



دستور کار آزمایشگاه الکترونیک ۱

ویرایش و تنظیم: محمد علی میثمی فر

مقدمه

فصل ۱ - یادآوری

۱	.....	قانون اهم
۲	.....	سیگنال AC و DC
۴	.....	مشخصات سیگنالهای الکتریکی

فصل ۲ - آشنایی با المانها

۷	.....	مقاومت
۱۲	.....	خازن
۱۷	.....	دیود
۲۲	.....	ترانزیستور
۲۹	.....	منحنی مشخصه ترانزیستور

بخش دوم

فصل ۳

۳۱	.....	آزمایش ۱	مشخصه دیود
۳۵	.....	آزمایش ۲	مدارات برشی
۳۹	.....	آزمایش ۳	مدار یکسوساز نیم موج
۴۰	.....	آزمایش ۴	مدار یکسوساز تمام موج
۴۲	.....	آزمایش ۵	تثبیت ولتاژ با زنر
۴۳	.....	آزمایش ۶	مشخصه خروجی در حالت بیس مشترک
۴۶	.....	آزمایش ۷	مشخصه خروجی در حالت امیتر مشترک
۵۱	.....	آزمایش ۸	پایداری حرارتی ترانزیستور
۵۴	.....	آزمایش ۹	تقویت کننده امیتر مشترک
۵۷	.....	آزمایش ۱۰	تقویت کننده کلکتور مشترک
۵۸	.....	آزمایش ۱۱	تقویت کننده بیس مشترک

۲-۱) بررسی ناحیه معکوس V-I دیود ۱N۴۰۰۱

اکثر دیودها در ناحیه معکوس دارای جریان اشباع بسیار کمی هستند و با وسایل معمولی آزمایشگاهی و آمپرترهای معمولی قابل اندازه‌گیری نیستند. برای نشان دادن این موضوع جهت دیود در مدار آزمایش ۱-۱ را عوض کرده و آمپرتر را در کوچکترین رنج خود قرار دهید. ولتاژ منبع تغذیه را از صفر تا ۱۰ ولت بتدریج افزایش دهید. آمپرتر چه چیزی را نشان می‌دهد؟

مشاهدات خود را یادداشت کرده و در گزارش کار خود بیاورید.

۲- بدست آوردن مشخصه V-I دیود ژرمانیم**۲-۱) مشخصه مستقیم دیود ژرمانیم**

آزمایش ۱-۱ را برای دیود ژرمانیم و بر اساس ولتاژهای داده شده در جدول زیر تکرار کنید و نتایج را یادداشت نمایید. شکل منحنی مشخصه را نیز در کنار منحنی مربوط به دیود ۱N۴۰۰۱ و روی همان منحنی رسم نمایید.

V_1 (volt)	۰,۲۵	۰,۵	۱	۱,۵	۲	۳	۴	۵,۵	۷	۸,۵	۱۰	۱۲	۱۵
I_d (mA)													
V_d (volt)													

۲-۲) بررسی ناحیه معکوس V-I دیود ژرمانیم

دیود ژرمانیم دارای جریان اشباع معکوس نسبتاً زیادی است و میتوان آنرا اندازه‌گیری کرد. برای اینکار جهت دیود در آزمایش قبل را عوض کنید. منبع تغذیه را مطابق جدول زیر تغییر داده و جریان دیود را اندازه‌گیری نمایید. ولتاژ دو سر دیود از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$V_d = V_{cc} - I_d R_1 \quad (\text{جریان برحسب میلی آمپر})$$

توجه کنید که V_d ولتاژ منفی دو سر دیود است. مشخصه را روی همان منحنی آزمایش یک رسم نمایید.

V_1 (volt)	۱	۲	۳,۵	۵	۷	۹	۱۱	۱۳	۱۵				
I_d (mA)													
V_d (volt)													

دیود زنر ۱-۷-۳- بدست آوردن مشخصه

دیود زنر مورد استفاده ، دارای ولتاژ شکست $6/2$ ولت است و با علامت $6V2$ مشخص می شود.

۱-۳) مشخصه مستقیم دیود زنر

برای بدست آوردن مشخصه $V-I$ دیود زنر در حالت مستقیم مطابق آزمایش ۱-۱ و مدار آن آزمایش استفاده کرده و نتایج را در جدول زیر یادداشت نمایید و براساس نتایج بدست آمده منحنی $V-I$ دیود زنر را روی کاغذ شطرنجی جدا رسم نمایید.

V_1 (volt)	۰,۲۵	۰,۵	۱	۱,۵	۲	۳	۴	۵,۵	۷	۸,۵	۱۰	۱۲	۱۵
I_d (mA)													
V_d (volt)													

۲-۳) بررسی ناحیه معکوس $V-I$ دیود زنر

برای بدست آوردن مشخصه $V-I$ دیود زنر در حالت معکوس ، مطابق آزمایش ۱-۲ عمل کرده و منبع تغذیه را فقط از صفر تا ۵ ولت تغییر دهید.

۳-۳) مشخصه دیود زنر در حالت شکست

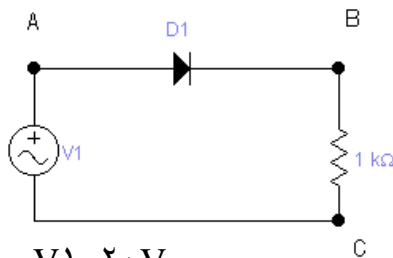
برای بدست آوردن مشخصه دیود زنر در حالت شکست ، در مدار مربوط به آزمایش قبلی (۲-۳) آمپر متر را در حالت میلی آمپر قرار دهید ، ولت متر را نیز در جهت مناسب به دو سر دیود وصل نمایید. با افزایش ولتاژ منبع تغذیه مطابق جدول زیر ولتاژ و جریان معکوس (شکست) دیود زنر را اندازه گیری نمایید و در جدول یادداشت نمایید.

با توجه به اطلاعات جدول فوق منحنی دیود را در حالت معکوس و شکست روی کاغذ میلیمتری رسم نمایید.

V_1 (volt)	۵	۶	۶,۵	۷	۸	۱۰	۱۲	۱۴	۱۵				
I_d (mA)													
V_d (volt)													

۴- مشاهده مشخصه V-I دیودهای مختلف روی صفحه اسیلوسکوپ

مداری مطابق شکل ببندید. کانال ۱ به نقطه A و



$$V_1 = 20V$$

$$F = 1 \text{ kHz}$$

$$D_1 = 1N4001$$

کانال ۲ را به نقطه C و نقطه B را به زمین

اسیلوسکوپ وصل کرده و کانال ۲ را در حالت

معکوس قرار دهید و کلید Time/Div را در

موقعیت x-y و کلید volt/div را در حالت

مناسب تنظیم نمایید تا مشخصه بخوبی مشاهده شود.

در این حالت جریان دیود مطابق با محور عمودی و ولتاژ دیود مطابق با محور افقی است. مشخصه را

رسم نمایید و با توجه به مشخصه V_8 را اندازه گیری نمایید.

بدون باز کردن مدار دیود 1N4001 را درآورده و بجای آن بترتیب دیود زنر و LED

را قرار داده و آزمایش ۴ را تکرار کنید.

