

به نام خدا

# گزارش کار آزمایشگاه الکترونیک 1

نویسنده:

طه فلاح

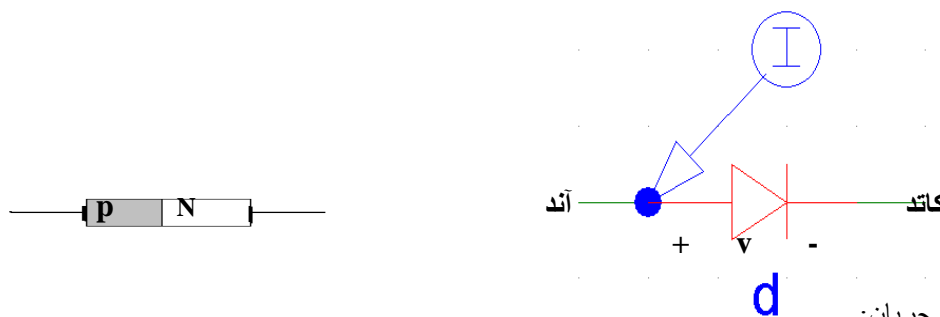


## آزمایش اول:

### بررسی مشخصه انتقالی دیود:

### تئوری آزمایش:

دیود پیوندی در واقع یک پیوند P-N است که به دو سر آن دو قطعه سیم فلزی جهت اتصال به مدار خارجی تعبیه گردیده و مجموعه در داخل یک پوشش مناسب قرار داده شده است. سر طرف P را قطب مثبت یا آند و سر طرف N را قطب منفی یا کاتد می نامند. می دانیم پیوند دو بلور N, P دارای خاصیت یکسو کنندگی جریان است.

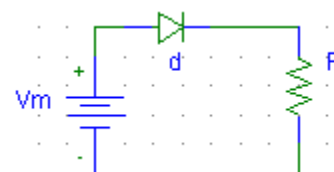


مشخصه ولتاژ-جریان:

در بایاس مستقیم دیود، اگر ولتاژ دو سر دیود را به تدریج از صفر افزایش دهیم در ابتدا جریان کمی از مدار عبور خواهد کرد. همین که ولتاژ به مثبت به حد معینی (در حدود ولتاژ تماس پیوند P-N) رسید جریان شروع به افزایش می نماید. این ولتاژ حدی را ولتاژ آستانه هدایت دیود گویند با  $V_\gamma$  نشان می دهند. برای ولتاژهای بزرگتر از  $V_\gamma$ ، به ازای تغییرات کوچکی در ولتاژ، جریان به شدت افزایش می یابد. در بایاس معکوس دیود، با افزایش ولتاژ معکوس، حاملهای اقلیت بیشتری شروع به حرکت نموده و جریان افزایش می یابد تا به اشباع می رسد ( $I_s$ ). پس از آن تغییر ولتاژ تا حد معینی (حد شکست) تغییری در جریان ایجاد نمی کند. اندازه جریان اشباع معکوس در دیودهای ژرمانیوم در حدود میکرو آمپر و در دیودهای سیلیکون در حدود چند نانو آمپر می باشد.

### انجام آزمایش:

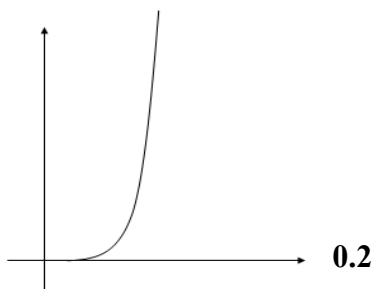
الف- برای مشاهده منحنی I-V دیود مداری طراحی کنید که حداکثر جریان عبوری از دیود 10 mA باشد، مدار را بسته و شکل موج را روی صفحه اسیلوسکوپ مشاهده کنید. با انتخاب  $R=1k$ ،  $V_m=10.5$  مدار را می بندیم، داریم:



$$V_m = V_\gamma + RI \quad \text{تئوری}$$

$$\Rightarrow V_\gamma = 10.5 - 1k \times 10m$$

$$\Rightarrow V_\gamma = 0.5$$

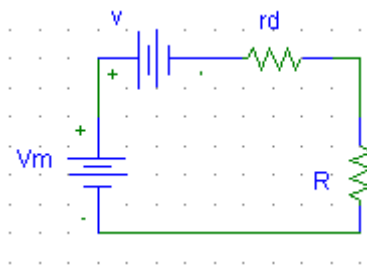
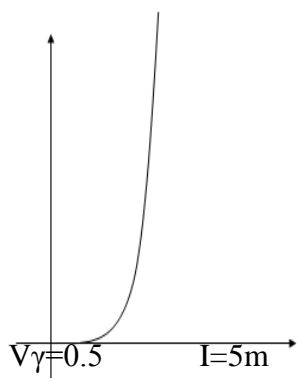


