

FINAL MC43

18 janvier 2005

Aucun document autorisé - Calculatrice autorisée - Durée: 2h

Veillez respecter les consignes de l'énoncé. Indiquez votre nom sur chacune des feuilles. Numérotez vos copies. Le barème est donné à titre indicatif.

1 Linéarisation d'un signal

On étudie un capteur résistif dont la résistance R_C varie de R_{C_0} à $R_{C_0} + \Delta R_C$ lorsque l'entrée, appelée mesurande, varie de m_0 à $m_0 + \Delta m_0$.

Le conditionneur associé à ce capteur est un montage potentiométrique (figure 1) avec alimentation symétrique dont l'intérêt est de supprimer la tension de repos.

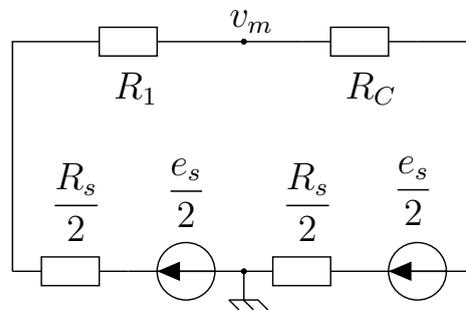


FIG. 1 – Montage potentiométrique

Question 1.1 (1 point)

Exprimer la tension de mesure v_m (prise par rapport à la masse).

Question 1.2 (1½ points)

En choisissant la résistance R_1 égale à R_{C_0} (résistance du capteur lorsque le mesurande est m_0), origine des mesures, et en supposant $R_s \ll R_{C_0}$ montrer que, lorsque le mesurande varie, on obtient cette expression pour v_m :

$$v_m = \frac{e_s}{4} \frac{\Delta R_C}{R_{C_0}} \frac{1}{1 + \frac{\Delta R_C}{2R_{C_0}}}$$

Question 1.3 (½ point)

Conclure sur la linéarité du résultat.

Le conditionneur associé au capteur R_C est un pont de Wheatstone représenté par la figure 2 (on suppose R_s négligeable).

Question 1.4 (1½ points)

Exprimer v_m en fonction de e_s , R_1 , R_3 , R_4 , R_C .

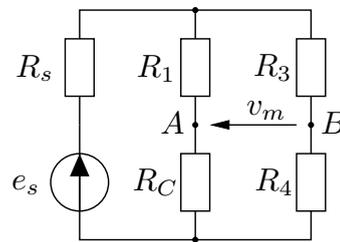


FIG. 2 – Pont de Wheatstone

Question 1.5 (1½ points)

Pour des raisons de simplicité, on choisit les résistances de telle sorte qu'elles soient égales à l'équilibre, c'est-à-dire pour $m = m_0$:

$$R_1 = R_3 = R_4 = R_C = R_{C_0}$$

Lorsque le mesurande varie, seule la résistance R_C varie de ΔR_C , calculer la tension de déséquilibre v_m du pont en fonction de e_s , R_{C_0} , ΔR_C . Comparer cette expression à celle de la question 1.2.

On voit, dans les deux cas précédents, que la tension v_m délivrée n'est pas fonction linéaire des variations de résistance du capteur et on se propose de linéariser cette expression de deux manières :

Montage à base de multiplieur

On applique la tension v_m au montage (figure 3), associant un multiplieur et un sommateur pondéré.

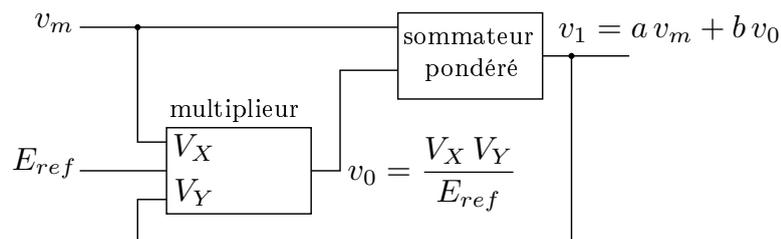


FIG. 3 – Montage multiplieur

Question 1.6 (1 point)

Exprimer v_1 en fonction de v_m , a , b , E_{ref} .

Question 1.7 (1½ points)

Calculer b pour que v_1 devienne fonction linéaire de ΔR_C .

Montage à base de diviseur

On applique maintenant la tension v_m au montage proposé sur la figure 4.

Il comporte un amplificateur d'instrumentation d'amplification de gain $A = -1$ et un diviseur analogique dont la tension de sortie a pour expression, en fonction de ses entrées V_N et V_D :

$$v_1 = 10 \frac{V_N}{V_D} \quad (\text{en volts})$$

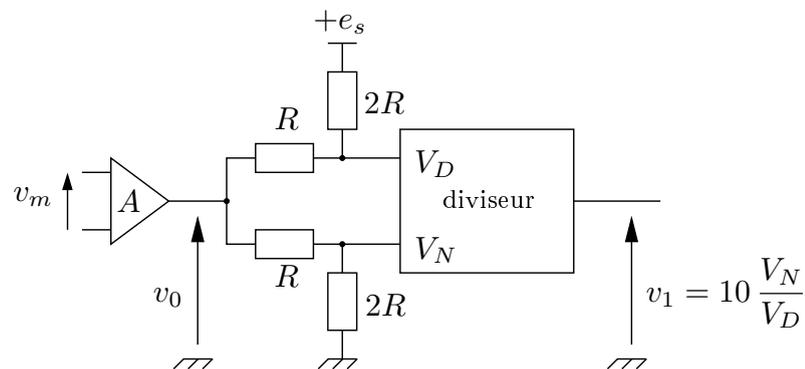


FIG. 4 – Montage diviseur

Question 1.8 (1 point)

Exprimer V_N puis V_D en fonction de R , v_0 , e_s .