آزمایش شماره ۲

کاربرد دیود در مدارهای برش و یکسو ساز

هدف: آشنایی با کاربرد دیود

وسایل لازم: اسیلوسکوپ، منبع تغذیه، سیگنال ژنراتور، مالتی متر

دیود 1N4001، مقاومت $10\text{ k}\Omega$

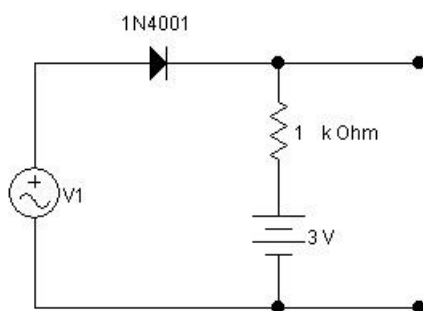
کارهای قبل از شروع آزمایش:

(۳) مطالعه طرز کار دیود

(۴) مطالعه دستور کار

(سوالات را قبل از آزمایش بخوانید و در حین آزمایش جواب آنها را پیدا کنید)

۱- مدار برش سری (دیود سری با خروجی)



(۵) مدار شکل مقابل را ببندید.

(۶) ولتاژ منبع تغذیه ۳ ولت و سیگنال ژنراتور

۱۲V(P-P) با فرکانس ۱ KHZ.

۱-۱ شکل موج V_o را به همراه V_i روی اسیلوسکوپ

مشاهده و روی کاغذ میلیمتری رسم نمایید. (رنج

کانالهای اسیلوسکوپ مساوی باشد).

۱-۲ کلید Time/Div اسیلوسکوپ را روی X-Y قرار دهید و نقطه نورانی را روی مرکز

صفحه تنظیم نمایید و مشخصه $V_o - V_i$ را روی اسیلوسکوپ مشاهده نمایید و روی کاغذ

شطرنجی رسم کنید.

۱-۳ حال دو مرحله قبل را برای تغذیه DC برابر با ۳ V - تکرار نمایید.

۱-۴ جهت دیود را در مدار قیل عوض نموده و مراحل قبل را تکرار نمایید.

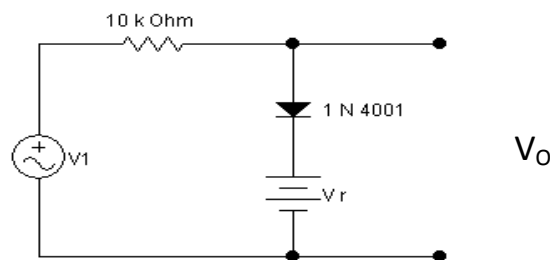
چه تفاوتی در شکلها مشاهده می شود؟

نتایج و منحنی ها را در گزارش کار رسم نمایید.

۲- مدار برش موازی (دیود موازی با خروجی)

مدار شکل مقابل را ببندید.

$V_R = 3\text{ V}$ و V_i یک موج سینوسی با فرکانس 1 KHz و ولتاژ 12 V(P-P)



۲-۱ شکل موج V_o را به همراه V_i روی اسیلوسکوپ مشاهده و روی کاغذ شطرنجی رسم نمایید.

(رنج کانالهای اسیلوسکوپ مساوی باشد.)

۲-۲ کلید Time/Div اسیلوسکوپ را روی $X-Y$ قرار دهید و نقطه نورانی را روی مرکز صفحه تنظیم نمایید و مشخصه $V_o - V_i$ را روی اسیلوسکوپ مشاهده نمایید و روی کاغذ شطرنجی رسم کنید.

۲-۳ حال دو مرحله قبل را برای تغذیه DC برابر با 3 V تکرار نمایید.

۲-۴ جهت دیود را در مدار قیل عوض نموده و مراحل قبل را تکرار نمایید.

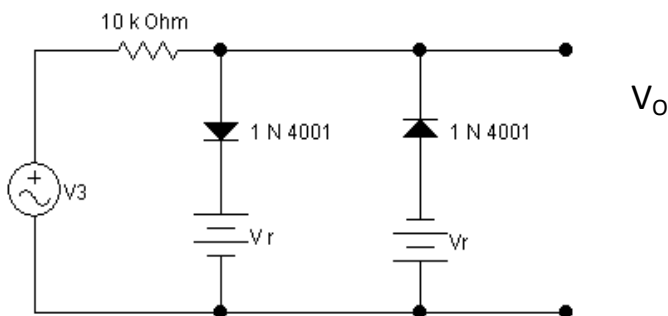
چه تفاوتی در شکلها مشاهده می شود؟

مشاهدات خود را یادداشت کرده و در گزارش کار خود بیاورید.

۳- مدار برش دو سطحی

مدار شکل مقابل را ببندید.

$V_R = 3\text{ V}$ و V_3 یک موج سینوسی با فرکانس 1 KHz و ولتاژ 12 V (P-P)



۳-۱ شکل موج V_O را به همراه V_1 روی اسیلوسکوپ مشاهده و روی کاغذ شطرنجی رسم نمایید.

(رنج کانالهای اسیلوسکوپ مساوی باشد).

۳-۲ کلید Time/Div اسیلوسکوپ را روی $X-Y$ قرار دهید و نقطه نورانی را روی مرکز صفحه تنظیم نمایید و مشخصه $V_O - V_i$ را روی اسیلوسکوپ مشاهده نمایید و روی کاغذ شطرنجی رسم کنید.

۳-۳ حال منبع dc اول (از سمت چپ) را برابر 5 V و منبع dc دوم را برابر 3 V قرار دهید و دو مرحله قبل را تکرار نمایید.

چه تفاوتی در شکلیها مشاهده می شود؟

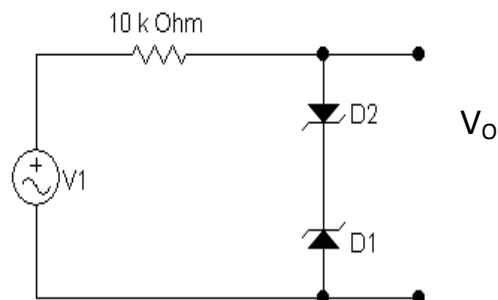
مشاهدات خود را یادداشت کرده و در گزارش کار خود بیاورید.

۴- مدار برش دو سطحی با استفاده از دیود زنر

مدار شکل مقابل را ببندید.

V_1 یک موج سینوسی با فرکانس ۱ KHz و ولتاژ (P-P) ۱۶ V

(D_1 دیود ۶۷۲ و D_2 دیود ۳۷۹)



۴-۱ شکل موج V_0 را به همراه V_1 روی اسیلوسکوپ مشاهده و روی کاغذ شطرنجی رسم نمایید.

(رنج کانالهای اسیلوسکوپ مساوی باشد.)

۴-۲ کلید Time/Div اسیلوسکوپ را روی X-Y قرار دهید و نقطه نورانی را روی مرکز صفحه تنظیم نمایید و مشخصه V_0-V_i را روی اسیلوسکوپ مشاهده نمایید و روی کاغذ شطرنجی رسم کنید. سطوح برش را مشخص نمایید.

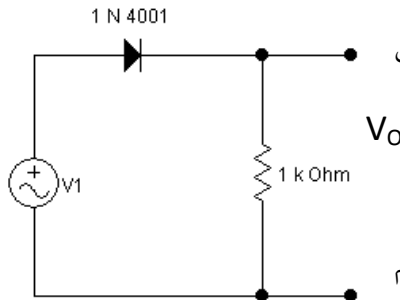
۴-۳ دیود D_1 را به تنهایی در مدار قرار دهید و شکل موج خروجی و ورودی را رسم نمایید.

۴-۴ دیود D_2 را به تنهایی در مدار قرار دهید و شکل موج خروجی و ورودی را رسم نمایید.

