Sa Su Mo Tue Wed Thu Fri

Date:

Subject:

جلسه سیزدهم ۱۳۹۱/۱۰/۲۸

ترانزیستور (فصل چهارم):

Transistor:

* اصل تقویت کنندگی: Amplification

انواع ترانزیستور:

۱) ترانزیستور پیوندی دوقطبی (BJT)

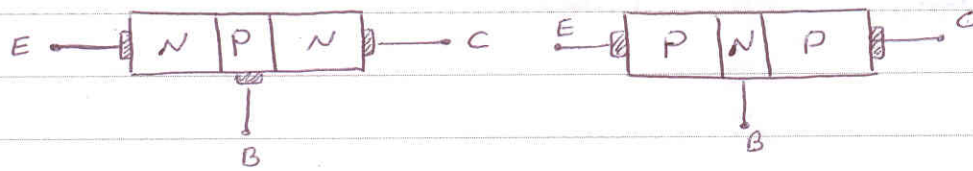
۲) ترانزیستور اثر میدانی (FET)

۳) ترانزیستورهای اثر میدانی متشکل از فلز-اکسید-نیمه‌هادی (MOSFET)

CMOS/TTL

- ساختمان ترانزیستور:

BJT از اتصال سه لایه بلورنیمه‌هادی تشکیل می‌شود. لایه وسطی، بیس (Base) و دو لایه جانبی، یکی امیتر (E) و دیگری کلکتور نام دارند.



ترانزیستور NPN ترانزیستور PNP

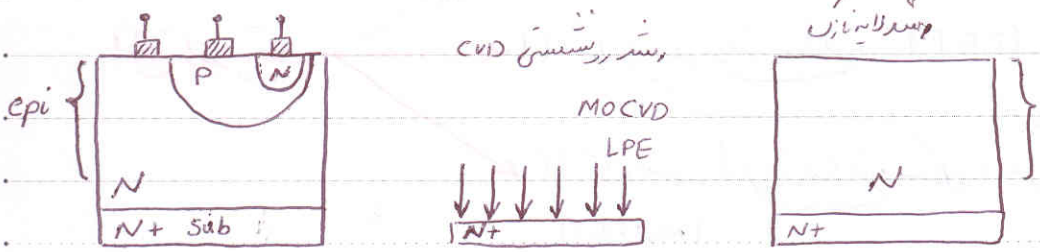
Sa Su Mo Tue Wed Thu Fri

Date:

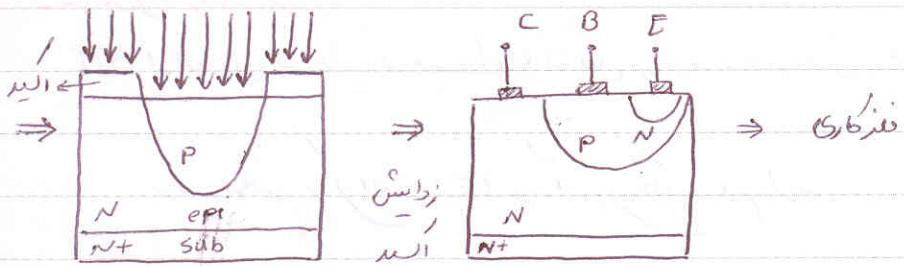
Subject:

- معمولاً میزان ناخالصی در لایه اپیتکسی از دو لایه دیگر (C, B) است و همچنین عرض لایه اپی کمتر و عرض لایه طلکتور بیشتر از لایه های دیگر است.

- نحوه ساخت ترانزیستور در مدارات مجتمع (ساختارش آدرس صفحه ای)



مرحله ۱ — مرحله ۲



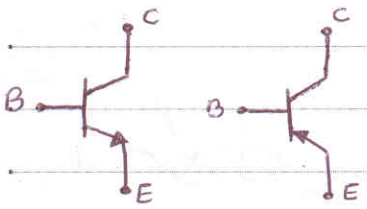
مرحله ۳ — زدایش اکسید و ایجاد بصره دیگر — مرحله ۴ — فلزکاری

Sa Su Mo Tue Wed Thu Fri

Date:

Subject:

- در مدارهای الکترونیکی، ترانزیستورهای NPN و PNP را به صورت های زیر نمایش می دهند:

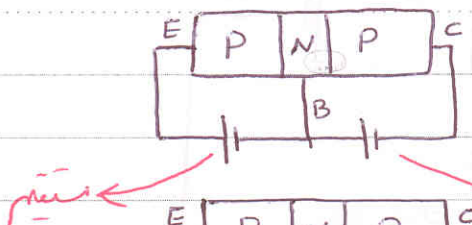


NPN PNP

نکته: جهت پیکان جهت جریان الکترون هاست.

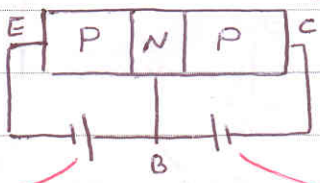
- حالتهای مختلف بایاس ترانزیستور:

① فعال



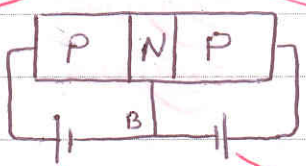
مستقیم معکوس

② قطع



معکوس معکوس

③ اشباع



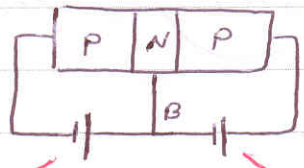
مستقیم مستقیم

Sa Su Mo Tue Wed Thu Fri

Date:

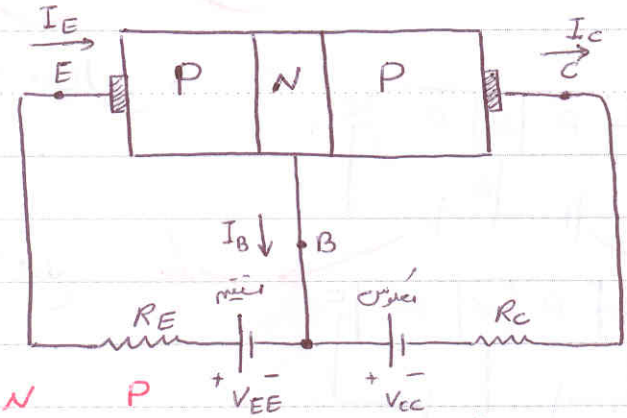
Subject:

② فعال معکوس



معکوس ← → مستقیم

اساس کار ترانزیستور در ناحیه فعال (پیوند بیس و امیتر بایاس مستقیم و پیوند بیس و کلکتور بایاس معکوس)



P N P

o ● o → حامل‌های اکثریت

● o o → حامل‌های اقلیت

Kimia Stationery Collection

Sa Su Mo Tue Wed Thu Fri

Date:

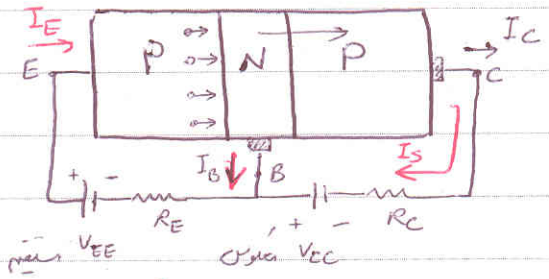
Subject:

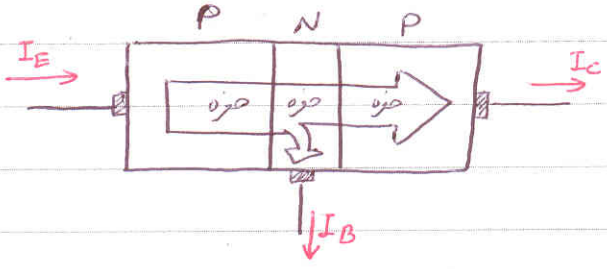
$I_E = I_C + I_B$

$I_C = \alpha I_E$

α : بازدهی جریان

$0,99 \leq \alpha \leq 0,9999$



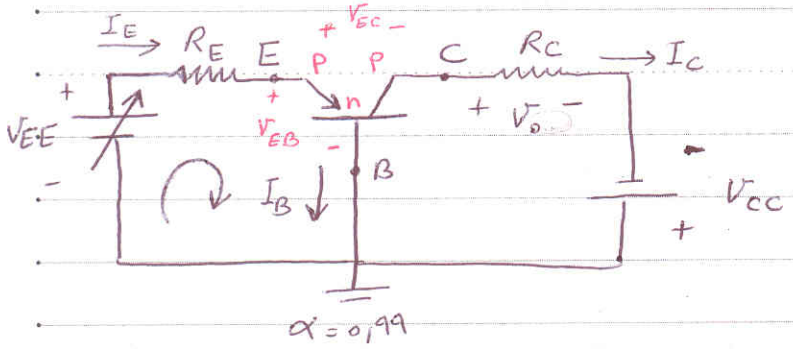


$\alpha = \frac{I_C}{I_E}$

۱۴

جلسه چهاردهم

۹۱،۲،۲



برای ترانزیستور PnP

PNP

$V_{EC} = V_E - V_C \geq V_{E-C(sat)}$ → ۰,۲

$V_{BC} \geq -0,5^V$

NPN

$V_{CE} \geq V_{CE(sat)}$ → ۰,۲ ⇒ $V_{BE} = 0,7^V$ ثابت

$V_{CB} \geq -0,5^V$

مثال:

Sa Su Mo Tue Wed Thu Fri

Date:

Subject:

فرضیات: $R_C = 1^{K\Omega}$ ، $R_E = 50^{\Omega}$ ، $I_E = 1^{mA}$ ، $\Delta V_{EE} = 1^{mV}$

بهره ولتاژ: $G_V = A_V = ?$

KVL: $V_{EE} = R_E I_E + V_{EB}$

$\Rightarrow \Delta V_{EE} = R_E \Delta I_E \Rightarrow \Delta I_E = \frac{\Delta V_{EE}}{R_E} = \frac{1^{mV}}{50^{\Omega}} = 20^{mA}$

$\Rightarrow \Delta I_E = 20^{\mu A}$

از طرفی $I_C = \alpha I_E \Rightarrow \Delta I_C = \alpha \Delta I_E$

$\Rightarrow \Delta I_C = 0,99 \times 20^{\mu A} = 19,8^{\mu A} \Rightarrow \Delta I_C = 19,8^{\mu A}$

$V_o = R_C I_C \Rightarrow \Delta V_o = R_C \cdot \Delta I_C$

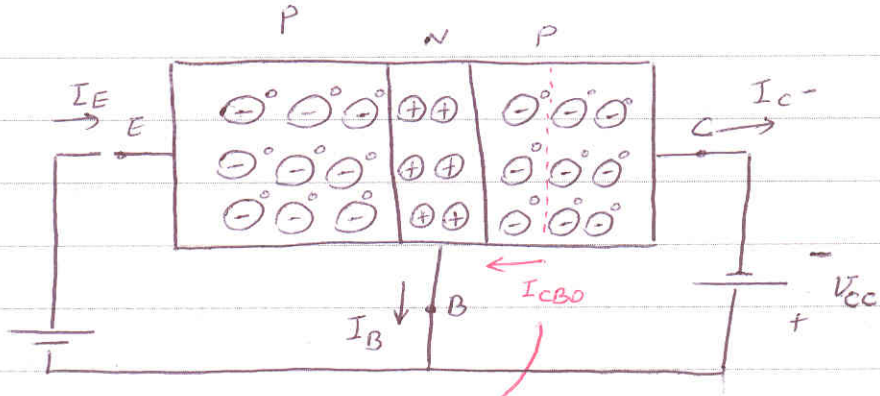
$\Rightarrow \Delta V_o = 10 \times 10^{3} \times 19,8 \times 10^{-6} = 198^{mV} \Rightarrow \Delta V_o = 198^{mV}$

بهره ولتاژ $= G_V = A_V = \frac{\Delta V_o}{\Delta V_{EE}} = \frac{198^{mV}}{1^{mV}} = 198$

$I_E = I_B + I_C$

$I_C = \alpha I_E + I_{CBO} \longrightarrow$ جریان I_{Co}

Kimia Stationery Collection



$I_C = \alpha I_E + I_{CBO}$

"جریان اشباع معکوس" — "اشباع معکوس"

: بایس Emitter — Base — Collector / جریان : I_{CBO}

- مشخصات و محدودیت‌های T.T :

- نواحی قطع، اشباع و فعال :

- هرچه α به یک نزدیک‌تر شود، ترانزیستور ایده‌آل‌تر است. α فریب‌زنی است.

معادله‌ی اساسی ترانزیستور : $I_E = I_C + I_B$

$$\alpha = \frac{I_C}{I_E} \quad , \quad 0,94 \leq \alpha \leq 0,9999$$

Sa Su Mo Tue Wed Thu Fri

Date:

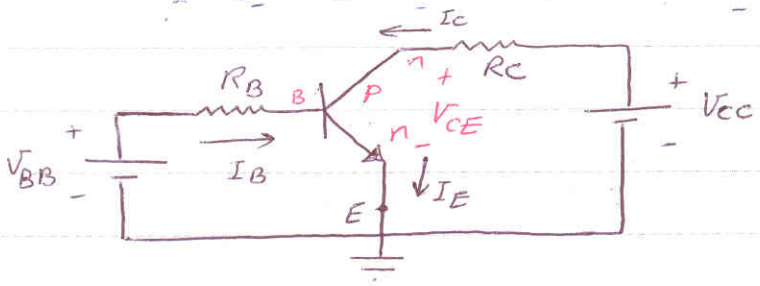
Subject:

نکته: این مدار یک تقویت کننده ولتاژ است.

مشابه دیود، نقطه کار ترانزیستور $Q\Big|_{V_{CB}}^{I}$ است. اگر نقطه Q به این مشخصات را داشته باشیم، می‌گوییم ترانزیستور در حالت فعال است یا به ترانزیستور در حالت فعال است یعنی در ترانزیستور بالا که بین ورودی و خروجی بیس (B) مشترک است، به آن بیس مشترک گوییم. (Common Base)

مدار امیتر مشترک:

در مدار ترانزیستوری که امیتر مشترک می‌باشد، می‌توان فهمید که R_B باید بسیار بزرگ باشد. زیرا I_B خیلی کوچک است.



$\Rightarrow Q\Big|_{V_{CE}}^{I_C}$

Kimia Stationery Collection

دو اصل مهم:
۱- ورودی فوروارد بایاس است.
۲- خروجی ریورس بایاس است.

- ترکیب Common Emmiter ، تقویت کننده جریان است.

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} = \frac{\alpha I_E}{(1-\alpha) I_E} = \frac{\alpha}{1-\alpha}$$

$I_E = I_C + I_B$
$\Rightarrow I_E = \alpha I_E + I_B$
$\Rightarrow I_B = (1-\alpha) I_E$

$$\Rightarrow \alpha = \frac{\beta}{\beta+1} \quad \text{اگر } \beta \gg 1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \alpha \simeq 1$$

- آنالیز (C.B) Common Base :

آنالیز DC به منظور به دست آوردن نقطه کار، یعنی $Q \Big|_{V_{CB}}^{I_C}$

جریان خروجی و ولتاژ خروجی است.

از ورودی داریم: KVL در

ورودی: $V_{EE} = R_E I_E + V_{EB}$

$10^V = 10 \times 10^3 I_E + ?$

فرض:
$R_E = 10^{k\Omega}$
$V_{CC} = +20^V$
$R_C = 10^{k\Omega}$
$\alpha = 0.99$
$V_{EE} = 10^V$

$P = ?$
$Q = ?$

Sa Su Mo Tue Wed Thu Fri

Date:

Subject:

* در یک ترانزیستور، اگر سیلیسی باشد و $V_{EB} = 0,7^V$ و اگر ژرمانیومی باشد،

$V_{EB} = 0,3^V$ باشد.

Si $\Rightarrow 10^V = 10 \times 10^K \times I_E + 0,7V \Rightarrow I_E = \frac{V_{EE} - V_{EB}}{R_E}$

$\Rightarrow I_E = \frac{10 - 0,7V}{10^K} = 0,93^{mA} \Rightarrow I_E = 0,93^{mA}$

$I_C = \alpha I_E = 0,99 \times 0,93^{mA} = 0,92^{mA} \Rightarrow I_C = 0,92^{mA}$

از KVL در خروجی داریم:

خروجی $+V_{CC} = R_C I_C + V_{BC}$

$\Rightarrow 20^V = 10^{K\Omega} \times 0,92^{mA} + V_{BC} \Rightarrow V_{BC} = 10,8^V$

$\Rightarrow Q = \begin{cases} I_C = 0,92^{mA} \\ V_{BC} = 10,8^V \end{cases}$

☑ $V_{BC} > -0,5$ ← PNP برای فعال بودن

☑ $V_{EC} > 0,2^V$ ← " "

$V_E = 10^V - 10^K \times 0,92^{mA} = 0,8V \Rightarrow V_E = 0,8^V$

$V_C = -V_{CC} + R_C I_C = -20 + 10^K \times 0,92 \Rightarrow V_C = -10,8^V$

$\Rightarrow V_{EC} = V_E - V_C = 0,8V - (-10,8) \Rightarrow V_{EC} = 11,6^V \geq 0,2$ برای فعال بودن ☑

Kimia Stationery Collection

Sa Su Mo Tue Wed Thu Fri

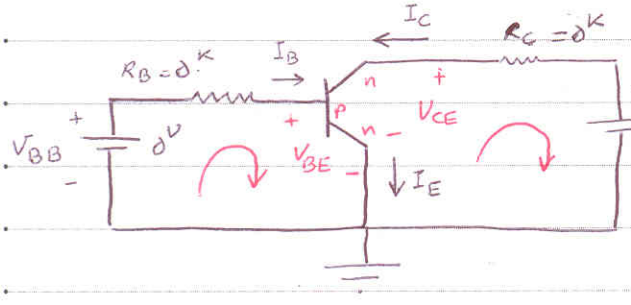
Date:

Subject:

۹۱,۲,۱۴

جلسه یازدهم

آنالیز C.E :



$\begin{cases} \alpha = 0,99 \\ V_{BE} = 0,7^V \end{cases}$

$\alpha = 0,99 \Rightarrow \beta = \frac{\alpha}{1-\alpha} = 99$

Common Emmiter

ورودی : $V_{BB} = R_B I_B + V_{BE}$

$5^V = 500^K \times I_B + 0,7^V \Rightarrow I_B = \frac{5^V - 0,7^V}{500^K} = 0,0043^{mA}$

فعال

$I_C = \beta I_B = 99 \times 0,0043 = 0,43^{mA} \Rightarrow I_C = 0,43^{mA}$

خروجی : $V_{CC} = R_C I_C + V_{CE} \Rightarrow 10^V = 5^K \times 0,43^{mA} + V_{CE}$

$\Rightarrow V_{CE} = -7,85^{(V)}$

Q | $I_C = 0,43^{mA}$

$V_{CE} = -7,85^V$!! در عمل امکان پذیر است.

