

Avertissement concernant l'ensemble de l'épreuve :

Lorsqu'une question comporte un résultat numérique à vérifier, ce résultat doit être considéré comme « vrai » si l'égalité est vérifiée à $\pm 2\%$.

Le symbole $\perp$ représente la masse pour l'ensemble des figures.

Electronique analogique

Question 1

On considère l'amplificateur de puissance représenté figure 1. L'amplificateur opérationnel est supposé parfait. L'alimentation du montage est une alimentation symétrique $\pm V_{cc}$ de valeurs $\pm 18V$. L'alimentation de l'amplificateur opérationnel n'est pas représentée. La résistance R_1 vaut $10\text{ k}\Omega$. La tension d'entrée du montage est notée v . Cette tension est variable et son évolution temporelle est quelconque. Toutefois, elle est telle que, ni l'amplificateur opérationnel, ni les transistors bipolaires, ne soient jamais saturés. On supposera donc que le montage fonctionne toujours en mode linéaire. La charge du montage est une résistance $R_3 = 50\text{ }\Omega$.

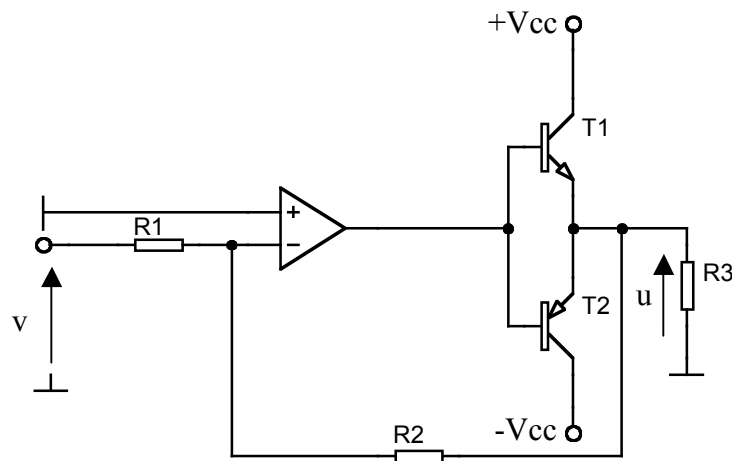


Figure 1.

- (A) Le montage de l'amplificateur opérationnel correspond à une contre-réaction négative.
- (B) En fonctionnement linéaire, pour avoir une amplification en tension $\frac{u}{v} = 10$, R_2 doit valoir $R_2 = 10 \cdot R_1 \parallel R_3$.
- (C) Le courant dans la résistance R_2 est identique au courant dans la résistance R_3 .
- (D) Si la tension d'entrée v est une sinusoïde d'amplitude $1,12V$ et si l'amplification en tension vaut $\frac{u}{v} = 10$, alors la puissance fournie à la charge vaut $P = 1,25W$.
- (E) Ce montage est un amplificateur de puissance qui amplifie la tension et le courant.

Question 2

Le schéma équivalent en fonctionnement dynamique d'un amplificateur opérationnel est représenté figure 2.a. v_d représente la tension différentielle d'entrée, r_d la résistance dynamique

d'entrée, A_o le gain à vide, r_s la résistance dynamique de sortie. On étudie le montage de la figure 2.b, dans laquelle le modèle de l'amplificateur opérationnel est celui représenté figure 2.a. R_3 est la résistance de charge, la tension à ses bornes est notée u . Les différents éléments valent : $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 30 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 20 \text{ }\Omega$, $A_o = 100\,000$, $r_d = 80 \text{ k}\Omega$, $r_s = 50 \text{ }\Omega$.

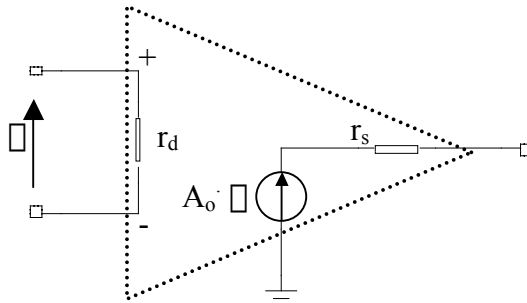


Figure 2.a.

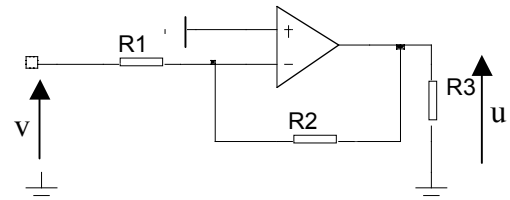


Figure 2.b.

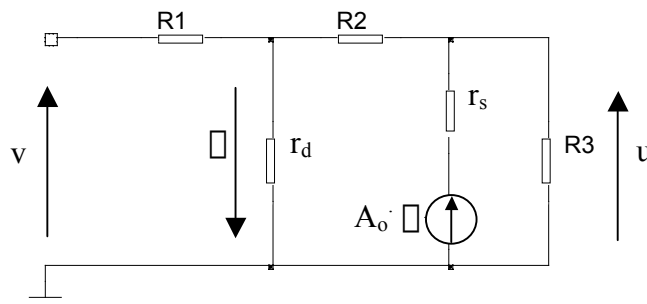


Figure 2.c.

(A) Le schéma équivalent proposé figure 2.c correspond au montage de la figure 2.b.

