

Títol: Robot mòbil per a aplicacions de jardineria

Autor: David Brunet i Martínez

Data: Setembre 2015

Director: Pere Marés Martí

Departament del director: Electrònica de Sistemes, Automàtica i Informàtica Industrial (ESAI)

Titulació: Enginyeria Tècnica en Informàtica de Sistemes (ETIS), Pla 2003

Centre: Facultat d'Informàtica de Barcelona (FIB)

Universitat: Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) BarcelonaTech

ÍNDEX

- 1 Definició d'objectius
 - 1.1 Objectius generals
 - 1.2 Objectius docents
- 2 Anàlisi d'antecedents i factibilitat
- 3 Desenvolupament tècnic
 - 3.1 Construcció d'un prototipus
 - 3.1.1 Disseny del maquinari
 - 3.1.1.1 Arduino
 - 3.1.1.1.1 Arduino UNO
 - 3.1.1.1.2 Arduino Motor Shield
 - 3.1.1.2 Diagrama de blocs
 - 3.1.1.3 Esquemàtic
 - 3.1.1.4 Materials
 - 3.1.1.5 Eines
 - 3.1.1.6 Construcció
 - 3.1.2 Disseny del programari
- 4 Anàlisi econòmica global
- 5 Conclusions
 - 5.1 Concordança de resultats i objectius
 - 5.2 Treball futur
- 6 Annexos
 - 6.1 Programa de control de la placa Arduino UNO
 - 6.2 Placa Arduino UNO
 - 6.3 Placa Arduino Motor Shield
 - 6.4 Full de dades transistor BD439
- 7 Bibliografia

1 DEFINICIÓ D'OBJECTIUS

1.1 Objectius generals

Es tracta de construir un robot mòbil autònom que talli la gespa d'un tros de jardí o d'un prat. El robot tindrà una bateria de 12V per a alimentar els motors i les plaques electròniques de control. Com a element terminal tenim una hèlix, en aquest cas una hèlix aprofitada d'un ventilador d'ordinador, que serà la que talli la gespa. Dues rodes tractores al darrera del robot permetran l'avanç del robot i el gir a dreta i esquerra. Una roda de gir lliure aportarà el tercer punt de suport al terra. Les rodes tractores es mouen gràcies a dos motors de corrent continu de 12V. Com a electrònica de control usarem un sistema encastat amb una placa Arduino UNO juntament amb una placa Arduino Motor Shield, amb el seu corresponent programari. Uns LED's indicaran l'estat del robot.

1.2 Objectius docents

Volem posar en pràctica el que hem après a les assignatures d'electrònica i programació durant la carrera.

2 ANÀLISI D'ANTECEDENTS I FACTIBILITAT

De robots que tallen gespa n'hi ha molts en el mercat, però quan vam tenir la idea de fer-ne un no ho sabíem i crèiem que estàvem fent quelcom nou, per la qual cosa pensàvem que havíem de mantenir-ho en secret. Més tard, fent cerques a la Web, hem trobat exemples de robots que fan el mateix que el nostre, i molt millor que el nostre, tot s'ha de dir. Malgrat això, sentim que és important la nostra petita contribució perquè demostra el que es pot fer amb una mica d'imaginació i ganes de treballar. Per manca de temps i de recursos, no podem fer un prototipus que competeixi amb els models que hi ha al mercat, però sí podem fer un robot funcional.

La utilització de la tecnologia Arduino simplifica molt la tasca de construir un sistema de control.

L'elecció de l'element terminal ha estat difícil, precisament perquè no hi havia gaires alternatives. Al final ens hem decantat per usar l'hèlix d'un ventilador dels que s'usen per a refrigerar ordinadors, modificada de manera convenient. L'hem escollit perquè té un motor de 12V, com volíem des del principi, i perquè ja té l'element de tall incorporat (no hem d'unir un motor a un cable de plàstic, per exemple, com vam pensar en algun moment, imitant als tallagespes manuals habituals).

La roda de gir lliure que fa de tercer punt de suport del robot és massa alta (la planxa de fusta que fa de cos del robot queda inclinada), però abans vam provar amb una altra roda que era massa baixa i més petita, la que hi ha ara és el millor que hem trobat.

Els motors van costar de trobar. Volíem motors de corrent continu de 12V amb reductor de velocitat (per augmentar el parell de forces del motor). Al final vam trobar en una web uns de 33 r.p.m. en buit, amb una força nominal de 9,5kg·cm i 30kg·cm a màxima eficiència, i un consum menor que 800mA.

Alguns exemples de robots tallagespa al mercat:

Husqvarna:

<http://www.husqvarna.com/es/products/robotic-mowers/husqvarna-robotic-mowers-for-homeowners/>

Bosch Indego:

<https://www.bosch-garden.com/es/es/herramientaparajard%C3%ADn/indego-home.jsp>

Gardena:

<http://www.gardena.com/es/cuidado-del-cesped/robot-cortacesped/>

Stihl:

<http://www.stihl.es/Productos-VIKING/11606/Robots-cortac%C3%A9sped.aspx>

3 DESENVOLUPAMENT TÈCNIC

3.1 Construcció d'un prototipus

3.1.1 Disseny del maquinari

3.1.1.1 ARDUINO

Arduino és una plataforma de maquinari i programari lliure que ha esdevingut molt popular en els últims anys com a mitjà per fer projectes electrònics de manera fàcil i ràpida. Les targetes Arduino són capaces de llegir entrades (llum en un sensor, l'estat d'un botó) i produir sortides (encendre un LED, activar un motor). Arduino disposa d'un IDE (Integrated Development Environment, entorn de desenvolupament integrat) que permet fer els programes que fan funcionar els sistemes encastats fets amb les plaques Arduino.

3.1.1.1.1 ARDUINO UNO

Per al present projecte, hem escollit la placa Arduino UNO, que porta un microcontrolador ATmega328P, de 8 bits, oferint 14 entrades/sortides digitals, amb possibilitat de fer PWM (Pulse Width Modulation, modulació d'amplada de pols) amb 6 d'elles, 6 entrades analògiques, una velocitat de rellotge de 16MHz, 32KiB de memòria Flash, connexió USB, jack d'alimentació i un botó de reset (el botó de reset reinicia el programa que estigui a la memòria).

3.1.1.1.2 ARDUINO MOTOR SHIELD

A més de l'Arduino UNO, hem escollit la placa Arduino Motor Shield, que va acoplada a la UNO, per a controlar els motors de les rodes. El Shield de motors d'Arduino es basa en el circuit integrat L298 (veure annex), que disposa de dos ponts H, la qual cosa li permet activar relés, motors de corrent continu, solenoides i motors pas a pas. Aquest controlador permet controlar dos motors

de corrent continu o un motor pas a pas, controlant la velocitat i la direcció de cadascun de forma independent. De la Motor Shield, 8 sortides van dedicades al control del motor, i utilitzarem 5 sortides pels LED's i una per controlar el transistor que commuta l'hèlix, per tant utilitzarem totes les sortides.

ESQUEMA ELÈCTRIC I ELECTRÒNIC

Tenim una font d'alimentació (la bateria) de 14V (que anirà perdent tensió a mesura que es gastin les piles). Per a alimentar la placa Arduino UNO i la placa Arduino Motor Shield la tensió màxima és de 12V i l'hèlix necessita 12V, així que posem tres díodes en sèrie per a aconseguir una tensió de 11,9V (a cada díode hi ha una caiguda de tensió de $V_d = 0,7V$, per tant:

$$\begin{aligned} V &= 14V - 3 \cdot V_d = \\ &= 14V - 3 \cdot 0,7V = \\ &= 11,9V \end{aligned}$$

).

Per indicar l'estat dels motors de les rodes, posarem al circuit uns LED's de color verd i vermell. Els LED's de color verd indicaran que la roda del costat corresponent està avançant, i els LED's de color vermell indicaran que la roda del costat corresponent està frenant. Cada LED té una caiguda de tensió de 2V en el cas dels verds i una mica menor en el cas dels vermells (suposarem que la caiguda de tensió és 2V en tots dos casos), i hi han de passar uns 20mA. Les sortides de la placa Arduino UNO donen 5V, així que hem de posar una resistència limitadora a cada LED per a evitar que es cremin. Per calcular el valor òhmic de les resistències utilitzarem la llei d'Ohm: $R = V / I$. La tensió en bornes de la resistència, com que està en sèrie amb el LED, és de:

$$\begin{aligned} V &= V_r + V_{led} \\ V_r &= V - V_{led} = \\ &= 5V - 2V = \\ &= 3V, \end{aligned}$$

i la intensitat és la mateixa que la que passa pel LED, $I_r = 20mA$. És a dir:

$$\begin{aligned} R &= V_r / I_r = \\ &= 3V / 20mA = \\ &= 150\Omega. \end{aligned}$$

Disposem de resistències de $R_2 = 220\Omega$, que és un valor bastant proper a 150Ω . En aquest cas, i usant la llei d'Ohm una altra vegada, en una altra forma, la intensitat queda:

$$\begin{aligned} I_{r2} &= V_r / R_2 = \\ &= 3V / 220\Omega = \\ &= 13,6mA, \end{aligned}$$

un valor més que suficient per a encendre el LED. Aquest valor és inferior al límit màxim de 40mA

que pot donar una sortida de l'Arduino UNO, per tant és un valor correcte. La potència que dissipa la resistència és:

$$\begin{aligned} P &= V_r \cdot I_{r2} = \\ &= 3V \cdot 13,6mA = \\ &= 40,8mW , \end{aligned}$$

que és menor que 250mW, per tant podem posar resistències d'1/4 de watt.

També posarem un LED blau per a indicar que el circuit està encès. El LED blau té una caiguda de tensió de $V_{blau} = 2,8V$, ara bé, no sabem quina intensitat hi ha de passar. Això dóna una tensió en bornes de la resistència limitadora de:

$$\begin{aligned} V &= V_r + V_{blau} \\ V_r &= V - V_{blau} = \\ &= 5V - 2,8V = \\ &= 2,2V . \end{aligned}$$

Hem fet proves amb el multímetre, i amb una resistència de $R1 = 220\Omega$ el LED s'encén i hi passen uns 6,2mA, però potser li estem donant massa potència al LED. La tensió en bornes a la resistència de 220Ω en aquest cas és:

$$\begin{aligned} V_{r1} &= I_{r1} \cdot R1 = \\ &= 6,2mA \cdot 220\Omega = \\ &= 1,36V , \end{aligned}$$

inferior als 2,2V que hauria de tenir, la resta:

$$\begin{aligned} V &= V_{r1} + V_{blau2} \\ V_{blau2} &= V - V_{r1} = \\ &= 5V - 1,36V = \\ &= 3,64V , \end{aligned}$$

va cap al LED, és massa: li estem aplicant al LED:

$$\begin{aligned} \Delta V &= V_{blau2} - V_{blau} = \\ &= 3,64V - 2,8V = \\ &= 0,84V \end{aligned}$$

més del que li pertoca. Ara calcularem un valor de resistència més acurat. Suposem que el LED funciona bé a $I_{r2} = 6mA$. La resistència queda:

$$\begin{aligned} R2 &= V_{r1} / I_{r2} = \\ &= 2,2V / 6mA = \\ &= 367\Omega . \end{aligned}$$

Ho aproximem substituint la resistència de 220Ω amb 4 resistències de 100Ω en sèrie, que donen un valor nominal de:

$$\begin{aligned} R3 &= 4 \cdot 100\Omega = \\ &= 400\Omega \text{ (395}\Omega \text{ reals) .} \end{aligned}$$

Tornem a fer proves, el LED s'encén i la intensitat mesurada és de $I_{r3} = 5,8\text{mA}$. Calculem la resistència amb aquest corrent:

$$\begin{aligned} R4 &= V_r / I_{r3} = \\ &= 2,2\text{V} / 5,8\text{mA} = \\ &= 379\Omega , \end{aligned}$$

un valor bastant proper a 400Ω . Si posem 400Ω el corrent és una mica inferior:

$$\begin{aligned} I_{r4} &= V_r / R3 = \\ &= 2,2\text{V} / 400\Omega = \\ &= 5,5\text{mA} \end{aligned}$$

però és un valor correcte, perquè s'encén el LED, com hem vist a les proves. Aquest corrent entra en el límit de 40mA d'una sortida de l'Arduino UNO. La potència dissipada per la resistència és:

$$\begin{aligned} P &= V_r \cdot I_{r3} = \\ &= 2,2\text{V} \cdot 5,8\text{mA} = \\ &= 12,76\text{mW} , \end{aligned}$$

que és menor que 250mW , per tant podem usar una resistència de $1/4$ de watt.

Ara calcularem la potència que consumeixen les resistències i els LED's. Cada LED verd o vermell i la seva corresponent resistència limitadora consumeixen:

$$\begin{aligned} P1 &= V \cdot I = \\ &= 5\text{V} \cdot 13,6\text{mA} = \\ &= 68,0\text{mW} \end{aligned}$$

Com que tenim quatre resistències i quatre LED's:

$$\begin{aligned} P2 &= 4 \cdot P1 = \\ &= 4 \cdot 68,0\text{mW} = \\ &= 272,0\text{mW} \end{aligned}$$

El LED blau i la seva resistència limitadora consumeixen:

$$\begin{aligned} P3 &= V \cdot I_{r3} = \\ &= 5\text{V} \cdot 5,8\text{mA} = \\ &= 29,0\text{mW} \end{aligned}$$

Sumant les potències de tots els LED's i les resistències limitadores:

$$\begin{aligned} P &= P_2 + P_3 = \\ &= 272,0\text{mW} + 29,0\text{mW} = \\ &= 301,0\text{mW} \end{aligned}$$

Aquesta potència és la que consumeixen les resistències i els LED's.

La intensitat total dels LED's i les resistències associades és:

$$\begin{aligned} I &= P / V = \\ &= 301,0\text{mW} / 5\text{V} = \\ &= 60,2\text{mA} \end{aligned}$$

Ara tractarem amb el motor de l'hèlix. Aquest motor necessita 12V per a funcionar i consumeix 0,72A. Això dóna una potència de:

$$\begin{aligned} P &= V \cdot I = \\ &= 12\text{V} \cdot 0,72\text{A} = \\ &= 8,64\text{W} . \end{aligned}$$

Com que les bateries proporcionen 14V, hem de reduir aquesta tensió amb una resistència limitadora. Hem provat de fer-ho posant 3 díodes en sèrie, per a aconseguir una tensió de 11,9V (a cada díode hi ha una caiguda de tensió de $V_d = 0,7\text{V}$, per tant:

$$\begin{aligned} V &= 14\text{V} - 3 \cdot V_d = \\ &= 14\text{V} - 3 \cdot 0,7\text{V} = \\ &= 14\text{V} - 2,1\text{V} = \\ &= 11,9\text{V} \end{aligned}$$

però per els díodes passaria un corrent superior a 1A, el corrent que consumeix el motor de l'hèlix sumat als altres consums, i això els cremaria. Per tant, necessitem una resistència o vàries en sèrie per a aconseguir el valor que necessitem.

Els motors de les rodes van a 12V i consumeixen menys de 800mA cadascun (segons el fabricant). Segons el director del projecte, un motor d'aquest tipus pot suportar 14V durant un cert temps sense perill de cremar-lo, així que alimentarem els motors amb tota la tensió que donin les piles. Una altra opció seria posar una resistència limitadora d'uns pocs ohms, però caldria afinar molt el seu valor i dissiparia una gran potència:

$$\begin{aligned} V &= 14\text{V} - 12\text{V} = \\ &= 2\text{V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= V / I = \\ &= 2\text{V} / 800\text{mA} = \\ &= 2,5\Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P &= V \cdot I = \\
 &= 2V \cdot 800mA = \\
 &= 1,6W
 \end{aligned}$$

Per alimentar la placa Arduino UNO usem el portapiles de 6 piles:

$$6 \text{ piles} \cdot 1,4V = 8,4V$$

valor que està dins dels 7V-12V que el fabricant recomana per a alimentar la placa.

Per alimentar la Motor Shield utilitzem els dos portapiles en sèrie:

$$10 \text{ piles} \cdot 1,4V = 14V$$

A la placa de components tenim un commutador de dos circuits que fa d'interruptor de tot el sistema.

Per recarregar la bateria col·locarem uns cables amb uns crocodrils, el pol positiu de la font d'alimentació al negatiu de les piles i el negatiu de la font d'alimentació al positiu de les piles.

