دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

دستورکار آزمایشگاه الکترونیک

تهیه و تنظیم

محمد دانائی

فهرست مطالب

مقدمات	ایمنی در آزمایشگاه و آشنائی با تجهیزات
آزمایش ۱	آشنائی با دیود و مدارات دیودی
آزمایش ۲	آشنائی با ترانزیستور
آزمایش ۳	طراحی مدارهای بایاس
آزمایش ۴	آشنائی با منابع جریان
آزمایش ۵	منابع جریان چند طبقه
آزمایش ۶	تقویت کننده های یک طبقه و چند طبقه
آزمایش ۷	تقویت کننده های تفاضلی
آزمایش ۸	تقویت کننده های عملیاتی
آزمایش ۹	فیدبک
آزمایش ۱۰	رگولاتورهای ولتاژ

مقدمات و آشنائی با تجهیزات

الف. ایمنی در آزمایشگاه

از آنجا که برای اکثر مردم و به خصوص آنها که به نحوی با برق سروکار دارند امکان برق گرفتگی وجود دارد، لازم است که هر کس اطلاعاتی درباره آن داشته باشد. در اینجا برخی از اعمالی را که دانستن و انجام آنها امکان یافتن زندگی دوباره را می دهد ذکر می کنیم. لازم است که در جلسه اول آزمایشگاه بخش مربوط به ایمنی و آشنائی با تجهیزات آزمایشگاه به دانشجویان تدریس شده و در جلسه بعد از آن امتحان گرفته شود.

جریان است که می کشد

ظاهراً چنین به نظر می رسد که شوک ناشی از ولتاژ ۱۰۰,۰۰۰ ولت کشنده تر از شوک ولتاژ ۱۰۰ ولتی است. اما چنین نیست. بسیاری از اشخاص در هنگام استفاده از وسائل الکتریکی منزل که با برق شهر کار می کنند دچار برق گرفتگی شده اند و مرده اند، همچنین در صنعت برق گرفتگی منجر به فوت حتی برای افرادی که با برق ۴۲ ولت مستقیم کار می کرده اند، نیز پیش آمده است. اندازه حقیقی شدت شوک مربوط است به مقدار جریان (آمپر) که از بدن می گذرد. ولتاژ منبع وسیله الکتریکی که از برق منازل استفاده می کند در تحت شرایط معینی می تواند یک جریان کشنده ایجاد نماید. جریان های بیش از ۱۰ میلی آمپر (0.01 Amp) کمترین اثرشان درد بوده و ماکزیمم، شوک های جدی کشنده ایجاد می کنند. جریان های بیش از ۲۰۰ میلی آمپر (0.2 Amp) تولید سوختگی های خطرناک و بیهوشی می کنند و اگر برق زده فوراً تحت درمان قرار گیرد (به او تنفس مصنوعی داده شود) معمولاً کشنده نیستند. جریان های بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ میلی آمپر (0.1 تا 0.2) کشنده اند. عملاً بعد از اینکه شخصی دچار برق زدگی شد مشکل است تعیین شود که چه مقدار جریان از اعضای حیاتی بدنش عبور کرده است. به هر حال اگر تنفس بیمار قطع شده باشد باید فوراً به او تنفس مصنوعی داد.

اثرات فیزیولوژیکی شوک الکتریکی

شکل زیر اثرات فیزیولوژیکی ناشی از شدت جریان های مختلف را نشان می دهد. توجه کنید ولتاژ منظور نشده است اگرچه این ولتاژ است که جریان را برقرار می سازد ولی مقدار جریان شوک بر حسب مقاومت بدن (بر حسب نقاط اتصال) تغییر می کند. همان طور که در نمودار نشان داده شده خطر ناشی از شوک با افزایش جریان زیاد می شود. در جریان های حدود ۶۰ میلی آمپر تنفس سخت صورت می گیرد و بالاخره در جریان های حدود ۷۰ میلی آمپر تنفس قطع می شود وقتی جریان به ۱۰۰ میلی آمپر برسد حرکات نامنظم ماهیچه های بطن قلب سبب انقباض نامنظم و دیواره های بطن می شود. در بیش از ۲۰۰ میلی آمپر انقباض عضلانی به قدری شدید است که قلب در مدت شوک به شدت منقبض شده این انقباض مانع حرکت نامنظم ماهیچه های بطن می شود ودر نتیجه برق زده شانس زنده ماندن بیشتری می یابد.

خطر ولتاژ کم

واضح است که تنفس مصنوعی در مورد مصدومین ولتاژهای زیاد نتایج سریع تری نسبت به مصدومین ولتاژهای کم می دهد دلیلش همان انقباض شدید قلب است که از جریان زیاد ناشی از ولتاژ زیاد حادث می شود. پس می توان نتیجه گرفت که ولتاژ ۷۰ ولتی به همان اندازه خطرناک است که ولتاژ ۷۰ میلی ولتی میتواند خطرناک باشد. مقاومت بدن بر حسب تغییر نقاط اتصال و شرایط پوست (خشک یا تر بودن آن) تغییر می کند مثلاً مقاومت واقع بین گوش ها بدون مقاومت پوست ۱۰۰ اهم است در حالی که بین دست و پا تا ۵۰۰ اهم است. مقاومت پوست از ۱۰۰۰ اهم برای پوست های مرطوب تا بیش از ۵۰۰,۰۰۰ اهم برای پوست های خشک تغییر می کند. وقتی در نزدیکی وسائل برقی به کار مشغولید به آهستگی حرکت کنید. حرکت پاهایتان طوری باشد که تعادل بدنتان را کاملاً حفظ نماید. اگر ابزاری به زمین افتاده برای برداشتن آن هجوم نبرید. قبل از دست زدن به سیم ها و نقاط اتصال دستگاه را خاموش کنید و نقاط با فشار زیاد را به زمین وصل کنید و توجه کنید که جریان تصادفاً و به طور ناگهانی برقرار نشود. وقتی از لحاظ روحی یا جسمی خسته اید وسایل برقی را مورد آزمایش قرار ندهید. وقتی وسائل برقی را آزمایش می کنید یک دستتان را در جیبتان قرار دهید. و مهم تر از همه وقتی بر روی کف فلزی یا ناحیه ای مرطوب و یا سطوح متصل به زمین ایستاده اید به وسائل برقی دست نزنید. وقتی لباسهایتان مرطوب است (مخصوصاً کفش های مرطوب) و یا همچنین وقتی پوستتان مرطوب می باشد به وسائل الکتریکی دست نزنید. هیچ وقت به تنهایی کار نکنید. هر چه اطلاعاتتان راجع به دستگاه های الکتریکی بیشتر باشد عدم دقت و بی احتیاطی شما بیشتر می شود. هرگز به ریسک های غیرضروری مبادرت نکنید.

آنچه که درباره یک برق زده باید انجام داد

در وهله اول ولتاژ را قطع نموده و یا مصدوم را از محل اتصال جدا سازید ولی توجه کنید که در این حالت سلامت خود را به خطر نیاندازید. برای جدا کردن مصدوم از محل اتصال باید از یک قطعه چوب خشک و یا طناب یا پتو و غیره استفاده کرد. وقت را جهت یافتن کلید قطع بیهوده تلف نکنید چون مقاومت بدن مصدوم با گذشت زمان رو به تحلیل می رود و اگر در عملیات تأخیر روا دارید جریان به حد جریان کشنده ۱۰۰ تا ۲۰۰ میلی آمپر نزدیک می شود. اگر مصدوم به حالت بیهوشی افتاده و تنفس قطع شده، باید بلادرنگ تنفس مصنوعی را شروع کرد و تا وقتی که کاملاً به حالت طبیعی برنگشته به آن ادامه دهید. شاید هشت ساعت طول بکشد تا مصدوم به زندگی باز گردد. باید توجه داشت که گرفتگی کام و عدم وجود نبض از عوارض ناشی از برق گرفتگی بوده در صورت مشاهده آنها نباید تصور شود که مصدوم فوت شده است.

ب. دستورالعمل ایمنی

اگر شما در آزمایشگاه‌الکترونیک دانشکده مهندسی برق کار می‌کنید، شرایط کار ایمن را برای حفاظت از خود و اطرافیانتان فراهم کنید. دستورالعمل زیر را به دقت بخوانید و رعایت کنید. فراموش نکنیم که الویت اول ایمنی و سلامت و پس از آن انجام آزمایش است.

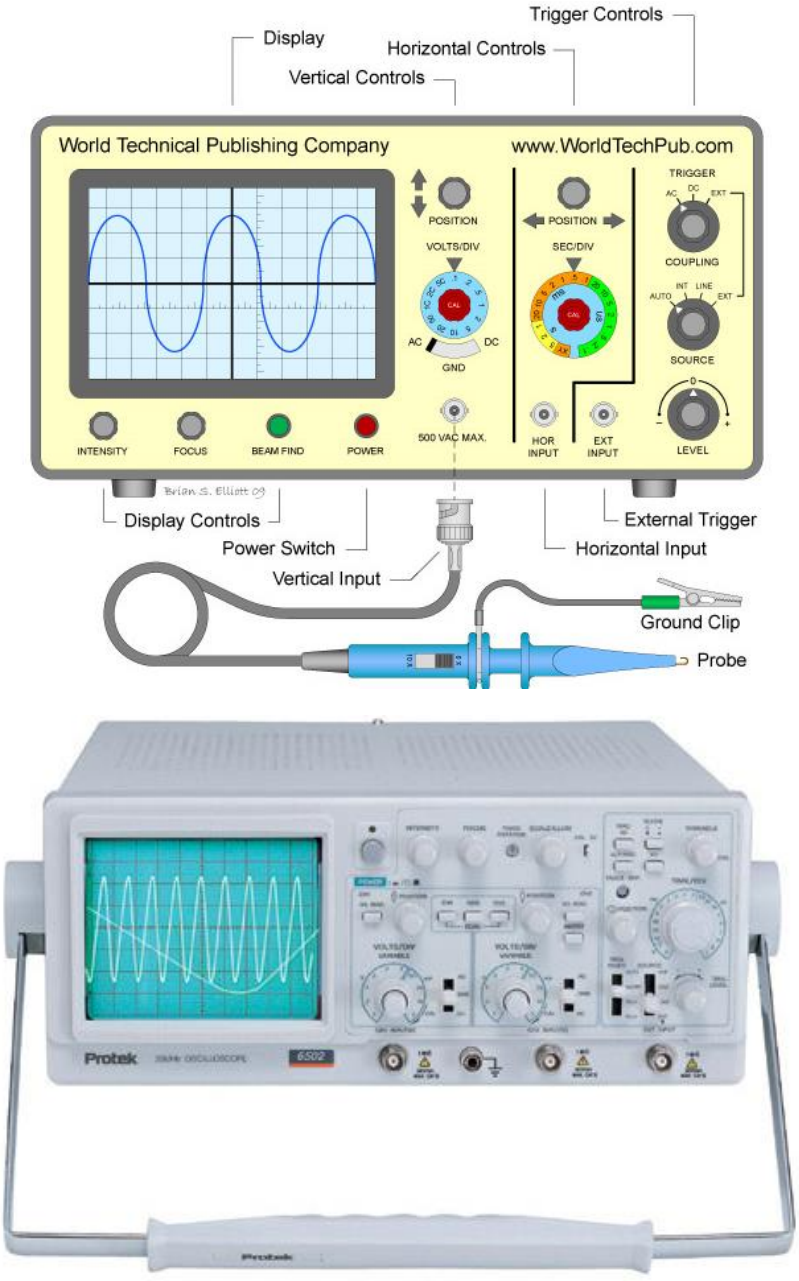
قبل از شروع کار، ابزار و دستگاه‌ها را چک کنید؛ هر نوع خرابی احتمالی را به استاد یا مسئول آزمایشگاه گزارش کنید.

۱. اگر با مدارها و ابزاری سروکار دارید که با ولتاژ بیش از $50V$ (پیک) کار می‌کنند، مطمئن شوید که شخص دیگری در محیط کار حضور دارد که می‌تواند شما را ببیند یا صدای شما را بشنود.
۲. اگر با مداری کار می‌کنید که با ولتاژ بیش از $50V$ تغذیه می‌شود باید مجوز لازم را از استاد خود کسب کرده و مسئول آزمایشگاه را در این زمینه مطلع سازید.
۳. منبع تغذیه آخرین بخش مدار است که متصل می‌شود و اولین بخشی است که از مدار قطع می‌گردد. اگر می‌خواهید بر روی مدار خود کار کنید ابتدا منبع تغذیه را خاموش کنید.
۴. سیمها را از روی اجسام متحرک یا در حال چرخش عبور ندهید؛ آنها را بر روی زمین و جایی که رفت‌وآمد است رها نکنید و از سیمهای دوتکه برای اتصال بخش‌های مختلف استفاده نکنید.
۵. اگر مدار سلفی را اتصال باز می‌کنید این کار را با دست چپ انجام دهید و صورت خود را از مدار دور کنید، احتمال بروز جرقه وجود دارد.
۶. اگر از خازنهای الکترولیتی بزرگ استفاده می‌کنید، به بیشینه ولتاژ درج شده روی بدنه و پلاریته خازن دقت کنید در غیر این صورت احتمال ترکیدگی خازن وجود دارد. ممکن است این خازن‌ها برای تخلیه شدن به زمان نسبتا زیادی (۵ برابر ثابت زمانی) نیاز داشته باشند.
۷. در هنگام کار با مدارهای الکتریکی از اشیای رسانا مانند ساعتهای با بند فلزی، زنجیر و دستبد، قلمهای بدنه فلزی، خط کشهای فلزی و ... استفاده نکنید.
۸. شما فقط مجاز به استفاده از ابزار و دستگاههای هستید که در محیط آزمایشگاه، وجود دارد، اگر نیاز به استفاده از ابزار دیگری دارید باید مجوز لازم را از مسئول آزمایشگاه کسب کنید.
۹. هرگز دستگاهها را جابجا و یا بر روی هم قرار ندهید.
۱۰. هرگز عجله نکنید، آگاهانه و با دقت کار کنید.
۱۱. پس از انجام کار و قبل از ترک آزمایشگاه، میز کار خود را مرتب کنید و تمام دستگاه‌ها و ابزار را خاموش نمایید.