چون R_B را مقداری کوچک در نظر گرفتیم، ترانزیستور به ناحیه اشباع رفته است، حال اگر

Date:

Subject:

نسبت بیس $R_B = 400\ \Omega$:

$$I_B = \frac{5\ V - 0{,}7\ V}{400\ K} = 10{,}7\ \mu A \Rightarrow I_B = 10{,}7\ (\mu A)$$

$$I_C = \beta I_B = 99 \times 10{,}7\ \mu A \Rightarrow I_C = 1{,}059\ mA$$

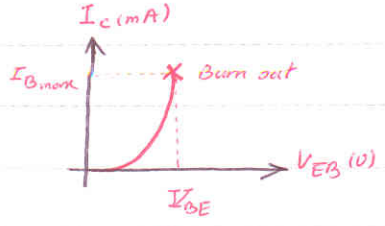
$$V_{CC} = I_C \cdot R_C + V_{CE} \Rightarrow 10\ V = 1{,}059\ mA \times 5\ K + V_{CE} \Rightarrow V_{CE} = 4{,}7\ V$$

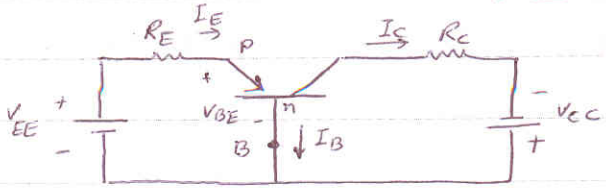
Q | $I_C = 1{,}059\ mA$, $V_{CE} = 4{,}7\ V$ $\Rightarrow$ Active : فعال

$V_{CB} > -0{,}5\ V$ $\quad V_C = V_{CE} = 4{,}7\ V$ $\quad V_B = V_{BE} = 0{,}7\ V$ $\quad V_{CB} = V_C - V_B = 4{,}7 - 0{,}7$

$V_{CB} = 4 > -0{,}5$ ✓

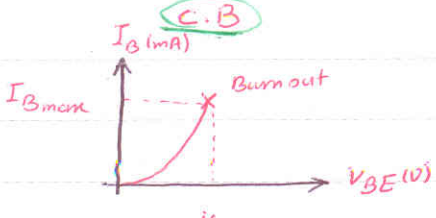
مشخصات :



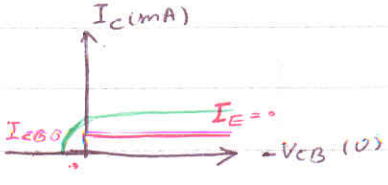


Common Base (C.B)

C.B



C.E



Common Base

α
β
V_{BE}

پایه بیس
پایه کلکتور

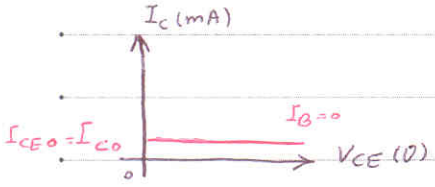
واحد ترانزیستور

Kimia
Stationery Collection

Sa Su Mo Tue Wed Thu Fri

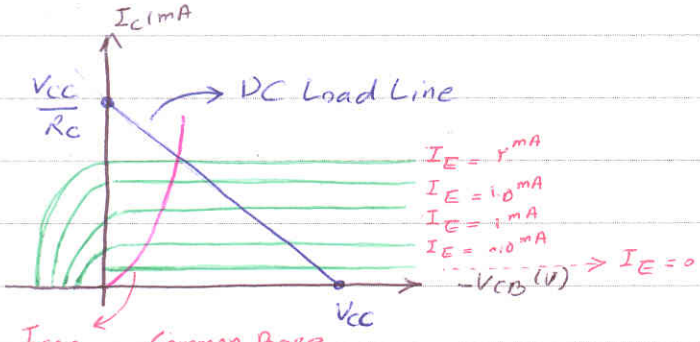
Date:

Subject:

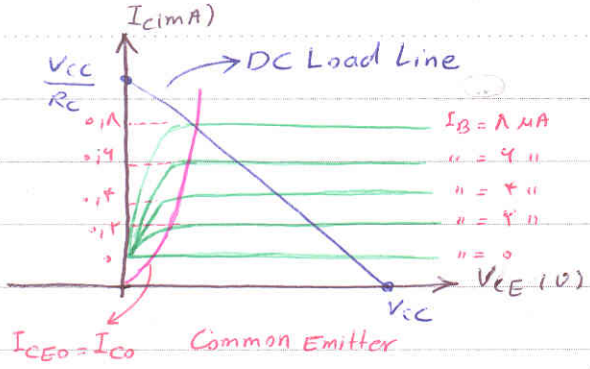


Common Emitter

$: I_C = \alpha I_E$



$: I_C = \beta I_B$



از این شکل می‌توان نتیجه گرفت که جریان بیس منبع جریان است نه ولتاژ و از روی

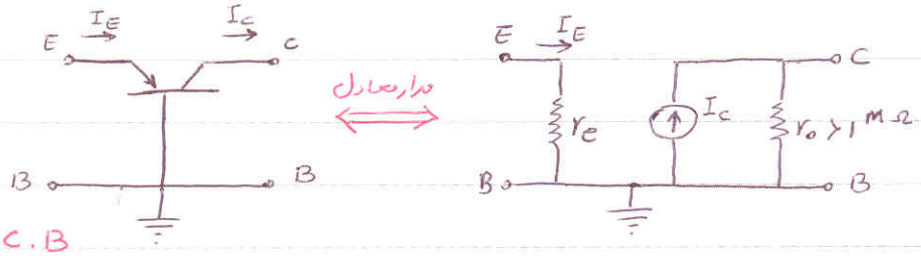
نمودار ملاحظه می‌کنیم، به ازای ولتاژهای مختلف و به ازای جریان‌های I_B مختلف، به ازای

این ولتاژها، جریان خروجی یعنی I_C یکسان است.

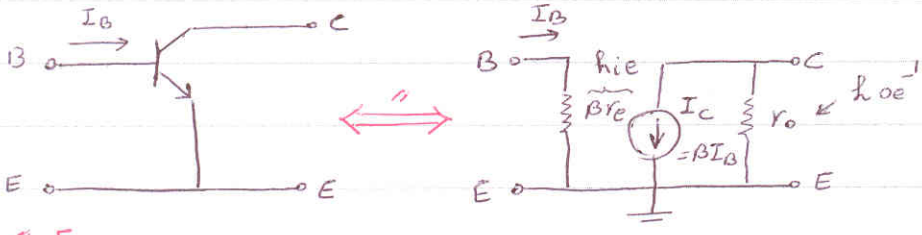
Sa Su Mo Tue Wed Thu Fri

Date:

Subject:



C.B



C.E

$$r_e = \frac{\eta V_T}{I_{CQ}} \quad , \quad r_o = \frac{|V_A|}{I_{CQ}}$$

3.22

KVL: $V_{CC} = R_C I_C + V_{CE}$ معادله خط بار dc

$I_C = 0$	$I_C = \frac{V_{CC}}{R_C}$
$V_{CE} = V_{CC}$	$V_{CE} = 0$

Q | I_C / V_{CE} نقطه کار ترانزیستور (Q) بر روی خط بار است.

$V_{CC} = V_{BC} + R_C I_C$

$I_C = 0$	$I_C = \frac{V_{CC}}{R_C}$	Q	I_C
$V_{BC} = V_{CC}$	$V_{BC} = 0$		V_{BC}

Kimia Stationery Collection

Sa Su Mo Tue Wed Thu Fri

Date:

Subject:

Early Effect (اثر اِرلی):

هرچه ولتاژ ورودی فوروارد بایاس (FB) را زیاد کنیم، عرض بیس کوچک می‌شود و α به یک نزدیک‌تر می‌شود. آن مقداری که α را به ما نزدیک‌تر می‌سازد، هرچه ولتاژ را بیشتر کنیم، زیاد می‌شود، به آن ولتاژ **اِرلی** می‌گویند.

Early Voltage (V_A) ⟹ تقریباً برابر ۱۰۰ تا ۱۵۰ ولت است.

۱۲

جلسه شانزدهم — ۹۱/۲/۹

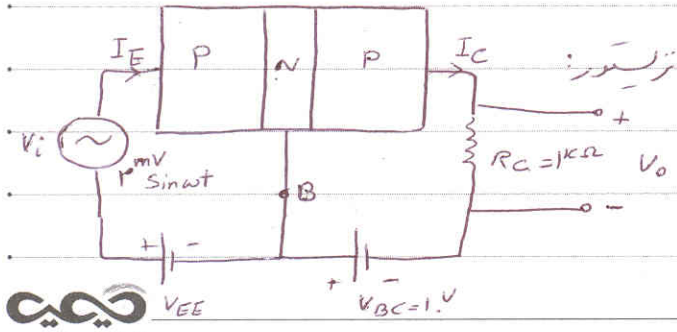
دو اصل مهم در بایاس مدارهای ترانزیستوری:

۱) ورودی فوروارد بایاس (بایاس مستقیم) است.

۲) خروجی، ریورس بایاس (بایاس معکوس) است.

این دو اصل شروط ناحیه فعال (ناحیه تقویت کنندگی) ترانزیستور را ایجاد می‌سازند.

مثال) بررسی تقویت کنندگی یک ترانزیستور:



Stationery Collection

Sa Su Mo Tue Wed Thu Fri

Date:

Subject:

ابتدا باید ناحیه کار ترانزیستور مشخص شود، برای این منظور از تست

$I_{E\,dc} = 2{,}4\ mA$

$I_C = \alpha I_E + I_{CO}$ ← C : در ناحیه فعال تقویت باشد

$\alpha_{dc} = \alpha_{ac} = 0{,}995$ $\quad = 0{,}995 \times 2{,}4 = 2{,}388\ mA$

$\eta = 1\ ,\ V_T = 24\ mV$ $\quad V_{BC} = 10 - R_C I_C = 10 - 1K \times 2{,}388 = 2{,}12\ V > -0{,}5$ ✓

$A_V = \frac{V_o}{V_i} = ?$ $\quad$ چون $V_{BC} > -0{,}5$ است، پس فرض فعال درست است و

ترانزیستور در ناحیه فعال است.

$r_d = r_e = \frac{\eta V_T}{I_{CQ}} = \frac{1 \times 24\ mV}{2{,}4} \simeq 10\ \Omega$ ← مقاومت

$i_{ac\,c} = \frac{2\ mV \sin \omega t}{1\ K\Omega} = 0{,}2\ mA \sin \omega t$

$i_{ac-c} = \alpha_{ac} \cdot i_{ac-c} = 0{,}995 \times 0{,}2\ mA \sin \omega t$

$\Rightarrow i_{ac-c} = 0{,}199\ (mA) \sin \omega t$

$|V_{o\,ac}| = R_C\, i_{ac-c} = 1\ K\Omega \times 0{,}199 \sin \omega t$

$|V_{oac}| \simeq 0{,}2\ V \sin \omega t$

بهره ولتاژ $= A_V = \frac{0{,}2\ V}{2\ mV} = \frac{200\ mV}{2\ mV} = 100$

تمرین: اگر $R_C = 10\ K\Omega$ باشد، بهره را بدست آورید.

Kimia Stationery Collection

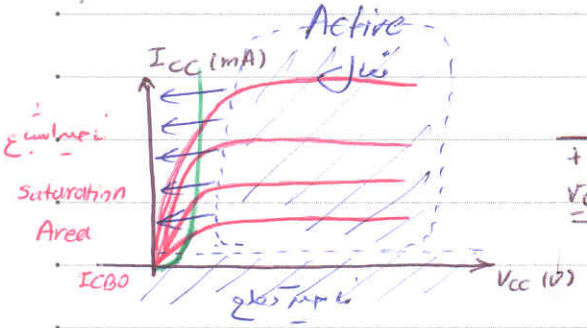
Date:

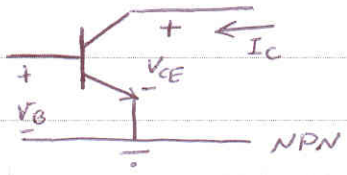
Subject:

کلاس

- خلاصه‌ای از قطع و اشباع و فعال از روی منحنی مشخصه ترانزیستور:

- مثال/





شرایط قطع (ویژگی‌های ناحیه قطع):
- $V_{BE} < 0$
- $I_E = 0 \Rightarrow I_C = \alpha I$
- $V_{CE} \simeq V_{CC}$ = ولتاژ تغذیه

شرایط ناحیه فعال:
- $V_{CE} \simeq \frac{V_{CC}}{2}$
- $V_{CB} > 0^V$ (۲)
- $0,5^V \leq V_{BE} \leq 0,8^V$ (۱)

در هنگام بررسی ناحیه فعال ابتدا (۱) را فرض می‌کنیم و با فرض (۱) می‌بایست به (۲) برسیم.

شرایط ناحیه اشباع:
- $V_{BE} \geq 0,8^V$
- $\beta_{sat} < \beta_F$
- $I_{B_{\text{اشباع}}} > \frac{I_C}{\beta}$ شرط لازم اشباع
- $V_{CE} = V_{CE(sat)} = 0,2^V$

ابتدا KVL در ورودی می‌زنیم و I_B را از KVL در ورودی به دست می‌آوریم. اگر این مقدار از $\frac{I_C}{\beta}$ بزرگتر بود، مطمئن هستیم که ترانزیستور اشباع است. این کار حتماً باید بررسی شود.

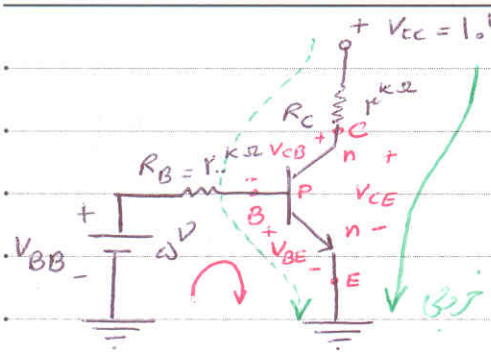
Sa Su Mo Tue Wed Thu Fri

Date:

Subject:

مثال) Si ، $\beta_F = 100$

Q| ؟ $r_o = ?$



حلقه ورودی : $+V_{BB} = R_B I_B + V_{BE}$

$5^V = 200^K \times I_B + 0{,}7^V \Rightarrow I_B = \frac{4{,}3^V}{200^K} = 21{,}5 \times 10^{-3}\ (mA)$

با توجه به رابطه : $I_C = \beta I_B = 100 \times 21{,}5 \times 10^{-3} = 2{,}15^{(mA)}$

حلقه خروجی $V_{CC} = R_C I_C + V_{CE}$: معادله خط بار DC

$10^V = 2^K \times 2{,}15^{mA} + V_{CE} \Rightarrow V_{CE} = +5{,}7^V$

نقطه Q خط بار DC

$I_C = 2{,}15^{(mA)}$

$V_{CE} = 5{,}7^{(V)}$

- برای بایاس مدار باید V_{CB} مثبت شود.

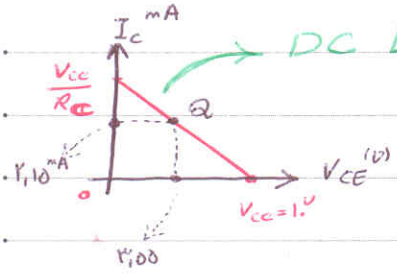
برای این منظور KVL را در جهت خلاف جهت جریان اعمال می‌کنیم.

$10^V = 2^K \times I_C + V_{CB} + 0{,}7^V \Rightarrow V_{CB} = +1{,}8^V > 0$

$I_C = 2{,}15^{mA}$ ، V_{BE}

- پس دیود بایاس مدار مثبت است.

Kimia Stationery Collection



مدار بهترین نمونه برای تقویت کننده در ناحیه فعال است.

DC است، به عبارتی نقطه کار در ناحیه فعال DC،

بهترین وضعیت یک ترانزیستور در ناحیه فعال برای تقویت کنندگی می‌باشد.

اگر نقطه کار در ناحیه فعال DC واقع شود، دیتاز خروجی اعوجاج ندارد.

سوئیچ را خواهد داشت.

برای این کار یک مقاومت R_E مثلاً با مقدار $2^{K\Omega}$ در امیتر قرار می‌دهیم.

