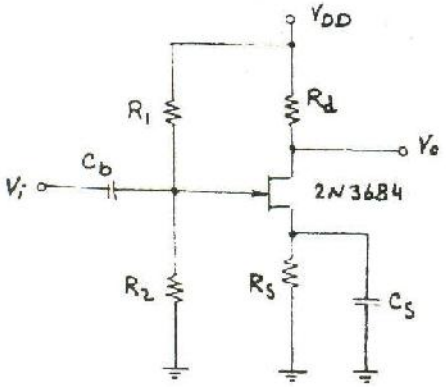
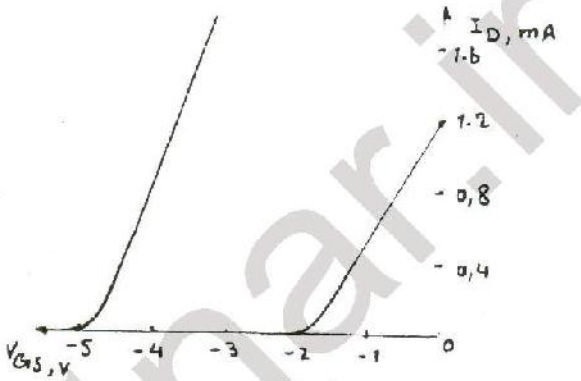
۶-۱ : FET بکار گرفته شده در مدار شکل ۶-۱ از نوع 2N3684 مربوط به خانواده ترانزیستورهای پیوندی است . اگر برای $V_{DD} = 20^{volt}$ جریان درین در محدوده $0.4^{mA} \le I_D \le 0.9^{mA}$ در نظر گرفته شود مطلوبست :

الف) تعیین حداقل مقدار R_S که در جریان درین فوق نقطه کار در محدوده اشباع قرار گیرد .

ب) با ازای R_S بدست آمده در قسمت الف مقادیر R_1 و R_2 را طوری تعیین نمائید که مدار دارای تقویت کننده کمتر از $0.5^{M\Omega}$ نباشد (از جریان I_{GSS} صرف نظر شود) .



شکل ۶-۱



صدور تخصص ترانزیستور 2N3684

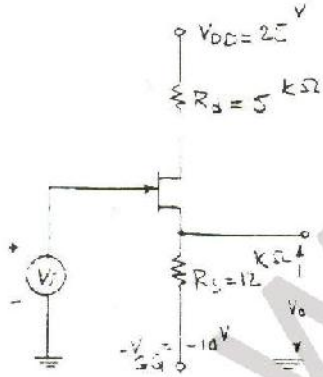
۷-۱ : برای FET نشان داده شده در شکل ۷-۱ ، $V_P = -4.5^{V}$ ، $I_{DSS} = 5^{mA}$ مربوط است :

الف) اگر $V_i = 0$ باشد ، V_o را بدست آورید .

ب) اگر $V_i = 12^{V}$ باشد V_o را بدست آورید .

ج) برازای $V_o = 0$ ، V_i را محاسبه کنید .

دقت کنید که V_i و V_o دارای تغذیه جداگانه بوده و نشان دهنده سیگنال کوپلاژ میباشد .



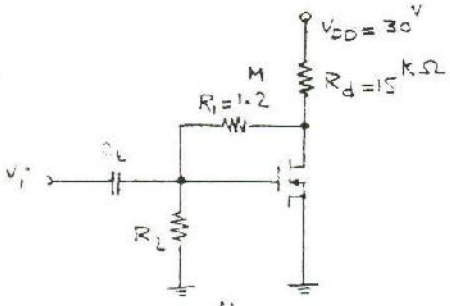
شکل ۷-۱

۸-۱ : جریان درین یک MOSFET در حالت عملکرد اشباعی در ناحیه ای $V_{DS} \ge V_{GS} - V_T$ بصورت زیر میباشد :

$$I_D = 0.3\,(V_{GS} - V_T)^2 \quad (mA)$$

الف) اگر $V_T = +4^{V}$ باشد ، مقادیر نقطه کار I_D ، V_{GS} ، V_{DS} را برای مدار شکل ۸-۱ بدست آورید ($R_2 = 1.2^{M\Omega}$) .

ب) اگر بخواهیم نقطه کار وسط خط بارگیری باشد ، R_2 را چه مقدار باید انتخاب کنیم ؟



شکل ۸-۱

www.tnar.ir

۹-۱ : مدار شکل ۹-۱ مدار بایاس یک MOSFET افزایشی را نشان می‌دهد. اگر در ناحیه اشباع جریان ،

مشخصه انتقال این MOSFET با رابطه زیر مشخص شود :

$$I_D = K (V_{GS} - V_T)^2$$

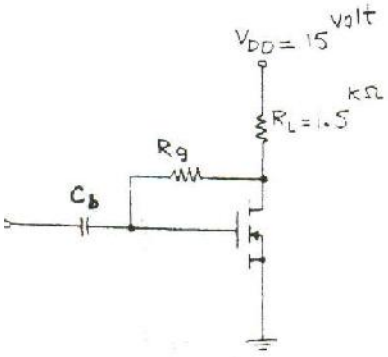
حداکثر تغییرات ممکن نقطه کار (I_{DSQ} ، V_{DSQ}) برای این مدار را بدست آورید .

برای MOSFET بکار رفته در این مدار داریم :

$$K_{max} = 2 \times 10^{-3} \ A/V^2 \quad , \quad V_{T_{max}} = 5 \ volt$$

$$K_{min} = 1 \times 10^{-3} \ A/V^2 \quad , \quad V_{T_{min}} = 4 \ volt$$

(I_{GSS} صرف نظر شود)



شکل ۹-۱

۱-۱۰ : MOSFET بکار رفته در مدار بایاس شکل ۱۰-۱ دارای همان مشخصات مثال ۹ می‌باشد . اگر $V_{DD} = 15$ volt ،

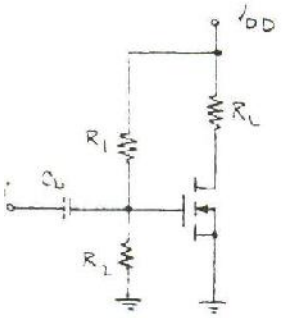
$R_L = 1.5$ kΩ باشد :

الف) : با فرض اینکه امپدانس ورودی این مدار 1 MΩ می‌باشد ، مقادیر R_1 و R_2

را طوری بدست آورید که $V_{GSQ} = 6.7$ volt باشد .

ب) : با استفاده از مقادیر بدست آمده در قسمت (الف) محدوده تغییرات نقطه کار

را بدست آورید و با نتیجه بدست آمده در مثال ۹ مقایسه نمائید .

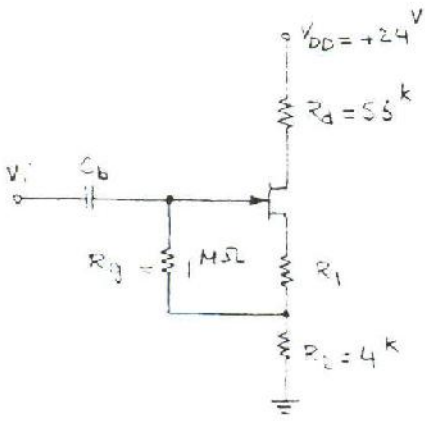


شکل ۱۰-۱

۱-۱۱ : ولتاژ گیت‌کننده‌ی نشان داده شده در شکل ۱۱-۱ اگر FET دارای پارامترهای $I_{DSS} = 1$ mA ، $V_p = -1$ volt

توده ولتاژ ساکن درگ یکسو شده برابر 10 volt باشد ،

مقدار مقاومت R_1 را بدست آورید .

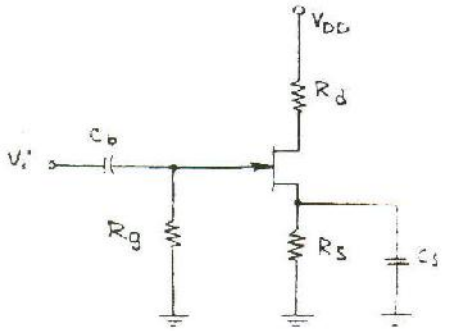


شکل ۱۱-۱

۱۸۲

www.tmar.ir

۱-۱۲ : در مدار نشان داده شده در شکل ۱-۱۲، $R_S = 1\ k\Omega$ و $R_g = 10\ M\Omega$ است. FET دارای مشخصات زیر می‌باشد :



شکل ۱-۱۲

$\underline{V_P} = -3\ volt$ $\quad I_{DSS} = 2\ mA$

$\overline{V_P} = -6\ volt$ $\quad \overline{I_{DSS}} = 8\ mA$

$T = 25^{\circ}C$ $\quad I_{GSS} = 1\ nA$

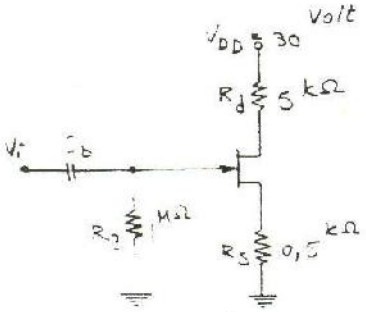
$T = 100^{\circ}C$ $\quad I_{GSS} = 100\ nA$

اگر این مدار در محدوده حرارتی $25^{\circ}C$ تا $100^{\circ}C$ کار کند، محدوده تغییرات جریان درین (I_{DSQ}) را بدست آورید.

۱-۱۳ : برای یک FET تغییرات جریان درین در ناحیه اشباع (ترجمه سطح اهمی) از رابطه زیر بدست می‌آید :

$$I_D = 16\left(1 + \frac{V_{GS}}{4}\right)^2$$

اگر از این FET در مدار شکل (۱-۱۳) استفاده شده باشد، مطلوبست :



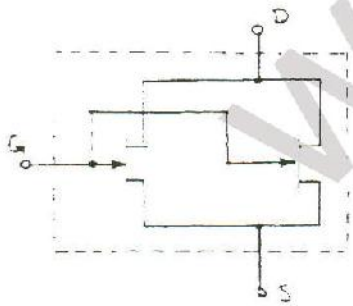
شکل ۱-۱۳

الف) جریان نقطه کار I_{DSQ} :

ب) مقدار هدایت متقابل g_m در این نقطه کار.

۱-۱۴ : پارامتر ضریب تقویت μ (amplification factor) برای یک FET بصورت زیر تعریف می‌شود :

$$\mu \triangleq -\left.\frac{v_{ds}}{v_{gs}}\right|_{i_d=0} = -\left.\frac{\partial v_{DS}}{\partial v_{GS}}\right|_{I_D=cte}$$



شکل ۱-۱۴

الف) ثابت کنید رابطه بین پارامترهای μ و r_d و g_m از رابطه زیر برقرار است :

$$\mu = r_d \cdot g_m$$

ب) با استفاده از تعریف g_m و r_d نشان دهید که اگر دو FET با پارامترهای (μ_1 و r_{d_1}) و (μ_2 و r_{d_2}) بطور موازی بهم بسته شده باشند (شکل ۱-۱۴) پارامترهای FET معادل این دو از روابط زیر بدست می‌آیند :

$$\mu = \frac{\mu_1 r_{d_2} + \mu_2 r_{d_1}}{r_{d_1} + r_{d_2}} \quad , \quad \frac{1}{r_d} = \frac{1}{r_{d_1}} + \frac{1}{r_{d_2}}$$

ج) مقادیر r_d و μ را برای دو FET کاملاً یکسان بدست آورید.

www.tmar.ir

۱-۱۵ : MOSFET نشان داده شده در شکل ۱-۱۵ در نقطه کار $I_{DSQ} = 2\ mA$ بایاس شده است :

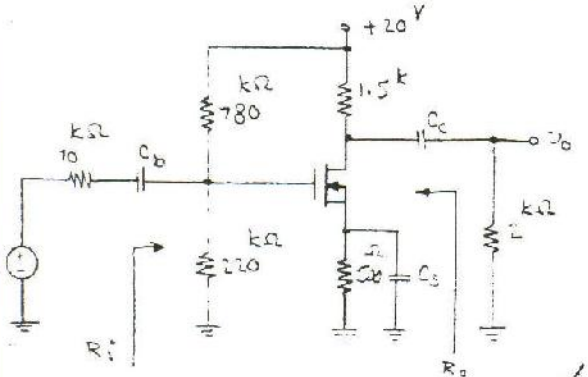
الف) اگر برای این MOSFET ، $K = 1\ mA/V^2$ باشد .

مقادیر V_{DSQ} ، V_{GSQ} و g_m را بدست آورید .

ب) اگر $r_d = 20\ k\Omega$ باشد ، در مورد تقویت ولتاژ $A_V = \frac{V_o}{V_i}$

و امپدانس ورودی و خروجی را بدست آورید .

ج) قسمت (ب) را برای حالتی که مقاومت سورس بای پس نشده باشد ، انجام دهید .

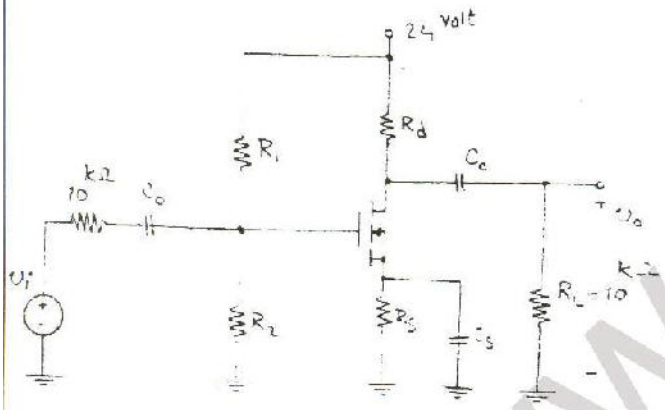


شکل ۱-۱۵

۱-۱۶ : با استفاده از یک MOSFET افزایشی با $K = 2\ mA/V^2$ که دارای تقویت کننده نظیر شکل زیر طراحی شده است ، مدار را

تقویت 10 باشد . فرض کنید $V_{GSQ} = 3\ V$ ،

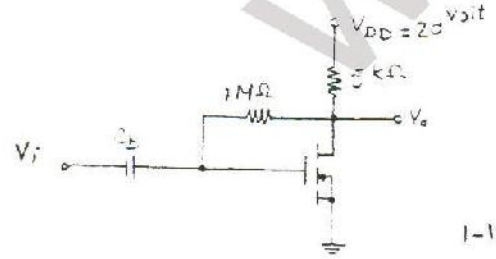
$V_{DSQ} = 4\ V$ ، $I_{DSQ} = 5\ mA$ و $r_d = 20\ k\Omega$ باشد .



شکل ۱-۱۶

۱-۱۷ : اگر در مدار شکل ۱-۱۷ از MOSFET مثالی ۹ استفاده شود ، با فرض $r_d = 20\ k\Omega$ برای این ترانزیستور ،

محدوده تغییرات در جهر تقویت ولتاژ مدار را بدست آورید .



شکل ۱-۱۷

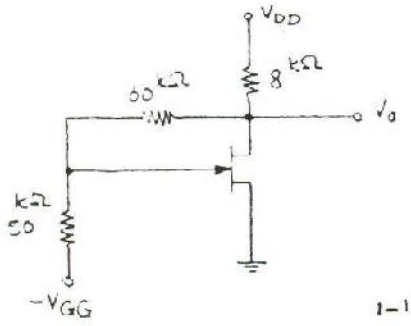
۱-۱۸ : الف) در مدار شکل ۱-۱۸ اگر ولتاژ ورودی سین گنیت در نیم سیکل مثبت ، در جهر تقویت $A_V = V_o/V_i$ را

بدست آورید . برای FET کار کرده شده در این مدار $\mu = 40$ و $r_d = 10\ k\Omega$ می باشد .