(B) Pour la figure 2.c, on a la relation
$$\frac{u}{v} = \frac{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{r_s} + \frac{1}{R_2}}{\frac{A_o}{r_s} + \frac{1}{R_2}}.$$

(C) L'amplification en tension du montage de la figure 2.c vaut exactement :

$$\frac{u}{v} = \frac{\frac{R_2}{R_1}}{1 + \frac{r_s}{R_d} + \frac{r_s}{R_2} + \frac{R_2}{A_o r_d} + \frac{R_2}{r_d}}$$

(D) L'amplification en tension du montage de la figure 2.c est $-2,99$.

(E) La résistance de sortie du montage 2.c vaut $2,19 \text{ m}\Omega$.

Question 3

On considère le schéma de la figure 3. On respectera scrupuleusement les conventions indiquées sur la figure. La tension E vaut -10V , le gain en courant β du transistor bipolaire vaut 150 , les valeurs des résistances sont : $R_C = 400 \text{ }\Omega$, $R_E = 200 \text{ }\Omega$, $R_1 = 15 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 5 \text{ k}\Omega$.

La valeur absolue de la tension V_{BE} vaut $|V_{BE}| = 0,6V$. On ne précise pas le signe de V_{BE} dans l'énoncé.

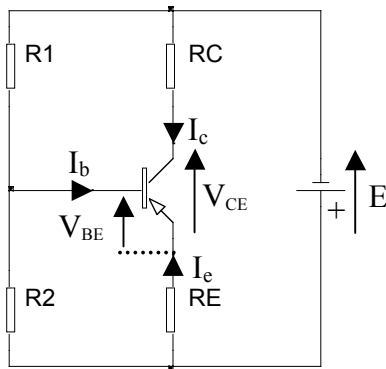


Figure 3.

- (A) Pour une tension V_{BE} positive, le transistor bipolaire est bloqué.
- (B) Aux faibles températures de fonctionnement, on définit le gain en courant par la relation $\beta = \frac{I_c}{I_b}$.
- (C) Le courant I_c vaut $-9,85mA$.

(D) $V_{CE} = -4,9V$.

(E) La résistance RC sert à améliorer la stabilité du point de repos par rapport aux variations du coefficient β en fonction de la température.

Question 4

On étudie le montage stabilisateur de tension de la figure 4.a. La tension d'entrée du montage est notée V_{cc} , la tension stabilisée est notée U . Le gain en courant du transistor vaut $\beta = 400$. On suppose que la tension aux bornes de la jonction base – émetteur vaut 600 mV lorsque le transistor est passant et ceci quel que soit le courant. On suppose également que le transistor est toujours en fonctionnement linéaire. Les caractéristiques des diodes Zener $D1$ et $D2$ sont identiques et représentées figure 4.b. Les résistances valent $R = 560\ \Omega$ et $RE = 380\ \Omega$. Lorsque le transistor est passant, on pourra supposer l'égalité des courants dans l'émetteur et dans le collecteur ; le courant de base du transistor n'est pas supposé nul, mais très petit par rapport aux courants dans l'émetteur et dans le collecteur. L'énoncé ne précise pas les conventions utilisées pour la figure 4.b.

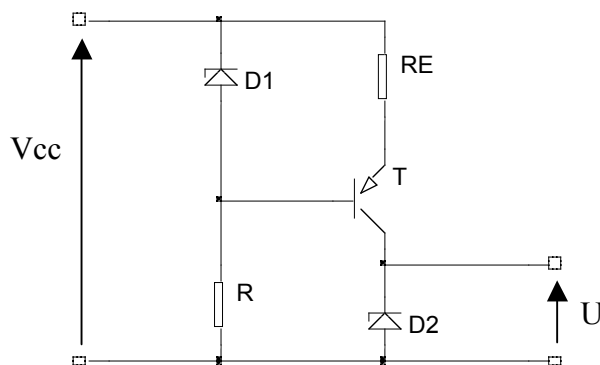


Figure 4.a.

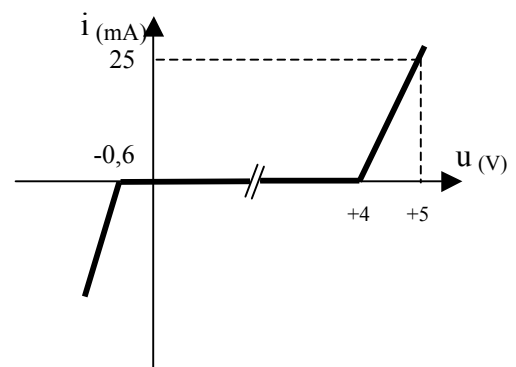


Figure 4.b.

- (A) Pour $V_{cc} = 10V$, le courant dans le collecteur du transistor vaut $8mA$.
- (B) Pour $V_{cc} = 10V$, la tension U vaut $4,4V$.
- (C) Pour $V_{cc} = 11V$, la tension aux bornes de $D1$ vaut $4,47V$.
- (D) Pour $V_{cc} = 11V$, la tension U vaut $4,3V$.

- (E) Lorsque V_{cc} passe de 10 à 11V, soit pour 10% de variation, la tension de sortie varie de 0,16%.

Electronique de puissance

Question 5

On étudie le montage de la figure 5. R est une résistance pure, L est une inductance pure, TH1 et TH2 sont deux thyristors, D est une diode, K est un interrupteur et T un transformateur à point milieu au secondaire (n_1 spires au primaire, n_2 spires pour chaque demi-enroulement secondaire) . Les éléments du montage sont supposés parfaits. L'inductance de lissage L est très grande. On suppose alors que le courant traversant la charge (R et L) est parfaitement constant. Le rapport de transformation du transformateur est $\frac{2 \cdot n_2}{n_1} = 0,6$. Il est alimenté par un réseau sinusoïdal, de fréquence 50Hz et de tension efficace $V = 230V$. A l'instant $t = 0$, la tension du réseau est nulle. La période du réseau est notée T. On envoie simultanément des impulsions d'amorçages aux deux thyristors. Ces impulsions sont envoyées deux fois par période du réseau d'alimentation, aux instants t_0 et $t_0 + \frac{T}{2}$. La pulsation du réseau d'alimentation, exprimée en radians par seconde, est notée ω . On note alors $\alpha = \omega \cdot t_0$. La résistance R vaut 10Ω .