Ara considerarem el transistor que necessitem per a commutar el motor de l'hèlix. Hem escollit el transistor BD439, amb empaquetament TO220, que és un transistor de potència que es fa servir com a resistència. El transistor el disposarem en configuració d'emissor comú. No sabem quin corrent de col·lector hi passarà quan estigui en funcionament, només sabem que el motor de l'hèlix consumeix 0,72A a 12V, però nosaltres l'alimentarem amb 14V. El què farem serà suposar que hi passa 1A i calcularem la resistència de la base d'acord amb aquest valor. Després posarem en marxa l'hèlix posant la base del transistor a 5V i veurem quant corrent hi passa amb l'amperímetre. El guany del transistor és $h_{FE} > 40$ amb intensitat de col·lector $I_C = 500mA$ i tensió col·lector-emissor $V_{CE} = 1V$, i $h_{FE} > 25$ amb $I_C = 2A$ i $V_{CE} = 1V$ (dades del fabricant, veure annex). Segons la gràfica I_C versus h_{FE} del full de dades del transistor, a 25° de temperatura, $V_{CE} = 1V$ i $I_C = 1A$, el guany és $h_{FE} = 15$. També hem vist a la gràfica V_{CE} versus I_C que, amb $V_{CE} = 14V$ i $I_B = 5mA$, I_C és 1A. Per tant,

$$\begin{aligned}
 R_B &= V_B / I_B = \\
 &= (V - V_{CB}) / I_B = \\
 &= (5V - 0,7V) / 5mA = \\
 &= 4,3V / 5mA = \\
 &= 860\Omega
 \end{aligned}$$

Disposem de resistències $R_{B2} = 1k\Omega$. Amb una d'elles, I_{B2} queda:

$$\begin{aligned}
 I_{B2} &= V_B / R_{B2} = \\
 &= 4,3V / 1k\Omega = \\
 &= 4,3mA
 \end{aligned}$$

que és un corrent admissible per una sortida de l'Arduino Motor Shield.

Amb aquest corrent de base, I_C queda una mica per sota d'1A (segons la gràfica), aproximadament 0,8A. Aquest és el corrent que passa també pel motor de l'hèlix. La potència que dissipa el transistor és:

$$\begin{aligned}
 P &= V \cdot I_C = \\
 &= 14V \cdot 0,8A = \\
 &= 11,2W
 \end{aligned}$$

Al transistor li acoblem un dissipador de calor juntament amb una placa de mica, amb un cargol, així evitem que es pugui cremar.

ESQUEMA DE BLOCS

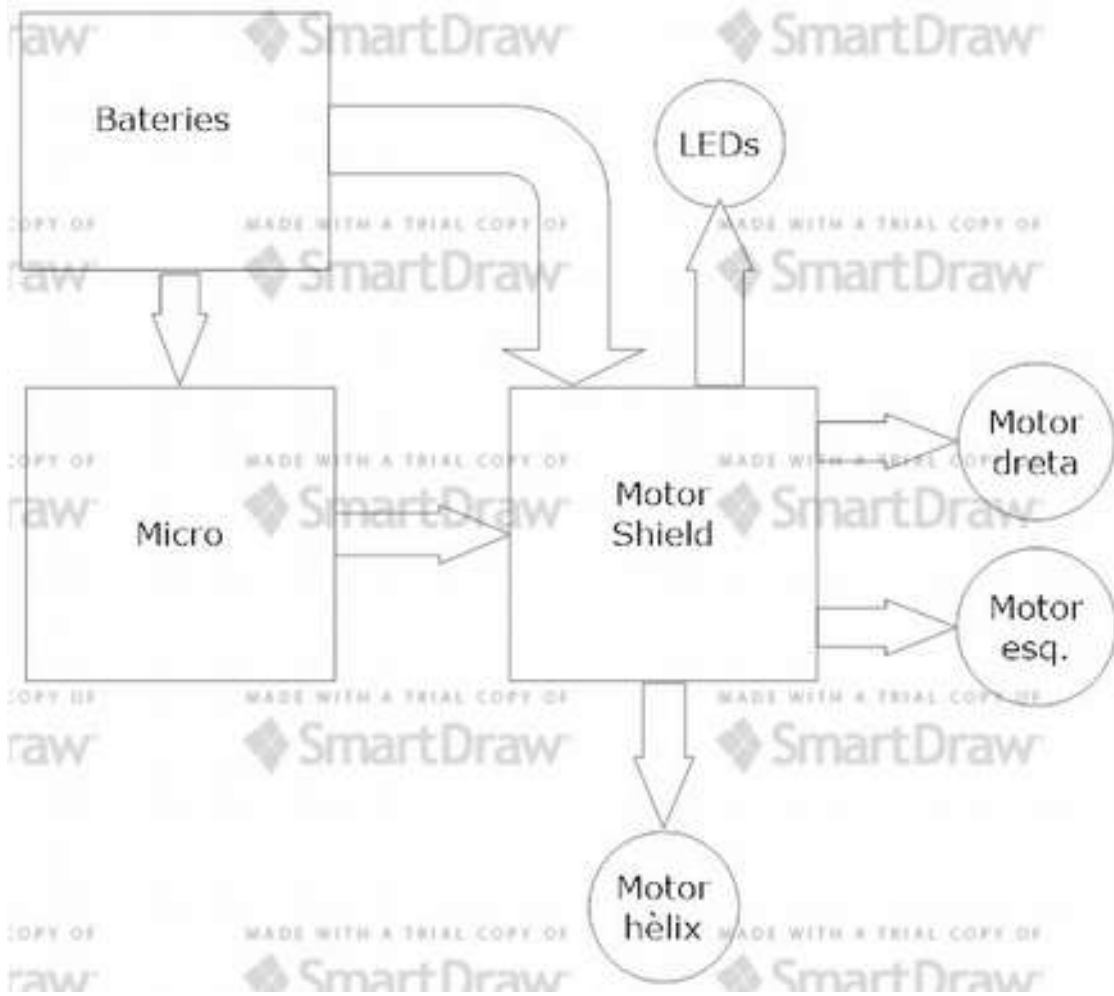


Fig. 1 : Esquema de blocs

ESQUEMÀTIC

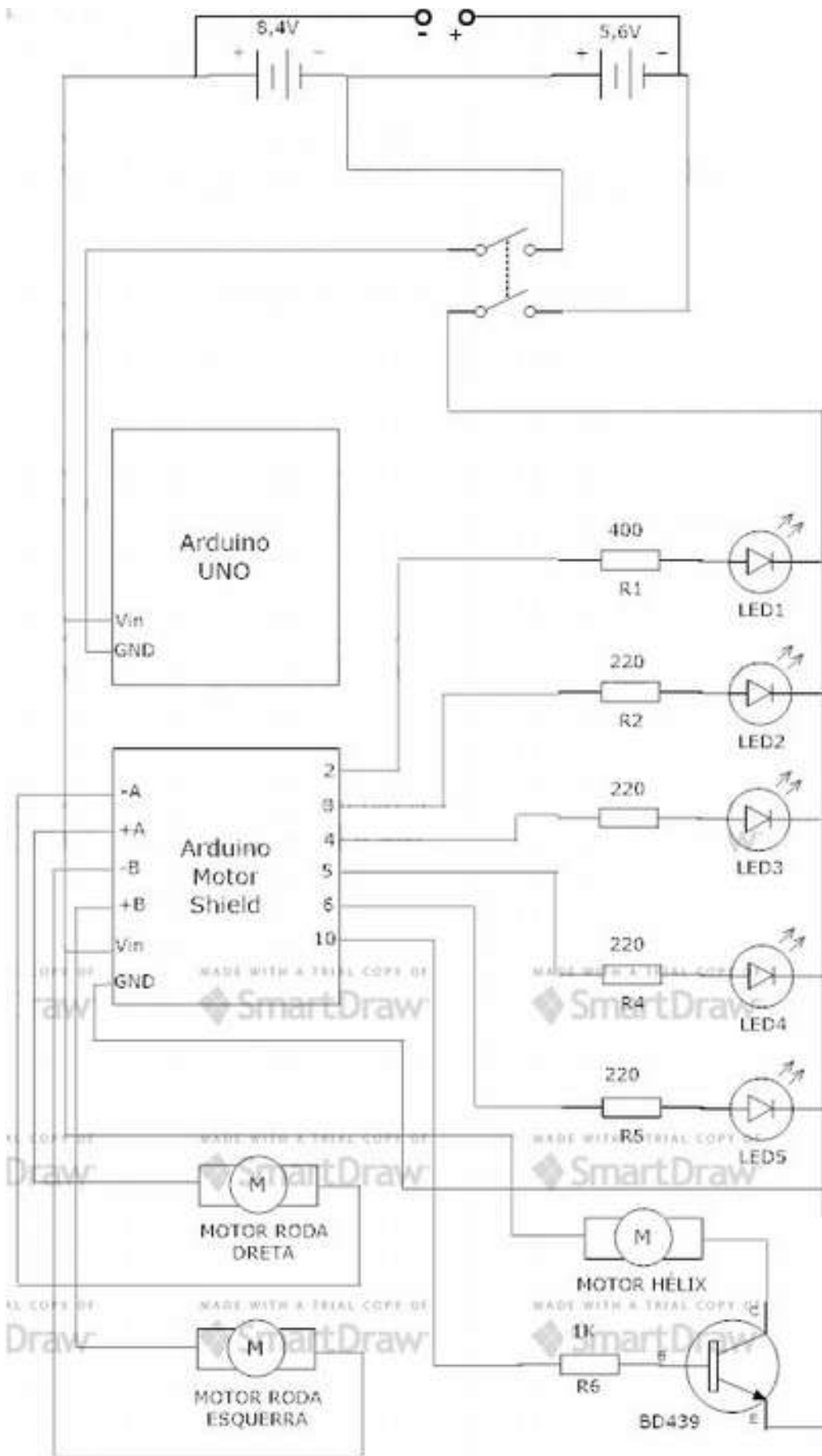


Fig. 2 : Esquemàtic

3.1 CONSTRUCCIÓ D'UN PROTOTIPUS

MATERIALS

(Veure 4.1 Llista de Costos, a punt 4, Anàlisi Econòmica Global.)

EINES

- Una serra de calar
- Un trepant
- Broques per a fusta de Ø3, Ø4 i Ø5mm
- Una serra de marqueteria
- Una serra per tallar metalls
- Un parell de tornavisos
- Claus fixes
- Claus Allen
- Unes tisores
- Un pela-cables
- Un soldador elèctric de 30W
- Un suport per al soldador
- Una tercera mà per a soldar
- Una pistola de cola termo-fusible
- Unes tenalles
- Un llapis

CONSTRUCCIÓ

Comencem tallant una planxa de fullola de 210 x 345 x 3mm. Passem un paper de vidre pels costats per anivellar les estelles.



Fig. 3 : Planxa de fullola tallada

A continuació fem els forats a la planxa per on passaran els cargols que fixaran la placa Arduino UNO, l'hèlix i la roda de gir lliure. També farem forats per les brides que subjecten les bateries, per les que fixen els motors, i un per passar els cables de l'hèlix, de la cara inferior del robot a la superior.



Fig. 4 : Marcat dels forats amb llapis



Fig. 5 : Planxa de fusta amb els forats ja realitzats

NOTA: els forats per fixar l'Arduino UNO no són correctes a la foto, perquè si la disposéssim així no podríem introduir-hi el cable USB, ja que la posició del motor no ho permet. En el prototipus final hem corregit la posició de l'Arduino UNO per evitar aquest inconvenient.

Ara fixarem els motors al cos del robot.



Fig. 6 : Els motors per a les rodes

Abans de fer-ho, soldarem cables negre i vermell a les connexions dels motors, els colors ens serviran per diferenciar la polaritat:



Fig. 7 : Els cables que utilitzarem, junt amb els cables ja tallats per als motors

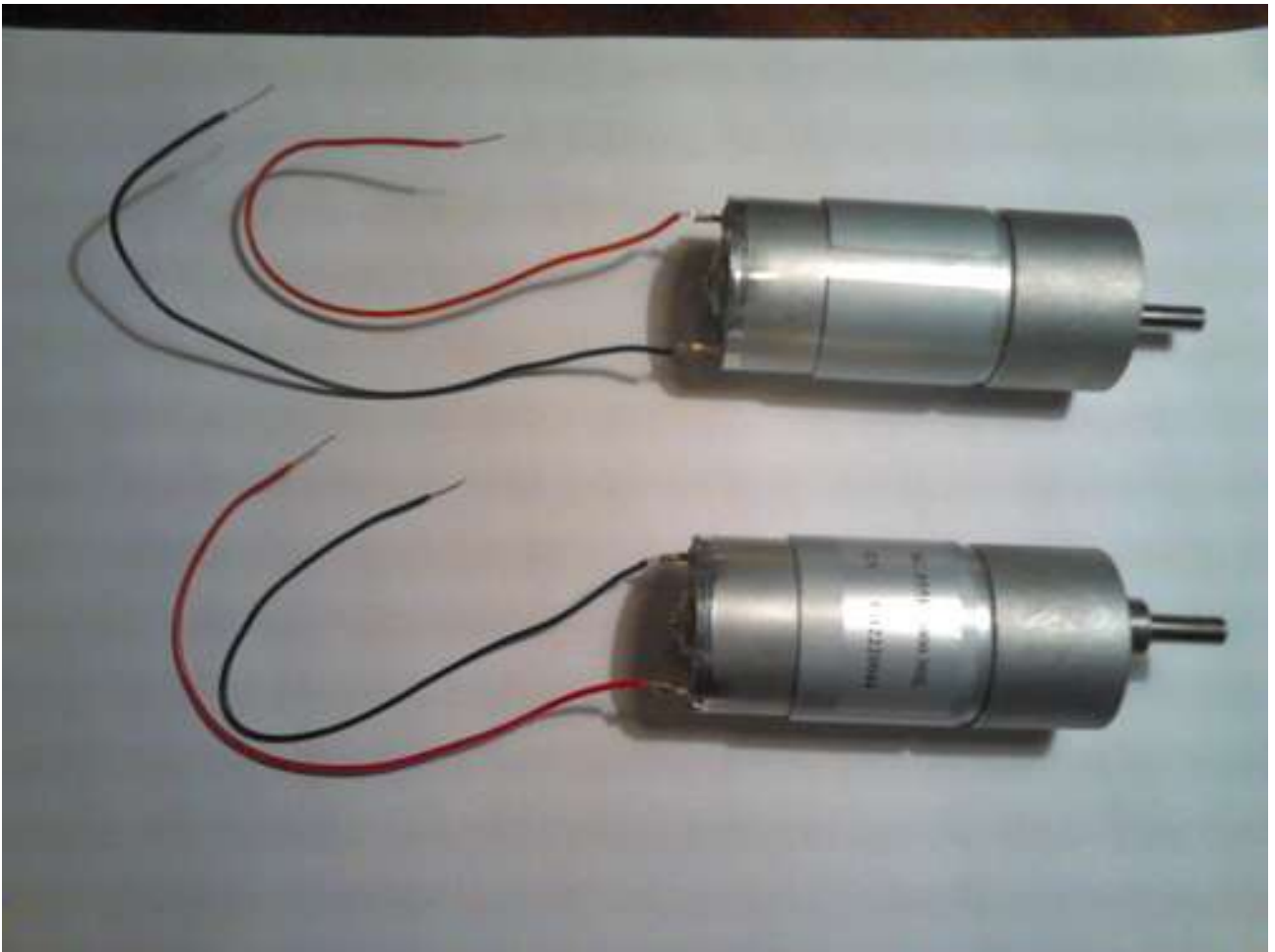


Fig. 8 : Els motors amb els cables soldats

Fixarem els motors amb quatre brides metàl·liques que farem passar pels forats corresponents de la planxa de fusta, dues brides per cada motor.



Fig. 9 : Les brides per als motors



Fig. 10 : Les brides col·locades

Abans de fermar les brides, enganxarem uns trossos de plàstic als motors,



Fig. 11 : Trossos de plàstic



Fig. 12 : Els motors amb els plàstics

per a evitar que es moguin. Apretarem les brides amb un tornavís fins que els motors estiguin ben fermes i no es moguin.



