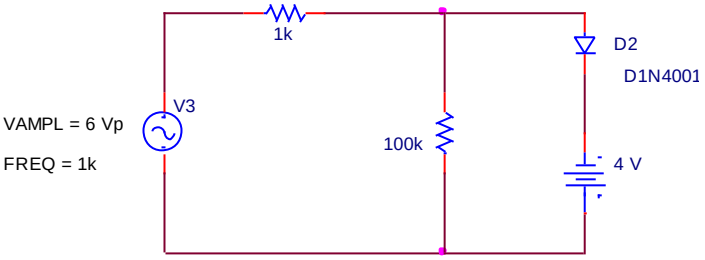
قدم۱:

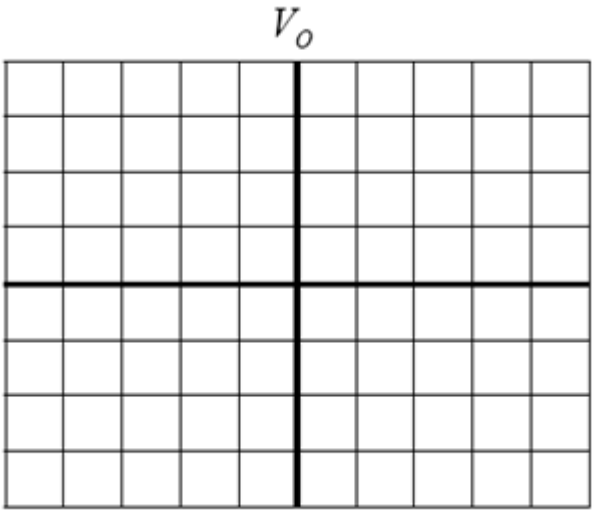
نحوه ی عملکرد مدارت زیر را ابتدا تحلیل و پس از ارائه به استاد مربوطه مدار مورد نظر را مونتاژ و خروجی مورد نظر را رسم کنید.



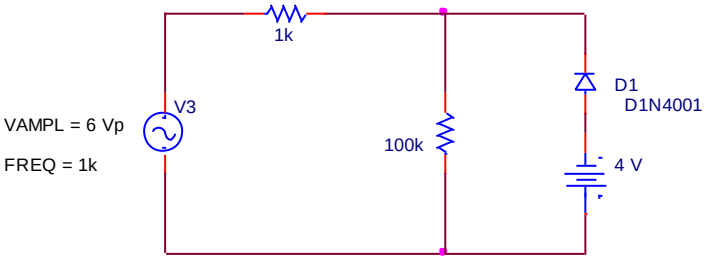


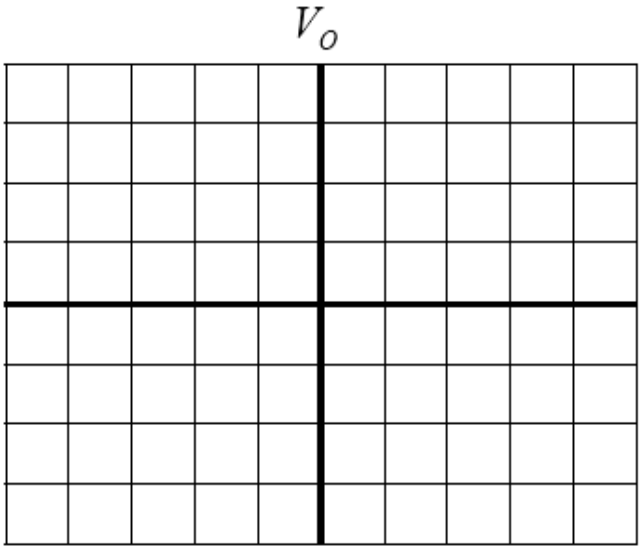
تحلیل:

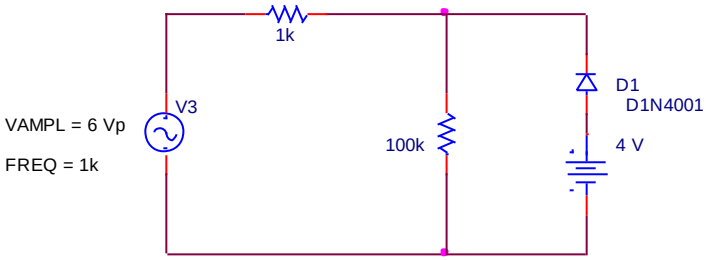


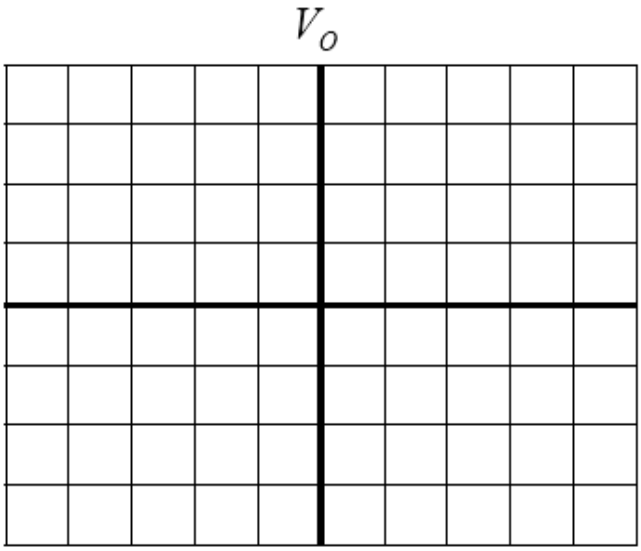


تحلیل:

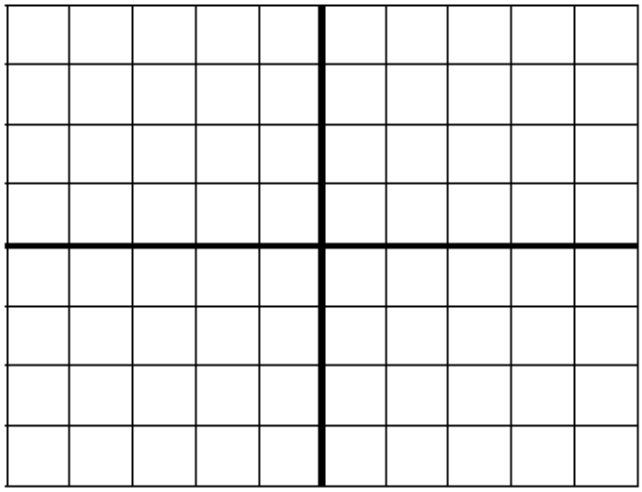

1k
V3
VAMPL = 6 Vp
FREQ = 1k
100k
D1
D1N4001
4 V

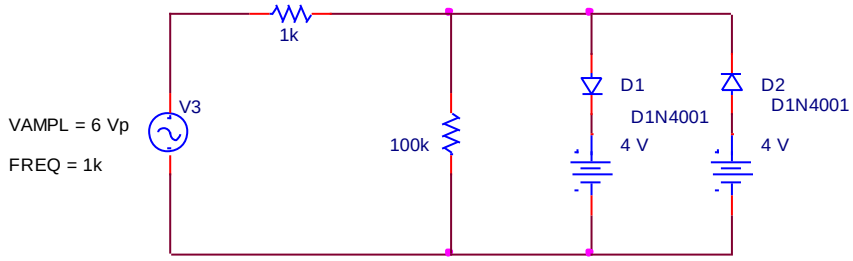

V_o


1k
V3
VAMPL = 6 Vp
FREQ = 1k
100k
D1
D1N4001
4 V

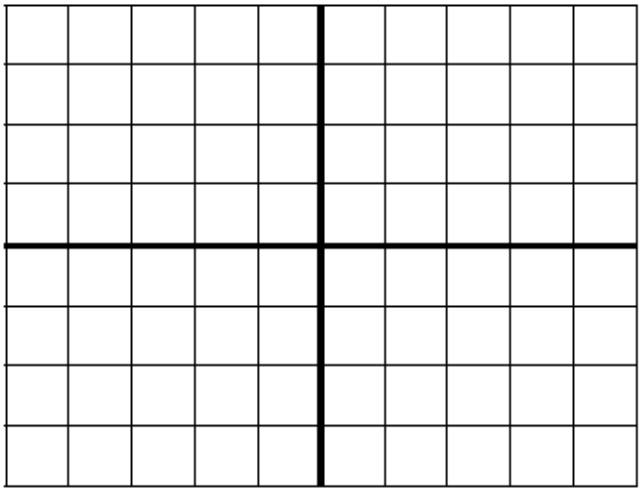

V_o

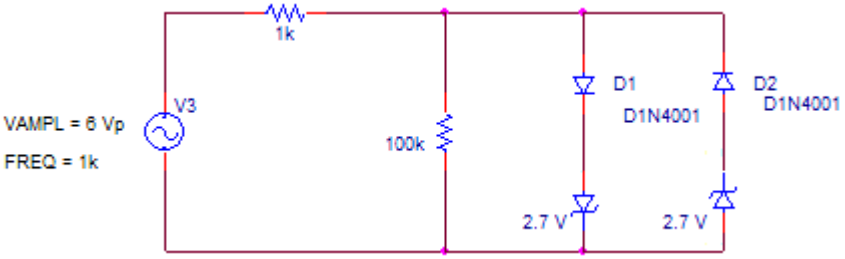
V_o





V_o



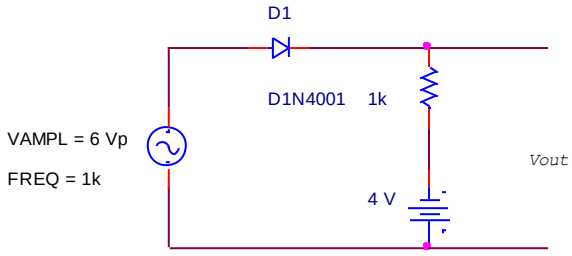


تحلیل:

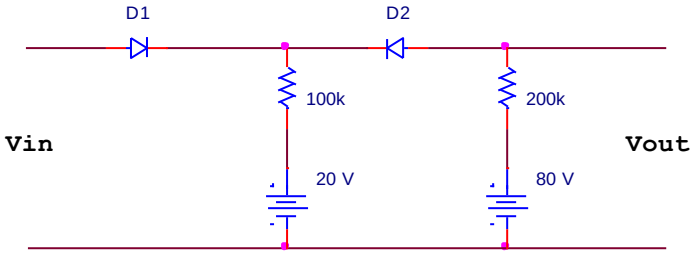
پرسش:

۱- مطلوبست آزمایشات فوق با استفاده از نرم افزار *PROTEUS* و *PSpice(Schematics)*؟

۲- نحوه ی عملکرد مدار زیر را ابتدا تحلیل سپس با استفاده از نرم افزار *PROTEUS* و *PSpice(Schematics)* آنرا پیاده -سازی کنید؟



۳- ولتاژ ورودی مدار زیر از ۰ تا ۱۰۰ ولت به صورت خطی تغییر می کند. با فرض ایده آل بودن دیود ها مشخصه ی انتقالی مدار را رسم نمایید؟



آزمایش شماره (۵)

بررسی مدارات جهش

هدف:

هدف از این آزمایش تحلیل و بررسی نحوه کار مدارات جهش[۳] یا کرانبند می باشد. در این آزمایش مدارات دیودی را بررسی می کنیم که سطح سیگنال اعمالی را تغییر می دهند، که اگر این تغییر رو به بالا باشد کرانبند مثبت و اگر رو به پایین باشد کرانبند منفی می باشد.

وسایل آزمایش:

دیود: $1N4001$.

مقاومت: $100^{K\Omega}$.

خازن: $470^{\mu F}$.

فانکشن ژنراتور:

اسیلوسکوپ:

منبع تغذیه:

---

[3] - *Clamper*

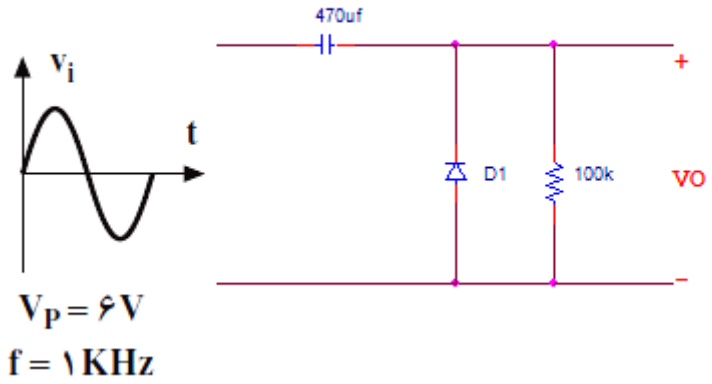
مبانی نظری:

مدار کرانبند مداری متشکل از دیود، خازن و مقاومت است که سطح DC سیگنال را جا به جا می کند، بدون اینکه شکل سیگنال اعمالی تغییرکند. همچنین با افزودن یک منبع DC مستقل می توان جا به جایی ناشی از مدارات کرانبند را کم و زیاد کرد. مقادیر R و C باید طوری انتخاب شوند که ثابت زمانی RC بزرگ باشد، به نحوی که ولتاژ خازن در مدت روشن بودن دیود زیاد تخلیه نشود. در این آزمایش فرض می کنیم که به لحاظ عملی پر شدن یا تخلیه کامل خازن پنج ثابت زمانی طول می کشد.

در مدارات کرانبند یک خازن بین ورودی و خروجی متصل است و یک مقاومت به موازات خروجی قرار دارد. دیود نیز با خروجی موازی است و ممکن است یک منبع DC نیز با آن سری باشد.

روش آزمایش:

قدم۱: مداری مطابق شکل زیر روی بردبورد مونتاژ کنید.



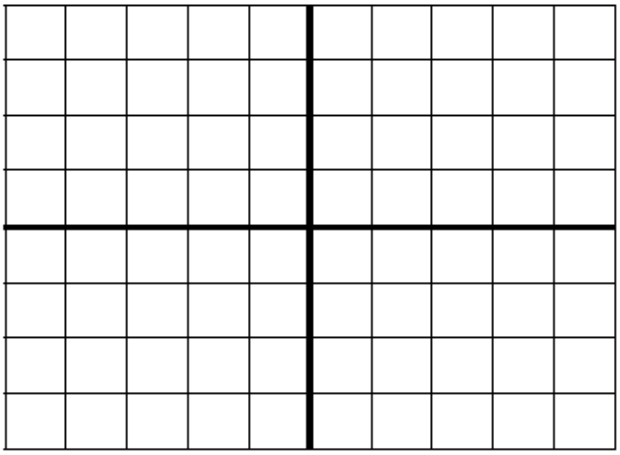
قدم ۲: قبل از انجام هر گونه آزمایش و مشاهده دیگری ابتدا تحلیل خود را یادداشت نمایید.

راهنمایی: به دو نکته مهم که ابتدا تحلیل را با قسمتی آغاز می کنیم که دیود روشن باشد و نکته دیگر اینکه دامنه سیگنال خروجی با سیگنال ورودی برابر است توجه بیشتر داشته باشید.

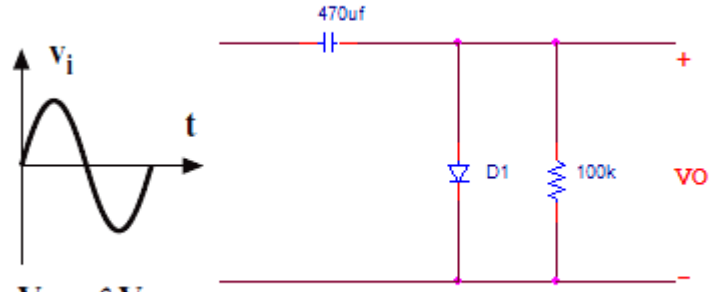
تحلیل: ----------

قدم ۳: به کمک اسیلوسکوپ سیگنال خروجی را مشاهده کرده و در زیر رسم کرده و با تحلیل خود مقایسه نمایید.

V_o



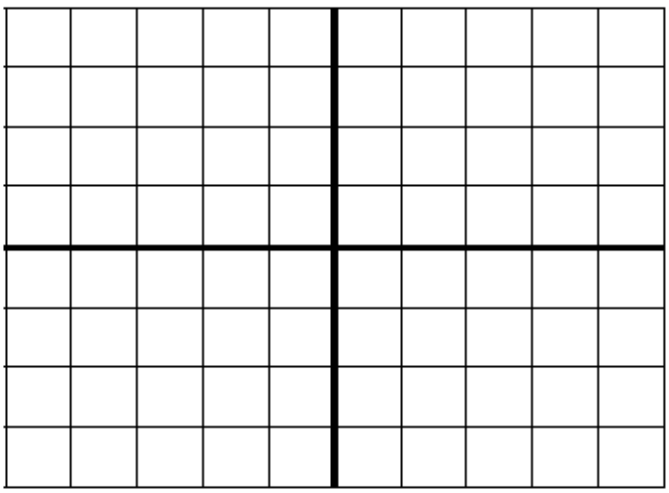
قدم ۴: مداری مطابق شکل زیر روی بردبورد مونتاژ کنید و قدم های ۲ و ۳ را تکرار نمایید.



$V_P = ۶V$

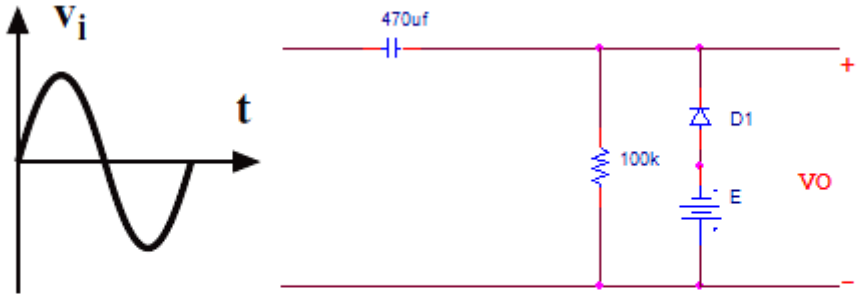
$f = ۱KHz$

V_o



تحلیل:

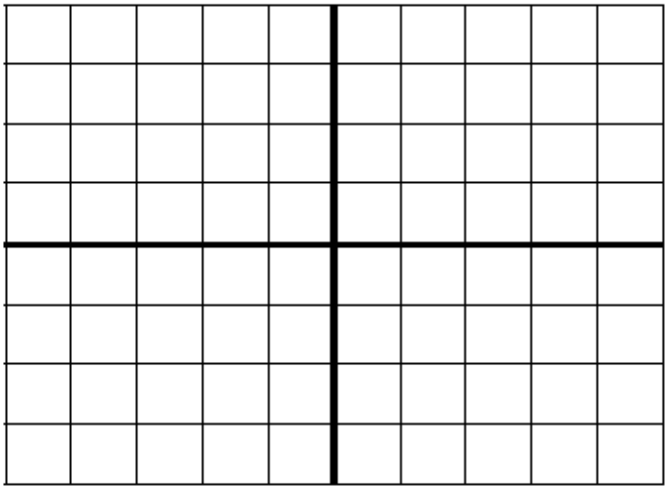
قدم۵: حال یک باتری ۲ ولتی مطابق شکل زیر با دیود سری کنید و برای این مدار هم قدم ۲ ، ۳ را تکرار نمایید.



$V_P = ۶V$

$f = ۱ KHz$

V_O

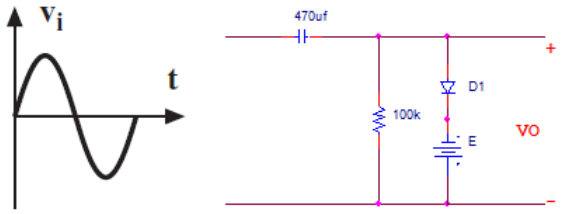


تحلیل:

پرسش:

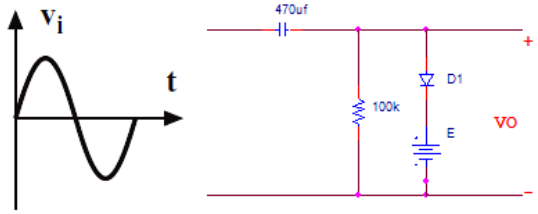
۱- مطلوبست آزمایشات فوق با استفاده از نرم افزار *PROTEUS* و *PSpice(Schematics)*؟

۲- نحوه عملکرد مدارات زیر را با فرض ایده آل بودن دیودها تحلیل نمایید سپس با استفاده از نرم افزار *PROTEUS* و *PSpice(Schematics)* آنرا پیاده سازی کنید؟



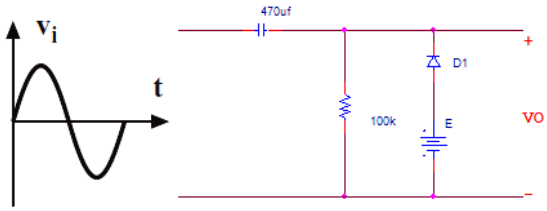
$V_P = ۶V$

$f = ۱KHz$



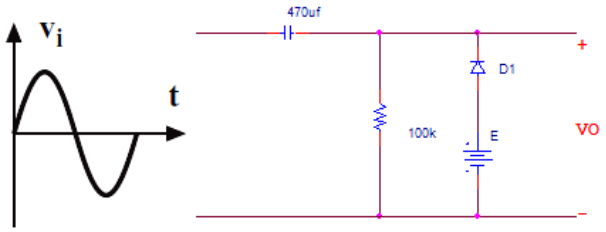
$V_P = ۶V$

$f = ۱KHz$



$V_P = ۶V$

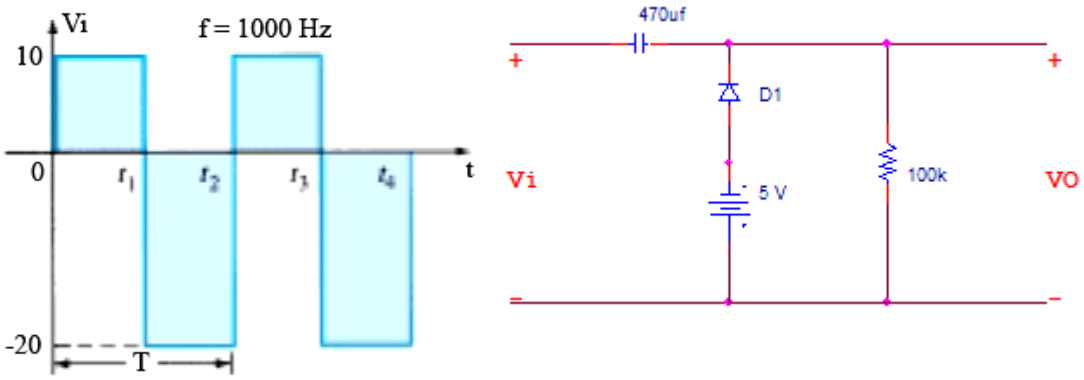
$f = ۱KHz$



$V_P = ۶V$

$f = ۱ KHz$

۳- نحوه عملکرد مدار زیر را با فرض دیود سیلیکان تحلیل نمایید؟



آزمایش شماره (۶)

بررسی مدارات چند برابر کننده ولتاژ

هدف:

بررسی مدارهای چند برابر کننده ولتاژی است که از خروجی کم دامنه ی یک ترانسفورماتور گرفته می شود و ولتاژی با دامنه دو ، سه ، چهار یا .... برابر دامنه ی ورودی ایجاد می کند.

وسایل آزمایش:

دیود: $1N4007$ چهار عدد.

خازن: $470^{\mu F}$ چهار عدد.

مقاومت: $4.7^{K\Omega}, 22^{K\Omega}, 100^{K\Omega}$.

فانکشن ژنراتور:

اسیلوسکوپ:

مولتی متر:

مبانی نظری:

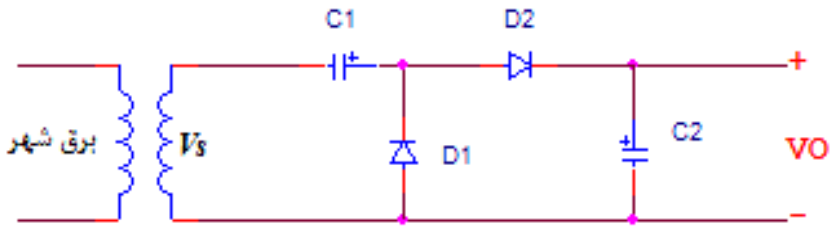
مدارهای چند برابر کننده ولتاژ از ترکیب سری دیودها و خازن های صافی و یا به عبارتی از ترکیب دو یا چند یکسو ساز تشکیل می شوند که در آنها ولتاژ DC خروجی به میزان چند برابر مقدار پیک ولتاژ متناوب خروجی ایجاد میشود. معمولا در مدارهایی که به ولتاژ بالا ولی جریان کم نیاز باشد از مدارهای چند برابر کننده به عنوان منبع تغذیه استفاده می شود. مثلا در لامپهای اشعه کاتدی (CRT) در تلویزیون یا اسیلوسکوپ. همچنین در فلاشر دوربین عکاسی که در زمان کوتاهی از جریان استفاده می شود، مورد استفاده قرار می گیرند. علت اینکه برای افزایش ولتاژ از ترانس افزاینده و سپس یک سو کننده استفاده نمی شود این است که با افزایش دور در ثانویه که به ولتاژ DC زیاد و جریان کم نیاز داریم از نظر اقتصادی به صرفه نیست. در این آزمایش اثبات روابط حاکم بر مدارات چند برابر کننده ولتاژ را در قسمت روش آزمایش به عهده دانشجو می گذاریم.