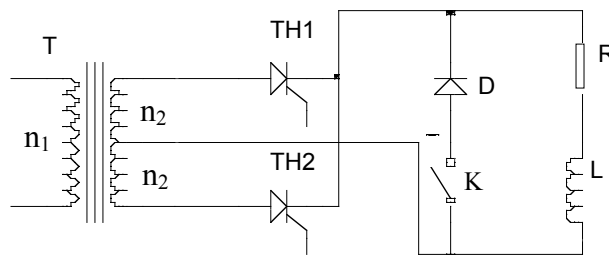


Figure 5.

L'interrupteur K est ouvert.

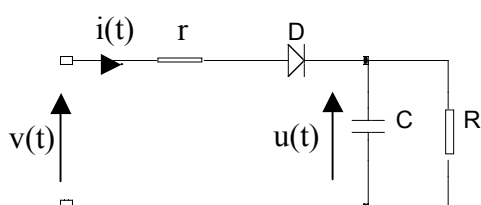
- (A) La valeur moyenne de la tension aux bornes de la charge R-L est $62,1 \cdot \cos(\alpha)$ en volts.
- (B) La tension efficace aux bornes de la charge vaut $U = 69,9 \cdot \sin(\alpha)$ en volts.
- (C) Pour $\alpha = \pi/4$, la valeur efficace du courant dans la charge vaut 2,2A.

L'interrupteur K est maintenant fermé (items D et E).

- (D) La durée de conduction des thyristors est inchangée, quel que soit l'état de K (ouvert ou fermé).
- (E) Pour $\alpha = \pi/4$, le facteur de puissance au secondaire du transformateur vaut 0,63. On rappelle que le facteur de puissance est le quotient de la puissance active par la puissance apparente. (La puissance apparente est le produit des valeurs efficaces de la tension et du courant. La puissance active est la valeur moyenne de la puissance instantanée. La puissance instantanée est le produit des valeurs instantanées du courant et de la tension.)

Question 6

On étudie le montage redresseur de la figure 6. La source de tension $v(t)$ est une tension sinusoïdale d'amplitude A : $v(t) = A \cdot \sin(\omega \cdot t)$. Elle est supposée parfaite, donc d'impédance interne nulle. La période de la tension du réseau est notée T . La diode D est modélisée par une tension de seuil V_0 et une résistance interne nulle. La résistance r regroupe l'ensemble des résistances dues à la source et à la diode. La charge du redresseur est constituée par une résistance R et un condensateur C . On pose $\tau = RC$



On considère que τ est beaucoup plus grand que T ; la tension U aux bornes de la charge sera alors considérée comme constante pour les items (A), (B) et (C), soit $u(t) = U$.

Figure 6.

- (A) La diode commence à conduire à l'instant t_1 tel que $t_1 = \frac{1}{\omega} \cdot \arcsin\left(\frac{U + V_0}{A}\right)$.
- (B) Le courant $i(t)$ délivré par la source est constant et s'écrit $i = \frac{U + V_0}{R + r}$.

La relation entre la tension U aux bornes de la charge et l'amplitude A de la source est définie par l'efficacité de détection notée $\eta = \frac{U}{A}$. Pour la suite du problème, on admettra la formule

approchée : $\eta = 1 - \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{3 \cdot \tau \cdot r}{R} \right)^{\frac{2}{3}}$. La résistance r vaut 2Ω , l'amplitude A vaut $48V$.

- (C) Pour que la tension continue U aux bornes de la charge soit supérieure ou égale à $40V$, il faut que la résistance de la charge soit telle que $R \geq 98 \Omega$.

Pour les items (D) et (E), la tension $u(t)$ n'est plus supposée constante. Par ailleurs, on néglige maintenant la tension V_0 par rapport aux tensions $u(t)$ et $v(t)$.

- (D) Durant la phase de conduction de la diode D , l'équation différentielle représentant

l'évolution de la tension $u(t)$ est : $r \cdot C \cdot \frac{du(t)}{dt} + u(t) \cdot \left(1 + \frac{r}{R}\right) = A \cdot \sin(\omega \cdot t)$.

- (E) Pour que l'ondulation de tension $u(t)$ soit nulle il faut que la résistance R soit infinie ou nulle.

Question 7

On étudie le montage hacheur représenté figure 7.a. La source de tension E est supposée parfaite, de même que la diode D et l'interrupteur k . On définit $\tau = L/R$. La période de hachage est notée T et le rapport cyclique est noté α . Sur une période T , l'interrupteur k est fermé de $t = 0$ à $t = \alpha T$ et il est ouvert de $t = \alpha T$ à $t = T$. Sur une période T , la tension $u(t)$ aux bornes de la charge R et L est représentée figure 7.c. Les commutations se font instantanément. On étudie le fonctionnement du hacheur en régime établi, les signaux sont donc identiques d'une période à l'autre. Par ailleurs, on suppose que la période T est

beaucoup plus petite que la constante de temps de la charge. On assimile alors le courant $i(t)$ dans la charge à des segments de droite. Les valeurs maximales et minimales du courant $i(t)$ sont notées respectivement $I_{\max}$ et $I_{\min}$. Le fonctionnement du hacheur est tel qu'on ait une conduction continue, le courant $i(t)$ est donc toujours strictement positif. Les valeurs numériques à utiliser sont : $T = 10\mu\text{s}$, $\alpha = 13\text{ms}$, $E = 80\text{V}$, $L = 200\text{mH}$.

