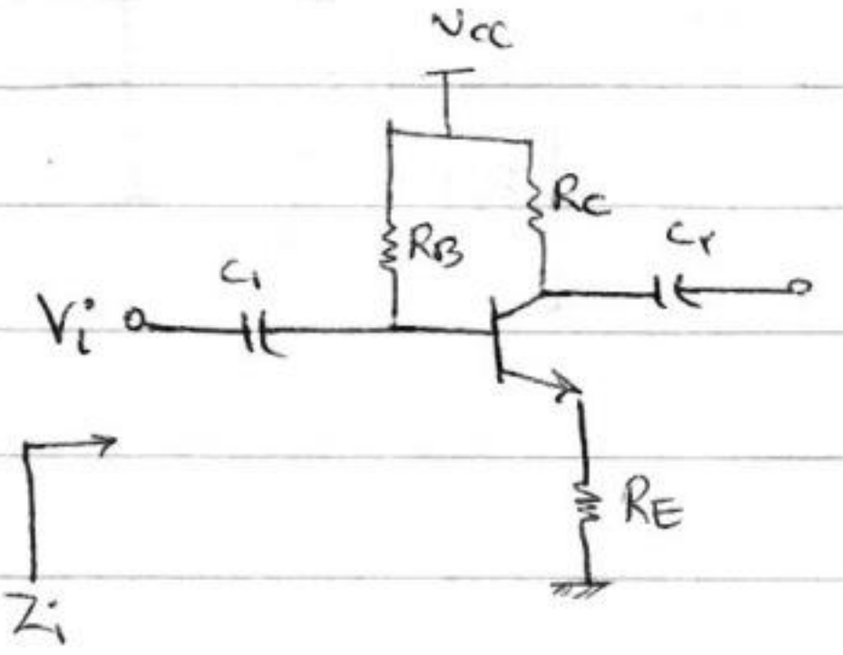
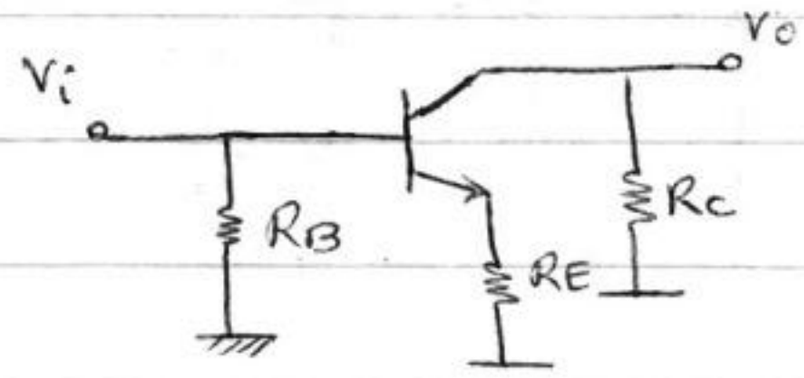
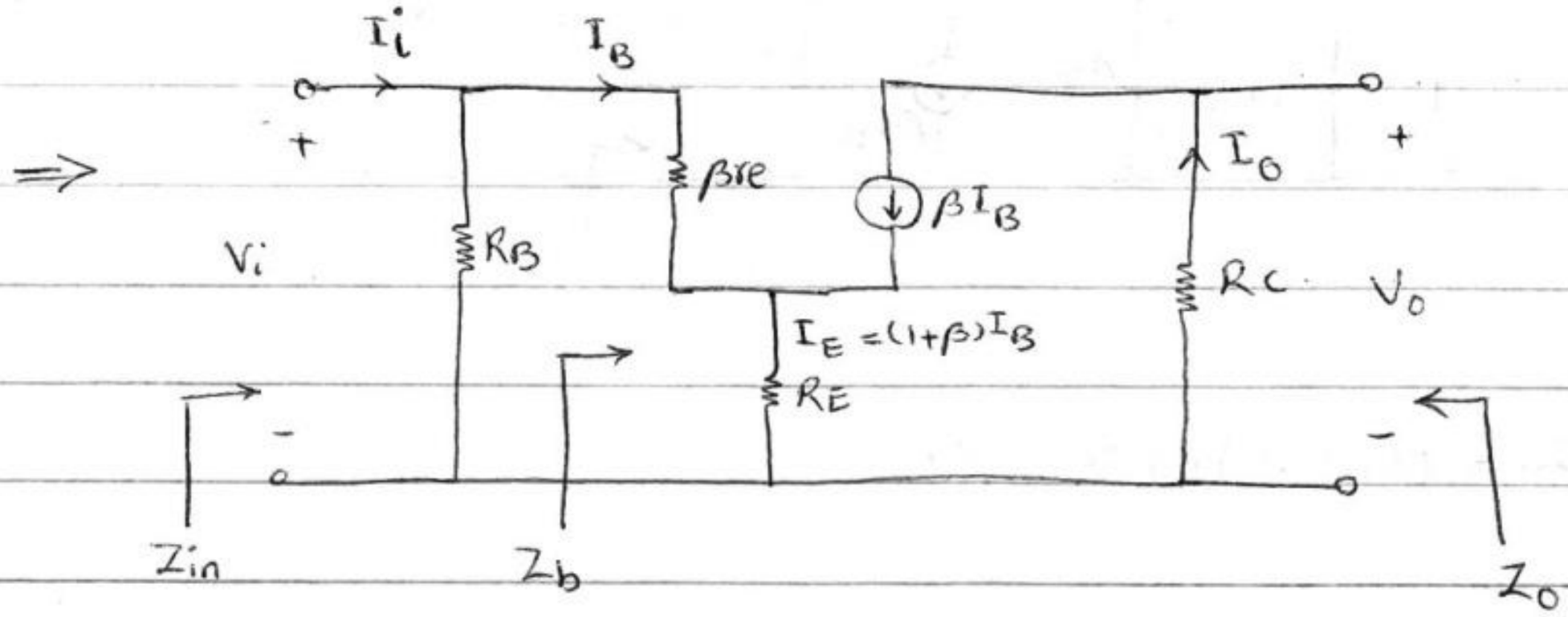
تقویت کننده

* آنالیز Ac تقویت کننده‌ی امیتر مشترک با مقاومت امیتر بای‌پاس نشده



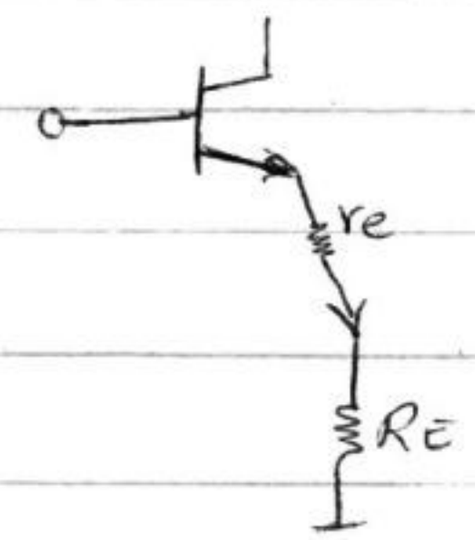




$$V_i = I_B \beta r_e + I_E R_E$$

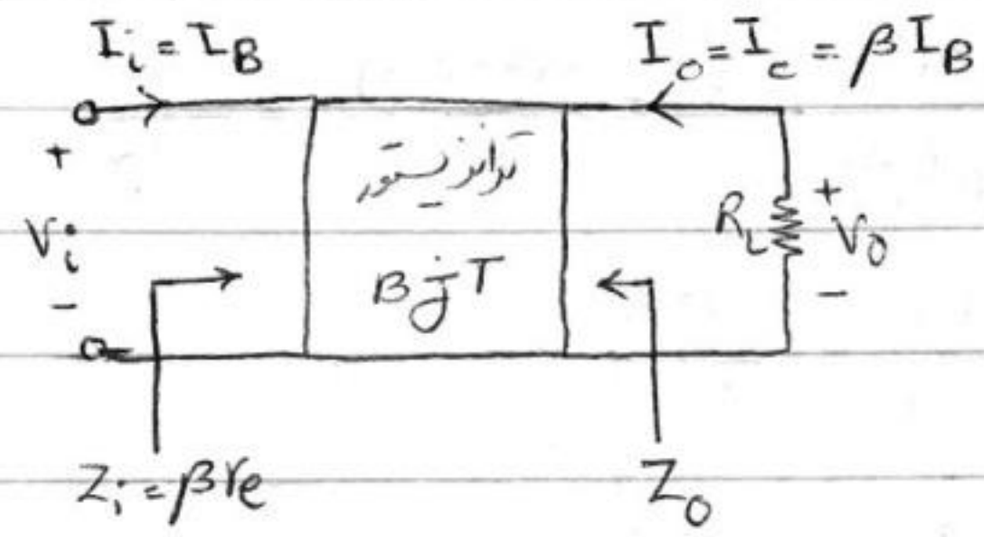
$$V_i = I_B \beta r_e + (1+\beta) I_B R_E$$

$$Z_b = \frac{V_i}{I_B} = \beta r_e + (1+\beta) R_E \cong \beta (r_e + R_E)$$



Note: $Z_b = \beta (r_e + R_E)$ یعنی امپدانس دیده شده از Base ، β برابر مقاومت‌های موجود در امیتر می‌باشد به شرطی که R_E و r_e باشد.

$$Z_i = R_B \| Z_b$$



$$V_o = -I_o R_L = -I_c R_L = -\beta I_B R_L$$

$$V_i = I_i Z_i = I_B \beta r_e$$

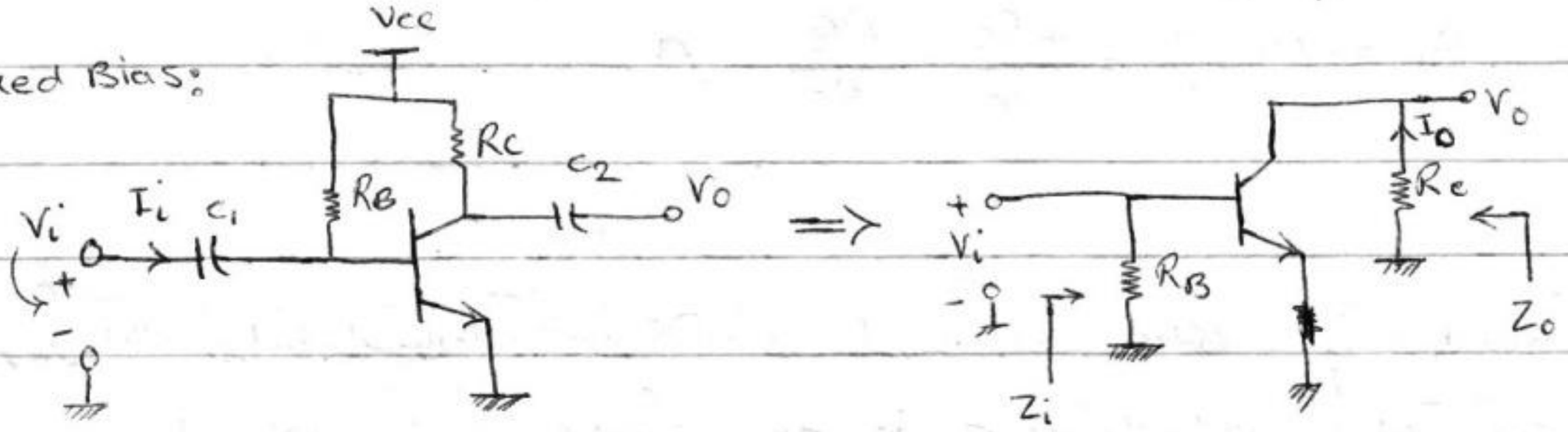
$$A_V = \frac{V_o}{V_i} = \frac{-\beta I_b R_L}{I_B \beta r_e} = -\frac{R_L}{r_e}$$

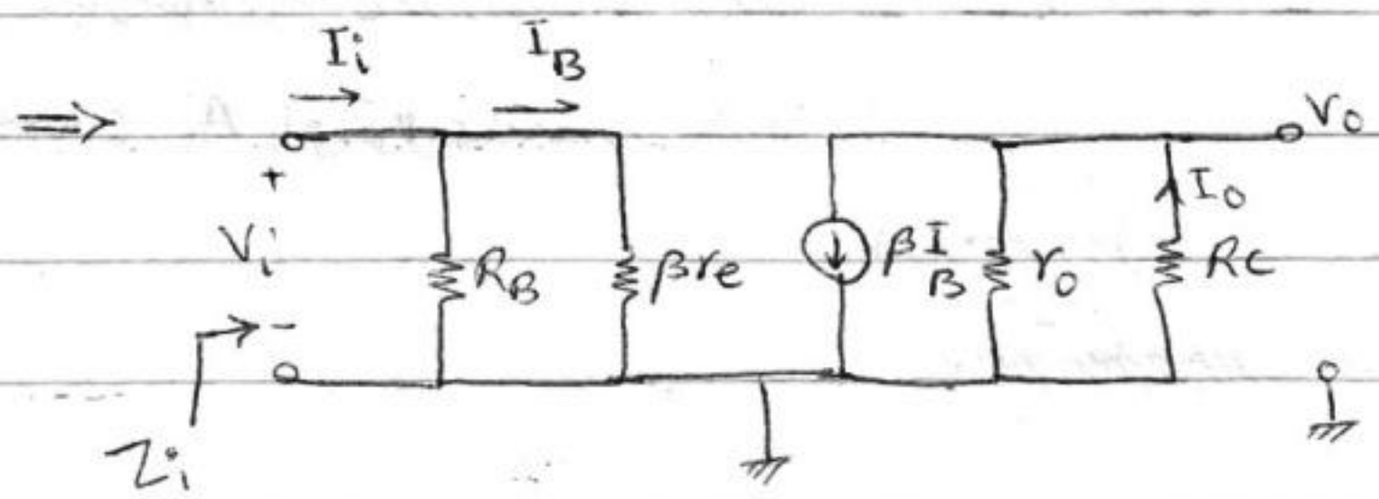
اختلاف فاز 180°

**

* تحلیل سیگنال کوچک BJT:

Fixed Bias:





$$Z_i = R_B \| \beta r_e \cong \beta r_e$$

$$Z_o = \left.\frac{V_o}{I_o}\right|_{V_i = 0} = R_C \| r_o \cong R_C$$

$$A_V = \frac{V_o}{V_i} = \frac{-\beta I_B (R_C \| r_o)}{I_B(\beta r_e)} = \frac{-(R_C \| r_o)}{r_e} = \frac{-R_C}{r_e}$$

$$\begin{cases} I_o = \dfrac{\beta I_B r_o}{r_o + r_C} \Rightarrow \dfrac{I_o}{I_B} = \dfrac{\beta r_o}{r_o + R_C} \\ I_B = \dfrac{R_B I_i}{R_B + \beta r_e} \Rightarrow \dfrac{I_B}{I_i} = \dfrac{R_B}{R_B + \beta r_e} \end{cases}$$

$$A_i = \frac{I_o}{I_i} = \frac{I_o}{I_b} \times \frac{I_b}{I_i} = \frac{\beta r_o}{\underbrace{r_o + R_C}_{r_o}} \times \frac{R_B}{\underbrace{R_B + \beta r_e}_{R_B}}$$

$$\Rightarrow A_i = \frac{\beta r_o R_B}{r_o \times R_B} \cong \beta$$

یا

$$A_i = -\overbrace{A_V \frac{Z_i}{R_L}} = \frac{+R_C}{r_e} \cdot \frac{\beta r_e}{R_C} = \beta$$

روش آنالیز: ابتدا با استفاده از آنالیز DC مقدار I_E را بدست آورده و از رابطه‌ی $r_e = \frac{26mV}{I_E}$ مقاومت دینامیکی پیوند امیتر را محاسبه می‌کنیم. اکنون با داشتن $h_{ie} = \beta r_e$ و β پارامترهای اساسی مدار را بدست می‌آوریم.

