

Exercice n°1 :

A l'aide d'un amplificateur opérationnel, dont la sortie est rebouclée sur l'entrée par un dipôle RC, on réalise un multivibrateur astable schématisé sur la figure 2.

Un dispositif informatisé a permis de tracer le graphique de la figure 3 qui représente la tension du condensateur $u_C(t)$ et la tension de sortie $u_S(t)$.

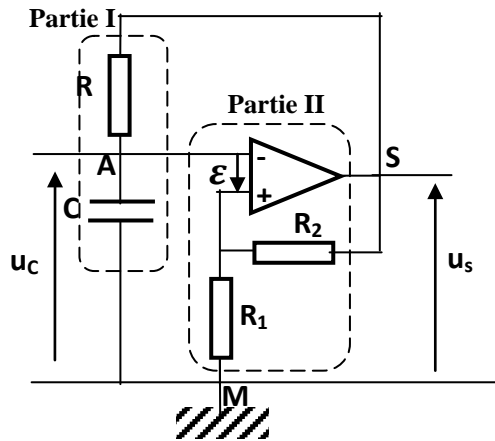


Figure 2

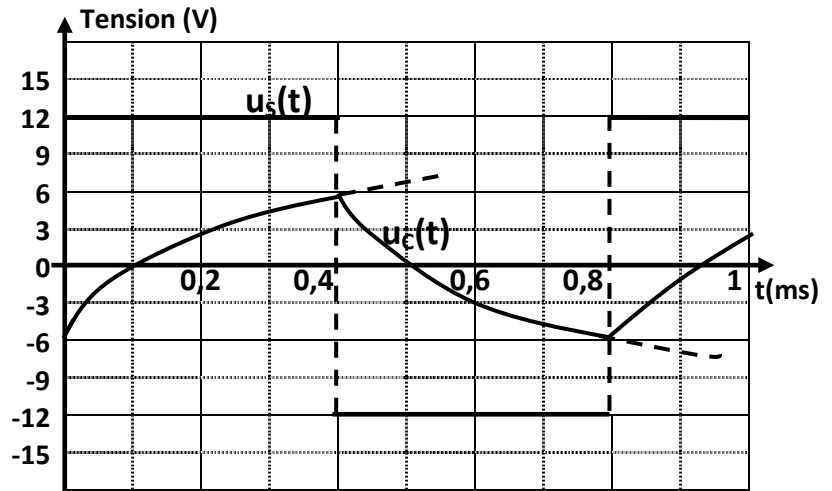


Figure 3

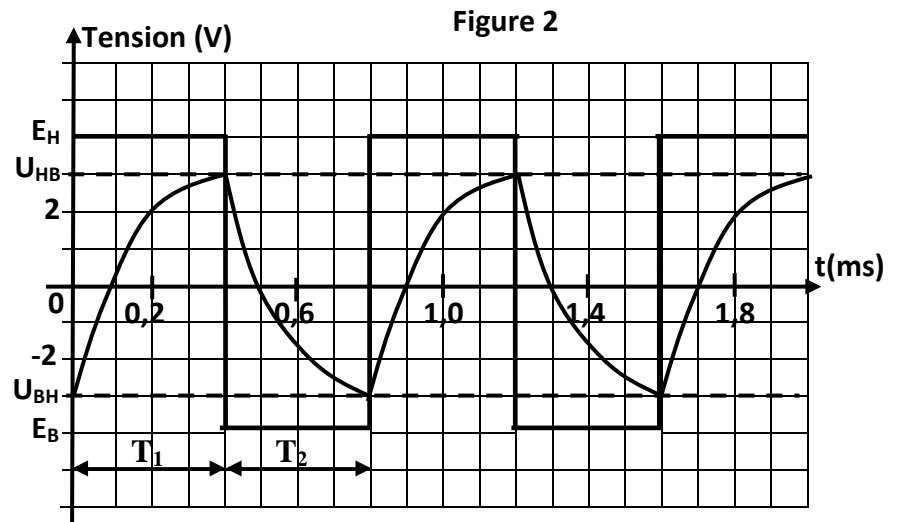
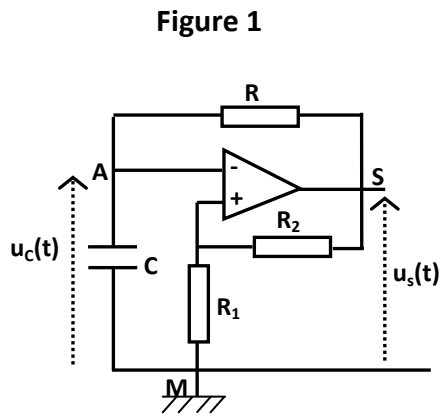
- 1) a- Définir un multivibrateur.
- b- Nommer les deux parties (I) et (II) délimitées en pointillées.
- 2) a- Exprimer u_{R_1} en fonction de R_1 , R_2 et u_S .
- b- Dédire la relation : $\varepsilon = \frac{R_1}{R_1+R_2} u_S - u_C$.
- 3) a- Préciser si l'amplificateur opérationnel fonctionne en régime linéaire ou saturé.
- b- Sachant que : $u_S = U_{sat}$ pour $\varepsilon > 0$ et $u_S = -U_{sat}$ pour $\varepsilon < 0$ avec U_{sat} la tension de saturation de l'amplificateur opérationnel. Montrer que les expressions des tensions de basculement U_{HB} et U_{BH} du multivibrateur sont $U_{HB} = \frac{R_1}{R_1+R_2} U_{sat}$ et $U_{BH} = -\frac{R_1}{R_1+R_2} U_{sat}$.
- 4) La tension initiale du condensateur $u_C(0) = U_i$ puis $u_C(t)$ augmente vers une tension finale U_f , elle atteindra la tension U_0 au bout d'une durée T_i donnée par la relation : $T_i = RC \log \left(\frac{U_i - U_f}{U_0 - U_f} \right)$