Question 1.9 (1 point)

En déduire l'expression de v_1 et montrer que v_1 est linéarisée.

2 Tachymètre optique

On considère un tachymètre constitué d'un disque percé de N ouvertures et solidaire d'un arbre moteur tournant à la vitesse angulaire ω_{mes} . De part et d'autre du disque et à hauteur des ouvertures sont situées une diode électroluminescente (LED) et une photodiode de réception (PD), toutes deux fonctionnant dans le domaine infrarouge.

Les tensions instantanées seront notées en minuscules et les tensions continues ou les amplitudes des tensions instantanées en majuscules.

Le circuit électronique de conditionnement est représenté sur la figure 5. Le circuit NE555 est monté en monostable. La sortie v_2 est à la masse tant que $v_1 > \frac{E}{3}$. Si v_1 passe en dessous de $\frac{E}{3}$, la sortie bascule vers la valeur E et ceci pour une durée $T = 1,1 RC$. L'amplificateur opérationnel est supposé idéal.

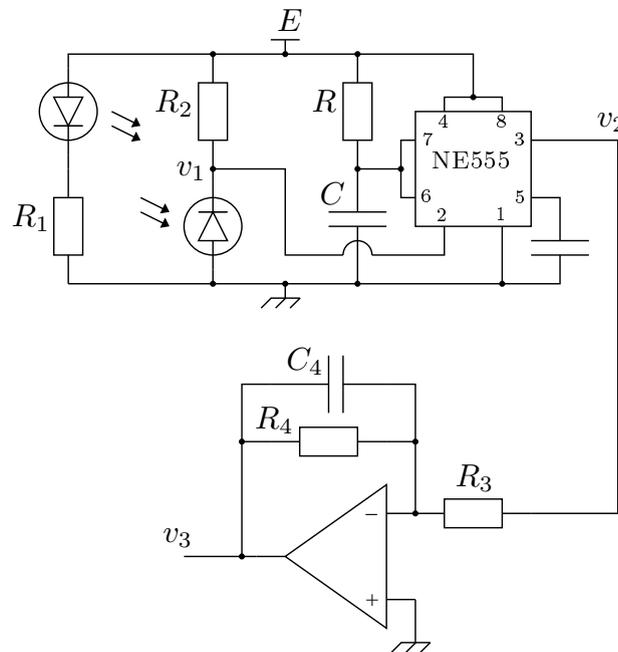


FIG. 5 – Circuit de conditionnement

Question 2.1 ($\frac{1}{2}$ point)

Polarisée, la diode électroluminescente présente à ses bornes une tension $V_{LED} = 1,7 \text{ V}$ pour un courant $I_{LED} = 50 \text{ mA}$ la traversant. Calculer la valeur de la résistance de protection R_1 ($E = 15 \text{ V}$).

Question 2.2 (1 point)

Quelle est la valeur de l'amplitude V_1 de v_1 lorsque la photodiode n'est pas éclairée par la diode électroluminescente? On considérera que le courant d'obscurité de celle-ci est nul.

Lors du passage d'une ouverture du disque devant l'ensemble diode-photodiode, on considérera que la tension v_1 se comporte comme une impulsion rectangulaire de largeur faible. Compte tenu de la divergence de l'émission de la diode

électroluminescente, de sa distance à la photodiode et de la surface active de celle-ci, on peut estimer la puissance reçue par la surface active de la photodiode éclairée à $P = 5 \mu\text{W}$. Calculer la valeur de la résistance R_2 pour assurer une tension v_1 d'amplitude $V_1 = 4 \text{ V}$ lorsque la photodiode est éclairée sachant que sa sensibilité est $S_{PD} = 0,5 \text{ A/W}$.

Question 2.3 (1 point)

Pour que le dispositif précédent fonctionne correctement, on considère qu'avant qu'une nouvelle impulsion v_1 n'arrive, il faut attendre, après le retour de v_2 à l'état stable, une durée de récupération égale à T . Donner la fréquence maximale f_{max} de fonctionnement du monostable.

Question 2.4 (1 point)

En déduire la fréquence maximale de rotation du disque donc de l'arbre moteur. Calculer la valeur du produit RC pour que la valeur maximale de la vitesse de rotation soit de 12000 tr/min . On donne $N = 6$.

Question 2.5 ($1\frac{1}{2}$ points)

Donner la fonction de transfert (v_3/v_2) de l'étage de l'amplificateur opérationnel et montrer que cet étage constitue un filtre.

Question 2.6 ($\frac{1}{2}$ point)

Les valeurs de R_4 et C_4 sont choisies de façon à ce que la pulsation de coupure ω_c du filtre soit de l'ordre de quelques hertz. Que représente alors la tension instantanée v_3 ?

Question 2.7 (2 points)

Donner l'expression de la valeur moyenne (\bar{v}_2) du signal v_2 en fonction de f (fréquence de v_2), T et E . Déduire l'expression de v_3 en fonction de \bar{v}_2 , R_3 et R_4 . Calculer la sensibilité de la mesure $S_{mes} = \frac{\Delta v_3}{\Delta f_{mes}}$ où f_{mes} représente la fréquence de rotation de l'arbre moteur. On donne $R_4 = 2 R_3$.

Question 2.8 (2 points)

Expliquer brièvement le fonctionnement d'un codeur incrémental et d'un codeur absolu. Quels sont leurs avantages et inconvénients ?

Comment s'effectue le traitement de l'information pour ces deux types de capteurs ?