


RÉVISION PHYSIQUE MULTIVIBRATEUR

 Durée : 6 heures

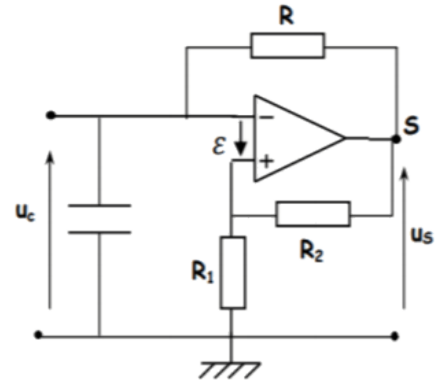
 Physique 4^{ème} SI

Exercice 1:/ (Multivibrateur)

 On réalise le multivibrateur schématisé sur la figure ci-contre où

- $C = 10^{-7} \text{F}$
- $R_1 = R_2 = R = 10 \text{ k}\Omega$

L'amplificateur opérationnel, considéré idéal, est polarisé par les tensions symétriques $\pm U_{\text{sat}} = \pm 15 \text{ V}$.



① Identifier dans ce montage les deux constituants principaux du multivibrateur.

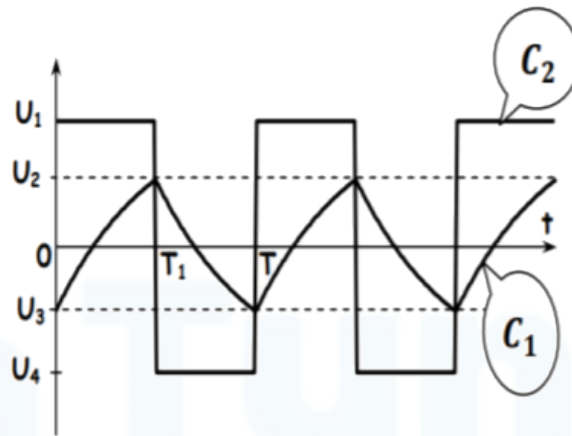
② On s'intéresse au comparateur

- a) Montrer que $\varepsilon = \frac{R_1}{R_1 + R_2} u_S - u_e$
- b) En déduire qu'il s'agit d'un comparateur à deux seuils de basculement

③ On s'intéresse au multivibrateur

- a) Établir l'équation différentielle vérifiée par la tension u_C aux bornes du condensateur.
- b) Sachant que la solution de cette équation différentielle est $u_C(t) = Ae^{-t/\tau} + B$ montrer que $u_C(t) = (u_{C1} - u_{Cf})e^{-t/\tau} + u_{Cf}$
- c) En déduire que l'expression de la durée de chacun des états de fonctionnement du multivibrateur est $T_i = RC \ln \frac{u_{Cf} - u_{Ci}}{u_{C(T_i)} - u_{Cv}}$ avec u_{Cv} la tension visée et atteinte par u_C

④ Les chronogrammes des tensions d'entrée u_C et de sortie u_S , sont donnés par la figure ci-dessous.



- Identifier C_1 et C_2 .
- Déterminer les tensions représentant l'état haut E_H et l'état bas E_B ainsi que les tensions de basculement E_{HB} et E_{BH} . Donner leurs valeurs.
- Préciser les phénomènes qui ont lieu au niveau du condensateur et au niveau du comparateur pendant les intervalles de temps $[0, T_1]$ et $[T_1, T]$.
- Justifier l'appellation de multivibrateur astable donné à ce montage
- Déterminer les expressions T_1 et de T puis calculer leurs valeurs.
- Calculer le rapport cyclique de ce multivibrateur.
- Quelles modifications affectent les chronogrammes C_1 et C_2 si on prend $R_1 = 3R_2$