از لحاظ عملی بر روی اسیلوسکوپ (مطابق نمودار) مقدار  $V_\gamma = 0.2$

- در دیود معمولی ولتاژ شکست نداریم و  $I_s$  در حد میکرو آمپر است که در اسیلوسکوپ دیده نمی شود.

ب- تغییرات ولتاژ دیود به ازای تغییرات جریان از 0.5 تا 10 mA چقدر است؟

عبور جریان کمتر از دیود  $V_\gamma$  را افزایش می دهد، و در بایاس موافق می توان به جای دیود یک منبع dc با مقدار  $V_\gamma$  و یک مقاومت  $r_d$  جایگزین کرد.



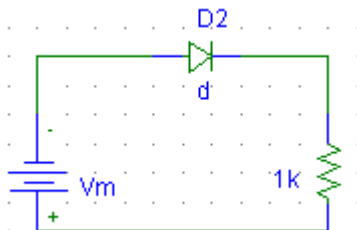
ج) میزان جریان معکوس دیود را اندازه گیری کنید، جریان تابع کدامیک از مشخصات مداری و محیطی می باشد؟ علت اختلاف آن با مقدار تئوری در چیست؟

$$I_D = I_s (e^{V_D/V_T} - 1)$$

V	5	7	9	11
$I_s (\mu A)$	0.1	0.2	0.2	0.2

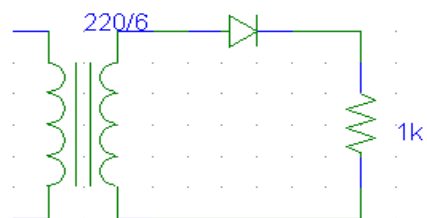
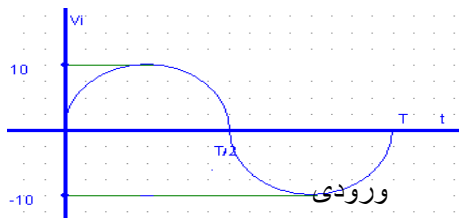
عملی

در این قسمت منبع  $V_s$  را به صورت عکس حالت قبلی در مدار قرار می دهیم، یعنی از بایاس معکوس استفاده می کنیم. جریان دیود به نوع دیود  $V_\gamma$  و مقدار دما بستگی دارد.  
 علت اختلاف با مقدار تئوری به دلیل خطاهای ناشی از وسایل اندازه گیری مانند اسیلوسکوپ، سیگنال ژنراتور، مقاومت می باشد و همچنین دمانیز یکی از عوامل ایجاد خطا می باشد.

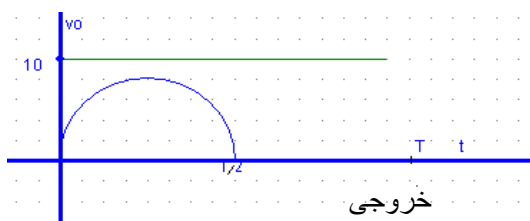


کاربرد دیود به عنوان یکسو ساز:

الف) مدار زیر را بسته و شکل موجهای خروجی و ولتاژ دیود را مشاهده و تفسیر کنید.



