

وزارت علوم تحقیقات و فناوری



دانشگاه صنعتی سجاد

غیر دولتی - غیر انتفاعی

دستور کار آزمایشگاه الکترونیک ۲

تهیه و تنظیم

دکتر عباس گلیمانی

فهرست مطالب صفحه

آزمایش اول و دوم : بررسی نقطه کار ترانزیستور و پایداری آنها.....	۴
آزمایش سوم : طراحی تقویت کننده ولتاژ شامل دو طبقه ترانزیستوری	۸
آزمایش چهارم : بررسی تقویت کننده تفاضلی	۱۰
آزمایش پنجم : بررسی فیدبک در تقویت کننده	۱۳
آزمایش ششم : تقویت کننده های عملیاتی op-amp	۱۵
آزمایش هفتم : بررسی تقویت کننده های قدرت کلاس A	۱۹
آزمایش هشتم : بررسی تقویت کننده های قدرت کلاس B با استفاده از ap-amp	۲۲
آزمایش نهم : بررسی تقویت کننده های قدرت صوتی	۲۵
آزمایش دهم : بررسی منابع تغذیه تنظیم شده	۲۷
ضمیمه اول : آشنایی با المانهای الکترونیکی	۳۱
ضمیمه دوم : مدل مداری پروب اسیلوسکوپ و تاثیر بار گذاری اسیلوسکوپ بر مدار	۳۵

((به نام خدا))

دستور کار حاضر منتخبی از دستور کارهای آزمایشگاه الکترونیک ۲ دانشگاه صنعتی شریف و دانشگاه فردوسی مشهد می باشد، که با توجه به مباحث الکترونیک ۲ در مرکز تحقیقات سجاد تهیه و تنظیم شده است و در بعضی موارد اصلاحات اساسی بر روی روند اجرای آزمایش انجام شده است و اشکالات موجود در گزارشهای مرجع برطرف شده است. هر آزمایش شامل قسمتهای هدف آزمایش ، تئوری و محاسبات آزمایش، مراحل انجام آزمایش و پرسشها می باشد. دانشجو بایستی قبل از انجام آزمایش تئوری و محاسبات آزمایش را مطالعه کرده و محاسبات لازم برای آزمایش را انجام و بصورت پیش گزارش آنرا کتبا به مسئول آزمایشگاه تحویل دهد. در پایان هر آزمایش نیز هر گروه بایستی یک گزارش به عنوان گزارش آزمایش ارائه دهد که شامل نتایج آزمایش و همچنین پاسخ پرسشهای مطرح شده در انتهای هر آزمایشی می باشد. در خاتمه لازم است که از جناب آقای دکتر مافی نژاد که پیش نویس این جزوه را مطالعه نموده و ما را از راهنماییهای مفیدشان بهره مند ساختند تشکر نمایم. همچنین از آقایان اشرف و تنباکویی و خانم ناجی که زحمت اصلی تهیه این گزارش بر دوش آنان بود، کمال تشکر را دارم.

عباس گلمکانی

آزمایش اول و دوم

موضوع آزمایش :

بررسی نقطه کار ترانزیستورها و پایداری آن

هدف آزمایش :

مدار بایاس مناسب مداری است که نقطه کار آن با تغییر پارامترهای مختلف زیاد تغییر نکند. در این آزمایش پایداری نقطه کار ترانزیستور BJT نسبت به پارامترهای مختلف از جمله تغییر β ترانزیستور، تغییر ولتاژ تغذیه و تغییر مقاومت‌های بایاس در چند مدار با بایاس‌های گوناگون مورد بررسی قرار می‌گیرند.

تئوری و محاسبات آزمایش :

مقاومت‌های مدارهای شکل (۱-۱) را برای نقطه کار تقریب $V_{ce1} = 6V, V_{ce2} = 4V, I_C = 1mA$ و با فرض آنکه ترانزیستورهای به کار رفته دارای مشخصات $\beta = 200$ و $|V_{be(on)}| = 0.7V$ باشند، محاسبه نمایید. سپس با توجه به مقاومت‌های استاندارد نزدیکترین مقاومت استاندارد را انتخاب کنید و نقطه کار ترانزیستور ها را به ازای مقاومت های استاندارد محاسبه نمایید و همچنین $\frac{\Delta I_{C1}}{I_{C1}}$ را نسبت به $\frac{\Delta \beta_1}{\beta_1}$ برای مدارهای (الف)، (ب)، (ج) و (د) شکل (۱) بدست آورید و سپس جدول (۱-۱) را کامل نمایید.

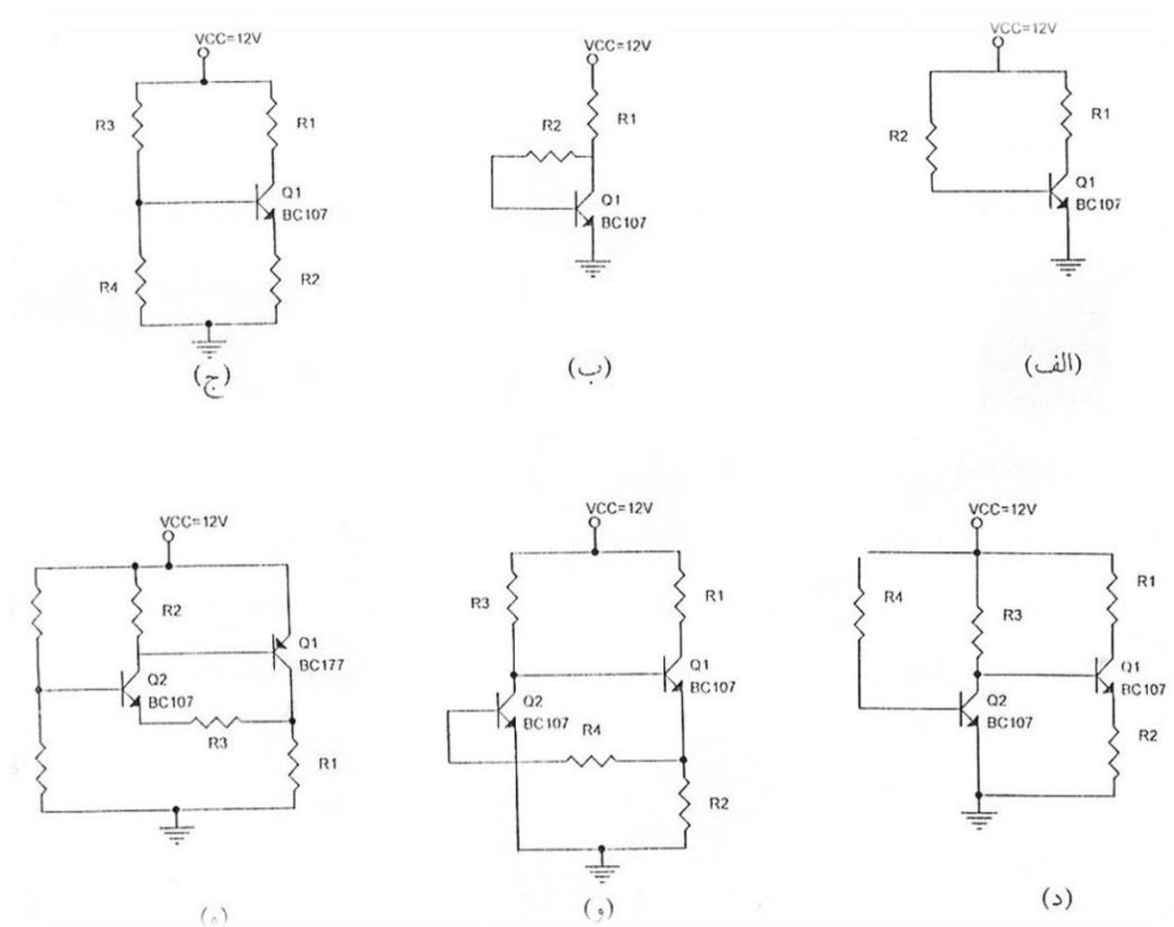
شکل	مدار (الف)	مدار (ب)	مدار (ج)	مدار (د)	مدار (ه)	مدار (و)
$V_{CEI}^{(V)}$						
$I_{CI}^{(mA)}$						
$\frac{\Delta I_{CI}}{I_{CI}}$					∅∅∅	∅∅∅

جدول (۱-۱) : نتایج محاسبات مدارات شکل (۱-۱)

مراحل انجام آزمایش :

این آزمایش باید در دو جلسه انجام شود. مدارات (الف) و (ب) و (ج) در جلسه اول و مدارات (د) و (ه) در جلسه دوم بررسی شود.

۱- ابتدا β ترانزیستور Q_1 را اندازه گیری کنید و سپس مدارهای شکل (۱-۱) را بر روی برد مورد بسته و نقطه کار ترانزیستورهای آنها را اندازه گیری نمایید و در جدول (۱-۲) یادداشت کنید.



شکل (۱-۱) : مدارهای بایاس مختلف برای ترانزیستور BJT

۲- برای بررسی اثر تغییرات β روی نقطه کار، ترانزیستور مشابه دیگری انتخاب کنید و ابتدا β آنرا اندازه گیری کرده و آنرا جایگزین Q_1 در مدارهای شکل (۱-۱) نمایید و سپس نقاط کار را اندازه گیری نموده و در جدول (۱-۲) یادداشت کنید.

۳- ولتاژ منبع تغذیه را به اندازه $\pm 25\%$ درصد ($\frac{\Delta V_{CC}}{V_{CC}} = \pm 25\%$) تغییر بدهید و تغییرات نسبی نقطه کار ترانزیستور Q_1 در

مدارهای شکل (۱-۱) را اندازه گیری کنید و در جدول (۱-۲) یادداشت کنید.

۴- مقاومت R_2 را در مدارهای شکل (۱-۱) به اندازه تقریبی $\pm 20\%$ تغییر دهید. (ابتدا 20% به مقدار مقاومت R_2 اضافه

نمایید و سپس نزدیکترین مقاومت استاندارد را انتخاب کنید) و اثر آن را بر روی نقطه کار ترانزیستورهای مدار بررسی

نمایید و نتایج را در جدول (۱-۲) یادداشت کنید.