Fig. 13 : Fixem un dels motors

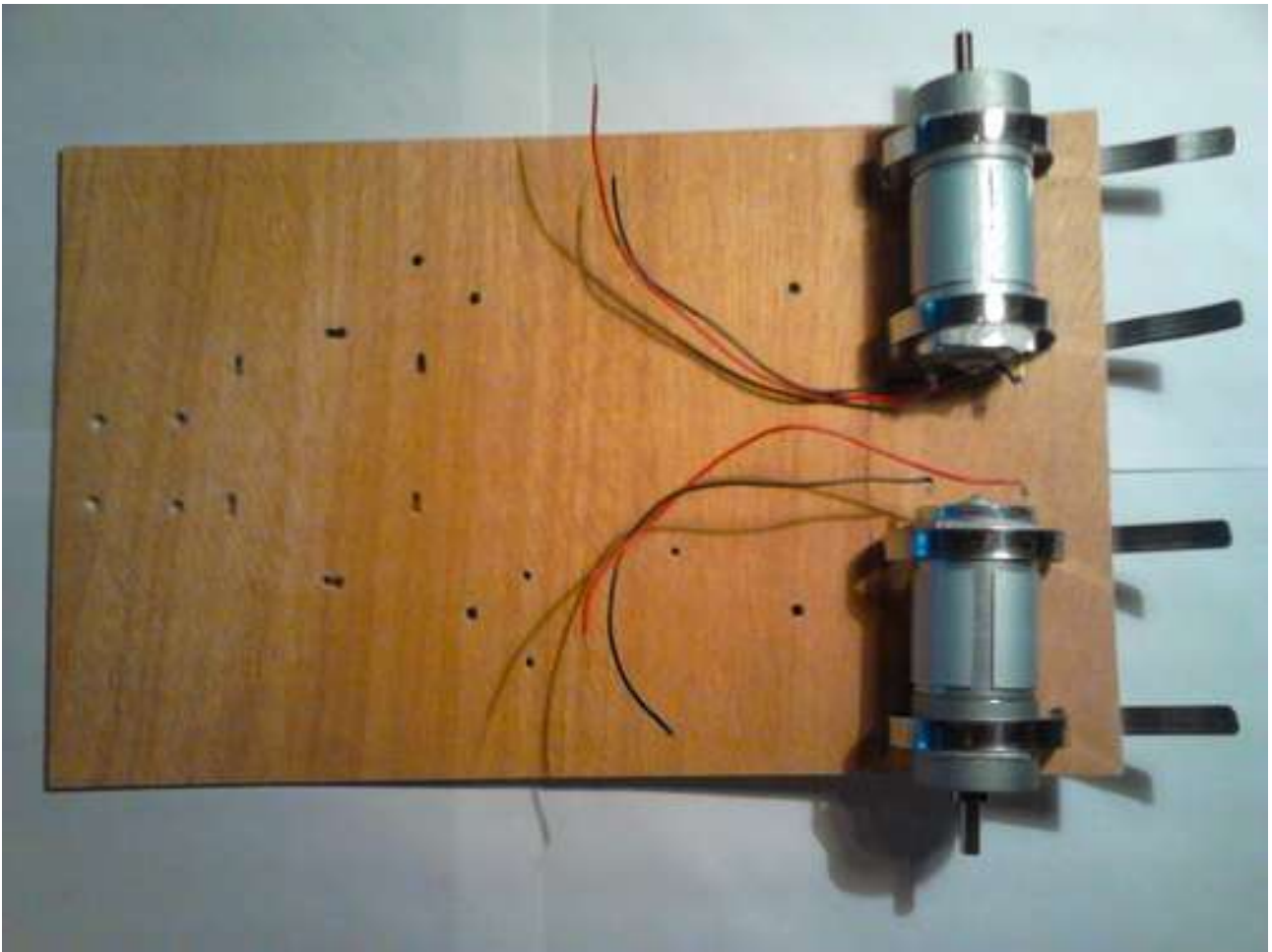


Fig. 14 : Els dos motors fixats

Ara tractarem el ventilador d'ordinador. Primer li retallem 6 aspes amb una serra de marqueteria per a què talli millor l'herba, quedant només 3 aspes disposades en forma de triangle equilàter. Després tallem la carcassa amb una serra per a metalls de tal manera que l'hèlix quedi al descobert. El plàstic de la carcassa és dur, i cal esforçar-se per a tallar-lo.



Fig. 15 : L'hèlix original



Fig. 16 : L'hèlix sense les aspes retallades



Fig. 17 : L'hèlix sense la carcassa



Fig. 18 : Cargols, femelles i volanderes per fixar l'hèlix

És hora de fixar l'hèlix a la planxa de fusta. Ho fem amb un tornavís i 4 cargols de Ø4mm i 15mm de llarg, de cap ranurat; amb femelles i volanderes acord. Les volanderes només les posem a la cara superior del robot. La raó per posar-les és que eviten el joc dels cargols, impedit que es moguin de lloc i que mosseguin la fusta.



Fig. 19 : Fixació de l'hèlix al cos del robot



Fig. 20 : Vista superior dels cargols que subjecten l'hèlix

Passem els fils de l'hèlix pel forat corresponent cap a la part superior del robot:

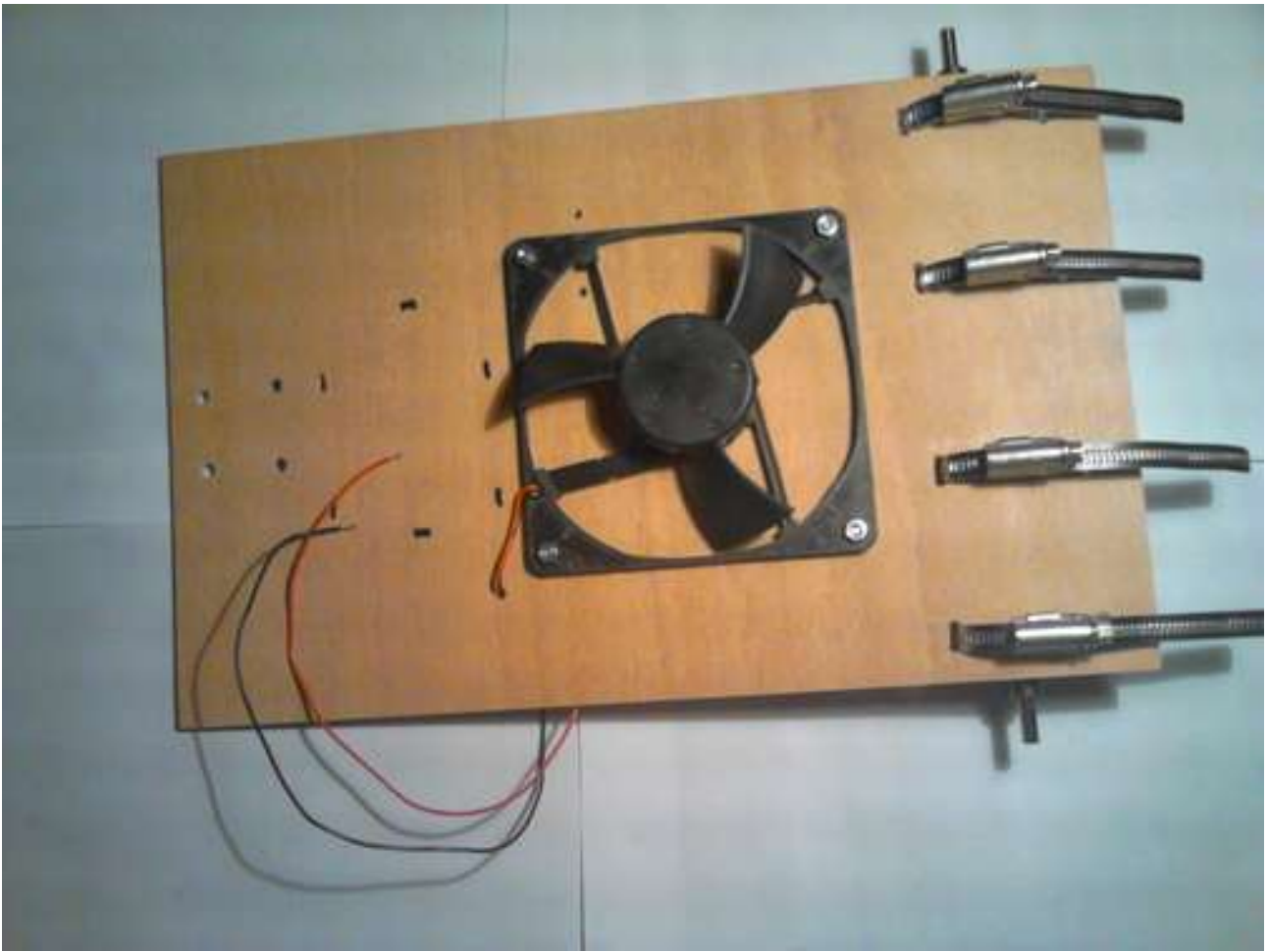


Fig. 21 : Pas dels fils de l'hèlix cap a la part superior



Fig. 22 : Vista dels fils de l'hèlix, part superior

Fixem la roda de gir lliure al davant del robot amb 4 cargols de $\text{Ø}5\text{mm}$ i 10mm de llarg, de cap hexagonal; amb femelles i volanderes acord.



Fig. 23 : Cargols, femelles i volanderes per la roda de gir lliure

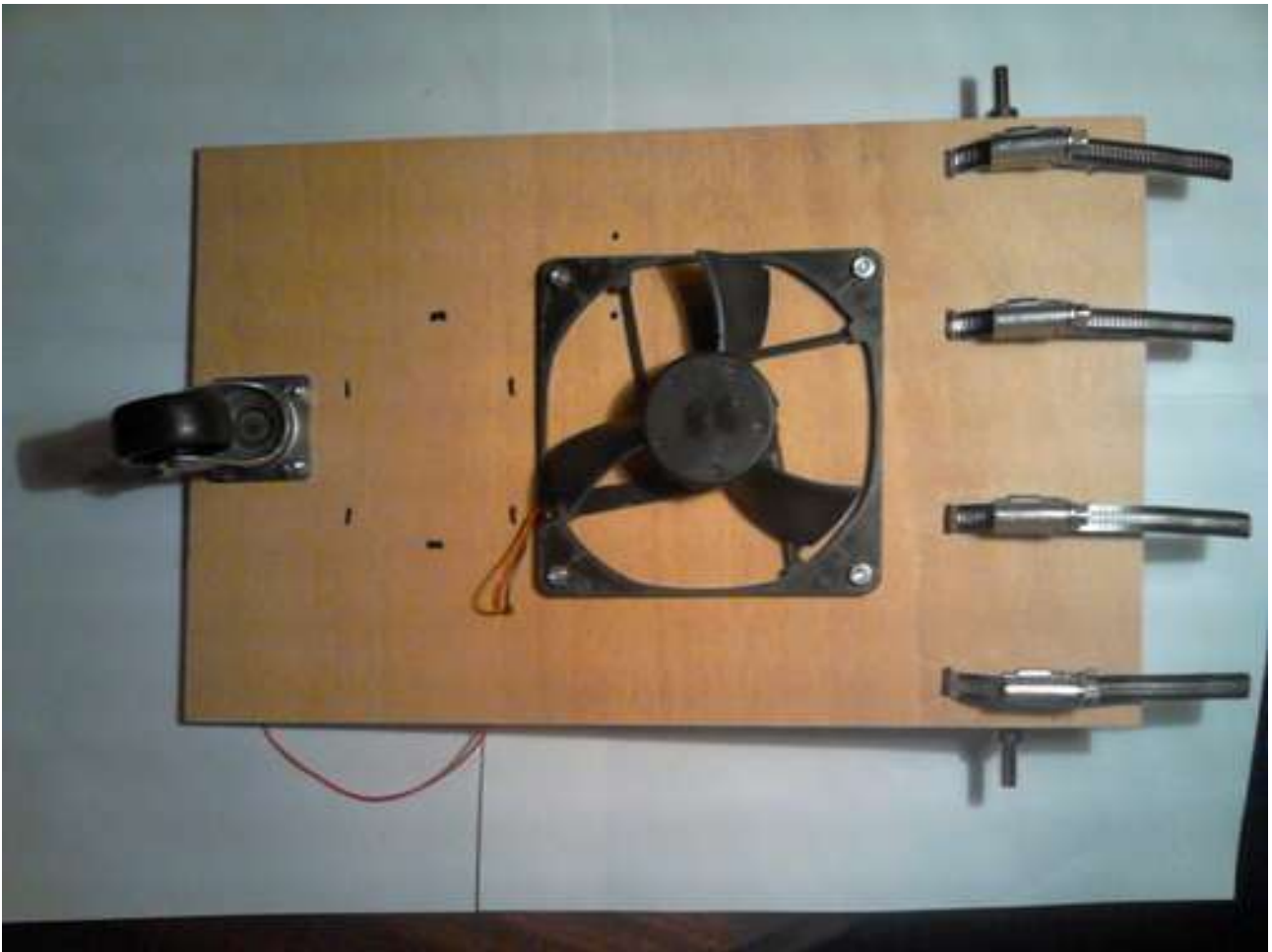


Fig. 24 : La roda de gir lliure fixada



Fig. 25 : Vista superior dels cargols que fixen la roda de gir lliure

Tot seguit posem les 10 piles als portapiles. Les piles són de tipus NiMH, recarregables, de grandària AA, d'1,2V nominals i 2850mAh.



Fig. 26 : Blíster de piles



Fig. 27 : Les deu piles que usarem



Fig. 28 : Els portapiles



Fig. 29 : Els portapiles amb les piles

Les piles, però, vénen de fàbrica amb una tensió de 1,4V reals cadascuna. Tenim un portapiles de 6 piles i un de 4 piles. La idea és connectar-los en sèrie per a aconseguir 12V de tensió (10 piles x 1,2V nominals = 12V nominals; 10 piles x 1,4V reals = 14V reals). Això ho farem connectant el cable negre (negatiu) d'un portapiles amb el cable vermell (positiu) de l'altre, i en els altres dos cables tindrem els 12V (14V).

Un cop tenim instal·lades les piles al portapiles, aconseguim 3 brides de plàstic i fixem amb elles els portapiles a la planxa de fusta. Quan les hàgim tensat fortament, tallem els sobrants amb unes tisores.



Fig. 30 : Les brides per als portapiles

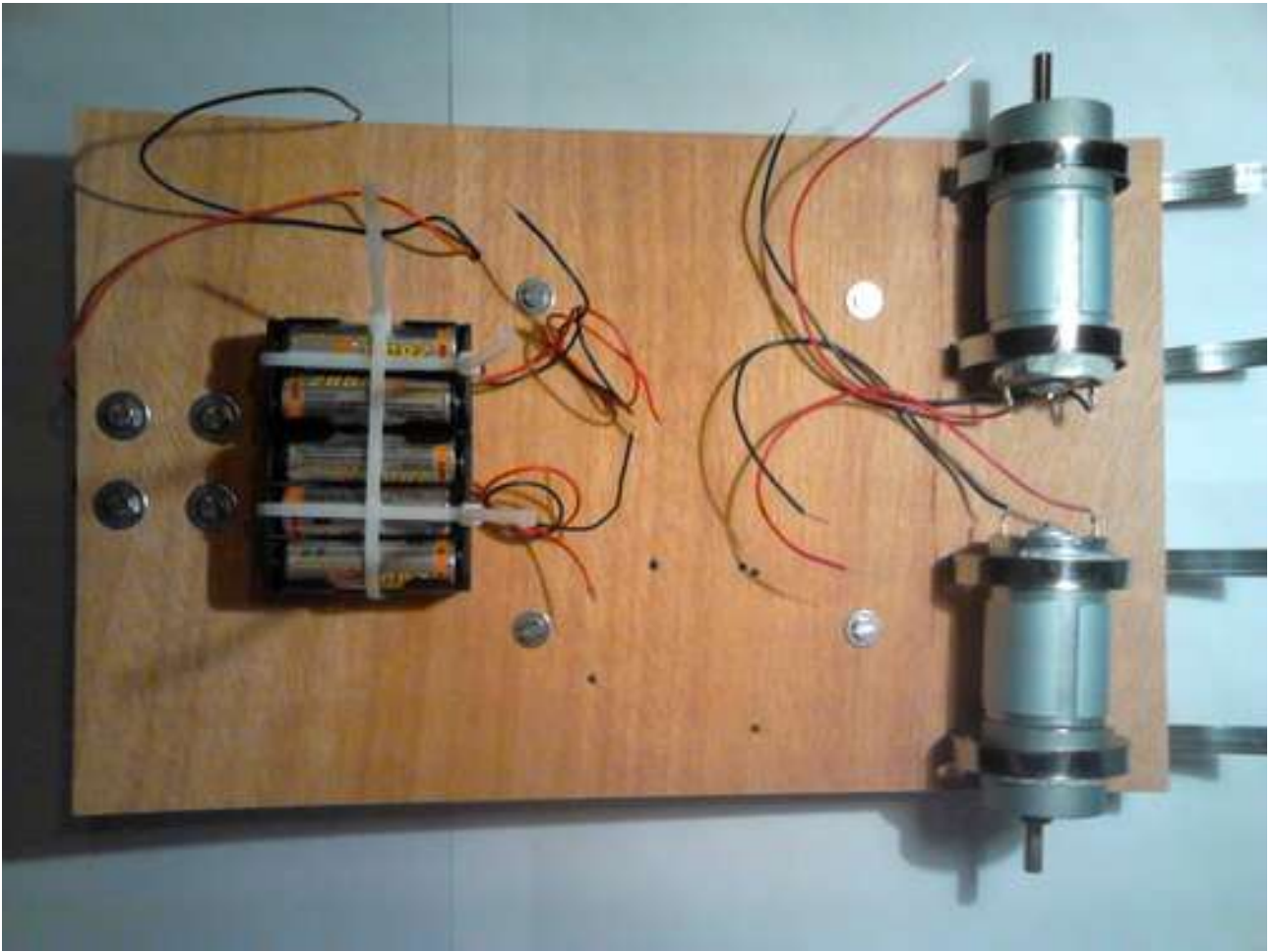


Fig. 31 : Els portapiles fixats al cos del robot amb les brides

Ara acoblarem els casquets als motors, que són necessaris per a unir els motors a les rodes. Per una banda, cada casquet s'acobra a la tija de cada motor amb un cargol, amb una clau Allen, i, per altra banda, amb la roda amb un altre cargol Allen.



