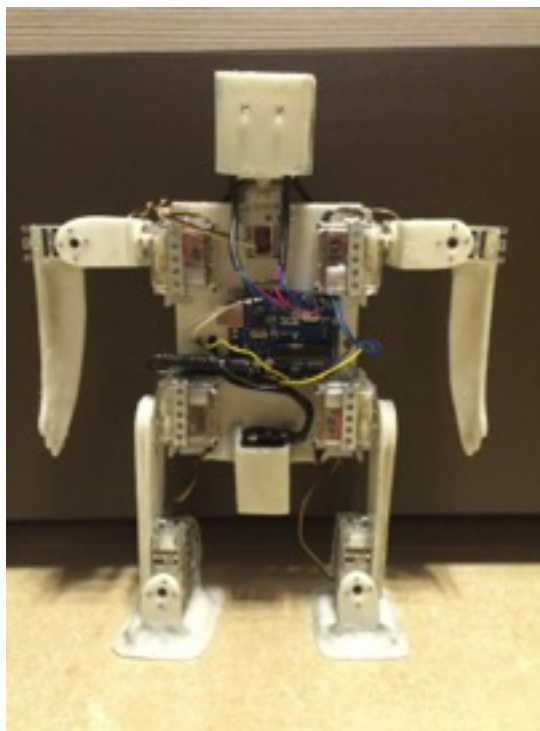


COSBAP, UN ROBOT HUMANOIDE



Curs: 2n Batxillerat

Any: 2014- 2015

TAULA DE CONTINGUTS

Introducció	4
Per què vaig triar aquest treball de recerca?	4
Coneixements previs	6
Justificació del nom (COSBAP)	6
Objectius	7
Coneixements de l'àmbit	8
Conceptes teòrics	9
1• Components	11
1.1 Hardware	11
1.2 Software	17
2• Construcció	20
2.1 Elaboració plàstic polimòrfic	20
2.2 Part mecànica	23
2.2.1 Material necessari	23
2.2.1 Muntatge	24
2.2.3 Posteriors rectificacions i millores	31
2.2.4 Resultat final de la part mecànica	33
2.3 Part elèctrica	34
2.3.1 Material necessari	34
2.3.2 Esquema elèctric	34
2.3.3 Alimentació del robot	35
2.3.4 Funcions i connexions de cada placa	36
2.3.5 Leds RGB	37
3• Programació	39
3.1 Aprenentatge i primers passos	39
3.2 Moviments	40
3.3 Aplicació mòbil	43

4· Fitxa tècnica	46
5· Cost del Robot	47
Conclusions	49
Assoliment d'objectius	49
Possibles millores del robot	49
Agraïments	51
Webgrafia	52

Introducció

Per què vaig triar aquest treball de recerca?

Sempre he tingut interès en el tema de la electrònica, la robòtica i la construcció de maquetes i joguets, cosa que posava en practica ja de ben petit amb el LEGO. Aquest interès ha anat augmentat a mesura que obtenia més coneixements sobre l'electrònica, ja sigui des de l'escola, o bé en projectes o videos externs a l'educació obligatòria.

Durant la ESO, una part de les hores de l'assignatura de tecnologia les dedicàvem a la construcció de diversos objectes, projectes, atenent als diferents temes que explicàvem o treballàvem a classe. A quart d'ESO en concret, vam fer una pràctica amb leds, resistències i altres sensors ja que això era el que estàvem cursant durant aquell trimestre. Quan vam acabar la pràctica cap a finals de curs i era hora de que cadascú recollís el seu material i se l'endugués a casa, van quedar molts components els propietaris dels quals no s'havien interessat en agafar-los. Jo, que sempre ho he volgut aprofitar tot, vaig ficar-los tots en una bossa i m'ho vaig endur a casa.

Llavors, se'm va ocórrer la idea de construir un tipus de sargantana que es mogués quan li toqués el sol, simulant així que buscava la ombra. La primera intenció era que fes servir uns LDR, amb uns finals de carrera que invertien el sentit de gir dels motors per si topava amb alguna paret o material. Tot i haver-ho intentat diferents cops de varies maneres, tot es va quedar en un intent degut a la meva falta de coneixements sobre el tema, podria dir que en aquell moment vaig voler construir el millor cotxe esportiu sense ni tan sols saber el funcionament d'un motor; i des de llavors sempre he volgut supera-ho i muntar quelcom per l'estil.

Així va ser, que el primer full del treball de recerca que vaig emplenar vaig escriure: un invent. Fou així perquè no tenia clar que fer però sabia que el meu treball seria plenament pràctic.