قسمت		مدار (الف)	مدار (ب)	مدار (ج)	مدار (د)	مدار (ه)	مدار (و)
(۱)	V_{CE1}						
	I_{C1}						
(۲)	V_{CE2}						
	I_{C2}						
آزمایش		$\frac{\Delta I_{C1}}{I_{C1}}$					
(۳)	$\frac{\Delta V_{CE1}}{I_{C1}}$						
	$\frac{\Delta I_{C1}}{I_{C1}}$						
(۴)	$\frac{\Delta V_{CE1}}{I_{C1}}$						
	$\frac{\Delta I_{C1}}{I_{C1}}$						

جدول (۱-۲): نتایج آزمایش

پرسشها:

- ۱- آیا نقاط کار اندازه گیری شده با مقادیر محاسبه شده در قسمت (۱) مطابقت دارد؟ توضیح دهید.
- ۲- با کمک نتایج بدست آمده در آزمایش (۲) نسبت $\frac{\Delta I_{C1}}{I_{C1}}$ را از طریق روابط به دست آمده در محاسبات حساب نمایید و نتایج حاصله را مقایسه کنید.
- ۳- به نظر شما کدامیک از مدارها نسبت به تغییرات ولتاژ منبع تغذیه دارای پایداری بیشتری در نقطه کار ترانزیستور های مدار خود می باشند؟
- ۴- با بررسی روابط پایداری، دو مدار fixed-bias (شکل ۱-۱-الف) و مدار self-bias (شکل ۱-۱-ح) را با یکدیگر مقایسه نمایید و علت را به طور ساده تشریح کنید.

آزمایش سوم

موضوع آزمایش :

طراحی تقویت کننده ولتاژ شامل دو طبقه ترانزیستوری

هدف آزمایش :

در این آزمایش ابتدا یک تقویت کننده ی دو طبقه امپتر مشترک طراحی شده و گین و محدوده ی فرکانس کاری آن بررسی می شود.

تئوری و محاسبات آزمایش :

با توجه به شکل (۱-۳) یک تقویت کننده ولتاژ طراحی کنید که مشخصات زیر را دارا باشد :

الف) گین ولتاژ : $A_V \geq 200$

ب) مقاومت ورودی : $R_{in} > 10K\Omega$

پ) مقاومت خارجی : $R_{out} < 1K\Omega$

ت) فرکانس افت -۳db پایین مدار : $f_{-3db} < 30Hz$

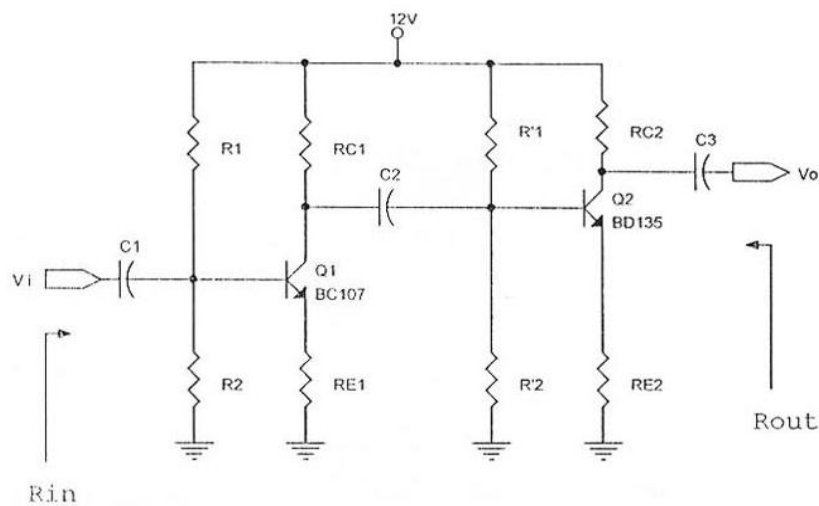
ث) نقطه کار وسط خط بار DC باشد

از ترانزیستورهای $Q_1=BC107$ و $Q_2=BD135$ استفاده کنید و فرض کنید β ترانزیستور $BC107$ برابر ۲۰۰ و برای ترانزیستور $BD135$ برابر ۳۰ است.

مراحل انجام آزمایش :

- ۱- پس از طراحی مدار بسته ، نقاط کار را اندازه گیری کنید. در صورتی که نقاط کار اندازه گیری شده با مقادیر مطلوب تفاوت داشت تغییرات لازم را در مقادیر مقاومت‌های مدار ایجاد کنید.

- ۲- فرکانس قطع پایین و فرکانس قطع بالای تقویت کننده را بوسیله آزمایش بدست آورید



شکل (۱-۳) : تقویت کننده ولتاژ دو طبقه

- ۳- مقاومت‌های امیتر را با استفاده از خازنهای 100 F بای پس کرده و مراحل (۱) و (۲) را تکرار نمایید .
- ۴- ترانزیستور $BC107$ دیگری را به جای ترانزیستور Q_1 در مدار قرار داده و مراحل (۱) و (۲) را تکرار نمایید.

پرسشها :

- ۱- در مرحله سوم چه تغییری در گین، فرکانس قطع بالا و فرکانس قطع پایین ایجاد می شود؟ علت این تغییرات چیست؟
- ۲- با تعویض ترانزیستور چه تغییری در پارامترهای تقویت کننده ایجاد شده است؟
- ۳- المانهای تعیین کننده فرکانس قطع پایین و بالای یک تقویت کننده را نام ببرید.

آزمایش چهارم

موضوع آزمایش:

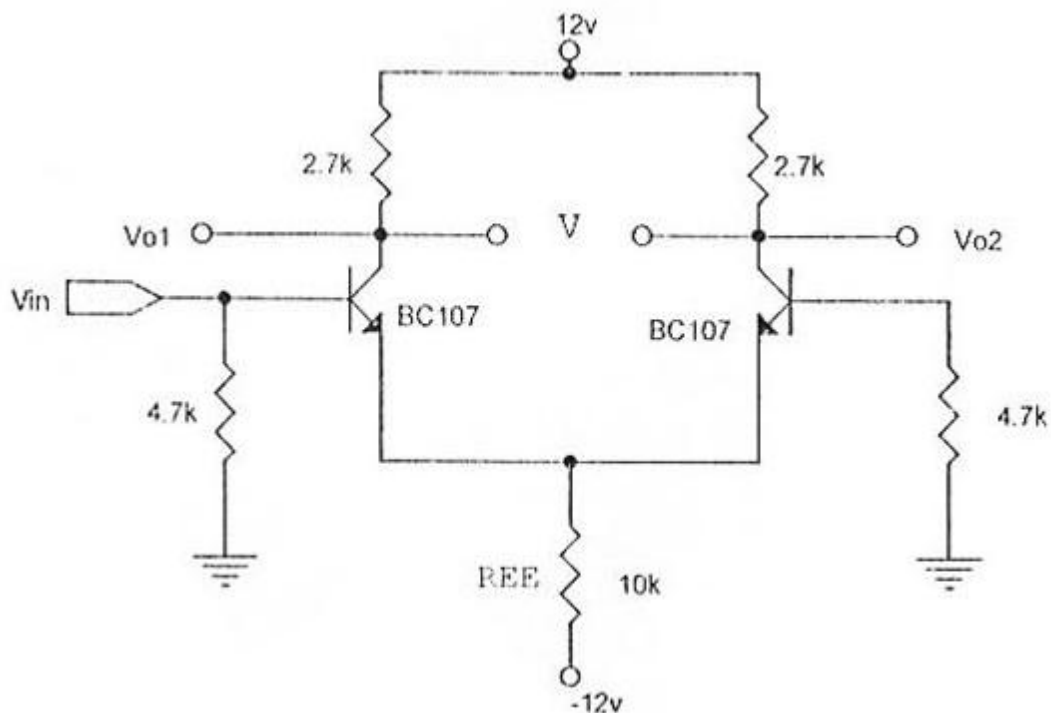
بررسی تقویت کننده تفاضلی

هدف آزمایش :

در این آزمایش تقویت کننده تفاضلی یکبار با مقاومت در آمیتر و بار دیگر با منبع جریان بررسی می شود و پارامترهای تقویت کننده در دو حالت مقایسه می گردد.

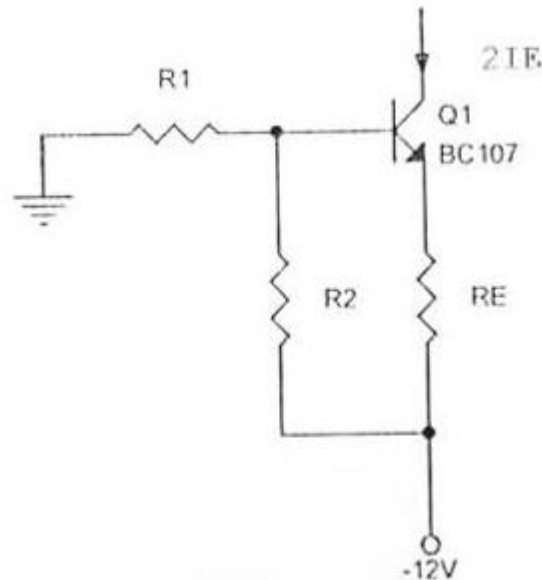
تئوری و محاسبات آزمایش :

مدار شکل (۴-۱) را بررسی کرده و نقاط کار، گین ولتاژ تفاضلی (A_d) و گین ولتاژ مشترک (A_C) و $CMRR$ را محاسبه نمایید.



(۴-۱) : تقویت کننده تفاضلی

منبع جریان شکل (۴-۲) را طوری طراحی کنید که بتوان آن را جایگزین مقاومت R_{EE} نمود. بطوریکه نقاط کار تغییری نکند. در این حالت مقدار A_C و $CMRR$ را محاسبه کنید.



