

**BANQUE D'ÉPREUVES DUT-BTS
-SESSION 2013-**

É P R E U V E

D'ÉLECTRICITE - ÉLECTRONIQUE

CODE ÉPREUVE : 968

Tous appareils électroniques interdits (y compris calculatrice)

Documents interdits

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 2H30

Avertissement concernant l'ensemble de l'épreuve :

Pour chaque question, indiquez sur le document-réponse si les affirmations sont vraies ou fausses.

Lorsqu'une question comporte un résultat numérique à vérifier, ce résultat doit être considéré comme « vrai » si l'égalité est vérifiée à $\pm 5\%$.

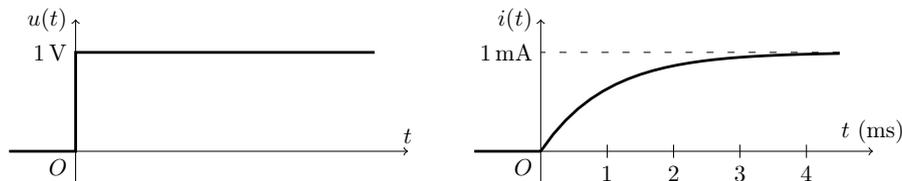
La calculatrice et tous documents sont interdits.

ÉLECTRICITÉ GÉNÉRALE – SYSTÈMES LINÉAIRES

Question 1

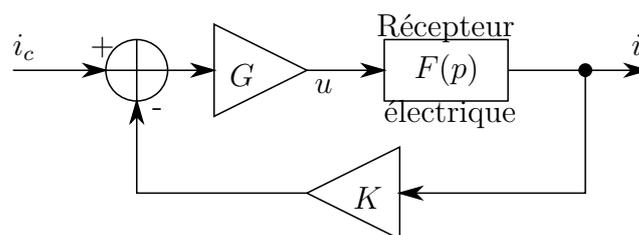
On s'intéresse à la commande en courant d'un récepteur électrique dont la relation courant-tension est modélisée par l'équation différentielle $u(t) = Ri(t) + L \frac{di}{dt}(t)$.

On observe l'évolution du courant suite à un échelon de tension :



- (A) Si on considère la tension $u(t)$ comme une entrée et le courant $i(t)$ comme une sortie, le récepteur se comporte comme un filtre passe-haut de fonction de transfert $F(p) = \frac{F_0}{1+\tau p}$ avec la constante de temps $\tau = L/R = 1$ ms.
- (B) La valeur de la résistance du modèle est $R = 1$ k Ω .

Afin de contrôler le courant et de réduire la constante de temps du système, on envisage de le boucler de la manière suivante :

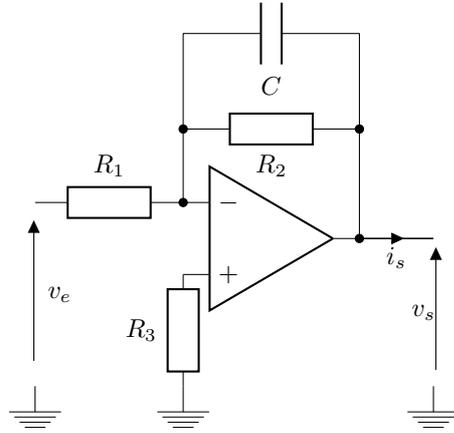


avec G et K deux constantes.

- (C) Le gain statique du système bouclé est $G/(R + GK)$.
- (D) Avec $KG > 0$, la constante de temps du système bouclé est inférieure à celle du récepteur.
- (E) Pour une commande i_c constante, le choix $K = 1$ et $G \gg r$ permet d'assurer que i tende asymptotiquement vers i_c .

Question 2

On considère le montage suivant où l'amplificateur opérationnel est supposé parfait. La tension d'entrée est notée v_e et celle de sortie v_s .



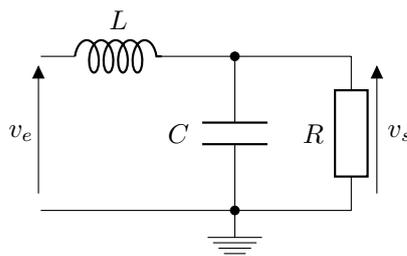
Données :

- $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$
- $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$
- $R_3 = 100 \Omega$
- $C = 1 \text{ nF}$

- (A) Le gain statique est donné par $-R_2/(R_1 + R_3)$.
- (B) La fonction de transfert en tension du filtre est de la forme $F(p) = F_0/(1 + \tau p)$.
- (C) La pulsation de coupure est de 10^5 rad s^{-1} .
- (D) L'impédance d'entrée a la même valeur que R_1 .
- (E) La tension aux bornes de R_3 est nulle.

Question 3

On considère le filtre suivant.