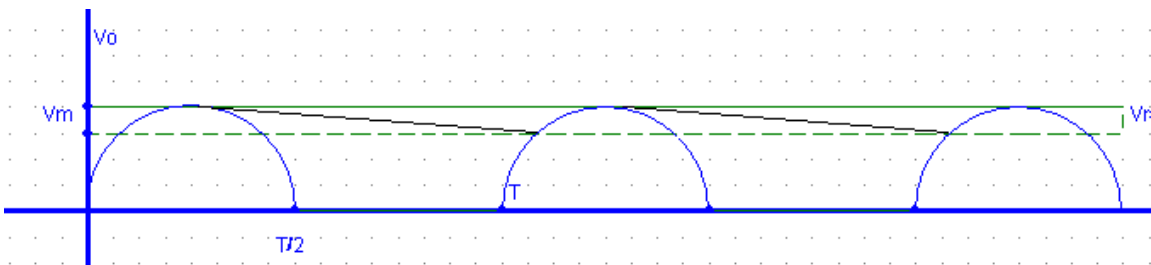
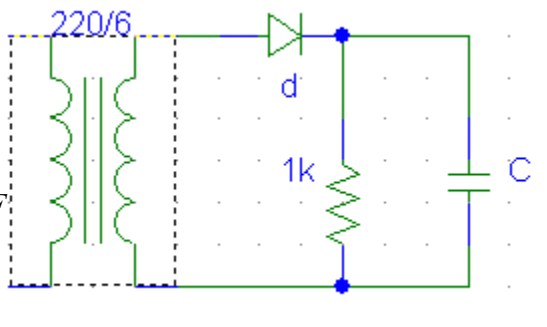
در نیم سیکل مثبت دیود روشن و  $V_o = V_{in} - 0.7$   
در نیم سیکل منفی دیود خاموش و  $V_o = 0$



ب) برای آنکه شکل موج خروجی صاف شود در خروجی از یک خازن استفاده کنید.

$$V_m = V_\gamma + RI$$

$$V_r = \frac{V_m}{fRc} \Rightarrow \frac{15}{100} V_m = \frac{V_m}{fRc} \xrightarrow{f=50} c = 133 \mu F$$



اسیلوسکوپ

$$V_r = 0.3 \times 5 = 1.5 \Rightarrow \frac{V_r}{V_m} = \frac{1.5}{10} = 0.15 \Rightarrow \text{تنوری=عملی}$$

ج) برای کاهش ریپل خروجی چه راه حلی به نظرتان می رسد؟

با توجه به اینکه تغییر مقدار فرکانس در اختیار ما نیست می توان با تغییر مقدار خازن  $V_r$  را تغییر داد  
با توجه به فرمول ریپل دلریم:

$$V_r = \frac{V_m}{fRc}$$

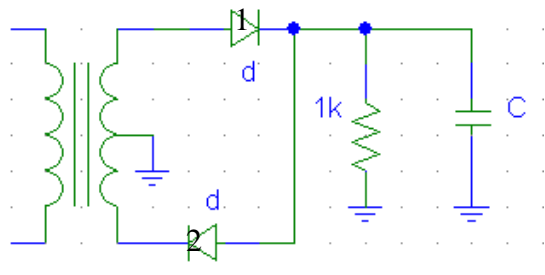
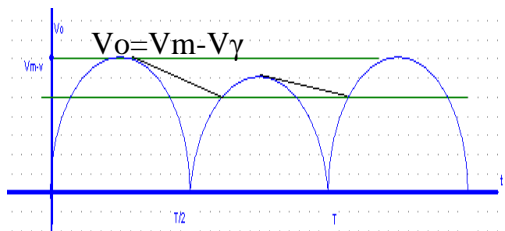
اگر مقدار خازن را افزایش دهیم ریپل خروجی کاهش می یابد.

آزمایش دوم:

منبع تغذیه DC (یکسو ساز تمام موج)

--- شکل موج خروجی را روی صفحه اسیلوسکوپ مشاهده کرده و توضیح دهید.

ترانس سه سر:

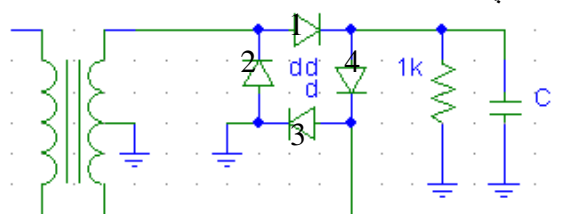
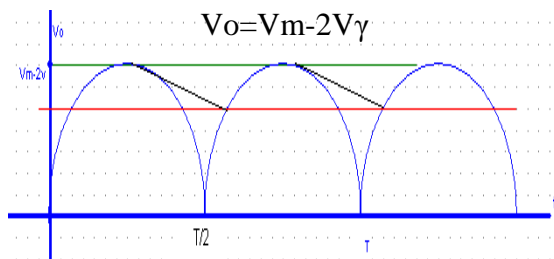


$$V_m = 9.5 \Rightarrow V_{rms} = \frac{\sqrt{2}}{2} V_m = 8$$

$$PIV \geq 2V_m$$

ایراد: استفاده از سه ترانس

شبکه پل:



ایراد: کاهش  $V_m$  به اندازه  $2 \times V_\gamma$

$$V_m = 8.8 \Rightarrow V_{rms} = \frac{\sqrt{2}}{2} V_m = 6.1$$

$$PIV \geq V_m$$

--- اختلاف در مدار فوق از لحاظ دامنه ولتاژ و جریان چیست؟ در هر سیکل کدامیک از دیودها روشن است؟

شبکه پل:

$$I_{dc} = 5mA, I_{ac} = 5mA$$

نیم سیکل مثبت  $D1, D3 = on$

نیم سیکل منفی  $D2, D4 = on$

ترانس سه سر:

$$I_{dc} = 5mA, I_{ac} = 3mA$$

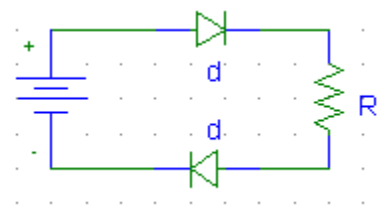
نیم سیکل مثبت:  $D1 = on$

نیم سیکل منفی:  $D2 = on$

--- مقدار خازن خروجی جهت تصحیح خروجی با دامنه ی ریبیل 15% دامنه کل ولتاژ خروجی و برای جریان 50mA محاسبه کنید، مقدار خازن محاسبه شده با حالت یکسو ساز نیم موج چه تفاوتی دارد؟

از دید اسیلوسکوپ:  $V_r = 1.5$

$$\Rightarrow \frac{V_r}{V_m} = \frac{1.5}{8.8} = 17\%$$



$$V_m = 2V\gamma + RI \Rightarrow R = \frac{8.5 - 1.4}{0.05} = 142\Omega$$

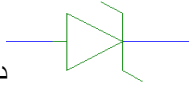
$$V_r = \frac{V_m}{2fRC} \Rightarrow \frac{15}{100} V_m = \frac{V_m}{2 \times 50 \times 142 \times c} \Rightarrow c = 46.9\mu F$$

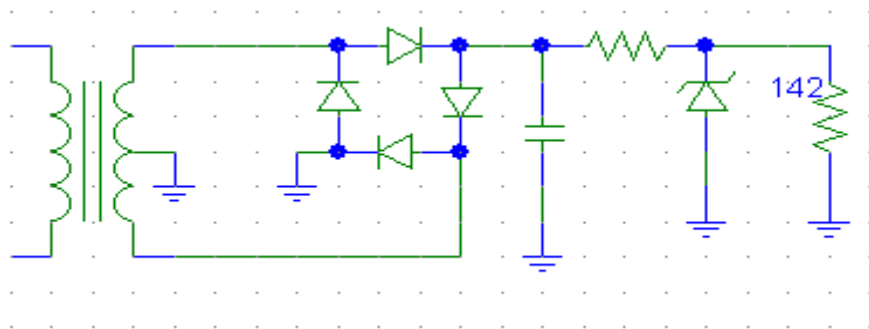
ریپل خروجی در یکسوساز تمام موج کمتر از نیم موج می باشد  
با توجه به فرمول نیز چون در فرمول ریپل تمام موج مخرج بزرگتر شده پس مقدار ریپل کاهش می یابد.

$$V_r = \frac{V_m}{fRC} \text{ : نیم موج}$$

$$V_r = \frac{V_m}{2fRC} \text{ : تمام موج}$$

تثبیت ولتاژ بوسیله ی دیود زبر:

دیود زبر با علامت  در مدارات مشخص می شود و عموماً به صورت معکوس در مدارات استفاده می شود.  
از دیود زبر می توان به عنوان تثبیت کننده ی ولتاژ استفاده کرد .



--- دیود مورد استفاده دارای ولتاژ معکوس 6.2 ولت و دارای تحمل توان 0.5 وات است، با توجه به این مشخصات R را برای ماکزیمم جریان در خروجی محاسبه کنید.