شکل (۴-۲) : منبع جریان

مراحل انجام آزمایش :

- ۱- مدار شکل (۴-۱) را بسته، نقاط کار آنرا بیابید. اگر در حالت $V_{in} = 0$ بین V_{i1} و V_{i2} اختلاف ولتاژ وجود داشت با قرار دادن یک پتانسیومتر ($1k\Omega$) بین امیترها و اتصال سر وسط آن به R_{EE} ، این ولتاژ Offset را جبران کنید.
- ۲- سیگنال ورودی را اعمال کرده، مقدار ماکزیمم آنرا به ازای خروجی بدون اعوجاج تعیین کنید. مقادیر V_{i1} و V_{i2} را به همراه V_{in} روی اسیلوسکپ مشاهده کرده و آنرا با هم مقایسه کنید.
- ۳- دو ورودی یکسان به دو بیس ترانزیستورها اعمال کنید و خروجیها را روی اسیلوسکپ مشاهده کرده و A_C را بدست آورید. چون برای اندازه گیری A_d دو منبع سیگنال لازم است لذا با استفاده از فرمول زیر و مقدار A_C که بدست آورده اید، A_d و سپس $CMRR$ را بدست آورید.

$$V_{i1} = \frac{A_d}{2} (V_{i1} - V_{i2}) + \frac{A_c}{2} (V_{i1} - V_{i2})$$

۴- منبع جریان شکل (۲-۴) را با مقادیری که محاسبه کرده اید جایگزین R_{EE} نمایید. توجه کنید که نقاط کار DC مدار تغییراتی نکند. و سپس مرحله (۳) را تکرار کنید.

پرسشها :

- ۱- یک تقویت کننده دیفرانسیل باید چه مشخصاتی داشته باشد؟
- ۲- دلیل استفاده از منبع جریان به جای مقاومت R_{EE} چیست ؟
- ۳- نتایج آزمایش را در مراحل (۳) و (۴) با یکدیگر مقایسه کنید و دلیل اختلاف بین پارامترها تقویت کننده را توضیح دهید.
- ۴- مقادیر محاسبه و آزمایش را در مراحل (۳) و (۴) با هم مقایسه کنید. اختلاف ناشی از چیست؟

آزمایش پنجم

موضوع آزمایش :

بررسی فیدبک در تقویت کننده ها

هدف آزمایش :

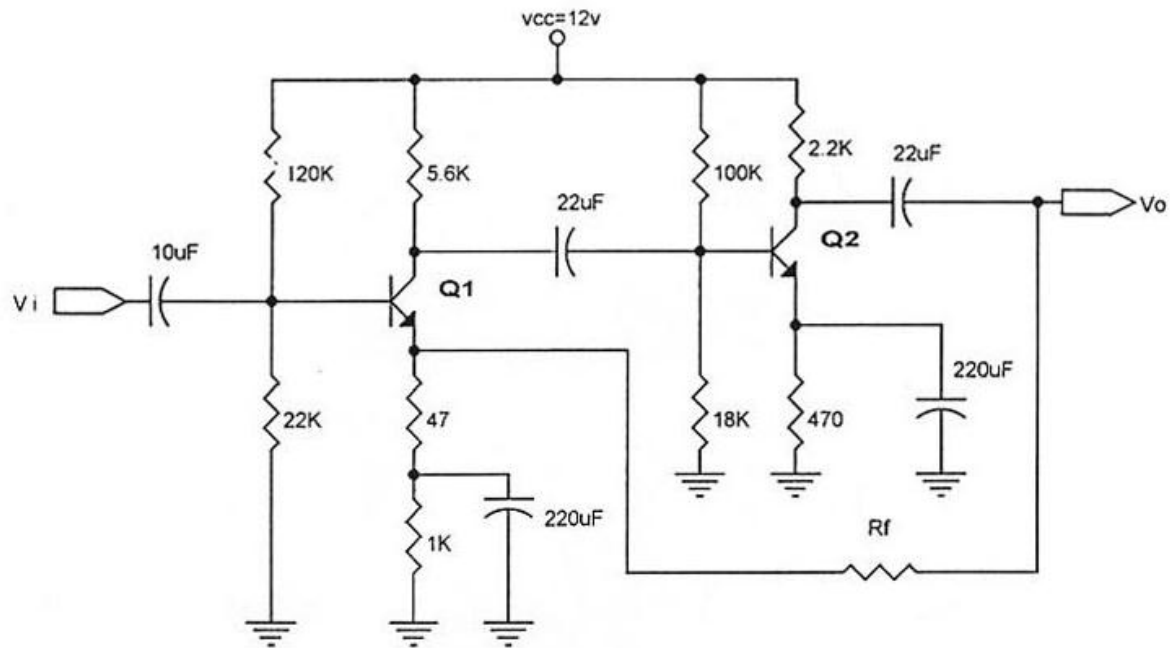
در این آزمایش فیدبک ولتاژ-ولتاژ و اثر آن روی مقاومت ورودی و مقاومت خروجی و گین تقویت کننده و همچنین اثر آن بر روی سوئینگ خروجی بررسی می شود.

تئوری و محاسبات آزمایش :

در تقویت کننده شکل (۵-۱)، ابتدا نقطه کار ترانزیستورها، گین ولتاژ، مقاومت ورودی، مقاومت خروجی تقویت کننده بدون فیدبک را محاسبه نمایید . (فرض کنید برای هر دو ترانزیستور $h_{fe} = \beta = 200$ می باشد). سپس مقدار مقاومت R_f را طوری تعیین کنید که گین ولتاژ مدار با فیدبک برابر $A_{vf} = 200$ گردد. پس از تعیین R_f ، ابتدا با در نظر گرفتن اثر فیدبک در ورودی و خروجی تقویت کننده، گین ولتاژ، مقاومت ورودی و خروجی تقویت کننده را حساب کنید و سپس محاسبات را در صورتی که فیدبک برقرار گردد انجام دهید.

مراحل انجام آزمایش :

- ۱- مدار را بدون برقراری فیدبک و تنها با قرار دادن در ورودی و خروجی (تشکیل تقویت کننده A_v') مونتاژ کنید. پس از کنترل نقطه کار ترانزیستورها، گین ولتاژ، مقاومت ورودی و خروجی و فرکانس قطع بالا و پایین تقویت کننده ی A_v' را اندازه گیری کنید.



شکل (۱-۵): تقویت کننده با فیدبک ولتاژ - ولتاژ

۲- V_{CC} را از ۱۲ ولت کاهش دهید و تغییرات نسبی A_v را بدست آورید.

۳- دامنه سیگنال ورودی را افزایش دهید تا در شکل موج خروجی ایجاد اعوجاج گردد. در این حالت محدوده تغییرات ورودی را بدست آورید.

۴- اکنون فیدبک را برقرار نمایید و مراحل بالا را تکرار کنید.

۵- با کاهش مقدار R_F ، مقدار فیدبک را افزایش دهید و ملاحظه کنید که ممکن است مدار ناپایدار شود (بروز نوسانهای فرکانس بالا) ایجاد نوسانها را توجیه کنید.

پرسشها :

۱- علت تغییر گین مدار با تغییر ولتاژ تغذیه چیست؟

۲- نتایج آزمایش (۱) و (۴) را با مقادیری که محاسبه کرده اید مقایسه کنید. علت تغییر نتایج چیست؟

۳- اثر فیدبک را در پارامترهای مختلف تقویت کننده بررسی کنید.

۴- ماکزیمم سیگنال سینوسی بدون اعوجاج خروجی را در حالت بدون فیدبک و با فیدبک مقایسه کنید. علت کاهش اعوجاج بوسیله فیدبک چیست ؟

آزمایش ششم

موضوع آزمایش:

تقویت کننده های عملیاتی OP-AMP

هدف آزمایش:

در این آزمایش مدارهای ساده ای همچون تقویت کننده، انتگرال گیر، مشتق گیر و غیره که با بهره گیری از تقویت کننده های عملیاتی ساخته می شوند را مورد بررسی قرار داده و با برخی از مشخصه های OP-AMP آشنا خواهید شد.

تئوری و محاسبات آزمایش :

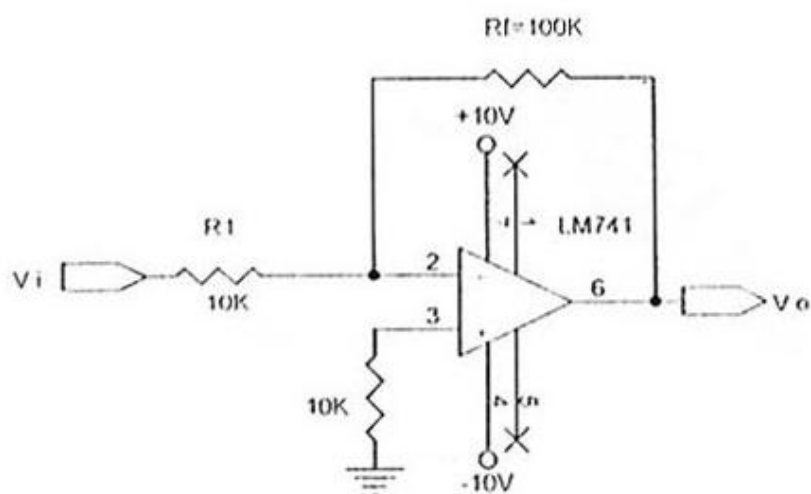
با توجه به اینکه رابطه بین ولتاژ و جریان در دیودهای معمولی رابطه ای لگاریتمی است؛ با استفاده از دیود و OP-AMP و سایر المانها مداری طرح کنید که خروجی آن به ازاء محدوده ی معینی از ورودی تقریباً متناسب با لگاریتم سیگنال ورودی باشد.

مراحل انجام آزمایش :

Inverting Amplifier – ۱

در مدار شکل (۶-۱) خروجی مولد سیگنال با فرکانس ۱ KHZ را با دامنه ۱ VP-P به ورودی تقویت کننده بدهید.

الف- ضریب تقویت مدار را اندازه گرفته و با $A_V = \frac{R_E}{R_1}$ مقایسه نمایید.