پارامترهای اساسی مدار: Z_i ، Z_o ، A_i ، A_V

Note: A_i را می‌توان از دو روش بدست آورد:

۱- از طریق فرمول $A_i = -A_V \frac{Z_i}{R_L}$

۲- از طریق روابط مداری و تقسیم جریان

(مثال‌های عددی کتاب مطالعه گردد)

$$Z_o = \left.\frac{V_o}{I_o}\right|_{V_i=0} = R_C$$

$$A_V = \frac{V_o}{V_i} = \frac{-I_o R_C}{V_i} = \frac{-\beta I_B R_C}{V_i} = \frac{-\beta R_C V_i}{V_i Z_b} = \frac{-R_C}{r_e + R_E}$$

$$A_i = \frac{I_o}{I_i} = \frac{I_o}{I_b} \times \frac{I_b}{I_i} \quad \text{①}$$

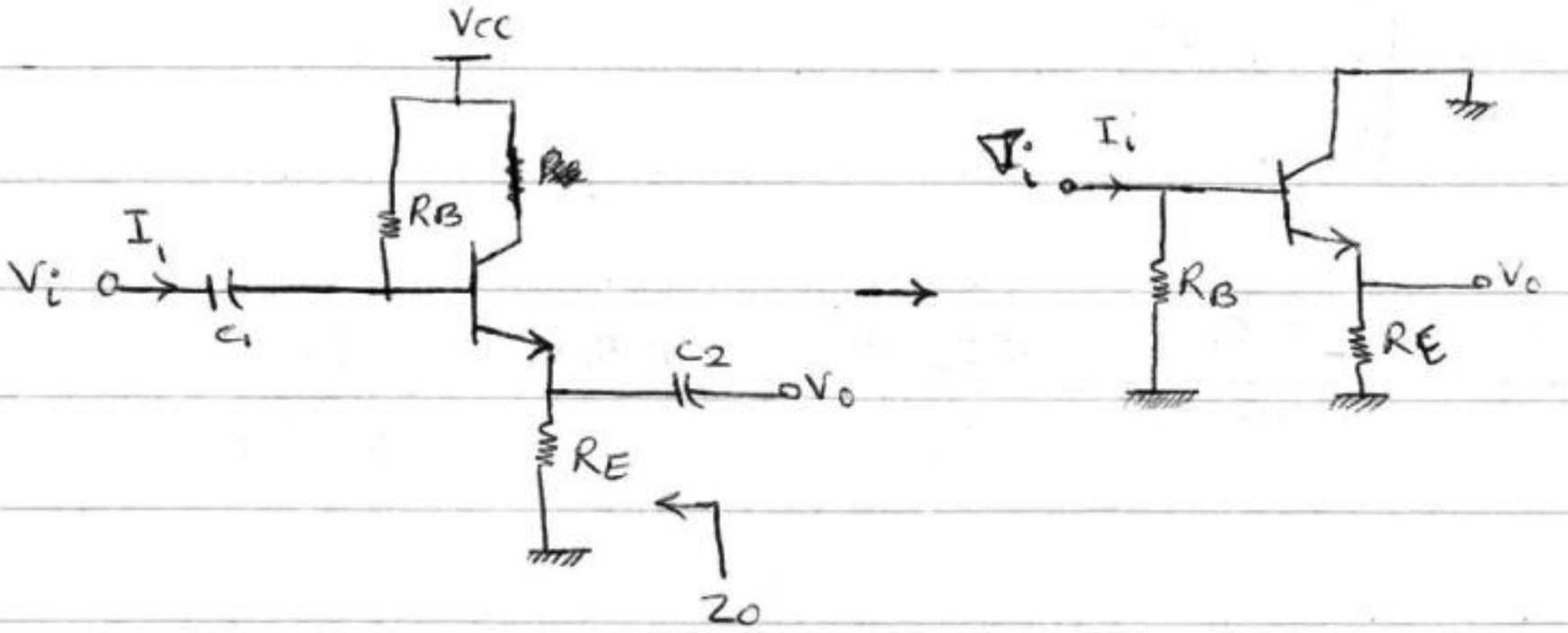
$$\text{②}: \begin{cases} I_b = I_i \times \dfrac{R_B}{R_B + Z_b} \xrightarrow{Z_o = 0} \dfrac{I_o}{I_i} = \dfrac{R_B}{R_B + Z_b} \\ I_o = \beta I_b \rightarrow \dfrac{I_o}{I_b} = \beta \end{cases}$$

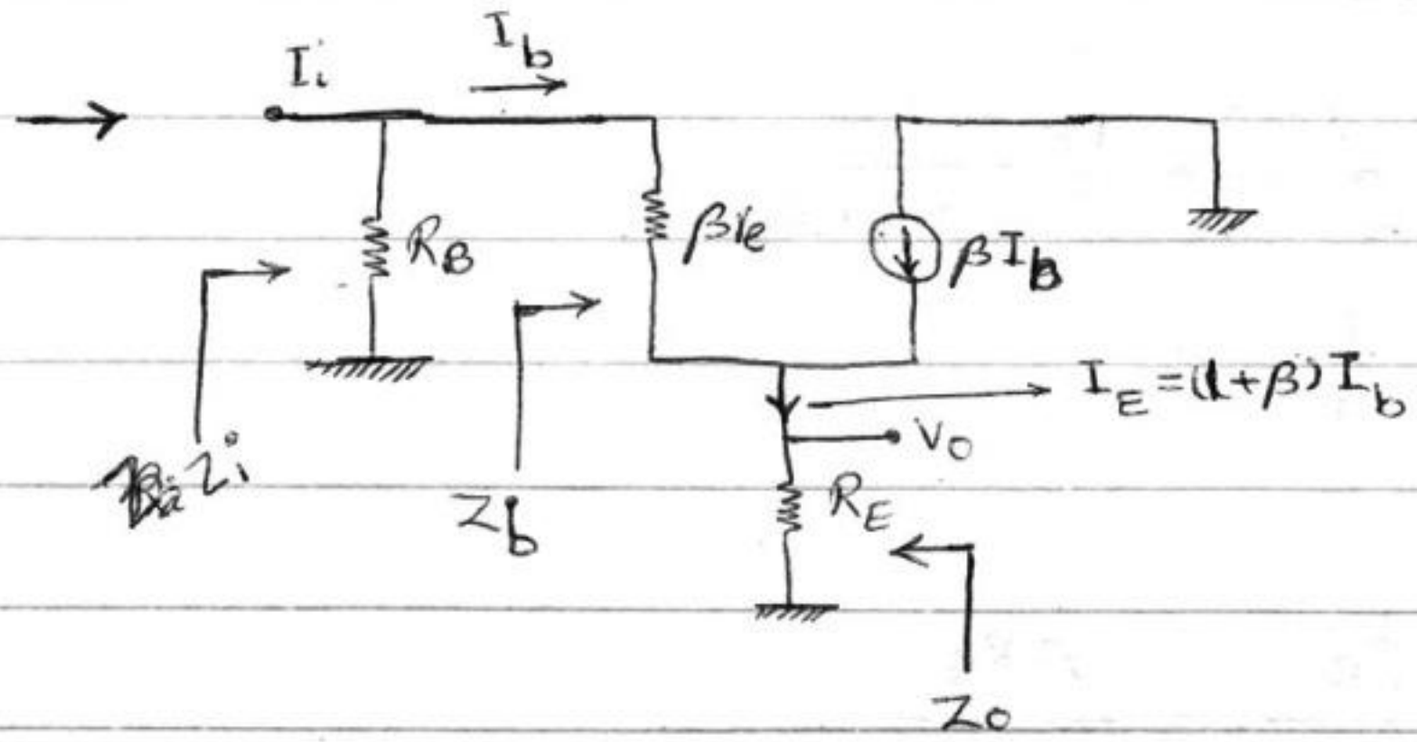
$$\text{①}, \text{②} \rightarrow A_i = \beta \frac{R_B}{R_B + Z_b} = \frac{\beta R_B}{R_B + Z_b}$$

Note: با توجه به فرمول $A_V = \dfrac{-R_C}{r_e + R_E}$ مشخص می‌شود که مقاومت R_E در حالت A_C باعث کاهش بهره می‌گردد که این امر مطلوب نیست به همین دلیل مقاومت را اغلب با خازن بای‌پس به صورت موازی در مدار می‌بندند تا در آن نیز AC حذف گردد و باعث کاهش بهره نگردد.

Note: مثال عملی کتاب مطالعه شود.

آرایش دنبال‌کننده‌ی امیتری :

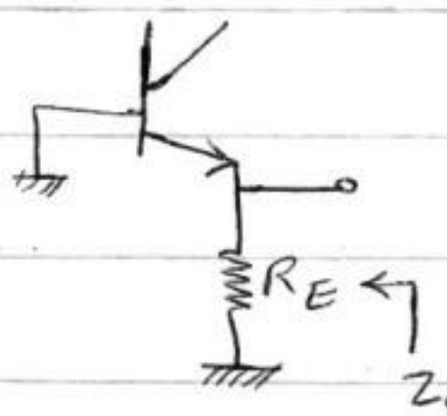




$$Z_b = \beta r_e + (1+\beta) R_E \cong \beta (r_e + R_E)$$

$$Z_i = R_B \parallel Z_b$$

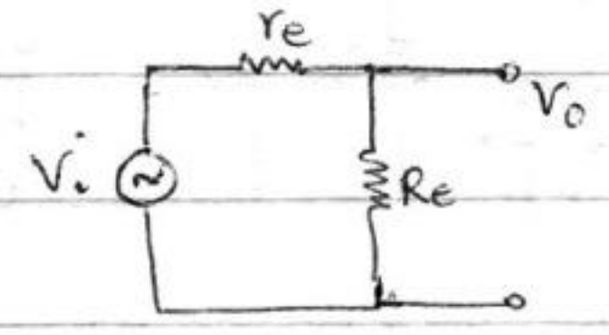
$$Z_o = \left.\frac{V_o}{I_o}\right|_{V_i=0} = R_E \parallel r_e \cong r_e$$



Note : همانطور که از روی این تقاویت ورودی (Z_i) نسبتاً بزرگ و مقاومت خروجی (Z_o) نسبتاً کوچکی باید به همین علت از آرایش کالکتور مشترک یا دنبال کننده‌ی امیتری برای تطبیق امپدانس استفاده می‌شود.

Note: جایگاه از Emitter داخل ترانزیستور بلافاصله مقاومت‌های موجود در Base بر β تقسیم شده و به Emitter متصل می‌شود.

$$A_V = \frac{V_o}{V_i} = \frac{R_E}{R_E + r_e} \cong 1$$



Note: در این آرایش بهره‌ی ولتاژ کمتر و یا مساوی یک می‌باشد ($A_V \leq 1$) زیرا در واقع ولتاژ خروجی به اندازه‌ی V_{BE} از ولتاژ ورودی کمتر است.

Note: ولتاژ Emitter و Base در سیگنال‌های ورودی و خروجی هم فازند.

$$A_I = \frac{I_o}{I_i} = \frac{I_o}{I_b} \times \frac{I_b}{I_i} \quad (1)$$

$$I_b = \frac{I_i}{I} \times \frac{R_B}{R_B + Z_b} \Rightarrow \frac{I_b}{I_i} = \frac{R_B}{R_B + Z_b} \quad (2)$$

$$I_o = -I_e = -(1+\beta) I_b \Rightarrow \frac{I_o}{I_b} = -(1+\beta) \cong -\beta \quad (3)$$

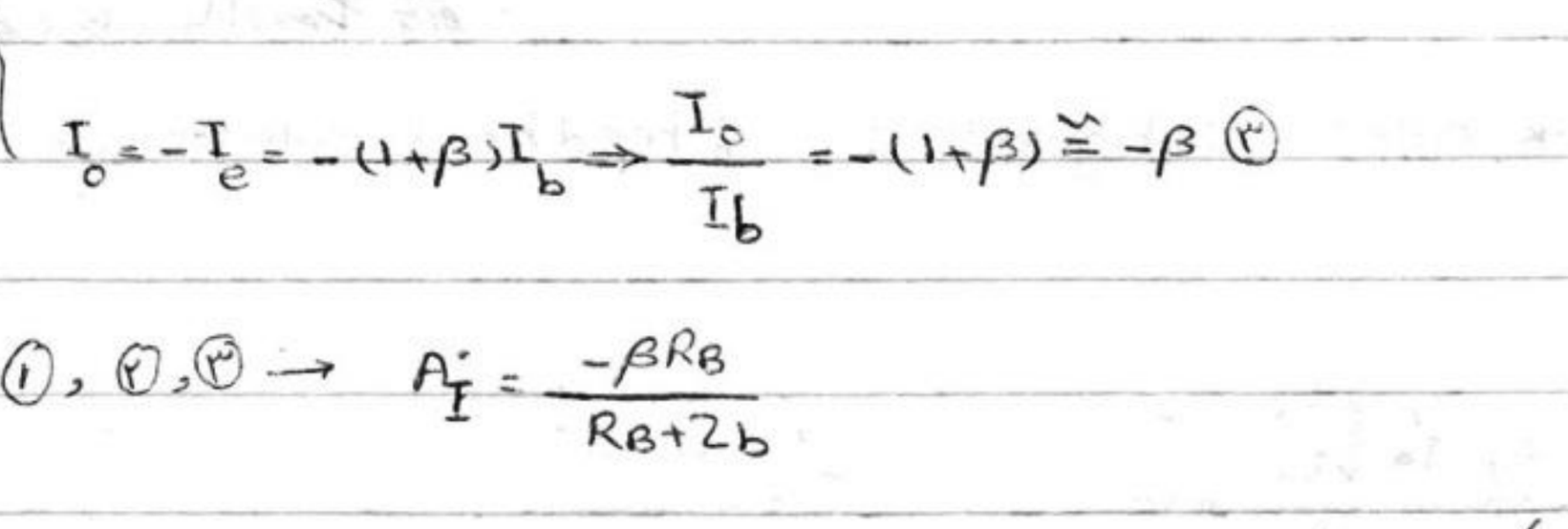
$$(1), (2), (3) \rightarrow A_I = \frac{-\beta R_B}{R_B + Z_b}$$

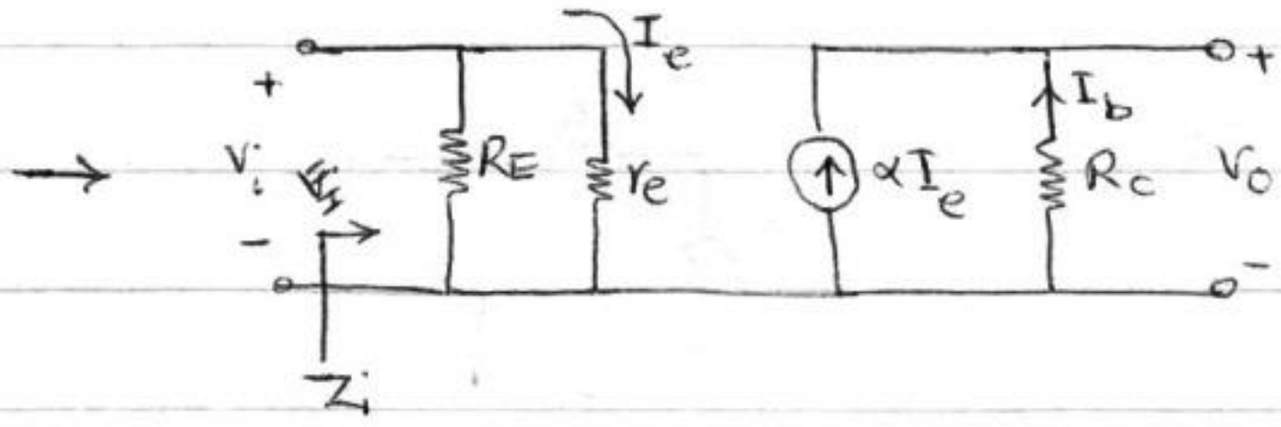
Note: پهنای جدی نیاز نمی‌باشد.