ب) اگر ولتاژ ورودی V_i طوری تغییر کند که مقاومت $50\ k\Omega$ قرار گیرد (بجای قرار گرفتن بین گنیت و سورس) ، در جهر تقویت

www.tmar.ir

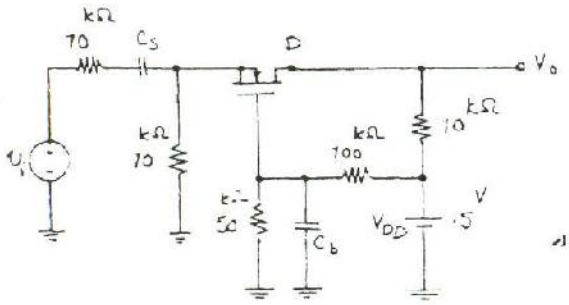
ولتاژ $A_V = V_o/V_i$ را بدست آورید.



شکل ۱-۱۸

۱-۱۹ : در مدار نشان داده شده در شکل ۱-۱۹ مشخصه انتقال FET بصورت زیر می باشد :

$$I_D = (1 + V_{GS})^2 \times 10^{-4}$$



شکل ۱-۱۹

الف) نوع تقویت کننده را مشخص کنید.

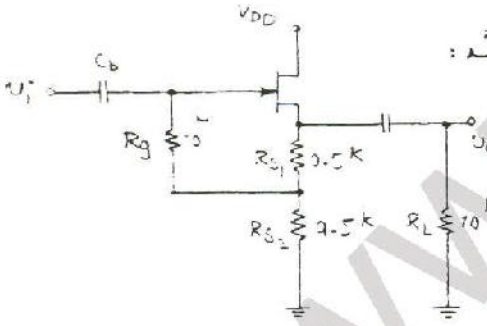
ب) نقطه کار dc را بدست آورید.

ج) اگر $r_d = 10\ k\Omega$ باشد g_m و μ را در نقطه کار بدست آمده در قسمت (ب) بدست آورید.

د) امپدانس ورودی و خروجی و در نهایت تقویت ولتاژ V_o/V_i را بدست آورید.

۱-۲۰ : در مدار شکل ۱-۲۰ پارامترهای JFET بصورت زیر می باشد :

$$g_m = 4\ mmho \quad , \quad r_d = 100\ k$$



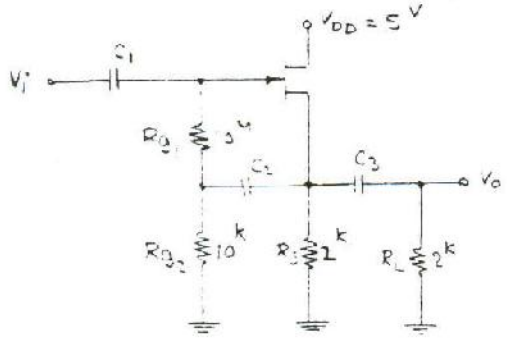
شکل ۱-۲۰

امپدانس ورودی و خروجی و در نهایت تقویت ولتاژ را بدست آورید.

۱-۲۱ : در مدار شکل ۱-۲۱ در جهت تقویت ولتاژ، امپدانس ورودی و امپدانس خروجی را بدست آورید. پارامترهای FET بکار گرفته شده در این مدار بصورت زیر می باشد

$$I_{DSS} = 9\ mA \qquad V_P = -3\ volt$$

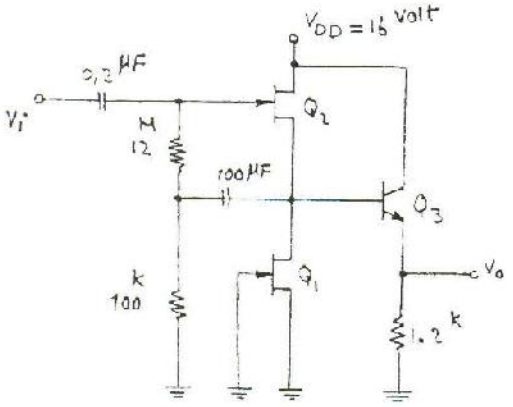
$$I_{GSS} \approx 0 \qquad r_d \approx \infty$$



شکل ۱-۲۱

www.tmar.ir

۱-۲۲ : مدارنشان داده شده در شکل ۱-۲۲ یک مدار تقویتی اسدانی می باشد . اگر پارامترهای ترانزیستورهای بکار رفته شده



شکل ۱-۲۲

در یک مدار تقویت زیر باشد :

Q_1 : $I_{DSS_1} = 3$ mA , $V_{P_1} = -1$ Volt

Q_2 : $I_{DSS_2} = 10$ mA , $V_{P_2} = -4$ Volt

(برای Q_1 و Q_2 ، $I_{GSS} \simeq 0$ و $r_d \simeq \infty$ می باشد)

Q_3 : $\beta = 150$ ($h_{re} \simeq 0$, $h_{oe} \simeq 0$)

الف) نقطه کار dc ترانزیستور را بدست آورید .

ب) امپدانس ورودی و خروجی و بهره ولتاژ را برای مدار تعیین نمائید .

۱-۲۳ : در تقویت کننده شکل ۱-۲۳ یک JFET کانال n بوده و دارای پارامتر $V_P = -2.0$ V و $I_{DSS} = 1.65$ mA می باشد . اگر نقطه کار مورد نظر برای این تقویت کننده با استفاده از $V_{DD} = 24$ V ، $I_D = 0.8$ mA باشد ،

با فرض $r_d \gg R_d$ مطلوبست :

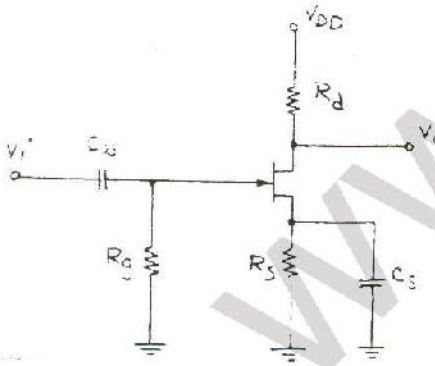
الف) V_{GS}

ب) g_m

ج) R_S

د) R_d بطوری که بهره ولتاژ حداقل 20 dB باشد .

(فرض میشود در خازن بای پس C_S دارای مقدار خیلی زیادی باشد)



شکل ۱-۲۳

www.ttnar.ir

مسائل فصل دوم : پاسخ فرکانسی

۲-۱ : دوردی یک تقویت کننده سنگینایی است که دارای ۲ پرونیک دوم لوده . الطوری که زاویه ی ۲ پرونیک قدم آن نصف زاویه ی ۲ پرونیک اصلی لوده و به ۲ پرونیک اول همفاز می باشد .

الف) شکل دوردی را رسم کنید .

ب) اگر دوجه حی تقویت کننده زاویه ی ۲ پرونیک اول و دوم الطوری که ان تقویت شده . ولی ۲ پرونیک دوم نسبت به ۲ پرونیک اصلی 90 درجه اختلاف فاز پیدا کند (با نسبت ۲ پرونیک اصلی) . خروجی را رسم کرده و آنرا با دوردی مقایسه نمایید .

ج) اگر به ان تقویت کننده مداری اضافه نمایم الطوری که خروجی تقویت کننده برعکس شود (یعنی دو مولفه فرکانسی آن 180 درجه اختلاف فاز دهد) خروجی این مدار به چه صورت در می آید ؟

۲-۲ : یک تقویت کننده با پهنای باند $20\ Hz$ تا $20\ kHz$ را در نظر میگیریم الطوری که دوجه تقویت در تمام وسط باند آن A_0 باشد . اگر فیلتر ان تقویت کننده را شکل زیر فرض نظیر یک مدار بالاگذر ساده R_1C_1 و فرکانس ۲ بالا نظیر یک مدار پایین گذر ساده R_2C_2 باشد :

الف) تابع تبدیل دوجه ی تقویت ولتاژ ان تقویت کننده را بنویسید .

ب) دیاگرامهای بد ساخته شده را نمونه وار لوده آنرا رسم کنید .

ج) با حدس فرکانسی را که در آن افت دوجه ی تقویت ولتاژ از A_0 کمتر از $1\ dB$ باشد ، بدست آورید .

۲-۳ : یک تابع تبدیل با دو قطب f_{P_1} و f_{P_2} را در نظر بگیرید :

الف) با زاری $f_{P_2} = 4 f_{P_1}$ منحنی ایده آل شده و واقعی دامنه را لوص را رسم کنید .

ب) فرکانس $3\ dB$ افت را برای این تابع بدست آورده و با مقدار f_{P_1} مقایسه کنید .

ج) منحنی ایده آل شده فاز لوص را رسم کنید .

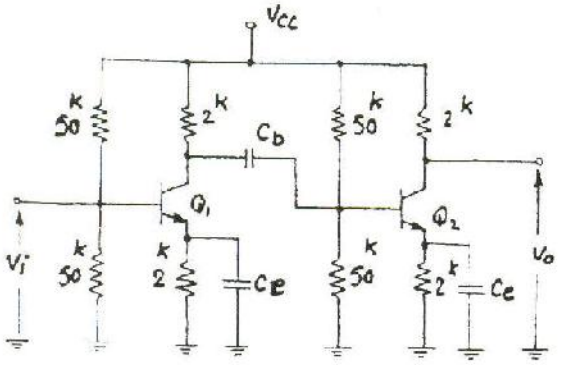
د) قسمتهای الف) و ب) را برای حالتی که $f_{P_2} = 2 f_{P_1}$ باشد تکرار نمایید .

۲-۴ : ثابت کنید که اگر فرکانس $60\ Hz$ در یک تقویت کننده با کوپلاژ RC افت دوجه ی تقویت ولتاژ کمتر از ۱۰ درصد دوجه ی تقویت ولتاژ وسط باند باشد ، مقدار حاصلضرب کوپلاژ C با مقاومت معادل $\frac{5.5}{R'}$ انتخاب کنیم که در آن $R' = R + R'_i$ و جمع کلیه ی مقاومتهای موازی با C می باشد . R'_i مقاومت ورودی تقویت کننده و R مقاومت داخلی منبع سیگنال یا مقاومت خروجی طبقه قبلی است .

www.tnar.ir

۲-۵ : پارامترهای ترانزیستورهای Q_1 و Q_2 در مدار شکل زیر $h_{ie} = 1.1\ k$ ، $h_{fe} = 50$ ، $h_{re} = h_{oe} = 0$ می‌باشد. مطلوب است :

الف) رنج بر تقویت وسط باند .

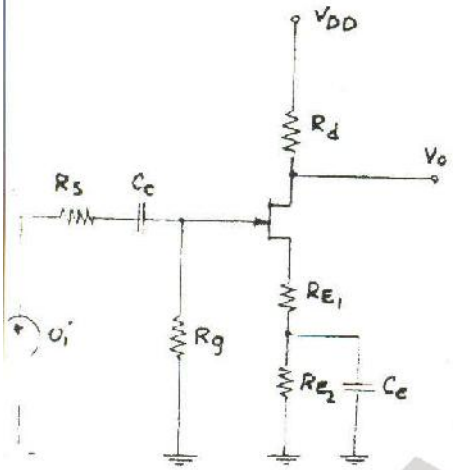


ب) مقدار خازن C_b را طوری بدست آورید که فرکانس 3dB پائین $20\ Hz$ باشد .

ج) مقدار خازن C_b را طوری بدست آورید که در اثر دو برابر شدن فرکانس $100\ Hz$ دامنه تقویت کننده از مرجع مرجع با فرکانس میانی استفاده شده، درصد افت (کمی tilt) خروجی کمتر از 10 درصد باشد .

در این بند فرض کنید خازن C_e خیلی زیاد است بطوری که در فرکانس 3dB توان آن را متصل کوتاه در نظر گرفت .

۲-۶ : مدار شکل زیر با فرض $C_{C_1} \to \infty$:



الف) تابع تبدیل $A_V = \frac{V_o}{V_i}$ را بنویسید .

ب) اگر در پارامترهای FET بصورت $g_m = 5\ mmho$ ، $r_d = 5\ k\Omega$ باشد و داشته باشیم :

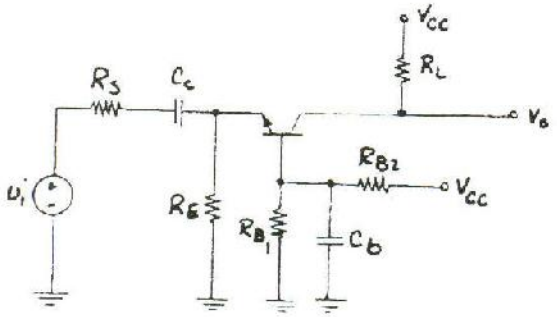
$R_d = 5\ k\Omega$ ، $R_{E_1} = 100\ \Omega$ ، $R_{E_2} = 400\ \Omega$ ، $R_S = 5\ k\Omega$

$R_g = 100\ k\Omega$ ، $C_e = 100\ MF$

فرکانس قطع 3dB را بدست آورید .

۲-۷ : برای مدار CB نشان داده شده در شکل زیر :

الف) با فرض $C_b \to \infty$ رابطه بین خازن کوپلاژ C_c و فرکانس 3dB پائین f_L را بدست آورید .

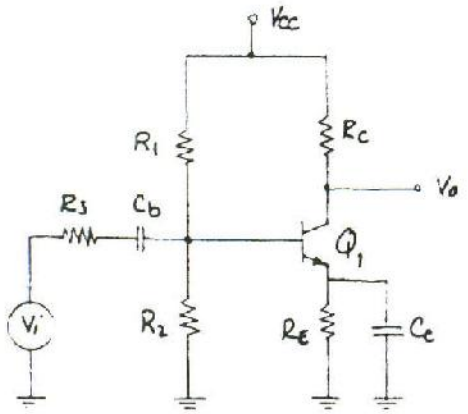


ب) با فرض $C_c \to \infty$ رابطه بین خازن بای پس C_b و فرکانس 3dB پائین f_L را بدست آورید .

ج) تابع تبدیل رنج تقویت ولتاژ برحسب (ب) بنویسید .

www.tmar.ir

۲-۸ : در مدار شکل زیر، اگر $R_s = 500^{\Omega}$ ، $R_1 = R_2 = 50^{k\Omega}$ ، $R_C = R_E = 2^{k}$ ، $C_b = 5^{MF}$ باشد، با در نظر گرفتن مشخصات ترانزیستور Q_1 بصورت زیر



$h_{ie} = 1.1^{k\Omega}$ ، $h_{fe} = 50$ ، $h_{re} = h_{oe} = 0$

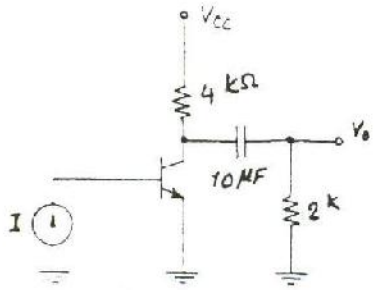
باشد، مطلوبست :

الف) تعیین f_L تقویت کننده، در صورتی که اثر C_e حذف و اثر C_b در نظر گرفته شود.

ب) با صرف نظر کردن از اثر C_b، مقادیر f_p و f_o (فقط تقریبی حدود قطب) را بدست آورید.

ج) مقدار C_e را طوری تعیین نمائید که اثر آن در فرکانس قطع پائین f_L تقریباً یکسان باشد.

۲-۹ : در مدار شکل زیر :



الف) با استفاده از مدل تقریبی ترانزیستور فرکانس قطع 3dB را بدست آورید.

ب) در صورتی که I یک جریان متغیر شکل، با فرکانس 200^{Hz} باشد، درصد افت (tilt) حاصل را تعیین نمائید.