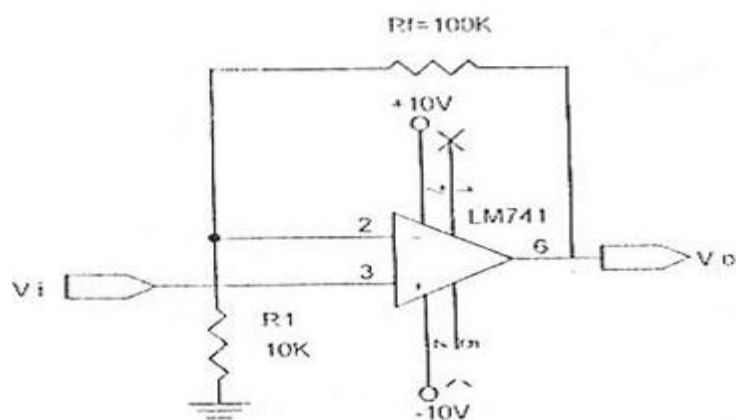
شکل (۶-۱)

ب- دامنه موج ورودی را افزایش دهید تا جایی که خروجی به حالت اشباع نرود و حداکثر دامنه ورودی و خروجی را در این حالت اندازه گیری نموده و یادداشت کنید.

ج- برای فرکانسهای ۱۰ KHZ ، ۱۰۰ نیز مراتب فوق را تکرار کنید.

۲- Non-inverting Amplifier

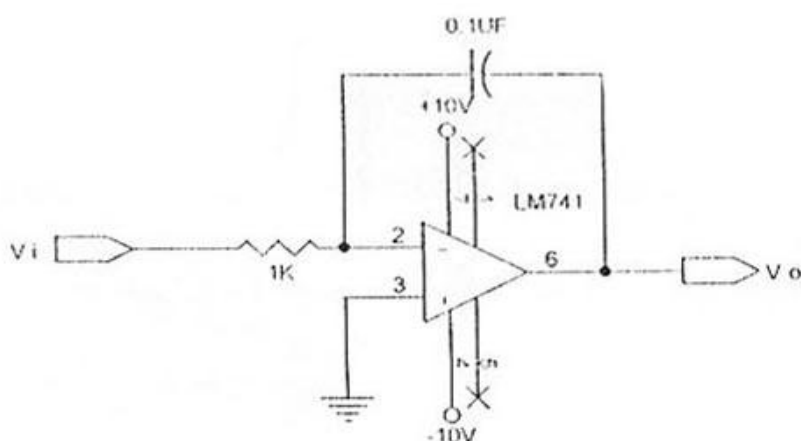
قسمت ۱ را برای مدار شکل (۶-۲) تکرار نمایید. (توجه کنید در این مدار $A_V = 1 + \frac{R_F}{R_1}$ است).



شکل (۶-۲)

Integrator - ۳

مدار شکل (۶-۳) را وصل نموده و به ورودی یکبار موج سینوسی و بار دیگر موج مربعی بدهید و در هر دو صورت فرکانس موج ورودی را طوری تنظیم کنید که دامنه موج ورودی و خروجی مساوی باشند. این فرکانسها را یادداشت کنید و شکل موجهای ورودی و خروجی را در هر دو حالت رسم کنید. (توجه: اگر ایرادی در عملکرد مدار ملاحظه کردید سعی کنید آنرا اصلاح کنید).

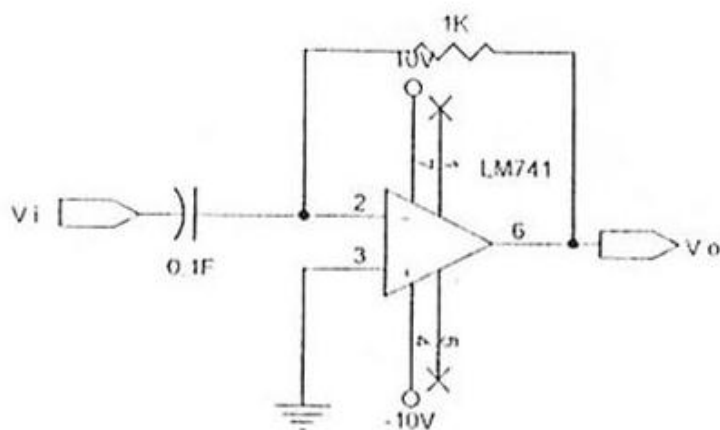


شکل (۶-۳)

قسمت ۳ را برای مدار شکل (۶-۴) تکرار کنید (اینبار با ورودیهای سینوسی و مثلثی)

Differentia - ۴

قسمت ۳ را برای مدار شکل (۶-۴) تکرار کنید (اینبار با ورودیهای سینوسی و مثلثی)



۵- Logarithmic Amplifier

مداری که طرح نموده اید و خروجی آن متناسب با لگاریتم ورودی است را بسته و به اِزاء چند مقدار ورودی، خروجی مدار را بدست آورید و به این ترتیب منحنی ولتاژ خروجی بر حسب ولتاژ ورودی را ترسیم نمایید و با رابطه ای که بین ولتاژ ورودی و خروجی این مدار بدست آورده اید مقایسه نمایید.

پرسشها :

۱- ثابت کنید اگر سر مثبت OP-AMP را به زمین وصل کنیم و خروجی آنرا نیز به ورودی منفی متصل کنیم آنگاه ولتاژ

۱-خروجی OP-AMP با تقریب بسیار خوب ولتاژ offset تقویت کننده عملیاتی را نشان می دهد.

۲- رابطه بین خروجی و ورودی مدارهای شکل (۶-۱) تا (۶-۴) را از طریق محاسبه بدست آورید.

۳- با مراجعه به روابط، اثر نویز ورودی در خروجی انتگرال گیر و مشتق گیر را تشریح نموده و مقایسه کنید.

۴- اگر به وردی شکل (۶-۱) موج مربعی با دامنه ۱VP-P و ۱KHZ بدهیم به نظر شما خروجی چگونه خواهد بود؟

آزمایش هفتم

موضوع آزمایش :

بررسی تقویت کننده های قدرت کلاس A

هدف آزمایش :

در طراحی تقویت کننده های قدرت تلفات توان، اعوجاج، وزن، اندازه و راندمان همگی به حساب می آید و ترانزیستورهایی که در این تقویت کننده ها بکار می رود باید دارای قابلیت های خاص از قبیل ولتاژ شکست، حداکثر جریان و تلفات توان مورد نیاز باشد. توان خروجی تقویت کننده های قدرت که عموماً در آخرین طبقه مدارهای الکترونیکی و مخابراتی قرار می گیرند از چند میلی وات تا چند مگاوات است. در این آزمایش تقویت کننده های قدرت کلاس A مورد بررسی قرار می گیرند.

تئوری و محاسبات آزمایش :

می خواهیم تقویت کننده های قدرت کلاس A را مورد بررسی قرار دهیم. بدین منظور مدارهای تقویت کننده های شکل (۱-۷) را در نظر بگیرید. در این تقویت کننده ها در صورت نبودن سیگنال AC در ورودی، ترانزیستورها دارای جریان نقطه کار و در نتیجه دارای توان تلفاتی می باشند.

۱- مشخصات نامی ترانزیستورهای BD۱۳۷ و BD۱۳۸ را که توسط کارخانه سازنده ارائه گردیده است در جدول (۷-۱) آمده است

پارامتر نوع	I_{Cmax}	V_{Cemax}	$\beta_{(Typical)}$	P_{Tmax}
BD۱۳۷	1^A	60^V	۴۰-۱۶۰	12^{WC}
BD۱۳۸	1^A	60^V	۴۰-۱۸۰	12^{WC}

جدول (۷-۱) : مشخصات ترانزیستور

۲- β ترانزیستورها را توسط مولتی متر دیجیتال اندازه گیری نمایید و در جدول (۷-۲) یادداشت کنید.

نوع	$BD137_{(1)}$	$BD137_{(2)}$	$BD138$
β			

جدول (۷-۲) : β ترانزیستور

۳- با فرض اینکه مدار به گونه ای طراحی گردیده است که در صورت نبودن سیگنال AC در ورودی، ولتاژ خروجی برابر صفر

است، مقاومت R_E را طوری محاسبه نمایید که راندمان $\eta = \frac{P_L}{P_{CC}}$ تقویت کننده ی ماکزیمم شود و در جدول (۷-۳) بنویسید.

تذکر: در محاسبات خود ولتاژ اشباع کلکتور - امیتر را برابر $0.2V$ در نظر بگیرید.

۴- با توجه به R_E محاسبه شده در قسمت (۳)، ماکزیمم ولتاژ خروجی (V_{omax})، راندمان ماکزیمم (η_{max}) و همچنین ماکزیمم توان تلفاتی (P_{Cmax}) در ترانزیستورها را محاسبه نمایید و در جدول (۷-۳) یادداشت کنید.

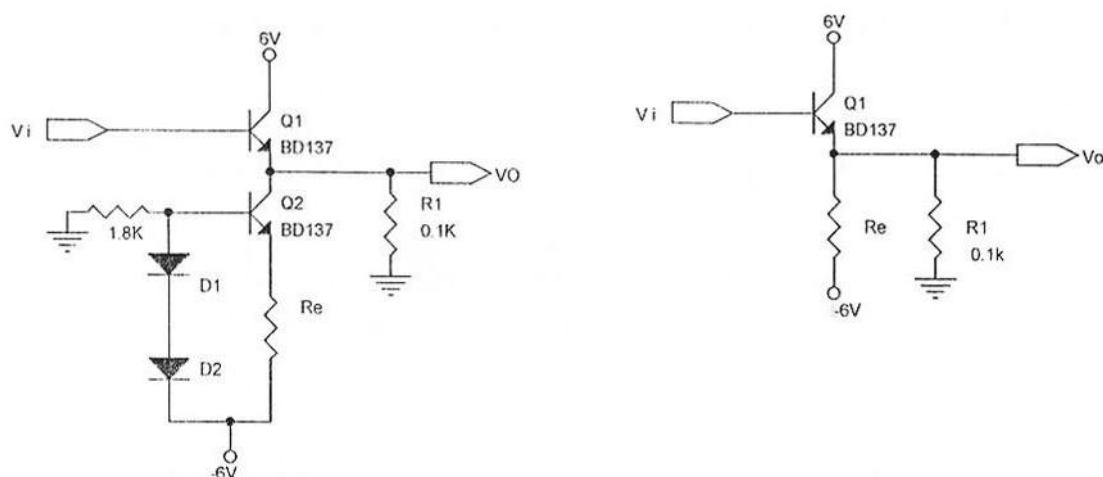
مراحل انجام آزمایش :

۱- در این آزمایش مداری جهت بایاس کردن ترانزیستورها طرح نگردیده است و به جای مدار بایاس از ولتاژ Offset مولد

سیگنال استفاده کنید بطوریکه در صورت نبودن سیگنال AC در ورودی، ولتاژ خروجی V_O برابر صفر گردد.

