

بسم تعالیٰ



دانشکده مهندسی برق

پروژه پایانی
الکترونیک 2

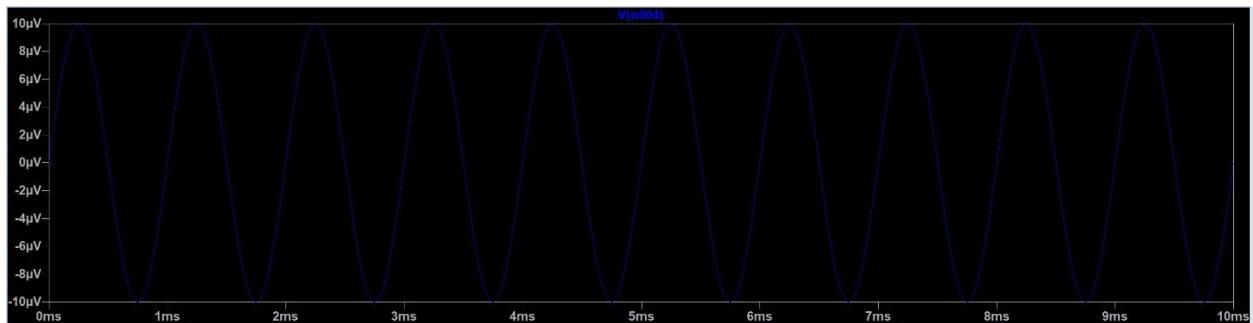
محمد پویا طرقی 400109479
امیرحسین زاهدی 99101705

زمستان 1401

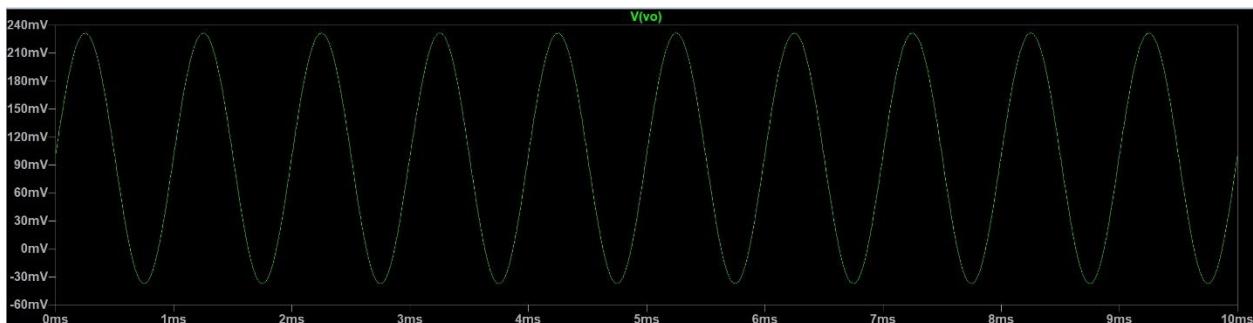
بخش اول:

در ابتدا محاسبات را به صورت دستی انجام می‌دهیم و پس از آن در ltspice پیاده سازی می‌کنیم. مقادیر مقاومت‌ها طبق محاسبات به صورت مطلوب عمل کردند. مقاومت آخر را اما با توجه به مقدار دقیق جریان کلکتور بدست آمده در شبیه سازی مجدد تنظیم کرده و آن را نسبت به تحلیل دستی اندکی تغییر دادیم تا سوینگ مورد نظر را بدهد.

سیگنال ورودی:

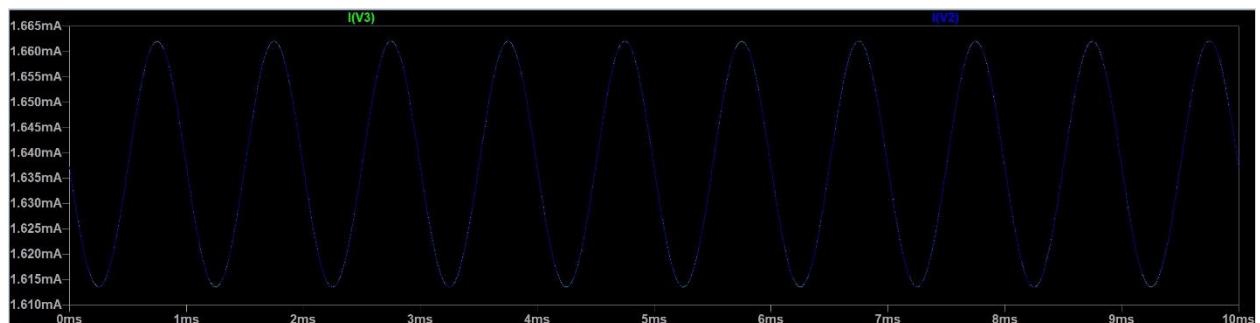


سیگنال خروجی:



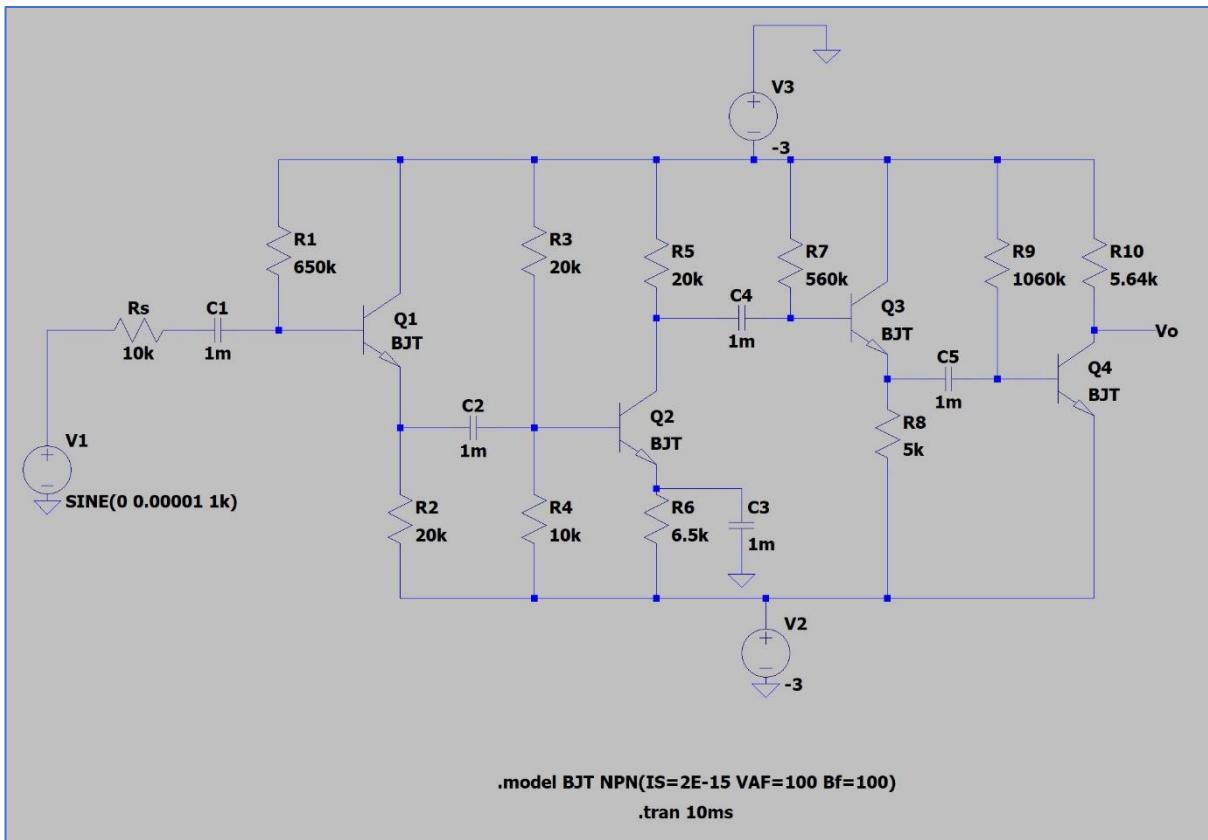
همانطور که مشاهده می‌شود دامنه سیگنال ورودی برابر 10 میکرو ولت است و دامنه سیگنال خروجی برابر حدود 135 میلی ولت است. پس بهره ولتاژ پیاده سازی شده در حدود 13500 است که در حدود دوبرابر مقدار خواسته شده است.

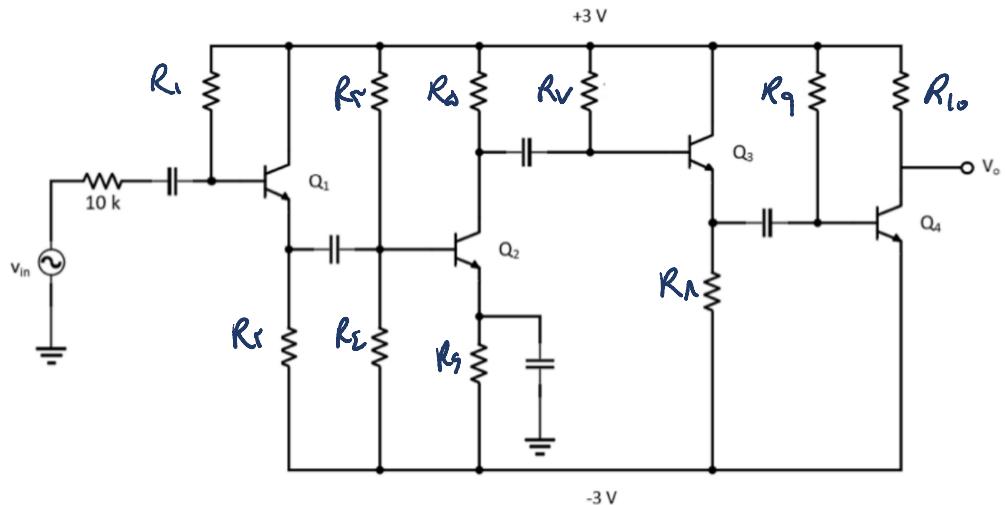
جریان گذرنده از منابع:



همانطور که مشاهده می‌شود مجموع جریان‌های گذرنده از منابع در حدود 1.64 میلی آمپر است. اندازه هر دو منبع برابر 3 ولت است. پس توان گرفته شده از منابع در حدود 9.84 میلی وات است که از مقدار خواسته شده (15 میلی وات) کمتر است.