ج) کمترین فرکانس موج مربعی را بازای آن درصد افت حاصل کمتر از 2% باشد، حدوداً چقدر است؟

۲-۱۰ : یک پاس امپدانس بخش Miller و یک تقویت کننده عمل مشخص. در صورتی که این تقویت کننده دارای $f_L = 0$ نبوده و تنها دارای یک قطب باشد، حدود آن را در حالتهای زیر تعیین نمائید :

الف) بهنای باند تقویت کننده 10^{MHz} ب) بهنای باند تقویت کننده 1.0^{MHz}

ج) بهنای باند تقویت کننده 0.1^{MHz}

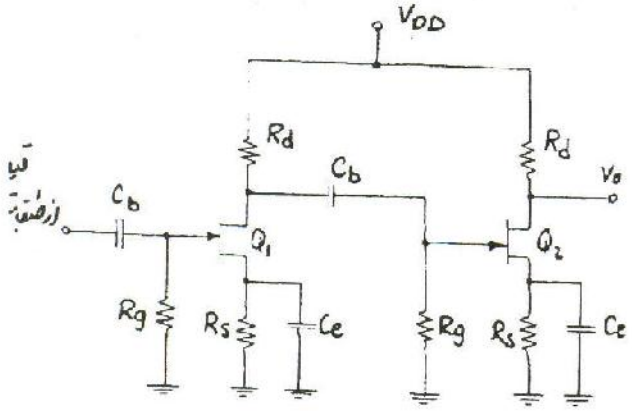
۲-۱۱ : یک تقویت کننده دو طبقه FET مانوبهره RC را در نظر میگیریم. با استفاده از پارامترهای عناصر مداری FET هر یک از طبقات را بصورت زیر باشد :

$g_m = 10^{mA/V}$ ، $r_d = 5.5^{k\Omega}$ ، $R_d = 10^{k}$ ، $R_g = 0.5^{M}$

www.tinar.ir

فرض اینکه C_e خیلی زیاد باشد :

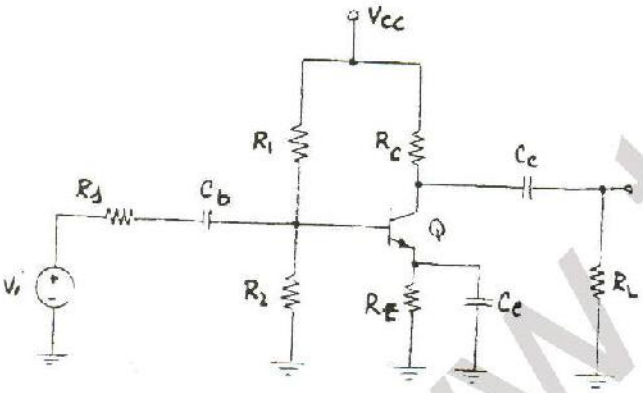
الف) مقدار C_b را طوری تعیین کنید که در رده بهره تقویت ولتاژ حرکت از طبقات در 10^{Hz} اندازه dB و فاز آن صفر باشد .



ب) مقدار C_b را طوری بدست آورید که در رده بهره تقویت ولتاژ کل دو طبقه در 10^{Hz} اندازه dB و فاز آن صفر باشد .

ج) رده بهره تقویت وسط باند را برای دو طبقه بدست آورده و تابع تبدیل A_V را در حالت (ب) بنویسید .

۲-۱۲ : در مدار شکل زیر مقادیر حداقل C_e ، C_b ، C_c را طوری انتخاب کنید که فرکانس 3dB آن پائین آن تقویت کننده کمتر از 300^{Hz} باشد .



$R_1 = 39^{k}$ $R_2 = 22^{k}$

$R_c = 1.2^{k}$ $R_E = 0.68^{k}$

$R_s = 600^{\Omega}$ $R_L = 5^{k}$

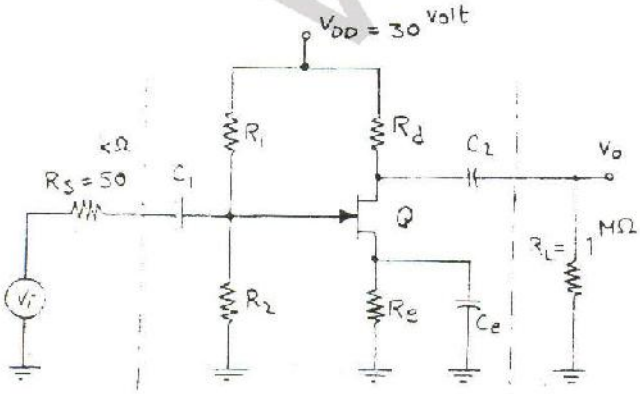
$V_{cc} = 12$

Q: $\beta = 150$ سیلیکن ،

۲-۱۳ : در مدار تقویت کننده زیر عناصر را طوری انتخاب نمائید که آن تقویت کننده دارای مشخصات زیر باشد :

فرکانس قطع پائین (3dB) $= 20^{Hz}$

$A_{V_0} \geq 70\ dB$



$V_{DD} = 30^{V}$ در نظر گرفته شده و از FET با مشخصات

$\overline{I_{DSS}} = 15^{mA}$ $I_{DSS} = 5^{mA}$

$\overline{V_p} = -6^{volt}$ $V_p = -2.5^{volt}$

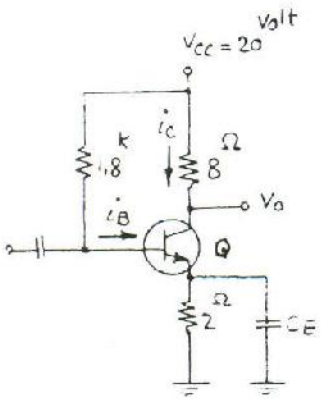
استفاده شود . در طرح مدار سعی شود در رده بهره تقویت ولتاژ A_{V_0} حتی المقدور مثبت باشد (مثبت بودن FET) .

www.ttnar.ir

مسائل فصل ششم : تقویت کننده های توان

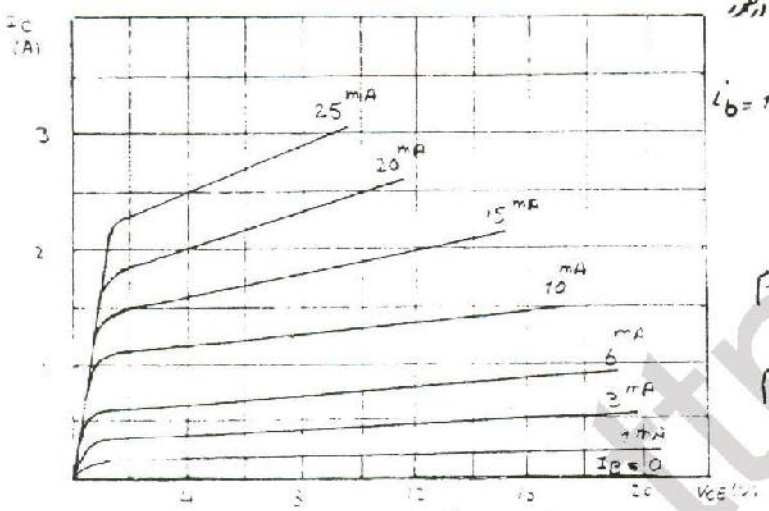
۳-۱ : مدار شکل زیر یک تقویت کننده‌ی کلاس A می‌باشد .

ترانزیستور Q که ترانزیستور ژرمانیم با $h_{FE}=120$ بوده و مشخصات کلکتور آن در زیر داده شده است : مطلوبست :



الف) نقطه کار خط بار dc و ac

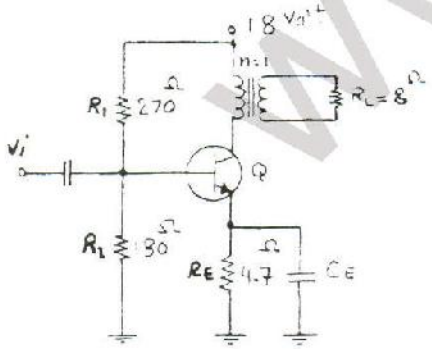
ب) شکل جریان خروجی (i_c) برحسب ولتاژ خروجی (V_{CE}) ، بصورت $i_b=10$ Const (mA) باشد .



ج) اگر برای جریان i_b نقطه کار سوئینگ دوم در نظر گرفته شود ، ضریب هموتاسی در سوئینگ دوم را بدست آورید .

د) توان ac خروجی در سوئینگ دوم و توان ac خروجی کل را حساب کنید .

۳-۲ : در مدار شکل زیر ترانسفورماتور دارای تلفات توان 20٪ بوده و مقاومت سیم پیچ اولیه‌ی آن 1.2 Ω می‌باشد .



نسبت تبدیل ترانسفورماتور $n=2$ است . ترانزیستور Q از نوع ژرمانیم بوده و دارای $h_{FE}=35$ و $(V_{CE})_{Sat}=0.8$ V می‌باشد . اگر مشخصات حرارتی این ترانزیستور $\theta_{jc}=1.2$ °C/W و $T_{j\,max}=100$ °C باشد . مطلوبست :

الف) ماکزیمم توان منتقل شده روی بار ($R_L=8$ Ω)

ب) ماکزیمم توان مصرفی ترانزیستور

ج) راندمان حداکثر مدار

www.tmar.ir

۳-۵ : یک ترانزیستور توان دارای مشخصات نامی (rating) زیر می‌باشد :

$$P_{C,max} = 200^{W} \quad , \quad T_{j\,max} = 175^{\circ C} \qquad \theta_{jc} = 0.7^{\circ C/W}$$

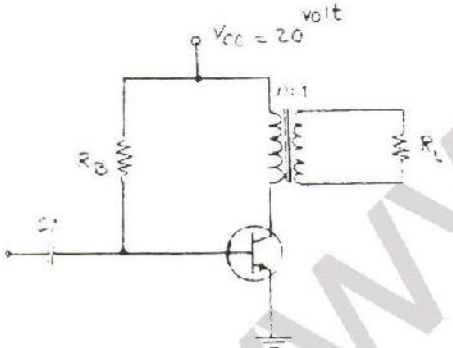
الف) اگر دمای حرارت بدنه ترانزیستور در $25^{\circ C}$ نگهداشته شود، مقدار توان در آن ترانزیستور می‌تواند تلف کند، چقدر است؟

ب) این ترانزیستور مستقیماً روی یک صفحه آلومینیومی نازک با مقاومت حرارتی $\theta_{sa} = 8^{\circ C/W}$ نصب شده است. اگر مقاومت حرارتی مابین محل اتصال ترانزیستور و این صفحه آلومینیومی $\theta_{cs} = 0.2^{\circ C/W}$ باشد. ماکزیمم توان مجاز ترانزیستور را بدست آورید. $(T_a = 25^{\circ C})$

ج) برای ایزوله کردن الکتریکی ترانزیستور از گرماگیر (heat-sink) قسمت ب، از یک واشر میکا (Mica) استفاده شده است، بطوری که $\theta_{cs} = 2^{\circ C/W}$ می‌باشد. ماکزیمم توان مجاز ترانزیستور در این حالت چقدر است؟ $(T_a = 25^{\circ C})$

د) دمای حرارت بدنه ترانزیستور را در هر یک از حالات ب) و ج) بدست آورید.

۳-۶ : در مدار شکل زیر توان خروجی ماکزیمم روی بار R_L ، 2^{W} می‌باشد. اگر مدار برای بازدهی حداکثر طرح شده باشد، با صرف نظر کردن از تلفات ترانزفورماتور مطلوبست :



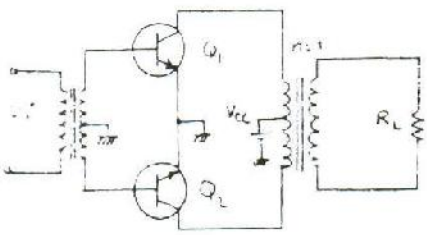
الف : مقدار توان متوسط تلف شده V_{CC} در مدار تعیین می‌شود.

ب : مقدار I_{CQ}.

ج : مقادیر مجاز نامی P_{Cmax} ، $V_{CE\,max}$ ، $I_{C,max}$ برای ترانزیستور مشخص کنید.

د : اگر $R_L = 6.25^{\Omega}$ باشد، تعداد دورهای ترانزفورماتور را تعیین کنید.

۳-۷ : در مدار شکل زیر هرگاه $V_{CC} = 9^{V}$ و $R_L = 8^{\Omega}$ باشد

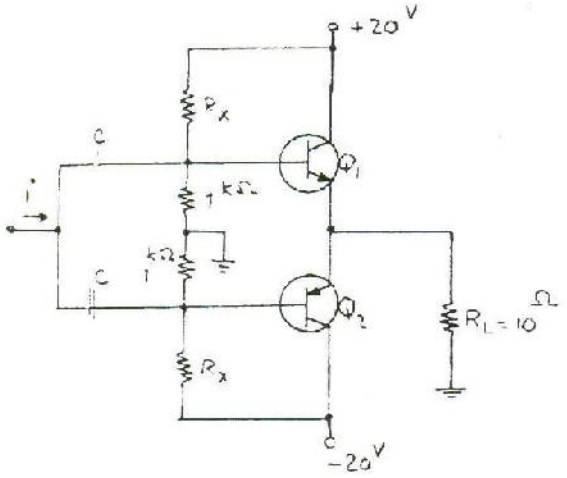


و تلفات $(V_{CE\,sat} = 1^{volt})$ مطلوبست :

الف : تعداد دورهای ترانزفورماتور (n) طوری که ماکزیمم توان در بار R_L توسط بار 500^{mW} باشد.

www.tfnar.ir

۳-۱۰ - اگر ولتاژ بایس لازم برای روشن کردن هر ترانزیستور Q_1 و Q_2 در مدار زیر $V_{BE} = 0.65^{V}$ باشد مطلوبست :



الف : مقدار R_x لازم برای روشن کردن هر دو ترانزیستور کافی است .

ب : مقدار جریان خروجی مانیم در صورتی که $(V_{CE})_{sat} = 1^{V}$ باشد .

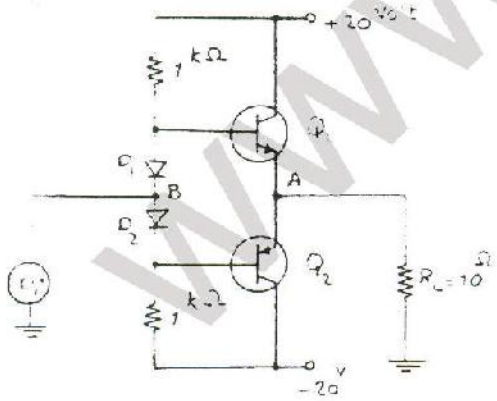
ج : مقدار توانی که در هر یک از منابع $+20^{V}$ و -20^{V} مدار تحویل میدهند (در شرایط خروجی مانیم) .

د : راندمان مدار در شرایط خروجی مانیم .

ه : مانیم توان تلف شده توسط هر یک از ترانزیستورها را بدست آورید .

و : در صورتی که برای هر یک از ترانزیستورها $h_{FE} = 50$ باشد جریان I_B لازم برای اینکه خروجی در شرایط حداکثر باشد را تعیین کنید .

۳-۱۱ - در مدار شکل زیر هر گاه R_x را بتدریج کاهش دهیم ترانزکندوکتانس (Transconductance) ترانزیستورهای Q_1 و Q_2 (نسبت جریان I_C به V_{BE}) نظیر نسبت‌های دیودهای D_1 و D_2 (نسبت جریان I_D به V_{BE}) بوده و دیودها و ترانزیستورها از نوع سیلیکن باشند ($V_\gamma = 0.7^{volt}$)



الف) جریان I_{CQ} را تعیین کنید .