۲- مدارهای شکل (۷-۱) را بر روی برد مورد بندید و سپس ماکزیمم ولتاژ خروجی (V_{omax})، ماکزیمم توان بار (P_{Lmax})

و مجموع توان تحویلی توسط منابع تغذیه (PCC) را اندازه گیری کنید و از آنجا راندمان ماکزیمم را محاسبه نمایید و در جدول (۷-۳) بنویسید.



شکل (۷-۱): تقویت کننده های کلاس A

نوع	پارامتر	$R_e(\Omega)$	V_{omax}	η_{max}	P_{Cmax}
الف	محاسبه				
	آزمایش				
ب	محاسبه				
	آزمایش				

جدول (۷-۳): محاسبات و نتایج آزمایش

پرسشها:

- ۱- نتایج محاسبات و آزمایش را با یکدیگر مقایسه کنید. علت اختلاف چیست؟
- ۲- تقویت کننده کلاس A را از نظر کیفیت تقویت و راندمان مورد بررسی قرار دهید.
- ۳- چرا طبقات اول تقویت کننده های چند طبقه معمولاً از تقویت کننده کلاس A استفاده می شود و از تقویت کننده کلاس B استفاده نمی گردد؟

آزمایش هشتم

موضوع آزمایش :

بررسی تقویت کننده های قدرت کلاس B با استفاده از OP-AMP

هدف آزمایش :

در این آزمایش تقویت کننده قدرت از نوع کلاس B (PUSH-POUL) را مورد آزمایش قرار می دهیم. همچنین برای از بین بردن اعوجاج عبوری (Cross Over Distortion) روشی را با بکارگیری تقویت کننده های عملیاتی پیشنهاد می نماییم.

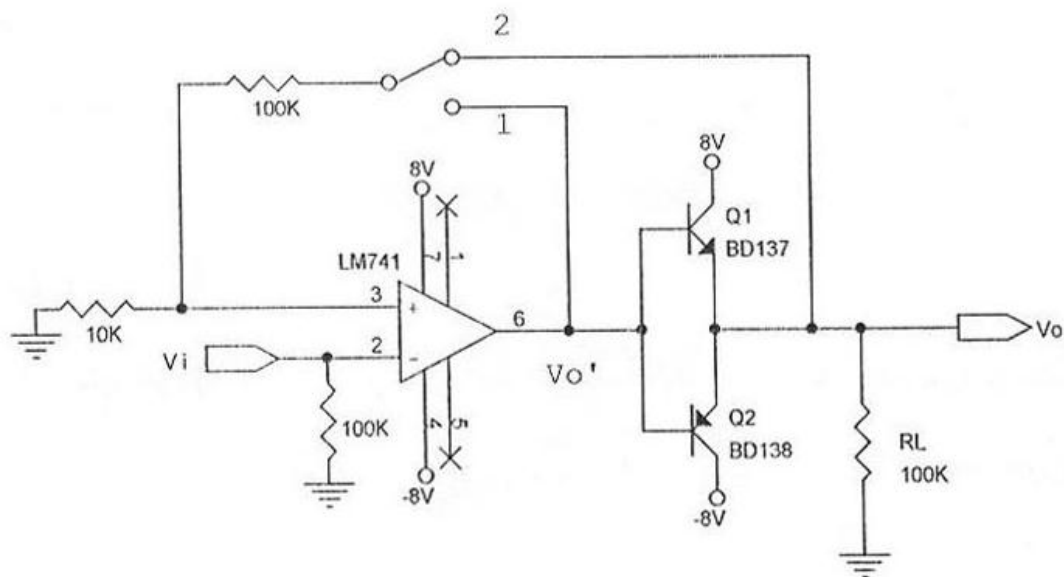
مراحل انجام آزمایش :

مدار شکل (۸-۱) را بر روی برد مورد ببندید و مدار را در حالت (۱) قرار دهید. حال یک ولتاژ سینوسی با دامنه 200^{mv} و فرکانس 1^{KHZ} به ورودی مدار اعمال کنید و سیگنال خروجی را مشاهده و رسم نمایید.

۱- وضعیت مدار را در حالت (۲) قرار داده و با شرایط قسمت (۱)، ولتاژ خروجی V_O و خروجی تقویت کننده عملیاتی را مشاهده و رسم نمایید.

۲- در حالت (۲)، ماکزیمم ولتاژ بدون اعوجاج (V_{omax}) را اندازه گیری کنید.

۳- در حالت (۲) با توجه به اینکه دامنه ولتاژ ورودی برابر 200^{mv} است، فرکانس موج ورودی را از 1^{KHZ} به آرامی افزایش دهید آیا پدیده اعوجاج عبوری را در فرکانسهای بالا مشاهده می کنید؟ در صورت مثبت بودن جواب علت را شرح دهید .

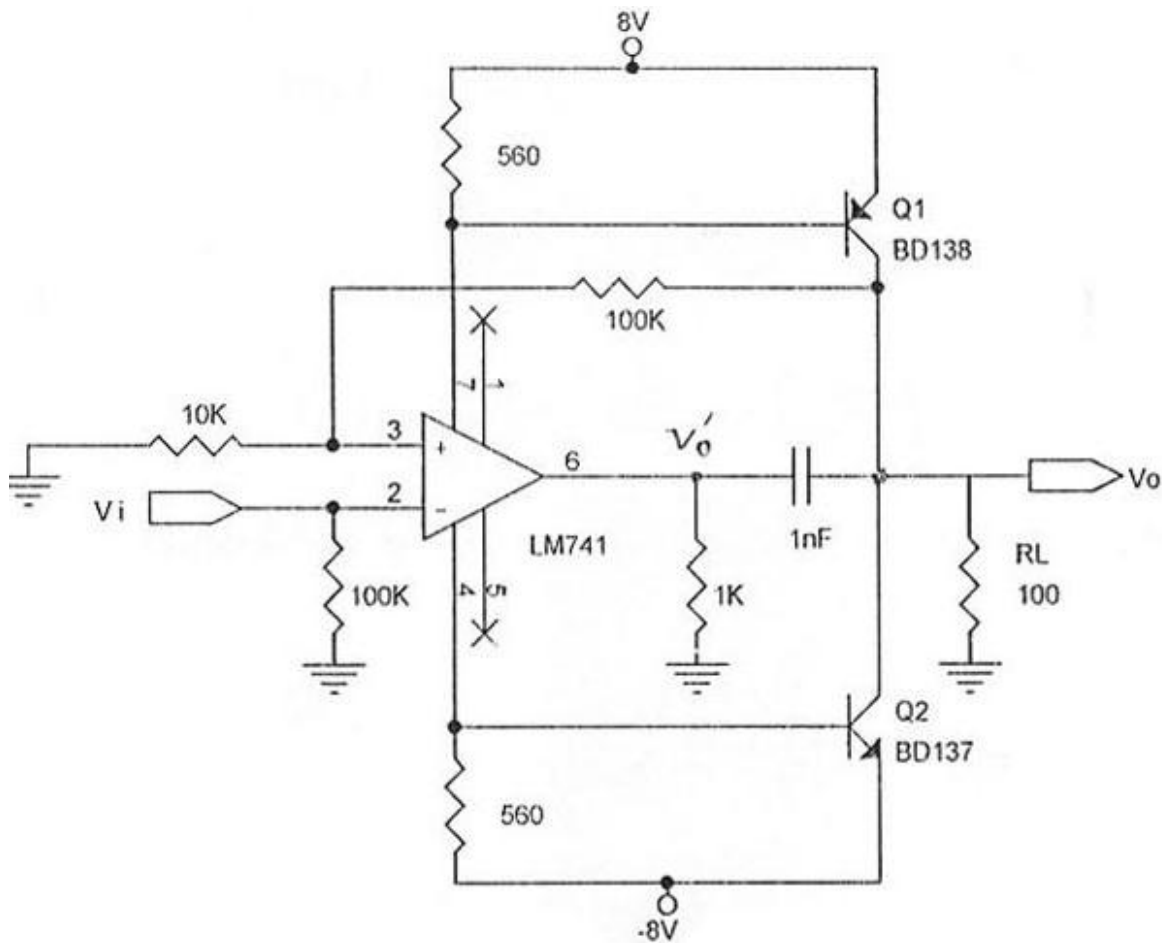


شکل (۸-۱): تقویت کننده کلاس B

۴- در مدار تقویت کننده شکل (۸-۱) که در حالت وضعیت (۲) قرار دارد، اولاً ماکزیمم ولتاژ خروجی همواره به اندازه $V_{BE} + V_{CEsat}$ کمتر است و از طرفی در فرکانسهای بالا نیز پدیده اعوجاج عبوری را مشاهده می کردیم برای بهبود این دو مشخصه می توان مداری به صورت شکل (۷-۳) پیشنهاد کرد. مدار شکل (۸-۲) را بر روی برد بورد ببندید و به ورودی مدار ولتاژ سینوسی با دامنه منفی زیاد و فرکانس ۱KHZ اعمال کنید و شکل موجی خروجی V_o و همچنین خروجی تقویت کننده عملیاتی (V_o)، را مشاهده و رسم نمایید.

۵- ماکزیمم ولتاژ بدون اعوجاج در خروجی را اندازه گیری کنید و با نتایج شکل (۸-۱) مقایسه کنید.

