

SAE N°3

Robot Suiveur de Ligne

TOURAIS AUBIN – HUYNH ALEXIS
IUT D'EVRY – GEII-1ÈRE ANNÉE

SOMMAIRE

I.	INTRODUCTION	Page 3
II.	DESCRIPTION DU FONCTIONNEMENT	Page 3
III.	VREF	Page 7
IV.	LE TELEMETRE	Page 9
V.	LE COMPAREUR	Page 11
VI.	LE MONOSTABLE	Page 12
VII.	CAPTEUR GAUCHE/DROITE	Page 14
VIII.	LE CIRCUIT LOGIQUE COMBINATOIRE	Page 15
IX.	L'AMPLIFICATEUR DE COURANT GAUCHE/DROIT	Page 17
X.	LE MOTEUR GAUCHE/DROIT	Page 18
XI.	VALIDATION DU MONTAGE COMPLET	Page 19
XII.	CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES	Page 19
XIII.	ANNEXES TECHNIQUES	Page 20

I. INTRODUCTION

Présentation du Sujet :

Durant cette SAé, nous avons pu faire en binôme un « Robot suiveur de ligne ».

Caractéristiques du robot :

Le montage doit être un robot suiveur de ligne, il aura pour objectif d'être capable de suivre une ligne noire sans quitter ce chemin.

Il aura aussi pour particularité de s'arrêter si celui-ci rencontre un obstacle durant un certain délais, qui sera détecté à l'aide de ses deux capteurs, néanmoins, il devra continuer sa route s'il ne rencontre personne et être capable de retourner sur la ligne s'il détecte la ligne.

Cahier des charges :

Le robot suivra une ligne noire sur fond blanc.

Il devra céder la priorité à droite. (Il faudra sans doute une temporisation)

L'utilisation de Capteur CNY70 pour Capteur Gauche et Droit.

L'utilisation d'un Télémètre Sharp.

Ainsi la mise en place d'un NE555 pour le Monostable.

D'un AOP741 pour pratiquer un comparateur.

D'un CD4001 Avec les portes logiques NOR.

D'un CD4011 Avec les portes logiques NAND.

II. DESCRIPTION DU FONCTIONNEMENT

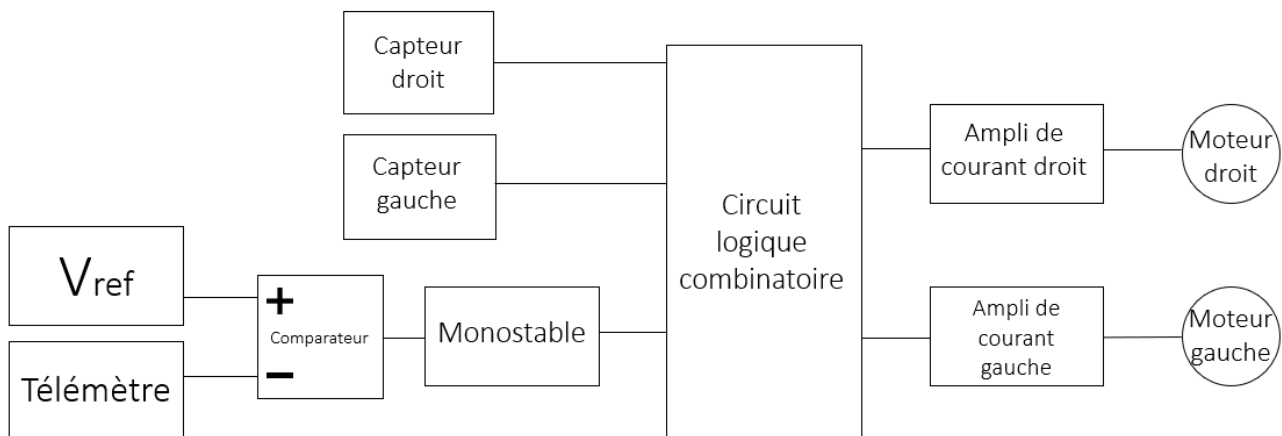
1) Schéma Fonctionnel du Robot suiveur de ligne.

Vous pourrez retrouver ci-dessous le schéma fonctionnel qui est composé de 11 blocs fonctionnels :

- **Vref:** Une référence de tension est un composant ou un circuit électronique qui produit une tension de sortie constante en courant continu, quelles que soient les variations des conditions extérieures ici nous aurons un passage du temps.
- **Télémètre:** Cette partie est composée d'un Instrument qui permet de mesurer la distance séparant un observateur d'un point éloigné par des procédés optiques qui nous permettront de mesurer la distance entre le robot et un autre qui est à une distance proche de lui, il générera un signal T qui sera connecté à la borne – du comparateur.
- **Comparateur :** Par définition un amplificateur opérationnel fournit idéalement un gain de tension et d'impédance d'entrées infinies et en même temps une impédance de sortie égale à zéro, il récupérera les signaux Vref et T, afin de transmettre un signal pour le monostable.
- **Monostable :** Cette deuxième partie permet de générer une impulsion d'une durée déterminée. Cette impulsion est déclenchée par le signal du comparateur, qui est une impulsion de durée beaucoup plus courte que l'impulsion générée par la fonction.
-
-

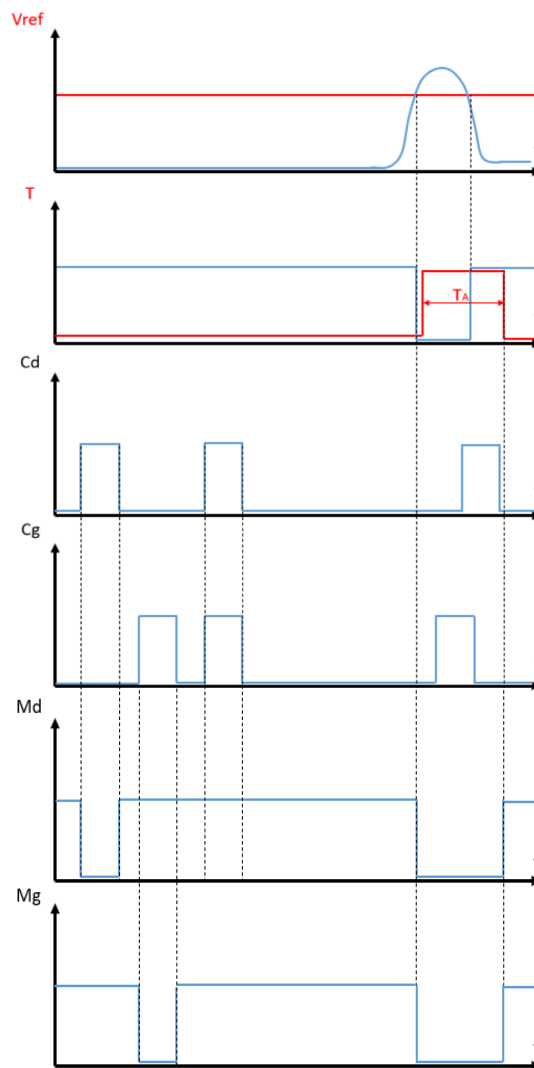
- **Capteur Gauche et Droit** : Cette partie est composée d'un Dispositif permettant de capter un phénomène physique et de le restituer sous forme de signal, deux signaux Cg et Cd, ces signaux seront transmis directement au circuit logique combinatoire.
- **Circuit Logique Combinatoire** : Cette partie contient un ensemble de portes logiques reliées entre elles, ici nous aurons des CD4001 et CD4011, pour répondre à une expression algébrique. Notre circuit logique récupérera les signaux émis par le Capteur Gauche et Droit, ainsi que le signal sortant du Monostable. Il émettra par la suite 2 signaux qui seront envoyés à l'Amplificateur de Courant Droit et Gauche.
- **Amplificateur de Courant Gauche et Droit** : Cette partie a pour fonction d'élever l'intensité du courant que fournit un signal électrique, venant du Circuit Logique Combinatoire, la puissance qu'il développe dans une charge ou la tension de ce signal, pour ainsi alimenter le moteur gauche et droit.
- **Moteur Gauche et Droit** : Cette partie a pour objectif de récupérer le signal émis par l'amplificateur de courant gauche et droit afin de convertir notre tension (énergie électrique) en énergie qui permettra de faire tourner notre roue gauche et droite (énergie mécanique).