دستگاههای موجود در آزمایشگاه

برای اینکه به درستی بتوان در آزمایشگاه با تجهیزات موجود کار کرد ابتدا باید نسبت به شناخت آن ها اقدام نمود. معمولا دانشجو درآزمایشگاه اندازه گیری الکتریکی با این تجهیزات و نحوه عملکرد آن ها آشنا می شو. اما به جهت یادآوری لازم دیدیم دوباره شرح مختصری از آن ها بیان کنیم. بنابراین در ابتدا به شرح دستگاههای موجود در آزمایشگاه و نحوه استفاده از آنها می پردازیم. لازم است دانشجو به مطالعه این موارد پرداخته و در جلسه دوم آزمایشگاه از این موارد از او امتحان به عمل آید.

ج. اسیلوسکوپ



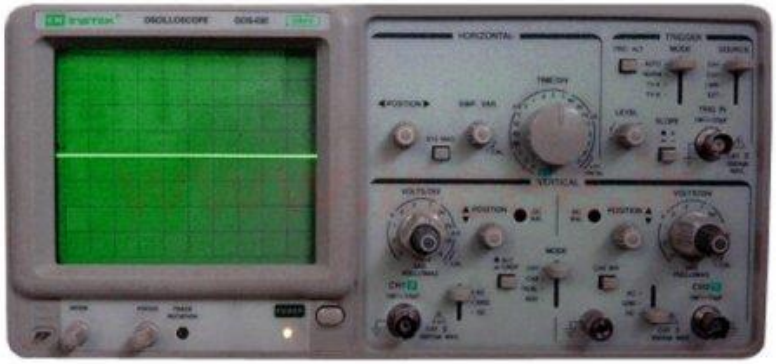
شکل (۱)

اسیلوسکوپ (Oscilloscope) یک دستگاه اندازه گیری است که از آن برای مشاهده شکل موج ها و اندازه گیری ولتاژ، زمان تناوب، اختلاف فاز و همچنین مشاهده منحنی مشخصه ولت - آمپر عناصر نیمه هادی مانند دیود و ترانزیستور استفاده می شود. اسیلوسکوپ یک ولت متر دقیق است ولی توانایی اندازه گیری جریان را به طور مستقیم ندارد و برای اندازه گیری جریان باید از روش های غیر مستقیم مانند قانون اهم استفاده کرد. یکی از مزایای اسیلوسکوپ این است که بر خلاف مولتی مترهای معمولی، در فرکانس های بالا نیز به خوبی کار می کند. اندازه گیری و مشاهده شکل موج ها در اسیلوسکوپ از ولتاژ با فرکانس صفر (DC) شروع و به فرکانس مشخصی ختم می گردد که معمولاً اسیلوسکوپ را با این فرکانس مشخص می کنند. مثلاً اسیلوسکوپ ۴۰ مگاهرتز، یعنی اسیلوسکوپی که می تواند ولتاژهای DC و AC تا ۴۰ MHZ را نمایش دهد . اسیلوسکوپ ها در نوع آنالوگ و دیجیتال ساخته می شوند که ما در اینجا به بررسی نوع آنالوگ آن می پردازیم و در ادامه هر جا کلمه اسیلوسکوپ را به کار ببریم منظورمان اسیلوسکوپ آنالوگ است. فعلا قصد نداریم به بررسی ساختمان داخلی اسیلوسکوپ بپردازیم بلکه هدف، آشنایی با قابلیت های اسیلوسکوپ و نحوه استفاده از آن می باشد. به دلیل اینکه طرز کار همه اسیلوسکوپ ها شبیه یکدیگر است و کلیدها و ولوم های آنها تقریباً یکی است برای آموزش بهتر مطلب، از یک اسیلوسکوپ Instek مدل GOS – 630در امر آموزش استفاده می کنیم که در آزمایشگاه موجود می باشد.

شکل (۲)

اسیلوسکوپ ها ممکن است یک کاناله و یا چند کاناله باشند . اسیلوسکوپ های یک کاناله در هر لحظه فقط می توانند یک سیگنال را روی صفحه نمایش خود نمایش دهند . اما اسیلوسکوپ های چند کاناله ، همزمان می توانند چند سیگنال را روی صفحه نمایش خود ، نمایش دهند . اسیلوسکوپ نمایش داده شده در شکل (۱) ، یک اسیلوسکوپ دو کاناله می باشد یعنی همزمان قادر به نمایش دادن دو سیگنال روی صفحه نمایش خود می باشد . اما سیگنال های الکتریکی چگونه به اسیلوسکوپ منتقل می شوند ؟ برای انتقال سیگنال های الکتریکی به اسیلوسکوپ ، از پروب استفاده می شود که در ادامه به بررسی آن می پردازیم

پروب: (Probe) برای انتقال سیگنال های الکتریکی به اسیلوسکوپ، از پروب استفاده می شود . یک نمونه پروب در شکل (۲) نمایش داده شده است. سیم رابط پروب معمولاً از جنس کابل کواکسیال می باشد تا میزان نویز به حداقل برسد . نوک پروب به صورت گیره ای فنری است که می توان آن را به یک نقطه از مدار وصل کرد . اگر پوشش پلاستیکی نوک پروب را برداریم ، نوک آن به صورت سوزنی می شود که در بعضی مواقع از آن استفاده می گردد . انتهای فلزی سیم رابط که به ورودی اسیلوسکوپ وصل می شود BNC نام دارد و BNCدارای یک شیار مورب است که وقتی آن را به ورودی اسیلوسکوپ وصل می کنیم و ۹۰ درجه در جهت عقربه های ساعت می چرخانیم این قطعه کاملاً به اسیلوسکوپ متصل می شود. همچنین روی پروب کلیدی با دو حالت ۱× و ۱۰× وجود دارد که در حالت ۱ ×، سیگنال بدون هیچ گونه تضعیفی از طریق پروب به اسیلوسکوپ اعمال می گردد.



شکل (۳)

در حالت ۱۰×، ابتدا سیگنال در داخل پروب ۱۰ برابر تضعیف شده و سپس به اسیلوسکوپ اعمال می گردد . باید توجه داشت که اگر از حالت ۱۰× پروب ، برای اندازه گیری استفاده شود مقادیر قرائت شده دامنه را باید در عدد ۱۰ ضرب نمود تا مقدار واقعی دامنه سیگنال بدست آید . موارد کاربرد ۱۰× برای سیگنالهای با دامنه زیاد می باشد. در ادامه ابتدا به بررسی صفحه نمایش و کلیدها و ولوم های روی پانل اسیلوسکوپ می پردازیم و سپس به بررسی کاربردهای اسیلوسکوپ می پردازیم . برای نمایش بهتر پانل اسیلوسکوپ ، تصویری از نمای روبه روی اسیلوسکوپ در شکل (۳) نمایش داده شده است.

۱- صفحه نمایش اسیلوسکوپ : اسیلوسکوپ ها دارای یک صفحه نمایش هستند که این صفحه نمایش در راستای افقی به ۱۰ قسمت و در راستای عمودی به ۸ قسمت تقسیم می شود که برای دقت بیشتر در اندازه گیری ، در راستاهای افقی و عمودی ، خطوط وسط دارای تقسیمات ریزتری نیز می باشند به طوری که هر خانه به ۵ قسمت تقسیم شده و هر قسمت معادل ۰,۲ خانه است.

۲- ۲- کلید روشن و خاموش کردن اسیلوسکوپ: در هر اسیلوسکوپ کلیدی برای روشن و خاموش کردن اسیلوسکوپ وجود دارد که آن را با کلمه POWER و یا ON/OFF نمایش می دهند . در نزدیکی این کلید ، معمولاً یک LED جهت نمایش روشن و یا خاموش بودن اسیلوسکوپ وجود دارد . در شکل (۲) این کلید در زیر و سمت راست صفحه نمایش قابل مشاهده است.

۳- ۳- ولوم : Intensity این ولوم شدت نور سیگنال نمایش داده شده را کم و زیاد می کند . این ولوم باید در حالتی قرار گیرد که شدت نور برای رؤیت سیگنال کافی باشد . این ولوم ممکن است به اختصار با Intenنمایش داده شود . در شکل (2) در زیر صفحه نمایش دو ولوم وجود دارد . از این دو ولوم، ولوم سمت چپی، ولوم Inten می باشد.

۴- ولوم : Focus کلمه Focus به معنای کانونی و یا تمرکز است و این ولوم ضخامت موج رسم شده بر روی صفحه اسیلوسکوپ را کم و زیاد می کند . این ولوم باید در حالتی قرار داده شود که خطوط شکل موج ، حداقل ضخامت را داشته باشند . در شکل (۲) ، از بین دو ولوم زیر صفحه اسیلوسکوپ ، ولوم سمت راست ولوم Focus می باشد.

۵- پین تنظیمات یا کالیبراسیون : این قسمت برای تست و تنظیم سلکتورهای Volt/Div و Time/Div و نیز برای بررسی سالم و یا معیوب بودن پروب مورد استفاده قرار می گیرد . اسیلوسکوپ یک سیگنال مرجع با دامنه و

فرکانس معین برای تست و تنظیم خود ایجاد می کند و به این پین انتقال می دهد . اگر سیگنال مزبور به ورودی اسیلوسکوپ داده شود می توان شکل موج آن را مشاهده کرد . در عین حال چون دامنه و فرکانس سیگنال مزبور معین است ، می توان صحت تنظیمات سلکتورهای Volt/Div و Time/Div را تحقیق کرد . همچنین اگر در اثر تماس نوک پروب با این پین ، سیگنال موجود بر روی پین ، در صفحه نمایش اسیلوسکوپ ظاهر شود و زمانی که گیره زمین پروب را همزمان با نوک پروب به این پین متصل می کنیم یک خط افقی و یا به عبارتی ولتاژ صفر ، روی صفحه اسیلوسکوپ ظاهر شود پروب سالم است . در شکل (۲) این پین در زیر صفحه نمایش اسیلوسکوپ و در منتهی الیه سمت چپ قابل مشاهده است .

۶- پیچ آستیگمات : این پیچ به همراه ولوم تنظیم نقطه کانونی برای ایجاد واضح ترین نقطه گرد استفاده می شود و معمولاً با عبارت Astig مشخص می شود . بعضی از اسیلوسکوپ ها مثل اسیلوسکوپ نمایش داده شده در شکل (۳) این ولوم را ندارند.

۷- پیچ چرخش محور افقی : توسط این پیچ کجی محور افقی کاملاً در وضعیت افقی تصحیح می گردد . این ولوم با عبارت Trace Rotation مشخص می شود . در اسیلوسکوپ نمایش داده شده در شکل (۳) ، این ولوم در سمت راست ولوم Focus قرار دارد.

برای بررسی بقیه ولوم ها و کلیدهای اسیلوسکوپ ، تصویر واضح تری از نیمه سمت راست اسیلوسکوپ نمایش داده شده در شکل (۳) ، در شکل (۴) نمایش داده شده است.

شکل (۴)

۸- کلید : Time/Div این کلید دارای ضرایبی بر حسب ثانیه ، میلی ثانیه و میکروثانیه است و این ضرایب نشان دهنده این هستند که چقدر زمان لازم است تا اشعه در راستای افقی به اندازه یک خانه جا به جا شود . مثلاً در شکل (۴) ضریب Time/Div برابر است با ۰,۲ میلی ثانیه و این یعنی اینکه در این حالت برای اینکه اشعه در راستای افقی به اندازه یک خانه جا به جا شود ۰,۲ میلی ثانیه یا ۲۰۰ میکروثانیه زمان لازم است .
۹- ولوم : Time Variable این ولوم برای فشرده و باز کردن شکل موج در راستای افقی استفاده می شود . برای اندازه گیری زمان تناوب توسط اسیلوسکوپ باید حتماً این ولوم تا آخر در جهت حرکت عقربه های ساعت چرخانده شده و روی علامت Cal قرار گیرد . اگر این ولوم از حالت Cal خارج شود ضرایب Time/Div دیگر معتبر نبوده و نمی توان زمان تناوب را محاسبه نمود . از این ولوم زمانی استفاده می شود که صحت ضرایب Time/Div اهمیتی نداشته باشد مثل زمانی که می خواهیم اختلاف فاز دو موج هم فرکانس را محاسبه کنیم.
۱۰- کلید بزرگنمایی در راستای افقی : توسط این کلید می توان مقیاس افقی را به میزان ۵ و یا ۱۰ برابر بزرگ نمود . به این ترتیب که در حالت عادی مقیاس افقی همان است که سلکتور Time/Div نشان می دهد اما در حالت انتخاب این کلید ، شکل موج در جهت افقی ۵ و یا ۱۰ برابر باز می شود و این معادل این است که عدد نشان داده شده توسط سلکتور Time/Div به ۵ و یا ۱۰ تقسیم شده باشد . در بعضی از اسیلوسکوپ ها کلید بزرگنمایی افقی جزئی از همان ولوم تغییر مکان افقی (Horizontal Position) می باشد . به این صورت که وقتی این ولوم داخل است ، بزرگنمایی غیر فعال بوده و وقتی این ولوم بیرون کشیده می شود ، بزرگنمایی فعال می شود . مورد استفاده کلید بزرگنمایی افقی در مورد نمایش امواج با فرکانس زیاد است . این کلید با MAG به همراه ۵× و یا ۱۰× نمایش داده می شود .