Fig 32 : Casquets i cargols per fixar-los i per fixar les rodes

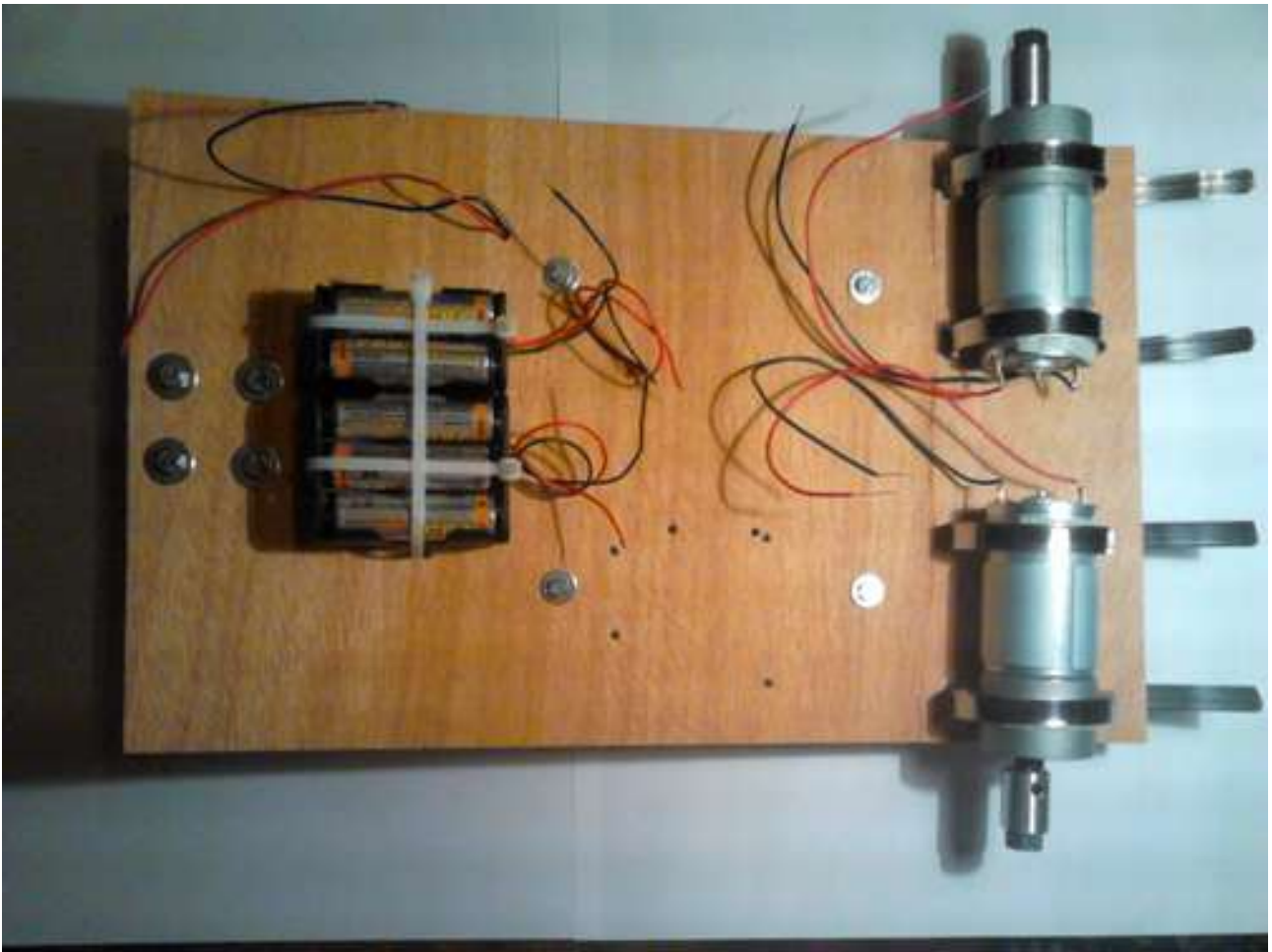


Fig. 33 : Les brides de plàstic tallades i els casquets acoblats als motors

Ara adjuntem les rodes amb els seus cubs:



Fig. 34 : Neumàtics per a les rodes



Fig. 35 : Els cubs de les rodes



Fig. 36 : Una altra vista dels cubs de les rodes



Fig. 37 : Els cubs encastrats als neumàtics

I fixem les rodes amb els casquets:

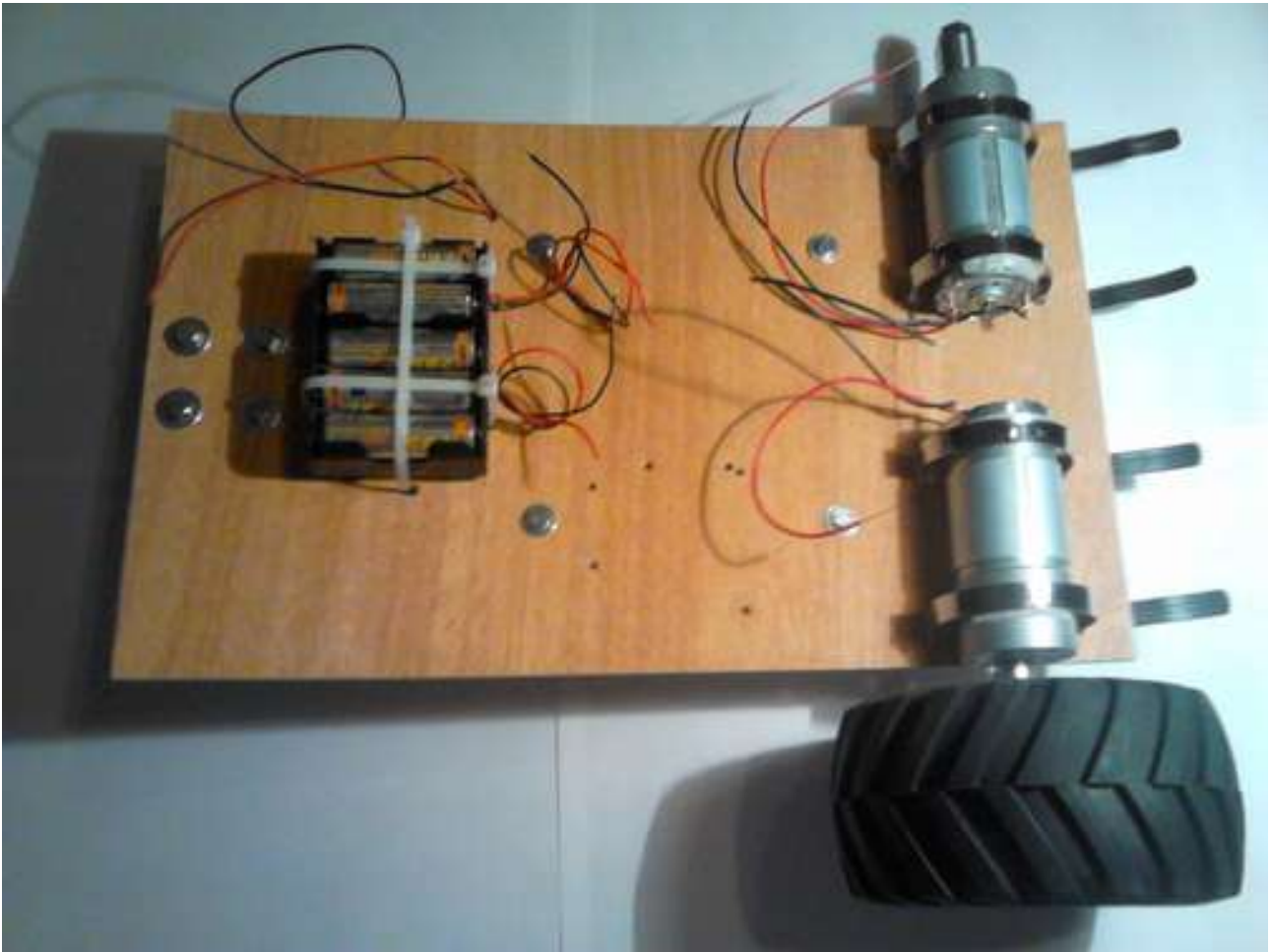


Fig. 38 : Una roda fixada

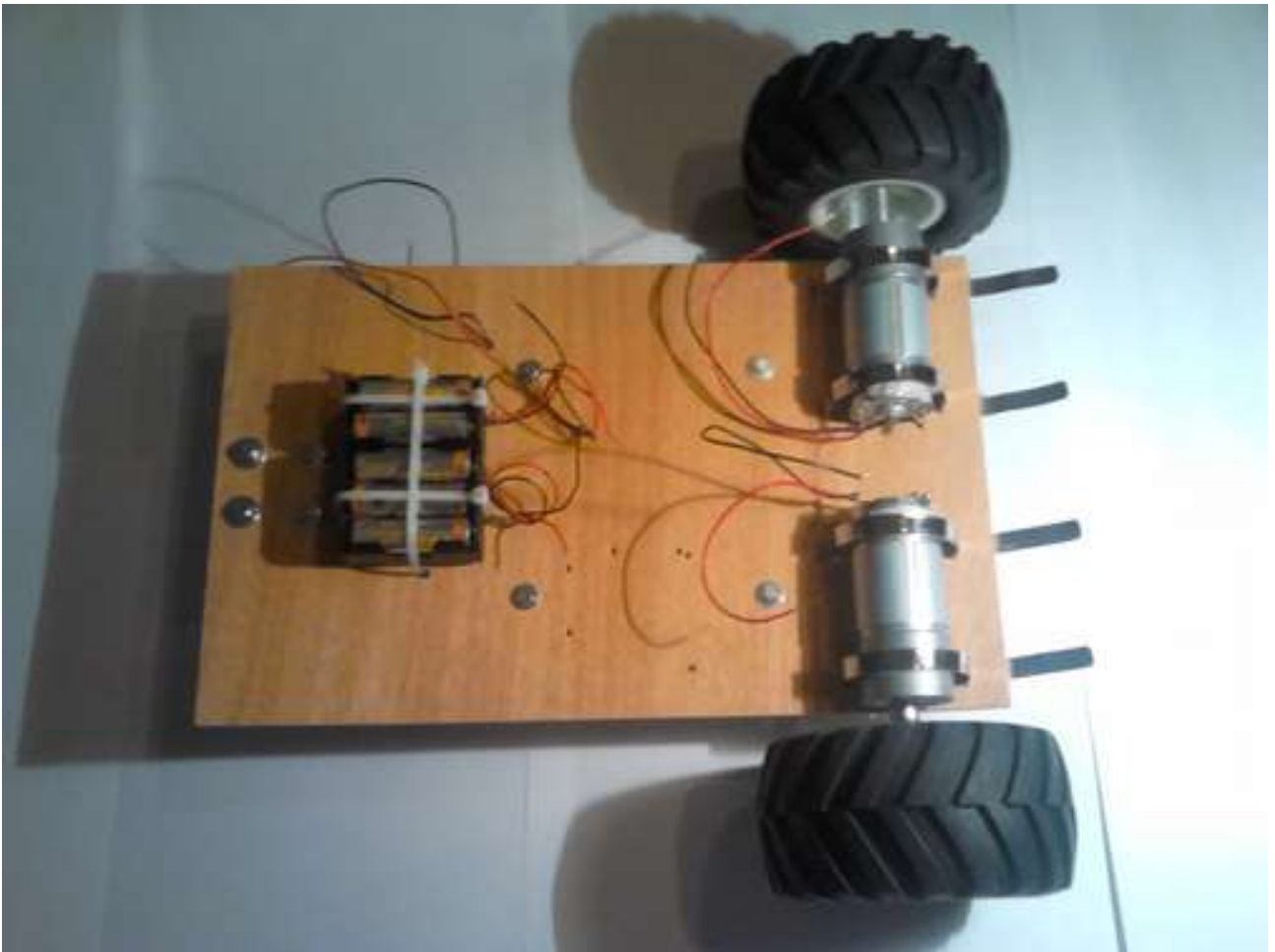


Fig. 39 : Les dues rodes fixades

Ara fixarem la placa Arduino UNO amb 3 cargols de Ø3mm i 10mm de llarg, amb les corresponents femelles. Els forats pels cargols s'han fet de manera que no col·lisionin amb les parts de l'hèlix i la posició de la placa és la correcta per a poder connectar-hi el cable USB.



Fig. 40 : Placa Arduino UNO, cara superior



Fig. 41 : Placa Arduino UNO, cara inferior



Fig. 42 : Cargols per a l'Arduino UNO

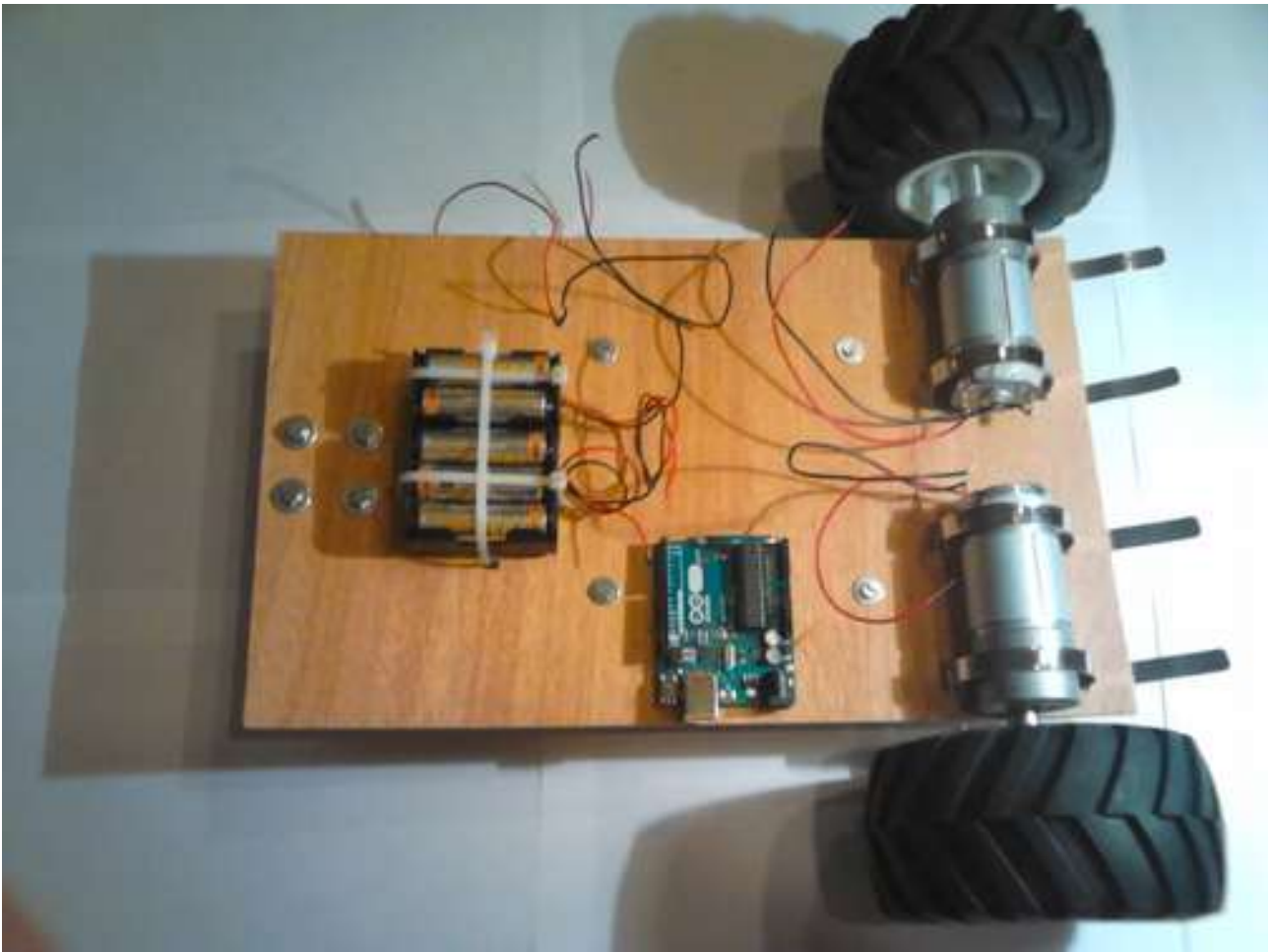


Fig. 43 : La placa Arduino UNO, fixada

La placa Arduino Motor Shield es connecta a la Arduino UNO per mitjà dels pins de què disposa, amb compte de no doblegar-los.