۶- دامنه ولتاژ ورودی را برابر 200^{mv} قرار دهید و فرکانس آن را بر روی ۱۰KHZ تنظیم کنید و اندازه ولتاژ منابع تغذیه را از ۸V به آرامی کاهش دهید، آیا در هنگام کاهش ولتاژ تغذیه، در شکل موج ولتاژ خروجی اعوجاج عبوری را مشاهده می کنید؟ در صورت مثبت بودن علت را توضیح دهید.



شکل (۸-۲): تقویت کننده کلاس B

پرسشها:

- ۱- تقویت کننده کلاسی B را از نظر کیفیت تقویت مورد بررسی قرار داده و با تقویت کلاس A مقایسه کنید.
- ۲- راندمان ماکزیمم تقویت کننده کلاس B را محاسبه کرده و با تقویت کننده کلاس A مقایسه نمایید.
- ۳- در شکل (۸-۱) چرا در حالت (۲) اعوجاج عبوری بهبود می یابد.
- ۴- مدار شکل (۸-۲) را بررسی نموده و نقش هر یک از المانهای آن را تشریح کنید. مزایای این مدار نسبت به مدار (۸-۱) چیست ؟

آزمایش نهم:

موضوع آزمایش :

بررسی تقویت کننده های قدرت صوتی

هدف آزمایش :

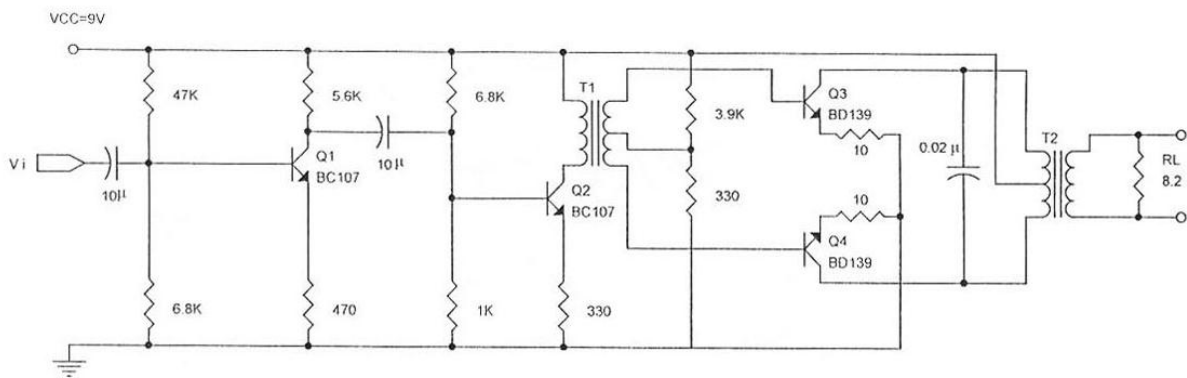
هدف از این آزمایش آشنایی با تقویت کننده قدرت صوتی سه طبقه، با استفاده ترانسفورمر می باشد. این تقویت کننده شامل تقویت کننده شامل تقویت کننده اولیه Pre amplifier، طبقه Driver و طبقه خروجی یا قدرت می باشد.

تئوری و محاسبات آزمایش :

شکل (۹-۱) تقویت کننده ی مورد نظر را به طور کامل نشان می دهد. هر طبقه را به تفکیک بررسی کرده، نقاط کار آنرا بدست آورید. ترانزیستورهای طبقه ی قدرت، در چه کلاسی کار می کند؟

مراحل انجام آزمایش :

- ۱- مدار را بسته نقاط کار را اندازه گیری کنید. ورودی را در حدی تنظیم کنید که خروجی بدون اعوجاج باشد.
 - ۲- گین مدار A_V و گین قدرت مدار A_P و f_{-3dB} و f_{-20dB} و عرض باند مدار و همچنین راندمان مدار را برای بلند گوی ۱۸ اهمی (یا مقاومت ۸،۲ اهمی) بدست آورید.
 - ۳- جای خازن $0.02\mu f$ را با یک خازن $100f$ عوض کرده، تغییر گین و باند فرکانسی را یادداشت کنید.
- ترانزیستورهای Q_1 و Q_2 از نوع BC۱۰۷ و ترانزیستورهای Q_3 و Q_4 از نوع BD۱۳۹ می باشد .
- T_1 ترانس رابط (آبی رنگ) و T_2 ترانس بلندگو (قرمز رنگ) می باشد



شکل (۱-۹): تقویت کننده صوتی

پرسشها:

- ۱- طبقات مختلف یک تقویت کننده صوتی را بررسی کرده و نقش هر طبقه را توضیح دهید.
- ۲- علت تغییرات ایجاد شده در گین و پهنای باند فرکانسی را در مرحله (۳) توضیح دهید.
- ۳- عوامل موثر در محدود شدن عرض باند مدار را ذکر کنید.

آزمایش دهم

موضوع آزمایش :

بررسی منابع تغذیه تنظیم شده

هدف آزمایش :

برای ساخت یک منبع تغذیه مناسب، ابتدا از ترانس و یکسو کننده های ولتاژ استفاده می کنیم و یک منبع تغذیه تنظیم نشده با ریبیل خروجی خواهیم داشت. برای تولید یک ولتاژ DC ثابت و بدون ریبیل از مدارات رگولاتور استفاده می شود که در این آزمایش با مدارات رگولاتور ولتاژ موازی و سری آشنا خواهیم شد.

تئوری و محاسبات آزمایش :

- ۱- طرز کار رگولاتور ولتاژ موازی در شکل (۱۰-۱) را بررسی کرده، نقاط کار آنرا محاسبه نمایید.
- ۲- در شکل (۱۰-۲) مقدار مقاومت های R_1 و R_2 را بدست آورید. بطوریکه اگر $E_{in} = 18V$ ولتاژ $E_{oNL} = 6V$ گردد. در این حالت نقاط کار ترانزیستورهای Q_1 و Q_2 را محاسبه کنید.
- ۳- محدوده تغییرات ولتاژ خروجی را در صورت تغییر پتانسیومتر R_2 در شکل (۱۰-۲) محاسبه کنید.

مراحل انجام آزمایش :

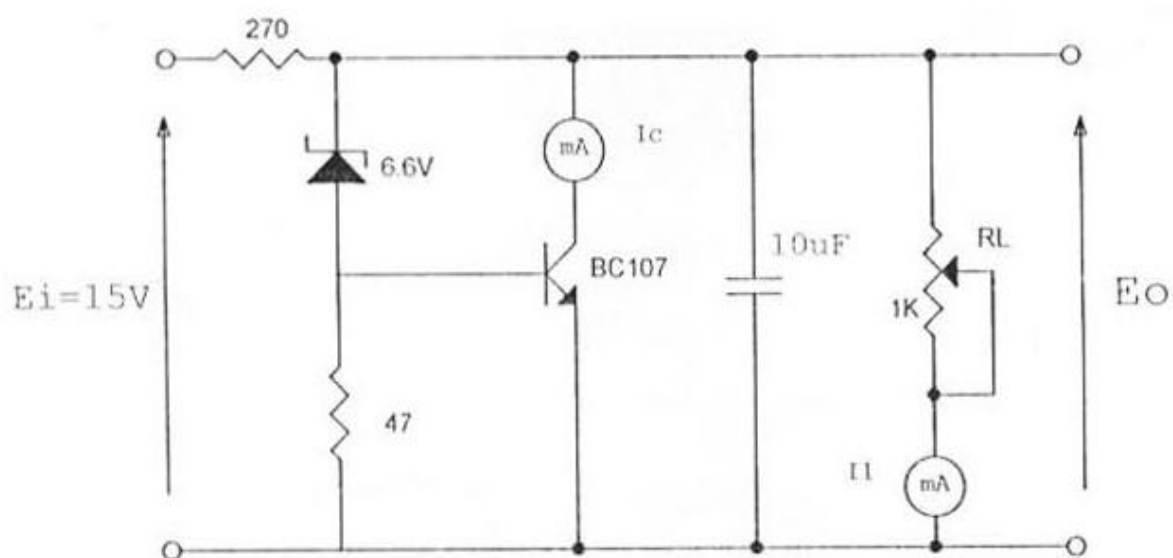
- ۱- مدار شکل (۱۰-۱) را ببندید. ابتدا ولتاژ ورودی را $15V$ ثابت قرار داده و با تغییر مقاومت بار (پتانسیومتر $1K\Omega$) مقادیر I_C, I_L, E_O را اندازه گیری کرد، در جدول (۱۰-۱) بنویسید.
- ۲- به ازای مقاومت بار ثابت $1K\Omega$ مطابق با جدول (۱۰-۲) E_i را تغییر داده و جدول را تکمیل کنید. حداقل و حداکثر جریان دیود زener را در مراحل (۱) و (۲) بدست آورید.

I_L					
E_o					
I_C					

جدول (۱-۱۰): $E_i = 15\text{ V}$ و R_L متغیر

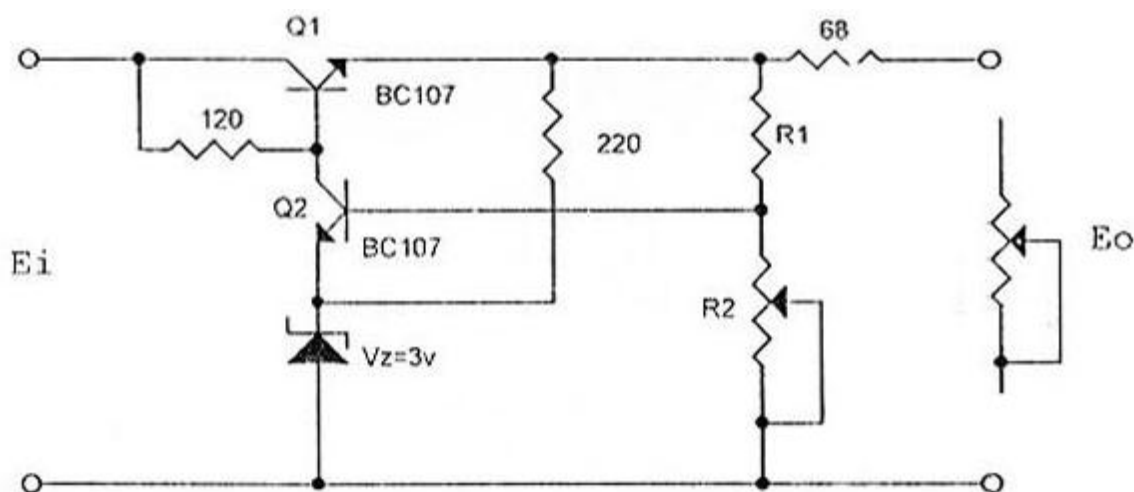
E_i	10 V	12 V	15 V	18 V	20 V
E_o					
I_L					
I_C					