ب) تنسیر نقاط A و B چقدر است ؟

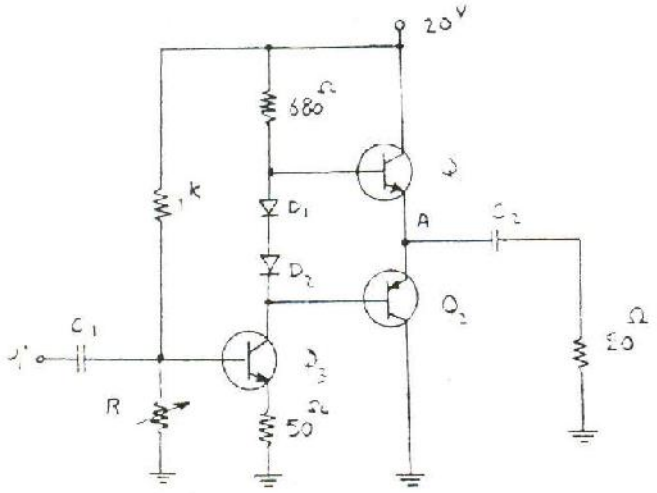
ج) مقدار توان مانیم در بار R_L را بدست آورید .

۳-۱۲ : در مدار شکل زیر ، ترانزیستورهای Q_1 و Q_2 هردو از نوع سیلیکن بوده و دارای مشخصات یکسان می‌باشند . ترانزیستور Q_3 و دیودهای D_1 و D_2 نیز از نوع سیلیکن بوده و برای ترانزیستور Q_3 ، $h_{FE_3} = 100$ است .

الف) مقدار مقاومت R را طوری تعیین کنید که تنسیر نقطه A برابر 10^{volt} باشد .

ب) از نظر گرمایی از $(V_{CE})_{sat}$ مقدار حداکثر توان ac را برای R_L برابر $20\ \Omega$ بدست آورید .

www.tmar.ir



ج) تلفات ماکزیمم هرکدام از ترانزیستورها .

د) اگر برای هرکدام از ترانزیستورهای Q_1 و Q_2 ،

$T_{jmax} = 175\,^{\circ}C$ و $\theta_{jc} = 30\,^{\circ}C/W$ باشد ،

برای کارکرد مدار در دمای حداکثر $100\,^{\circ}C$ چه گرمادهنده‌ای

(heat sink) لازم است ؟

هـ : درصورت کمبود فضا تنها یکی از ترانزیستورها را میتوان با گرمادهنده

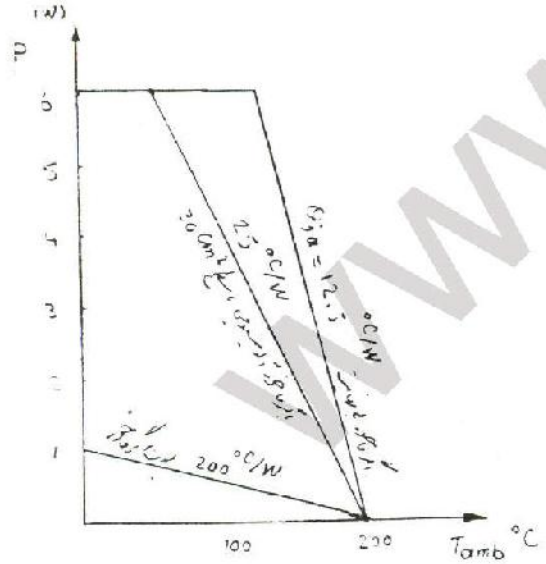
ترانزیستور Q_1 و Q_2 ، دیود D_1 و D_2 همزمان نقطه کار I_{CQ} چقدر است ؟

و : درصورتی که سیگنال ورودی صفر باشد ، چه مقدار توان توسط منبع ۲۰ ولت داده میشود ؟

ز : راندمان مدار را درحالت خروجی ماکزیمم بدست آورید .

۳-۱۳ : با استفاده از ترانزیستورهای مکمل Q_1 و Q_2 که مشخصات آنها در زیر داده شده است :

$BV_{CEO} = 50\,volt$ ، $I_{Cmax} = 1\,A$



الف : یک مدار پوش - پول مکمل طرح دهید که حداکثر توان را

به بار $R_L = 8\,\Omega$ تحویل دهد . دمای حداکثر کار مدار را $50\,^{\circ}C$ محیط

درنظر بگیرید .

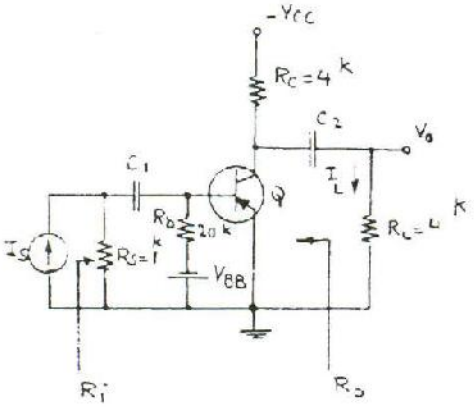
ب : با استفاده از مدار پوش - پول ترانزیستوری طرح قسمت الف

را تکرار دهید .

www.ttnar.ir

مسائل فصل چهارم : تقویت کننده فیدبک

۴-۱ : در مدار نشان داده شده در شکل زیر، هرگاه پارامترهای ترانزیستور Q بصورت $h_{ie}=1.1\ k\Omega$ ، $h_{fe}=50$ ، $h_{re}=h_{oe}=0$ باشد، کمیت‌های زیر را تعیین کنید :



الف) گین جریان $A_I = \frac{I_L}{I_S}$.

ب) گین ولتاژ $A_V = V_o/V_S$ که در آن $V_S \triangleq R_S I_S$ می‌باشد.

ج) رابطه انتقالی (transconductance) $G_M = \frac{I_L}{V_S}$.

د) مقاومت انتقالی (transresistance) $R_M = V_o/I_S$.

ه) مقاومت ورودی دیده شده توسط منبع .

و) مقاومت خروجی دیده شده توسط بار .

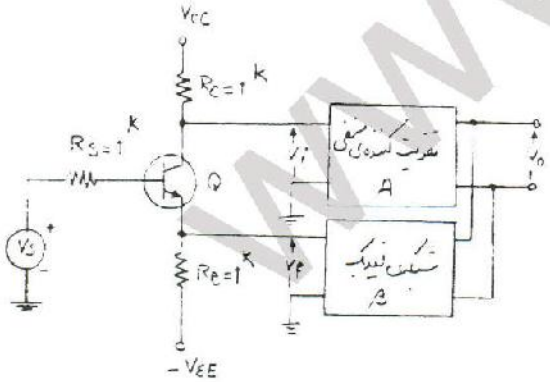
(مقادیر مدار را از نظر فرکانس سینوسی و در حد اتصال کوتاه حل شود) .

۴-۲ : الف) برای مدار نشان داده شده در شکل زیر ، ولتاژ سینوسی AC ، V_i را برحسب تابعی از V_S و V_F بدست آورید . فرض

شود تقویت کننده مثلی (inverting amplifier) دارای مقاومت

ورودی بینهایت بوده و دارای $A = A_V = -1000$ باشد . برای

شبکه فیدبک $\beta = \frac{V_F}{V_o} = 0.01$ در نظر گرفته شود .



ب) در حد تقویت ولتاژ با فیدبک $A_{VF} = \frac{V_o}{V_S} = A\frac{V_i}{V_S}$

را بدست آورید . ($h_{fe}=100$, $h_{ie}=1\ k$ $h_{re}=h_{oe}=0$)

۴-۳ : یک تقویت کننده دارای گین ولتاژ $A_V = 1000 \pm 100$ می‌باشد (با در نظر گرفتن اثر بازشدگی فیدبک) . برای اینکه تغییرات گین ولتاژ

این تقویت کننده کمتر از ± 0.1 درصد باشد

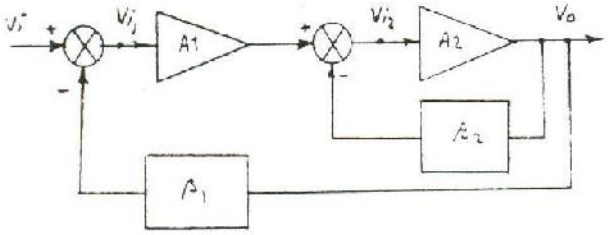
الف) تابع انتقال معکوس (β) شبکه فیدبک را بدست آورید .

←

www.tiran.ir

ب) گین ولتاژ با فیدبک بدست آورید (A_{vf}) .

۴-۴ : الف) تقویت کننده زیر با دو راه فیدبک مثبت را در نظر بگیرید. خروجی هر یک از فیدبک کننده ها (مقاله کننده ها) را برحسب V_i و V_o بدست آورید. مدار اسکن نباشد



کنید در گین فیدبک از رابطه زیر تعیین میشود :

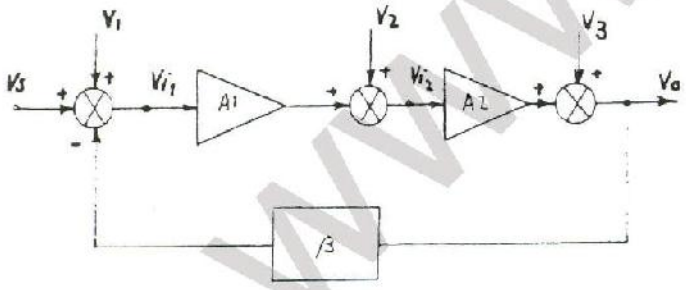
$$A_{vf} = \frac{V_o}{V_i} = \frac{A_1 \cdot A_2}{1 + A_2\beta_2 + A_1A_2\beta_1}$$

ب) با استفاده از رابطه فوق نشان دهید در چگونه میتوان

با روش تعیین توپولوژی مقدار A_{vf} را تعیین کنید .

راهنمایی : رابطه فوق را بصورت $A_{vf} = \frac{A_1 A_{2f}}{1 + A_1 A_{2f} \beta_1}$ در آورید که در آن $A_{2f} \triangleq \frac{A_2}{1 + A_2\beta_2}$ است. مشاهده شد .

۴-۵ : در شکل زیر ، V_1 آشکال (نویز) موجود در ورودی ، V_2 آشکال (نویز) بوجود آمده در تقویت کننده (مثلاً در اثر هوم (hum) منبع تغذیه) ، و V_3 آشکال حاصل در خروجی تقویت کننده میباشد ، ثابت کنید که :



$$V_o = \frac{A\left[(V_s + V_1) + V_2/A_1 + V_3/A\right]}{1 + \beta A}$$

میباشد که در آن $A = A_1 \cdot A_2$ است .

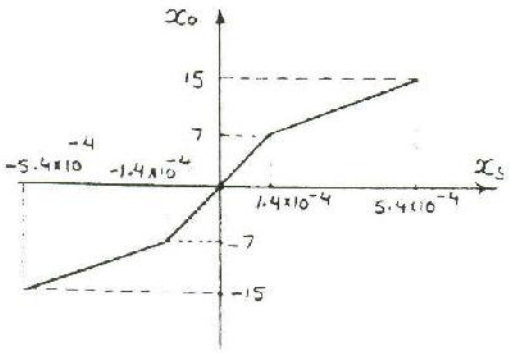
۴-۶ : یک تقویت کننده در دمای فیدبک برای ورودی 0.028^{V} خروجی دارای سیگنال اصلی با دامنه 36^{V} و اعوجاج (هارمونیک دوم) 7 درصد میباشد .

الف) هرگاه 1.2 درصد از خروجی این تقویت کننده توسط مدار فیدبک منفی ولتاژ - سری به ورودی برگشانده شود ، ولتاژ خروجی چه مقدار خواهد شد ؟

ب) هرگاه بخواهیم در خروجی این تقویت کننده ولتاژی با دامنه 36 volt داشته باشیم ، مقدار سیگنال ورودی چقدر باید باشد ؟

(فرض میشود در شکل بلوک تاثیر بار در تقویت کنندگی لحاظ شده است) .

۴-۷ : بلوک انتقال A (گین) یک تقویت کننده در شکل زیر نشان داده شده است . اگر X_o نشان دهنده سیگنال خروجی و X_A نشان دهنده سیگنال ورودی (منبع) می باشد .



الف) اگر از فیدبک ، $\beta = 10^{-4}$ برای این تقویت کننده استفاده نماییم . شکل بلوک انتقال (گین) کلی با فیدبک را بدست آورید (X_o خروجی ، X_s ورودی) .

ب) قسمت (الف) را برای $\beta = 0.1$ تکرار نمایید .

(در این قسمت فرض میشود در شکل بلوک تاثیر بار خروجی و مقاومت ورودی لحاظ شده است) .

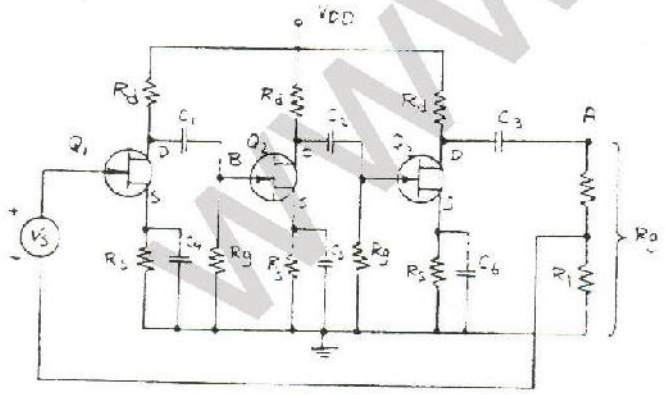
۴-۸ : برای مدار نشان داده شده در شکل زیر FET ها Q_1 و Q_2 و Q_3 یکسان بوده دارای $r_d = 10^{k}$ ، $g_m = 6$ mA/V می باشند .

اگر $R_g = 1^{M}$ و $R_1 = 40^{\Omega}$ ، $R_d = 50^{k}$ باشد

امپدانس خروجی و گین ولتاژ این مدار را در نقاط زیر بدست آورید :

الف) A ؛ ب) B .

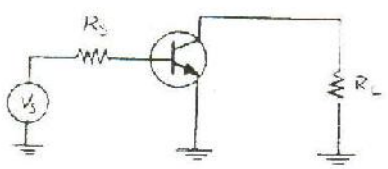
(همه خازنها اتصال کوتاه در نظر گرفته شوند)



۴-۹ : مدل h (پیرمدل) یک ترانزیستور را در حالت CE در نظر گیرید :

الف) h_{fe} نشان دهنده چه نوع فیدبکی از خروجی به ورودی می باشد ؟

ب) با استفاده از مدل تحریه ، مقدار A_i را بدست آورید . در چه تقویت ولتاژی ؟

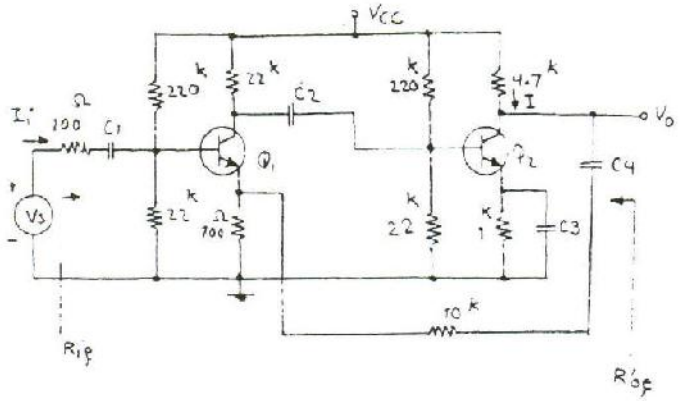


←

www.tinar.ir

درجه تقویت جریان، امپدانس ورودی و خروجی مدار تقویت کننده پایه (Basic amplifier) نشان داده شده در شکل را بدست آورید.