۴-۵ آیا استفاده از دیود زنر برای مدارهای برش مطلوب است؟ توضیح دهید

آزمایش شماره ۳

۱- یکسو ساز نیم موج



مدار شکل مقابل را ببندید. V_1 یک موج سینوسی با فرکانس 200 Hz و ولتاژ 12 V(P-P)

۱-۱ شکل موج ورودی و خروجی را با هم مشاهده و رسم

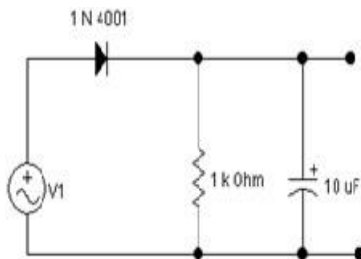
نمایید.

۱-۲ جهت دیود را عوض نموده و خروجی را روی ورودی شکل قبل با رنگ متفاوت رسم

نمایید.

۱-۳ چه تفاوتی بین خروجی یک سو شده در حالت ایده آل و شکل موجهای خروجی فوق مشاهده می کنید. توضیح دهید.

۱-۴ حال مدار زیر را بسته و خروجی را مشاهده و رسم نمایید و با حالات قبل مقایسه نمایید.



چه تغییری مشاهده می نمایید؟

۱-۵ مقدار ریپل خروجی را اندازه گیری و رسم نمایید. V_O

۱-۶ خازن $10\text{ }\mu\text{F}$ را با خازن $100\text{ }\mu\text{F}$ تعویض نمایید و

خروجی را مشاهده و رسم نمایید.

تغییر مقدار خازن چه اثری در مقدار ریپل خروجی دارد؟ توضیح دهید

۱-۷ به ازای فرکانسهای زیر مقدار (P to P) ولتاژ ریپل در خروجی را اندازه گیری نمایید.

$$C = 100\text{ }\mu\text{F} \Rightarrow f = 800\text{ Hz} \quad f = 500\text{ Hz}$$

افزایش فرکانس چه اثری در اندازه ریپل دارد؟

۱-۸ به ازای مقاومتیهای زیر مقدار (P to P) ولتاژ ریپل در خروجی را اندازه گیری نمایید.

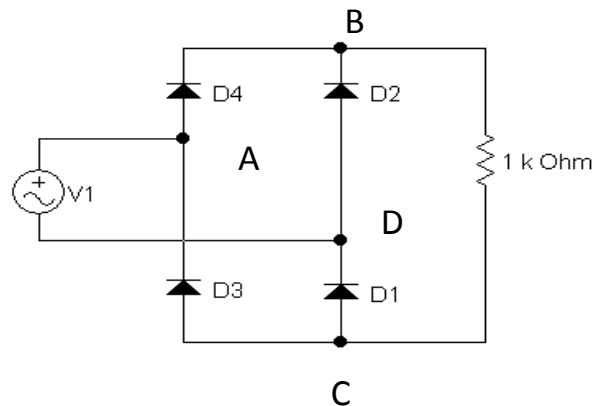
$$[f = 500\text{ Hz}, C = 100\text{ }\mu\text{F}] \Rightarrow R = 470\text{ }\Omega \quad R = 10\text{ K}\Omega$$

تغییر مقاومت بار چه اثری در اندازه ریپل دارد؟

آزمایش شماره ۴

۱- یکسو ساز تمام موج

مدار شکل مقابل را ببندید. V_1 یک موج سینوسی با فرکانس 200 Hz و ولتاژ 16 V(p-p)



۱-۱ خروجی را

مشاهده نموده و رسم

نمایید (دو سر مقاومت)

۱-۲ کانال ۱ را به

نقطه C و کانال ۲ را

به نقطه B وصل کرده

و از روی اسکوپ

معکوس کرده و نقطه

D را به زمین اسیلوسکوپ وصل نمایید.

کانال ۱ ولتاژ دوسر دیود ۱ و کانال ۲ ولتاژ دو سر دیود ۲ را نشان می دهد. این دو شکل

موج را بطور همزمان مشاهده و ترسیم نمایید.

موقعیت وصل و قطع هر دیود نسبت به هم را بررسی نمایید.

۱-۳ حال زمین اسیلوسکوپ را به نقطه A وصل نمایید.

کانال ۱ ولتاژ دوسر دیود ۳ و کانال ۲ ولتاژ دو سر دیود ۴ را نشان می دهد. این دو شکل

موج را بطور همزمان مشاهده و ترسیم نمایید.

موقعیت وصل و قطع هر دیود نسبت به هم را بررسی نمایید.

۱-۴ کانال ۱ را به نقطه A و کانال ۲ را به نقطه D وصل کرده و نقطه B را به زمین

اسیلوسکوپ وصل نمایید.

کانال ۱ ولتاژ دوسر دیود ۴ و کانال ۲ ولتاژ دو سر دیود ۲ را نشان می دهد. این دو شکل

موج را بطور همزمان مشاهده و ترسیم نمایید.

موقعیت وصل و قطع هر دیود نسبت به هم را بررسی نمایید.

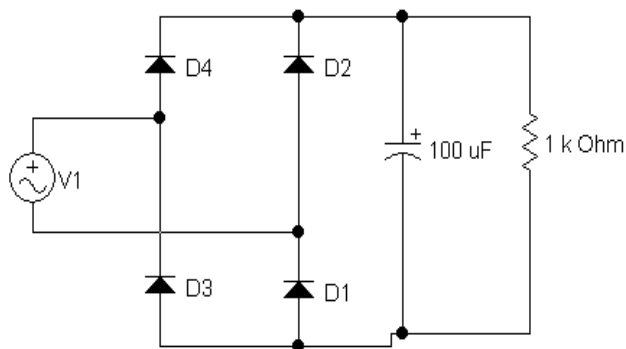
۱-۵ آیا می توانید بگویید کدام دیودها با هم وصل و کدام دیودها با هم قطع می شوند؟

۱-۶ شکل موج دو سر مقاومت را دیده و رسم نمایید.

۲ - یکسو ساز تمام موج با خازن

مدار شکل مقابل را ببندید.

V₁ یک موج سینوسی با فرکانس ۱K HZ و ولتاژ ۱۶ V (P-P)



۱-۲ اندازه رپیل ولتاژ

دوسر بار را اندازه گیری

نمایید.

۲-۲ تفاوت رپیل مدار فوق

با مدار یکسو ساز تمام موج

قبل را دیده و توضیح

دهید.

۳-۲ به نظر شما برای ساخت یک منبع تغذیه DC کدامیک از مدارهای یک سو ساز مناسب

تر است؟ توضیح دهید.

۴-۲ به ازای خازنهای زیر مقدار (P to P) ولتاژ رپیل در خروجی را اندازه گیری نمایید.

$$C = 470 \mu F$$

$$C = 1000 \mu F$$

تغییر مقدار خازن چه اثری در مقدار رپیل خروجی دارد؟ توضیح دهید

۵-۲ به ازای فرکانسهای زیر مقدار (P to P) ولتاژ رپیل در خروجی را اندازه گیری نمایید.

$$C = 470 \mu F$$

$$\Rightarrow f = 500 \text{ HZ}$$

$$f = 1000 \text{ HZ}$$

افزایش فرکانس چه اثری در اندازه رپیل دارد؟

۶-۲ به ازای مقاومتیهای زیر مقدار (P to P) ولتاژ رپیل در خروجی را اندازه گیری نمایید.

$$C = 470 \mu F$$

$$f = 500 \text{ HZ}$$



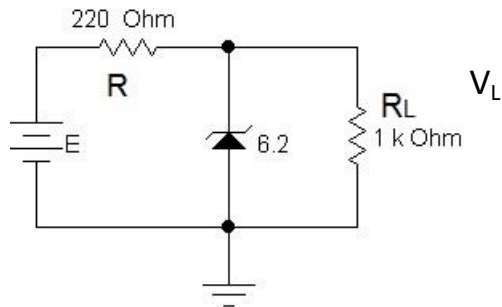
$$R = 470 \Omega$$

$$R = 100 \text{ K}\Omega$$

تغییر مقاومت بار چه اثری در اندازه رپیل دارد؟

آزمایش شماره ۵

۱- تثبیت ولتاژ با دیود زener



مدار شکل مقابل را ببندید. کانال ۱

اسیلوسکوپ را به منبع ورودی و کانال ۲ را به

دو سر مقاومت بار وصل کنید.