 - a- Exprimer, en fonction de R , C , R_1 et R_2 , les durées T_1 et T_2 correspondant respectivement aux états haut et bas du multivibrateur.
 - b- En déduire la valeur du rapport cyclique δ du multivibrateur.
- 5) Par exploitation du graphique de la figure 3,
 - a- a₁. Déterminer les valeurs de l'état haut E_H , de l'état bas E_B , les seuils de basculement U_{HB} et U_{BH} du multivibrateur.
 - a₂. Sachant que $R_1 = 10 \text{ K}\Omega$, Calculer la valeur de R_2 .
 - b- b₁. Déterminer les durées T_1 et T_2 .
 - b₂. Sachant que $R = 4,7 \text{ K}\Omega$, en déduire la valeur la capacité C .

Exercice n°2 :

On réalise un multivibrateur astable dont le schéma est donné par la figure 1.

Un oscilloscope bicourbe permet de visualiser simultanément les tensions $u_C(t)$ et $u_S(t)$.

Pour $R_1 = R_2$, les chronogrammes des tensions $u_C(t)$ et $u_S(t)$ sont donnés par la figure 2.



Pour ces chronogrammes, E_H et E_B sont respectivement les tensions des états haut et bas de la tension de sortie du multivibrateur. T_1 et T_2 désignent les durées respectives des états haut et bas du multivibrateur.

Pendant une durée T_i , la tension $u_C(t)$ passe d'une valeur initiale U_i à une valeur finale U_f . La tension visée et non atteinte par $u_C(t)$ est notée U_V .

Ainsi, la durée T_i a pour expression : $T_i = RC \text{Log}\left(\frac{U_i - U_V}{U_f - U_V}\right)$.

1) a- Justifier que le montage de la figure 1 constitue un multivibrateur astable.

b- Que représentent les grandeurs U_{HB} et U_{BH} pour le multivibrateur.