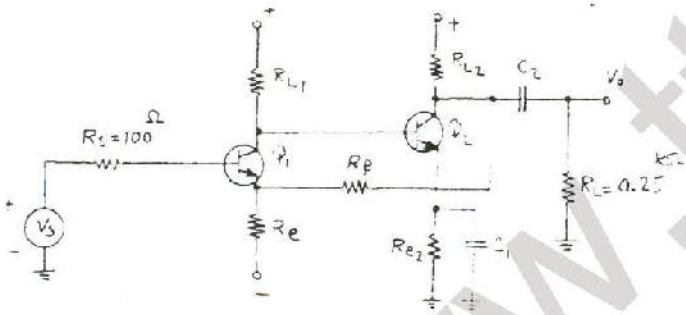
۴-۱۰ : ترانزیستورها نشان داده شده در مدار شکل زیر یکسان بوده و پارامترهای h آنها عبارتند از $h_{ie} = 1.1\ k\Omega$ ، $h_{fe} = 50$ ، $h_{re} = h_{oe} = 0$ صرف نظر کردن از اثر خازنها، کمیت های زیر را بدست آورید.



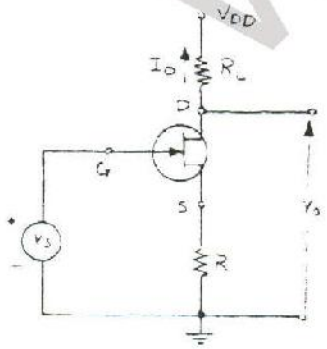
$R_{if} = V_s/I_i$ ، $A_{If} = -I/I_i$ ،

$A'_{vf} = V_o/V_i$ ، $A_{vf} = V_o/V_s$ ، R'_{of}

۴-۱۱ : یک مدار تقویت کننده فیدبک مطابق شکل زیر طرح بزنید بطوری که دارای گین ولتاژ $A_{vf} = \frac{V_o}{V_s} = 100$ بوده و حساسیت (desensivity) آن 10 باشد. $R_L = 0.25\ k\Omega$ ، $R_S = 100\ \Omega$ در نظر گرفته شود. جریان نقطه کار ثابت $I_{C_2} = 13\ mA$ فرض شده و h_{FE} هر دو ترانزیستور 200 در نظر گرفته شود.



۴-۱۲ : یک مدار تقویت کننده FET نظیر شکل زیر در نظر بگیرید. خروجی از روی گرفته شده و یک مقاومت R در سورس قرار داده شده است.



الف) نوع فیدبک را در این مدار تعیین کنید.

ب) مدار را رسم و خروجی را به ورودی فیدبک را با در نظر گرفتن اثر بار شبکه فیدبک بدست آورید.

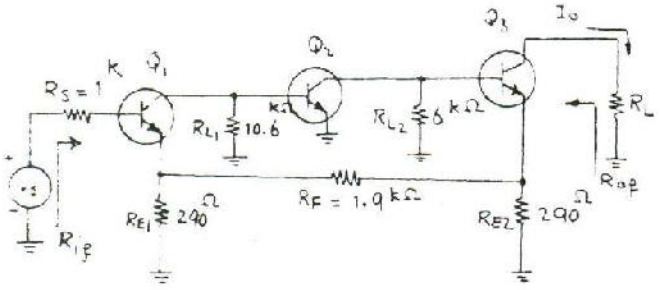
ج) کمیتهای G_{MF} ، A_{vf} ، R_{if} ، R_{of} و R'_{of} را تعیین نمائید.

www.ttnar.ir

۴-۱۳ : در شکل زیر مدار معادل ac یک تقویت کننده‌ی فیدبک رسم شده است . با در نظر گرفتن مقادیر زیر :

$I_{C_1} = 0.5\ mA$, $I_{C_2} = 0.77\ mA$, $I_{C_3} = 0.73\ mA$

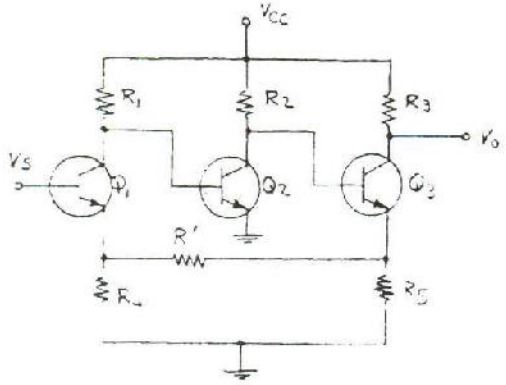
$h_{FE} = 120$,



الف) مدار فیدبک در دوری را مشخص کرده و A_f را برای مدار بدست آورید .

ب) مقاومت الف را برای حالتی که خروجی از امیتر ترانزیستور Q_3 گرفته شده باشد ، بدست آورید .

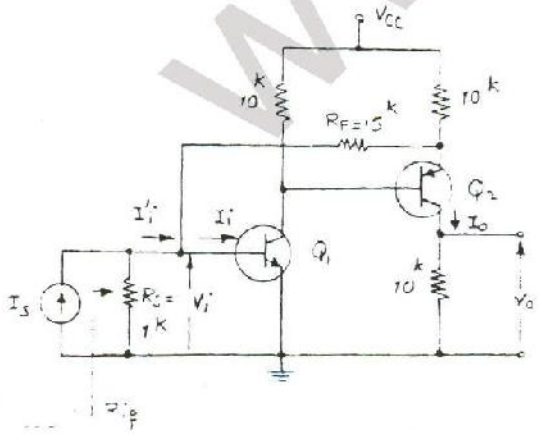
۴-۱۴ : در مدار شکل زیر



الف) نوع فیدبک را تعیین کرده و مدار دوری خروجی تقویت کننده‌ی مدار فیدبک را با در نظر گرفتن اثر مدار شبکه‌ی فیدبک رسم کنید .

ب) β را بدست آورده و با فرض اینکه کمیت حلقه (βA) زیاد مدار حلقه بزرگتر از واحد باشد ، $A_{vf} = \frac{V_o}{V_s}$ را تعیین کنید .

۴-۱۵ : تقویت کننده فیدبک دو طبقه شکل زیر ، با فرض اینکه ترانزیستورهای Q_1 و Q_2 یکسان بوده و دارای پارامترهای $h_{fe} = 50$ ، $h_{ie} = 2\ k$ ، $h_{re} = 0$ و $h_{oe} = 0$ می‌باشند :



الف) نوع فیدبک را تعیین کنید .

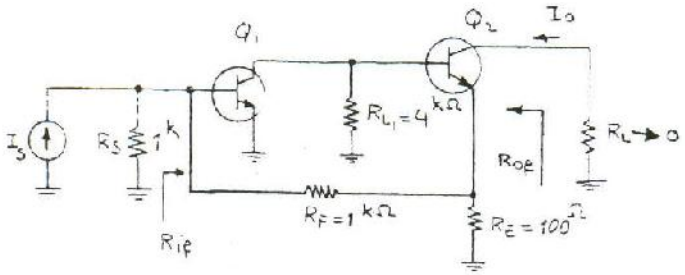
ب) بهره‌های $A_{If} = \frac{I_o}{I_s}$ ، $R_{if} = \frac{V_i}{I_s}$ ، $A'_{If} = \frac{I_o}{I'_i}$ و $A_{vf} = \frac{V_o}{V_s}$ (که در آن $V_s \triangleq I_s R_s$ می‌باشد) را محاسبه کنید .

ج) اگر خروجی V_o از امیتر ترانزیستور Q_2 گرفته شود نوع فیدبک حاصل را تعیین کرده و مشخص کنید هر کدام از امپدانس‌های ورودی و خروجی چه تغییری خواهند کرد ؟

www.ttner.ir

۴-۱۶ : مدار شکل زیر مدار معادل ac یک تقویت کننده فیدبک دار میباشد . اگر پارامترهای ترانزیستورهای Q_1 و Q_2 ،

$H_{oe} = 0.01$ mmho ، $H_{fe} \cong H_{FE} = 200$ باشند

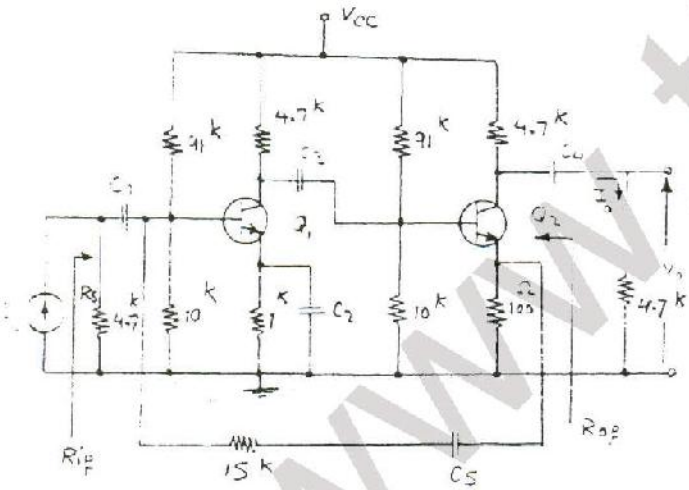


مکمل دار ترانزیستورهای Q_1 و Q_2 و بایاس dc آنها یکسان میباشد ($I_{C_1} = I_{C_2} = 1\ mA$) :

الف) کسر فیدبک $A_{If} = \frac{I_o}{I_s}$ ، امپدانس ورودی R_{if} و امپدانس خروجی R_{of} را بدست آورید .

ب) اگر مقاومت R_{L_1} ، 10٪ درصد تغییر کند ، تغییرات کسر جریان (A_{If}) و امپدانس ورودی چه مقدار خواهند شد ؟

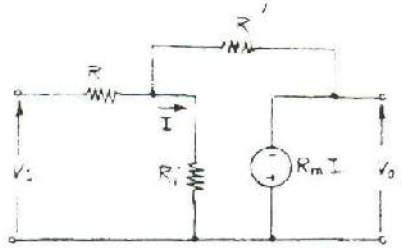
۴-۱۷ : ترانزیستورهای نشان داده شده در شکل زیر یکسان بوده و دارای $h_{re} = h_{oe} \cong 0$ ، $h_{ie} = 1.1\ k$ ، $h_{fe} = 50$ میباشند . با صرف نظر کردن از مقاومتهای خازنها :



الف) کمیتهای $A_{If} = \frac{I_o}{I_s}$ ، R_{if} ، R_{of} ، $A_{vf} = \frac{V_o}{V_s}$ (که در آن $V_s = R_s I_s$) را بدست آورید .

ب) هرگاه H_{fe} ترانزیستورهای Q_1 و Q_2 بمقدار 100 تغییر یابد ، با فرض ثابت بقیه پارامترها قیمت الف را تکرار نمائید .

۴-۱۸ : برای مدار نشان داده شده در شکل زیر :



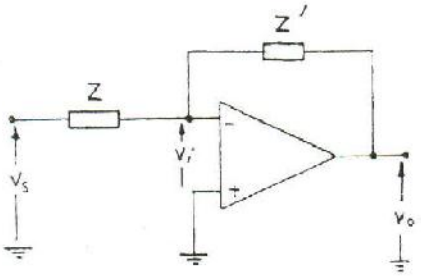
الف) نوع فیدبک را تعیین کرده و مشخص کنید در کدامیک از گسی ها ولتاژ ، جریان ، امپدانس انتقالی و مقاومت انتقالی ترانس فان

مدار بایاس مشخص ؟

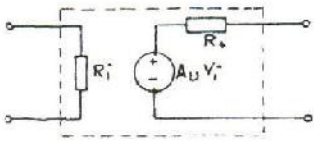
www.ttnar.ir

مسائل فصل پنجم : تقویت کننده‌ی عملیاتی

۵-۱ : برای مدار تقویت کننده‌ی منفر OP AMP نشان داده شده در شکل الف ۵-۱ از مدل غیرایده‌آل OP AMP شکل



شکل الف ۵-۱



شکل ب ۵-۱

ب ۵-۱ استفاده کنید و

الف : ثابت کنید که

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{A_{vo} + R_o Y'}{1 + R_o Y'}$$

ب :

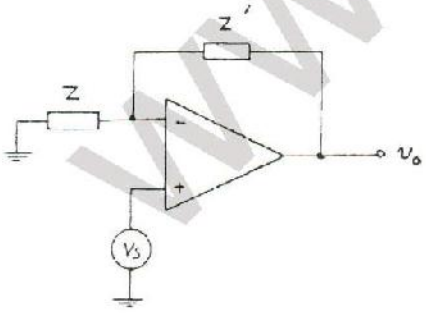
$$A_{vf} = \frac{V_o}{V_s} = \frac{-Y}{Y' - \frac{1}{A_v}(Y' + Y + Y_i)}$$

که در آن Y و Y' و Y_i ترتیب ادمیتانس‌های مربوط به R' و R و R_i می‌باشند .

ج : امپدانس ورودی مؤثر Z_{if} را که R_i سوازی قرار گرفته بدست آورده ثابت کنید که مقدار آن $\frac{Z' + R_o}{1 - A_{vo}}$ می‌شود.

د : با استفاده از عبارت بدست آمده در قسمت ج مقدار A_{vf} را بدست آورده نتیجه را با نتیجه بدست آمده در قسمت ب مقایسه کنید .

۵-۲ : مدار تقویت کننده‌ی مثبت شکل زیر را در نظر بگیرید . با استفاده از مدل غیرایده‌آل OP AMP نشان داده شده در شکل ب ۵-۱ مطلوبست :



الف) $A_{vf} = \frac{V_o}{V_s}$ را بدست آورده و در حالت $A_{vo} \to \infty$ بطور $A_{vf} = (1 + R'/R)$ را از آن نتیجه بگیرید .

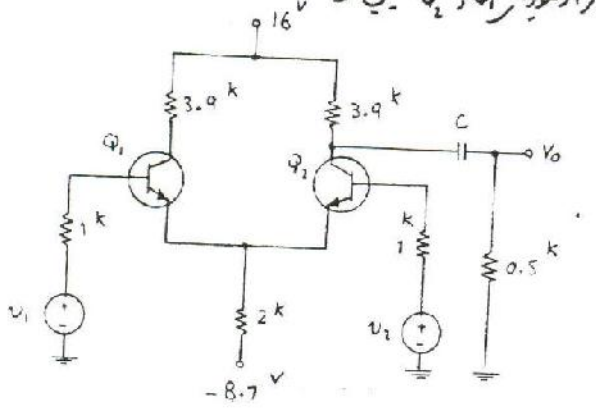
ب) با فرض R_i خیلی زیاد و $R_o = 0$ ثابت کنید

امپدانس ورودی این تقویت کننده از رابطه $R_{if} = R_i (1 - \frac{Z A_{vo}}{Z + Z'})$ بدست می‌آید .

۵-۳ : در شکل زیر ترانزیستورهای Q_1 و Q_2 کمیاب بوده دارای $h_{FE} = h_{fe} = 100$ می‌باشند ($h_{oe} = h_{re} \simeq 0$) .

www.tinar.ir

الف) جریان dc ترانزیستورهای Q_1 و Q_2 را بدست آورید. (ترانزیستورهای Q_1 و Q_2 سیلیکن می‌باشند).

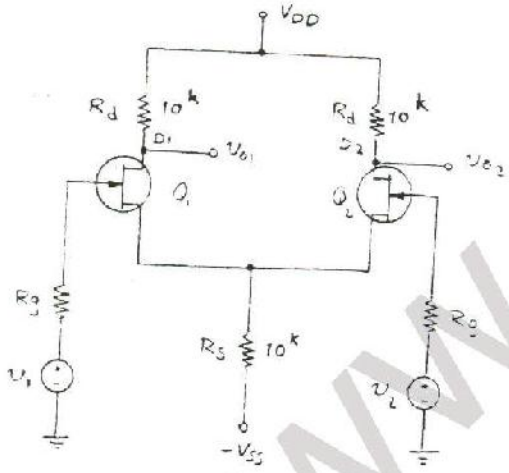


ب) دوجزء تقویت A_d (گین تفاضلی) و A_c (گین حالت مشترک) را محاسبه کنید.