۱-۱ به ازای مقادیر مختلف E ولتاژ بار و جریان دیود زener را اندازه گیری نمایید و در جدول زیر یادداشت نمایید.

$E(V)$	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۲	۱۴
$V_L(V)$									
$V_R(V)$									
$I_Z(mA)$									
$I_L(mA)$									

در رابطه با نتایج به دست آمده توضیح دهید و شرط تثبیت ولتاژ توسط دیود زener را بیان نمایید.

۱-۲ به ازای $E=12V$ و مقادیر مختلف مقاومت بار جدول زیر را کامل نمایید

$R(\Omega)$	۱۰۰	۲۲۰	۵۶۰	۱۰۰۰	۲۲۰۰	۳۳۰۰
$V_R(V)$						
$V_L(V)$						
$I_Z(mA)$						

تغییرات مقاومت بار چه تاثیری در مقدار ولتاژ تثبیت شده دارد؟

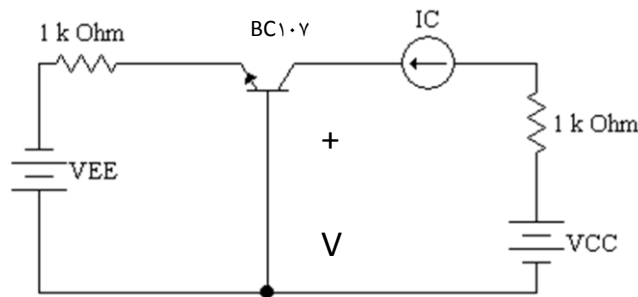
تغییرات مقاومت بار چه تاثیری در مقدار جریان دیود زener دارد؟

آزمایش شماره ۶

مشخصه خروجی در حالت بیس مشترک

۱-۱ مدار مطابق شکل زیر بسته و ولتاژ V_{EE} را چنان تنظیم نمایید تا جریان آمیتر برابر 2 mA

$$(V_{EE} = 2/8\text{V} \quad V_{CC} = 6/5\text{V}) \quad \text{شود.}$$



با تغییر ولتاژ منبع V_{CC} مقدار ولتاژ V_{CB} و جریان I_C را بدست آورده و در ستون مربوط به جریان آمیتر $I_E = 2\text{ mA}$ جدول شماره ۱ یادداشت نمایید.

V_{CC} را آنقدر کاهش دهید تا $I_C = 0$ شود. (در صورت لزوم جهت پلاریته V_{CC} را عوض نمایید)

اطلاعات بدست آمده از جدول را روی کاغذ میلیمتری آورده و منحنی I_C بر حسب V_{CB} را رسم نمائید. (در پایان کار مدار را به حالت اولیه خود یعنی $V_{CC} = 6/5\text{ V}$ برگردانید)

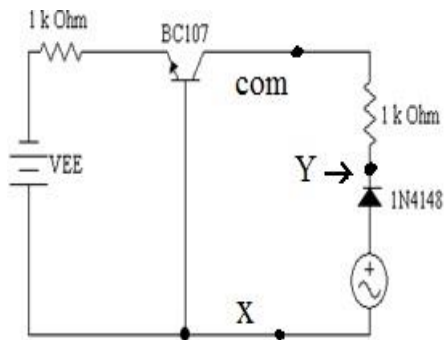
۱-۲ در مرحله بعدی ولتاژ V_{EE} را چنان تنظیم نمایید تا جریان آمیتر برابر 3 mA شود و مانند مرحله قبل ادامه جدول ۱ را کامل نمایید و منحنی مربوطه را روی همان گراف قبل رسم نمائید.

۱-۳ در این مرحله ولتاژ V_{EE} را چنان تنظیم نمایید تا جریان آمیتر برابر 4 mA شود مانند مرحله قبل ادامه جدول ۱ را کامل نمایید و منحنی مربوطه را روی همان گراف قبل رسم نمائید.

جدول ۱	$I_E = 2 \text{ mA}$		$I_E = 3 \text{ mA}$		$I_E = 4 \text{ mA}$	
V_{CC}	$V_{CB} \text{ (volt)}$	$I_C \text{ (mA)}$	$V_{CB} \text{ (volt)}$	$I_C \text{ (mA)}$	$V_{CB} \text{ (volt)}$	$I_C \text{ (mA)}$
۱۵						
۱۱						
۷						
۴						
۳,۵						
۳						
۲,۵						
۲						
۱,۵						
۱						
۰						
-۰,۸		۰		۰		۰

جدول شماره ۱

۴-۱) بدون تغییر دادن مدار بجای V_{CC} یک سگنال ژنراتور سری با یک دیود $1N4148$ قرارداده و مدار را مطابق شکل زیر ببندید.



$$F = 100 \text{ Hz}, V = 10 \text{ v}_{p-p}$$

پروب های اسیلوسکوپ را مطابق شکل وصل کرده و اسیلوسکوپ را در حالت (X-Y) قرارداده و منحنی بدست آمده را مشاهده نمایید.

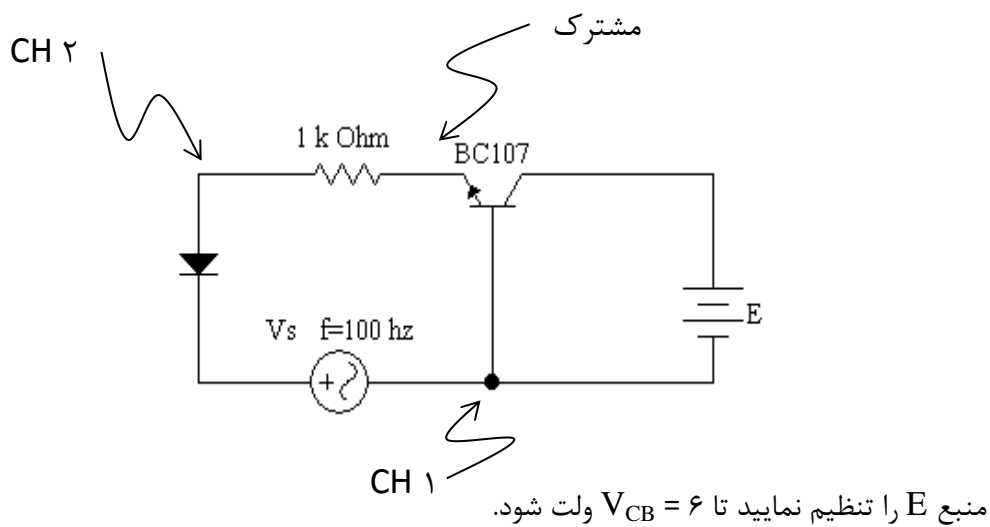
(توجه نمایید که منحنی بدست آمده در این قسمت نسبت به محور عمودی، قرینه منحنی بدست آمده در قسمتهای قبلی است)

۵-۱) مقدار V_{EE} را از صفر تا ۱۰ ولت تغییر داده و منحنی های بدست آمده را روی اسکوپ مشاهده نمایید و با منحنی های رسم شده قبلی مطابقت دهید.