روش آزمایش:

قدم۱: نحوه ی عملکرد مدار دو برابر کننده ولتاژ از نوع مثبت زیر را ابتدا تحلیل و پس از ارائه به استاد مربوطه مدار مورد نظر را مونتاژ و جدول را تکمیل کنید. در ادامه اثر مقاومت بار را در میزان ولتاژ خروجی با ذکر روابط بررسی کنید.

$$V_S = 2Sin(\omega t)$$

$$f = 10^{KHZ}$$

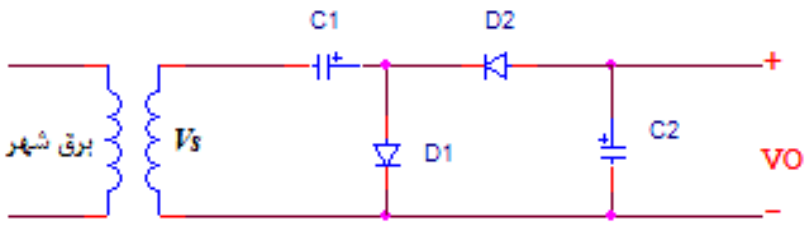


تحلیل:

R_L	$V_{C1}(DC)$	$V_{C2}(DC)$	$V_O(DC)$	$V_O(P-P)$
∞				
$100^{k\Omega}$				
$22^{k\Omega}$				
$4.7^{k\Omega}$				

قدم۲: نحوه ی عملکرد مدار دو برابر کننده ولتاژ از نوع منفی زیر را ابتدا تحلیل و پس از ارائه به استاد مربوطه مدار مورد نظر را مونتاژ و جدول را تکمیل کنید. در ادامه اثر مقاومت بار را در میزان ولتاژ خروجی با ذکر روابط بررسی کنید.

$$V_S = 2Sin(\omega t)$$
$$f = 10^{KHZ}$$



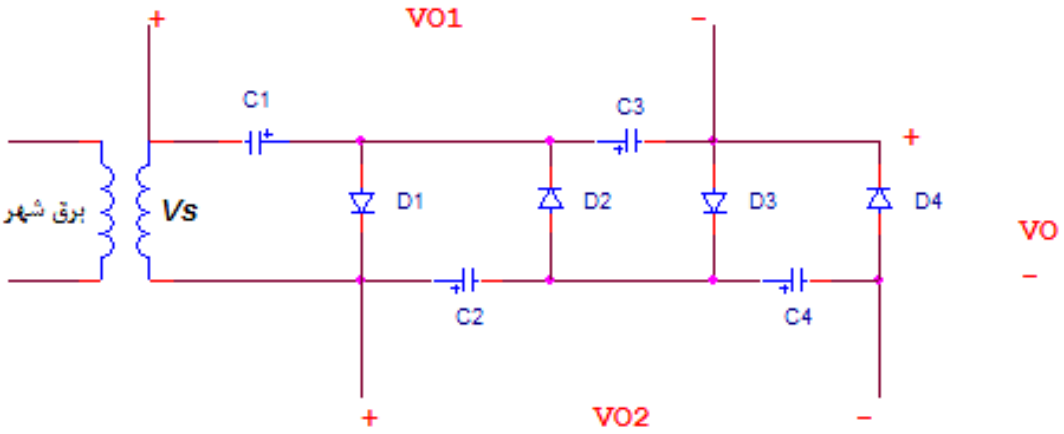
تحلیل:

R_L	$V_{C1}(DC)$	$V_{C2}(DC)$	$V_O(DC)$	$V_O(P-P)$
∞				
$100^{k\Omega}$				
$22^{k\Omega}$				
$4.7^{k\Omega}$				

قدم۳: مدار مورد نظر زیر را مونتاژ و پس از تکمیل جدول زیر تشخیص خود را برای اینکه این دو خروجی چند برابر کننده ولتاژ می باشد را به استاد مربوطه ارائه دهید.

$V_S = 2Sin(\omega t)$

$f = 10^{KHZ}$



R_L	$V_{C1}(DC)$	$V_{C3}(DC)$	$V_{O1}(DC)$
∞			

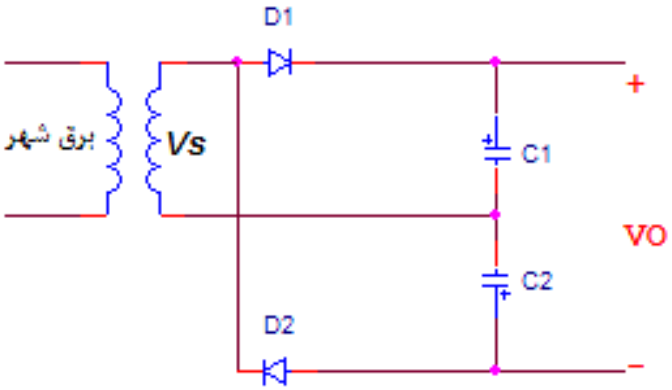
R_L	$V_{C2}(DC)$	$V_{C4}(DC)$	$V_{O2}(DC)$
∞			

پرسش:

۱- مطلوبست آزمایشات فوق با استفاده از نرم افزار *PROTEUS* و *PSpice(Schematics)*؟

۲- نحوه ی عملکرد مدار قدم ۳ را ابتدا تحلیل سپس با استفاده از نرم افزار *PROTEUS* و *PSpice(Schematics)* آنرا پیاده -سازی کنید؟

۳- نحوه ی عملکرد مدار زیر را ابتدا تحلیل سپس با استفاده از نرم افزار *PROTEUS* و *PSpice(Schematics)* آنرا پیاده -سازی کنید؟



آزمایش شماره (۷)

آشنایی با ترانزیستور و بررسی منحنی مشخصه آن

هدف:

هدف این آزمایش آشنایی با انواع ترانزیستور و نحوه تشخیص پایه های آن و رسم منحنی مشخصه های ترانزیستور در حالت امیتر مشترک می باشد.

وسایل آزمایش:

ترانزیستور: $BC107, A733, BC109, BC177$

مقاومت: $1^{K\Omega}, 100^{K\Omega}$.

فانکشن ژنراتور:

اسیلوسکوپ:

منبع تغذیه:

ولت متر دیجیتال:

مبانی نظری:

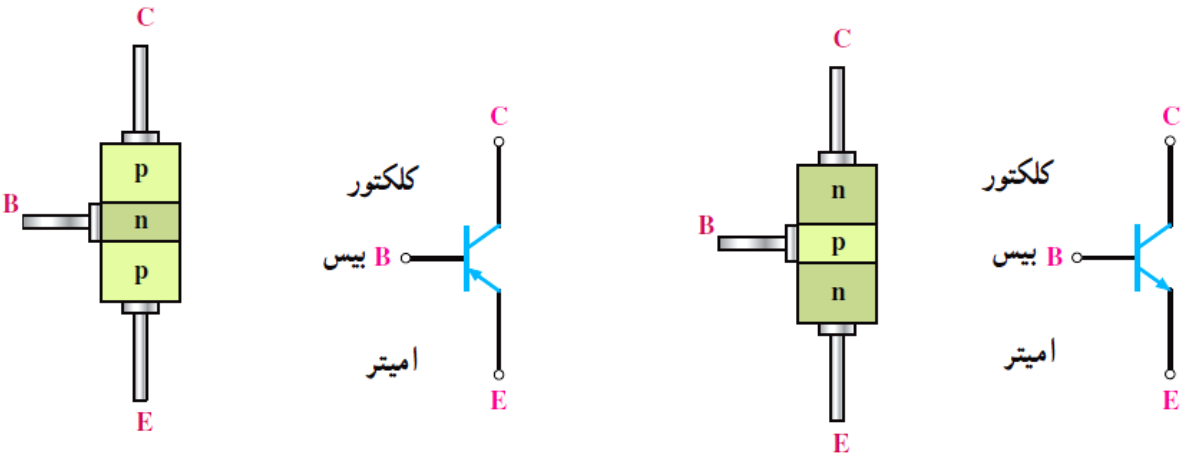
ساختار ترانزیستور:

ترانزیستور معمولی، یک المان سه قطبی است که از سه کریستال نیمه هادی نوع N و P که در کنار یکدیگر قرار می گیرند تشکیل شده است. ترتیب قرار گرفتن نیممه 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 دوطرف و نیمه هادی نوع N در وسط.

در حالت (الف)، ترانزیستور را (NPN) و در حالت (ب)، ترانزیستور را (PNP) می نامند. شکل زیر ترتیب قرار گرفتن نیمه هادی ها را کنار یکدیگر نشان می دهد.



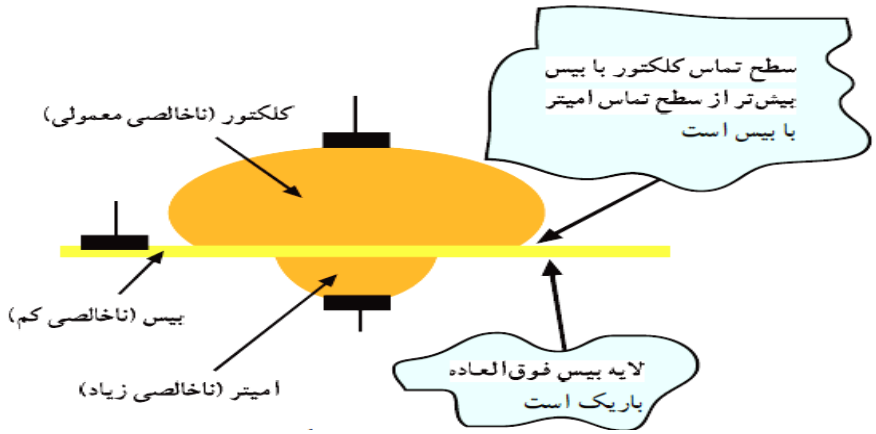
شکل(۷-۱): ترانزیستور NPN و PNP

پایه های خروجی ترانزیستور را به ترتیب امیتر، بیس، کلکتور نامگذاری کرده اند. امیتر را با حرف E بیس را با حرف B و کلکتور را با حرف C نشان می دهند.

نیمه هادی نوع P یا N که بعنوان امیتر به کار می رود ، نسبت به لایه بیس و کلکتور، دارای ناخالصی بیشتری می باشد. ضخامت این لایه حدود چند ده میکرون است (عملا حدود ۲۰-۲۰۰۰ میکرومتر) و سطح تماس آن نیز بستگی به میزان فرکانس و قدرت ترانزیستور دارد.

لایه ی بیس نسبت به کلکتور و امیتر دارای ناخالصی کمتری است و ضخامت آن نیز به مراتب کمتر از امیتر و کلکتور می باشد و عملا از چند میکرون تجاوز نمی کند.

ناخالصی لایه کلکتور از امیتر کمتر و از بیس بیشتر است. ضخامت این لایه به مراتب بزرگتر از امیتر می باشد، زیرا تقریبا تمامی تلفات حرارتی ترانزیستور در کلکتور ایجاد می شود. شکل (۷-۱) تصویری از نسبت تقریبی لایه ها را نشان می دهد. سطح تماس کلکتور با بیس حدودا نه برابر سطح تماس امیتر با بیس می باشد. این نوع ترانزیستورها را به اختصار *BJT* (*Bipolar Junction Transistor*) می نامند. عبارت دو قطبی، ناشی از عملکرد الکترون ها و حفره ها به عنوان حامل های جریان می باشد.

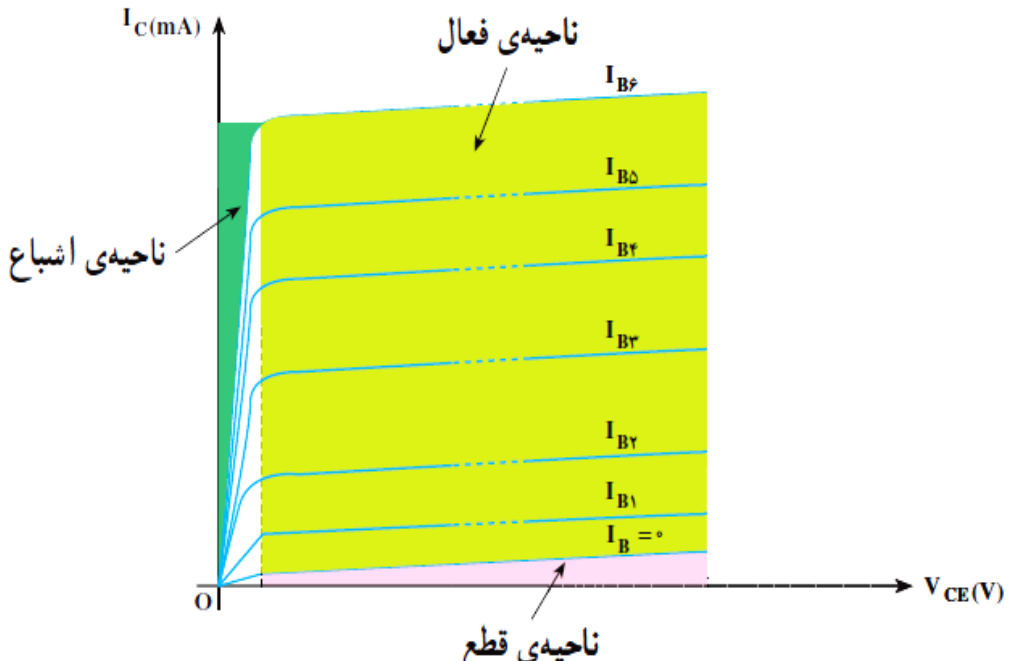


شکل(۷-۱):نسبت تقریبی لایه ها در ترانزیستور

اما در ادامه در روش آزمایش به بررسی پایه های ترانزیستور و منحنی مشخصه های آن می پردازیم ولی در بخش نظری به دلیل اهمیت منحنی مشخصه خروجی، آن را بررسی می کنیم.

منحنی مشخصه خروجی مدار امیتر مشترک:

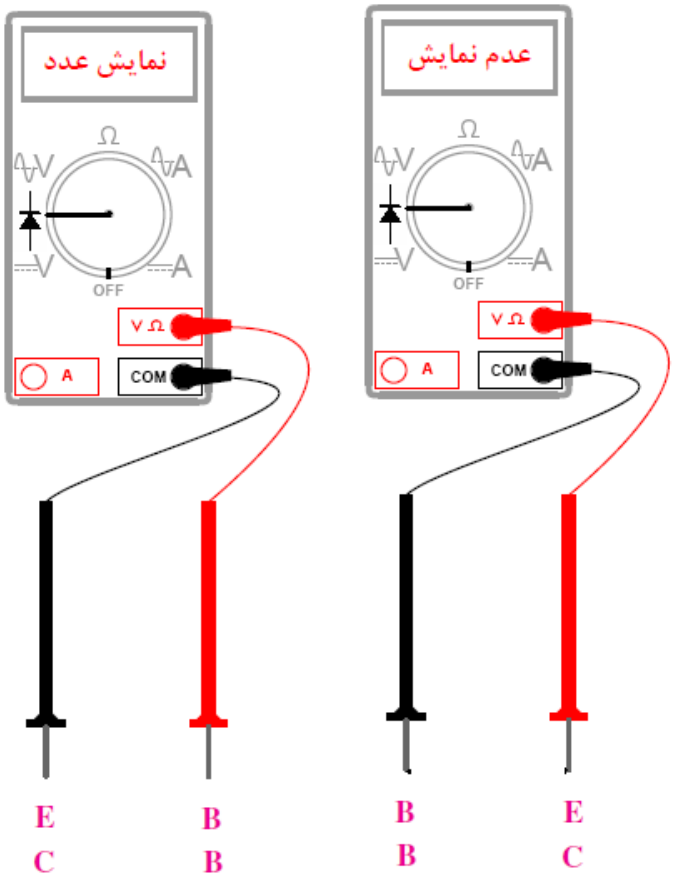
منحنی مشخصه خروجی مدار امیتر مشترک، دسته منحنی های تغییرات جریان کلکتور بر حسب ولتاژ کلکتور-امیتر به ازای مقادیر مختلف جریان بیس است که شکل (۷-۲) مشخصه خروجی یک ترانزیستور سیلیکونی *NPN* را در سه ناحیه کاری نشان می دهد.

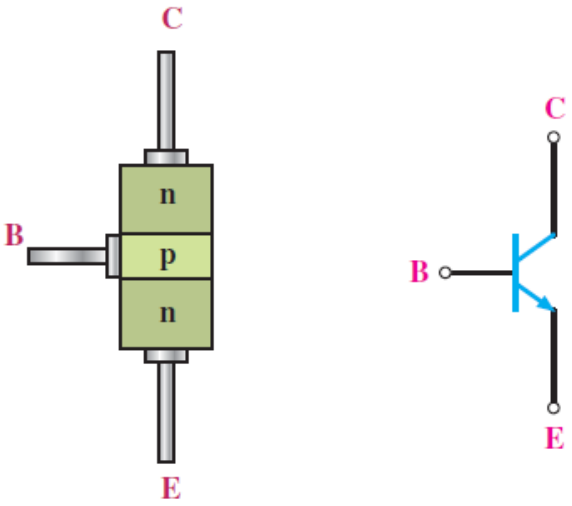


روش آزمایش:

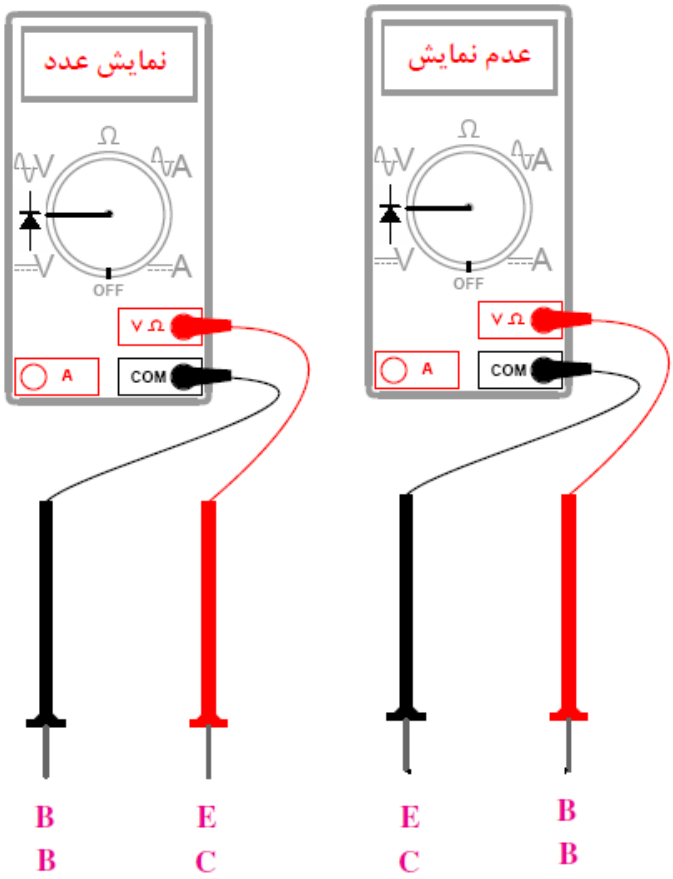
قدم۱: با استفاده از ترانزیستورهای که در اختیار دارید پایه های ترانزیستور *PNP* , *NPN* را به روش زیر در جدول مشخص شده تکمیل کنید:

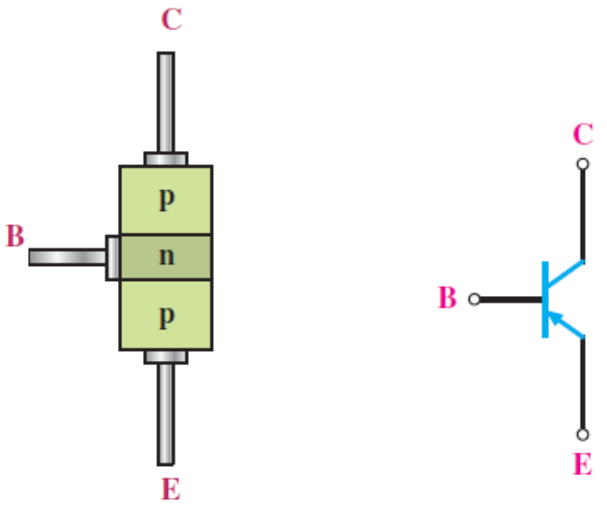
:NPN





PNP:





نکته:

در هر دو حالت برای تشخیص C از E مقدار عددی E بیشتر از C می باشد.

شماره ترانزیستور	پایه های ترانزیستور	شکل بدنه	نوع ترانزیستور	ولتاژ بیس – امیتر موافق	ولتاژ بیس- کلکتور موافق
مثال: *BC107*	۱- امیتر ۲- بیس ۳- کلکتور		*NPN*		

قدم۲:

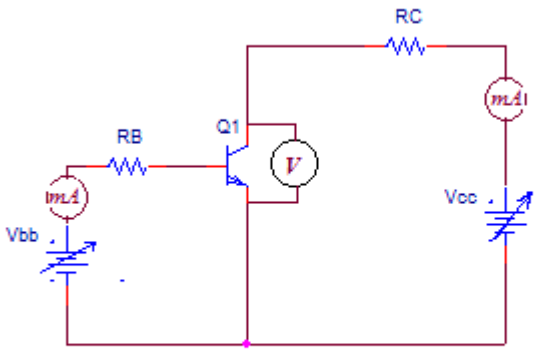
رسم منحنی مشخصه خروجی مدار امیتر مشترک:

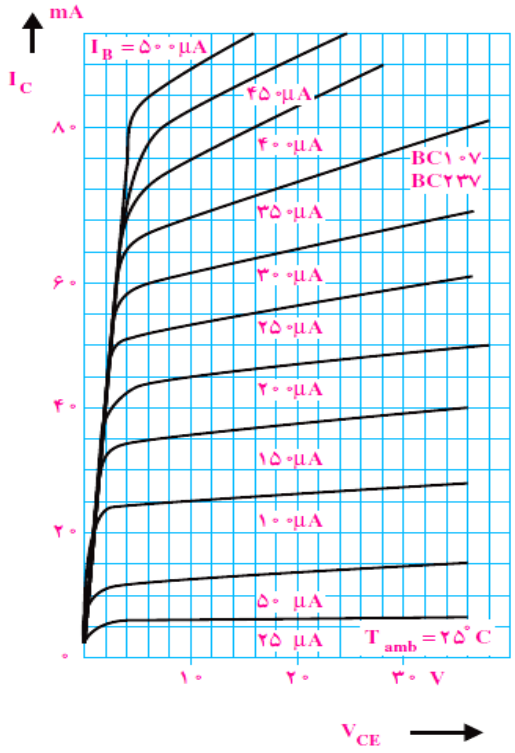
پس از مونتاژ مدار و تکمیل جدول، داده های اندازه گیری شده را با منحنی مشخصه خروجی مقایسه کنید.

$R_C = 1^{K\Omega}$

$R_B = 100^{K\Omega}$

$Q = BC107$





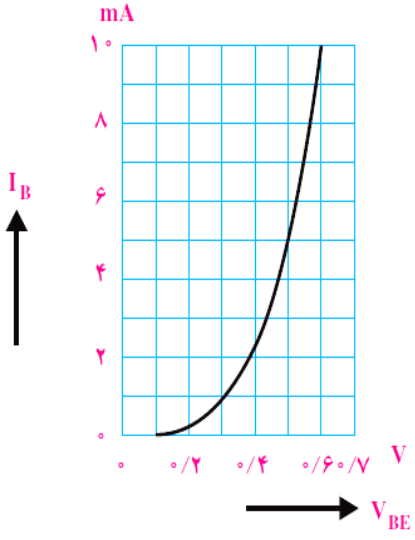
	$V_{CE}(V)$	0	0.5	1	2	3	4	5	6	7	8
$I_C(mA)$	$I_B = 10^{\mu A}$										
	$I_B = 25^{\mu A}$										
	$I_B = 50^{\mu A}$										
	$I_B = 75^{\mu A}$										

قدم۳:

رسم منحنی مشخصه ورودی مدار امیتر مشترک:

پس از مونتاژ مدار قبلی و تکمیل جدول، داده های اندازه گیری شده را با منحنی مشخصه ورودی مقایسه کنید.

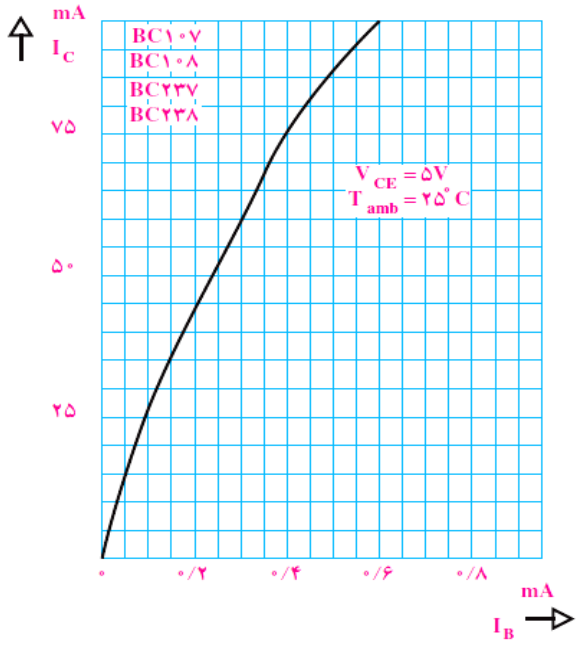
	$I_B(\mu A)$	$10^{\mu A}$	$25^{\mu A}$	$50^{\mu A}$	$75^{\mu A}$
$V_{BE}(mV)$	$V_{CE} = 2^V$				
	$V_{CE} = 4^V$				
	$V_{CE} = 6^V$				
	$V_{CE} = 8^V$				



قدم۳:

رسم منحنی مشخصه انتقالی مدار امیتر مشترک:

پس از مونتاژ مدار قبلی و تکمیل جدول، داده های اندازه گیری شده را با منحنی مشخصه انتقالی مقایسه کنید.