مدار کامل:





$$\begin{aligned} A_v &\geq 76 \text{ dB} \\ \text{power consumption} &\leq 15 \text{ mW} \\ \text{output swing} &\geq 5.5\text{V} \end{aligned}$$

$$V_a = 1.0 \text{ V}, \beta = 1.0, V_{BE,ON} = 0 \text{ V} : \text{کمکت جیوسیکلیک} : DC \text{ میکرو}$$

$$V - R_I I_B - \sigma/V - R_T I_{C_1} = -V \Rightarrow \sigma/V = I_{C_1} \left(\frac{R_I}{1 + \sigma} + R_T \right) : Q_1$$

$$I_{B_T} = \frac{V_{BE}}{R_F + R_E} \Rightarrow I_{CR} = \frac{V_{CE} + V}{R_F} \Rightarrow I_{CR} = \frac{\frac{V_{CE}}{R_F + R_E} + V/R}{R_2}$$

$$\Delta R = I_{CR} \left(\frac{R_C}{I_{CR}} + R_L \right) : Q_1 \text{ into } Q_2 : Q_R$$

$$I_{B\Sigma} = \frac{\Delta V}{R_9} \Rightarrow I_{C\Sigma} = \frac{\Delta V_0}{R_9} \quad : Q_\Sigma$$

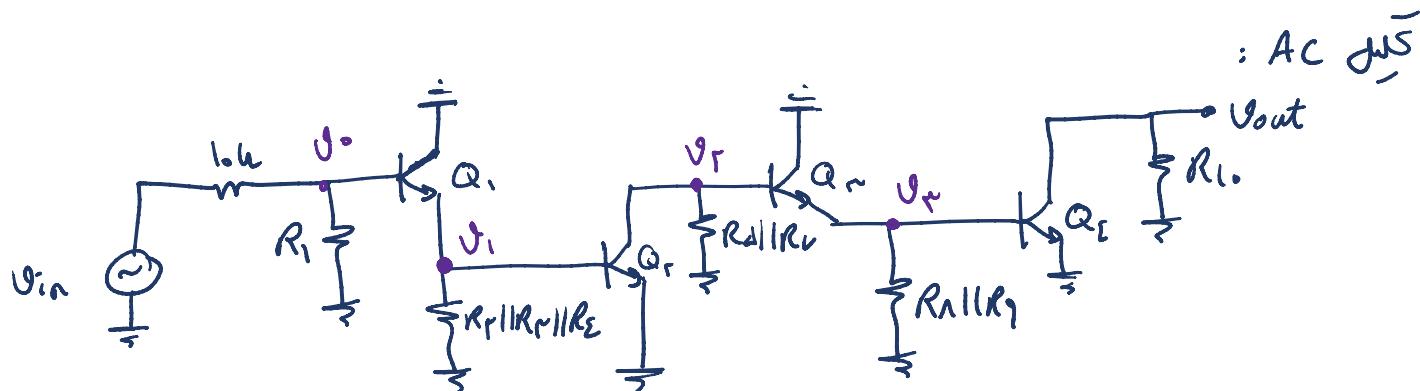
وین خروجی برابر $2V$ نیست اند. اگر $V_{CE,sat} = 0.2V$ باشد، از هماین داشتیم $2V - 0.2V = 1.8V$ تغیر کرد. سه بار $1.8V$ برابر $2V$ باشد، باید منطقه وسط را 1.0 داشت باشد مگریم.

$$\Rightarrow R - R_{1.0} I_{CE} = 0.1 \Rightarrow \frac{V_A}{R_9} = \frac{\Delta V - R_{1.0}}{R_9} \Rightarrow \frac{R_9}{R_{1.0}} = \ln V / V \Delta V$$

کسب نیازمندی از مدار:

$$r_{ce}(i_{C1} + i_{B1} + i_{Cr} + \frac{q}{R_E + R_C} + i_{Cv} + i_{Br} + (\beta_E + i_{CE}) \leq 10mW \Rightarrow$$

$$10(i_{C1} + i_{Cr} + i_{Cv} + i_{CE}) + \frac{q}{R_E + R_C} \leq 10 \times 10^{-3}$$



اماً جمیع تقویت مدار مربوط به طبقه دوم و طبقه سوم باشند طبقه اول دستور تقویت نزدیک به اداء نمایند.

$$AV_o = \frac{V_o}{V_{in}} = \frac{R_1 \parallel (r_{\pi 1} + \beta(R_T \parallel R_E \parallel R_C \parallel r_{o1}))}{1 + R_1 \parallel (r_{\pi 1} + \beta(R_T \parallel R_E \parallel R_C \parallel r_{o2} \parallel r_{o1}))}$$

$$AV_1 = \frac{V_1}{V_o} = \frac{R_T \parallel R_E \parallel R_C \parallel r_{o1}}{R_T \parallel R_E \parallel R_C \parallel r_{o2} \parallel r_{o1} + \frac{r_{\pi 1}}{\beta}} \approx 1$$

$$AV_r = \frac{V_r}{V_1} = - \frac{R_E \parallel R_C \parallel (r_{\pi p} + \beta(R_A \parallel R_Q \parallel r_{\pi \Sigma})) \parallel r_{o2}}{\frac{r_{\pi p}}{\beta}}$$

$$AV_{pr} = \frac{V_p}{V_r} = \frac{R_A \parallel R_Q \parallel r_{\pi \Sigma} \parallel r_{op}}{R_A \parallel R_Q \parallel r_{\pi \Sigma} \parallel r_{op} + \frac{r_{\pi p}}{\beta}} \approx 1$$

$$AV_{\Sigma} = \frac{V_{out}}{V_p} = - \frac{R_L \parallel r_{o2}}{\frac{r_{\pi \Sigma}}{\beta}}$$

