

Corrigé type de l'examen final: Electronique analogique
(3ème Année Ingénieurs)

Exercice 1: (4pts)

Soit le circuit électronique de la figure 1.

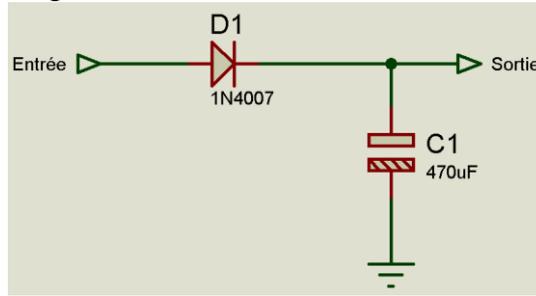


Figure1

1/ La fonction d'électronique réalisée par le circuit de la figure 1 est: le redressement mono-alternance et filtrage.....(0,5pt)

2/ Les caractéristiques électriques de D_1 et de C_1 :

Une diode ordinaire est caractérisée par :

- En direct : par son courant maximal qu'elle peut laisser passer, notée I_{dmax}(0,25pt)
- En inverse : par sa tension maximale qu'elle peut supporter, notée PRV (Peak Reverse Voltage)..(0,25pt)

Un condensateur est caractérisé par :

- Sa valeur capacitive, notée C(0,25pt)
- Sa tension maximale qu'il peut supporter.....(0,25pt)

Exemple : (1000 μ F, 16V) (100nF, 250V),...etc.

3/ Le fonctionnement du circuit en présence d'une charge:.....(1,5pt)

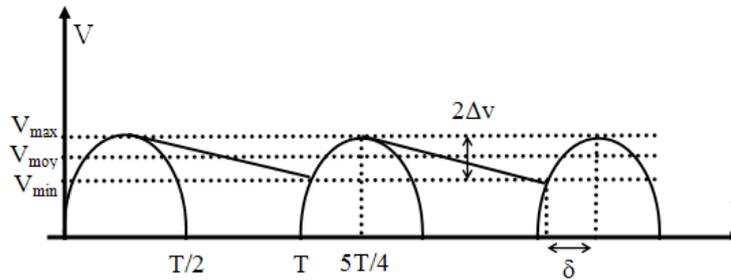


Figure A

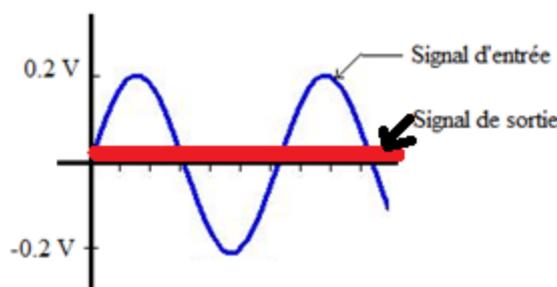
À l'instant $t=0$ la source v_e (tension d'entrée) est connectée aux bornes de la diode; la tension aux bornes de C passe de 0 à V_{max} au bout d'un temps $T/4$ (Figure A).

Après $t=T/4$ le condensateur joue le rôle de réservoir et maintient la tension aux bornes de R égale à V_{max} . Mais la tension v_e devient égale à un potentiel inférieur à celle aux bornes de C; la diode polarisée en inverse se bloque, C se décharge dans R avec une constante de temps $\tau=RC$.

Lors de cette décharge, la tension aux bornes de R décroît exponentiellement et tend vers une valeur V_{min} pour $t=5T/4-\delta$. À cet instant, le potentiel de l'anode redevenant supérieur au potentiel de la cathode, la diode se remet à conduire et recharge complètement le condensateur à $t=5T/4$ et le processus recommence.

4/ Dessiner la forme du signal de sortie pour le signal d'entrée appliqué:

Le signal d'entrée à une amplitude $V_{max}=0.2V$ inférieure à la tension de seuil de la diode ordinaire 1N4007 ($V_{BE}=0.6V$), la diode sera toujours bloquée et par conséquent le signal de sortie sera nul. D'où nécessité de placer un amplificateur entre la source de tension v_e (entrée) et le circuit.