Durant l'estiu vaig anar pensant i evolucionant les diferents idees que tenia. Primer va ser una maqueta de la levitació amb superconductors, però veient-ho una idea molt rutinària, repetitiva i de la qual ja n'existeixen molts prototipus vaig deixar-la anar.

La segona opció per la qual vaig orientar-me era la creació d'un tipus de vestit de superheroï amb materials ignífugs, diferents materials elàstics i resistents. Aquesta idea em semblava emocionant, però des de feia dies no deixava de pensar en la possibilitat de muntar algun robot tot i que em semblava una idea boja i inassequible, motiu pel qual la deixava apartada.

Cada cop que hi pensava en tenia més ganes, pensava en la sargantana i en el robot, no podia treure-m'ho del cap. Així va ser, fins que un dia a mitjans d'estiu vaig canviar el treball del vestit per la creació i disseny d'un robot humanoide.

Ho vaig comunicar al tutor i després de saber que ell també opinava que era una idea molt més innovadora i li semblava millor, vaig pensar en l'error que havia comès anteriorment en la sargantana i em vaig dir que aquell error no tornaria a passar-me.

Coneixements previs

Els meus coneixements que tenia adquirits eren principalment els bàsics d'electricitat, connexions elèctriques i funcionament d'algunes plaques. De programació no en sabia res i d'experiència en aquest tema tampoc en tenia. La falta de coneixements teòrics ja m'havia passat factura un cop en la construcció de la sargantana esmentada en el punt anterior, per tant vaig abastir-me de molta informació al principi del treball de recerca. Vaig buscar per internet, i ràpidament vaig disposar del manual de programació, d'exemples d'humanoides i d'explicacions, exemples i projectes de programacions amb objectes senzills. Des del principi del treball he disposat d'un ampli llibre amb la informació necessària per aprendre tot el necessari, i aquest llibre era l'internet.

Justificació del nom (COSBAP)

COSBAP, és una sigla provinent d'una frase en anglès: “*The Combination Of Simplicities Becomes Astonishing Perfection*” (La combinació de simplicitats resulta en una perfecció sorprenent). Aquesta frase segons el meu punt de vista, descriu el món tecnològic i tota la modernitat que l'envolta. Una cosa no és la més complexa pel seu gran sistema de funcionament o bé la complicació dels seus processos. La cosa més simple, és en efecte, la que resulta més propera a la perfecció. En un món on la tecnologia avança a velocitats desorbitades, és més difícil construir un objecte simple, amb cervell i sentit comú. Per què crear un producte aparatós, que no s'adapti com una peça més amb el seu destinatari, si en el fons, la finalitat de la tecnologia és aquesta?

Aquest estil de pensar, molt impulsat en la tecnologia actual en les empreses que confien en la part del disseny dels seus productes tant com en la part electrònica, es pot aplicar en el robot que jo he creat. Sempre he tirat pel camí

més senzill, quan una cosa no sortia, tornava al origen però no pot tornar pel mateix camí, sinó per intentar tornar-ho a fer d'una forma més senzilla.

Objectius

L'objectiu principal del meu treball és el disseny, la construcció i programació d'un robot humanoide controlable des d'un mòbil Android a través del reconeixement de veu, que realitzi els següents moviments: abraçar, moure el cap, canviar el color dels ulls, fer una reverència, saludar, fer flexions i caminar. Per aconseguir aquest objectiu de manera òptima, he d'anar assolint diferents objectius necessaris i condicionants per que aquest treball es realitzi òptimament. Aquests objectius, són els següents:

- Entendre el funcionament d'Arduino, i aprendre les funcions necessàries pel meu robot. Això va ser el primer que vaig fer, descarregar el manual de programació Arduino i llegir-me'l sencer. Després, començar a programar amb petits exemples amb la finalitat d'agafar la suficient pràctica en el tema.
- Aprendre a fer funcionar el Fritzing (programa pertanyent al software necessari per aquest treball) per tal de poder editar circuits electrònics a l'ordinador, dibuixar l'esquema del meu robot.
- Després de fer els moviments del robot, he d'aprendre a fer funcionar l'Appinventor per tal de poder crear l'aplicació per mòbils Android.

Coneixements de l'àmbit

Què és un robot humanoide?

Un robot humanoide és un tipus de robot construït per actuar i assemblar-se tant físicament, com en les seves funcions i moviments a un humà.

Poden ésser creats per finalitats recreatives, proves experimentals o bé per imitar una part del cos humà en concret. Els robots humanoides que es destinen a imitar per complet físicament un ésser humà s'anomenen androides. El terme per al sexe femení d'aquests, es diu genoide; tot i que androide s'usa pels dos sexes.

