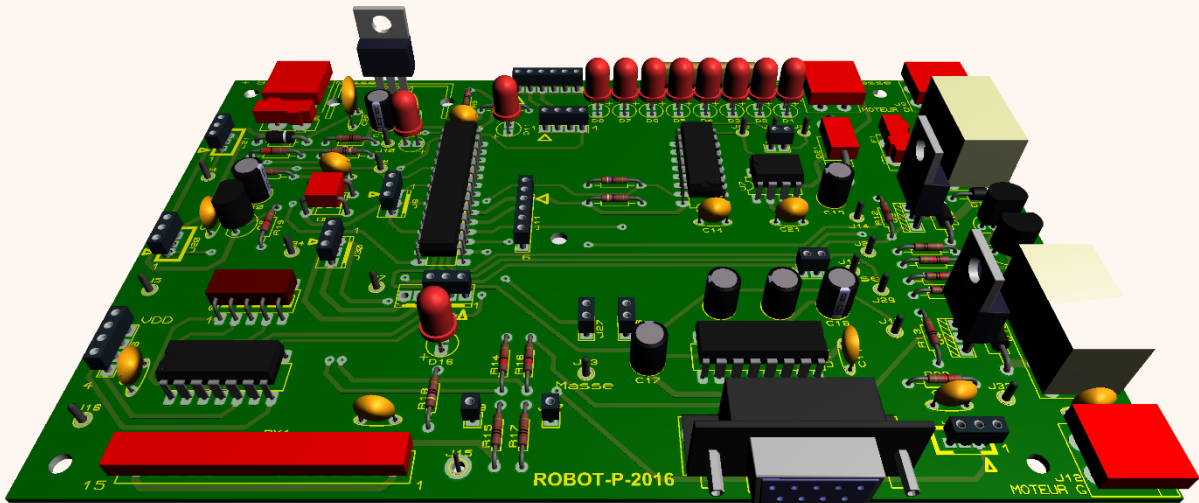


PROJET ROBOT



Lexane Cassaing & Rémi Boes

Table des matières

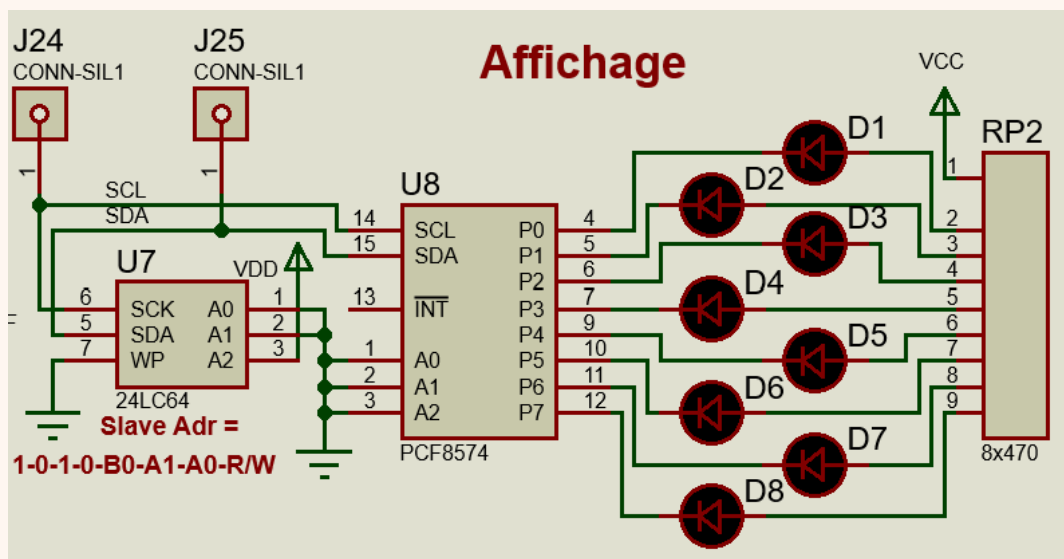
INTERFACE HOMME-MACHINE	2
Affichage Leds	2
Télécommande	3
Bouton Reset	4
 MOTRICITE	 6
Rotation moteur	6
Contrôle de la vitesse du robot	9
Servomoteur	10
 CAPTEURS	 10
Capteur infrarouge	10
Sonar	12
 COMMUNICATION ENTRE COMPOSANTS	 13
Signal OOK	13
Bus I2C	14
 Alimentation	 15
Conversion de la tension	15
Surveillance alimentation	16

INTERFACE HOMME-MACHINE

Affichage Leds

Cette interface permet la communication d'informations de la carte vers l'homme par l'allumage de 8 leds.

Les informations sont donc codées sur 8 bits représentant l'état des leds : 1 si allumée, 0 si éteinte.

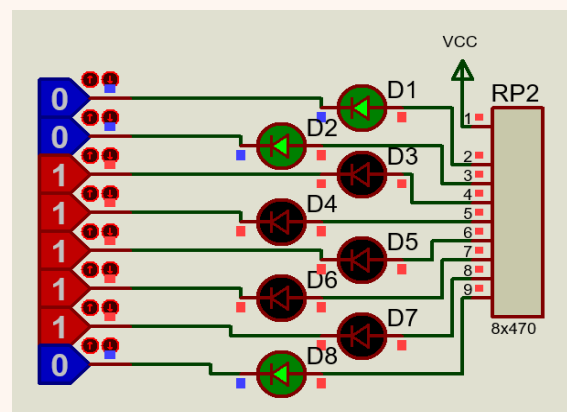


Le composant RP2 est un réseau de 8 résistances de 470 Ω qui permet d'appliquer une tension VCC = 5V légèrement diminuée à l'anode de chaque diode.

C'est le microcontrôleur U8 (PCF8574) qui permet l'allumage ou non des leds. Pour cela, suivant les instructions reçues de la part de U1 via le bus I2C, il passera les sorties P0-P7 à l'état bas (0V) là où les leds correspondantes doivent être allumées ou à l'état haut (5V) pour les éteindre.

Exemple :

Pour allumer les leds D1,D2 et D8 seulement, les données reçues de U1 doivent être : 0011 1110



Si l'adresse est correct, U4 envoie alors un signal d'interruption. Les activités de la carte électronique s'arrêtent et le maître U1 questionne alors ses esclaves dont U4. U4 transmet ensuite les données à U1 via le BUS I2C.

De plus, la sortie 6 passe à l'état bas (0V) afin d'allumer la led D16 et ainsi montrer la bonne réception du message de la télécommande par la carte.

Trame de la télécommande :

La télécommande possède cinq boutons de commande. A chacun des boutons est associé une valeur hexadécimale.

