

Seuls les documents manuscrits et la calculatrice sont autorisés. Les livres sont interdits

Ce sujet comporte deux parties indépendantes, sur respectivement 6 et 14 points.

N.B. : La partie 1 du problème, qui est un complément, ne comporte pas de questions .

NE PAS PASSER PLUS DE 10 MINUTES SUR CETTE PARTIE

Exercice 1 : montage suiveur de tension [exercice sur 6 pts]

Le but de cet exercice est l'étude du montage suiveur de tension ci-dessous (voir figure 1). L'étude sera faite à l'aide du schéma équivalent en régime de fonctionnement linéaire (voir figure 2).

1.1) Calculer Z_e impédance d'entrée, Z_s impédance de sortie et A amplification en tension du montage [3pts]

N.B. : rien n'empêche ces différentes grandeurs d'être réelles

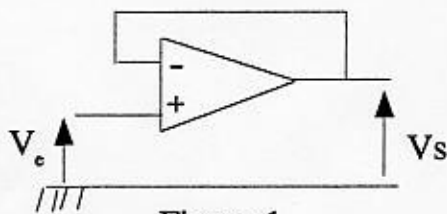


Figure 1

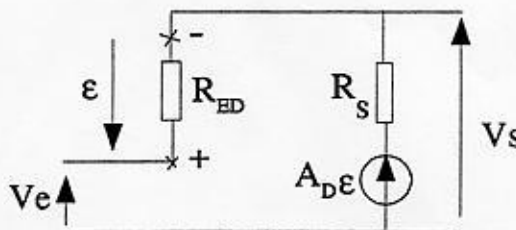


Figure 2

1.2) Application numérique [2 pts]

On donne : $R_{ED} = 10^6 \Omega$, $R_S = 100 \Omega$ et $A_D = 10^5$
Calculer (en arrondissant les résultats trouvés) Z_e, Z_s et A .

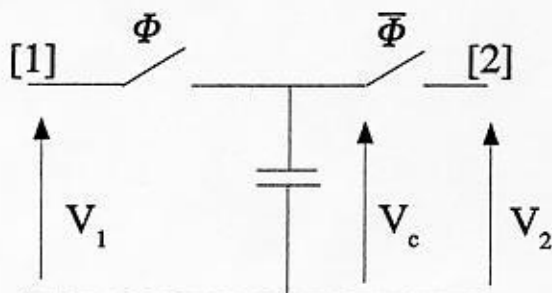
1.3) Justifier le nom de «suiveur de tension» de ce montage. [1 pt]

Problème : Principe des filtres à capacités commutées. Réalisation d'un filtre universel.

1) Préliminaire :

Principe de la simulation de résistance par commutation capacitive à l'aide d'un circuit intégré MF10.

1.1) Schéma de principe



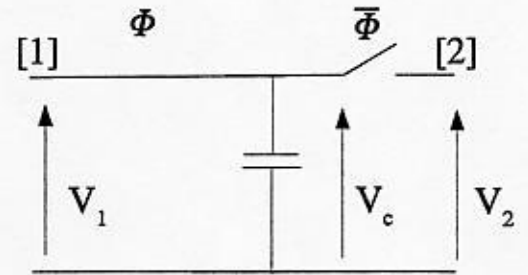
V_1 et V_2 sont des tensions continues, avec $V_1 > V_2$;
 ϕ et $\bar{\phi}$ sont des interrupteurs complémentaires. (si $\phi = 1 \Leftrightarrow \bar{\phi} = 0$ et inversement).

1.2) Étude du fonctionnement

[H] : on suppose C déchargé, pour simplifier l'étude, mais cela ne change pas le fonctionnement. On supposera d'autre part que les interrupteurs sont parfaits ($R_{on} = 0$).

a) À $t = 0$, on ferme ϕ [$\phi = 1$ (fermé) et $\bar{\phi} = 0$ (ouvert)]

V_c passe de 0V à $V_1 \Rightarrow$ circulation de [1] vers [2] de la charge
 $Q_1 = CV_1$



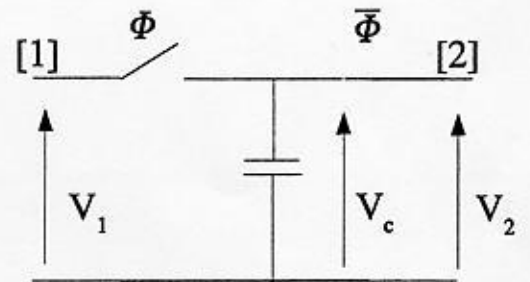
b) À $t = \frac{T_e}{2}$, on ouvre ϕ et on ferme $\bar{\phi}$.