۱۱- کلید بزرگنمایی در راستای افقی : این کلید نیز همانند کلید بزرگنمایی در راستای عمودی است و در مواقعی که دامنه ولتاژ خیلی کم است مورد استفاده قرار می گیرد . در این صورت میزان ولتاژ اندازه گیری شده توسط اسیلوسکوپ باید بر ضریب کلید بزرگنمایی تقسیم شود.

۱۲- ولوم تغییر مکان افقی : (Horizontal Position) این ولوم شکل موج را در جهت افقی جا به جا می کند. این ولوم ممکن است به اختصار با Hor.Pos و یا با علامت ◄ ► نشان داده می شود.

۱۳- کلید : Volt/Div این کلید نیز همانند کلید Time/Div دارای ضرایبی است که این ضرایب بر حسب ولت و میلی ولت می باشند و هر ضریب بیان کننده این است که هر خانه در راستای عمودی چند ولت می باشد . این کلید برای اندازه گیری دامنه ولتاژ به کار می رود . با تغییر این کلید ، شکل موج در راستای عمودی باز و جمع می شود . مثلاً در شکل (۴) ، ضریب کلید Volt/Div کانال ۲ برابر با ۰,۵ ولت می باشد که این امر نشان دهنده این است که به ازای انتخاب کانال ۲ ، در صفحه نمایش اسیلوسکوپ هر خانه در راستای عمودی برابر با ۰,۵ ولت می باشد .

۱۴- ولوم : Volt Variable این ولوم شکل موج را در راستای عمودی فشرده و باز می کند . اما اگر این ولوم از حالت Cal خارج شود دیگر مقادیر Volt/Div معتبر نبوده و نمی توان اندازه ولتاژ را محاسبه نمود . بنابراین این ولوم هنگام اندازه گیری ولتاژ باید روی علامت Cal یاشد .

۱۵- ولوم : Vertical Position این ولوم شکل موج را در راستای عمودی جا به جا می کند و ممکن است به اختصار با Ver.Pos و یا با استفاده از علامت های ▼ و ▲ نمایش داده شود .

۱۶- پیچ بالانس : DC به دلیل استفاده از اسیلوسکوپ در مناطق و حرارت های متفاوت می بایست سلکتورهای Volt/Divهر یک از دو کانال ، از نظر DC بالانس شوند . با تنظیم این پیچ ها باید حالتی را انتخاب نمود که در آن حالت با تغییر سلکتور Volt/Div ، خط افقی هیچ تغییر مکانی در جهت عمودی نداشته باشد . این پیچ ها معمولاً با DC–Bal مشخص می شوند .

۱۷- کلید : AC–GND–DC اگر این کلید در حالت AC باشد یک خازن در مسیر ورودی اسیلوسکوپ قرار می گیرد که سبب حذف مؤلفه DC شکل موج می گردد . یعنی در این حالت فقط سیگنال های AC روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ ، نمایش داده می شوند و سیگنال های DC حذف می شوند . اما اگر این کلید در حالت DC باشد هر چه در ورودی باشد بدون تغییر در صفحه نمایش اسیلوسکوپ ، نمایش داده می شود . یعنی در این حالت مؤلفه های AC و DC روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ ، نمایش داده می شوند و در صورتی که این کلید در حالت GNDباشد ورودی اسیلوسکوپ به صفحات انحراف عمودی که در ادامه در رابطه با آنها صحبت می کنیم منتقل نخواهد شد بلکه این صفحات به اختلاف پتانسیل صفر ولت متصل می شوند . بنابراین در این حالت روی صفحه اسیلوسکوپ یک خط افقی دیده می شود که از آن برای تعیین خط مبنای عمودی و یا ولتاژ صفر ولت استفاده می شود .

۱۸- کلید : ADD–DUAL–CH2–CH1 اگر این کلید در حالت CH1 باشد فقط سیگنال اعمال شده به کانال ۱ روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ نمایش داده می شود و اگر این کلید در حالت CH2 باشد فقط سیگنال اعمال شده به کانال ۲ روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ نمایش داده می شود . در صورتی که DUAL را انتخاب کنیم شکل موج های هر دو کانال همزمان روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ نمایش داده می شوند و در صورت انتخاب ADD حاصل جمع لحظه ای دو شکل موج روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ نمایش داده می شود.

۱۹- کلید : CHOP–ALT اگر فرکانس سیگنال های ورودی بیشتر از ۱ KHZباشد با استفاده از حالت ALT می توانیم دو شکل موج را به طور همزمان در صفحه نمایش اسیلوسکوپ مشاهده کنیم . در این حالت در یک دوره تناوب موج (Ramp در ادامه در رابطه با موج Ramp صحبت خواهیم کرد) ، سیگنال اعمال شده به کانال ۱ و در دوره تناوب بعدی این موج ، سیگنال اعمال شده به کانال ۲ روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ ، نمایش داده می شود اما به دلیل فرکانس بالای موج Ramp و سیگنال های ورودی ، سیگنال های هر دو کانال به طور همزمان بر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ قابل مشاهده هستند . اما اگر فرکانس سیگنال های ورودی کم باشد مشاهده دو شکل موج به طور همزمان در حالت انتخاب ALT امکان پذیر نخواهد بود . زیرا در این صورت وقتی اسیلوسکوپ سیگنال کانال ۱ را نمایش می دهد سیگنال کانال ۲ از دید محو می شود و وقتی اسیلوسکوپ سیگنال کانال ۲ را نمایش می دهد سیگنال کانال ۱ از دید محو می شود و بنابراین دو موج به صورت چشمک زن روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ ظاهر می شوند . برای نمایش سیگنال های با فرکانس کم از حالت CHOP استفاده می کنیم . در این حالت یک نقطه کوچک از سیگنال کانال ۱ و سپس یک نقطه کوچک از سیگنال کانال ۲ و به همین ترتیب تا آخر نمایش داده می شود . در این روش لحظه ای که سیگنال کانال ۱ نمایش داده می شود کانال ۲ قطع است و برعکس در لحظه ای که سیگنال کانال ۲ نمایش داده می شود کانال ۱ قطع است اما چون این نقاط فوق العاده کوچک هستند ما آنها را کنار هم و به صورت پیوسته مشاهده می کنیم و در نتیجه دو شکل موج به طور همزمان بر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ قابل مشاهده هستند

۲۰- کلید : CH2INV زمانی که این کلید انتخاب می شود شکل موج کانال ۲ به اندازه ۱۸۰ درجه اختلاف فاز پیدا می کند.

۲۱- کلید: X–Y اگر این کلید فعال شود ارتباط موج Ramp با صفحات افقی قطع شده و هر یک از سیگنال های ورودی به یکی از صفحات انحراف افقی یا عمودی اعمال می شود . مثلاً در اسیلوسکوپ نمایش،داده شده در شکل (۴) همانطور که مشاهده می کنید در کنار ترمینال ورودی کانال ۱ حرف X و در کنار ترمینال ورودی کانال ۲ حرف Y درج شده است . بنابراین در این اسیلوسکوپ ، در حالت انتخاب کلید X–Y ، سیگنال ورودی کانال ۱ به صفحات انحراف افقی و سیگنال ورودی کانال ۲ به صفحات انحراف عمودی اعمال می شود . این کلید برای مشاهده منحنی مشخصه ولت – آمپر عناصر نیمه هادی و نیز مشاهده اشکال لیساژور کاربرد دارد. در هر اسیلوسکوپی قسمتی مربوط به کنترل تریگر وجود دارد که در ادامه می خواهیم به بررسی آن بپردازیم اما قبل از معرفی کلیدها و ولوم های این قسمت به سؤالی که ممکن است برای بعضی ها مطرح شود پاسخ می دهیم و آن سؤال این است که منظور از تریگر چیست ؟ برای پاسخ به این سؤال باید مطالبی را در مورد ساختمان داخلی اسیلوسکوپ بدانید . در اسیلوسکوپ در ابتدا یک اشعه الکترونی تولید می شود . منظور از اشعه الکترونی تعداد زیادی الکترون می باشد که به صورت یک اشعه فوق العاده باریک درآمده و با سرعت بسیار زیاد (چند هزار کیلومتر در ثانیه) در حرکت است . زمانی که این اشعه الکترونی با سرعت زیاد با مواد فسفرسانس پشت صفحه نمایش اسیلوسکوپ برخورد می کند مواد فسفرسانس از خود نور تولید می کنند . برای اینکه این اشعه الکترونی شکل موج ها را روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ نمایش دهد لازم است در دو جهت عمودی و افقی حرکت کند و بر این اساس دو سری صفحه به نام های صفحات انحراف عمودی و صفحات انحراف افقی را در مسیر حرکت اشعه الکترونی قرار می دهند . هر سری از این صفحات ، خود شامل دو صفحه موازی می باشد .

در اثر ایجاد اختلاف پتانسیل بین دو صفحه موازی ، اشعه الکترونی به سمت صفحه دارای پتانسیل بیشتر متمایل می شود و به این ترتیب محل برخورد اشعه الکترونی با مواد فسفرسانس پشت صفحه نمایش تغییر می کند و در نتیجه محل تولید نور روی صفحه نمایش تغییر می کند . سیگنالی که ما می خواهیم روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ نمایش داده شود به صفحات انحراف عمودی اعمال می شود و متناسب با تغییرات دامنه این سیگنال ، اشعه الکترونی در راستای عمودی جا به جا می شود . اما برای اینکه شکل موج به طور صحیح روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ نمایش داده شود باید همزمان با جا به جا شدن اشعه در راستای عمودی ، اشعه در راستای افقی نیز جا به جا شود . مثلاً اگر هدف ، نمایش یک موج سینوسی بر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ باشد با رسیدن موج سینوسی به صفحات انحراف عمودی ، اشعه الکترونی متناسب با دامنه موج سینوسی در راستای عمودی جا به جا می شود و اگر هیچ موجی به صفحات انحراف افقی اعمال نشود ، روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ به جای یک موج سینوسی فقط یک خط عمودی دیده می شود . بنابراین همیشه باید همزمان با سیگنال ورودی ، یک موج به صفحات انحراف افقی اعمال شود تا شکل موج ورودی به درستی بر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ نمایش داده شود . این موج را موج Ramp می گویند که یک موج دندانه اره ای است . اگر فرکانس موج Ramp با فرکانس سیگنال ورودی یکی باشد یک سیکل کامل از موج ورودی بر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ نمایش داده می شود و اگر فرکانس موج Ramp بیش از فرکانس سیگنال ورودی باشد چند سیکل از سیگنال ورودی بر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ نمایش داده می شود . برای اینکه شکل موج ساکنی بر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ داشته باشیم لازم است تا حرکت افقی اشعه الکترونی هر بار از محل مشخصی از سیگنال ورودی شروع شود که این وظیفه

بر عهده قسمت تریگر اسیلوسکوپ می باشد . اگر عمل تریگر انجام نشود ممکن است سیگنال ورودی در صفحه نمایش اسیلوسکوپ حرکت کند . برای عمل تریگر روش های مختلفی وجود دارد و بر این اساس کلیدهایی بر روی پانل اسیلوسکوپ تعبیه شده است که به وسیله آنها می توان نوع تریگر را انتخاب نمود . این کلیدها عبارتند از:

۲۲- کلید: Auto–Normal اگر این کلید در حالت Auto باشد حتی اگر به ورودی اسیلوسکوپ سیگنالی اعمال نشود مدار داخلی اسیلوسکوپ یک موج دندانه اره ای به صفحات انحراف افقی اعمال می کند و بنابراین خطی افقی بر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ ظاهر می شود که نشان دهنده آماده به کار بودن اسیلوسکوپ است . اما در صورتی که این کلید در حالت Normal باشد عمل تریگر فقط به کمک موج ورودی انجام می شود و لذا در صورتی که ورودی نداشته باشیم هیچ گونه خطی و یا موجی بر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ ظاهر نخواهد شد . این کلید در حالت عادی باید بر روی Auto باشد

۲۳- کلید Source Trigger: این کلید ممکن است دارای حالت های زیر باشد.

الف: AC (در این حالت عمل تریگر با مؤلفه AC انجام می شود).

ب: DC (در این حالت عمل تریگر با خود موج به اضافه مؤلفه DC انجام می شود).
پ: CH1 (در این حالت عمل تریگر توسط سیگنال اعمال شده به کانال ۱ انجام می شود).
ت: CH2 (در این حالت عمل تریگر توسط سیگنال اعمال شده به کانال ۲ انجام می شود).
ث: Line (در این حالت عمل تریگر با فرکانس برق شهر انجام می شود).
ج : Ext (در این حالت باید موجی را که می خواهیم توسط آن عمل تریگر انجام شود از خارج اسیلوسکوپ و توسط ترمینال مخصوص آن به اسیلوسکوپ اعمال کنیم)

چ : TV (در این حالت یک فیلتر پایین گذر مؤلفه های فرکانس بالای موج ورودی را حذف نموده و سپس عمل تریگر انجام می شود . این کلید در حالتی استفاده می شود که یک موج مزاحم بر روی موج اصلی ، مانع عمل تریگر شود).