En entrée, le message est transmis grâce à une trame de 9 bits :

Les 5 premiers sont réservés à l'adresse et les 4 suivants au message. (OOK)

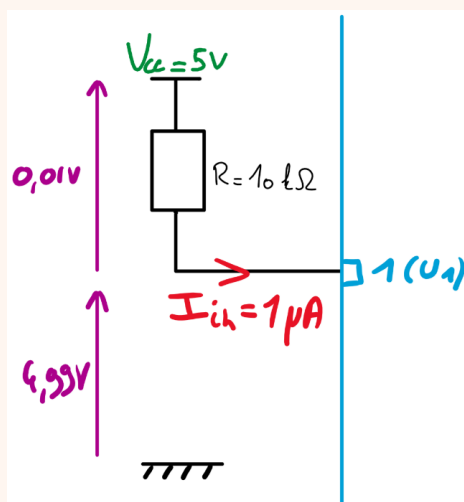
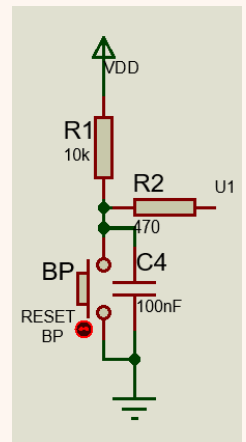
En sortie, une liaison est faite au bus I2C et envoie le code du bouton en hexadécimale. La période d'une trame de la télécommande est de 42 ms.

Bouton Reset

Ce bouton permet lors de son appui par l'utilisateur de redémarrer le processus du microcontrôleur U1.

Lors de l'appui il y a changement de l'état logique sur la broche 1 de U1.

Bouton relâché :



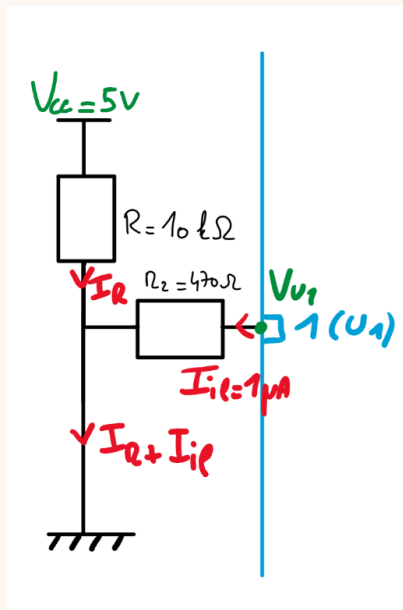
Le courant I_{ih} (input high) représente l'intensité entrant dans le microcontrôleur, c'est une caractéristique du microcontrôleur que l'on peut retrouver dans sa datasheet. Ici $I_{ih} = 1 \mu A$

En négligeant R_2 devant R_1 et avec la loi des mailles et la loi d'Ohm : $U = V_{cc} - R \times I_{ih}$ (1)

avec $R = 10 \text{ k}\Omega$, on obtient : $U = 4.99V$

Le microcontrôleur y voit un **niveau logique haut**.

Bouton pressé :



Le courant I_{il} (input low) représente l'intensité sortant dans le microcontrôleur (courant de fuite), c'est une caractéristique du microcontrôleur que l'on peut retrouver dans sa datasheet. Ici $I_{il} = 1 \mu A$

Loi d'Ohm aux bornes de la résistance R_2 :

$$V_{U1} - 0 = R_2 \times I_{il}$$

On obtient : $V_{U1} = 4,7 \times 10^{-4} V$ soit une tension quasi nulle.

Le microcontrôleur y voit un **niveau logique bas**.

loi d'Ohm aux bornes de la résistance R : $V_{cc} = R \times I_R$, soit $I_R = V_{cc} / R$.

On remarque que plus R est grand, et moins le courant consommé sera élevé, un bon point pour faire durer la batterie du robot.

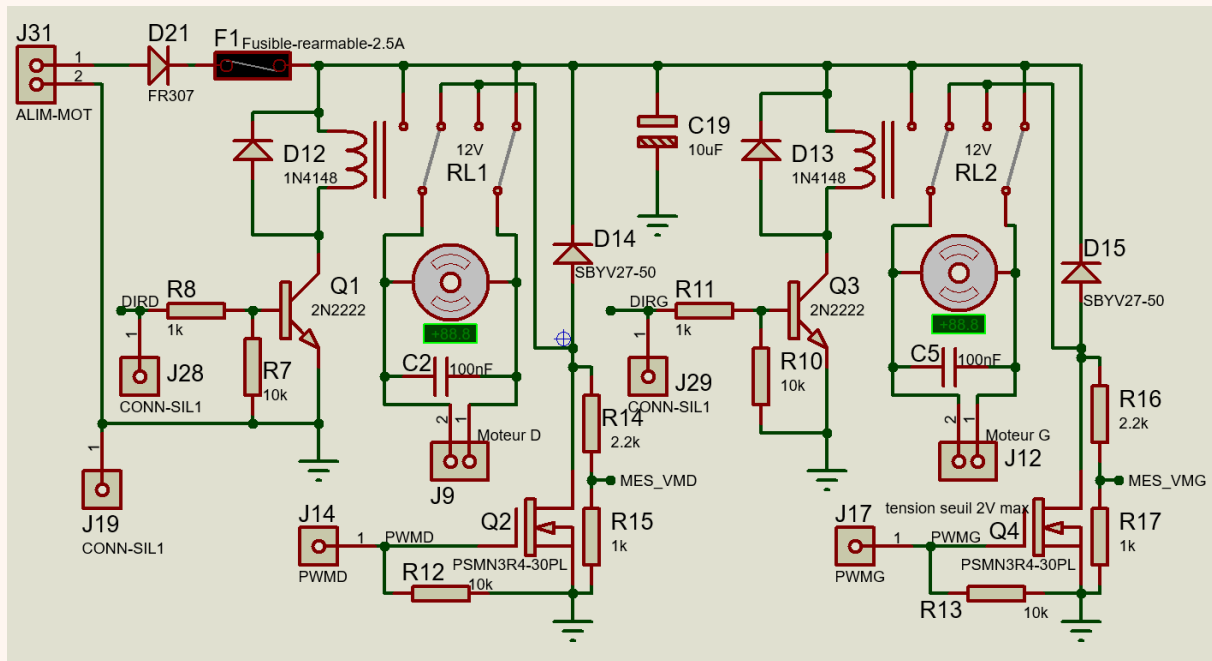
Avec $V_{cc} = 5 V$ et $R = 10 k\Omega$ on obtient $I_R = 0,5 mA$

Remarque : Pour faire baisser la consommation on pourrait augmenter R , cependant cela diminuerait U dans (1) et le microcontrôleur pourrait ne plus détecter l'état haut. De ce fait ici $R = 10 k\Omega$ est un bon choix qui consomme peu en comparaison avec des leds qui consomment quelques mA.