این کار باعث افزایش پایداری حرارتی در مدار C.E نیز می‌شود.

$$\begin{cases} V_{CC} = R_C I_C + V_{CE} + R_E I_E \\ V_{BB} = R_B I_B + V_{BE} + R_E I_E \\ I_E = I_C + I_B \\ I_C = \beta I_B \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 10^V = 2^K \times I_C + V_{CE} + (I_C + I_B) \times 2^{K\Omega} \\ 5^V = I_B \times 200^K + 0,7^V + (I_C + I_B) \times 2^{K\Omega} \\ I_C = 100\, I_B \end{cases}$$

$$\Rightarrow Q' \begin{cases} I_C = 1,10^{(mA)} \\ V_{CE} = 4,90^V \end{cases} \qquad V_{CC} = R_C I_C + V_{CB} + V_{BE} + R_E (I_B + I_C)$$

$$10^V = 2^K \times 1,10^{mA} + V_{CB} + 0,7^V + 2^{K\Omega} \left(\frac{1,10^V}{100} + 1,10^V \right)$$

Sa Su Mo Tue Wed Thu Fri

Date:

Subject:

$\Rightarrow V_{CB} = 3,93^V > 0$ ✓ هنوز در ناحیه‌ی فعال است.

* در ناحیه‌ی اشباع همواره داریم:

$V_{CE} = V_{CE(Sat)} = 0,2^{Volt}$

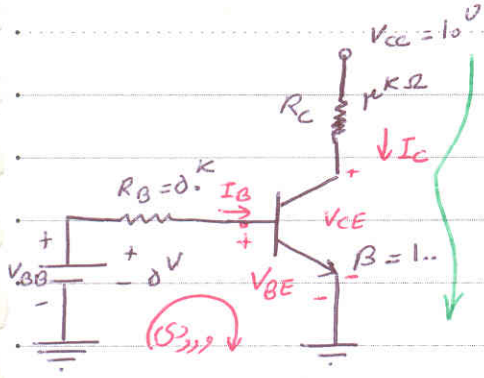
در ناحیه‌ی اشباع دیگر $I_C = \alpha I_E$ برقرار نیست، و اگر جریان بیس زیاد باشد،

آن وقت $I_C = I_E$ زمان شکل فیزیکی است.

توان مصرفی در یک ترانزیستور : Power Dissipation $P_D = I_C . V_{CE}$

مثال / $V_{BE(Sat)} = 0,8^V$

نوع اشباع : $V_{CE(Sat)} = 0,2^V$



مد= آیا در ترانزیستوری شکل مقابل در حالت اشباع است؟

ابتدا از KVL در ورودی I_B را حساب کنیم.

در مرحله‌ی بعد از KVL در خروجی I_C را بدست می‌آوریم.

در مرحله‌ی آخر، رابطه‌ی زیر را چک می‌کنیم. ⟸

$\frac{I_B}{\text{ورودی}} > \frac{I_C}{\beta}$?

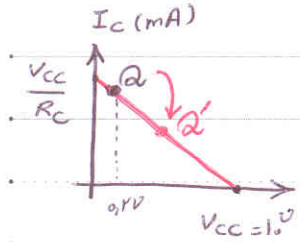
Kimia Stationery Collection

ورودی: $5^V = 50^K \times I_B + 0,7^V$ ($V_{BE(sat)}$)

$I_B = 0,048^{(mA)}$

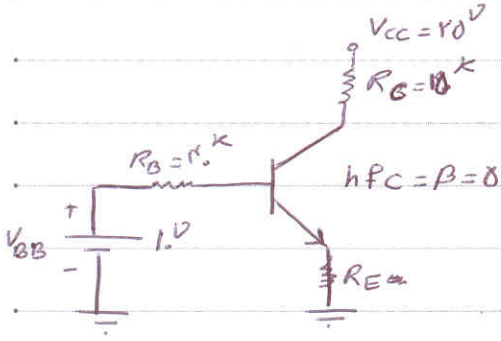
خروجی: $10^V = 2^K \times I_C + 0,2^V$ ($V_{CE(sat)}$) $\Rightarrow I_C = 4,27^{mA}$

آیا: $0,048^{mA} > \frac{4,27}{100}$ ✓ $\Rightarrow$ در ناحیه اشباع است.



- در ناحیه اشباع: Q به انتهای فعلی خط بار رفته است. برای اینکه ترانزیستور را از حالت اشباع دربیاوریم، یعنی نقطه کار را به روی خط بار بیاوریم، هم می‌توانیم R_B را زیاد کنیم (مثل در اینورتر I_B کم می‌شود) و بنابراین I_C نیز کم می‌شود و یا مقاومت R_E را در امیتر قرار دهیم.

تمرین: در مدار شکل زیر:



(a) اگر $R_E = 5^{K\Omega}$ باشد، ثابت کنید ترانزیستور در ناحیه اشباع است.

(b) R_E را به طوری تعیین کنید که ترانزیستور از اشباع خارج شود (بر روی قدفعال برود).

Sa Su Mo Tue Wed Thu Fri

Date:

Subject: ۹۱،۲،۱۰ جلسه هفدهم

۱۷

مثال) در مدار ترانزیستوری شکل مقابل I_{C_0} در دمای ۲۵° برابر با 10^{nA} می باشد.

a/ اگر $|V_{BB}| = 8^V$ باشد، R_B را چنان تعیین کنید تا ترانزیستور در دمای ۱۸۵°C نیز در قطع بماند.

b/ اگر $|V_{BB}| = 2^V$ و $R_B = 20^K$، تا چه درجه حرارتی در قطع باقی خواهد ماند؟

$I_{C_0}(25^\circ C) = 10^{nA}$

$I_{C_0}(T_2) = 2^{\frac{T_2 - T_1}{10}} \times I_{C_0}(T_1)$

KVL: $+V_{BB} + R_B I_B + V_{BE} = 0 \Rightarrow V_{BE} = -(V_{BB} + R_B I_B) < 0$ (I)

از طرفی: $I_E = 0 = I_C + I_B \Rightarrow I_B = -I_C = -I_{C_0}$

$I_{C_0}(185^\circ C) = 2^{\frac{185-25}{10}} \times 10^{nA} \Rightarrow I_{C_0}(185^\circ) = 655^{\mu A}$

در دمای ۱۸۵°C $I_B = -655^{\mu A}$

از (I): $V_{BE} = -8^V - R_B \times (-655 \times 10^{-6}) < 0 \Rightarrow -8 + R_B \times 655 \times 10^{-6} < 0$

Kimia Stationery Collection

Sa Su Mo Tue Wed Thu Fri

Date:

Subject:

$$\Rightarrow R_B \leqslant \frac{\Lambda}{9\Delta\Delta\times 10^{-9}} \Rightarrow R_B \leqslant 17{,}2^{K\Omega}$$

$$V_{BE} = -(\Upsilon^{V} + \Upsilon\cdot^{K} \times I_B) \leqslant 0 \Rightarrow \Upsilon\cdot^{K} I_B \leqslant -\Upsilon \Rightarrow I_B \leqslant -0{,}1^{mA} \qquad (b)$$

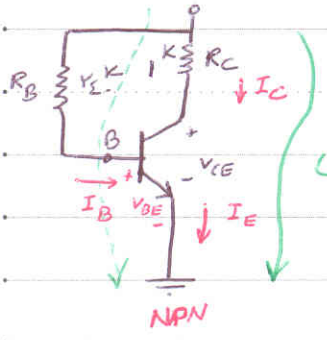
$$I_{C_0}(T_\Upsilon) = -I_B = 0{,}1^{mA} \Rightarrow 10^{-\Upsilon} \times 0{,}1^{mA} = \Upsilon^{\frac{T_\Upsilon - \Upsilon\Delta}{10}} \times 10^{nA} \times 10^{-9}$$

$$\Rightarrow T_\Upsilon = 1\Delta\Lambda^{\circ C} \Rightarrow T_\Upsilon \leqslant 1\Delta\Lambda^{\circ C}$$

سؤال) $\beta_F = 100$ ، $V_{BE} = 0{,}\Upsilon^{V}$ ، $Q = \left.\frac{I_C}{V_{CE}}\right| = ?$

۱) شبکه ورودی و خط بار DC را رسم نمایید.

۲) آیا نقطهٔ کار در وسط خط بار DC است؟ اگر نیست، چه تغییری در R_B باید داد تا نقطهٔ کار در وسط خط بار DC قرار گیرد؟



ورودی

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B} = \frac{1\Upsilon^{V} - 0{,}\Upsilon^{V}}{\Upsilon\Upsilon\cdot^{K}} \Rightarrow I_C = \beta I_B = 100 \times \frac{11{,}\Upsilon^{mA}}{\Upsilon\Upsilon\cdot} = \Upsilon\Delta{,}1^{mA}$$

معادلهٔ خط بار

ورودی : $V_{CC} = R_C I_C + V_{CE} \Rightarrow 1\Upsilon^{V} = 1^{K} \times \Upsilon\Delta{,}1^{mA} + V_{CE}$

$$\Rightarrow V_{CE} = \Upsilon{,}1\Delta^{V} \qquad Q \left| \begin{matrix} I_C = \Upsilon\Delta{,}1^{mA} \\ V_{CE} = \Upsilon{,}1\Delta^{V} \end{matrix} \right.$$

Sa Su Mo Tue Wed Thu Fri

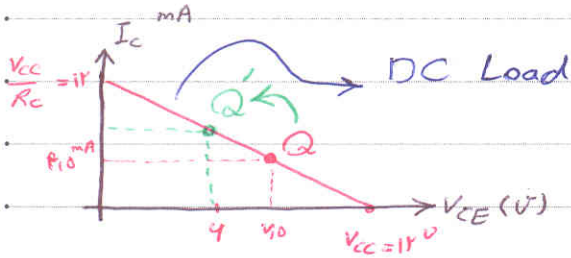
Date:

Subject:

KVL : $V_{CC} = R_C I_C + V_{CB} + V_{BE}$

$12 = 1^K \times 14.5^{mA} + V_{CB} + 0.7^V$

$\Rightarrow V_{CB} = 11.3 - 14.5 > -0.5\ V$ فرض نرمال صحیح است.

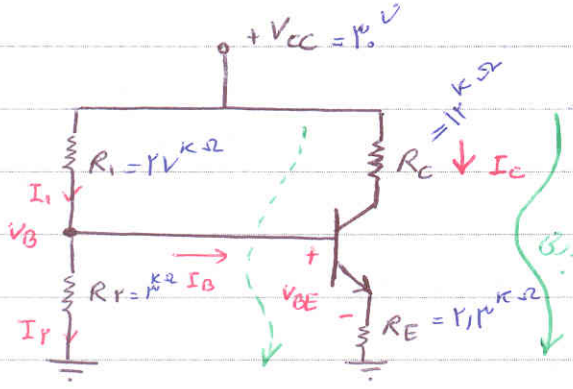


اگر R_B را کم کنیم، I_C زیاد می‌شود و نقطه کار را بالاتر می‌بریم:

$R_B = 200^{k\Omega} \Rightarrow I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B} = \frac{12 - 0.7V}{200} \Rightarrow I_C = \beta I_B = 5.4^{mA}$

$V_{CC} = I_C \cdot R_C + V_{CE} \Rightarrow 12^V = 5.4^{mA} \times 1^K + V_{CE} \Rightarrow V_{CE} = 9.2^V$

- مدار Self Bias :



نرمال: $\beta_F = 100$

$V_{BE} = 0.7^V$

Q/ $I_C = ?$, $V_{CE} = ?$

$I_1 - I_2 = I_B \Rightarrow I_B \simeq 0 \Rightarrow V_B = V_{CC} \times \frac{R_2}{R_1 + R_2}$

Kimia Stationery Collection

Sa Su Mo Tue Wed Thu Fri

Date:

Subject:

چون I_B خیلی کوچک است می‌توانیم از جریان آن صرف‌نظر کنیم (تقریب):

$$V_B = ۳ \times \frac{۳}{۳۰^{K}} = ۳^{V}$$ ← ولتاژ بیس

$$V_E = V_B - V_{BE} = ۳ - ۰,۷ = ۲,۳^{V}$$ ← ولتاژ امیتر

$$I_E = \frac{V_E}{R_E} = \frac{۲,۳^{V}}{۲,۳^{K}} = ۱^{(mA)} \qquad I_C = \frac{\beta}{۱+\beta} I_E = \frac{۱۰۰}{۱۰۱} \times ۱^{mA} \simeq ۱^{mA}$$

حلقه خروجی: $V_{CC} = (R_C + R_E) I_C + V_{CE}$

$$۳۰^{V} = ۱۴,۳^{K} \times ۱^{mA} + V_{CE} \Rightarrow V_{CE} = ۱۵,۷^{(V)}$$

KVL: $V_{CC} = R_C I_C + V_{CB} + V_{CB} + V_{BE} + R_E I_E$

$$۳۰^{V} = ۱۲^{K} \times ۱^{mA} + V_{CB} + ۰,۷ + ۲,۳^{K} \times ۱^{mA}$$

$$V_{CB} = ۳۰ - ۱۲ - ۰,۷ - ۲,۳ = ۱۵ > -۰,۵$$ ✓ دیود در ناحیه فعال بایاس شده است.

Sa Su Mo Tue Wed Thu Fri

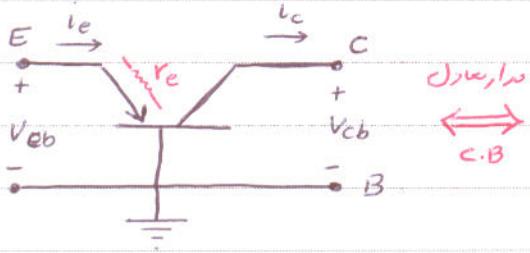
Date:

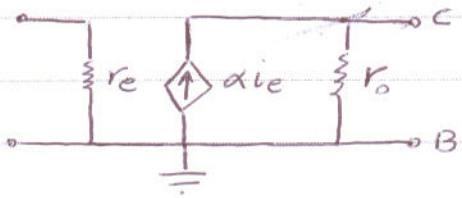
Subject:

۹۱,۲,۱۱

جلسه هفدهم

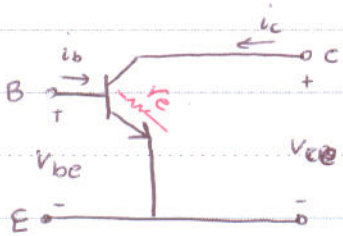
- آنالیز تقویت کننده های ترانزیستوری:

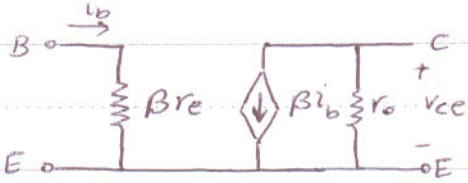




مدار معادل
از دید AC
C.B

$r_e = \frac{\eta V_T}{I_E}$, $V_T = \frac{T}{11600}\Big|_{T=300^\circ K} = 26^{mV}$, $r_o = \left|\frac{V_A}{I_C}\right|$ ← ولتاژ اولیه

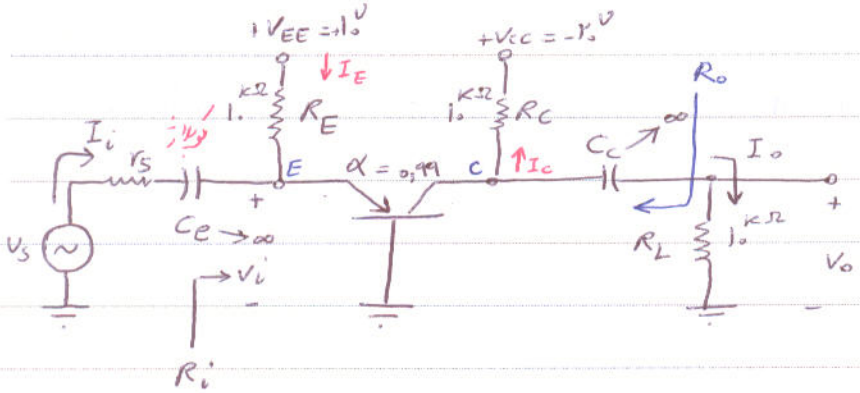




مدار معادل
از دید AC
C.E

$\beta r_e = r_\pi = h_{ie}$, $r_e = \frac{\eta V_T}{I_E}$, $r_o = \left|\frac{V_A}{I_C}\right|$

مثال ۱



- مقادیر زیر را بیابید:

$A_{V_S} = \frac{V_o}{V_S} = ?$, $A_V = \frac{V_o}{V_i} = ?$, $A_I = \frac{I_o}{I_i} = ?$, $R_i, R_o = ?$

Kimia Stationery Collection

Sa Su Mo Tue Wed Thu Fri

Date:

Subject:

First DC Proccess :

Capacitors (C_e & C_o) are Open Circuit.

KVL input : $V_{EE} = R_E I_E + V_{EB} \Rightarrow 10^V = 10^K I_E + 0,7^V \Rightarrow I_E = 0,92^{mA}$ ✓

$I_C = \alpha I_E = 0,99 \times 0,92^{mA} \Rightarrow I_C = 0,92^{mA}$ ✓

Output : $V_{CC} = -R_C I_C - V_{BC} \Rightarrow -V_{CC} = R_C I_C + V_{BC}$

$\Rightarrow 20^V = 10^K \times 0,92^{mA} + V_{BC} \Rightarrow V_{BC} = 10,18^V$ ✓

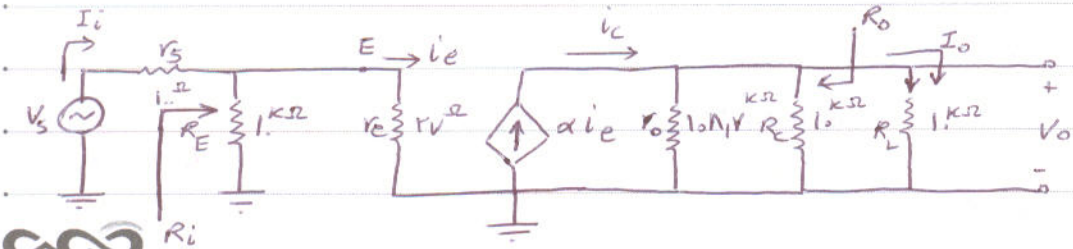
$Q \begin{cases} I_C = 0,92^{mA} \\ V_{BC} = 10,18^V \end{cases}$ $V_{EC} = 11,05^V > 0,2^V$ ✓

نواحیه فعال بایس شده است.

