

Rapport final de projet

Année scolaire 2023-2024

Poly-Serveur



Figure 1 - Image du Poly-Serveur

Etudiant : WARTSKI NARANJO Daniel

Encadrant : Pascal Masson

Introduction

L'objectif de ce projet est de concevoir et de réaliser un robot serveur autonome capable de naviguer de manière efficace et sécurisée dans un environnement de restauration. Ce robot doit suivre une ligne tracée au sol, s'arrêter à la table demandée et éviter les obstacles pour assurer un service fluide et sans interruption.

Cahier des Charges :

- Suivi de Ligne :
 - Le robot doit être capable de suivre une ligne noire tracée sur le sol, reliant les différentes tables et zones de service du restaurant.
- Localisation et Navigation :
 - Le robot doit pouvoir se localiser précisément dans l'environnement grâce à des intersections marquées par des lignes noires détectées simultanément par les trois capteurs IR.
 - À chaque intersection, le robot doit être capable de déterminer sa position actuelle et ajuster sa trajectoire en conséquence pour atteindre la table cible.
- Sélection de la Table :
 - Le robot doit être équipé d'un système de sélection de table, activé par un bouton permettant de spécifier le numéro de la table de destination.
- Évitement d'Obstacles :
 - Afin de garantir la sécurité et d'éviter les accidents, le robot doit inclure un capteur à ultrasons pour détecter et s'arrêter en cas d'obstacles sur sa route.

En résumé, ce projet vise à développer un robot serveur capable de naviguer de manière autonome dans un environnement de restaurant en suivant une ligne tracée au sol, en se localisant grâce à des intersections, et en évitant les obstacles, tout en assurant un service rapide et fiable.

Conception du Robot

La conception du robot serveur s'articule autour de trois axes principaux : la conception informatique, la conception structurelle et la conception électronique. Chacune de ces composantes joue un rôle essentiel dans le bon fonctionnement et la performance globale du robot.

1. Conception Informatique

La gestion et le contrôle du robot sont réalisés à l'aide d'un microcontrôleur Arduino Mega, programmé pour exécuter les différentes tâches nécessaires à son fonctionnement.

Suivi de Ligne : Le code Arduino utilise les lectures des trois capteurs infrarouges (IR) pour suivre une ligne noire tracée sur le sol. Les données des capteurs sont traitées pour ajuster la direction du robot en temps réel, en utilisant un algorithme PID pour assurer un suivi précis et stable

Navigation et Localisation : Le robot se localise en détectant les intersections marquées par des lignes noires supplémentaires, ce qui permet de recalculer sa position et de déterminer la direction à suivre pour atteindre la table cible.

Évitement d'Obstacles : Le capteur à ultrasons surveille en permanence la présence d'obstacles devant le robot. Si un obstacle est détecté, le robot s'arrête pour éviter une collision.

Contrôle des Moteurs : Les moteurs à courant continu (CC) équipés d'encodeurs sont contrôlés par le microcontrôleur pour ajuster la vitesse et la direction du robot. Les encodeurs fournissent des retours précis sur la rotation des roues, permettant un contrôle fin de la vitesse et de la position.

2. Conception Structurale

Châssis : Le châssis est constitué de deux plaques de contreplaqué, fournissant une base solide et stable pour monter les composants électroniques et mécaniques. Le contreplaqué est choisi pour sa légèreté et sa rigidité.

Coque de Transport : Une coque en PETG est fixée au sommet du châssis pour transporter les plats. Cette coque est conçue pour être légère, résistante, assurant ainsi une solution pratique pour le transport des plats dans le restaurant.

3. Conception Électronique

L'architecture électronique du robot intègre plusieurs composants essentiels pour son fonctionnement autonome et fiable :

Microcontrôleur : L'Arduino Mega centralise le traitement des données des capteurs et contrôle les moteurs, gérant le suivi de ligne, l'évitement des obstacles et la localisation

Capteurs IR : Trois capteurs infrarouges détectent la ligne noire sur le sol, assurant une détection précise de la trajectoire.

Capteur à Ultrasons : Monté à l'avant, il détecte les obstacles en temps réel et ajuste la trajectoire pour éviter les collisions

Moteurs avec Encodeurs : Deux moteurs CC avec encodeurs assurent la propulsion et la direction, offrant un contrôle précis de la vitesse et de la position.

Alimentation : Une batterie 7,4 V rechargeable alimente tous les composants électroniques et mécaniques du robot.

