

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

الکترونیک ۳

مدرس:

دکتر ذاکر حقیقی

Subject.

المادة رقم ٣

Date.

١٤٠١، ٧، ١٨

منابع:

المادة رقم ٣، برسي و طراحي مدارهاي الكتريكي، دکتر محمد نشاط، چاپ اول ١٤٠١، چاپ دوم ١٤٠١، انتشارات
المادة رقم ٣، محمد فاضلي اياذرحمد، انتشارات دانشگاه تهران ١٣٩١

Gray, Paul, R & Robert G. Meyer, Analyses and design are day -
J. millman & C. Halkias. Integrated Electronics 1971

J. millman & A. Gobel, microelectronics zrded. 1971

Adel, S. Sedra & Kenneth G. Smith microeletronic circuits 4th ed 1991

P. E. Gray & C. L. Searle. electronic principle 1991

L. shikling & C. BeLeve, Electronic circuits ended 1974

پایان بندی

شماره ٢

میان ترم

١٢ - ١٣٩٠

پایان ترم

شماره ٢

کوتاه و بلند

شماره ٣

موضوعات و نکات مهم

سایت استاد

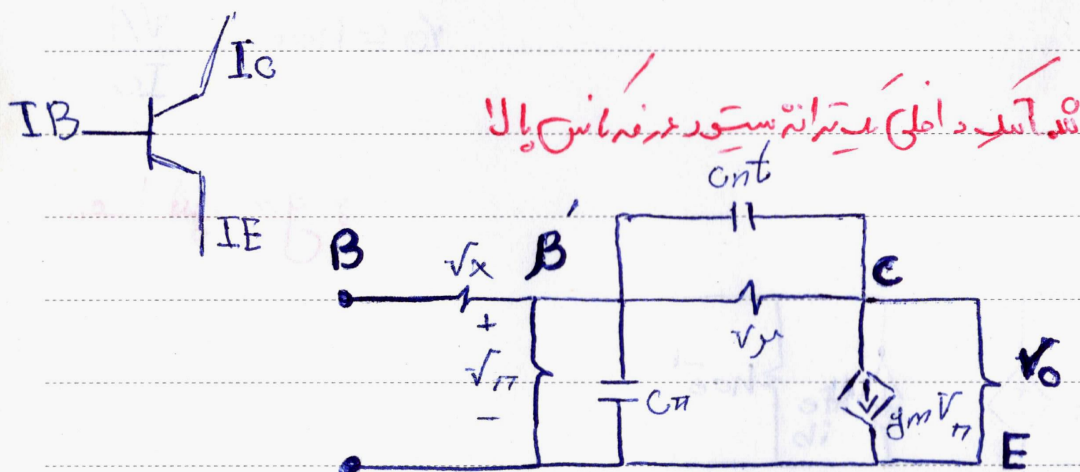
www.zakerhaghighi.ir

contact@zakerhaghighi.ir

امید استاد

مدار عمل متناهی فعال در فرآیندهای بالا:

برای ترسیدورها به دلیل داشتن پیوندهای PN در قه‌کاشی‌های پالای ۲ الی ۳ اثر
فازنی از خود نشان می‌دهند به آن همان‌طور که فازنی‌های داخل ترانس‌پورتهایی شود
محکم‌ترین عامل نه سبب تغییر رفتار ترانس‌پورتهایی شود فازنی‌های داخل ترانس‌پور
هستند. در قه‌کاشی‌های پالای ۲ به سبب خاصیت فازنی و خاصیت سلونی خواهد
داشت.



$\frac{1}{2}G$ $G \text{ ماس: } B'$

Quempho-tes: VDC

✓ مقاومت در برابر خوردگی

۱. خان خودیسی امیر

ملفوظات مولانا مفتی محمد شفیع صاحب

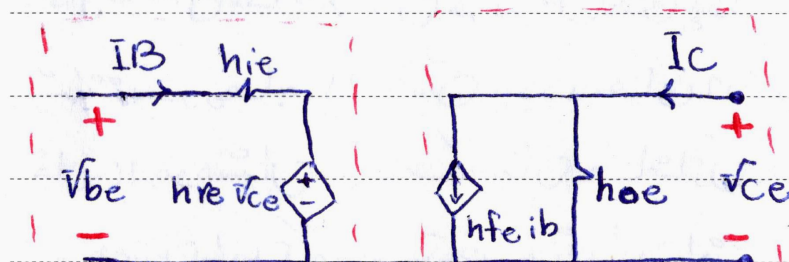
[illegible]

$c_r, c_n \equiv cnt$
متعارفات

$$C_n = C_{Fe} + C_D$$

$$C_{je} = \epsilon \frac{A}{d}$$

نکته: در فرمول‌های بالا تمام ابعاد ها متی سم است. سلفی اقلونی دله.



2. Submerged

übertrieb + ihre Vce

$$h_{ie} = \frac{h_{fe} \cdot V_T}{I_C}$$

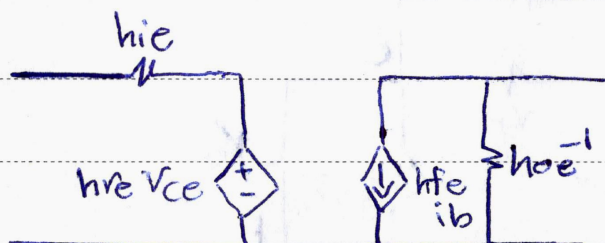
$$i_C = h_{fe} i_b + h_{oe} V_{ce}$$

$$h_{fe} = \beta$$

$$r_o \cong h_{oe}^{-1} = \frac{V_A}{I_C}$$

State, Civil and Criminal

The signature of Quaker



9m 10s

$$g_m = \frac{\Delta I_c}{\Delta V_{BE}} = \frac{I_s}{V_T} e^{\frac{V_{BE}}{V_T}}$$

$$I_C = I_S e^{\frac{V_{BE}}{V_T}}$$

$$g_{mQ} = \frac{I_s e^{\frac{V_{BE}}{V_T}}}{V_T} \bigg|_{V_{BE}=V_{BEQ}} = \frac{I_{CQ}}{V_T} \quad g_m = \frac{I_{CQ}}{V_T}$$

باقی این درجه مراتب 7 افزایش یافته و در سابعه نیست فقط در m کاهش یافته m نشان درجده خاصیت تقویت استثنای عناصر Bz است بهر نهایی ها باقی این درجه مراتب تعداد حاصل های میران

امتحان می آید.

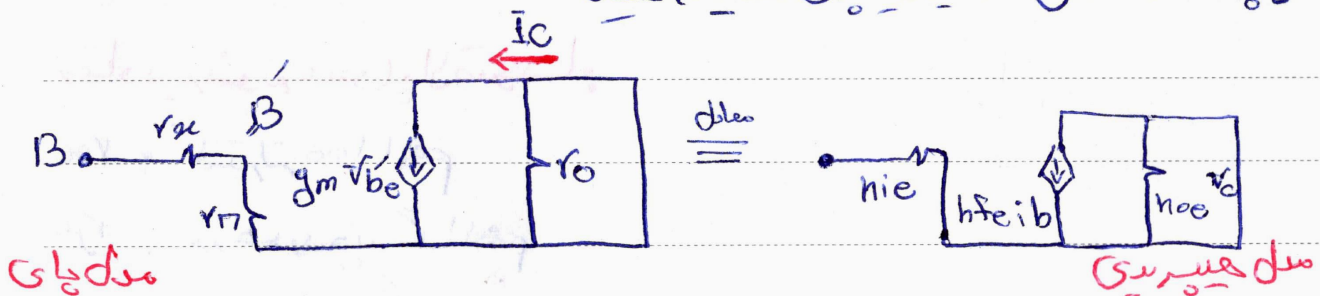
معادله r_{π} :

$$r_{\pi} = \frac{\Delta V_{BE}}{\Delta I_B} = \left. \frac{\Delta V_{BE}}{\frac{\Delta I_C}{h_{fe}}} \right|_Q \rightarrow r_{\pi} = h_{fe} \frac{\Delta V_{BEQ}}{\Delta I_{CQ}} = \frac{h_{fe}}{g_{mQ}}$$

$$\beta = g_m r_{\pi}$$

$$\beta = g_m r_{\pi} \rightarrow \frac{h_{fe}}{g_m} = r_{\pi}$$

برای بدست آوردن جابجی معادله کافی است از این معادله استفاده کنیم و معادله را با h_{fe} جابجی می کنیم.



$$i_c = g_m \cancel{V_{be}} = \cancel{V_{be}} = r_{\pi} i_b \rightarrow i_c = g_m r_{\pi} i_b$$

$$i_c = h_{fe} i_b$$

$$h_{fe} = g_m r_{\pi} \rightarrow r_{\pi} = \frac{h_{fe}}{g_m}$$

$$h_{ie} = r_{\pi} + r_{xc} \rightarrow r_{xc} = h_{ie} - \frac{h_{fe}}{g_m}$$

معادله r_o :

$$\frac{V_{CE}}{I_C} = ?$$

$$I_C = \frac{V_{CE}}{r_o} + g_m V_{\pi} + \frac{V_{CE}}{r_{\pi} + r_{\mu}}$$

Subject.