Robots humanoides en l'actualitat

La creació de robots d'aparença física similar a un humà, actualment no es posa en pràctica ja que per dur a terme les seves funcions, la forma humana no és necessària i a vegades suposa una molèstia i una pèrdua de diners.

Aquests tipus de robots estan destinats a finalitats d'entreteniment, i tot i no rebre molta atenció per part del públic. Així doncs existeixen androides que competeixen en tornejos de futbol (RoboCup), altres models patrocinats per marques tecnològiques molt prestigioses, la finalitat dels quals recau en la publicitat, en la motivació de la societat per la tecnologia i en ajudes a persones amb problemes físics (QRIO- Sony, ASIMO- Honda).

El desenvolupament més avançat es dona en els robots humanoides que no necessàriament imiten la forma física d'un humà. Tot i tindre les funcions motrius molt similars, el disseny estètic s'elabora basant-se en la seva funcionalitat, per tal de que sigui el més petit, potent i efectiu que es pugui. En aquests últims, la seva finalitat recau en les funcions, controlades per microprocessadors i components electrònics que el fan funcionar segons desitjat.

Picaxe vs Arduino

A nivell educatiu i de prototipus de petita escala, els dos sistemes de microcontroladors més reconeguts i empleats s'anomenen Arduino i Picaxe. El primer és d'origen italià, el segon britànic i els orígens dels dos era per dedicar-ho al ensenyament. Han anat evolucionant, i els dos amb els seus punts forts i les seves febleses, dominen el sector de la programació de petits robots i màquines o prototipus robòtics.

Arduino té l'afegit de que el seu hardware és més ràpid a l'hora de llegir les ordres, té unes plaques concretes estandarditzades en el mercat i el seu software està lligat a la part física.

El primer que vaig fer fou descarregar els dos programes i comparar, el Picaxe ofereix un simulador que al principi és de gran ajuda, però jo vaig entendre ràpid com funcionava aquest codi i creia que no em seria necessari el simulador. Per internet vaig trobar més guies i consells pel programa Arduino i em cridava més l'atenció que el Picaxe així que em vaig decidir per Arduino.

Vaig descarregar la guia oficial de programació traduïda al castellà i va ser el primer que vaig fer, llegir i entendre com programar.

Conceptes teòrics

Humanoide: qualsevol ésser o objecte que reproduïx les funcions corporals d'un humà, no necessàriament amb el mateix aspecte.

Androide: ésser que fa les funcions d'un humà i s'hi assembla físicament amb l'estructura i aparença corporal.

Cyborg: organisme mecànic millorat a base de tecnologia artificial o al qual se li ha afegit algun component electrònic amb una funció corporal determinada.

Servomotor: mecanisme format de parts mecàniques i elèctriques, de funcionament similar a un motor de rotació de corrent continu, capaç de situar-se en una posició del seu rang i mantenir-s'hi estable.

Parell motor d'un servomotor: és el moment de força que exerceix aquest servo sobre el capçal o peça que tingui incorporat.

Microcontrolador: és un sistema basat en un microprocessador destinat a controlar equips electrònics que incorpora CPU, sortides i entrades i memòria en un sol xip.

Diferència entre analògic i digital: Els objectes digitals, tan sols poden prendre valors determinats, o bé 0 o bé 1. En canvi els analògics tenen infinits valors entremig de dos altres. Per exemple, un rellotge analògic per passar de 1 segon a 2 segons, la agulla recorre una infinitat de valors intermitjos, en canvi el rellotge digital passa de 1 segon a un altre sense importància dels intermitjos. La senyal analògica és contínua.

Senyal pwm (modulació d'amplada per polsos): sortida que modifica el cicle de treball d'una senyal periòdica amb la finalitat de controlar la energia d'aquesta càrrega o bé per transmetre informació a través d'aquesta. És el cas de les senyals que envia la placa als servomotors del nostre robot.

Llenguatge C: Llenguatge de programació creat a l'inici de la dècada dels 70, és el més empleat en programació de sistemes operatius i programacions bàsiques. És un dels dos llenguatges de programació que admet l'arduino.

Llenguatge C++: És un llenguatge de comunicació per programació inventat el 1980 per permetre la manipulació d'objectes, sorgeix com una variació del llenguatge C. Aquest és el segon tipus de llenguatge de programació que admet Arduino.

Protoboard: És una placa de proves, amb diferents orificis connectats entre sí. Els forats situats a la part del mig, estan connectats entre si verticalment i els dels extrems horitzontalment, aquest últims solen emprar-se pels bornes + i -.

