

MODULE D'OUVERTURE

UE : INSTRUMENTATION & SYSTEMES

Séance 2 : Capteur US

Contexte & Objectifs

1. Objectifs Globaux

Les objectifs visés par cet Atelier sont :

- Mise en œuvre du capteur à Ultrason (US) et relevé de caractéristiques.
- Mise en œuvre de la chaîne d'acquisition et de traitement des données.
- Comprendre une caractéristique relevée par rapport à une caractéristique de la documentation technique.
- Analyser le comportement dynamique du capteur US.
- Motiver le choix du capteur US comme capteur de mesure de distance.

2. Objectifs Transversaux

Les objectifs transversaux visés par cet Atelier sont :

- Lire et analyser une documentation technique
- Maîtriser l'environnement de travail : oscilloscope numériques, générateurs de signaux basse fréquence, DAC, etc.
- Maîtriser les logiciels de mesures électroniques : Labview, Max, etc.
- Mise en œuvre de la chaîne d'acquisition et de traitement des données.

Documentation : Les documents sont disponibles sur le **Serveur ENT** -> Liste des cours -> Mes cours -> MO-LabVIEW -> MO Instrumentation & Système).

Travail Personnel (4H)

A partir de la documentation technique du capteur à ultrason (US), essayer d'apporter des réponses aux questions suivantes :

- Quel type de signal de sortie peut fournir ce capteur ? est-il linéaire ?
- Quelle serait la plage de fonctionnement du capteur à ultrason ?
- Comment peut-on calculer la portée (distance de mesure) de ce capteur ?
- Quelle serait le lobe (l'angle d'ouverture) de ce capteur ?
- A quelle fréquence ce capteur peut fournir une mesure ?

Travaux Dirigés (1H)

1. Lors de son stationnement assisté, un véhicule exploite les données du radar de recul (constitué d'une ceinture de capteurs à ultrason devant et derrière le véhicule) pour détecter les obstacles situés autour de lui. Une impulsion est émise en direction des obstacles à l'instant t_0 . L'onde réfléchie est détectée à l'instant t_1 . Exprimer la distance d entre la source et l'obstacle en fonction de t_0 et t_1 .
2. Les ultrasons sont, entre autres, utilisés pour cartographier les fonds marins ou détecter la présence de bancs de poissons. La durée de propagation de l'onde est égale à $9s$, calculer la distance d séparant le bateau du fond, sachant que la vitesse du son dans l'eau est de 1440 m/s .
3. Une onde sonore se propage dans l'air à la vitesse $v = 340 \text{ m/s}$, la vitesse de la lumière est proche de $300\,000 \text{ km/s}$. Montrer que le rapport entre la vision d'un éclair et la perception du tonnerre divisée par trois correspond à la distance (en km) entre l'impact de foudre et le lieu d'observation.
4. Nous souhaitons réaliser un système permettant la mesure de température au degré près comprises entre 0°C et 50°C . Pour cela, la figure 1 illustre le système souhaité comprenant trois composants entrant dans la réalisation d'un thermomètre numérique, à savoir : une sonde de température AD22100, un microcontrôleur MC68HC908JL3 et un convertisseur analogique-numérique LTC1099.

Analyser le problème à partir de la figure ainsi que de la documentation technique :

1. Le capteur de température utilisé assure-t-il la résolution requise ?
2. Peut-on atteindre une résolution de 0.5°C ? si oui comment ?
3. Quels seraient, selon vous, le critère de choix entre un microcontrôleur possédant son propre ADC et un ADC séparé associé à un microcontrôleur ?

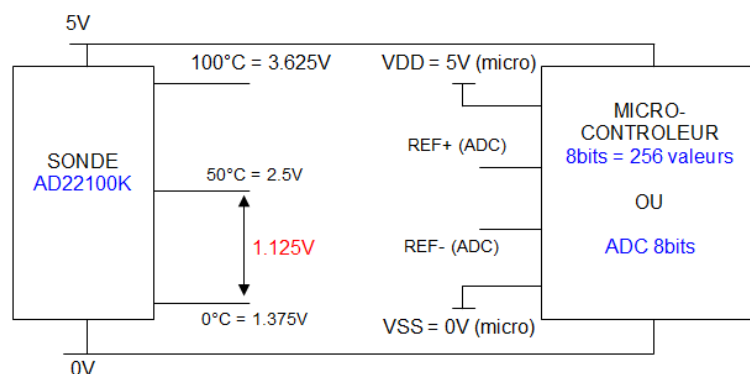


Figure 1. Chaîne de mesure de température.

Travaux Pratiques (3H)

1. Capteur à Ultrason

L'objectif de notre étude est la mise en œuvre d'une télémétrie radar dont le principe a été étudié en TD. Pour cela, nous souhaitons instrumenter un robot mobile autonome avec des capteurs à ultrasons lui permettant de détecter les obstacles et les éviter. La chaîne d'acquisition et de traitement de données est présentée dans la figure 2.