Rôle du condensateur C4 :

Le bouton-poussoir n'est mécaniquement pas parfait. Lorsqu'on appuie dessus, le signal n'est pas forcément propre. Pendant quelques millisecondes, le signal va passer de 0 V à 5 V plusieurs fois avant de se stabiliser. U1 peut interpréter un de ces mouvements parasites pour un signal d'entrée et va donc réagir en fonction.

C4 va permettre ici d'absorber les brusques, mais courtes fluctuations de tension que sont les parasites.



Le montage des deux blocs moteurs étant le même pour chaque moteur, l'étude ne portera que sur le premier.

Rotation moteur

Le contrôle de la vitesse de rotation du moteur est fait à travers un signal PWM depuis la broche 12 du microcontrôleur U1.

Pour faire varier la vitesse du moteur CC, il faut faire varier la tension d'alimentation aux bornes du moteur. Mais le microcontrôleur U1 ne sait délivrer que des tensions de 5V ce qui est fait insuffisant pour le moteur fonctionnant en 12V.

La solution est d'utiliser un signal PWM (Pulse With Modulation) et d'amplifier le signal par un transistor. Ici le transistor Q_2 permet l'amplification de 5V à 12V.

Signal PWM :

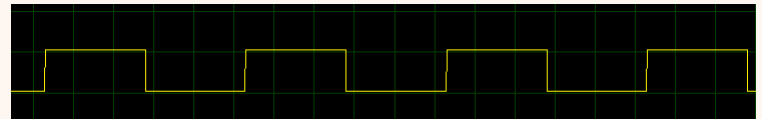
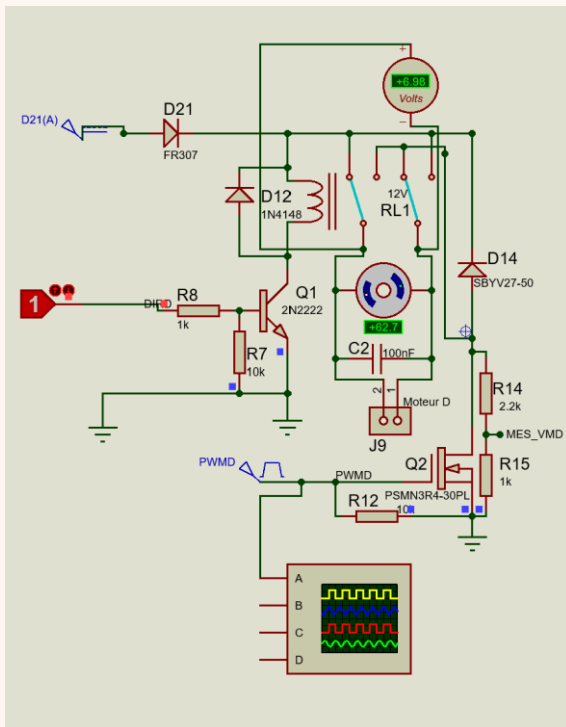
On utilise ici un signal carré de période fixe dont on peut faire varier le rapport cyclique, c'est-à-dire le temps où le signal est au niveau haut T_0 sur le temps de la période du signal T .

Le moteur qui reçoit un tel signal est alimenté dans sa tension nominale d'alimentation 12V, ce qui fait que son couple est maximum. Par contre, le moteur perçoit ce signal comme un courant de tension moyenne égale à la tension d'alimentation multipliée par le rapport cyclique $\frac{T_0}{T}$. De ce fait, pour faire varier la vitesse de rotation il suffit de faire varier le rapport cyclique. $V_{\text{moy}} = 12 \times \frac{T_0}{T}$

De ce fait si T_0 tend à T alors $V_{\text{moy}} = 12$, ainsi le moteur a une tension nulle à ses bornes et donc ne tourne plus.

A l'inverse si T_0 tend à 0 alors $V_{\text{moy}} = 0$, ainsi le moteur a une tension maximale de 12V à ses bornes, il tourne donc à plein régime.

Exemple :



Rapport Cyclique de 50 %, $T = 1\text{ms}$

➔ V_{moy} théorique = 6V soit $U_{\text{moteur}} = 6\text{V}$

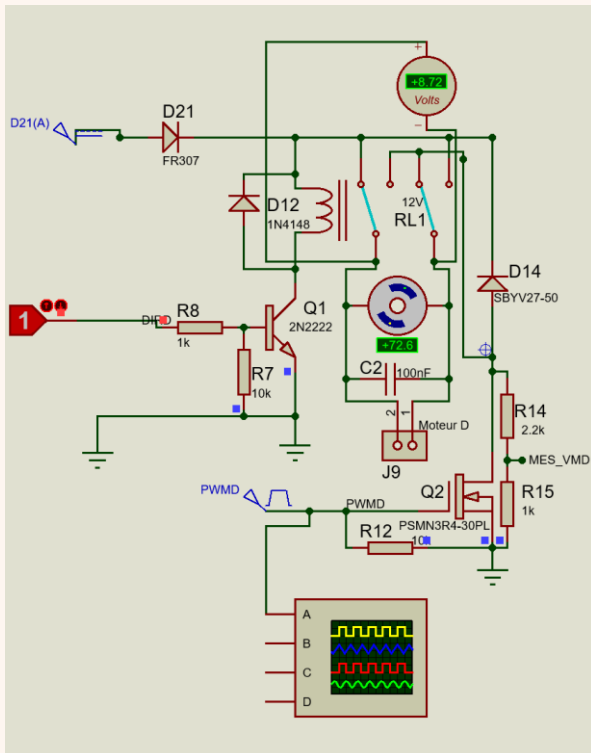
➔ V_{moy} simulation = 5.02V soit $U_{\text{moteur}} = 6.98\text{V}$

Remarque : Au vu des différentes simulations, les tensions varient bien comme dans la relation précédente, néanmoins les résultats diffèrent suivant la période choisie. Il faudrait donc mener une étude pour trouver la meilleure période compte tenu des caractéristiques des composants.