Pour avoir un meilleur aperçu, vous pouvez voir ci-dessous les blocs réunis.



2) Chronogrammes du Robot Commandé par le Son.

A présent, nous allons vous montrer les chronogrammes que nous utiliserons et que nous allons approximativement réceptionner par la suite du circuit électronique à l'aide de l'oscilloscope.



On aura 5 cas de caractéristique du robot :

1^{er} cas : Pas de priorité à droite, les deux capteurs de ligne voient du blanc, alors le robot avance.

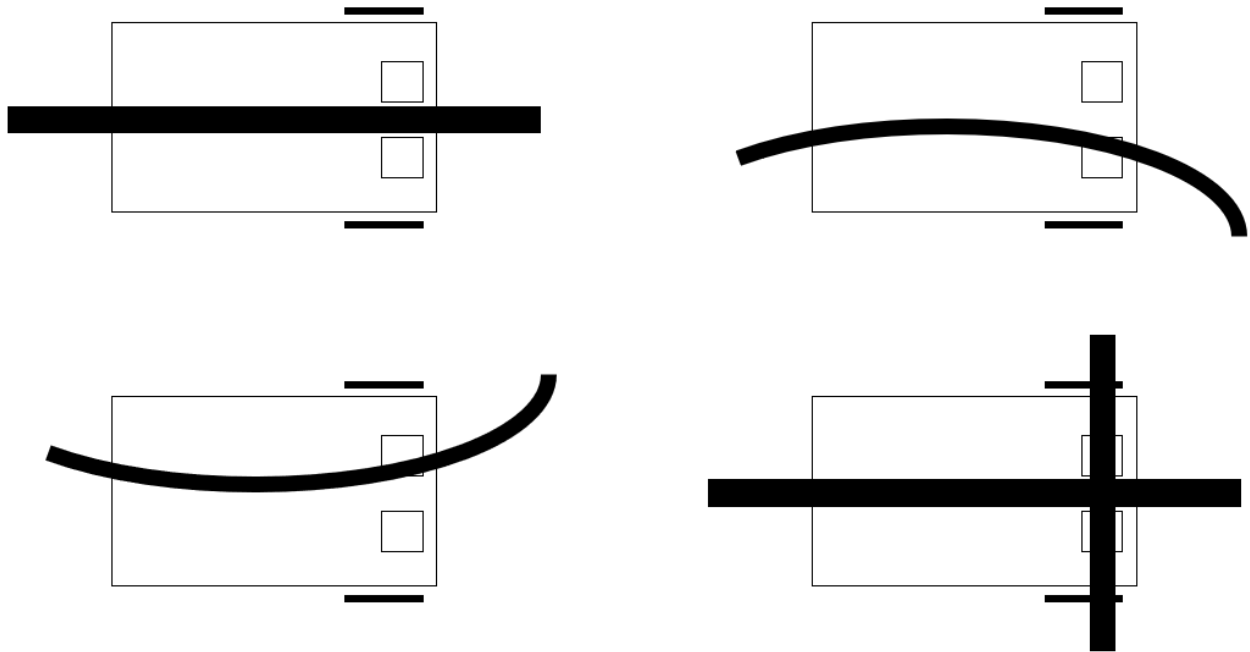
2^e cas : Pas de priorité à droite, le capteur droit seul voit la ligne noir, le robot est trop à gauche donc on arrête la roue droite.

3^e cas : Pas de priorité à gauche, le capteur gauche seul voit la ligne noir, le robot est trop à droite donc on arrête la roue gauche.

4^e cas : On est à l'intersection alors le robot avance.

5^e cas : On doit céder la priorité à droite, on arrête le robot quelque soit l'état des capteurs de ligne.

Schéma du robot par rapport aux différents cas cités ci-dessus :



3) Explications du principe de fonctionnement du robot en lui-même.

Le télémètre donne une tension en fonction de la distance.

Cette tension est comparée à une tension de référence grâce à un comparateur.

Si la tension de référence est supérieure à la tension délivrée par le télémètre alors le comparateur délivre une sortie égale à 1.

Cette sortie est reliée à un monostable qui va permettre de régler le temps d'arrêt du robot.

Les capteurs sous le robot délivrent un 1 lorsqu'ils captent du noir.

Les sorties des capteurs et du monostable vont être reliées à des circuits logiques combinatoires.

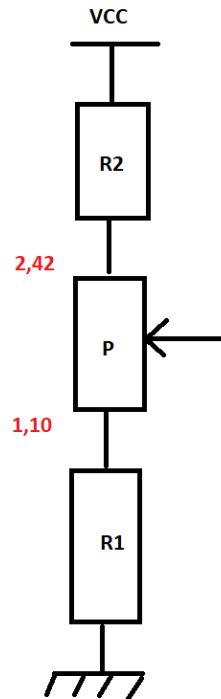
Ces circuits vont déterminer à partir d'une table de vérité si le robot doit s'arrêter ou non.

En sortie des circuits logique, nous connectons le moteur droit à une sortie et le moteur gauche à une autre.

III. VREF

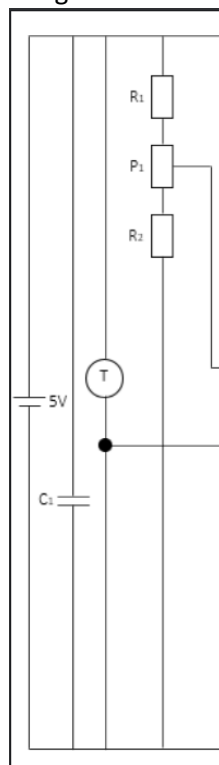
1) Schéma du VREF.

Le bloc fonctionnel 1 comporte la partie du **Vref**.



ATTENTION : Dans un diviseur de tension, le curseur du potentiomètre N'EST PAS RELIE à la broche voisine.

