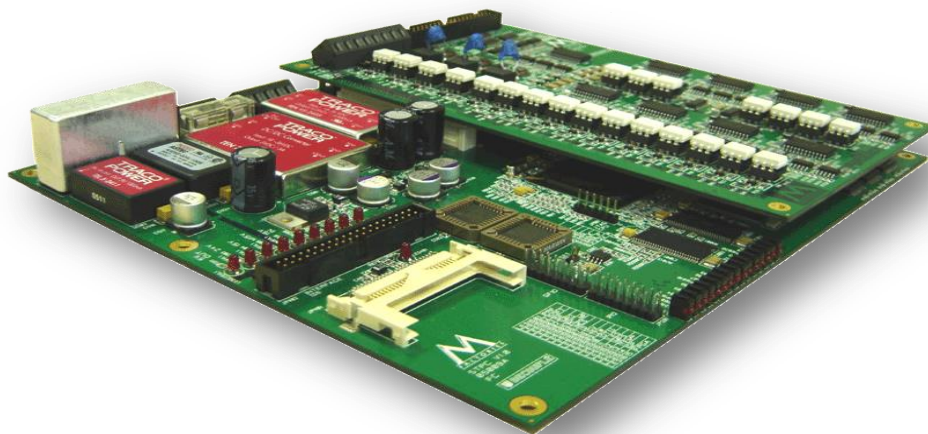


Le robot suiveur de ligne



Sommaire :

Le sommaire à pour but de vous guider dans la lecture de notre projet, c'est pour cela que nous avons essayer de le crée de la façon la plus claire possible :

- Introduction :
 - ⇒ Cette partie expliquera en quoi et pourquoi un tel projet ?
- Cahier des charges :
 - ⇒ Cette partie énoncera le cahier des charges qui nous a été transmis.
- Etudes fonctionnelle :
 - ⇒ Une étude fonctionnelle intéressante pour la compréhension et le déroulement du projet.
- Schéma structurelle globale :
 - ⇒ C'est là que tout commence, comme son nom l'indique, cette partie théorique traitera l'étude structurelle du projet .
- Mesures et essai :
 - ⇒ Cette partie expérimentale rendra compte du travail effectué en amont avec l'étude structurelle et conclura la réussite ou l'échec du projet robot suiveur de ligne.
- Annexe :
 - ⇒ Vous trouverez en annexes des documents intéressssant et utiles à la compréhension de notre étude.
- Conclusion :
 - ⇒ La conclusion finale de l'ensemble du projet pour chaque personne du groupe, avec les attentes, les à priori et les impressions.

Introduction :

Depuis le début de notre enseignement de génie électrique et informatique industrielle, le corps professorale nous avait parlé de ce projet : Le robot suiveur de ligne. Nous savions que beaucoup de travail nous attendais que notre mission s'annonçait difficile. Et bien nous l'avons fait...

A l'aide des professeurs et de nos maigres connaissances difficilement acquises durant ce début d'année, nous avons pour mission de concevoir la carte dite "carte électronique" d'un robot qui serait "suiveur de ligne". Des consignes nous ont alors été données pour nous guider dans notre tâche :

- ⇒ Le robot doit être capable de rouler le long d'une ligne blanche tracée sur un fond noir.
- ⇒ La carte électronique doit permettre de rectifier la trajectoire du robot à l'aide de Deux capteurs et de deux moteurs indépendant.

Le but premier de cette étude est directement une première approche professionnelle de l'électronique. En effet nous devons rigoureusement respecter un cahier des charges qui nous a été transmis.

Ensuite, grâce à ce projet nous pouvons aussi nous échappé et nous libéré de la pression des cours tout en travaillant et en développent nos connaissances pratiques.

Pour finir, la reconnaissance d'un travail bien fait nous apportent une vrai satisfaction à nous, les étudiants de GEII.

Cahier des charges :

Objectif : Permettre à un robot préconçu de suivre une trajectoire rectiligne ou curviligne de façon autonome.