۶-۱) برای $V_{EE} = 5$ منحنی حاصل را رسم نمایید و توضیح دهید در این حالت ترانزیستور در چه ناحیه ای کار می کند.

مشاهده مشخصه ورودی در ترکیب بیس مشترک

مدار زیر را بسته و اسکوپ را مطابق شکل به مدار وصل نمایید.



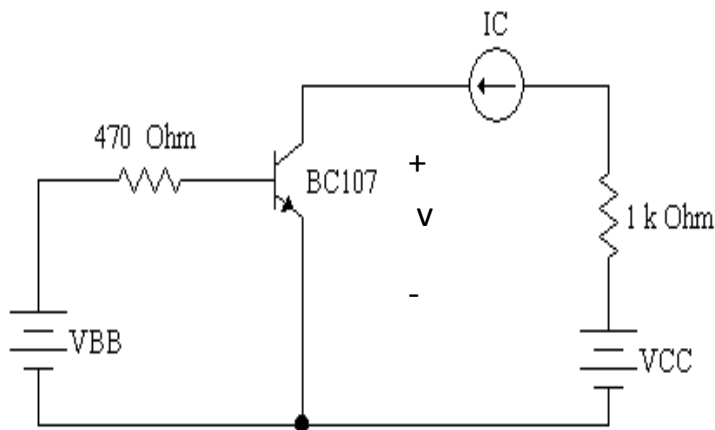
اسیلوسکوپ را در وضعیت X-Y قرار دهید و منحنی مشاهده شده را رسم نمایید. (منحنی مشاهده شده I_E بر حسب V_{BE} می باشد)

برای حالت $E = 12$ و $E = 20$ ولت نیز منحنی را مشاهده و رسم نمایید.

آزمایش شماره ۷

بدست آوردن مشخصه خروجی در حالت امیتر مشترک

۲-۱ مدار مطابق شکل زیر بسته و ولتاژ V_{BB} را چنان تنظیم نمایید تا جریان بیس برابر $5 \mu A$ شود. ($V_{CC} = 15 V$)



با تغییر ولتاژ منبع V_{CC} مقدار ولتاژ V_{CE} و جریان I_C را بدست آورده و در ستون مربوط به جریان امیتر $I_B = 5 \mu A$ جدول شماره ۲ یادداشت نمایید.

اطلاعات بدست آمده از جدول را روی کاغذ میلیمتری آورده و منحنی I_C بر حسب V_{CE} را رسم نمائید. (در پایان کار مدار را به حالت اولیه خود یعنی $V_{CC} = 15 V$ برگردانید)

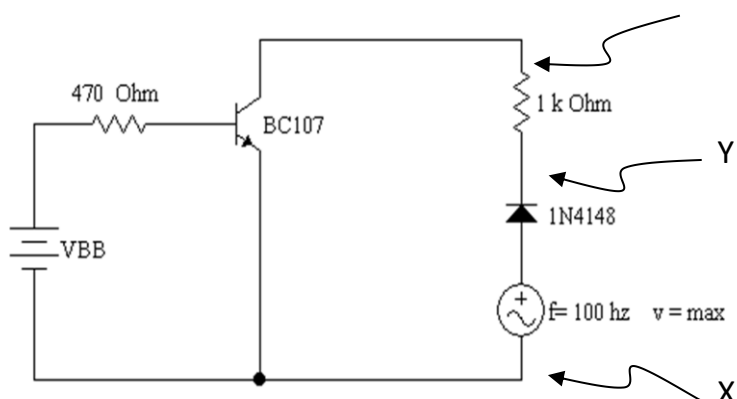
۲-۲) مرحله قبل را یک بار برای $I_B = 10 \mu A$ و بار دیگر برای $I_B = 15 \mu A$ تکرار کرده و منحنی های مربوطه را روی گراف قسمت قبل رسم نمائید.

جدول ۲	$I_B = 5 \mu A$		$I_B = 10 \mu A$		$I_B = 15 \mu A$	
V_{CC}	V_{CE} (volt)	I_C (mA)	V_{CE} (volt)	I_C (mA)	V_{CE} (volt)	I_C (mA)
۱۵						
۱۱						
۷						
۴						
۳,۵						
۳						
۲,۵						
۲						
۱,۵						
۱						
۰,۵						
۰						

جدول شماره ۲

(۲-۳) در مدار قبل بجای V_{CC} یک سیگنال ژنراتور با فرکانس 100 Hz و دامنه ماکزیمم سری با یک دیود $1N4148$ قرار دهید و پرب های اسیلوسکوپ را مطابق شکل به مدار وصل کرده و اسکوپ را روی حالت X-Y قرار دهید و منحنی بدست آمده را مشاهده نمائید. (منحنی نسبت به محور عمودی قرینه منحنی های بدست آمده در حالت های قبل است)

سیم مشترک اسکوپ



(۲-۴) مقدار V_{BB} را از ۱۵ تا صفر تغییر داده و منحنی های بدست آمده روی اسکوپ را مشاهده نمائید. منحنی های حاصل را با منحنی های رسم شده قبلی مطابقت نمائید.

۵-۲) برای $V_{BB} = 8$ منحنی حاصل را رسم نمایید و توضیح دهید در حوالی ناحیه شکست منحنی ، ترانزیستور در چه ناحیه ای کار می کند؟ V_{CE} را نیز در این ناحیه اندازه گرفته و روی منحنی یادداشت نمایید.

سؤال:

- با توجه به دو رابطه $\alpha = \frac{I_C}{I_E}$ و $\beta = h_{FE} = \frac{I_C}{I_B}$ ، α و β را از روی اطلاعات بدست آمده محاسبه نمایید. جوابهای بدست آمده برای مقادیر α و β تا چه حد به واقعیت نزدیک است و کدام دقیقتر است؟ با توجه به دقت اندازه گیری بحث کنید.
- رابطه α و β چیست ؟
- توضیح دهید که چرا شیب منحنی های بدست آمده در حالت CB و CE با هم متفاوت است و دلیل وجود شیب بیشتر در حالت CE چیست؟ علت وجود شیب را نیز توضیح دهید.
- با توجه به جدول شماره ۱ توضیح دهید که چرا بدون آنکه جهت V_{CC} را در آزمایش ۱-۱ عوض کنیم ، با کم کردن V_{CC} ولتاژ V_{CB} منفی می شود؟
- با توجه به منحنی های رسم شده ملاحظه می شود که در حالت CE ، ولتاژ V_{CE} فقط دارای مقادیر مثبت است ، ولی در حالت CB ولتاژ V_{CB} مقادیر مثبت و منفی را دارد و مهمتر اینکه در این حالت نقطه شکست منحنی در V_{CB} منفی است. با توجه به تئوری کار ترانزیستور در این مورد بحث کنید.

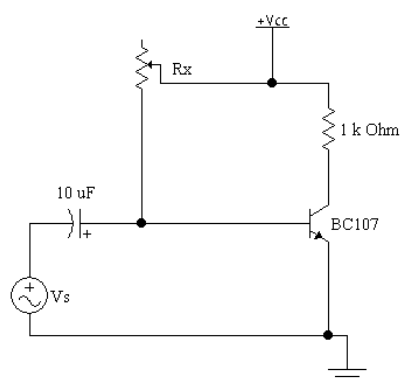
بایاسینگ و پاداری نقطه کار ترانزیستور

یکی از مسائل مهم مدارهای الکترونیکی انتخاب نقطه کار مناسب برای ترانزیستورها است. در مدارهای الکترونیکی از ترانزیستور بعنوان تقویت کننده و یا یک سویچ استفاده می شود. زمانی که از ترانزیستور بعنوان تقویت کننده استفاده می شود، ترانزیستور را می بایست طوری تنظیم نماییم که همواره در ناحیه باقی بماند زیرا سیگنال خروجی باید با سیگنال ورودی متناسب باشد. بنابراین از اشباع یا قطع شدن ترانزیستور باید جلوگیری شود.