Fig. 44 : Placa Arduino Motor Shield, cara superior



Fig. 45 : Placa Arduino Motor Shield, cara inferior

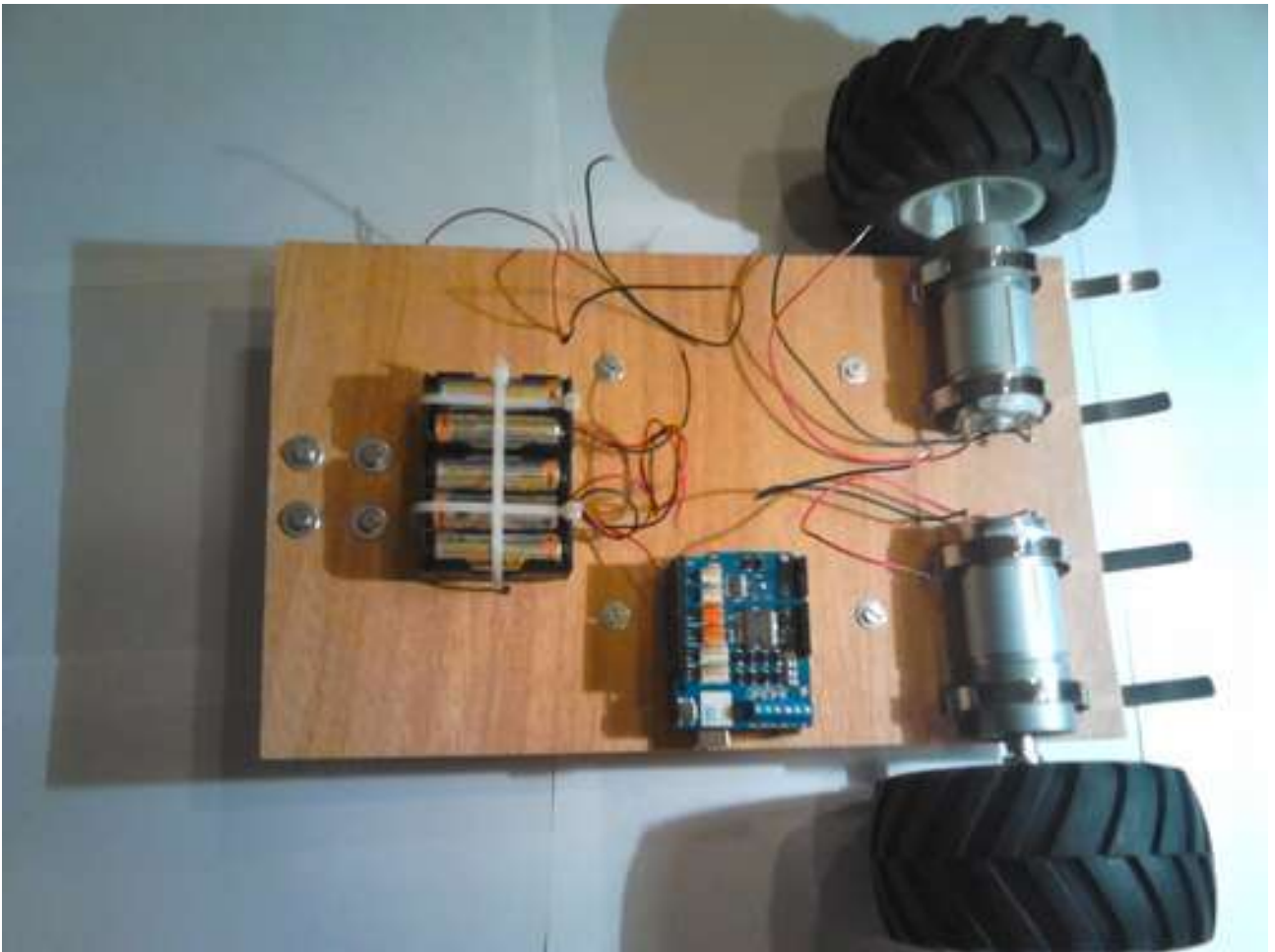


Fig. 46 : L'Arduino Motor Shield, fixada

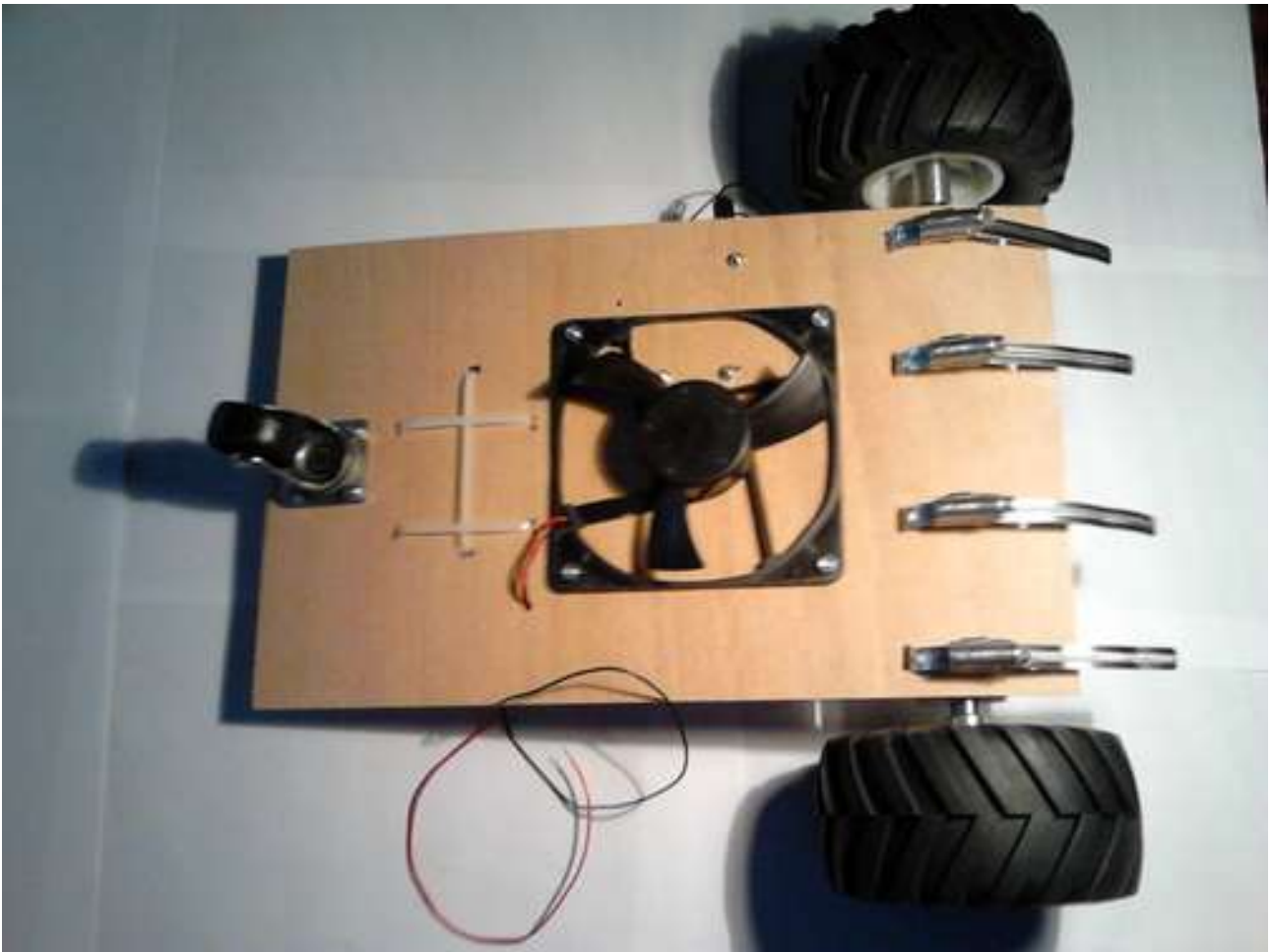


Fig. 47 : Vista de la cara inferior del robot. Es poden apreciar les brides que subjecten els portapiles i els cargols que subjecten l'Arduino UNO

A continuació soldarem al connector jack que servirà per alimentar la UNO els cables corresponents, el cable vermell (positiu) a l'interior i el cable negre (negatiu) a l'exterior.