Contraintes de Fonctionnement :

- L'utilisateur place le robot sur la ligne blanche puis appuie sur le bouton "power". (bouton de mise en marche)
- Le robot suit la ligne blanche dès sa mise en marche en étant alimenté par une batterie. (12V)
- La rectification de trajectoire s'effectue en ralentissant un des deux moteurs latéraux

Conditions à remplir :

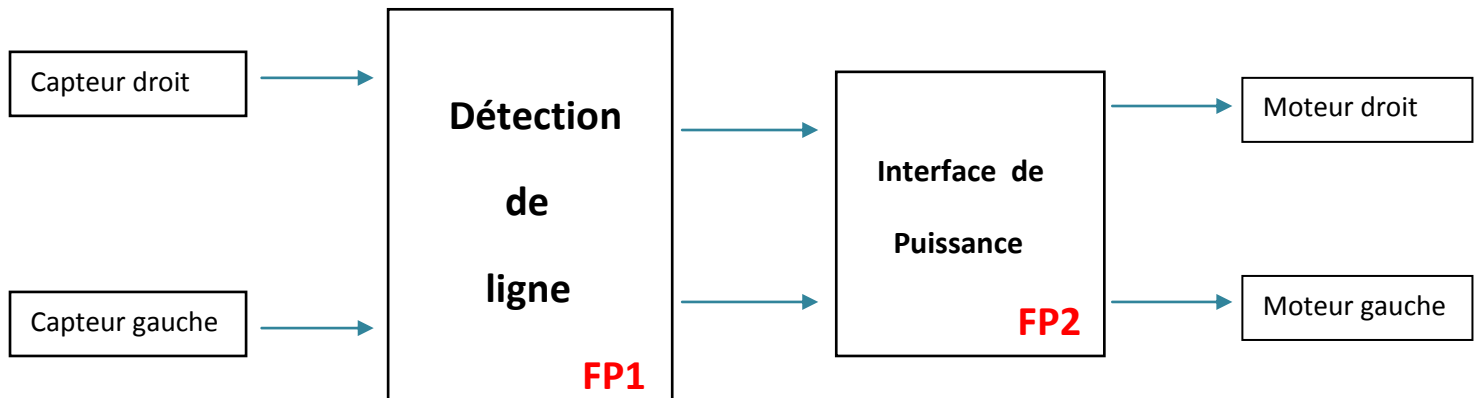
- Doit suivre une ligne réfléchissante.
- Possède deux moteurs à courant continu (M.C.C.) et une roue folle.
- Commande séparée des moteurs pour tourner.
- Alimentation des moteurs avec un signal PWM
- S'arrête s'il rencontre deux bandes réfléchissantes perpendiculaires à la ligne suivie.
- Détection de la ligne à l'aide de deux capteurs optiques infrarouge situés à l'avant du robot de part et d'autre de la ligne et espacé d'une largeur supérieure à la ligne.

Inconvénients :

- ⇒ En cas de perte totale de la piste à suivre, le robot est incapable de revenir de lui même sur la piste.

Etude fonctionnelle :

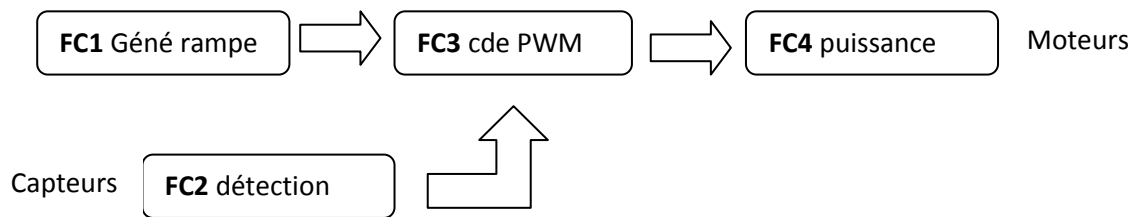
Organigramme fonctionnelle :



FP1 : Détecter une ligne blanche pour pouvoir la suivre.

FP2 : Commander deux motoréducteurs.