*

✓ بیس مشترک:

✓ Common Base:





$$Z_i = R_E \| r_e \cong r_e$$

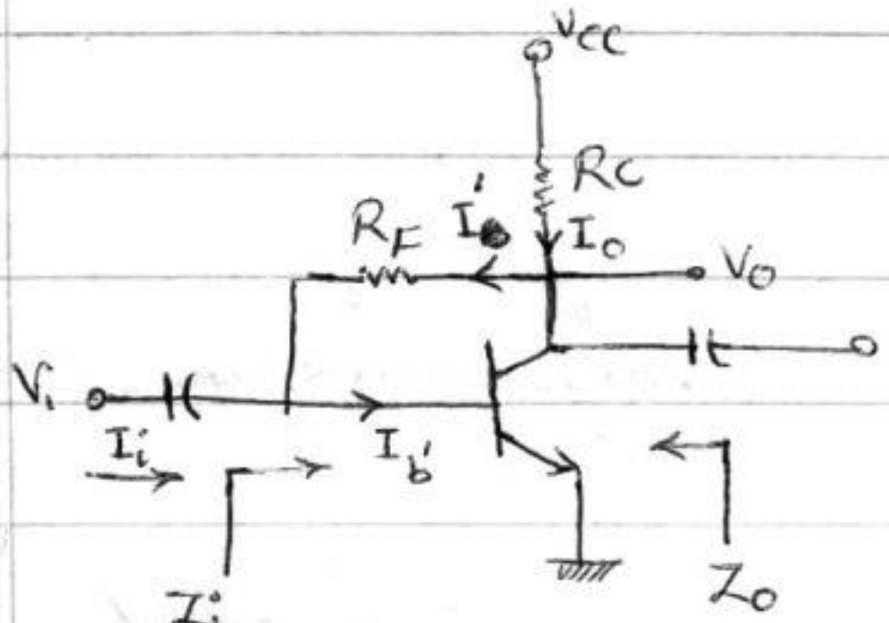
$$Z_o = R_c$$

$$A_V = \frac{V_o}{V_i} = \frac{-I_o R_c}{V_i} = \frac{I_c R_c}{V_i} = \frac{\alpha I_e R_c}{V_i} = \frac{\alpha R_c}{V_i} \times \frac{V_i}{r_e} \cong \alpha \frac{R_c}{r_e} = \frac{R_c}{r_e}$$

$$A_i = \frac{I_o}{I_i} = \frac{-\alpha I_e}{I_e} = -\alpha \cong -1$$

*

✓feedback collector configuration: : feedback collector آرایش ✓



$$I' = \frac{V_o - V_i}{R_F}$$

$$I_o = I' + \beta I_b \cong \beta I_b$$

$$\begin{cases} V_o = -I_o R_c = (-\beta I_b) R_c = -\beta \dfrac{V_i}{\beta r_e} R_c = \dfrac{-R_c}{r_e} V_i \\ I_b = \dfrac{V_i}{\beta r_e} \end{cases}$$

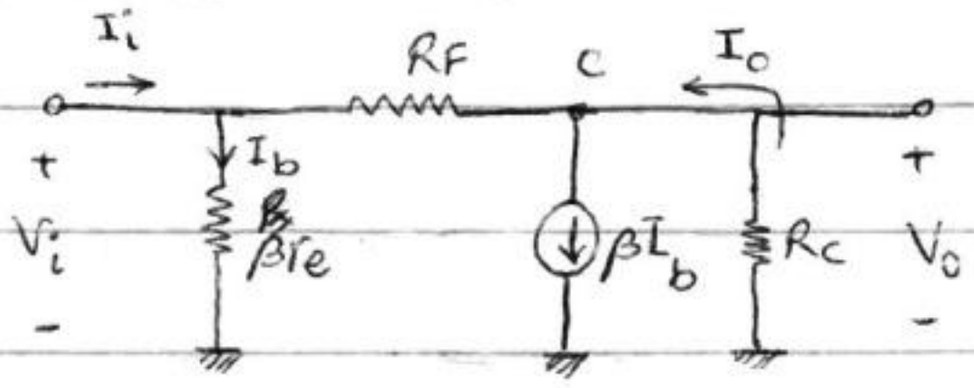
$$I' = \frac{V_o - V_i}{R_F} = \frac{V_o}{R_F} - \frac{V_i}{R_F} = \frac{-R_C}{r_e}\cdot\frac{V_i}{R_F} - \frac{V_i}{R_F} \longrightarrow I' = \frac{-1}{R_F}\left(1+\frac{R_C}{r_e}\right)V_i$$

$$V_i = (\beta I_b) r_e = (I_i + I')\beta r_e = I_i \beta r_e + I'\beta r_e$$

$$V_i = I_i \beta r_e - \frac{i}{R_F}\left(1+\frac{R_C}{r_e}\right)\beta r_e V_i \Rightarrow V_i\left[1+\frac{\beta r_e}{R_F}\left(1+\frac{R_C}{r_e}\right)\right] = I_i \beta r_e$$

$$Z_i = \frac{V_i}{I_i} = \frac{\beta r_e}{1+\frac{\beta r_e}{R_F}\left(1+\frac{R_C}{r_e}\right)} \Rightarrow Z_i = \frac{r_e}{\frac{1}{\beta}+\frac{R_C}{R_F}}$$

$$Z_o = \left.\frac{V_o}{I_o}\right|_{V_i=0} = R_C \| R_F$$



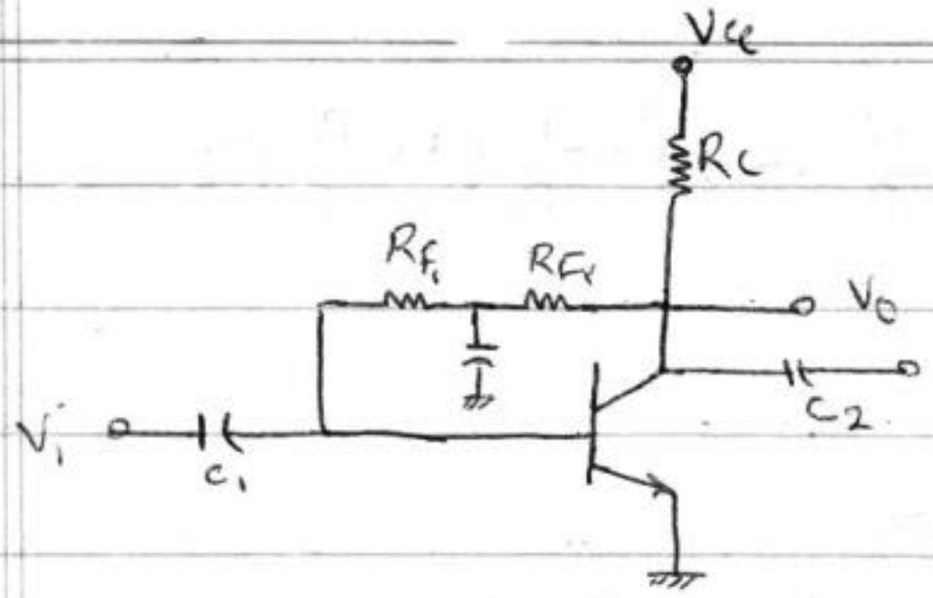
$I_o = \beta I_b + I' \cong \beta I_b$ Note: چون R_F اعلب خیلی زیاد است I_o را می‌توان تقریباً βI_b در نظر گرفت.

$$A_V = \frac{V_o}{V_i} = \frac{-I_o R_C}{V_i} = \frac{-\beta I_b R_C}{V_i} = \frac{-\beta R_C V_i}{V_i \beta r_e} \longrightarrow A_V = \frac{-R_C}{r_e}$$

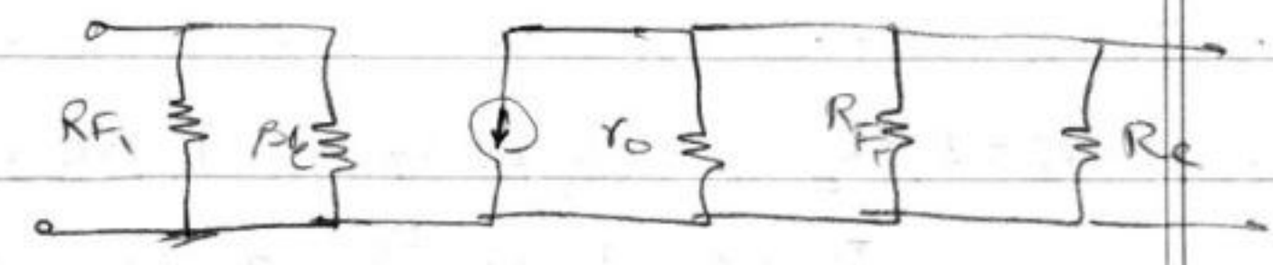
$$I_b \beta r_e + I_b R_F - I_i R_F + \beta I_b R_C = 0 \longrightarrow I_b(\beta r_e + R_F + \beta R_C) = I_i R_F$$

$$\Rightarrow \frac{I_o}{\beta}(\beta r_e + R_F + \beta R_C) = I_i R_F \longrightarrow I_o = \frac{\beta R_F I_i}{\beta r_e + R_F + \beta R_C}, \quad \beta r_e \ll R_F$$

$$A_i = \frac{\beta R_F}{R_F + \beta R_C} \cong \frac{R_F}{R_C}$$



Note: تمرین: دیود زنر را از کتاب بخوانید و ترجمه کنید.



*

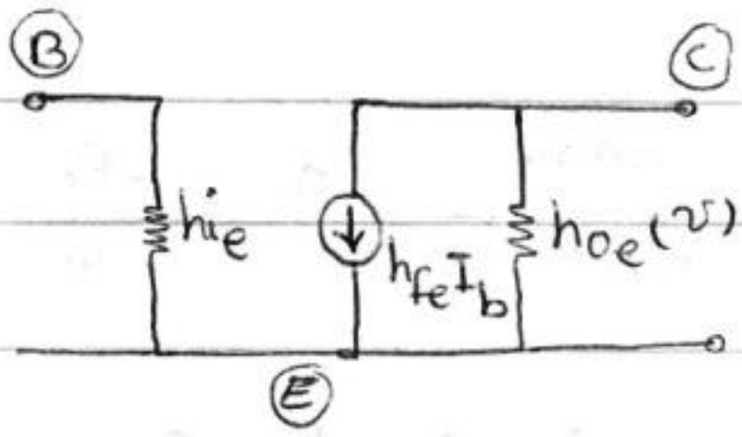
مدار معادل تقریبی هیبرید:

اگر دستورات مستقیم مقادیر پارامترهای هیبرید را داشته باشد دیگر نیازی به تحلیل DC نمی‌باشد و

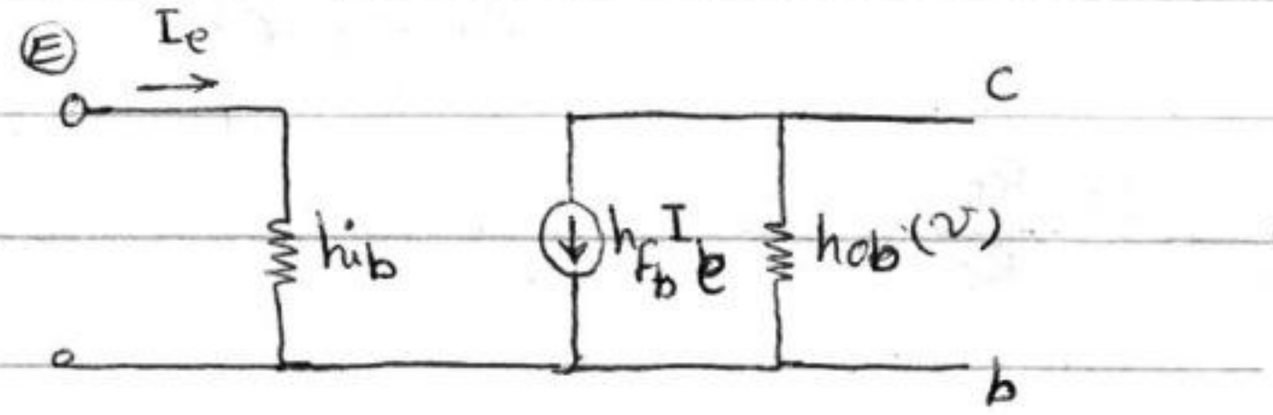
می‌توان مستقیماً به سراغ تحلیل AC برویم روش تحلیل هیبرید کاملاً شبیه به تحلیل r_e می‌باشد. اما نکات زیر باید مورد توجه باشد:

در حالت امیتر مشترک	در حالت بیس مشترک
$h_{ie} = \beta r_e$	$h_{ib} = r_e$
$h_{fe} = \beta$	$h_{fb} = -\alpha$
$h_{oe} = \frac{1}{r_o}$	$h_{ob} = \infty$

✓ مدار معادل هیبرید ترانزیستور در حالت امیتر مشترک:

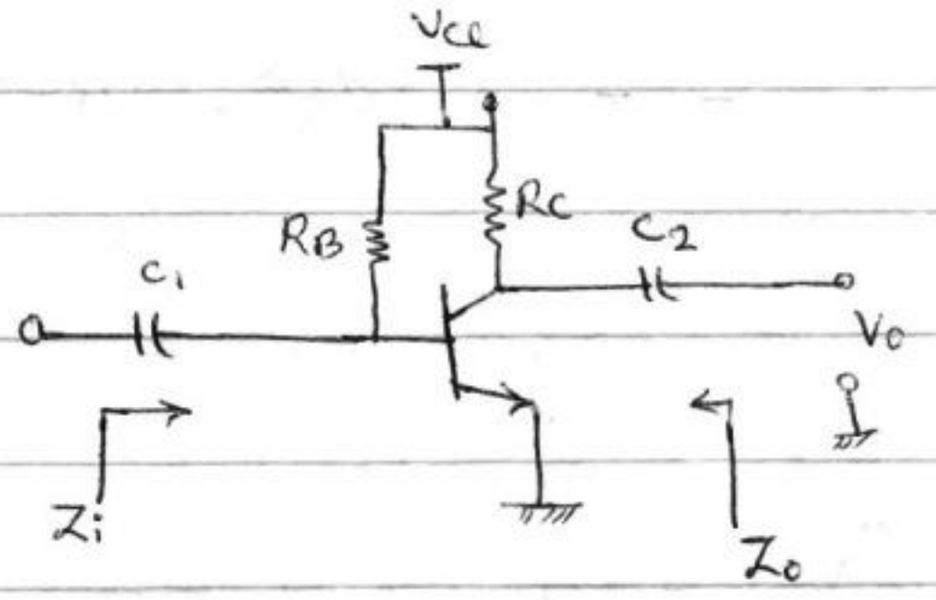


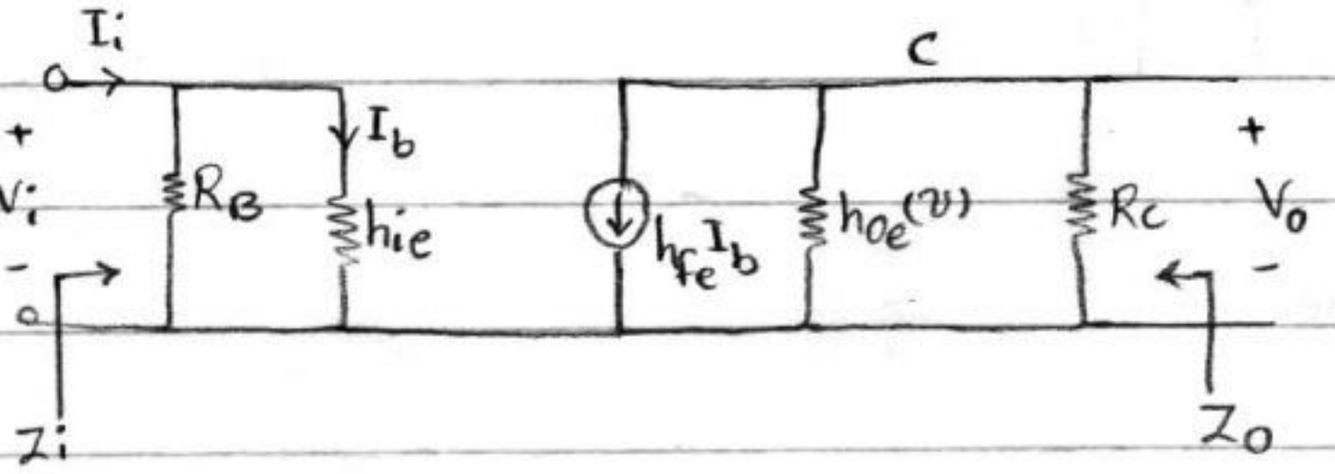
مدار معادل هیبرید ترانزیستور در حالت بیس مشترک:



Ex:

تحلیل مدار تقویتی بایاس ثابت با هیبرید:





$Z_i = R_B \| h_{ie}$

$Z_o = R_c \| \frac{1}{h_{oe}}$

$$A_V = \frac{V_o}{V_i} = \frac{-I_o (R_c \| \frac{1}{h_{oe}})}{V_i} = \frac{-h_{fe} I_b (R_c \| \frac{1}{h_{oe}})}{V_i}$$