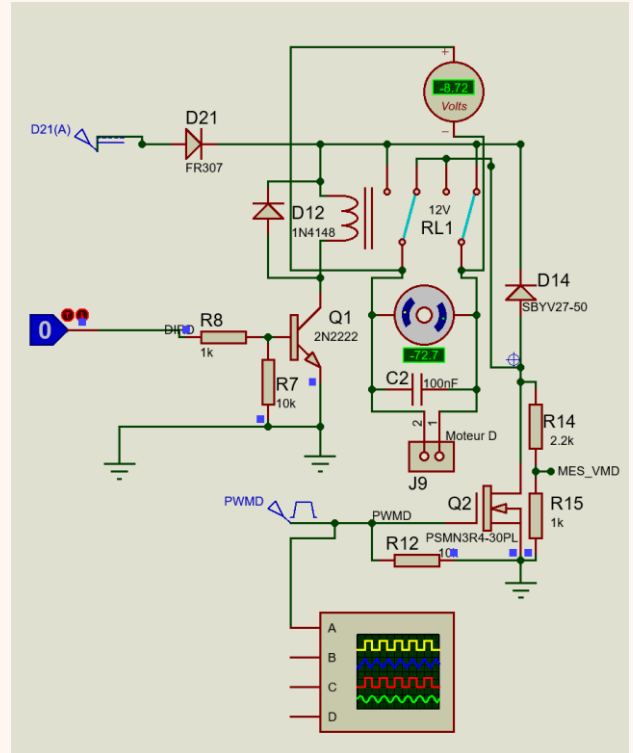
Sens de rotation :

Afin de pouvoir se diriger dans toutes les directions, les 2 moteurs doivent pouvoir tourner dans les 2 sens possibles (avant et arrière). Pour changer le sens de rotation du moteur on utilise un transistor Q1. En effet lorsque sur sa grille le potentiel est au niveau haut (Broche DIRD et DIRG de U1), alors celui-ci devient passant ce qui permet au courant de passer à travers la bobine est de créer ainsi une force de Laplace qui va permettre faire bouger les barres du relai RL1. A l'inverse lorsque le potentiel est au niveau bas, le transistor est bloquant et dans ce cas les barres sont

dans l'autre position. Ces différentes positions permettent d'inverser les potentiels de chaque broche du moteur permettant ainsi de changer le signe de la tension à ses bornes et donc son sens de rotation.



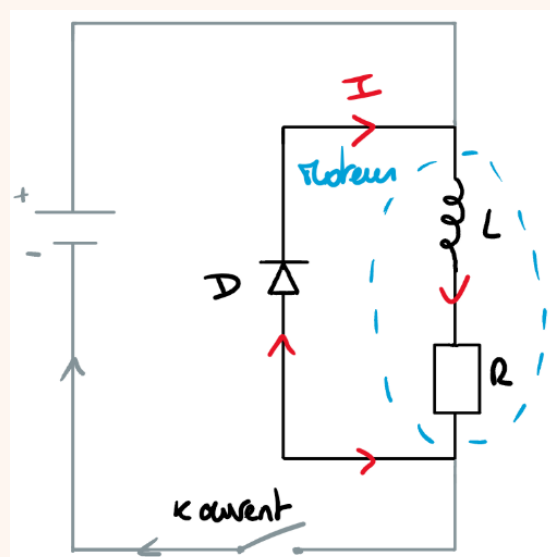
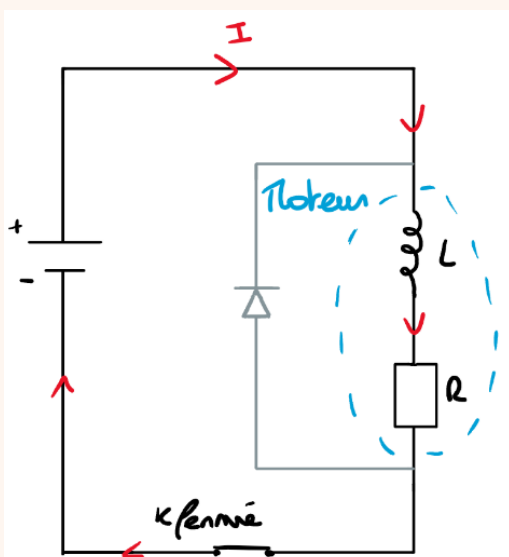
D1RD = 5V, Q₁ passant, U = 8.72V



D1RD = 0V, Q₁ bloquant, U = -8.72V

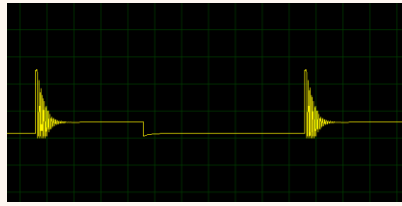
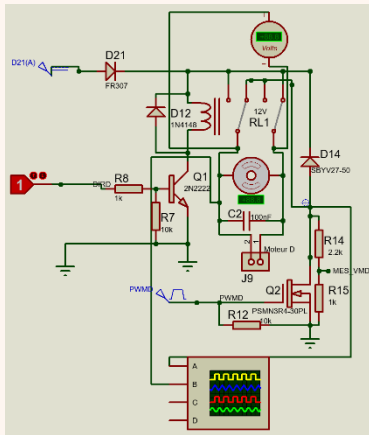
Diode de roue libre :

Les transistors sont des composants sensibles qui risquent de griller à cause de surtensions. Pour cela on les protège de la surtension que crée les discontinués de l'effet inductif des moteurs en roue libre avec $U = L \times \frac{di}{dt}$ lorsque les transistors commutent (la roue libre est la rotation liée à l'élan que les moteurs ont après l'arrêt de leur alimentation, ce qui arrive à une très grande fréquence avec le signal PWM). C'est la diode de roue libre D14 qui va jouer ce rôle pour protéger Q2. En effet elle va forcer le courant à se décharger dans sa maille.



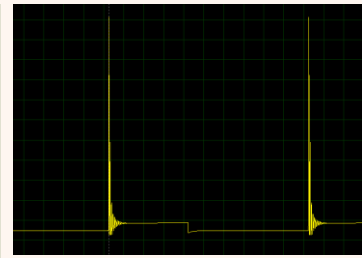
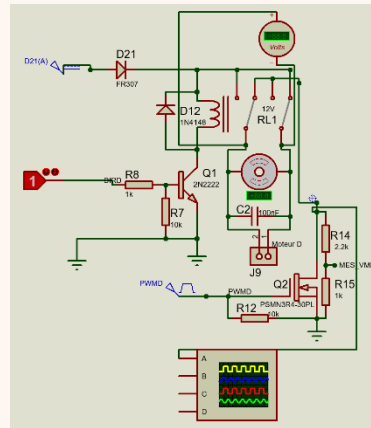
Tension de sortie de Q2 (5V/carreau en ordonnée) :

Avec D14



Le pic de tension est atteint comme souhaité à 12 V.