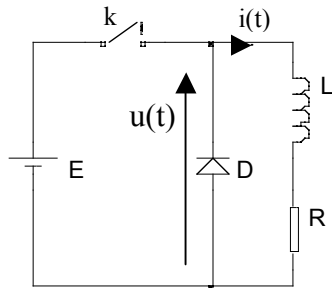


Figure 7.a.

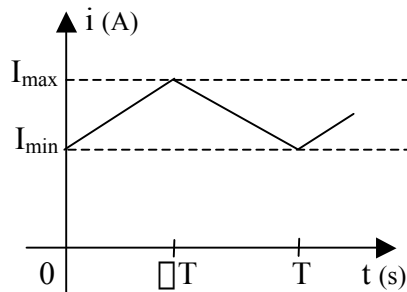


Figure 7.b.

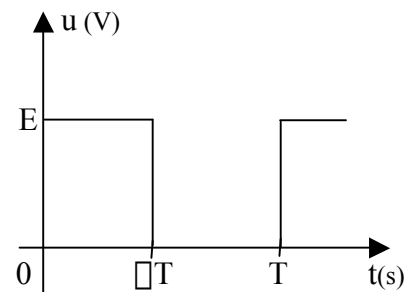
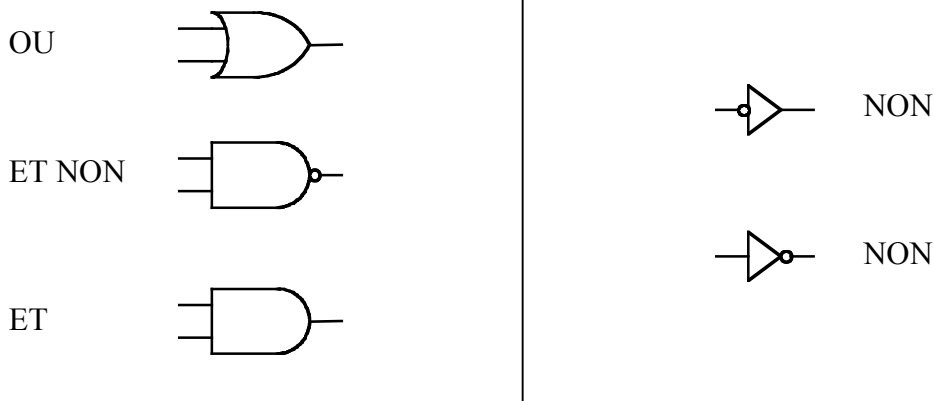


Figure 7.c.

- (A) L'allure du courant $i(t)$ correspond à la figure 7.b.
 (B) On rappelle que $i(t)$ est composé de segments de droites et que $T \ll \alpha$. On pourra approximer la fonction exponentielle par $\exp(x) = 1 + x$. Dans ces conditions, le courant $I_{\min}$ vaut $\alpha \cdot E / R$.
 (C) Pour $\alpha = 0,3$, l'ondulation de courant vaut $\Delta I = I_{\max} - I_{\min} = 0,74\text{mA}$.
 (D) La valeur maximale de ΔI est obtenue pour $\alpha = 0,5$ et vaut $\Delta I_{\max} = 1\text{mA}$.
 (E) Le facteur d'ondulation est défini comme étant le quotient $K_o = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{2 \cdot I_{\text{moy}}}$, où I_{moy} est le courant moyen dans la charge. Pour $\alpha = 0,5$ on a $K_o = 0,023$.

Electronique numérique

Pour les questions 8 et 9 on définit les fonctions logiques suivantes :



Question 8

La question 8 propose l'étude des multiplexeurs et des démultiplexeurs. Soit la figure 8.a, qui représente une fonction numérique à quatre entrées (E_0 à E_3) et à une sortie (S). La fonction

ainsi représentée permet de relier une des quatre entrées à la sortie en fonction d'une adresse codée sur les bits de commandes (non représentés), ce qui est symbolisé par un commutateur k pouvant prendre quatre positions différentes. La figure 8.b est une fonction numérique à deux entrées (E_0 et E_1), une sortie S et une entrée de commande C .

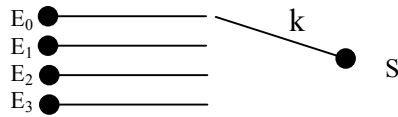


Figure 8.a.

A	B	C	S
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

Figure 8.d.

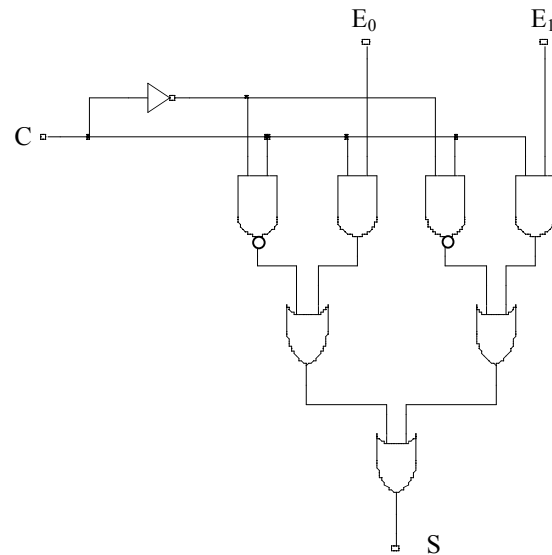


Figure 8.b.

