

# ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

Département de génie électrique

Examen final d'Électronique 1 - (ELE-3300)

Vendredi 21 décembre 2001 - 9 h 30 à 12 h

- Seuls le cahier de laboratoire et une calculatrice sont autorisés.

## Question 1 : 4 points

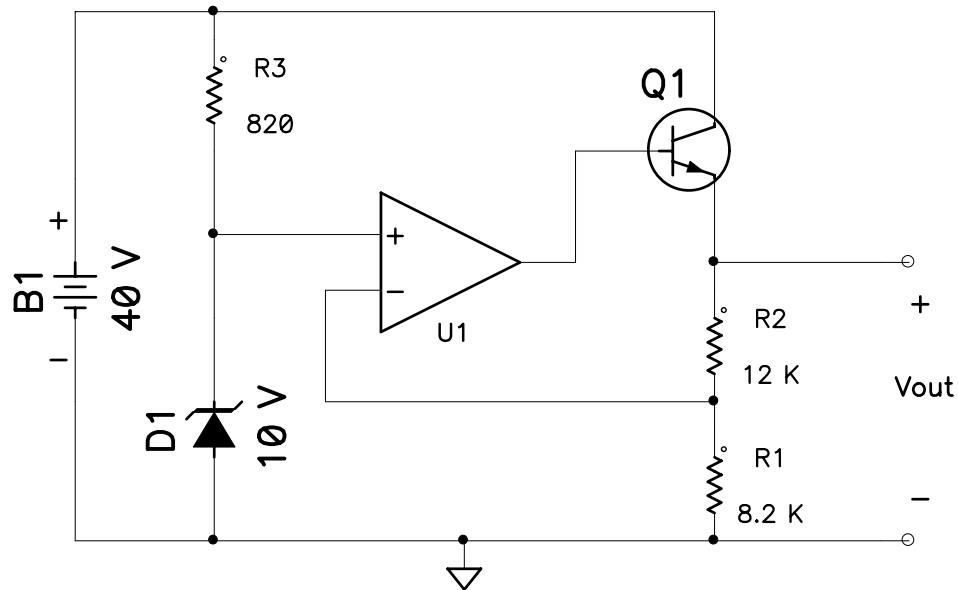


Figure 1

Le circuit représenté à la Figure 1 est un régulateur de tension. La diode Zener a une résistance  $r_Z = 20 \Omega$  et un  $V_{ZT} = 10 \text{ V}$  @  $I_{ZT} = 50 \text{ mA}$ . L'ampli-op peut être considéré idéal. Il est correctement alimenté, même si les connexions aux alimentations ne sont pas représentées. Considérez que le BJT est dans sa région active, que son  $\beta$  est très grand et que  $V_{BE} = 0.7 \text{ V}$ .

- Calculez la tension à l'entrée + de l'ampli-op.
- Calculez la tension de sortie  $V_{out}$ .

