



Contrôle continu - SE748 - CC 1<sup>ère</sup> année 2019-2020

Durée 1h30 - Documents et Calculatrice autorisés

Nom : \_\_\_\_\_ Date : 13/02/2020  
Prénom : \_\_\_\_\_ Heure : 13h30

## Imageur pour détecter un chat

La série *Oggy et les Cafards* relate les aventures déjantées de Oggy, un chat bleu anthropomorphe avec un nez de clown, sans cesse harcelé par un trio de cafards : Joey, Dee-Dee et Marky. Pour leur dernière espièglerie, le trio infernal décide de mettre au point un système à base d'imageur qui intègre un détecteur de mouvement pour pouvoir suivre les mouvements de Oggy (le chat). Le système est composé des blocs de base suivants :

- Un imageur CMOS  $64 \times 64$  pixels (que l'on n'étudiera pas dans le cadre de cet exercice)
- Une chaîne d'acquisition analogique-numérique
- Un premier traitement numérique qui permet la détection des mouvements
- Un deuxième traitement numérique qui permet la compression des données
- Un système de récupération d'énergie

### 1 Chaîne d'acquisition

Pour minimiser le coût du système de détection, on utilisera un seul convertisseur analogique numérique (CAN) pour tous les pixels, la conversion se fera ainsi d'une manière cyclique. Chaque pixel est composé de trois capteurs (rouge, vert et bleu) et il faut ainsi compter un cycle de conversion par couleur. Nous disposons d'un CAN 12 bits avec une cadence de 1 Mega – Echantillons/s avec une pleine échelle de  $\pm 1$  V.

**Question 1.1** Quel est le nombre maximum d'images par seconde, noté  $FPS_{max}$ , que nous pouvons acquérir avec ce CAN ?

La documentation technique (*datasheet*) de l'imageur précise trois plages de fonctionnement en fonction de la luminosité de la pièce.

Conditions	Luminosité	Dynamique sortie capteur
Luminosité forte	100 000 Lux	$\pm 0.2$ V
Luminosité moyenne	10 000 Lux	$\pm 0.02$ V
Luminosité faible	1000 Lux	$\pm 0.002$ V

**Question 1.2** Comment doit-on modifier l'architecture de sorte à maximiser la résolution en sortie du CAN pour les trois conditions de fonctionnement ? Dessiner un schéma du système avec votre proposition d'amélioration.

## 2 Filtrage numérique

Afin de réaliser la détection de mouvement, les trois cafards comptent utiliser un filtre différenciateur passe bas. Ce filtre permet de calculer la différence entre deux images mais sur une bande limitée de fréquence<sup>1</sup> évitant ainsi les bruits haute fréquence. Le filtre est défini par la fonction suivante :

$$F(f) = \begin{cases} j2\pi \frac{|f|}{f_c}, & \text{pour } f \in ]-f_c; f_c[ \\ 0, & \text{sinon} \end{cases} \quad (1)$$

Pour mettre en oeuvre ce filtre, on cascade un filtre différenciateur suivi d'un filtre passe-bas. On propose d'utiliser le filtre suivant pour implanter le filtre différenciateur<sup>2</sup> :

$$D_{DT}(z) = 1 - z^{-1} \quad (2)$$

**Question 2.1** Démontrer que pour  $f \ll f_e$  ( $f_e$  étant la fréquence d'échantillonnage),  $|D_{DT}(z)| \simeq |D_{CT}(f)|$ .

**Question 2.2** Tracer les réponses fréquentielles des modules de  $|D_{DT}(z)|$  et  $|D_{CT}(f)|$

A présent, intéressons nous au filtre passe-bas. Nous décidons d'utiliser le filtre suivant :

$$H_{LP}(z) = \frac{0.1 + 0.1z^{-1} + 0.07z^{-2}}{1 - 0.7z^{-1} + 0.5z^{-2}} \quad (3)$$

**Question 2.3** Donner deux méthodes qui permettent de synthétiser ce genre de filtre. Expliquer les très brièvement (2-3 lignes par méthode).

**Question 2.4** Le filtre est-il stable ?

## 3 Récupération d'énergie

Comme indiqué en introduction le système est équipé d'un moyen de récupération d'énergie. Ce sous-système comprend trois composants principaux : une antenne adaptée pour la réception du signal Wi-Fi, qui capte un maximum d'ondes électromagnétiques, un redresseur, qui les transforme en électricité, et un module de gestion de l'alimentation, qui optimise le stockage et la redistribution de l'énergie. On supposera ces éléments idéaux pour les calculs de cet exercice.

Le Wi-Fi utilise principalement une bande de fréquence dite « Industrielle, Scientifique et Médicale », ISM, de 2.4 GHz à 2.4835 GHz décomposée en canaux :

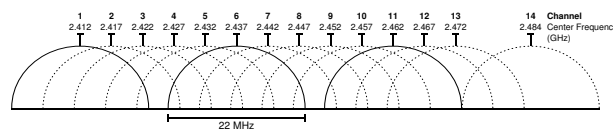


FIGURE 1 – Représentation graphique des canaux wifi dans la bande des 2.4 GHz [Wikipédia].

Le gain des antennes vaut 4 dB et la distance entre la borne émettrice et l'antenne est de 1 m. Enfin, on supposera que la puissance émise à la borne vaut 100 mW.

1. sur chaque canal de couleur
2. La fonction d'un filtre différenciateur est tout simplement  $D_{CT}(f) = j2\pi \frac{f}{f_c}$

**Question 3.1** Quelle est l'expression de la puissance reçue qu'on pourra récupérer par ce système en supposant qu'aucun obstacle ne perturbe la propagation des ondes ? Donner sa valeur en  $\mu\text{W}$  et puis en dBm. (Pour alléger ce calcul, on utilisera la fréquence basse de la bande indiquée plus haut)

Le système est alimenté avec une tension de 1.2V.

**Question 3.2** En utilisant le fait qu'une puissance moyenne peut s'exprimer aussi comme  $\text{tension} \times \text{courant} / \Delta T$ , quelle est l'expression du courant moyen (c'est à dire par heure) délivrable pour ce système de récupération d'énergie ?

La consommation de puissance de l'imageur en fonctionnement est de  $70 \mu\text{W}$ . L'imageur est prévu pour fonctionner pendant 8 h et s'éteindre pendant le reste du temps.

**Question 3.3** Quel courant moyen (c'est à dire par heure) consomme-t-il en fonctionnement ?

**Question 3.4** L'imageur peut-il fonctionner en s'alimentant uniquement sur le système de récupération d'énergie ?

Pour résoudre le problème précédent on complète le système d'une batterie pour stocker l'énergie électrique.

**Question 3.5** Quel type de batterie privilégieriez-vous et pourquoi ?

**Question 3.6** Quelle est la capacité suffisante pour faire fonctionner le système pendant les 8h prévues ?

**Question 3.7** Quel temps faut-il pour charger cette batterie ? Est-ce que le système peut être utilisé tous les jours à heures fixes ?