Données :

- $L = 250 \mu\text{H}$
- $R = 10 \text{ k}\Omega$
- $C = 1 \text{ nF}$

- (A) Le filtre est caractérisé par l'équation différentielle : $LC \frac{d^2 v_s}{dt^2}(t) + \frac{L}{R} \frac{dv_s}{dt}(t) + v_s(t) = v_e(t)$.
- (B) La pulsation propre du filtre est $\omega_0 = \frac{1}{LC}$.
- (C) Le facteur de qualité du filtre est inversement proportionnel à R .
- (D) Le tableau suivant peut correspondre au relevé expérimental du déphasage entre la sortie et l'entrée du filtre pour un signal d'entrée v_e sinusoïdal de fréquence variable.

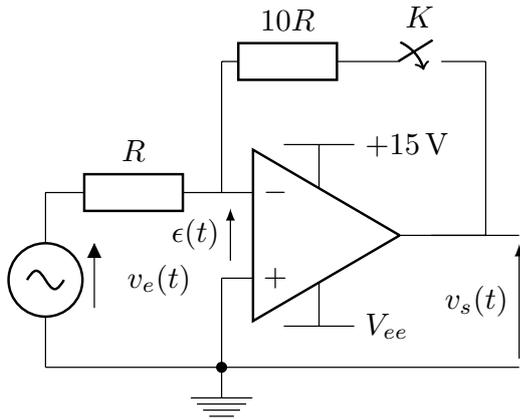
Pulsation ($\times 10^6 \text{ rad s}^{-1}$)	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	5
Phase (degrés)	0	-2	-5	-178	-350	-355	-358	-359

- (E) À la pulsation de résonance, la puissance dissipée dans la résistance R est maximale.

ÉLECTRONIQUE ANALOGIQUE

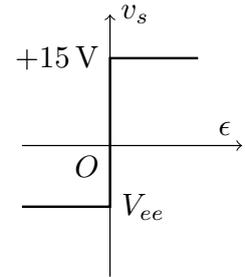
Question 4

On considère le montage à amplificateur opérationnel suivant dont l'alimentation peut être dissymétrique.



Données :

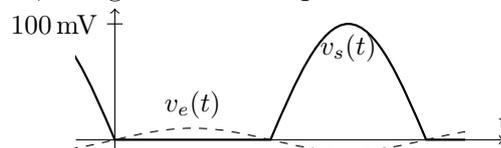
- $R = 1 \text{ k}\Omega$
- $v_e(t) = V_e \sin(2\pi ft)$
- $V_e = 10 \text{ mV}$
- $i_+ = i_- = 0 \text{ pA}$
- Slew Rate : $15 \text{ V}/\mu\text{s}$
- Gain Bandwidth Product: 4 MHz



Dans un premier temps, on considère que l'interrupteur K est fermé, ce qui garantit $\epsilon(t) = 0 \mu\text{V}$.

(A) Pour $V_{ee} = -15 \text{ V}$ et $f = 500 \text{ kHz}$, le signal de sortie $v_s(t)$ est sinusoïdal et d'amplitude égale à 100 mV .

(B) Pour $V_{ee} = 0 \text{ V}$ et $f = 6 \text{ kHz}$, le signal de sortie présente l'allure suivante (en trait plein) :



(C) Toujours avec $V_{ee} = 0 \text{ V}$ et $f = 6 \text{ kHz}$, le rapport des valeurs efficaces de $v_s(t)$ et $v_e(t)$ est de 10.

Maintenant, on suppose que K est ouvert et que $V_{ee} = -15 \text{ V}$.

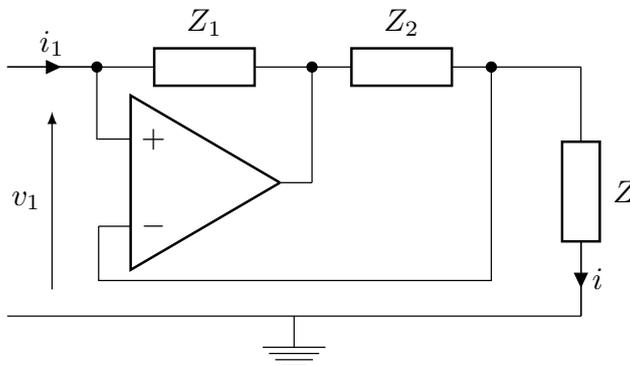
(D) Pour $f = 10 \text{ Hz}$, la tension de sortie $v_s(t)$ a une forme de créneau.

(E) Pour $f = 100 \text{ kHz}$, la tension $v_s(t)$ est triangulaire.