ج) CMRR مدار را بدست آورید.

د) اگر $V_1 = 50$ mV و $V_2 = 100$ mV باشد ولتاژ خروجی V_o را بدست آورید.

۴-۵ : در مدار شکل زیر Q_1 و Q_2 یک زوج دارای مشخصات یکسان FET می‌باشند: $g_m = 1$ mmho , $r_d = 100$ kΩ

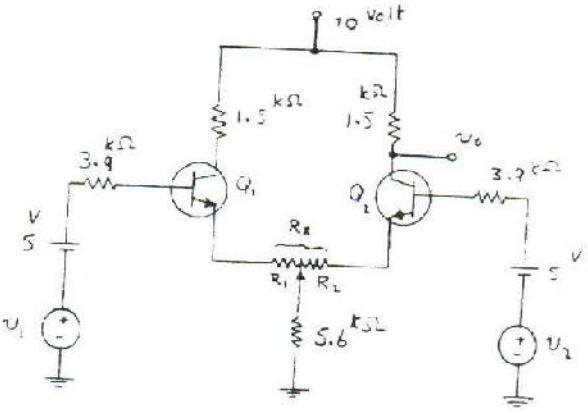


الف) با استفاده از مدار معادل ac برای FET ها Q_1 و Q_2 ولتاژ خروجی V_{o2} را برحسب V_1 و V_2 بدست آورید.

ب) دوجزء تقویت تفاضلی (A_d) دوجزء تقویت حالت مشترک (A_c) و CMRR این مدار را بدست آورید.

ج) قسمت (ب) را برای حالتی که خروجی از درین Q_1 و Q_2 دریافت می‌شود، تکرار کنید.

۵-۵ : در مدار شکل زیر ترانزیستورهای Q_1 و Q_2 ترتیب دارای $h_{FE_1} = 100$, $h_{FE_2} = 200$ می‌باشند. اگر مقاومت پتانسیومتر R_x برابر 100 اهم باشد:



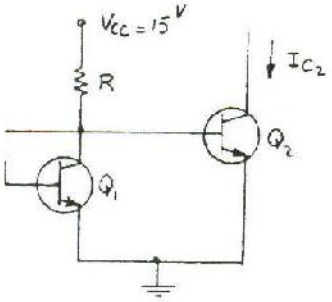
الف) مقادیر R_1 و R_2 را طوری تعیین کنید که مدار متعادل باشد.

ب) CMRR مدار را بدست آورید.

(ترانزیستورهای Q_1 و Q_2 سیلیکن می‌باشند).

www.ttnar.ir

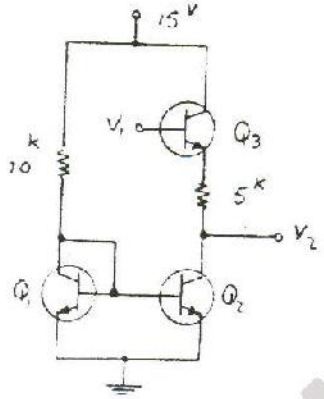
۵-۹ : الف) در مدار شکل زیر اگر $V_{CC}=15^{V}$ باشد مقدار R را طوری تعیین نمائید که $I_{C_2}=10^{\mu A}$ شود .



ب) اگر حداکثر مقاومتی که در توان در این مدار از آن استفاده نمود $R=10^{k\Omega}$ باشد ، مدار را طوری اصلاح نمائید که با رعایت این محدودیت برابر مقدار حداکثر ، جریان $I_{C_2}=10^{\mu A}$ را برای ترانزیستور Q_2 برقرار نماید .

(ترانزیستورهای Q_1 و Q_2 مشابه بوده و دارای β های زیادی می باشند)

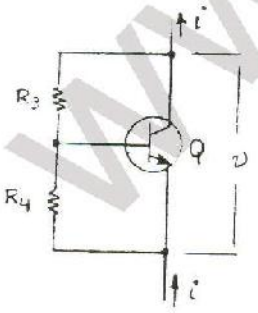
۵-۱۰ : الف) برای مدار شکل زیر مقدار $(V_2-V_1)_{dc}$ را بدست آورید . فرض شود که ترانزیستورهای Q_1 و Q_2 و Q_3 دارای β های زیاد و مشابه بوده و دیود زنر دارای ولتاژ شکست 6^{V} باشد .



ب) این مدار چه کاربردی دارد ؟

ج) نقش ترانزیستورهای Q_1 و Q_2 در این مدار چیست ؟

۵-۱۱ : الف) برای مدار خطی شده ی V_{BE} در شکل زیر نشان داده شده ، ثابت کنید که مقاومت دینامیکی این مدار توسط رابطه ی زیر مشخص می شود :



$$R_d=\frac{v}{i}=\frac{R_3+R_4'}{1+\frac{h_{fe}}{h_{ie}}R_4'}$$

در رابطه $R_4'=R_4\|h_{ie}$ می باشد .

ب) هرگاه $\frac{h_{fe}}{h_{ie}}\gg 1/R_4$ و $h_{fe}\gg 1$ باشند نشان دهید که :

$$R_d=\frac{R_3}{h_{fe}}+\frac{(R_3+R_4)h_{ie}}{h_{fe}R_4}$$

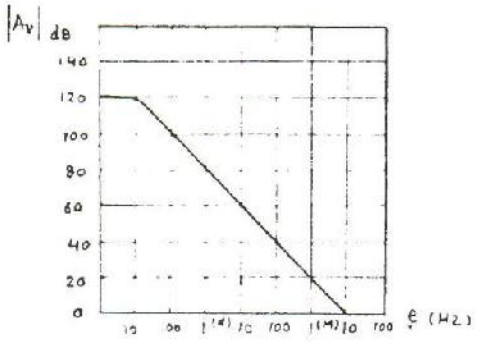
۵-۱۲ : یک OP AMP با سرعت حرکت (Slew rate) $1^{V/\mu s}$ را در نظر بگیرید .

الف) اگر ما نزدیم سینوسی با دامنه ی خروجی 10^{V} باشد ، بیشترین پهنای باند توان را (Full-power bandwidth) این تقویت کننده

حقیقت است ؟

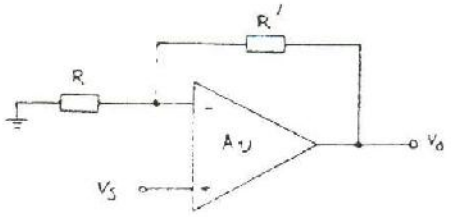
ب) برای سیگنال سینوسی با فرکانس $f = 60\ kHz$ ، حداکثر دامنه خروجی با طوری است که در سیگنال خروجی اعوجاج نشود .

۱۳-۵ : کدام جمله مانند یک op AMP ترجیح فرکانس را پاسخ زیر نشان داده شده است .



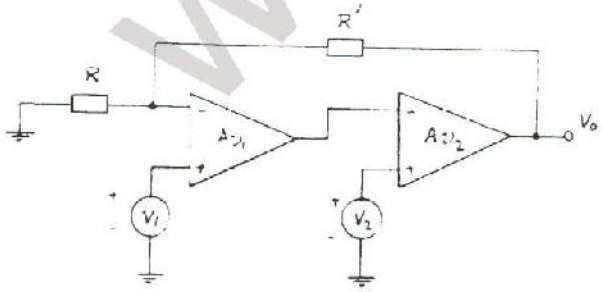
الف) : بالاترین کسره مثبت نشان داده شده ثابت کننده حاصلضرب گین (A_{VC}) در پهنای باند مقداری است ثابت و این مقدار با ترجیح مشخصات op AMP بدست آورده ($R_o \to 0$ ، $R_i \to \infty$) .

ب) : برای حالت $R = 1^k$ ، $R' = 90^k$ ، پهنای باند بالاترین کسره را بدست آورید .



ج) : هرگاه از این بالاترین کسره تقریب نادرست استفاده شود ($R = \infty$ ، $R' = 0$) ، پهنای باند آن چقدر خواهد شد ؟

۱۴-۵ : در مدار شکل زیر هرگاه V_1 و V_2 ولتاژ خطای ناشی از آفست (offset) یک op AMP نشان دهند با فرض



$R_o \to 0$ ، $R_i \to \infty$ برای op AMP و با نظر گرفتن مقادیر محدود شونده A_{V_1} و A_{V_2} برای op AMP ثابت کنید در هرگاه ورودی اصلی (V_i) زمین شده ولتاژ خروجی را بر مقدار

$$V_o = A_{V_2}\left[A_{V_1}(V' - V_1) - V_2\right]$$

بوده در آن $V' = V_o \dfrac{R}{R+R'}$ می‌باشد و نشان دهید در هرگاه $A_{V_1} A_{V_2} R/(R+R') \gg 1$ باشد ، خواهیم داشت :

$$V_o = (1 + R'/R)\left(V_1 + \frac{V_2}{A_{V_1}}\right)$$

www.ttnar.ir

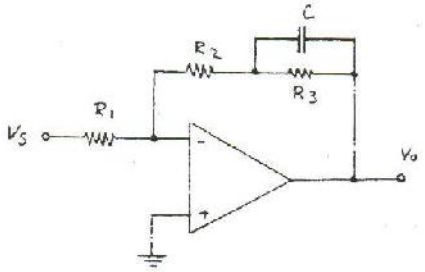
مسائل فصل ششم : کاربردهای تقویت کننده‌ی عملیاتی

۶-۱ : برای مدار نشان داده شده در شکل زیر :

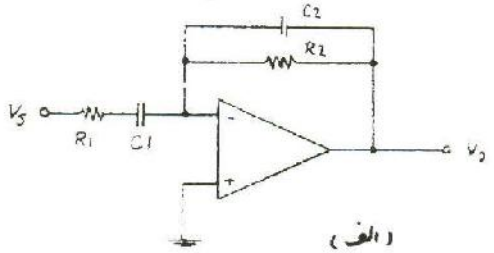
الف) گین انتقالی $\left(\frac{V_o}{V_s}\right)$ را بدست آورید .

ب) اگر V_s مقدار ثابت V باشد ، ثابت کنید در خروجی V_o

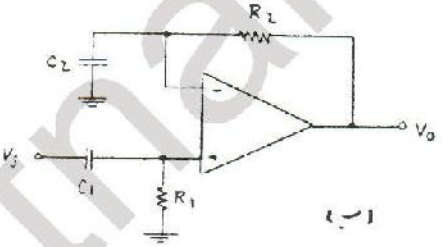
از معادله دیفرانسیلی $C\frac{dv_o}{dt} + \frac{v_o}{R_3} + \frac{V}{R_1}\left(1+\frac{R_2}{R_3}\right) = 0$ بدست می‌آید .



۶-۲ : برای مدار OP AMP نشان داده شده در شکل زیر توابع انتقال (Transfer function) $\left(\frac{V_o}{V_s}\right)$ را بدست آورید .

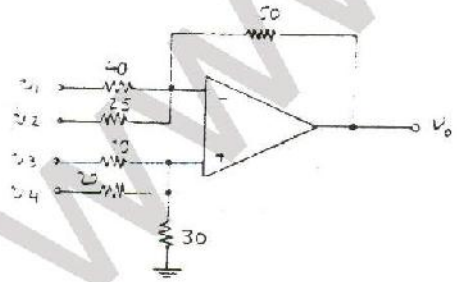


(الف)

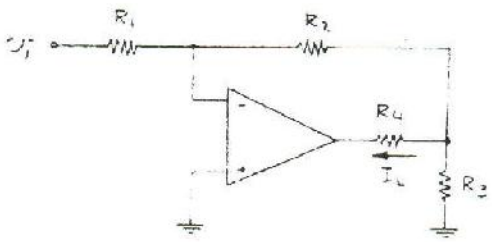


(ب)

۶-۳ : برای مدار جمع و تفریق کننده شکل زیر ولتاژ خروجی v_o را برحسب ورودی‌های v_1 و v_2 و v_3 و v_4 بدست آورید .

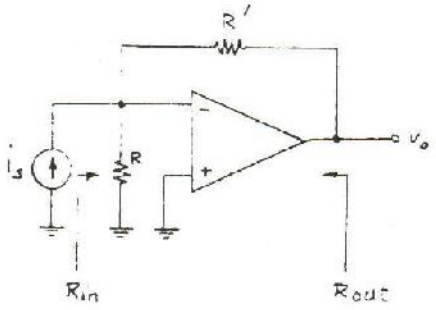


۶-۴ : مدار نشان داده شده در شکل زیر ، با فرض $R_1 \gg R_3$ ثابت کنید جریان بار R_4 (Floating load) مستقل از مقاومت بار R_4 بوده و برابر $\frac{v_i R_2}{R_1 R_3}$ می‌شود .



www.ttnar.ir

۶-۵ : برای تقویت کننده مقاومت انتقالی (transresistance) نشان داده شده در شکل زیر با فرض $A_v \neq \infty$ و $R_i \neq \infty$ ، $R_o \neq 0$ و با در نظر گرفتن $R_1 \triangleq R_3 \| R_i$:

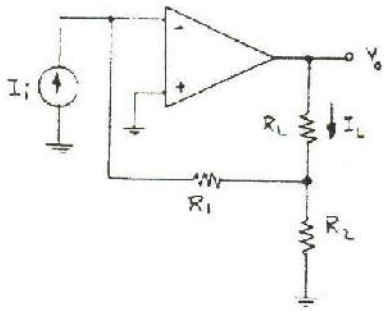


الف) مقاومت انتقالی v_o/i_s را با فرض $R_o \ll R'$ بدست آورید.

ب) مقاومت ورودی R_{in} را محاسبه کنید.

ج) مقاومت خروجی R_{out} را بدست آورید.

۶-۶ : تقویت کننده نشان داده شده در شکل زیر یک تقویت کننده جریان می باشد.

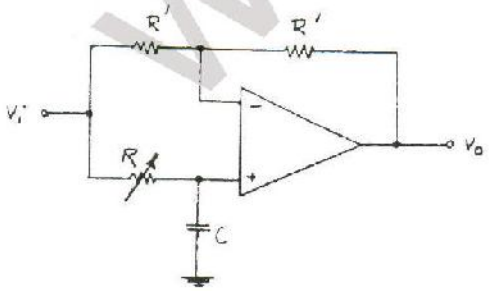


الف) با فرض اینکه op AHP ایدئال باشد ثابت کنید جریان بار I_L مستقل از مقاومت بار R_L بوده و تنها جریان از رابطه زیر بدست آید :

$$A_{If} = \frac{I_L}{I_i} = -\left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right)$$

ب) اگر op AHP واقعی دارای مشخصات $R_i = \infty$ ، $R_o = 0$ ، $A_v \neq 0$ ($A_v \gg 1$) باشد ثابت کنید جریان بار بدست آمده در قسمت (الف) در $(1 - R_L/R_2 A_v)$ ضرب می شود.

۶-۷ : مدار نشان داده شده در شکل زیر یک مدار تغییر دهنده فاز (phase-shifter) می باشد.



الف) ثابت کنید که تابع انتقال این مدار بصورت

$$A = \frac{V_o}{V_i} = \frac{1 - j\omega RC}{1 + j\omega RC}$$

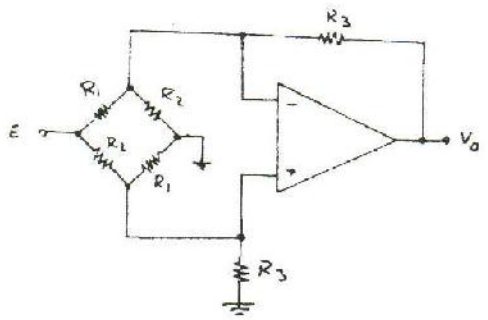
بوده و مقدار $|A|$ را بدست آورید.