	$V_{CE}=3^V$							
$I_B=(\mu A)$	$50^{\mu A}$	$100^{\mu A}$	$150^{\mu A}$	$200^{\mu A}$	$250^{\mu A}$	$300^{\mu A}$	$350^{\mu A}$	$400^{\mu A}$
$I_C=(mA)$								

	$V_{CE}=5^V$							
$I_B=(\mu A)$	$50^{\mu A}$	$100^{\mu A}$	$150^{\mu A}$	$200^{\mu A}$	$250^{\mu A}$	$300^{\mu A}$	$350^{\mu A}$	$400^{\mu A}$
$I_C=(mA)$								

	$V_{CE}=7^V$							
$I_B=(\mu A)$	$50^{\mu A}$	$100^{\mu A}$	$150^{\mu A}$	$200^{\mu A}$	$250^{\mu A}$	$300^{\mu A}$	$350^{\mu A}$	$400^{\mu A}$
$I_C=(mA)$								

پرسش:

۱- منظور از نواحی فعال و اشباع و قطع در منحنی مشخصه خروجی ترانزیستور چیست؟

پآزمایش شماره (۸)

بررسی مدار هدایت ترانزیستور

هدف:

بررسی ترانزیستور در دو ناحیه قطع و اشباع به عنوان سوئیچ.

وسایل آزمایش:

ترانزیستور: $BC107$.

مقاومت: $4.7^{K\Omega}, 1^{K\Omega}, 1.2^{\Omega}$

پتانسیومتر: $5^{K\Omega}$

دیود نور دهنده(LED):

منبع تغذیه:

مبانی نظری:

ترانزیستور دارای ۳ ناحیه کاری می‌باشد. ناحیه قطع/ ناحیه فعال(کاری یا خطی)/ ناحیه اشباع. ناحیه قطع حالتی است که ترانزیستور در ان ناحیه فعالیت خاصی انجام نمی‌دهد. اگر ولتاژ بیس را افزایش دهیم ترانزیستور از حالت قطع بیرون امده و به ناحیه فعال وارد می‌شود در حالت فعال ترانزیستور مثل یک عنصر تقریبا خطی عمل می‌کند اگر ولتاژ بیس را همچنان افزایش دهیم به ناحیه‌ای می‌رسیم که با افزایش جریان ورودی در بیس دیگر شاهد افزایش جریان بین کلکتور و امیتر نخواهیم بود به این حالت می‌گویند حالت اشباع و اگر جریان ورودی به بیس زیاد تر شود امکان سوختن ترانزیستور وجود دارد . ترانزیستور هم در مدارات الکترونیک آنالوگ و هم در مدارات الکترونیک دیجیتال کاربردهای بسیار وسیعی دارد. درمدارات آنالوگ ترانزیستور در حالت فعال کار می‌کند و می‌توان از آن به عنوان تقویت کننده یا تنظیم کننده ولتاژ (رگولاتور) و... استفاده کرد. و در مدارات دیجیتال ترانزیستور در دو ناحیه قطع و اشباع فعالیت می‌کند که می‌توان از این حالت ترانزیستور در پیاده سازی مدار منطقی، حافظه، سوئیچ کردن و... استفاده کرد.

روش آزمایش:

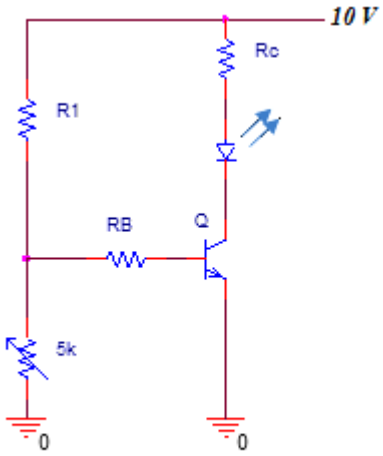
قدم۱:

مدار مورد نظر زیر را مونتاژ و پس از تکمیل جدول های مربوطه در قدم های بعدی در خصوص قطع و اشباع بودن ترانزیستور به استاد مربوطه گزارش ارائه دهید.

$R_1 = 4.7^{K\Omega}$

$R_C = 1^{K\Omega}$

$R_B = 1.2^{\Omega}$



قدم۲:

با تنظیم پتانسیومتر، LED را خاموش کنید و جدول زیر را تکمیل کنید.

حالت ترانزیستور	I_C	V_{CB}	V_{CE}	V_{BE}

قدم۳:

با تنظیم پتانسیومتر، LED را در حداکثر روشنایی قرار داده و جدول زیر را تکمیل کنید.

حالت ترانزیستور	I_C	V_{CB}	V_{CE}	V_{BE}

پرسش:

۱- نحوه ی عملکرد مدار فوق را ابتدا تحلیل سپس با استفاده از نرم افزار *PROTEUS* آنرا پیاده سازی کنید؟

آزمایش شماره (۹)
تقویت کننده امیتر مشترک

هدف:

هدف از این آزمایش، مونتاژ مدار طراحی شده و اندازه‌گیری مشخصات این تقویت کننده جهت مقایسه نتایج اندازه‌گیری با مقادیر مطلوب و در ادامه طراحی یک تقویت کننده امیترمشترک با مدار خود بایاس با مشخصات داده شده در مناسب‌ترین نقطه کار برای بدست آوردن حداکثر نوسانات خروجی.

وسایل آزمایش:

مقاومت: 220^{Ω}, $2.2^{K\Omega}$, $1^{K\Omega}$, $47^{K\Omega}$و دو عدد $10^{K\Omega}$.

خازن: $47^{\mu F}$و دو عدد $100^{\mu F}$.

ترانزیستور: $BC107$.

پتانسیومتر: $50^{K\Omega}$, $20^{K\Omega}$.

فانکشن ژنراتور:

منبع تغذیه:

مبانی نظری:

ساختارهای ترانزیستور دو قطبی(BJT):

به دلیل اینکه ترانزیستور دوقطبی یک ابزار سه ترمیناله است، اساسا سه راه ممکن برای اتصال آن در یک مدار الکترونیکی با یک ترمینال مشترک در هر دو ورودی و خروجی وجود دارد. که در هر روش اتصال، به پاسخ متفاوتی به سیگنال ورودی خود در یک مدار منجر می شود. این سه آرایش عبارتند از :

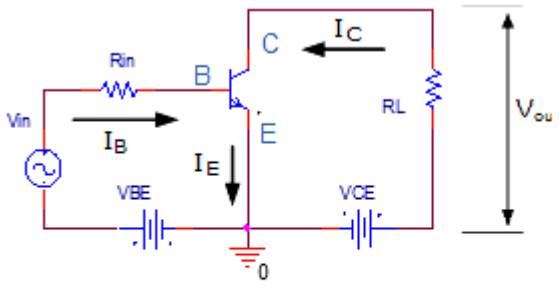
۱. ساختار امیتر مشترک- افزایش توام جریان و ولتاژ را دارد.
۲. ساختار بیس مشترک - افزایش ولتاژ دارد اما بدون افزایش جریان.
۳. ساختار کالکتور مشترک – افزایش جریان دارد اما بدون افزایش ولتاژ.

اما در این آزمایش ابتدا به ساختار امیتر مشترک می پردازیم و دو آرایش بعدی را به آزمایشهای بعدی موکول می کنیم.

ساختار امیتر مشترک:

در ساختار امیتر مشترک یا امیتر اتصال زمین شده، سیگنال ورودی در بیس اعمال میشود، در حالی که خروجی همانطور که در شکل(۹-۱) نشان داده شده است از بین کالکتور و امیترگرفته می شود. این نوع ساختار معمول ترین مدار استفاده شده برای آمپلی فایرهای با مبنای ترانزیستور هستند که نشان دهنده ی روش عادی اتصال ترانزیستور دو قطبی است. ساختار تقویت کننده امیتر مشترک بالاترین جریان و افزایش توان را تولید میکند. این عمدتا بدلیل امپدانس ورودی کم است زیرا به بایاس موافق اتصال PN متصل شده است در حالی که امپدانس خروجی بالاست زیرا از بایاس مخالف اتصال PN گرفته میشود.

مدار تقویت کننده امیتر مشترک:



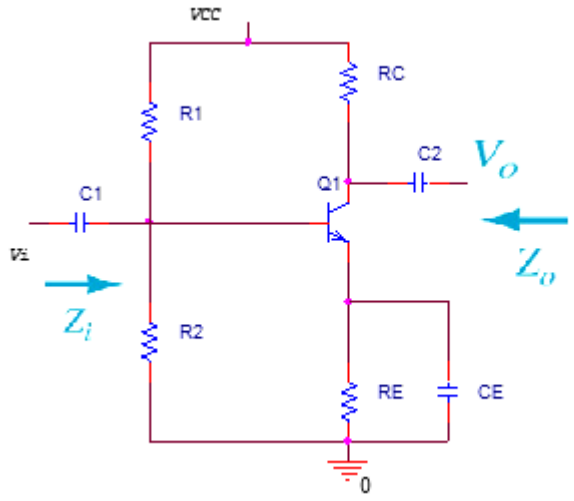
شکل(۹-۱): تقویت کننده امیتر مشترک

در این نوع از پیکربندی، جریان خارج شده از ترانزیستور باید با جریانهایی که به داخل ترانزیستور جاری می شوند به صورتی که جریان امیتر داده شده برابر با $I_E = I_C + I_B$ باشد.

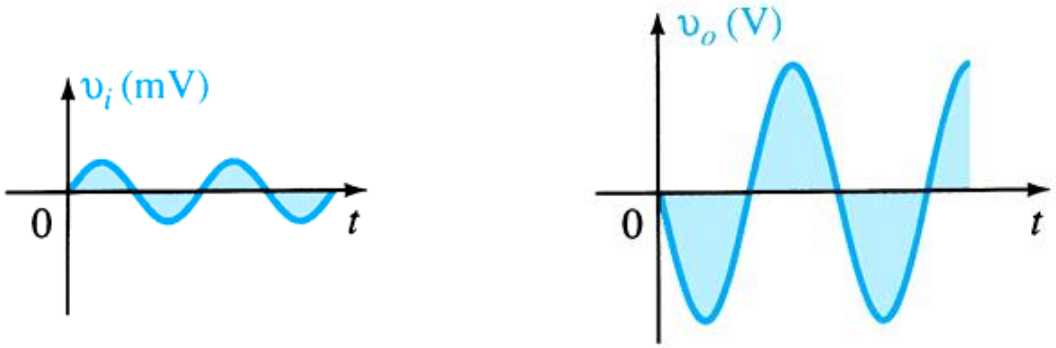
روابط ریاضی بین این پارامترها میتواند اینگونه داده شود:

$$\alpha = \frac{I_C}{I_E} \qquad \beta = \frac{I_C}{I_B} \qquad I_C = \alpha . I_E = \beta . I_B \qquad \alpha = \frac{\beta}{\beta + 1} \qquad \beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$$

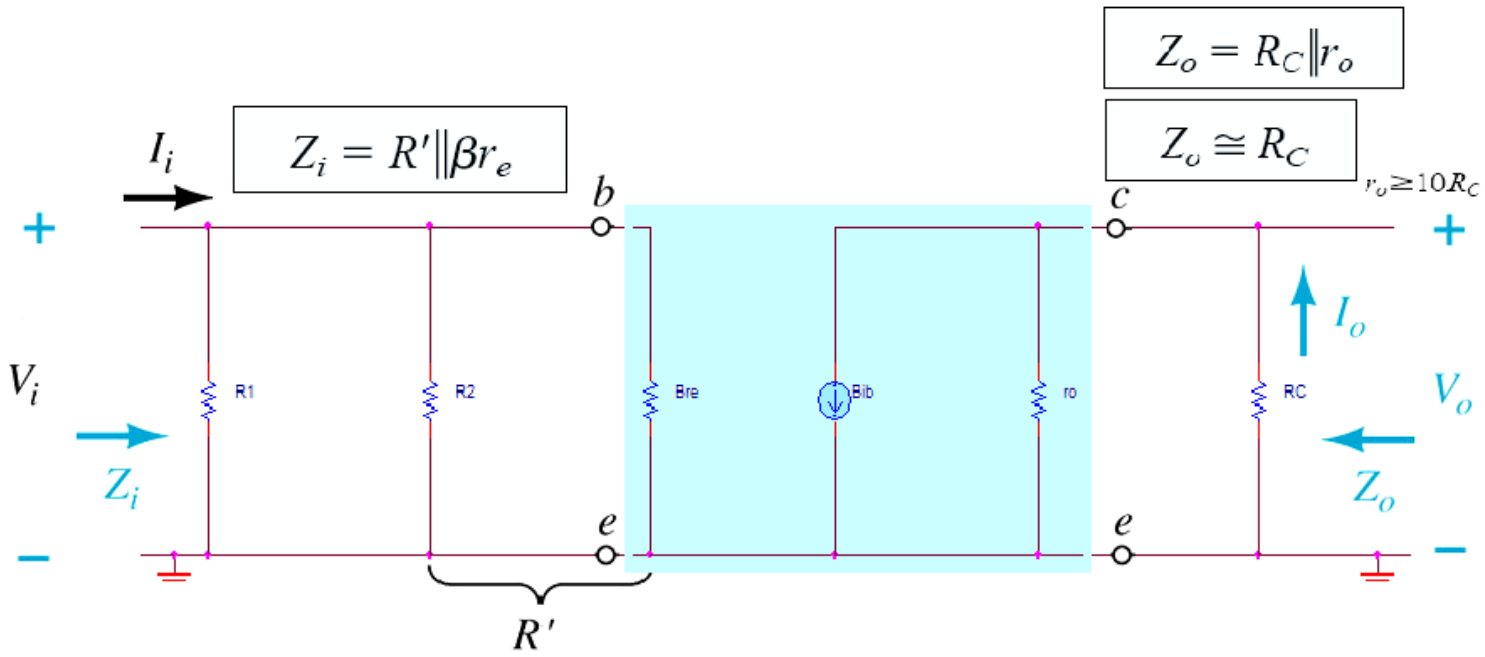
برای خلاصه این نوع از پیکربندی ترانزیستور دو قطبی افزایش بیشتری از امپدانس ورودی، جریان و توان نسبت به ساختار بیس مشترک دارد اما افزایش ولتاژ آن خیلی کمتر است. پیکربندی امیتر مشترک طبق مدار شکل (۹-۲) یک مدار آمپلی فایر معکوس کننده است که ۱۸۰ درجه اختلاف فاز سیگنال خروجی با سیگنال ورودی را نتیجه می دهد.



شکل(۹-۲): مدار امیتر مشترک با بایاس سرخود



شکل(۹-۳): شکل موج ورودی و خروجی تقویت کننده امیتر مشترک



$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{-R_C \| r_o}{r_e}$$

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} \cong -\frac{R_C}{r_e} \qquad r_o \geq 10R_C$$

$$A_i = \frac{I_o}{I_i} \cong \beta \qquad r_o \geq 10R_C,\ R' \geq 10\beta r_e$$

$$A_i = -A_v \frac{Z_i}{R_C}$$

مدل r_e مدار تقویت کننده امیتر مشترک:

روش آزمایش:

قدم۱: مداری مطابق شکل (۹-۴) با رعایت پلاریته ی خازن ها روی بردبورد مونتاژ کنید.

قدم ۲: توسط ولت متر در حالت DC مقادیر زیر را اندازه گیری کنید.

ناحیه کار ترانزیستور	I_{C_Q}	V_{BE_Q}	V_{CB_Q}	V_{CE_Q}

راهنمایی: چنانچه اختلافی در مقادیر بالا مشاهده می کنید با کمک استاد مربوطه مشکل فوق را برطرف کنید.

قدم ۳: بدون R_L ، V_S را به لحاظ دامنه طوری تنظیم کنید که خروجی مدار سیگنالی متقارن، ماکزیمم و بدون اعوجاج را در صفحه اسیلوسکوپ داشته باشید. در ادامه به استاد مربوطه خود دلیل قدم ۳ را توضیح دهید؟

$V_{cc} = 10\,V$

$R_1 = 47\,K\Omega$

$R_2 = 10\,K\Omega$

$R_C = 1\,K\Omega$

$R_E = 220\Omega$

$R_L = 2.2\,K\Omega$

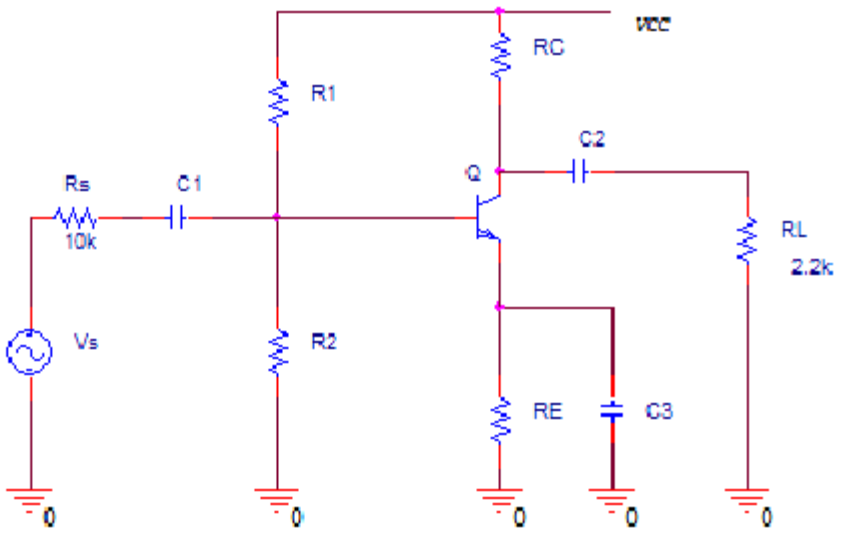
$R_S = 10\,K\Omega$

$C_1 = 47\,\mu f$

$C_2 = 100\,\mu f$

$C_3 = 100\,\mu f$

$Q = BC107$

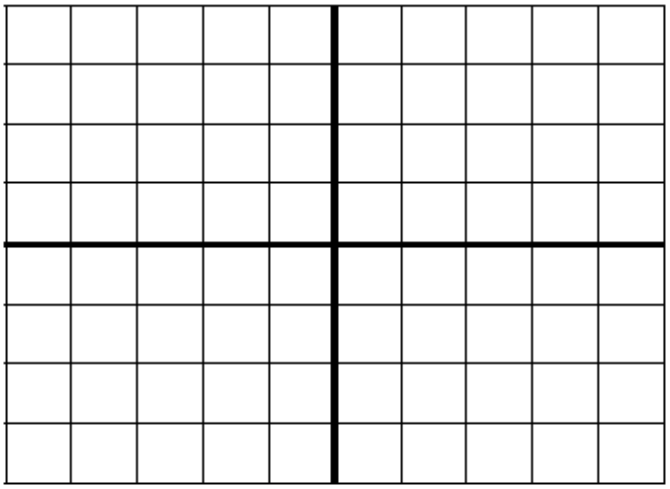


شکل(۹-۴): تقویت کننده امیتر مشترک

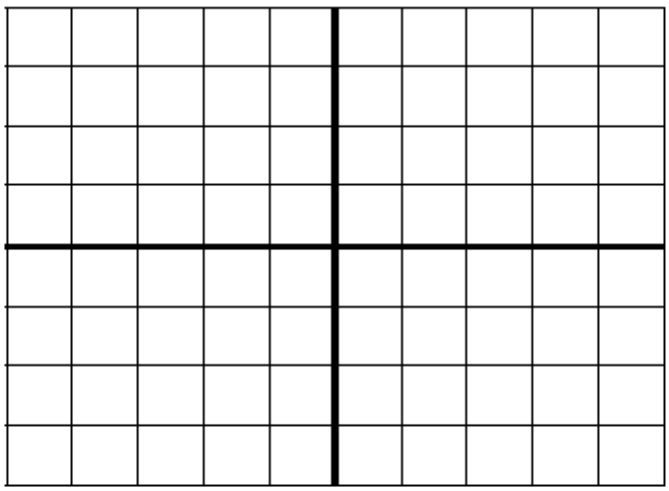
قدم ۴: با تنظیم فرکانس V_S سعی کنید سیگنال خروجی را ماکزیموم کنید. در ادامه به استاد مربوطه خود دلیل قدم ۴ را نیز توضیح دهید؟

قدم ۵: سیگنال های زیر را با حفظ رابطه زمانی رسم کنید.

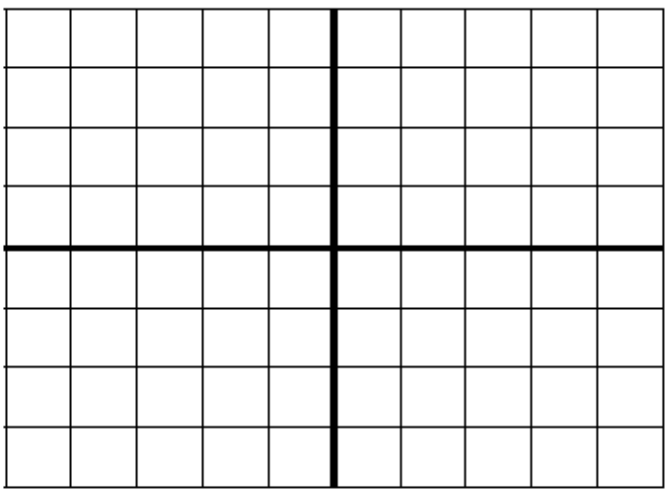
V_S



V_i



$V_O(NL)$



قدم۶: توسط اسیلوسکوپ روابط زیر را تکمیل و به استاد مربوطه تحویل نمائید.

بهره ولتاژ:

$$A_{V_1} = \frac{V_0(NL)}{V_i}$$

$$A_{V_2} = \frac{V_0(FL)}{V_i}$$

$$A_{V_4} = \frac{V_O(FL)}{V_S} \qquad A_{V_3} = \frac{V_O(NL)}{V_S}$$

راهنمایی:

$V_O(NL)$: ولتاژ خروجی بدون بار

$V_O(FL)$: ولتاژ خروجی با بار

بهره جریان:

$$A_i = \frac{I_o}{I_i} \qquad I_o = \frac{V_{O(NL)}}{R_C} \qquad I_i = \frac{V_S - V_i}{R_S}$$

مقاومت ورودی:

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

مقاومت خروجی:

$$R_O = \frac{V_O(NL) - V_O(FL)}{V_O(FL)} \times R_L$$

قدم ۷: با استفاده از پتانسیومتر مقاومت ورودی و خروجی را اندازه گیری کنید.

راهنمایی: جهت اندازه گیری مقاومت خروجی و ورودی با استفاده از پتانسیومتر کافی است پتانسیومتر مورد نظر را به جای R_S و R_L گذاشته و در هر مرحله سیگنال خروجی را به نصف مقدار اولیه کاهش دهیم سپس مقدار پتانسیومتر را اندازه گیری کنیم تا مقاومت خروجی و ورودی اندازه گیری شود.

قدم ۸: با حذف خازن C_E قدم ۵، ۶ و ۷ را تکرار کنید.

پرسش:

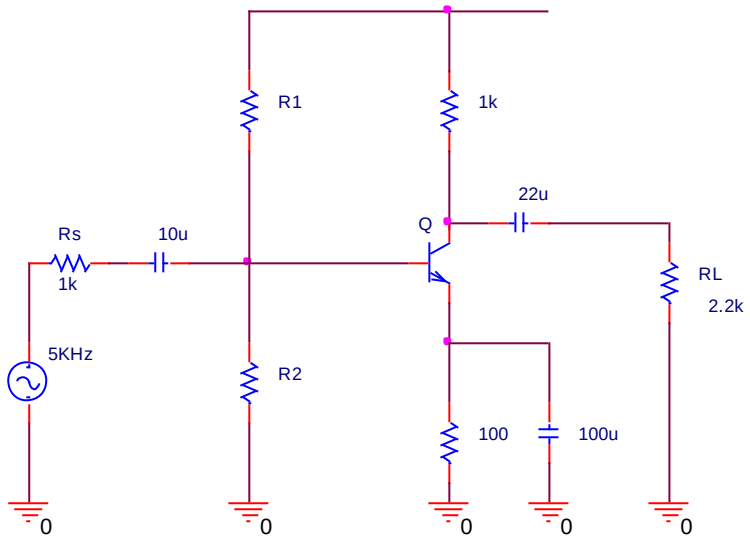
۱- مقادیر اندازه گیری شده از قدم ۲ و ۶ را با مقادیر محاسبه شده مقایسه کنید؟

۲- جهت اندازه گیری مقاومت خروجی و ورودی با استفاده از پتانسیومتر را با ذکر روابط اثبات کنید؟

۳- با حذف خازن C_E در مدار شکل(۹-۴) مطلوبست بهره ولتاژ، جریان و مقاومت ورودی،خروجی؟

۴- بهترین نقطه کار را برای تقویت کننده امیتر مشترک مدار شکل(۹-۵) محاسبه کنید؟

۵- در نقطه کار فوق اگر فرض کنیم $V_{BE}=0.7$, $\beta=200$ باشد، مقاومتهای R_1, R_2 را محاسبه کنید؟



شکل(۹-۵)

۶- آزمایش فوق را با استفاده از یک نرم افزار دلخواه پیاده سازی کنید؟

آزمایش شماره (۱۰)

تقویت کننده بیس مشترک

هدف:

هدف از این آزمایش، مونتاژ مدار طراحی شده و اندازه‌گیری مشخصات این تقویت کننده جهت مقایسه نتایج اندازه‌گیری با مقادیر مطلوب و در ادامه طراحی یک تقویت کننده بیس مشترک با مدار خود بایاس با مشخصات داده شده در مناسب‌ترین نقطه کار برای بدست آوردن حداکثر نوسانات خروجی.

وسایل آزمایش:

مقاومت: $100^{\Omega}, 100^{\Omega}, 10^{k\Omega}, 220^{\Omega}, 2.2^{K\Omega}, 1^{K\Omega}, 47^{K\Omega}$.

خازن: $47^{\mu F}$ و دو عدد $100^{\mu F}$.

ترانزیستور: $BC107$.

پتانسیومتر: $50^{K\Omega}, 20^{K\Omega}$.