Nota figure 8.c :
 0V : masse ; Vcc : alimentation ; EN : inhibition ;
 $G \frac{0}{3}$: en fonction du code binaire présent sur les bornes 14 (poids faible) et 2 (poids fort), une des bornes 3 (poids fort) à 6 (poids faible) est reliée à la borne 7.

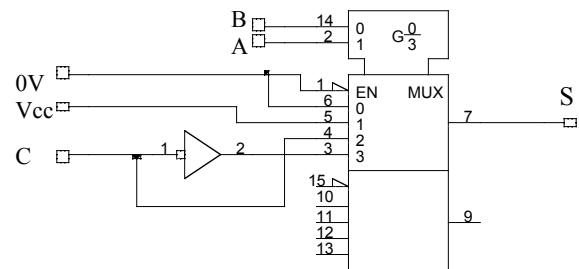


Figure 8.c.

- (A) La figure 8.a correspond à la fonction multiplexeur.
- (B) La figure 8.b représente une fonction multiplexeur à deux voies d'entrées.
Ces entrées sont sélectionnées par le signal de commande C .
- (C) Soit la fonction logique représentée par la table de vérité de la figure 8.d. Cette table de vérité peut être synthétisée par le montage multiplexeur représenté figure 8.c.
- (D) Le code représenté par les entrées A , B et C de la table 8.d correspond au code GRAY.
- (E) On souhaite transmettre une information codée sur 12 bits parallèles sur une seule ligne à l'aide d'un système de multiplexage / démultiplexage. Le multiplexeur que l'on mettra en œuvre devra comporter au minimum 12 bits d'entrées signaux, 12 bits de commandes et une sortie.
Nota : l'expression « 12 bits d'entrées signaux » correspond aux bits destinés à transmettre l'information.

Question 9

Cette question aborde les principes de base des unités arithmétiques et logiques (ALU), destinées à réaliser les opérations mathématiques dans les processeurs.

- (A) La fonction de base élémentaire d'une ALU consiste à additionner deux bits A et B entre eux, à fournir le résultat S de cette somme ainsi que la retenue R éventuelle. Cette fonction est remplie par le schéma de la figure 9.a.
- (B) L'additionneur tient maintenant compte de la retenue R_i provenant d'un autre élément additionneur. Il faut donc effectuer la somme des bits A_i et B_i ainsi que de la retenue R_i et générer une sortie S_i et une retenue éventuelle R_{i+1} pour l'élément suivant. La table de vérité de la figure 9.b décrit ce fonctionnement.
- (C) Une soustraction revient à additionner un nombre A à un nombre (-B). Un nombre (-B) est obtenu à partir d'un nombre B en effectuant le complément à deux de ce nombre B. Si B est codé sur n bits, le complément à deux s'obtient en prenant un à un le complément des n bits.

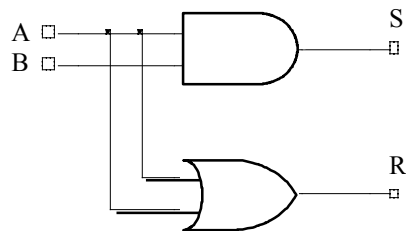


Figure 9.a.

R_i	A_i	B_i	S_i	R_{i+1}
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1

Figure 9.b.

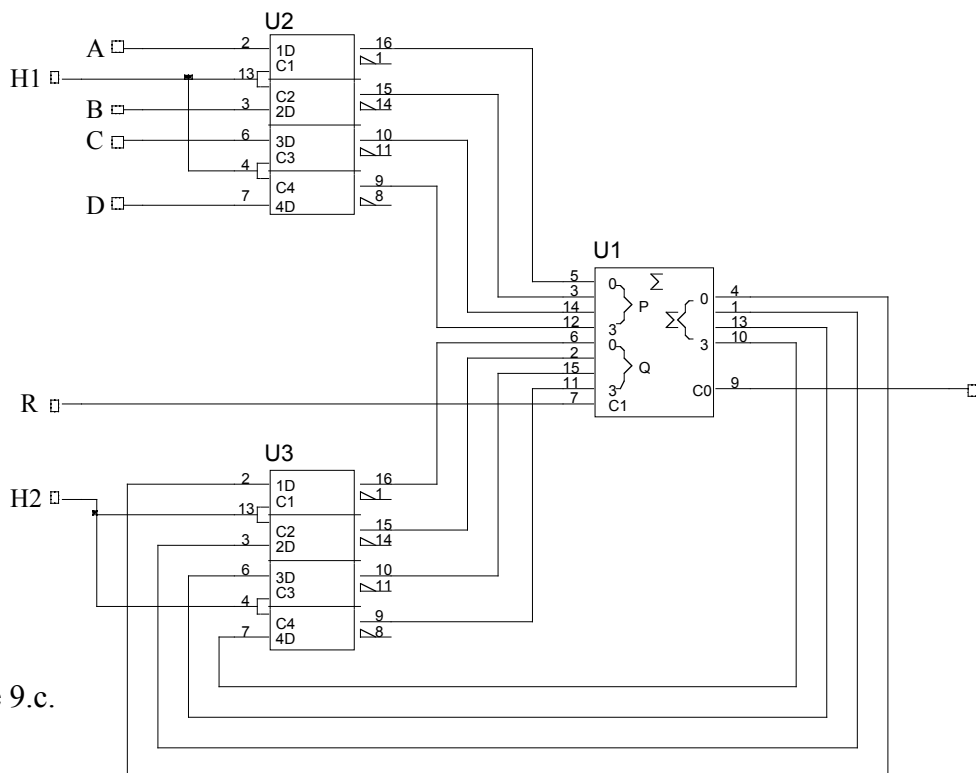


Figure 9.c.