Question 5

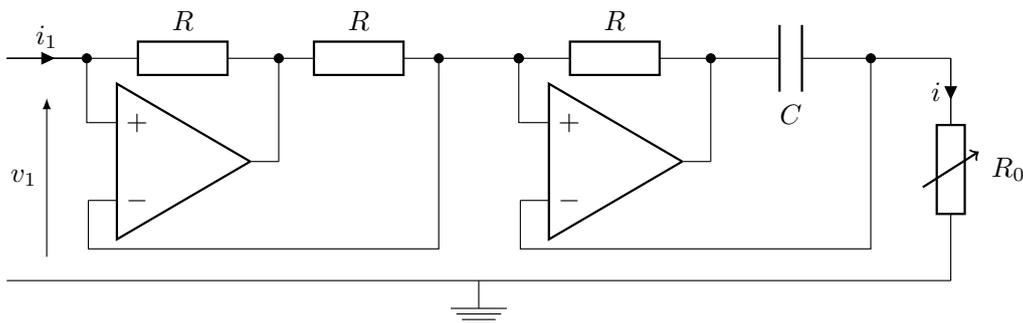
Dans tout ce problème, les amplificateurs opérationnels sont supposés parfaits.

On commence par étudier le montage suivant :



- (A) L'impédance vue à l'entrée est $-\frac{ZZ_1}{Z_2}$.
- (B) Avec ce montage, il est possible de simuler une résistance de valeur négative.

Maintenant, on considère la mise en cascade suivante avec $R = 1 \text{ k}\Omega$ et $C = 100 \text{ nF}$.



- (C) Pour $R_0 = R$, le montage se comporte comme une bobine d'inductance $L = 0,1 \text{ H}$.
- (D) À fréquence donnée, la valeur de l'impédance d'entrée du montage est proportionnelle à la valeur de R_0 .
- (E) À valeur d'inductance donnée, la réalisation de ce montage peut être nettement plus compacte qu'une bobine à noyau de fer.

Question 6

On étudie le montage amplificateur présenté en Fig. 1. Les caractéristiques du transistor NJ-FET sont représentées en Fig. 2. On suppose que les condensateurs sont choisis pour ne pas avoir d'influence sur l'amplification du montage aux fréquences d'intérêt qui sont supérieures à 500 Hz.

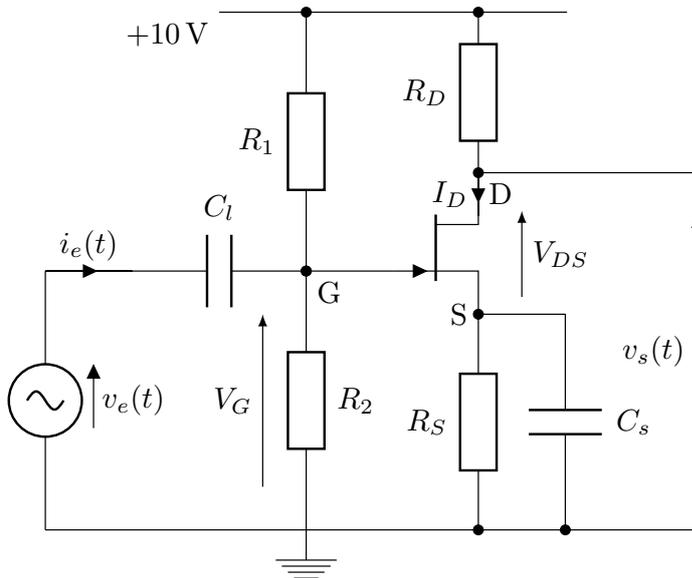


Fig. 1.

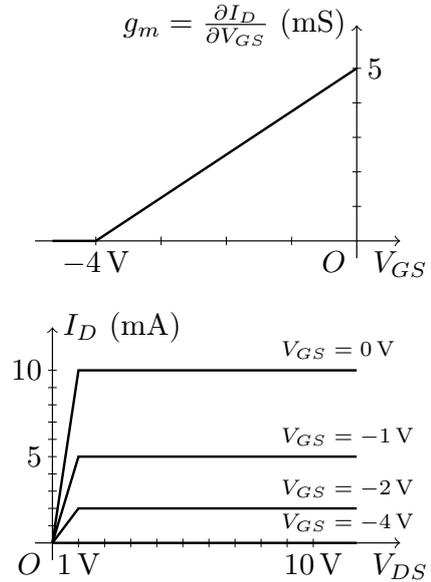


Fig. 2.

On propose le point de polarisation $V_{DS} = 6\text{ V}$ et $I_D = 5\text{ mA}$ avec $R_S = 500\ \Omega$.

- (A) À partir de 500 Hz, le condensateur C_l se comporte comme un circuit ouvert.
- (B) Pour imposer cette polarisation, il faut choisir les résistances R_1 et R_2 de manière à avoir $V_G = 1,5\text{ V}$.

