



Sources : Bell Labs

LES TRANSISTORS ET LES IMPERFECTIONS DE L'AMPLIFICATEUR OPÉRATIONNEL

Évaluation formative – Transistors

S2 APP5GE
GEL213
Hiver 2022

Pr Serge Charlebois
Pr Jean-François Pratte

Département de génie électrique et de génie informatique

Faculté de génie
Université de Sherbrooke

Vous aurez à même l'examen la feuille d'équation disponible sur le site de session.

1. Équations caractéristiques du MOSFET

(compétence 1)

Identifiez le régime d'opération et calculez le courant i_{DS} circulant dans les transistors MOSFET dont les propriétés et les tensions de polarisation sont données dans le tableau.

Complétez le tableau pour toute autre valeur manquante

Type	K_P ($\mu A/V^2$)	W (μm)	L (μm)	K (mA/ V^2)	$ V_{to} $ (V)	V_G (V)	V_D (V)	V_S (V)	Régime d'opération	i_D (mA)
a) NMOS	100	50	1	2.5	0.5	1.5	6	1	$V_S > 0 \quad V_{GS} = V_{to}$ <i>Cut-off</i>	
b) NMOS	50	200	2	2.5	0.75	5	7	2	$V_S > 2.5$ <i>Saturation</i>	
c) NMOS	75	80	2	1.5	0.5	-1.5	-3	-4.5	$1.5 \leq V_S \leq 2.5$ <i>Triode</i>	
d) PMOS	50	100	1	2.5	0.5	5	3	10	$-7 \leq V_S \leq -3.5$ <i>Saturation</i>	

2. Polarisation du transistor

(compétences 1 et 2)

- a) Un transistor NMOS ($K = 0.4 \text{ mA}/\text{V}^2$, $V_{to} = 1 \text{ V}$) est polarisé en saturation à $i_D = 0.1 \text{ mA}$.

Quelle sont les gammes de tensions valides pour V_{GS} et V_{DS} ?

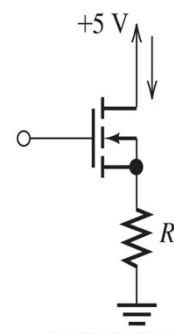
$$V_{GS} = 1.5 \text{ V} \quad V_{DS} \geq V_{GS} - V_{to}$$

$$V_{DS} \geq 0.5 \text{ V}$$

- b) Un transistor NMOS ($K = 0.4 \text{ mA}/\text{V}^2$, $V_{to} = 1 \text{ V}$) est polarisé comme sur la figure suivante à l'aide d'une résistance de $1 \text{ k}\Omega$.

Si le courant $i_D = 0.5 \text{ mA}$, trouvez les tensions V_G et V_{DS} et identifiez le régime d'opération du transistor.

$$V_{GS} = 2.11 \quad V_R = 1000 \cdot 0.15 = 0.15 \quad V_G = 2.61 \quad \text{saturation} \\ V_{DS} = 4.5$$



- c) Dans ce même montage, un autre transistor NMOS ($K = 0.2 \text{ mA}/\text{V}^2$, $V_{to} = 1 \text{ V}$) est polarisé comme sur la figure suivante à l'aide d'une résistance de $4 \text{ k}\Omega$.

Si le courant $i_D = 0.8 \text{ mA}$, trouvez les tensions V_G et V_{DS} et identifiez le régime d'opération du transistor.

