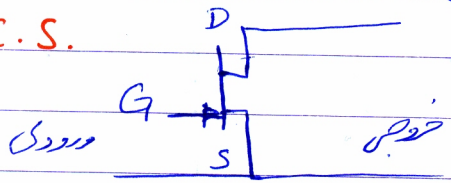
"به نام خدا"

الکترونیک ۱ — استاد جعفرنیا طلبه

تجزیه و تحلیل سیگنال کوچک تقویت کننده دارای FET:

همان طور که گفته شد، در این نوع تجزیه و تحلیل، عناصر با مشخصات غیرخطی در حول نقطه کار با مدل های خطی خود جایگزین می شوند. از آنجا که FET سه پایه دارد، با توجه به این که ورودی و خروجی هر یک با پای مشترک است، سه نوع تقویت کننده می توان در نظر گرفت.

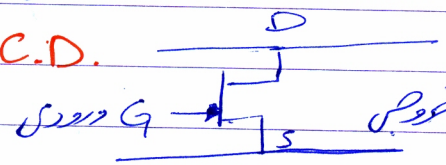
C.S.



بسیار بالا ← امپدانس ورودی ← $|A_v| \gg 1$

متوسط ← امپدانس خروجی ← $\varphi = 180^\circ$

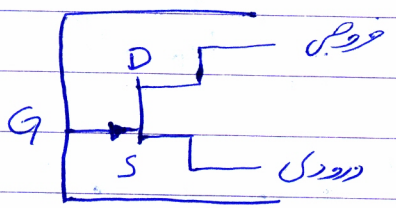
C.D.



بسیار بالا ← امپدانس ورودی ← $|A_v| \leq 1$

کم ← امپدانس خروجی ← $\varphi = 0$

C.G.



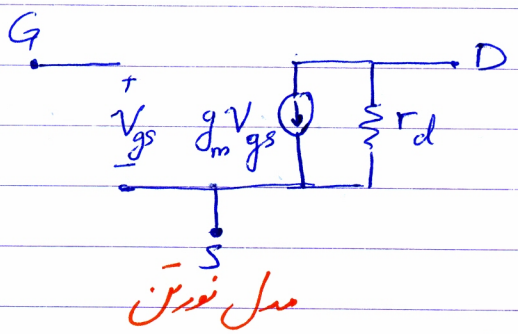
کم ← امپدانس ورودی ← $|A_v| \geq 0$

زیاد ← امپدانس خروجی ← $\varphi = 0$

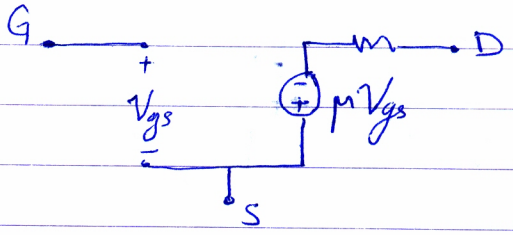
- مدل سیگنال کوچک FET :

از آنجا که بین G و S مقاومت بسیار زیادی وجود دارد، بنابراین بین G و S را باز در نظر می‌گیریم.
بین D و S نیز مقاومت کوچکی وجود دارد که آن را r_d می‌نامیم. این مدل را مدل فرکانس پایین FET می‌نامند که خازن ندارد. مقادیر مدل‌های فرکانس بالا خازن‌هایی در نظر گرفته می‌شود که این خازن‌ها در حالت تقویت‌کنندگی FET محدودیت ایجاد می‌کند. این مدل به دلیل محدودیت جریان، مدل نورتن معروف است که شبیه مدل π است.

+ مدل معادل دیگری با نام تونن وجود دارد که در زیر نشان داده شده است.



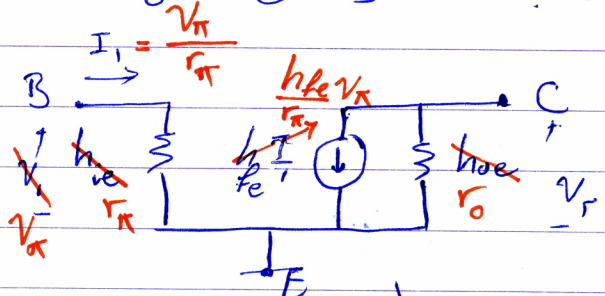
مدل نورتن



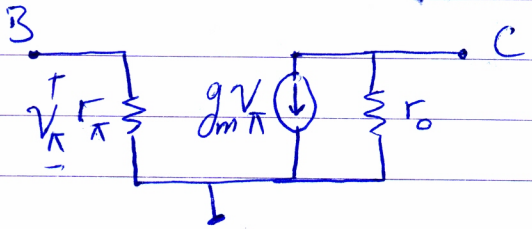
مدل تونن

$\mu = g_m r_d$

* برای ترانزیستور مدل دیگری با نام مدل π وجود دارد که به صورت زیر نشان داده می‌شود.



