

CORRIGÉ DE L'EXAMEN PARTIEL 2012

Problème no. 1 (25 points)

a) Le courant dans la diode est donné par la relation suivante: $i_D = I_s \left(e^{\frac{v_D}{nV_T}} - 1 \right) \approx I_s e^{\frac{v_D}{nV_T}}$

Les deux mesures:

V_{CC}	v_D	i_D
2 V	0.625 V	1.375 mA
10 V	0.725 V	9.275 mA

On écrit: $i_{D1} = I_s e^{\frac{v_{D1}}{nV_T}}$ et $i_{D2} = I_s e^{\frac{v_{D2}}{nV_T}}$

En divisant i_{D2} par i_{D1} , on obtient la relation suivante: $\frac{i_{D2}}{i_{D1}} = e^{\frac{(v_{D2} - v_{D1})}{nV_T}}$

Ou encore: $\frac{(v_{D2} - v_{D1})}{nV_T} = \ln\left(\frac{i_{D2}}{i_{D1}}\right)$

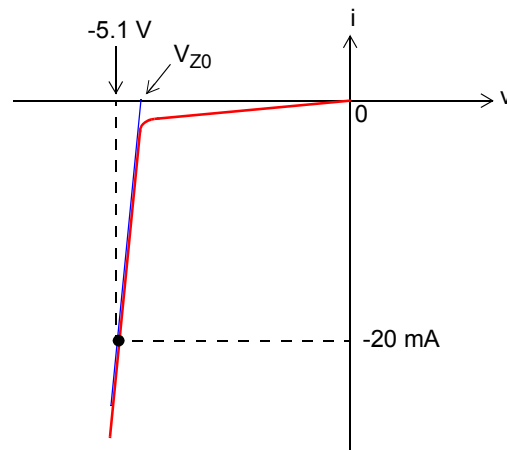
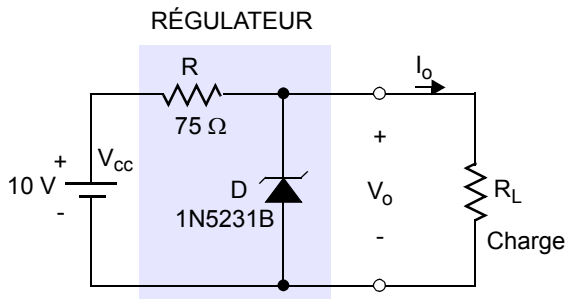
On déduit: $n = \frac{(v_{D2} - v_{D1})}{V_T \ln\left(\frac{i_{D2}}{i_{D1}}\right)} = \frac{(0.725 - 0.625)}{(0.0258) \ln\left(\frac{9.275}{1.375}\right)} = 2.03$

$n = 2.03$

Le courant I_s est donné par la relation suivante: $I_s = \frac{i_{D2}}{e^{\frac{v_{D2}}{nV_T}}} = \frac{9.275 \times 10^{-3}}{e^{\frac{0.725}{2.03(25.8 \times 10^{-3})}}} = 9.026 \times 10^{-9} \text{ A}$

$I_s = 9.026 \text{ nA}$

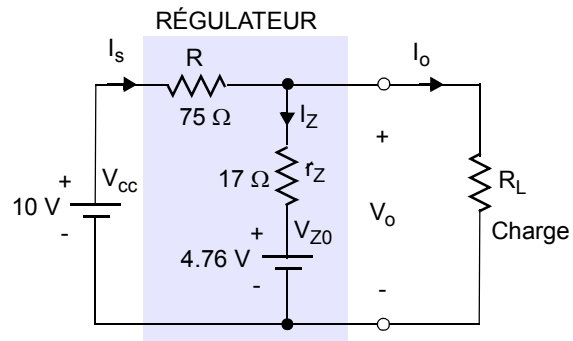
b)



On écrit: $V_Z = V_{Z0} + r_Z I_Z$

Alors: $V_{Z0} = V_Z - r_Z I_Z = 5.1 - 17 \times 20 \times 10^{-3} = 4.76 \text{ V}$

Circuit équivalent du régulateur



Lorsque $R_L = \infty$, le courant I_s est égal à $I_s = \frac{(10 - 4.76)}{(75 + 17)} = 56.95 \text{ mA}$