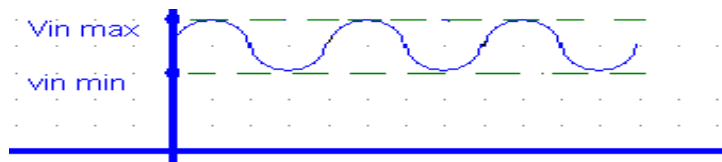
$$\frac{V_{in \max} - V_z}{I_{z \max} + I_{l \min}} \leq R_s \leq \frac{V_{in \min} - V_z}{I_{z \min} + I_{l \max}}$$

$$V_z = 6.2 \quad V_{in \min} = \frac{5 \times 3}{\sqrt{2}} = 10.7 \quad V_{in \max} = 12.4$$

$$I_{z \max} = 0.5 / 6.2 = 80 \text{mA} \quad I_{z \min} = 5 \text{mA} \quad I_{l \min} = 0 \quad I_{l \max} = 6.2 / 142 = 40 \text{mA}$$

$$\Rightarrow 74 \leq R_s \leq 100 \Rightarrow R_s = 82\Omega$$

$$V_r = 2 = \frac{V_m}{2fRC} \Rightarrow c = 731$$

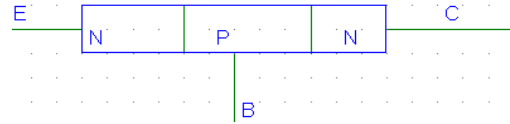




## آزمایش سوم:

آشنایی اولیه با ترانزیستور و بررسی مشخصه های الکتریکی آن

--- پایه های C,E,B ترانزیستور و نوع آن را شناسایی کنید.  
ترانزیستور از دو دیود تشکیل شده است و دارای دو نوع می باشد: npn, pnp



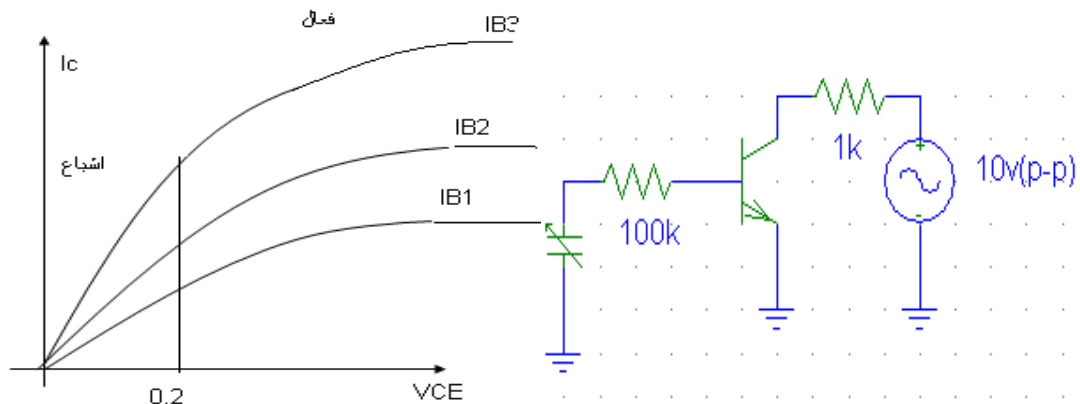
ترانزیستور سه پایه دارد، C,E,B. برای شناسایی این پایه ها اهم متر را در علامت دیود قرار داده و نیم قرمز را در یکی از پایه ها ثابت و سیم سیاه را حرکت می دهیم. آن پایه ای که مقدار بیشتری را نشان دهد امیتروپایه ای که مقدار کمتر را نشان دهد کلکتور و پایه ثابت بیس می باشد.

$$V_{\gamma C} \leq V_{\gamma E}$$

مقدار ناخالصی  $V_{\gamma} \propto$

$$V_{\gamma} = V_b = V_T \ln(N_A N_{D/mi}^2)$$

--- رسم مشخصه ی الکتریکی  $I_c = F(V_{CE})$



مدار را مطابق شکل می بندیم، برای 3 جریان مختلف بیس منحنی  $I_c = F(V_{CE})$  را رسم می کنیم، برای مشاهده منحنی جریان کلکتور بر حسب ولتاژ  $V_{CE}$  باید کانال X را بین E و C و کانال Y را بین Vs, C وصل کنیم، مد نمایش اسیلوسکوپ را در حالت X-Y قرار می دهیم.

