

# Électronique pour les Systèmes embarqués

## Contrôle de Connaissances

*Durée 1h30 min - Documents et calculatrice autorisés*

### Stationnement automatique pour application automobile

Nous souhaitons implémenter un système de stationnement automatique pour une application automobile avec une technologie ultrason (US) (figure 1). Le système sera constitué de 16 couples émetteurs/récepteurs US positionnés à différents endroits de l'automobile. Le fonctionnement de ce système est comme suit : Les émetteurs US transmettent des sinusoïdes à 40 KHz qui seront réfléchis par les obstacles entourant le véhicule et captés par les récepteurs respectifs. Le calcul de la distance séparant le véhicule de l'obstacle va se faire uniquement en se basant sur la puissance reçue par le récepteur<sup>1</sup>. Les données des 16 récepteurs sont par la suite centralisées et traitées par un calculateur dédié à cette tâche et permettront ainsi de cartographier l'environnement du véhicule et en conséquent de mener à bien la manœuvre de stationnement.

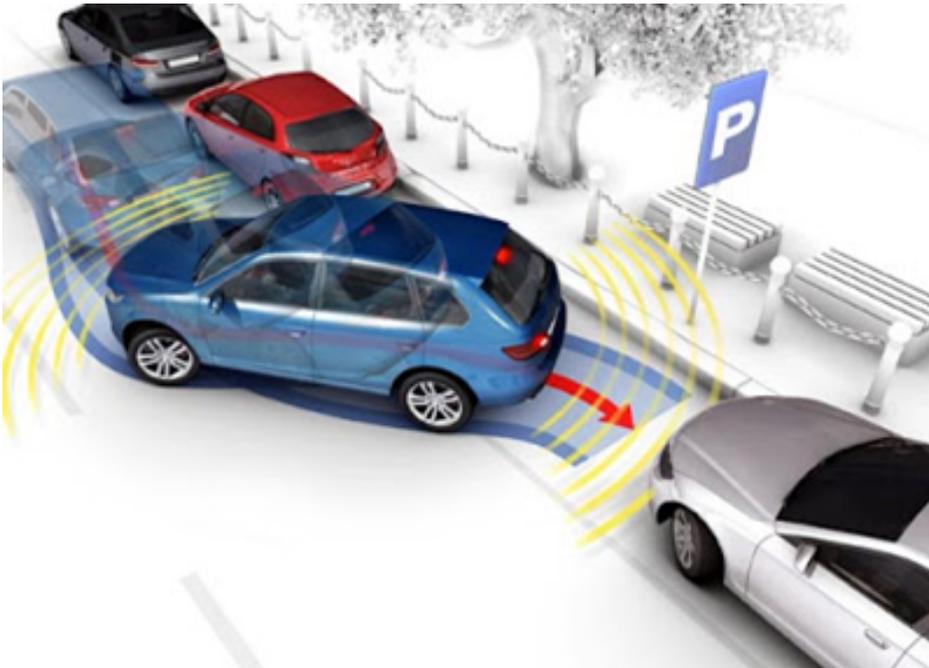


FIGURE 1 – Système de stationnement automatique

### Partie 1 -Chaîne d'acquisition

1. Sachez qu'en pratique, le fonctionnement de ce système est plus complexe

Nous nous focaliserons dans un premier lieu sur la chaîne d'acquisition illustrée dans la figure 2. Le signal utile à la sortie du capteur de réception US est une sinusoïde à 40 KHz centré autour de 0 V. Il est amplifié avant d'être numérisé. Le convertisseur analogique numérique (CAN) est alimenté à 3 V, sa tension centrale est de 1.5 V et sa tension de référence est de  $\pm 1$  V (Plage de fonctionnement [0.5 V ; 2.5 V]). Le circuit  $CR$  permet de transférer le niveau DC de 0 V à 1.5 V en filtrant la tension continue du signal à la sortie de l'amplificateur et en lui ajoutant une tension continue de 1.5 V.

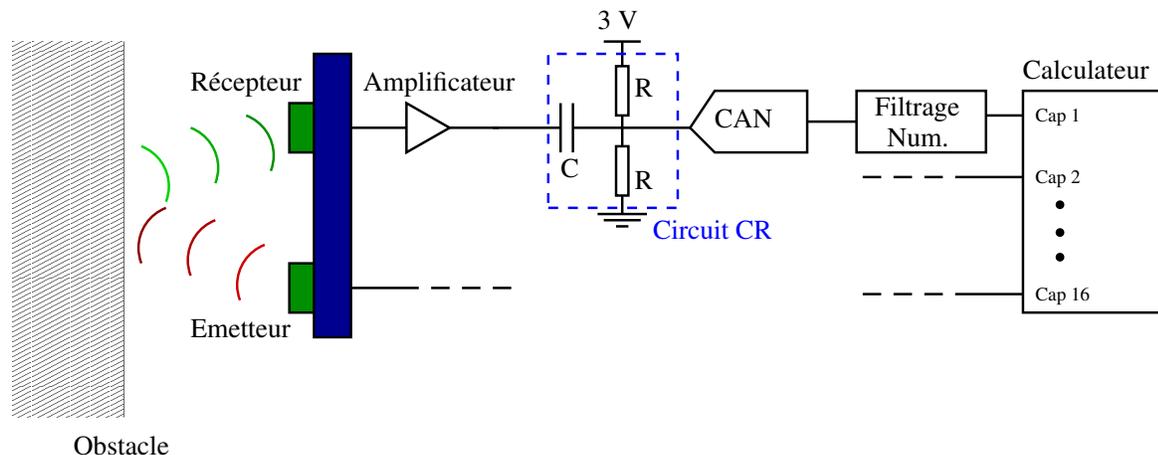


FIGURE 2 – Bloc diagramme de la chaîne d'acquisition US.