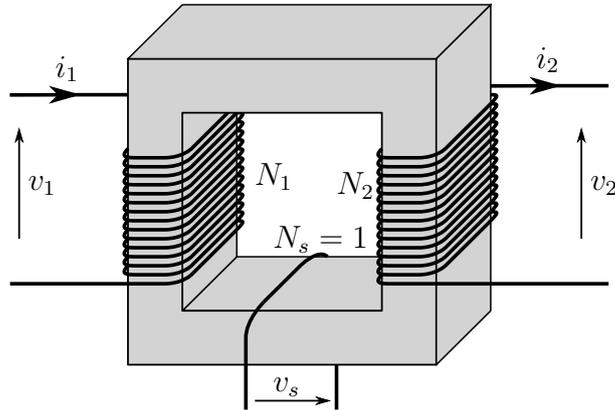
On s'intéresse maintenant à l'amplification de ce montage dans le cadre de son schéma petit signal.

- (C) L'impédance d'entrée v_e/i_e est donnée par $R_1 R_2 / (R_1 + R_2)$.
- (D) La composante alternative du signal de sortie v_s est en phase avec celle d'entrée v_e .
- (E) L'amplification de tension v_s/v_e est proportionnelle à R_S .

ÉLECTRONIQUE DE PUISSANCE

Question 7

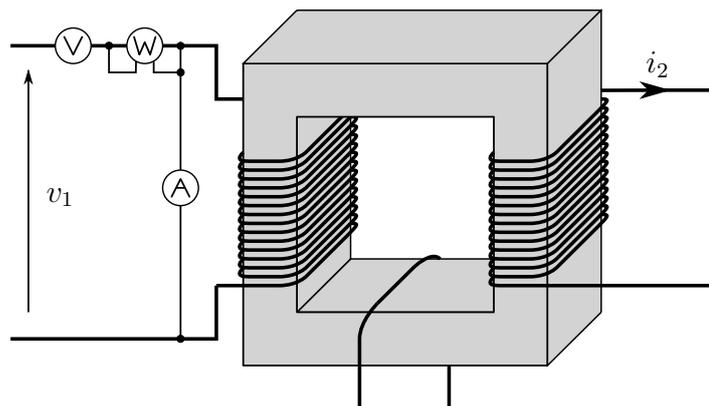
On étudie un transformateur monophasé constitué d'un circuit magnétique de section $S = 100 \text{ cm}^2$ et représenté ci-dessous. Son fonctionnement nominal est prévu pour une fréquence de 50 Hz et une tension efficace au primaire $V_{1N} = 400 \text{ V}$ (le primaire est représenté à gauche sur les schémas ci-dessous).



Les mesures relevées à la suite d'essais d'identification sont reportées dans le tableau suivant :

Essai à vide (tensions et courants efficaces)	V_{10} 400 V	I_{10} 1 A	P_{10} 100 W	V_{20} 100 V	V_{s0} 1 V
Essai en court-circuit (tensions et courants efficaces)	V_{1cc} 10 V	I_{1cc} 30 A	P_{1cc} 200 W		

- (A) La puissance absorbée lors de l'essai à vide représente majoritairement des pertes par effet Joule.
- (B) Le nombre de spires au primaire N_1 peut-être estimé à 100.
- (C) Le courant de court-circuit au secondaire est de l'ordre de 120 A.
- (D) On peut estimer que pour la tension nominale au primaire et à la fréquence de 50 Hz, la valeur maximale de l'intensité du champ d'induction magnétique est de 45 T.
- (E) L'essai en court-circuit a pu être réalisé dans la configuration suivante :



Question 8

On considère une machine à courant continu (MCC) à excitation séparée pour l'entraînement d'une charge mécanique.

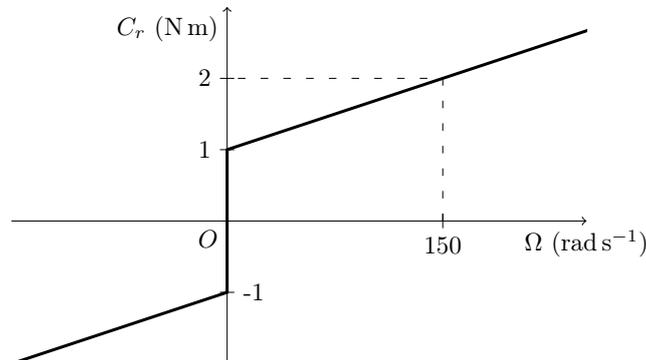
Les grandeurs nominales de la machine sont : $U_N = 180 \text{ V}$, $I_N = 10 \text{ A}$, $\Omega_N = 150 \text{ rad s}^{-1}$.

On procède à deux essais pour identifier la machine :

- Avec la MCC en génératrice à vide ($I = 0 \text{ A}$), on observe une relation linéaire entre la tension et la vitesse. Pour une vitesse nominale, on relève $U = 150 \text{ V}$.
- Avec l'arbre de la MCC à l'arrêt ($\Omega = 0 \text{ rad s}^{-1}$) et une tension $U = 3 \text{ V}$, on relève un courant $I = 1 \text{ A}$.