--- مقدار  $\beta$  را برای سه جریان فوق به دست آورید.

$$I_c + I_B = I_E \quad r_{\pi} = \frac{V_T}{I_B} = \beta \frac{V_T}{I_c}$$

$$V_{BC} + V_{CE} = V_{BE}$$

$$I_c = \beta I_B, V_{CE} \geq 0.2 \text{ شرط ناحیه فعال}$$

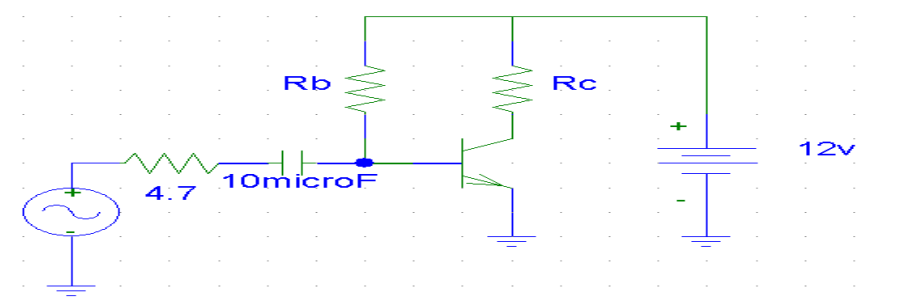
$$V_{BE} \leq 0.2 \text{ شرط ناحیه اشباع}$$

محاسبه:

$$\begin{aligned} \text{عملی } V_B &= 1.3 & I_C &= \beta I_B, \quad \beta = 450 & \Rightarrow I_C &= 450 \times 7.5 \mu A = 3.37 \text{ mA} \\ I_B &= 7.5 \mu A \text{ ولت متر} & & & & I_C = 3.6 \text{ mA} \text{ اسیلوسکوپ} \\ I_E &= 62 \mu A \text{ ولت متر} & & & & \end{aligned}$$

--- برای اندازه گیری پارامترهای دینامیک فوق مدار زیر را بسته و مقدار مقاومت  $h_{fe}$  را برای نقطه کار  $I_C = 6 \text{ mA}, V_{CE} = 6 \text{ V}$  محاسبه کنید.

ابتدا بدون اعمال سیگنال ورودی نقطه‌ی کار مدار را تنظیم می‌کنیم و سپس ولتاژ سینوسی با دامنه  $V_{p-p} = 30 \text{ mV}$  به ورودی مدار اعمال می‌کنیم به نحوی که ولتاژ خروجی نیز سینوسی باشد با اندازه گیری ولتاژ متناوب  $V_O, V_B, V_I$  مقدار پارامترهای  $H_{fe}, H_{ie}$  را محاسبه کنید.



تست نقطه‌ی کار ترانزیستور.

$$\begin{aligned} -12 + 6 + R_C \cdot 6 \text{ mA} &= 0 & \Rightarrow \text{Kvl(a)}: -V_{CC} + V_{CE} + R_C I_C &= 0 \\ R_C &= 1 \text{ k}\Omega \Rightarrow \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{KVL(b)} \quad -V_{CC} + R_B I_B + V_{BE} &= 0 & -12 + R_B (4 \text{ mA} / 450) + 0.7 &= 0 \\ \Rightarrow R_B &= 850 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

جریان کلکتور را از روی آمپر متر مشاهده می‌کنیم که برابر 6.5 میلی آمپر است و ولتاژ کلکتور-امپر برابر 5.6 ولت که با توجه به صورت مساله نقطه‌ی کار به درستی تنظیم شده است. بعد از اعمال سیگنال ورودی و تنظیم  $V_{p-p} = 30 \text{ mV}$  داریم:

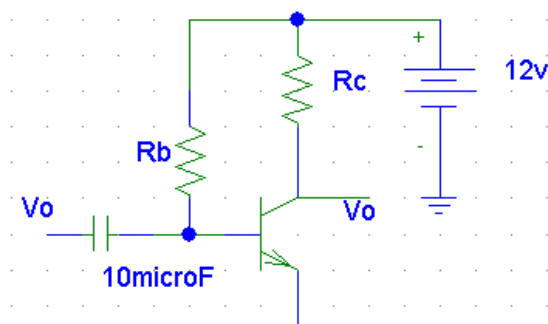
$$\begin{aligned} V_{O_{p-p}} &= 120 \text{ mV} & V_{O_{max}} &= 60 \text{ mV} \\ V_{I_{p-p}} &= 30 \text{ mV} & V_{I_{max}} &= 15 \text{ mV} \\ V_{B_{p-p}} &= 0.9 \text{ mV} & V_{B_{max}} &= 0.45 \text{ mV} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_{ie} &= \frac{\Delta V_{BE}}{\Delta I_B} \bigg|_{V_{CE} = \text{cte}} & \Rightarrow h_{fe} &= \frac{3.6 \text{ m} - 1.4 \text{ m}}{20 \mu - 10 \mu} = 220 \\ h_{fe} &= \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} \bigg|_{V_{CE} = \text{cte}} \end{aligned}$$