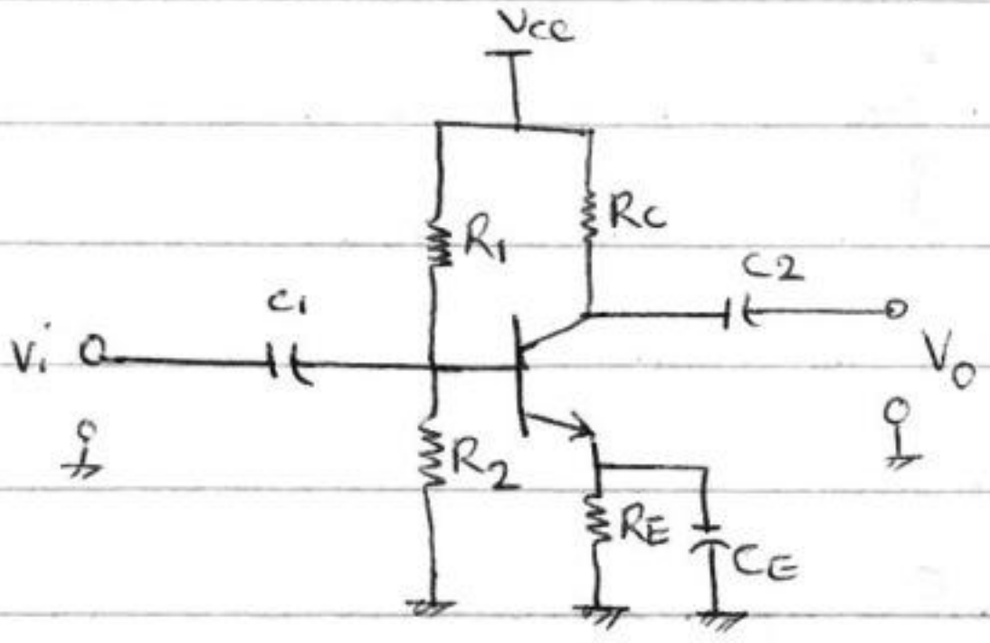
$$\Rightarrow A_V = \frac{-h_{fe} (R_c \| \frac{1}{h_{oe}}) V_i}{V_i h_{ie}} \Rightarrow A_V = \frac{V_o}{V_i} = \frac{-h_{fe} (R_c \| \frac{1}{h_{oe}})}{h_{ie}}$$

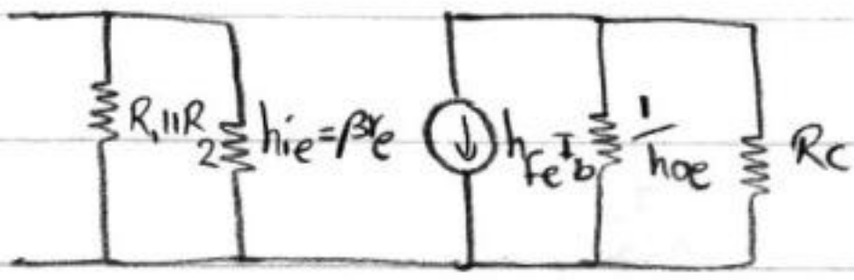
$A_i =$

- $\frac{1}{h_{oe}} \gg R_c$: $I_o = I_c \cong h_{fe} I_b$
- $R_B \gg h_{ie}$: $I_i = I_b$

$$A_i = \frac{I_o}{I_i} = \frac{\beta I_b}{I_b} = h_{fe}$$

تحلیل مدار تقسیم ولتاژ با هیبرید:





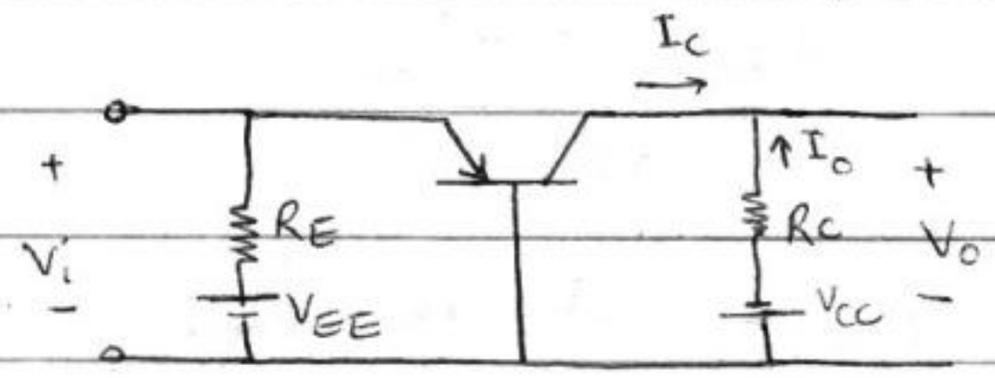
$$Z_i = R_1 \| R_2 \| h_{ie}$$

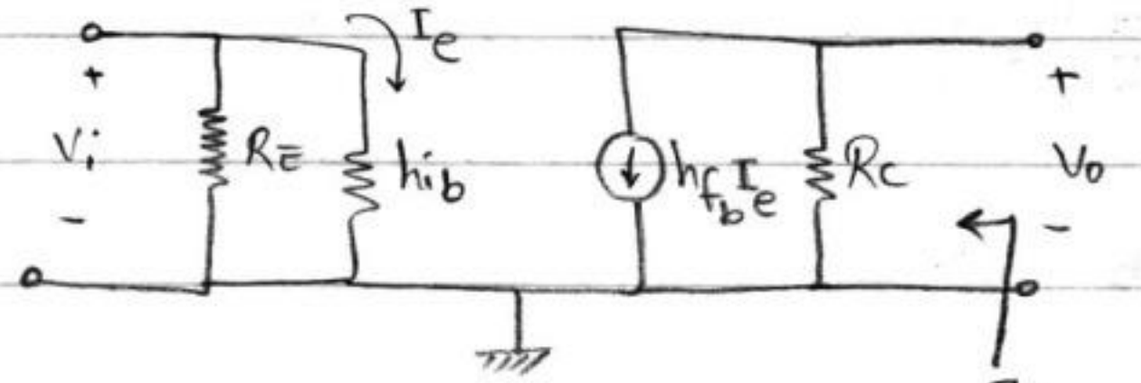
$$Z_o = R_c$$

$$A_V = \frac{-h_{fe}\left(\frac{1}{h_{oe}} \| R_c\right)}{h_{ie}}$$

• قسمت پایانی فصل هفت به دقت مطالعه گردد •

*





$$Z_i = R_E \| h_{ib}$$

$$A_V = \frac{V_o}{V_i} = \frac{-I_b R_c}{V_i}$$

$$= \frac{-h_{fb} I_e R_c}{V_i} = \frac{-h_{fb} R_c}{V_i} \times \frac{V_i}{h_{ib}}$$

$$A_V = \frac{-h_{fb} R_c}{h_{ib}}$$

$$A_i = \frac{I_o}{I_i} = h_{fe} \cong 1$$

Fifth chapter: فصل پنجم:

ترانزیستورهای FET

Feild Effect Transistor

ترانزیستور FET تنها با حامل اکثریت کار می‌کند یا الکترون یا هلو. BJT در ترانزیستور راه‌های الکترون و حفره به وجود می‌آورند اما در

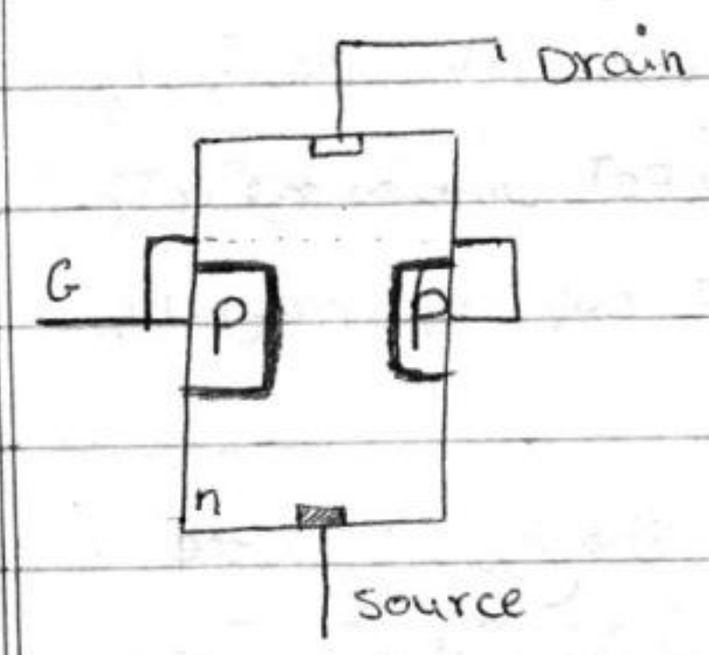
ترانزیستورهای FET دارای امپدانس ورودی بسیار زیاد (مقاومت) است.

در ساختار این ترانزیستورها عرض کانال توسط میدان الکتریکی کنترل می‌شود.

۱- JFET : Junction Field Effect Transistor

۲- MOSFET : metal oxide semiconductor Field Effect transistor

۱- ساختار JFET:

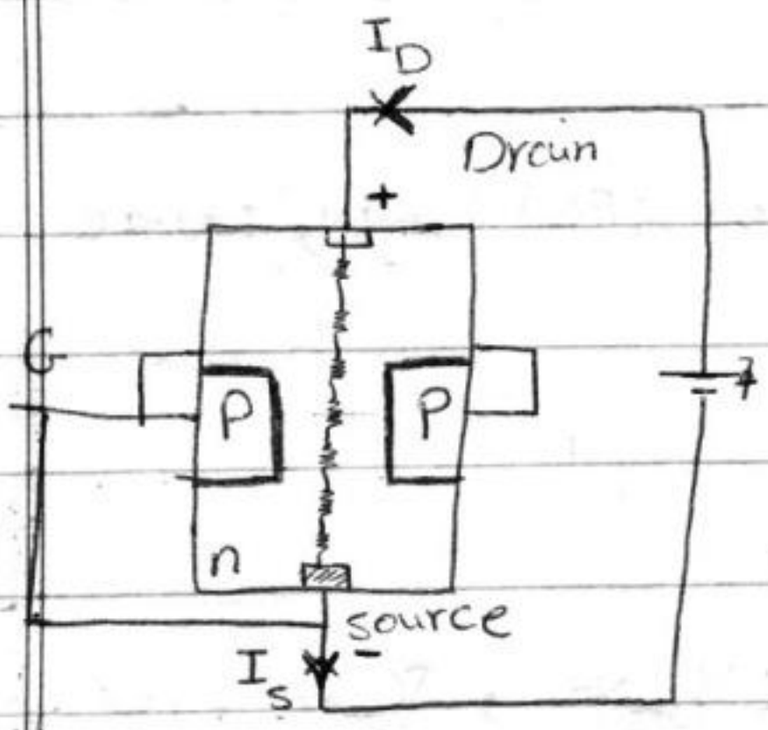


Drain و source دو طرف کانال n قرار دارند.

در محل اتصال نیمه‌هادی‌های P و n دو ناحیه‌ی تخلیه ایجاد می‌کند.

بررسی عملکرد JFET:

الف- $V_{DS} > 0$ ، $V_{GS} = 0$:

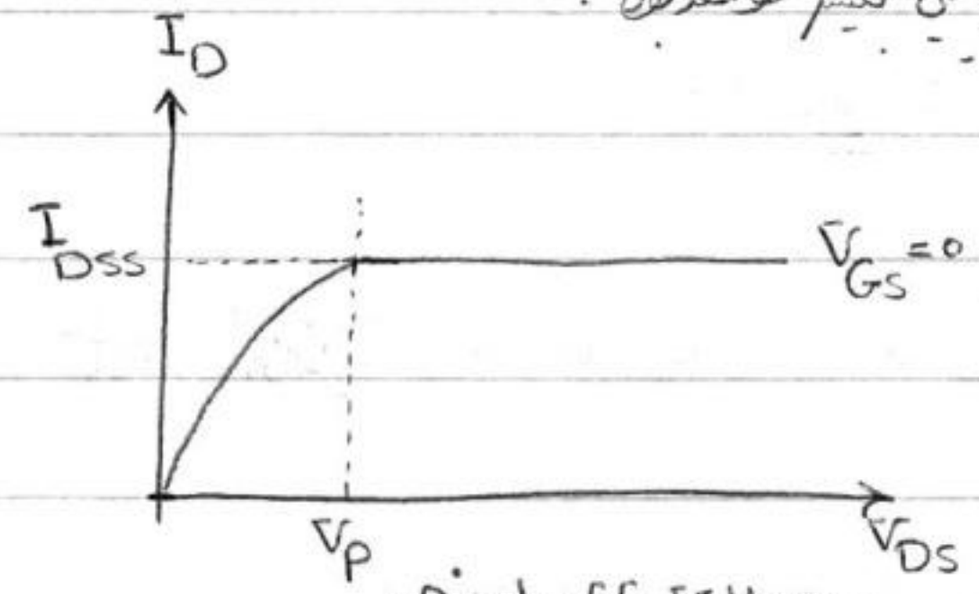


پیوند P-N (V_{GS}) هنوز بدون بایاس است پس ناحیه‌ی تخلیه وجود دارد

از طرفی با توجه به ولتاژ اعمالی V_{DS} جریان از source به سمت Drain برقرار می‌شود. بدیهی است که $I_D = I_S$

Note: توجه کنید که عرض ناحیه‌ی تخلیه در بالا کمی عریض‌تر است زیرا که این قطعه باعث افزایش ولتاژ می‌شود و مقدار ولتاژ کمتر می

روی کیوبند P-N روی تمت های بالایی به راحتی از تمت پایینی بیشتر خواهد بود.

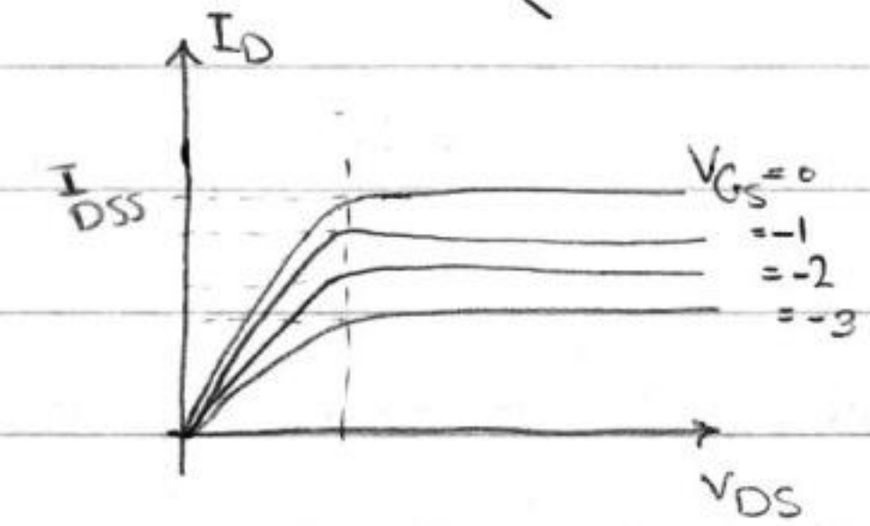


با افزایش ولتاژ Drain-source جریان I_D نیز افزایش $V_{GS}=0$
می یابد اما وقتی ولتاژ از میانگین مشخص "V_P" بیشتر گردد

جریان به حداکثر مقدار خود می رسد به این جریان را I_D جریان Drain-Source در حالت اشباع می گویند و با علائم I_{DSS} نشان می دهند.

I_{DSS} : "Drain source saturation current"

Note: بنابراین به ازای $V_{GS}=0$ و $V_{DS}>V_P$ ترانزیستور FET را می توان با منبع جریان به اندازه‌ی I_{DSS} مدل نمود.