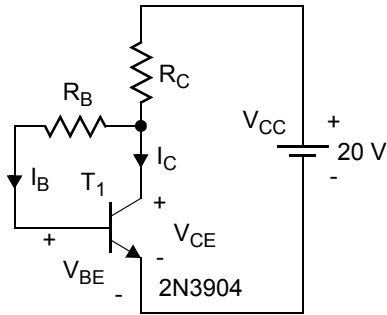
La tension V_o sera égal à $V_o = V_{Z0} + r_Z i_Z = 4.76 + (17 \times 56.95 \times 10^{-3}) = 5.728 \text{ V}$

Lorsque $R_L = 100 \Omega$, la tension V_o sera donnée par la relation suivante: $\frac{10 - V_o}{75} = \frac{V_o - 4.76}{17} + \frac{V_o}{100}$

On déduit: $V_o = 5.031 \text{ V}$

Problème no. 2 (25 points)

a)



Le transistor 2N3904 possède un gain en courant $\beta = 150$

Point de fonctionnement $\left| \begin{array}{l} I_C = 5 \text{ mA} \\ V_{CE} = 12 \text{ V} \end{array} \right.$

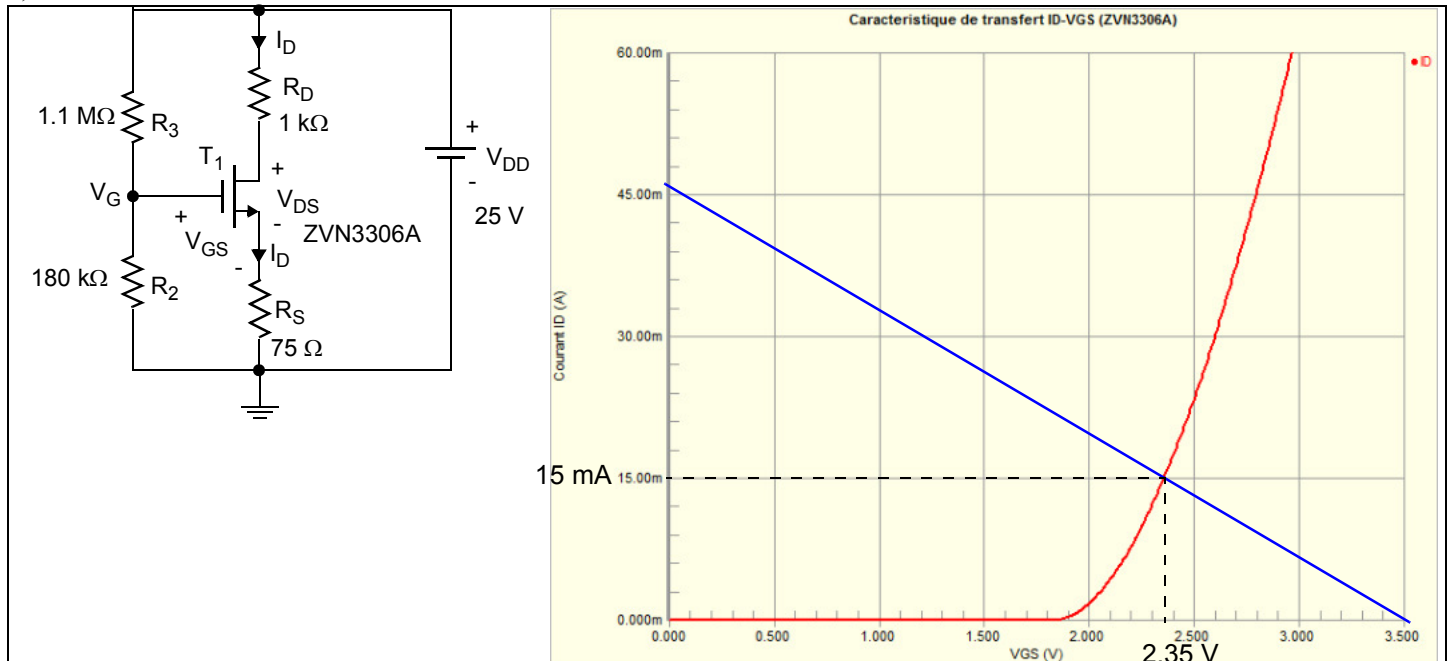
On peut écrire: $V_{CC} = R_C(I_B + I_C) + V_{CE} = R_C \frac{\beta + 1}{\beta} I_C + V_{CE}$

On déduit: $R_C = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{I_C} \times \frac{\beta}{\beta + 1} = \frac{20 - 12}{5 \text{ mA}} \times \frac{150}{151} = 1589.4 \Omega$