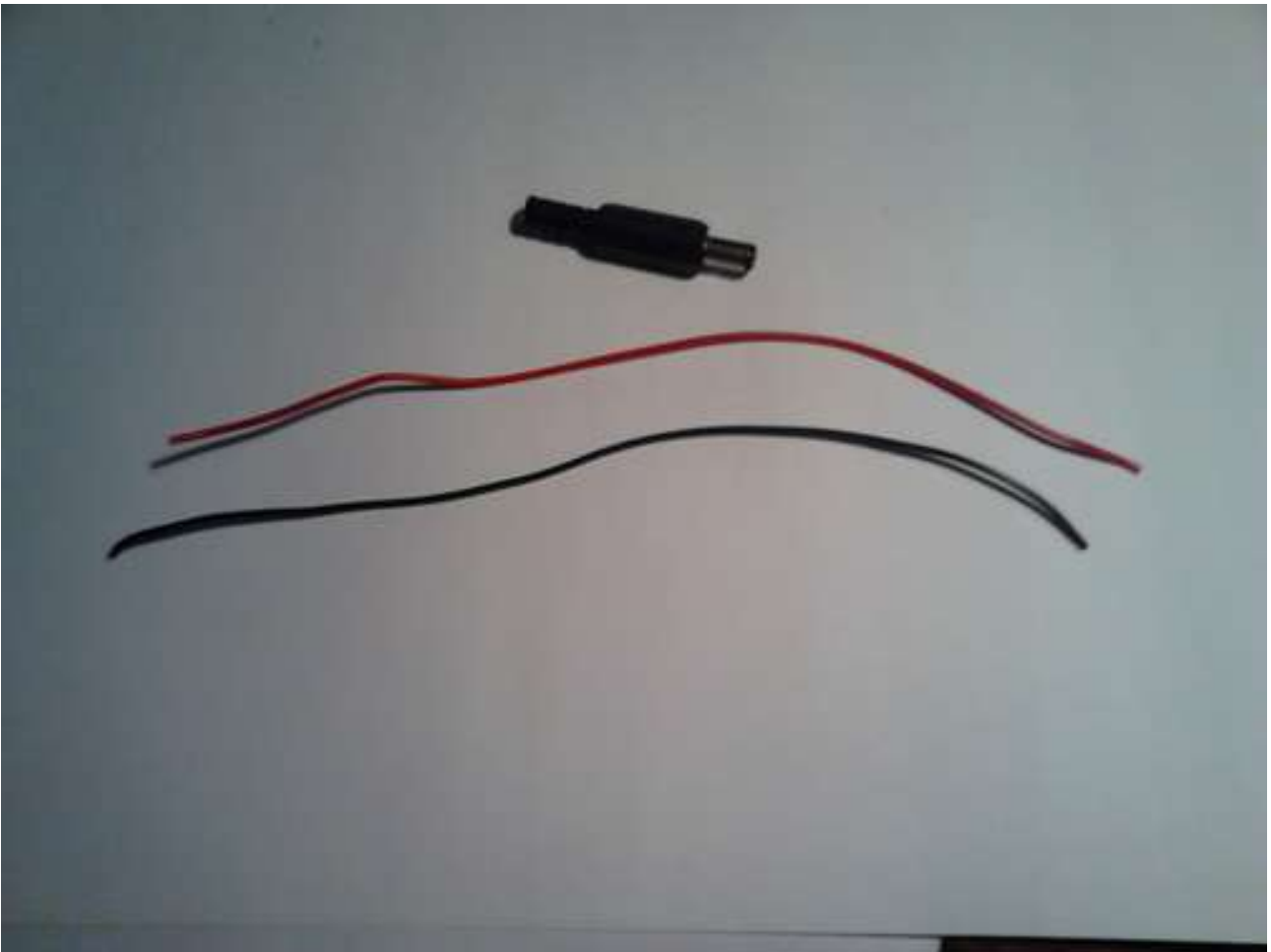


Fig. 48 : Connector jack i cables

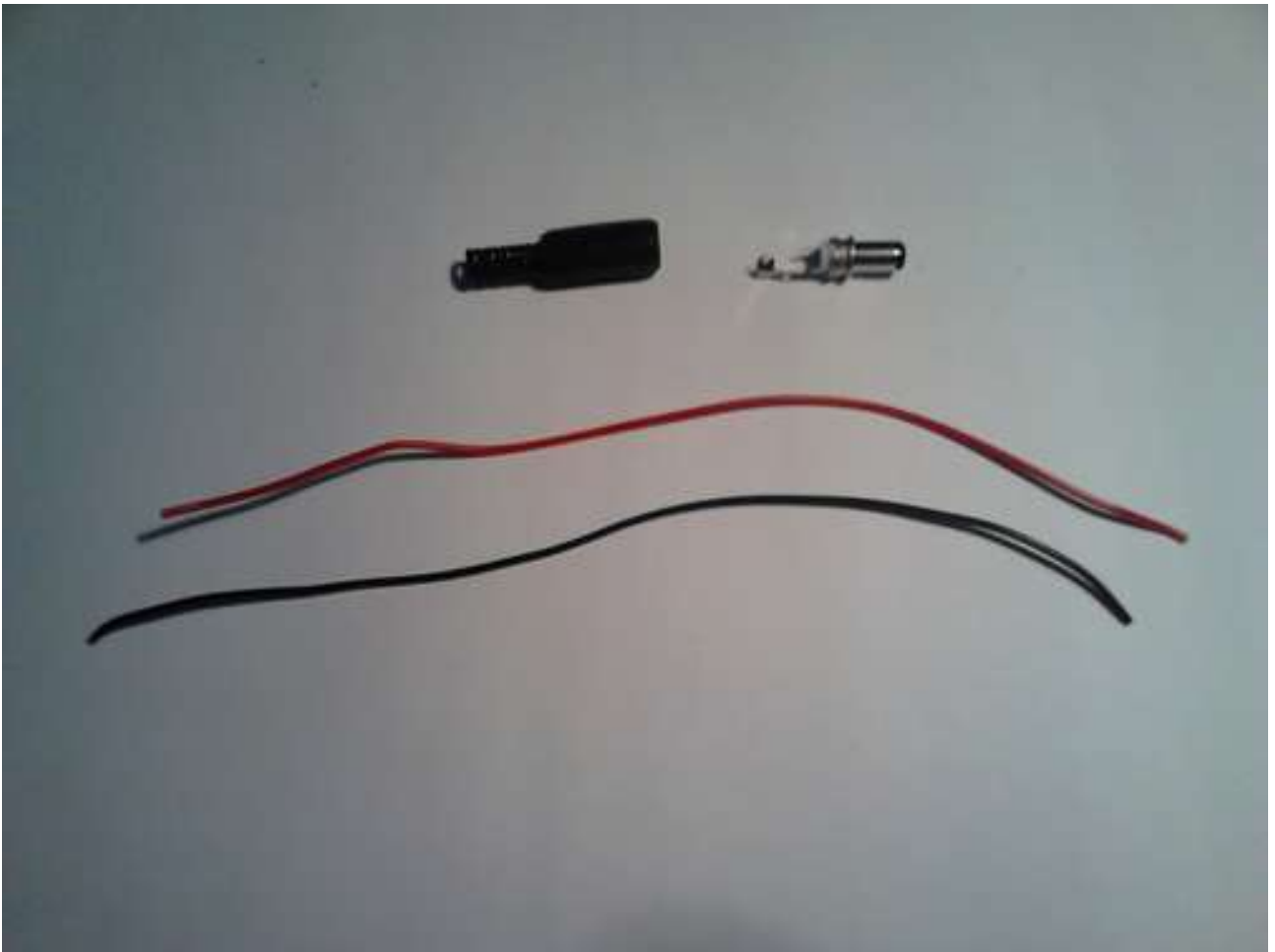


Fig. 49 : El jack amb la funda desenroscada

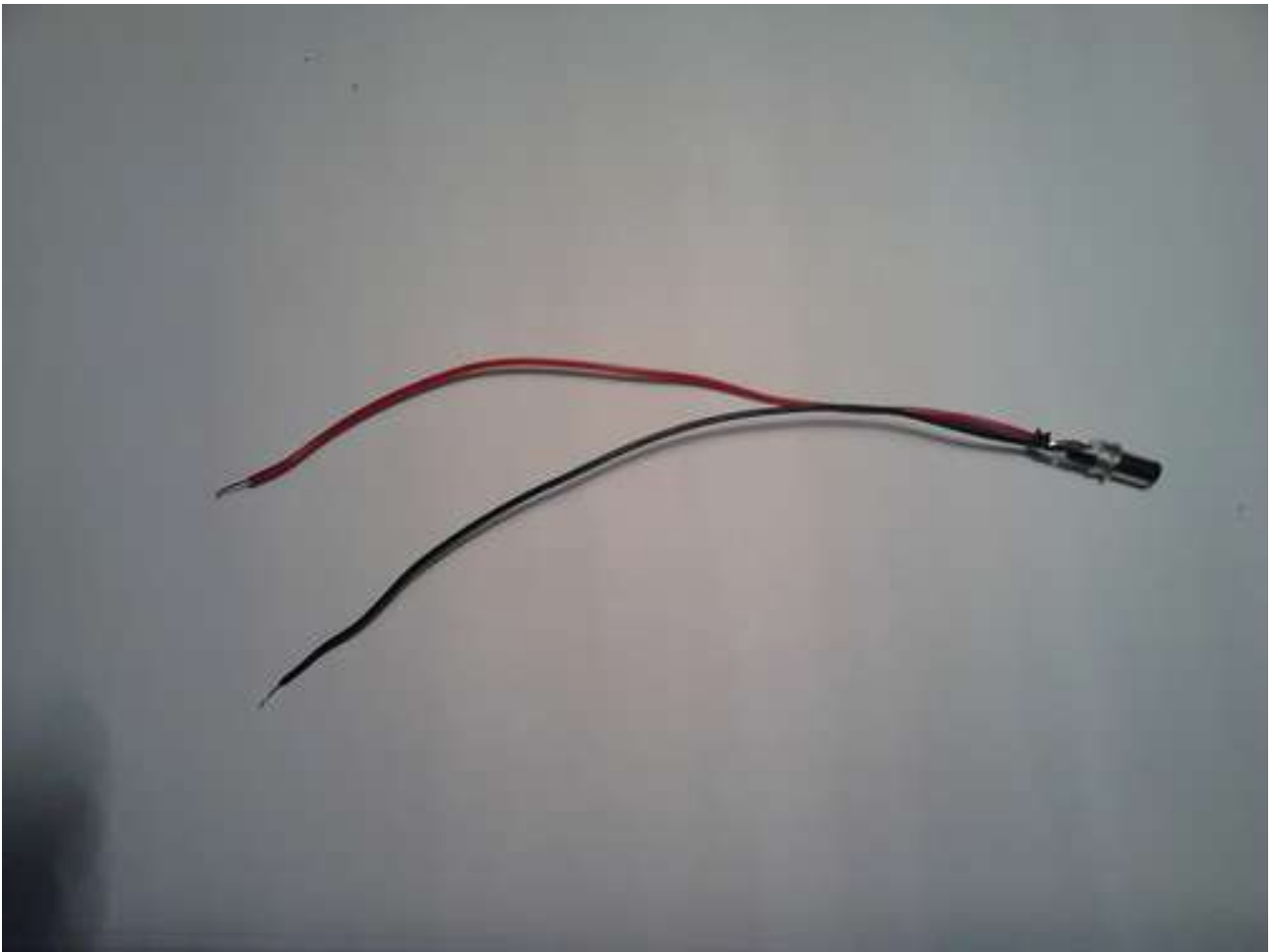


Fig. 50 : Els cables soldats al jack



Fig. 51 : El jack amb la funda enroscada



Fig. 52 : El jack amb la cua tallada

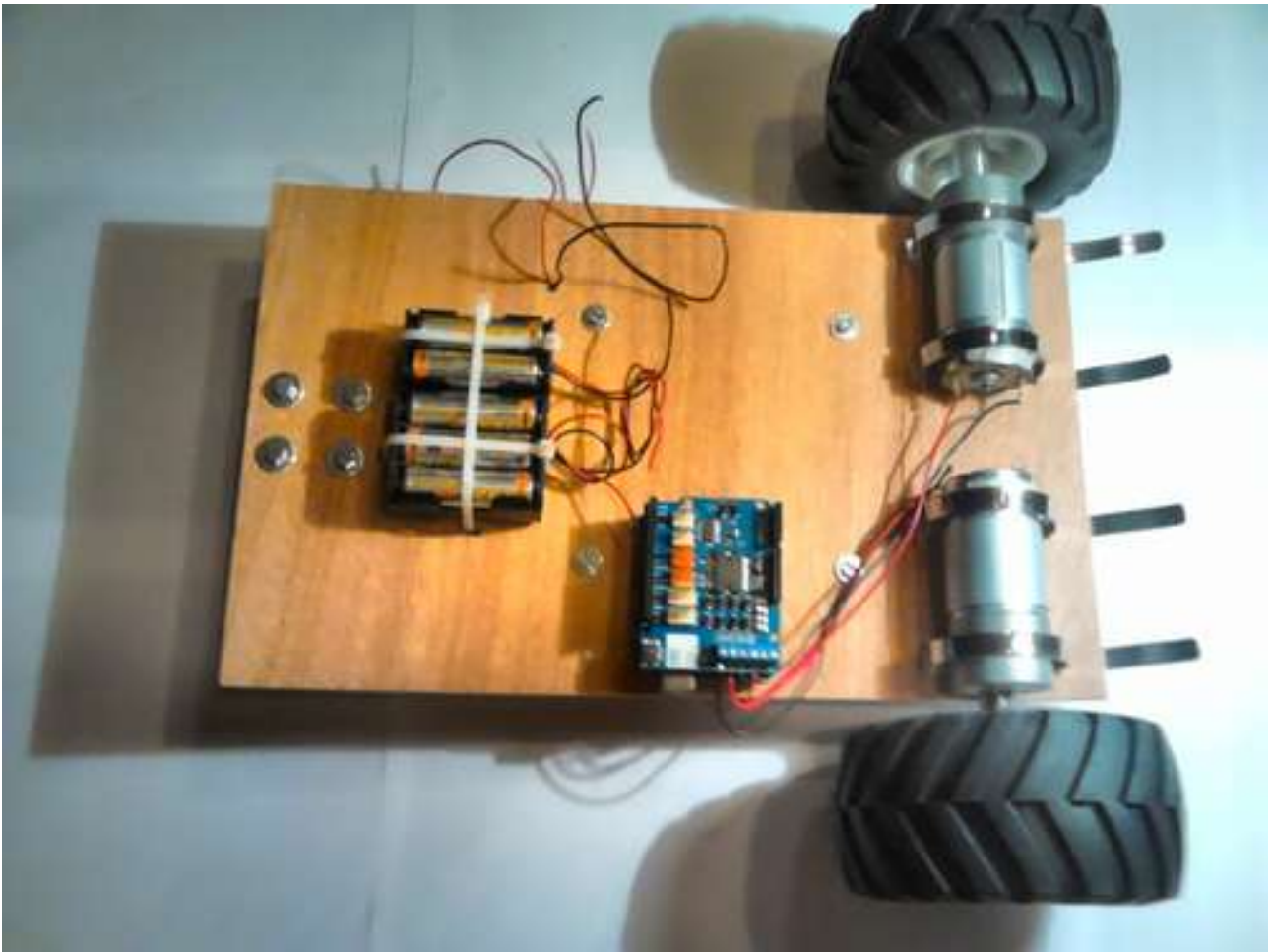


Fig. 53 : Els cables dels motors de les rodes connectats a la Motor Shield



Fig. 54 : Resistències i LED's



Fig. 55 : Transistor i kit dissipador de calor

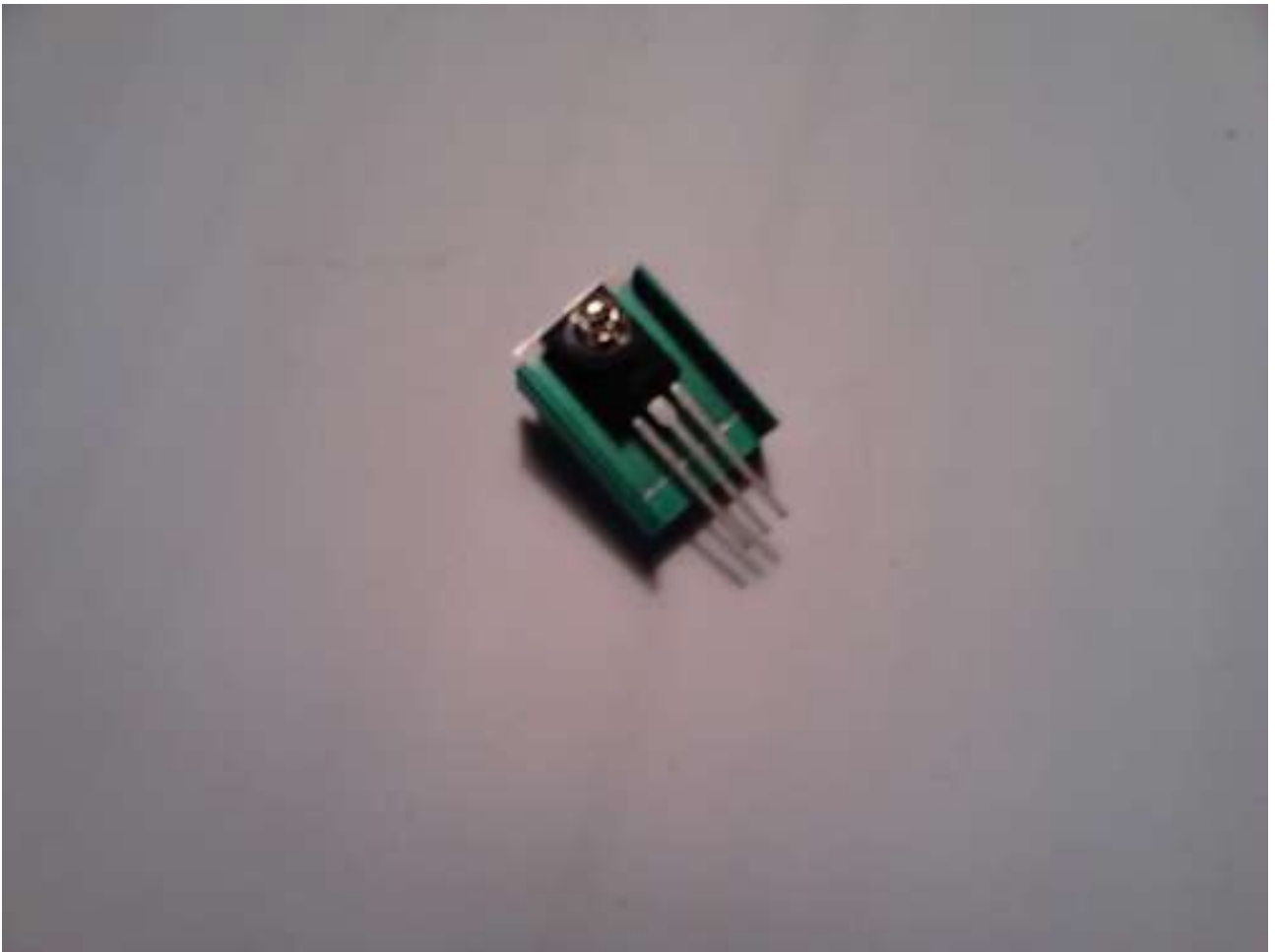


Fig. 56 : El transistor, muntat sobre el dissipador amb la placa de mica

Afegim una placa de proves (proto-board) amb adhesiu plàstic removible (Blu-Tack). En ella muntarem els components electrònics i cables que controlaran el robot.



Fig. 57 : Placa de proves (proto-board)

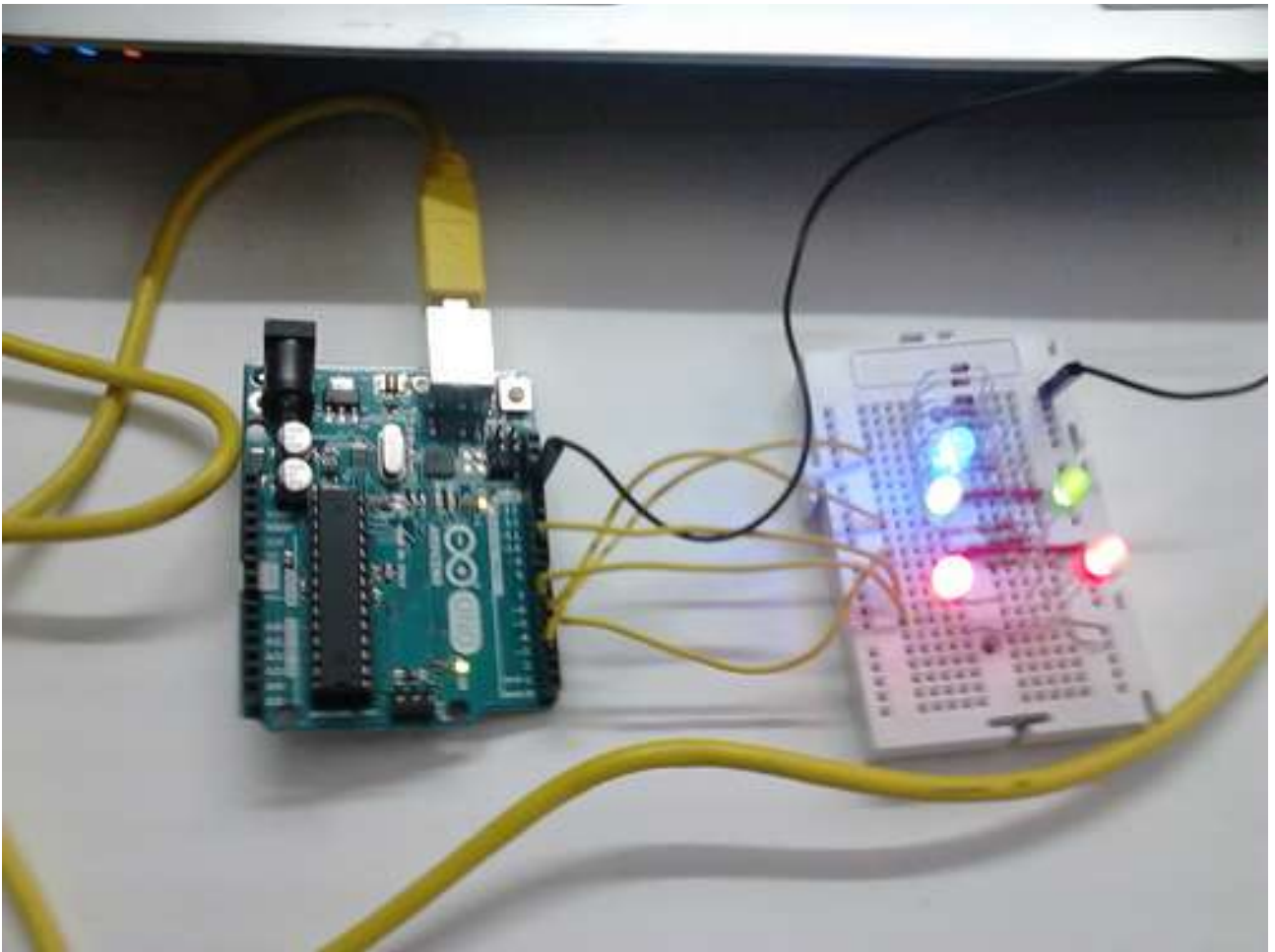


Fig. 58 : Prova dels LED's al protoboard amb la UNO

Posem els components i cables al protoboard (sense els LED's):