ب) اگر R بین صفر تا ∞ تغییر کند تغییرات فاز $\Phi = \angle A$ چقدر خواهد بود؟

ج) اگر جای R و C عضو سوم تابع انتقال $A = \frac{V_o}{V_i}$ بدست آورده و تغییرات زاویه فاز Φ را با ازای تغییر R بین صفر و ∞ تعیین نمائید.

www.tnar.ir

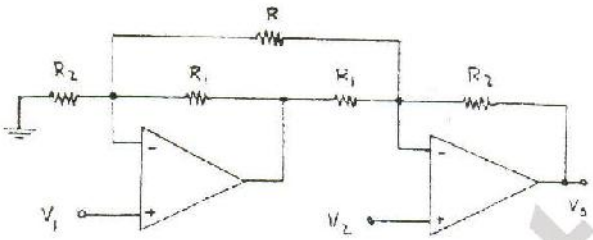
۶-۸ : در مدار شکل زیر OP AMP ایده‌آل می‌باشد :



الف) ولتاژ خروجی V_o را برحسب مقدار ورودی E بدست آورید .

ب) هرگاه ولتاژ آفست ورودی V_{io} و جریان آفست ورودی I_{io} باشد ولتاژ خطای ایجاد شده در خروجی را بدست آورید .

۶-۹ الف) برای تقویت کننده‌های ابزار دقیق (instrumentation) نشان داده شده در شکل زیر نشان دهید :

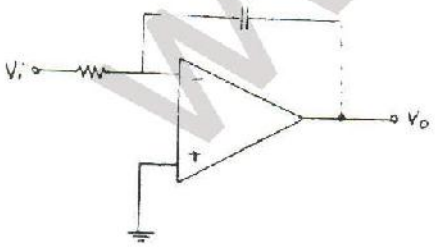


$$V_o = \left(1 + \frac{R_3}{R_1} + 2\frac{R_3}{R}\right)(V_2 - V_1)$$

ب) مقاومت R به چه طوری انتخاب شده است ؟

ج) اگر ولتاژ آفست (OFFSET) ورودی هر یک از ۳ OP AMP ، 1^{mV} باشد ، ولتاژ خروجی ناشی از این منبع خطا در بدترین شرایط چقدر خواهد بود ؟

۶-۱۰ : در مدار انتگرال گیر شکل زیر OPAMP دارای $R_i \to \infty$ ، $R_o \to 0$ ، A_v محدود می‌باشد :



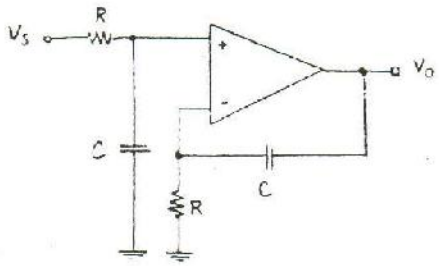
الف) با فرض اینکه ورودی یک تابع پله با مقدار V باشد ، نشان دهید خروجی از رابطه زیر بدست می‌آید :

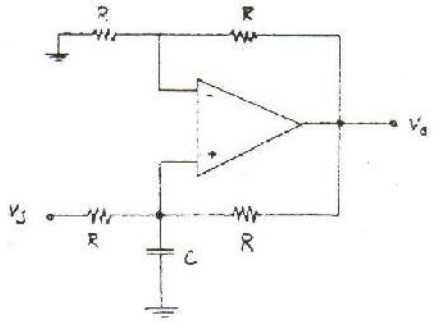
$$v_o = A_v V \left(1 - e^{-t/RC(1-A_v)}\right)$$

ب) این نتیجه را با حالتی که یک تابع پله به یک مدار انتگرال گیر ایده‌آل RC (بدون OP AMP) اعمال می‌شود ، مقایسه کنید . نشان دهید برای مقادیر خیلی زیاد RC ، خروجی هر دو مدار تقریباً در لحظات اولیه تقریباً خطی با زمان تغییر می‌کند . ثابت کنید برای $-A_v \gg 1$ شیب تابع شیب (ramp) خروجی برای هر دو مدار یکی است . همچنین نشان دهید انحراف ولتاژ خروجی از حالت خطی برای مدار انتگرال گیر با OP AMP ، $\frac{1}{1-A_v}$ برابر مدار انتگرال گیر ایده‌آل RC است .

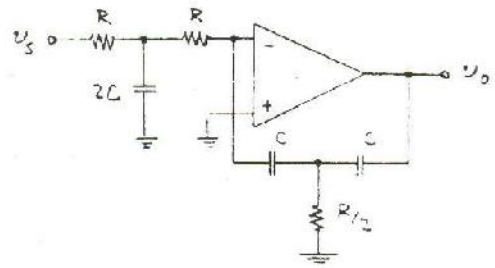
www.tnar.ir

۶-۱۱ : توابع انتقال (transper function) مدارهای زیر را بدست آورده و نشان دهید هر کدام از این مدارها به صورت انتگرال گیر عمل می‌کنند.





۶-۱۲ : نشان دهید مدار زیر یک انتگرال گیر دوم (double integrator) است، به عبارت دیگر ثابت کنید تابع انتقال این مدار از رابطه زیر بدست می‌آید:



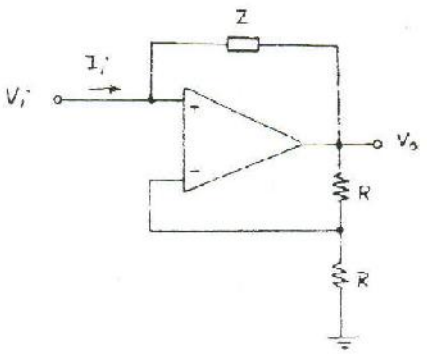
$$\frac{V_o}{V_s} = -\frac{1}{(RCs)^2}$$

۶-۱۳ : مدار لازم را برای حل معادلات دیفرانسیل زیر با (برنامه آنالوگ کامپیوتر) طرح نمایید:

الف)
$$\frac{d^2v}{dt^2} + 2v - 5\sin\omega t = 0 \qquad v(0) = -1 \qquad \left.\frac{dv}{dt}\right|_{t=0} = 0$$

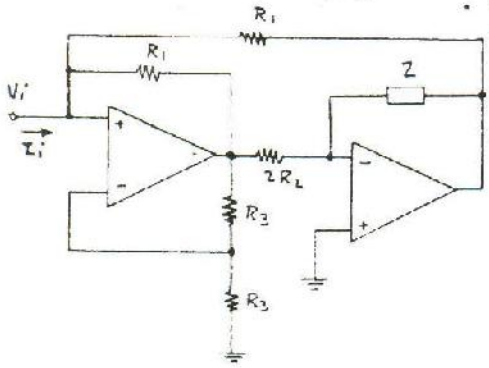
ب)
$$\frac{d^3y}{dt^3} - 5\frac{d^2y}{dt^2} + 4\frac{dy}{dt} + 3y = \alpha(t)$$
$$y(0) = 2$$
$$\frac{dy(0)}{dt} = 0$$
$$\frac{d^2y(0)}{dt} = 3$$

۶-۱۴ : مدار شکل زیر یک مبدل امپدانس منفی (NIC) negative impedance converter نامیده می‌شود. ثابت کنید امپدانس ورودی این مدار $\frac{V_i}{I_i} = -Z$ می‌باشد.



www.ttnar.ir

۶-۱۵ : مدار شکل زیر مدار ژیراتور (gyrator) نامیده می‌شود .

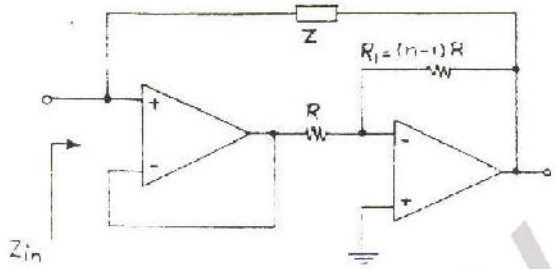


الف) ثابت کنید امپدانس ورودی این مدار $\frac{V_i}{I_i} = \frac{R_1 R_2}{Z}$ می‌باشد .

ب) اگر Z یک خازن باشد (C) نشان دهید این سیستم نظیر یک سلف عمل می‌کند .

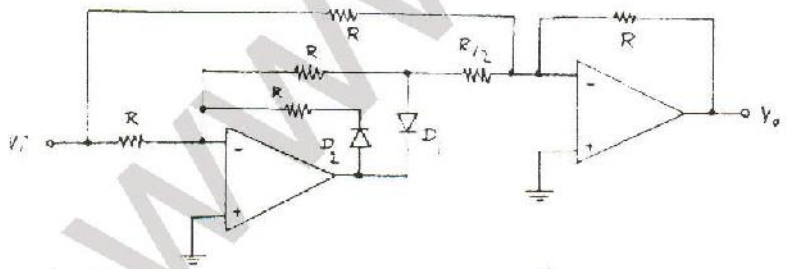
ج) مقدار C لازم برای بدست آوردن سلف $1\,H$ در بسامد $1\,k\Omega$ را بدست آورید ($R_1 = R_2 = 1$) .

۶-۱۶ : در مدار شکل زیر امپدانس ورودی مدار را با تنظیم مقدار R_1 متوالی به صورت کسری از امپدانس Z تغییر داد . با فرض ایده‌آل بودن op AMP ثابت کنید در

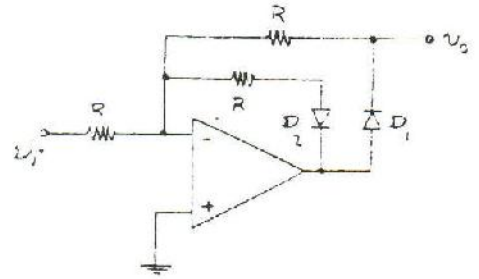


$$Z_{in} = \frac{Z}{n}$$

۶-۱۷ : در مدار شکل زیر اگر ورودی یک سیگنال سینوسی باشد ، خروجی V_o را بدست آورید .



۶-۱۸ : در مدار شکل زیر دیودهای D_1 و D_2 از نوع سیلیکن بوده (مقاومت مستقیم دیود صفر و مقاومت معکوس آن ∞ فرض شود) و ورودی یک موج مثلثی با دامنه پیک به پیک و فرکانس $25\,kHz$ می‌باشد .

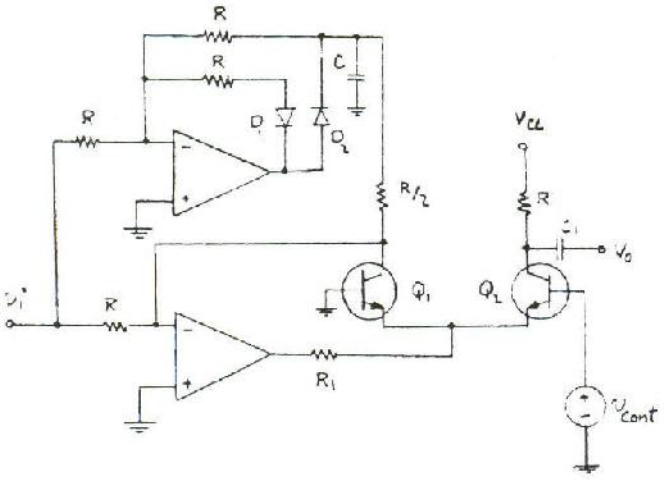


الف) وضعیت امپدانس برای op AMP ، خروجی را بدست آورده و رسم کنید .

ب) قسمت (الف) را برای حالتی که op AMP دارای نرخ تغییر خروجی (Slew rate) $0.6\,V/\mu s$ باشد ، حل نمایید .

www.ttnar.ir

۶-۱۹ : در مدار شکل زیر فرض میشود در هر لحظه RC در مقابل ثابت زمانی ورودی خیلی زیاد باشد :



الف) جریان کلکتور ترانزیستور Q_1 را بدست آورده و آنرا رسم کنید (برحسب زمان t) .

ب) رابطه ولتاژ خروجی V_o را برحسب ولتاژهای ورودی V_i و V_{cont} بدست آورید .

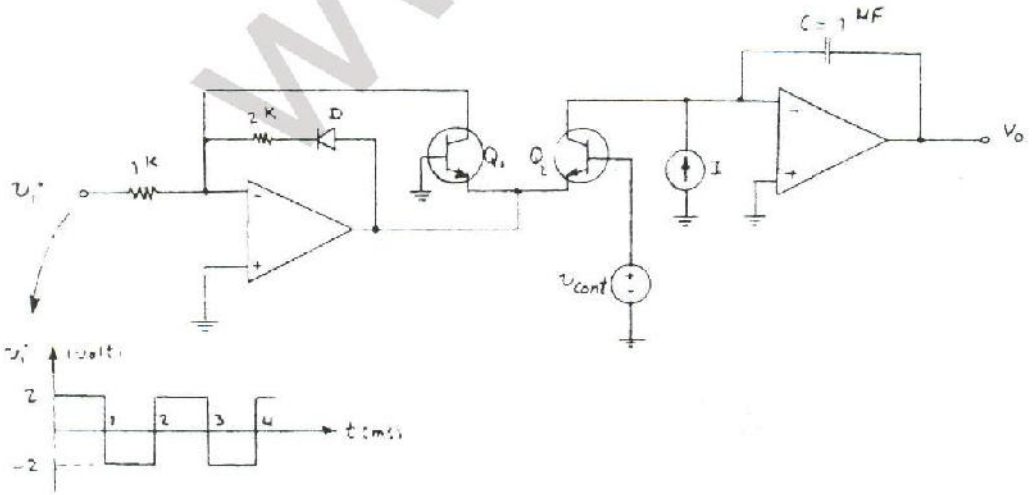
$v_i = a \sin \omega t$

(ترانزیستورهای Q_1 و Q_2 یکسان میباشند)

۶-۲۰ : در مدار شکل زیر تقویت کننده عملیاتی ایده‌آل میباشد و جریان کلکتور ترانزیستور (I_C) و ولتاژ بین امیتر (V_{BE}) در رابطه $I_C = I_0 (e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} - 1)$ صدق میکند .

الف) اگر $V_{cont} = 0$ و $I = 1\ mA$ میباشد ، نشان دهید در شکل موج خروجی یک موج مثلثی با شیب صعودی و شیب نزولی یکسان میباشد .

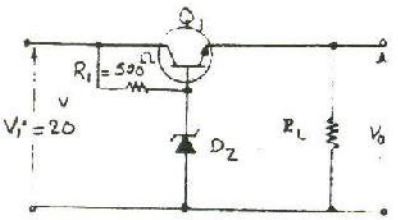
ب) اگر $I = 0.5\ mA$ باشد ، V_{cont} را طوری تعیین کنید در شکل موج خروجی یک موج مثلثی با شیب صعودی و شیب نزولی یکسان باشد ($V_T = 26\ mV$) .



www.tinar.ir

مسائل فصل هفتم : تنظیم کننده های ولتاژ

۷-۱ : در مدار شکل زیر ترانزیستور Q_1 یک ترانزیستور سیلیکی ($V_{BE} \simeq 0.7^{V}$) بوده و دارای $h_{FE} = 80$ می باشد . دیود زنر



از نوع IN751A بوده و دارای مشخصات زیر است :

$V_Z = 5.1^{volt}$ $\quad S_Z = -0.4^{mV/^oC}$

$r_Z = 10^{\Omega}$

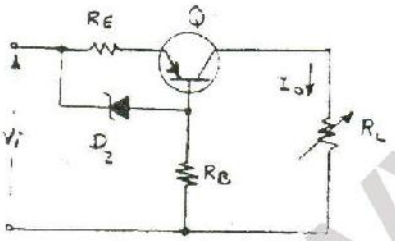
(مقادیر فوق در $I_Z = 30^{mA}$ مشخص شده اند)

الف) : مدار را برای $R_L = 500^{\Omega}$ جریان بار ، ولتاژ خروجی ، جریان دیود زنر را بدست آورید .