Date.

$$\sqrt{r_{\pi}} = \frac{r_{\pi}}{r_{\pi} + r_{\mu}} \sqrt{V_{CE}} \rightarrow \frac{\sqrt{r_{\pi}}}{\sqrt{V_{CE}}} = \frac{r_{\pi}}{r_{\pi} + r_{\mu}} = h_{re} \quad \left| i_b = 0 \right.$$

$$\frac{I_C}{V_{CE}} = \frac{1}{r_o} + \frac{g_m r_{\pi}}{r_{\pi} + r_{\mu}} + \frac{1}{r_{\pi} + r_{\mu}}$$

$$g_o = \frac{1}{r_o} = \frac{I_C}{V_{CE}} - \frac{g_m r_{\pi}}{r_{\pi} + r_{\mu}} - \frac{1}{r_{\pi} + r_{\mu}}$$

$\xrightarrow{\text{hoe}}$

به علت اینکه مقادیر قابل صرفه نقل است

$$r_{\pi} = h_{re} r_{\mu} \rightarrow \frac{r_{\pi}}{r_{\mu}} = h_{re}$$

$$g_o = h_{oe} - g_m h_{re} \quad g_o = \frac{1}{r_o}$$

مقادیر نمونه عموماً بالا میروند:

r_{μ} : کمتر از ۱۰۰ اهم

r_{π} : در حدود چند کاهم

r_{μ} : در حدود چند کیلو اهم

r_o : در حدود چند کیلو اهم

g_m : با توجه به نقطه کار

r_o : وابسته به نقطه کار و در رنج ۱۰۰ کیلو اهم

نمونه کندی ترانسستور پارامترهای زیر را دارد مثل مقادیر r_{π} و r_{μ}

$$I_{CQ} = 1 \text{ mA}$$

و در اینجا

$$h_{ie} = 2.4 \text{ k}$$

$$V_T = 25 \text{ mV}$$

$$\beta = h_{fe} = 100$$

$$h_{oe} = 4.1 \times 10^{-5} \text{ S} \approx \Omega^{-1}$$

$$\textcircled{F} \quad h_{re} = 2 \times 10^{-4}$$

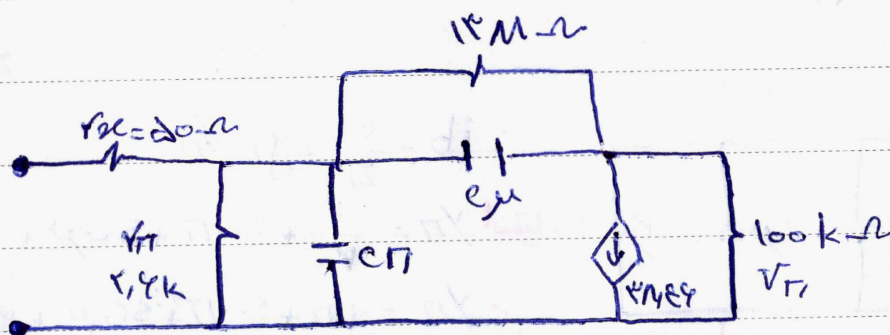
$$g_m = \frac{I_{DQ}}{V_T} = \frac{1 \text{ mA}}{25 \text{ mV}} = 40 \text{ mS}$$

$$r_{\pi} = \frac{\beta}{g_m} = \frac{100}{40 \text{ mS}} = 2.5 \text{ k}\Omega$$

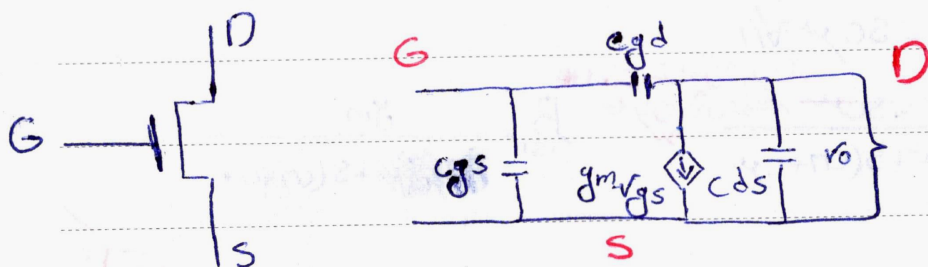
$$r_{\mu} = \frac{r_{\pi}}{\beta} = \frac{2.5 \text{ k}\Omega}{100} = 25 \Omega$$

$$g_o = h_{oe} = g_m h_{fe} = 1.2 \times 10^{-2} \text{ S} = 83.3 \mu\text{S}$$

$$r_o = \frac{1}{g_o} = 12 \text{ k}\Omega$$

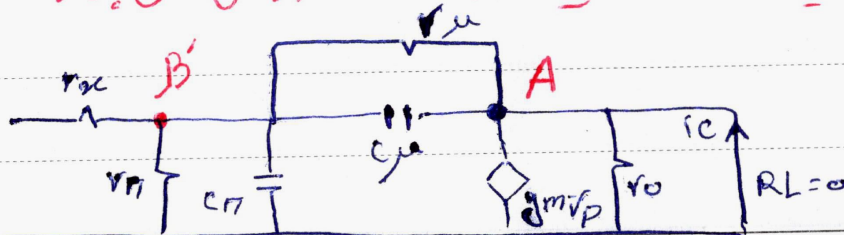


مدار معادل ترانزیستورهای اثر میدانی (FET)



$$g_m = \frac{2 I_{DSS}}{|V_P|} \left(1 - \frac{V_{GS}}{|V_P|} \right)$$

مدار معادل ترانزیستورهای اثر میدانی BGT



Subject.

Date.

$$I_{CQ} = \beta I_{BQ}$$

$$i_C = h_{fe} i_B$$

$$\beta = \frac{i_C}{i_B}$$

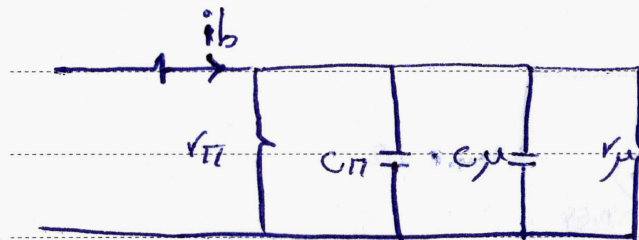
$$I_{r_{\mu}} + I_{C_{\mu}} + I_C = g_m v_{\pi}$$

$$\frac{v_{\pi}}{r_{\mu}} + \frac{v_{\pi}}{\frac{1}{j\omega C_{\mu}}} + i_C = g_m v_{\pi}$$

$$j\omega \frac{1}{j\omega C_{\mu}} = s$$

$$g_{\mu} v_{\pi} + s C_{\mu} v_{\pi} - g_m v_{\pi} = -i_C$$

(۲)



$$i_B = \frac{v_{\pi}}{Z_{\pi}} = Y_{\pi} v_{\pi}$$

$$Y_{\pi} = \frac{1}{r_{\pi}} + s C_{\pi} + s C_{\mu} + \frac{1}{r_{\mu}}$$

$$Y_{\pi} = g_{\pi} + s C_{\pi} + s C_{\mu} + g_{\mu}$$

نکته: چون المان ها موازی هستند راه حل ادیتانس را می توانی بنویسی

(۳)

$$i_B = (g_{\pi} + s C_{\pi} + s C_{\mu} + g_{\mu}) v_{\pi}$$

$$i_C = g_m v_{\pi} - g_{\mu} v_{\pi} - s C_{\mu} v_{\pi}$$

$$\beta_{(s)} = \frac{i_C}{i_B} = \frac{g_m - g_{\mu} - s C_{\mu}}{g_{\pi} + g_{\mu} + s(C_{\pi} + C_{\mu})}$$

$$\beta_{(s)} = \frac{g_m}{j\omega C_{\pi} + s(C_{\pi} + C_{\mu})}$$

نکته

$$Z = R + jX$$

$$Z = \frac{1}{Y}$$

$$Y = g + \frac{1}{jX}$$

مقدار حقیقی

$$Z = r + jX$$

Real
Imaginary

PAPCO

(۴)

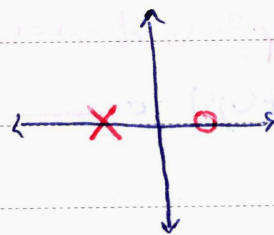
نکته: زمانی که بهشت امیدانش وادمناس می شود پاسی به این نکته توجه نمود که امیدانش (Z) وادمناس (Y) دارای ۲ صفت حقیقی و صوری می باشد که صفت حقیقی (R برای Z و
 و برای Y) توسط مقاومت ها تولید و صفت صوری (X برای Z و $-\frac{1}{X}$ برای Y) توسط هازن یا سلف تولید می گردد

صفت تابع انتقالی: مکانی است که در آن صورت تابع انتقالی برابر صفری شود و آن را با S_Z نشان می دهند

$$g_m - g_{\pi} - S C_{\pi} = 0 \rightarrow S_Z = \frac{g_m - g_{\pi}}{C_{\pi}}$$