: ج
ج

$$A\vartheta \gg V_0 \text{ dB} \Rightarrow V_0 = V_{in} \log \frac{V_{out}}{V_{in}} \Rightarrow A\vartheta \gg 9 \text{ dB}$$

لذلك يمكن استنتاج أن $A\vartheta_r > A\vartheta_e$ ، $A\vartheta_e$ لا يعتمد على V_{in} .

$$A\vartheta_r \times A\vartheta_e = \beta \times \frac{R_{L0} || R_{\Sigma}}{R_{\Sigma}} \times \frac{R_L || R_V || (R_{\Sigma} + \beta(R_L || R_V || R_{\Sigma})) || r_o}{r_o}$$

حيث β يساوي 100 ، r_o يساوي β^2 ، R_{Σ} يساوي مجموع المقاومات.

لذلك آخر بديل له نفس سلوك في الترددات هو $A\vartheta_e$ لا يعتمد على التردد.

$$I_{CE} = \frac{\omega V_0}{R_V} , \quad \frac{R_V}{R_{L0}} = 100/V_0 \Rightarrow I_{CE} = 0.1 \text{ mA} \quad \Rightarrow R_V = 10 \text{ k}\Omega$$

$$\Rightarrow R_{L0} = \omega/10 \text{ k}\Omega \quad \text{حيث المقاومة المكافئة لـ } R_V \text{ هي } 10 \text{ k}\Omega.$$

$$\frac{R_{L0}}{R_{\Sigma}} = 1/10 \quad \Leftarrow R_{\Sigma} = 10 \text{ k}\Omega$$

$$\Rightarrow A\vartheta_e = -114$$

$$I_{CR} = \frac{\omega/r}{R_V + R_L}$$

$$A\vartheta_r = \frac{R_L || R_{\Sigma}}{R_L || R_{\Sigma} + \frac{R_{\Sigma}r}{\beta}} \Rightarrow I_{CR} = 0.1 \text{ mA} \quad R_{\Sigma} = 10 \text{ k}\Omega$$

$$\Rightarrow \frac{\omega/r}{R_V + R_L} = 0.1 \text{ mA} \Rightarrow \frac{R_V}{100} + R_L = 10 \text{ k}\Omega \Rightarrow R_L = 10 \text{ k}\Omega$$

$$R_V = 10 \text{ k}\Omega$$

$$A\vartheta_r = \frac{100}{100} = 0.1 \text{ mA}$$

$$I_{CR} = \frac{9R_{\Sigma}}{R_{\Sigma} + R_E} - r/V$$

$$I_{CR} = 0.1 \text{ mA} \Rightarrow \frac{9}{R_{\Sigma} + R_E} \geq 10^{-1} \text{ mA}$$

$$\Rightarrow R_{\text{in}} = R_f + R_s \Rightarrow \boxed{R_s = 1/\Delta h \Omega} \Rightarrow \boxed{R_s = 9/10 \text{ h}^{-2}}$$

$$\Rightarrow r - R_A I_C > 9/10 k \times 1 \text{ mA} - 1/\lambda \Rightarrow r - 0.1 R_A > 1/\lambda \Rightarrow$$

$$\Rightarrow R_A < 90/10 \text{ h}^{-2} \Rightarrow \boxed{R_A = 9 \text{ h}^{-2}} \quad \text{عند تحقق الشرط المطلوب}$$

$$\Rightarrow A_{V_T} = \frac{-V_{T_H} \times 10^3}{r_{\text{in}}} = -180$$

$$I_{C_1} = \frac{\Delta/r}{\frac{R_1}{100} + R_f} = 0.1 \text{ mA} \Rightarrow \frac{R_1}{100} + R_f = 10 \text{ h}^{-2} \Rightarrow \boxed{R_f = 9 \text{ h}^{-2}}$$

$$\boxed{R_1 = 90 \text{ h}^{-2}}$$

$$A_{V_1} = \frac{R_E || R_F}{R_E || R_F + \frac{R_1}{\beta}} \Rightarrow r_{\text{in}} = 10 \text{ h}^{-2} \Rightarrow A_{V_1} = \frac{\Delta V}{\Delta I} = 0.1 \text{ V/V}$$

$$\underline{A_{V_0} = 1} \Rightarrow \boxed{\frac{V_{\text{out}}}{V_{\text{in}}} \approx 10 \text{ h}^{-2}}$$

$$R_1 = 90 \text{ h}^{-2} \quad R_f = 9 \text{ h}^{-2} \quad R_E = 9 \text{ h}^{-2} \quad R_s = 10 \text{ h}^{-2} \quad R_A = 9 \text{ h}^{-2}$$

$$R_g = 9/10 \text{ h}^{-2} \quad R_V = 24 \text{ h}^{-2} \quad R_N = 10 \text{ h}^{-2} \quad R_Q = 100 \text{ h}^{-2} \quad R_{L_0} = 10 \text{ h}^{-2}$$

لأنه في قطاع مطرد إسفلاتيك بـ 10mW بـ 10mA فـ 10V
وسيأخذ حذف رعاية.

