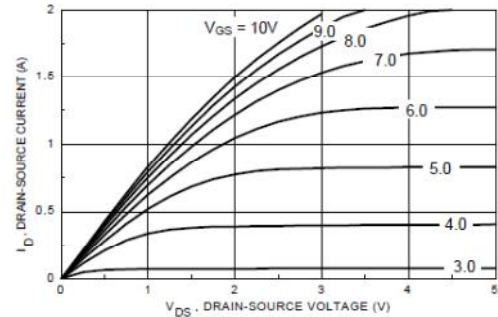


1. A MOSFET nagyjelű modellezése

1.1. A MOSFET telítési tartományban érvényes matematikai modellje az $I_D = K \cdot (U_{GS} - U_t)^2$ képlettel adott. Határozzuk meg a K és az U_t paraméterek értékét a *BS170* típusú MOSFET-re, melynek kimeneti jelleggörbéi az ábrán láthatók!



Megoldás:

Vegyünk fel két pontot a jelleggörbék vízszintes szakaszán (ez jellemzi a telítési tartományt):

1. pont: $U_{GS1}=3[V]$, $I_{D1}=70[mA]$;
2. pont: $U_{GS2}=6[V]$, $I_{D2}=1,27[A]$.

Ezeket behelyettesítve a MOSFET matematikai modelljébe, a következő egyenletekhez jutunk:

$$I_{D1} = K(U_{GS1} - U_t)^2 \Rightarrow 0,07 = K(3 - U_t)^2$$
$$I_{D2} = K(U_{GS2} - U_t)^2 \Rightarrow 1,27 = K(6 - U_t)^2$$

A két egyenletet elosztva egymással a következő egyenletet kapjuk:

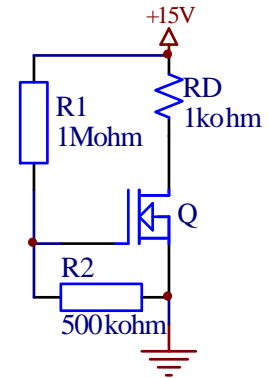
$$\frac{1,27}{0,07} = \frac{(6-U_t)^2}{(3-U_t)^2} \Rightarrow 6 - U_t = \sqrt{\frac{1,27}{0,07}} \cdot (3 - U_t) \Rightarrow U_t \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{1,27}{0,07}}\right) = 6 - 3 \cdot \sqrt{\frac{1,27}{0,07}}$$
$$U_t = \frac{6 - 3 \cdot \sqrt{\frac{1,27}{0,07}}}{1 - \sqrt{\frac{1,27}{0,07}}} = \frac{-6,778}{-3,259} = 2,0798[V]$$

A kapott U_t értéket az egyik kiinduló egyenletbe helyettesítve kiszámítjuk K értékét:

$$K = \frac{1,27}{(6 - U_t)^2} \Rightarrow K = \frac{1,27}{(6 - 2,0798)^2} = 0,0826 \left[\frac{A}{V^2}\right] = 82,6 \left[\frac{mA}{V^2}\right].$$

2. A MOSFET munkapontjának meghatározása a nagyjelű modell alapján

2.1. Az ábrán megadott kapcsolásban határozzuk meg a MOSFET munkapontját definiáló U_{DS} és I_D értékeket, feltételezve, hogy a MOSFET telítési tartományban működik, tehát érvényes az $I_D = K \cdot (U_{GS} - U_t)^2$ képlet! Adott: $K=1[mA/V^2]$, $U_t=2[V]$.