فانکشن ژنراتور:

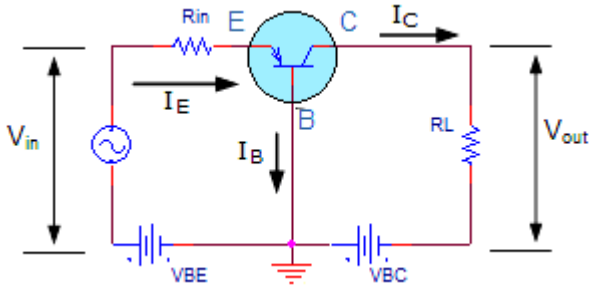
منبع تغذیه:

مبانی نظری:

ساختار بیس مشترک:

همانطور که از نام آن پیدا می باشد در روش بیس مشترک یا بیس اتصال زمین شده، طبق شکل(۱۰-۱) اتصال بیس برای هر دو اتصال ورودی و خروجی با سیگنال ورودی ای که بین ترمینال های بیس و امیتر اعمال شده، مشترک است. سیگنال خروجی مشابه از بین ترمینال های بیس و کلکتور گرفته شده است و به عنوان ترمینالِ بیسِ اتصال زمین شده یا متصل شده به یک نقطهٔ مرجع ولتاژ ثابت نشان داده می شود. جریان ورودی جاری شده در امیتر بسیار زیاد است زیرا مجموع دو جریان متعلق به بیس و کلکتور است، در نتیجه خروجی جریان کلکتور کمتر از ورودی جریان امیتر است.

مدار تقویت کننده بیس مشترک:

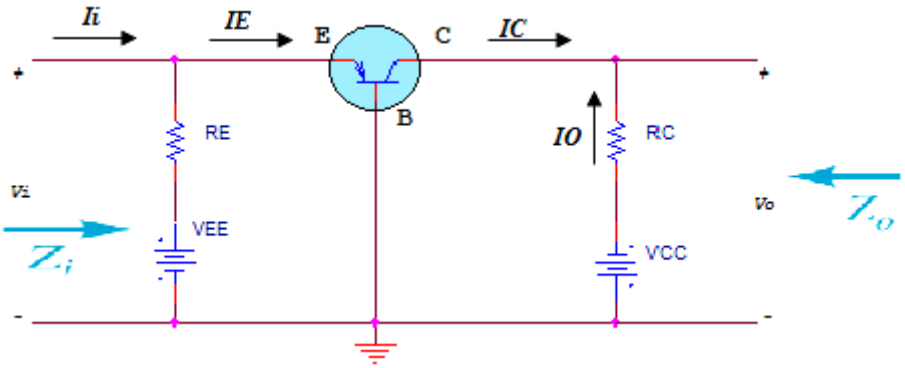


شکل(۱۰-۱): تقویت کننده بیس مشترک

این نوع ساختار یک مدار آمپلی فایر ولتاژ غیرمعکوس است، که در آن ولتاژهای سیگنال V_{in} و V_{out} هم فاز هستند و نسبت این دو بسیار زیاد. همچنین پیکربندی این نوع ترانزیستور دوقطبی، نسبت بالایی از مقاومت خروجی به ورودی یا مهم تر مقاومت بار(R_L) به مقاومت داخلی(R_{in}) را دارد که به آن ارزش "افزایش مقاومت" را می دهد. پس افزایش ولتاژ A_V برای یک پیکربندی بیس مشترک این چنین است:

$$A_V = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{I_C \times R_L}{I_E \times R_{in}}$$

در اینجا: $\frac{I_C}{I_E}$ افزایش جریان است و برابر با آلفا (α) و $\frac{R_L}{R_{in}}$ افزایش مقاومت هستند. در ادامه در شکل(۱۰-۲) و شکل(۱۰-۳) روابط حاکم بر تقویت کننده بیس مشترک را یادآوری کرده ایم.

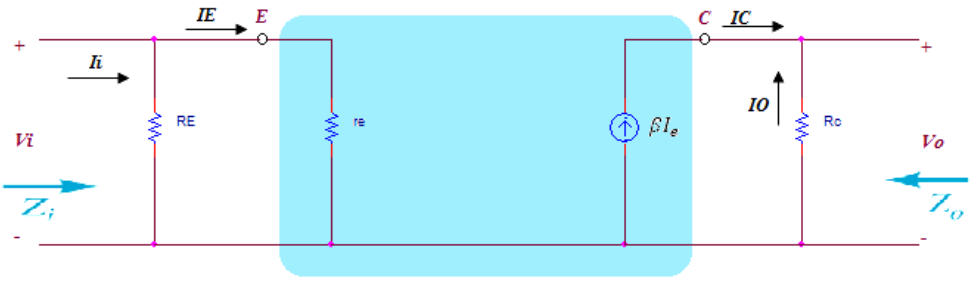


شکل(۱۰-۲)

مدل r_e مدار تقویت کننده بیس مشترک:

$$Z_i = R_E \| r_e$$

$$Z_o = R_C$$



$$V_o = -I_o R_C = -(-I_c)R_C = \alpha I_e R_C$$

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{\alpha R_C}{r_e} \cong \frac{R_C}{r_e}$$

$$A_i = \frac{I_o}{I_i} = -\alpha \cong$$

$$I_e = \frac{V_i}{r_e} \qquad V_o = \alpha\left(\frac{V_i}{r_e}\right) R_C$$

$$I_e = I_i \qquad I_o = -\alpha I_e = -\alpha I_i$$

شکل(۱۰-۳)

روش آزمایش:

قدم۱: مداری مطابق شکل (۴-۱۱) با رعایت پلاریته ی خازن ها روی بردبورد مونتاژ کنید.

قدم ۲: توسط ولت متر در حالت DC مقادیر زیر را اندازه گیری کنید.

ناحیه کار ترانزیستور	I_{C_Q}	V_{BE_Q}	V_{CB_Q}	V_{CE_Q}

راهنمایی: چنانچه اختلافی در مقادیر بالا مشاهده می کنید با کمک استاد مربوطه مشکل فوق را برطرف کنید.

قدم ۳: بدون R_L ، V_S را به لحاظ دامنه طوری تنظیم کنید که خروجی مدار سیگنالی متقارن، ماکزیموم و بدون اعوجاج را در صفحه اسیلوسکوپ داشته باشید.

$V_{cc} = 10\ V$

$R_1 = 47\ K\Omega$

$R_2 = 10\ K\Omega$

$R_C = 1\ K\Omega$

$R_E = 220\Omega$

$R_L = 2.2\ K\Omega$

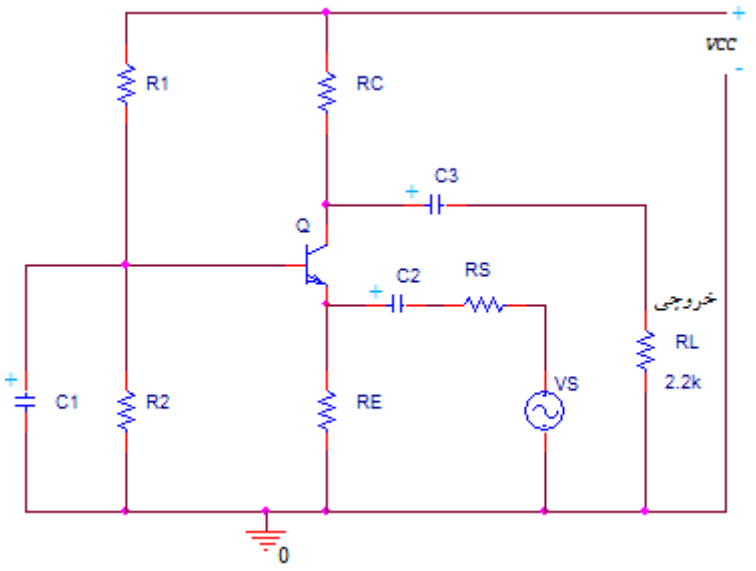
$R_S = 10\ K\Omega$

$C_1 = 47\ \mu f$

$C_2 = 100\ \mu f$

$C_3 = 100\ \mu f$

$Q = BC107$

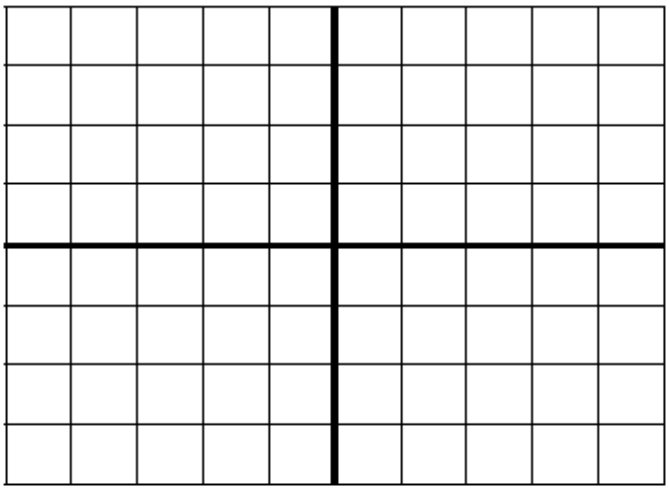


شکل(۴-۱۰)

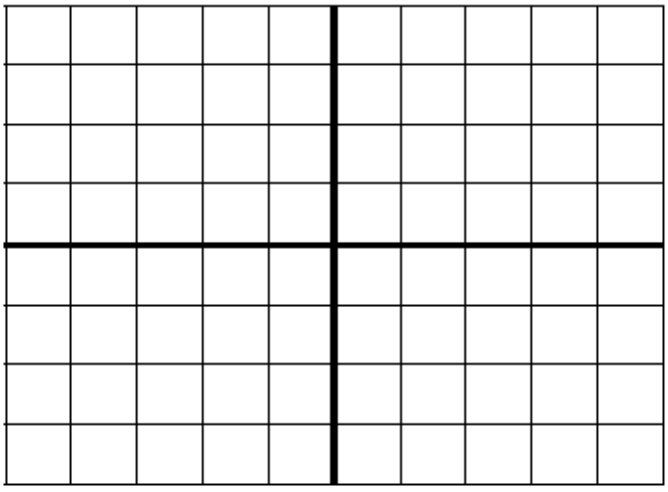
قدم ۴: با تنظیم فرکانس V_S سعی کنید سیگنال خروجی را ماکزیممم کنید.

قدم ۵: سیگنال های زیر را با حفظ رابطه زمانی رسم کنید.

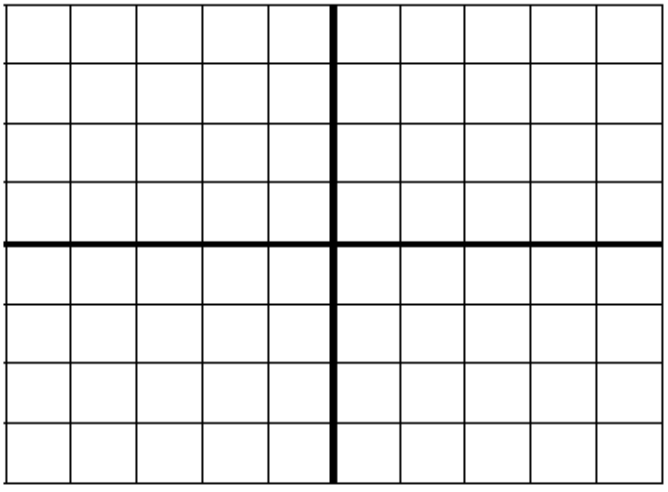
V_S



V_i



$V_O(NL)$



قدم۶: توسط اسیلوسکوپ روابط زیر را تکمیل و به استاد مربوطه تحویل نمائید.

بهره ولتاژ:

$$A_{V_1} = \frac{V_0(NL)}{V_i} \qquad A_{V_2} = \frac{V_0(FL)}{V_i}$$

$$A_{V_3} = \frac{V_O(NL)}{V_S} \qquad A_{V_4} = \frac{V_O(FL)}{V_S}$$

بهره جریان:

$$I_i = \frac{V_S - V_i}{R_S} \qquad I_o = \frac{V_{O(NL)}}{R_C} \qquad A_i = \frac{I_o}{I_i}$$

مقاومت ورودی:

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

مقاومت خروجی:

$$R_O = \frac{V_O(NL) - V_O(FL)}{V_O(FL)} \times R_L$$

قدم ۷: با استفاده از پتانسیومتر مقاومت ورودی و خروجی را اندازه گیری کنید.

قدم ۸: با حذف خازن C_B قدم ۵، ۶ و ۷ را تکرار کنید.

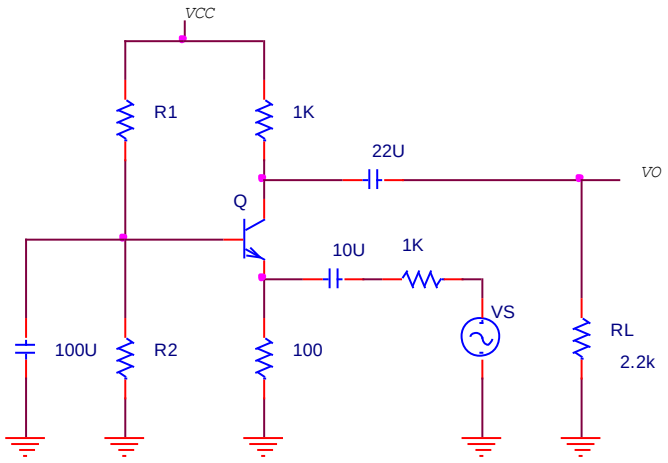
پرسش:

۱- مقادیر اندازه گیری شده از قدم ۲ و ۶ را با مقادیر محاسبه شده مقایسه کنید؟

۳- با حذف خازن C_B در مدار شکل(۱۰-۴) مطلوبست بهره ولتاژ، جریان و مقاومت ورودی، خروجی؟

۴- بهترین نقطه کار را برای تقویت کننده بیس مشترک مدار شکل(۱۰-۵) محاسبه کنید؟

۵- در نقطه کار فوق اگر فرض کنیم $V_{BE} = 0.7$, $\beta=150$ باشد، مقاومتهای R_1, R_2 را محاسبه کنید؟



شکل(۱۰-۵)

۶- آزمایش فوق را با استفاده از یک نرم افزار دلخواه پیاده سازی کنید؟

آزمایش شماره (۱۱)

تقویت کننده کلکتور مشترک

هدف:

هدف از این آزمایش، مونتاژ مدار طراحی شده و اندازه‌گیری مشخصات این تقویت کننده جهت مقایسه نتایج اندازه‌گیری با مقادیر مطلوب و در ادامه طراحی یک تقویت کننده کلکتور مشترک با مدار خود بایاس با مشخصات داده شده در مناسب‌ترین نقطه کار برای بدست آوردن حداکثر نوسانات خروجی.

وسایل آزمایش:

مقاومت: $180^{K\Omega}, 68^{K\Omega}, 10^{K\Omega}, 2.2^{K\Omega}, 1^{K\Omega}$.

خازن: $47^{\mu F}$ و $100^{\mu F}$.

ترانزیستور: $BC107$.

پتانسیومتر: $50^{K\Omega}, 20^{K\Omega}$.

فانکشن ژنراتور:

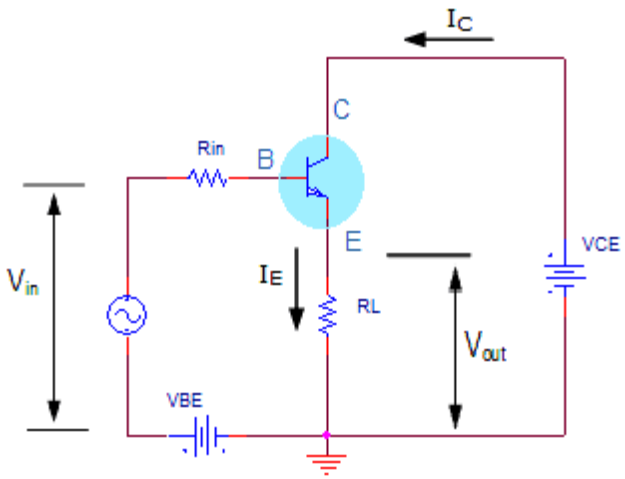
منبع تغذیه:

مبانی نظری:

ساختار کلکتور مشترک:

در ساختار کلکتور مشترک یا کلکتور اتصال زمین شده، طبق شکل(۱۱-۱) کلکتور در حال حاضر از طریق منبع مشترک شده است. سیگنال ورودی مستقیما به بیس متصل شده است در حالی که خروجی همانگونه که نشان داده شده است، از بار امیتر گرفته میشود. این نوع پیکربندی معمولا به صورت مدار پیرو ولتاژ یا پیرو امیتر شناخته میشود. پیکر بندی پیرو امیتر برای برنامه های تطبیق امپدانس بعلت امپدانس ورودی زیاد، در ناحیه ای با صدها هزار اهم در حالی که یک امپدانس خروجی نسبتا کم دارد،بسیار مفید است.

مدار تقویت کننده کلکتور مشترک:

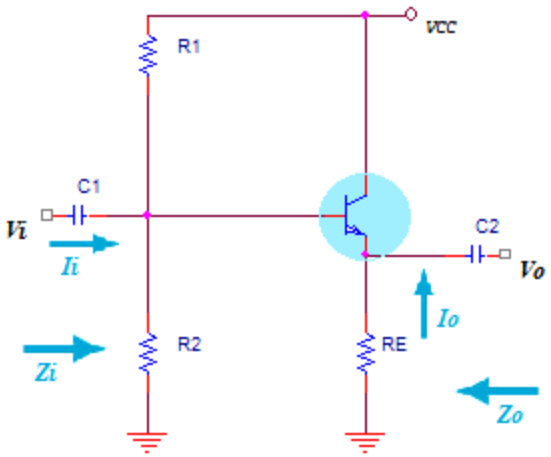


شکل(۱۱-۱)

در پیکربندی امیتر مشترک یک افزایش جریان تقریبا برابر مقدار β خود ترانزیستور دارد. در پیکربندی کلکتور مشترک مقاومت بار به صورت سری با امیتر واقع شده است بنابرین جریانش با جریان امیتر برابر است. به علت آنکه جریان امیتر مخلوطی از جریان کلکتور و بیس ترکیب شده است، مقاومت بار در این نوع پیکربندی ترانزیستور همچنین دارای دو جریان کلکتور و جریان ورودی که از میان بیس جریان می یابد، می باشد.
پس افزایش جریان بدست امده را در روابط زیر داریم.

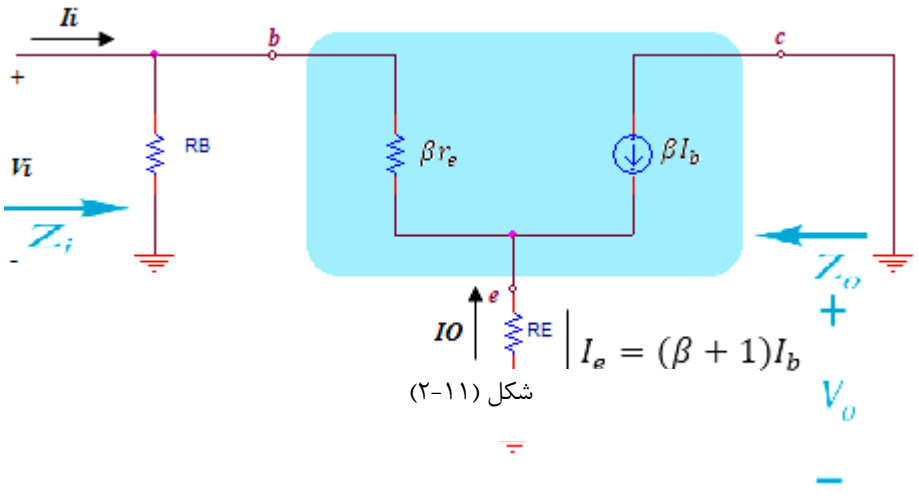
$$A_i = \frac{I_E}{I_B} = \frac{I_C + I_B}{I_B} = \frac{I_C}{I_B} + 1 = \beta + 1$$

در ادامه در شکل(۱۱-۲) و شکل(۱۱-۳) روابط حاکم بر تقویت کننده کلکتور مشترک را آورده ایم
این نوع از پیکر بندی ترانزیستور دو قطبی یک مدار غیر معکوس کننده است که در آن سیگنال ولتاژها از V_{in} به V_{out} هم فازند. و آن یک افزایش ولتاژ دارد که همیشه کمتر از ۱ است.



مدل r_e مدار تقویت کننده کلکتور مشترک:

$$R_B = R_1 // R_2$$



شکل (۱۱-۲)

Z_i:

$$Z_i = R_B \| Z_b$$

$$Z_b = \beta r_e + (\beta + 1)R_E$$

$$Z_b \cong \beta(r_e + R_E)$$

$$Z_b \cong \beta R_E$$

Z_o:

$$I_b = \frac{V_i}{Z_b}$$

$$I_e = (\beta + 1)I_b = (\beta + 1)\frac{V_i}{Z_b}$$

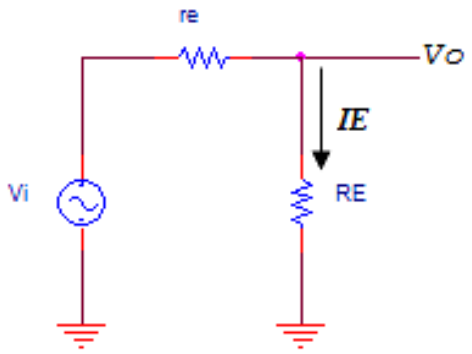
$$I_e = \frac{(\beta + 1)V_i}{\beta r_e + (\beta + 1)R_E}$$

$$I_e = \frac{V_i}{[\beta r_e/(\beta + 1)] + R_E}$$

$$(\beta + 1) \cong \beta$$

$$\frac{\beta r_e}{\beta + 1} \cong \frac{\beta r_e}{\beta} = r_e$$

$$\boxed{I_e \cong \frac{V_i}{r_e + R_E}}$$



$$\boxed{Z_o = R_E \| r_e}$$

$$\boxed{Z_o \cong r_e}$$

A_v:

$$V_o = \frac{R_E V_i}{R_E + r_e}$$

$$\boxed{A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{R_E}{R_E + r_e}}$$

$$R_E + r_e \cong R_E$$

$$\boxed{A_v = \frac{V_o}{V_i} \cong 1}$$

A_i:

$$I_b = \frac{R_B I_i}{R_B + Z_b}$$

$$\frac{I_b}{I_i} = \frac{R_B}{R_B + Z_b}$$

$$I_o = -I_e = -(\beta + 1) I_b$$

$$\frac{I_o}{I_b} = -(\beta + 1)$$

$$A_i = \frac{I_o}{I_i} = \frac{I_o}{I_b}\frac{I_b}{I_i}$$

$$= -(\beta + 1)\frac{R_B}{R_B + Z_b}$$

$$(\beta + 1) \cong \beta,$$

$$\boxed{A_i \cong -\frac{\beta R_B}{R_B + Z_b}}$$

$$\boxed{A_i = -A_v \frac{Z_i}{R_E}}$$

روش آزمایش:

قدم۱: مداری مطابق شکل (۱۱-۴) با رعایت پلاریته ی خازن ها روی بردبورد مونتاژ کنید.

قدم ۲: توسط ولت متر در حالت DC مقادیر زیر را اندازه گیری کنید.

V_{CE_Q}	V_{CB_Q}	V_{BE_Q}	I_{C_Q}	ناحیه کار ترانزیستور

راهنمایی: چنانچه اختلافی در مقادیر بالا مشاهده می کنید با کمک استاد مربوطه مشکل فوق را برطرف کنید.

قدم ۳: بدون R_L ، V_S را به لحاظ دامنه طوری تنظیم کنید که خروجی مدار سیگنالی متقارن، ماکزیموم و بدون اعوجاج را در صفحه اسیلوسکوپ داشته باشید.

$V_{CC} = ۱۰V$

$Q = BC۱۰۷$

$R_۱ = ۶۸K$

$R_۲ = ۱۸۰K$

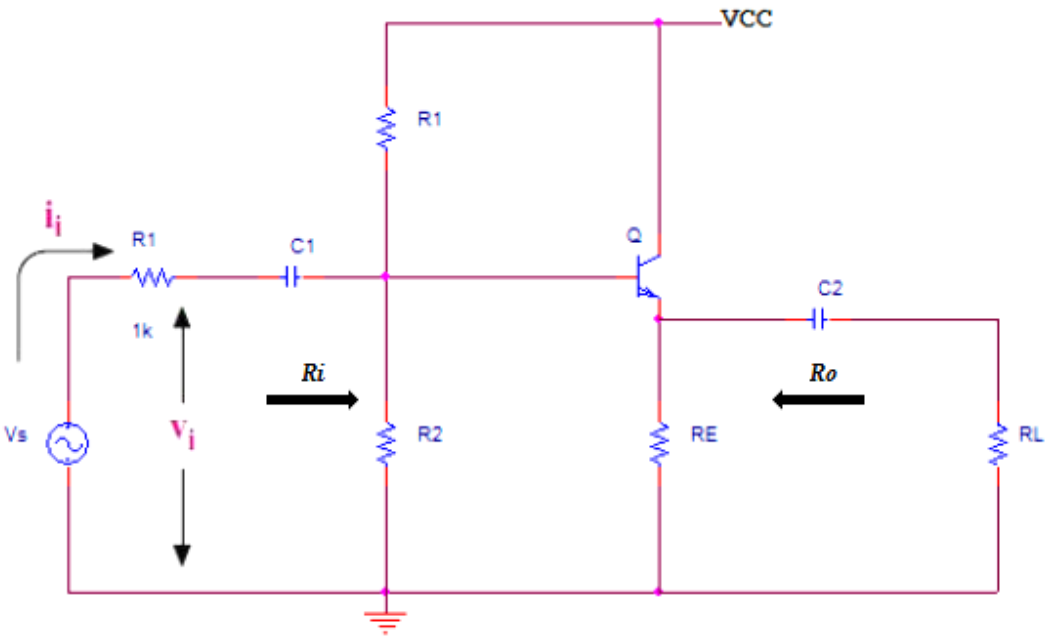
$R_E = ۱K$

$R_S = ۱۰K$

$C_۱ = ۴۷\mu F$

$C_۲ = ۱۰۰\mu F$

$R_L = ۲/۲K$

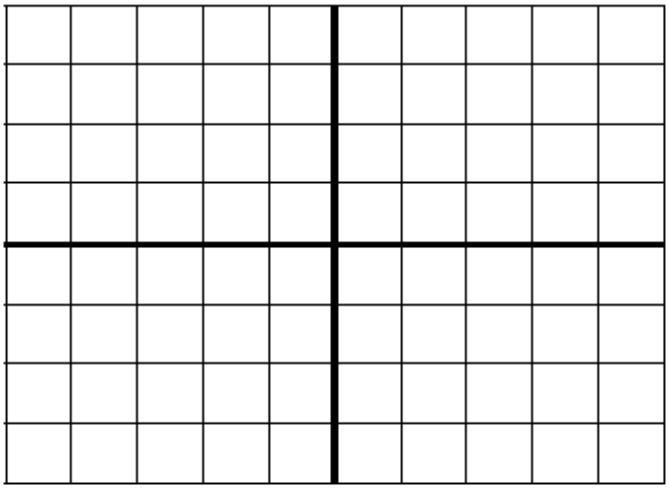


شکل (۱۱-۴)

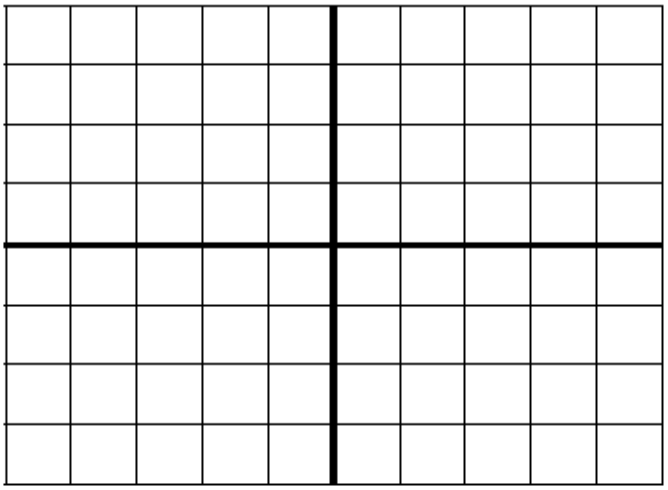
قدم ۴: با تنظیم فرکانس V_S سعی کنید سیگنال خروجی را ماکزیموم کنید.