Organigramme fonctionnelle (plus élaboré)



Fonction générateur de rampe (FC1) :

Cette fonction a pour but de commander en tension les 2 moteurs latéraux. Cette fonction est signal triangulaire, une rampe.

Fonction détection (FC2) :

Le châssis du robot est équipé de deux capteurs composés chacun d'une LED infrarouge et d'un phototransistor :

- Lorsqu'un capteur est au dessus du tapis noir, le tapis absorbe toute la lumière émise par la LED, le phototransistor est donc bloqué. Signal capteur = V_{cc}
- Lorsqu'un capteur est au dessus scotch blanc, celui-ci renvoie toute la lumière émise par la LED, le phototransistor est donc saturé. Signal capteur $\approx 5V$

Fonction commande PWM (FC3) :

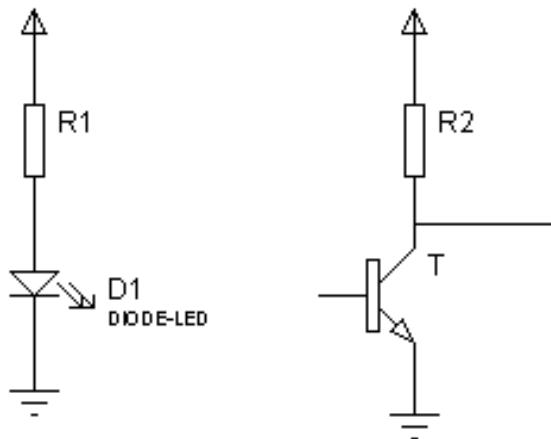
Un signal PWM ("Pulse With Modulation" ou largeur d'impulsion modulable) est un signal rectangulaire dont le rapport cyclique est variable. Dans notre cas, comme dans beaucoup d'autres, cela sert à contrôler la vitesse d'un moteur à courant continu. La vitesse est contrôlée en réalité grâce à la valeur du rapport cyclique. Plus celui-ci est grand et plus on s'approche de la vitesse maximum des moteurs.

Fonction puissance (FC4) :

La fonction FC4 a pour rôle de fournir l'énergie nécessaire aux moteurs du robot. La vitesse de rotation des moteurs dépend du rapport cyclique des signaux de sortie de la fonction FC3. Plus le rapport cyclique est élevé, plus la vitesse du moteur est importante. Les deux moteurs sont indépendants ce qui permet de jouer sur la vitesse pour faire pivoter le robot.

Etude structurelle :

Fonction détection de ligne (FC2)



- Analyse fonctionnelle

- ⇒ Capteur optique à infrarouge(IR).

- Gamme du non visible.
 - Insensible aux variations de luminosité.

- Dimensionnement :

- ⇒ Capteur OPB704

- $R_T = 100 \text{ k}\Omega$
 - $-5V < V_{ce} < 30V$

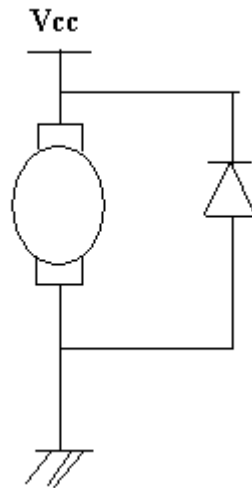
- ⇒ 3 cas possibles :

- Emission sur la bande réfléchissante :
Le Transistor est saturé ($V_{ce} = V_{ceSAT}$).
 - Emission hors bande réfléchissante :
Le Transistor est bloqué ($V_{ce} = V_{CC}$).
 - Emission « semi bande » réfléchissante :
Le Transistor est bloqué ($V_{ce} = V_{CC}$).

➤ Etude la documentation constructeur :

a. Etude du moteur à courant continu (M.C.C.).

- Schémas de base :



- Equations électriques et électromécaniques

- se règle avec E donc avec U
 - Tension=>Vitesse.
 - on modifie la tension pour faire varier la vitesse de rotation.
 - Couple=>Courant.