Vous pouvez retrouver ci-dessous le câblage de ces composants avec les premières parties.



2) Calculs traités théoriquement pour nos composants.

$V_{min} = 1,10$ correspond 25cm soit notre distance max

$V_{max} = 2,42$ correspond à 10 cm soit notre distance min

$$V_{max} - V_{min} = 2,42 - 1,10 = 1,32 = P \text{ soit } 1000 \text{ Ohms}$$

On décide maintenant de calculer R_1 et R_2 en appliquant le même coefficient que celui pour P .
donc : **10 / 1,32**

$$\begin{aligned} R_2 &= (V_{CC} - V_{max}) = 5 - 2,42 \\ &= 2,58 \Rightarrow 2580 * (10 / 13,2) = 1954 \text{ Ohms} \Rightarrow 1800 \text{ Ohms en normalisant en dessous.} \end{aligned}$$

$V_{min} = 1,10$ soit 1100 avec le coefficient du potentiomètre.

$$R_1 = 1100 * (10 / 13,2) = 833 \text{ Ohms} \Rightarrow 750 \text{ Ohms en normalisant en dessous.}$$

3) Vérification des calculs précédents des performances.

$$\begin{aligned} V_{max} &= V_{CC} * [(R_1 + P) / (R_1 + R_2 + P)] \\ &= 5 * [(750 + 1000) / (1800 + 1000 + 750)] = 2,46 \text{ s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{min} &= V_{CC} * [(R_1) / (R_1 + R_2 + P)] \\ &= 5 * [750 / (1800 + 1000 + 750)] = 1,05 \text{ s} \end{aligned}$$

On a donc :

$$V_{max\text{Calculer}} > V_{max\text{CahierDesCharges}} \Rightarrow \text{OK}$$

$$V_{min\text{Calculer}} < V_{min\text{CahierDesCharges}} \Rightarrow \text{OK}$$

Pour obtenir des composants qui sont cohérents, on multiplie tout par 10.

- $R_1 \Rightarrow 7500 \text{ Ohms}$
- $R_2 \Rightarrow 18k \text{ Ohms}$
- $P \Rightarrow 10k \text{ Ohms}$

4) Commentaires émis de cette partie.

Cette partie sera ainsi connectée à la borne + de notre comparateur (qui correspond à V_+).

Ne pas oublier et vérifier que le potentiomètre ne doit en aucun cas être connecté à la broche voisine, mais justement la broche de sortie sera branchée à la borne + de notre comparateur.

Nous passons maintenant, au Télémètre qui sera aussi une entrée de notre comparateur à l'aide de la borne V_- .

IV. LE TELEMETRE

1) Schéma du Télémètre.

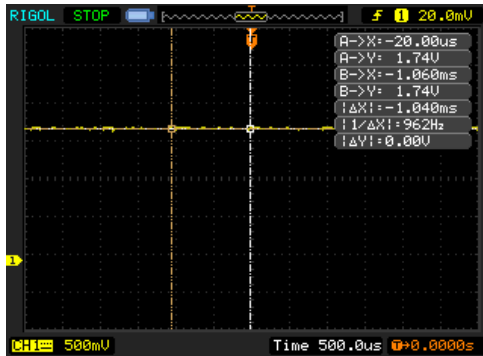
Le bloc fonctionnel 2 comporte la partie du **Télémètre**.

Vous pouvez retrouver dans la partie du Vref, le câblage du Télémètre avec le Vref, le Télémètre est représenté par le logo suivant :

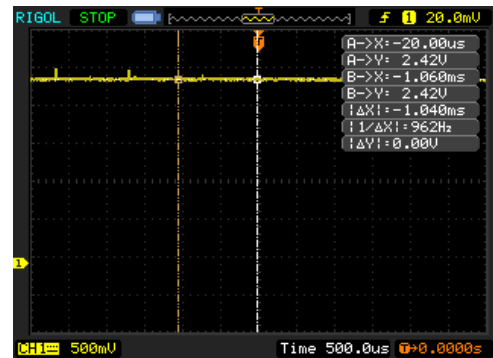


2) Mesures des Caractéristiques du Télémètre.