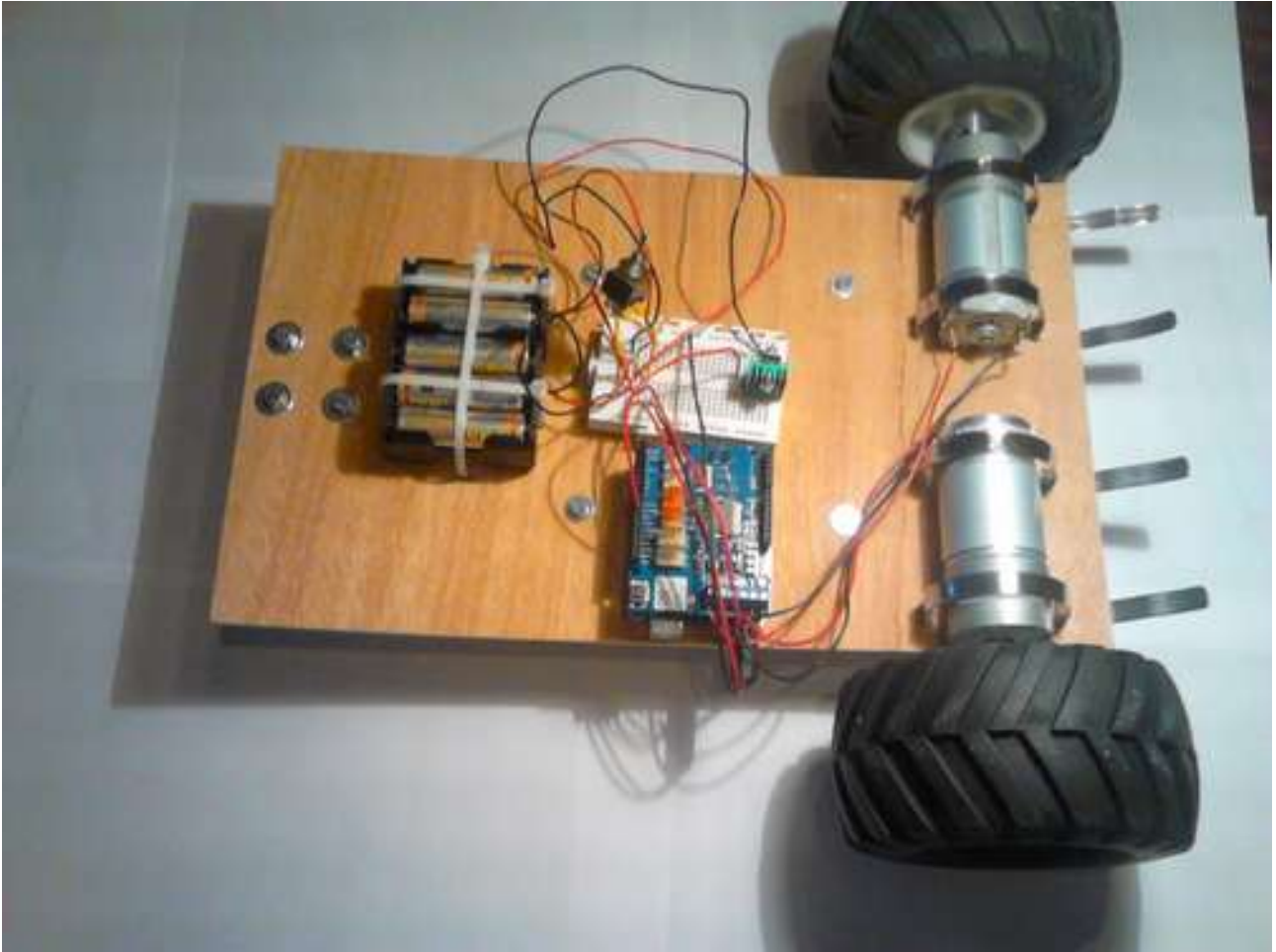


Fig. 59 : Prova dels motors i l'hèlix amb el protoboard

Ara cal fer la prova que el robot funciona segons les especificacions. Per a fer-ho, carreguem el programa ja fet amb l'aplicació d'Arduino.org per mitjà d'un cable USB.



Fig. 60 : Cable USB

Un cop provat el robot, desmuntem els components i cables i els soldem a la placa de circuit imprès.

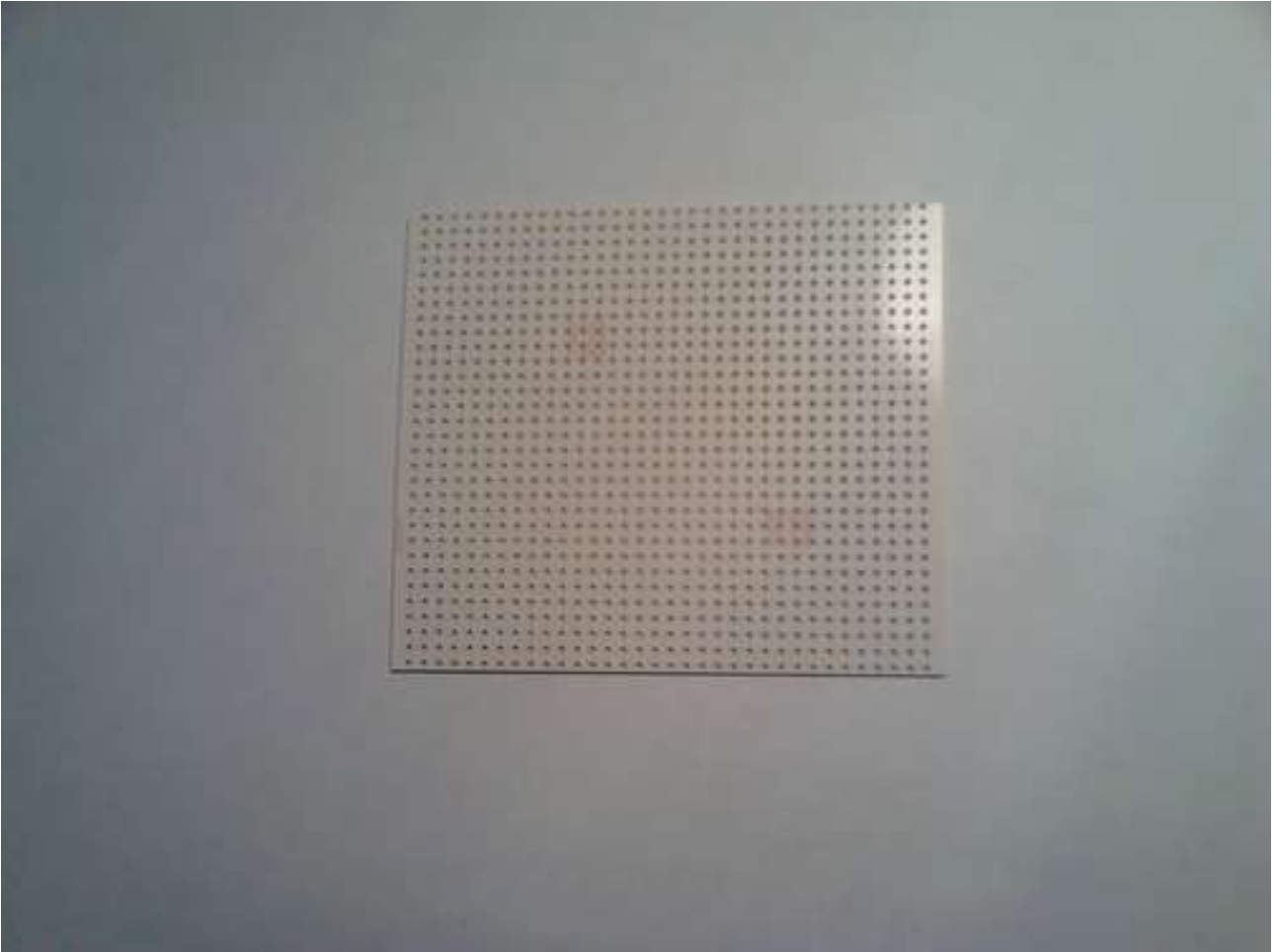


Fig. 61 : Placa de baquelita

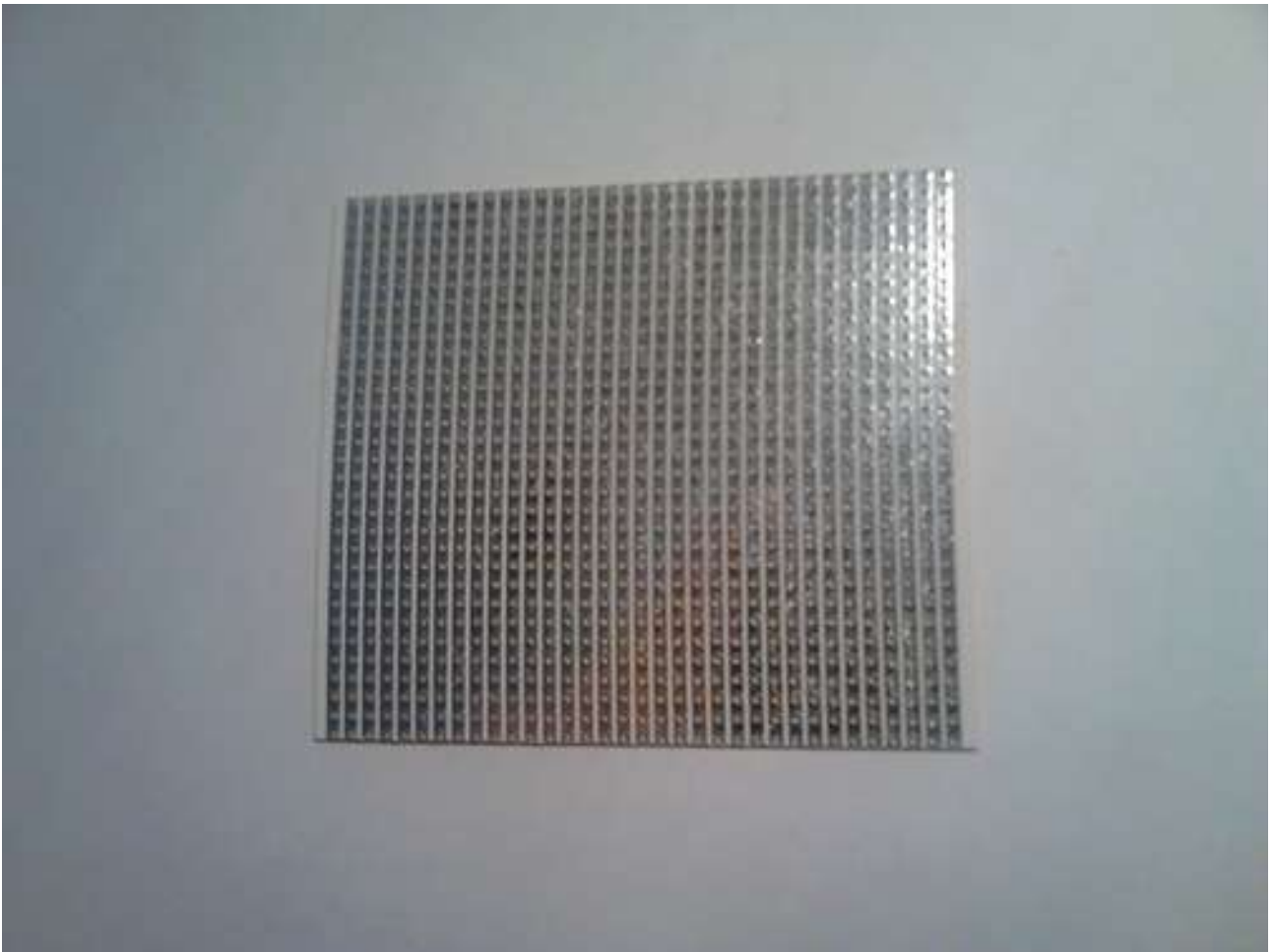


Fig. 62 : Placa de baquelita, cara de soldaduras

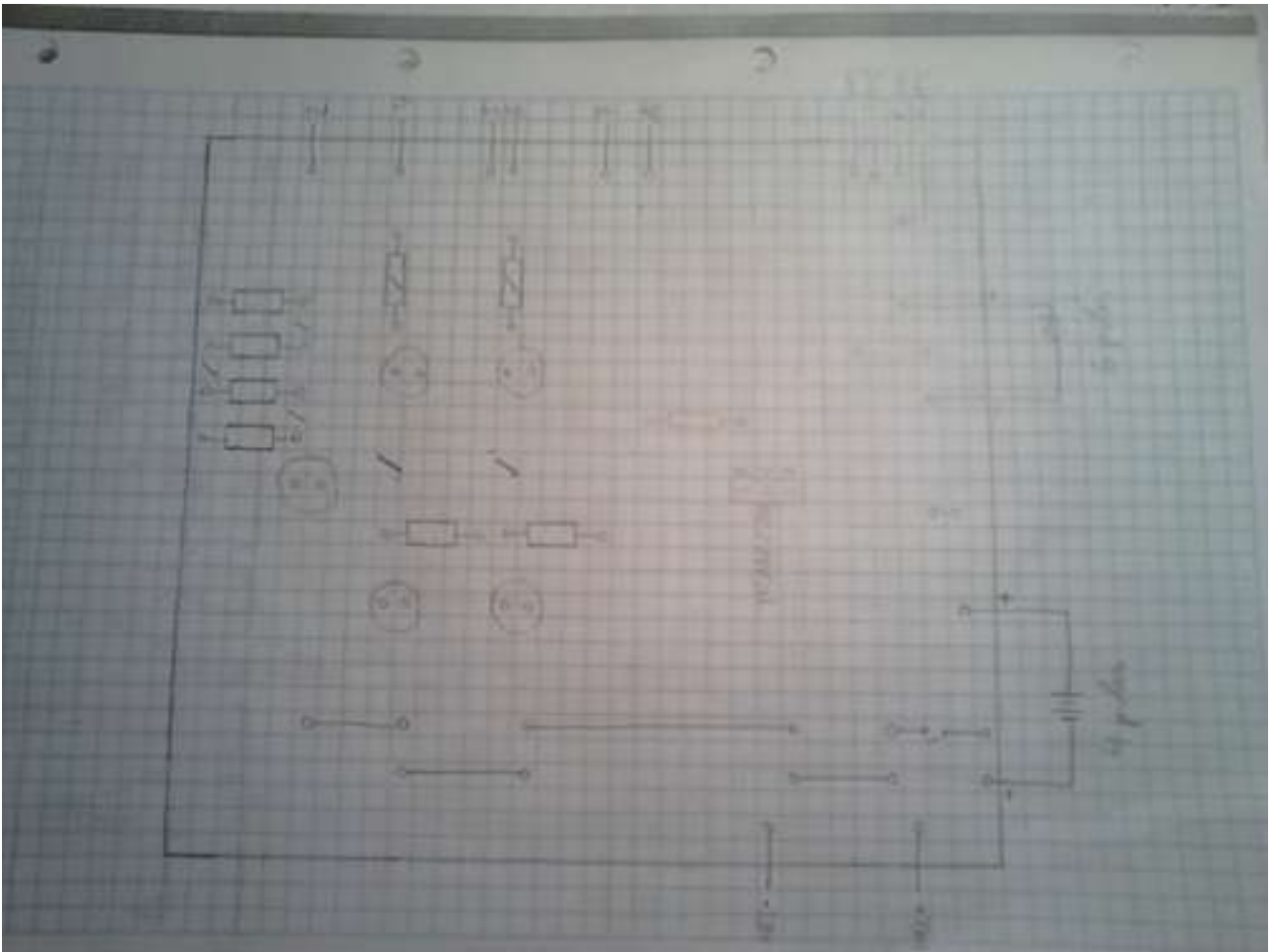


Fig. 63 : Esquema en paper de les connexions de la placa de components

Fixem la placa al cos del robot amb cola termo-fusible, cobrint amb ella els cargols de l'hèlix per a evitar curtcircuits.