On étudie le montage de la figure 9.c. Le composant U1 est un additionneur, dont la sortie est égale à la somme des mots binaires présents sur les entrées P et Q. La borne C1 est une entrée qui prend en compte la retenue éventuelle, la borne C0 est une sortie qui génère la retenue éventuelle. Les composants U2 et U3 sont des bascules D.

(D) Les niveaux logiques initiaux des sorties des bascules D valent zéro, de même que la retenue R. Le mot d'entrée (A,B,C,D) est tout d'abord chargé dans la bascule U2 à l'aide de l'entrée H1. Ensuite, après un certain retard T (T est beaucoup plus grand que le temps de propagation des signaux à travers les composants), l'entrée H2 permet le transfert des niveaux logiques à travers U3. Le mot d'entrée (A,B,C,D) est ensuite modifié, et on active à nouveau le signal H1 afin de charger ce deuxième mot dans U2. Le cycle de fonctionnement ainsi décrit permet de réaliser la somme des deux mots binaires présents successivement à l'entrée (A,B,C,D) et le résultat du calcul est présent à la sortie de l'additionneur U1.

(E) La remise à zéro du montage de la figure 9.c est obtenue en effectuant le cycle décrit à l'item D, tout en maintenant le mot d'entrée (A,B,C,D) à zéro.

Electricité générale - Circuits linéaires

Question 10

On étudie l'association de quatre impédances complexes présentées figure 10. La tension d'entrée du montage est sinusoïdale. Son module est noté $|V_1|$ et sa pulsation est notée ω . Le module de V_2 est noté $|V_2|$. La pulsation ω_0 est celle qui permet d'obtenir la valeur maximale du module de V_2 , cette valeur maximale est notée $|V_2|_{\max}$. Pour les items (B), (C), (D) et (E) on prendra $\underline{Z1} = R$ et si $\underline{Z2} = (j\omega C)^{-1}$, avec R une résistance pure et C un condensateur parfait.

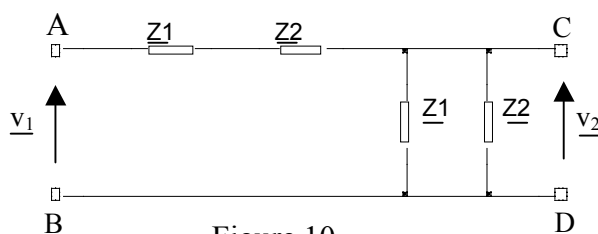


Figure 10.

(A) On a l'égalité $\frac{V_1}{V_2} = 1 + \frac{(Z1 + Z2)^2}{Z1 \cdot Z2}$.

(B) $\frac{V_1}{V_2} = 1 + j\omega x \frac{1}{x}$, avec $x = RC\omega$.

(C) La figure 10 représente un filtre réjecteur de bande.

(D) La pulsation qui permet d'obtenir $|V_2|_{\max}$ vaut $\omega_0 = \frac{1}{R \cdot C}$.

(E) La sélectivité du filtre est représentée par $S = 20 \log \frac{|V_2|}{|V_2|_{\max}}$. Les pulsations qui correspondent à une sélectivité de -3dB sont $\omega_1 = 0,30 \cdot \omega_0$ et $\omega_2 = 3,30 \cdot \omega_0$.

Question 11

On considère le montage de la figure 11 constitué de deux inductances parfaites L1 et L2 et de deux résistances pures R1 et R2. Les deux inductances sont couplées, le coefficient de

mutuelle inductance est noté M . Ce couplage se fait à travers un circuit magnétique linéaire. L'alimentation du montage est une source de tension e dépourvue de résistance interne. On note I_1 et I_2 les amplitudes des courants i_1 et i_2 .

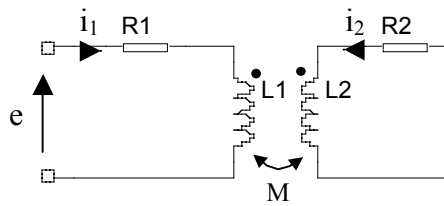


Figure 11.

- (A) La tension d'alimentation est sinusoïdale : $e(t) = E \cdot \cos(\omega \cdot t)$. L'équation différentielle $R_2 \cdot i_2 + L_2 \cdot \frac{di_2}{dt} + M \cdot \frac{di_1}{dt} = 0$ correspond au montage de la figure 11.

(B) L'amplitude complexe du courant i_2 s'écrit : $\underline{I_2} = \frac{j\omega \cdot M \cdot \underline{I_1}}{\underline{Z_1} \cdot \underline{Z_2} + (M \cdot \omega)^2} \cdot \underline{E}$,

avec $\underline{Z_1} = R_1 + j\omega \cdot L_1$ et $\underline{Z_2} = R_2 + j\omega \cdot L_2$.

- (C) La puissance moyenne absorbée par la résistance R_2 vaut :

$$P = \frac{1}{2} \cdot \frac{R_2 \cdot L_2 \cdot L_1 \cdot \omega^2 \cdot E^2 \cdot k}{\left[(k \omega^2) \cdot L_1 \cdot L_2 \cdot \omega^2 + R_1 \cdot R_2 \right] + \left[(R_1 \cdot L_2 + R_2 \cdot L_1) \cdot \omega \right]^2}$$

avec $k = M^2 / (L_1 \cdot L_2)$.