➤ Solution N°1 :

❖ Nous avons émis une hypothèse afin d'arriver à une solution simple de contrôle de la vitesse grâce à la variation de tension que subit le capteur, à l'aide d'un transistor bipolaire.

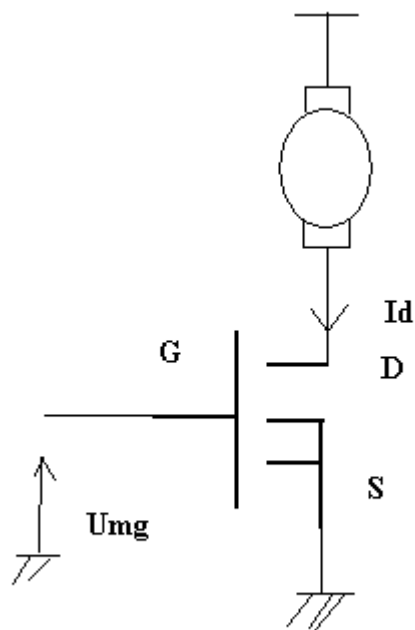
❖ Cependant elle s'est avéré être être pleine d'imperfection, rendant sa réalisation impossible et donc à éviter:

- Commande non-inversé

- Nous voulons obtenir un U_{motmax} pour un $V_{cesat}=0V$
 - Le courant I_{mot} traversant le moteur n'est pas supporté par le transistor.
- ✓ Nous avons donc conclu qu'il fallait nécessairement une Interface de puissance entre la tension émis par le capteur et celle reçu par le moteur, et donc qui commandera celui-ci.

b. Interface de puissance.

- Schémas de base :



- Dimensionnement :
 - Etude du transistor MOSFET_enhancement (à enrichissement).

⇒ Le moteur à courant continu est très inductif donc :

⇒ $U_{mot} = L di/dt \rightarrow -\infty$

⇒ Pour éviter une surtension négative, il faut mettre une diode de protection en parallèle avec le moteur.

➤ Solution N°2

▪ Transistor en fonctionnement linéaire :

- Pour $\alpha = \alpha_N$, $U_M = V_{CC} \Rightarrow \eta = 100\%$.
- Pour α faible, $U_M = 2V$ donc $\eta = 2/12 = 16\%$.

⇒ On a donc une perte de 84% de puissance active dans le MOSFET pour une faible vitesse de rotation.

- ✓ Il existe, cependant une solution, permettant d'améliorer ce rendement, vu que le rendement est maximum lorsque le transistor est passant et les pertes sont nulles lorsque celui-ci est bloqué.
- ✓ Nous avons donc décidé d'utiliser une commande basée sur le Tout-ou-rien.

c. Commande PWM

- Idée : Arriver à diminuer les pertes dans le transistor ($P_T \rightarrow 0W$), avec une commande tout ou rien.
 - i. T.ON (saturé), $V_{DS} = 0V$ (MOSFET=Interrupteur fermé) $I_D = I_N = 0.2A$.
 - ii. T.OFF (bloqué), $V_{DS} = V_{CC}$, $I_D = 0A$.
- ✓ Donc en théorie on obtient une puissance dissipée dans le transistor de $P_T = 0W$

• Chronogramme obtenue :

- ❖ Analyse : Une fréquence élevée nous permet d'obtenir une valeur moyenne du moteur, sachant que le moteur se comporte comme un filtre passe bas avec une constante de temps(T) très élevée, il ne réagit pas donc instantanément aux grandes fréquences.

d. Découpage amélioré :

- Nouvel organigramme :

- ⇒ La tension de VED et VEG doit entraîner une variation du rapport cyclique, on obtient donc bien une conversion Tension/Temps.
 - Selon la valeur délivré par le capteur, le laps de temps ou signal IM sera à l'état haut sera plus ou moins important, le rapport cyclique variera de la même façon et on obtiendra une variation de la vitesse du moteur.