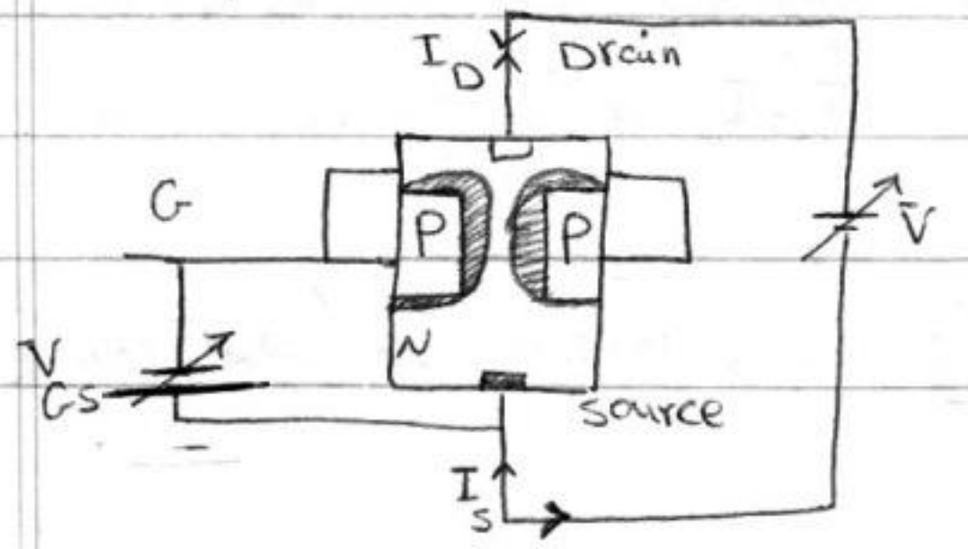
منحنی مشخصه‌های خروجی ترانزیستور FET (جریان خروجی (I_D) بر حسب ولتاژ خروجی (V_{DS}) و به ازای تغذیه مختلف ولتاژ Gate (V_{GS}) نشان می دهند. در FET با کانال N چنانچه $V_{GS}<0$ به مقدار اعمال غیر نفی ولتاژ پایه‌ی Gate کمتر از ولتاژ امیتر

به Source باشد در واقع جریان Drain به ازای V_{DS} کمتری به سطح اشباع می رسد به این امر به علت افزایش ناخیری که در اثر افزایش ولتاژ معکوس پیوند P-N می باشد.

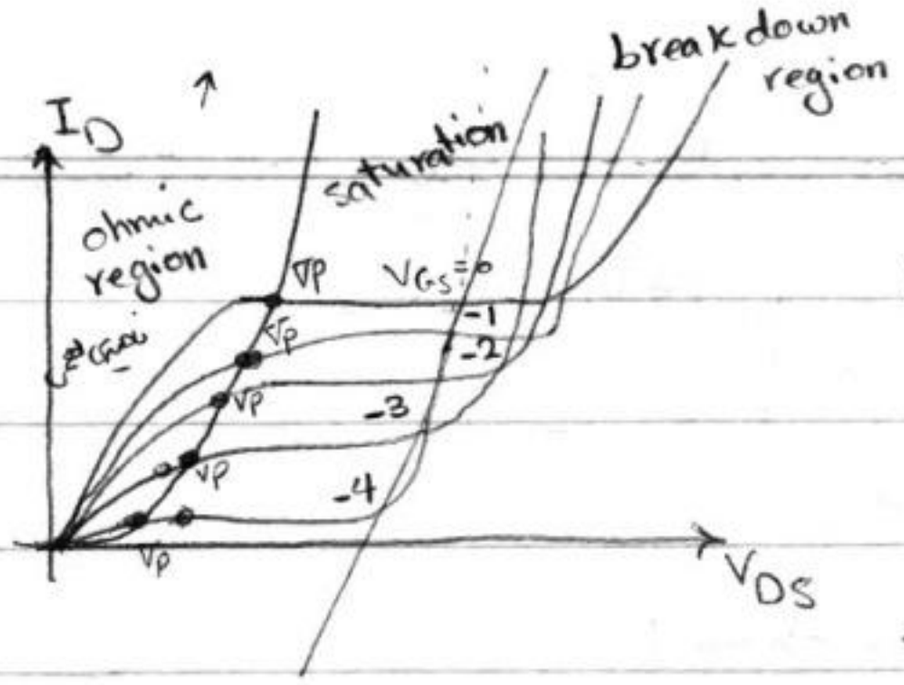
Note: ترانزیستور FET دو نوع است:

1- N-chanel

2- P-chanel



ب) $V_{GS}<0$ ، $V_{DS}>0$:



Note: با افزایش ولتاژ Gate-Source ولتاژ Pinch off (Vp) کانال کاهش می‌یابد. می‌توان نابت کرد که این نقاط بروی یک سهمی قرار دارند.

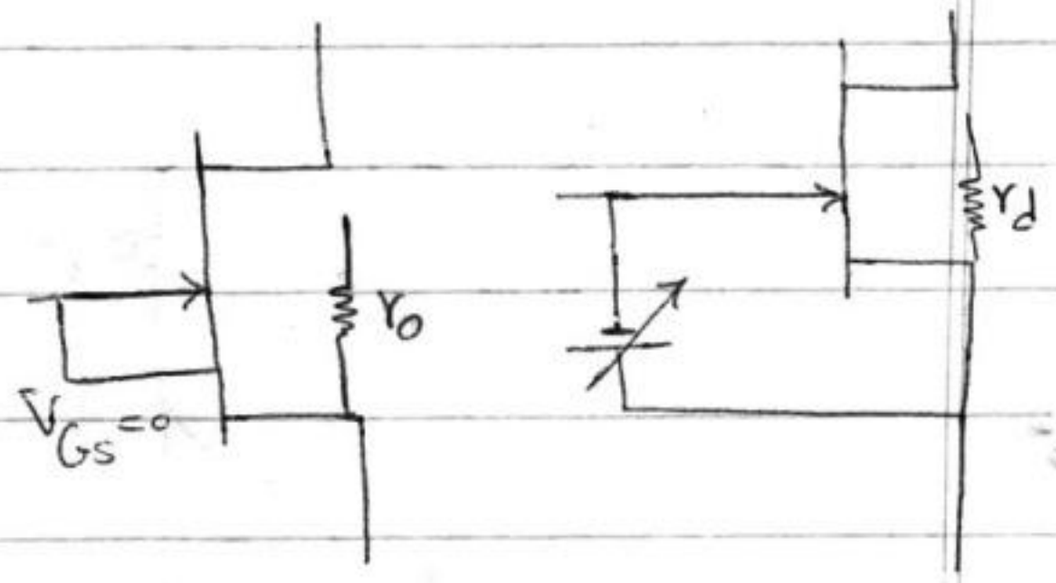
Note: با افزایش V_{GS} در این حالت $I_D=0$ می‌شود و در واقع کانال قطع می‌شود به این مقدار ولتاژ Pinch off می‌گویند و معمولاً با V_P و یا $V_{GS(off)}$ نشان می‌دهند.

Note: با افزایش ولتاژ Break down به ناحیه‌ی FET وارد نشود و آسیب نبیند. $V_{DS} < V_{DSmax}$

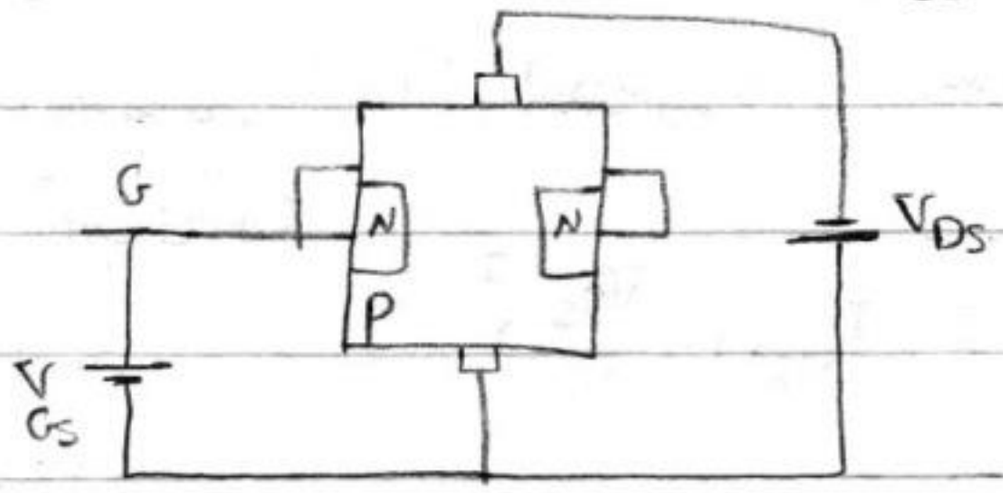
Note: در واقع در ناحیه‌ی اهمی ترانزیستور FET را می‌توان معادل با یک مقاومت دانست که مقدار مقاومت آن با مقدار V_{GS} کنترل می‌گردد مقدار این مقاومت را می‌توان از رابطه‌ی زیر بدست آورد:

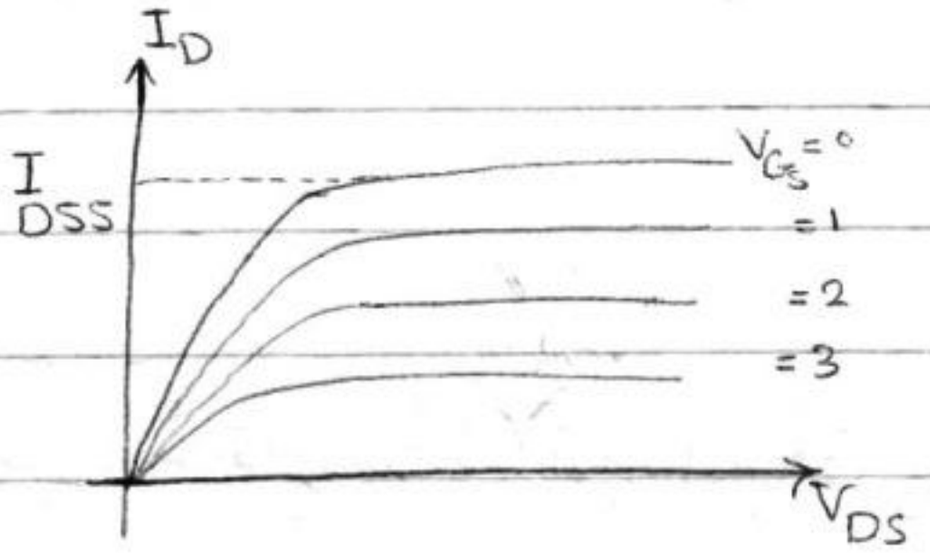
مقدار مقاومت r_{ds} در $V_{GS}=0 \rightarrow r_o$

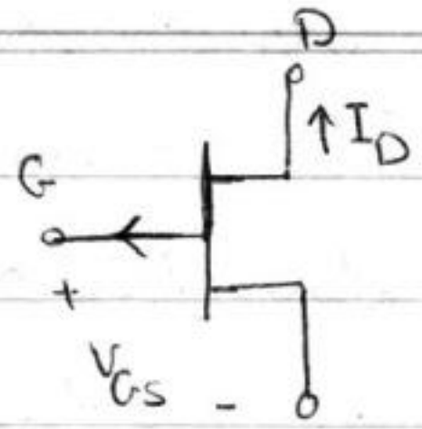
$$r_d = \frac{r_o}{\left(1-\frac{V_{GS}}{V_P}\right)^2}$$



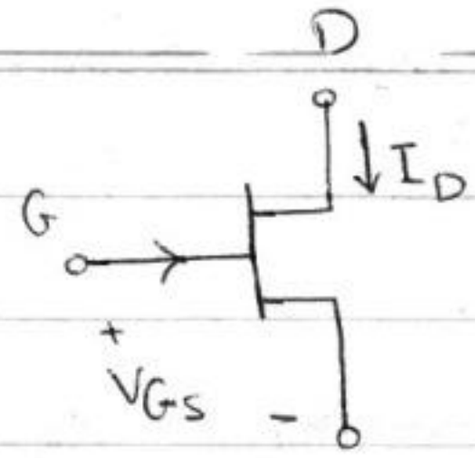
Note: FET، p-chanel نیز مانند N-chanel عمل می‌کند اما در این نوع FET نسبت به FET-N-chanel جای نیمه‌هادی‌های P و N و نیز جهت جریان، پلاریته‌ی ولتاژهای V_{GS} و V_{DS} عوض می‌شود.







« P-chanel »



« N-chanel »

: Note

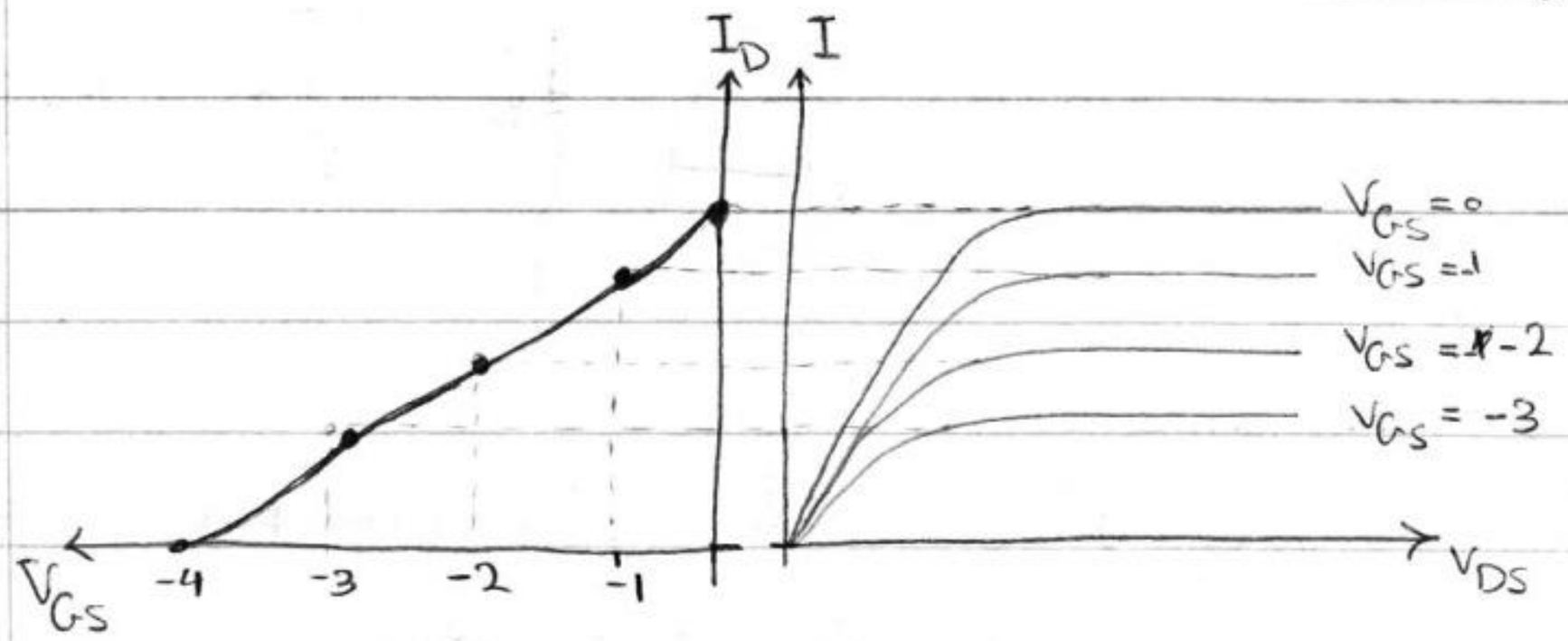
نتیجه گیری هایی از عملکرد FET :

- مقدار V_p و I_{DSS} در برگه مشخصه داده می شود.

V_{GS}	I_D
$V_{GS} = 0$	I_{DSS}
$0 < V_{GS} < V_p$	$0 < I_D < I_{DSS}$
$V_{GS} \geq V_p$	$I_D = 0$

*

✓ تعریف مشخصه انتقال :



با توجه به منحنی مشخصه انتقالی رابطه‌ی بین جریان I_D Drain و V_{GS} خطی نیست و به شکل سهمی یا پارابولیک تقریب زده می شود.

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

این رابطه‌ی غیرخطی برای جریان ترانزیستور FET اغلب از روش ترسیمی مورد استفاده قرار می گیرد. با توجه به رابطه‌ی فوق V_{GS} نیز

با مشخص بودن I_D از رابطه‌ی زیر قابل محاسبه خواهد بود:

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

روش چهارم:

در صورت در دست بودن نمودار منحنی انتقالی می‌توان نکات زیر را با داشتن V_P و I_{DSS} بدست آورد و این نمودار را رسم کرد.

آن به شیب منحنی انتقالی را ترسیم نمود.

V_{GS}	I_D
0	I_{DSS}
$0.3V_P$	$\frac{I_{DSS}}{2}$
$0.5V_P$	$\frac{I_{DSS}}{4}$
V_P	0

Note: مثال‌های عددی و متحان فنی در کتاب بررسی شده.