(1pt)

Exercice 2: (8pts)

1/Le schéma électronique de l'oscillateur à transistor bipolaire est le suivant:.....(2pts)

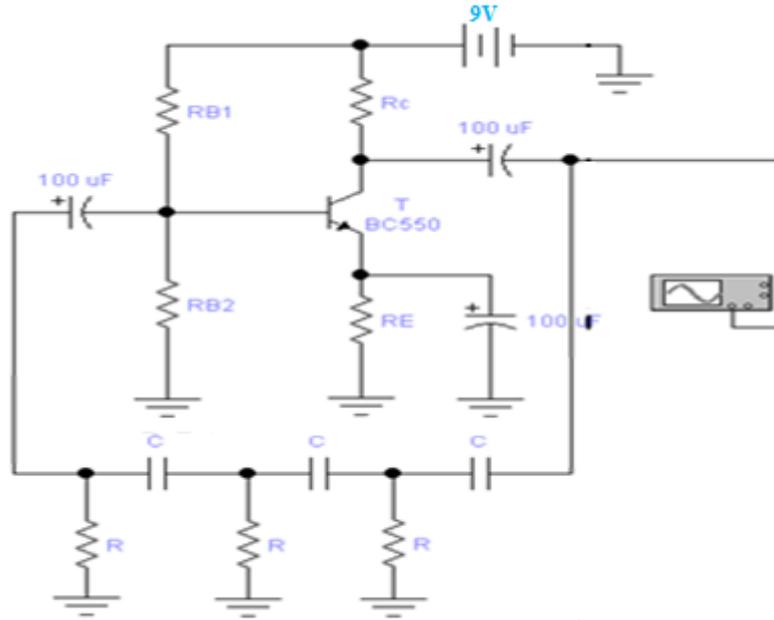


Figure 2-a

2/L'expression de la fonction f du signal généré par cet oscillateur:.....(3pts)
 En dynamique le schéma équivalent du circuit (Figure 2-a) sans remplacer le transistor par son modèle équivalent est le suivant:

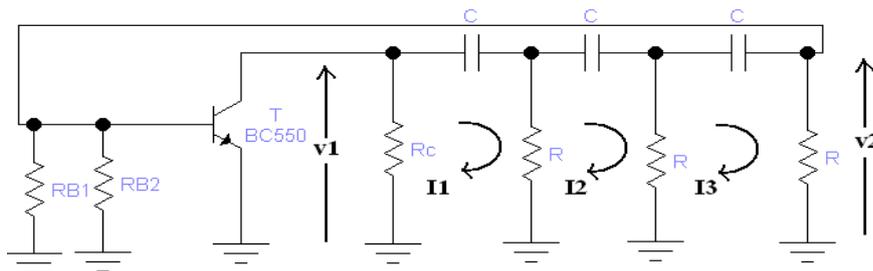


Figure 2-b

Déterminons la fonction de transfert de la chaîne de réaction : B(p)

$$B(p) = \frac{V_2(p)}{V_1(p)} = \frac{RI_3(p)}{V_1(p)}, \text{ où } p=j\omega.$$

Pour cela calculons le courant $I_3(p)$ en appliquant la méthode simplifiée des mailles adjacentes :

$$\begin{bmatrix} R+R_c + \frac{1}{Cp} & -R & 0 \\ -R & 2R + \frac{1}{Cp} & -R \\ 0 & -R & 2R + \frac{1}{Cp} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_1(p) \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Le déterminant du système après tout calcul fait est :

$$\frac{D}{R^3} = \left[\left(1 + \frac{3R_c}{R} \right) - \left(5 + \frac{R_c}{R} \right) \left(\frac{\omega_1}{\omega} \right)^2 \right] + j \left(\frac{\omega_1}{\omega} \right) \left[\left(\frac{\omega_1}{\omega} \right)^2 - \left(6 + \frac{4R_c}{R} \right) \right] \text{ où } \omega_1 = \frac{1}{RC}$$

En appliquant le théorème de Cramer;

$$D I_3(p) = \begin{bmatrix} R + R_c + \frac{1}{Cp} & -R & V_1(p) \\ -R & 2R + \frac{1}{Cp} & 0 \\ 0 & -R & 0 \end{bmatrix} = R^2 V_1(p)$$

Par conséquent $B(p) = \frac{1}{D/R^3}$

Finalement :

$$B(j\omega) = \frac{1}{\left[\left(1 + \frac{3R_c}{R} \right) - \left(5 + \frac{R_c}{R} \right) \left(\frac{\omega_1}{\omega} \right)^2 \right] + j \left(\frac{\omega_1}{\omega} \right) \left[\left(\frac{\omega_1}{\omega} \right)^2 - \left(6 + \frac{4R_c}{R} \right) \right]} = \frac{1}{R\epsilon + j\text{Im}}$$