صفت تابع انتقالی: مکانی است که در آن صفت تابع انتقالی برابر صفری شود و آن را با S_P نشان می دهند

$$S_P = -\frac{(g_{\pi} + g_{\mu})}{C_{\pi} + C_{\mu}}$$



$$g_{\pi} + g_{\mu} + S(C_{\pi} + C_{\mu}) = 0 \rightarrow S_P = -\frac{(g_{\pi} + g_{\mu})}{C_{\pi} + C_{\mu}}$$

پاسه مستقیم از g_{μ}

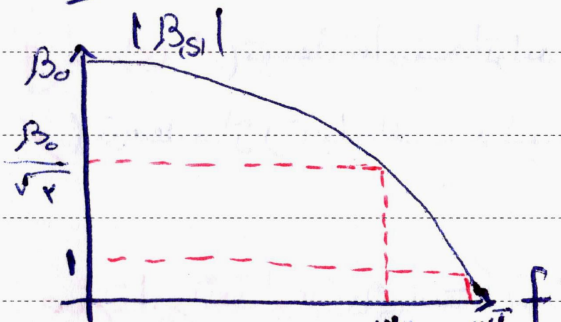
$$\beta = \frac{g_m}{g_{\pi} + S(C_{\pi} + C_{\mu})}$$

$S=0 \leftarrow$ (DC) Gain

بصورت انتقالی

$$\beta_0 = g_m r_{\pi} = \frac{g_m}{g_{\pi}}$$

فرض می‌کنیم که $\frac{B_0}{\sqrt{\mu_0}}$ به $\frac{B_{Si}}{\sqrt{\mu_0}}$ برسد و $\frac{B_0}{\sqrt{\mu_0}}$ به $\frac{B_{Si}}{\sqrt{\mu_0}}$ می‌شود.



فدائش گدن فداش دقوله ای استانه
اندوله جهه جیران جیره ای ای گدله ای
فدائش به بعد تقویت جیران عدله

فدائیں گندہ → فدا ہائیں عطل

$$\beta_0 = \frac{g_m}{g_{\pi}} \quad \beta(s) = \frac{g_m}{g_{\pi} + g_{\pi} + s(C_{\pi} + C_{\mu})} = \underbrace{\left(\frac{g_m}{g_{\pi}} \right)}_{\beta_0} \times \frac{1}{1 + \frac{1}{g_{\pi}} s(C_{\pi} + C_{\mu})}$$

$$\beta(s) = \frac{\beta_0}{1 + s \tau_{\pi} (C_{\pi} + C_{\mu})}$$

برای به دست آوردن قلبی مفرج را بسازی مفرق قرار می دهی

$$1 + sprn(cn + c_y) = 0 \rightarrow sp = \frac{-1}{rn(cn + c_y)} \rightarrow wp = \frac{1}{rn(cn + c_y)}$$

$$f_B = \frac{\omega_P}{\gamma\pi} = \frac{\omega_B}{\gamma\pi}$$

مقالہ فرانس گور:

$$|B(s)| = \frac{|B_0|}{1 + j\omega r_n (C_1 + C_2)}$$

$$\text{Voltage gain: } 1 = \frac{\beta_o}{1 + j\omega T r_{\pi} (C_{\pi} + C_{\mu})} \rightarrow \omega T = \frac{\beta_o}{r_{\pi} (C_{\pi} + C_{\mu})} = \beta_o \omega_p$$

مقدار آب از بین نمره را واسطه از اصفه تقاطع کشت

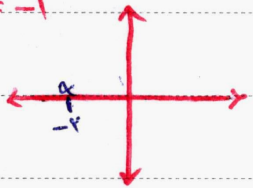
پایه‌های اساسی قطب‌ها:

قطب‌ها همیشه باید ست چپ نمودار که گیرند تا مدام پایدار باشد و غیره

$$s + \gamma = 0 \rightarrow s = -\gamma$$

فرضی
معمول

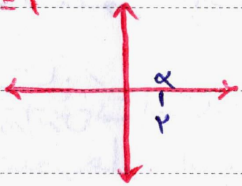
$$g_r(s) = \frac{1}{s + \gamma}$$



$$e^{-\gamma t} \quad t \rightarrow \infty \rightarrow 0$$

$$s - \gamma = 0 \rightarrow s = \gamma$$

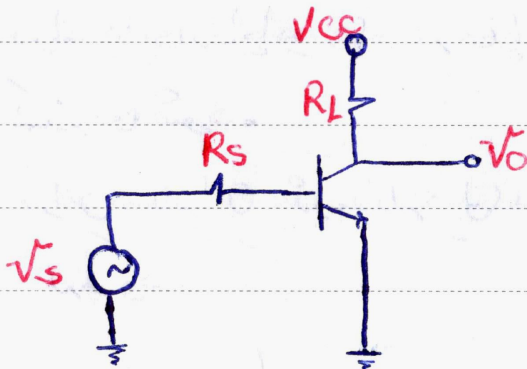
$$g_r(s) = \frac{1}{s - \gamma}$$



$$e^{\gamma t} \quad t \rightarrow \infty \rightarrow \infty$$

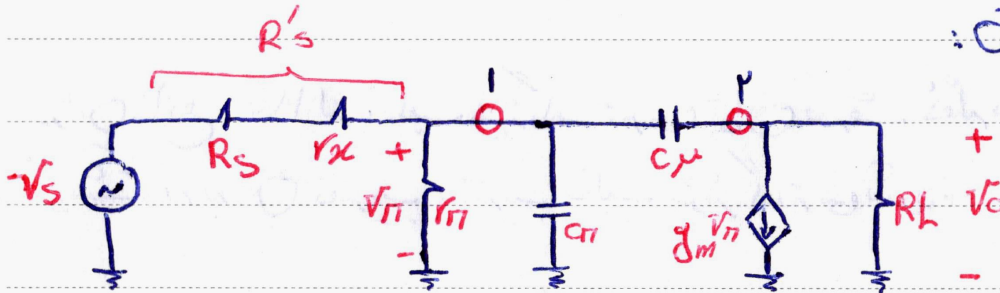
پیرامونی تقویت کننده‌های یک طبقه فرکانس بالا

الکترونیک



$$H(s) = \frac{v_o}{v_s} = ?$$

مدل‌های مدار فرکانس:



$$\textcircled{1}: \frac{v_{\pi} - v_s}{R'_s} + \frac{v_{\pi}}{\frac{1}{sC_{\pi}}} + \frac{v_{\pi} - v_o}{\frac{1}{sC_{\mu}}} \quad \textcircled{3}.$$

$$\textcircled{2}: \frac{v_o}{R_L} + \frac{v_o - v_{\pi}}{\frac{1}{sC_{\mu}}} + g_m v_{\pi}$$

$$(۳): H_{si} = \frac{v_o}{v_s} = \frac{-G_s R_L (g_m - sC_{\pi})}{C_{\pi} C_{\mu} R_L s^2 + C_{\pi} + C_{\mu} [1 + (g_m + G_s) R_L] s + G_s + g_{\pi}}$$

$$-G_s R_L (g_m - sC_{\pi}) = 0$$

$$s_z = \frac{g_m}{C_{\pi}}$$

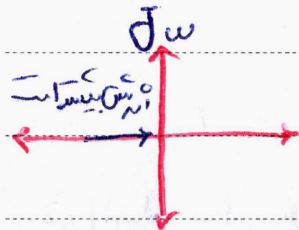
نکته: هر مقدار s_z به معنی ω نزدیک تر باشد چایطه تر است و هم به دو تیر باشد و چایطه تر اثرش بیشتر است

تا چایطه تر است.

و چایطه تر اثرش کمتر است.

نکته: در یک مدل صفر ها و قطب های ω به معنی ω نزدیک تر اند یعنی لنگه یقی و اند و چایطه ای و تا چایطه ای صفر می باشد و هم مقدار از این صفر دورتر شود اثر آن ها کمتر می شود.

در این مدل این صفر مقدار خیلی بزرگی دارد (به علت C_{π}) و می توان از آن صرف نظر نمود.



در این تابع $H(s)$ از قطب دیگر می توان صرف نظر نمود و تابع را مجدداً نوشت که به این تقریب، تقریب قطب مؤثر گفته می شود.

$$H(s) \approx \frac{-G_s R_L (g_m - sC_{\pi})}{C_{\pi} + C_{\mu} [1 + (g_m + G_s) R_L] s + G_s + g_{\pi}}$$

تقریب $C_t = sC_{\pi}$ و C_{π} به هم می رسد و به هم می رسد (مقطب)

$$\omega_H = |s_p| = \frac{G_s + g_{\pi}}{C_t} \leftarrow \text{قطب اولیة یا همان مؤثر تر است}$$

$$C_t = C_{\pi} + C_{\mu} [1 + (g_m + G_s) R_L]$$

از این مدار می‌توانیم امیدواریم و در پی و تابع انتقال استفاده می‌شود و همین
در بخش پهنای باند از آن جایی که همان بزرگ در را بدهد تا افزایشی طرد می‌دهد این
در پهنای باند نقش تعیین کننده ای دارد.