## آزمایش چهارم:

### پایداری حرارتی ترانزیستور (امیتر مشترک)

ابتدا مدار ساده یک تقویت کننده امیتر مشترک را مورد بررسی قرار می دهیم (قبل از شروع آزمایش مقدار  $\beta$  ترانزیستور اندازه گیری می کنیم)  
بدین منظور مقدار مقاومت های  $R_b, R_c$  را برای نقطه کار  $I_c = 1\text{mA}$ ,  $V_{CE} = 6\text{V}$  محاسبه می کنیم.  
برای موج سینوسی با فرکانس  $1\text{kHz}$  بهره ولتاژ مقدار ماکزیم سیگنال خروجی را تعیین می کنیم ( $V_{omax}$ ).



تست نقطه کار:  $\beta = 250$   
بدون اعمال سیگنال ورودی:

$$-V_{cc} + R_c I_c + V_{CE} = 0$$

$$R_c = 6\text{k}\Omega$$

$$I_B = 4\mu\text{A} \Rightarrow I_c = \beta I_B$$

$$-V_{cc} + R_b I_b + V_{BE} = 0$$

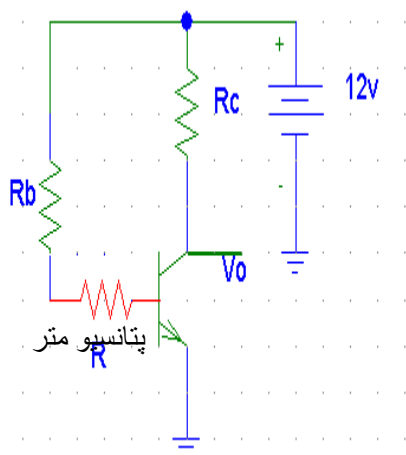
$$-12 + 4\mu R_b + 0.7 = 0$$

$$R_b = 2.8\text{M}\Omega$$

حال بایاس ترانزیستور را تست می کنیم،

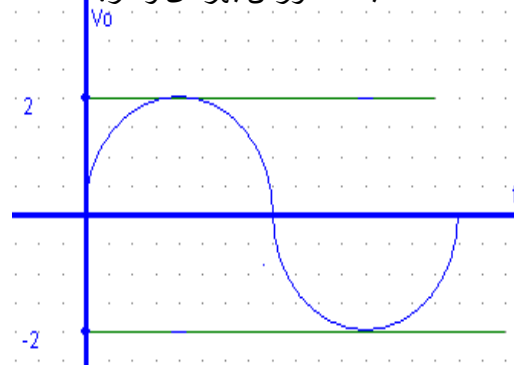
داریم:  $I_c = 1\text{mA}$ ,  $V_{CE} = 6.5\text{V}$

با توجه به صورت مساله نقطه کار به درستی بایاس شده است.



- برای تنظیم دقیق نقطه کار از پتانسیومتر استفاده می کنیم.

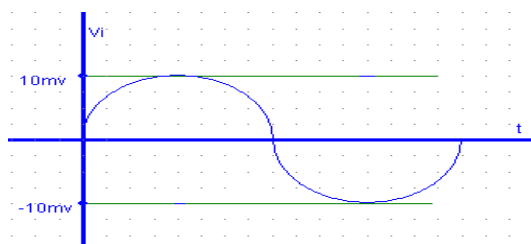
- بدست آوردن بهره ی ولتاژ:



از لحاظ عملی:

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{4}{0.02} = 200$$

$$R_{in} = \frac{V_2}{V_1 - V_2} R \Rightarrow R_{in} = 4.2\text{k}$$



از لحاظ تئوری:

$$R_{in} = R1 \parallel R2 \parallel (r\pi + (1 + \beta)RE)$$

$$R_{in} = (2.8M \parallel 6k \parallel 6.5k) \Rightarrow R_{in} = 3.6k$$

$$A_v = \frac{R_c \parallel R_l}{R_E + r_e} \xrightarrow{R_l = \infty} A_v = 188$$