ح: TV–H (در این حالت عمل تریگر توسط سیگنال های افقی تلویزیون انجام می شود).
خ: TV–L (در این حالت عمل تریگر توسط سیگنال های عمودی تلویزیون انجام می شود)
۲۴- ولوم : Level این ولوم نقطه شروع موج نشان داده شده بر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ را معین می کند . همچنین اگر موج نمایش داده شده بر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ ، در جهت افقی حرکت کند و ثابت نباشد باید به کمک این ولوم شکل موج را ثابت نگهداشت .
۲۵- کلید : Slope این کلید مشخص کننده این است که اولین نیم سیکل موج نشان داده شده مثبت و یا منفی می باشد . در حالت عادی باید علامت مثبت (+) انتخاب شود . در واقع علامت مثبت (+) به معنای شیب مثبت و علامت منفی (–) به معنای شیب منفی در نقطه شروع موج می باشد .
حال که با کلیدها و ولوم های پانل اسیلوسکوپ آشنا شدید در ادامه به بررسی نحوه اندازه گیری ولتاژ، زمان تناوب ، فرکانس ، اختلاف فاز توسط اسیلوسکوپ می پردازیم .

د. اندازه گیری های فرکانسی و فازی:

تئوری: برای اندازه گیری فرکانس یک موج می توان آن را به ورودی Y اسیلوسکپ وصل کرد و فرکانس مربوطه را مستقیماً از روی درجه بندی صفحه اسیلوسکپ اندازه گرفت. در این حالت موج جاروب کننده محور X ها، مستقیماً توسط مولد داخلی اسیلوسکپ تأمین می گردد. (کلید X-DEFL در وضعیت INT است) برای اندازه گیری فرکانس همچنین می توان از منحنی های لیساژو کمک گرفت. در این صورت بایستی ارتباط داخلی اسیلوسکپ را از مولد موج جاروب کننده آن قطع کرد (کلید X-DEFL در وضعسیت Ext باشد) سپس موج با فرکانس مجهول را به ورودی y و یک موج با فرکانس معلوم را از خارج به ورودی x اسیلوسکپ مربوط ساخت. در این حالت هنگامی یک شکل ثابت روی صفحه اسیلوسکپ دیده می شود که فرکانس یکی از آنها مضرب صحیحی از فرکانس دیگر باشد. شکل زیر ترکیب دو موج با فرکانس هایی به نسبت ۱ و۲ را نشان می دهد. (فرکانس y دو برابر فرکانس x است)

اندازه گیری فاز:

اگر دو موج سینوسی که فرکانس های آنان مساوی ولی فاز آنها متفاوت باشد به اسیلوسکپ داده شود. اختلاف فاز آنها را می توان به ترتیب زیر پیدا کرد. اگر موج y نسبت به موج x به اندازه زاویه α تقدم فاز داشته باشد و اگر دامنه دو موج مزبور در روی صفحه اسیلوسکپ مساوی دیده شوند خواهیم داشت:

$$x = A\sin 2\pi ft, y = A\sin(2\pi ft + \alpha)$$

$$y = A\sin(2\pi ft)\cos\alpha + A\cos(2\pi ft)\sin\alpha$$

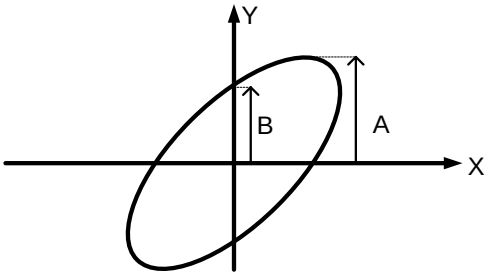
با به کار بردن شرایط مرزی در t=0 ، $\cos 2\pi ft = 1, \sin 2\pi ft = 0$:

$$y = +A\sin\alpha \Rightarrow \sin\alpha = -y/A$$
$$t = 0, y = B \Rightarrow \sin\alpha = B/A$$

در این صورت مطابق شکل یک بیضی که در یک مربع محاط است به روی صفحه اسیلوسکپ ظاهر می شود. با توجه به شکل داریم:

$$\sin\alpha = B/A$$

که A و B را به وسیله قرار دادن یک صفحه اسیلوسکپ می توان تعیین کرد. برای دقت عمل بیشتر ممک است طول های ۲A و ۲B را اندازه گرفت.



شکل ۵.

اندازه گیری ولتاژ:

اسیلوسکپ را می توان به عنوان ولتمتر با مقاومت داخلی زیاد در مواردی که ولتمتر معمولی سبب تغییر مشخصات مدار می گردد به کار برد. ولتاژی که باید اندازه گرفته شود به ورودی y اسیلوسکپ وصل نموده و بازده *(gain)* تقویت کننده را طوری تنظیم می نمائیم که موج با دامنه مناسبی روی صفحه ظاهر گردد. سپس بدون تغییر دادن *gain* تقویت کننده، ولتاژ قابل تنظیم دیگری را به ورودی y اسیلوسکپ وصل کرده و دامنه آن را طوری تنظیم می نمائیم که منطبق با دامنه ولتاژ مورد نیاز باشد. اندازه گیری این ولتاژ به وسیله یک ولتمتر منجر به تعیین اندازه ولتاژی که به اسیلوسکپ داده ایم می گردد. به طور کلی می توان با استفاده از یک منبع ولتاژ مشخصی صفحه اسیلوسکپ را مدرج کرد به طوری که تعیین شود که هر سانتی متر از محور قائم صفحه معادل با چند ولت است و در نتیجه دامنه هر ولتاژ غیر مشخص تعیین می گردد.

طرز کار با اسیلوسکپ:

قبل از وصل اسیلوسکپ به برق شهر نکات زیر را رعایت کنید.

الف: کلیدهای Intensity روی صفر بوده و Power-on در وضعیت OFF باشد.
ب: کلید Focus روی مقدار متوسط باشد.
ج: اسیلوسکپ را به برق شهر (220 ولت) وصل کرده و کلید Power-on را در وضعیت روشن قرار دهید. مواظب باشید شدت نور (Intensity) را زیاد نکنید.
د: تأمل کنید تا دستگاه حدود ۳۰ ثانیه گرم شود و سپس شدت نور را آهسته زیاد کنید تا خط روشن روی پرده مشاهده گردد.
ه: با کلیدهای تنظیم افقی و قائم خط را در مرکز صفحه قرار دهید.
توجه : پس از مشاهده خط روشن هیچ وقت شدت نور را زیادتر نکنید. شدت نور زیاد سبب خرابی صفحه و تقلیل عمر مفید می گردد. ضمناً نباید هیچ گاه برای مدت طولانی یک نقطه روشن و یا یک موج که شدت نور آن زیاد و نیز متمرکز است روی صفحه باقی بماند.

سیگنال ژنراتور

سیگنال ژنراتور یا فانکشن ژنراتور دستگاهی است برای تولید انواع امواج الکتریکی از قبیل سینوسی – مربعی – مثلثی و دندانه اره ای که فرکانس و دامنه آنها قابل تنظیم می باشد.سیگنال ژنراتورهای موجود در آزمایشگاه از نوع لیدر و اسکورت میباشد .که عکس نوع اسکورت در بالا آمده است.این دستگاه دارای تنظیمات زیر می باشد.

ولوم تنظیم فرکانس : با این ولوم می توان فرکانس موج خروجی را ۱ هرتز تا ۱۰ مگا هرتز تنظیم نمود

ولوم تنظیم دامنه: این ولوم برای تنظیم دامنه موج خروجی از میلی ولت تا ۱۸ ولت بکار می رود برای تنظیم دامنه میلی ولت باید از تضعیف ۲۰دی بی – ۴۰ دی بی یا ۶۰ دی بی استفاده نمود.

این فانکشن ژنراتور ها دارای قابلیت تنظیم عرض پالس می باشند.

در هنگام استفاده از دستگاه باید دقت نمود که دو سر پروب خروجی اتصال کوتاه نشود.

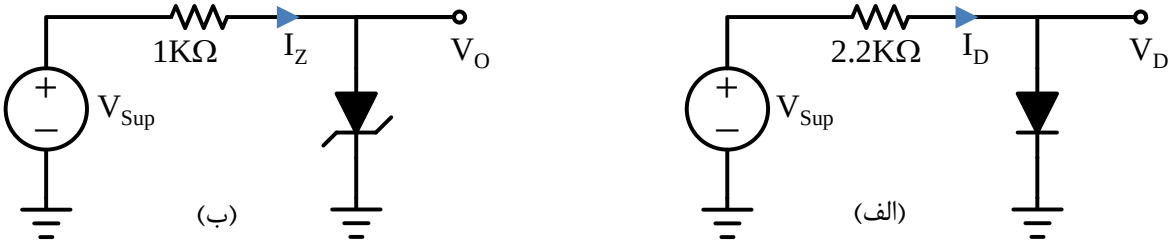
منبع تغذیه

منبع تغذیه ولتاژ DC از صفر تا ۳۰ ولت با قابلیت جریان دهی تا ۳آمپر را تولید می کند.منبع تغذیه های موجود در آزمایشگاه از نوع صا ایران مدل ۸۳۰۳می باشد که خروجی آن دارای مدار حفاظت در برابر اتصال کوتاه می باشد. در هنگام استفاده از منبع تغذیه باید دقت نمود که ولوم جریان بر روی مینیمم باشد تا در صورت معیوب بودن مدار جریان زیادی از منبع کشیده نشود.

آزمایش ۱: آشنائی با دیود و مدارات دیودی (دو جلسه)

الف) ترسیم مشخصه دیود.

برای ساختار نشان داده شده در شکل الف و ب منحنی جریان ولتاژ را بدست آورید. ولتاژ تغذیه را مطابق جدول زیر تغییر داده و جریان دیود و ولتاژ دو سر آن را محاسبه کنید. از دیود 1N4001 و دیود زنر 3.6V استفاده کنید.



شکل ۱.

به این منظور برای شکل الف جدول زیر را پر کنید.

V_{Sup}	-۵	-۱	-۰/۵	۰	۰/۱	۰/۴	۰/۶	۰/۸	۱	۲	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵
V_D															
I_D															

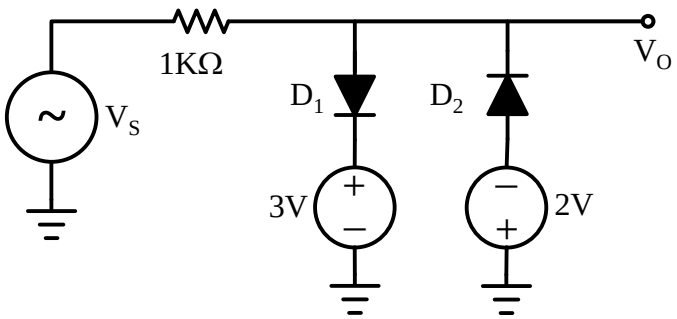
برای دیود زنر جدول زیر را تکمیل کنید

V_{Sup}	-۱۰	-۷	-۵	-۴	-۳	-۱	۰	۰/۱	۰/۳	۰/۶	۰/۸	۱	۲	۵	۱۰
V_Z															
I_Z															

مشخصه بدست آمده از دو دیود را با نرم افزار MATLAB ترسیم کنید.

ب) مدارهای Clipper و Clamper.

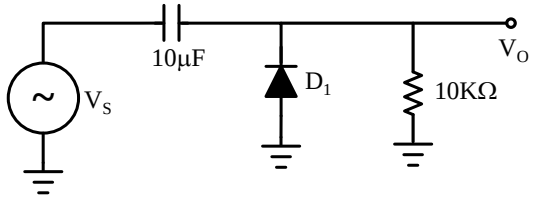
مدار برش: ساختار شکل زیر را در نظر بگیرید.



شکل ۲.

در ساختار شکل ۲ مطلوبست:

الف) محاسبه شکل موج خروجی در صورتی که V_S ولتاژ سینوسی با دامنه 5V و فرکانس 1KHz باشد.
ب) محاسبه و ترسیم مشخصه انتقال با اعمال ورودی دندانه اره ای.
ج) تغییر ولتاژ منابع و بررسی اثر آن بر شکل موج خروجی.
مدار کلمپر: ساختار شکل زیر مفروض است:

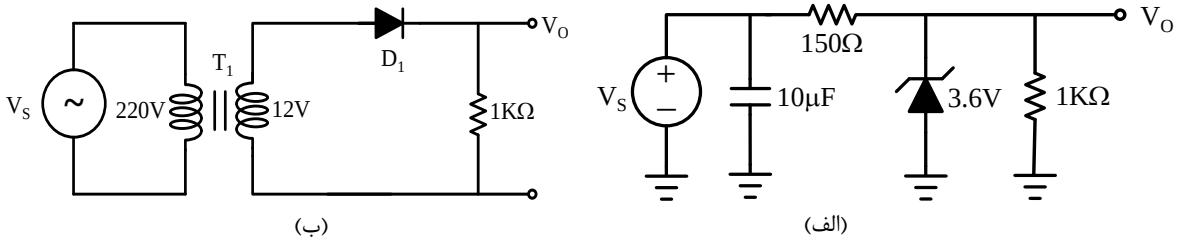


شکل ۳.

شکل موج خروجی را در صورتی که V_S ولتاژ سینوسی با دامنه 5V و فرکانس 1KHz باشد ترسیم و اثر تغییر مقدار خازن و مقاومت بررسی شود.

ج) رگولاتور زنری.

ساختار رگولاتور شکل ۴ (الف) مفروض است:



شکل ۴.

جداول زیر را تکمیل کنید. ابتدا ولتاژ ورودی را به ازای مقاومت بار ۱ کیلو تغییر دهید. در جدول های زیر V_O ولتاژ خروجی و I_Z جریان دیود زنر است.

V_{Sup}	-۵	-۱	-۰/۵	۰	۰/۱	۰/۴	۰/۶	۰/۸	۱	۲	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵
V_O															
I_Z															

سپس به ازای ولتاژ ورودی ۱۰ ولت، مقدار مقاومت بار را تغییر دهید. مقدار مقاومت بر حسب اهم می باشد.