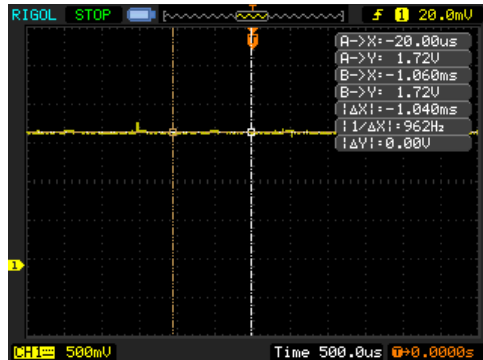
=> 4 cm



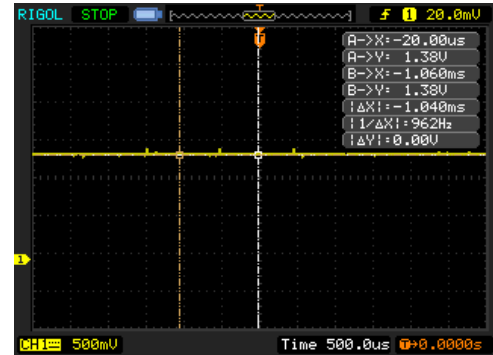
=> 10 cm



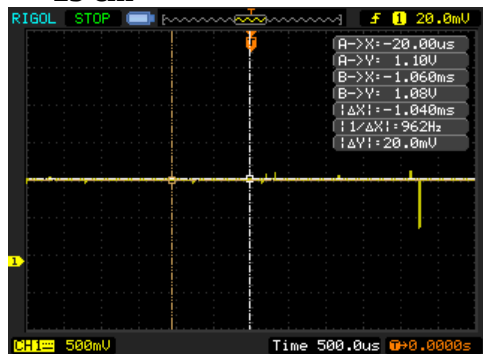
=> 15 cm



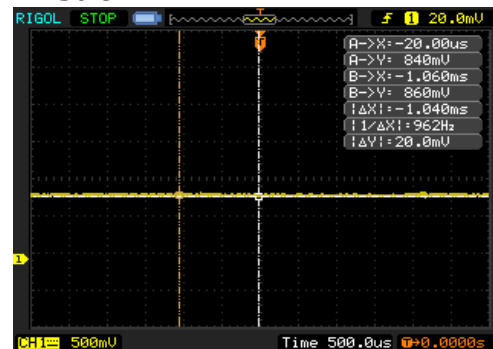
=> 20 cm



=> 25 cm

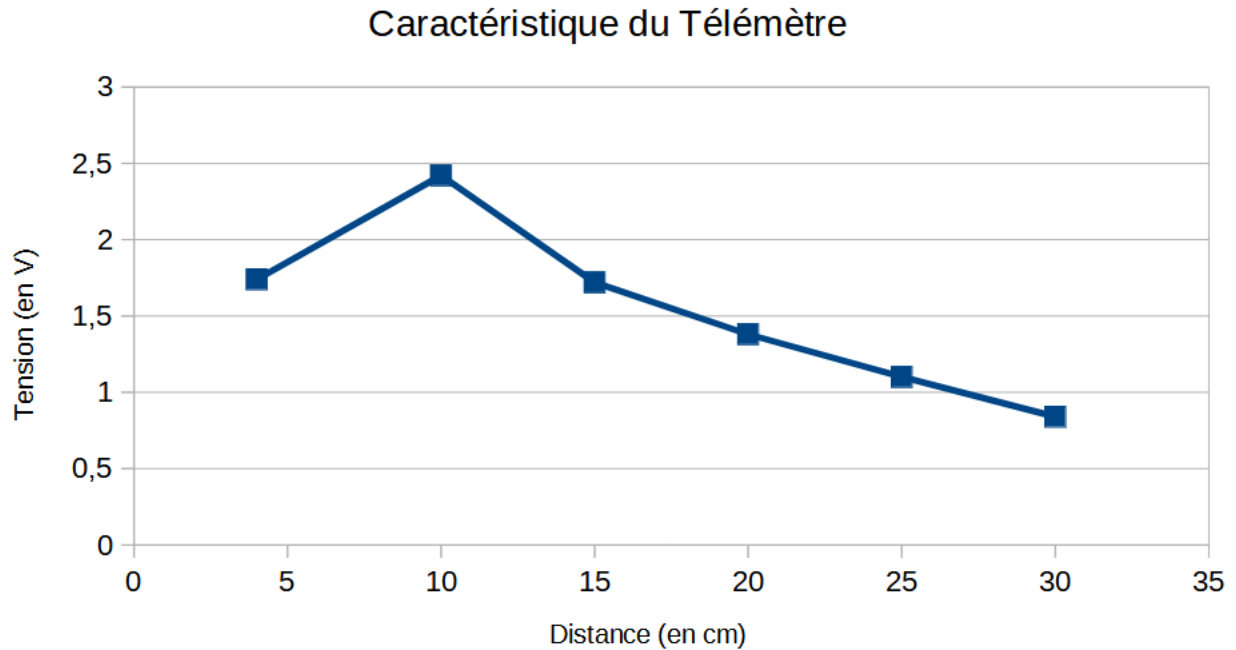


=> 30 cm



Caractéristiques du Télémètre						
Distance	4 cm	10 cm	15 cm	20 cm	25 cm	30 cm
Tension	1,74 V	2,42 V	1,72V	1,38 V	1,10 V	0,840 V

3) Analyses des données mesurées.



4) Commentaires émis de cette partie.

Maintenant que nous avons fini cette partie, nous aurons notre télémètre qui sera connecté à notre borne – du comparateur (donc correspond à notre V-)

Après avoir fait notre V_{ref} ainsi que la mesure de nos tensions correspondant à la tension de notre Télémètre, nous pouvons les connecter ces deux parties à un comparateur et c'est la partie qui suit.

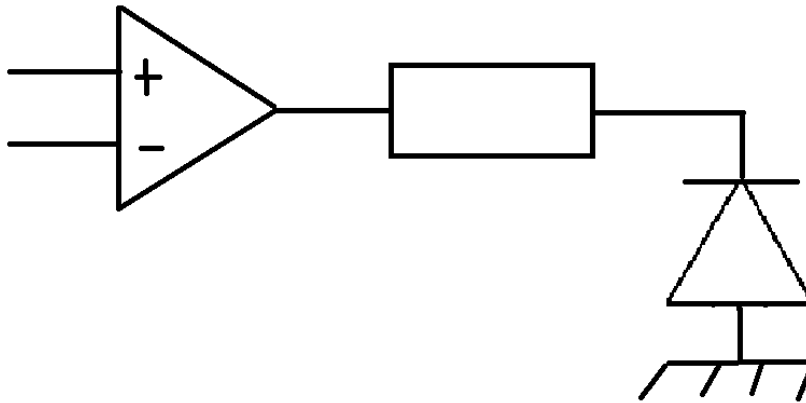
V. LE COMPAREUR

1) Schéma du Comparateur

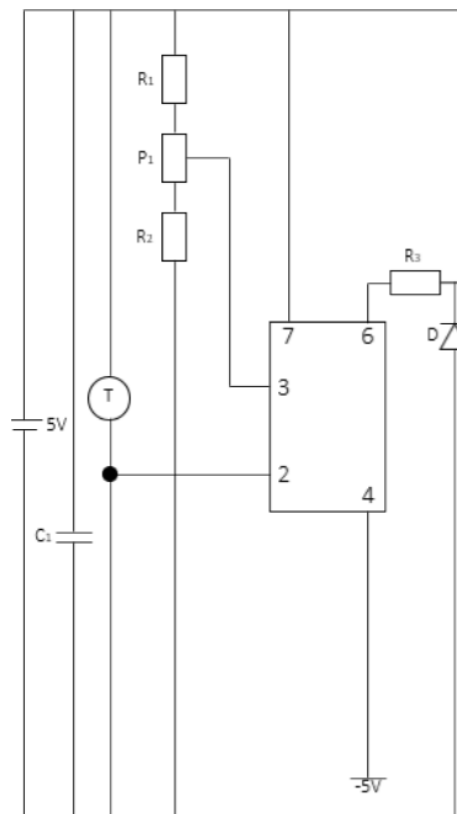
Le 3^e bloc fonctionnel est constitué du **Comparateur**.

Le comparateur possède une borne + et une borne – en entrée, ainsi qu’une sortie S.

- Si on a $V_+ > V_-$ alors nous aurons un $S = 1$ logique
- Si on a $V_+ < V_-$ alors nous aurons un $S = 0$ logique



Vous pouvez retrouver ci-dessous la représentation de notre comparateur connecté aux premières parties de notre circuit :



2) Vérification des calculs des performances du comparateur.

$$\begin{aligned}V_{\max} &= 5 * [(R1 + P) / (R1 + R2 + P)] \\&= 5 * [(7500 + 10000) / (7500 + 18000 + 10000)] \\&= 2,46 \text{ V}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_{\min} &= 5 * [R1 / (R1 + R2 + P)] \\&= 5 * [7500 / (7500 + 18000 + 10000)] \\&= 1,05 \text{ V}\end{aligned}$$

On a donc bien :

$V_{\min \text{ Mesurée}} = 1,10 \text{ V} > V_{\min \text{ Théorique}} = 1,05 \text{ V}$

$V_{\max \text{ Mesurée}} = 2,42 \text{ V} < V_{\max \text{ Théorique}} = 2,46 \text{ V}$

Les valeurs mesurées ci-dessus sont repris de la partie du Télémètre avec le tableau et graphes de mesures.

3) Commentaires émis de cette partie.

Nous avons terminé la partie du comparateur, qui est un amplificateur électronique qui amplifie fortement une différence de potentiel électrique présente à ses entrées qui sont pour rappel le V- (Télémètre) et le V+ (Vref).

Nous pouvons passer à la partie qui suit le comparateur qui est le monostable.

IV. LE MONOSTABLE

1) Schéma du Monostable.

