مشخصات تقویت کننده های FET

از FET برای ساخت تقویت کننده های سیگنال کوچک که ارائه کننده بهره ولتاژ با امپدانس ورودی زیاد هستند، استفاده می شود.

البته مدار MOSFET امپدانس ورودی بزرگتری نسبت به مدار JFET مشابه دارد.

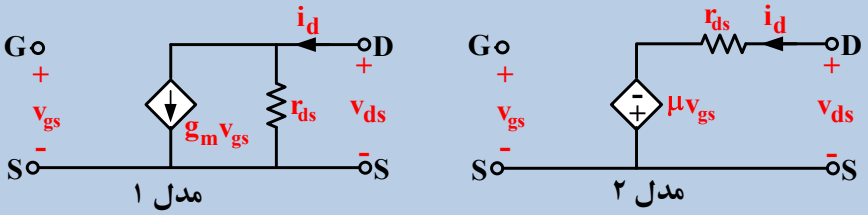
در مدل JFET ، مقاومت بین گیت و سورس معمولا بیش از 10^9 است.

در مدل MOSFET، مقاومت بین گیت و سورس معمولا بین 10^{12}تا 10^{15} است.

تحلیل مدارهای FET مشابه تحلیل مدارهای BJT هستند، بطوریکه فقط همه پارامترها بر حسب v_{gs} به جای i_b بدست می آید.

مدل ac سیگنال کوچک همه نوع FET در ناحیه اشباع یکسان بوده و به دو فرم رسم می شود :

مدل سیگنال کوچک FET



$$\mu = g_m r_{ds}$$

معمولا از مدل ۱ در تحلیل و طراحی تقویت کننده ها استفاده می شود.

$$g_m = \frac{\partial i_D}{\partial v_{GS}}\Big|_Q \qquad \frac{1}{r_{ds}} = \frac{\partial i_D}{\partial v_{DS}}\Big|_Q$$

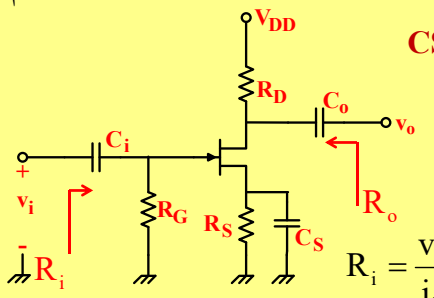
برای JFET و MOSFET نوع تهی داریم :

$$i_{DS} = I_{DSS}\left(1 - \frac{v_{GS}}{V_P}\right)^2 \rightarrow g_m = \frac{-2I_{DSS}}{V_P}\left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P}\right)$$

تقویت کننده سورس مشترک CS

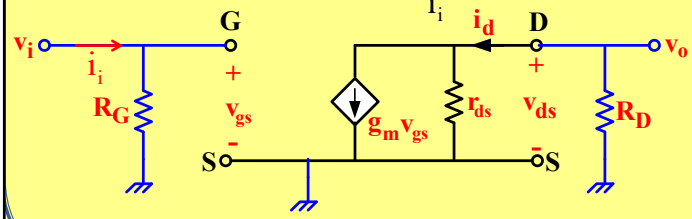
۳ مدار اساسی وجود دارد که به تحلیل پارامتری هر یک از آنها می پردازیم.

۱- تقویت کننده سورس مشترک CS



$$A_v = \frac{v_o}{v_i} = \frac{(-g_m v_{gs})(r_{ds} \,||\, R_D)}{v_{gs}} = -g_m (r_{ds} \,||\, R_D)$$

$$R_i = \frac{v_i}{i_i} = R_G \qquad R_o = R_D \,||\, r_{ds}$$



شیب خط بار AC :

$$\frac{-1}{R_D}$$

تقویت کننده سورس مشترک CS

اگر خازن سورس وجود نداشته باشد، مدار معادل چنین است :

$$\begin{cases} v_{gs} = v_i - R_s i_d \\ v_o = r_{ds}(i_d - g_m v_{gs}) + R_S i_d = -R_D i_d \end{cases} \rightarrow A_v = \frac{v_o}{v_i} = \frac{-g_m R_D}{1 + g_m R_S + \frac{R_D + R_S}{r_{ds}}}$$

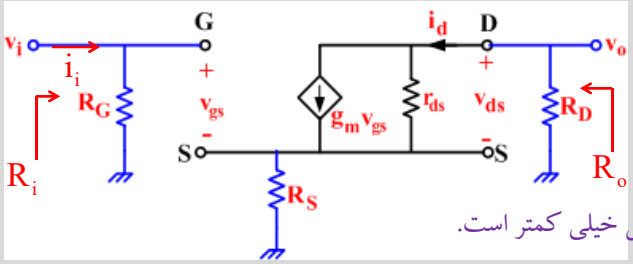
محاسبه R_o :

$$\begin{cases} v_o = r_{ds}(i_d - g_m v_{gs}) + R_S i_d \\ v_i = 0 \rightarrow v_{gs} = -v_s = -R_S i_d \end{cases} \rightarrow \frac{v_o}{i_d} = r_{ds}(1 + g_m R_S) + R_S$$

$$R_o = [r_{ds}(1 + g_m R_S) + R_S] \,||\, R_D$$

محاسبه R_i :

$$R_i = \frac{v_i}{i_i} = R_G$$

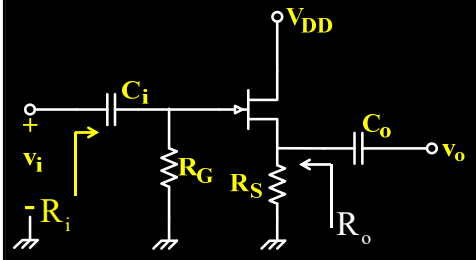


شیب خط بار AC :

$$\frac{-1}{R_D + R_S}$$

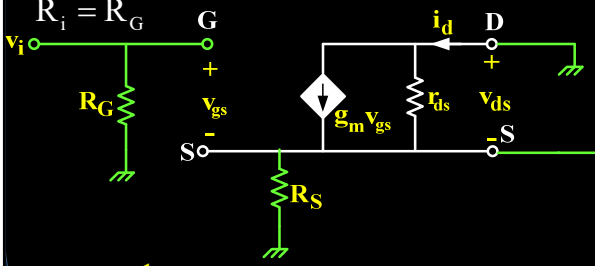
بهره ولتاژ نسبت به حالت قبل خیلی کمتر است.