R_L	۱۰۰	۲۲۰	۴۷۰	۶۸۰	۸۲۰	۱K	۲/۲K	۴/۷K	۸/۲K	۱۰K	۲۲K	۴۷K	۸۲K
V_O													
I_Z													

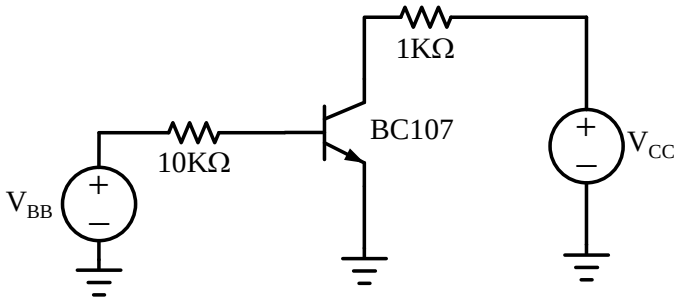
به جای V_S یکسوساز نشان داده شده در شکل۴ (ب) را قرار داده و ضریب ریپل را اندازه گیری کنید.

برای آزمایش قسمت ب و ج نتایج بدست آمده را با نتایج تیوری مقایسه کنید.

آزمایش ۲: آشنائی با انواع ترانزیستور.

الف) ترسیم مشخصه ترانزیستور BJT نوع npn.

برای ساختار نشان داده شده با تغییر مقادیر V_{BB} و V_{CC} جدول زیر را تکمیل کنید. منحنی جریان کلکتور را بر حسب ولتاژ بیس- امیتر محاسبه فرمائید.



شکل ۱.

جدول زیر را برای ساختار فوق تکمیل کنید.

I_B (μA)	۰	۱۰	۲۰	۴۰	۶۰	۸۰	۱۰۰
V_{BE}							
I_C							

سپس جدول زیر را تکمیل کنید. (مقادیر I_C را در جدول زیر وارد کنید.)

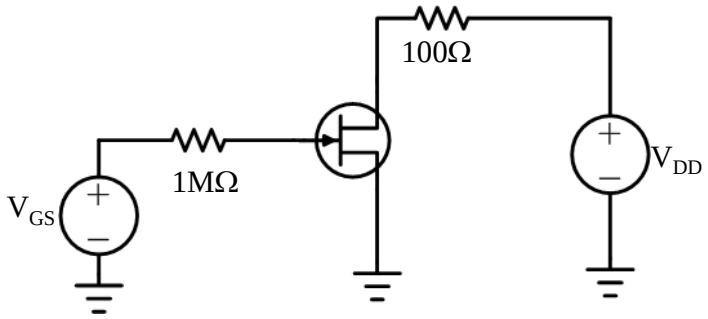
$V_{CE}(V)$ / $I_B(\mu A)$	۰	۰/۵	۱	۲	۵	۱۰
۰						
۱۰						
۲۰						
۳۰						
۴۰						
۵۰						

منحنی I_C بر حسب V_{CE} را حساب کنید.

بهره جریان (β) ترانزیستورهای فوق را محاسبه کنید.

ب) ترسیم مشخصه ترانزیستور JFET کانال n.

مدار شکل ۳ را پیاده سازی نموده و جدول زیر را برای آن تکمیل نمائید. برای JFET از 2N4091 استفاده نمائید. در این مدار V_{GS} را برابر مقدار خواسته شده قرار داده و با تغییر V_{DD} سعی کنید که به V_{DS} خواسته شده برسید. سپس مقدار I_{DS} را یادداشت کنید.



شکل ۲.

	V_{DS}= 0.5V	V_{DS}= 1V	V_{DS}= 1.5V	V_{DS}= 2V	V_{DS}= 2.5V	V_{DS}= 3V	V_{DS}= 4V	V_{DS}= 5V	V_{DS}= 8V	V_{DS}= 10V
V_{GS}=0V										
V_{GS}=-1V										
V_{GS}=-2V										
V_{GS}=-3V										
V_{GS}=-4V										
V_{GS}=-5V										

با توجه به نتایج بدست آمده V_P و I_{DSS} را برای این ترانزیستور محاسبه کنید.

ج) ترسیم مشخصه ترانزیستور MOSFET.

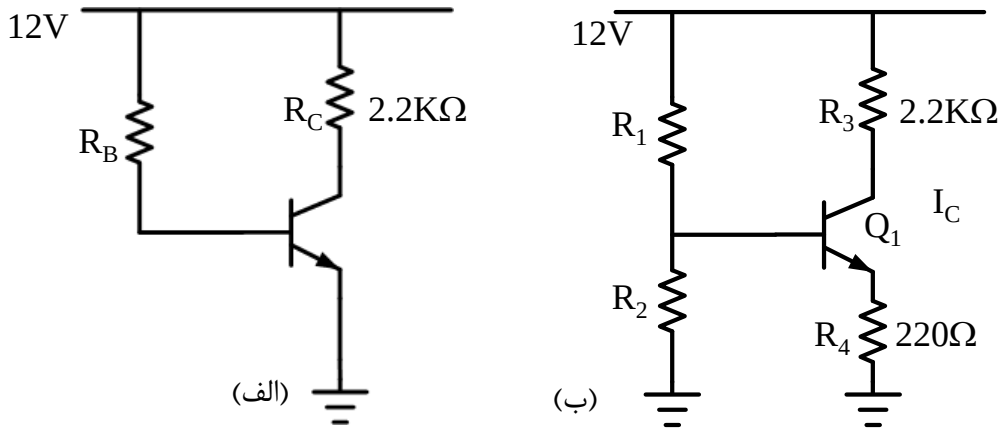
بیک ترانزیستور ماسفت نوع افزایشی nMOS به انتخاب خود اختیار کرده و با جایگذاری آن به جای ترانزیستور شکل ۲ مقادیر V_{Th} و K را برای آن محاسبه کنید.

	V_{DS}= 0.5V	V_{DS}= 1V	V_{DS}= 2V	V_{DS}= 4V	V_{DS}= 6V	V_{DS}= 8V	V_{DS}= 10V	V_{DS}= 12V
V_{GS}=0V								
V_{GS}=2V								
V_{GS}=4V								
V_{GS}=6V								
V_{GS}=8V								
V_{GS}=10V								

منحنی های جریان ولتاژ ترانزیستورهای فوق را با MATLAB ترسیم کرده و به گزارش کار پیوست کنید.

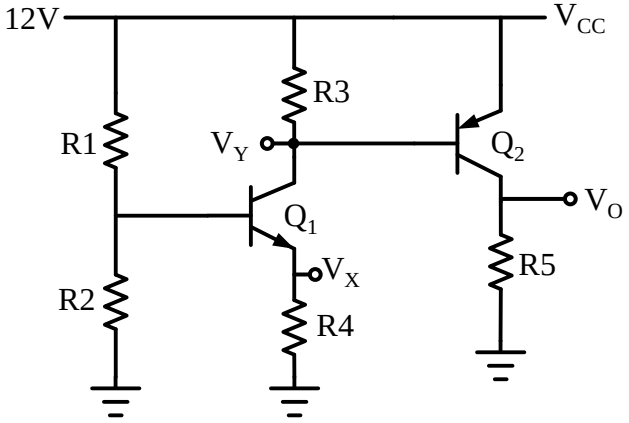
آزمایش ۳: طراحی مدارهای بایاس ترانزیستوری

الف) طراحی مدارات بایاس



شکل ۱.

الف) مدارهای شکل فوق را برای $V_{CE}=6V$ طراحی کنید. این مدارها را ببندید و I_C و V_{CE} را اندازه بگیرید. در هر قسمت با نزدیک کردن هویه به آن ترانزیستور را گرم کرده و تغییرات V_{CE} را مشاهده کنید.
ب) در شکل ۱ (ب) به جای R2 از یک پتانسیومتر $10K\Omega$ استفاده کرده و اثر تغییر R_2 را روی V_{CE} مشاهده کنید. مقداری از R_2 که به ازای آن $V_{CE}=6V$ می شود را بدست آورید.



شکل ۲.

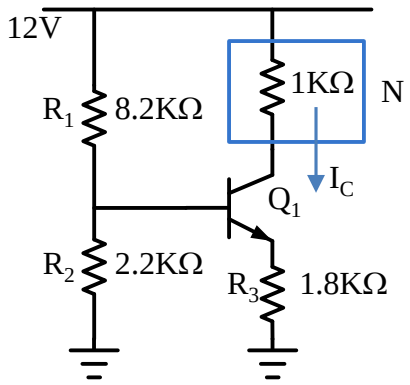
ج)مقادیر مقاومت های مدار شکل ۲ را به گونه ای طراحی کنید که V_X و V_Y و V_Z به ترتیب برابر ۲، ۹ و ۵/۴ ولت شده و جریان ترانزیستورهای Q_1 و Q_2 به ترتیب ۱ و ۳ میلی آمپر شود.

بسم الله الرحمن الرحیم

آزمایش ۴: آشنائی با منابع جریان

الف) محاسبه پارامترهای منابع جریان تک طبقه.

ساختار شکل ۱ را در نظر بگیرید.



شکل ۱.

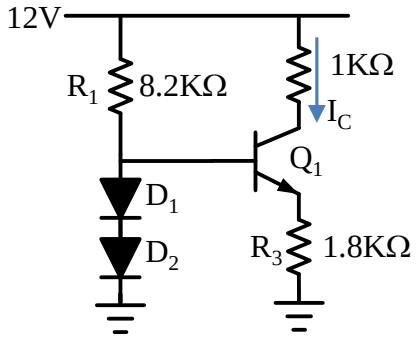
۱- در ساختار نشان داده شده، مقدار جریان مقاومت 1KΩ را محاسبه کنید.

۲- برای هرکدام از مقاومت های R_1، R_2 و R_3 پنج گروه مقاومت با تلورانس ۱۰٪ انتخاب کرده و مقدار دقیق آن ها را با اهم متر پیدا کنید. مقاومت های فوق را در مدار قرار داده برای هر کدام از حالت های فوق جریان I_C را به صورت دقیق محاسبه کنید. مقدار تلورانس جریان خروجی چقدر است.

۳- مقاومت R2 را ۱۰٪ زیاد و ۱۰٪ کم کرده و جریان خروجی را در هر حالت حساب کنید.

۴- مقاومت R4 را ۱۰٪ زیاد و کم کنید، جریان چند درصد تغییر می کند.

ساختار شکل ۱ را به صورت شکل ۲ اصلاح کنید. در این ساختار:



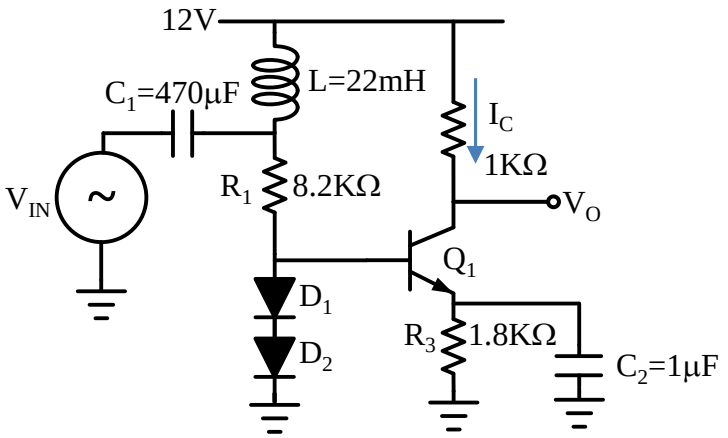
شکل ۲.

مقاومت R1 را به صورت جدول زیر تغییر داده و مقدار جریان خروجی را بررسی کنید.

R_I (KΩ)	۱	۲/۲	۳/۳	۴/۷	۶/۲	۷/۵	۸/۲	۱۰	۲۲
I_C									

منحنی جریان خروجی بر حسب مقاومت را ترسیم کنید، چه نتیجه ای می گیرید. کدام ساختار در مقابل تلورانس مقاومت ها مقاوم تر است.س

ساختار شکل قبل را برای اندازه گیری PSRR به صورت زیر تغییر دهید.



شکل ۳.

حالت وجود خازن C2.

فرکانس ورودی بر حسب Hz	۷۰۰	۱K	۳K	۷K	۱۰K	۳۰K	۷۰K	۱۰۰K	۳۰۰K
Vo (ac)									
ic = Vo (ac) /1KΩ									
PSRR = 20log(ic/Vo(ac))									

حالت عدم وجود خازن C2.

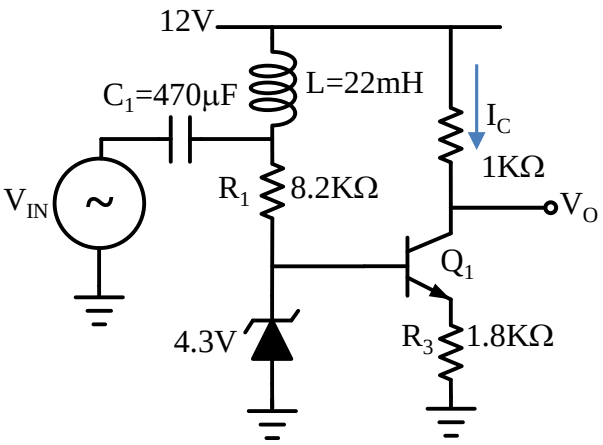
فرکانس ورودی بر حسب Hz	۷۰۰	۱K	۳K	۷K	۱۰K	۳۰K	۷۰K	۱۰۰K	۳۰۰
Vo (ac)									
ic = Vo (ac) /1KΩ									
PSRR = 20log(ic/Vo(ac))									

برای پیاده سازی سلف می توانید از فریت 1HD3EB223L استفاده کنید. در ساختار بالا با اعمال سیگنال ac ورودی با دامنه ۱ ولت در حالت وجود و عدم وجود خازن C_2 مقدار دامنه ولتاژ در خروجی و جریان سینوسی ac نشت کرده به خروجی و نسبت PSRR را محاسبه کنید. در این حالت جدول زیر را در دو حالت گفته شده تکمیل کنید.