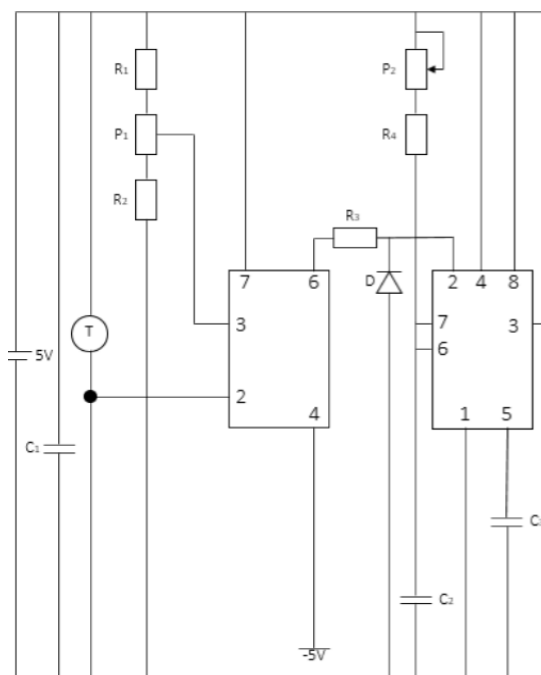
Le bloc fonctionnel 4 comporte la partie **du Monostable**.

RAPPEL ATTENTION :

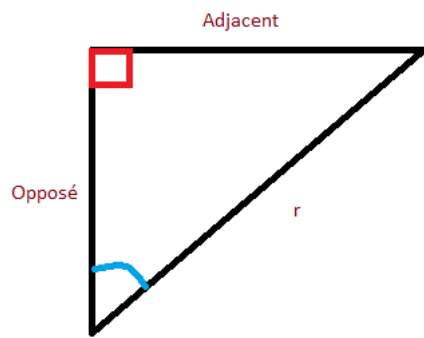
Mettre le condensateur dans le bon sens de polarité ! Risque d'explosion !

Les résistances n'ont pas de sens de polarités.

Vous pouvez retrouver ci-dessous le câblage de ces composants avec les premières parties.



2) Calculs traités théoriquement pour nos composants.



$$\cos = \text{Adjacent} / r$$

$$\text{Donc : } \cos(45) = \text{RacineCarré}(2) / 2$$

$$\text{Adjacent} = [\text{RacineCarré}(2) / 2] * r$$

$$\text{AdjacentMin} = [\text{RacineCarré}(2) / 2] * 10 = 7,07 \text{ cm}$$

$$\text{AdjacentMax} = [\text{RacineCarré}(2) / 2] * 20 = 14,14 \text{ cm}$$

A présent on effectue le calcul suivant, permettant ainsi d'obtenir le Tmin et le Tmax.

Temps = Distance / Vitesse

Avec 20 cm qui correspond à la longueur de notre robot, et 5 cm/s qui correspond à la vitesse de notre robot.

$$\begin{aligned} T_{\min} &= (7,07 + 20) / 5 \\ &= 5,414 \text{ s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{\max} &= (14,14 + 20) / 5 \\ &= 6,828 \text{ s} \end{aligned}$$

On a donc :

$$T_{\min} = 1,1 * R * C = 5,414 \text{ s}$$

$$T_{\max} = 1,1 * (R + P) * C = 6,828 \text{ s}$$

$$T_{\text{low}} = T_{\max} - T_{\min} = 6,828 - 5,414 = 1,414 \text{ s}$$

On choisit un P : 100k Ohms

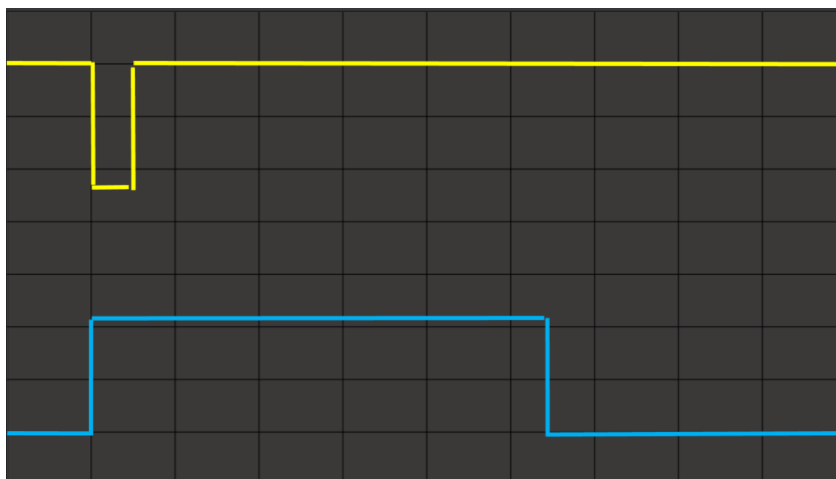
$$\begin{aligned} \text{Donc } C &= T_{\text{low}} / (P * 1,1) = 1,414 / (100\,000 * 1,1) \\ &= 12 \text{ uF} \Rightarrow 22 \text{ uF en normalisant au dessus} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= T_{\min} / (1,1 * C) = 5,414 / (1,1 * 22 \cdot 10^{-6}) \\ &= 223\text{K Ohms} \Rightarrow 200\text{K Ohms en normalisant en dessous.} \end{aligned}$$

3) Validation expérimentale des performances via mesures.

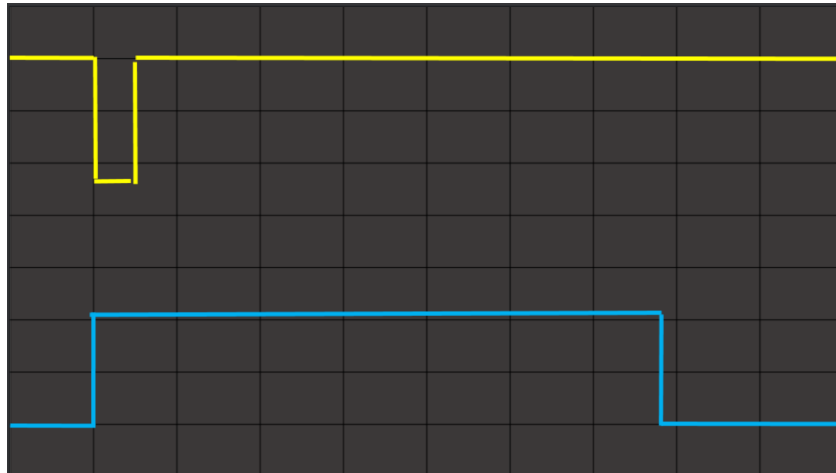
Mesures Oscilloscopes Pour Tmax du Monostable :

$$T_{\min} = 5,3 \text{ carreaux} * 1 \text{ s} = 5,3 \text{ s}$$



Mesures Oscilloscopes Pour T_{min} du Monostable :

T_{max} = 6,9 Carreaux * 1 s = 6,9 s



4) Commentaires émis de cette partie.