جدول (۲-۱۰): $R_L = 10\text{ K}\Omega$ ، E_i متغیر



شکل (۱-۱۰): رگولاتور ولتاژ موازی

- ۳- مدار شکل (۱۰-۲) را ببندید و با تغییر پتانسیومتر R_2 نقطه کاری را طوری تنظیم کنید که به ازای $E_i = 6V$, $E_{ONL} = 8V$ گردد. سپس نقاط کار مدار را اندازه گیری کرده و با مقادیر تئوری که محاسبه کرده اید مقایسه کنید. (در حالت $\bar{\omega} = 8$ و E_{in} بدون بار)



شکل (۱۰-۲): رگولاتور ولتاژ سری

- ۴- در شکل (۱۰-۲) یکبار مطابق با جدول (۱۰-۳) ولتاژ ورودی را تغییر دهید و مقادیر E_o و V_Z را اندازه گیری کرده و در جدول قرار دهید. بار دیگر مطابق با جدول (۱۰-۴) R_L را تغییر داده و جدول را تکمیل کنید.

E_i	$4V$	$5V$	$6V$	$7V$	$8V$	$9V$	$10V$	$11V$	$12V$
E_o									
V_Z									

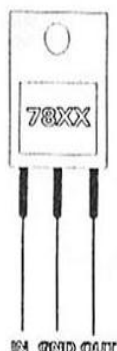
جدول (۱۰-۳): E_i متغیر و $R_L = \infty$

R_L	∞	$1 k\Omega$	0
E_o			

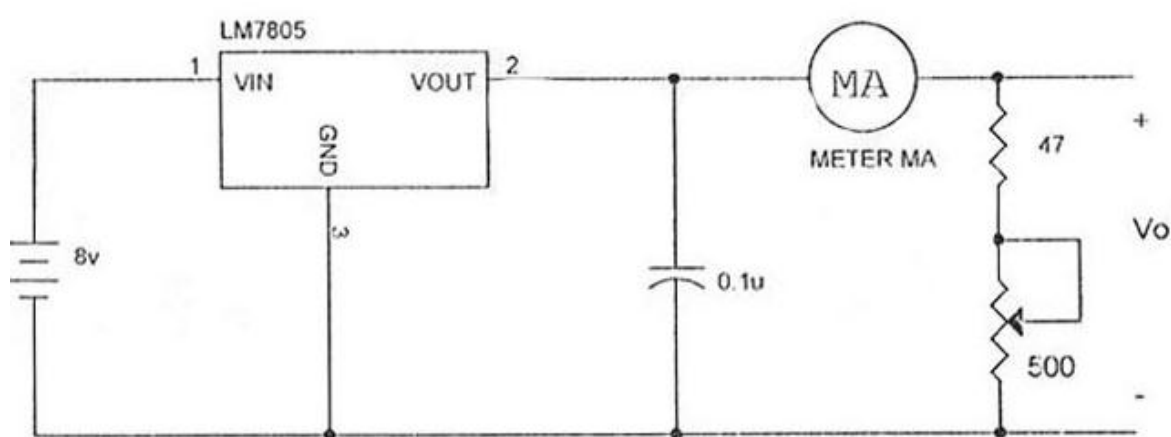
ادامه جدول (۱۰-۴): R_L متغیر و $E_i = 8V$

۵- شکل مقابل یک تثبیت و ولتاژ را نشان میدهد که به صورت یک مدار مجتمع میباشد. این

رگولاتورها دارای سه پایه هستند که عبارتند از: پایه ورودی، پایه زمین (مشترک) و پایه خروجی، رگولاتورهای ۵ ولتی در آزمایشگاه از نوع مثبت و از سری LM7805 می باشند که مشخصات پایه های آن در شکل مشخص شده است.



مدار شکل (۳-۱۰) را بر روی برد برد بسته و با تغییر R_L جریان خروجی را تنظیم کنید و جدول (۵-۱۰) را کامل کنید.



شکل (۳-۱۰): مدار تنظیم کننده ولتاژ با استفاده از تراشه رگولاتور

$I_O^{(mA)}$	۰	۱۰	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰
$V_O^{(V)}$											

جدول (۵-۱۰): R_L متغیر

پرسشها:

- ۱- علت استفاده از مقاومت 270Ω و خازن $10 \mu f$ در مدار شکل (۱۰-۱) چیست؟
- ۲- با توجه به جداول پر شده و با توجه به ساختمانر گولاتور موازی، این مدار بهتر است در چه موردی بکار می رود؟ چرا؟
- ۳- نقش ترانزیستورهای Q_1 و Q_2 مقاومت $68 \Omega, 220 \Omega$ در مدار شکل (۱۰-۲) چیست؟
- ۴- با توجه به جدول (۱۰-۳) مدار رگولاتور سری را بهتر است در چه موردی بکار ببریم؟ پاسخ خود را براساس مطالب تئوری نیز توجیه کنید.
- ۵- با توجه به فرمولهای زیر، درصد رگولاسیون را برای دو مدار یاد شده حساب کنید.

$$\text{رگولاسیون بار} = \frac{E_{ONL} - E_{OFL}}{E_{OFL}}$$

$$\text{رگولاسیون خط} = \frac{E_O(E_{imax}) - E_O(E_{imin})}{E_O(E_{imin})}$$

آشنای با المانهای الکترونیکی

- خواندن مقاومتها :

مقدار هر مقاومت با سه رنگ روی آن مشخص می شود. رنگ اول و دوم مقدار و رنگ سوم ضریب و رنگ چهارم خطای مقاومت است. هر رنگ در مقاومتها نماینده یک عدد است.

در مقاومتهای پنج رنگ اول، دوم و سوم مقدار و رنگ چهارم ضریب و رنگ پنجم تolerانس (خطا) است.

توجه شود که اگر رنگ سیاه بعنوان ضریب بکار رود، ضریب مربوط ۱ خواهد بود.

تذکر : اگر رنگ سوم مقاومت (ضریب) طلایی بود، ضریب ۰/۱ است.

توان مقاومتها به جثه آنها بستگی دارد و هر چه جثه مقاومتهای بزرگتر باشد، توان آنها بیشتر است.

مقاومتها با توانهای ۱W و $\frac{1}{2}W$ و $\frac{1}{4}W$ تهیه می شود.

خواندن مقدار خازنها :

مقدار خازن اغلب بصورت PF یا μF نوشته می شود. در خازنهایی که مقدار آنها با عدد مشخص شده است، دو رقم اول مقدار و رقم سوم نشان دهنده ضریب است. مثلا :

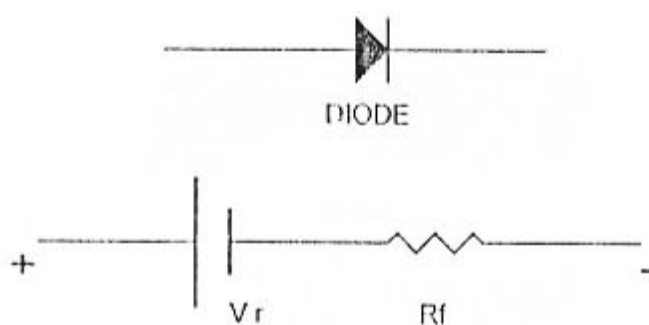
$$10 \times 10^4 PF = 100 nF = 0.1 \mu F \rightarrow 10^4 - 10^4 \text{ در خازنهایی که با سه رنگ مقدارشان مشخص شده است همانند}$$

مقاومتها عمل می شود. در آنهایی که با پنج رنگ مشخص شده است، رنگ اول و آخر را رها کرده و با سه رنگ باقیمانده مثل سابق عمل می کنیم. رنگ اول ضریب حرارتی و رنگ پنجم

tolerانس خازن را مشخص می کند. خازنهای الکتrolیت معمولا مقدارشان از $1 \mu F$ به بالاست، پایه بلندتر مثبت و پایه کوتاهتر منفی است، در مداراتی که از خازن الکتrolیت استفاده می شود، جهت خازن باید رعایت شود.

- تشخیص پایه های دیود :

دیودها هنگامی که هدایت می کنند مقاومت کمی از خود نشان می دهند. در حالت معکوس مقاومت دیده شد از دو سر آنها بسیار بزرگ است، بنابراین از این خواص می توان در تعیین سرهای دیود استفاده کرد. شکل (۱) مدار معادل یک دیود معمولی را در حالت بایاس مستقیم (هدایت) نشان می دهد.



شکل (۲) : مدار معادل دیود واقعی

برای آنکه اثر مقاومت R_f توسط اهم متر مشهود گردد، باید ولتاژ مدار باز اهم متر (V_O) از V_T بزرگتر باشد. این شرط در مورد اهم مترهای آنالوگ همواره برقرار است ولی در مورد اهم مترهای دیجیتال همواره صادق نیست.

در بعضی از اهم مترهای دیجیتال در هیچ حوزه ای ولتاژ مدار باز خروجی به حد ولتاژ آستانه دیود نمی رسد ولی در اغلب اهم مترهای دیجیتال در وضعیتی که با سمبل دیود () مشخص گردیده است، می توان مقاومت استاتیکی دیود در یک جریان خاص (که توسط اهم متر و کلید حوزه تعیین می شود) را مشخص نمود.

بطور مثال با ولت متر فلوک (شماره ۸۰۲۰) در سه حوزه ای که روی آن علامت دیود قرار دارد می توان دیود را آزمایش نمود.