- ⇒ Cependant, puisque nous voulons obtenir une commande permettant une conversion Tension/Temps, nous devons avoir une référence puisque nous voulons effectuer une comparaison de tension en fonction du temps, nous devons créer cet outil de comparaison (qui servira d'horloge qui pulse).

e. Générateur de rampe :

- Analyse fonctionnelle
 - i. Dimensionnement :
 - ii. Contraintes et améliorations :
 - Nécessite une alimentation symétrique et nous n'avons à disposition qu'une batterie de 12V.
 - Nécessite aussi trois Amplificateurs opérationnelles.

- ✓ Création d'une alimentation symétrique avec un pont diviseur, dont la sortie est sur une broche de l'AOP.
- ✓ Simplification : à la place de trois blocs :
intégrateur+inverseur+comparateur

→Intégrateur+comparateur inverseur

- Schémas définitif :

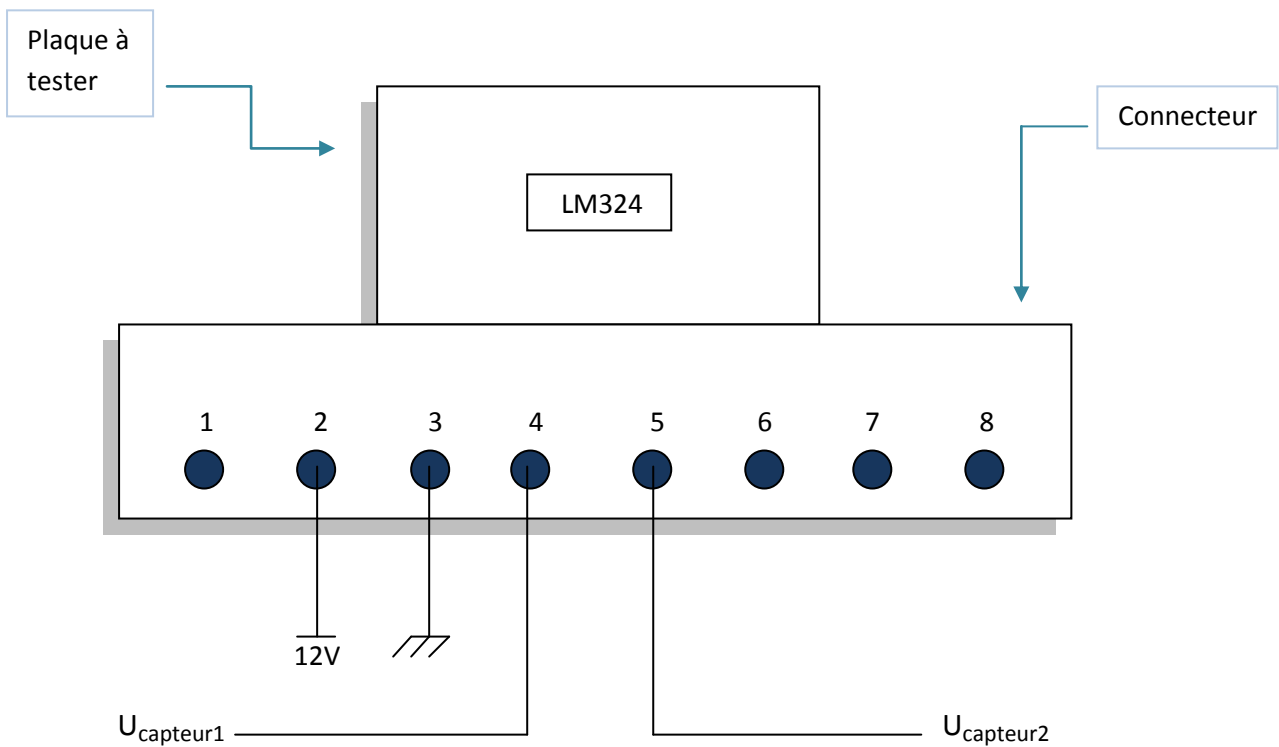
- Seuil de basculement :
 - C'est la tension VR qui commande le comportement, et donc le seuil de basculement.