A présent, notre broche 3 de notre monostable sera connectée aux broches 5 et 8 de notre CD4001, on agira avec le monostable pour déterminer le temps d'arrêt de notre robot lorsque le capteur du télémètre rencontrera un autre robot sur sa route.

Après avoir monté cette partie du circuit, nous passons à la partie des capteurs gauches et droits.

IV. CAPTEURS GAUCHE/DROIT

1) Caractéristiques des Capteurs Gauche/Droit

Nos capteurs gauche et droit permettront de détecter la ligne sur laquelle se trouvera notre robot, ces capteurs seront directement sur le robot, nous brancherons les capteurs aux broches associées sur notre circuit logique combinatoire.

Ici nous avons le capteur gauche qui se trouve à la broche 12-13 du CD4011 ainsi que la broche 2 du CD4001.

Et le capteur droit sera branché aux broches 1-2 du CD4011 et à la broche 12 du CD4001.

Nos capteurs seront des CNY70.

Vous pouvez le retrouver ci-dessous :



Sur notre schéma électrique final nous avons simplement mis en place le Cg et Cd, mais nous n'avons pas le schéma électrique car ils se trouvent directement sur notre maquette de robot.

2) Commentaires émis de cette partie.

Nous avons fini la partie des capteurs qui permettront de détecter nos lignes se trouvant sous le robot, permettant ainsi de suivre le chemin du circuit tracé en noir.

Après avoir monté cette partie du circuit, nous passons justement à la partie du circuit logique combinatoire.

IV. LE CIRCUIT LOGIQUE COMBINATOIRE

1) Réalisation de la Table de Vérité et Tableaux de Karnaugh

Table de Vérité :

Cd	Cg	T	Md	Mg
0	0	0	1	1
0	0	1	0	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	0
1	0	0	0	1
1	0	1	0	0
1	1	0	1	1
1	1	1	0	0

Tableaux de Karnaugh :

		T	
		0	1
Cd Cg	0 0	1	0
	0 1	1	0
	1 1	1	0
	1 0	0	0

Md :

$$\overline{Cd} \cdot \overline{T} + Cg \cdot \overline{T}$$

		T	
		0	1
Cd Cg	0 0	1	0
	0 1	0	0
	1 1	1	0
	1 0	1	0

Mg :

$$Cd \cdot \overline{T} + \overline{Cd} \cdot \overline{T}$$

En faisant la simplification pour le moteur gauche ainsi que le moteur droit :

$$Md = \overline{\overline{T}} \cdot (Cg + \overline{Cd})$$

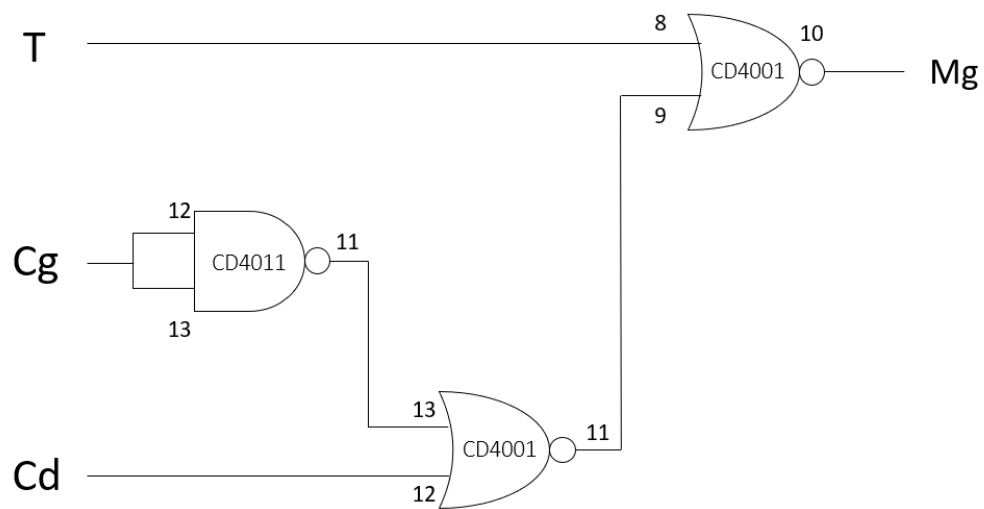
$$\text{Donc } Md = \overline{\overline{T + (Cg + \overline{Cd})}}$$

$$Mg = \overline{\overline{T}} \cdot (\overline{Cg} + Cd)$$

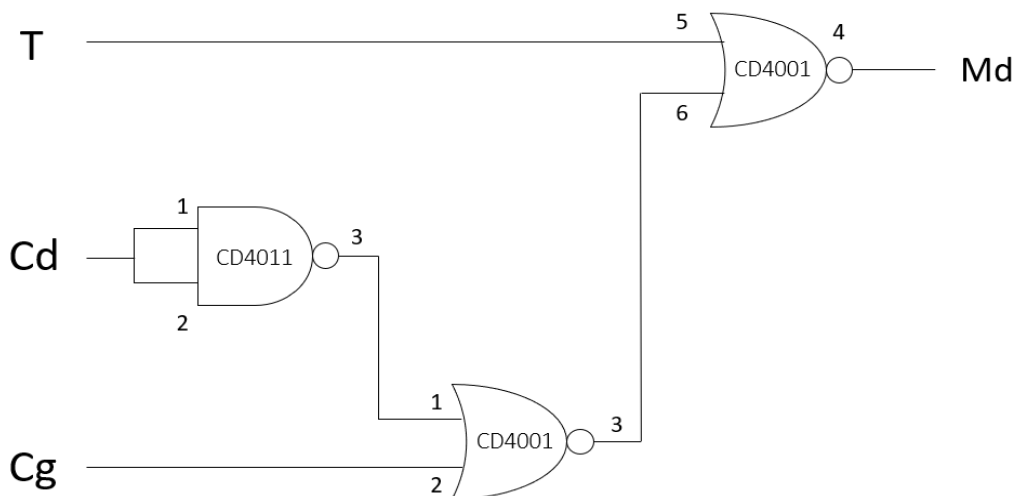
$$\text{Donc } Mg = \overline{\overline{T + (\overline{Cg} + Cd)}}$$