1 · Components

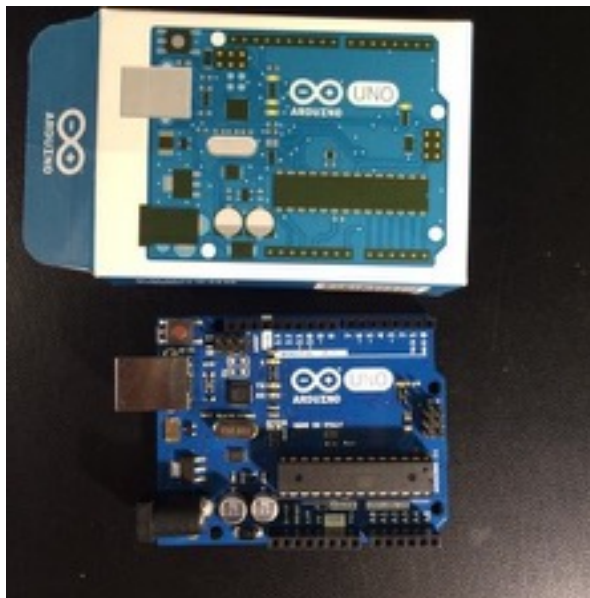
1.1 Hardware

Arduino UNO:

Aquesta és la placa que incorpora el microcontrolador (ATmega328) que dirigeix el robot. Consta d'un microcontrolador de codi obert, 14 entrades/sortides digitals (6 es poden fer servir com a sortides PWM), 6 entrades i/o sortides analògiques, connexió per USB, jack d'entrada d'alimentació, botó de reset i sortides per alimentar altres controladors. En el meu cas s'alimenta d'una bateria de 9V.

En aquesta placa les sortides són a 5V, però si es vol hi ha una sortida a 3.3V.

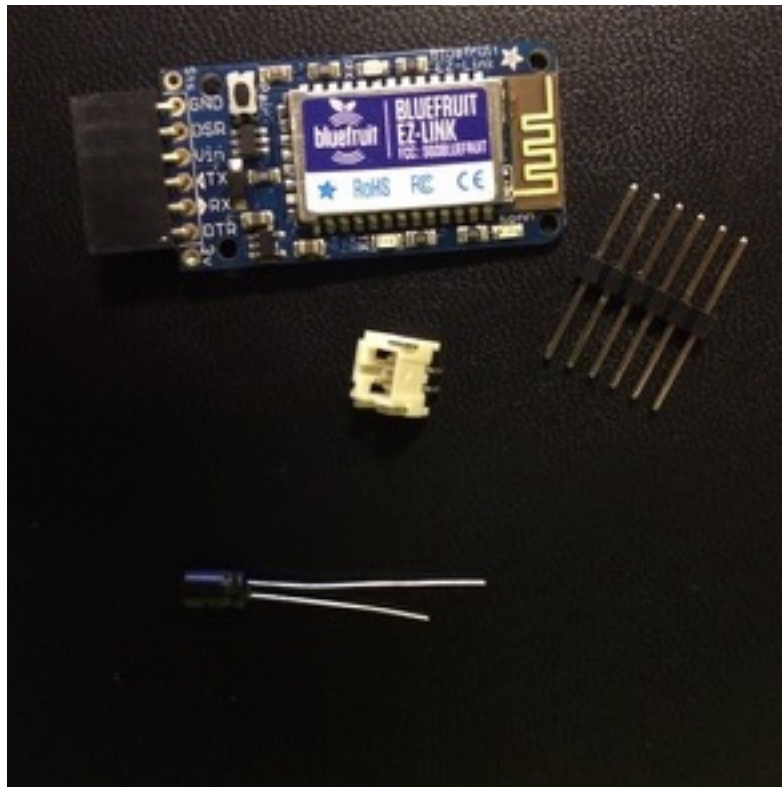
La memòria del seu microprocessador és de 32 KB



Bluefruit bluetooth ez-link

És un mòdul bluetooth per la programació de l'Arduino, té la característica de detectar i canviar automàticament la velocitat de transmissió. Funciona perfectament amb Windows i Mac, Linux no està disponible pel moment. També funciona amb Android, amb iOS no degut al seu sistema de comunicació; però la mateixa empresa té un altre mòdul bluetooth exclusiu per a iOS.