$\Rightarrow V_c$ va passer (très rapidement) de V_1 à V_2 . C aura donc cédé une certaine quantité de charge ΔQ_c avec

$$\Delta Q_c = \text{charge initiale} - \text{charge finale} = \text{charge cédée}$$

charge finale valant CV_2 et charge initiale valant CV_1 .

Soit : $\Delta Q_c = C(V_1 - V_2)$



Remarque : si on avait parlé de la charge reçue, on aurait eu $\Delta Q_R = C(V_2 - V_1) = -\Delta Q_c$.

c) Ensuite, à $t = T_e$, on recommence le cycle.

Bilan : globalement, il circule donc de [1] vers [2] la charge $\Delta Q_c = C(V_1 - V_2)$ pendant $\Delta t = T_e = \frac{1}{f_e}$.

Sachant que la fréquence de commande f_e des interrupteurs est grande devant celle des variations de V_1 et V_2 , on

peut considérer qu'il circule entre [1] et [2], un courant moyen $I_{moyen} = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{C(V_1 - V_2)}{T_e}$.

On peut donc aussi écrire que $V_1 - V_2 = \frac{1}{C f_e} = R_{\text{equi}} \cdot I_{\text{moyen}}$ en posant $R_{\text{equi}} = \frac{1}{C f_e}$

Entre [1] et [2], tout se passe comme si il y avait une résistance $R_{\text{equi}} = \frac{1}{C f_e}$

Remarque : la fréquence de commande des interrupteurs, notée ici f_e est notée f_0 dans le problème. Cette fréquence correspond à un sous-multiple de la fréquence d'horloge réellement appliquée, notée f_{clock} , appliquée sur une des pattes du circuit intégré. De plus, en fonction du niveau (0V ou 5V) appliqué sur la patte 12, f_e (f_0

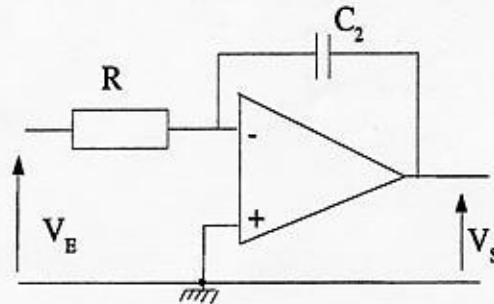
dans le problème) sera égale à $\frac{f_{\text{clock}}}{50}$ (si 0V patte 12), sinon $\frac{f_{\text{clock}}}{100}$ si 5V patte 12.

2) Réalisation d'un intégrateur pur

[H] : dans cette partie, on suppose le régime de fonctionnement sinusoïdal permanent.

N.B : R sera la résistance simulée par commutation capacitive.

Schéma de principe :



R sera la résistance que l'on simulera

2.1) Calculer $H(j\omega) = \frac{V_S}{V_E}$ et justifier le nom d'intégrateur

2.2) Proposer un schéma de principe en remplaçant R par un dispositif à capacités commutées (on appellera C₁ le condensateur simulant R).

2.3) Application Numérique : C₁ = 1 nF R = 10 kΩ . Calculer f₀ , fréquence de commande des interrupteurs.