بخش دوم:

برای این بخش تقویت کننده دو طبقه می سازیم که طبقه اول آن یک تقویت کننده کسکود با منبع جریان کسکود است.

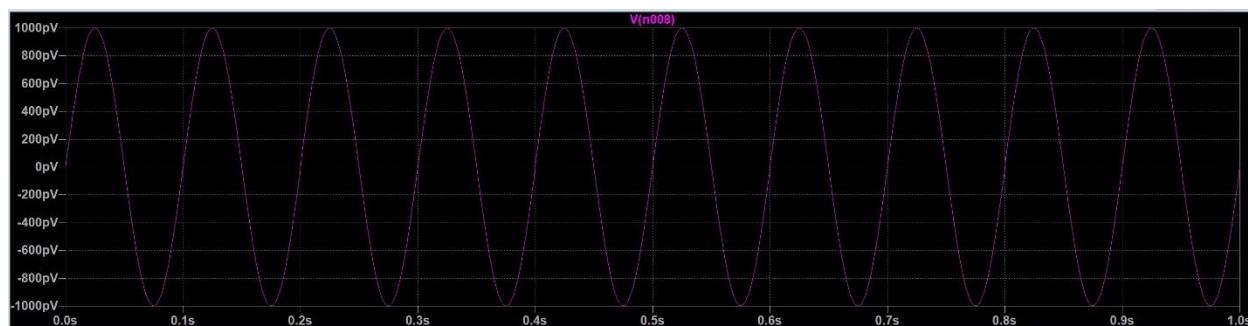
در بخشی از مدار، برای عدم شلوغی بیشتر از یک منبع جریان مرجع استفاده شده است که همان نقش آینه جریان به وسیله دو ماسفت با ولتاژ گیت یکسان را بازی می کند.

برای اینکه CMR بزرگتر از یک نیز داشته باشیم، ولتاژ بایاس را در مدار برابر 1.2 ولت قرار داده ایم.

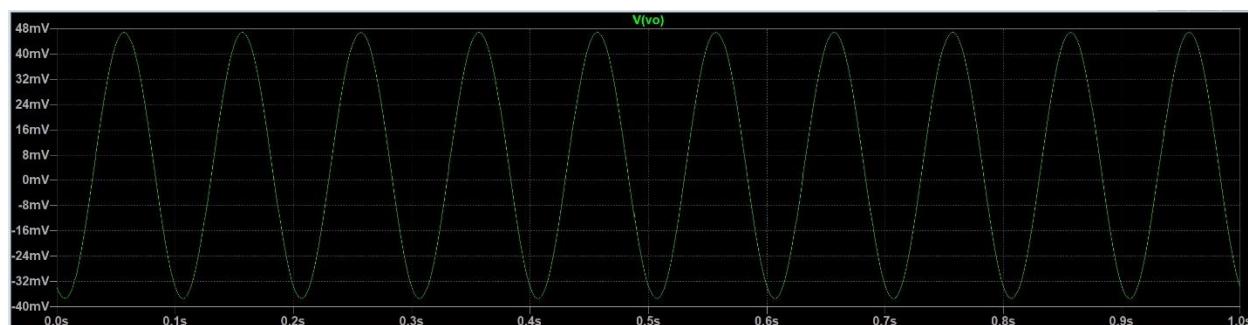
در مدار ولتاژ گیت سورس را ثابت برابر 0.8 ولت در نظر گرفته و با توجه به جریان های گذرنده از ماسفت ها (0.1 یا 0.2 میلی آمپر) عرض W هر کدام را بدست آوره ایم.

در ابتدا بهره ولتاژ را که باید بیش از ده به توان 6 باشد را بررسی می کنیم.

ورودی:



خروجی:

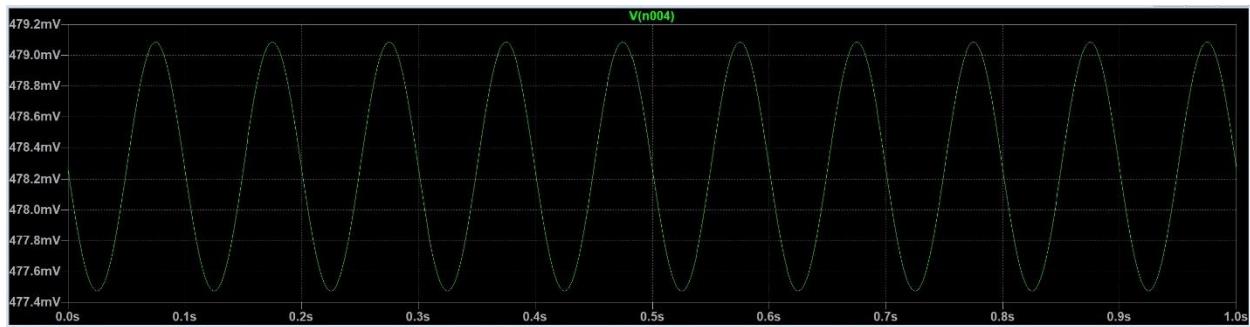


همانطور که مشاهده می کنیم. به ورودی ولتاژی با دامنه 1 نانو ولت داده شده و در خروجی سیگنالی با دامنه حدود 40 میلی ولت دریافت شده است. پس بهره این تقویت کننده در حدود 4 در ده به توان 7 است.