$$V_{GS} = 3 \text{ V} \quad V_S = 3.2 \text{ V}$$

$$V_G = -0.2 \text{ V}$$

$$V_{DS} = 1.8 \text{ V}$$

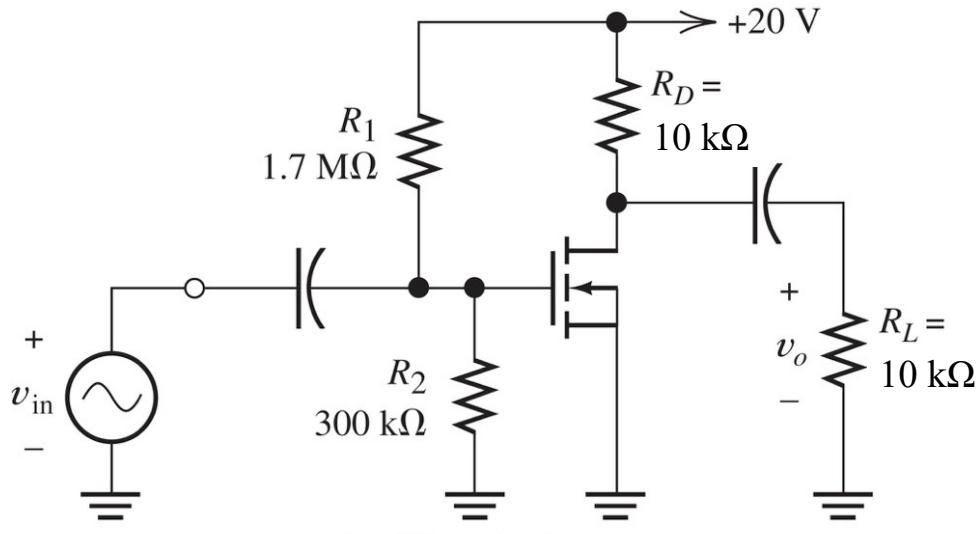
$$V_{DS} < V_{GS} - V_{to}$$

$$V_{GS} > V_{to}$$

Triode

3. Amplificateur source commune – analyse

(compétence 1 et 2)



$K_P = 50 \mu\text{A/V}^2$, $L = 20 \mu\text{m}$, $W = 600 \mu\text{m}$, $V_{to} = 2 \text{ V}$, $r_d = \infty$ et les condensateurs de capacité infinie.

- Calculez I_{DQ} , V_{DSQ} .
- Dessinez le circuit équivalent petit signal de l'amplificateur.
- Calculez g_m , le gain de tension en charge, l'impédance d'entrée et l'impédance de sortie.

$$a) I_D = \frac{2}{L} \cdot \frac{W}{2} = 3 \text{ mA}$$

$$V_{GS} = \frac{20 - 3 \cdot 300 \text{ m}\Omega}{1.7 \text{ M}\Omega + 300 \text{ k}\Omega} = 3 \text{ V} \quad c_w \approx 0$$

$V_{GS} > V_{to}$ donc

saturation

$$K = 0.75 \text{ mA/v}^2$$

$$I_D = 0.75 (v_{GS} - 2)^2$$

$$I_D = 0.75 \text{ mA}$$

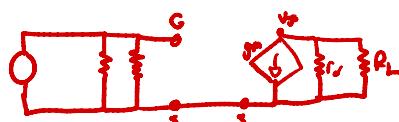
$$V_{DD} - R_D \cdot I_D = V_{DSQ}$$

$$20 - 10000 \cdot 0.00075 = V_{DSQ}$$

$$V_{DSQ} = 12.5 \text{ V}$$

$$V_{DSQ} > V_{GS} - V_{to}$$

b)