قدم ۵: سیگنال های زیر را با حفظ رابطه زمانی رسم کنید.

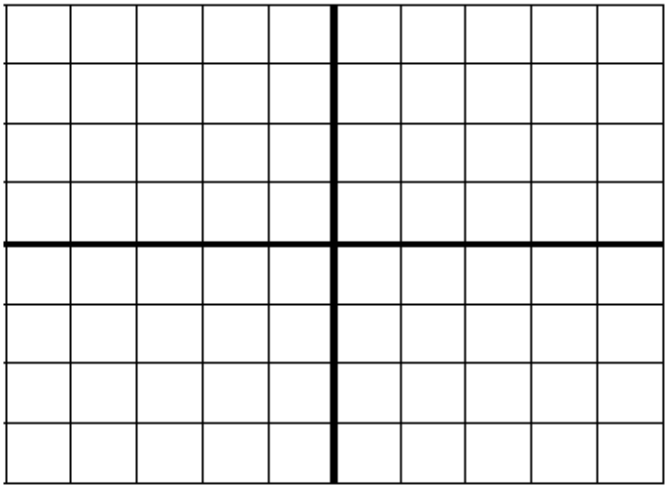
V_S



V_i



$V_O(NL)$



قدم۶: توسط اسیلوسکوپ روابط زیر را تکمیل و به استاد مربوطه تحویل نمائید.

بهره ولتاژ:

$$A_{V_1} = \frac{V_0(NL)}{V_i} \qquad A_{V_2} = \frac{V_0(FL)}{V_i}$$

$$A_{V_3} = \frac{V_O(NL)}{V_S} \qquad A_{V_4} = \frac{V_O(FL)}{V_S}$$

بهره جریان:

$$I_i = \frac{V_S - V_i}{R_S} \qquad I_o = \frac{V_{O(NL)}}{R_E} \qquad A_i = \frac{I_o}{I_i}$$

مقاومت ورودی:

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

مقاومت خروجی:

$$R_O = \frac{V_O(NL) - V_O(FL)}{V_O(FL)} \times R_L$$

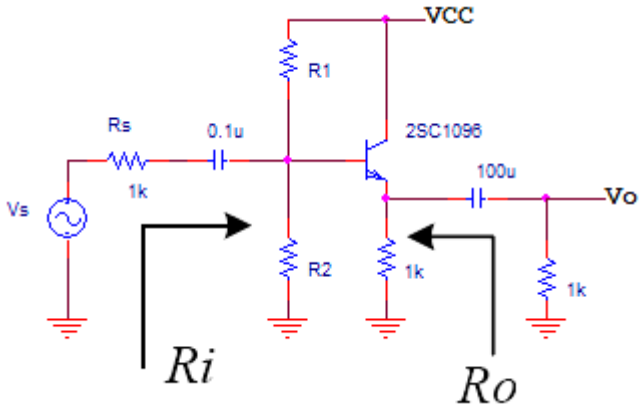
با استفاده از پتانسیومتر مقاومت ورودی و خروجی را اندازه گیری کنید.

پرسش:

۱- مقادیر اندازه گیری شده از قدم ۲ و ۶ را با مقادیر محاسبه شده مقایسه کنید؟

۲- بهترین نقطه کار را برای تقویت کننده کلکتور مشترک مدار شکل(۱۱-۵) محاسبه کنید؟

۳- در نقطه کار فوق اگر فرض کنیم $V_{BE} = 0.7$, $\beta=150$ باشد، مقاومتهای R_1, R_2 را محاسبه کنید؟



شکل (۱۱-۵)

۴- آزمایش فوق را با استفاده از یک نرم افزار دلخواه پیاده سازی کنید؟

۵- مشخصات سه آزمایش گذشته را در جدول زیر ثبت و سپس مقایسه کنید؟

مشخصه	بیس مشترک	امیتر مشترک	کلکتور مشترک
امپدانس ورودی			
امپدانس خروجی			
زاویه فاز			
بهره ولتاژ			
بهره جریان			

آزمایش شماره (۱۲)

زوج دارلینگتون

هدف:

هدف از این آزمایش، مونتاژ مدار طراحی شده و اندازه‌گیری مشخصات این تقویت کننده جهت مقایسه نتایج اندازه‌گیری با مقادیر مطلوب

وسایل آزمایش:

مقاومت: $470^{K\Omega}$, $1.2^{M\Omega}$, $10^{K\Omega}$, 470^{Ω}, $1^{K\Omega}$.

خازن: $47^{\mu F}$ و $100^{\mu F}$.

ترانزیستور: $BC107$.

فانکشن ژنراتور:

منبع تغذیه:

مبانی نظری:

در الکترونیک، ترانزیستور دارلینگتون که اغلب **زوج دارلینگتون***Darlington pair* نامیده می‌شود یک ساختار ترکیبی است که شامل دو ترانزیستور دو قطبی (به صورت مجتمع یا قطعات مجزا) به هم متصل است.(در این ترکیب امیتر ترانزیستور اول به بیس ترانزیستور دوم متصل شده است. این مدار در حقیقت متشکل از دو امیتر فالوئر یا کلکتور مشترک می‌باشد.) که جریان تقویت شده به وسیله ترانزیستور اول را، توسط ترانزیستور دوم بیشتر تقویت می‌کند. این پیکر بندی، گین جریانβ ، h_{fe}، h_{FE} بیشتری نسبت به هر ترانزیستور جداگانه، به ما می‌دهد و در حالت مجتمع فضای کمتری از دو ترانزیستور جداگانه اشغال می‌کند. همچنین این مدار مقاومت ورودی به مراتب بزرگتری از امیتر فالوئر یا کلکتور مشترک (با مقاومت ورودی زیر ۵۰۰ کیلو اهم)دارد و بهره ولتاژ خیلی نزدیک تر به واحد و بهره جریان بسیار بزرگ تری است. مقاومت خروجی مدار دارلینگتون، ممکن است بزرگ تر یا کوچک تز از یک طبقه امیتر فالوئر باشد .

زوج دارلینگتون به وسیله مهندس آزمایشگاه‌های بل، سیدنی دارلینگتون در سال ۱۹۵۳ اختراع شده است. یک ترکیب مشابه اما با دو نوع مختلف ترانزیستور *NPN* و *PNP* زوج زیکلای می‌باشد که گاهی اوقات مکمل دارلینگتون نامیده می‌شود.

یکی از اشکالات عمده مدار دارلینگتون این است که جریان نشتی ترانزیستور اول، توسط ترانزیستور دوم تقویت می‌شود. به طوری که استفاده بیش از دو ترانزیستور در ترکیب دارلینگتون عملاً مقدور نیست.

یک زوج دارلینگتون همانند یک ترانزیستور تکی با گین جریان بالا رفتار می‌کند. (تقریبا در حدود حاصل ضرب گین‌های دو ترانزیستور)

βی یک زوج دارلینگتون از رابطه (۱۲-۱)زیر بدست می‌آید.

$$\beta Darlington=\beta 1\cdot\beta 2+\beta 1+\beta 2 \qquad (۱-۱۲)$$

اگر β_1 و β_2 به اندازه کافی بزرگ باشند دو جمله آخر قابل حذف شدن هستند و رابطه(۱۲-۲) به صورت زیر تخمین زده می‌شود.

$$\beta Darlington\approx\beta 1\cdot\beta 2 \qquad (۲-۱۲)$$

و:

$$Ib2=(\beta+1)Ib1$$

$$Io=(\beta+1)Ib2=(\beta+1)(\beta+1)Ib1\approx\beta 2Ib1$$

ولتاژ بیس - امیتر هم به صورت رابطه (۱۲-۳) محاسبه می‌شود.

$$VBE=VBE1+VBE2\approx 2VBE1 \qquad (۳-۱۲)$$

در تکنولوژی بر پایه سیلیکون، که هر ولتاژ بیس - امیتر برای روشن ترانزیستور حدود ۰٫۶۵ ولت نیاز است، هنگامی که زوج در ناحیه فعال یا اشباع عمل می‌کند ولتاژ مورد نیاز زوج حدود ۱٫۳ ولت می‌باشد.

زوج دارلینگتون را می‌توان به صورت یک ترانزیستور با β بزرگ در مدارهای امیتر فالوئر به کار برد. زوج‌های دارلینگتون با β حدود ۳۰۰۰۰ بر روی مدار مجتمع، به صورت تجاری در دسترس هستند. نمونه‌ای از این دست ترانزیستور *MJ1000* می‌باشد. *MJ1000* یک ترانزیستور قدرت دارلینگتون با β حدود ۱۰۰۰، قابلیت جریان دهی ۱۰ آمپر، ولتاژ کلکتور-امیتر قابل تحمل حداکثر ۸۰ ولت می‌باشد.

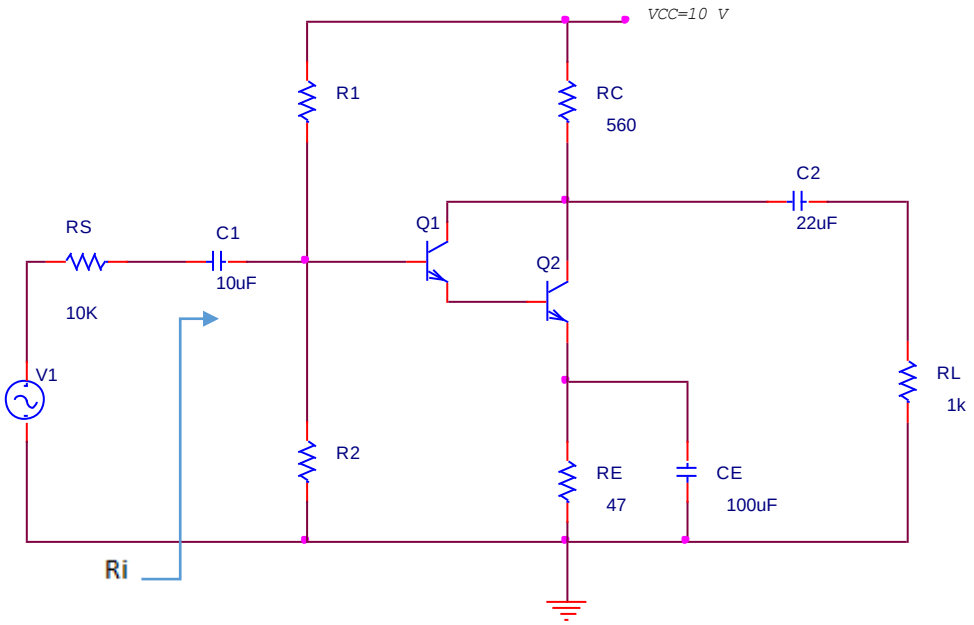
شکل (۱۲-۱):یک نمونه ترااانزیستور دارلینگتون *MJ1000*

تقویت کننده امیتر مشترک با زوج دارلینگتون:

روش آزمایش:

قدم اول: در مدار شکل (۱۲- ۲) *VECQ* و *ICQ* را طوری تعیین کنید که حداکثر تغببرات را در خروجی داشته باشیم.(بهترین نقطه کار)

قدم دوم: اگر $V_{BE1} = V_{BE2} = 0.7$ و $\beta_1 = 200 , \beta_2 = 100$ مقدار β کل و همچنین مقاومت های R_1 و R_2 را با توجه به نقطه کار فوق محاسبه کنید.



شکل (۱۲-۲)

قدم سوم: مدار را بسته و مقاومت های بایاس را برابر با $R_1 = 1M$ و $R_2 = 220k$ قرار دهید.

R_1: R_2: V_{CEQ_1}: V_{CEQ_2}: I_{CQ_1}: I_{CQ_2}:

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

قدم پنجم: مقدار β را برای زوج دارلینگتون اندازه بگیرید.

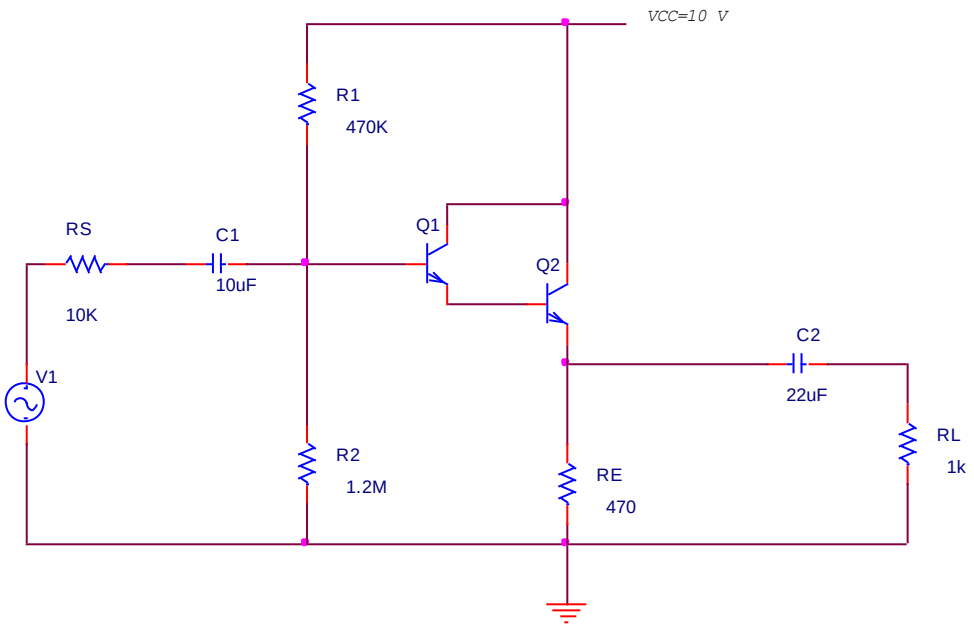
$$\beta = \frac{I_C}{I_B}$$
$$I_C = I_{CQ_1} + I_{CQ_2}$$

قدم ششم: با اندازه گیری V_I و V_S و V_O پارامترهای تقویت کننده را محاسبه کنید.

R_I: A_V: A_{VS}: A_I: A_{IS}:

زوج دارلینگتون در حالت کلکتور مشترک:

محاسبات مرحله ۱ و ۲ را برای مدار شکل (۱۲-۳)زیر انجام دهید.



شکل (۱۲-۳)

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

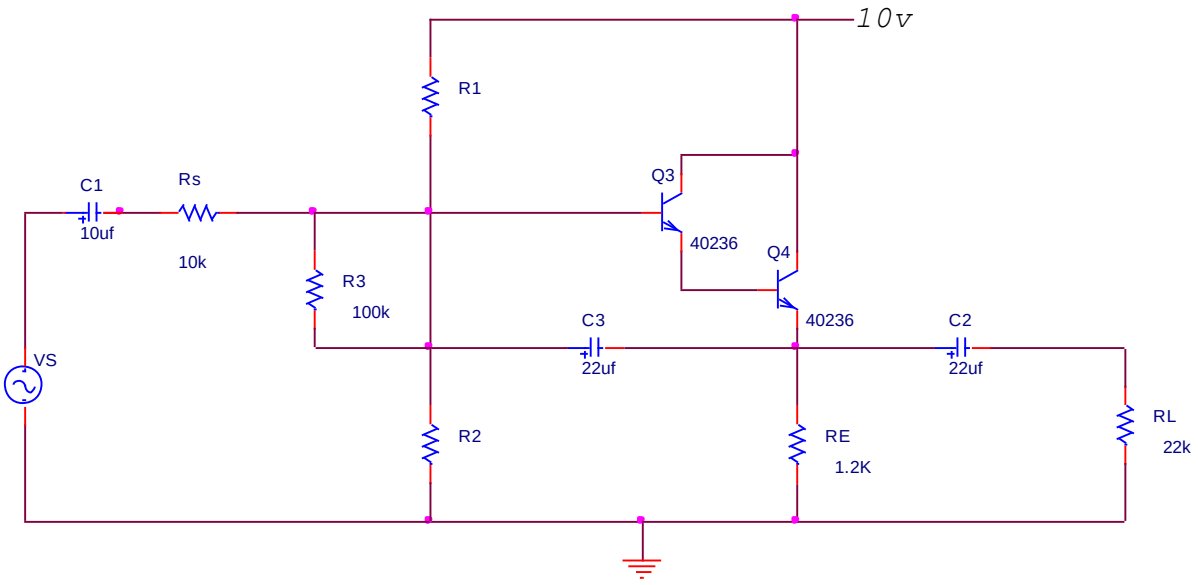
R_1: R_2: V_{CEQ_1}: V_{CEQ_2}: I_{E_1}:

مرحله ۶ را برای این مدار نیز بدست آورید.

R_I: A_V: A_{VS}: A_I: A_{IS}:

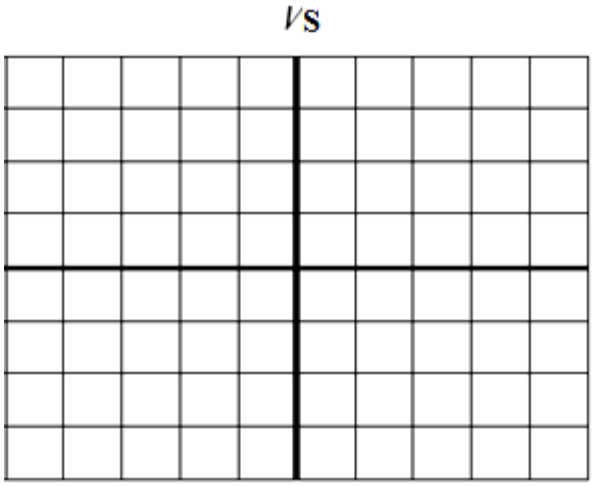
بایاس بوت استرپ (*Boot Strapped*)

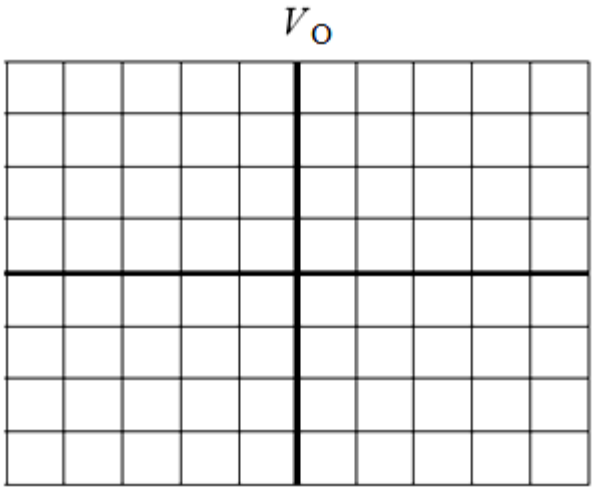
مدار شکل (۱۲-۴) را بسته و با تغییر مقاومت های *R1* و *R2* تقویت کننده را در بهترین نقطه کار بایاس کنید.



شکل (۱۲-۴)

مقادیر *VS* و *VO* را اندازه گیری کنید.





$v_{o(NL)} =$

$$v_{o(FL)} =$$

$$R_O = \frac{V_{O(NL)} - V_{O(FL)}}{V_{O(FL)}} \times R_L =$$

$$R_I = \frac{V_i}{I_S} =$$

$$I_S = \frac{V_S - V_i}{R_S} =$$

امپدانس ورودی RI را با مقداری که در مرحله قبل بدست آمده است مقایسه کنید. دلیل افزایش را شرح دهید.

آزمایش شماره (۱۳)

تنظیم کننده های ولتاژ

هدف:

بررسی تنظیم کننده های ولتاژ زنری و ترانزیستوری

وسایل آزمایش:

ترانزیستور: *BC107* یک عدد

مقاومت: $1^{K\Omega}$,$100^{K\Omega}$,

دیود زنر: 2.7^{V} دو عدد

فانکشن ژنراتور:

اسیلوسکوپ:

منبع تغذیه:

مبانی نظری:

در اکثر آزمایشگاههای برق از منابع تغذیه برای تغذیه مدارهای مختلف الکترونیکی آنالوگ و دیجیتال استفاده می شود . تنظیم کننده های ولتاژ در این سیستم ها نقش مهمی را برعهده دارند زیرا مقدار ولتاژ مورد نیاز برای مدارها را بدون افت و خیز و تقریباً صاف فراهم می کنند .

منابع تغذیه *DC* ، ولتاژ *AC* را ابتدا یکسو و سپس آن را از صافی می گذرانند و از طرفی دامنه ولتاژ سینوسی برق شهر نیز کاملاً صاف نبوده و با افت و خیزهایی در حدود ۱۰ تا ۲۰ درصد باعث تغییر ولتاژ خروجی صافی می شود.

از قطعات مورد استفاده برای رگولاتورهای ولتاژ می توان قطعاتی از قبیل ، ترانسفورماتور ، ترانزیستور ، دیود ، دیودهای زنر ، تریستور ، یا تریاک و یا آپ امپ *(op Amp)* و سلف *(L)* و خازن *(C)* و یا مقاومت *(R)* و یا *IC*های خاص را نام برد .

عوامل موثر بر تنظیم ولتاژ :

عوامل مختلفی وجود دارند که در تنظیم ولتاژ در یک تنظیم کننده موثرند از جمله این عوامل را می توان ، تغییرات سطح ولتاژ برق ، ریپل خروجی صافیها، تغییرات دما و نیز تغییرات جریان بار را نام برد .

تغییرات ولتاژ ورودی :

در تمامی وسایل الکترونیکی و یا سیستم های الکترونیکی و مکانیکی و غیره و در تمامی شاخه های علمی طراحان برای اینکه یک وسیله یا سیستم را با سیستم های مشابه مقایسه کنند معیاری را در نظر می گیرند که این معیار در همه جا ثابت است .

در یک تنظیم کننده معیاری به نام تنظیم خط وجود دارد که میزان موفقیت یک تنظیم کننده ولتاژ در کاهش تغییرات ولتاژ ورودی را با این معیار می سنجند و به صورت رابطه (۱۳-۱) تعریف می کنیم :

$$R_{۱۰} = \frac{\Delta V_o / V_o}{\Delta VI} \times ۱۰۰ \qquad (۱-۱۳)$$

که در آن ΔVI ، تغییرات ولتاژ ورودی ، ΔV_o تغییرات ولتاژ خروجی ، V_o ولتاژ خروجی متوسط *(DC)* می باشد .

تغییرات ناشی از تغییر دما :

یکی دیگر از عاملهای تعیین کننده در یک تنظیم کننده ولتاژ خوب تغییرات ناشی از دماست .

معیاری که تغییرات نسبی ولتاژ را برحسب دما بیان می کند ضریب دمای تنظیم کننده نام دارد که آن را با $T.C$ نشان می دهیم و بصورت رابطه (۱۳-۲) تعریف می شود :

$$T.C = \frac{\Delta V_o / V_o}{\Delta T} \times ۱۰۰ \qquad (۱۳-۲)$$

T.C = Temperature coefficient

در رابطه فوق ΔV_o، تغییرات ولتاژ خروجی در اثر تغییرات دمای ΔT و V_o مقدار متوسط *(DC)* ولتاژ خروجی است .

معمولاً *TC* برحسب PPm/C^o (*Parts - per - million*) بیان می شود و به صورت رابطه (۱۳-۳) تعریف می شود .

$$Tc = \frac{\Delta V_o / V_o}{\Delta T} \times ۱۰^۶ \qquad (۱۳-۳)$$

تغییرات ناشی از تغییر بار :

اکثر دانشجویان در آزمایشگاه با این مسئله روبرو شده اند که وقتی ما ولتاژی را از یک منبع می گیریم و با مالتی متر اندازه گیری می کنیم (چه در حالت *DC* و چه در حالت *ac*) وقتیکه به مدار وصل می کنیم مقدار آن با حالت بدون بار کمی اختلاف دارد ، دلیل آن تغییر بار است ، چون وقتی به مدار وصل نیست $R = \infty$(بار) و وقتی به مدار وصل می شود بار تا مقدار خیلی زیادی کم می شود در حقیقت مقاومت بار تنظیم کننده ولتاژ ، مقاومت ورودی مداری است که از بیرون به آن متصل می شود و بنابراین می تواند تغییرات نسبتاً وسیعی داشته باشد .