Schéma électrique

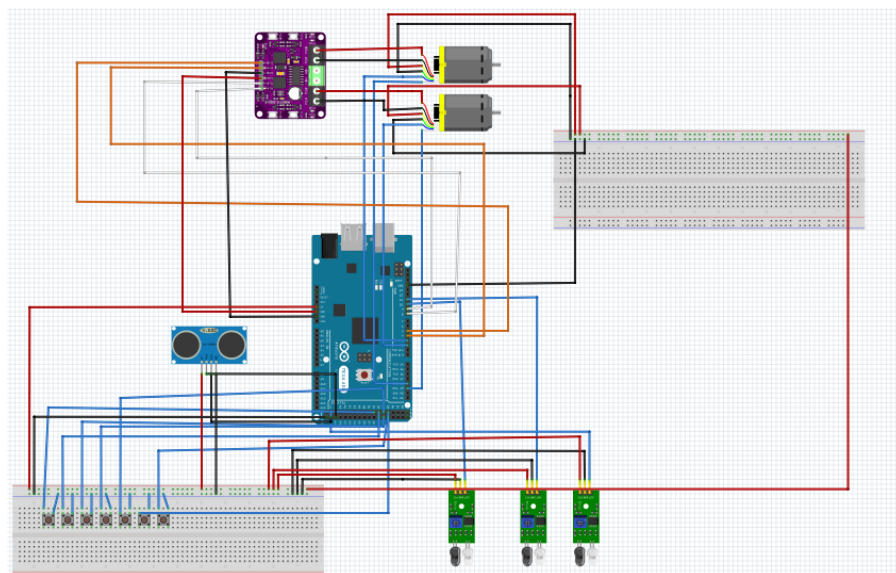


Figure 2 – Schéma électrique du robot

Algorithme de fonctionnement

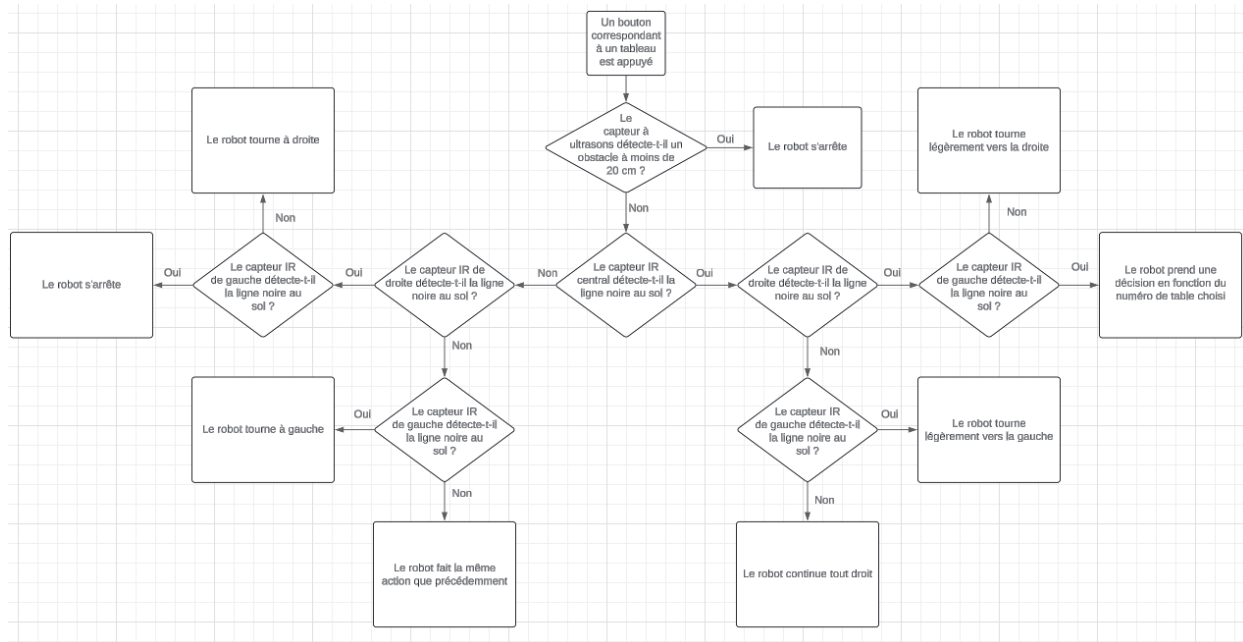


Figure 3 – Algorithme du robot

Coût du projet

Coût matériel :

| | Prix unitaire (en €) | Quantité | Prix Totale (en €) |
|--------------------------|----------------------|----------|--------------------|
| Alimentation continue 7V | 8 € | 1 | 8 € |
| Arduino Mega | 16,78 € | 1 | 16,78 € |
| Shield Mega | 5,65 € | 1 | 5,65 € |
| Moteur avec encodeur | 8,90 € | 2 | 17,80 € |
| Roues | 5,02 € (4 unités) | 2 | 2,51 € |
| Capteur IR | 2,88 € | 3 | 8,64 € |
| Capteur Ultrasons | 4,62 € | 1 | 4,62 € |
| Maker Drive | 4,5 € | 1 | 4,5 € |
| Contre-Plaqué de bois | 10 €/3 plaques | 4 | 13,33€ |
| PETG | 20 €/kg | 300 g | 6 € |
| Total | | | 87,83 € |

Coût ingénieur :

| | | | |
|-----------|-------------------|-------------------|-----------|
| | Heures de Travail | Salaire (€/heure) | Total |
| Ingénieur | 150 heures | 23,75 €/heure | 3.562,5 € |

Le coût total de mon projet est de 3.650,33 €.