On écrit: $V_{CE} = R_B I_B + V_{BE} = R_B \frac{I_C}{\beta} + V_{BE}$

On déduit: $R_B = \frac{V_{CE} - V_{BE}}{I_C / \beta} = \frac{12 - 0.7}{(5 \text{ mA}) / 150} = 339 \text{ k}\Omega$

b)



La tension V_G est donnée par le diviseur de tension R_2 et R_3 :

$$V_G = \frac{R_2}{R_2 + R_3} \times V_{DD} = \frac{180 \text{ k}\Omega}{180 \text{ k}\Omega + 1.1 \text{ M}\Omega} \times 25 \text{ V} = 3.516 \text{ V}$$

On trace la droite de charge dont l'équation est $V_{GS} = V_G - R_S I_D = 3.516 - 75 I_D$.

On obtient sur le graphique: $V_{GS} = 2.35 \text{ V}$ et $I_D = 15 \text{ mA}$

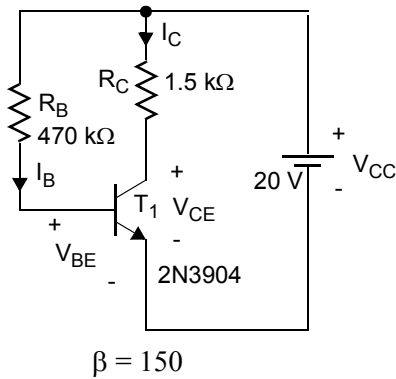
La tension V_{DS} est donnée par la relation suivante:

$$V_{DS} = V_{DD} - (R_D + R_S) I_D = 25 - (1 \text{ k}\Omega + 75 \Omega)(15 \times 10^{-3}) = 8.875 \text{ V}$$

Problème no. 3 (25 points)

a)

Circuit de polarisation



Le courant I_B est égal à:

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B} = \frac{20 - 0.7}{470 \text{ k}\Omega} = 41.06 \mu\text{A}$$

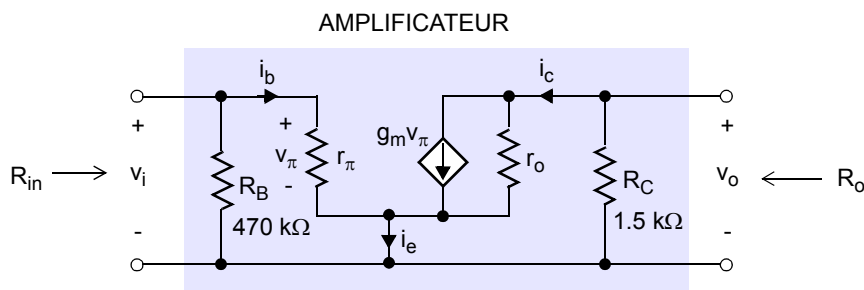
Le courant I_C est égal à:

$$I_C = \beta I_B = 150 \times 41.06 \mu\text{A} = 6.16 \text{ mA}$$

La tension V_{CE} est égale à:

$$V_{CE} = V_{CC} - R_C I_C = 20 - (1.5 \text{ k}\Omega \times 6.16 \text{ mA}) = 10.76 \text{ V}$$

b) Circuit équivalent petit signal de l'amplificateur



La transconductance g_m est égale à:

$$g_m = \frac{I_C}{V_T} = \frac{6.16 \text{ mA}}{25.8 \text{ mV}} = 0.2388 \text{ S}$$

La résistance r_π est égale à:

$$r_\pi = \frac{\beta}{g_m} = \frac{150}{0.2388} = 628.1 \Omega$$

La résistance r_o est égale à:

$$r_o = \frac{|V_A| + V_{CE}}{I_C} = \frac{100 \text{ V} + 10.76 \text{ V}}{6.16 \text{ mA}} = 17.98 \text{ k}\Omega$$

c)

La résistance d'entrée est égale à:

$$R_{in} = R_B \parallel r_\pi = 470 \text{ k}\Omega \parallel 628.1 \Omega = 627.3 \Omega$$

La résistance de sortie est égale à:

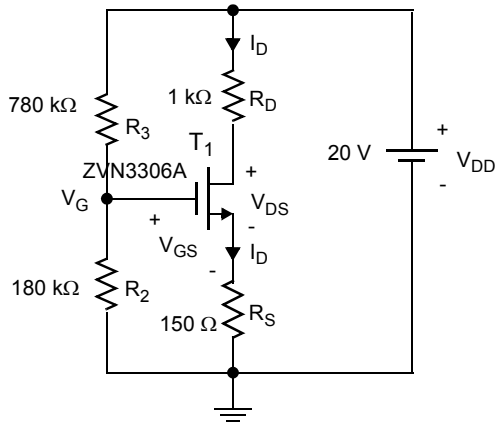
$$R_o = R_C \parallel r_o = 1.5 \text{ k}\Omega \parallel 17.98 \text{ k}\Omega = 1.384 \text{ k}\Omega$$

Le gain en tension sans charge A_{v0} est égal à:

$$A_{v0} = -g_m (R_C \parallel r_o) = -0.2388 \times (1.5 \text{ k}\Omega \parallel 17.98 \text{ k}\Omega) = -330.5$$

Problème no. 4 (25 points)

a) Circuit de polarisation



La tension V_G est donnée par le diviseur de tension:

$$V_G = \frac{180\text{k}\Omega}{180\text{k}\Omega + 780\text{k}\Omega} \times 20\text{V} = 3.75\text{V}$$

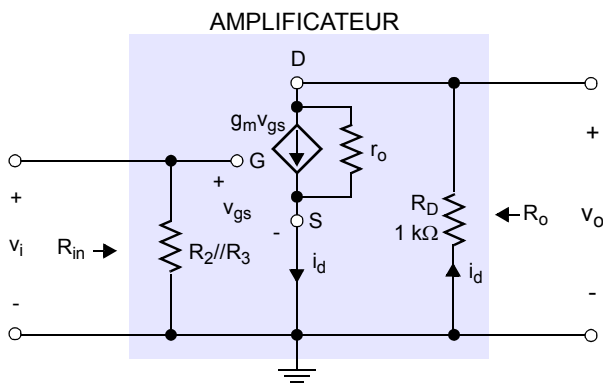
La tension aux bornes de la résistance R_S est égale à:

$$R_S I_D = V_G - V_{GS} = 3.75 - 2.25 = 1.50\text{V}$$

Le courant I_D est égal à:

$$I_D = \frac{R_S I_D}{R_S} = \frac{1.50\text{V}}{150\Omega} = 10\text{mA}$$

b) Circuit petit signal de l'amplificateur



$$g_m = 45\text{mS}$$

$$r_o = \infty$$

$$R_2 // R_3 = 180\text{k}\Omega // 780\text{k}\Omega = 146.25\text{k}\Omega$$

c)

Le gain en tension (sans charge) est égal à:

$$A_{v0} = -g_m (R_D \parallel r_o) = -45\text{mS} \times (1\text{k}\Omega \parallel \infty) = -45$$

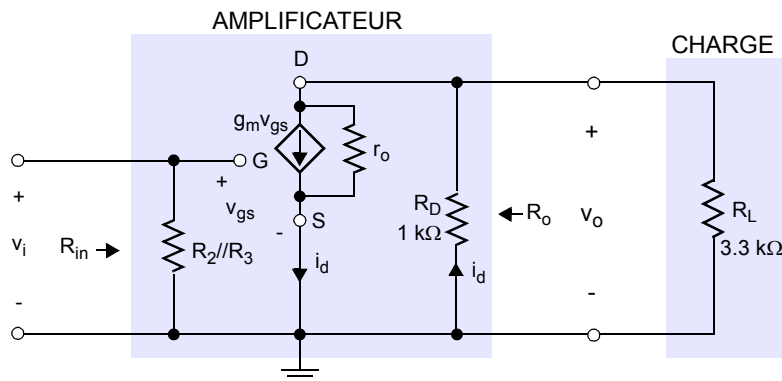
La résistance d'entrée est égale à:

$$R_{in} = (R_2 \parallel R_3) = (180\text{k}\Omega \parallel 780\text{k}\Omega) = 146.25\text{k}\Omega$$

La résistance de sortie est égale à:

$$R_o = (R_D \parallel r_o) = (1\text{k}\Omega \parallel \infty) = 1\text{k}\Omega$$

Avec une charge $R_L = 3.3\text{k}\Omega$, le circuit équivalent petit signal devient:



Le gain en tension avec une charge $R_L = 3.3\text{k}\Omega$ est donnée par la relation suivante:

$$A_v = \frac{R_L}{R_L + R_o} \times A_{v0} = \frac{3.3\text{k}\Omega}{3.3\text{k}\Omega + 1\text{k}\Omega} \times (-45) = -34.5$$