Sans D14

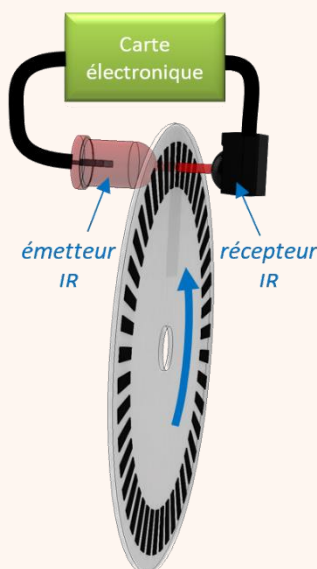


Le pic de tension vaut ici environ 55 V et risque donc de faire griller Q2.

Remarque :

- ➔ La diode D12 sert de protection à Q1 pour les mêmes raisons vues précédemment à cause de la bobine en sortie de Q1.
- ➔ La diode D21 protège le circuit d'une inversion de polarité lors du branchement de la batterie si l'utilisateur se trompe dans le branchement.
- ➔ Le fusible F1 protège la décharge de la batterie en cas de surintensité (blocage moteur).
- ➔ C2 est un condensateur qui sert à éliminer (ou diminuer plutôt) les parasites générés par le moteur.

Contrôle de la vitesse du robot

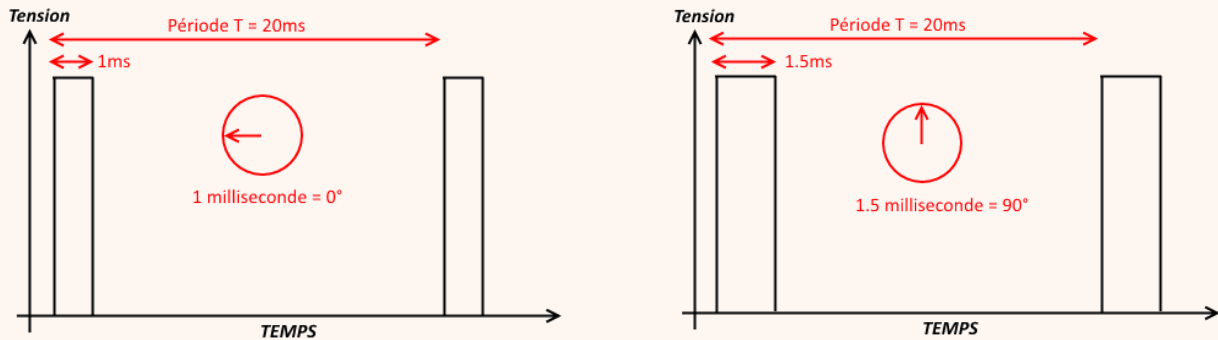


Pour mesurer la vitesse en temps réel du robot, on utilise un codeur incrémental.

Un émetteur lumineux envoie un signal lumineux capté par un photorécepteur. Le signal lumineux passe à travers les fentes d'un disque placé sur chaque roue et crée sur les photodiodes réceptrices un signal analogique. Une carte électronique (qui est incluse dans le codeur) amplifie ce signal puis le convertit en signal carré qui est alors transmis au microcontrôleur. Suivant la fréquence du signal et l'espacement entre les fentes (régulier), le microcontrôleur peut alors déterminer la vitesse du robot.

Servomoteur

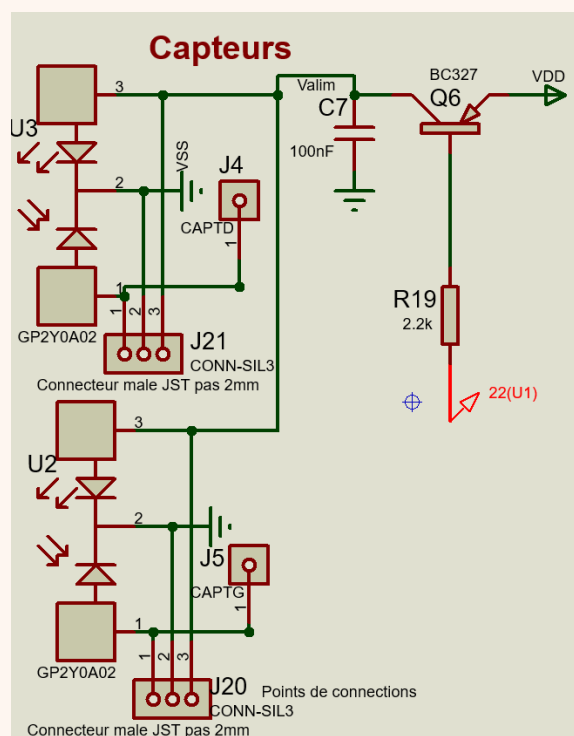
Les servomoteurs sont des moteurs qui peuvent tourner jusqu'à une position bien précise et sont capables de maintenir cette position jusqu'à l'arrivée d'une nouvelle instruction. Il est contrôlé par le microcontrôleur grâce à une tension créneau dont le rapport cyclique varie en fonction de l'angle désiré.



CAPTEURS

Capteur infrarouge

Les capteurs infrarouges permettent au robot de mesurer la distance qui le sépare des obstacles relativement proches. Les deux capteurs U3 et U2 sont similaires.

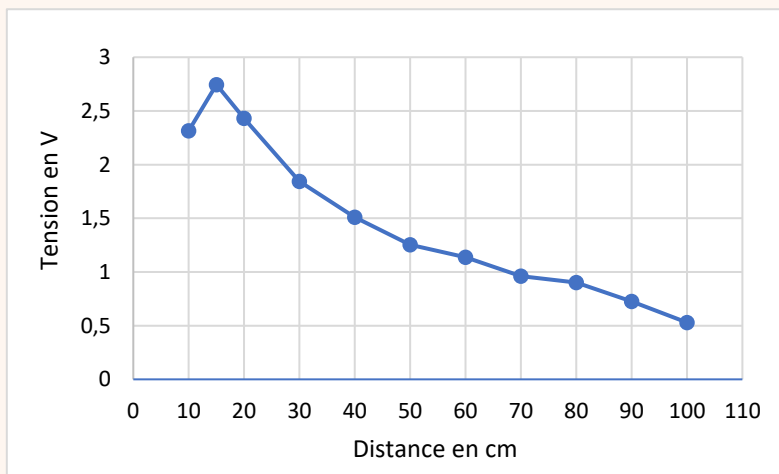


Commande :