- (A) Le coefficient K liant le courant et le couple moteur par la relation $C = KI$ peut être estimé à 1 V s rad^{-1} .
- (B) La résistance d'induit vaut environ 3Ω .
- (C) Avec toutes les grandeurs à leur valeur nominale, la MCC développe une puissance mécanique $P_M = 1,5 \text{ kW}$.

On considère maintenant que le moteur entraîne une charge mécanique dont la caractéristique couple-vitesse est la suivante.



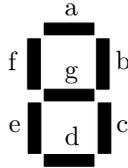
- (D) Avec cette charge, un courant minimal $I = 1 \text{ A}$ est nécessaire pour initier la rotation de l'arbre moteur.
- (E) Une tension $U = 180 \text{ V}$ permet d'entraîner la charge à vitesse nominale.

ÉLECTRONIQUE NUMÉRIQUE

Dans toute cette partie, le symbole "." représente le ET logique.

Question 9

On s'intéresse au pilote d'afficheur sept segments de référence DM7446. L'ordonnancement des segments est défini par la figure ci-dessous.



Des extraits de la documentation du circuit DM7446 sont reproduits ci-dessous.

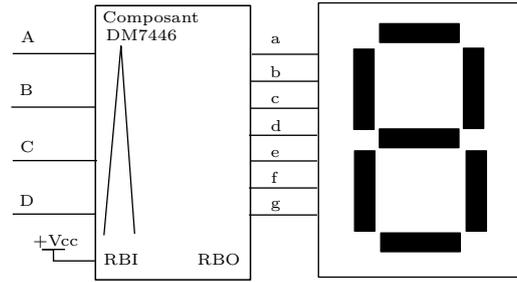
DECIMAL OR FUNCTION	INPUTS					RBO (1)	OUTPUTS						
	RBI	D	C	B	A		a	b	c	d	e	f	g
0	1	0	0	0	0	1	ON	ON	ON	ON	ON	ON	OFF
1	X	0	0	0	1	1	OFF	ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF
2	X	0	0	1	0	1	ON	ON	OFF	ON	ON	OFF	ON
3	X	0	0	1	1	1	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF	ON
4	X	0	1	0	0	1	OFF	ON	ON	OFF	OFF	ON	ON
5	X	0	1	0	1	1	ON	OFF	ON	ON	OFF	ON	ON
6	X	0	1	1	0	1	OFF	OFF	ON	ON	ON	ON	ON
7	X	0	1	1	1	1	ON	ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF
8	X	1	0	0	0	1	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
9	X	1	0	0	1	1	ON	ON	ON	OFF	OFF	ON	ON
10	X	1	0	1	0	1	OFF	OFF	OFF	ON	ON	OFF	ON
11	X	1	0	1	1	1	OFF	OFF	ON	ON	OFF	OFF	ON
12	X	1	1	0	0	1	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	ON	ON
13	X	1	1	0	1	1	ON	OFF	OFF	ON	OFF	ON	ON
14	X	1	1	1	0	1	OFF	OFF	OFF	ON	ON	ON	ON
15	X	1	1	1	1	1	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
RBI	0	0	0	0	0	0	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF

Note 1 : RBO is a wire-AND logic serving as blanking input (BI) and/or ripple-blanking output (RBO).

Recommended Operating Conditions

Symbol	Parameter	Min	Nom	Max	Units
V _{CC}	Supply Voltage	4.75	5	5.25	V
V _{IH}	High Level Input Voltage	2			V
V _{IL}	Low Level Input Voltage			0.8	V
V _{OFF}	High Level Output Voltage (a thru g)			30	V
I _{OFF}	High Level Output Current (RBO)			-0.2	μA
I _{ON}	Low Level Output Current (a thru g)			40	mA
I _{ON}	Low Level Output Current (RBO)			8	mA
T _A	Free Air Operating Temperature	0		70	°C

On considère un circuit DM7446 commandant un afficheur sept segments (voir la configuration ci-dessous).



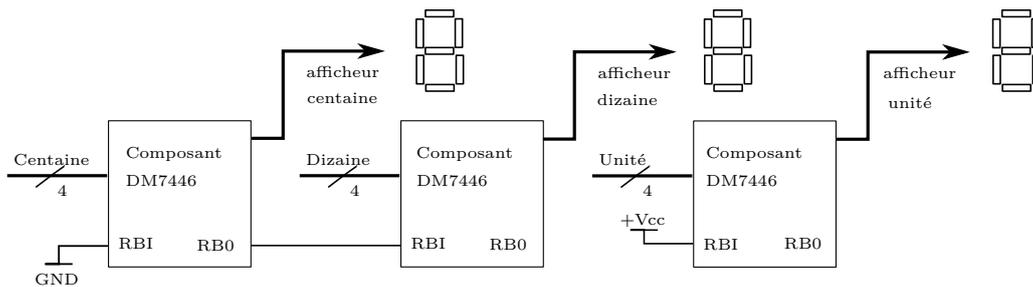
Dans toutes les questions, un segment représenté en noir indique un segment allumé.