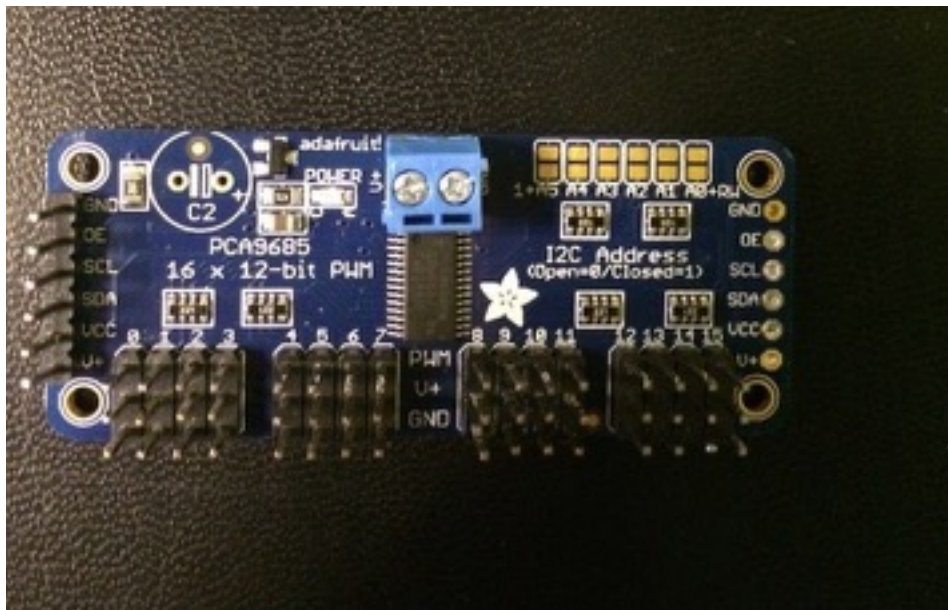
El paquet inclou tot el necessari per a ser muntat, fins i tot el condensador de 1uF.



Adafruit 16-Channel 12-bit PWM/Servo Driver

Aquesta placa la desenvolupa la mateixa empresa que el bluetooth, i permet a través de tan sols dos pins controlar fins a 16 servos/ leds. El microprocessador d'aquesta placa s'alimenta a través de la placa Arduino i les diferents sortides (servomotors o leds) de una font externa (en el meu cas una bateria recarregable NiMH de 6V. Permet si es vol controlar fins a 992 sortides pwm, a base d'encadenar diferents plaques (fins a un màxim de 62).

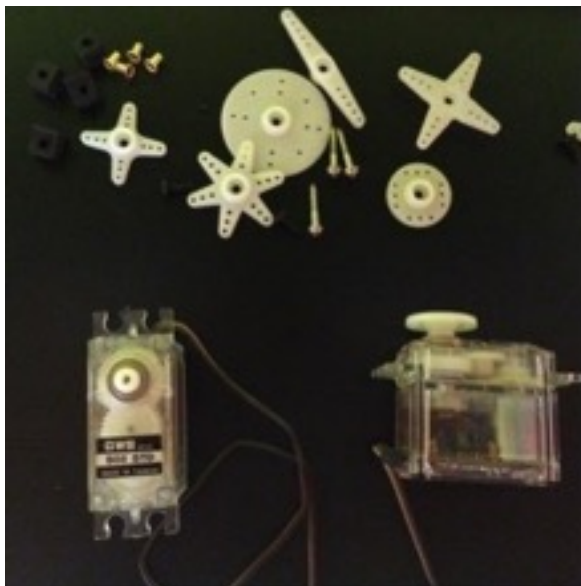
Quan va arribar a casa, tenia totes les peces necessàries per muntar, però sense soldar tots els capçals dels servos, pins, i capçal per la font d'alimentació externa. Per al rendiment òptim de la placa també vaig afegir-li un condensador de 1 kuF.



Servomotor GWS Standard SO3 STD

9 servomotors d'aquest tipus són els encarregats dels moviments del robot. Actuen com a les articulacions humanes. En els robots humanoides de mida real, la inversió és molt costosa referent a servomotors, degut a la complexitat de les articulacions humanes. Alhora de triar-ne la quantitat pel meu robot, he considerat que amb 9 servomotors simulava bastant real el moviment humà distribuint dos articulacions per extremitat i una pel cap.