$r_e = \frac{\eta V_T}{I_{EQ}} = \frac{25^{mV}}{0,92^{mA}} \simeq 27^{(\Omega)}$

$r_o = \left| \frac{V_A}{I_{CQ}} \right| = \left| \frac{100^V}{0,92^{mA}} \right| = 108,7^{K\Omega}$

Ac Proccessing :



Sa Su Mo Tue Wed Thu Fri

Date:

Subject:

$R_i = R_E \| r_e = 10^{K\Omega} \| 27^{\Omega} = 24,9^{\Omega}$

$R_o = r_o \| R_C = 10M,1^{K\Omega} \| 10^{K\Omega} = 9,1^{K\Omega}$

$V_o = R_L I_o$

$$\frac{I_o}{I_i} = \frac{I_o}{I_c} \times \frac{i_c}{i_e} \times \frac{i_e}{I_i}$$

($\frac{i_c}{i_e} \rightarrow \alpha$)

$V_i = r_e . i_e$

$$I_o = i_c \times \frac{r_o \| R_C}{r_o \| R_C + R_L} \quad , \quad i_e = I_i \times \frac{R_E}{R_E + r_e}$$

$$\frac{I_o}{I_c} = \frac{10M,1^{K\Omega} \| 10^{K\Omega}}{10M,1^{K\Omega} \| 10^{K\Omega} + 10^{K\Omega}} \quad , \quad \frac{i_e}{I_i} = \frac{10^{K\Omega}}{10^{K\Omega} + 27^{\Omega}}$$

$\Rightarrow \frac{I_o}{I_c} = 0,984 \quad , \quad \frac{i_e}{I_i} = 0,99 \quad , \quad \alpha = 0,99$

$\Rightarrow \frac{I_o}{I_i} = A_I = 0,984 \times 0,99 \times 0,99 = 0,964$ ✓ $\Rightarrow A_I = 0,964$

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

$V_o = \alpha i_e \times R'_L = \alpha i_e \times (r_o \| R_C \| R_L)$

$V_i = i_e \times r_e$

$A_V = \frac{V_o}{V_i} = \frac{\alpha}{r_e} \times (r_e \| R_C \| R_L) \Rightarrow A_V = g_m R'_L \quad , \quad g_m = \frac{\alpha}{r_e}$ $\upsilon \perp S$. muh Zimens

($\frac{\alpha}{r_e} \rightarrow g_m$, $(r_e \| R_C \| R_L) \rightarrow R'_L$)

Kimia Stationery Collection

Sa Su Mo Tue Wed Thu Fri

Date:

Subject:

$$A_V = \frac{0.99}{27\,\Omega} \times (10\Lambda 1\,V^{K} \,||\, 10^{K} \,||\, 1^{K}) \simeq 178 \Rightarrow A_V \simeq 178$$

$$A_{V_S} = \frac{V_o}{V_S} = \frac{V_o}{V_i} \times \frac{R_i}{R_i + r_S} \quad , \quad \frac{V_i}{V_S} = \frac{R_i}{R_i + R_S}$$

$$A_{V_S} = 178 \times \frac{29.9\,\Omega}{29.9\,\Omega + 100\,\Omega} = 37 \Rightarrow A_{V_S} = 37$$

راه دوم برای بدست آوردن A_I (تعیین جریان):

$$A_V = \frac{V_o}{V_i} = \frac{I_o \times R_L}{I_i \times R_L} \Rightarrow \frac{I_o}{I_i} = \frac{R_i}{R_L} \times A_V$$

$$\Rightarrow A_I = A_V \times \frac{R_i}{R_L} = 178 \times \frac{29.9\,\Omega}{1\,K\Omega} = 0.499 \Rightarrow A_I = 0.499$$

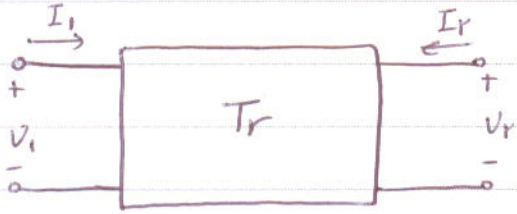
19

91,2,19

جلسه نوزدهم

* ترانزیستور به عنوان یک دوقطبی (۴ پایانه‌ای):

* پارامترهای h:



مدار معادل هایبرید (h پارامترهای) ترانزیستور:

$$\begin{cases} V_1 = h_{11} I_1 + h_{12} V_2 \\ I_2 = h_{21} I_1 + h_{22} V_2 \end{cases}$$

Date:

Subject:

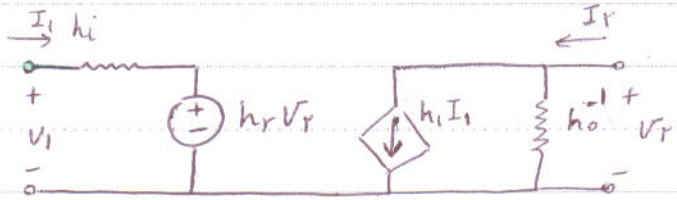
$h_{11} = \left.\frac{V_1}{I_1}\right|_{V_2=0} = h_i\ (\Omega)$ امپدانس ورودی

$h_{21} = \left.\frac{I_2}{I_1}\right|_{V_2=0} = h_f$ (بدون دیمانسیون) (AI) ـ بهره جریان مستقیم

$h_{12} = \left.\frac{V_1}{V_2}\right|_{I_1=0} = h_r$ (" ") (AV) ـ بهره ولتاژ معکوس

$h_{22} = \left.\frac{I_2}{V_2}\right|_{I_1=0} = h_o\ (\frac{1}{\Omega}$ یا $S)$ ـ ادمیتانس خروجی

$$\begin{cases} V_1 = h_i I_1 + h_r V_2 \\ I_2 = h_f I_1 + h_o V_2 \end{cases}$$



C.B

$h_{ib} = r_e$

$h_{fb} = \alpha$

$h_{ob} = \frac{1}{r_o}$

$h_{rb} = 1.^{-4}$

C.E

$h_{ie} = \beta r_e$

$h_{fe} = \beta$

$h_{oe} = \frac{1}{r_o}$

$h_{re} = 1.^{-4}$ خیلی کوچک //

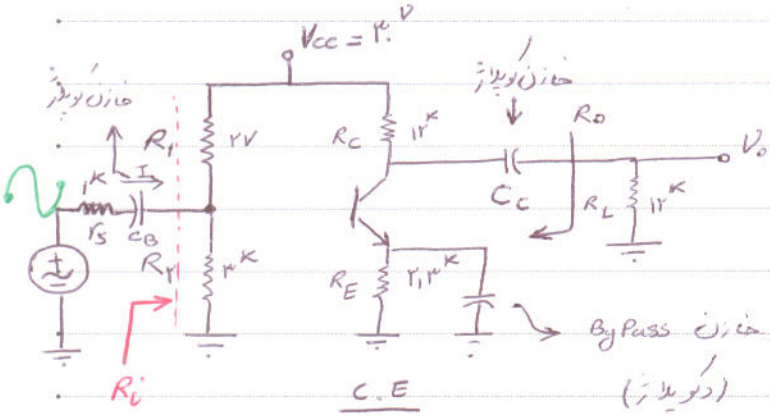
$$\begin{cases} r_e = \frac{n V_T}{I_{EQ}} \\ r_o = \left|\frac{V_A}{I_{CQ}}\right| \end{cases}$$

Kimia Stationery Collection

Date:

Subject:

مثال/ مطلوبست محاسبهٔ امپدانس ورودی و خروجی و بین و بهره و جریان در مدار زیر:



$R_i, R_o = ?$

$A_V = \frac{V_o}{V_i}$, $A_{V_S} = \frac{V_o}{V_S}$

$A_I = \frac{I_o}{I_i} = ?$

حل/ تحلیل DC $\Leftarrow$ $Q\Big|_{V_{CE}}^{I_C}$

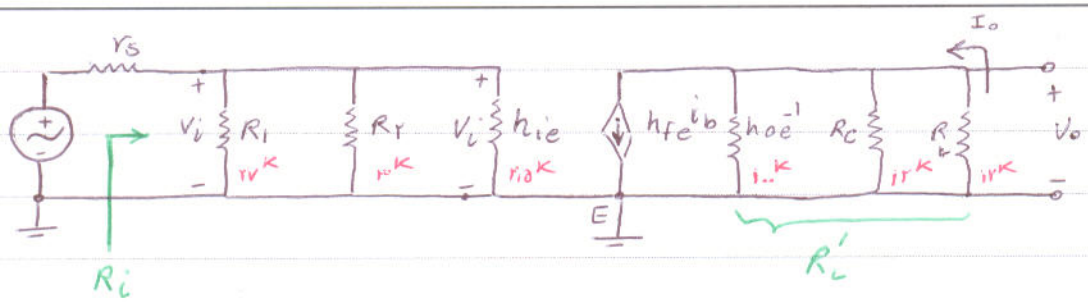
$V_B = 20^V \times \frac{4^K}{4^K + 27^K} = 3^V$ $\qquad V_E = V_B - \underbrace{0,7^V}_{V_{BE}} = 2,3^V$

$I_E = \frac{2,3^V}{2,2^K} = 1^{mA}$ $\qquad I_C = \frac{100}{101} \times 1^{mA} \simeq 1^{mA}$

$V_{CE} = 18^V - 2,3^V = 15,7^V$ $\qquad Q\Big|_{V_{CE} = 10,7^V}^{I_C = 1^{mA}}$ $\qquad V_{CB} = 10^V > 0$ ✓ (در ناحیه فعال)

$r_e = \frac{\eta V_T}{I_E} = \frac{25^{mV}}{1^{mA}} \simeq 25^{mV}$ $\qquad h_{ie} = \beta r_e = 100 \times 25 = 2,5^{K\Omega}$

$h_{fe} = \beta = 100$ $\qquad h_{oe}^{-1} = \left|\frac{V_A}{I_{CQ}}\right| = \frac{100^V}{1^{mA}} = 100^{K\Omega}$



۱) $R_i = R_1 \| R_2 \| h_{ie} = ۲۷^K \| ۴^K \| ۱,۵^K \simeq ۱,۲^K$

۲) $R_o = R_C \| h_{oe}^{-1} = ۱۲^k \| ۱۰^k \simeq ۱۰^K$

۳) $A_V = \frac{V_o}{V_i}$

$V_o = -h_{fe}\, i_b (h_{oe}^{-1} \| R_C \| R_L) \qquad V_i = h_{ie}\, i_b$

$\Rightarrow A_V = \frac{V_o}{V_i} = \frac{-h_{fe}\, i_b (h_{oe}^{-1} \| R_C \| R_L)}{h_{ie}\, i_b}$

$A_V = -\frac{h_{fe}}{h_{ie}} \left(h_{oe}^{-1} \| R_C \| R_L \right) \Rightarrow A_V = -\frac{۱۰۰}{۱,۵^K} \left(\overbrace{۱۰^K \| ۱۲^K \| ۱۲^K}^{\simeq ۵,۲^K} \right)$

(سلامت شنی نشان دهنده این است که در ترکیب C.E در ورودی و خروجی با هم ۱۸۰ اختلاف فاز دارند) (علامت منفی مهم است و نباید حذف شود)

$A_V = -۲۲۹$ ۴) $A_{VS} = \frac{V_o}{V_S} = \frac{V_o}{V_i} \times \frac{V_i}{V_S} = A_V \times \frac{R_i}{R_i + R_S}$

$A_{VS} = -۲۲۹ \times \frac{۱,۲^K}{۱,۲^K + ۱^K} \simeq -۱۲۷,۷۴$

Kimia Stationery Collection

Sa Su Mo Tue Wed Thu Fri

Date:

Subject:

ب) $A_V = \frac{V_o}{V_i} = \frac{-R_L I_o}{R_i I_i} \Rightarrow A_I = |A_V| \times \frac{R_i}{R_L}$

$\Rightarrow A_I = ۲۲۹ \times \frac{۱,۴K}{۱۲K} = ۲۶,۷$ $\quad g_m \simeq \frac{۱}{r_e}$

$A_V = -\frac{\beta}{\beta r_e} \times (R'_L) = -\frac{R'_L}{r_e} \Rightarrow A_V = -g_m \cdot R'_L$

$r_e = \frac{\eta V_T}{I_E}$, $V_T = \frac{T}{۱۱۶۰۰}$ ***

این C.E بدون مقاومت درامیتر.

از روابط * ، ** ، *** مشخص میشود که A_V به دست آمده است بنابراین باید به دنبال راه کاری برای حذف وابستگی A_V به r_e باشیم.

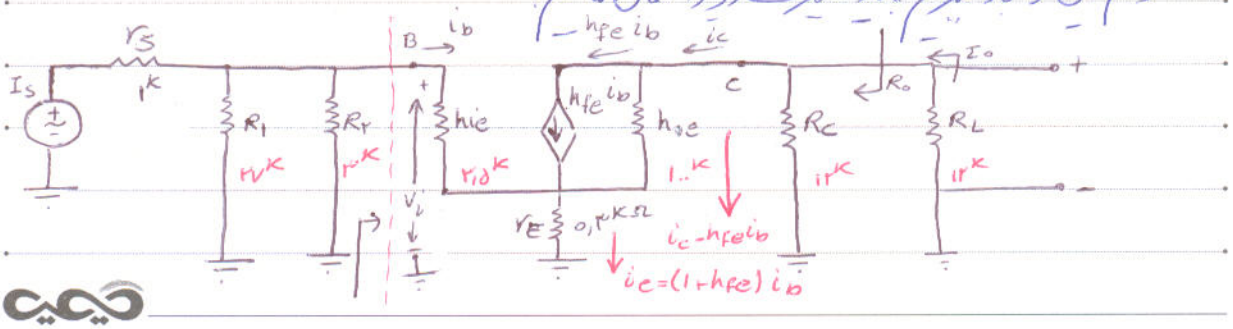
این C.E با مقاومت درامیتر

$A_V = -\frac{g_m R'_L}{۱+g_m R_E} \rightarrow A_V = \frac{-R'_L}{r_e + R_E} = \frac{-۵,۷K}{۲۵\Omega + ۲۲۰۰\Omega} = -۲,۴۸$

صرفنظر

همانطور که مشاهده شد این از A_V به $۲,۴۸$ تغییر یافت حال برای این که وابستگی را از بین ببریم:

حکم این را بالا میبریم باید تغییرات زیر را اعمال نمائیم:



Stationery Collection

Sa Su Mo Tue Wed Thu Fr

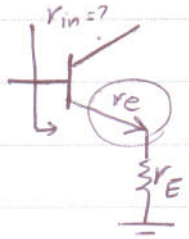
Date:

Subject:

مقاومت ورودی امیتر مشترک $r_{in} = h_{ie} + (1+h_{fe}) r_E$

$$r_{in} = \frac{v_i}{i_b} = \frac{h_{ie} i_b + r_E (1+h_{fe}) i_b}{i_b} = h_{ie} + (1+h_{fe}) r_E$$

نکته: هر مقاومت موجود در امیتر در بیس β ضرب شده و به بیس وارد می‌شود.



$$\Rightarrow r_{in} = \beta r_e + \beta r_E = h_{ie} + \beta r_E = h_{ie} + h_{fe} r_E$$

$\beta r_e \rightarrow h_{ie}$ ، $\beta \rightarrow h_{fe}$ ، $1+h_{fe} \simeq h_{fe}$ تقریب

۱) $R_i = R_1 \| R_2 \| [h_{ie} + (1+h_{fe}) r_E] = ۲۷^K \| ۴^K \| ۳۲۱۵^K \simeq ۱۵^K$

۲) $R_o' = h_{ie} \| r_E + h_{oe}^{-1} \left[1 + \frac{h_{ie} \| r_E}{r_e} \right]$

$$R_o' = ۱۵۷^K \| ۰۱۴^K + ۱۰۰^K \left[1 + \frac{۱۵۷^K \| ۰۱۴^K}{۱۵^\Omega} \right]$$

$$R_o' \simeq ۲۰۰^\Omega + ۱۰۰^K \times [1+۸] \simeq ۹۰۰^K$$

$$R_o = R_o' \| R_C = ۹۰۰^K \| ۱۲^K \simeq ۱۰۷^{K\Omega}$$

۳) $A_V = \frac{V_o}{V_i} = \frac{-h_{fe} r_L}{h_{ie} + (1+h_{fe}) r_E} \simeq -۱۸۴$

Kimia Stationery Collection

$$A_V = \frac{h_{fe} i_b \times (-r_C \times r_L)}{i_b \times [h_{ie} + (1+h_{fe}) r_E]}$$

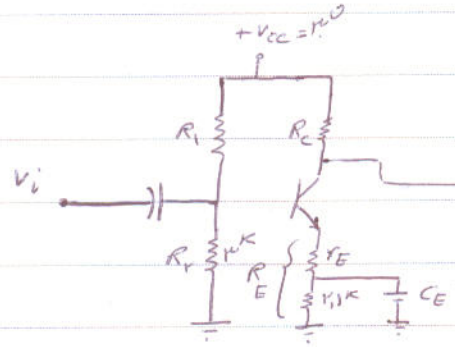
در این حالت نیز پاسخ درست می‌آید، زیرا r_E در مخرج ظاهر شده است ولی در عوض نیز از تقریب حرارتی پیدا کرده است.