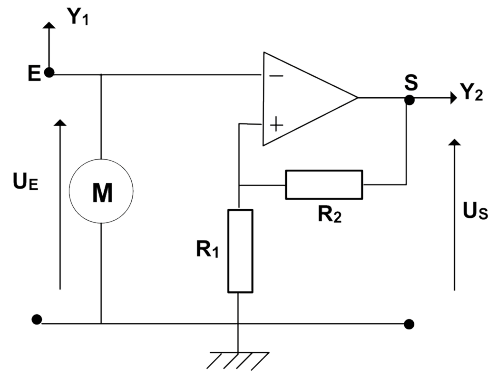
Golden Révision

Exercice 2: / (Comparateur à Hystérésis)



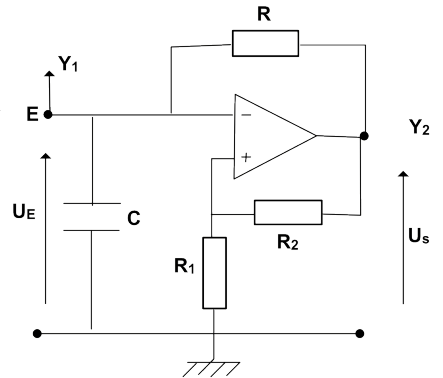
On étudie le montage de la figure ci-contre où :

- L'A.O.P est polarisé par les tensions $\pm U_{DD} = \pm 15 \text{ V}$.
- Le générateur BF délivre à l'entrée de l'amplificateur une tension u_E triangulaire.
- Les résistors ont des résistances $R_1 = R_2 = 10 \text{ k}\Omega$.



i Ce montage utilise une rétroaction positive pour créer un comparateur à hystérésis, également connu sous le nom de trigger de Schmitt.

- 1 Montrer que le montage utilisé est un comparateur à deux seuils de basculement.
- 2 Quelles valeurs peut prendre la tension de sortie u_S .
- 3 Décrire ce qu'on observe sur l'écran de l'oscilloscope si :
 - a $u_E(t)$ est une tension triangulaire d'amplitude $U_{em} = 2 \text{ V}$
 - b $u_E(t)$ est une tension triangulaire d'amplitude $U_{em} = 9 \text{ V}$. Représenter dans ce cas ce qu'on observe sur l'oscilloscope en passant en mode XY.
- 4 On élimine par la suite le GBF et on insère dans le circuit un dipôle RC où $R = 10 \text{ k}\Omega$ et $C = 10 \text{ nF}$. On obtient le montage de la figure ci-contre :
 - a Quel est le rôle joué par le dipôle RC ?
 - b Établir l'équation différentielle qui régit les variations de u_C .
 - c Quelle est la solution de cette équation différentielle ?
 - d Trouver l'expression de la période T du signal de sortie. En déduire sa valeur.
 - e Déterminer la valeur du rapport cyclique de ce multivibrateur.
 - f Représenter l'allure des tensions u_C et u_S observées sur l'écran de l'oscilloscope.

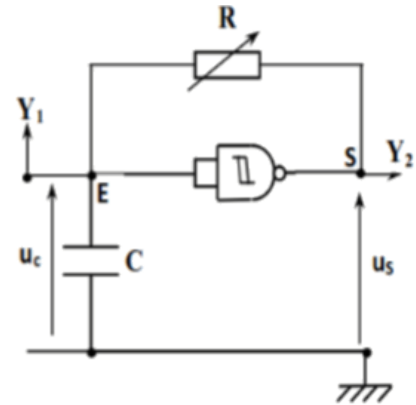


Exercice 3:/ (Comparateur à Hystérésis avec Porte CMOS)



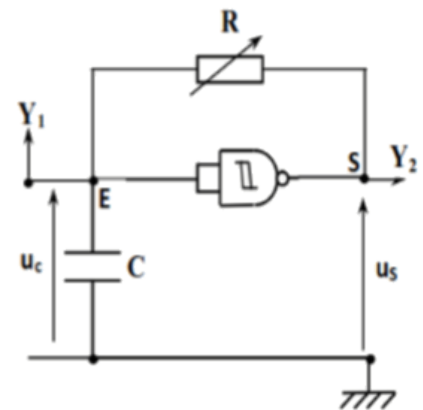
On étudie le montage de la figure ci-contre avec :