3.1.2 DISSENY DEL PROGRAMARI

Hem fet un programa amb l'Arduino Software (IDE) (veure annex) que fa deu passades sobre un camp. Primer, quan connectem l'alimentació, s'encenen tots els LED's durant un segon, com a prova que tot funciona bé. Després, només queda encès el LED blau d'alimentació. Tot seguit, es posa en marxa l'hèlix. Bucle: El robot avança en línia recta durant 10 segons, després fa un gir de 180° a l'esquerra. Si ha fet totes les passades previstes, apaga l'hèlix i tots els LED's (menys el d'alimentació) i el robot es para, sino torna a avançar durant 10 segons més, i fa un gir de 180° a la dreta. Si ha fet totes les passades previstes, apaga l'hèlix i tots els LED's (menys el d'alimentació) i el robot es para. Fi del bucle.

Al principi del programa hem definit tots els pins com a constants amb nom. La variable 'llargs' conté el nombre de passades fetes fins ara. Per moure un motor, primer hem de dir quina direcció té, treure el fre i posar la velocitat.

4 ANÀLISI ECONÒMICA GLOBAL

Pel que fa a l'anàlisi econòmica, el nostre disseny ens permet de tenir un tallagespa bàsic utilitzant peces molt assequibles però que dóna un bon resultat, i, lògicament, amb més recursos es podrien obtenir millors prestacions, però aquest no era l'objectiu del projecte, que era fer-lo amb materials assequibles.

4.1 LLISTA DE COSTOS:

Unitats	Descripció	Cost unitari	Cost total
4	Cargols Ø5mm	0,15 €	0,60 €
4	Femelles Ø5mm	0,05 €	0,20 €
4	Volanderes Ø5mm	0,05 €	0,20 €
4	Cargols Ø4mm	0,10 €	0,40 €
4	Femelles Ø4mm	0,05 €	0,20 €
4	Volanderes Ø4mm	0,05 €	0,20 €
3	Cargols Ø3mm	0,05 €	0,15 €
3	Femelles Ø3mm	0,05 €	0,15 €
1	Placa Arduino UNO R3	20,57 €	20,57 €
1	Placa Arduino Motor Shield R3	24,95 €	24,95 €
1	Planxa de fullola 210x345x3mm	0,20 €	0,20 €
1	Ventilador per a ordinador	21,00 €	21,00 €
10	Piles NiMH AA 1,2V 2850 mAh	3,45 €	34,50 €
1	Portapiles AA 2 x 3	1,45 €	1,45 €
1	Portapiles AA 2 x 2	0,48 €	0,48 €
3	Brides de plàstic 3,6x300mm	0,03 €	0,09 €
1	Roda de gir lliure	2,10 €	2,10 €
2	Motors CC reductor 12V 33rpm	24,37 €	48,74 €
2	Rodes Ø120mm tot terreny	15,63 €	31,26 €
2	Casquets de fixació hexagonal 12mm	5,18 €	10,36 €
1	Placa circuit imprès baquelita pas 2,54	2,66 €	2,66 €
1	LED blau	0,42 €	0,42 €
2	LED's vermells 5mm	0,11 €	0,22 €
2	LED's verds 5mm	0,11 €	0,22 €
4	Resistències 100Ω 1/4W 5%	0,02 €	0,08 €
4	Resistències 220Ω 1/4W 5%	0,02 €	0,08 €
1	Resistència 1KΩ 1/4W 5%	0,02 €	0,02 €
1	Cable per connexions	0,02 €	0,02 €
4	Brides metàl·liques 50 x 70	0,75 €	3,00 €
1	Cola termofusible	0,01 €	0,01 €
1	Fil soldadura estany-plom amb decapant	0,01 €	0,01 €
1	Conmutador de 2 circuits	0,45 €	0,45 €
1	Transistor BD439 TO220	0,25 €	0,25 €
1	Dissipador de calor per transistor TO220	1,13 €	1,13 €
1	Kit mica, cargol, femella i volandera TO220	1,20 €	1,20 €
5	Hores construcció robot	10,00 €	50,00 €
2	Hores programació	10,00 €	20,00 €
	TOTAL:		277,57 €

Fig. 64 : Llista de components i costos

5 CONCLUSIONS

5.1 CONCORDANÇA DE RESULTATS I OBJECTIUS

El prototipus del robot funciona tal i com havíem previst en els objectius generals. La seva velocitat és una mica lenta, però acceptable.

5.2 TREBALL FUTUR

Una cosa que manca al nostre prototipus és més comunicació amb l'exterior. Estaria bé tenir uns sensors de contacte (finals de carrera) que ens indiquessin la presència d'obstacles en el jardí o prat on estigui tallant l'herba el robot, per tal d'evitar-los. Els sensors també podrien ser de presència, amb ultrasons.

Una millor evident és protegir el robot dels elements amb una carcassa robusta.

Una altra millora seria planificar la ruta que ha de seguir el robot.

També estaria bé que, quan el robot estigués a punt d'acabar les bateries, anés a una estació de recàrrega per carregar les bateries altre cop. Això implicaria que el robot sapigués en cada moment la seva posició sobre el terreny i la posició de l'estació de recàrrega.

6 ANNEXOS

Programa de control de la placa Arduino UNO:

```
////////////////////////////////////
// Robot tallagespa           //
// Projecte de Fi de Carrera (PFC) //
// Alumne: David Brunet i Martínez //
// FIB-UPC BarcelonaTech       //
// Agost-Setembre 2015         //
////////////////////////////////////

const int DIR_A_DRETA = 12; // Pin que controla la direcció del motor del canal A (roda dreta).
const int DIR_B_ESQUERRA = 13; // Pin que controla la direcció del motor del canal B (roda
// esquerra).

const int FRE_A_DRETA = 9; // Pin que controla el fre del motor del canal A (roda dreta).
const int FRE_B_ESQUERRA = 8; // Pin que controla el fre del motor del canal B (roda esquerra).
const int PWM_A_DRETA = 3; // Pin que controla el PWM del motor del canal A (roda dreta).
const int PWM_B_ESQUERRA = 11; // Pin que controla el PWM del motor del canal B (roda
// esquerra).

const int CURR_A_DRETA = A0; // Pin que permet mesurar la corrent absorbida pel motor del canal A
//(roda dreta).
const int CURR_B_ESQUERRA = A1; // Pin que permet mesurar la corrent absorbida pel motor del canal
// B (roda esquerra).

// LED's:
const int LED_ALIMENTACIO = 2; // Pin que indica si el robot està activat.
const int LED_AVANCAR_DRETA = 4; // Pin que controla el LED verd que indica que la roda dreta es
// mou cap a endavant.
const int LED_AVANCAR_ESQUERRA = 5; // Pin que controla el LED verd que indica que la roda esquerra
// es mou cap a endavant.
const int LED_FRE_DRETA = 6; // Pin que controla el LED vermell que indica que la roda dreta es
// frena.
const int LED_FRE_ESQUERRA = 7; // Pin que controla el LED vermell que indica que la roda esquerra
// es frena.
```



```

const int TRANSISTOR_HELIX = 10; // Pin que activa o desactiva el relé que controla l'hèlix.

const int MAXIMA_VEL = 255; // Velocitat màxima dels motors.

// A modificar si cal:
const int TOTAL_LLARGS = 10; // Nombre de passades que fa el robot sobre el camp.
const int TEMPS_ENDAVANT = 10000; // Duració en mil·lisegons del moviment cap a endavant del robot.
const int TEMPS_GIR = 11000; // Duració en mil·lisegons del temps de gir del robot.
const int TEMPS_FRE = 200; // Duració en mil·lisegons del temps d'aturada del robot.
const int TEMPS_DIAGNOSTIC = 1000; // Duració en mil·lisegons de la il·luminació inicial dels
LED's.
// Fi d'"a modificar".

int llargs = 0; // Variable que guarda el nombre de llargs fets pel robot.

// Apagar tots els LED's (menys el d'alimentació):
void apagaLEDs () {
    digitalWrite(LED_AVANCAR_DRETA, LOW); // Apaga el LED verd corresponent a la roda dreta.
    digitalWrite(LED_AVANCAR_ESQUERRA, LOW); // Apaga el LED verd corresponent a la roda esquerra.
    digitalWrite(LED_FRE_DRETA, LOW); // Apaga el LED vermell corresponent a la roda dreta.
    digitalWrite(LED_FRE_ESQUERRA, LOW); // Apaga el LED vermell corresponent a la roda esquerra.
}

void encendreLEDsUnSegon () {
    digitalWrite(LED_AVANCAR_DRETA, HIGH); // Encén el LED verd corresponent a la roda dreta.
    digitalWrite(LED_AVANCAR_ESQUERRA, HIGH); // Encén el LED verd corresponent a la roda esquerra.
    digitalWrite(LED_FRE_DRETA, HIGH); // Encén el LED vermell corresponent a la roda dreta.
    digitalWrite(LED_FRE_ESQUERRA, HIGH); // Encén el LED vermell corresponent a la roda esquerra.

    delay(TEMPS_DIAGNOSTIC);

    apagaLEDs();
}

void activaHelix () {
    digitalWrite(TRANSISTOR_HELIX, HIGH); // Activa el relé de l'hèlix, per a què aquesta giri.
}

void desactivaHelix () {
    digitalWrite(TRANSISTOR_HELIX, LOW); // Desactiva el relé de l'hèlix, per a què es pari.
}

// Fa que el robot es mogui cap a endavant:
void endavant () {
    digitalWrite(DIR_A_DRETA, HIGH); // Posa direcció motor A cap a endavant.
    digitalWrite(DIR_B_ESQUERRA, HIGH); // Posa direcció motor B cap a endavant.
    digitalWrite(FRE_A_DRETA, LOW); // Treu el fre del motor A.
    digitalWrite(FRE_B_ESQUERRA, LOW); // Treu el fre del motor B.
    analogWrite(PWM_A_DRETA, MAXIMA_VEL); // Fa girar el motor del canal A a màxima velocitat.
    analogWrite(PWM_B_ESQUERRA, MAXIMA_VEL); // Fa girar el motor del canal B a màxima velocitat.

    digitalWrite(LED_AVANCAR_DRETA, HIGH); // Encén el LED verd corresponent a la roda dreta.
    digitalWrite(LED_AVANCAR_ESQUERRA, HIGH); // Encén el LED verd corresponent a la roda esquerra.
    digitalWrite(LED_FRE_DRETA, LOW); // Apaga (si estava encès) el LED vermell corresponent a la
// roda dreta.
    digitalWrite(LED_FRE_ESQUERRA, LOW); // Apaga (si estava encès) el LED vermell corresponent a la
// roda esquerra.

    delay(TEMPS_ENDAVANT); // Aguantem la situació durant TEMPS_ENDAVANT mil·lisegons.
}

// Fa que el robot giri cap a l'esquerra 180 graus:
void giraEsquerra () {
    digitalWrite(FRE_B_ESQUERRA, HIGH); // Frenem la roda esquerra.
    digitalWrite(FRE_A_DRETA, LOW); // Traiem el fre de la roda dreta.
    analogWrite(PWM_A_DRETA, MAXIMA_VEL); // Fem girar la roda dreta.

    digitalWrite(LED_AVANCAR_DRETA, HIGH); // Encén el LED verd corresponent a la roda dreta.
    digitalWrite(LED_AVANCAR_ESQUERRA, LOW); // Apaga (si estava encès) el LED verd corresponent a la
// roda esquerra.
}

```

```

    digitalWrite(LED_FRE_DRETA, LOW); // Apaga (si estava encès) el LED vermell corresponent a la
                                        // roda dreta.
    digitalWrite(LED_FRE_ESQUERRA, HIGH); // Encén el LED vermell corresponent a la roda esquerra.

    delay(TEMPS_GIR); // Aguantem la situació durant TEMPS_GIR mil·lisegons.
}

// Fa que el robot giri cap a la dreta 180 graus:
void giraDreta () {
    digitalWrite(FRE_A_DRETA , HIGH); // Frenem la roda dreta.
    digitalWrite(FRE_B_ESQUERRA, LOW); // Traiem el fre de la roda esquerra.
    analogWrite(PWM_B_ESQUERRA, MAXIMA_VEL); // Fem girar la roda esquerra.

    digitalWrite(LED_AVANCAR_DRETA, LOW); // Apaga (si estava encès) el LED verd corresponent a la
                                        // roda dreta.
    digitalWrite(LED_AVANCAR_ESQUERRA, HIGH); // Encén el LED verd corresponent a la roda esquerra.
    digitalWrite(LED_FRE_DRETA, HIGH); // Encén el LED vermell corresponent a la roda dreta.
    digitalWrite(LED_FRE_ESQUERRA, LOW); // Apaga (si estava encès) el LED vermell corresponent a la
                                        // roda esquerra.

    delay(TEMPS_GIR); // Aguantem la situació durant TEMPS_GIR mil·lisegons;
}

/* Continua a la pàgina següent */

// Frena el robot:
void frena () {
    digitalWrite(FRE_A_DRETA, HIGH); // Frena el motor del canal A.
    digitalWrite(FRE_B_ESQUERRA, HIGH); // Frena el motor del canal B.

    digitalWrite(LED_AVANCAR_DRETA, LOW); // Apaga (si estava encès) el LED verd corresponent a la
                                        // roda dreta.
    digitalWrite(LED_AVANCAR_ESQUERRA, LOW); // Apaga (si estava encès) el LED verd corresponent a la
                                        // roda esquerra.
    digitalWrite(LED_FRE_DRETA, HIGH); // Encén el LED vermell corresponent a la roda dreta.
    digitalWrite(LED_FRE_ESQUERRA, HIGH); // Encén el LED vermell corresponent a la roda esquerra.

    delay(TEMPS_FRE);
}

void setup() {
    pinMode(LED_ALIMENTACIO, OUTPUT);

    pinMode(DIR_A_DRETA, OUTPUT); // Inicialitza el pin del motor del canal A (roda dreta).
    pinMode(FRE_A_DRETA, OUTPUT); // Inicialitza el pin del fre del canal A (roda dreta).

    pinMode(DIR_B_ESQUERRA, OUTPUT); // Inicialitza el pin del motor del canal B (roda esquerra).
    pinMode(FRE_B_ESQUERRA, OUTPUT); // Inicialitza el pin del fre del canal B (roda esquerra).

    pinMode(TRANSISTOR_HELIX, OUTPUT);

    pinMode(LED_AVANCAR_DRETA, OUTPUT);
    pinMode(LED_AVANCAR_ESQUERRA, OUTPUT);
    pinMode(LED_FRE_DRETA, OUTPUT);
    pinMode(LED_FRE_ESQUERRA, OUTPUT);

    digitalWrite(LED_ALIMENTACIO, HIGH);
    encendreLEDsUnSegon();
    activaHelix();
}

void loop() {

```

```

endavant();
frena();

llargs++;
if (llargs == TOTAL_LLARGS) {
  apagaLEDs();
  desactivaHelix();
  while (true) {} // El robot no fa res més, i es queda quiet, amb els LED's (menys el
                // d'alimentació) i l'hèlix apagats.
}

giraEsquerra();
frena();

endavant();
frena();

llargs++;
if (llargs == TOTAL_LLARGS) {
  apagaLEDs();
  desactivaHelix();
  while (true) {} // El robot no fa res més, i es queda quiet, amb els LED's (menys el
                // d'alimentació) i l'hèlix apagats.
}

giraDreta();
frena();
}

/* Fi del programa */

```

NOTA: En començar el programa, s'executa una vegada el procediment 'setup'; després s'executa el procediment 'loop' repetidament en un bucle infinit .

Transistor BD439: http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheet_pdf/siemens/BD439.pdf

BIBLIOGRAFIA

Informació sobre Arduino: www.arduino.cc

Informació sobre Arduino UNO: <https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno>

Informació sobre Arduino Motor Shield:
<https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoMotorShieldR3>

IDE Arduino: www.arduino.org

Informació sobre Arduino i bateries: www.EducaChip.com

Informació Arduino: www.5Hertz.com

Informació sobre Arduino Motor Shield:
<http://www.trastejant.es/proyectos/proyecto.php?id=7>