2) Schéma Portes logiques des formules algébrique

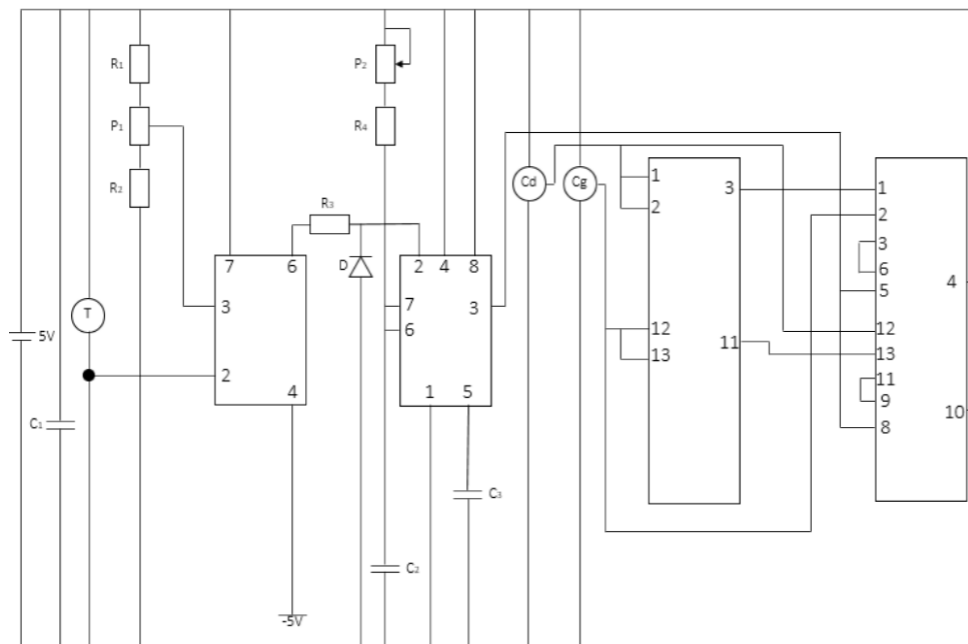
Vous pouvez retrouver ci-dessous la réalisation de la formes algébrique du Moteur Gauche sous formes de Portes Logiques :



Vous pouvez retrouver ci-dessous la réalisation de la formes algébrique du Moteur Droit sous formes de Portes Logiques :



Vous pouvez retrouver la représentation des portes logiques sous notre circuit, avec des CD4001 et CD4011.



3) Commentaires émis de cette partie.

Après avoir fini cette partie, nous avons donc nos 2 capteurs (gauche et droit), qui seront reliés à nos portes logiques donc soit notre CD4011 ou bien le CD4001.

Après la connexion de ces composants, nous aurons en sorti un signal qui sera soit connecté au moteur gauche soit au moteur droit.

Nous passons désormais à cette partie des moteurs qui sera notre dernière partie du câblage des composants de notre robot.

IX. L'AMPLIFICATEUR DE COURANT GAUCHE/DROIT

1) Caractéristiques des Amplificateur de courant Gauche/Droit

Notre amplificateur de courant aura pour objectif d'inverser notre signal qui ressortira du circuit logique combinatoire, afin d'amplifier ce signal pour permettre d'avoir un plus grand signal ce qui donnera aux moteurs la capacité de tourner plus vite et plus correctement.

2) Commentaires émis de cette partie.

Après avoir câblé l'amplificateur gauche et droit, nous pouvons relier cette partie aux moteurs qui leur correspond, donc amplificateur gauche avec moteur gauche et de même avec celui de droite.

A présent, nous pouvons passer au câblage de nos deux moteurs qui suivront cette partie, et qui sera nos dernières parties avant la connexion aux roues du robot.

Vous pourrez retrouver le schéma des amplificateurs et des moteurs réunis dans la partie « Moteur Gauche/Droit ».

IX. LE MOTEUR GAUCHE/DROIT

1) Schéma du Moteur Droit.

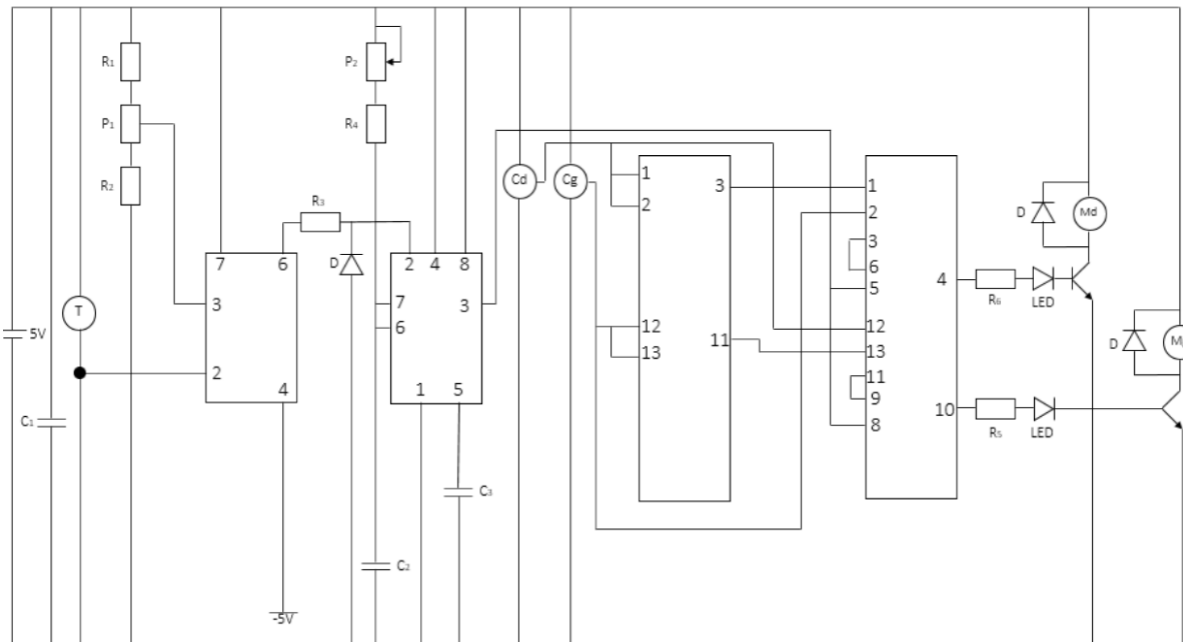
Le bloc fonctionnel 8 comporte la partie du **Moteur Gauche et Droit**.

RAPPEL :

Les résistances n'ont pas de sens de polarités.

Vous pouvez retrouver ci-dessous le câblage de ces composants avec tous les blocs réunit.

(Moteur + Amplificateur et le reste du circuit) = Rendu Final



2) Commentaires émis de cette partie.

Nous avons à présent finissons de câbler notre moteur droit au reste du circuit, donc le moteur recevra un signal via l'amplificateur de courant gauche/droit et alimentera directement la roue gauche/droit en continu.

Nous avons maintenant fini le câblage de nos composants, nous pouvons par la suite, relier notre circuit électrique aux roues de notre robot pouvant ainsi finalisé ce projet.

X. VALIDATION DU MONTAGE COMPLET

Nous avons alimenté le système sur 5V pour pouvoir vérifier le bon fonctionnement du système.

Nous avons placé le robot sur un circuit en forme de 8 pour le tester.

Il a bien suivi la ligne noire et continue sa route à l'intersection.

À l'aide d'un robot d'un autre binôme, nous avons pu vérifier que le robot s'arrête bien lorsque qu'il détecte la présence d'un autre robot à l'aide du télémètre.

Avec le potentiomètre du Vref, on varie la distance à laquelle un autre robot doit se trouver pour s'arrêter grâce au télémètre, et avec le potentiomètre du monostable on varie le temps d'arrêt du robot.

XI. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Nous avons pu tester notre montage, il fonctionne sans soucis et il respecte le cahier des charges donné.

Il suit une ligne noire sur fond blanc et laisse la priorité à droite en présence d'un robot.