- Une porte logique CMOS 4093 montée en inverseur, est polarisée par une tension $U_{DD} = 12 \text{ V}$.
- Un générateur BF délivre à l'entrée de la porte une tension u_E triangulaire.
- Un résistor de résistance $R = 180 \text{ k}\Omega$.



i La porte logique CMOS 4093 est une porte NAND à trigger de Schmitt intégré, ce qui lui confère naturellement une caractéristique d'hystérésis.

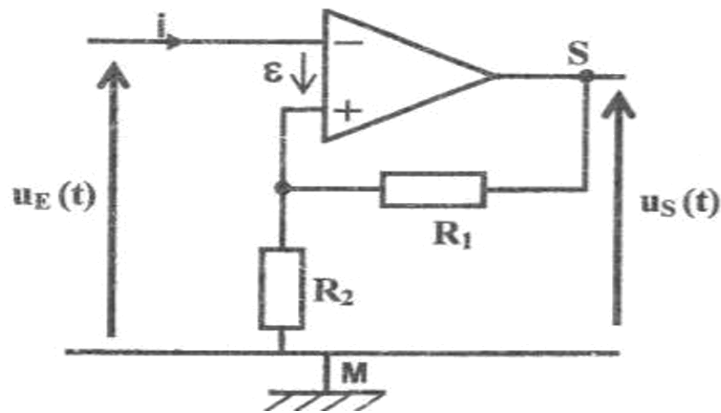
- 1 Montrer que le montage utilisé est un comparateur à deux seuils de basculement.
- 2 Quelles valeurs peut prendre la tension de sortie u_S .
- 3 Décrire ce qu'on observe sur l'écran de l'oscilloscope si :
 - a $u_E(t)$ est une tension triangulaire d'amplitude $U_{em} = 2 \text{ V}$
 - b $u_E(t)$ est une tension triangulaire d'amplitude $U_{em} = 9 \text{ V}$. Représenter dans ce cas ce qu'on observe sur l'oscilloscope en passant en mode XY.
- 4 On élimine par la suite le GBF et on insère dans le circuit un dipôle RC où R est fixée à $10 \text{ k}\Omega$ et $C = 10 \text{ nF}$. On obtient le montage de la figure ci-contre :
 - a Quel est le rôle joué par le dipôle RC ?
 - b Établir l'équation différentielle qui régit les variations de u_C .
 - c Quelle est la solution de cette équation différentielle ?
 - d Trouver l'expression de la période T du signal de sortie. En déduire sa valeur.
 - e Déterminer la valeur du rapport cyclique de ce multivibrateur.
 - f Représenter l'allure des tensions u_C et u_S observées sur l'écran de l'oscilloscope.



Exercice 4:/ (Montage Comparateur et Multivibrateur)



On considère le montage de la figure 4, constitué d'un amplificateur opérationnel supposé idéal et de deux conducteurs ohmiques de résistances R_1 et R_2 . La tension de polarisation de l'amplificateur est $\pm U_{sat}$.



① a) Montrer, par application de la loi des mailles, que : $\varepsilon = \frac{R_2}{R_1 + R_2} u_S(t) - u_E(t)$.

b) Justifier que pour $\varepsilon > 0$, on a : $u_E(t) < \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_{sat}$.

c) Justifier que pour $\varepsilon < 0$, on a : $u_E(t) > -\frac{R_2}{R_1 + R_2} U_{sat}$.

② En déduire qu'il s'agit d'un comparateur à deux seuils de basculement.

③ À l'amplificateur opérationnel et les conducteurs ohmiques R_1 et R_2 du montage de la figure 4, on associe un condensateur de capacité C et un conducteur ohmique de résistance R . On obtient ainsi le montage de la figure 5.