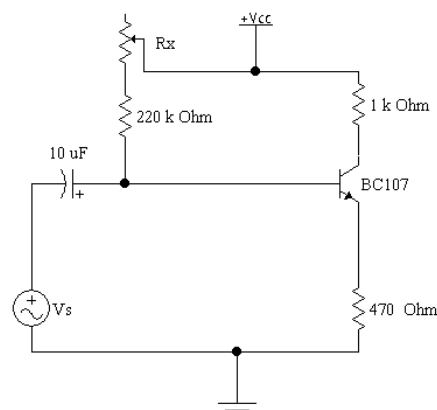
اما در صورتیکه بخواهیم از ترانزیستور بعنوان سویچ استفاده نماییم، ترانزیستور باید در ناحیه اشباع یا قطع تنظیم شود.

در این آزمایش هدف بررسی و پایداری ترانزیستورها در ناحیه خطی (اکتیو) است که بعنوان تقویت کننده بکار می رود. نقطه کار ترانزیستور به پارامترهای ترانزیستور بستگی دارد. این پارامترها مربوط به ساختمان داخلی ترانزیستور می باشد لذا در اثر تغییر درجه حرارت، تعویض ترانزیستور با ترانزیستور مشابه در مدار باعث تغییر نقطه کار می شود. در طراحی تقویت کننده باید سعی شود نقطه کار دارای حداقل وابستگی به ترانزیستور و بیشترین وابستگی به المانهای دیگر مدار داشته باشد. با این کار چون المانهای دیگر مدار مثل مقاومت و منابع تغذیه در اثر تغییر درجه حرارت تغییرات چندانی ندارند، نقطه کار پایدار می شود.

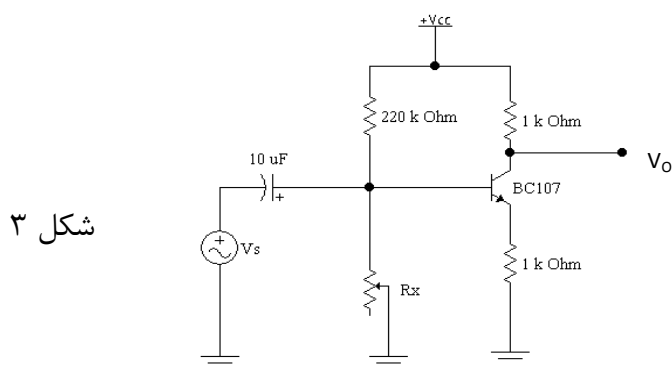
برای بایاس کردن ترانزیستور در ابتدایی ترین مدارها دو منبع تغذیه بکار می رود. برای صرفه جویی در استفاده از منبع تغذیه روشهای مختلفی وجود دارد که با استفاده از آنها فقط از یک منبع استفاده می شود. شکل‌های ۱ و ۲ و ۳ روش های مختلفی برای بایاس ترانزیستور با استفاده از یک منبع تغذیه را نشان می دهد.



شکل ۱



شکل ۲



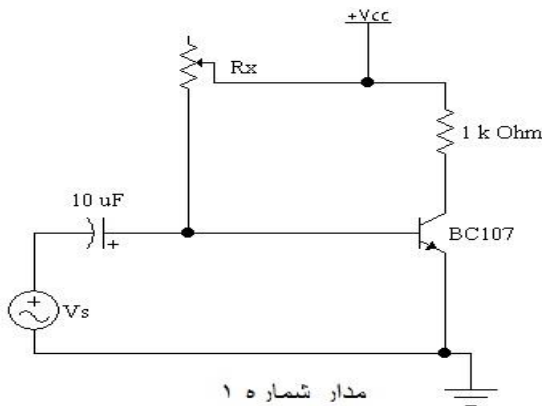
شکل ۳

ناپایداری بر اثر تغییر حرارت در شکل ۱ زیاد است. باید کاری کرد تا ناپایداری از بین برود. نکته قابل توجه این است که وقتی در مدار تغییراتی می دهیم تا چیزی را بدست آوریم ، معمولاً چیزی را از دست می دهیم. مثلاً مدارهای شکل ۲ و شکل ۳ دارای نقطه کار پایدارتری نسبت به مدار شکل ۱ می باشند اما بهره ولتاژ آنها کمتر است.

در مدارهای شکل ۱ و ۲ و ۳ با تنظیم مقاومت متغیر R_x نقطه کار تنظیم می شود.

آزمایش شماره ۸

۱-۱ مدار شماره ۱ را ببندید و با تغییر مقاومت R_X نقطه کار ترانزیستور را در وسط خط بار DC قرار دهید. نقطه کار را اندازه گیری و در جدول زیر یادداشت نمایید. (نقطه کار Q)



V_{BEQ} (volt)	
V_{CEQ} (volt)	
I_C (mA)	
$R_X(K\Omega)$	
$V_{R_X}(V)$	
I_B (μA)	
h_{FE}	

۱-۲ مقدار R_X را در خارج از مدار با اهم متر اندازه گیری نموده و در جدول قبل یادداشت نمایید.
 ۱-۳ هویه را گرم کرده و به بدنه ترانزیستور نزدیک کنید تا ترانزیستور گرم شود. دقت کنید ترانزیستور خیلی گرم نشود حدود ۱ دقیقه کافی است و در آخر این زمان، مقادیر خواسته شده در جدول را تکمیل نمایید.

DC			AC		
V_O قبل از حرارت دادن	V_{OT} بعد از حرارت دادن	$\frac{\Delta V_O}{V_O} \times 100$	V_i	V_O	$A_v = \frac{V_O}{V_i}$
			۵۰ mV		

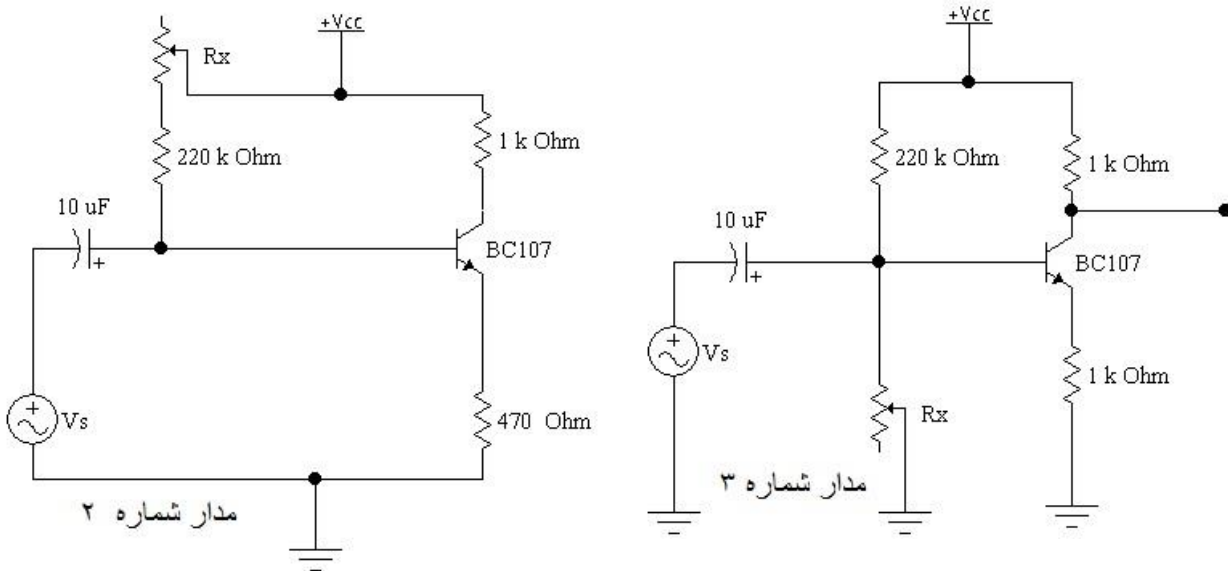
۱-۴ سیگنال ژنراتور را روشن کنید و با انتخاب فرکانس حدود ۱ KHz ورودی را طوری تنظیم کنید که خروجی اعوجاج نداشته باشد. ولتاژ ورودی و خروجی را در جدول بالا یادداشت نمایید و بهره ولتاژ را معین کنید.