معادله پهنای باند عبارت است از:

$$R_L = 0$$

$$R_S = 0$$

$$A_V \rightarrow 0$$

$$\frac{1}{R_S + R_S} = \frac{1}{R'_S} = G'_S$$

$$\frac{1}{R_S} = g_{R_S}$$

حالت اول: ایده آل

$$w_H = \frac{G'_S + g_{R_S}}{C_{\pi} + C_{\mu}} = \frac{\frac{1}{R_S + R_S} + g_{R_S}}{C_{\pi} + C_{\mu}} = \frac{g_{R_S} + g_{R_S}}{C_{\pi} + C_{\mu}}$$

معادله پهنای باند ساده‌شده

$$R_L = 0$$

$$A_V \rightarrow 0$$

$$R_S = C_{R_S} \text{ (مقدار ثابت)}$$

constant

$$w_H = \frac{G'_S + g_{R_S}}{C_{\pi} + C_{\mu}}$$

نکته:

در عمل R_S را نمی‌توان تغییر داد ولی باید ناری کنیم که R_{R_S} کوپلتر شود برای این کار پستی
حقوه‌ها را افزایش داد که این عمل باعث کاهش پستی می‌گردد چون تعداد آلئون
پستی‌های خوب حقوه‌های شود پس پستی بین این دو هم یکی را R_{R_S} کوپلتر و دیگری پستی
یکی را انتقال کنیم که معادله را کوپلتر یا مسلولی ۵۰۰ اهمی می‌گیریم.

روش دوم (تقریب بدست)

$$\omega H = \frac{G_s' + g_m}{C_t}$$

$$f_H = \frac{1}{2\pi \times 3.57 \times 10^{-9}} = 1.12 \text{ MHz}$$

در مثال قبل می‌فهمیم یعنی باند باند مقدار ω بزرگتر می‌شود یعنی فرکانس پهنای باند کمتر

در اینجا می‌بینیم این مقدار می‌تواند به فرکانس ω بزرگتر باشد

$$f_H = \frac{g_m + g_m}{2\pi(C_t + C_{tr})}$$

مدل‌های مختلف با هم
مقایسه می‌کنیم

$$f_H = \frac{1}{2\pi(100 + 3)} = 23.02 \text{ MHz}$$

پهنای باند بزرگتر به پهنای باند فرکانس ω می‌تواند تنظیم شود

$$f_H = 2 \text{ MHz} \rightarrow \omega H = \frac{G_s' + g_m}{C_t} \rightarrow 2\pi \times \omega = \frac{1/\omega^3 + 1}{C_t} \rightarrow C_t = 10, \omega^3 \text{ pF}$$

$$C_t = C_{tr} + C_{in} [1 + (G_s + g_m) R_L] \rightarrow 10, \omega^3 = 10 + 3 [1 + (\frac{1}{4k} + 100)]$$

($R_s = 100$)

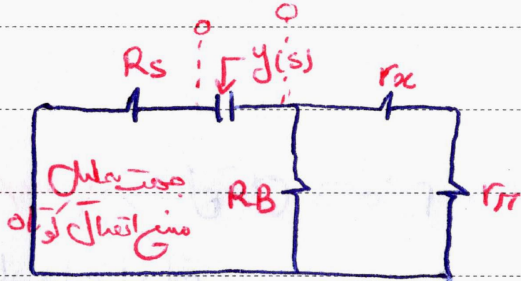
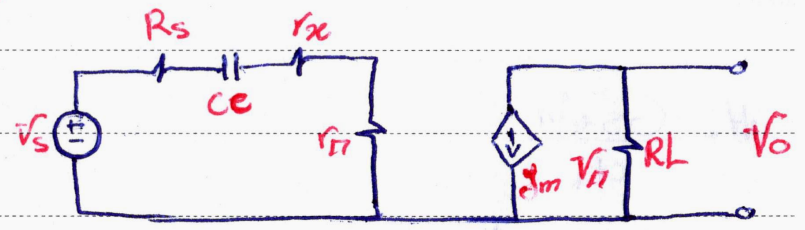
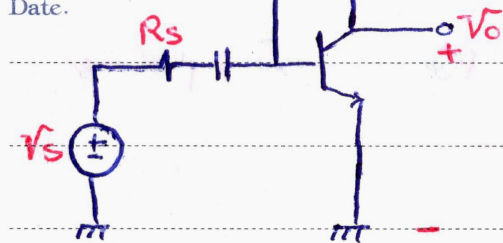
$$= R_L \rightarrow R_L = 40, \Omega$$

سرکاهش‌های پایین در ترانزیستورها

خازن‌های کوپل‌ها و بای‌پس در فرکانس‌های پایین دارای رانندگی هستند و باعث می‌شود مشخصات تقویت کننده مثل بهره آمپدانس ورودی و خروجی تا جایی که فرکانس شود و لذا اثر خازن‌های داخلی صرف نظر می‌شود. در حالت برای انتخاب خازن کوپل‌ها و بای‌پس آمپلر معادل داریم و معادلات آن‌ها را بدست می‌آوریم.

Subject.
Date.

انتخاب خازن کوپلار تقویت کننده امپدانس مشترک



$$H(s) = \frac{V_O}{V_S} = A_o \frac{s}{s+sp}$$

$$Y(s) = sp C_E + \frac{1}{R_B || (r_{\pi} + r_x) + R_S} \quad \text{or} \quad Z(s) = \frac{1}{sp C_E + R_B || (r_x + r_{\pi}) + R_S}$$

$$\omega_h = |sp| = \frac{1}{C_E [R_S + R_B || (r_x + r_{\pi})]}$$

پسین:

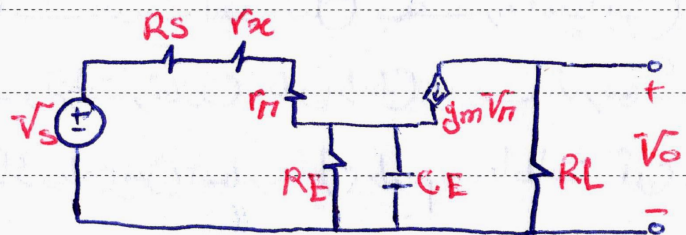
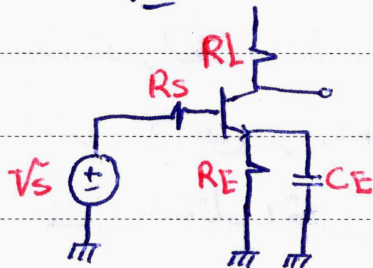
$$A_V = \frac{V_O}{V_S} = \frac{-R_B}{R_B + R_S} \cdot \frac{\beta_o R_L}{r_{\pi} + r_x + (R_B + R_S)}$$

اثبات

انتخاب خازن برای تقویت کننده امپدانس مشترک

$$H_k(s) = \frac{V_O}{V_S} = A_o \frac{s+s_z}{s+sp}$$

خازن کوپلار داریم ← غیر فیدبک منفی به منفی می شود ← در نهایت s_z داریم ↑



مدل جای مدل

$$R_T = R_E \parallel \frac{R_S + r_{\pi} + r_{\pi}}{1 + \beta_0}$$

$$Y = sPCE + \frac{1}{R_T} = 0 \rightarrow sP = \frac{-1}{R_T C_E}$$

لذا برای انتقال مقادیر
بسیار کمتر

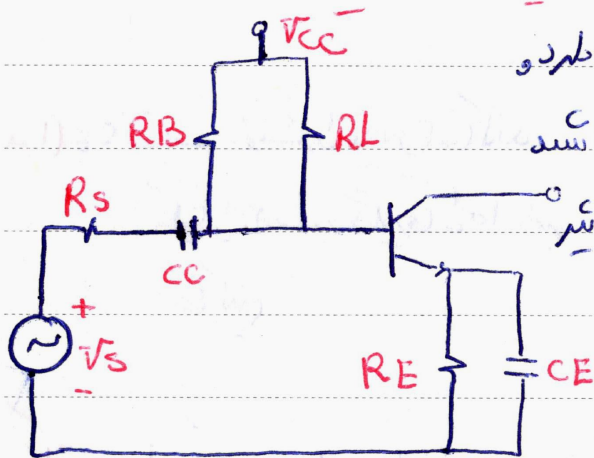
صورتابع انتقال معادل فرکانسی است که به ازای آن خروجی مدلهای فرکانسی می باشد پس صفر باشد تا جبران خروجی صفر شود که به این معنی می باشد که تقویت کننده دارای امپدانس ورودی بزرگ و یا ادیتانس ورودی صفر است که باستی امپدانس موجود در امپدانس در محل صورتابع انتقال (معادل صفر شود به سبب این ^① فرمول چون هم صفر و هم معکوب داریم همواره مناسب C_E کمی دستگیرتر است اما در عمل معکوب تابع انتقال فرکانس قطع $db - 20$ پایین راجع به این می گفته

$$\textcircled{1} sZ = C_E + \frac{1}{R_E} \rightarrow sZ = \frac{-1}{R_E C_E}$$

$$\frac{sP}{sZ} = \frac{R_E}{R_T} \quad \omega_h = |sP| = \frac{1}{C_E R_T}, \quad C_E \gg \frac{1}{R_T \omega_h}$$