اگر مولتی متر دیجیتال در دسترس نیست می توان از سیمپسون استفاده نمود. ترمینالهای خروجی اهم متر را به دو سر دیود که کاتد و آند آن معلوم نیست وصل می کنیم. اگر اهم متر، اهم پایین را نشان دهد ترمینال مثبت آند و ترمینال منفی کاتد دیود را نشان می دهد و اگر اهم متر، اهم زیادی را نشان داد ترمینال مثبت کاتد و ترمینال منفی آند دیود را معرفی خواهد کرد. توجه داشته باشید که اهم مترهایی که از نوع *Avometer* هستند در هنگام آزمایش دیود، اگر اهم پایین را نشان دهند، سر مثبت معرف کاتد و سر منفی معرف آند دیود می باشد.

با توجه به اینکه V_{77} در حدود $0.7V$ است، همه مولتی مترهای دیجیتالدر حوزه ی (77) را نشان می دهند، به این ترتیب از طریق سنجش ولتاژ نیز می توان از صحت دیودها مطمئن شد.

همچنین کاتد و آند دیودها را می توان توسط علائم قراردادی نیز مشخص کرد. مشخصات دیودها و جهت کاتد را گاهی روی آنها می نویسند و گاهی نیز مانند مقاومتها از نوارهای رنگی استفاده می کنند، در این حالت نوار پهن جهت کاتد را نمایش می دهد.

- منبع تغذیه :

منبع تغذیه همانند یک باتری متغیر است و دارای قطب مثبت و منفی است و اتصال سوم که به صورت علامت زمین است به قطب منفی وصل نیست و به بدنه دستگاه متصل است.

برای تنظیم ولتاژ سر مثبت و منفی را به یک مولتی متر که به حالت ولت متر قرار گرفته وصل کرده و با ولوم *COARSE* مقدار ولتاژ را تغییر داده و روی ولت متر مشاهده می کنیم. ولوم *FINE* برای تنظیم دقیقتر است.

- تشخیص پایه های ترانزیستور:

تشخیص پایه های ترانزیستور *FET* آسان نیست برای همین پیشنهاد می کنیم که از کاتولگها برای پیدا کردن پایه های آنها استفاده کنید. در اینجا راهی برای پیدا کردن پایه های ترانزیستور *BJT* پیشنهاد می کنیم.

اگر شما از اهم متر آنالوگ استفاده می کنید باید به صورت زیر عمل کنید :

برای پیدا کردن *BASE* پایه ای را پیدا کنید که از یک طرف به دو پایه دیگر راه دهد و از طرف دیگر راه ندهد. برای این کار اهم متر را روی $R \times 1$ قرار دهید.

دقت کنید که کدام قطب اهم متر به پایه بیس ترانزیستور متصل است، اگر منفی متصل است ترانزیستور *NPN* و اگر مثبت متصل بود ترانزیستور *PNP* است. حال باید مقاومتها بین بیس و امیتر و همچنین بیس و کلکتور را چک کنید، هر کدام که مقاومت بیشتری را نشان داد آن پایه امیتر و دیگری که مقاومت کمتری دارد پایه کلکتور است.

اگر شما از اهم متر دیجیتال استفاده می کنید، باید به صورت زیر عمل کنید :

برای پیدا کردن پایه های ترانزیستورهای BJT توسط اهم متر دیجیتال، ابتدا باید اهم متر را روی علامت دیود گذاشته و سپس دو پایه ای را پیدا کنید که از هیچ طرف به هم راه ندهند (روی اهم متر علامت ۱ دیده شود) این دو پایه یکی امیتر و دیگری کلکتور است پس به این ترتیب پایه باقیمانده بیس خواهد بود. حال شما باید یک بار سیم مثبتا هم متر را روی بیس قرار دهید و سیم منفی اهم متر را به یکی از دو پایه اهم متر متصل کنید. اگر عددی را بر روی اهم متر مشاهده نمودید یعنی ترانزیستور شما NPN است، در غیر این صورت ترانزیستور شما PNP است بنابراین اگرچنین بود سیم منفی را به پایه بیس وصل کنید حال می خواهیم پایه های کلکتور و امیتر ترانزیستور را پیدا کنیم، برای اینکار سیم مثبت (اگر ترانزیستور PNP بود سیم منفی) را به بیسترانزیستور وصل کنید و حال ولتاژ آستانه دیود را بین هر دو پایه مشاهده کنید (عددی که اهم متر روی علامت دیود نشان می دهد) هر کدام که ولتاژ آستانه بیشتری داشت امیتر خواهد بود و دیگری نیز کلکتور است بدین ترتیب شما هم نوع ترانزیستور و هم پایه های آن را مشخص نموده اید.

مدل مداری پروب و ورودی اسیلوسکوپ

اسیلوسکوپ وسیله ای است که به منظور مشاهده و اندازه گیری شکل موجهای الکتریکی بکار می رود. و پروبهای اسیلوسکوپ مدارهای فعال و یا غیر فعال هستند که برای انتقال سیگنالهایی الکتریکی از مدارهای الکتریکی به ورودی اسیلوسکوپ مورد استفاده قرار می گیرند. بطور کلی این پروبها باید دارای چند مشخصه مهمباشند، که عبارتند از :

۱- اثر بارگذاری کوچک بر روی مدار

۲- دارای پهنای باند فرکانسی عبور مناسب

۳- سیگنال به نویز بزرگ

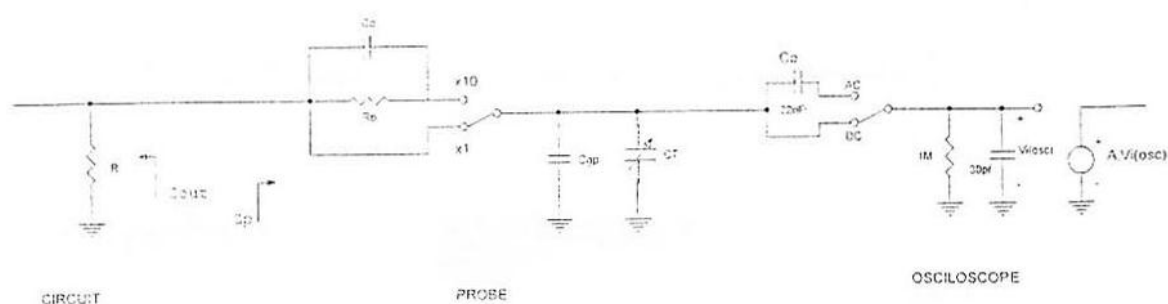
پروبهای فعال عموماً دارای امپدانس ورودی بزرگی هستند و سیگنال الکتریکی را ابتدا تقویت کرده و سپس توسط کابل به اسیلوسکوپ ارسال می دارند عموماً این پروبها در فرکانسهای نسبتاً بالا مورد استفاده قرار می گیرند. پروبهایی که در

آزمایشگاه الکترونیک موجود اند، از نوع غیر فعال بوده و دارای بهره ولتاژ ۱ و $\frac{1}{10}$ در پهنه وسیعی از فرکانسها می باشند.

هنگامیکه پروب اسیلوسکوپ را در گره ای از مدار قرار می دهید بعلت اثر بارگذاری که بر روی آن گره از مدار نسبت به زمین قرار می دهد، شکل موج واقعی مدار را تغییر داده و در نتیجه شکل موج واقعی مدار را نمی توان توسط اسیلوسکوپ مشاهده کرد.

شکل (۱) مدار معادل پروب و اسیلوسکوپ را در حالتی مختلف نشان می دهد، همانطوریکه مشاهده می شود مجموعه پروب و تقویت کننده ورودی اسیلوسکوپ دارای اثر بارگذاری

مقاومتیو خازنی می باشند که میزان آن بستگی به ضریب تضعیف پروب (X_1, X_10) و اسیلوسکوپ (AC, DC) دارد.

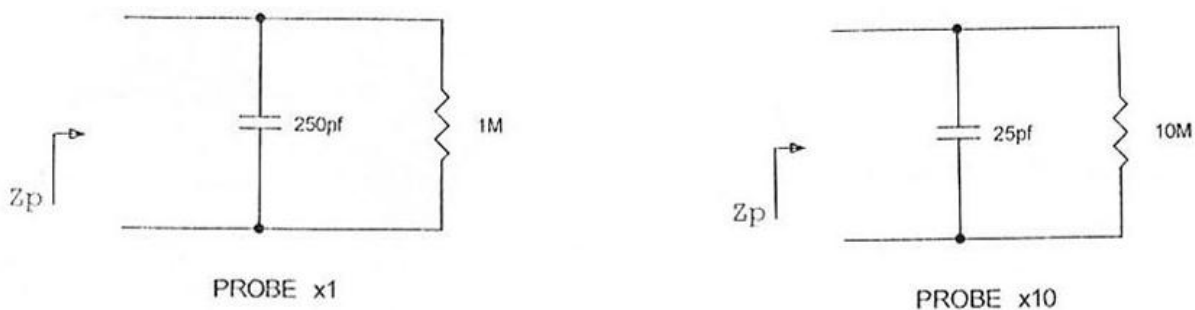


شکل (۱) : مدار معادل پروب و ورودی اسیلوسکوپ لیدر

مقادیر عددی مقاومتها و خازنهای داده شده در شکل (۱) مربوط به پروب و اسیلوسکوپ نوع لیدر می باشد و برای انواع دیگر پروبها و اسیلوسکوپها اندازه این المانها ممکن است که مقادیر دیگری را به خود اختصاص دهند.

همانطوریکه در شکل (۱) مشاهده می شود، میزان تغییرولتاژ گره A در هنگام اتصال پروب به این گره، بستگی به پهنای باند سیگنالهای مدار و همچنین امپدانس دیده شده از دو سر مدار (Z_{out}) دارد. ولی آنچه که ما بر روی صفحه اسیلوسکوپ مشاهده می کنیم، ضربی از ولتاژ $V_{i(osc)}$ است که در پهنه وسیعی از فرکانسها به صورت ضربی از ولتاژ $V_p(t)$ یا مولفه $AC(V_p(t))$ می باشد.

بطور کلی مجموعه پروب و اسیلوسکوپلیدر دارای مدارهای معادل تقریبی شکل (۲) می باشند.



شکل (۲) : مدارهای معادل تقریبی ورودی پروب و لیدر