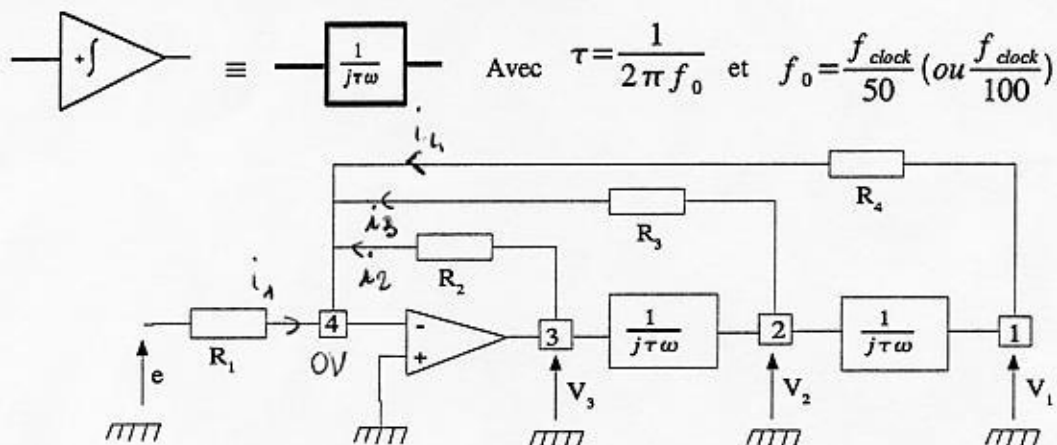
2.4) Exprimer $\frac{V_S}{V_E}$ en fonction de jω, C₁, C₂ et T₀ = $\frac{1}{f_0}$.

2.5) Que faut-il ajouter à ce système pour qu'il fonctionne correctement ?

3) Étude des différents types de filtres réalisables. Calcul des différentes fonctions de transfert.

Hypothèses :

- On supposera dans cette partie, que le dispositif étudié fonctionne en régime permanent sinusoïdal.
- On supposera aussi que R₁ = R₂ = R₃ = R₄ = 10 kΩ .
- On utilisera le schéma ci-dessous, dans lequel on supposera que :



Important : i représente la patte i du circuit intégré MF10 (dans ce cas).

3.1) Écrire la loi des noeuds au point A en exprimant :

$$\begin{aligned} \underline{i}_1 & \text{ en fonction de } \underline{e} \text{ et } R_1 \\ \underline{i}_2 & \text{ en fonction de } \underline{V}_3 \text{ et } R_2 \\ \underline{i}_3 & \text{ en fonction de } \underline{V}_2 \text{ et } R_3 \\ \underline{i}_4 & \text{ en fonction de } \underline{V}_1 \text{ et } R_4 \end{aligned}$$

3.2) Exprimer

a) \underline{V}_2 en fonction de \underline{V}_3

b) \underline{V}_1 en fonction de \underline{V}_2

En déduire \underline{V}_1 en fonction de \underline{V}_3 .

3.3) On considère que la sortie est prise sur la borne 1 (pour le 1er filtre)

On pose : $\underline{S}_1 \equiv \underline{V}_1$. Exprimer \underline{V}_2 et \underline{V}_3 en fonction de \underline{S}_1 .

3.4) En appliquant la loi des noeuds au point A, déterminer $\underline{S}_1 = f(\underline{e})$ et $\underline{H}_1 = \frac{\underline{S}_1}{\underline{e}}$.

3.5) Quel type de filtre a-t-on ainsi réalisé ? Quel est, *a priori*, son ordre ?

3.6) On considère maintenant que la sortie est prise sur la **patte 2**. En utilisant la même méthode que précédemment, déterminer $\underline{S}_2 (\equiv \underline{V}_2) = f(\underline{e})$ En déduire $\underline{H}_2 = \frac{\underline{S}_2}{\underline{e}}$

3.7) Quel est cette fois le type de filtre réalisé ?

Calculer tous les paramètres qui le caractérisent. On donne $f_0 = 10 \text{ KHz}$.

3.8) La sortie est maintenant prise sur la **patte 3** $\Rightarrow \underline{S}_3 \equiv \underline{V}_3$. Calculer $\underline{S}_3 = f(\underline{e})$. En déduire $\underline{H}_3 = \frac{\underline{S}_3}{\underline{e}}$.

3.9) Calculer les paramètres principaux de ce filtre ($f_0 = 10 \text{ KHz}$).

3.10) Remplir le tableau suivant (à refaire sur votre feuille de copie) :

Numéro borne prise comme sortie	Type de filtre réalisé	expression de $\underline{H}(j\omega)$	G_{max} (dans la bande passante)
1			
2			
3			

3.11) Tracer le diagramme de Bode de la fonction de transfert $\underline{H}_3 = \frac{\underline{S}_3}{\underline{e}}$.