Mesures et essai :

Objectif du test :

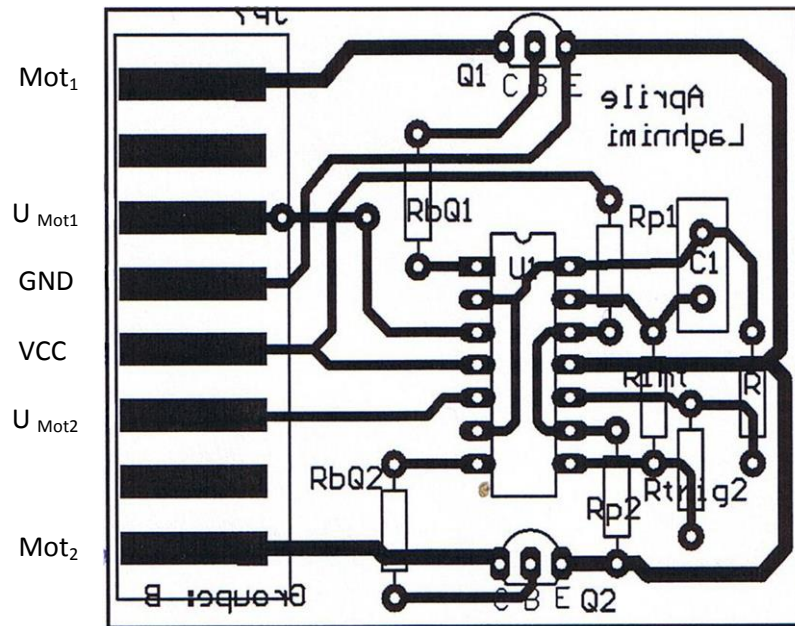
- Montrer que sa carte fonctionne correctement.
- Relever et vérifier que les tensions des moteurs varient en fonction des tensions issues des capteurs de position .

Schéma du banc de test :



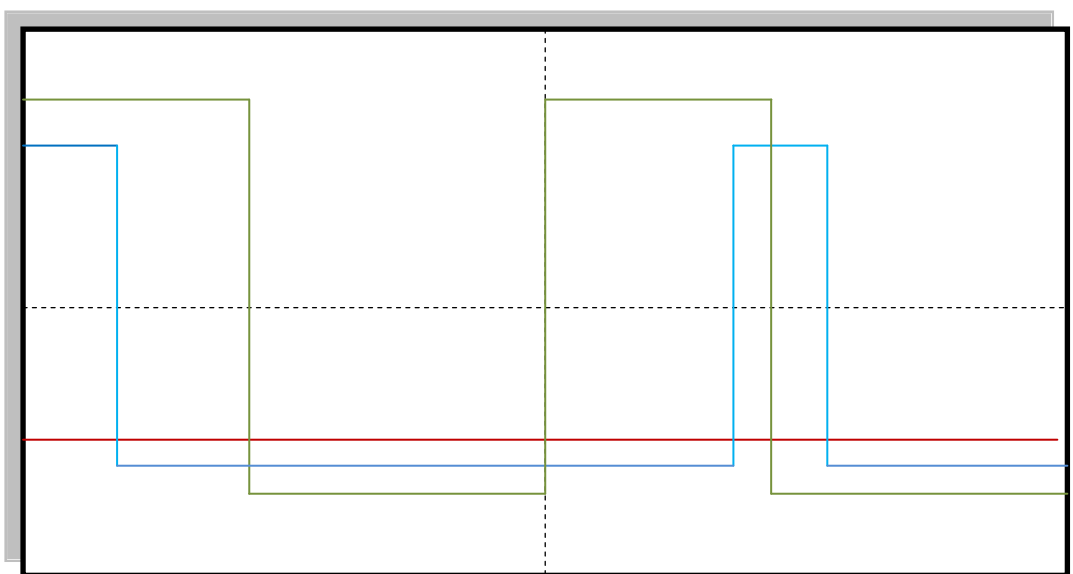
⇒ La plaque à tester et ces connexions sont visibles à la page ci-après :