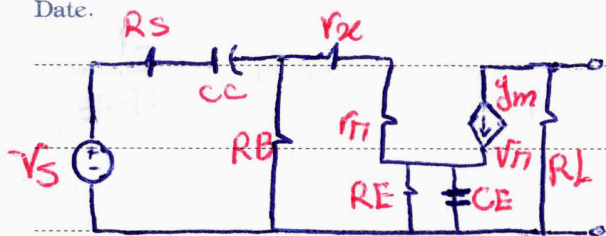
$$Y = sPCE + \frac{1}{R_T} = 0 \rightarrow sP = \frac{-1}{R_T C_E}$$

انتخاب خازن های کوپلار و بای پس در تقویت کننده امپدانس ورودی



مدل حسی

در روش های تقویتی که به یکی از قانون های استیبلر و آن خازن تعیین کننده فرکانس قطع $db - 20$ می باشد بر این روش قانون دیگر انتقال کوتاه است و تاثیر عمده ای که به عبارت دیگر روش معادلات شامل یک خازن را برای مدل های با یک خازن میزنه قانون بکاربرد



نیاز به این فرکانس اولیه C_E فرکانس که را تعیین می کند C_C اتصال می باشد و به روشن شدن C_E می شود و به اقل

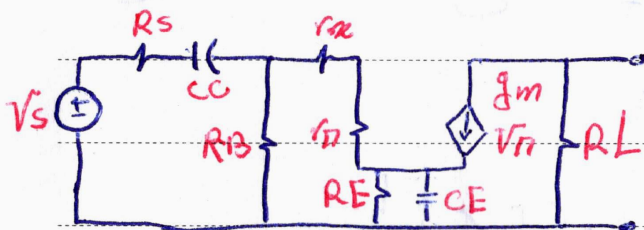
محل پای معده

حالتی برای برقراری اتصال کوتاه با سیگنال ورودی

مرد و طه تا به حدی که انتخاب شود S خازن به رگتت و طه تا به حدی که انتخاب می شود تا اثر قطب حاصل از آن در حوالی h قابل ملاحظه نباشد.

(exp) تقویت کننده معادل برای $f = 10^5 \text{ Hz}$ و با عناصر زیرین h مشخص می باشد مقدار

خازن های ای پس و ولتاژ را مشخص کنید



$$R_S = 0.1 \text{ k}\Omega, R_E = 1.2 \text{ k}\Omega$$

$$R_B = 10 \text{ k}\Omega, V_{CE} = 5 \text{ V}$$

$$I_{CQ} = 2 \text{ mA}, \beta = 100$$

$$r_o = 100 \text{ k}\Omega$$

$$g_m = \frac{I_C}{V_T} = 0.1 \text{ S}$$

$$r_{\pi} = \frac{\beta}{g_m} = 1 \text{ k}\Omega$$

(الف) C_C قطب مؤثر را تعیین می کند C_E اتصال کوتاه و C_C برای $f_L = 10^5 \text{ Hz}$ مشخص می شود

$$R_T = (r_o + r_{\pi}) \parallel R_B + R_S = (1,000) \parallel 10 \text{ k} + 0.1 \text{ k} = 1,000 \text{ k}$$

$$C_C = \frac{1}{\omega R_T} = 1,000 \text{ fF}$$

(ب) C_E قطب مؤثر را تعیین می کند

$$R_T = R_E \parallel \frac{R_S \parallel R_B + r_o + r_{\pi}}{1 + \beta} = 1,000 \text{ V}$$

تعیین رگتت و طه تا به حدی که انتخاب می شود

$$C_E = \frac{1}{\omega R_T} = 1,000 \text{ fF}$$

می کنیم

حالتی برای اولیه در عمل مدار به صورتی که شود خازن با مقدار کمتر یا برابر می کنیم

لزجانه‌های

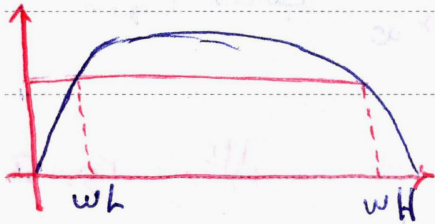
$$C_E = 201 \text{ فر} \longrightarrow 225 \text{ فر}$$

$$C_G = 20 \text{ فر} \longrightarrow 22 \text{ فر}$$

(۲۰ فر)
۱۰۰ فر

نکته: ولتاژ ترانزیستور باید به آب رطوبتی ضعیف‌تر از ۲۵ یا ۲۶ باشد.

پهنای باند تقویت کننده



پهنای باند تقویت کننده معمولاً فواصل فرکانس‌های

قطع ۳dB بالا و پایین تعریف می‌شود.

$$B.W = f_H - f_L$$

پهنای باند تقویت کننده‌های چند طبقه

در زمانی که از تقویت کننده‌های چند طبقه استفاده می‌کنیم حجم زیادی از مدارهای را به دست می‌آوریم معایبی نیز (محدودیت‌های) به مدار ما اعمال می‌شود به عنوان مثال جاسی کردن چند طبقه امپدانس مشترک بهره بالایی حاصل می‌شود اما به علت افت توان مقدار قانون‌های موجود در مدار پهنای باند تقویت کننده را کاهش می‌دهد. برای هر حل کامل و دقیق تقویت کننده چند طبقه با توجه به اینکه به دست آمده از منابع انتقال به صورت دستی مشکل و بعضی اوقات غیر ممکن است بنابراین لازم است از مفاهیم عددی و کامپیوتری استفاده شود. **در ابتدا** به خصوصیات کلی تقویت کننده چند طبقه می‌پردازیم.

رایج انتقال
تابع انتقال
بهره‌یابی

$$H(s) = A_o \quad H_L(s) \quad H_H(s)$$

$$H_L(s) = \frac{(s+z_1)(s+z_2)\dots(s+z_n)}{(s+p_1)(s+p_2)\dots(s+p_m)}$$

$$H_H(s) = \frac{(1 + \frac{s}{z_1})(1 + \frac{s}{z_2}) \dots (1 + \frac{s}{z_n})}{(1 + \frac{s}{p_1})(1 + \frac{s}{p_2}) \dots (1 + \frac{s}{p_m})}$$

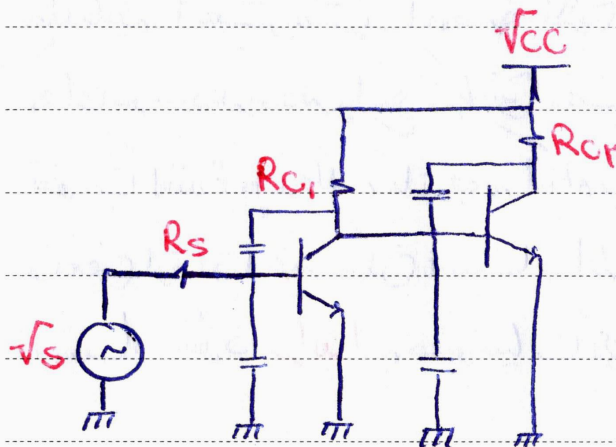
تعداد قطب = تعداد صفر: S_0 → $H_L(s)$ → $m=n$
 پهنای باند و فرکانس های بالا
 پهنای باند قطع → 1 میل می کند

تعداد صفر > تعداد قطب → $m > n$
 پهنای باند بالا → S → $H_H(s)$ → 1 میل می کند
 پهنای باند قطع → 0 میل می کند

توضیح مسئله بالا:

در $H_L(s)$ تعداد قطب ها برابر مقدار عناصر ذخیره کننده انرژی و تعداد صفر ها نیز مساوی تعداد قطب ها است.

در $H_H(s)$ تعداد قطب ها برابر مقدار عناصر ذخیره کننده انرژی است و تعداد صفر ها با پهنای باند و فرکانس های بالا S به سمت بی نهایت گرایش کرده و زمانی که S به سمت بی نهایت برود به سمت $\frac{1}{s^k}$ میل می کند در این صورت تعداد صفر ها با پهنای باند کمتر از قطب ها می گردد.



پهنای باند تقویت کننده و خطای آن
 چون چهار عنصر ذخیره کننده انرژی داریم
 $H(s)$ از درجه 4 خواهد بود به تعداد عناصر
 ذخیره کننده انرژی قطب در خروجی داریم در
 تقویت کننده های چند طبقه با اضافه

شدن هر یک از ریسور درجه تابع انتقال را بعد از آن می باید مسئله اول به دست آوردن این
 تابع انتقال کار دشواری است و در همین حل معادله مخرج برای معادله قطب ها
 فقط به مسئله نرم افزار امکان می دهد است به همین دلیل باید روش های جدیدی برای

معادله فرکانس قطب بالا پیدا کرد

$$H(s) = \frac{V_o}{V_s} = \frac{\dots\dots\dots}{s^4 + \dots + s^3 + \dots + s^2 + \dots + s}$$

روشن ثابت زمانی مدارها را

$$\omega_H = \frac{1}{\sum_{j=1}^n \tau_{j0}}$$

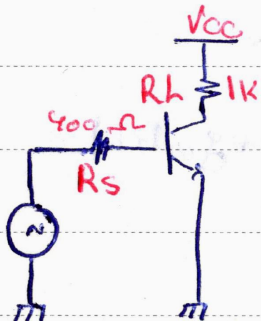
n: تعداد قطب

مثال: ثابت زمانی هر قطب در صورتیکه قطب ها اتصال باز باشد.