به صورت تقریبی

$$A_V \simeq -\frac{\beta r_L}{\beta r_e + \beta r_E} \Rightarrow A_V \simeq \frac{-r_L}{r_E + r_e} \simeq \frac{-r_L}{r_E} \Rightarrow A_V \approx -\frac{r_L}{r_E}$$

تمرین ۱) رابطه R_o در مثال قبل از روی مدار معادل اثبات شود.

تمرین ۲) در مدار روبرو:



الف) ثابت کنید در رابطه $h_{oe} = \frac{1}{\dots}$ را $h_{fe} \gg 1$ آن گاه تعیین دستگاه A_V از رابطه زیر بدست می‌آید.

ب) اگر $r_E = 0\,\Omega$ باشد، A_V را محاسبه نمایید.

ج) اگر $h_{fe} = 100$ و $V_{BE} = 0.7V$ باشد، R_C را به گونه‌ای حساب کنید که $|A_V| = 0.7$ باشد.

Date:
Subject:

جلسه سیستم

۹۱/۲/۱۸

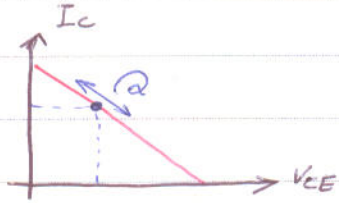
- پایداری حرارتی:

نقطه کار حرارت وابسته است. V_{BE} با افزایش دما (T) تغییر می‌کند. β با افزایش دما (T) تغییر می‌کند. I_{Co} نیز به ازای هر $10^{\circ}C$ افزایش دما، دو برابر می‌شود.

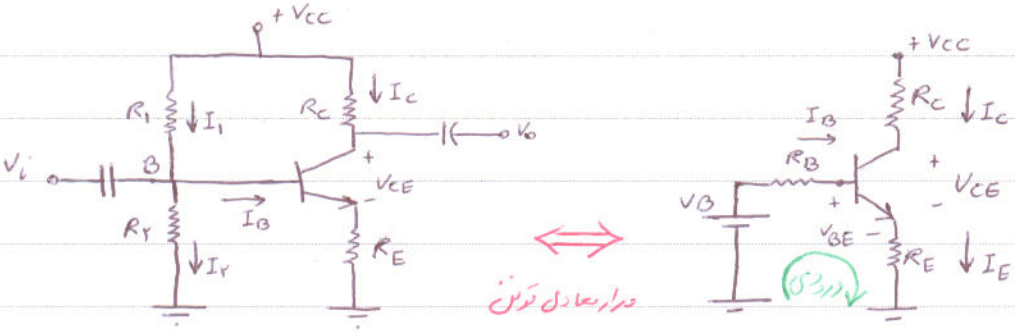
ایده آل اینست که S و S' و S'' صفر باشند. این پارامترها هرچقدر کوچکتر باشند بهتر است یعنی نقطه کار پایدارتر است به تغییر دما.

$$\begin{cases} S = S_{I_{Co}} = \dfrac{\partial I_c}{\partial I_{Co}}\Big|_{\beta,\, V_{BE}=cte} \\ S' = S_{V_{BE}} = \dfrac{\partial I_c}{\partial V_{BE}}\Big|_{I_{Co},\, \beta=cte} \\ S'' = S_{\beta} = \dfrac{\partial I_c}{\partial \beta}\Big|_{I_{Co},\, \beta=cte} \end{cases}$$

$$\begin{cases} S: & \text{حساسیت نسبت به تغییر } I_{Co} \\ S': & \text{حساسیت نسبت به تغییر } V_{BE} \\ S'': & \text{حساسیت نسبت به تغییر } \beta \end{cases}$$



Kimia Stationery Collection



مدار معادل تونن

از دید بیس

$$I_E$$

$$V_B = I_B R_B + V_{BE} + (1+\beta) I_B R_E \quad (1)$$

$$V_{CC} = I_C R_C + V_{CE} + (1+\beta) I_B \cdot R_E \quad (2)$$

$$I_C = \beta I_B + (1+\beta) I_{Co} \quad (3)$$

از معادله (۳) $\Rightarrow I_B = \dfrac{I_C - (1+\beta) I_{Co}}{\beta}$ جایگذاری در رابطه (۱) ⟹ رابطه (۴) به دست می‌آید

$$\frac{R_B + (1+\beta) R_E}{\beta} I_C = V_B - V_{BE} + \frac{(1+\beta)(R_B + R_E)}{\beta} I_{Co} \quad (4)$$

از رابطه (۴)، ابتدا مقدار $S = S_{ICo}$ را حساب می‌کنیم:

$$S = \left.\frac{\partial I_C}{\partial I_{Co}}\right|_{\beta, V_{BE} = cte} = \frac{R_B + (1+\beta) R_E}{\beta} dI_C = 0 - 0 + \frac{(1+\beta)(R_B + R_E)}{\beta} dI_{Co}$$

با توجه به رابطه

$$\Rightarrow S_{I_{Co}} = S = \frac{dI_C}{dI_{Co}} = \frac{(1+\beta)(R_B + R_E)}{R_B + (1+\beta) R_E} \xrightarrow{\text{با قبول}} R_B \simeq 0 \quad R_B < \frac{1}{10}(1+\beta) R_E$$

با خطای ۱۰٪

Date:

Subject:

$$S = S_{I_{Co}} \simeq \left(1 + \frac{R_B}{R_E}\right) \Rightarrow S \equiv \left.\frac{\partial I_C}{\partial I_{Co}}\right|_{\beta,\, V_{BE}=cte} \simeq \left(1 + \frac{R_B}{R_E}\right)$$

بنابراین اگر بخواهیم S به سمت یک (یعنی پایدارتر) میل کند باید:

۱) R_E را بزرگ انتخاب کنیم تا S کوچک شود.

۲) R_B را کوچک انتخاب کنیم (ولی عیب این انتخاب این است که جریان بیشتر رد!)

بهرحال بیشتر به همین ترتیب می‌توان S' (حساسیت نسبت به تغییر V_{BE}) و S'' (حساسیت نسبت به تغییر β) را نیز محاسبه نمود:

$$S' = S_{V_{BE}} \equiv \left.\frac{\partial I_C}{\partial V_{BE}}\right|_{I_{Co},\, \beta = cte} \simeq -\frac{1}{R_E}$$

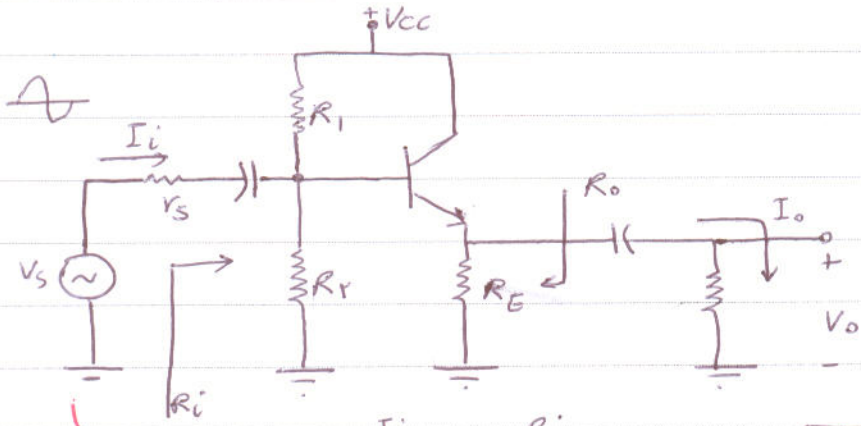
$$S'' = S_{\beta} \equiv \left.\frac{\partial I_C}{\partial \beta}\right|_{I_{Co},\, V_{BE} = cte} = \frac{S I_{C1}}{\beta_1 \beta_2} = \left(1 + \frac{R_B}{R_E}\right)\frac{I_{C1}}{\beta_1 \beta_2}$$

Kimia
Stationery Collection

Date:

Subject:

Common Collector : ترکیب کلکتور مشترک



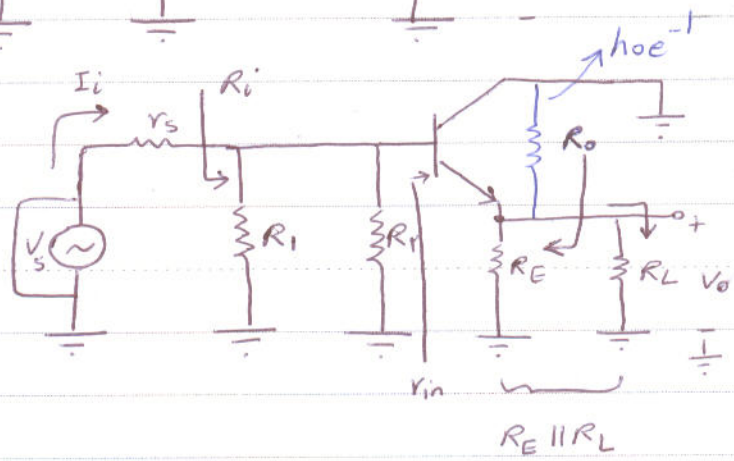
$A_V = \frac{V_o}{V_i}$, $A_I = \frac{I_o}{I_i}$

R_o , R_i = ?

مدار معادل شکل

۱- خازن‌های اتصال کوتاه

۲- منابع تغذیه به زمین



$$r_{in} = h_{ie} + (1 + h_{fe})[R_E \parallel R_L \parallel h_{oe}^{-1}]$$

$$R_i = R_1 \parallel R_2 \parallel \underbrace{[h_{ie} + (1 + h_{fe})(R_E \parallel R_L \parallel h_{oe}^{-1})]}_{r_{in}}$$

$$R_o = R_E \parallel \left[r_e + \frac{R_1 \parallel R_2 \parallel r_s}{1 + h_{fe}}\right]$$

نکته: ترکیب C.C بین ورودی و خروجی هیچگونه اختلاف فازی ایجاد نمی‌کند و بین ولتاژ

Sa Su Mo Tue Wed Thu Fri

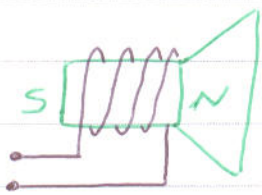
Date:

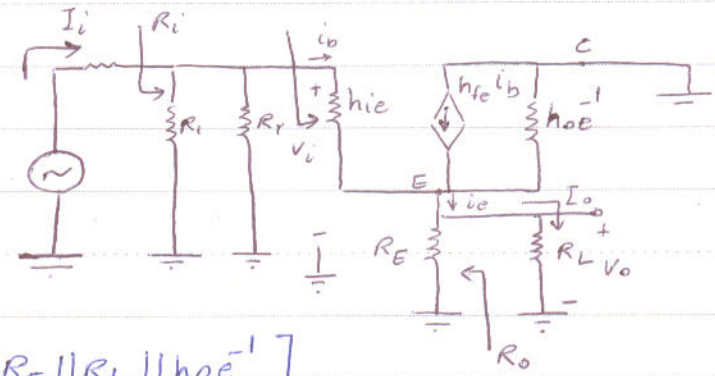
Subject:

هم ندارد (A_V آن همیشه کوچکتر از واحد (یک) است .) زیرا این ترکیب تقویت کننده ولتاژ نیست ، به عبارتی :

$$V_o \lesssim V_i \Rightarrow A_V = \frac{V_o}{V_i} \lesssim 1$$

ولی C.C دارای تقویت جریان زیاد است و برای بلندگو بسیار کاربرد دارد .





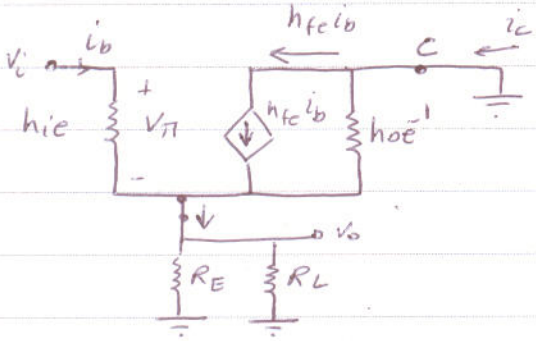
$$r_{in} = h_{ie} + (1+h_{fe})[R_E \| R_L \| h_{oe}^{-1}]$$

$$A_V = \frac{V_o}{V_i} = \frac{i_e \times (R_E \| R_L \| h_{oe}^{-1})}{i_b \times [h_{ie} + (1+h_{fe})(R_E \| R_L \| h_{oe}^{-1})]}$$

$$A_V = \frac{(R_E \| R_L \| R_{oe}^{-1})(1+h_{fe})}{h_{ie} + (1+h_{fe})(R_E \| R_L \| h_{oe}^{-1})} \lesssim 1$$

تمرین / به کمک مدار معادل زیر رابطه $A_V = \frac{V_o}{V_i}$ را برای ترکیب C.C حساب کنید .

Kimia Stationery Collection



$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{(1+h_{fe})R_L'}{h_{ie}+(1+h_{fe})R_L'}$$

$$R' = R_E \| R_L \| h_{oe}^{-1}$$

بدون مقاومت درامیتر

C.E برای

$$A_V = -g_m R_L'$$

$$A_V = \frac{-g_m R_L'}{1+g_m R_E'}$$

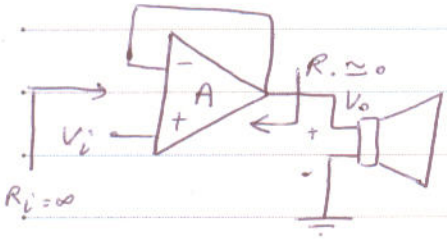
C.B برای

$$A_V = +g_m R_L'$$

$$A_V = +\frac{g_m R_L'}{1+g_m R_E'}$$

C.C برای : $A_V = \frac{g_m R_L'}{1+g_m R_L'}$

ترکیب C.C و تقویت باز است :



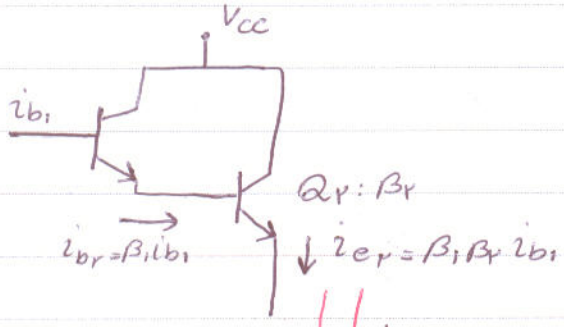
$V_o = V_i$

Buffer

Date:

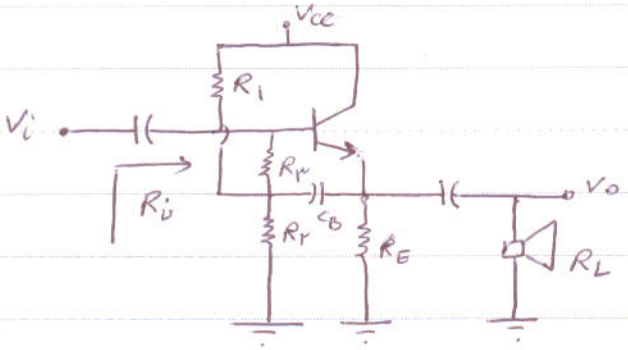
Subject:

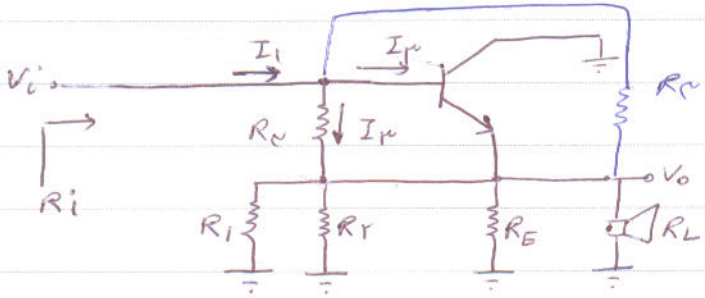
ترکیب دارلینگتون (Darlington) :



$\beta_D = \beta_1 . \beta_2$

ترکیب Boot strap (بوت استرپ)





در این مدار مقاومت R_2 سری با $R_1 \| R_2$ است. زیرا R_2 هم به ورودی و هم به خروجی وصل است. پس نمی‌توان گفت: ~~$R_i = R_2 + R_1 \| R_2$~~

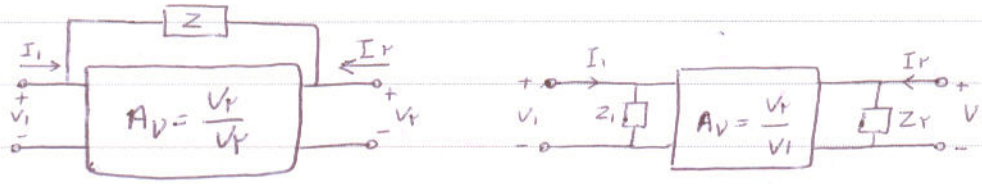
Kimia Stationery Collection

Sa Su Mo Tue Wed Thu Fri

Date:

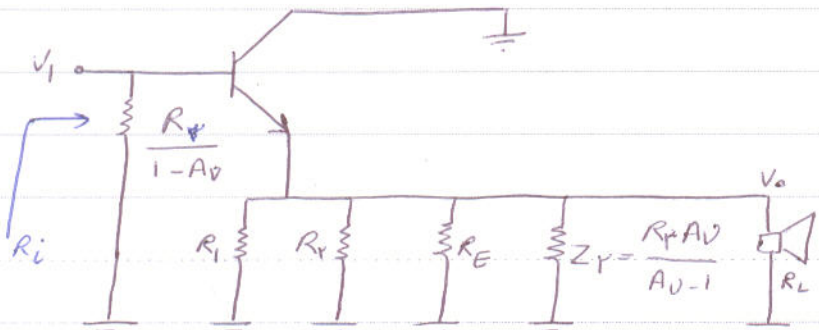
Subject:

- تقویت کننده ولتاژ:



$$Z_1 = \frac{Z}{1-A_V} \quad , \quad Z_2 = \frac{A_V Z}{A_V - 1}$$

- بنابراین داریم:



$$r' = R_1 \| R_2 \| R_E \| R_L$$

$$\begin{cases} A_V \leq 1 \\ R_i \simeq \frac{R_F}{1-A_V} \end{cases}$$

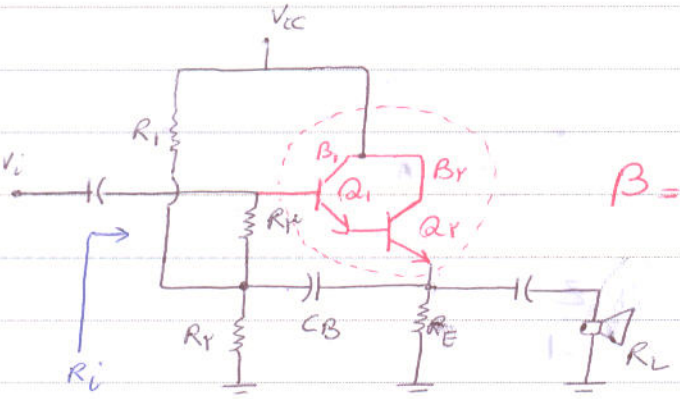
امپدانس ورودی افزایش پیدا کرده و ولتاژ را نیز به سمت ۱ سوق می دهد.

$$A_V = \frac{(1+h_{fe}) R_L'}{h_{ie} + (1+h_{fe}) R_L'} \quad , \quad R_L' = R_L' \| \frac{R_F A_V}{A_V - 1}$$

Date:

Subject:

ترکیب بندلتن و دارلینگتون :



$\beta = \beta_1 \times \beta_2$

۲۱

جلسه بیست یکم : ۹۱،۲،۲۰

$$\Delta I_C = \left(1 + \frac{R_B}{R_E}\right)\Delta I_{C_0} - \frac{1}{R_E}\Delta V_{BE} + \left(1 + \frac{R_B}{R_E}\right)\frac{I_{C1}}{\beta_1 \beta_2}\Delta\beta$$

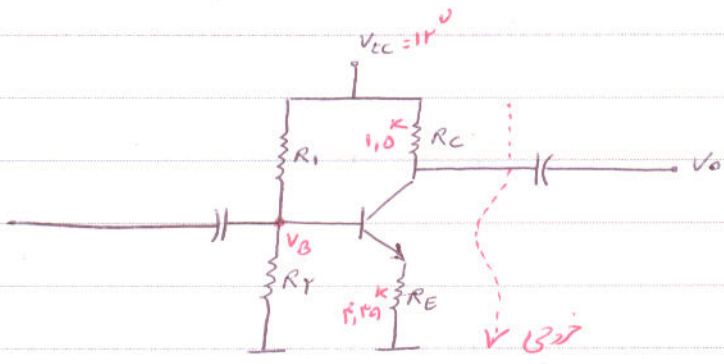
مثال) در مدار سلف با بایس مقابل فرضیات مربوط به تغییر با دماهای تراتزیستور بین دو

دمای داده شده را داریم ؛ با فرض $V_{CC} = 12^V$ مدار را به گونه ای طراحی کنید که جریان

کلکتورهای تنها در بازه 1.15^{mA} تا 1^{mA} و V_{CE} در بازه 5^V تا 9^V تغییر کند. R_C

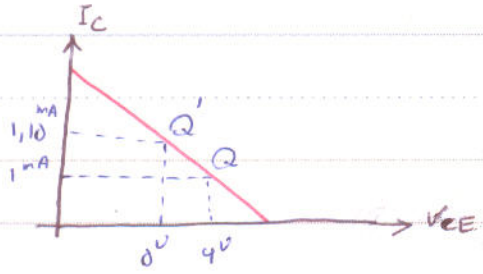
را برای داشتن این ولتاژی مناسب ، برابر با $1.5^{K\Omega}$ فرض کنید.

Kimia Stationery Collection



$T_r : Q \;|\; T = -55^{\circ}C \quad \beta_{min} = 40 \quad V_{BE} = 0,88^V \quad I_{Co} = 2^{PA}$

$T = 125^{\circ}C \quad \beta_{max} = 400 \quad V_{BE} = 0,24^V \quad I_{Co} = 525^{nA}$



$Q \;|\; I_C = 1^{mA}$
$V_{CE} = 9^V$

$T = -55^{\circ}C$ رایجترین بدترین شرایط انتخاب

$I_C = 1^{mA}$
$V_{CE} = 9^V$
$\beta_{min} = 40$

ابتدا مقدار مقاومت R_E را طوری پیدا کنیم:

KVL خروجی $V_{CC} = R_C I_C + V_{CE} + (I_C + I_B) R_E$

$12 = 1,5^{K\Omega} + 1^{mA} + 9^V + (1^{mA} + \frac{1^{mA}}{40}) R_E$

β_{min}

$\Rightarrow R_E = 1,49^{K\Omega}$

Sa Su Mo Tue Wed Thu Fr

Date:

Subject:

$$\begin{cases} R_1 = \dfrac{V_{cc}}{V_B} R_B \\ R_2 = \dfrac{V_{cc}}{V_{cc}-V_B} R_B \end{cases} \qquad \begin{cases} V_B = V_{cc} \times \dfrac{R_2}{R_1+R_2} \\ R_B = R_1 \parallel R_2 = \dfrac{R_1 R_2}{R_1+R_2} \end{cases}$$

- برای پیدا کردن R_B از فرمول ΔI_C برحسب S، S' و S'' استفاده می‌کنیم:

$$\Delta I_C = \left(1+\frac{R_B}{R_F}\right)\Delta I_{Co} = \frac{1}{R_E}\Delta V_{BE} + \left(1+\frac{R_B}{R_E}\right)\frac{I_C}{\beta_1 \beta_2}\Delta\beta$$

$$\Delta I_C = 1{,}1\delta^{mA} - 1^{mA} = 0{,}1\delta^{mA} =$$

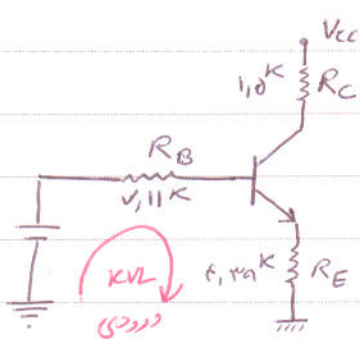
$$= \left(1+\frac{R_B}{4{,}49^K}\right) \times \Delta I_{Co} - \frac{1}{4{,}49} \times \Delta V_{BE} + \left(1+\frac{R_B}{4{,}49^K}\right)\frac{1^{mA}}{80 \times 400} \times \Delta\beta$$

$$\begin{cases} \Delta I_{Co} = \delta 2\delta^{mA} - 4^{AA} = \delta 9\delta^{nA} \\ \Delta V_{BE} = 0{,}4\Lambda - 0{,}\Lambda\Lambda = -0{,}4^V \\ \Delta\beta = 4\ldots - 4\ldots = 49\ldots \end{cases}$$

$$0{,}1\delta^{mA} = \left(1+\frac{R_B}{4{,}49^K}\right) \times \delta 2\delta^{nA} - \frac{1}{4{,}49^K} \times (-0{,}4) + \left(1+\frac{R_B}{4{,}49^K}\right)\frac{1^{mA}}{80 \times 400} \times 49\ldots$$

$$\Rightarrow R_B = 7{,}11^{K\Omega}$$

Kimia Stationery Collection



$$V_B = R_B I_B + V_{BE} + R_E (I_C + I_B)$$

$$V_B = V.11^{K\Omega} \times 1^{mA}/_{50} + 0.77 + 4.39 \times \left(1^{mA} + \frac{1^{mA}}{50}\right)$$

$$V_B = 5.04^V \checkmark$$

$$R_1 = \frac{V_{CC}}{V_B} R_B = \frac{12^V}{5.04^V} \times V.11^{K\Omega} \Rightarrow R_1 = 10.4^{K\Omega} \checkmark$$

$$R_2 = \frac{V_{CC}}{V_{CC}-V_B} R_B = \frac{12^V}{12^V - 5.04^V} \times V.11^{K\Omega} \Rightarrow R_2 = 12^{K\Omega}$$

برای دمای $T=120^{\circ}C$ تست می‌کنیم

مدار خروجی

$$V_{CC} = R_C I_C + V_{CE} + (I_C + I_B) R_E$$

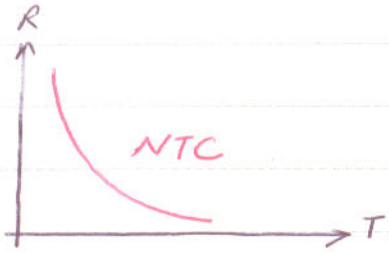
$$12^V = 1.5^{K\Omega} \times 1.10^{mA} + V_{CE} + \left(1.10^{mA} + \frac{1.10^{mA}}{400}\right) \times 4.39^{K\Omega}$$

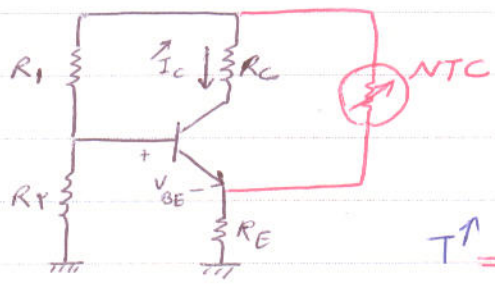
$$\Rightarrow V_{CE} = 5.21^V \checkmark$$

- جبران سازی:

۱) استفاده از NTC

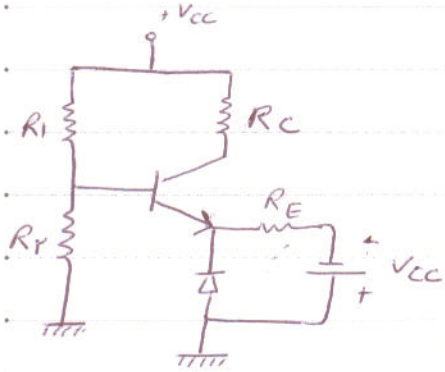
مقاومت متغیری که با افزایش حرارت مقاومت آن کم می‌شود.





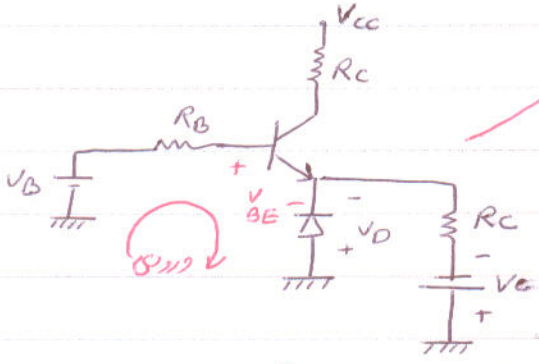
$T^{\uparrow} \Rightarrow I_C^{\uparrow}$

۲) استفاده از دیود V_D برای حذف اثر V_{BE} :



$V_D = V_{BE}$

KVL در جهت ساعتگرد $V_B = R_B I_B + V_{BE} - V_D$



$R_B = R_1 \parallel R_2$

$V_B = V_{CC} \times \frac{R_2}{R_1 + R_C}$

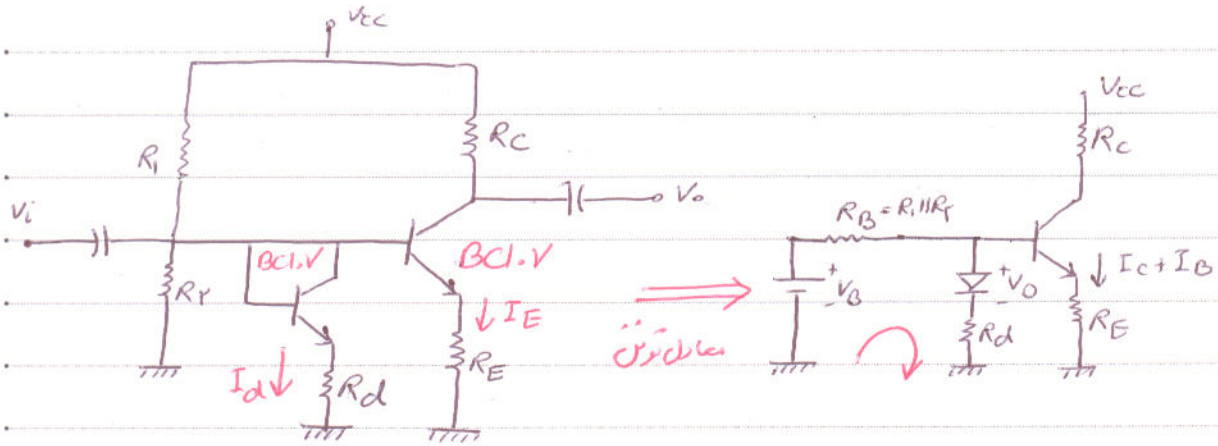
۳) استفاده از یک ترانزیستور که بیس و کلکتور آن به هم وصل شده به جای دیود.

* در بیس و کلکتور یک ترانزیستور را به هم وصل کنیم معادل یک دیود می باشد.

Kimia Stationery Collection

Date:

Subject:



$$\begin{cases} V_B = \dfrac{V_{CC} R_2}{R_1 + R_2} \quad , \; V_D = V_{BE} \\ V_A = \dfrac{V_B - V_D}{R_B + R_d} \times R_d + V_D \end{cases}$$

$$I_E = \left(\frac{1}{R_E}\right)\left(\frac{V_B R_d - R_d V_{BE}}{R_B + R_d}\right) = \left(\frac{R_d}{R_E}\right)\left(\frac{V_B - V_{BE}}{R_B + R_d}\right)$$

با دیود : $\dfrac{\partial I_E}{\partial T} = \left(\dfrac{1}{R_E}\right)\left(\dfrac{K}{1 + \dfrac{R_B}{R_d}}\right), \quad K = -\dfrac{\partial V_{BE}}{\partial T}$

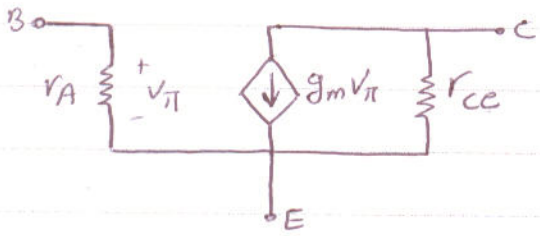
بدون دیود : $\dfrac{\partial I_E}{\partial T} = \dfrac{K}{R_E}$

Sa Su Mo Tue Wed Thu Fri

Date:

Subject:

مدار π : (هیبرید π)



$$r_\pi = h_{ie} \Rightarrow r_\pi = \beta r_e \quad ; \quad r_e = \frac{V_T}{I_C}$$

$$r_{ce} = h_{oe}^{-1} \Rightarrow r_{ce} = \frac{V_A}{I_{CQ}}$$

$$g_m = \frac{\alpha}{r_e} \Rightarrow g_m \simeq \frac{1}{r_e} = \frac{I_C}{V_T}$$

Kimia
Stationery Collection

Sa Su Mo Tue Wed Thu Fri

Date:

Subject:

۲۲

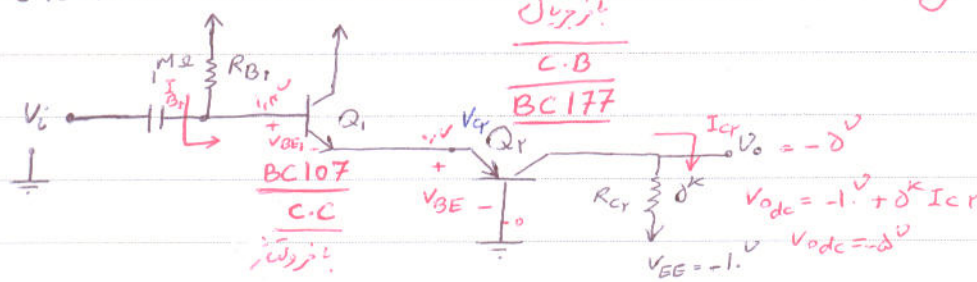
جلسه بیست و دوم

۹۱/۲/۲۳

- مدارات چند طبقه:

حل یک مثال:

$$\begin{cases} V_{BE} = 0.7\,V \\ h_{fe} = \beta = 100 \end{cases}$$



۱- تعیین نقطه کار ۲- بهره $\frac{V_o}{V_i}$ ۳- مقاومت ورودی ۴- مقاومت خروجی ۵- حداکثر V_i ؟

$$I_{B_1} = \frac{11.4 - 1.4}{R_{B_1} = 1\,M\Omega} = 10 \times 10^{-9} = 10\,\mu A$$

$$I_{E_1} \simeq \beta I B_1 = 1\,(mA) \longrightarrow I_{E_2} = 1\,mA$$

$$\alpha = \frac{\beta}{\beta + 1} \simeq 1 \Longrightarrow I_{C_1} = I_{C_2} \simeq 1\,(mA)$$

$$r_{e_1} = r_{e_2} = \frac{V_T}{I_C} = \frac{25\,mV}{1\,mA} = 25\,\Omega$$

$$\begin{cases} V_{C_1} = 11.4\,V \\ V_{E_1} = 0.7\,V \end{cases} \Longrightarrow V_{CE_1} = 11.4 - 0.7\,V = 10.7\,V > V_{CE(sat)} \approx 0.2\,V \checkmark$$