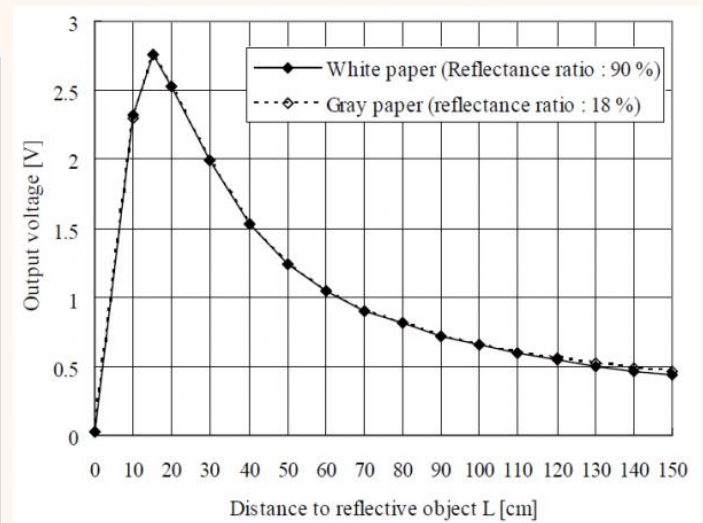
Afin de contrôler les capteurs, le microcontrôleur peut les allumer et les éteindre en envoyant un signal de la broche 22 pour commander le transistor Q6 et ainsi économiser de l'énergie. En effet si la broche 22 passe à l'état haut alors Q2 sera passant et les capteurs U2 et U3 seront alimentés avec une tension $V_{DD} = 5V$. Dans le cas contraire Q2 sera bloquant et aucun courant ne circulera.

Fonctionnement :

Une led infrarouge envoie un signal lumineux qui est réfléchi en présence d'un objet. Une barrette photo résistive capte la lumière réfléchi ce qui permet d'en déduire l'angle de réflexion et donc la distance. Le capteur renvoie une valeur analogique comprise entre 0V et 5V. Cette valeur est récupérée par U1 à travers la broche 2 pour le capteur droit et 3 pour le capteur gauche. Une fois récupérée, la valeur est convertie par U1 de 0V-5V en un nombre codée sur 8 bits de 0 à 255 et par la suite convertit en distance.



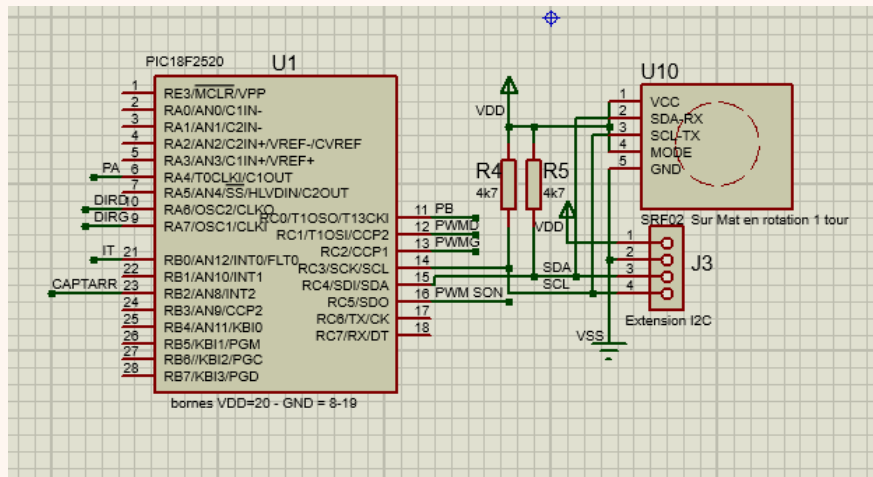
Mesures expérimentales



Mesures théoriques (datasheet)

Le seuil de détection se situe à 15cm, en effet si l'on mesure des distances inférieures nous n'avons plus unicité de la loi tension-distance.

Sonar

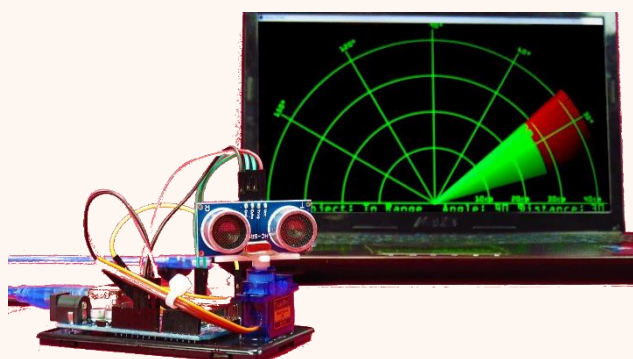


Le sonar envoie des ondes ultrasons qui vont se réfléchir lorsqu'elles vont rencontrer des obstacles. En connaissant la vitesse du son, et en utilisant la différence de temps entre l'émission et la réception des ondes, il est possible de connaître la distance séparant l'objet du sonar : $d=v*t$ avec $v = 340 \text{ m/s}$.

Le sonar communique avec le microcontrôleur grâce au bus I2C. Le programme du microcontrôleur du sonar permet d'afficher la distance en cm à un objet (celui-ci pourrait être mis en mètres, pouces ou tension).

L'affichage des leds permet aussi de connaître cette distance en binaire.

Le sonar sera placé sur un servomoteur parcourant un angle entre -90 et 90° afin de pouvoir sonder l'environnement autour de lui.



COMMUNICATION ENTRE COMPOSANTS

Signal OOK

Pour pouvoir donner des instructions de commande à distance avec le robot il est nécessaire d'établir une communication de type simplex :

- Un émetteur ici la télécommande
- Un récepteur ici RX1

Le mode de transmission se fait par voie hertzienne (transmissions radio) à une fréquence de 433 MHz.

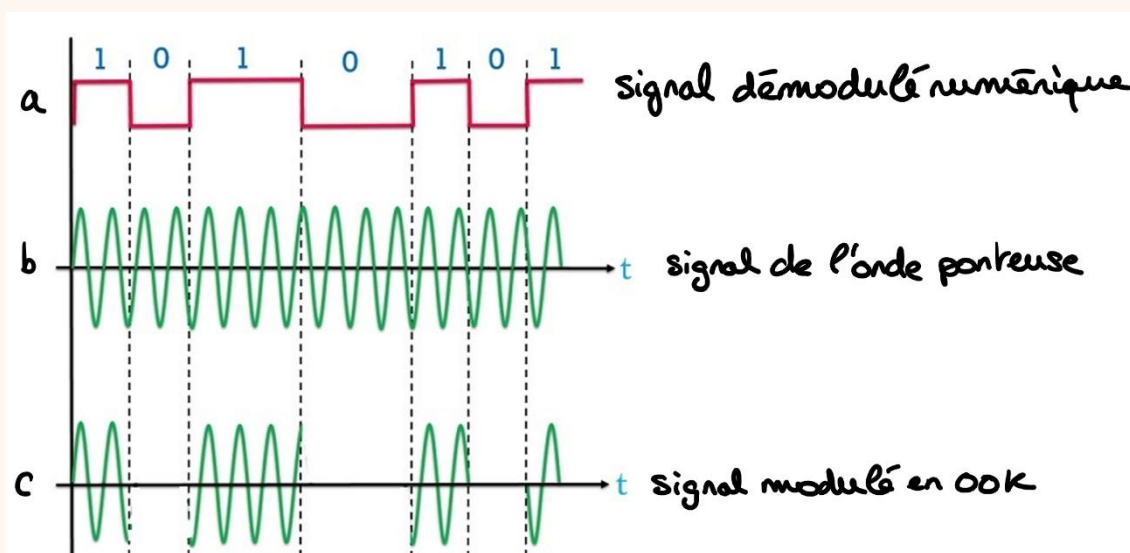
La télécommande envoie un signal modulé en OOK (On-Off key) qui sera ensuite démoduler par RX1 en un signal numérique.