مقدار دیده شده از دو سر قطب C_{in} به سرهای دیگر قطب ها اتصال باز باشد $\leftarrow \tau_{j0} = C_{in} * R_{j0}$

$$\sum_{j=1}^N A_j = A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_N$$

جادآوری:



exp) مدل را برآورد و در مسابک گذاشتیم با روشن های معادله خروجی

$$I_{CQ} = 5 \text{ mA}$$

و قطب f_H معادله شده است را با

$$\beta_m = 100$$

روشن ثابت زمانی مدارها را

$$r_{\pi} = 50 \text{ ohms}$$

نمایید.

$$C_{in} = 50 \text{ pF}$$

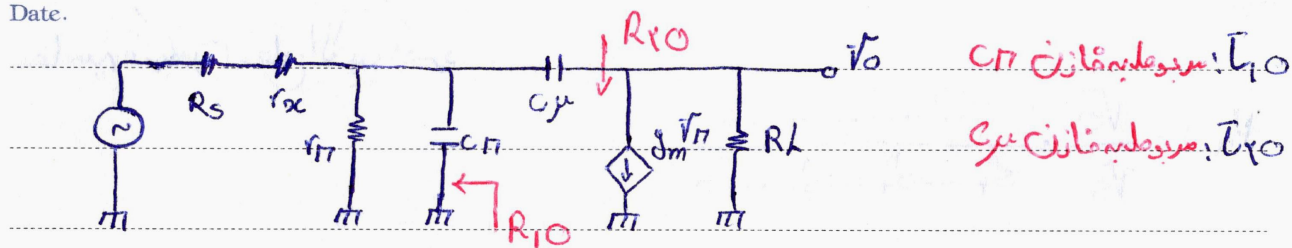
$$H(s) \rightarrow f_H = 1,129$$

$$C_{out} = 3 \text{ pF}$$

$$H(s) \rightarrow f_H = 1,126$$

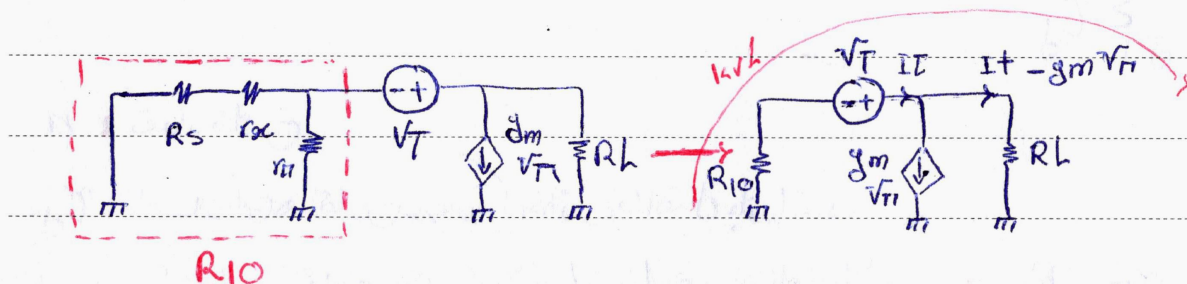
$$f_H = ? \text{ روشن ثابت زمانی مدارها را}$$

برای تحلیل خروجی در ابتدا مدل جای مدل را رسم می کنیم



$$R_{10} = (R_S + r_{\pi}) \parallel r_{\pi} \rightarrow R_{10} = (100 + 20) \parallel 1000 = 139 \text{ k}\Omega$$

$$T_{10} = C_{\pi} * R_{10} = 20 \text{ pf} * 139 \text{ k}\Omega = 19,49 \text{ nsec}$$



$$\begin{cases} KVL: -V_{\pi} - V_t + R_L(I_t - g_m V_{\pi}) = 0 \\ V_{\pi} = R_{10} I_t \end{cases}$$

$$R_{10} I_t - V_t + R_L(I_t + g_m R_{10} I_t) = 0$$

$$V_t = I_t (R_{10} + R_L (1 + g_m R_{10}))$$

$$R_{10} = \frac{V_t}{I_t} = R_L + R_{10} (1 + g_m R_L) \rightarrow R_{10} = R_L + R_{10} (1 + g_m R_L)$$

$$R_{10} = 1 \text{ k} + 139 \text{ k} (1 + 100 \text{ m} \times 1 \text{ k}) \rightarrow R_{10} = 50,179 \text{ k}$$

$$T_{10} = C_{\mu} * R_{10} = 2 \text{ pf} * 50,179 = 100,358 \text{ nsec}$$

$$\omega_H = \frac{1}{\sum \tau} = \frac{1}{19,49 + 100,358} = 7,101 \times 10^4$$

$$f_H = \frac{\omega_H}{2\pi} = 1,12 \text{ MHz}$$

ما به دست آمده برای ثابت زمانی قانون مرتبه یک معلوم می شود که این قانون است که می کشیم و به دست می آوریم این به دست می آید که قانون مرتبه یک را اصلاح کنیم ثابت زمانی کوچکتری که آن به دست آوریم.

برای افزایش پهنای باند باید r_{π} را تغییر دهیم یعنی R_{π} و C_{π} و چون

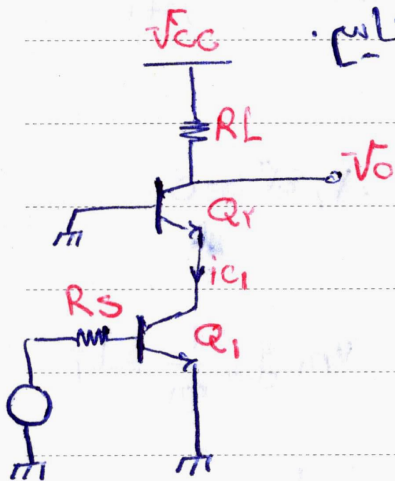
تغییر توان نمی توانیم داد می توان R_{π} را تنظیم نمود.

نکته: برای معایبه مقاومت معادل از دو طریق می توان انجام داد

① از روشن کردن

② مقاومت های دیده شده از آمپر بین خالکتور معایبه می آید.

مثال:



$$I_{CQ} = 2.5 \text{ mA}$$

$$g_m = 100 \text{ ms}$$

$$A_o = ?$$

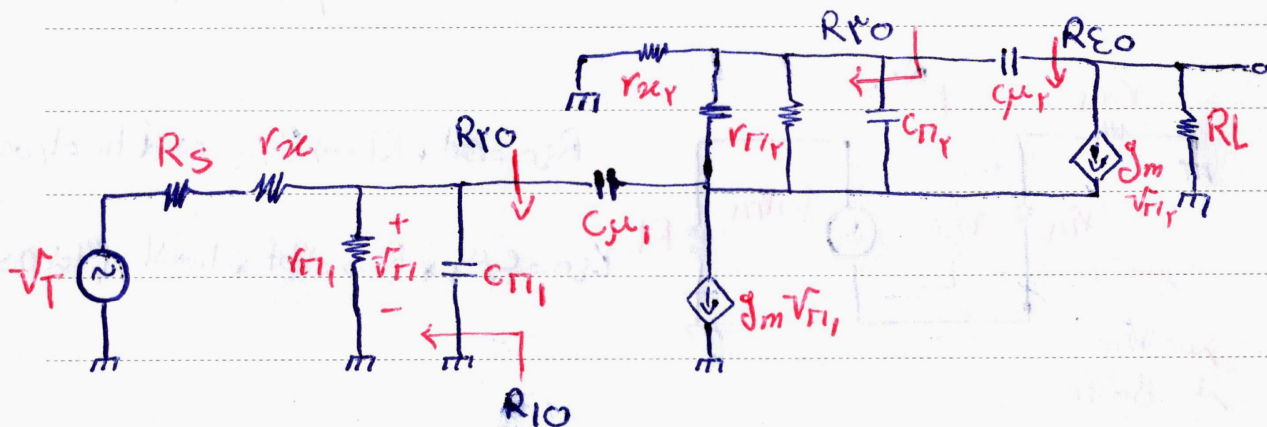
$$\omega_H = ?$$

$$i_{b1} = \frac{V_s}{R_s + r_{\pi} + r_{\pi}}$$

$$i_{c1} = \beta i_{b1} = \beta \frac{V_s}{R_s + r_{\pi} + r_{\pi}}$$

$$i_{c1} = i_{c2} \rightarrow V_O = -R_L$$

$$i_{c1} = -R_L \beta \frac{V_s}{R_s + r_{\pi} + r_{\pi}} \rightarrow \frac{V_O}{V_s} = \frac{-\beta R_L}{R_s + r_{\pi} + r_{\pi}}$$