$$c) g_m = 2 \sqrt{0.75 \cdot 0.1 \text{ V}}$$

$$g_m = 1.5 \rightarrow 0.0015$$

$$\text{gain } A_v = -0.0015 \cdot 10000$$

$$A_v = -15$$

$$\text{sortie } R_{L'} = r_d || R_L \rightarrow R_L \text{ car } r_d = \infty$$

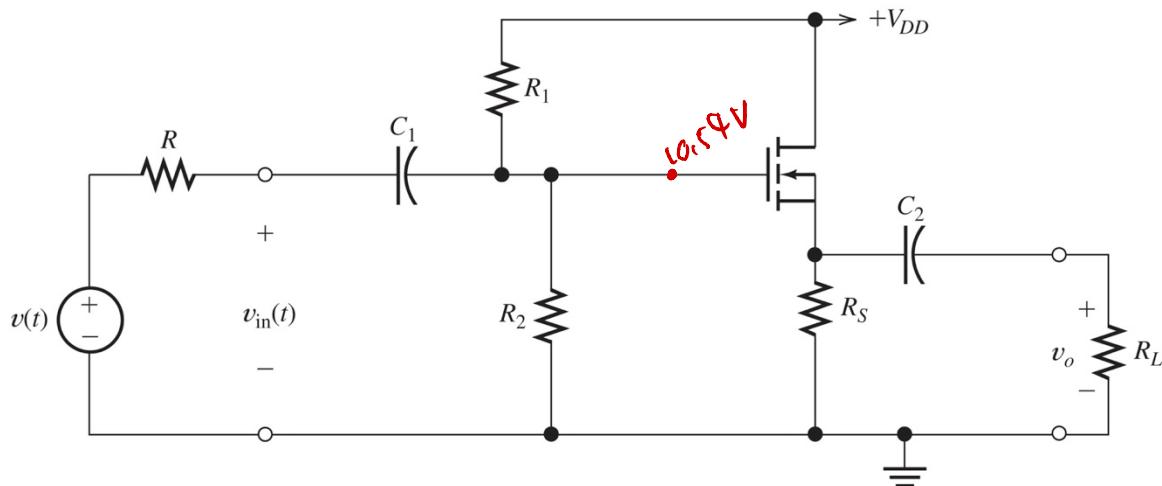
$$R_{L'} = 10000 \rightarrow 10 \text{ k}\Omega$$

entrée



4. Amplificateur source suiveur – analyse

(compétences 1 et 2)



10,54V à V_g

Soit $R_1 = 1868 \Omega$, $R_2 = 2106 \Omega$, $R = 10 \Omega$, $R_S = 1500 \Omega$, $R_L = 500 \Omega$, $V_{DD} = 20 \text{ V}$, $r_d = \infty$ et $C_1 = C_2 = \infty$.

Le transistor a les propriétés $K = 5 \text{ mA/V}^2$ et $V_{to} = 1 \text{ V}$.

$$V_{GS} = V_g - R_S I_D$$

a) Calculez le point d'opération Q : V_{GSQ} , I_{DQ} , V_{DSQ}

$$I_{DQ} = K [V_g - R_S I_D - V_{to}]^2$$

b) Dessinez le circuit équivalent petit signal de l'amplificateur.

$$[V_g - R_S I_D - V_{to}] [V_g - R_S I_D - V_{to}]$$

Calculez ensuite :

c) Trouvez le gain de tension

$$V_g^2 - V_g R_S I_D - V_g R_S I_D + V_{to} R_S I_D + V_{to} R_S I_D - \frac{I_D}{K} + V_g^2 - V_{to}^2$$

d) Quelle fraction de la tension $v(t)$ se retrouve à l'entrée $v_{in}(t)$ de l'étage ?

$$R_S I_D + -V_g R_S I_D - V_g R_S I_D + V_{to} R_S I_D + V_{to} R_S I_D - \frac{I_D}{K} + V_g^2 - V_{to}^2$$

e) Quelle fraction du courant AC de sortie circule dans la charge ?

$$R_S I_D + (2(V_g - V_{to}) \Delta \omega \cdot \frac{1}{K}) I_D \cdot (V_g + V_{to})$$

f) Quelle est la consommation de puissance de la branche drain-source du circuit ?

g) Quelle est la consommation de puissance du transistor ?

5. Amplificateur source suiveur - conception

(compétences 1, 2 et 3)

Considérez le même circuit pour le problème précédent.

Soit l'impédance de la source de signal $R = 100 \Omega$, l'impédance de la charge $R_L = 1 \text{ k}\Omega$ et $V_{DD} = 20 \text{ V}$, $r_d = \infty$ et $C_1 = C_2 = \infty$. Le transistor a les propriétés $K = 10 \text{ mA/V}^2$ et $V_{to} = 1 \text{ V}$.

- Vous devez dimensionner les résistances R_S , R_1 et R_2 de sorte à obtenir un gain $A_v = 0.90 \text{ V/V}$. Comme contrainte additionnelles, les $\frac{3}{4}$ du courant AC doit passer par la résistance de charge R_L et 99% de la tension de source $v(t)$ doit être rapportée à l'entrée $v_{in}(t)$.
- Confirmez que le régime d'opération du transistor est le bon.
- Tracez le schéma petit signal et calculez R_{in} et R_{out} .
- Quelle est la puissance fournie par l'alimentation ?
Quelle est la puissance DC dissipée dans le transistor ?