در یک تنظیم کننده ولتاژ ایده آل مقاومت داخلی صفر است تا تغییر مقاومت بار تأثیری در ولتاژ خروجی آن نداشته باشد . در عمل تنظیم کننده ها دارای مقاومت داخلی کمی هستند و به همین دلیل کمی ولتاژ خروجی را تحت تأثیر قرار می دهند .

میزان این تأثیرپذیری را با معیاری به نام تنظیم بار یا R_{Lead} ، نشان می دهیم که بصورت رابطه (۱۳-۴) تعریف می شود .

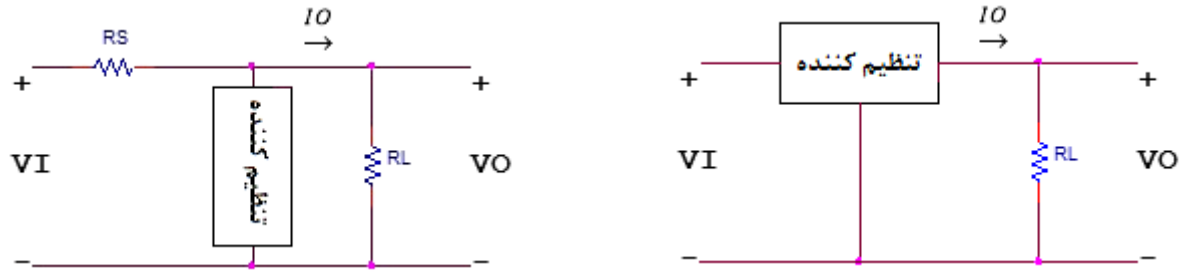
$$R_L = \frac{V_{NL} - V_{FL}}{V_{FL}} \times ۱۰۰ \qquad (۱۳-۴)$$

V_{FL} : ولتاژ در بار کامل (حداکثر بار) .

V_{NL} : ولتاژ در بی باری .

تنظیم کننده های ولتاژ ساده :

تنظیم کننده های ولتاژ ساده تنظیم کننده هایی هستند که از یک دیود زنر برای ثابت نگه داشتن ولتاژ استفاده می شود یعنی عنصر تنظیم کننده ولتاژ همان دیود زنر است . در طراحی مدار یک تنظیم کننده ساده برحسب وضعیت ولتاژ و جریان مورد نظر تنظیم کننده را بصورت موازی و یا سری با مقاومت بار (خروجی) قرار می دهند . حالت اول را تنظیم کننده موازی و حالت دوم را تنظیم کننده سری می نامند . در مدار سری جریان خروجی تنظیم کننده از مقاومت بار می گذرد در حالی که در وضعیت موازی تنظیم کننده موازی با بار قرار دارد و فقط بخشی از جریان ورودی از آن عبور می کند . معمولاً از تنظیم کننده موازی در مواردی که با ولتاژهای متوسط و یا کم و نیز جریان های زیاد و بار نسبتاً ثابت سروکار داریم استفاده می شود زیرا در این صورت نیاز به دیود زنر با ولتاژ و جریان خیلی زیاد نخواهیم داشت . در مواردی که ولتاژ مورد نظر زیاد است و جریان بار کم و یا متوسط بوده و یا به علت تغییر مقاومت بار متغیر است تنظیم کننده سری مناسب تر است .

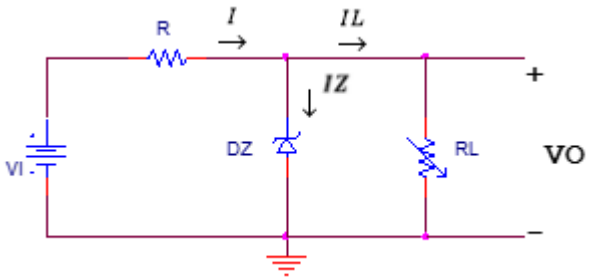


(ب)

(الف)

شکل (۱۳-۱)الف -تنظیم کننده سری،ب -تنظیم کننده موازی

یک تنظیم کننده ساده با دیود زنر

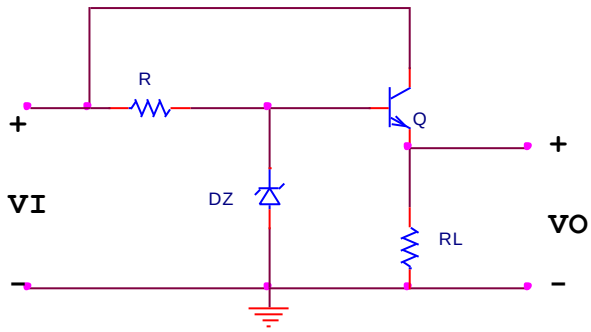


شکل (۱۳-۲):تنظیم کننده ساده زنری

محدودیت تنظیم کننده ساده :

در یک تنظیم کننده ولتاژ است اگر چه تغییرات ولتاژ ورودی ناچیز است ولی جریان بار ثابت نمی باشد . تغییرات جریان بار باید همگی توسط دیود زنر تحمل شود لذا در مواردی که تغییرات جریان بار زیاد باشد استفاده از یک دیود زنری با بزرگ و در نتیجه $Pz\ ,max$ بزرگ ضرورت دارد و استفاده از یک دیود زنر با $Iz\ ,$ max بزرگ موجب می شود که هنگام بی باری تمامی جریان از دیود زنر عبور کرده و تلفات حرارتی آن زیاد شود . این امر باعث کاهش عمر دیود زنر و همچنین کاهش بازده تنظیم کننده می شود برای رفع این اشکال می توان با اضافه نمودن یک طبقه امیتو فالوئر در خروجی مدار تغییرات جریان را تقویت نمود همان طور که می بینیم در این حالت ولتاژ خروجی به اندازه $VBE(\ oN)$ ترانزیستور از VZ کمترخواهد بود .

$$VO = V_Z - V_{BE}\ (ON)$$



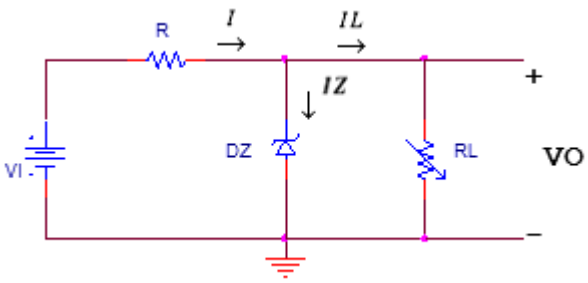
شکل (۱۳-۳):مدار تنظیم کننده ولتاژ با امیتر فالوئر

روش آزمایش

تثبیت کننده زنری:

قدم اول :مدار شکل (۱۳-۴) را روی برد برد ببندید و جدول زیر را کامل کنید.

$R_L = 2.2\ K\Omega$
$R = 100\ \Omega$
$V_Z = 6.7\ V$



شکل (۱۳-۴)

V_I	2	4	6	8	10	12	14	16
V_O								

قدم دوم: ولتاژ ورودی را روی ۱۴ ولت تنظیم کرده و جدول زیر را کامل کنید.

R_L	∞	$10K\Omega$	$4.7K\Omega$	$1K\Omega$	470Ω	220Ω	100Ω
V_O							

قدم سوم: رگولاتور امیتر فالوئر:

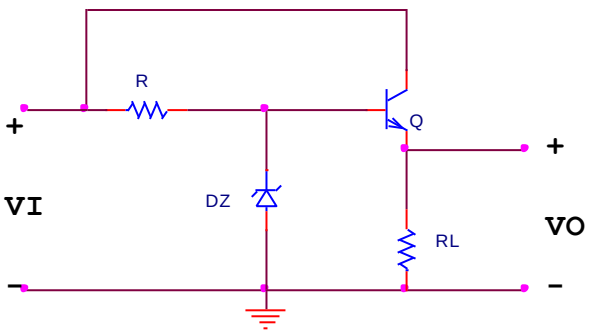
مدار شکل (۱۳-۵) را روی بردبرد ببندید و جدول زیر را کامل کنید.

R=390 Ω

Q=BC107

VZ=4.7 V

VI=10 V



شکل (۱۳-۵)

R_L	∞	$10K\Omega$	$4.7K\Omega$	$1K\Omega$	470Ω	220Ω	100Ω	47Ω	22Ω
V_O									

قدم دوم: ورودی *VI* را طبق جدول اعمال کرده و جدول زیر را کامل کنید. *(RL=470Ω)*

V_I	2	4	6	8	10	12	14	16
V_O								

پرسش:

۱. آیا ولتاژ خروجی به *RL* وابسته است؟ حداقل *RL* به چه عواملی بستگی دارد؟

۲. ضریب تثبیت بار را بدست بیاورید.

۳. اگر خروجی مدار اتصال کوتاه شود ، چه اتفاقی می افتد؟

۴. ترانزیستور فوق در چه آرایشی به کار رفته است؟

۵. اگر به جای استفاده از ترانزیستور *Q* از زوج دارلینگتون استفاده شود، چه تغییری در ولتاژ و جریان خروجی حاصل می شود؟

آزمایش شماره (۱۴)

تقویت کننده دو طبقه

هدف:

هدف از این آزمایش، مونتاژ مدار طراحی شده و اندازه‌گیری مشخصات این تقویت کننده جهت مقایسه نتایج اندازه‌گیری با مقادیر مطلوب و در ادامه طراحی یک تقویت کننده دو طبقه با مدار خود بایاس با مشخصات داده شده در مناسب‌ترین نقطه کار برای بدست آوردن حداکثر نوسانات خروجی.

وسایل آزمایش:

مقاومت:1 kΩ ، 10 kΩ ، 150 kΩ، 22 kΩ

خازن: 47µf و سه عدد10µf.

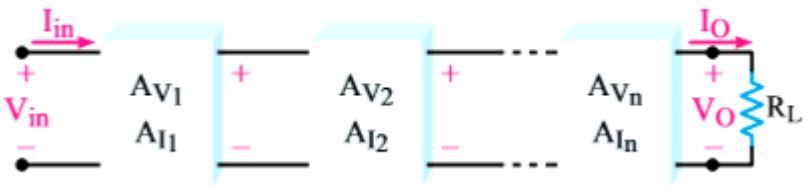
ترانزیستور: $2N2219$.

فانکشن ژنراتور

منبع تغذیه

مبانی نظری:

اگر n طبقه تقویت کننده با بهره های ولتاژ $Av_1 , Av_2 , Av_3 , \dots , Av_n$ و بهره های جریان $Ai_1 , Ai_2 , Ai_3 , \dots , Ai_n$ طبق شکل زیر پشت سر هم قرار گیرند. تقویت کننده n طبقه به دست می آید.



شکل (۱۴-۱) :بلوک دیاگرام تقویت کننده n طبقه

با توجه به اختلاف بین سیگنال های ورودی و خروجی تقویت کننده ها، بهره ولتاژ و بهره جریان کل تقویت کننده از روابط (۱۴-۱) و (۱۴-۲) محاسبه می گردد.

$$A_{VT} = \frac{V_{on}}{V_{i1}} \qquad (۱۴-۱)$$

$$= \pm A_{V1}\, A_{V2} \dots A_{Vn}$$

$$= \pm A_{I1}\, A_{I2} \dots A_{In} A_{IT} = \frac{I_{on}}{I_{i1}} \qquad (۱۴-۲)$$

باید توجه داشت که بهره ولتاژ A_V و بهره جریان A_I برای هر طبقه در شرایطی در نظر گرفته شده است که همه طبقات به هم اتصال دارند . به عبارت دیگر ، A_V و A_I بیانگر میزان تقویت هر طبقه به طور مستقل نیست . بهره توان کل از حاصلضرب بهره ولتاژ در بهره جریان بدست می آید.

$$A_{PT} = A_{VT} \times A_{IT} \qquad (۱۴-۳)$$

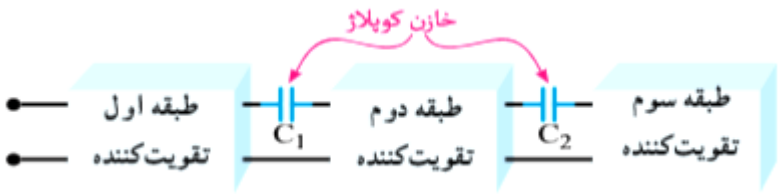
اتصال تقویت کننده ها به یکدیگر

برای انتقال سیگنال از یک تقویت کننده به طبقه دیگر ، باید دو طبقه را به هم اتصال دهیم . چگونگی اتصال تقویت کننده ها را به یکدیگر کوپلاژ (*Coupling*) می گویند. اتصال بین طبقات بوسیله خازن ، ترتنسفورماتور یا به طور مستقیم امکان پذیر است.

ازین رو سه نوع کوپلاژ خازنی ، ترانسفورماتوری و مستقیم تعریف می شود.

کوپلاژ خازنی:

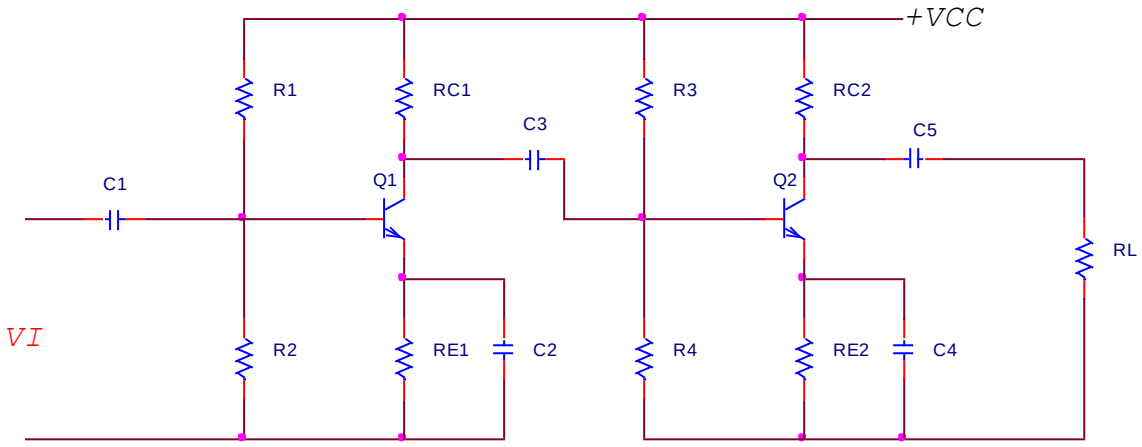
اگر دو یا چند طبقه تقویت کننده بوسیله یک یا چند خازن به یکدیگر وصل کنیم ،می گوییم کوپلاژ بین طبقات تقویت کننده به صورت خازنی است. در شکل (۱۴-۲) بلوک دیاگرام سه طبقه تقویت کننده و خازن های کوپلاژ بین آنها نشان داده شده است.



شکل (۱۴-۲) : بلوک دیاگرام سه طبقه تقویت کننده و خازن های کوپلاژ بین آنها

به کوپلاژ خازنی ، کوپلاژ RC نیز می گویند. دلیل این نام گذاری وجود خازن های کوپلاژ و مقاومت های RC است که در طبقات تقویت کننده وجود دارد و یک مدار RC را تشکیل می دهد.

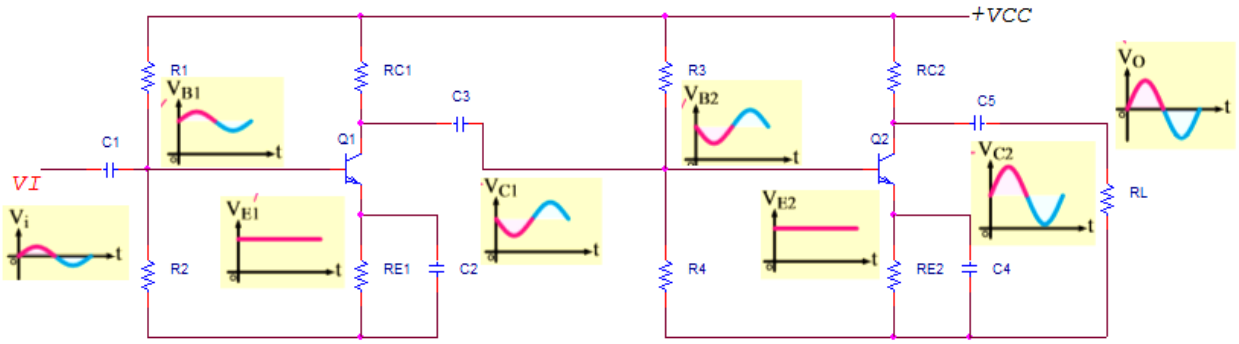
در مدار شکل (۱۴-۳) یک تقویت کننده دو طبقه با کوپلاژ RC نشان داده شده است . در این مدار ، دو طبقه تقویت کننده توسط خازن کوپلاژ C_3 به یکدیگر متصل شده اند. هر دو طبقه تقویت کننده از نوع امیتر مشترک اند و نوع بایاس ترانزیستورها سر خود یا تقسیم ولتاژ مقاومتی است.



شکل (۱۴-۳): تقویت کننده دو طبقه با کوپلاژ RC

خازن های C_1 ، C_3 ، C_5 خازن های کوپلاژ هستند. به علت وجود خازن C_3 ، ارتباط DC از خروجی طبقه اول به ورودی طبقه دوم تقویت کننده ، قطع است. C_5 نیز مانع ورود DC کلکتور به مقاومت بار (RL) می شود.
ظرفیت خازن های کوپلاژ را طوری انتخاب می کنند که عکس العمل خازنی آنها (XC) در حداقل فرکانس کار تقویت کننده، قابل چشم پوشی باشد ، به طوری که بتوان آنها را اتصال کوتاه فرض کرد.

شکل (۱۴-۴) شکل موج نقاط مختلف این تقویت کننده را نشان می دهد.



شکل (۱۴-۴) : شکل موج نقاط مختلف تقویت کننده با کوپلاژ خازنی

مزایا و معایب کوپلاژ خازنی :

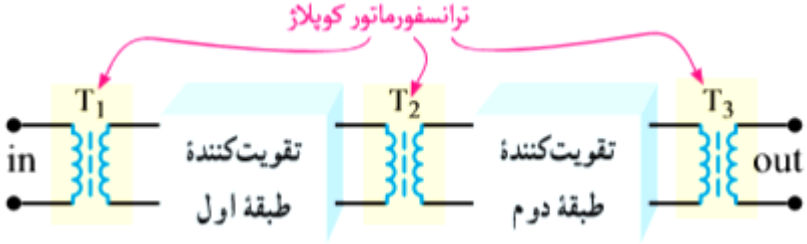
اتصال چندطبقه تقویت کننده از طریق کوپلاژ خازنی به یکدیگر، دارای مزایا و معایبی است .یکی از مزایای این نوع کوپلاژ، در این است که طبقات از نظر مقادیر DC (نقطه کار ترانزیستورها) کاملا مستقل از هم هستند و تغییر نقطه‌کار یک طبقه، روی سایر طبقات اثر نمی گذارد.

اشکال عمده کوپلاژ خازنی آن است که تقویت کننده ، سیگنال های با فرکانس پایین را به درستی تقویت نمی کند؛ زیرا در فرکانس های پایین عکس العمل خازن های کوپلاژ و خازن های بای پاس امیتر افزایش می یابد و همین امر موجب تضعیف سیگنال خروجی می شود.

هم چنین در این نوع تقویت کننده ها، به علت استفاده از تعداد زیاد مقاومت ها و تلفات زیاد توان در آن ها، قدرت اعمال شده به بار کم است .درعمل، از کوپلاژ خازنی در تقویت کننده های با قدرت کم استفاده می شود.

تقویت کننده های با کوپلاژ ترانسفورماتوری

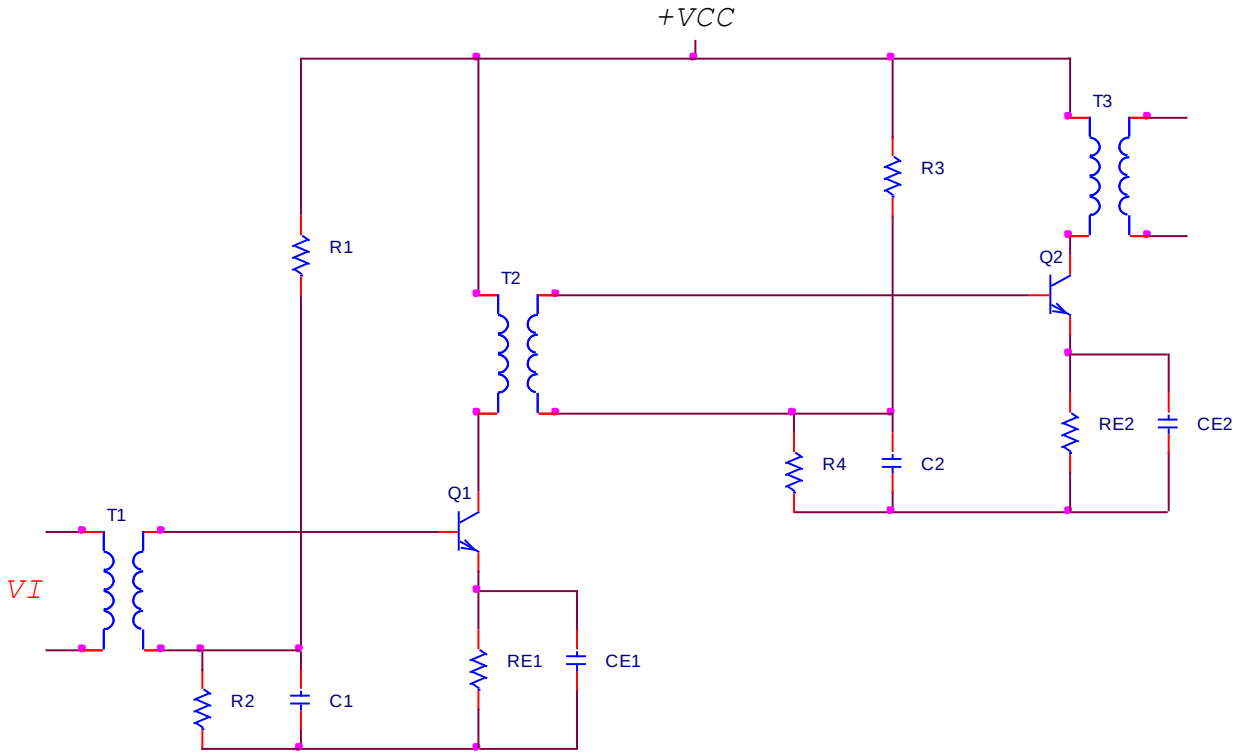
در کوپلاژ RC به دلیل اینکه در هر تقویت کننده بین کلکتور ترانزیستور و منبع تغذیه یک مقاومت RC وجود دارد، افت توان در مقاومت RC بوجود می آید. در نتیجه قدرت اعمال شده به بار کم است. برای برطرف کردن این عیب، به خصوص در تقویت کننده های با قدرت زیاد، از کوپلاژ ترانسفورماتوری استفاده می کنند. به این ترتیب که اولیه ترانسفورماتور را به جای مقاومت RC ، در کلکتور ترانزیستور قرار می دهند، موج خروجی را از ثانویه آن می گیرند و به ورودی طبقه بعدی می رسانند. ترانسفورماتورهای کوپلاژ ممکن است از نوع افزاینده یا کاهنده ولتاژ باشند .ترانسفورماتور نیز مانند خازن مانع اثرگذاری ولتاژ DC طبقات روی یکدیگر می شود. شکل



شکل (۱۴-۵) : بلوک دیاگرام تقویت کننده با کوپلاژ ترانسفورماتوری

(۵-۱۴) نحوه اتصال دو طبقه تقویت کننده را به صورت بلوک دیاگرام و با کوپلاژ ترانسفورماتوری نشان می دهد.

در مدار شکل (۱۴-۶) یک نمونه تقویت کننده دوطبقه با کوپلاژ ترانسفورماتوری را مشاهده می کنید.



شکل (۱۴-۶) : تقویت کننده دوطبقه با کوپلاژ ترانسفورماتوری

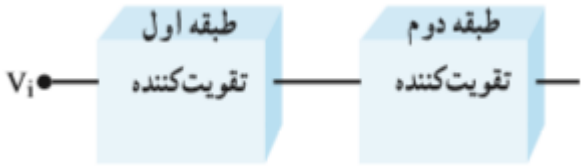
در این مدار مقاومت های R_1 ، R_2 برای تامین بایاس بیس $Q1$ ، مقاومت R_{E1} برای پایداری حرارتی $Q1$ و خازن C_{E1} خازن بای پس R_{E1} است که به صورت موازی با R_{E1} قرار گرفته است. خازن C_2 را به این جهت در مدار قرار می دهند که وقتی موج متناوب به مدار داده می شود، امپدانس خازن به شدت کاهش می یابد و مقاومت R_2 را در مقابل AC اتصال کوتاه (بای پس) میکند. در این حالت ، ضریب تقویت زیاد می شود. نحوه بایاس کردن ترانزیستور $Q2$ نیز مشابه ترانزیستور $Q1$ است.

استفاده از ترانسفورماتور $T2$ بین ترانزیستورهای $Q1$ و $Q2$ تلفات تقویت کننده را کم می کند، راندمان مدار را نیز بالا برده هم چنین وسیله ای برای ایجاد تطبیق امپدانس بین دو تقویت کننده به امیتر مشترک به شمار می آید .همان طور که می دانید، تقویت کننده دارای امپدانس ورودی متوسط و امپدانس خروجی متوسط است . بنابراین ، در موقع کوپلاژ دو تقویت کننده CE به یکدیگر مساله تطبیق امپدانس وجود دارد که باید به طریقی آنرا حل کرد. عموما در کوپلاژ RC این مسئله حل نمی شود؛ در حالی که در کوپلاژ ترانسفورماتوری به

راحتی حل شدنی است. زیرا امپدانس اولیه و ثانویه ترانسفورماتور را می توانیم با تغییر تعداد دور سیم پیچ های ان تغییر دهیم و به مقدار دلخواه برسانیم.