D'où le module de B(p) est :

$$|B(j\omega)| \text{ est maximal et est égal à } |B(j\omega)| = \frac{1}{\left(1 + \frac{3R_c}{R} \right) - \left(5 + \frac{R_c}{R} \right) \left(\frac{\omega_1}{\omega_0} \right)^2} \text{ à la fréquence } f_0, \text{ si}$$

$$\left(\frac{\omega_1}{\omega_0} \right) \left[\left(\frac{\omega_1}{\omega_0} \right)^2 - \left(6 + \frac{4R_c}{R} \right) \right] = 0, \text{ c.à.d. } \text{Im} = 0$$

$$\text{Im} = 0 \Rightarrow \left(\frac{\omega_1}{\omega_0} \right)^2 = \left(6 + \frac{4R_c}{R} \right) \Rightarrow \omega_0 = \frac{1}{RC\sqrt{6}} \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{2R_c}{3R}}} = 2\pi f$$

$$\text{La fréquence d'oscillation est: } f_0 = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{6}} \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{2R_c}{3R}}}$$

3/Le transistor de la chaîne directe est le BC550 ($I_{CQ}=1.6\text{mA}$ et $\beta=132.5$).

Utilisons la méthode de conception pour calculer les valeurs des résistances de polarisation du transistor qui assurent un point de repos Q au milieu de la droite de charge statique:

- $V_{cc}=9\text{V}$;
- BC550: ($I_{CQ}=1.6\text{mA}$ et $\beta=132.5$);
- $V_{EM}=0.1V_{cc}=0.1*9=0.9\text{V}$; $V_{EM}=0.9\text{V}$;
- $R_E = \frac{V_{EM}}{I_{CQ}} = \frac{0.9}{1.6*10^{-3}} = 562.5\Omega$; $R_E = 562.5\Omega$(0.5pt)
- $R_C = 4R_E = 4 * 562.5 = 2.25\text{K}\Omega$; $R_C = 2.25\text{K}\Omega$(0.5pt)
- $I_p = 10I_{BQ} = 10 \left(\frac{I_{CQ}}{\beta} \right) = 10 \frac{1.6*10^{-3}}{132.5} = 12 * 10^{-5}\text{A}$; $I_p = 12 * 10^{-5}\text{A}$
- $V_{BM} = V_{EM} + V_{BEQ} = 0.9 + 0.6 = 1.5\text{V}$ ($V_{BEQ} = 0.6$ car le BC550 est en silicium); $V_{BM} = 1.5\text{V}$
- $R_{B2} = \frac{V_{BM}}{I_p} = \frac{1.5}{12*10^{-5}} = 12.5\text{K}\Omega$; $R_{B2} = 12.5\text{K}\Omega$ (0.5pt)
- $R_{B1} = \frac{V_{cc}-V_{BM}}{I_p+I_{BQ}} = \frac{9-1.5}{12*10^{-5}+1.2*10^{-5}} = 56.81\text{K}\Omega$; $R_{B1} = 56.81\text{K}\Omega$(0.5pt)

4/ Donner les valeurs des composants (R-C) de la chaîne de retour.

La fréquence d'oscillation est $f_0 = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{6}} \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{2R_c}{3R}}}$, $R_C = 2.25\text{K}\Omega$ et $f_0 = 1\text{KHz}$. Pour trouver la valeur de

C, il suffit de donner une valeur à R et tirer C.

Par exemple $R = 3\text{K}\Omega$(0.5pt)

$$C = \frac{1}{2\pi f_0 R \sqrt{6}} \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{2R_c}{3R}}} = 17.7\text{nF}; \quad C = 17.7\text{nF} \text{.....(0.5pt)}$$

Exercice 3: (8pts)

1/ On veut réaliser un montage à circuit intégré permettant de générer un signal carré d'amplitude $5V_{c\grave{a}c}$ et de fréquence $f_1=20KHz$;

a/ le schéma électrique proposé est l'astable à C.I (NE555) suivant:.....(2pts)

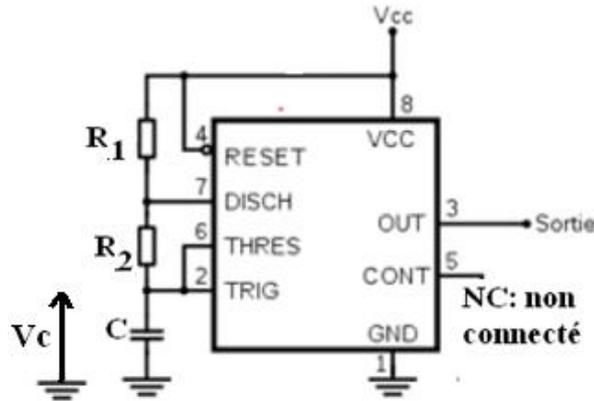


Figure 3-a

b/ Les composants qui forment ce circuit électrique sont: R_1 , R_2 et C .