## Question 2 : 6 points

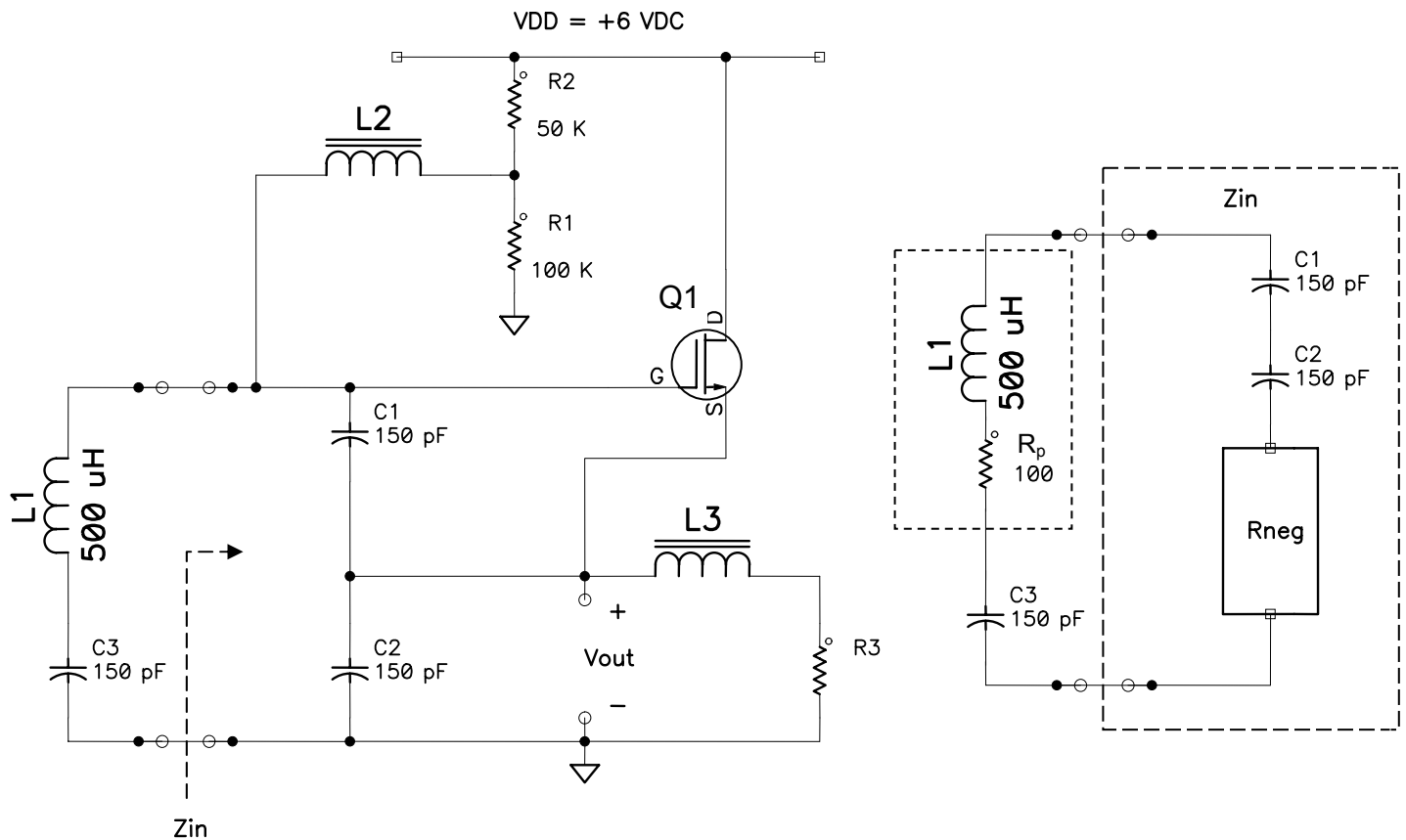


Figure 2 a)

Figure 2 b)

La Figure 2a) est le circuit d'un oscillateur de Clapp.  $Q_1$ ,  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $R_1$  à  $R_3$  et  $L_2$ ,  $L_3$  forment un amplificateur dont la partie réelle de l'impédance d'entrée,  $Z_{in}$ , est une résistance négative  $R_{Neg}$ . La Figure 2b) montre les composants de  $Z_{in}$  et le circuit formé de  $C_3$ ,  $L_1$  et  $R_p$ ;  $R_p$  est la résistance représentant les pertes ohmiques de  $L_1$ . En calculant les paramètres du circuit pour que  $|R_{Neg}| = R_p$ , on obtient un circuit résonnant série idéal (i.e. sans perte). Une impulsion de courant due, par exemple, à la transitoire de mise sous tension produira alors une oscillation de fréquence  $\omega_0 = (L_1 C_{eq})^{-1/2}$  aussi longtemps que le circuit est alimenté. L'amplitude des oscillations est limitée ici par les non-linéarités du transistor.

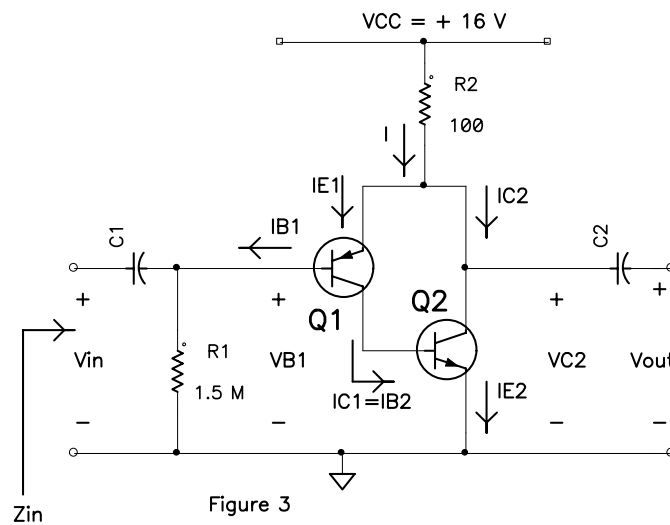
Supposez que le circuit de la Figure 2a) est réalisé avec les composants suivants :