کوپلاژ مستقیم:

در این نوع کوپلاژ، دوطبقه تقویت کننده به صورت مستقیم به یکدیگر وصل می شوند .شکل زیر بلوک دیاگرام دوطبقه تقویت کننده را که به صورت کوپلاژ مستقیم به هم وصل شده اند، نشان می دهد.



شکل (۱۴-۷) : تقویت کننده دو طبقه با کوپلاژ به صورت مستقیم

مدار یک تقویت کننده با کوپلاژ مستقیم در زیر نشان داده شده است. در این مدار با توجه به این که طبقات تقویت کننده ازنظر ولتاژ و جریان DC مستقل از یکدیگر نیستند، تغییرات نقطه کار یک طبقه ، روی نقطه کار طبقه دیگر تقویت کننده اثر می گذارد، لذا باید محاسبات DC مدار برای حساس می کند .برای آن که از ناپایداری حرارتی مدارکاسته شود، اولا باید نقاط کار با دقت بیشتری محاسبه شوند. ثانیا با پیش بینی مدارهایی ، پایداری مدار را تامین کرد.

مزایا و معایب کوپلاژ مستقیم:

از مزایای کوپلاژ مستقیم صرفه جویی در قطعات و مقرون به صرفه بودن ازنظر اقتصادی است، در ضمن فرکانس های خیلی کم حتی DC نیز به خوبی تقویت می شوند.

از معایب این نوع کوپلاژ می توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱. تغییرات نقاط کار یک طبقه روی نقطه کار سایر طبقات تاثیر می گذارد.

۲. مدار به شدت به حرارت حساس است.

۳. در صورت بروز عیب در یکی از طبقات ، به سایر طبقات نیز آسیب می رساند.

مراحل آزمایش:

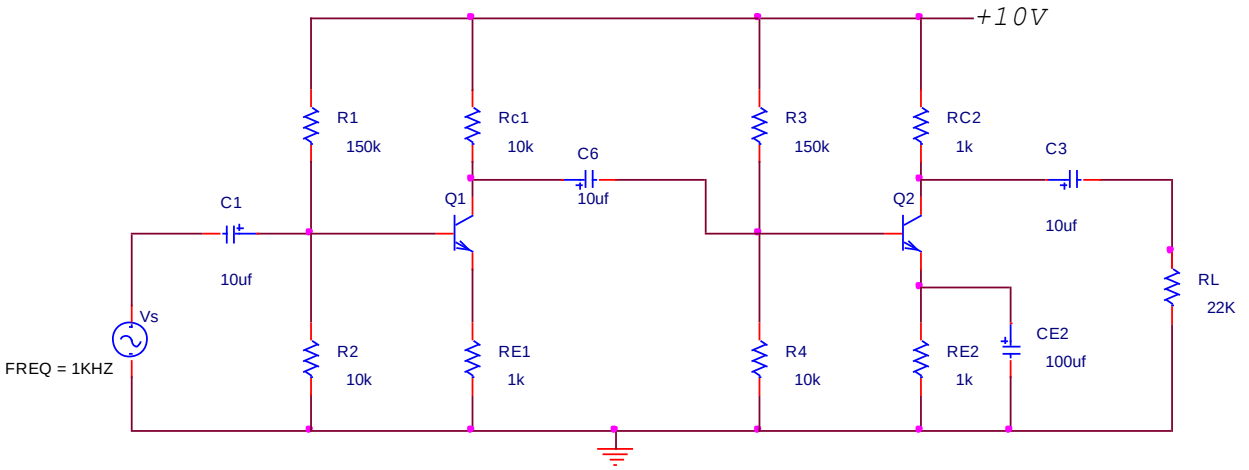
قدم۱: مداری مطابق شکل زیر با رعایت پلاریته ی خازن ها روی بردبورد مونتاژ کنید.

قدم ۲: توسط ولت متر در حالت DC جدول زیر را کامل کنید.

Transistor	VCE	VBE	VCB	IC
Q1				
Q2				

راهنمایی: چنانچه اختلافی در مقادیر بالا مشاهده می کنید با کمک استاد مربوطه مشکل فوق را برطرف کنید.

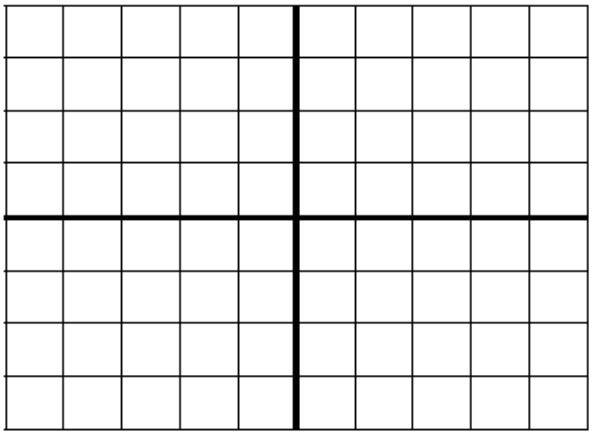
قدم ۳: بدون R_L ، V_S را به لحاظ دامنه طوری تنظیم کنید که خروجی مدار سیگنالی متقارن، ماکزیمم و بدون اعوجاج را در صفحه اسیلوسکوپ داشته باشید. در ادامه به استاد مربوطه خود دلیل قدم ۳ را توضیح



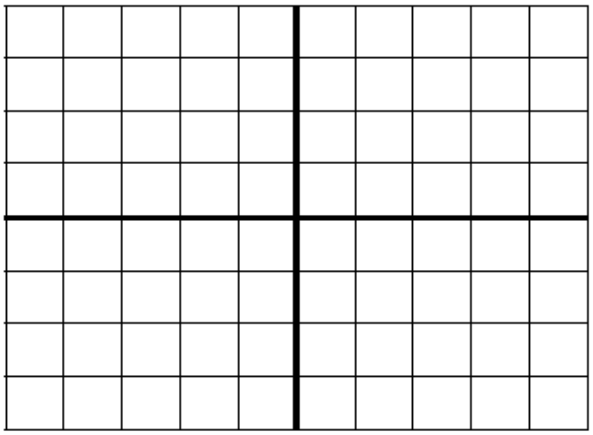
دهید؟

قدم ۴: به وسیله اسیلوسکوپ شکل موج نقاط V_O ، V_{C2} ، V_{B2} ، V_{C1} ، V_{B1} ، V_S را با مقیاس و فاز صحیح رسم کنید.

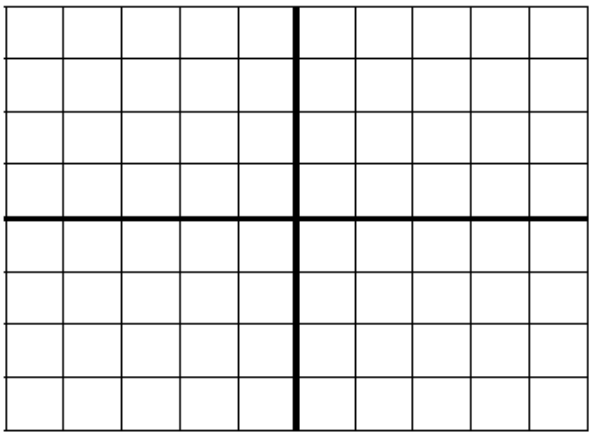
V_S



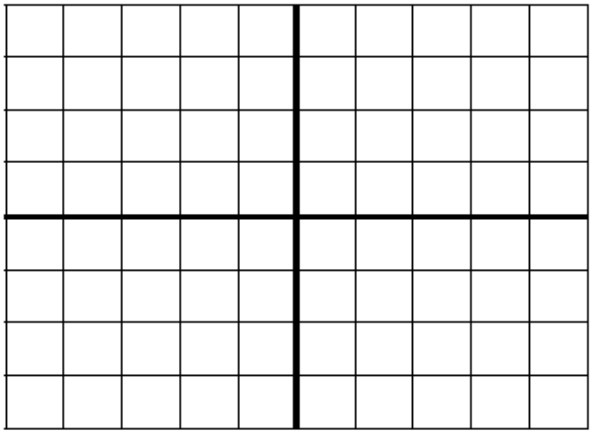
V_{B1}



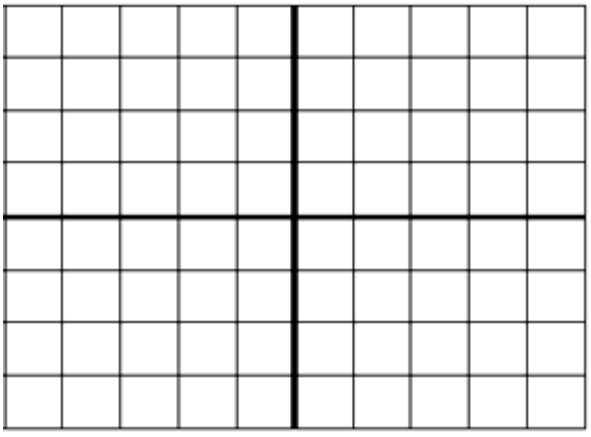
V_{C1}



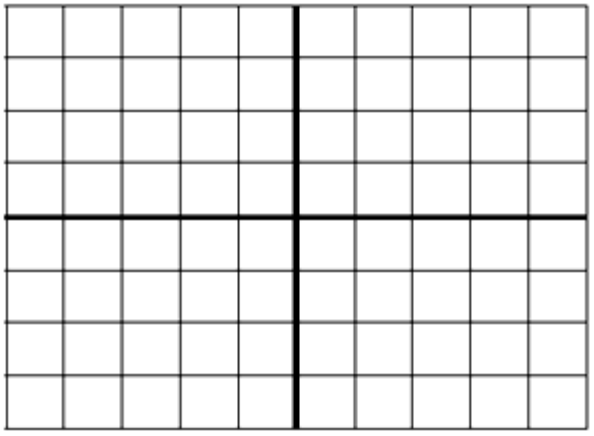
V_{B2}



V_{C2}



V_O



قدم ۵: شکل موج ها را با هم مقایسه کنید.

- آیا فرایند تقویت در هر طبقه انجام شده است؟

- آیا در هر طبقه تقویت کننده اختلاف فاز ۱۸۰ درجه وجود دارد؟(توضیح دهید)

- ولتاژ V_{C2} و V_O را از نظر DC مورد تجزیه و تحلیل قرار دهید و عملکرد خازن کوپلاژ را بررسی نمایید.

قدم ۶: مقدار پیک تو پیک هر یک از سیگنال ها را اندازه گیری کرده و جدول زیر را کامل کنید.

ردیف	کمیت	مقدار پیک تو پیک
۱	V_S	
۲	V_{B1}	
۳	V_{C1}	
۴	V_{B2}	
۵	V_{C2}	
۶	V_O	

با استفاده از روابط زیر بهره ولتاژ برای هر طبقه و بهره کل را محاسبه کنید.

$$A_{V1} = \frac{V_{C1_{P-P}}}{V_{B1_{P-P}}}$$

$$A_{V2} = \frac{V_{C2_{P-P}}}{V_{B2_{P-P}}}$$

$$A_{VT} = \frac{V_O}{V_S}$$

مقدار A_{VT} را از رابطه $A_{VT} = AV1 \times AV2$ محاسبه کنید آیا مقدار بدست آمده با A_{VT} مجاسبه شده در مرحله قبل انطباق دارد؟ شرح دهید.

آزمایش شماره (۱۵)
تقویت کننده آبشاری(کاسکود)

هدف:

هدف از این آزمایش، مونتاژ مدار طراحی شده و اندازه‌گیری مشخصات این تقویت کننده جهت مقایسه نتایج اندازه‌گیری با مقادیر مطلوب و در ادامه طراحی یک تقویت کننده آبشاری در مناسب‌ترین نقطه کار برای بدست آوردن حداکثر نوسانات خروجی.

وسایل آزمایش:

مقاومت:10kΩ، 8.2 kΩ ، 6.8kΩ ، 3.3kΩ, 1.2kΩ

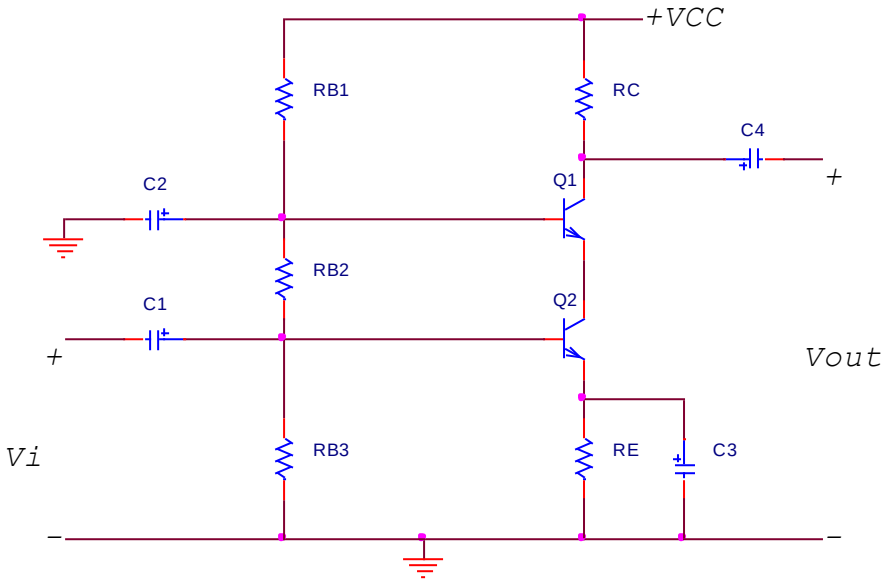
خازن:100µf

ترانزیستور: $2N2219$.

فانکشن ژنراتور:

منبع تغذیه:

مبانی نظری:تقویت کننده کاسکود یا آبشاری یک تقویت کننده دو طبقه با کوپلاژ مستقیم است که از دو ترانزیستور تشکیل شده است . شکل (۱۵-۱) یک تقویت کننده کاسکود را نشان می دهد. در این تقویت کننده ترانزیستور Q1 به صورت امیتر مشترک و ترانزیستور Q2 به صورت بیس مشترک به کار رفته است.این تقویت کننده در فرکانس های بالا مشخصه فرکانسی بهتری نسبت به سایر تقویت کننده ها دارد.



شکل (۱۵-۱) :تقویت کننده آبشاری

روش آزمایش:

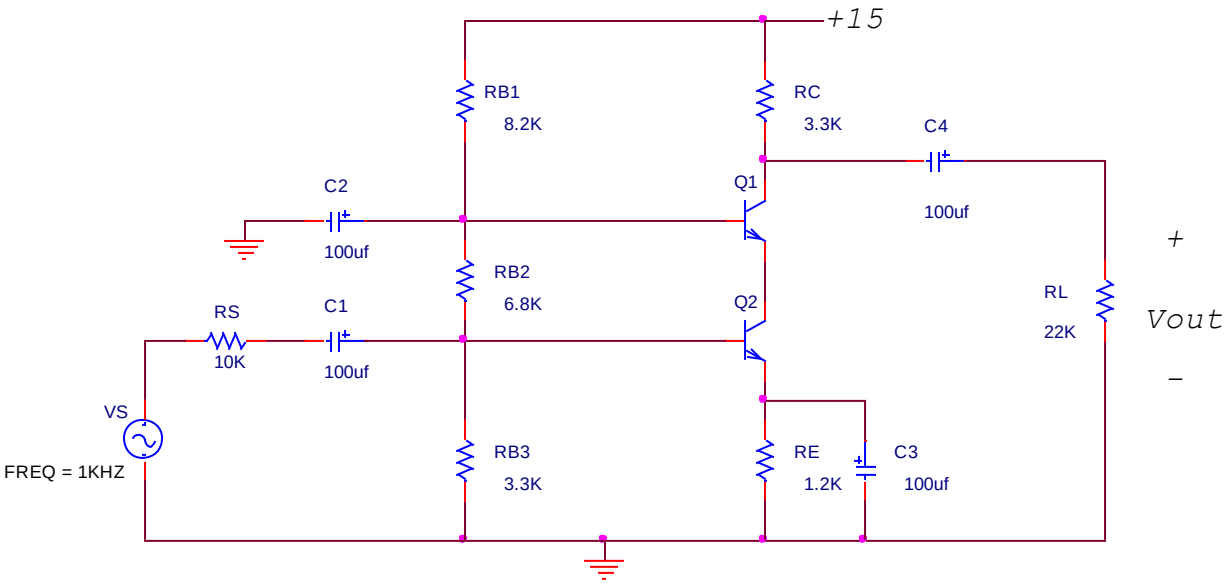
قدم۱: مداری مطابق شکل (۱۵-۲) زیر با رعایت پلاریته ی خازن ها روی بردبورد مونتاژ کنید.

قدم ۲: توسط ولت متر در حالت *DC* جدول زیر را کامل کنید.

Transistor	*VC*	*VB*	*VE*
Q1			
Q2			

راهنمایی: چنانچه اختلافی در مقادیر بالا مشاهده می کنید با کمک استاد مربوطه مشکل فوق را برطرف کنید.

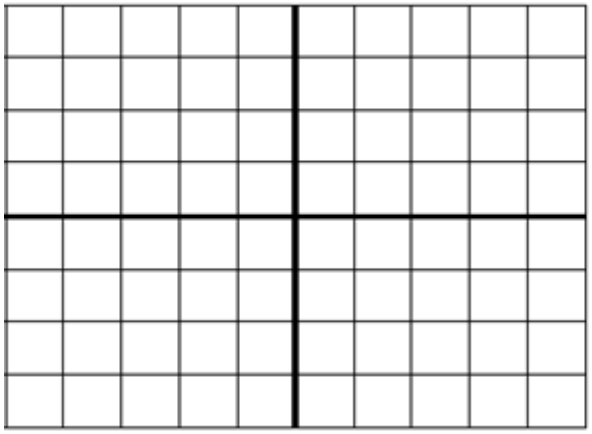
قدم ۳: بدون R_L ، V_S را به لحاظ دامنه طوری تنظیم کنید که خروجی مدار سیگنالی متقارن، ماکزیموم و بدون اعوجاج را در صفحه اسیلوسکوپ داشته باشید. در ادامه به استاد مربوطه خود دلیل قدم ۳ را توضیح دهید؟



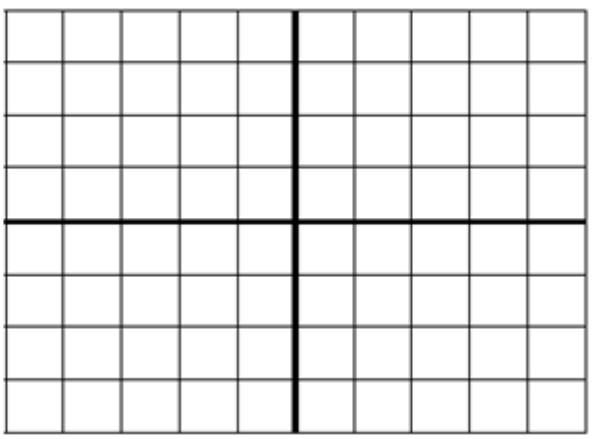
شکل (۱۵-۲)

قدم ۴: به وسیله اسیلوسکوپ شکل موج نقاط V_S و V_O را با مقیاس و فاز صحیح رسم کنید.

V_S



V_O



قدم ۵: مقادیر زیر را اندازه گیری کنید.

$v_{o(NL)} =$

$v_{o(FL)} =$

$$R_O = \frac{V_{O(NL)} - V_{O(FL)}}{V_{O(FL)}} \times R_L =$$

$$R_I = \frac{V_i}{I_S} =$$

$$I_S = \frac{V_S - V_i}{R_S} =$$

آزمایش شماره (۱۶)

آشنایی با ترانزیستورهای اثر میدان(*FET*) و بررسی منحنی مشخصه آن

هدف:

هدف این آزمایش آشنایی با ترانزیستورهای اثر میدان و نحوه تشخیص پایه های آن و رسم منحنی مشخصه های ترانزیستور در حالت سورس مشترک می باشد.

وسایل آزمایش:

ترانزیستور: *2N3819*

مقاومت:*47Ω* ، *1MΩ* ، *10KΩ* ، *P50KΩ*

دیود:*1N4148*

فانکشن ژنراتور

اسیلوسکوپ

منبع تغذیه

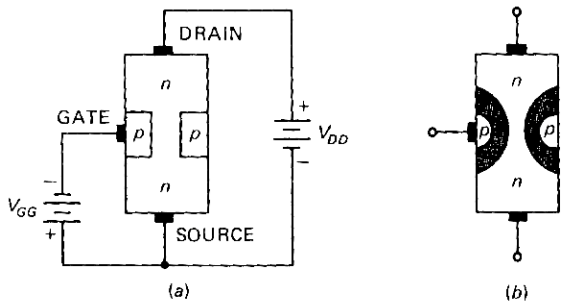
ولت متر دیجیتال

مبانی نظری:

ترانزیستورهای دو قطبی (*BJT*) عنصر کنترل شده با جریان هستند.(جریان بیس،جریان کلکتور را کنترل می کند.) وجود جریان ورودی زیاد باعث می شود که مقاومت ورودی ترانزیستور دو قطبی نسبتا کم باشد.(حتی در کلکتور مشترک که بیشترین مقاومت ورودی را دارند، از چند صد کیلو اهم تجاوز نکند).

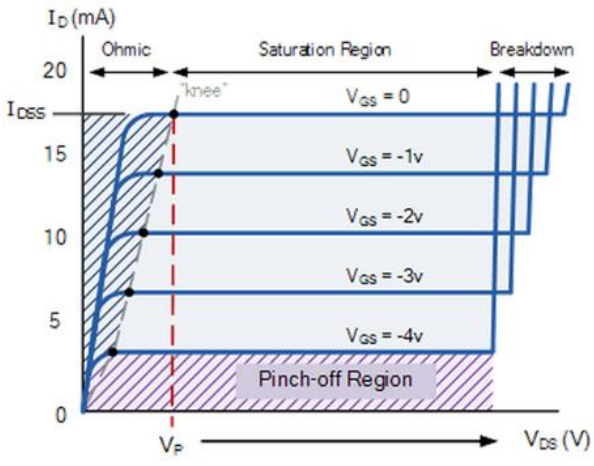
ساختمان *FET* از ترانزیستورهای *BJT* ساده تر است و مقاومت ورودی آنها در حدود ۱۰ مگا اهم تا ۱۰۰۰ مگا اهم است.*FET* ها عناصر کنترل شده با ولتاژ هستند و در ساخت آنها از دو نوع نیمه هادی استفاده می شود. به همین دلیل به ترتنزیستورهای تک پیوندی (یک قطبی) مشهورند.

شکل ۱۶-۱ یک *JFET* کانال *N* را نشان می دهد.در این مدار رفتار I_D را برحسب ولتاژ V_{DS} بررسی می کنیم. در



شکل ۱۶-۱

نظر بگیریم که $V_{GS} = 0$ است.حال اگر ولتاژ V_{DS} را از مقدار صفر به تدریج افزایش دهیم، در این صورت I_D نیز افزایش یافته چون کانال نظیر یک مقاومت عمل می کند. اگر V_{DS} باز هم بیشتر شود، در این صورت جریان درین از افزایش باز می ماند. هنگامی که ولتاژ V_{DS} به یک مقدار مشخص که آنرا ولتاژ تنگی (*Pinch Off*) برسد. جریان به حالت اشباع می رسد.با افزایش ولتاژ V_{DS} جریان افزایش نمی یابد. این مقدا را جریان اشباع درین (I_{DSS}) می گویند. بنابراین I_{DSS} یکی از پارامترهای مهم *JFET* است. در حقیقت در این ناحیه با افزایش بیشتر V_{DS} هر دو ناحیه تخلیه اطراف گیت ها در داخل کانال توسعه یافته و در نتیجه عرض کانال باریک می شود و مقاومت ان افزایش می یابد.در این حالت با افزایش V_{DS} هیچ تغییری در عرض کانال رخ نمی دهد. بنابراین جریان درین نسبتا ثابت می ماند.(با ا فزایش V_{DS}) . حال اگر ولتاژ V_{DS} از حدی تجاوز کند ، پدیده شکست اتفاق می افتد. در این حالت جریان I_D سریعا افزایش می یابد.

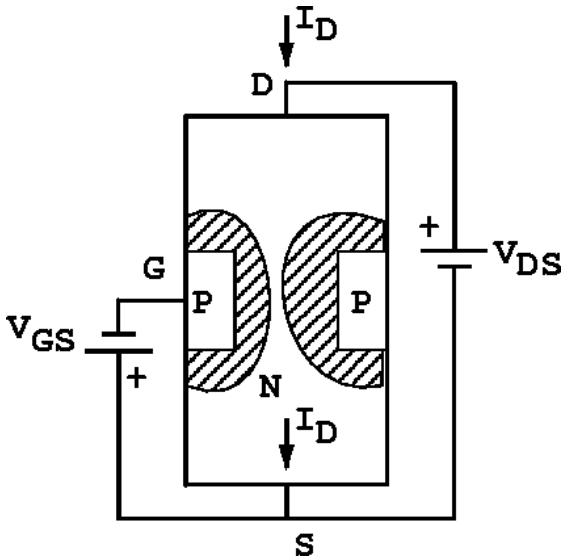


شکل ۱۶-۲

در شکل ۱۶-۳ یک تشبیه از عمل کنترل *FET* در پایه گیت ارائه شده است. از لحاظ لغتی سورس یعنی منبع ، گیت یعنی دریچه و درین به معنی چاه آب است. منبع (سورس) فشار آب را می توان به ولتاژ اعمال شده بین درین و سورس تشبیه کرد. این منبع جریان آب (الکترون) را برقرار می سازد. گیت توسط سیگنال (پتانسیل) اعمال شده جریان آب (الکترون) از سورس به درین را کنترل می کند.

حالا یک *jFET* کانال *N* را که مطابق شکل ۱۶-۴ بایاس شده(به صورت معکوس گیت-سورس)را در نظر میگیریم.