در حالتی که به جای دیود های فوق مقاومت 2.2KΩ قرار دهیم جداول فوق را تکمیل کنید.

فرکانس ورودی بر حسب Hz	۷۰۰	۱K	۳K	۷K	۱۰K	۳۰K	۷۰K	۱۰۰K	۳۰۰
Vo (ac)									
ic = Vo (ac) /1KΩ									
PSRR = 20log(ic/Vo(ac))									

ساختار شکل زیر به جای دیود معمولی از دیود زنر استفاده می کند.



شکل ۴.

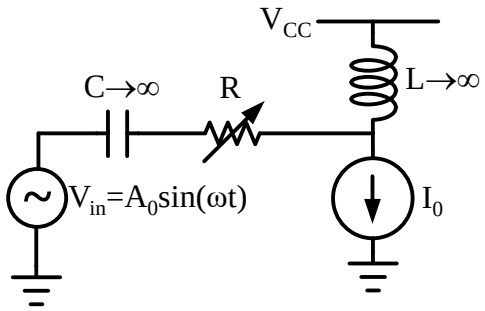
فرکانس ورودی بر حسب Hz	۷۰۰	۱K	۳K	۷K	۱۰K	۳۰K	۷۰K	۱۰۰K	۳۰۰
Vo (ac)									
ic = Vo (ac) /1KΩ									
PSRR = 20log(ic/Vo(ac))									

ب

آزمایش ۵: آشنائی با منابع جریان چند طبقه.

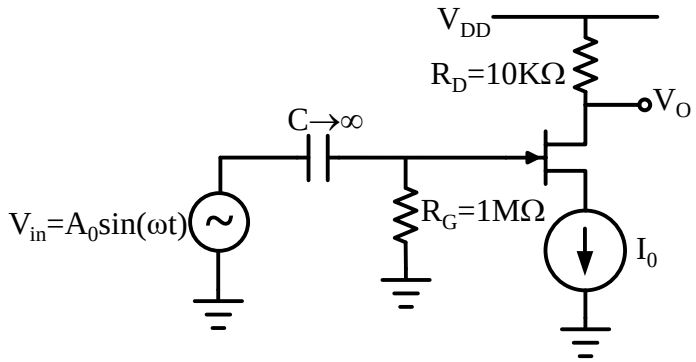
الف) تکنیک محاسبه مقاومت خروجی.

ساختار شکل ۱ را در نظر بگیرید. برای محسبه مقاومت خروجی می توان از ساختار نشان داده شده در این شکل استفاده کرد. استفاده از این ساختار مستلزم استفاده از یک سلف با ابعاد نسبتا بزرگ می باشد، به گونه ای که امپدانس این سلف در مقایسه با مقاومت خروجی منبع جریان بسیار بزرگتر باشد.



شکل ۱.

در شکل ۱ مقدار مقاومت R را آنقدر تغییر می دهیم که افت ولتاژ دو سر آن نصف دامنه ورودی ($A_0/2$) شود. در این صورت مقدار مقاومت حاصله با مقاومت خروجی منبع جریان برابر است. از آنجا که دستیابی به چنین سلفی دشوار است، ترجیح داده می شود که به جای ساختار فوق از مدار نشان داده شده در شکل ۲ استفاده شود.



شکل ۲.

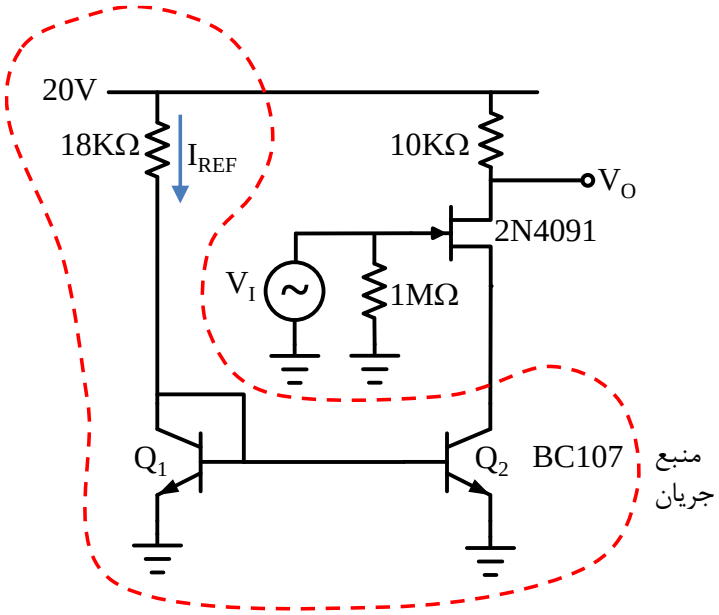
در ساختار نشان داده شده در شکل ۲، در صورتی که مقاومت خروجی منبع جریان با R_{OUT} نشان داده شود، بهره ولتاژ فرکانس میانی عبارت است از:

$$A_V = -\frac{R_D}{R_{OUT} + \frac{1}{g_m} + \frac{R_D}{g_m R_{OUT}}} \approx -\frac{R_D}{R_{OUT}}$$

با محاسبه بهره ولتاژ می توان مقاومت خروجی منبع جریان را تخمین زد. در صورتی که منبع جریان ایده‌آل باشد، بهره ولتاژ بایستی صفر شود.

ب) منبع جریان آینه ای.

۱- ساختار شکل ۳ یک نمونه منبع جریان آئینه ای را به تصویر کشیده است، که جایگزین منبع جریان ساختار شکل ۲ شده است. ولتاژ ها و جریان های DC مدار را محاسبه کرده و با حالت تئوری مقایسه کنید.



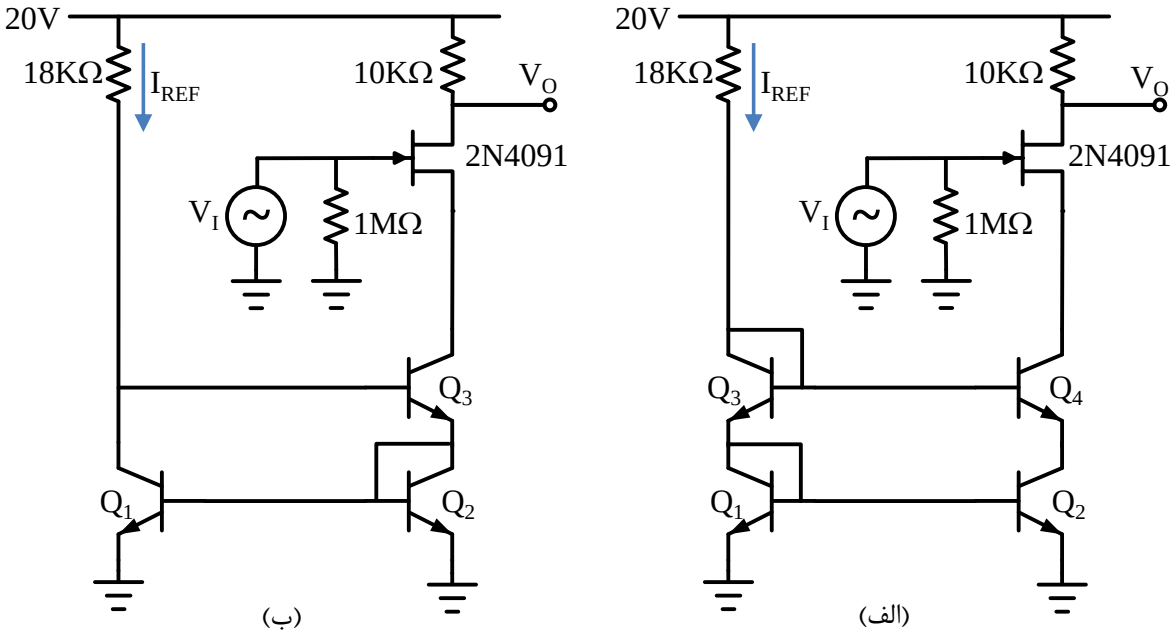
شکل ۳.

۲- آیا جریان کلکتور ترانزیستورهای Q1 و Q2 با هم برابر است؟ مقدار دقیق جریان های فوق را اندازه گیری کنید.

۳- برای ساختار نشان داده شده، با استفاده از تکنیک گفته شده، مقاومت خروجی را حساب کنید. به این منظور بهره ولتاژ باند میانی را بدست آورید.

ج) منبع جریان کسکود و ویلسون.

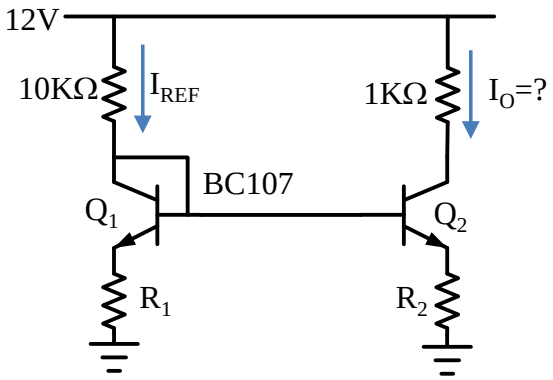
برای مدارهای نشان داده شده در شکل ۴ مراحل آزمایش قبل را تکرار کرده و مقاومت خروجی و جریان ترانزیستورسهای Q_1 و Q_2 را با حالت قبل مقایسه کنید. مقاومت خروجی در کدام منبع جریان بیشتر است.



شکل ۴.

د) منبع جریان ویدلار.

مدار شکل ۵ یک نمونه منبع جریان نوع ویدلار را نشان می دهد.



شکل ۵.

برای مدار نشان داده شده جدول های زیر را تکمیل کنید.

R_1 (Ω)	۰	۰	۰	۰	۰	۰
R_2 (Ω)	۱۰	۲۲	۴۷	۸۲	۱۰۰	۲۲۰
I_O (mA)						

R_1 (Ω)	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
R_2 (Ω)	۱۰۰	۱۲۰	۱۵۰	۱۸۰	۲۲۰	۴۷۰
I_O (mA)						

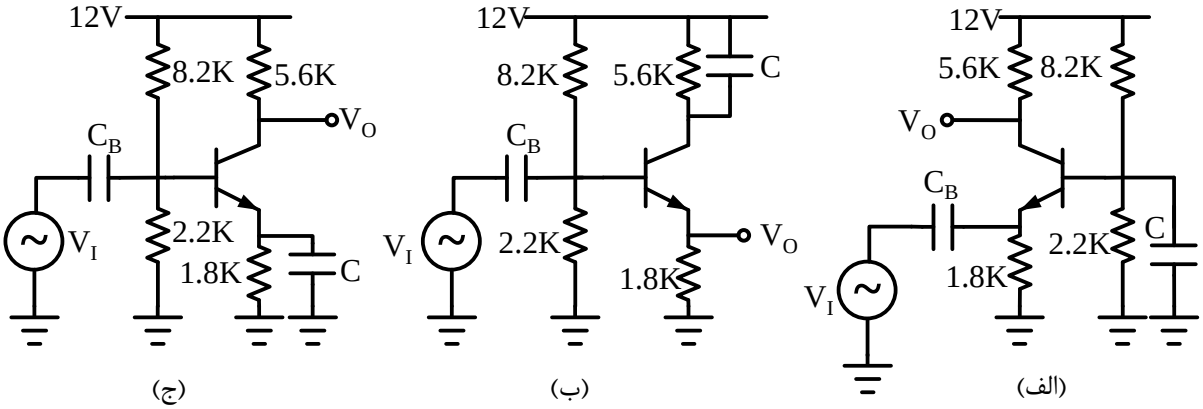
نتایج بدست آمده را با روابط تئوری مقایسه کنید.

بسم الله الرحمن الرحیم

آزمایش ۶: تقویت کننده های یک طبقه و چند طبقه.

الف) تقویت کننده های یک طبقه.

ساختار شکل زیر چند نمونه تقویت کننده را به تصویر کشیده است.



شکل ۱.

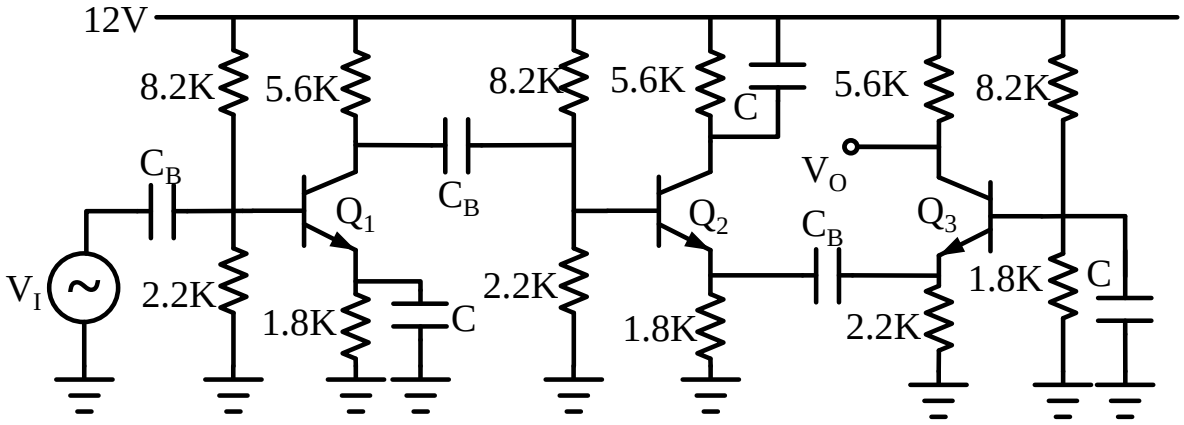
برای هر کدام از ساختارهای فوق مطلوبست اندازه گیری:

۱- پاسخ فرکانس و محاسبه فرکانس قطع پائین، فرکانس قطع بالا و پهنای باند.
۲- بهره باند میانی در حالت وجود و عدم وجود خازن C در ساختار تقویت کننده و مقایسه آن با مقادیر تئوری.
۳- محاسبه مقاومت ورودی و خروجی در حالت وجود و عدو وجود خازن در فرکانس های میانی.
۴- بهره جریان تقویت کننه های فوق را چگونه می توان محاسبه نمود.