2) a- Exprimer la durée du niveau haut T_1 en fonction de R , C , U_{HB} et U_{BH} et E_H .

b- Montrer que la durée du niveau bas $T_2 = RC \text{Log}\left(\frac{U_{HB} - E_B}{U_{BH} - E_B}\right)$.

3) a- Déterminer graphiquement la période T du multivibrateur.

b- En déduire la valeur du rapport cyclique δ du multivibrateur.

c- Préciser l'effet de l'augmentation de δ sur la forme du chronogramme de $u_S(t)$.

4) Sachant que $C = 0,1 \mu\text{F}$. Déterminer la valeur de R .

Exercice n°3 :

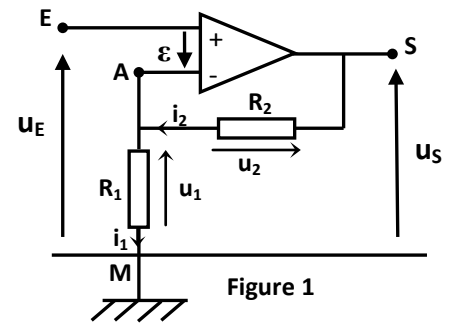
I) Le circuit de la figure 1 est constitué d'un amplificateur opérationnel supposé parfait et polarisé par une tension électrique symétrique $\pm U_{\text{sat}}$ et de deux résistors R_1 et R_2 .

1/ Montrer que la tension u_1 aux bornes de R_1 , s'écrit : $u_1 = \frac{R_1}{R_1+R_2} u_S$.

2/ En appliquant la loi des mailles à la maille EAME de la figure 1, montrer que l'expression de la tension différentielle ε de l'amplificateur opérationnel est : $\varepsilon = \frac{R_1}{R_1+R_2} u_S - u_E$.

3/ L'amplificateur fonctionne en régime saturé. Si ε est positif alors $u_S = +U_{\text{sat}}$ et si ε est négatif alors $u_S = -U_{\text{sat}}$.

- Déduire les expressions des tensions de basculement de haut vers le bas U_{HB} et du bas vers le haut U_{BH} en fonction de U_{sat} , R_1 et R_2 .
- Nommer ce montage et préciser son rôle.



II) Au circuit précédent, on associe un condensateur de capacité C et un résistor de résistance R comme l'indique la figure 2.

On visualise sur l'écran d'un oscilloscope les tensions $u_C(t)$ aux bornes du condensateur et $u_S(t)$ à la sortie du circuit (figure 3).

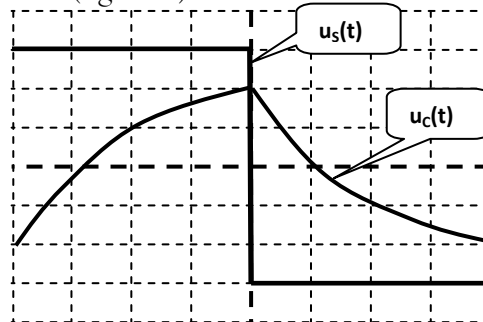
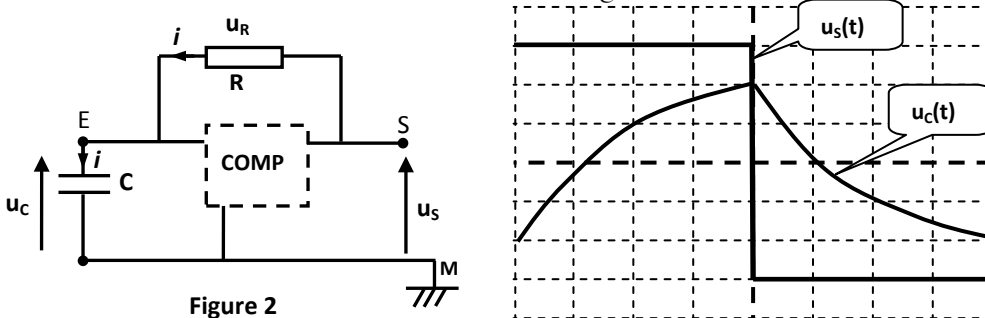


Figure 3

Les deux voies ont la même sensibilité verticale 5V/div et le même balayage horizontal 25µs/div.

