

Description du projet

Nous voulons développer un robot capable de se déplacer de manière autonome, sur base d'ordres qu'il reçoit par un canal de communication audio.

Les signaux de commande audio seront produits par un ordinateur ou un smartphone.

Ce robot doit servir dans un projet étudiant. Les choix techniques seront donc également guidés par des considérations pédagogiques.

Cahier des charges

Fonctions

- Se déplacer précisément et de façon autonome.
- Recevoir et comprendre des signaux de commande audio
- Obéir aux ordres "Avance", "Recule", "tourne à droite", "Tourne à gauche" (accompagnés d'un paramètre indiquant la distance ou l'angle à parcourir).

Contraintes

Contraintes environnementales

- Le robot doit être capable de se déplacer sur un terrain solide, plat et horizontal (typiquement une table).
- Le robot doit être capable de fonctionner dans un environnement calme : à l'intérieur, sans bruit de fond (conversation, musique, ...).

Contraintes utilisateurs

- La tension d'alimentation doit être inférieure ou égale à 24V, pour éviter tout risque d'électrocution.
- La vitesse de translation du robot doit être telle que celui-ci puisse être facilement "maîtrisé" par les étudiants si nécessaire durant les tests de leurs programmes, indépendamment de la manière dont les moteurs sont commandés.

Etude fonctionnelle

Notre robot peut être divisé en trois grandes parties :

- Une base roulante qui est la partie mécanique du robot
- Une électronique de commande, basée sur un microcontrôleur
- Un code informatique qui définit le comportement du robot.

Base roulante

Choix techniques

Le projet étant destiné à la filière Electronique-télécommunications, la base roulante est la plus simple possible : un tricycle équipé de deux roues motrices indépendantes, actionnées chacune par un moteur à courant continu.

Deux capteurs de rotation sont montés sur l'axe des roues pour mesurer leur déplacement angulaire. Ce sont des capteurs de type encodeur en quadrature.

Le troisième point d'appui est une bille, pour minimiser son effet sur les mouvements du robot.

Cette base roulante est conçue sur base d'un système de pièces pour applications robotiques¹. Il possède toutes les pièces nécessaires, y compris les moteurs et capteurs de rotation (à part la bille servant de troisième point d'appui). Le montage et la maintenance ne nécessitent pas d'outillage ou de compétence spécifiques.

Les moteurs sont des servomoteurs contrôlés en vitesse. Ils intègrent donc leur convertisseur de puissance et peuvent être alimentés directement par une batterie de 7,2V utilisée couramment en modélisme. Ils sont commandés par un simple signal PWM.

Les encodeurs en quadrature doivent être alimentés en 5V et fournissent deux signaux logiques compatibles CMOS.

¹ <http://www.vexrobotics.com>

Dimensionnement

Le dimensionnement de la structure mécanique n'est soumis qu'à la contrainte limitant la vitesse maximum du robot. Pour le reste, nous nous sommes inspirés du modèle de base proposé par Vex Robotics.

Pour respecter la contrainte sur la vitesse, nous avons le choix entre 3 types de roues dont les diamètres sont respectivement 2,75" ($\approx 70\text{mm}$), 4" ($\approx 102\text{mm}$) et 5" ($\approx 127\text{mm}$).

Les moteurs ont une vitesse maximum de 100 tr/min, ce qui correspond à des vitesses de 367mm/s, 535mm/s et 665mm/s.

Toutes ces vitesses semblent raisonnables, nous pouvons donc utiliser les roues de notre choix. Nous avons opté pour les roues de 4", car ce sont celles utilisées dans le modèle de base dont nous nous sommes inspirés. Les petites roues auraient donné un robot trop lent et les roues de 5" nous obligeraient à modifier profondément la structure choisie.

Nous obtenons une base roulante dont les roues sont écartées de 215mm. Cela nous donne une vitesse maximum de rotation du robot d'environ 0,8 tr/s.

Electronique de commande

Choix techniques

Fonctions déplacement

Pour faciliter le démarrage du projet, nous voulons fournir aux étudiants une base roulante fonctionnelle qu'ils devraient "juste" programmer pour remplir la première fonction principale : le déplacement autonome.

Nous avons donc ajouté une carte électronique à la base roulante, que nous appellerons carte principale.

Elle est conçue autour d'un microcontrôleur connecté aux moteurs et aux encodeurs en quadrature. Pour garder une cohérence avec les laboratoires d'introduction du projet, nous l'avons choisi dans la famille des dsPIC33FJ de *Microchip*.