- (D) La puissance P absorbée par la charge R_2 est maximale lorsque $k = 1/2$.

- (E) La puissance maximale absorbée par R_2 vaut $P = E^2 / R_2$.

Question 12

On considère le montage de la figure 12.a. L'amplificateur opérationnel est parfait et en fonctionnement linéaire. La tension d'entrée $\underline{v}$ est sinusoïdale et ω représente sa pulsation. j représente l'opérateur complexe.

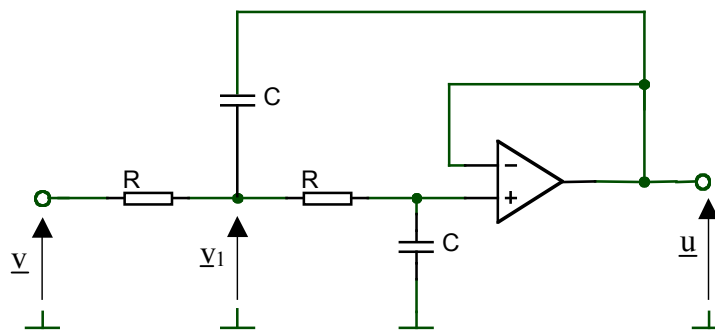


Figure 12.a.

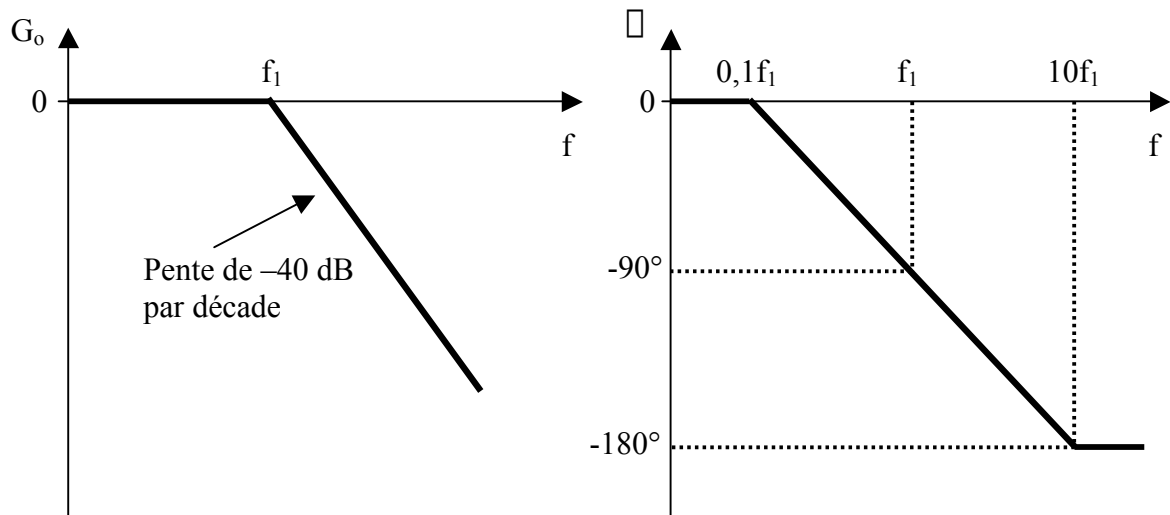
(A) La relation $\frac{v_1 \cdot \underline{v}}{R} + \frac{v_1 \cdot \underline{u}}{R} + \frac{v_1 \cdot \underline{u}}{j\omega \cdot C} = 0$ correspond au montage de la figure 12.a.

(B) La fonction de transfert du montage est $\frac{\underline{u}}{\underline{v}} = \frac{1}{(1 + j\omega \cdot R \cdot C)^2}$.

(C) La phase de la fonction de transfert $\frac{\underline{u}}{\underline{v}}$ du montage est $\varphi = -2 \arctan(\omega \cdot R \cdot C)$.

(D) Le diagramme de Bode asymptotique de la fonction de transfert $\frac{u}{v}$ du montage est celui représenté figure 12.b.

(E) Pour que le filtre passe bas de la figure 12.a ait une fréquence de coupure de trois kilohertz, on peut prendre $R = 1 \text{ k}\Omega$ et $C = 0,33 \text{ }\mu\text{F}$.



$$G_0 = 20 \cdot \log \left(\frac{u}{v} \right) \text{ en dB}$$

f : fréquence en Hz

φ : phase de la fonction de transfert

$$f_1 = \frac{1}{2\pi \cdot R \cdot C}$$

Figure 12.b.

Question 13

Soit un récepteur composé de trois inductances complexes identiques notées $\underline{Z}$ (figure 13). Le récepteur est alimenté à partir d'un réseau triphasé équilibré de tension, par l'intermédiaire de trois résistances identiques notées R . Les trois points de connexion du réseau triphasé sont notés 1, 2 et 3. Les trois tensions d'alimentations valent : $v_i = 230 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin \left(100 \cdot \pi \cdot t + \frac{2 \cdot \pi}{3} \cdot (i-1) \right)$ avec $i = 1 ; 2 ; 3$ (indices des trois phases du réseau). Ces tensions sont repérées par rapport au point commun qui est le neutre. Les résistances R valent 40Ω . Pour une fréquence de 50Hz, les impédances $\underline{Z}$ ont pour module 50Ω et pour argument 60° .