تقویت کننده درین مشترک CD



$$A_v = \frac{v_o}{v_i} = \frac{(g_m v_{gs})(r_{ds} \| R_D)}{v_{gs} + g_m v_{gs}(r_{ds} \| R_D)} = \frac{g_m (r_{ds} \| R_D)}{1 + g_m (r_{ds} \| R_D)} < 1$$

محاسبه R_o:

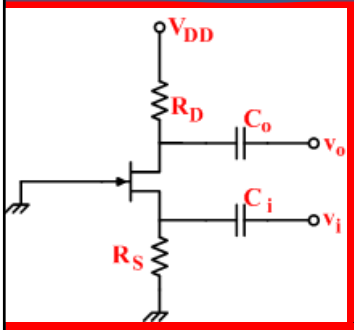


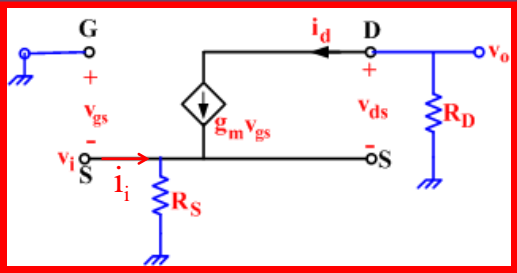
$$\begin{cases} v_i = 0 \rightarrow v_{gs} = -v_o \\ v_o = (R_s \| r_{ds})(i_d - g_m v_{gs}) \end{cases}$$

$$R_o = \frac{v_o}{-i_d} \rightarrow R_o = \frac{1}{g_m} \| r_{ds} \| R_S$$

شیب خط بار AC: $\frac{-1}{R_S}$

تقویت کننده گیت مشترک CG





$$A_v = \frac{v_o}{v_i} \quad v_i = -v_{gs} \quad v_o = -g_m v_{gs} R_D$$

$$A_v = g_m R_D \qquad R_o = R_D$$

$$v_i = -v_{gs} = (i_i + g_m v_{gs}) R_s$$

$$R_i = \frac{v_i}{i_i} \rightarrow R_i = \frac{1}{g_m} \| R_S$$

در این تقویت کننده چون امپدانس ورودی بسیار کم است، کاربرد خیلی کمی دارد.

در این کاربرد مزیت استفاده از FET دیده نمی شود.

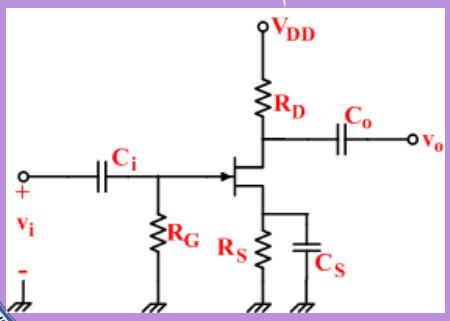
مثال : CS

مثال ۱ :

مثال ۱ فصل ۵ را در نظر گرفته و یکبار فرض کنید که خازن C_S موازی R_S داریم و بار دیگر فرض کنید این خازن وجود ندارد. همچنین فرض کنید :

$r_{ds} = 40\ K\Omega$

بهره ولتاژ و امپدانس ورودی و خروجی و ماکزیمم ولتاژ خروجی چقدر است؟



$$g_m = \frac{-2I_{DSS}}{V_P}\left(1-\frac{V_{GS}}{V_P}\right) = 0.928\ \frac{mA}{V}$$

با وجود خازن C_S :

$$A_V = -g_m(r_{ds} \| R_D) = -2.89$$

$$R_i = R_G = 1\ M\Omega$$

مثال : CS

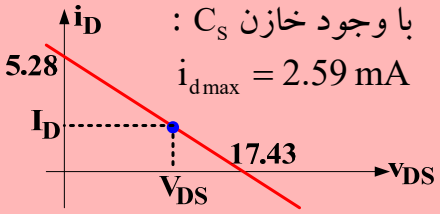
$$R_o = R_D \| r_{ds} = 3.05\ K\Omega$$

بدون وجود خازن C_S :

$$A_V = \frac{-g_m R_D}{1 + g_m R_S + \frac{R_D + R_S}{r_{ds}}} = -1.52 \qquad R_i = R_G = 1\ M\Omega$$

$$R_o = [r_{ds}(1 + g_m R_S) + R_S] \| R_D = 3.166\ K\Omega$$

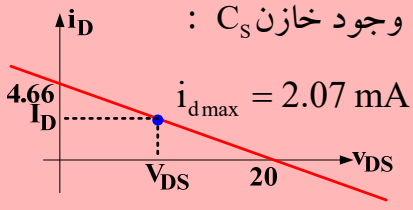
با وجود خازن C_S :



$$i_{dmax} = 2.59\ mA$$

$$v_{omax} = R_D i_{dmax} = 8.55\ V_P$$

بدون وجود خازن C_S :



$$i_{dmax} = 2.07\ mA$$

$$v_{omax} = R_D i_{dmax} = 6.83\ V_P$$