Megoldás:

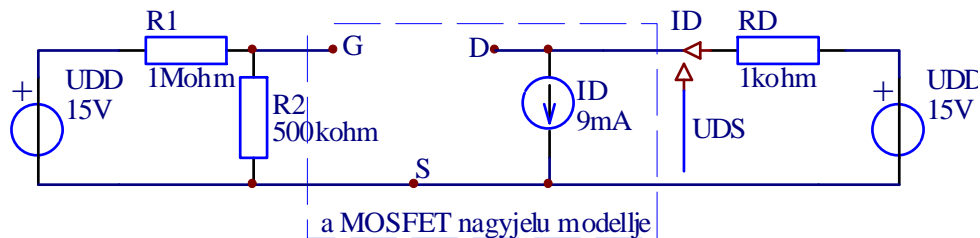
Az U_{GS} feszültséget az $R1$, $R2$ feszültségosztó határozza meg:

$$U_{GS} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot 12 = \frac{500 \cdot 10^3}{700 \cdot 10^3 + 500 \cdot 10^3} \cdot 15 = 5[V].$$

Az U_{GS} feszültségből kiszámítható az I_D áram:

$$I_D = K(U_{GS} - U_t)^2 = 10^{-3}(5 - 2)^2 = 9 \cdot 10^{-3} = 9[mA].$$

A nagyjelű helyettesítő ábra alapján a kimenő körre a következő egyenlet írható Kirchhoff második törvénye szerint:



$$U_{DD} - R_D \cdot I_D - U_{DS} = 0.$$

Innen:

$$U_{DS} = U_{DD} - R_D \cdot I_D = 15 - 10^3 \cdot 9 \cdot 10^{-3} = 6[V].$$

Mivel a kapott U_{DS} értékre érvényes $U_{DS} > U_{GS} - U_t$, helyes volt a feltételezés, hogy a MOSFET telítési tartományban üzemel.

3. A MOSFET kisjelű (lineáris) modellje adott munkapontban

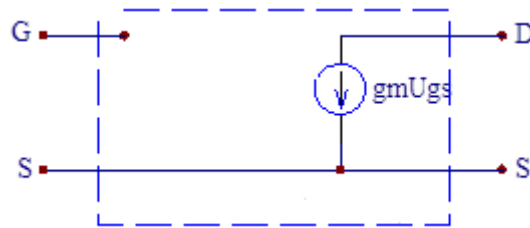
3.1. Határozzuk meg a MOSFET kisjelű modelljét a 2.1 feladatban kapott munkapontban!

Megoldás:

Az egyetlen paraméter, amelyet számítanunk kell, az a g_m :

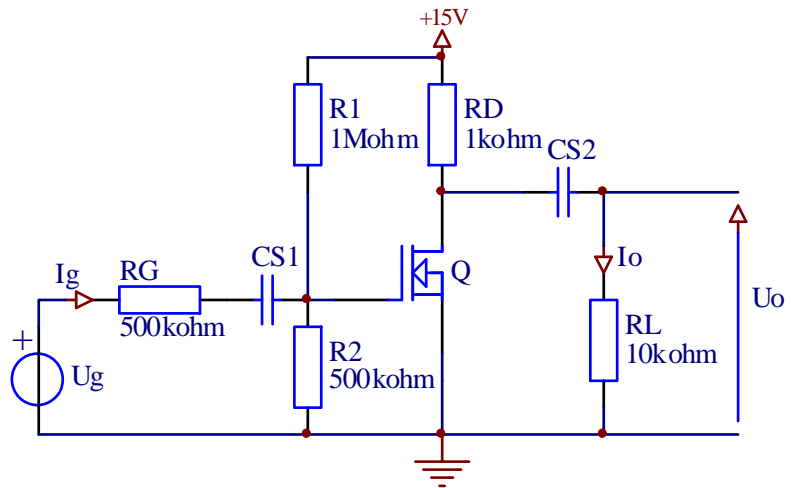
$$g_m = 2K(U_{GS} - U_t) = 2 \cdot 10^{-3} \cdot (5 - 2) = 6 \cdot 10^{-3} = 6[mS].$$

Kis jelekre a megfelelő helyettesítő ábra:



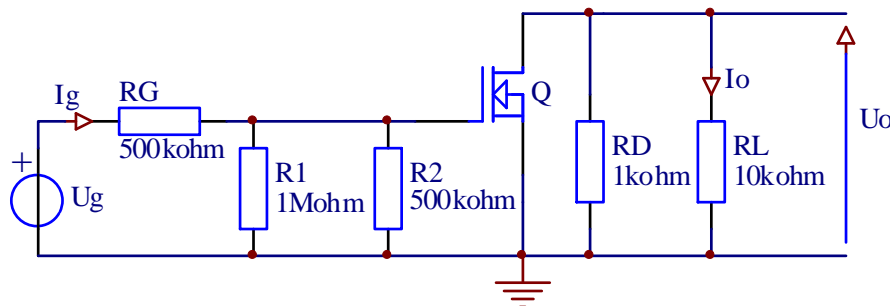
4. MOSFET-es erősítőkapcsolás paramétereinek számítása