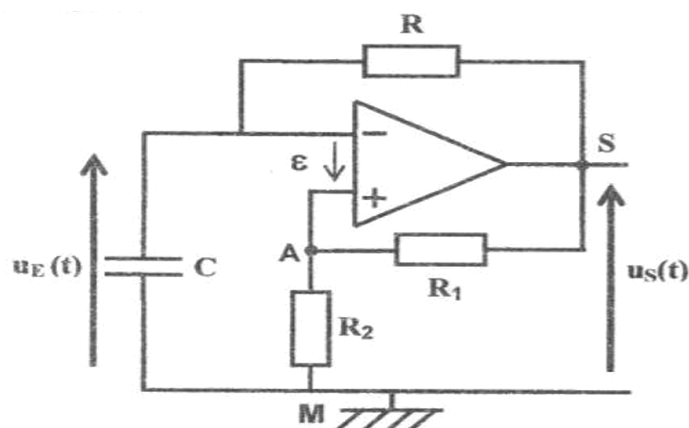


Fig 5

④ Un oscilloscope, convenablement branché, donne l'évolution des tensions $u_E(t)$ et $u_S(t)$. Après une certaine durée de fonctionnement, on obtient les oscillogrammes C_1 et C_2 de la figure 6.

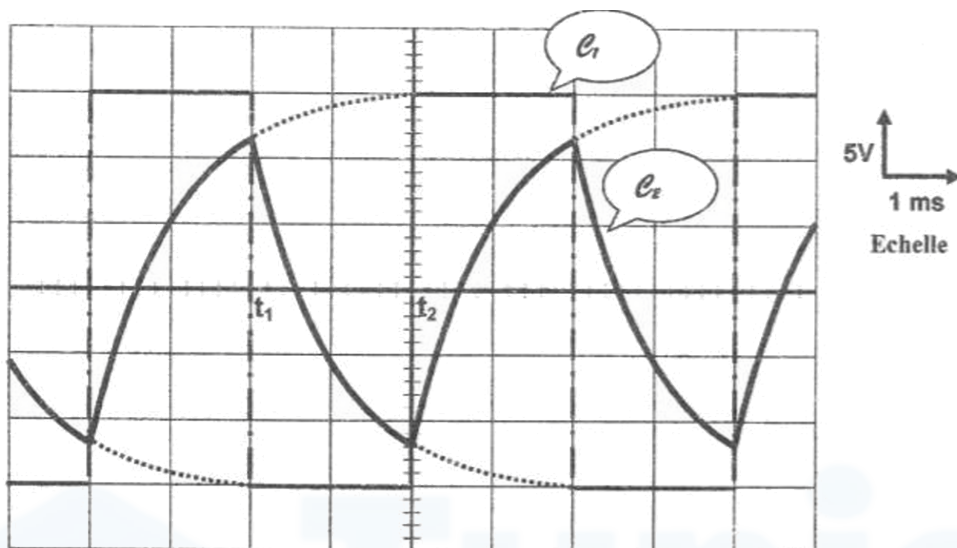


Fig 6

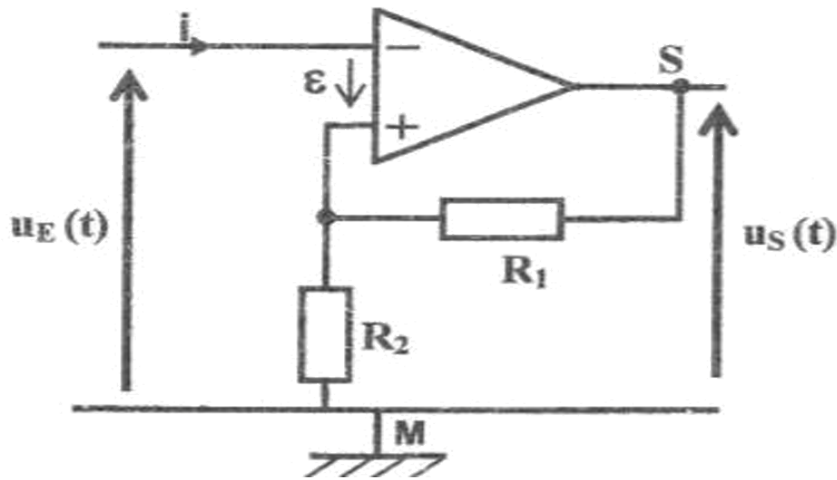
- 3
- Justifier que C_1 correspond à la tension de sortie $u_S(t)$.
 - Préciser ce qui se passe au niveau de la tension de sortie du montage de la figure 5, aux instants t_1 et t_2 mentionnés sur la figure 6.
- 4
- Par exploitation des oscillogrammes de la figure 6 :
- Préciser les valeurs des seuils de basculement bas u_{BH} et haut u_{HB} du multivibrateur.
 - Donner les valeurs des tensions des niveaux bas E_B et haut E_H du multivibrateur, lors de son fonctionnement.
 - Donner la durée T_1 du niveau haut et la durée T_2 du niveau bas du multivibrateur.
 - En déduire la valeur du rapport cyclique $\delta = \frac{T_1}{T}$, avec $T = T_1 + T_2$.
 - Déterminer la valeur de la résistance R du conducteur ohmique sachant que :

$$T_1 = T_2 = RC \cdot \log \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right), \text{ avec } R_2 = 4R_1 \text{ et } C = 0,1 \mu\text{F}.$$

Exercice 5: / (Comparateur et Multivibrateur)



Le circuit de la figure 3 est constitué d'un amplificateur opérationnel supposé parfait et polarisé par une tension électrique symétrique $\pm U_{\text{sat}}$ et de deux résistors de résistances R_1 et R_2 .