(A) Le circuit DM7446 est combinatoire.

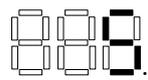
(B) Si l'entrée DCBA vaut "1100", on voit s'afficher le dessin suivant : 

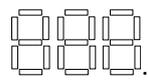
(C) Le courant de sortie maximum recommandé est de 40 mA, ce qui permet d'allumer correctement des LEDs.

On cascade maintenant trois pilotes et trois afficheurs pour représenter le résultat d'un compteur, comme indiqué dans la figure ci-dessous.



L'entrée est composée de 12 bits scindés en 3 blocs de 4 bits nommés "centaine", "dizaine" et "unité".

(D) Si l'entrée vaut "0000 0000 0101", l'affichage est le suivant : 

(E) Si l'entrée vaut "0000 0000 0000", l'affichage est le suivant : 

Question 10

On conçoit la voie d'entrée d'une carte d'analyse numérique. Le signal en sortie de convertisseur analogique-numérique (CAN) est échantillonné à la fréquence de 48 kHz et codé sur 4 bits.

(A) Pour cette voie, le débit de données numériques est de 12 ko/s.

Le CAN représente le signal par un nombre binaire signé en complément à deux sous la forme

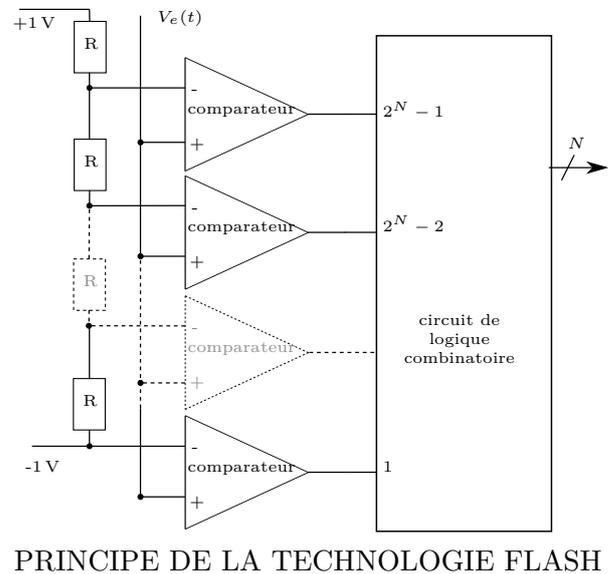
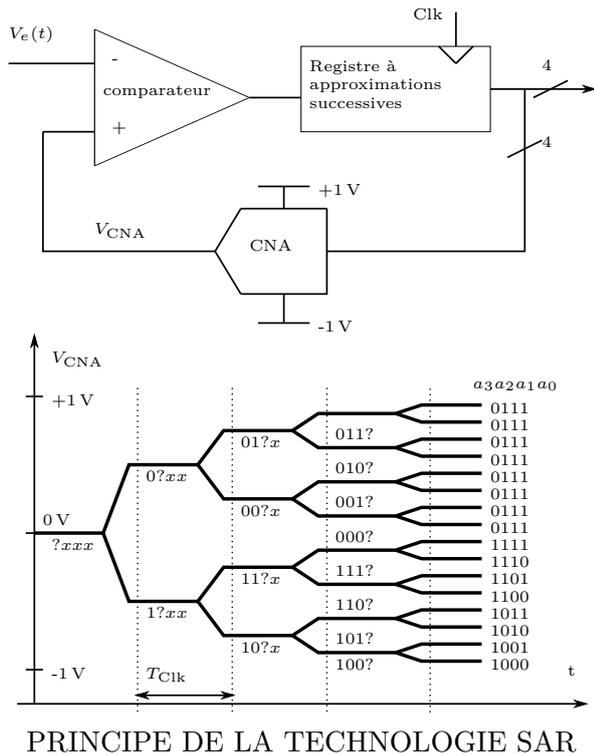
$$(a_3a_2a_1a_0) = -a_32^3 + a_22^2 + a_12^1 + a_02^0.$$

La partie analogique est alimentée entre -1 V et 1 V .

(B) Le mot binaire $a_3a_2a_1a_0 = 0xC$ code la tension $-0,5\text{ V}$.

(C) Ce CAN a une sensibilité de 125 mV .

On considère l'utilisation des technologies FLASH et « séquenceur à approximations successives »(SAR) pour le CAN. Le principe de leur mise en œuvre est décrit dans les schémas ci-dessous.