La période du signal généré par l'astable est:

$$T = (R_1 + 2R_2)C \ln 2 = \frac{1}{f} \text{ avec } f = 20KHz \dots\dots\dots(0.5pt)$$

Pour trouver les différentes valeurs de R_1 , R_2 et C , il suffit de

- donner une valeur à C , par exemple $C=100nF$(0.5pt)
- tirer R_1+2R_2

$$R_1 + 2R_2 = \frac{1}{fC \ln 2} = \frac{1}{20 * 10^3 * 100 * 10^{-9} \ln 2} = 720\Omega$$

- tirer R_2 : $R_2 = \frac{720-R_1}{2}$
- donner une valeur à $R_1 < 720$; par exemple $R_1 = 200\Omega$ donc $R_2 = \frac{720-200}{2} = 260\Omega$

$R_2 = 260\Omega$(0.5pt)

2/ Le signal ainsi généré est injecté à l'entrée d'un deuxième montage pour obtenir à sa sortie un signal carré d'amplitude $5V_{c\grave{a}c}$ et de fréquence $f_2=10KHz$.

a/ Le schéma électrique proposé est un bistable à éléments discrets c.à.d. un diviseur de fréquence puisque $f_2 = \frac{f_1}{2}$.

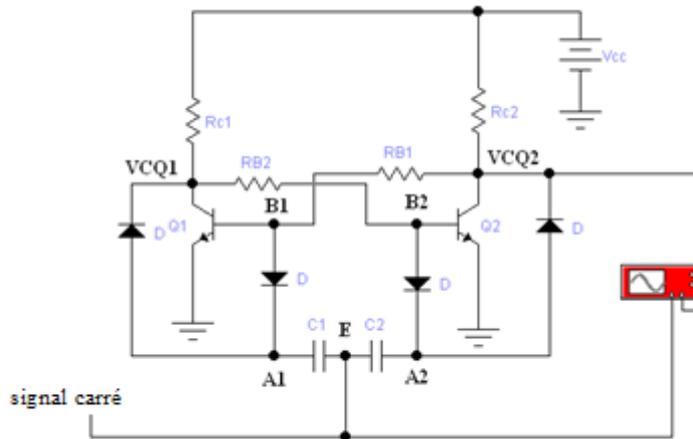
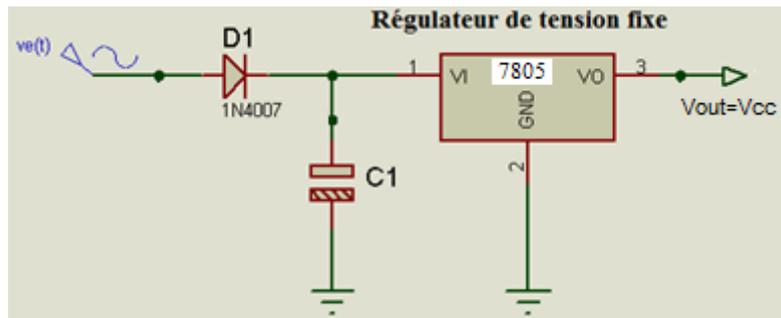


Figure 3-b

b/ Pour calculer les composants qui forment le 2^{ème} montage (Figure 3-b), nous allons utiliser la méthode de conception du transistor fonctionnant en régime de commutation (régime saturé-bloqué).

- Posons $R_{C1} = R_{C2} = R_C$;.....(0.25)
- Posons $R_{B1} = R_{B2} = R_B$;.....(0.25)
- Il faut savoir les valeurs de V_{cc} , β et I_{Cmax} .
- I_C sera relativement élevé mais toujours inférieur à I_{Cmax} : $I_C < I_{Cmax} \rightarrow \frac{V_{cc}}{R_C} < I_{Cmax} \rightarrow R_C > \frac{V_{cc}}{I_{Cmax}}$
- donc il faut choisir une valeur de R_C en respectant la condition: $R_C > \frac{V_{cc}}{I_{Cmax}}$(0.25)
- Pour assurer une bonne saturation du transistor, nous choisissons:
 $\frac{R_B}{R_C} < \beta \rightarrow R_B < \beta R_C$(0.25)

3/ Les deux montages doivent s'alimenter par une tension continue de valeur 5V, nous pouvons proposer le schéma électrique suivant; où nous utilisons un régulateur de tension fixe de valeur 5V de type 7805.



.....(1.5pt)

Figure 3-c