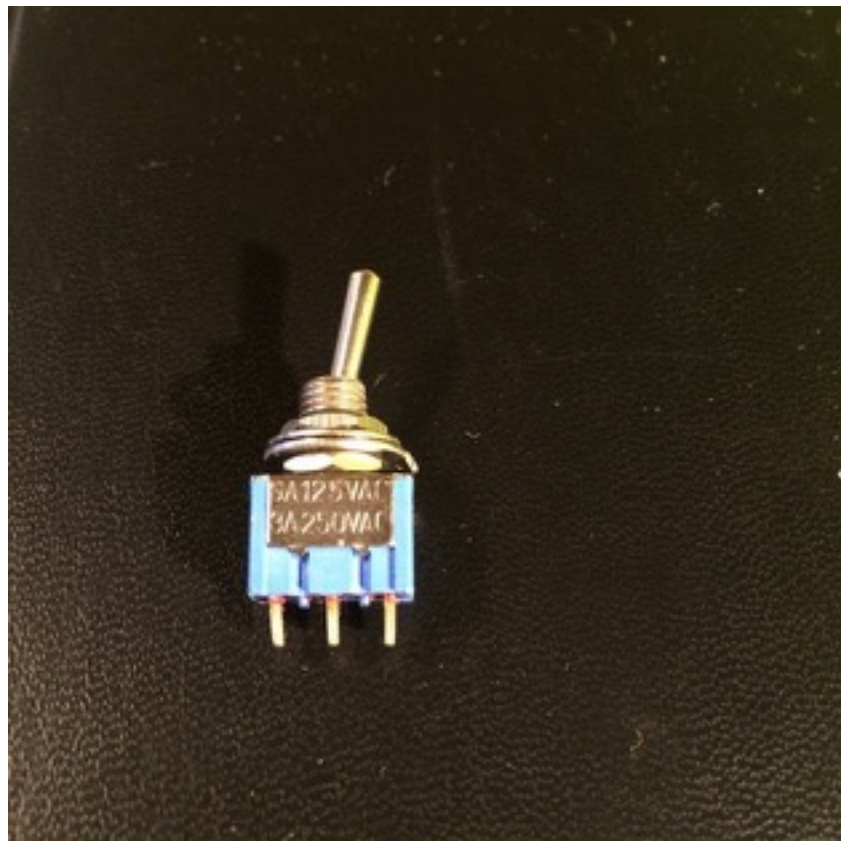
Aquests servos, son d'unes dimensions comunes en els servos de la seva categoria pel que fa a parell motor. Tenen un recorregut de 180° i són analògics. Les seves característiques son: $39.6 \times 20.1 \times 35.6$ mm i 4 kg/cm de parell motor a 6V.



Interrupctor de dos circuits:

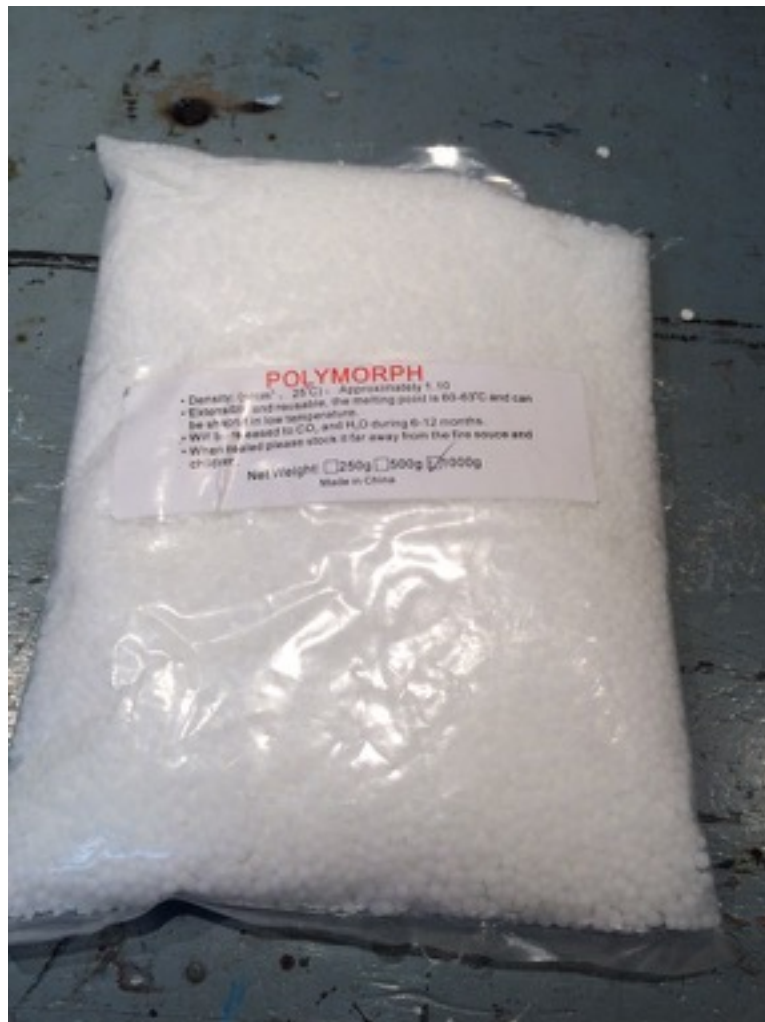
La funció d'aquest interruptor és que quan estigui tancat, tanqui dos circuits independents alhora.