① Montrer que l'expression de 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 3, montrer que l'expression de la tension différentielle ϵ de l'amplificateur opérationnel est :

$$\epsilon = \frac{R_1}{R_1 + R_2} u_S - u_E$$

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

a) Dédurre les expressions des tensions de basculement du haut vers le bas U_{HB} et du bas vers le haut U_{BH} en fonction de U_{sat} , R_1 et R_2 .

b) Nommer ce montage et préciser son rôle.

i) On associe au circuit précédent un condensateur de capacité C et un résistor de résistance R comme l'indique la figure 4. 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 5). Les deux voies de l'oscilloscope ont la même sensibilité verticale 5V/div et le même balayage horizontal $50\mu\text{s/div}$.

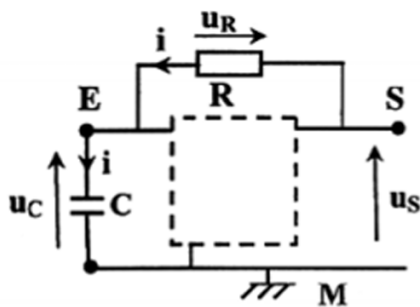


Figure 4

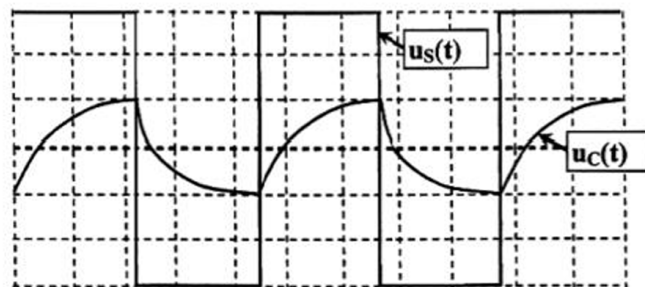


Figure 5




- 4 Montrer que la tension u_C vérifie l'équation différentielle :

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

- 5 En exploitant la figure 5, déterminer les valeurs de U_{HB} , U_{sat} et la période T de la tension $u_S(t)$.
- 6 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 $T = 2RC \cdot \text{Ln}\left(1 + 2\frac{R_1}{R_2}\right)$.

 $\text{Ln} = \text{Log}$.

Golden Révision