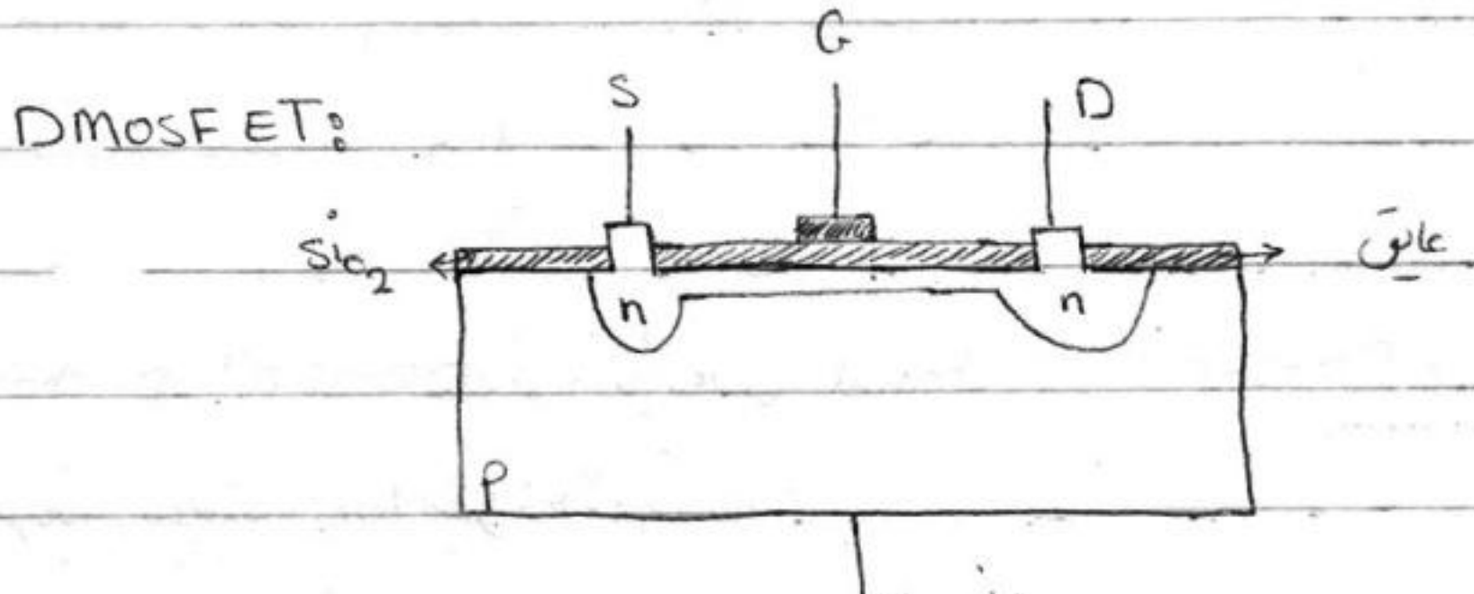
*

MOSFET:

۱- خالی D MOSFET

۲- افزایشی E MOSFET

DMOSFET:



در اکثر موارد source به بدنه متصل می‌شود اما FET هایی هم وجود دارند که دارای چهار پایه می‌باشند و آن را Substrate می‌نامند و آن را SS نشان می‌دهند

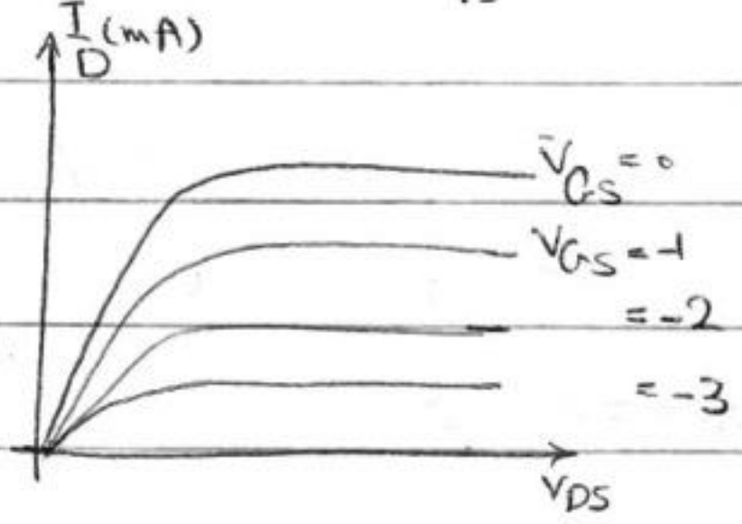
در واقع بین Gate و Chanel هیچ ارتباط الکتریکی وجود ندارد و به همین دلیل امپدانس ورودی MosFET بسیار بالاست.
در واقع نقش Gate نوری عایق SiO_2 قرار دارد.

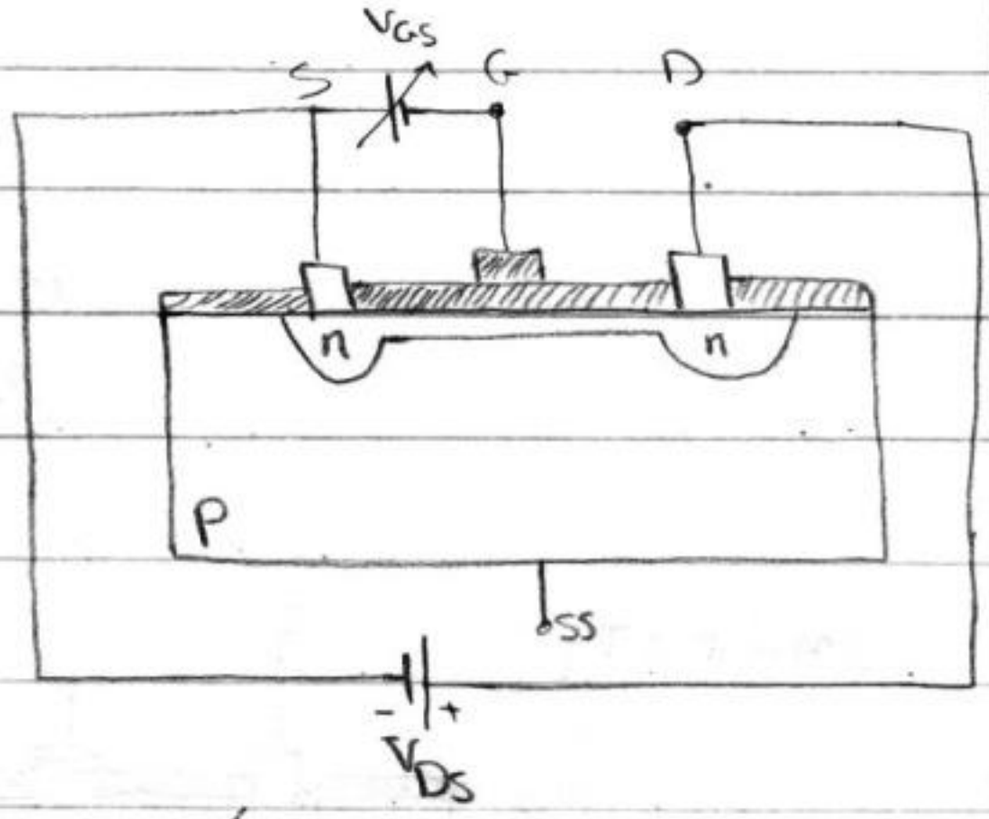
طرز کار DMosFET:

در این نوع MosFET با اعمال ولتاژ Drain-source (V_{DS}) الکترون از سمت Source به سمت Drain روان می‌شوند

و I_{DSS} به ازای $V_{GS}=0$ بدست می‌آید. حال اگر $V_{GS}<0$ به تدریج اعمال شود پتانسیل منفی شده Gate الکترون‌های نیمه‌هادی N را دفع می‌نماید و حفره‌ها را به سمت Gate جذب می‌کند این الکترون‌های دفع شده و حفره‌های جذب شده ترکیب یا بازترکیب یا recombination شروع می‌شوند و در واقع عرض کانال که جریان را هدایت می‌کند کم می‌شود و جریان کاهش می‌یابد.
میزان این کاهش جریان به تقدار V_{GS} وابسته است. رابطه‌ی جریان برای DMosFET مشابه FET می‌باشد.

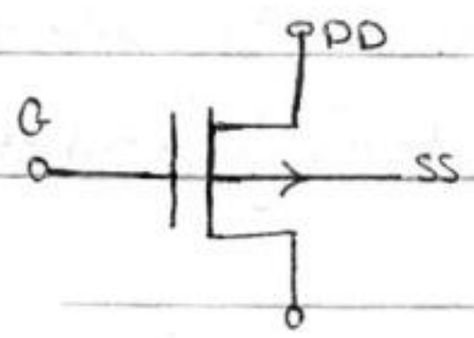
همین منحنی‌های خروجی و انتقالی و آن مشابه JFET را می‌توان رسم کرد.

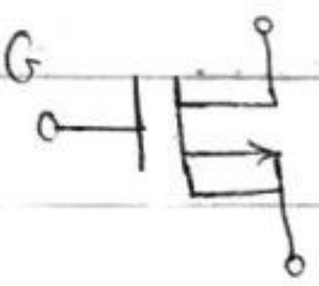




Note: DMosFET-p-chanel نیز دقیقاً برعکس DMosFET-N-chanel می‌باشد منتهی باید پلاریته‌ی ولتاژها و جهت جریان و نوع نیمه‌هادی‌ها تغییر کند. (شکل در کتاب می‌باشد)

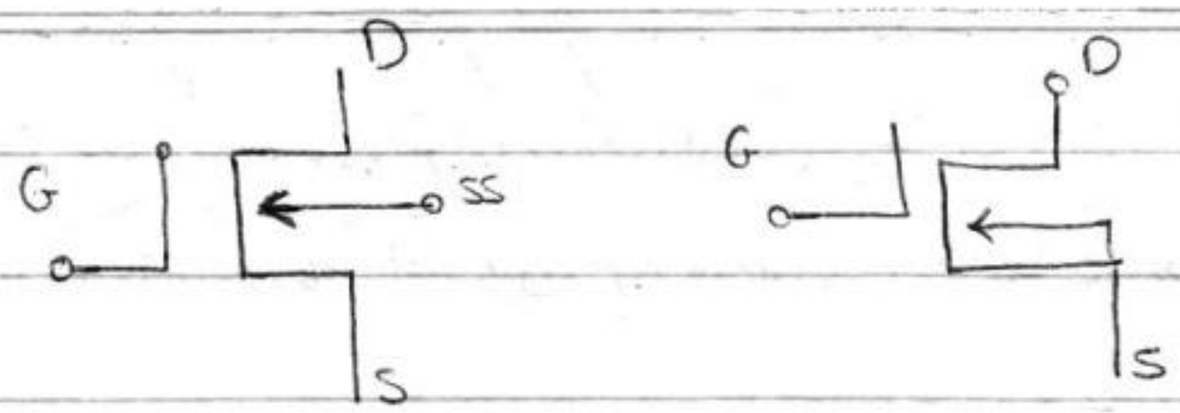
Note: نماد DMosFET در مدارهای الکترونیکی به صورت زیر می‌باشد:

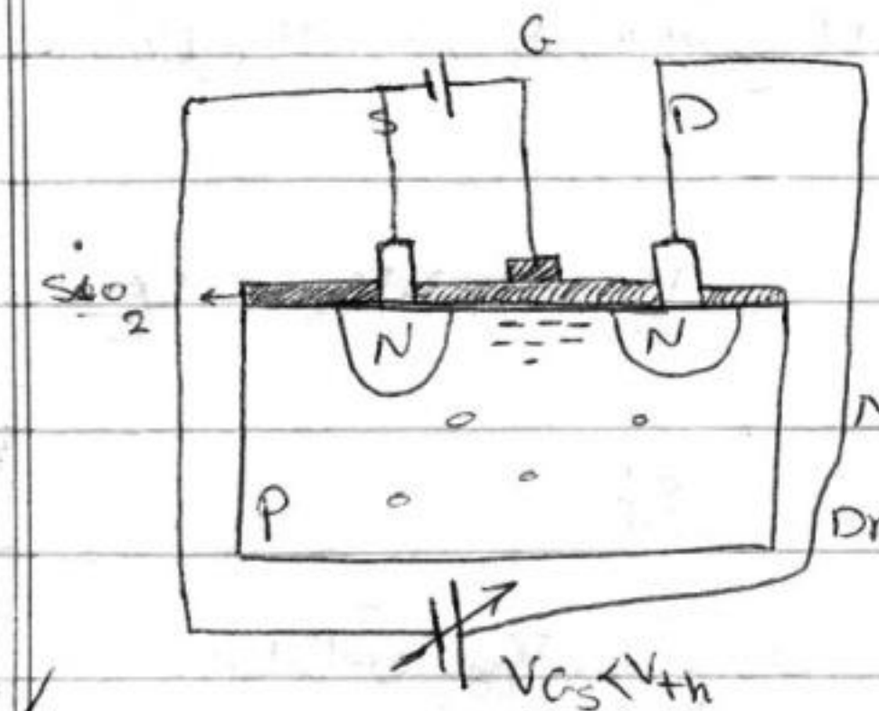




: p-chanel

N-chanel:





E MOSFET ✓ :

ازنظر ساختاری بروی یک نیمه‌هادی P با غلظت دوپینگ دو ناحیه‌ی N ایجاد می‌شود. سپس این نواحی را با اتصالات فلزی به Source و Drain متصل کرده و سطح نیمه‌هادی را با ایجاد لایه‌ی SiO_2 عایق می‌کنند و بروی آن اتصال فلزی که Gate را ایجاد می‌نماید توجه کنید که Gate هیچ ارتباط الکتریکی با بدنه ندارد. ساختار E MOSFET که باعث شبیه DMOSFET می‌باشد با این تفاوت که در

MOSFET ابتدا کانالی وجود ندارد و با اعمال ولتاژ Gate-source یعنی V_{GS} مناسب کانال ایجاد می‌شود و بعد از آن می‌توان از MOSFET استفاده کرد.

✓ طرز کار EMOSFET :

الف) $V_{GS}=0$: با اعمال V_{DS} و تغییر آن جریان EMOSFET صفر خواهد بود و تغییری نمی‌کند زیرا کانالی بین Drain-source برای انتقال وجود ندارد.

انتقال یا تبدیل:
۱- جزوه
۲- شکست
۳- رهیابی
۴- میدعرض

ص ۲
آنالیز DC
FET :

ب) $V_{GS}>0$ ، $V_{DS}>0$:

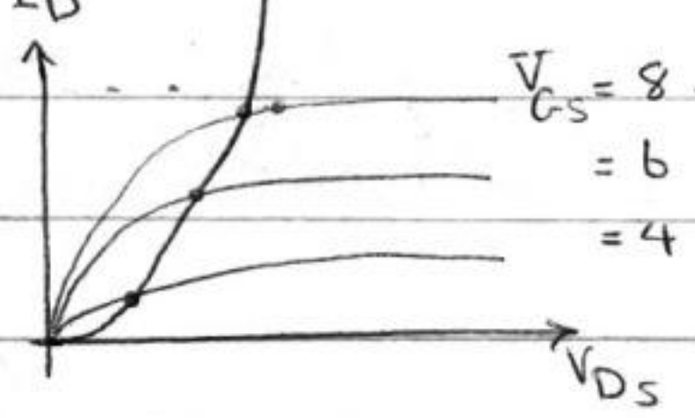
بنابراین مثبت Gate باعث دفع بارهای هم‌نام (حفره‌ها) و جذب بارهای غیرهم‌نام (الکترون‌ها) می‌شود چون زیر Gate یک لایه‌ی عایق SiO_2 وجود دارد این الکترون‌ها جذب Gate

می‌گذرند و در زیر Gate جمع می‌شوند. در واقع این الکترون‌ها با افزایش V_{GS} بین ناحیه‌ی N بین Drain و Source ایجاد می‌کنند و کانال مذکور باعث ایجاد جریان بین Drain و Source می‌شود. مقدار ولتاژ Gate-source V_{GS} که کانال را ایجاد می‌کند و آستانه یا threshold می‌نامند و با علائم V_{th} یا V_{GSth} نشان می‌دهند.

ج: $V_{GS} = cte > V_{th}$:

با افزایش V_{DS} جریان Drain افزایش می‌یابد تا اینکه به سطح اشباع برسد. در این حالت با افزایش V_{DS} در واقع کانال به pinchaff رفته و مقدار جریان ثابت می‌شود.

Note: $V_{DS(sat)} = V_{GS} - V_{th}$ ثابت می‌شود که به ازای مقادیر مختلف V_{GS} منحنی V_{DS} نقاطی را ایجاد می‌کند که این نقاط بر روی یک سهمی قرار دارند.