Fonctionnement du OOK :

La modulation OOK est une modulation « tout ou rien ». Le signal modulé est construit à partir d'une onde porteuse qui sera présente dans le signal pendant une durée déterminée pour représenter un 1 binaire et absente sur une même durée pour un 0 binaire.

Démodulation du signal par RX1 :

RX1 va démoduler le signal est ainsi faire une conversion Analogique-Numérique de sorte que lorsque dans le signal reçu l'onde porteuse est présente, il émet sur le signal démodulée un état haut (5V) sinon un état bas (0V) qui sera le signal binaire codée numériquement.



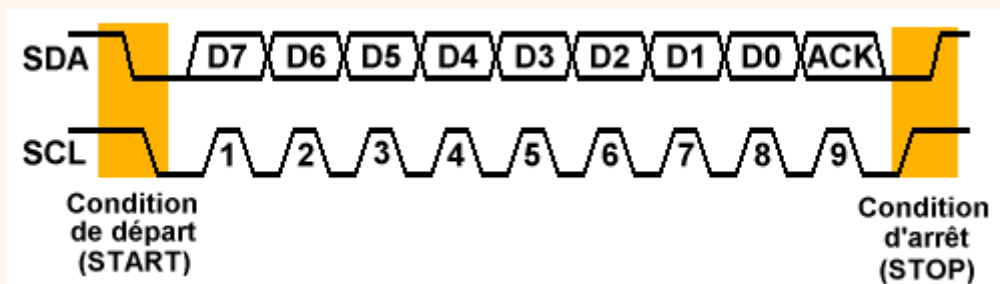
Bus I2C

Le bus I2C permet aux différents blocs de communiquer avec le microcontrôleur. Il se compose d'un signal de données (SDA), d'une horloge (SCL) et de la masse.

La prise de contrôle du bus :

Pour transmettre des données sur le bus I²C, il faut surveiller deux conditions particulières : la condition de départ et la condition d'arrêt.

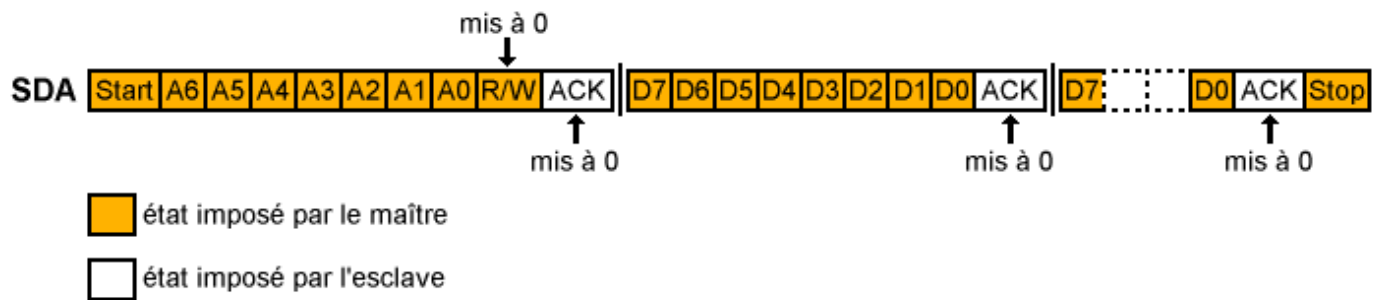
Avant de tenter de prendre le contrôle du bus, un circuit doit vérifier que les lignes SDA et SCL sont au repos, c'est-à-dire à l'état haut. Si c'est le cas, le circuit indique qu'il prend le contrôle du bus en mettant la ligne SDA à 0. A partir de ce moment-là, les autres circuits savent que le bus est occupé et ils ne devraient pas tenter d'en prendre contrôle. Le circuit qui vient de prendre le contrôle du bus en devient le maître. C'est lui qui génère le signal d'horloge, quel que soit le sens du transfert.



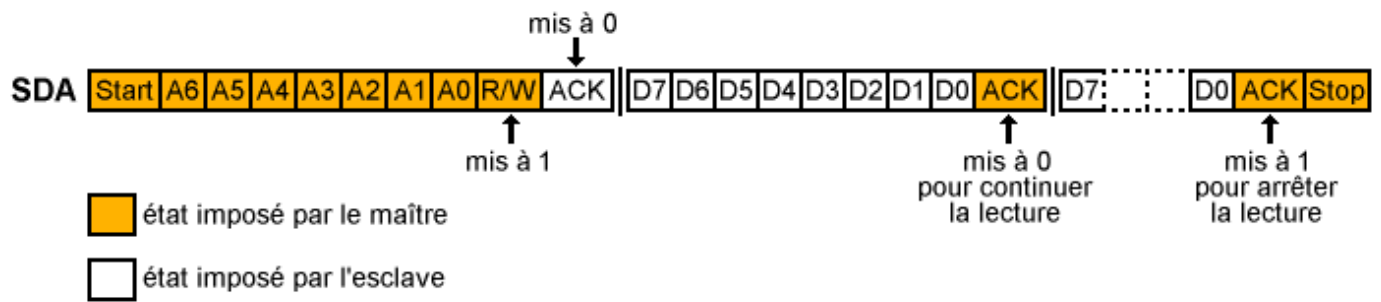
La transmission :

Chaque circuit connecté au bus I²C possède une adresse, qui doit être unique, le maître doit pouvoir choisir quel esclave est censé recevoir les données. Dans ce but, le premier octet que transmet le maître est l'adresse du destinataire comprenant le mode lecture (0) ou écriture (1) sur le bit D0. Le bit ACK est un bit d'acquiescement permettant de valider la bonne réception (0), après ce bit il y est envoyé un octet de données terminant par un bit ACK de nouveau. A la suite peuvent être envoyés d'autres données par octets ou la fin de l'échange.