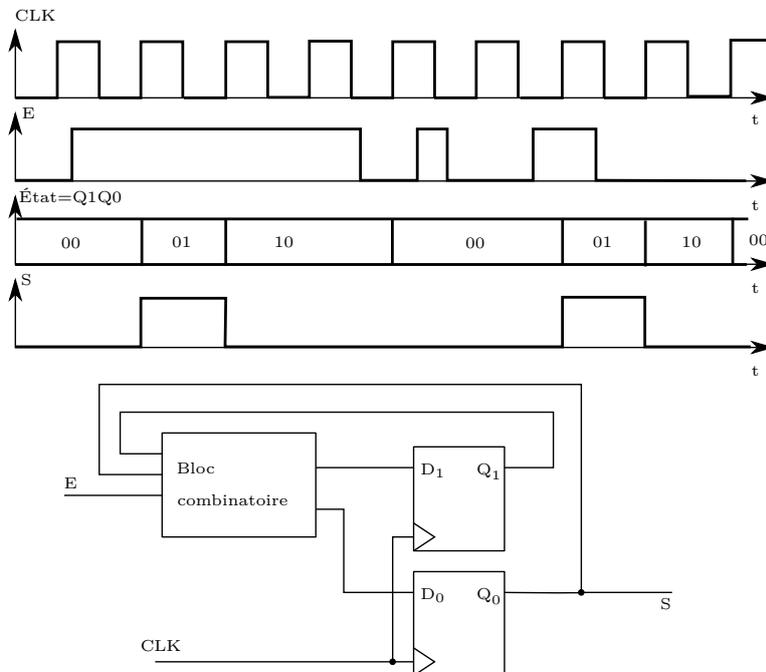


(D) Dans le cas présent, la technologie FLASH nécessite quatre fois plus de comparateurs que la technologie SAR.

(E) Pour répondre aux contraintes du cahier des charges, la fréquence d'horloge minimale pour le SAR est de 48 kHz.

Question 11

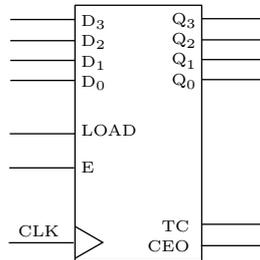
On souhaite réaliser un système répondant au chronogramme ci-dessous. Ce système est un détecteur d'appui pour un bouton poussoir. Pour le réaliser, on met en œuvre le schéma général décrit dans la figure ci-dessous. Le vecteur "État" représenté est la mise côte-à-côte des bits Q_1 et Q_0 .



- (A) L'ensemble est un système combinatoire.
- (B) On a réalisé une machine de Moore.
- (C) Il existe une réalisation de ce système avec une seule bascule.
- (D) Une réalisation possible du bloc combinatoire est $D_1 = \overline{Q_1} \cdot Q_0$ et $D_0 = \overline{Q_1} \cdot \overline{Q_0} \cdot E$.
- (E) Si on ajoutait une sortie asynchrone $S_2 = E \cdot \overline{Q_1} \cdot \overline{Q_0}$ à ce système, l'électronique située en aval pourrait réagir une période d'horloge plus tôt.

Question 12

Un compteur CB4LED est décrit par la table de vérité suivante, extraite de sa documentation.



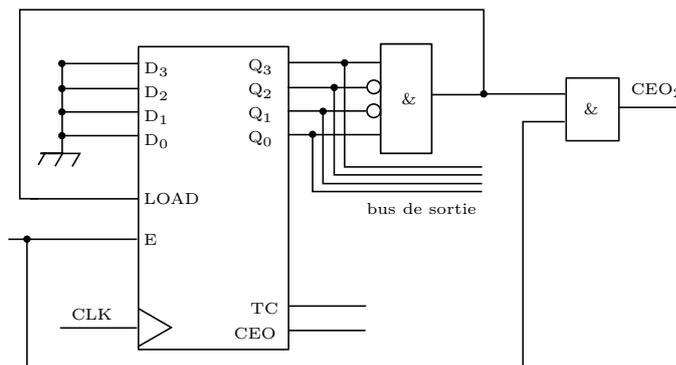
INPUTS				OUTPUTS
LOAD	E	CLK	D ₃ -D ₀	Q ₃ -Q ₀
1	X	↑	D _n	D ₃ -D ₀
0	0	X	X	No Change
0	1	↑	X	Increment

$$TC = Q_3 \cdot Q_2 \cdot Q_1 \cdot Q_0$$

$$CEO = (TC \cdot E)$$

- (A) La réalisation du compteur nécessite cinq bascules : quatre pour le comptage et une pour la sortie TC.
- (B) Si E=1 et LOAD=0 tout le temps, la fréquence du signal TC divise celle de l'horloge par 16.
- (C) Si E=1 et LOAD=0 et que l'on considère la sortie composée des deux MSB (Q₃Q₂), le système se comporte comme un compteur modulo 4 comptant à chaque front d'horloge.

Pour la suite, on considère le compteur dans la configuration décrite par le schéma ci-dessous.