Això ho fa a través dels 6 pins que té a la part inferior (3 per circuit). Les connexions d'aquests queden detallades al esquema elèctric adjunt a la part elèctrica.



Plàstic polimòrfic

És el material del que estan fetes les peces del robot. És polièster biodegradable, la temperatura de fundició del qual és molt baixa (a partir de 60°), tot i que és recomanable que s'escalfi a uns 80°-90° per a l'optimització del procés de fundició. Quan s'endureix, és força dur i resistent, cosa que el fa un material molt interessant de treballar. Gràcies a les seves propietats, és reutilitzable, és a dir, el podem tornar a escalfar i moldejar tants cops com vulguem.



1.2 Software

Arduino IDE:

La mateixa creadora de la placa Arduino, desenvolupa el programa per a la seva programació. Aquest programa, tot i no tenir cap simulador, ens permet veure el procés que duu a terme mentre es carrega a la placa o es verifica el text. Podem integrar-hi diferents llibreries (fonts a les quals recorre el programa per entendre algun codi específic), com per exemple el cas de la placa dels servomotors o del bluetooth. Aquestes llibreries es poden descarregar de la web del creador i instal·lar-se a la carpeta del programa.

La plataforma arduino està igual de desenvolupada per Mac, com Windows o Linux. La seva aplicació és molt extensa, depenent del nostre nivell de creativitat i imaginació. Tant pot ser útil per a la creació de projectes per estudiants, o bé per algun determinat procés amb sensors en una indústria o simplement per oci.

Autosketch:

Aquest és el programa amb el qual he fet el dibuix de les peces amb les acotacions. Primer pensava fer-ho amb l'AutoCAD, però seguint el consell i experiència del meu tutor (Manel Cortina), vam fer-ho amb aquest programa.

Forma part de la mateixa empresa americana que desenvolupa l'AutoCAD, però el Autosketch tan sols permet el dibuix en 2D. Actualment, les versions més desenvolupades són per a Windows.

El dibuix de les peces acotades, està adjunt als annexos.

Fritzing:

Fritzing és el programa que he fet servir per dissenyar electrònicament tots els circuits que he necessitat durant el treball. L'esquema elèctric de les connexions dels diferents components (adjunt a la part elèctrica), també està fet amb aquest programa.

Permet una exemplificació del circuit a través de la protoboard que incorpora, on es veuen els components a la realitat. També té una visió esquemàtica, i una en PCB, on mostra els components en la seva mida real alhora que sol mostra les connexions de cada component.

Té una font de components molt gran, a més del seu gran punt a favor que permet incorporar nous components extrets d'internet: de la web del mateix fabricant o bé de webs externes.

App inventor:

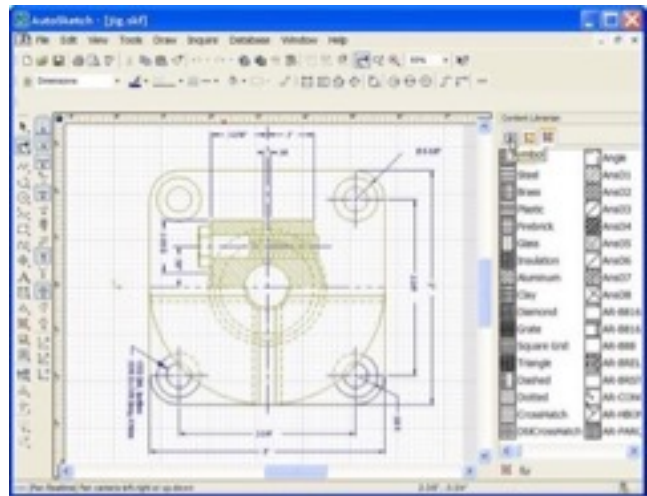
Appinventor és un entorn integrat que permet crear aplicacions per a dispositius Android, obert a tot el públic. Permet crear la pantalla de la aplicació que es desitgi, i a través d'un sistema visual de blocs, organitzar les ordres que volem. És extremament simple, i fàcil de dirigir.

En un principi era una aplicació de Google quan la va treure al mercat en l'any 2010.