۱-۵ کانال مربوط به خروجی اسکوپ را روی حالت DC قرار دهید و دامنه سیگنال ورودی را آنقدر زیاد کنید که تا سیکل منفی موج از پایین در حال زده شدن باشد. حال دوباره هویه را به بدنه ترانزیستور بچسبانید و به اعوجاج سیگنال خروجی توجه کنید. ترانزیستور در این حالت در چه

ناحیه ای کار می کند؟

۲-۱ مدار شماره ۲ را ببندید و آزمایش بخش ۱ را کامل برای این مدار تکرار کنید.

۱-۳ مدار شماره ۳ را ببندید و آزمایش بخش ۱ را کامل برای این مدار تکرار کنید.



سؤال گزارش کار:

- در مدارهای شماره ۱ و ۲ و ۳ مقدار R_X را طوری محاسبه نمایید تا نقطه کار در وسط خط بار قرار گیرد. (h_{FE} را حدود ۳۳۰ در نظر بگیرید)
- مقدار R_X بدست آمده از تئوری با مقدار بدست آمده از آزمایش را با هم مقایسه کرده و اگر اختلافی وجود دارد توضیح دهید.
- گذاشتن مقاومت R_E در مدار شماره ۲ چه تاثیری دارد؟
- کدام یک از مدارهای داده شده دارای بیشترین پایداری می باشد؟ کدام یک دارای بیشترین بهره ولتاژ می باشد؟

تقویت کننده

تقویت کننده ها در سه صورت طراحی می شوند:

- امپتر مشترک
- کلکتور مشترک
- بیس مشترک

هر کدام از طراحی های فوق دارای خواص مخصوص به خود می باشند و بر طبق آن کاربردهای مشخصی دارند. مهمترین پارامترهای یک تقویت کننده عبارتند از: بهره ولتاژ، بهره جریان، بهره توان، امپدانس ورودی و امپدانس خروجی.

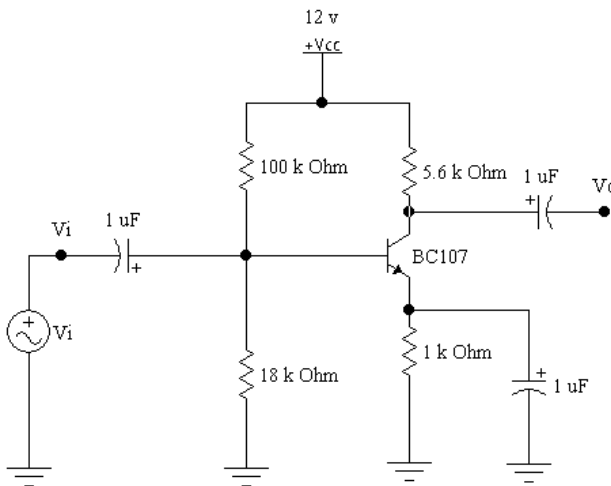
پارامترهای دیگر که در طراحی مطرح می شوند عبارتند از: ماکزیممی که ترانزیستور یا تقویت کننده برای یک پارامتر مشخص می تواند تحمل کند مثل: P_{max} ، $V_{BE\ max}$ ، $V_{CE\ max}$ ، $I_{C\ max}$ و ...

اختلاف فاز ورودی و خروجی	بهره ولتاژ	بهره جریان	امپدانس خروجی	امپدانس ورودی	آرایش
۱۸۰	زیاد	زیاد	متوسط - زیاد	متوسط	CE
۰	کمتر از واحد	زیاد	کم	زیاد	CC
۰	زیاد	کمتر از واحد	زیاد	کم	CB

آزمایش شماره ۹

تقویت کننده امیتر مشترک

مداری مطابق شکل ببندید.



- ۱- مدار را از نظر تئوری تحلیل نمایید.
- ۲- نقطه کار تقویت کننده را اندازه گیری نمایید. ترانزیستور در چه ناحیه ای کار می کند؟
- ۳- خط بار DC و AC مدار را رسم نمایید. آیا نقطه کار نقطه مناسبی است؟
- ۴- یک مقاومت $1\text{ K}\Omega$ را در خروجی قرار دهید و یک سیگنال سینوسی با فرکانس 20 KHz به ورودی اعمال

نمایید و حداکثر دامنه ورودی را طوری تنظیم نمایید تا در خروجی اعوجاج ایجاد نشود. مقدار

دامنه ورودی و خروجی را یادداشت نمایید. ($V_i = 5\text{ mV}$)

- ۵- بهره (گین) ولتاژ را اندازه گیری نمایید.
- ۶- بهره (گین) جریان را اندازه گیری نمایید.
- ۷- امپدانس ورودی و امپدانس خروجی را اندازه گیری نمایید. (توضیح ۱ و ۲)
- ۸- اختلاف فاز بین ورودی و خروجی را اندازه گیری نمایید.
- ۹- با تغییر فرکانس ورودی و ثابت نگه داشتن دامنه ورودی جدول زیر را تکمیل نمایید:
- ۱۰-

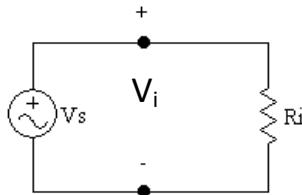
f	۲۰۰ HZ	۵۰۰ HZ	۱ KHZ	۵ KHZ	۱۰ KHZ	۲۰ KHZ	۱۰۰ KHZ	۳۰۰ KHZ	۵۰۰ KHZ	۷۰۰ KHZ	۱ MHZ	۱,۵ MHZ
V_i												
V_o												
A_v												

فرکانس قطع پایین و فرکانس قطع بالای تقویت کننده را اندازه گیری نمایید. (توضیح ۳)

توضیح ۱: برای اندازه گیری امپدانس ورودی به دو روش زیر عمل نمایید.

روش اول:

در حالی که خروجی تقویت کننده مدار باز است دامنه ورودی را تنظیم کنید تا خروجی بدون اعوجاج باشد. مقدار دامنه ورودی را یادداشت نمایید.