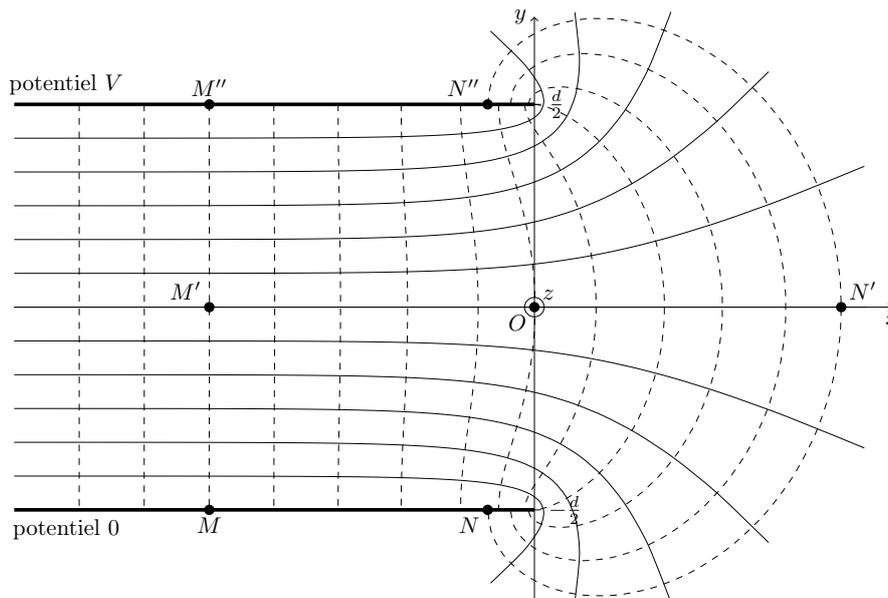


- (D) Avec ce système, le bus de sortie Q₃Q₂Q₁Q₀ compte entre "0000" et "1000" en binaire.
- (E) En utilisant plusieurs fois ce montage, et à condition de cascader les sorties CEO₂ dans les entrées E, on parvient à faire un compteur comptant directement en « Binary coded decimal »(BCD).

ÉLECTROMAGNÉTISME

Question 13

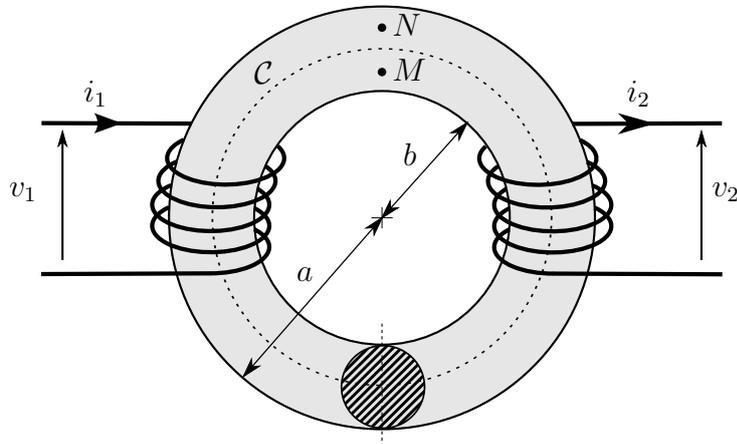
On considère le déplacement sans entrave d'électrons entre deux plaques métalliques parallèles, séparées par une distance d , entre lesquelles une différence de potentiel $V > 0$ est imposée. La situation est représentée dans le schéma ci-dessous où les lignes de champ figurent en traits pointillés.



- (A) Entre les points M et M'' , le champ électrique est quasiment uniforme et d'intensité V/d .
- (B) Un électron positionné au point O subit une force l'attirant vers la plaque au potentiel électrique le plus élevé.
- (C) Un électron se déplaçant le long d'une équipotentielle voit son énergie potentielle électrostatique varier proportionnellement à sa charge.
- (D) Le champ électrique est plus intense en M' qu'en N' .
- (E) Un électron initialement en N sans vitesse et suivant une trajectoire passant par N' arrive en N'' avec une vitesse proportionnelle à V/\sqrt{d} .

Question 14

On étudie un transformateur monophasé constitué d'un noyau ferromagnétique torique. La perméabilité magnétique μ de ce dernier est supposée constante et infiniment grande devant celle du milieu ambiant. On présente ci-dessous les grandeurs et la géométrie du transformateur.



Les deux bobinages contiennent chacun 5 spires à l'intérieur du circuit magnétique.

- (A) Le champ d'excitation magnétique \vec{H} créé par les courants i_1 et i_2 est plus intense au point N qu'au point M .
- (B) Si $i_1 > i_2$, le champ d'induction magnétique \vec{B} au point M est dirigé vers la droite.

Pour la suite, on suppose que $a \approx b = R$ et $\frac{a-b}{2} = r \ll R$.

- (C) L'intensité du champ d'induction magnétique est quasiment uniforme dans le matériau ferromagnétique.
- (D) Le flux magnétique est donné par la relation $\phi = 5\mu(i_1 + i_2)r^2/(2R)$.
- (E) Lorsqu'un entrefer est pratiqué dans le circuit magnétique, la valeur de l'inductance mutuelle entre les deux bobinages augmente.