در این بخش CMR را بررسی می کنیم:

گفته شده بود که پیک تا پیک سیگنال ورودی را تا 1 ولت باید بتوانیم به عنوان ورودی بگیریم.

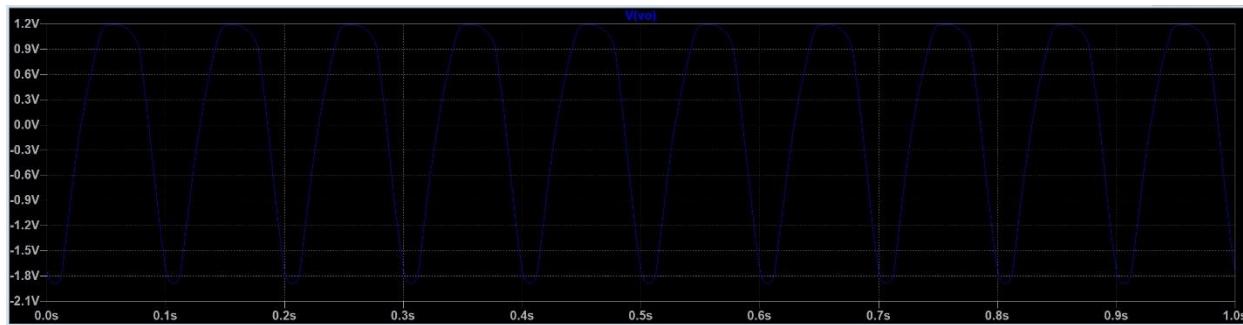
ما به هر دو ورودی سیگنالی با دامنه 1 ولت را می دهیم و خروجی به شکل زیر است:



مشاهده می کنیم که اعوجاجی دیده نمی شود و ورودی به صورت سالم دریافت شده است.

بررسی دامنه و تاثیر خروجی:

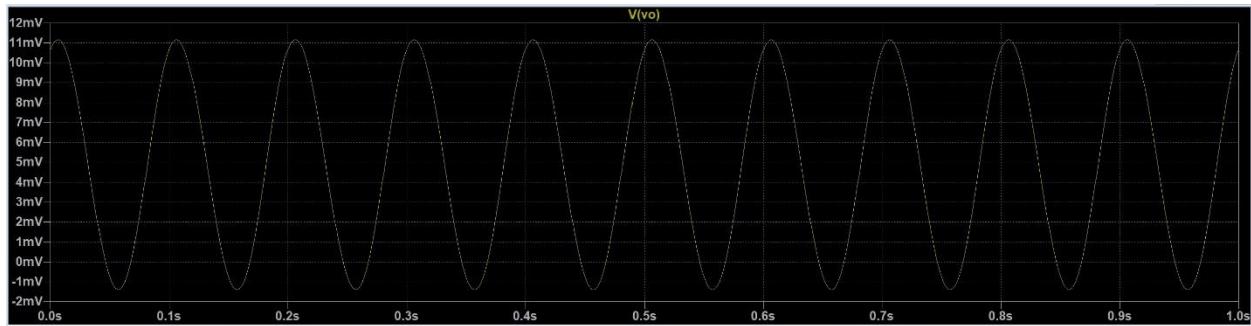
گفته شده که دامنه و تاثیر خروجی باید بتواند بیش از 2 ولت باشد.



طبق انتظار این اتفاق افتاده است. و دامنه ای که توانسته ایم در خروجی دریافت کنیم بیش از 1 ولت و پیک تو پیک بیش از 2 ولت است.