- $Q_1$  : NMOS à enrichissement avec  $K = 100 \mu\text{A}/\text{V}^2$ ,  $V_t = 2\text{V}$  et  $V_A \rightarrow \infty$ .
- $L_1$  : inductance de  $500 \mu\text{H}$  avec une résistance série de perte  $R_p = 100 \Omega$ .
- $C_1, C_2, C_3$  : condensateurs de  $150 \text{ pF}$ .
- $L_2, L_3$  : étranglements RF (en anglais, *RF chokes*). Considérez ces inductances comme étant infinies (donc, un circuit ouvert à la fréquence de fonctionnement de l'oscillateur). La résistance de ces bobines peut être considérée nulle.
- $R_1, R_2, R_3$  : résistances servant à polariser  $Q_1$  au point de repos.

(suite à la page suivante)

- Dessinez le circuit équivalent petit signal correspondant au circuit de la Figure 2a) à la fréquence d'opération de l'oscillateur, en tenant compte de la résistance  $R_p$ .
- Comme le suggère la figure 2b), démontrez que l'impédance  $Z_{in}$  comporte :
  - une partie imaginaire :  $\text{Im}\{Z_{in}\} = \frac{1}{j\omega C_1} + \frac{1}{j\omega C_2}$
  - et une partie réelle :  $\text{Re}\{Z_{in}\} = R_{Neg} = -\frac{g_m}{\omega^2 C_1 C_2}$ .
- Calculez la fréquence de résonance,  $f_0$ , (en Hz) du circuit illustré en 2b) quand  $|R_{Neg}| = R_p$ .
- Calculez la valeur minimale de  $g_m$  pour que le circuit fonctionne comme un oscillateur.
- Calculez le courant de drain  $I_{DQ}$  correspondant au  $g_m$  minimal calculé en d).
- Calculez  $R_3$  pour obtenir le courant  $I_{DQ}$  calculé en e).

### Question 3 : 5 points



Les BJT utilisés dans le circuit ci-dessus ont les caractéristiques suivantes :

- $Q_1$  : pnp avec  $\beta = 160$ ,  $V_{EB} = 0.7 \text{ V}$  et  $V_A \rightarrow \infty$ .
- $Q_2$  : npn avec  $\beta = 200$ ,  $V_{BE} = 0.7 \text{ V}$  et  $V_A \rightarrow \infty$ .

$C_1$  et  $C_2$  peuvent être considérés infinis. Les flèches indiquent des courants positifs.

- Calculez les valeurs de  $I_{B1}$ ,  $V_{B1}$ ,  $V_{C2}$  et  $I$  au point de repos.
- Dessinez le circuit équivalent petit signal.
- Calculez les paramètres  $g_{m1}$ ,  $r_{\pi 1}$ ,  $g_{m2}$ ,  $r_{\pi 2}$ .
- Par inspection, donnez la valeur approximative du gain de tension  $A = v_{out} / v_{in}$ ; justifiez votre réponse. À l'aide du modèle, calculez une valeur plus précise.
- Calculez le module de l'impédance d'entrée  $Z_{in}$  (une réponse à 10 % près suffit).