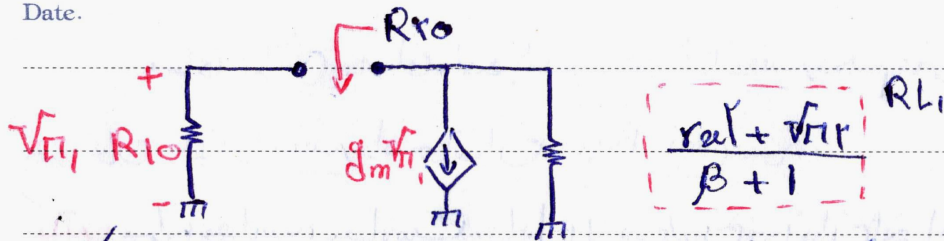


$$\omega_H = \frac{1}{\tau_{i0} + \tau_{ro} + \tau_{ro} + \tau_{eo}}$$

$$C_{\pi} \quad C_{\mu} \quad C_{T} \quad C_{EO}$$

$$R_{i0} = (R_s + r_{\pi}) \parallel r_{\pi1} = (200 + 200) \parallel 1000 = 494.8 \text{ k}$$

$$\tau_{i0} = C_{\pi} * R_{i0} = 20 \text{ pf} * 494.8 = 9.89$$

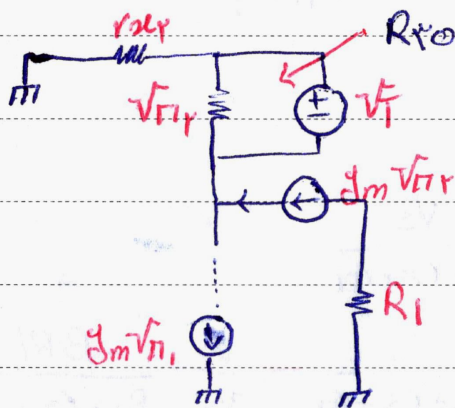


نکته: چون R_{xo} را از دیدگاه آمپترنگاه می‌کنیم می‌توانیم وقت‌های روی بقیه را نادیده بگیریم.

و با $\frac{1}{\beta+1}$ به آمپتر برگردیم.

$$R_{xo} = \frac{r_{oe} + r_{tr}}{1 + \beta} + (1 + g_m \times \frac{r_{oe} + r_{tr}}{1 + \beta}) R_{to}$$

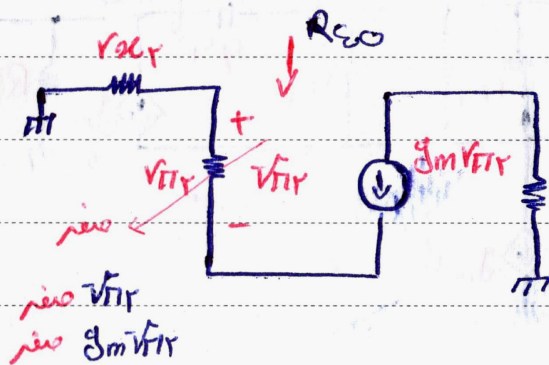
$$R_{xo} = 0.1 k\Omega \quad \tau_{xo} = C_{tr} * R_{xo} = 1 pF * 0.1 k\Omega = 0.1 \mu s$$



$$V_T = V_{tr} \quad g_m V_{tr} + \frac{V_{tr}}{r_{tr}} = I_T \quad V_{tr} g_m \frac{1}{r_{tr}} = I_T$$

$$R_{to} = \frac{V_T}{I_T} = \frac{1}{g_m \frac{1}{r_{tr}}} = 10$$

$$\tau = R_{to} * C_{tr} = 10 * 10 = 100 ns$$



$$R_{so} = r_{oe} + R_L \rightarrow R_{so} = 100k + 1k = 101k\Omega$$

$$\tau_{so} = C_{tr} * R_{so} = 1 pF * 101k\Omega = 101 ns$$

$$\omega_H = \frac{1}{19.94 + 0.1 \mu s + 100 ns + 101 ns} = 0.0314 V$$

$$f_H = \frac{\omega_H}{2\pi} = \frac{0.0314 V}{2\pi} \rightarrow 4.14 MHz$$

اجزای پایداری تقویت کننده کاسکود Cascode

$$F_H \uparrow \rightarrow \tau_{10} \downarrow$$

$$\tau_{10} = C_{T1} * (C_{RS} + r_{\pi 1}) \parallel r_{T1}$$

$$\tau_{10} = c_{10} * ((c_{10} + c_{10}) \parallel 1k) \rightarrow \text{اصلاح در حال قبل}$$

$$\tau_{10} = 5nsec$$

$$R_S = 400 \rightarrow c_{10}$$

$$\omega_H = \frac{1}{\sum \tau_i} = \frac{1}{11.01} = 14MHz$$

قطع بالا از ۶،۱۷ به ۱۴ مگاهرتز رسید که رو به بالا می آید.

در صورتی که در تقویت کننده کاسکود نیاز به اصلاح

فرکانس قطع باشد و بنویسیم آن را زیاد کنیم

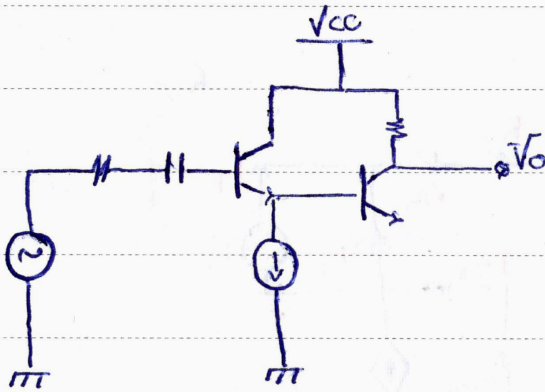
τ_{10} بیشترین تأثیر را در این اصلاح خواهد

داشت با این شرایط به باند پهنای آن f_H

افزایش می یابد نه در حال قبل با پهنای

مقاومت R_S از ۶۰۰ به ۵۰ اهم فرکانس

قطع بالا از ۶،۱۷ به ۱۴ مگاهرتز رسید که رو به بالا می آید.



میررسی تقویت کننده های عریض باند

در یک تقویت کننده عریض باند ما می بینیم که

می شود طبقه اول دارای ساختار آمپلیفایر

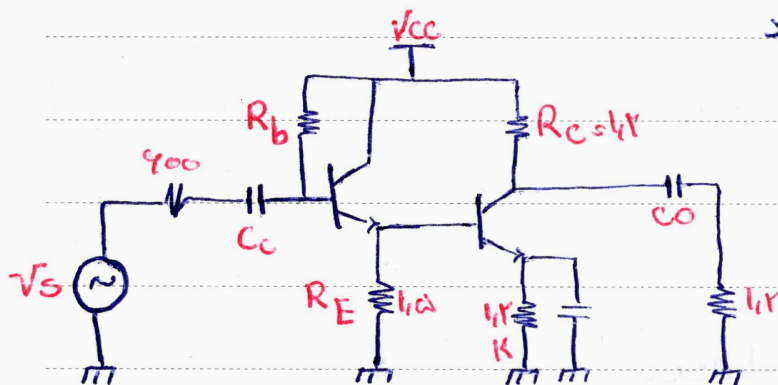
و طبقه دوم دارای ساختار آمپلیفایر می باشد