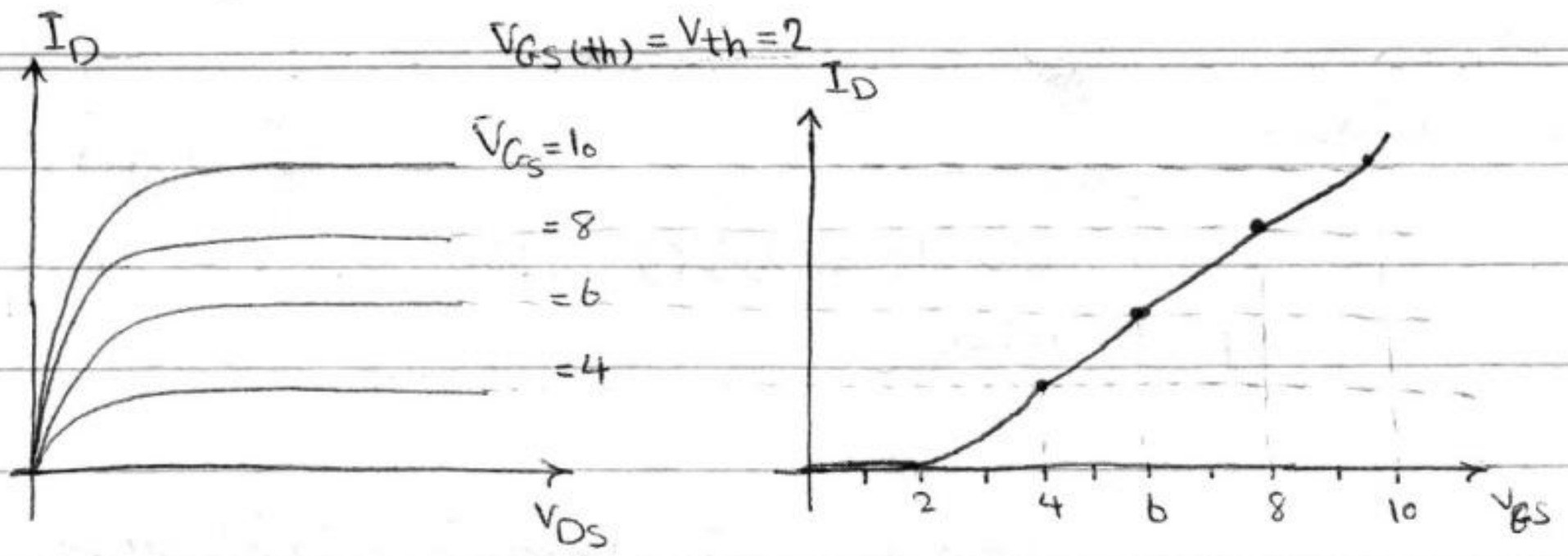


Note: معادله‌ی جریان یک MOSFET افزایشی به صورت $I_D = \frac{1}{2} K (V_{GS} - V_{th})^2$ می‌باشد. در این رابطه K یک ضریب ثابت است که به ساختار MOSFET وابسته می‌باشد.

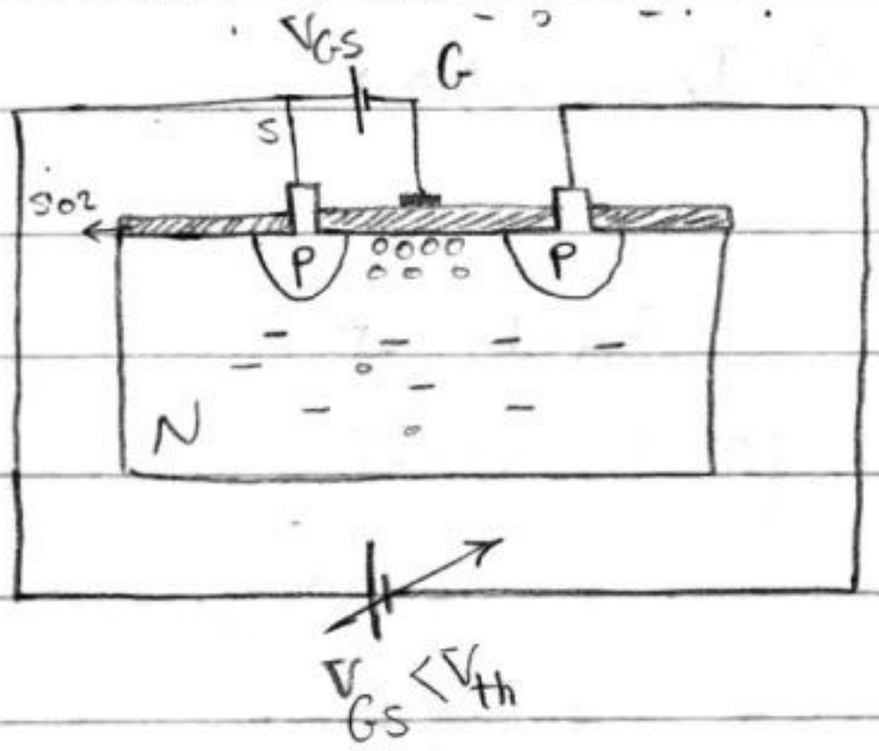
Note: در هر لحظه یک EMOSFET با اندازه‌گیری جریان I_D و V_{GS} می‌توان K مربوط به EMOSFET را از رابطه‌ی زیر بدست آورد.

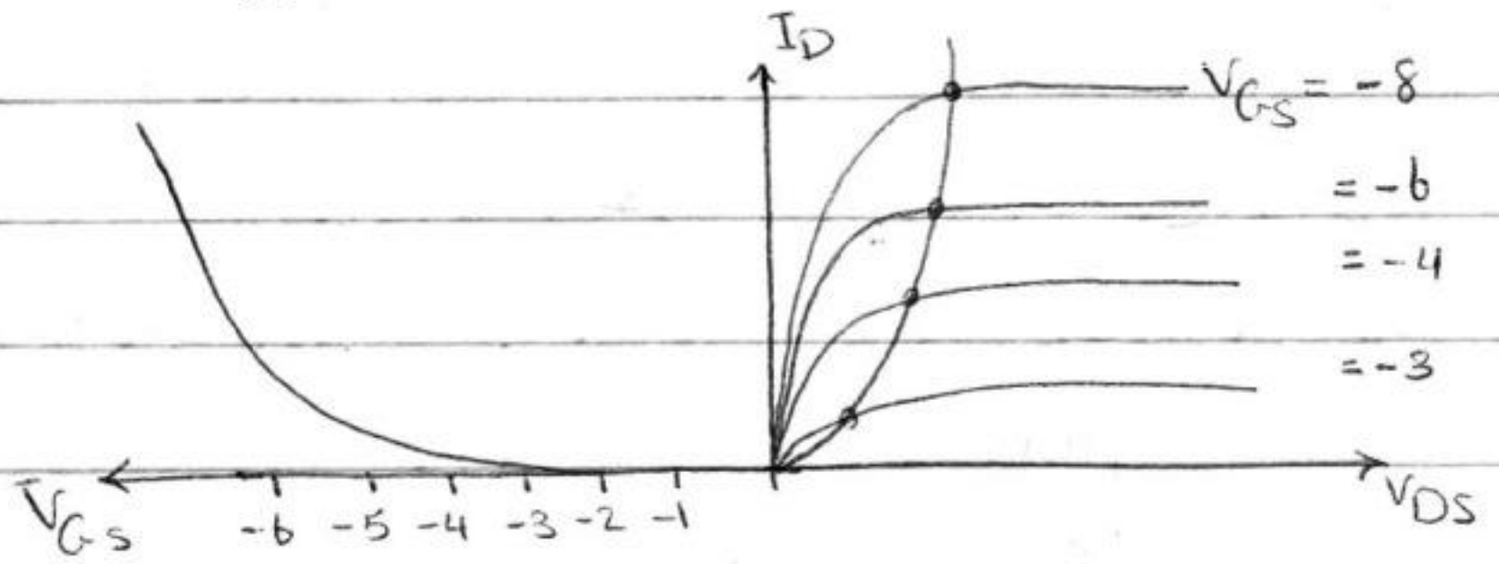
$$K = \frac{I_{D(ON)}}{(V_{GS(ON)} - V_{th})^2}$$

Note: روش کار این منبع مشخصه‌ی انتقالی EMOSFET شبیه سایر FETهای باند.

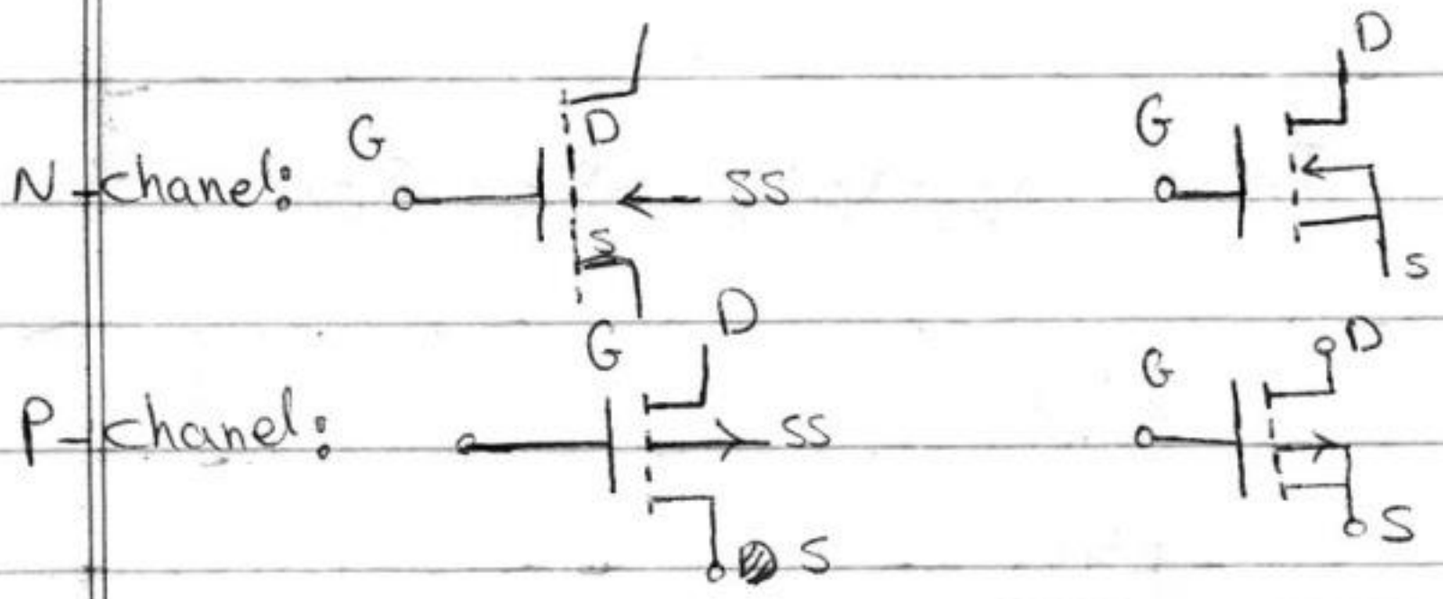


Note: EMOSFET کانال P نیز مانند کانال N می باشد فقط جهت جریان و پلاریسی ولتاژها عکس می شود.





نمادهای EMOSFET:



CMOS VMOS

مفاهیم آنها شکلی خواهد شد.

۷ فصل ششم: / ۷ Sixth chapter:

"بایاس بردن ترانزیستورهای اثرمیدانی"
"FET Bias"

برای بایاس ترانزیستورهای اثرمیدانی همواره نکات زیر را در نظر می‌گیریم:

۱- استفاده از روش ترسیمی به علت غیرخطی بودن روابط I_D و V_{GS}.

۲- همواره $I_G=0$ است. $\leftarrow V_G=0$

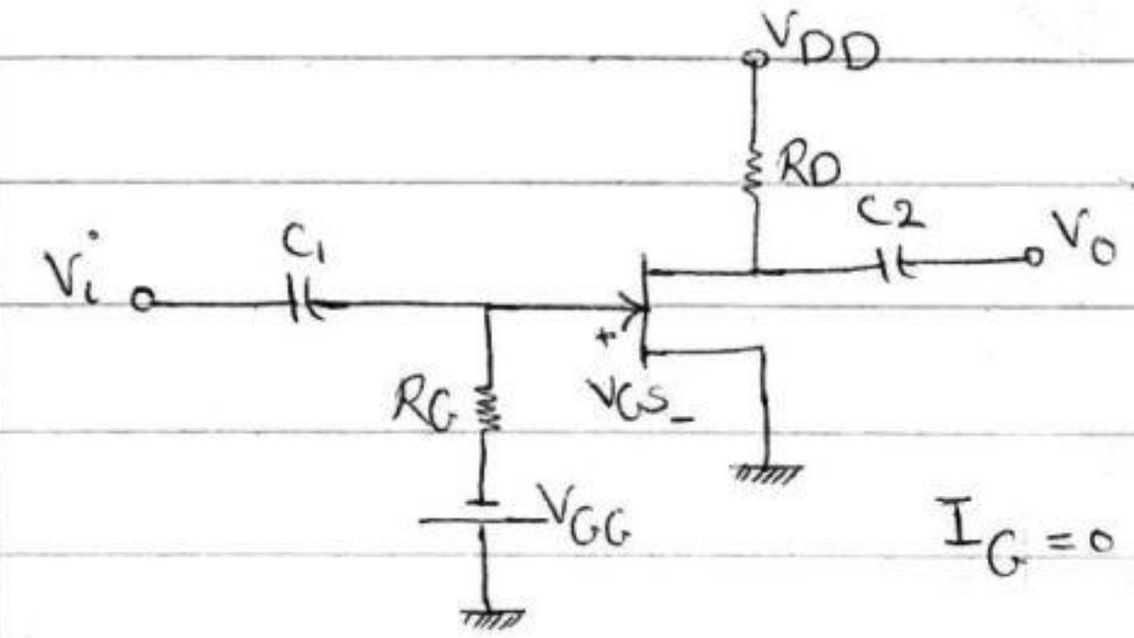
۳- $I_D=I_S$

۴- برای JFET, DMOSFET: $I_D=I_{DSS}\left(1-\frac{V_{GS}}{V_P}\right)^2$

۵- برای E-MOSFET: $I_D=K(V_{GS}-V_{th})^2$

*

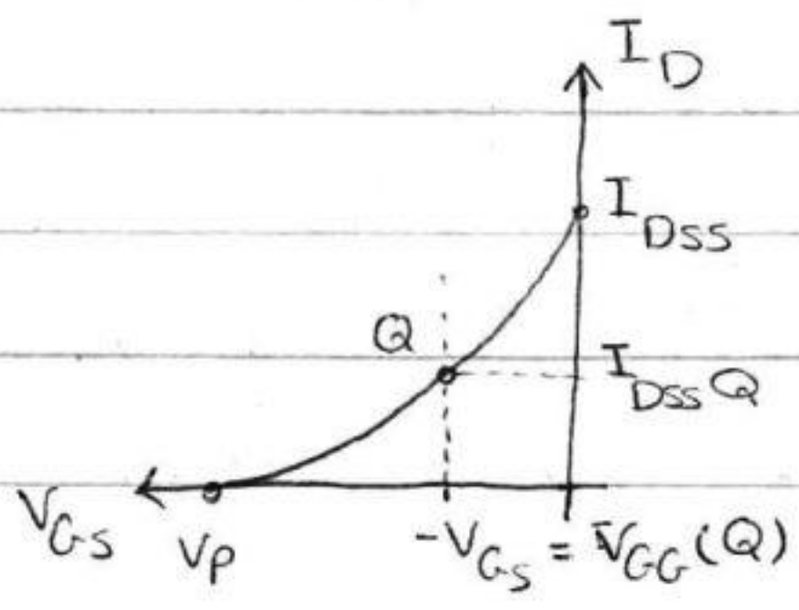
۷۰ مدار تغذیه‌ی ثابت: ۷۰ Fixed Bias:



"مجهول پارامتر V_{GS} است.