فعال Q_1

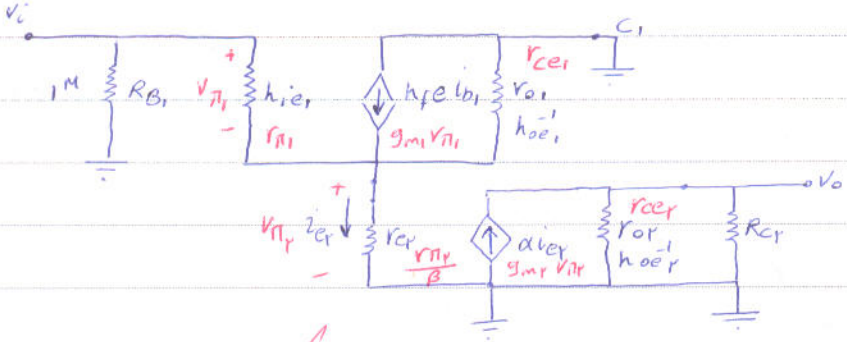
Stationery Collection

Sa Su Mo Tue Wed Thu Fri

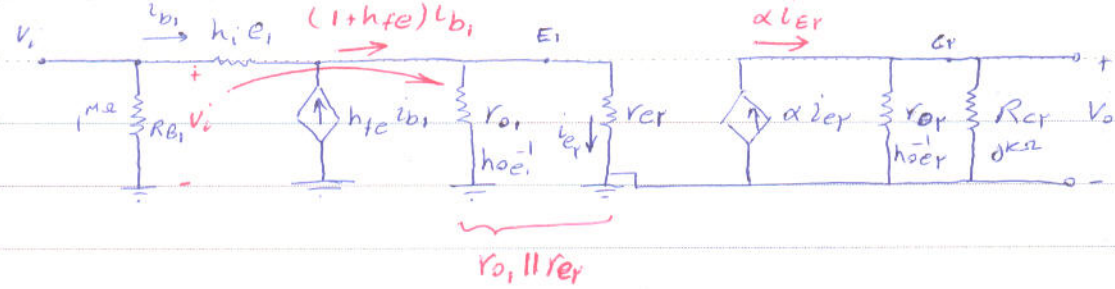
Date:

Subject:

$$\begin{cases} V_{E_2} = 0.1V \\ V_{C_2} = V_o(dc) = -5^V \end{cases} \Rightarrow V_{EC_2} = 5.1V > 0.2 \checkmark \quad \text{فعال}$$



(ساده شده ترکیب بالا) ⇓



$$\begin{cases} V_i = h_{ie_1} i_{b_1} + (1+h_{fe}) i_{b_1} (r_{o_1} \| r_{e_2}) \\ V_o = \alpha i_{e_2} (r_{o_2} \| R_{C_2}) \\ i_{e_2} = i_{e_1} = (1+h_{fe}) i_{b_1} \end{cases} \Rightarrow A_V = \frac{V_o}{V_i} = \frac{\alpha (1+h_{fe})(r_{o_2} \| R_{C_2})}{h_{ie_1} + (1+h_{fe})(r_{o_1} \| r_{e_2})}$$

Kimia Stationery Collection

Sa Su Mo Tue Wed Thu Fri

Date:

Subject:

$\alpha \simeq 1$

$r_g = r_{or} = \frac{V_A}{J_C} = \infty$

$h_{ie_1} = (1+h_{fe}) r_{e_1}$

$\longrightarrow A_V = \frac{R_{C_2}}{r_{e_1} + r_{e_2}}$

$r_{e_1} = r_{e_2} = 25\,\Omega \Rightarrow A_V = \frac{R_{C_2}}{2 r_e} \Rightarrow A_V = \frac{5\,k\Omega}{2 \times 25\,\Omega} = \frac{5000}{50} = 100$

$g_m = \frac{\alpha}{r_e} \simeq \frac{1}{r_e} \Rightarrow A_V = \frac{g_m R_{C_2}}{2}$

$g_m = \frac{1}{r_e} = \frac{1}{r_{0\,\Omega}} = 40\,(ms)$

$A_V = \frac{40\,ms \times 5\,k\Omega}{2} = \frac{200}{2} = 100$

$A_V = \frac{V_o}{V_i} = \frac{V_o}{V_{e_2}} \times \frac{V_{e_2}}{V_i} = A_2 \times A_1$

$A_V = A_r \times A_i$ (C.B, C.C)

$A_{2_{C.B}} = + g_{m_2} \cdot R'_{L_2} = 40\,ms \times 5\,k\Omega = 200$

$R'_{L_2} = R_{C_2} = 5\,k\Omega, \quad g_m = 40\,ms$

$A_{1_{C.C}} = \frac{g_{m_1} R'_{L_1}}{1 + g_{m_1} R'_{L_1}} = \frac{R'_L}{r_{e_1} + R'_{L_1}}$ ↓ $\quad R'_{L_1} = R_{in_2} = r_{e_2}$

$= \frac{r_{e_2}}{r_{e_1} + r_{e_2}} = \frac{1}{2}$ $\quad A = A_2 \times A_1 = 200 \times 1/2 = 100$

Stationery Collection

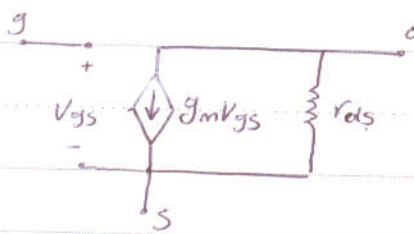
Sa Su Mo Tue Wed Thu Fri

Date:

Subject:

نوع JFET	ناحیهٔ اشباع (فعال)	ناحیهٔ تریود
N کانال $V_{DS}>0$ $V_P<0$	$V_{DS} \geq V_{GS}-V_P$ $-\lvert V_P\rvert < V_{GS} < 0,0$	$V_{DS} < V_{GS}-V_P$ $-\lvert V_P\rvert < V_{GS} < 0,0$
P کانال $V_{SD}>0$ $V_P>0$	$V_{SD} \geq V_{SG}-V_P$ $-\lvert V_P\rvert < V_{SG} < 0,0$	$V_{SD} < V_{SG}-V_P$ $-\lvert V_P\rvert < V_{SG} < 0,0$

- مدار معادل ac یک JFET:

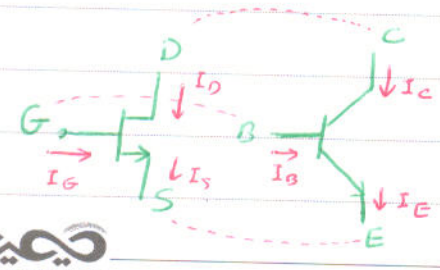


$$g_m = \frac{2}{|V_P|}\sqrt{I_D \cdot I_{DSS}}$$

$$r_{ds} = \frac{V_A}{I_{DQ}} \qquad g_m = \frac{\partial i_D}{\partial v_{GS}}$$

معادلهٔ جریان دین در ناحیهٔ تریود:

$$i_D = I_{DSS}\left[2\left(\frac{V_{GS}}{V_P}-1\right)\frac{V_{DS}}{V_P} - \left(\frac{V_{DS}}{V_P}\right)^2\right]$$



C.D → C.C

C.G → C.B

C.S → C.E

Stationery Collection

Sa Su Mo Tue Wed Thu Fri

Date:

Subject:

۲۲

۹۱,۲,۲۵ جلسه بیست و سوم:

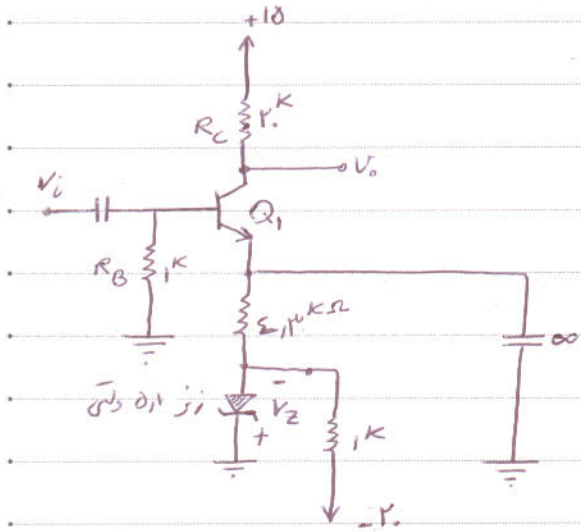
Kimia
Stationery Collection

Sa Su Mo Tue Wed Thu Fri

Date:

Subject:

مثال)



$h_{fe} = \beta \simeq 1..$ $I_E = ?$

$V_{BE(on)} = 0.7^V$ $I_C = ?$

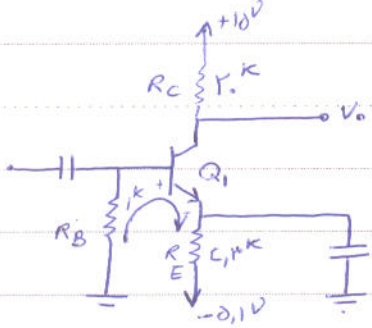
$V_{BE(sat)} = 0.8^V$ $I = ?$

$V_Z = 5.1^V$ زنر واقعی $R_o = ?$

$V_{BE} = V_T \ln \frac{I_C}{I_S}$

$V_T = \frac{kT}{q} \Rightarrow 25^{mV}$

ابتدا مدار را ساده می‌کنیم.



$$I_E = \frac{0 - V_{BE} - (-5.1^V)}{R_E + \frac{R_B}{1+\beta}}$$

$$I_E = \frac{4.4}{4.4^K + \frac{1^K}{1..}} \simeq 1^{(mA)}$$

$I_C \simeq I_E = 1^{mA}$ $\alpha = 1$

برای فعال بودن باید داشته باشیم: $V_{CE} > V_{CE(sat)}$

$V_C = 15 - 2.^K \times 1^{mA} = -5^V$!!! اشباع

با تغییر $R_C = 1..^{K\Omega}$:

$V_C = 15 - 1..^K \times 1^{mA} = 5^V$ ✓

Date:

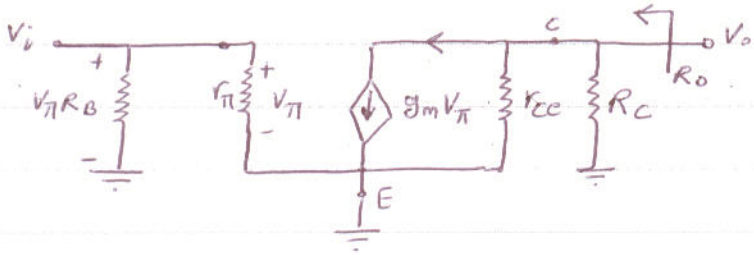
Subject:

$V_E = -0,1^V + 4,7^V = -0,8$ $\quad V_{CE} = 0,8 > 0,2$ ✓ (فعال)

$V_{CB} = 0 - 0 > -0,6$ ✓ $\quad r_e = \frac{25^{mV}}{1^{mA}} = 25^{\Omega}$

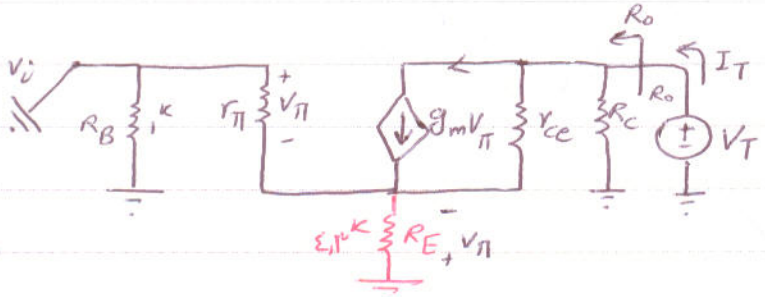
$g_m = \frac{1}{r_e} = \frac{1}{25} = 40^{(ms)}$ $\quad r_{ce} = \frac{V_A}{I_{CQ}} = \infty$

$r_\pi = \beta r_e = 100 \times 25 = 2,5^{k\Omega}$



$$\begin{cases} V_o = -g_m V_\pi \underbrace{(R_C \| r_{oe})}_{R'_L} \\ V_i = V_\pi \end{cases}$$

$A_V = \frac{V_o}{V_i} = -g_m R_L$ $\quad A_V = -40^{ms} \times 10^{k} = -400$ ✓ $\quad R_o = R_C \| r_{ce} = 10^{k\Omega}$



R_o را با احتساب مقاومت در

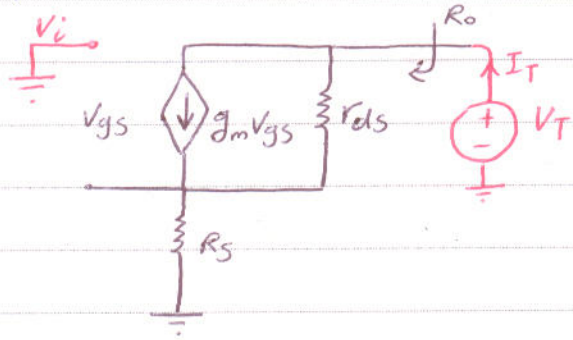
امپدانس حساب کنید ؟

Kimia Stationery Collection

$$R_o = \frac{V_T}{I_T}\Big|_{V_i=0} = r_\pi \| R_E + r_{ce}\left[1 + g_m(r_\pi \| R_E)\right]$$

مهم برای حفظ

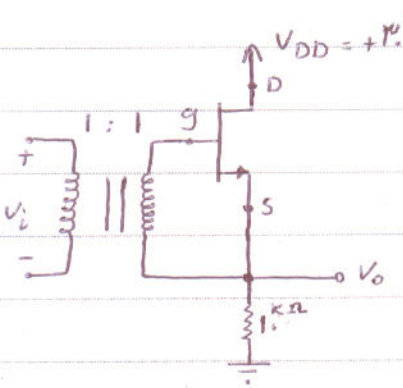
$$R_o \simeq r_{ce}\left[1 + \frac{r_\pi \| R_E}{r_e}\right]$$



$$R_o = R_S \| \infty + r_{ds}\left[1 + g_m(R_S \| \infty)\right] \Rightarrow R_o = R_S + r_{ds}(1 + g_m R_S)$$

$$\Rightarrow R_o \simeq r_{ds} + g_m r_{ds} R_S \Rightarrow R_o \simeq g_m r_{ds} R_S$$

مثال:



FET $\begin{cases} I_{DSS} = 2^{mA} \\ V_P = -4^V \\ V_A = 100^V \end{cases}$ $\quad \frac{V_o}{V_i} = ?$

حل DC:

$$V_G = V_S \Rightarrow V_{GS} = 0^V$$

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

$$I_D = 2^{mA}(1 - 0) = 2^{mA}$$

C.D $\Rightarrow A_V = \dfrac{g_m R'_L}{1 + g_m R'_L} < 1$

برای ادامه حل به ویدئو مراجعه کنید:

Date:
Subject:

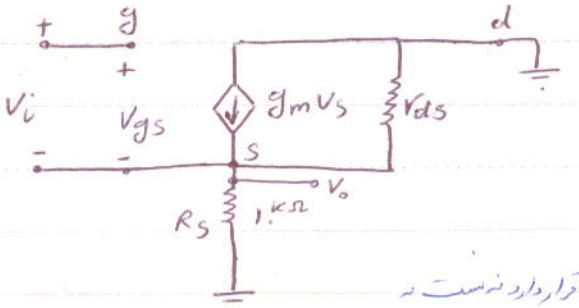
$V_{DS} \overset{?}{\geq} V_{GS} - V_P$

FET در تقویت‌کننده‌ی ...؟

$V_D - V_S \geq V_G - V_S - V_P \rightarrow ۴^{V} \overset{?}{\geq} ۲^{V} - (-۴) \checkmark$ (فعال) بایاس شده است.