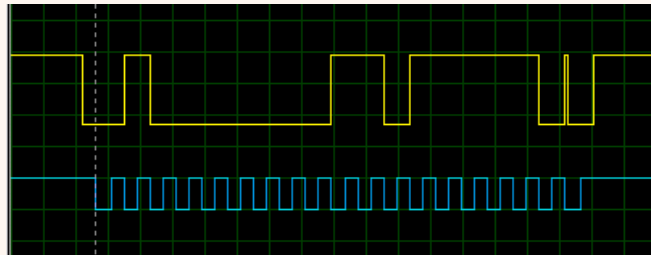
Trame en écriture :



Trame en Lecture :



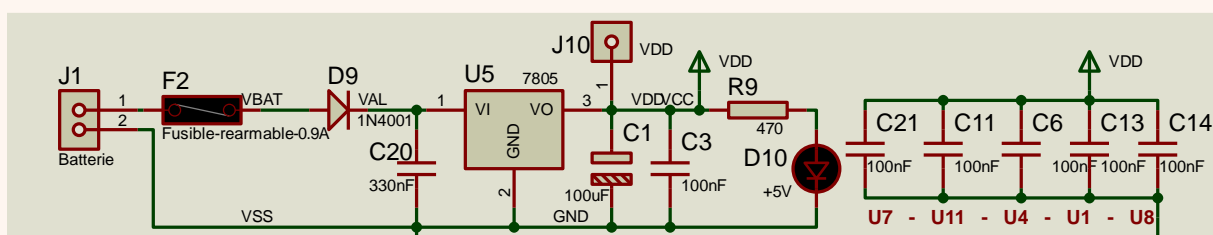
Nous avons ci-dessous l'exemple d'une trame I2C avec en haut le signal SDA et en dessous l'horloge dans le cas du test de l'allumage des leds.



Alimentation

Conversion de la tension

La batterie fournit une tension de $V_{BAT} = 12V$. Or la carte électronique nécessite une tension constante de $V_{DD} = 5V$ pour fonctionner. U5 joue donc le rôle de régulateur de tension.



Le fusible F2 et la diode D9 servent à protéger la batterie :

→ F2 permet d'éviter la décharge de la batterie dans le cas où cette dernière serait montée à l'envers.

→ D9 évite d'endommager la batterie en cas d'inversion de courant.

La diode D10 permet de vérifier que le bloc Alimentation est fonctionnel.

Expérimentalement, nous obtenons : $I_{D10}=5,93\text{mA}$ et $V_{D10}=2.21\text{V}$.

$V_{VAL} = 11.25\text{V}$ (< 12V par perte liée à la résistance interne de D9 et F2).

$V_{DD} = 5\text{V}$ conforme à ce qui est attendu en sortie du régulateur de tension.

Condensateur :

Le rôle des cinq condensateurs C21, C11, C6, C13, C14 en parallèles et des 3 proches du régulateur C1, C3 et C20 servent à filtrer les signaux. Il s'agit de condensateurs de découplage. Le découplage permet l'élimination de parasites nuisibles et protège contre des chutes de tensions brèves qui pourraient survenir pendant le fonctionnement de la carte électronique.

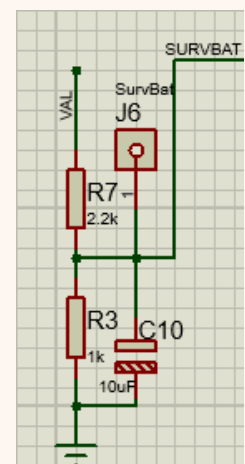
Le choix de la capacité des condensateurs dépend des fréquences présentes dans la carte électronique comme celle de l'horloge dans un microcontrôleur. Placer des condensateurs en parallèle permet d'augmenter la capacité totale et ainsi s'améliorer l'élimination des parasites créés par le couplage des composants de la carte électronique.

Ici la capacité équivalente en parallèle est $C=500\text{nF}$ (C6 C11 C13 C14 C21).

Surveillance alimentation

Ce bloc permet de connaître la tension de la batterie. Il permet donc de vérifier que la tension fournie par la batterie est suffisante pour alimenter la carte.

R3 et R6 agissent comme un pont diviseur de tension. Ce pont permet de diminuer la tension d'entrée V_{BAT} pour qu'elle soit comprise entre 0 et 5V et qu'elle puisse être ainsi envoyée au microcontrôleur.



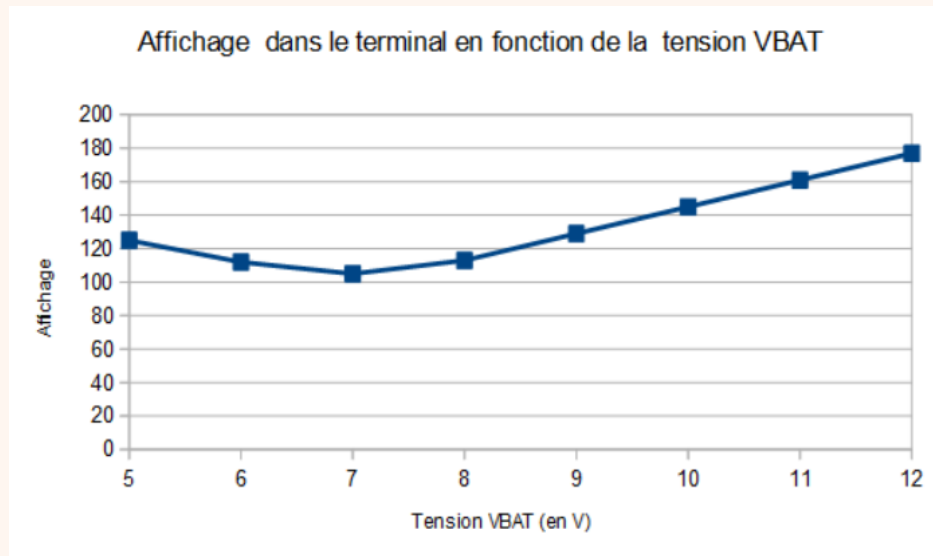
On obtient : $V_{SURVBAT} = \frac{R3}{R3+R7} V_{AL}$

En prenant $V_{AL}=11.25V$ (obtenu expérimentalement), $R3=1k\Omega$ et $R7=2.2k\Omega$:

On obtient : $V_{SURVBAT} = 3.5V$

La tension entrant dans le microcontrôleur est bien comprise entre 0 et 5V.

Expérimentalement, nous avons obtenu la courbe suivante :



La valeur affichée sur le terminal est une valeur numérique.

Grâce à ce graphique, nous pouvons conclure que **la tension de seuil est de 7V**. En effet, pour une valeur inférieure le contrôle du niveau de batterie serait impossible car on n'aurait plus l'unicité dans la relation Valeur – Tension.