$\left(\frac{h_{fe}}{r_\pi} = g_m \;,\; h_{re} \cong 0 \right)$



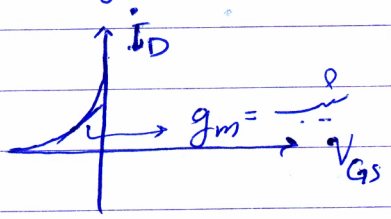
$$\begin{cases} V_\pi = h_{ie} \\ g_m = \frac{\beta}{V_\pi} \\ r_o = \frac{1}{h_{oe}} \end{cases}$$

s.a.m

پارامترهای ac در FET:

۱) g_m

$$g_m \triangleq \left.\frac{i_d}{v_{gs}}\right|_{v_{ds}=0} = \left.\frac{\partial i_D}{\partial v_{GS}}\right|_{v_{DS}=\text{ثابت}}$$



$$I_D = k(V_{GS} - V_t)^2$$

$$g_m = \frac{\partial I_D}{\partial V_{GS}} = 2k(V_{GS} - V_t) = 2k\sqrt{\frac{I_D}{k}}$$

$$\Rightarrow g_m = 2\sqrt{k \cdot I_D}$$

برای JFET:

$$g_m = 2\sqrt{\frac{I_{DSS}}{V_{GS(OFF)}^2} \times I_D} = \frac{2}{|V_{GS(OFF)}|}\sqrt{I_{DSS} \cdot I_D}$$

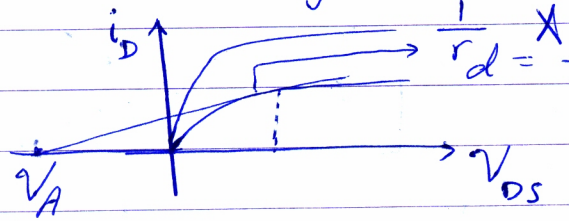
تعیین g_m برای JFET مستقیماً محاسبه نمی‌شود.

۲) μ

$$\mu = g_m r_d$$

۳) r_d

$$r_d \triangleq \left.\frac{i_d}{v_{ds}}\right|_{v_{gs}=0} = \left.\frac{\partial i_D}{\partial V_{DS}}\right|_{V_{GS}=\text{ثابت}}$$



$$r_d = \frac{V_A + V_{DS}}{I_D} \approx \frac{V_A}{I_D}$$

مراحل تحلیل تقویت کننده با FET سیگنال کوچک:

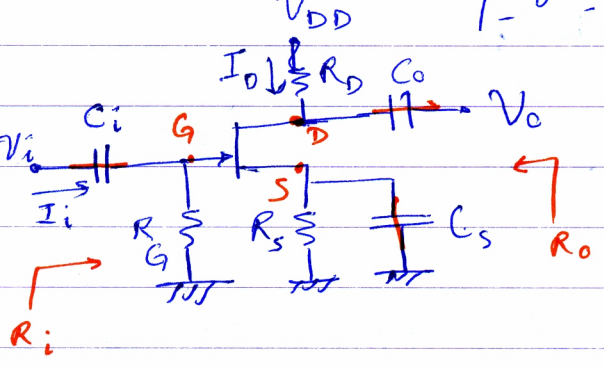
① مدار معادل dc را رسم می‌کنیم و نقطه‌ی کار را می‌یابیم (I_D / V_{DS}).

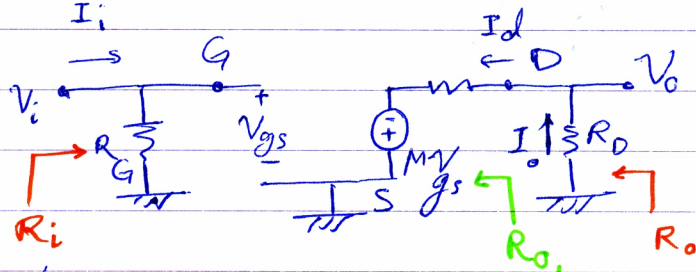
② مدار معادل ac را رسم می‌کنیم و به جای FET مدار معادل سیگنال کوچک را می‌گذاریم.

* خازن‌های کوپلاژ و بای‌پس اتصال کوتاه هستند.

③ کمیت‌های A_V ، A_i ، R_i ، R_o را محاسبه می‌کنیم.

مثال:





$$V_o = -I_o R_D \quad , \quad I_o = I_d = \frac{\mu V_{gs}}{r_d + R_D} \Rightarrow V_o = \frac{-\mu V_{gs}}{r_d + R_D} R_D \quad , \quad V_i = V_{gs}$$

$$\Rightarrow V_o = \frac{-\mu R_D}{r_d + R_D} V_i \Rightarrow \boxed{A_i = \frac{-\mu R_D}{r_d + R_D}} \qquad \boxed{R_i = R_G}$$

$$A_V = \frac{V_o}{V_i} = \frac{-I_o R_D}{I_i R_G} = -A_i \frac{R_D}{R_G} \Rightarrow \boxed{A_I = -A_V \times \frac{R_G}{R_D}}$$

$$R_{o_1} = r_d \qquad R_o = R_{o_1} \parallel R_D = r_d \parallel R_D$$