1/ Justifier que le montage de la figure 2 constitue un multivibrateur astable.

2/ Montrer que la tension u_C vérifie l'équation différentielle suivante : $RC \frac{du_C}{dt} + u_C = u_S$.

3/ En exploitant la figure 3, déterminer les valeurs de U_{HB} , U_{BH} et la période T de la tension $u_S(t)$.

4/ Sachant que $R_1 = R = 10 \text{ k}\Omega$ et que U_{HB} a la même expression qu'à la question {A} 3/a}, calculer R_2 et C .

On rappelle que la période T a pour expression : $T = 2RC \cdot \text{Log}\left(1 + 2\frac{R_1}{R_2}\right)$ avec Log : logarithme népérien.

III) On modifie le montage précédent, on insérant une diode D supposée idéale et un résistor de résistance R comme l'indique la figure 3.

1/ Exprimer puis calculer T_1 et T_2 les durées respectives d'un état haut et d'un état bas.

2/ En déduire la valeur du rapport cyclique δ du multivibrateur.

3/ Préciser l'intérêt de ce montage.

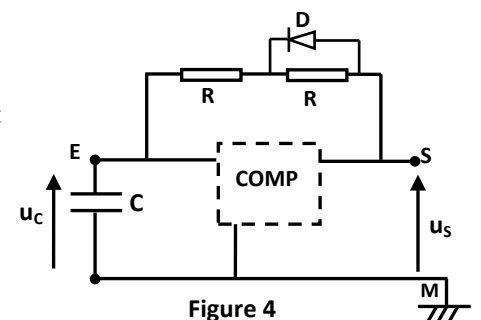


Figure 4

Ex-N°1

1) a) Un multivibrateur est un générateur autonome de tension périodique non sinusoïdale, il est dit "astable" car il oscille entre deux états quasi-stables.

b) Partie I : Réservoir d'énergie, Partie II : comparateur.

2) a) loi des mailles: $u_s - R_1 i - R_2 i = 0 \Leftrightarrow u_s = (R_1 + R_2) i$
 or $u_{R_1} = R_1 i \Rightarrow i = \frac{u_{R_1}}{R_1}$ donc $u_s = \left(\frac{R_1 + R_2}{R_1}\right) u_{R_1}$

b) loi des mailles: $u_c + \varepsilon - u_{R_1} = 0 \Leftrightarrow \varepsilon = u_{R_1} - u_c$
 or $u_{R_1} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} u_s \Rightarrow \varepsilon = \frac{R_1}{R_1 + R_2} u_s - u_c$

3) si $\varepsilon > 0$ alors $u_s = u_{sat}$

$$\frac{R_1}{R_1 + R_2} u_{sat} - u_c > 0 \Leftrightarrow u_c < \frac{R_1}{R_1 + R_2} u_{sat} \Rightarrow u_{cH} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} u_{sat}$$

si $\varepsilon < 0$ alors $u_s = -u_{sat}$

$$\frac{R_1}{R_1 + R_2} \times (-u_{sat}) - u_c < 0 \Leftrightarrow u_c > \frac{-R_1}{R_1 + R_2} u_{sat} \Rightarrow u_{cB} = \frac{-R_1}{R_1 + R_2} u_{sat}$$