مشخصات هر کدام از ساختارهای فوق را در یک جدول طبقه بندی نمائید.

ب) تقویت کننده های چند طبقه.

برای بررسی اثر اتصال تقویت کننده ها به یکدیگر ساختار شکل زیر را در نظر بگیرید. در این ساختار که از ترکیب سه تقویت کننده CE، CC و CB قبل ایجاد شده است، نیز بهره ولتاژ و مقاومت های ورودی و خروجی را محاسبه کنید.

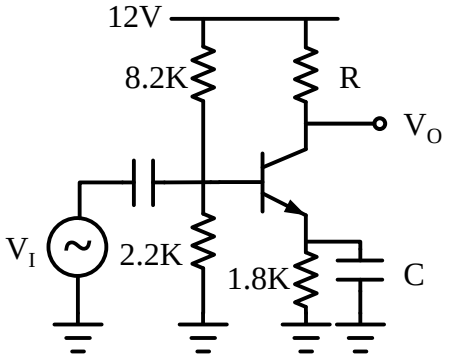


شکل ۲.

چرا بهره ولتاژ نسبت به حاصلضرب بهره ها کاهش پیدا می کند.

ج) طراحی تقویت کننده های ولتاژ.

در ساختار شکل زیر R را مطابق جدول زیر تغییر داده و بهره ولتاژ را محاسبه نمائید. ماکزیمم بهره ولتاژ قابل حصول از تقویت کننده چقدر است.



شکل ۳.

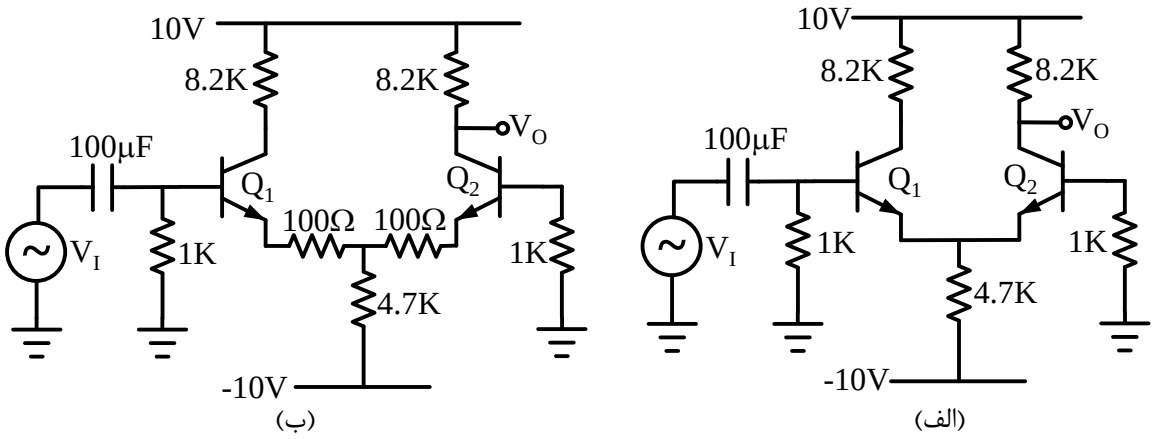
مقادیر سایر مقاومت ها را به گونه ای تغییر دهید که بیشترین بهره ولتاژ حاصل شود.

بهره ولتاژ ماکزیمم چه ارتباطی با ولتاژ تغذیه دارد.

آزمایش ۷: تقویت کننده های تفاضلی.

الف) تقویت کننده های تفاضلی با بار مقاومتی.

شکل ۱ دو نمونه تقویت کننده تفاضلی را به تصویر کشیده است.



شکل ۱.

در ساختارهای شکل فوق ولتاژ ها و جریان های DC تمام نقاط مدار را محاسبه کنید.

دیاگرام بود اندازه و فاز را برای ساختار فوق ترسیم کرده و فرکانس های قطع بالا و پائین آن را محاسبه کنید.

آیا در ساختار الف جریان ترانزیستورهای Q1 و Q2 برابر است، در ساختار ب چه طور.

در ساختار شکل ب به جای مقاومت 8.2KΩ، مقاومت دیگری را جایگزین کنید به گونه ای که بیشترین دامنه متقارن نوسان در خروجی را داشته باشید. مقدار مقاومت چقدر باشد تا بهره ولتاژ بیشینه شود.

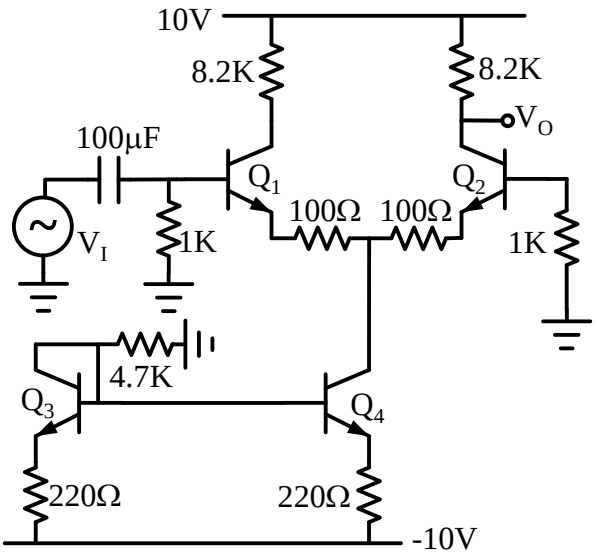
سوئینگ خروجی در ساختار فوق چقدر است.

در ساختار شکل ب مابین امیتر دو ترانزیستور یک خازن 100μF قرار دهید. بهره ولتاژ فرکانس میانی چه تغییر می کند، چرا.

بهره ولتاژ مود مشترک را در ساختار شکل فوق محاسبه و CMRR را بدست آورید. (راهنمائی بهره مود تفاضلی را تقریبا دو برابر بهره ولتاژ قبلی در نظر بگیرید.)

ب) استفاده از منابع جریان در ساختار تقویت کننده تفاضلی.

ساختار شکل زیر تقویت کننده ساختار قبل را نشان می دهد که در آن برای بایاس ترانزیستور های Q_1 و Q_2 از منبع جریان استفاده شده است. استفاده از منبع جریان می توان به افزایش CMRR منجر شود.



شکل ۲.

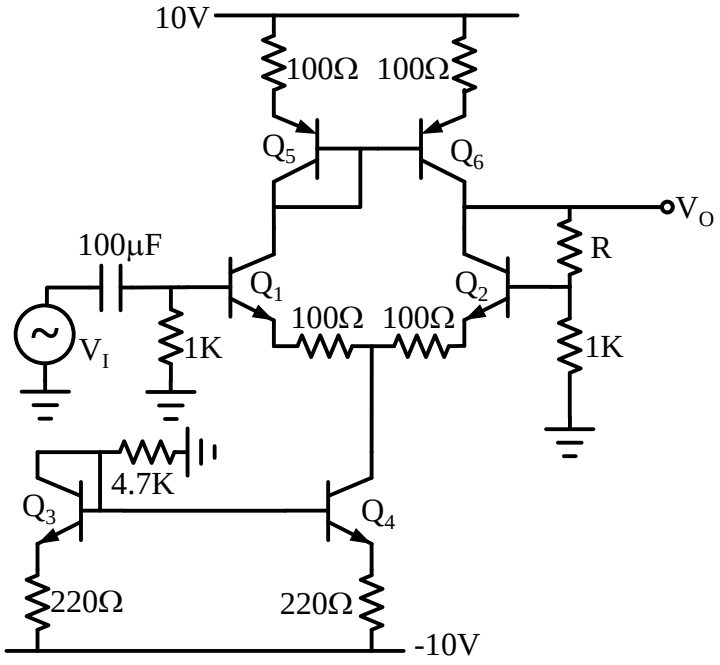
در ساختار فوق جریان ها و ولتاژ های DC را بدست آورده و با حالت قبل مقایسه کنید.

بهره ولتاژ ساختار فوق چقدر است.

بهره ولتاژ مود مشترک را بدست آورده و نشان دهید که برای CMRR نسبت به ساختار قبل بهبودی حاصل شده است.

ج) منبع جریان تفاضلی با بار فعال.

در ساختار شکل قبل برای افزایش بهره ولتاژ می توان به جای استفاده از مقاومت در کلکتور ترانزیستورها از منبع جریان استفاده کرد. به این منظور ساختار شکل زیر پیشنهاد می شود.



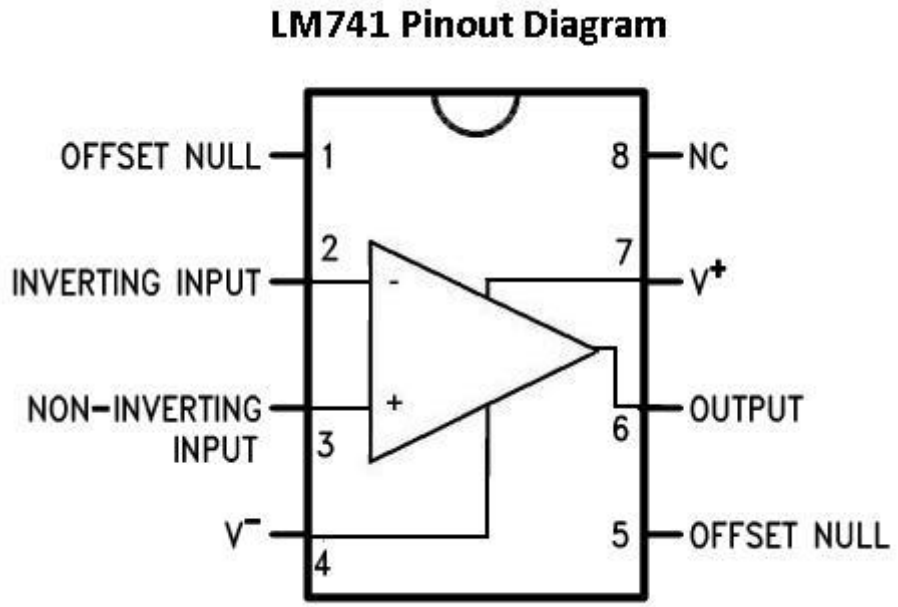
شکل ۳.

در این ساختار مقدار مقاومت R را مطابق جدول زیر تغییر داده و پهنای باند و بهره ولتاژ را محاسبه نمائید.

R (Ω)	۰	۱۰۰	۱۰۰۰	۲۲۰۰	۴۷۰۰۰	۱۰۰۰۰
BW						
V_O/V_I						

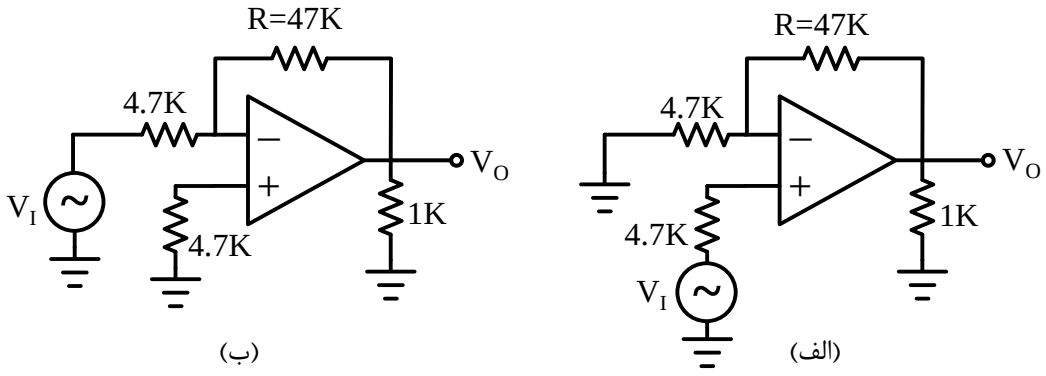
چه نتیجه ای می گیرید.

آزمایش ۸: تقویت کننده های عملیاتی.



الف) تقویت کننده های معکوس کننده و غیر معکوس کننده.

شکل ۱ دو نمونه تقویت کننده را به تصویر می کشد.



شکل ۱.

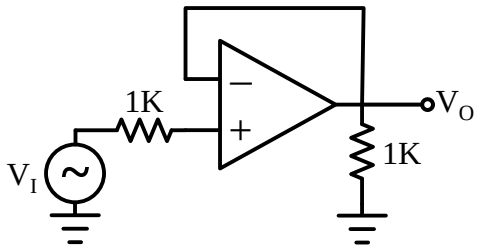
تقویت کننده های فوق را پیاده سازی کنید و منحنی اندازه بهره ولتاژ در حالت R=4.7KΩ، R=470KΩ و R=47KΩ بر حسب فرکانس بر روی یک نمودار ترسیم کنید.