که هر دو مستطیل تقویت کننده ولتاژ می باشد

می توان به مولد در این استارده نمود. به عنوان مثال در حدود ۱۰ مقاومت ورودی بزرگ

مقاومت خروجی کوچک و در تقویت کننده آمپلیفایر به عنوان ولتاژ زیاد اما

محدودیت پهنای باند وجود دارد



$$Q_1 = Q_2$$

$$I_{CQ1} = I_{CQ2} = 1mA$$

$$r_{\pi} = 50\Omega$$

$$C_{T1} = 50pF$$

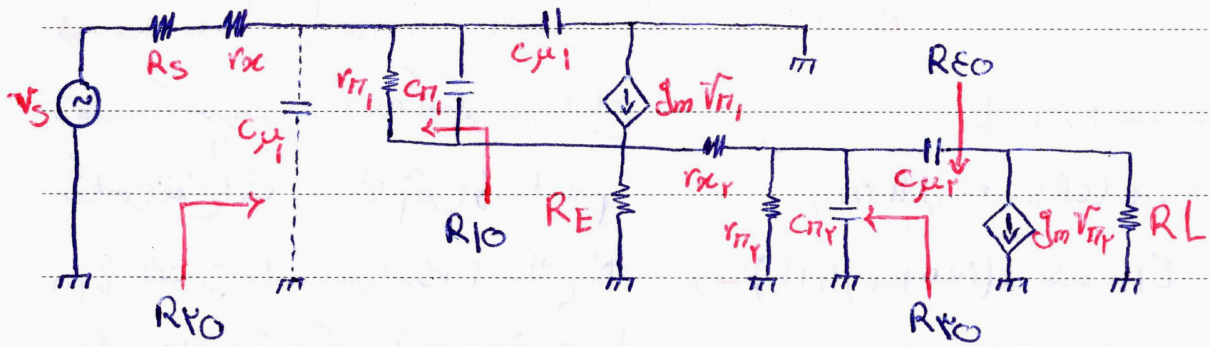
$$C_{T2} = 3pF$$

$$\beta = 100$$

$$R_b = 1k\Omega$$

$$A_V = \frac{V_o}{V_i} = ?$$

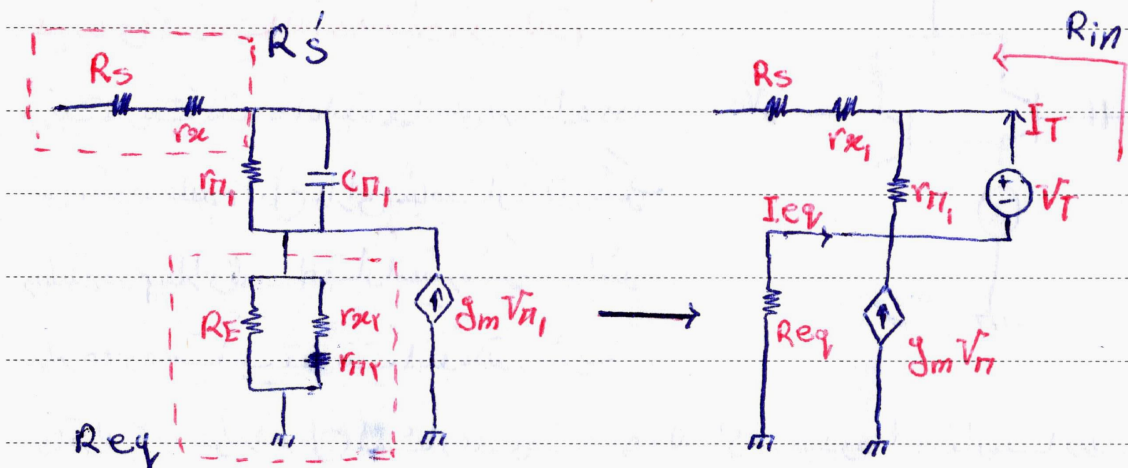
$$f_H = ?$$



$$A_v = \frac{-\beta R_L}{r_{\pi 2} + r_{e 2}} \times \frac{(1 + \beta_0) R_{eq}}{r_{\pi 1} + r_{e 1} + (1 + h_{fe}) R_{eq}} \times \frac{R_{in}}{R_{in} + R_s} = -1.1$$

$$R_{eq} = R_E \parallel (r_{\pi 2} + r_{e 2}) = 4.91 k\Omega$$

$$R_{in} = r_{\pi 1} + r_{e 1} + R_{eq} (1 + \beta_0) = 7.75 k\Omega$$



$$R_{eq} = R_E \parallel (r_{\pi 2} + r_{e 2}) = 4.91 k\Omega$$

$$R_s' = R_s + r_{\pi 1} = 0.8 k\Omega$$

$$R_{in} = \frac{V_T}{I_T} = \frac{R_s' + R_{eq}}{1 + g_m R_{eq}}$$

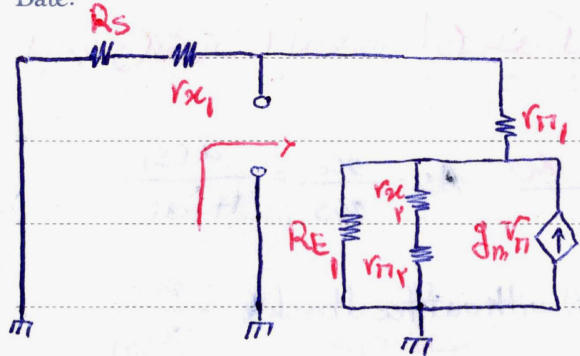
$$R_{ro} = r_{\pi 1} \parallel R_{in}$$

$$R_{ro} = r_{\pi 1} \parallel \frac{R_s' + R_{eq}}{1 + g_m R_{eq}} = 1.1$$

$$\tau_{ro} = R_{ro} * C_{\pi 1} = 1.1 * 10^{-9} = 1 nsec$$

Subject.

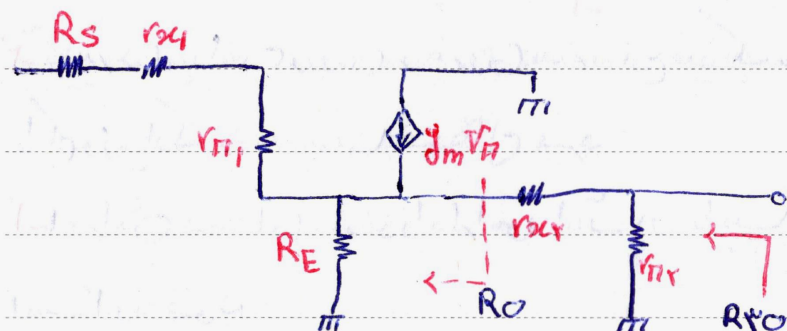
Date.



$$R_{ro} = (R_s + r_{x1}) \parallel (r_{\pi1} + R_{eq}(1 + \beta))$$

$$R_{ro} = 44 \text{ k}\Omega$$

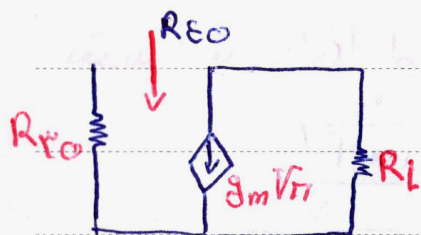
$$\tau_{ro} = C_{\mu} R_{ro} = 1.9 \text{ nsec}$$



$$R_o = R_{E1} \parallel \frac{R_s' + r_{\pi1}}{1 + \beta_o} = 14.19 \text{ k}\Omega$$

$$R_{ro} = (R_o + r_{x1}) \parallel r_{\pi1} = 45.04 \text{ k}\Omega$$

$$\tau_{ro} = C_{\mu} R_{ro} = 1.9 \text{ nsec}$$



$$R_{EO} = R_L + (1 + g_m R_L) R_{ro}$$

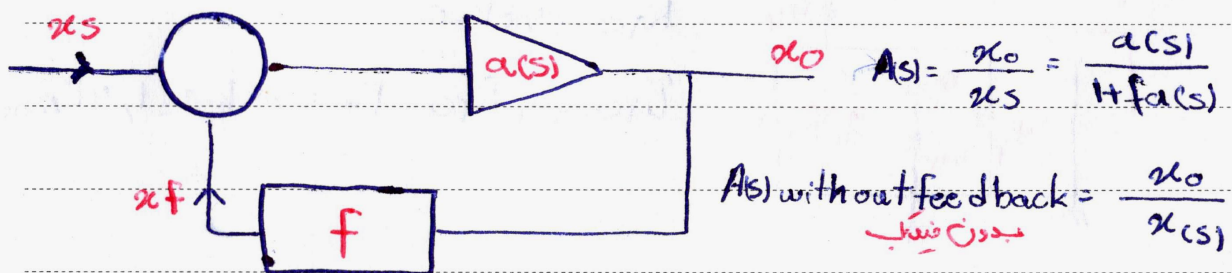
$$R_{EO} = 8.11 \text{ k}\Omega$$

$$\tau_{EO} = C_{\mu} R_{EO} = 1.9 \text{ nsec}$$

$$\omega_H = \frac{1}{\sum \tau_i} = 2\pi \cdot 1.9 \text{ MHz}$$

$$f_H = \frac{\omega_H}{2\pi} = 1.9 \text{ MHz}$$

پرسش تقویت کننده های فیدبک:



- ۱- مدارات فیدبک دار مزایایی از جمله تثبیت مسخضات مداری (مثلاً پایداری نقطه کار)
- ۲- تغییر در امپدانس ورودی و خروجی نسبت به نوع فیدبک می توان امیدانش ورودی و خروجی را کم و زیاد کرد و به سمت ایده آل میرد
- ۳- افزایش پهنای باند و ادراک می باشد در مقابل آن می توان به کاهش بهره استناد نمود

تقویت کننده های اصلی شامل یک قطب a و یک صفر s و بهره باند میانی a_o

$$A(s) = \frac{a(s)}{1 + f a(s)} = \frac{\frac{a_o}{s}}{1 + f \frac{a_o}{s}} = \frac{a_o}{1 + \frac{s}{s a} + a_o f} = \frac{\frac{a_o}{1 + a_o f}}{1 + \frac{s}{s a (1 + a_o f)}}$$

$$D = 1 + a_o f$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{فیدبک} \\ \text{منفی} \end{array} \right\} \begin{array}{l} a_o > 0 \\ f < 0 \end{array} \left. \begin{array}{l} \text{فیدبک} \\ \text{مثبت} \end{array} \right\} \begin{array}{l} a_o < 0 \\ f > 0 \end{array} \left. \begin{array}{l} \text{فیدبک} \\ \text{مثبت} \end{array} \right\} D > 1$$

$a(s) \rightarrow wH = |sa|$ خرجش قطب بالای تقویت کننده اصلی

$sa =$ قطب

Subject.

Date.

$$A(s) = s a D \rightarrow w H f = | - s a D |$$

قطب

بافتاب

جهت حرکت قطب با افزایش فرکانس

$f = 0$

x