ب) : اگر جریان بار نصف شود ، جریان دیود زنر چقدر تغییر خواهد کرد ؟

ج) : مقاومت خروجی R_o ، ضریب حرارتی K_T ، و ضریب تنظیم ولتاژ S_V را برای این مدار بدست آورید .

۷-۲ : مدار شکل زیر یک تنظیم کننده جریان (Current regulator) را نشان می دهد . ترانزیستور



سیلیکی Q ($h_{FE} = 60$, $V_{EB} = 0.6$) و دیود زنر

BZY88C3V6 با مشخصات زیر :

$V_Z = 3.6^{V}$ $\quad S_Z = -2.0^{mV/^oC}$

$r_Z = 76^{\Omega}$ $\quad P_{...} = ...$

(مقادیر فوق در $I_Z = 5^{mA}$ داده شده اند)

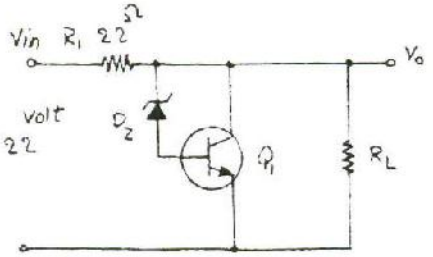
$P_{tot} = 0.4^{W}$ $\quad I_{Z min} = 1^{mA}$

الف) مدار را طوری طرح کنید که برای تغییرات ولتاژ ورودی $25^{V} \le V_{in} \le 30^{V}$ جریان خروجی برای تغییرات بار $0 \le R_L \le 100^{\Omega}$ در مقدار ثابت 100^{mA} ثابت بماند . (منظور از طرح تعیین مقدار ولتاژ مقاومت R_B و مقادیر ماکزیمم برای ترانزیستور Q می باشد) .

ب) مقاومت خروجی R_o ، ضریب حرارتی K_T ، و ضریب تنظیم جریان $S_I = \left.\frac{dI_o}{dV_i}\right|_{V_o, T=cte}$ را برای این مدار بدست آورید و مقدار آنها را برای $V_{in} = 25^{V}$ بدست آورید .

www.itnar.ir

۷-۳ : در مدار تنظیم کننده ولتاژ مقابل نشان داده شده در شکل زیر دیود D_Z از نوع BZX 61C15 ساخت کمپانی است زیر باشد .



$V_Z = 15^V$ ، $S_Z = 12.5^{mV/c}$ و $r_Z = 15^\Omega$

(عبارتند از جریان $I_Z = 5^{mA}$ داده شده اند)

$P_{tot} = 0.4^W$ $I_{Zmin} = I_{Zknee} = 1^{mA}$

هرگاه ترانزیستور قدرت Q_1 سیلیکی بوده ($V_{BE} \approx 0.7^V$) دارای $h_{FE} = 50$ باشد :

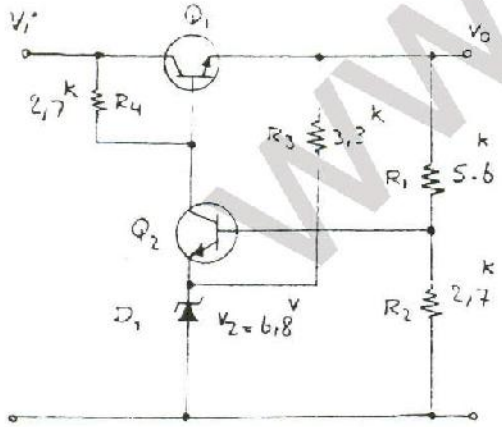
الف) برازای $R_L = 250^\Omega$ ، ولتاژ جریان خروجی و تلف توان در ترانزیستور Q_1 را تعیین نمائید .

ب) اگر بار R_L قطع شود ($I_L = 0$) ترانزیستور Q_1 چه توانی تلف خواهد نمود ؟

ج) تقریباً تا چه مقاومتی برای (R_L) این مدار میتواند همچنان تنظیم ولتاژ را انجام دهد ؟

د) k_T مدار را بدست آورید .

۷-۴ : مدار شکل زیر یک تنظیم کننده ولتاژ سری را نشان میدهد . ترانزیستورهای Q_1 و Q_2 هردو سیلیکی بوده دارای $h_{FE_1} = h_{FE_2} = 50$ میباشند : در صورتیکه $V_i = 40^V$ باشد



الف) [redacted] جریان مدار را بدست آورید .

ب) : در حالت [redacted] بار ($R_L \to \infty$) جریانها و ولتاژهای DC مدار را تعیین کنید .

ج) : اگر جریان بار 100^{mA} از مدار کشیده شود ، ترانزیستور کار جدید مدار (جریانها و ولتاژهای dc) را بدست آورید . مقاومت داخلی منبع تنظیم نشده را $R_S = 25^\Omega$ در نظر بگیرید .

د) : اگر ترانزیستور Q_1 را با ترانزیستوری که h_{FE} آن 100 باشد عوض نمائیم جریان ترانزیستور Q_2 چقدر کلکتور خواهد شد .

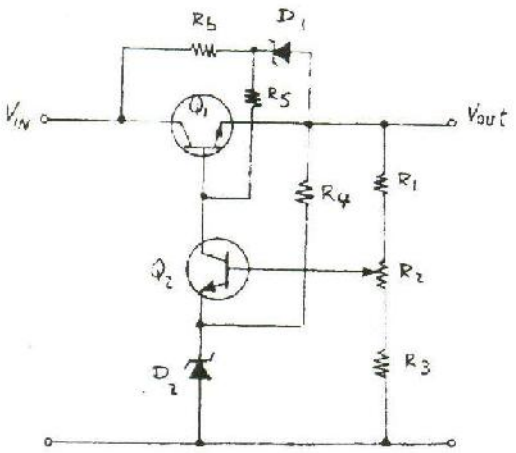
www.ttnar.ir

۷-۵ : یک تنظیم کننده ولتاژ سری مطابق مشخصات زیر طرح نمایید .

$V_{out} = 18^{volts}$

$(I_{out})_{max} = 200^{mA}$

$25 \leq V_{IN} \leq 35^{volts}$



برای طرح از دیود زنر سری BZY88 در مشخصات زیر استفاده نمایید . برای ترانزیستورهای Q_1 و Q_2 حداکثر مقادیر مجاز (I_{Cmax} ، V_{CEmax} و P_{Cmax}) را تعیین نمایید .

فرض کنید ترانزیستورها سیلیکن بوده ($V_{BE} \approx 0.8^{V}$) و دارای $h_{FE} > 50$ باشند .

BZY88-	C3V3	C3V6	C3V9	C4V3	C5V1	C5V6	C6V2	C6V8	C7V5	C8V2
at I_Z(mA)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
V_Z (V)	3.3	3.6	3.9	4.3	5.1	5.6	6.2	6.8	7.5	8.2
S_Z (mV/°C)	-2.3	-2.0	-2.05	-1.8	-1.2	-0.2	+0.2	+3.2	+4.2	+5.0
r_Z (Ω)	83.5	76	76	70	46	22	7.0	3.0	3.5	4.75

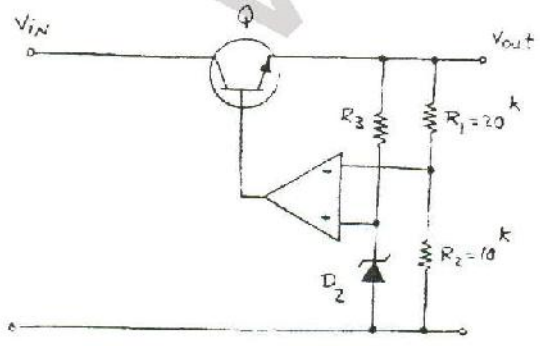
$P_{tot} = 0.4^{W}$

$I_{Z\,knee} = 1^{mA}$

$T_j = 175^{\circ}C$

$\Theta_{ja} = 310^{\circ C/W}$

۷-۶ : مدار مشخص زیر یک مدار تنظیم کننده ولتاژ با استفاده از یک op AMP را نشان میدهد .



الف) طرز کار مدار را تشریح کنید .

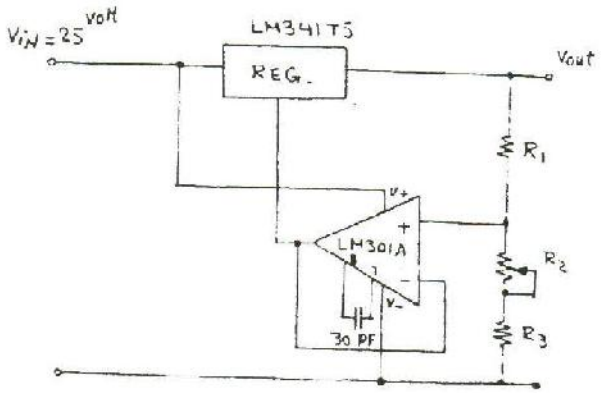
ب) اگر $V_Z = 6^{V}$ باشد ولتاژ خروجی مدار را بدست آورید .

ج) اگر op AMP دارای A_V محدود بوده با فرض $R_i = \infty$ ، $R_o = 0$ و با آن ، مقاومت خروجی این تنظیم کننده را بدست آورده و مقدار آنرا هنگامیکه $A_V \to \infty$ تعیین کنید .

(برای سادگی $r_z = 0$ در نظر گرفته شود)

www.tmar.ir

۷-۷ : در مدار تنظیم کننده ولتاژ زیر از تنظیم کننده ۵ ولتی LM341 و یک OP AMP استفاده شده است .

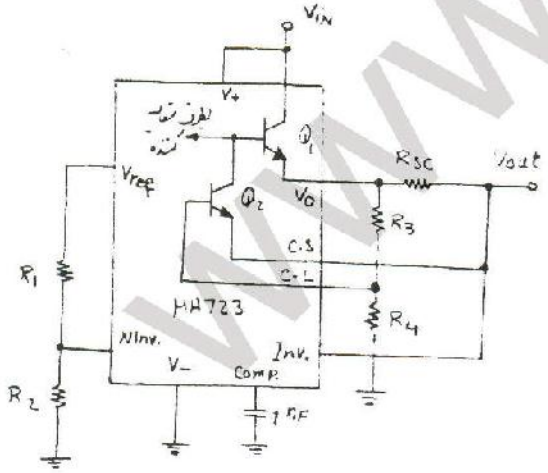


مقدار 30 PF برای ترمیم فرکانسی (Freq. Compensation) قرار داده شده و ضمن ولتاژ پایین هرگاه از ورودی سمت منفی و مثبت OP AMP 2^{V} است . اگر $R_1=3^{k}$ ، $R_3=1.2^{k}$ باشد و R_2 یک پتانسیومتر 10^{k} باشد :

الف) مقدار ولتاژ خروجی را برحسب مقاومت R_2 و R_1 ، R_3 و $V_{REG.}$ بدست آورید .

ب) با مقادیر داده شده برای مقاومت R_2 ولتاژ خروجی این تنظیم کننده را بین چه حدودی می توان تغییر داد ؟

۷-۸ : برای مدار تنظیم کننده ولتاژ شکل زیر از تنظیم کننده μA 723 استفاده شده است . در این تنظیم کننده ترانزیستور Q_1 نشان دهنده ترانزیستور کنترل خروجی و ترانزیستور Q_2 ترانزیستور مدار حفاظت جریان است . مدار شکل زیر به صورت محدود کننده جریان برگردان (Foldback Current limiting) بکار رفته است .



الف) ولتاژ خروجی این تنظیم کننده را برحسب Vref بدست آورید .

ب) جریان Iknee (جریان محدود شده در حالت دایر) را تعیین نمایید .

ج) جریان Isc (جریان محدود شده در حالت اتصال کوتاه) را محاسبه کنید .

در هر سه قسمت فوق روابط را برحسب مقاومت و پارامترهای μA723 تعیین نمایید .

www.tinar.ir

صفحه	سطر	غلط	صحیح
۵	۱۶	نسبت به بیس برابر	نسبت به گیت برابر
۱۶	ماقبل آخر	اتصال نقطه بین سورس گیت	اتصال نقطه بین سورس به زمین
۳۰	۲ رابطه (۱-۱۱)	$V_{GG} = \cdots$	$V_{GS} = \cdots$
۵۰	۴	$I_G = \frac{V_i - V_G}{R_G}$	$I_G = \frac{V_i - V_{GS}}{R_G}$
۶۰	سطر آخر	$A_L(jf) = \frac{}{\sqrt{1+(F_L/f)^2}}$	$A_L(jf) = \frac{1}{\sqrt{1+(F_L/f)^2}}$
۶۱	۱۳	$\frac{V_o(s)}{V_i(s)}\Big\vert_{j=2\pi f}$	$\frac{V_o(s)}{V_i(s)}\Big\vert_{s=j2\pi f}$
۸۰	۱۸	توسط خازن C_C تعیین	توسط خازن C_E تعیین
۹۷	رابطه (۳-۱۱)	$B_3 \triangleq \frac{\vert B_3\vert}{\vert B_1\vert} \cdots B_n \triangleq \frac{\vert B_n\vert}{\vert B_1\vert} \cdots$	$D_3 \triangleq \frac{\vert B_3\vert}{\vert B_1\vert} \cdots D_n \triangleq \frac{\vert B_n\vert}{\vert B_1\vert} \cdots$
۱۰۹	رابطه (۳-۳۲)	$I_{CQ} = I'_{CP}$	$I_{CQ} = I_{CP}$
۱۱۰	رابطه (۳-۳۴)	$I_{CQ} = \sqrt{\frac{P_{o(ac)}}{R'_L}}$	$I_{CQ} = \sqrt{\frac{2P_{o(ac)}}{R'_L}}$
۱۱۰	۱۰	مقدار $P_{o(ac)}$ برابر P_C لوده	مقدار $P_{o(ac)}$ نصف $P_{C_{max}}$ لوده

www.ttnar.ir

منابع

1. Boylested, R. and Nashelsky, L.: " ELECTRONIC DEVICES and CIRCUIT THEORY ", Prentice-Hall, Inc. 1982.
2. Cirovic, M.M. : " BASIC ELECTRONICS ", Reston Publishing Company, Inc. 1979.
3. Gray, P.E. and Searle, C.L. : " ELECTRONIC PRINCIPALES ; physic, Models, and Circuits, " John Wiley & Sons, Inc. 1969.
4. Manera, A.S. : " SOLID STATE ELECTRONIC CIRCUITS ; for engineering technology, " Mc Graw Hill Book company, 1973.
5. Millman, J. and Halkias, C.C. : " INTEGRATED ELECTRONICS ; Analog and Digital Circuits and Systems ", Mc Graw Hill Book Company, 1972.
6. Millman, J.: " MICROELECTRONICS ; Digital and Analog Circuits and Systems ", Mc Graw Hill Book Company, 1979.
7. Motorola Semiconductor Products Inc. " THE SEMICONDUCTOR DATA BOOK ", Motorola Inc., Semiconductor Products Devision, 1968.
8. Schilling, D.L. and Belove, C. : " ELECTRONIC CIRCUITS : Discrete and Integrated ", Mc Graw Hill Book Company, 1981.
9. Siliconix Inc. : " Designing with Field Effect Transistors ", Mc Graw Hill Book Company, 1981.
10. Texas Instruments, Inc. : " Transistor Circuit design ", Mc Graw Hill Book Company, 1977.

www.tnar.ir