Schéma de notre plaque avec les différentes connexions :



- ⇒ Nous avons alors pu relever 8 signaux qui caractérisent à eux seuls le fonctionnement de la carte et donc du robot :
- ⇒ 6 signaux (3 par capteur) pour montrer que le rapport cyclique de chaque tension moteurs varie en fonction des tensions capteurs :
 - Un chronogramme pour $U_{\text{capteur}} = 2 \text{ V}$
 - Un chronogramme pour $U_{\text{capteur}} = 4 \text{ V}$
 - Un chronogramme pour $U_{\text{capteur}} = 6 \text{ V}$

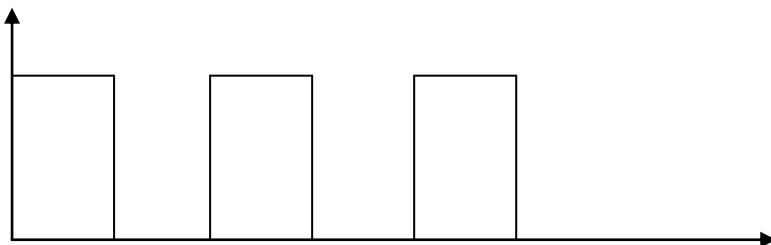
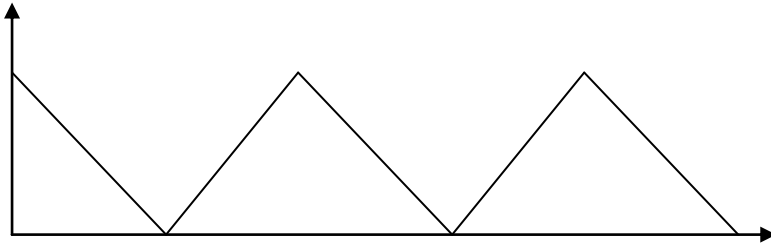
Oscilloscope



On précise que pour chaque signal, il y a une échelle de tension différente.

⇒ On remarque en effet que le rapport cyclique varie en fonction de la tension appliquée.

⇒ Nous avons donc aussi mesuré et vérifié les signaux "trigger" et "Moteur"



⇒ Nous avons vérifié alors l'intégralité des signaux nécessaires au bon fonctionnement de notre carte, il ne manquait plus qu'à tester la carte sur le robot préalablement construit.

Nous avons tester notre carte et nous avons alors bien observé que le robot suivait la ligne comme il était convenue malgré les aléas de la batterie qui n'était vraisemblablement pas au top de sa forme.

Cependant nous avons tout de même remarqué que le robot ne s'arrêtait pas à l'endroit où il était destiné qu'il s'arrête mais un peu plus loin que prévu .

⇒ On peut tout de même dire que l'expérience fut concluante et donc que notre carte fonctionne correctement.

Annexe :

Conclusion :

Cette étude fut intéressante pour nous deux. En effet nous avons découvert comment réaliser une petite plaque électronique à partir d'une étude préliminaire.

On a pu alors réellement découvrir ce qu'est l'électronique et quels métiers peuvent exister au jour d'aujourd'hui dans cette branche...

Pour chacun de nous, une partie fut bien plus intéressante que les autres :

- ⇒ Pour Abdel, ce fut la partie manipulation, soudage qui était la plus intéressante.
- ⇒ Pour Lucien c'est la partie "Création de la carte sur ordinateur" qui lui a le plus plu.
- ⇒ La partie la moins intéressante était la partie "étude théorique" car trop guidée par les professeurs.

Dans l'ensemble nous avons tout de même apprécié l'ambiance de notre classe et le travail de groupe.

Nous avons pu apprécier aussi que notre carte (fabriquée intégralement par nous !!) fonctionnait correctement alors que le résultat n'était pas garanti d'avance ...

La satisfaction d'un travail bien fait nous à combler .

⇒ Expérience à renouveler...