Difficultés rencontrées

Lors du développement de ce robot serveur, plusieurs défis ont été rencontrés. Voici un résumé des principaux problèmes et les solutions apportées pour les surmonter :

1. Création du Châssis

La conception du châssis a été une étape difficile, étant donné que c'était la première fois que j'utilisais un logiciel de modélisation 3D, en l'occurrence Fusion360.

2. Mise en Œuvre d'un PID

L'implémentation d'un contrôleur PID pour le suivi de ligne s'est révélée complexe. Initialement, je n'avais pas d'encodeurs, ce qui a conduit à envisager l'utilisation de capteurs IR et de lignes blanches sur les roues pour mesurer la rotation.

Solution Initiale :

La solution consistant à utiliser des capteurs IR pour détecter les lignes blanches sur les roues n'a pas fonctionné comme prévu, car elle n'était pas suffisamment précise.

Solution Finale :

J'ai remplacé les moteurs existants par des moteurs équipés d'encodeurs. Les encodeurs ont permis de mesurer précisément la vitesse et la position des roues, ce qui a amélioré la précision du contrôleur PID. Pour ajuster les constantes PID, j'ai utilisé la méthode de Ziegler-Nichols, une technique courante pour la mise au point des contrôleurs PID. J'ai également implémenté un filtre passe-bas pour atténuer le bruit du signal des encodeurs, ce qui a permis d'obtenir une régulation plus stable et plus précise.

3. Problèmes de Code pour l'Arrêt à la Table Demandée :

Le code permettant au robot de s'arrêter à la table demandée a posé des difficultés. Le robot avait encore du mal à retrouver les tables en se basant uniquement sur les intersections détectées.

4. Interférences entre les Capteurs IR

Les capteurs IR captaient la lumière émise par les autres capteurs IR, ce qui entraînait des interférences et des erreurs de détection.

Solution :

Pour résoudre ce problème, j'ai conçu et imprimé des protecteurs en PETG pour les capteurs IR. Ces protecteurs ont isolé chaque capteur, empêchant la lumière émise par un capteur d'être captée par un autre. Cette isolation a considérablement amélioré la fiabilité des capteurs.

Conclusion

Au cours de ce projet, j'ai réussi à concevoir et à développer un robot serveur autonome capable de naviguer dans un environnement de restaurant en suivant une ligne tracée au sol. Le robot utilise trois capteurs infrarouges pour détecter la ligne noire et un capteur à ultrasons pour éviter les obstacles. De plus, il est capable de se localiser grâce à des intersections détectées par les capteurs IR et de s'arrêter à la table spécifiée via un bouton de sélection.

Plusieurs défis ont été surmontés, notamment la construction de la structure du robot à l'aide de Fusion360, l'implémentation d'un correcteur PID en vitesse malgré l'absence initiale de moteurs avec encodeurs.

Limitations et Problèmes Restants :

Sensibilité des Capteurs IR : Les capteurs IR peuvent être influencés par les conditions de luminosité ambiantes, ce qui peut affecter la précision du suivi de la ligne noire.

Robustesse du Correcteur PID : Bien que le correcteur PID fonctionne, il nécessite encore des ajustements pour optimiser la performance en termes de stabilité et de réactivité.

Perspectives et Améliorations Futures :

Intégration d'un LIDAR :

- Objectif : Permettre au robot de cartographier l'environnement du restaurant.
- Avantages : Offrir une meilleure compréhension de l'espace, faciliter la navigation et permettre une adaptation à des environnements plus complexes et dynamiques.

Exploration de Nouveaux Capteurs :

- Objectif : Remplacer les capteurs IR pour la détection de la ligne noire au sol.
- Avantages : Augmenter l'autonomie et l'adaptabilité du robot à différents environnements, réduire la dépendance aux conditions de luminosité et améliorer la robustesse du système de navigation.

En conclusion, ce projet a permis de poser les bases d'un robot serveur fonctionnel et autonome, capable de naviguer dans un environnement de restaurant en suivant une ligne tracée au sol. Les améliorations envisagées pour l'avenir, telles que l'intégration d'un LIDAR et l'exploration de nouveaux capteurs, promettent d'accroître encore l'autonomie.

Bibliographie

Control PID :

<https://www.youtube.com/watch?v=HRaZLCBFVDE>

<https://www.pm-robotix.eu/2022/01/19/ameliorer-vos-regulateurs-pid/>

https://projet.eu.org/pedago/sin/term/6-asservissement_moteur.pdf

Comment fabriquer un robot suiveur de ligne avec Arduino :

<https://www.tutoriel-arduino.com/suiveur-de-ligne-arduino/>

Robot similaire :

<https://github.com/salvatore-arienzo/Arduino-Robot-Car-Line-Following-Obstacle-Avoidance>