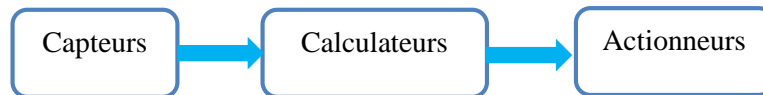


Figure 2. Chaîne d'Acquisition et de traitement de données.

Dans le cas de notre robot mobile, 2 capteurs US sont instrumentés à l'avant de ce dernier. Le robot doit identifier 3 zones d'obstacles afin de pouvoir les éviter :

- Zone A : les obstacles sont situés à 30 cm du robot
- Zone B : les obstacles sont situés entre 30 cm et 60 cm
- Zone C : obstacles situés au-delà de 60 cm

A partir de la documentation technique du capteur US « **SRF05** » :

1. Afin de spécifier le besoin, essayer d'identifier les informations pertinentes par rapport aux objectifs fixés
2. Quelle est la plage de mesure de ce capteur ?
3. Quel type de signal de sortie ce capteur renvoie-t-il sur sa sortie ? est-il linéaire ?
4. Analyser la courbe de réponse du capteur. Quelles sont ses caractéristiques ?
5. Connecter le capteur US au module DAC USB-6009 : attention à bien respecter la documentation (alimentation, signal de sortie, etc.) :

Attention : Les connexions se font en passant par une plaquette d'essai et des fils volants. Utiliser l'outil MaX et le programme « *ultrason.vi* » pour visualiser la sortie du capteur. Vérifier que vous obtenez bien une variation de fréquence en fonction de la distance entre le télémètre et l'obstacle.

- Tracer la courbe de réponse du capteur. Que peut-on conclure ?
6. A partir de la chronologie des prises de mesures. En déduire le temps qui s'écoule en régime établi entre un évènement et la présence de l'information correspondante en sortie du capteur US.
7. Quelle serait la période d'échantillonnage que l'on peut utiliser avec ce capteur ?

2. Calcul de l'Angle d'Ouverture du Capteur

Pour calculer l'angle d'ouverture du capteur US, nous allons analyser sa réponse dans le cas d'un obstacle non aligné (Figure 5).

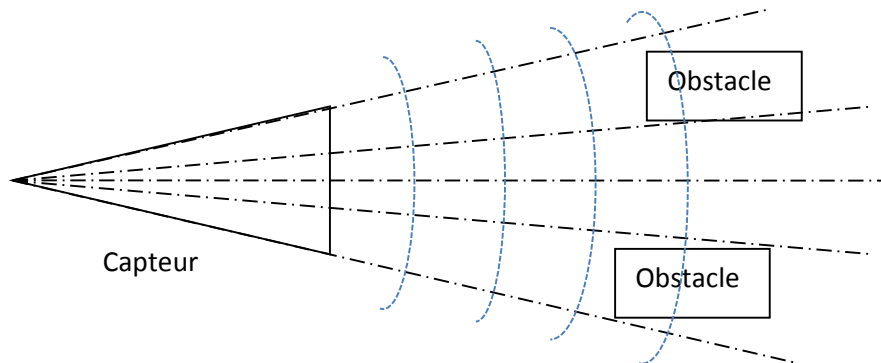


Figure 3. Disposition non alignée de l'obstacle par rapport au capteur.

8. Déterminer expérimentalement l'angle d'ouverture (le lobe) reflétant le champ de vision de ce capteur :
 - Essayer de tracer la courbe et comparer-là avec celle donnée dans la *datasheet*.
 - Que serait le constat par rapport au capteur IR ?

3. Application au Robot Autonome

9. Proposer un algorithme, qui une fois implémenté dans le calculateur de la chaîne d'acquisition et de traitement de données (Figure 2), permettra d'assurer au robot une navigation autonome : détection et évitement d'obstacles, arrêt du robot, etc. :
 - Identifier les 3 zones séparant un obstacle du robot : A, B et C
 - Si l'obstacle se trouve :
 - o Dans la zone A : allumer une LED rouge
 - o Dans la zone B : allumer une LED jaune
 - o Dans la zone C : allumer une LED verte
10. Quelle serait, selon vous, la meilleure instrumentation des capteurs US sur le robot (faites un schéma synoptique), sachant que la plateforme du robot a comme dimension : 30cm x 30cm ?
 - Emplacement et orientation de capteurs,
 - Distances entre capteurs, etc.
11. Selon vous, la fréquence d'échantillonnage a-t-elle une influence dans le calcul de la vitesse max du robot ?
 - L'idée est que le robot puisse avoir le temps de s'arrêter devant un obstacle une fois que ce dernier soit détecté.
 - o Calculer la vitesse max du robot compte tenu du temps de réponse du capteur.