Nous avons besoin de deux *Output Compare* et de deux *Quadrature Encoder Interface* pour le contrôle des moteurs. Cela limite notre choix à une dizaine de candidats. Leurs différences étant sans conséquences pour le projet, nous avons choisi le dsPIC33FJ128MC804 car nous en avons en stock lors du développement du prototype. De plus, c'est celui qui possède le plus de pattes et le plus de mémoire, ce qui nous laisse un maximum de liberté pour faire évoluer le projet.

En outre, ce dsPIC possède le *Peripheral Pin Select (PPS)*, qui permet de choisir à quelles pattes du dsPIC sont connectées les I/Os de la plupart des périphériques. Cela facilite le routage des cartes électroniques et évite les blocages qui peuvent survenir lorsqu'on a besoin de deux périphériques partageant les mêmes pattes.

Puisque notre application a besoin d'une base de temps précise (pour l'échantillonnage du signal audio), nous utiliserons l'oscillateur principal du dsPIC avec un quartz externe (à 10MHz).

Le dsPIC doit être alimenté en 3,3V et consomme environ 80mA. Nous avons choisi un régulateur linéaire capable de fournir 250mA, pour pouvoir le circuit que les étudiants développeront pour la communication audio.

Les moteurs sont compatibles avec les niveaux logiques CMOS 3,3V et peuvent donc être connectés directement au dsPIC.

Les encodeurs doivent être alimentés en 5V et fournissent donc des signaux logiques 5V, incompatibles avec des entrées CMOS 3,3V. Toutefois, notre dsPIC possède certaines pattes supportant des signaux logiques 5V, on peut donc également connecter directement les encodeurs à notre dsPIC.

Un convertisseur DC/DC à découpage produit du 5V pour alimenter les encodeurs. Il peut fournir 1A, ce qui dépasse largement les besoins des encodeurs. Nous avons décidé de surdimensionner ce régulateur pour pouvoir facilement alimenter les autres circuits qui pourraient être ajoutés dans le cadre du projet.

La carte est alimentée par la batterie 7,2V. Un fusible et une diode forme un circuit de protection pour :

- Protéger la batterie d'une consommation excessive due à un défaut dans l'électronique
- Protéger l'électronique d'une inversion de polarité lors de la connexion de la batterie.

Un module de communication Bluetooth a également été ajouté à la carte. Il permet au dsPIC de communiquer avec un PC, au travers d'un port série virtuel. Il est destiné à la mise au point de la régulation du robot.

Les pattes non utilisées du dsPIC sont disponibles sur un connecteur d'extension. Elles sont protégées par des résistances séries de $1k\Omega$. Avec le PPS, cela nous donne accès à tous les périphériques du dsPIC.

Fonction communication

La partie communication de l'électronique doit transformer un signal sonore en un signal électrique qui sera numérisé et interprété par le démodulateur.

L'électronique nécessaire à la fonction communication peut donc être divisée en deux parties :

- Une chaîne d'acquisition analogique, chargée de mettre en forme le signal capté par un microphone
- Un microcontrôleur chargé de numériser et démoduler le signal mis en forme.

Le dimensionnement de la chaîne d'acquisition est à la charge des étudiants.

Pour le microcontrôleur, nous avons deux possibilités :

- Utiliser le dsPIC de la carte principale. Comme il possède un convertisseur analogique/numérique, c'est possible. L'inconvénient de cette solution est de compliquer la partie informatique du projet.
- Utiliser un dsPIC dédié à la démodulation du signal audio. Cela simplifie le développement informatique, mais nécessite une communication entre les deux dsPIC (une telle communication n'est toutefois pas difficile à mettre en œuvre).

La solution à un seul dsPIC est évidemment meilleure du point de vue du coût et de l'encombrement de l'électronique. Toutefois, elle rend le développement sensiblement plus compliqué ; en effet, les deux fonctions étant indépendantes, il est probable que leurs codes informatiques soient développés séparément, par des personnes différentes. Pour pouvoir travailler en parallèle, deux plateformes de développement seront alors nécessaires.

De plus, la démodulation étant a priori une opération exigeante en temps de calcul, il n'est pas garanti que les deux codes puissent tourner en temps réel sur un seul processeur.

Nous commencerons donc par développer une solution à deux dsPIC. En fonction de ses performances et sur base de l'expérience que nous aurons acquise, nous évaluerons les possibilités d'améliorations à étudier.

Pour faciliter le développement de la partie communication, une plaquette de protoboard a été ajoutée à la base roulante.

La structure générale de l'électronique est donnée par le schéma en annexe de ce document.

Code informatique

Les choix concernant les codes informatiques du projet sont laissés aux étudiants. Pour les aider, deux documents leurs seront fournis :

- *Etude du déplacement du robot*
- *Etude de la communication audio*

Schéma-bloc du système

Le schéma-bloc ci-dessous résume la structure de notre système. Elle découle des choix décrits ci-dessus.