Certaines choses peuvent être modifiées. Nous pourrions prendre un autre télémètre pour avoir une plus grande portée de détection.

On pourrait également lui ajouter une batterie pour que aucun fil d'alimentation ne gêne le fonctionnement du robot.

Enfin, on pourrait rajouter des stables pour pouvoir modifier la vitesse des moteurs.

XII . ANNEXE TECHNIQUE

Pour avoir un vu d'ensemble sur l'intégralité du sujet, vous pourrez retrouver dans cette annexe technique :

- Le schéma électrique du circuit + Résultat final sur maquette
- La nomenclature des composants nécessaires à la réalisation du circuit
- Le coût des composants et le prix total du circuit

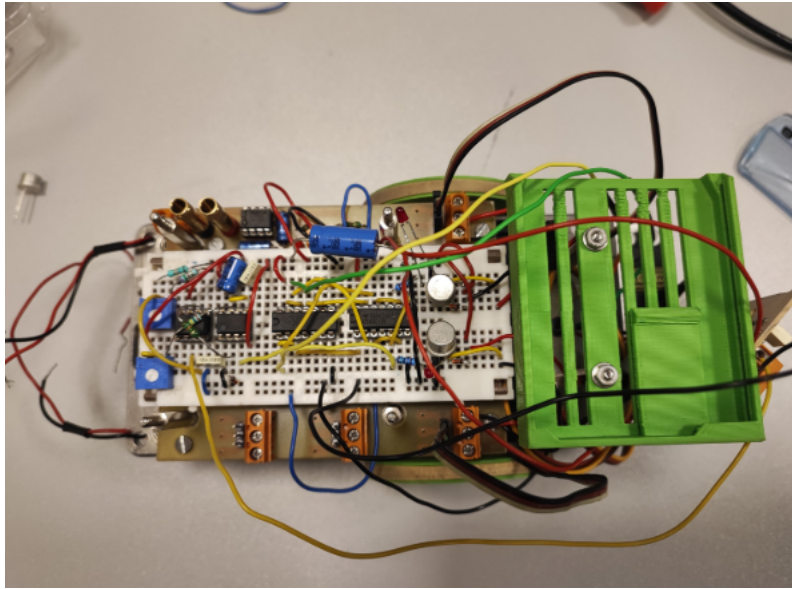
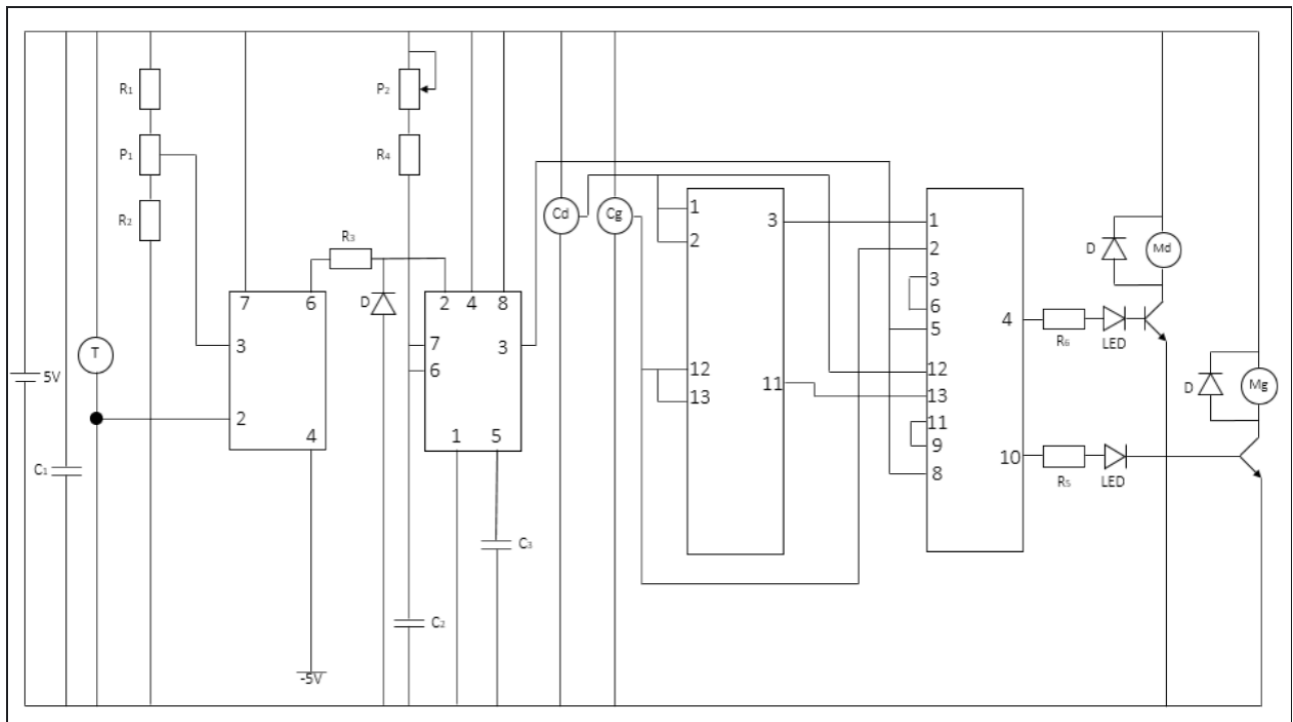


Schéma électrique du circuit :

Vous pourrez retrouver ci-dessous, le schéma électrique complet du circuit du robot.



Légendes des composants :

R1 = 18kΩ

C1 = 100uF

R2 = 7,5kΩ

C2 = 22uF

R3 = 10kΩ

C3 = 10nF

R4 = 200kΩ

P1 = 10kΩ

R5, R6 = 1,5kΩ

P2 = 100kΩ

D = 1N4148

CD4001, CD4011 = Portes logiques

LED = Diodes électroluminescentes

AOP741 = Comparateur

T = 2N2219

Nomenclature des composants et prix du circuit :

Vous trouverez dans le tableau ci-dessous, chaque composant accompagné de son prix et son emplacement sur le schéma électrique.

Composants	Nom sur le schéma	Prix
Résistance 18kΩ	R1	0,01 €
Résistance 7,5kΩ	R2	0,01 €
Résistance 10kΩ	R3	0,01 €
Résistance 200kΩ	R4	0,01 €
Résistances 1,5kΩ x2	R5, R6	0,02 €
Condensateur 100uF	C1	0,60 €
Condensateur 22uF	C2	0,40 €
Condensateur 10nF	C3	0,10 €
Potentiomètre 10kΩ	P1	0,70 €
Potentiomètre 100kΩ	P2	1,21 €
Diodes 1N4148 x3	D	0,03 €
Diodes électroluminescentes x2	LED	0,30 €
Transistors 2N2219 x2	T	1,28 €
Télémètre SHARP	Tm	8 €
CNY70 x2	Cg, Cd	2 €
NE555		0,35 €
CD4001		0,90 €
CD4011		0,83 €
AOP 741		0,50 €
Prix total (Hors taxes) :		16,86 €
Prix total (Avec Taxes):		42,15 €