

TD 2: Systèmes linéaires

1 Mesure du flux lumineux avec une photodiode

Un montage simple permettant de mesurer un flux lumineux est représenté sur la figure 1. La photodiode se comporte comme un générateur de courant. Elle produit un courant proportionnel au flux lumineux reçu, c'est-à-dire $i = S_d \phi$, avec S_d la sensibilité de la diode (A W^{-1}) et ϕ le flux lumineux incident. On suppose que cette sensibilité ne dépend pas de la fréquence de variation de ϕ . Considérons le montage expérimental (figure 1.(a)). Celui-ci peut être considéré comme un système linéaire. Le signal d'entrée est ϕ , le signal de sortie est la tension V aux bornes de la résistance et que l'on peut aisément mesurer (oscilloscope, carte multifonctions, etc ...).

1.1 Etude du capteur

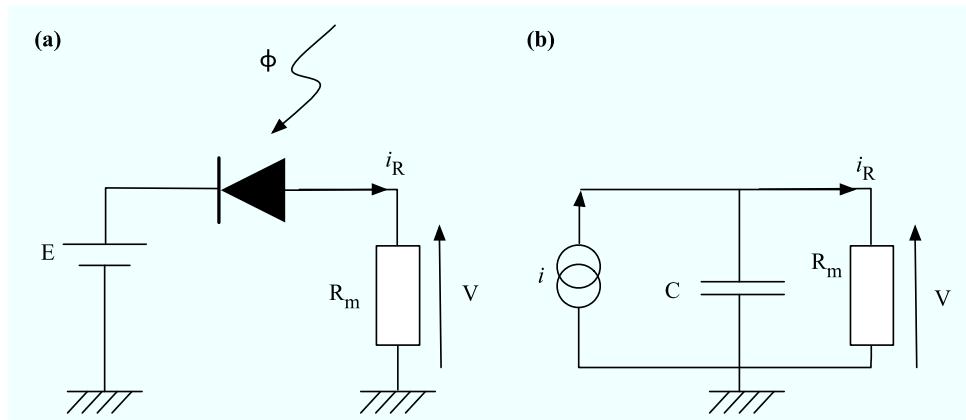


FIG. 1. (a) Montage expérimental — (b) Schéma équivalent

1. La photodiode est-elle un capteur actif ou passif ? Pourquoi ?
2. A partir du schéma équivalent de la figure 1.(b), donner l'équation caractéristique de ce système expérimental linéaire. Quel est son ordre ?
3. En se plaçant en régime statique ou quasi-statique, déduire l'équation reliant le flux lumineux avec la tension mesurée. Définir le gain statique de ce dispositif.

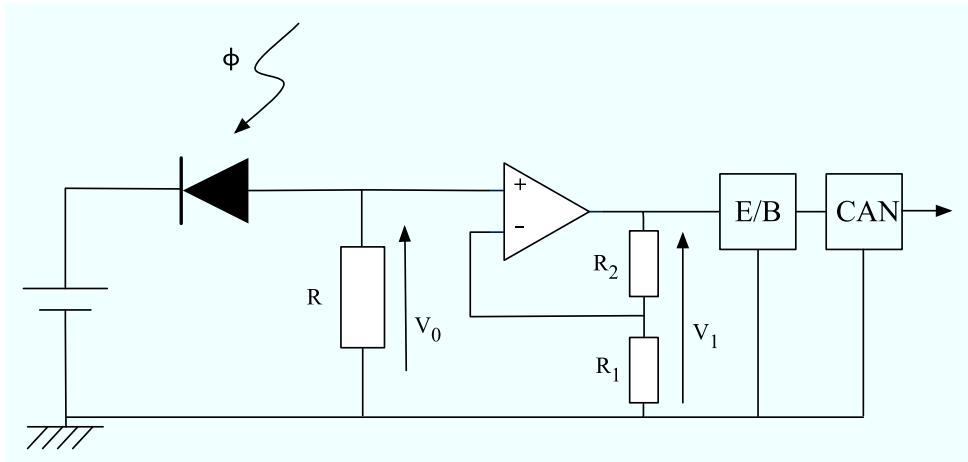


FIG. 2. Montage de la chaîne d'acquisition

4. On considère maintenant le régime variable. Calculer la réponse harmonique de ce système, et donner son gain dynamique G et sa réponse en phase φ en fonction de f et de la fréquence de coupure f_c telle que $G(f_c) = G_0/\sqrt{2}$.
Indices : écrire ϕ sous forme complexe ($\phi \rightarrow \bar{\phi} = \bar{\phi}_a e^{j\omega t}$, avec $\bar{\phi}_a$ l'amplitude complexe) et se rappeler que pour un système linéaire, la variable de sortie est de la même forme que la variable d'entrée.
5. Calculer la fréquence de coupure du système sachant que $R = 100\Omega$ et que la capacité de la photodiode est $C = 1 \text{ nF}$. Quelle est la perte à f_c ?
6. A quelle fréquence maximale peut-on utiliser ce dispositif pour une perte de moins de 1 % par rapport au gain statique nominal (bande passante à 1 %) ?
7. Calculer le temps d'établissement à 2 % de ce système.
8. Cette photodiode est destinée à mesurer un flux lumineux variable de la forme $\phi(t) = \phi_0 + \phi_1 \sin(2\pi ft)$ (en Watt, la fréquence f étant en Hz). Sachant que la sensibilité statique de la photodiode est $S_d=1 \text{ mA W}^{-1}$, donner la valeur moyenne V_{0m} et l'amplitude V_{0a} de la tension de sortie V_0 en fonction de la fréquence, de ϕ_0 et de ϕ_1 .

Une chaîne d'acquisition (voir figure 2) est constituée d'une photodiode, d'un amplificateur à gain réglable, d'un échantillonneur/bloqueur (fréquence d'échantillonnage = 1 kHz) et d'un convertisseur analogique-numérique (qui code un signal de 0 à 10 V sur 8 bits). Cette chaîne est destinée à la mesure du flux lumineux sinusoïdal dans une zone inaccessible, située à 1 km de l'expérimentateur muni d'un ordinateur. Un cable sera donc utilisé pour transmettre le signal.

1.2 Transmission du signal par cable coaxial

1. La perte en tension dans un cable coaxial est de -0.0194 dB/m . Quelle sera la valeur de la tension continue maximale à la sortie du cable ?
2. Quelle sera la valeur de l'amplitude de la composante sinusoïdale de la tension de mesure ?

1.3 Amplificateur

Le signal est faible et il est nécessaire de l'amplifier pour réduire le bruit et faciliter l'acquisition.

1. Donner l'expression du gain en fonction de R_1 et R_2 . Sachant que $R_1 = 500\Omega$ et R_2 varie de 0 à $500 \text{ k}\Omega$, quelles sont les valeurs minimale et maximale du gain ?
2. La figure 2 est incomplète car elle n'indique pas la présence du cable. A quel endroit doit-on placer l'amplificateur par rapport au cable ? Justifiez.

1.4 Echantillonnage et réglage de la chaîne

1. Quelle fréquence d'échantillonnage minimale faut-il utiliser pour l'acquisition de cette tension ? Quelle fréquence prendriez-vous ?
2. Sachant que le flux varie à une fréquence de xxxx Hz, et en utilisant la valeur moyenne et l'amplitude déterminées ci-dessus, calculer la valeur du gain pour que le signal soit correctement numérisé par le CAN. En déduire la valeur maximale de R_2 .