فرکانس های بهره واحد و فرکانس قطع 3dB را برای هر کدام از حالت های الف و ب بدست آورید.

چه رابطه ای بین بهره ولتاژ و پهنای باند در هر حالت وجود دارد.

ب) بافر ولتاژ.

ساختار شکل زیر یک بافر ولتاژ را به تصویر کشیده است.



شکل ۲.

یک ولتاژ سینوسی به آن اعمال کرده و خروجی را مشاهده کنید.

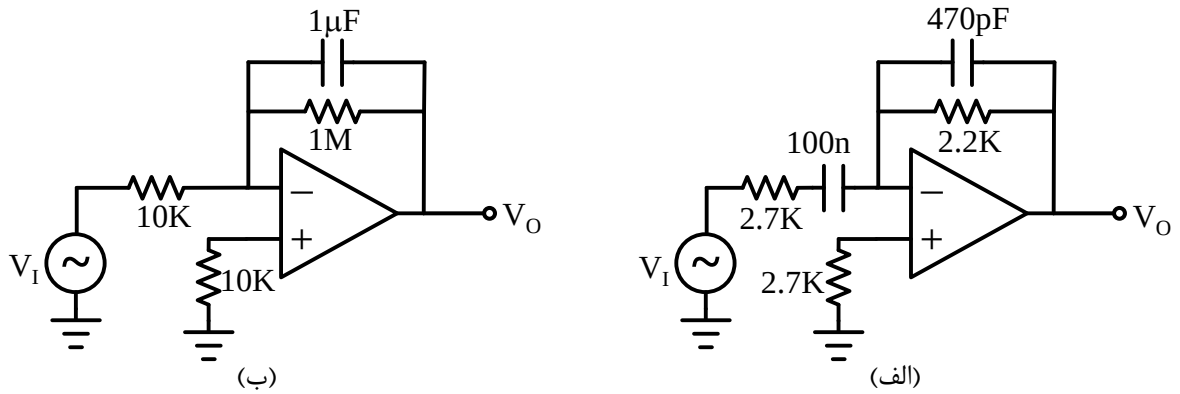
دامنه ولتاژ خروجی را با ورودی مقایسه کنید.

اختلاف فاز سیگنال خروجی و ورودی را بر حسب فرکانس پیدا کنید.

ولتاژ مربعی به مدار اعمال و از روی شیب خروجی پهنای باند مدار را تخمین بزنید.

ج) مدارات مشتق گیر و انتگرال گیر.

شکل ۳. الف و ۳ ب به ترتیب دو نمونه مدار مشتق گیر و انتگرال گیر را نشان می دهند.



شکل ۳.

برای مدار انتگرال گیر:

۱- به مدار شکل ۲ یک موج مربعی با دامنه یک ولت و فرکانس 500Hz اعمال کنید. سپس هر دو شکل موج ورودی و خروجی را در اسکوپ مشاهده و ترسیم کنید.

۲- بند ۱ را با $R=10K\Omega$ و $C=1\mu F$ تکرار کنید.

۳- بند الف را با اعمال یک موج سینوسی با فرکانس 500Hz و دامنه 1V تکرار کنید.

۴- نحوه عملکرد و نتایج مدار را شرح دهید.

برای مدار مشتق گیر جدول زیر را تکمیل کنید:

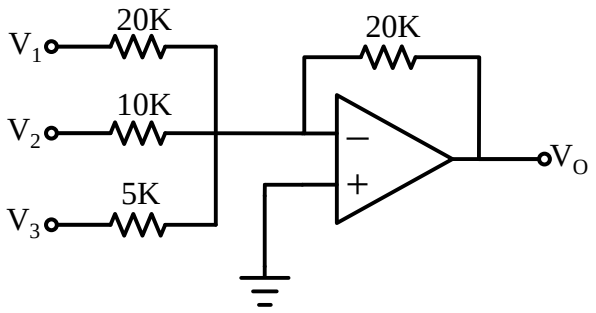
فرکانس	100Hz	600Hz	5KHz	10KHz	15KHz	100KHz
V_I						
V_O						

با اعمال سیگنال مربعی با دامنه 0.5V و فرکانس 200Hz و نیز ورودی مربعی با دامنه 1V و فرکانس 5KHz پاسخ مدار را در هر دو حالت ترسیم کنید.

سیگنال سینوسی با دامنه یک ولت و فرکانس 200Hz به سیستم اعمال و خروجی را مشاهده و ترسیم کنید.

ج) مبدل دیجیتال به آنالوگ.

شکل ۴ یک نمونه مبدل آنالوگ به دیجیتال سه بیتی را نشان می دهد.



شکل ۴.

برای کلیه حالات ممکن ورودی خروجی را بدست آورده و در جدول یادداشت کنید.

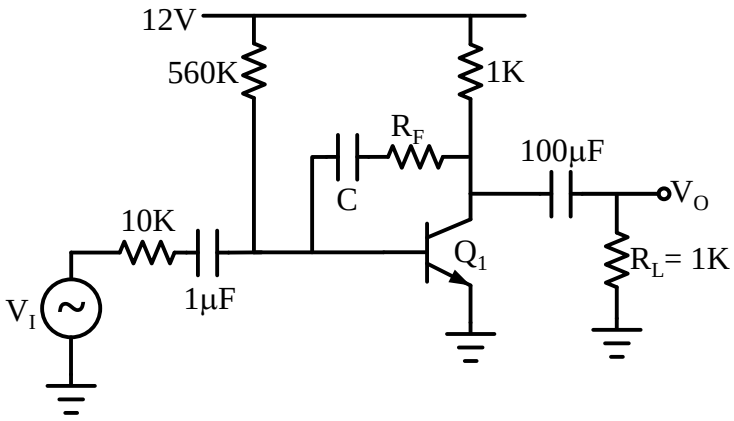
نمودار ورودی بر حسب خروجی را ترسیم کنید.

آیا نمودار فوق خطی است، میزان انحراف از خط را بدست آورید.

آزمایش ۹: فیدبک.

الف) فیدبک ولتاژ-جریان.

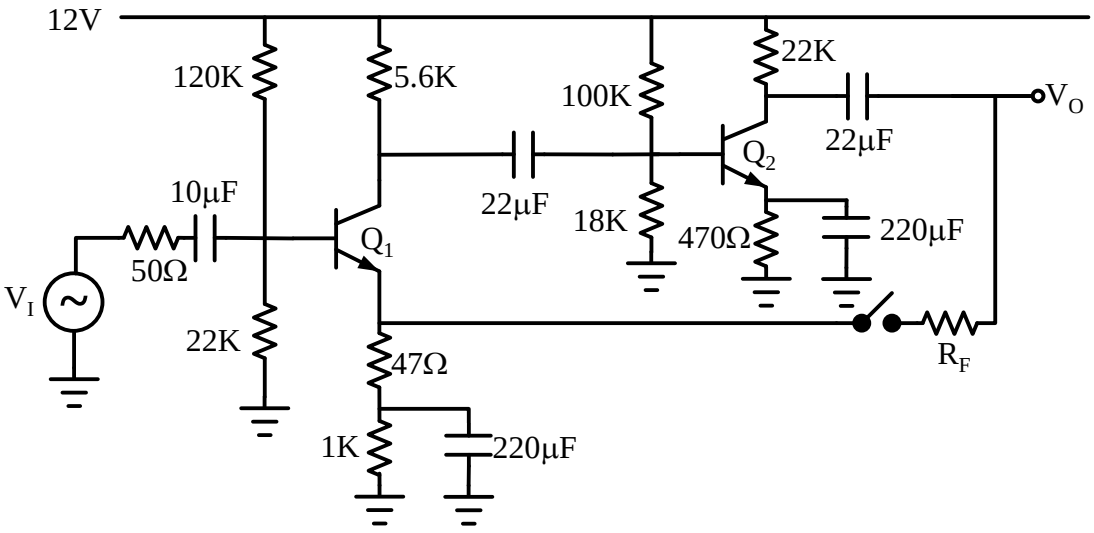
شکل ۱ ساده ترین نوع فیدبک ولتاژ جریان را به تصویر می کشد.



شکل ۱.

خازن C را برابر 10μF فرض کرده و به ازای RF= (∞, 470K, 100K, 47K) بهره ولتاژ و فرکانس های قطع بالا و پائین را محاسبه کنید.

به ازای R_F=47KΩ و $R_F = \infty$ نمودار بهره بر حسب فرکانس و مقاومت ورودی و خروجی را بر حسب فرکانس ترسیم نمائید. چه نتیجه ای می گیرید.



شکل ۲.

ب) فیدبک ولتاژ – ولتاژ.

شکل ۲ را در نظر بگیرید.

ابتدا مدار را بدون فیدبک بسته و نقاط کار ترانزیستورهای را محاسبه کنید.

بهره ولتاژ مدار را بر حسب فرکانس ترسیم نمائید. فرکانس قطع بالا و پائین چقدر است.

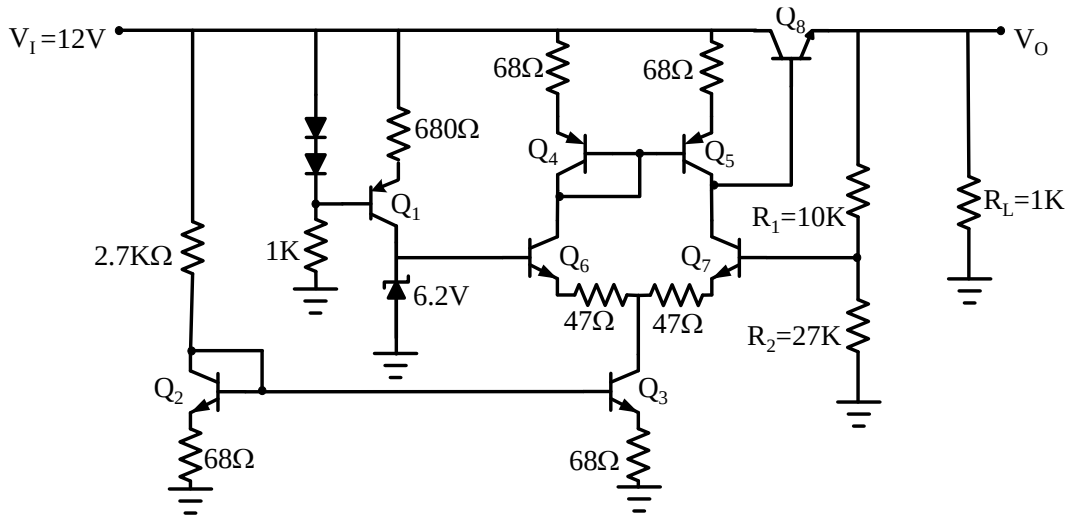
سوئینگ خروجی مدار را محاسبه کنید.

مقدار R_F را به گونه ای انتخاب کنید که بهره $A_V=200$ شود. مراحل فوق را تکرار کنید.

مقدار R_F را کم کنید. آیا امکان ناپایداری وجود دارد.

آزمایش ۱۰: رگولاتورهای ولتاژ.

ساختار شکل زیر را در نظر بگیرید. این ساختار یک نمونه تنظیم کننده را به تصویر کشیده است که در آن به جای تقویت کننده عملیاتی از تقویت کننده تفاضلی استفاده شده است. برای Q8 از BD135 استفاده کنید. مابقی ترانزیستورها BC107 می باشند.



شکل ۱.

ولتاژ های DC گره های مدار را اندازه گیری کرده و نقاط کار ترانزیستور را بدست آورید. مطمئن شوید تمامی ترانزیستورها در ناحیه فعال قرار دارد.

در ساختار شکل بالا V_I را به صورت جدول زیر تغییر داده و V_O را محاسبه کنید.

V_I (V)	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۲	۱۴	۱۶	۲۰
V_O									

نمودار V_O بر حسب V_I را ترسیم کنید.

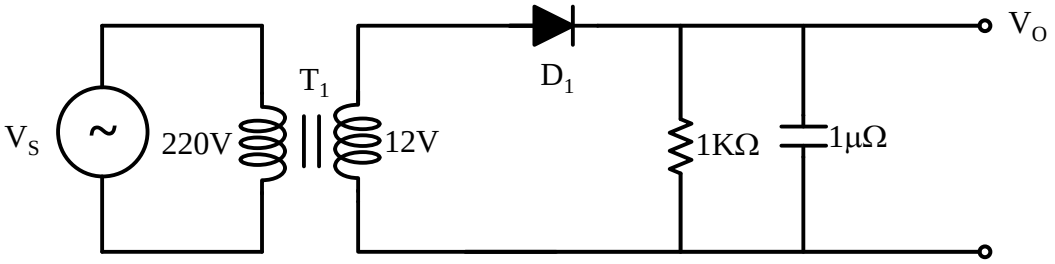
با فرض VI=12V مقاومت RL را به صورت زیر تغییر داده و VO را محاسبه کنید.

R_L (Ω)	۶۸	۱۰۰	۲۲۰	۳۳۰	۴۷۰	۵۶۰	۸۲۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰۰
V_O									

در مدار شکل ۱ مقاومت R_1 را تغییر داده و ولتاژ خروجی را محاسبه کنید.

R_1 (KΩ)	۱	۲/۲	۳/۳	۱۰	۳۳	۴۷	۵۶	۶۸	۱۰۰
V_O									

به جای ورودی ساختار ساختار شکل زیر را قرار داده و میزان نوسانات ولتاژ در خروجی را با اسکپ اندازه گیری کنید.



شکل ۲.