بررسی CMMR

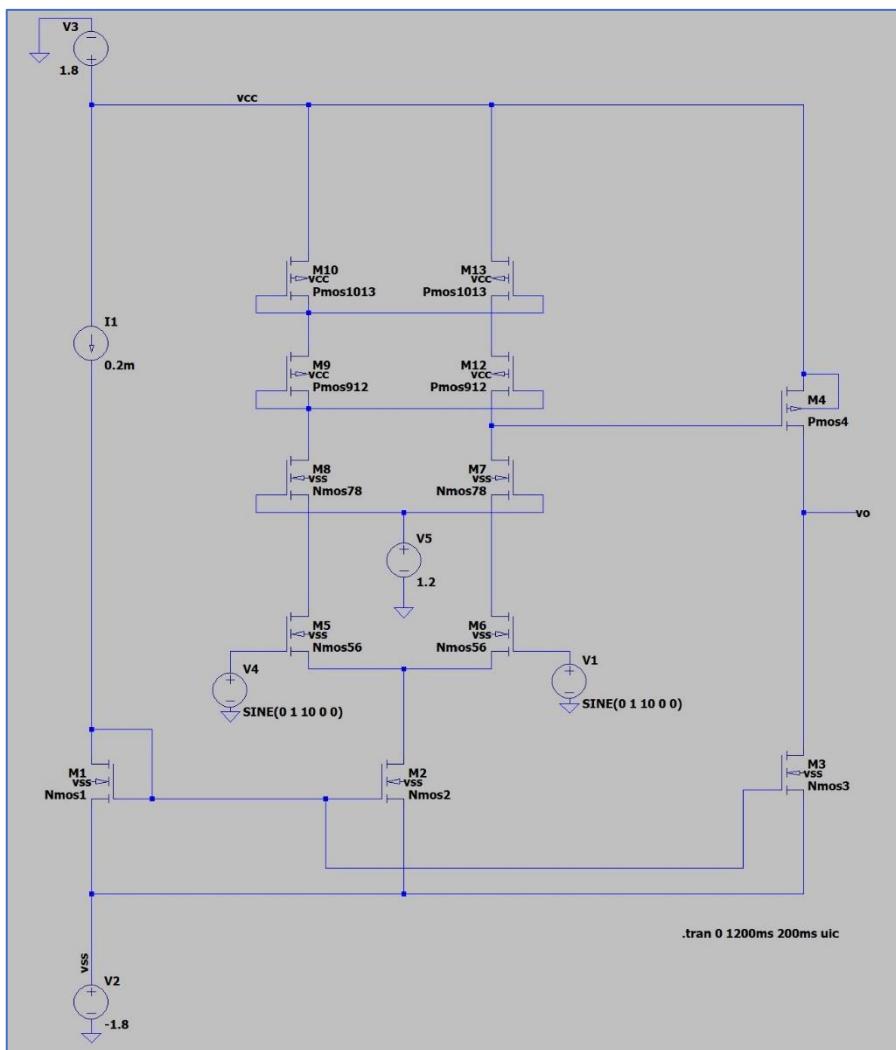
به ورودی ها سیگنال های برابر 1 ولت را می دهیم، خروجی می شود:



مشاهده می کنیم که دامنه از 1 ولت به حدود 6.5 میلی ولت تقلیل یافته است. پس به عبارتی بهره حالت ورودی های برابر، در حدود 6.5 در ده به توان منفی 3 است.

می دانیم که نسبت بهره دیفرانسیلی به بهره ورودی برابر است. پس با توجه به بهره 40 میلیونی دیفرانسیلی، این نسبت برابر می شود با حدود 6.15 در ده به توان 10. که از مقدار خواسته شده بسیار بیشتر است.

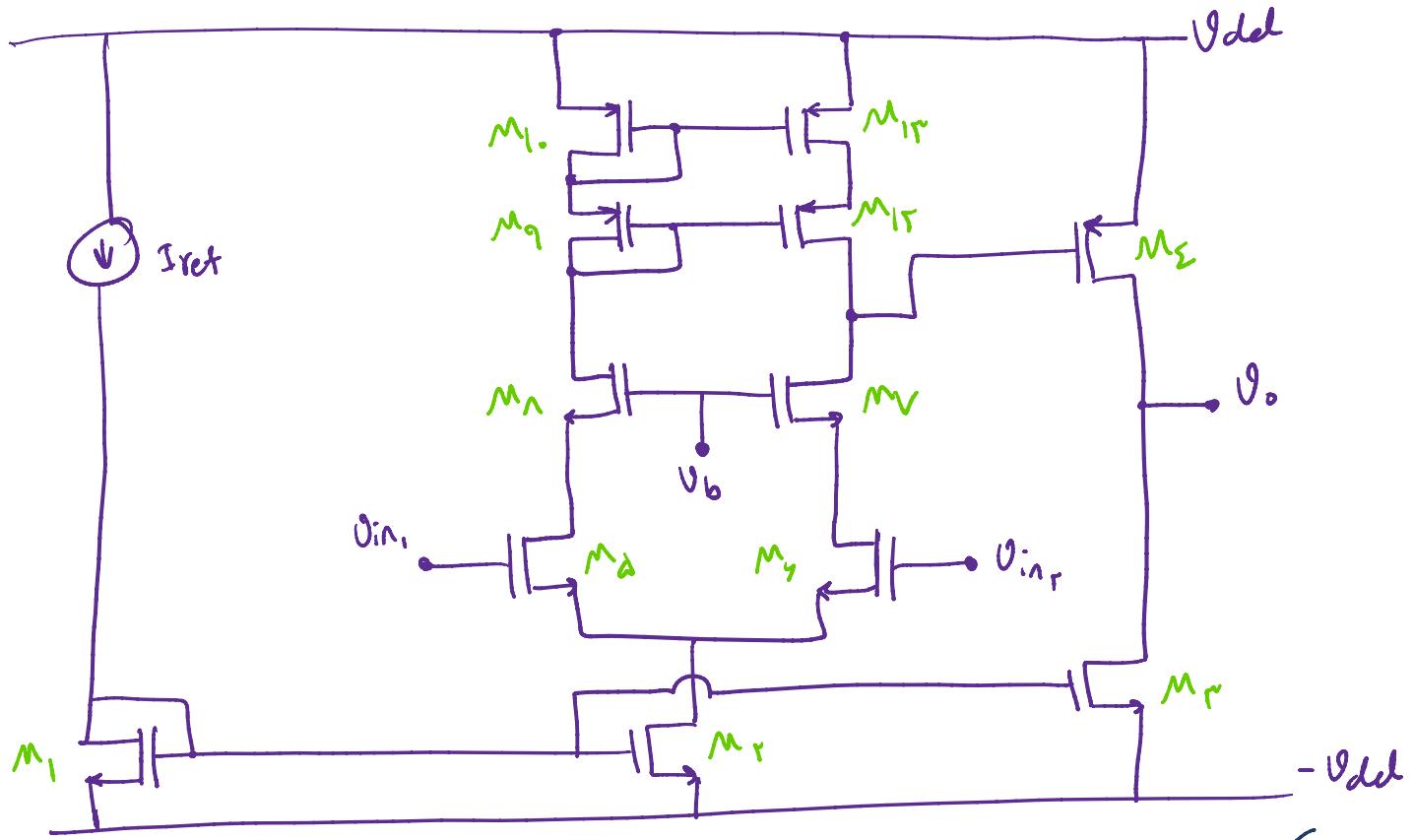
مدار به صورت کلی:



جریان های گذرنده از ترانزیستور ها نیز همه در حدود 0.2 یا 0.1 میلی آمپر هستند.

در ادامه محاسباتی که به صورت دستی حساب شده بودند آورده شده اند.

حاسباً = دسراً :
يُعتبر كثرة دلائلاً زيفاً طبعه قول آن لسان با مبالغة لسان آخر.



$V_{DS} > V_{GS} - V_{th}$ می توانیم بتوانیم ترانزستور را در حالت اینجع باشند باید

$$I_D = \frac{1}{r} (V_{GS} - V_{th})^n$$

(٥٦) لارجع ترتیب زوئس ها برابر $\lambda/18$ و میتوان از آنها برای محاسبه θ_{th} استفاده کرد.

تاریخ ۰۱/۰۷/۱۴۰۰ میلادی در برابر از طبقه دیواری 1 mA جویا شد.

با توجه به جرایفی که نزدیک شده، و طبقاً هر کدام بحسب می‌آید.

$$\sigma/P_m = \frac{1}{\rho} \times \sigma/\tau_{dm} \times \frac{\omega}{\sigma/\tau_{dm}} (\sigma/\tau)^{\Gamma} \rightarrow \omega = \sqrt{\rho \mu_m}$$

• /PmA Obj! rms

$$\tau/m = \frac{1}{\rho} \times \omega / \Gamma \Delta m \times \frac{\omega}{\omega_0 / \Lambda M} (\omega / \Gamma)^r \rightarrow \omega = \Gamma^r / 4 \Lambda M m$$

-11 mA at 7.6 mm Hg

$$\begin{aligned} \textcircled{1} / R_m &= \frac{1}{\rho} \times \sigma / \lambda m \times \frac{W}{\sigma / \lambda \mu} (\sigma / r)^r \rightarrow \omega = 22 / \lambda Mm & \textcircled{1} / R_m A & \text{اجزاء} P_{mos} \\ \textcircled{2} / I_m &= \frac{1}{\rho} \times \sigma / \lambda m \times \frac{W}{\sigma / \lambda \mu} (\sigma / r)^r \rightarrow \omega = 11 / \lambda_2 Mm & \textcircled{2} / I_m A & \text{اجزاء} P_{mos} \end{aligned}$$

ابتدا بـ σ دیزاین را بسیار ساده کویم :

$$A_{V_1} = -g_{m1} [r_{oV}(1 + g_{mV}r_{oV}) || r_{o12}(1 + g_{m12}r_{o12})]$$

طبقه‌وارد :

$$r_o = \frac{1}{\lambda I_D} \Rightarrow I_D = \textcircled{1} / I_m A \Rightarrow \lambda = \sigma / r \Rightarrow \boxed{r_o = \Delta \omega} \quad \leftarrow \text{برای اول و دوم}$$

$$g_m = \frac{r_{ID}}{V_{GS} - V_{th}} \Rightarrow \boxed{g_m = 1.0 \text{ m mho}}$$

برای اول و دوم

$$\Rightarrow A_{V_1} = -1.0 \text{ m} \times \Delta \omega \left[\frac{\Delta \omega}{r} \right] \Rightarrow \boxed{A_{V_1} = -12 \text{ V/V}}$$

طبقه‌دهم :

$$A_{V_2} = -g_{m2} (r_{o2} || r_{op}) = -r_{o2} \times 12 / \Delta \omega = \boxed{-2 \Delta \omega}$$

$$\Rightarrow \boxed{A_{V_2} \approx 22 \times 1.0}$$

: CMR جریان

ورددی متوالند $V_{GS2} - V_{DD} + V_{od}$ پسندیده می‌شود در محدوده $V_{DD} - V_{th}$ - ولات.

از بالاترین توانند $V_{b1} - V_{od}$ نباشد. خود V_{b1} متوالند $V_{DD}/2$ با شرط بالا بردد. اما آن را برابر با 12 ولات قرار گذفع. سه مرده از بالاترین آن ولات متوالند بالا بردد. سعی به لحاظ V_{GS2} متساوی وجود خواهد.