-- پیدا کردن  $R_o$  از لحاظ تئوری و عملی:

$$R_o = R_c = 6k\Omega \quad \text{تئوری:}$$

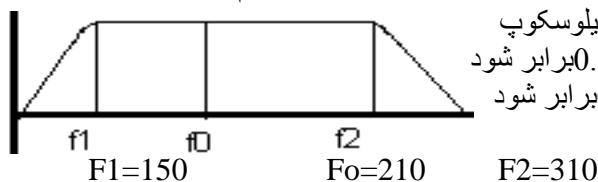
$V_o$  بدون بار،  $V_o$  دارای بار،  $4k = R_l$

$$R_o = \frac{V_o - V_o}{V_o} \times R_l \Rightarrow R_o = \frac{4 - 2.5}{1.5} \times 4 = 6.6k\Omega$$

-- تعیین فرکانس قطع پایین و بالا:

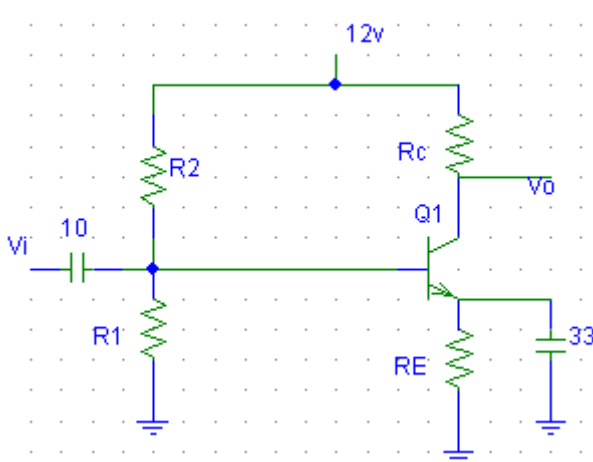
برای به دست آوردن فرکانس قطع، فرکانس اسیلاتور را تا حدی تغییر می دهیم که

آن 0.7 برابر ماکزیمم مقداری که در اسیلوسکوپ مشاهده شد، گردد. اگر فرکانس را کم کنیم 0.7 برابر شود آنرا فرکانس قطع پایین و اگر زیاد کنیم 0.7 برابر شود آنرا فرکانس قطع بالا گویند.



طرح مدار تقویت کننده با پایداری حرارتی:

بدین منظور مدار زیر را در نظر گرفته مقدار مقاومت های  $R_1, R_2, R_c$  را برای نقطه کار  $V_{CE}=6V, I_C=1mA$  محاسبه می کنیم.



$$B=417, R_E=1k\Omega$$

$$K_vl: -V_{cc} + R_c I_c + V_{ce} + R_E I_E = 0$$

$$R_c = 5k\Omega$$

$$R_2 = \frac{\beta R_E}{10} \Rightarrow R_2 = 41k\Omega$$

$$r = R_1 \parallel R_2, s = 1 + \beta R_E / (R_E + r) \Rightarrow R_1 = 250k\Omega$$

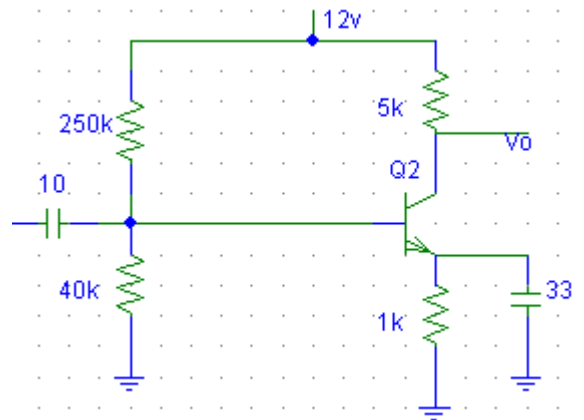
گزارش کار آزمایشگاه الکترونیک 1

برای محاسبه مقاومت ورودی دلریم:

$$R_{in} = R_{in} = \frac{V_2}{V_1 - V_2} \times R \Rightarrow R_{in} = 34$$

برای افزایش پایداری حرارتی مدار را به صورت زیر می بندیم، حال با نزدیک کردن هویه مشاهده می کنیم که ولتاژ کلکتور-امیتر تغییر چندانی نمی کند، در حقیقت این مدار در برابر تغییرات حرارتی پایداری دارد.

$$V_{CE}=6V, I_C=1mA$$



در تحلیل dc مدار فوق ولتاژ کلکتور-امیتر برابر 6 ولت و جریان کلکتور برابر 1 میلی آمپر است.