$g_m = \frac{۲}{|V_P|}\sqrt{I_D \cdot I_{DSS}} \Rightarrow g_m = \frac{۲}{۴}\sqrt{۲\times۲} = ۱^{(ms)}$

$r_{ds} = \frac{V_A}{I_{DQ}} = \frac{۱۰۰^{V}}{۲mA} = ۵۰^{k\Omega}$



چون V_i بست به s قرار دارد نسبت به زمین بیش از ۱ ولت نیست نه کمتر از ۱.

$$\begin{cases} V_o = g_m V_{gs} \times (R_S \| r_{ds}) \\ V_{gs} = V_i \end{cases} \qquad R'_L = R_S \| r_{ds}$$

$\frac{V_o}{V_i} = g_m (R_S \| r_{ds}) \Rightarrow \frac{V_o}{V_i} = +۱^{ms} \times (۱۰^{k} \| ۵۰^{k}) = ۸ \Rightarrow \frac{V_o}{V_i} = ۸$

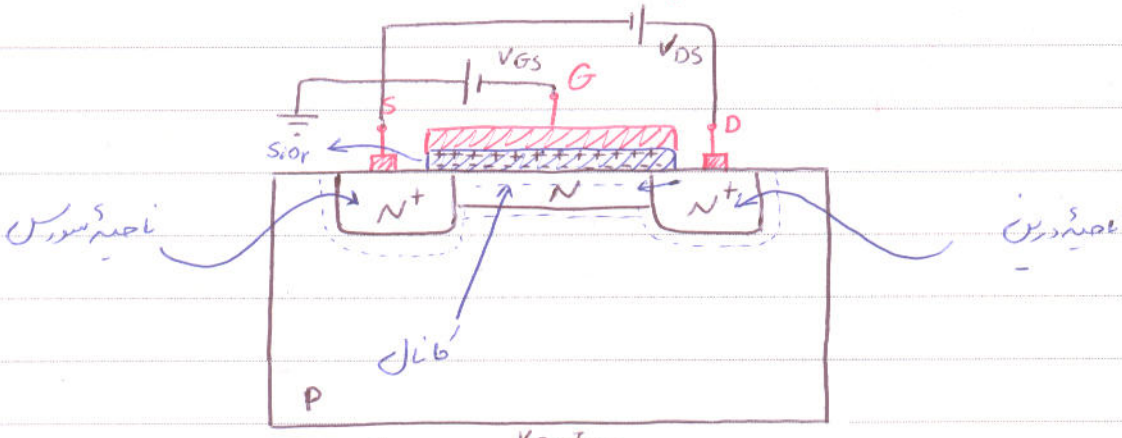
Kimia Stationery Collection

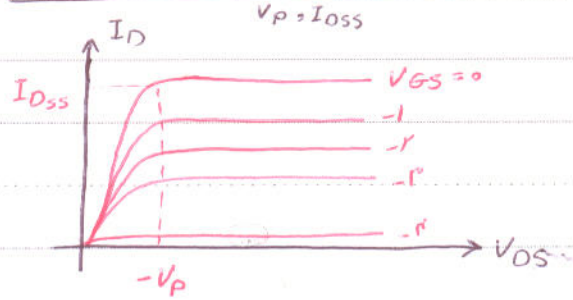
Sa Su Mo Tue Wed Thu Fri

Date:

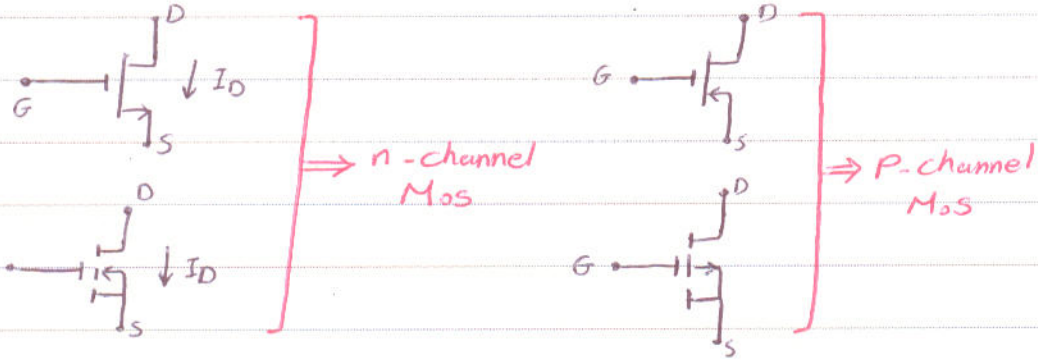
Subject:

Metal oxide Semiconductor (Mos)





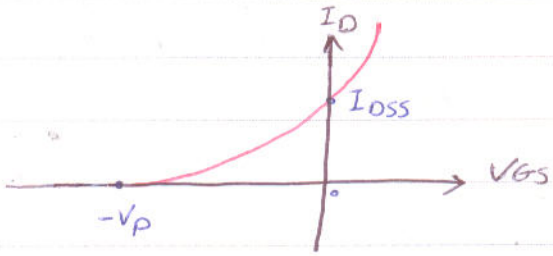
$$I_D = I_{DSS}\left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P}\right)^2$$



Date:

Subject:

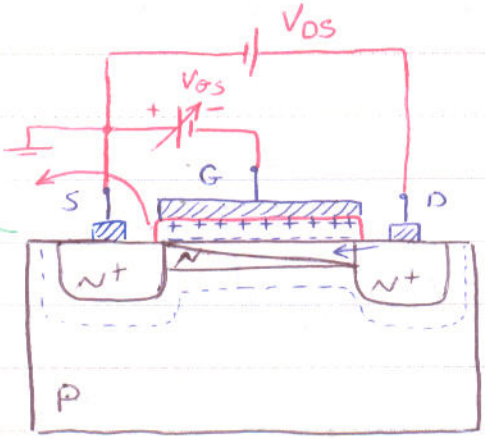
MOS
- نوع کاهشی D_MOS
- نوع افزایشی E_MOS



۲۴

جلسه بیست و چهارم

۹۱، ۲، ۳۰



I_{DSS}, V_P ←

$V_{GS} = V_P$

D-MOS : n-channel ⊥ IGFET

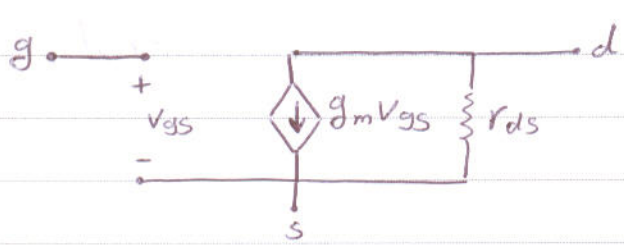
نمودار انتقال انتقال

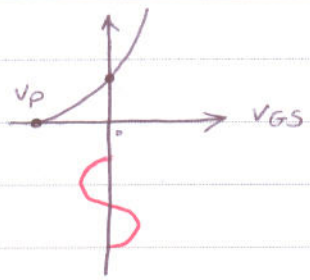
$V_{GS} \geq V_P$

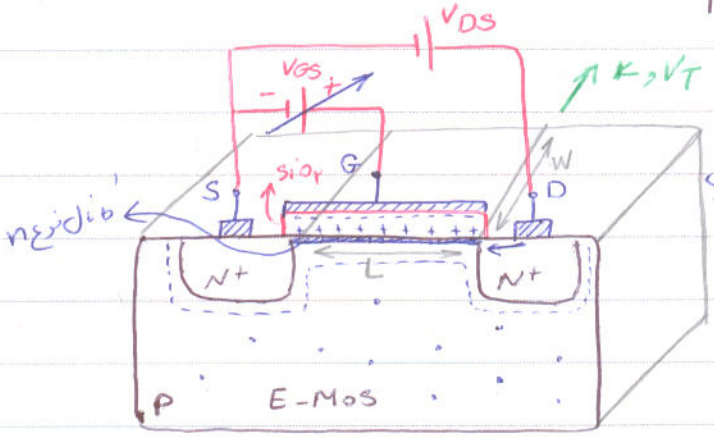
$V_{DS} \geq V_{GS} - V_P \Rightarrow I_D = I_{DSS}\left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P}\right)^2$

$g_m = \frac{2}{|V_P|}\sqrt{I_D \cdot I_{DSS}}$, $r_{ds} = \frac{V_A}{I_{DQ}}$

Kimia Stationery Collection







اگر V_{GS} از V_T بزرگتر باشد کانال نوع n تشکیل می‌شود.

$V_T > 0$ E-MOS n-channel

$$I_D = K(V_{GS} - V_T)^2 \quad , \quad K = \frac{1}{2}\mu_n C_{ox} \cdot \frac{W}{L}$$

عرض کانال

طول کانال

قابلیت تحرک الکترون‌های آزاد

ظرفیت خازنی لایه اکسید

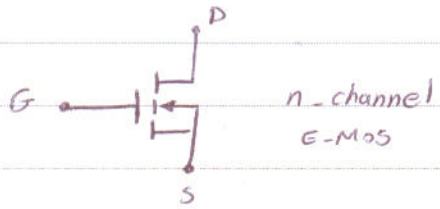
$V_{DS} \geq V_{GS} - V_T$ شرط نیمه‌اشباع (فعال) $\quad g_m = 2K(V_{GS} - V_T)$

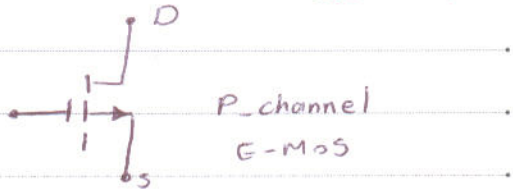
$$V_{ds} = \frac{V_A}{I_{DQ}}$$

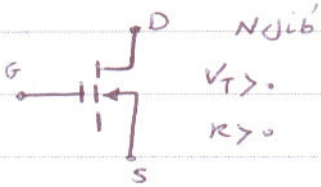
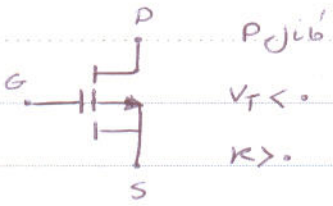
Date:

Subject:

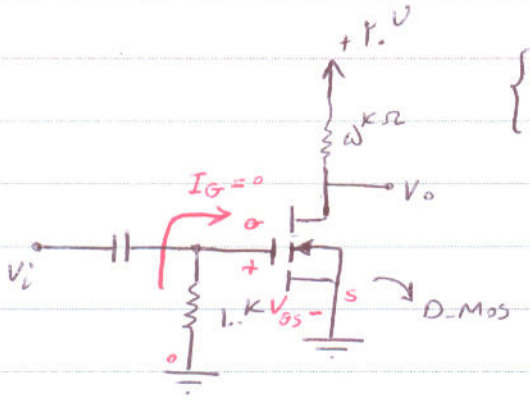
نمادهای:





نوع E_MOS	شرط ناحیه اشباع (فعال)	شرط ناحیه تراید
	$V_{DS} \geq V_{GS} - V_T$ $V_{GS} \geq V_T$	$V_{DS} < V_{GS} - V_T$ $V_{GS} \geq V_T$
	$V_{SD} \geq V_{GS} - V_T$ $V_{SG} \geq V_T$	$V_{SD} < V_{SG} - V_T$ $V_{SG} \geq V_T$

مثال /



$$\begin{cases} V_P = -٤\ V \\ I_{DSS} = ٢\ mA \end{cases}$$

- آیا مدار در ناحیه تریود کار می‌کند؟

- اگر نیست، بگوئید $\frac{V_o}{V_i}$ چقدر است؟

Kimia Stationery Collection

Date:

Subject:

$I_G = 0 \Rightarrow V_G = 0^V \Rightarrow V_{GS} = 0^V$

(از طرفی $V_S = 0$)

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

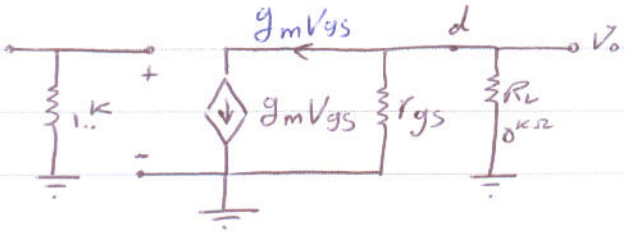
$\Rightarrow I_D = I_{DSS} = 2^{(mA)}$

$V_{o(dc)} = 20^V - 5^K \times I_D = 20 - 5 \times 2 = 10^V$

$V_{DS} \gg V_{GS} - V_P \Rightarrow V_{DS} = V_{o(dc)} = 10^V$

$10^V \gg 0 - (-2) \Rightarrow 10 \overset{?}{>} 4$ ✓ $\Rightarrow$ در ناحیه تقویت کنندگی است.

$g_m = \frac{2}{|V_P|}\sqrt{I_D I_{DSS}} = \frac{2}{4} \times \sqrt{2 \times 2} = 1^{mA}$, $r_{ds} = \frac{V_A}{I_{DQ}} = \infty$



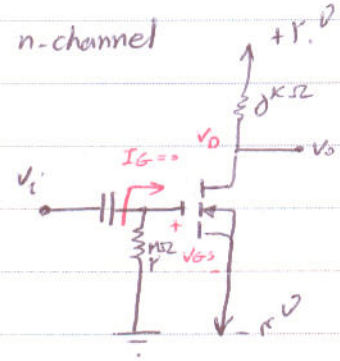
$V_o = -g_m V_{gs}(r_{ds} \| R_L)$, $V_i = V_{gs}$

$\Rightarrow \frac{V_o}{V_{gs}} = \frac{V_o}{V_i} = -g_m(r_{ds} \| R_L) = -1^{ms} \times (\infty \| 5^{K\Omega}) = -5$

Date:

Subject:

n-channel



$$\begin{cases} V_T = 2\ V \\ K = 0.25\left(\frac{mA}{V^2}\right) \end{cases}$$

بهره ولتاژ $\frac{V_o}{V_i}$ چقدر است؟

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

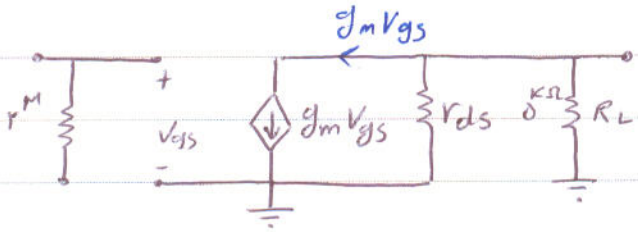
$$\left.\begin{array}{l} V_G = 0\ V \\ V_S = -3\ V \end{array}\right\} \Rightarrow V_{GS} = 0 - (-3) = 3\ V$$

$$V_{GS} = 4\ V \Rightarrow I_D = 0.25\,(3-2)^2 = 1\ (mA)$$

$$V_{o(dc)} = V_D = 20\ V - 5\ K\Omega \times 1\ mA = 15\ V \rightarrow V_{DS} = V_D - V_S = 15\ V - (-3) = 18\ V$$

$18 \overset{?}{\geq} 3 - 2$ ✓ $\Rightarrow$ ناحیه تقویت کننده است.

$$g_m = 2K(V_{GS} - V_T) = 2 \times 0.25\,(3-2) = 1\ (mS),\quad V_{ds} = \frac{V_A}{I_D} = \infty$$



$V_i = V_{gs}$

$$V_o = -g_m V_{gs} \times (R_L \| r_{ds}) \Rightarrow \frac{V_o}{V_i} = -g_m R_L' = -1\ ms \times 5\ K\Omega = -5$$

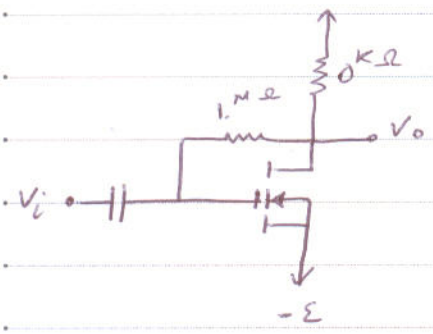
Kimia Stationery Collection

Date:

Subject:

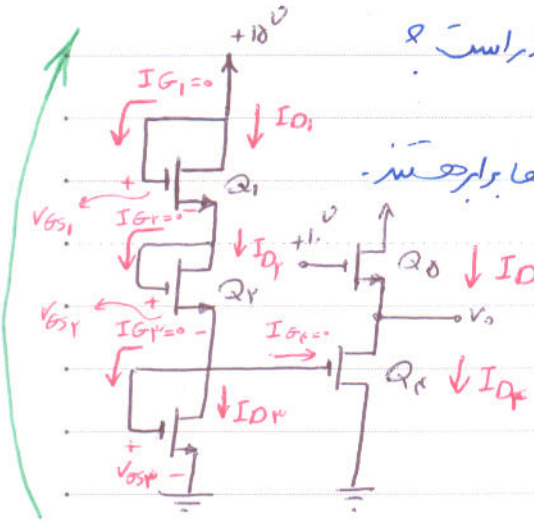
تمرین: در مدار شکل زیر، مقدار بهره $\frac{V_o}{V_i}$ را حساب کنید.

(راهنمایی: از تقریب‌های لازم استفاده کنید)



$$\begin{cases} V_T = 2\,V \\ K = 0.25\left(\frac{mA}{V^2}\right) \end{cases}$$

مثال/ ترانزیستورها مشابه هستند. $V_{o(dc)}$ چقدر است؟



ترانزیستورهای مشابه دارای V_T ها برابر و $\frac{W}{L}$ها برابر هستند.

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

$$I_{D1} = I_{D2} = I_{D3} \Rightarrow V_{GS1} = V_{GS2} = V_{GS3}$$

KVL: $V_{GS1} + V_{GS2} + V_{GS3} = 15\,V$

$$\Rightarrow V_{GS1} = V_{GS2} = V_{GS3} = 5\,V$$

از مدار $\Rightarrow V_{GS4} = V_{GS0} = 5\,V$

از مدار $\Rightarrow I_{D4} = I_{D0}$

$$\Rightarrow V_{GS0} = V_{GS4} = 5\,V$$

Sa Su Mo Tue Wed Thu Fri

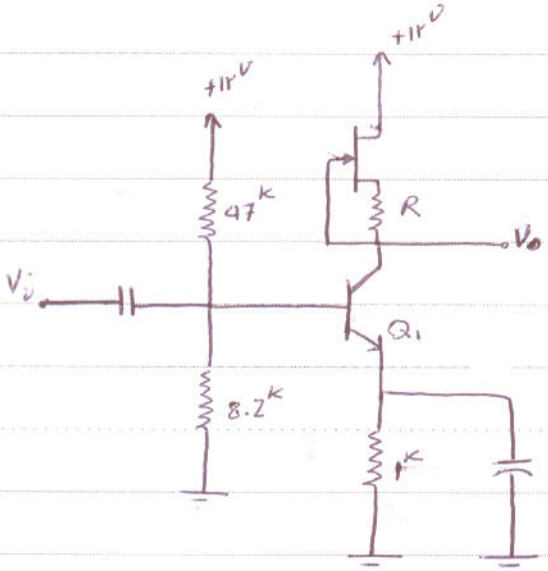
Date:

Subject:

$V_o(dc) = 10^V - V_{GSQ} = 10 - 5 = 5^V \Rightarrow V_o = 5^V$

۹۱, ۳, ۷

مدار بست وبلکمر:



$h_{fe} = 100$

$V_{BE} = 0.7^V$

$I_{DSS} = 5^{mA}$

$V_P = -2^V$

$r_{ds} = 50^K$

$V_T = 250^{mV}$

بهره: $\frac{V_o}{V_i}$ چقدر است؟

Kimia Stationery Collection