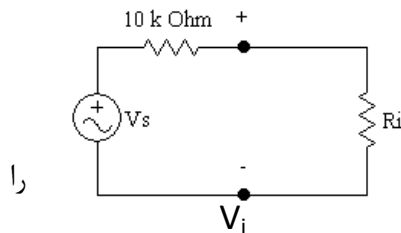


$$A = V_{i \max} =$$

حال یک مقاومت $10 \text{ K}\Omega$ را با سیگنال ژنراتور سری می کنیم. چنانچه دامنه V_s تغییر کرده است آن را به مقدار قبل (A) تنظیم میکنیم :

$$V_{s \max} = A$$

مقدار دامنه V_i را یادداشت نمایید:



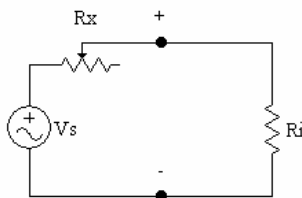
$$B = V_{i \max} =$$

با توجه به رابطه زیر می توان مقدار امپدانس ورودی تعیین نمود:

$$\frac{B}{A} = \frac{R_i}{10 + R_i} \Rightarrow R_i =$$

روش دوم:

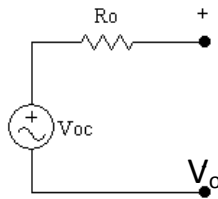
برای اندازه گیری امپدانس ورودی ابتدا ولتاژ ورودی را اندازه گیری نموده سپس یک پتانسیومتر را با سیگنال ژنراتور سری می کنیم. پتانسیومتر را آنقدر می چرخانیم تا ولتاژ دو سر آن نصف مقدار سیگنال ژنراتور شود. در این صورت مقدار پتانسیومتر برابر با مقدار امپدانس ورودی است.



توضیح ۲: برای اندازه گیری امپدانس خروجی به دو روش زیر عمل نمایید.

روش اول :

با توجه به مدار معادل تونن دیده شده از سر خروجی تقویت کننده ، امپدانس خروجی که همان مقاومت تونن می باشد را می توان بدست آورد.



مقاومت بار را از خروجی مدار خارج می کنیم.

V_O را بدون اعوجاج در خروجی اندازه گیری می کنیم.

در این حالت V_O همان V_{OC} می باشد.

$$A = V_{O \max} =$$

مقاومت بار را در خروجی قرار دهید و مقدار V_O را اندازه گیری نمایید.

$$B = V_{O \max} =$$

با توجه به رابطه زیر امپدانس خروجی بدست می آید:

$$\frac{B}{A} = \frac{1}{1 + R_O} \Rightarrow R_O =$$

روش دوم :

در این روش برای اندازه گیری امپدانس خروجی ابتدا ولتاژ خروجی را اندازه گیری می کنیم سپس پتانسیومتری را بین خروجی و زمین قرار می دهیم. آنقدر پتانسیومتر را تغییر می دهیم تا خروجی به نصف مقدار اولیه برسد در این صورت مقدار پتانسیومتر برابر با امپدانس خروجی می باشد.

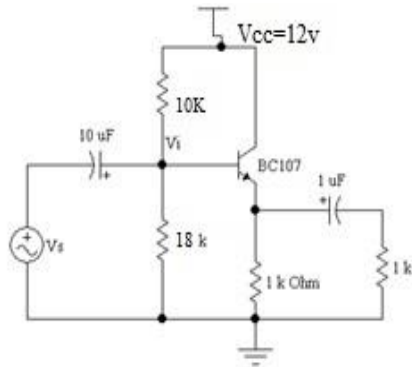
توضیح ۳: فرکانس قطع بالا فرکانس زیادی است که در آن فرکانس ، گین ولتاژ نسبت به

فرکانسهای میانی به $\frac{1}{\sqrt{2}} = 0.707$ می رسد و فرکانس قطع پایین فرکانس کمی است که در آن

فرکانس ، گین ولتاژ نسبت به فرکانسهای میانی به $\frac{1}{\sqrt{2}} = 0.707$ می رسد.

آزمایش شماره ۱۰

تقویت کننده کلکتور مشترک



این تقویت کننده به دلیل امپدانس ورودی نسبتاً زیاد و امپدانس خروجی کم و بهره ولتاژ واحد به عنوان مدار تطبیق امپدانس (بافر) مورد استفاده قرار می گیرد. مداری مطابق شکل زیر ببینید.

- ۱- مدار را از نظر تئوری تحلیل نمایید.
- ۲- نقطه کار تقویت کننده را اندازه گیری نمایید. ترانزیستور در چه ناحیه ای کار می کند؟
- ۳- خط بار DC و AC مدار را رسم نمایید. آیا نقطه کار نقطه مناسبی است؟
- ۴- یک سیگنال سینوسی با فرکانس ۵ KHz و دامنه ۱V (p-p) به ورودی اعمال نمایید
- ۵- بهره (گین) ولتاژ را اندازه گیری نمایید.
- ۶- بهره (گین) جریان را اندازه گیری نمایید.
- ۷- امپدانس ورودی و امپدانس خروجی را اندازه گیری نمایید.
- ۸- اختلاف فاز بین ورودی و خروجی را اندازه گیری نمایید.
- ۹- با تغییر فرکانس ورودی و ثابت نگه داشتن دامنه ورودی جدول زیر را تکمیل نمایید:

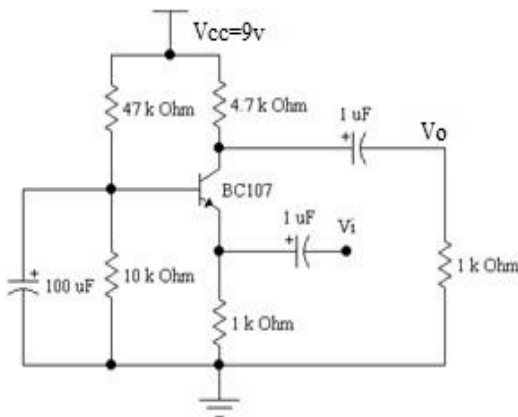
f	۱۰۰ HZ	۲۰۰ HZ	۵۰۰ HZ	۱ KHZ	۵ KHZ	۱۰ KHZ	۲۰ KHZ	۱۰۰ KHZ	۳۰۰ KHZ	۵۰۰ KHZ	۷۰۰ KHZ	۱ MHZ	۱,۵ MHZ
V_i													
V_o													
A_v													

- ۱۰- فرکانس قطع پایین و فرکانس قطع بالای تقویت کننده را اندازه گیری نمایید.

آزمایش شماره ۱۱

تقویت کننده بیس مشترک

این تقویت کننده دارای امپدانس ورودی کم و امپدانس خروجی خیلی زیاد می باشد. بهره ولتاژ زیاد و بهره جریان آن کم است. با توجه به پهنای باند فرکانسی زیادی که دارد در فرکانس های بالا کاربرد بیشتری دارد.



مداری مطابق شکل زیر ببندید.

- ۱- نقطه کار تقویت کننده را اندازه گیری نمایید.
ترانزیستور در چه ناحیه ای کار می کند؟
- ۲- خط بار DC و AC مدار را رسم نمایید. آیا نقطه کار نقطه مناسبی است؟
- ۳- یک سیگنال سینوسی با فرکانس ۱۰ KHz و دامنه ۵۰ mV(p-p) به ورودی اعمال نمایید و مقدار دامنه ورودی و خروجی را یادداشت نمایید.
- ۴- بهره (گین) ولتاژ را اندازه گیری نمایید.
- ۵- بهره (گین) جریان را اندازه گیری نمایید.
- ۶- امپدانس ورودی و امپدانس خروجی را اندازه گیری نمایید.
- ۷- اختلاف فاز بین ورودی و خروجی را اندازه گیری نمایید.
- ۸- با تغییر فرکانس ورودی جدول زیر را تکمیل نمایید:

F	۱ KHZ	۲ KHZ	۳ KHZ	۵ KHZ	۱۰ KHZ	۲۰ KHZ	۱۰۰ KHZ	۳۰۰ KHZ	۵۰۰ KHZ	۷۰۰ KHZ	۱ MHZ	۱,۵ MHZ	۱,۷ MHZ
Vi													
Vo													
Av													

- ۹- فرکانس قطع پایین و فرکانس قطع بالای تقویت کننده را اندازه گیری نمایید.