به ازای هر مقدار مشخص از V_{GS} یک منحنی نظیر شکل زیر به دست می آید.ملاحظه شود با افزایش ولتاژ معکوس گیت -سورس(V_{gs}) یا به عبارتی منفی تر شدن آن(برای کانال *n*) حالت تنگی کانال در جریانهای درین کمتری اتفاق می افتد.

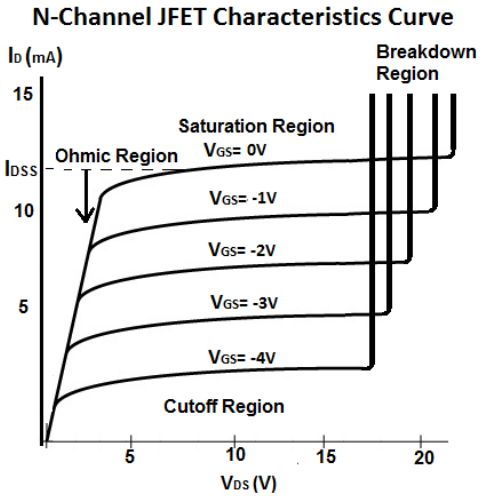


شکل ۱۶-۴

نکته:هنگامیکه V_{GS} افزایش می یابد(برای کانال *n* منفی تر و برای کانال *p* مثبت تر) به ازای یک مقدار مشخص از V_{GS} (برای هر مقداری از V_{DS}) دیگر جریانی در کانال برقرار نمیشود.این ولتاژ را ولتاژ تنگی گیت-سورس و آن را با V_P($V_{GS}\ OFF$) نشان می دهند.(یکی از پارامتر های *JFET* است).

مشخصه انتقال(*Transfer Characteristic*):

مشخصه دیگر *FET* مشخصه انتقال آن است که نمودار جریان درین(I_D) بر حسب ولتاژ گیت-سورس(V_{GS}) برای یک مقدار ثابت ولتاژ درین-سورس(V_{DS}) میباشد.این مشخصه را میتوان از روی مشخصه درین-سورس بدست آورد.دو نقطه مهم این مشخصه نقاط *Idss* و V_P هستند که به ترتیب روی محور جریان و ولتاژ قرار دارند.منحنی مشخصه انتقال را از رابطه زیر بدست می آوریم(رابطه شاکلی) و برای ناحیه تنگی بکار میرود:



شکل ۱۶-۵

ناحیه اشباع $\begin{cases} V_{DS} \geq V_{GS} - V_P \\ V_P \leq V_{GS} \end{cases}$

$IDss$=ثابت

Vp=ثابت

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

ناحیه اهمی $\begin{cases} V_{DS} \leq V_{GS} - V_P \\ V_P \geq V_{GS} \end{cases}$

در ترانزیستور(BJT)(دو قطبی) جریان خروجی توسط جریان بیس کنترل می شود.

$$I_C = \beta I_B$$

اما در ترانزیستور $Idss$،FET و V_P ثابت و جریان خروجی توسط ولتاژ ورودی کنترل می شود.

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

نماد و شماتیک

گیت $JFET$ در وسط کانال کشیده می‌شود (به جای الکترود درین یا سورس در این مثال‌ها). این تقارن نشان می‌دهد که درین و سورس قابل جابه‌جایی هستند .بنابراین این نماد فقط برای آن دسته از$JFET$ هایی استفاده شود که در واقع جابه‌جایی پذیرند.

به طور رسمی، فرم این نماد باید جزء را داخل دایره نشان دهد (به نمایندگی از پوشش یک دستگاه گسسته). این امر هم در ایالات متحده و هم در اروپا درست است. اخیراً این نماد حتی برای دستگاه‌های گسسته، اغلب بدون دایره کشیده می‌شود.

در هر نمونه‌ای، سر فلش، قطب پیوند PN که بین کانال و گیت است را نشان می‌دهد. مانند یک دیود معمولی، فلش از P به N اشاره می‌کند که همان جهت جریان عادی است زمانی که بایاس مستقیم است.

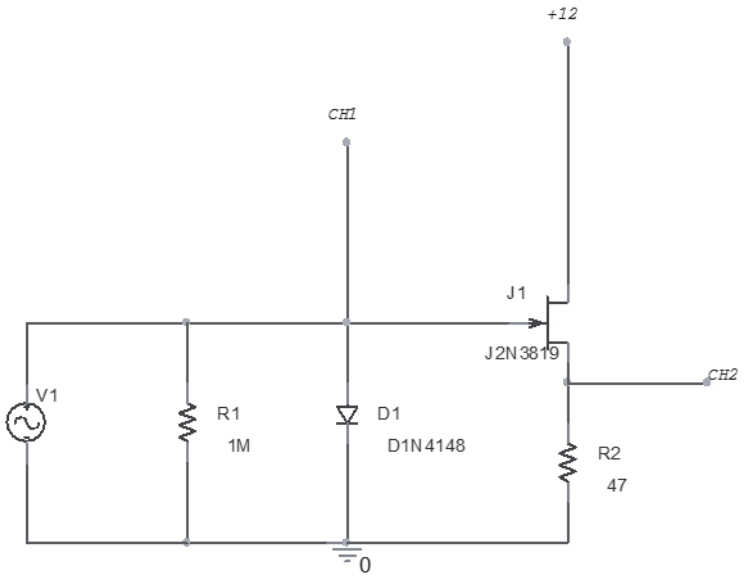
نماد مداری یک جی‌فت با کانال ان

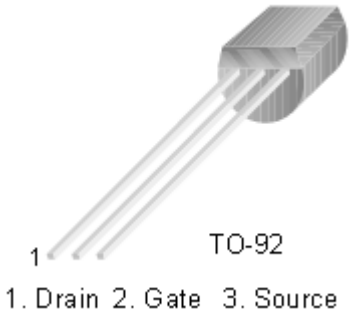
نماد مداری یک جی‌فت با کانال پی

رسم منحنی مشخصه انتقالی با استفاده از اسیلوسکوپ:

روش آزمایش:

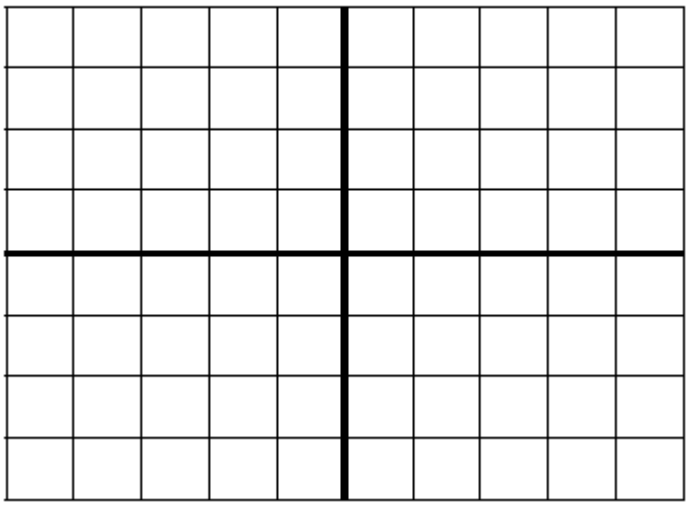
قدم اول : مداری مطابق شکل مقابل ببندبد.





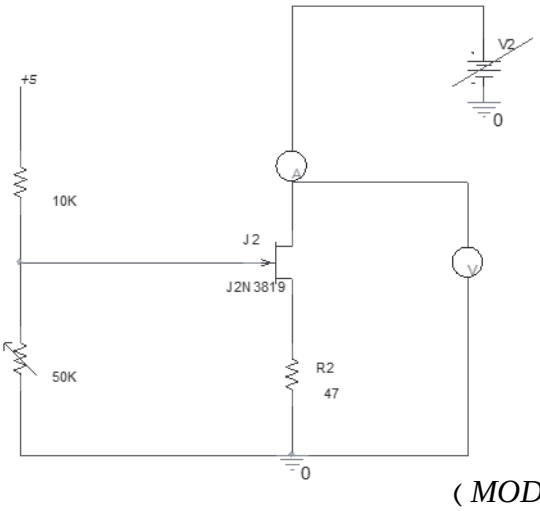
قدم دوم : یک ولتاژ متناوب بین صفر و VP که تغییر میکند میتوان به گیت اعمال کرد.
توجه:چون مثبت شدن V_{GS} باعث سوختن ترانزیستور میشود قبل از اتصال فانکشن به مدار دقت کنید با انتخاب $DC\text{-}OFF\text{-}SET$ فانکشن ژنراتور V_{GS} همواره منفی باقی بماند(برای محافظت از ترانزیستور میتوان از یک دیود$1N4148$ به طور موازی با $1M$ استفاده کرد)

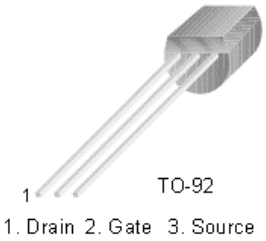
قدم سوم : منحنی مشخصه انتقالی که روی اسیلوسکوپ مشاهده میکنید را با مقیاس مناسب رسم کنید.



بدست آوردن منحنی مشخصه انتقالی با استفاده از نقطه یابی:

قدم اول: مداری مطابق شکل زیر ببندید.





*به جای ولت متر میتوان از اسیلوسکوپ استفاده کرد(*MODE DC*)

قدم دوم : با تغییر پتامسیومتر ولتاژ گیت-سورس را روی مقادیر خواسته شده طبق شکل جدول زیر تنظیم و سپس با تغییر V_{DS} ولتاژهای موردنظر را ایجاد و در نهایت جریان *ID* را اندازه گیری و یادداشت کنید.

$V_{GS}=0$

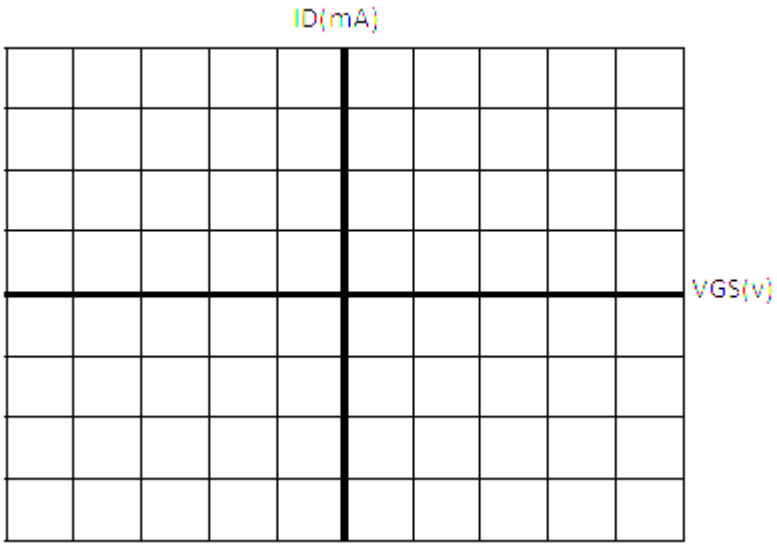
V_{DS}(ولت)	0	0.5	1	1.5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	20
ID(آمپر)																		

قدم سوم: جدول فوق را برای ولتاژهای گیت-سورس *0.4-،0.8-،1.2-، 1.6-* و *2-* را اندازه گیری نمایید.

*ولتاژ گیت-سورس نباید مثبت شود چون ممکن است باعث سوختن *FET* شود.

$V_{DS(v)}$	0	0.5	1	1/5	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	20	
$I_{D\,(mA)}$																		$V_{GS=-0/4}$
$I_{D\,(mA)}$																		$V_{GS}=-0/8$
$I_{D\,(mA)}$																		$V_{GS=-1/2}$
$I_{D\,(mA)}$																		$V_{GS=-1/6}$
$I_{D\,(mA)}$																		$V_{GS}=-2$
$I_{D\,(mA)}$																		$V_{GS}=$
$I_{D\,(mA)}$																		$V_{GS}=$

قدم چهارم: مقادیر بدست آمده را روی نمودار (ID برحسب V_{DS}) به ازای V_{GS} های مختلف در زیر به صورت نقطه یابی با دقت رسم کنید.



قدم پنجم: روی منحنی ها ولتاژ اشباع V_P و ناحیه مقاومت اهمی و مقدار I_{DSS} را نشان دهید.

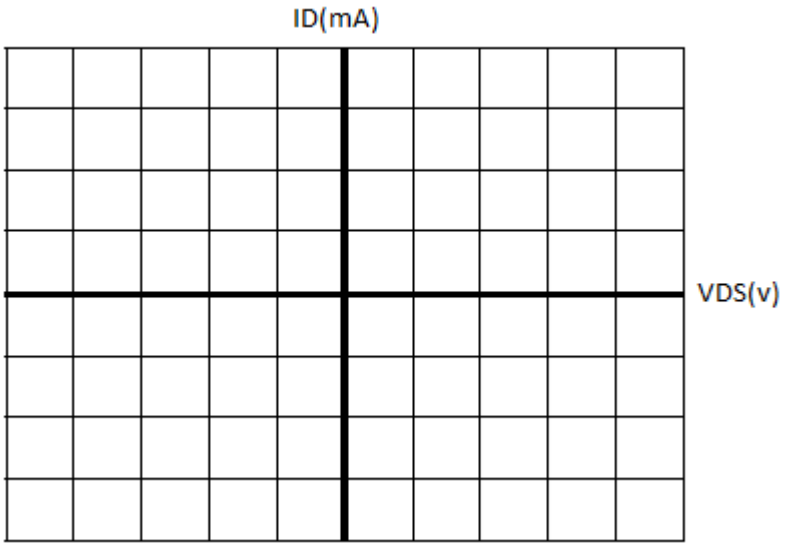
V_P =

I_{DSS}=

قدم ششم: rd را از روی منحنی مشخصه فوق بدست آورید.

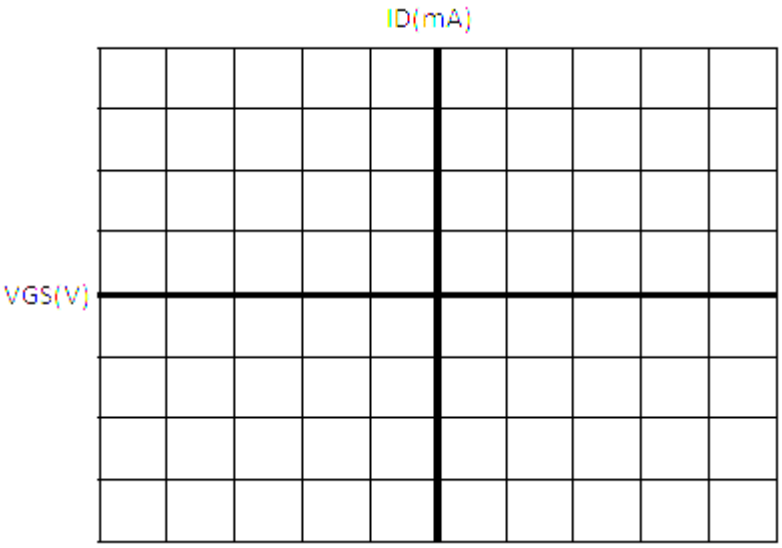
$$r_d = \frac{1}{yos} = \frac{\Delta V_{DS}}{\Delta I_D}$$

V_{GS} = ثابت



* در کاتالوگ امپدانس خروجی را با yos نشان می دهند و مقدار r_d را شیب منحنی مشخصه در نقطه کار Q میباشد.

قدم هفتم: مشخصه انتقالی ترانزیستور را ترسیم کنید(از روی مقادیر صفحه قبل)



با توجه به اینکه g_m(هدایت انتقالی) از رابطه $g_{m=}\frac{\Delta I_D}{\Delta V_{GS}}$ بدست می آید و از روی منحنی انتقال شیب منحنی در هر نقطه می باشد،مطلوبست g_m را برای نقطه کار ($V_{GSQ=}$) از روی منحنی مشخصه مرحله قبل (قدم هفتم) ($I_{DQ=5\ mA}$)

*در حقیقت مقدار g_m شیب خط در نقطه کار است.

$$g_m = \frac{\Delta I_D}{\Delta V_{GS}}$$
$$V_{DS=constant}$$

قدم هشتم: $V_{P,I_{DSS}}$ را از روی منحنی بدست آمده در قدم چهارم بدست آورید.

قدم نهم: مقداری که برای V_P ، I_{DSS} بدست آورده را با مقادیر پارامتر های موجود در *data book* آمده است مقایسه کرده و علت اختلاف را بیان کنید.

پرسش:

۱- آیا میتوان از روی آن مقدار *IDSS* و *VP* را اندازه گیری کرد؟

۲- سه مورد از کاربردها ی*JFET* را بیان کنید.

آزمایش شماره (۱۷)

کاربرد *FET* به عنوان تقویت کننده (تقویت کننده سورس مشترک)

هدف:

هدف از این آزمایش طرح و بررسی مشخصات تقویت کننده‌هایی است که در آنها از عنصر *FET*[۴] استفاده می‌شود. در این آزمایش سه آرایهٔ[۵] تقویت کننده، یعنی سورس مشترک*(CS)* ، گیت مشترک *(CG)* و درین مشترک *(CD)* از نقطه نظر بهرهٔولتاژ، مقاومت ورودی و مقاومت خروجی و پاسخ فرکانس مورد بررسی قرار می‌گیرند.

وسایل آزمایش:

ترانزیستور: *2N3819*

مقاومت:*18KΩ* ، *1MΩ* ، *5.6KΩ* ،

فانکشن ژنراتور

اسیلوسکوپ

منبع تغذیه

ولت متر دیجیتال

[۴] - ترانزیستور اثر میدان

[5] - *Configuration*

مبانی نظری:

برای بسیاری از *JFET* ها در حالت اشباع یک نقطه کار وجود دارد که به ازای آن تغییرات نقطه کار با حرارت ناچیز است.جریان نقطه کار با ضریب حرارتی کوچک از رابطه تقریبی زیر به دست می آید.

$$ID=IDSS(0.6 / VP)^2$$

شرط هدایت و شرط ناحیه اکتیو:

شرط هدایت در *JFET کانال N به صورت* $VP< V_{GS} <0.5$ *می باشد.(در صورتی که JFET از ساختمان نسبتا متقارنی برخوردار باشد) شرط ناحیه اشباع آن است که* $VP< -V_{GD}$ *درJFET کانال P شرط هدایت به صورت* $VP < V_{GS} <0.5$*-است و شرط ناحیه اشباع* $VP< V_{GD}$ است.

کار بردهای *JEFT*:

از *JFET* عمدتا در سه مورد استفاده می شود.

۱- به عنوان منبع جربان و مرجع ولتاژ ثابت.

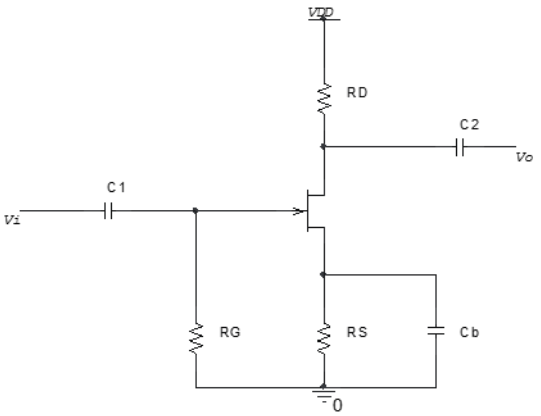
۲- به عنوان تقویت کننده آنالوگ

۳- به عنوان سوئیچ و مقاومت کنترل شده با ولتاژ

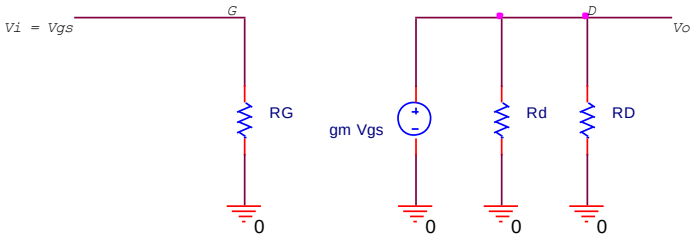
در مورد اول و دوم،موارد استفاده خطی *JFET* است و مورد سوم استفاده غیر خطی آن است.در آزمایش زیر به آشنایی با پارامترهای *JFET* و اندازه گیری آنها می پردازیم و کاربرد آن را به عنوان تقویت کننده بررسی می کنیم.

تقویت کننده سورس مشترک

مدار تقویت کننده سورس مشترک در شکل ۱۷-۱ نشان داده شده است. در این شکل خازن کنار گذر *Cb* مقاومت *Rs* را از دید سیگنال حذف می کند. از نظر *DC* وجود این مقاومت برای تامین ولتاژ بایاس *Vgs* ضرروری است. شکل ۱۷-۲ مدار معادل سیگنال کوچک این تقویت کننده است . با استفاده از این شکل به محاسبه کمیت های *Av* ، *Ri* و *Ro* می پردازیم.



شکل ۱۷-۱



شکل ۱۷-۲

محاسبه Av : محاسبه بهره ولتاژ با استفاده از مدار معادل شکل ۱۷-۲ بسیار ساده است.

$$V_o = -i_d RD = -\left(g_m V_{gs} + \frac{V_o}{r_d}\right) R_D$$

یا

$$V_o\left(1 + \frac{R_D}{r_d}\right) = -g_m V_{gs} R_D$$

با توجه به رابطه $Vi=Vgs$ و رابطه بالا داریم:

$$A_v = \frac{V_O}{V_i} = \frac{V_O}{V_{gs}} = \frac{-g_m r_d R_D}{R_D + r_d} = \frac{-\mu R_D}{R_D + r_d}$$

بهره ولتاژ این تقویت کننده همیشه منفی است. به عبارت دیگر سیگنال درین به اندازه ۱۸۰ درجه با سیگنال گیت اختلاف فاز دارد.

محاسبه Ro : برای محاسبه مقاومت خروجی ، منبع سیگنال ورودی را اتصال کوتاه می کنیم. در این حالت منبع جریان کنترل شده $gm\ Vgs$ برابر با صفر می شود.(مدار باز) . بنابراین برای مقاومت خروجی تقویت کننده داریم:

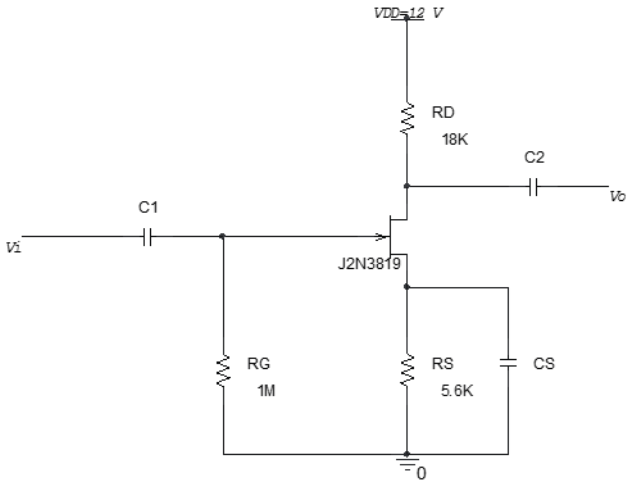
$$R_o = r_d \parallel R_D = \frac{r_d R_D}{r_d + R_D}$$

در صورتی که $R_D \ll r_d$ باشد $R_o \cong R_D$ خواهد شد.

محاسبه Ri : مقاومت ورودی این تقویت کننده برابر R_G است. به همین دلیل این مقاومت را بزرگ انتخاب می کنند تا اثر مقاومت ورودی ذاتا بزرگ $JFET$ خنثی نشود.

مراحل آزمایش:

قدم اول : مداری مطابق شکل مقابل ببندبد.



قدم دوم: نقاط کار *DC* مدار فوق را اندازه گیری و سپس آنها را نیز به روش تئوری محاسبه کنید.

قدم سوم: جدول زیر را کامل کنید.

پارامتر	تئوری	عملی
ID		
IS		
IG		
Av		
حداکثر دامنه نوسان خروجی(*sewing*)		

قدم چهارم: با اعمال یک ورودی سینوسی به مدار(*f=1KHZ*) و با دامنه ورودی مناسب بطوری که خروجی بدون اعوجاج باشد مقدار بهره ولتاژ A_v را اندازه گیری کنید.

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} =$$

قدم پنجم: حداکثر ولتاژ *swing* را بدست آورید.

قدم ششم: تغییرات مقاومت خروجی منبع سیگنال را بر کار تقویت کننده بررسی کنید.برای این کار یک مقاومت R_s را به طور سری به خروجی سیگنال اضافه نمایید و تغییرات بهره دامنه را در شکل موج خروجی بررسی کنید نتایج بدست آمده را تغییر دهید.

قدم هفتم: اگر مطابق جدول زیر مقدار R_s تغییر کند هر بار مقدار A_V را اندازه گیری کنید.

$R_{s(k)}$	۸,۲	۱۰	۱۲	۱۸
$A_{v=\frac{V_o}{V_i}}$				

*اثر تغییرات R_s را بر روی بهره ولتاژ تقویت کننده بررسی کنید.

قدم نهم: مقاومت Z_t را به روش عملی اندازه گیری کنید.

$$I_i = \frac{V_i' - V_i}{R_s}$$

$$Z_{i=\frac{V_i}{I_i}}$$

قدم دهم: مقدار Z_0 را با قرار دادن یک بار $R_L=10K$ اندازه گیری کنید.

$$Z_0=\frac{V_{Fl} - V_{Nl}\times R_{L=}}{V_{FL}}$$

*با روش پتانسیومتر چگونه اندازه گیری می شود.

قدم یازدهم: Z_i،Z_0 را و همچنین مقدار A_v تقویت کننده را با قرار دادن مدار معادل AC آن به روش تئوری محاسبه و با مقادیر عملی مقایسه کنید آیا اختلافی دارند؟چرا؟

قدم دوازدهم : با تغییر فرکانس سیگنال ژنراتور مقادیر پارامترهای$fL()$ و $fH()$ و $B.W$ را بدست آورید و با مقادیر تئوری آنها را مقایسه کنید.

قدم سیزدهم : مزایای تقویت کننده ای FET را بیان کنید.آیا بین BJT،FET شباهت هایی وجود دارد؟آنها را بنویسید.