4) a) Phase de charge du condensateur:

$$U_i = u_{cH}, U_0 = u_{cB} \text{ et } U_f = u_{sat}$$

$$\Rightarrow T_1 = RC \log \left(\frac{U_i - U_f}{U_0 - U_f} \right) = RC \log \left(\frac{u_{cH} - u_{sat}}{u_{cB} - u_{sat}} \right)$$

en remplaçant u_{cH} et u_{cB} par leurs expressions (3)

on obtient $T_1 = RC \log \left(1 + \frac{2R_1}{R_2} \right)$

Phase de décharge du condensateur: $U_i = u_{cB}, U_0 = u_{cH}, U_f = -u_{sat}$

$$T_2 = RC \log \left(\frac{U_i - U_f}{U_0 - U_f} \right) = RC \log \left(\frac{u_{cB} + u_{sat}}{u_{cH} + u_{sat}} \right) = RC \log \left(1 + \frac{2R_1}{R_2} \right)$$

b) $S = \frac{T_1}{T} = \frac{T_1}{T_1 + T_2} = \frac{1}{2}$ car $T_1 = T_2$.

5) a) a₁) $E_H = 12V, E_B = -12V, u_{cH} = 6V, u_{cB} = -6V$

a₂) $u_{cB} = \frac{R_1 u_{sat}}{R_1 + R_2} \Rightarrow R_2 = -R_1 \left(\frac{u_{cB} - E_H}{u_{cB}} \right) = 10^4 \Omega$

b) b₁) $T_1 = T_2 = 9,4 \text{ ms}$ b₂) $C_1 = \frac{T_1}{R \log \left(1 + \frac{2R_1}{R_2} \right)} = 17,8 \cdot 10^{-6} \text{ F}$

Ex. N°2 :

1) a. Le montage de la figure ④ délivre une tension périodique non sinusoïdale (crénau) sans être alimenté par un générateur (à part le générateur de polarisation de l'A.O.)
⇒ Donc le montage constitue un multivibrateur

b) U_{HB} : tension de basculement Haut-bas
 U_{BH} : " " " " bas-haut

2) on a $T_i = RC \log \left(\frac{U_i - U_v}{U_f - U_v} \right)$

a) Phase de charge : $U_i = U_{BH}$, $U_f = U_{HB}$, $U_v = E_H$

$$T_1 = RC \log \left(\frac{U_{BH} - E_H}{U_{HB} - E_H} \right)$$

b) Phase de décharge : $U_i = U_{HB}$, $U_f = U_{BH}$, $U_v = E_B$

$$T_2 = RC \log \left(\frac{U_{HB} - E_B}{U_{BH} - E_B} \right)$$

3) a) $T = T_1 + T_2 = 0,8 \text{ ms} = 8 \cdot 10^{-4} \text{ s}$

b) $D = \frac{T_1}{T} = \frac{4 \cdot 10^{-4}}{8 \cdot 10^{-4}} = \frac{1}{2}$

c) Si D augmente la durée T_1 devient plus grande que la durée T_2 .

4) $T_1 = RC \log \left(\frac{U_{BH} - E_H}{U_{HB} - E_H} \right) = RC \log \left(\frac{-3 - 4}{3 - 4} \right) = RC \log 7$

$$\Rightarrow R = \frac{T_1}{C \log 7}$$

AV : $R = \frac{4 \cdot 10^{-4}}{100 \cdot 10^{-9} \log 7} = 4733 \Omega$

Et. n°3,

I) 1) La loi des mailles (maille ①) : $u_5 - u_2 - u_1 = 0$ ①

$$u_2 = R_2 i_2 \quad \text{et} \quad u_1 = R_1 i_1$$

or L'A.O. est parfait $\Rightarrow i_- = i_+ = 0 \Rightarrow i_2 = i_1$

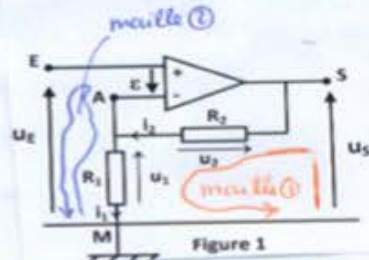
L'eq. ① donne : $u_5 = R_1 i_1 + R_2 i_2 = (R_1 + R_2) i_1 = \frac{R_1 + R_2}{R_1} u_1$