## Question 4 : 5 points

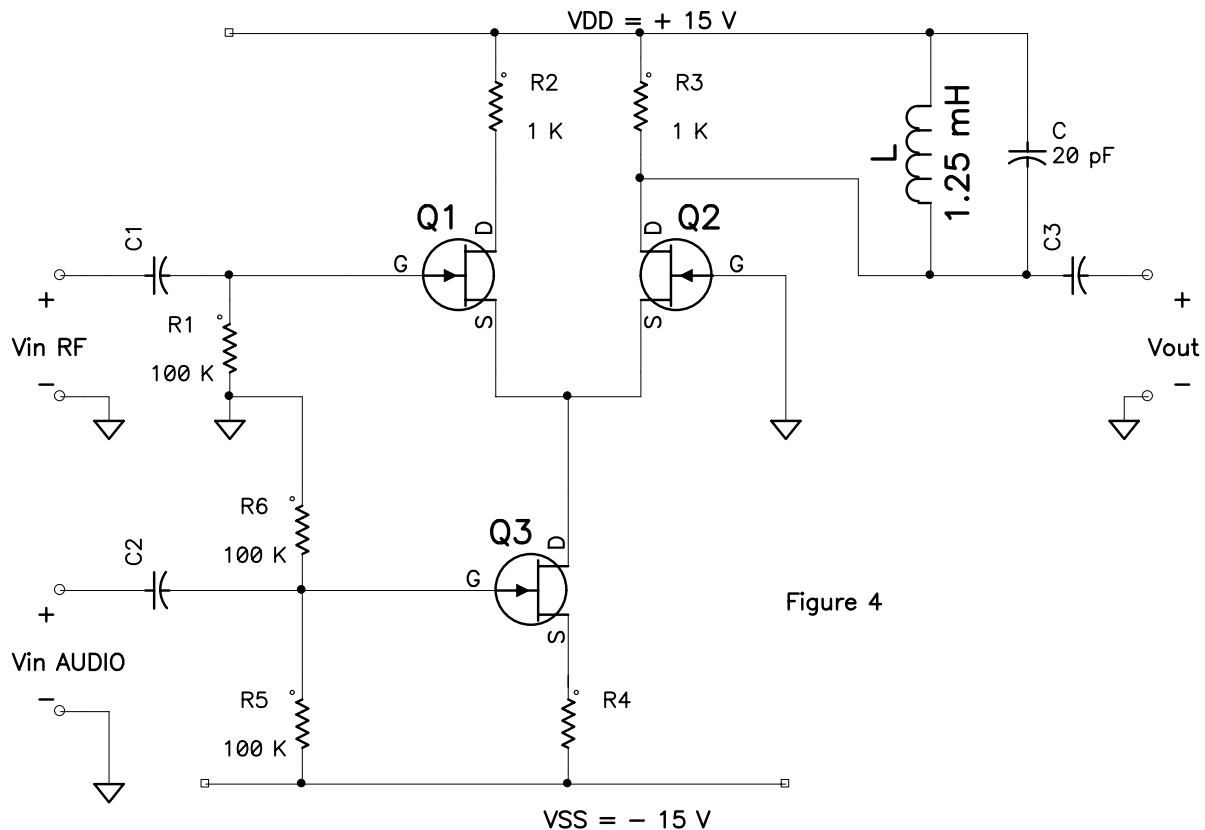


Figure 4

Le circuit de la Figure 4 est un modulateur AM semblable à celui que vous avez réalisé au dernier laboratoire. La porteuse  $V_{in\ RF}$  est un signal sinusoïdal de 100 mV crête à 1 MHz. Le signal audio  $V_{in\ AUDIO}$  est un signal sinusoïdal de 1 V crête à 1 kHz. Les JFET sont identiques et ont pour caractéristiques :  $I_{DSS} = 16\text{ mA}$ ,  $V_p = -4\text{ V}$  et  $V_A = 100\text{ V}$ . Les condensateurs  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$  peuvent être considérés infinis. Pour simplifier l'analyse du circuit, ignorez l'effet des  $r_0$  des JFET.

- Calculez  $R_4$  pour obtenir un courant de repos  $I_{DQ3} = 10\text{ mA}$ . Calculez le  $g_{m3}$  correspondant à ce point de polarisation du transistor  $Q_3$ .
- Dessinez le circuit équivalent petit signal de l'étage différentiel (i.e. la partie du circuit comprenant  $Q_1$ ,  $Q_2$ ,  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ ,  $L$ ,  $C$ ,  $C_1$  et  $C_3$ ).
- Développez une expression générale pour le gain de tension  $A_{RF} = V_{out} / V_{in\ RF}$  de l'étage différentiel, à la fréquence de résonance  $\omega_0 = (LC)^{-1/2}$  du circuit LC.
- Développez une expression du courant  $i_{DQ3}$  en fonction de  $V_{in\ AUDIO}$ .
- Calculez  $A_{RF}$  quand la valeur instantanée de  $V_{in\ AUDIO} = 0\text{ V}$ ,  $+1\text{ V}$ ,  $-1\text{ V}$ .

Les professeurs : Michel BERTRAND et Robert GUARDO tél : 4365 (Guardo)

4364 (Bertrand)