**Question 1** Quel bruit sera très grandement filtré grâce à ce circuit  $CR$ ? Justifier brièvement votre réponse

La fréquence d'échantillonnage  $f_e$  choisie pour le convertisseur analogique numérique (CAN) est de 7 KHz.

**Question 2** Expliquer pourquoi ce non respect du théorème de Shannon-Nyquist n'est pas problématique. Donner la fréquence  $f_{rep}$  à laquelle le signal d'entrée à 40 KHz se repliera dans la bande de Nyquist  $[0, f_e/2]$ .

Nous souhaitons recevoir des signaux sinusoïdaux à la sortie du capteur US (entrée de l'amplificateur) dont les amplitudes crêtes varient de 0.2 mV à 200 mV avec un SNR supérieur à 40 dB à la sortie du CAN.

**Question 3** Déterminer le gain de l'amplificateur qui permet de profiter de toute la plage du CAN et déterminer pour ce gain, le nombre de bits nécessaire pour garantir la résolution voulue sur toute la plage d'entrée. (*Nous considérons, pour ce calcul, que le bruit de quantification est la seule source de bruit dans la chaîne de réception.*)

**Question 4** Parmi les architectures Sigma Delta, convertisseur à approximations successives (SAR), Pipeline et Flash, donner la ou les architecture(s) qui seraient adaptées à l'implémentation du CAN de cette chaîne de réception. Justifier brièvement votre réponse.

## Partie 2 - Traitement numérique

Nous nous intéressons à présent au filtrage numérique qui succède le CAN. Nous souhaitons appliquer un filtrage passe bande dans le domaine numérique autour de la fréquence  $f_{rep}$  pour filtrer certains signaux parasites. Nous partirons du filtre temps continu suivant. ( $p$  désigne la variable de Laplace et  $Q_0$  le facteur de qualité du filtre qu'on fixera à 10.)

$$H_{CT}(p) = \frac{1}{1 + Q_0 \left( \frac{p}{2 \cdot \pi \cdot f_{rep}} + \frac{2 \cdot \pi \cdot f_{rep}}{p} \right)}$$

**Question 5** En utilisant la méthode de l'invariance de la dérivée dite aussi la méthode d'Euler, calculer la réponse impulsionnelle du filtre numérique équivalent en fonction de  $f_{rep}$ ,  $Q_0$  et  $T_e = \frac{1}{f_e}$ .

**Question 6** Donner un schéma de réalisation possible pour ce filtre. (Ne calculez pas les valeurs numériques des coefficients, exprimer les en fonction de  $f_{rep}$ ,  $Q_0$  et  $T_e$ ).

La figure 3 gauche) illustre le(s) pôle(s) et zéro(s) du filtre numérique obtenu grâce à la méthode d'Euler.

**Question 7** Trouver l'équivalence entre les signes (croix et cercles) et les pôles et zéros. Quelle information importante sur le filtre cette analyse nous permet d'obtenir ?

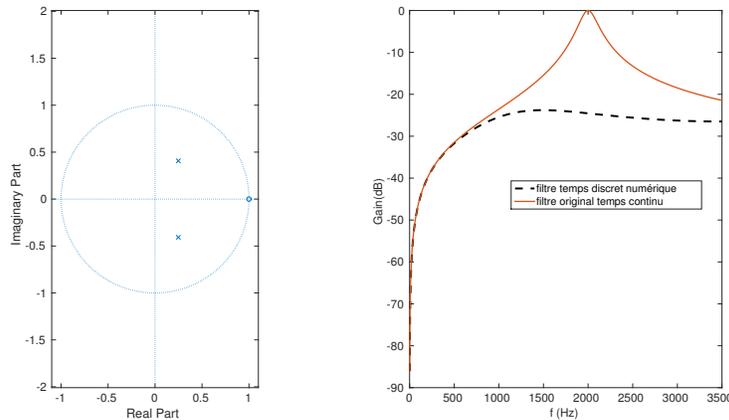


FIGURE 3 – Gauche) Pôles et zéros du filtre numérique obtenu Droite) Réponses fréquentielles des filtres temps continu et numérique

La figure 3 droite) illustre une comparaison entre les réponses fréquentielles des 2 filtres.

**Question 8** Expliquer pourquoi le filtre temps discret numérique obtenu n'est pas une bonne approximation du filtre temps continu  $H_{CT}(j\omega)$ .

Pour remédier à ce problème, nous décidons de concevoir un filtre FIR avec une bande passante de 1 KHz centrée autour de  $f_{rep}$  à l'aide de la méthode de la transformée de Fourier Inverse.

**Question 9** Expliquer, de manière qualitative et succincte, les différentes étapes nécessaires pour calculer la réponse impulsionnelle de ce filtre.

Intéressons nous maintenant au calculateur. Nous souhaitons implémenter la technique du *power gating* dessus.

**Question 10** Quelle serait l'intérêt de l'utilisation de cette technique? Quel est son principe de fonctionnement et comment vous l'implémenterez dans ce cas en particulier ?