$$\Rightarrow u_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} u_5$$

2) $u_1 - \varepsilon - u_E = 0$

$$\varepsilon = u_1 - u_E =$$

$$\varepsilon = \frac{R_1}{R_1 + R_2} u_5 - u_E \quad \text{②}$$



3) a) si $\varepsilon > 0$ alors $u_S = +u_{sat}$, l'équation ② donne :

$$u_E < \frac{R_1}{R_1 + R_2} u_{sat} \Rightarrow u_{HB} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} u_{sat}$$

si $\varepsilon < 0$ alors $u_S = -u_{sat}$, l'équation ② donne :

$$u_E > \frac{-R_1}{R_1 + R_2} u_{sat} \Rightarrow u_{BH} = -\frac{R_1}{R_1 + R_2} u_{sat}$$

b) Nom du montage : Comparateur

Son rôle : il permet de comparer entre u_E et u_{HB} d'une part et u_E et u_{BH} d'autre part.

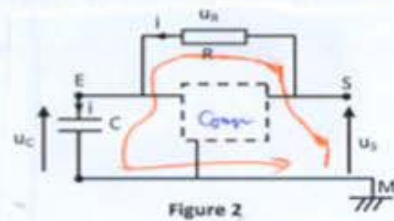
II) 1) Le montage de la figure ② est formé d'un comparateur et d'un réservoir d'énergie, et, il n'est pas alimenté par un générateur \Rightarrow il constitue un multivibrateur stable.

2) la loi des mailles :

$$u_S - Ri - u_C = 0 \Rightarrow Ri = u_S - u_C$$

$$i = \frac{dq}{dt} = C \frac{du_C}{dt}$$

$$RC \frac{du_C}{dt} + u_C = u_S$$



3) D'après la figure 3.

$$U_{HB} = 2 \times 5 = 10 \text{ V}, \quad U_{BH} = -2 \times 5 = -10 \text{ V}$$

$$T = 8 \times 25 \cdot 10^{-6} \text{ s} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ s}$$

$$4) \quad U_{HB} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U_{\text{sat}} \Leftrightarrow (R_1 + R_2) U_{HB} = R_1 U_{\text{sat}}$$

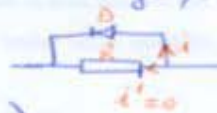
$$\Leftrightarrow R_1 U_{HB} + R_2 U_{HB} = R_1 U_{\text{sat}} \Leftrightarrow R_2 = \frac{R_1 (U_{\text{sat}} - U_{HB})}{U_{HB}}$$

$$\text{Avec, } R_2 = 10^4 \times \left(\frac{12 - 6}{6} \right) = 10^4 \Omega$$

$$T = 2RC \log \left(1 + \frac{2R_1}{R_2} \right) = 2RC \log 3$$

$$C = \frac{T}{2R \log 3} = \frac{2 \cdot 10^{-4}}{2 \times 10^4 \times \log 3} = 3,1 \cdot 10^{-9} \text{ F}$$

III) 1) Lorsque le condensateur se charge, la diode annule l'effet de la résistance



$$\Rightarrow T_1 = 2RC \log \left(1 + \frac{2R_1}{R_2} \right)$$

et lorsque le condensateur se décharge, la diode est bloquée,



$$\Rightarrow T_2 = 2(2R)C \log \left(1 + \frac{2R_1}{R_2} \right) = 2T_1$$

$$e) \quad \delta = \frac{T_1}{T} = \frac{T_1}{T_1 + 2T_1} = \frac{1}{3}$$

3) Le montage de la figure 4 permet de modifier la durée de l'état bas T_2 sans modifier la durée de l'état haut T_1 .

\Rightarrow D'où le rapport cyclique δ sera modifié