4.1. A 3.1 feladatban kapott kisjelű modell alapján határozzuk meg az ábrán megadott MOSFET-es erősítőkapcsolás feszültségerősítését és áramerősítését ($A_u = u_o / u_g$, $A_i = i_o / i_g$)!

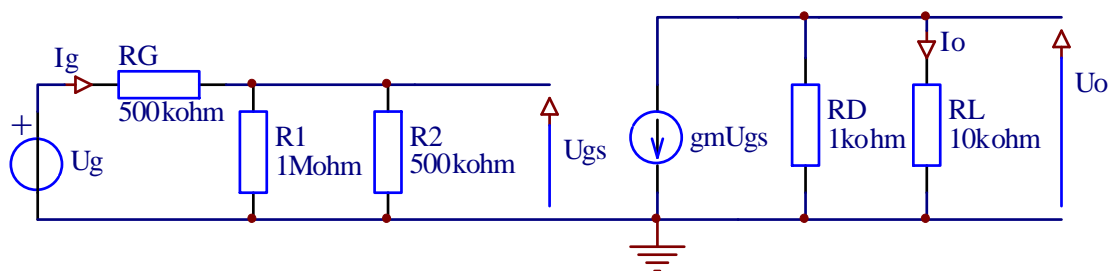


Megoldás:

Először a tápforrást és a csatoló kondenzátorokat rövidzárral helyettesítjük:



A következő lépésben a MOSFET-et helyettesítjük a megfelelő kisjelű áramköri modellel:



A kimeneti feszültség a vezérelt áramforrás áramának és a kimenő kör eredő ellenállás-értékének a szorzata:

$$u_o = -g_m \cdot u_{gs} \cdot (R_D || R_L) \Rightarrow \frac{u_o}{u_{gs}} = -g_m \cdot (R_D || R_L).$$

Az u_{gs} feszültség a bemenő körben található feszültségosztóból számítható:

$$u_{gs} = \frac{R_1 || R_2}{R_1 || R_2 + R_G} \cdot u_g \Rightarrow \frac{u_{gs}}{u_g} = \frac{R_1 || R_2}{R_1 || R_2 + R_G}.$$

A fenti számítások alapján a feszültségerősítés:

$$A_u = \frac{u_o}{u_g} = \frac{u_o}{u_{gs}} \cdot \frac{u_{gs}}{u_g} = -g_m \cdot (R_D || R_L) \cdot \frac{R_1 || R_2}{(R_1 || R_2) + R_G}.$$

A megadott értékeket behelyettesítve:

$$A_u = -6 \cdot 10^{-3} \cdot (10^3 || 10 \cdot 10^3) \cdot \frac{10^6 || 500 \cdot 10^3}{(10^6 || 500 \cdot 10^3) + 500 \cdot 10^3}$$

$$A_u = -6 \cdot 10^{-3} \cdot 909 \cdot \frac{333 \cdot 10^3}{333 \cdot 10^3 + 500 \cdot 10^3} = -6 \cdot 10^{-3} \cdot 909 \cdot 0,4 = -2,18.$$

Az áramerősítés számítása visszavezethető a feszültségerősítésre:

$$A_i = \frac{i_o}{i_g} = \frac{\frac{u_o}{R_L}}{\frac{u_g}{R_i}} = \frac{u_o}{u_g} \cdot \frac{R_i}{R_L}.$$

R_i a bemenő forrás által látott eredő ellenállás:

$$R_i = R_G + (R_1 || R_2) = 500 \cdot 10^3 + (10^6 || 500 \cdot 10^3) = 833 [k\Omega].$$

Az áramerősítés értéke tehát:

$$A_i = -2,18 \cdot \frac{833 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^3} = -181,7.$$