$I_G=0 \rightarrow V_{GS}=V_G-V_S \Rightarrow V_G=-V_{GG}$

V_{GS}	I_D
0	I_{DSS}
$0.3V_P$	$\frac{1}{2}I_{DSS}$
$0.5V_P$	$\frac{1}{4}I_{DSS}$
V_P	0



$V_{DD} = V_{DS} + I_D R_D \longrightarrow$

$\rightarrow V_{DS} = V_{DD} - I_D R_D \longrightarrow \begin{cases} I_{DQ} \\ V_{DSQ} \end{cases}$

روش کار:

۱- مقدار ولتاژ Gate-Source (V_{GS}) را محاسبه می‌کنیم.

۲- معادله‌ی مشخصه‌ی انتقالی را برای FET ترسیم می‌کنیم.

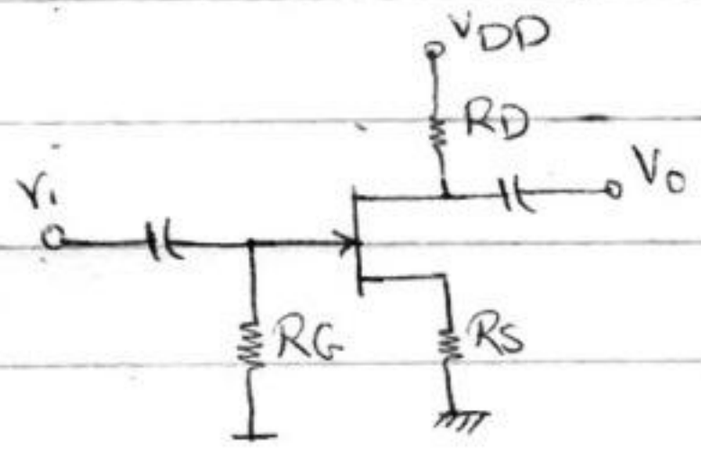
۳- منفی V_{GS} را برحسب I_D بر روی منحنی مشخصه‌ی انتقالی رسم می‌کنیم

۴- مقدار I_{DQ} را از برخورد دو منحنی فوق بدست آورده.

۵- ولتاژ Drain-sourc، V_{DS}، را با برقرار شدن معادله‌ی خروجی بدست می‌آوریم.

مدار خودبایاس

Self Bias Circuit

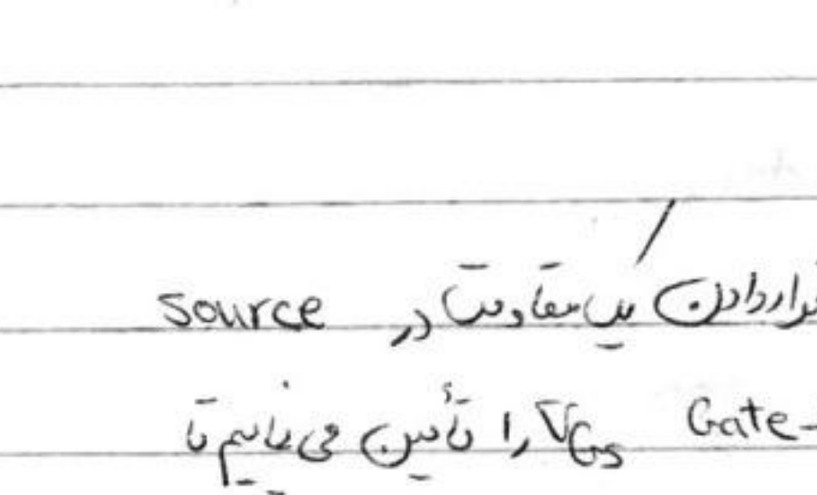


در این مدار با قرار دادن یک مقاومت در Source ولتاژ Gate-Source، V_{GS}، را تأمین می‌نماییم تا نیازی به دو منبع نباشد.

۱) $I_G = 0 \longrightarrow V_G = 0$

۲) $V_S = I_D R_S$

۳) $V_{GS} = V_G - V_S = -I_D R_S$



۱ امین نقطه: $\begin{cases} I_D = 0 \longrightarrow V_{GS} = 0 \\ I_D = \frac{1}{2} I_{DSS} = \frac{-1}{2} I_{DSS} R_S \end{cases}$

output loop: $V_{DD} = I_D R_D + I_D R_S + V_{DS} \longrightarrow V_{DS} = V_{DD} - I_D(R_S + R_D)$

Note: مجهولات نقطه‌ی کار: "I_D ، V_{DS}"

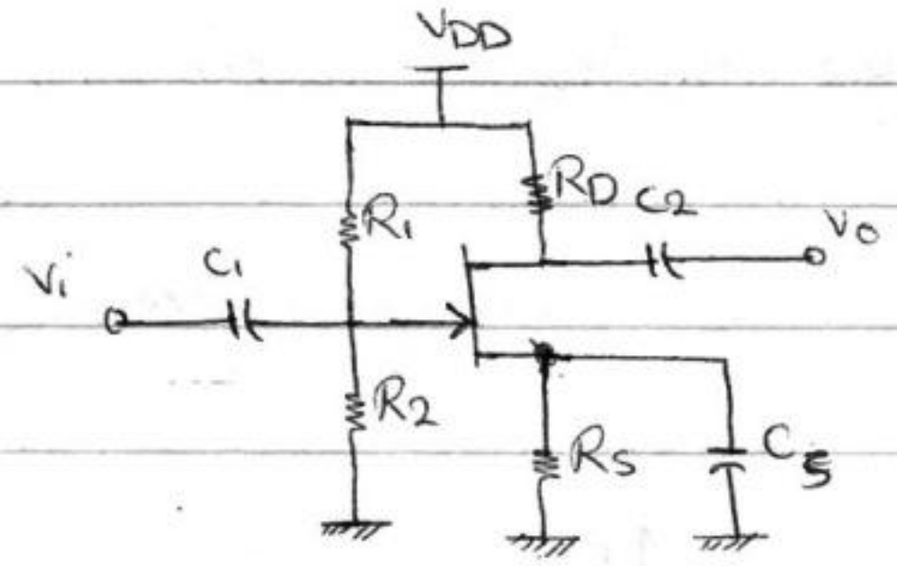
✓ حل مدار فوق از روش ریاضی:

$$\begin{cases} I_D = I_{DSS}\left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P}\right)^2 \longrightarrow I_D = I_{DSS}\left(1 + \frac{I_D R_S}{V_P}\right)^2 \\ V_{GS} = -I_D R_S \end{cases}$$

$$\longrightarrow I_D^2 + K_1 I_D + K_2 = 0 \rightarrow \begin{cases} I_{D_1} < I_{DSS} & \text{قابل قبول} \checkmark \\ I_{D_2} > I_{DSS} & \text{غیر قابل قبول} \times \end{cases}$$

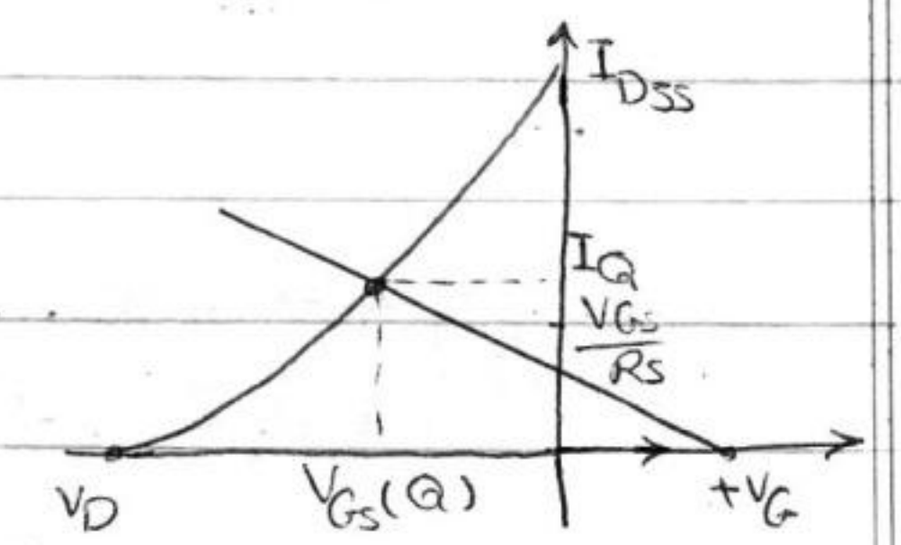
*

۷ مدار تقسیم ولتاژ: ۷ Voltage Divider:



$$I_G = 0 \longrightarrow V_G = V_{DD} \times \frac{R_2}{R_1 + R_2} \longrightarrow V_{GS} = V_G - V_S = V_G - I_D R_S$$

$$\rightarrow \begin{cases} I_D = 0 \longrightarrow V_{GS} = V_G \\ V_{GS} = 0 \longrightarrow I_D = \frac{V_G}{R_S} \end{cases}$$



output loop: $V_{DD} = I_D R_D + V_{DS} + I_D R_S \longrightarrow V_{DS} = V_{DD} - I_D(R_D + R_S)$

Note: برای JFET و DMOS FET بوازای $V_{GS}=0$ یعنی این Gate و Source به هم وصل شده باشند؟
I_D و I_S برابر با I_{DSS} خواهد بود.

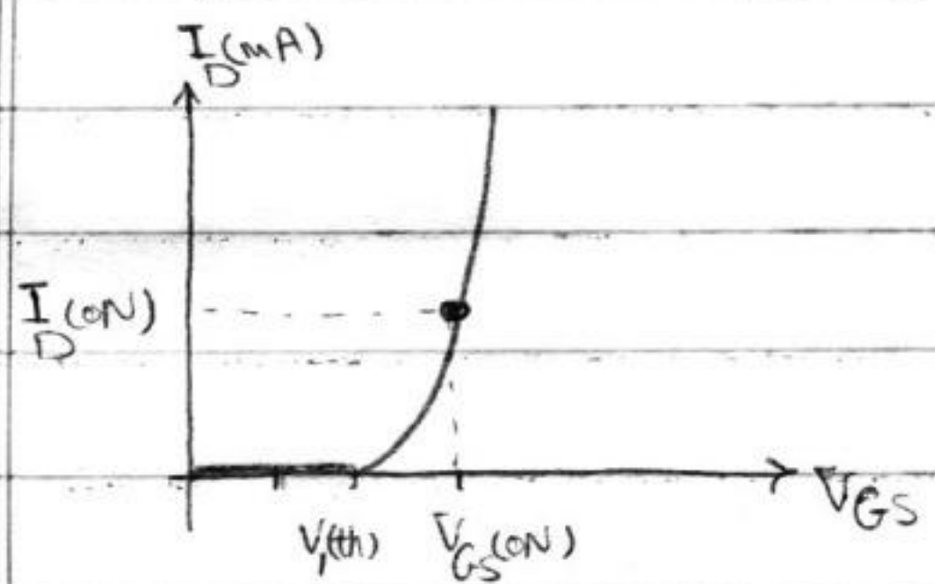
۷) E-MOS DC Analysis: ۷) آنالیز DC E-MOS:

در این نوع MOSFET ها داریم تا V_{GS} از V_{th} بالاتر نرود جریان $I_D=0$ خواهد بود در Data sheet به E-MOS معمولاً مقادیر زیر داده می‌شود:

$V_{GS(ON)}$ ، $I_{D(ON)}$ ، $V_{GS(th)}$

این سه مقدار برای رسم منحنی انتقالی E-MOS کافی است.

الف - با استفاده از رابطه‌ی: $K=\frac{I_{D(ON)}}{(V_{GS(ON)}-V_{th})^2}$ رابطه آمده حال به ازای مقادیر مختلف V_{GS} می‌توانیم I_D را حساب کنیم و نمودار را ترسیم کنیم.



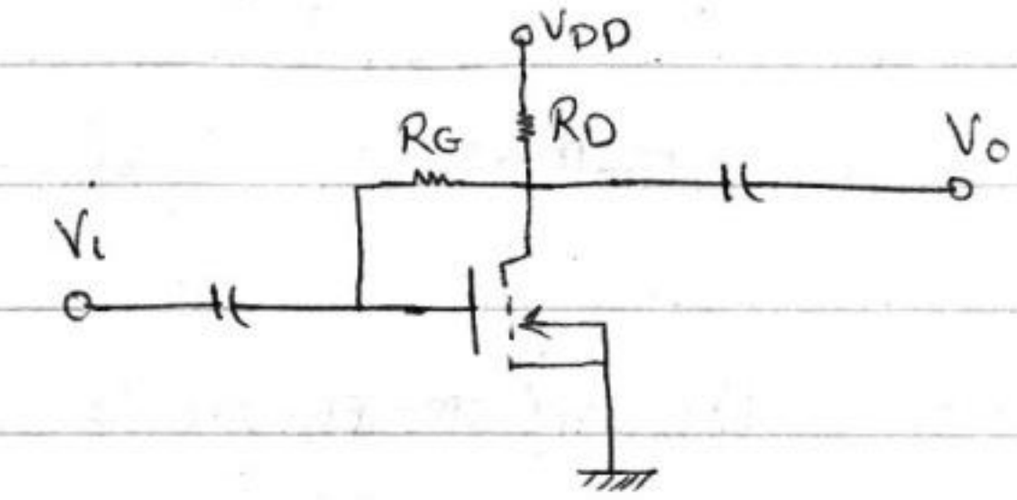
$I_D=K(V_{GS}-V_{th})^2 \rightarrow \begin{cases} I_{D_1}=? \\ I_{D_2}=? \end{cases}$

I_{D_1} ، I_{D_2} با عدد دادن به V_{GS} های داده شده محاسبه می‌شوند.

: EX

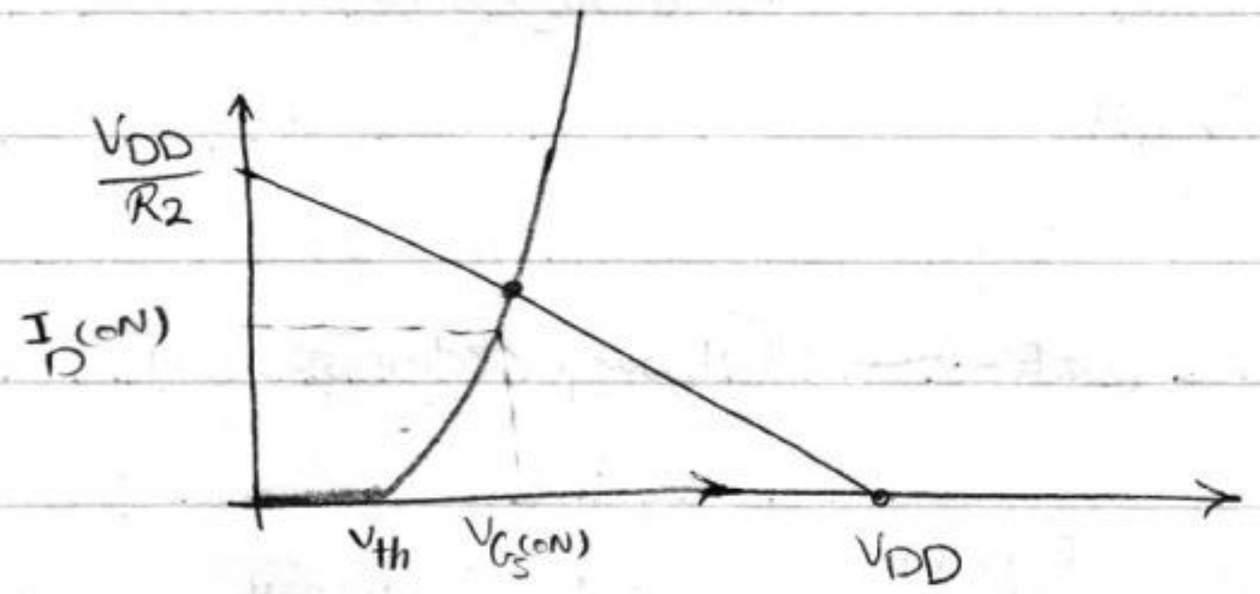
۵/ آرایش feedback ، تغذیه بایاس با E-MOS:

۵/ Fixed Bias with EMOSFET:



$I_G = 0 \rightarrow V_D = V_G$

$\rightarrow V_D - V_S = V_G - V_S \rightarrow V_{DS} = V_{GS}$



شبیه‌ی خرب

$V_{DS} = V_{GS} = V_{DD} - I_D R_D$

$\begin{cases} I_D = 0 \rightarrow V_{GS} = V_{DD} \\ V_{GS} = 0 \rightarrow I_D = \dfrac{V_{DD}}{R_D} \end{cases}$

① بتا ← بتای بتا

② اهمیت

③ حیرمش ← ۲ تا ۳ برابر بیشتر