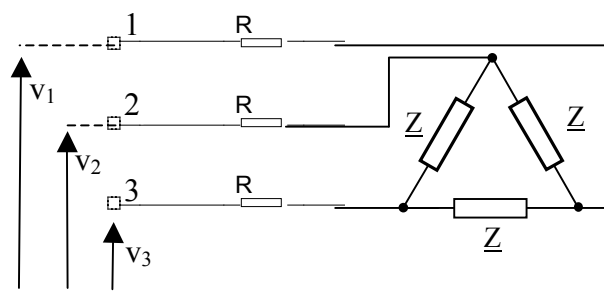


Figure 13.

On rappelle que les puissances actives et réactives pour une phase du réseau sont définies respectivement par $P = V \cdot I \cdot \cos \varphi$ et $Q = V \cdot I \cdot \sin \varphi$ où V et I sont respectivement les valeurs efficaces de la tension et du courant pour la phase considérée et φ représente le déphasage entre i et v pour la phase considérée.

- (A) Le courant efficace dans une phase du réseau vaut 4,58A.
- (B) L'argument du courant dans la phase 2 vaut 46,6°.
- (C) Le courant efficace dans une des impédances $\underline{Z}$ du récepteur vaut 7,93A.
- (D) La puissance active totale fournie par le réseau vaut 3030W.
- (E) La puissance réactive absorbée par le récepteur vaut 905VAR.

Electromagnétisme - Electrostatique

Question 14

On considère un barreau conducteur (figure 14.a), de longueur c et de section constante $S = a \cdot b$. Le barreau conducteur est homogène et la conductivité du matériau est notée σ . Ce barreau est parcouru par un courant dans le sens de sa longueur. On suppose que la densité de courant $\vec{j}$ est uniforme à travers la section S .

- (A) Le champ électrique dans le barreau vaut $\vec{E} = \frac{\vec{j}}{\sigma}$.
- (B) Le potentiel est constant à l'intérieur du barreau.

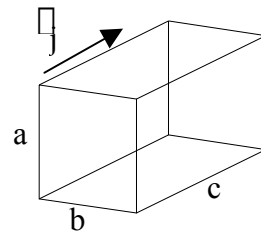


Figure 14.a.

On relie deux condensateurs de capacité $C1$ et $C2$ par l'intermédiaire d'une résistance R (figure 14.b). Le condensateur $C1$ est initialement chargé avec une charge Q sous un potentiel $V1$ et le condensateur $C2$ est initialement déchargé.

- (C) L'expression du courant dans le circuit est $i(t) = \frac{V1}{R} \cdot e^{-t/(R \cdot (C1+C2))}$.
- (D) Lorsque le régime d'équilibre des charges est atteint, le potentiel du condensateur $C2$ vaut $V2 = \frac{(C1 \cdot V1)}{C1 + C2}$.
- (E) Lorsque le régime d'équilibre des charges est atteint, l'énergie finale stockée dans les deux condensateurs vaut $W = \frac{1}{2} \cdot \frac{(C1 \cdot V1)^2}{C1 + C2}$.

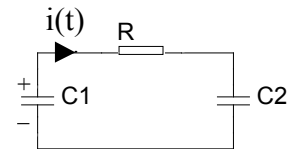


Figure 14.b.

Question 15

Soit un tore de rayon intérieur 8cm, de rayon extérieur 10cm et de section carrée de 2cm sur 2cm (figure 15). La perméabilité magnétique du tore est supposée égale à celle du vide, notée μ_0 . On suppose également que le tore est non conducteur (résistance électrique infinie) et qu'il canalise parfaitement les lignes de champ. Sur ce tore est bobiné un enroulement de 400 spires, réparties uniformément sur tout le pourtour du tore. La résistance de l'enroulement vaut $R = 0,01 \Omega$. Le bobinage est alimenté par un courant sinusoïdal de valeur efficace I et de fréquence $f = 50\text{Hz}$. La perméabilité magnétique du vide vaut $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ S.I.}$

- (A) Pour $I = 10\text{A}$, la valeur efficace de l'induction dans le tore vaut 8,89 mT.
- (B) L'inductance du bobinage vaut 14,4 mH.
- (C) Pour $I = 10\text{A}$, la valeur efficace de la tension d'alimentation aux bornes de la bobine vaut 0,457 V.

L'enroulement n'est plus alimenté, mais il est refermé sur lui même (les deux bornes sont court-circuitées). Un champ magnétique extérieur induit maintenant une force électromotrice dans cet enroulement en court-circuit. L'expression de cette f.e.m. est $e = E e^{j\omega t}$.

- (D) Lorsque ω tend vers zéro, la valeur efficace du courant dans la bobine tend vers E/R .
- (E) Lorsque ω tend vers l'infini, la valeur efficace du courant dans la bobine tend vers zéro.

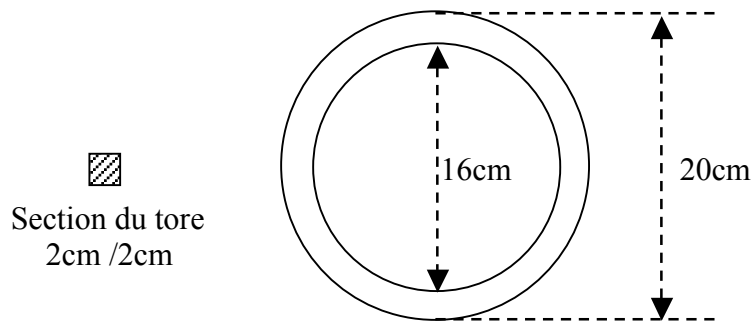


Figure 15.