A partir del 2011, Google va deixar-ho de desenvolupar, deixant-ho com un projecte de codi lliure el qual actualment dirigeix el centre MIT.



Arduino



Autosketch



Fritzing



App Inventor

2· Construcció

2.1 Elaboració plàstic polimòrfic

El plàstic que constitueix la major part del cos del robot, és un tipus de plàstic polimòrfic, que seguint uns simples passos es pot moldejar, adaptar i fer les formes necessàries. La quantitat necessària pel robot són aproximadament 1000 gr (1 kg). Amb aquesta quantitat podem fer tot el cos.

El primer que vaig fer abans de fer les planxes pròpies del robot, vaig provar-ho varis cops per saber el comportament d'aquest plàstic.

PROCÉS:

- A. Escalfar una cassola plena d'aigua controlant la temperatura mitjançant un termòmetre que funciona amb infraroigs. La temperatura de fusió del material és de 63 °C però per aconseguir una eficàcia òptima, s'aconsella que la temperatura de l'aigua estigui compresa entre 85-90°C.



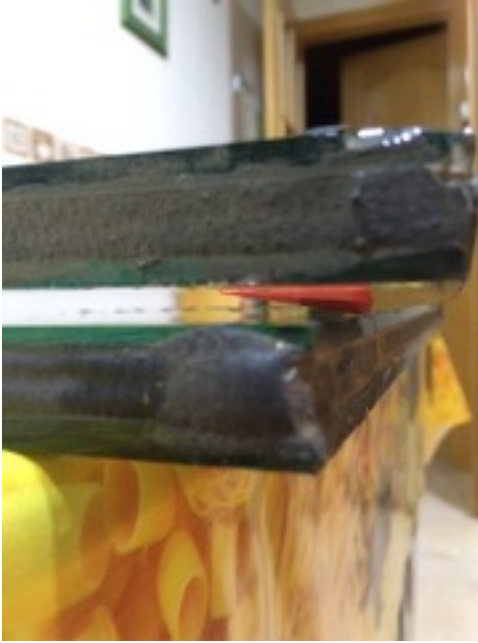
- B. Preparar un vidre sobre una taula, mentre l'aigua s'està escalfant, per abocar-hi el material quan estigui llest. Preparar també un bol amb el gra polimòrfic a la espera d'abocar-hi l'aigua calent.
- C. Abocar l'aigua calenta al bol de plàstic i remenar-ho fort amb una cullera gran perquè es desfaci.



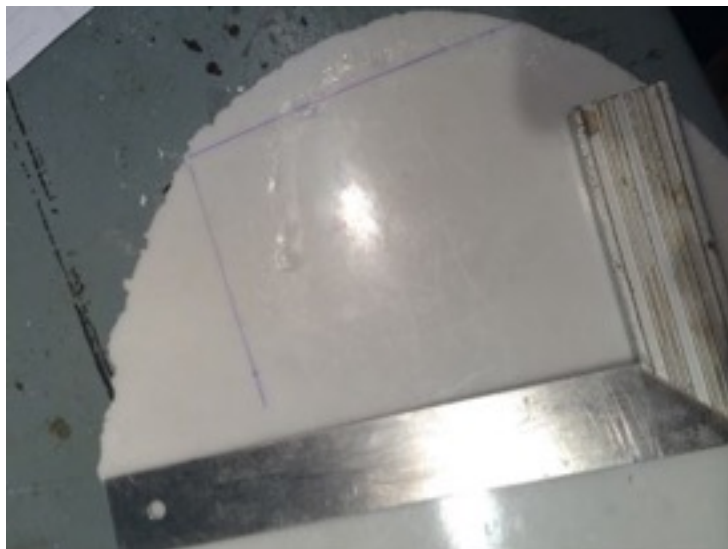
- D. Buidar l'aigua fora del bol i passar el plàstic al vidre preparat sobre una taula.



- E. Aplicar un vidre sobre aquest plàstic per pressionar-lo i aconseguir el gruix desitjat (4 mm per totes les peces del robot). Deixar uns llibres a sobre el vidre. Mesurar amb el peu de rei fins que el gruix sigui de 4mm i deixa-hi unes calques d'aquest gruix perquè no es desplaci mentre es solidifica.



- F. Deixar-ho assecar 12h. El resultat és un plàstic com el de la foto.



2.2 Part mecànica

2.2.1 *Material necessari*

Material:

- El plàstic polimòrfic elaborat a l'apartat anterior.
- Visos de xapa:
 - 2 x 10: 38
 - 2'5 x 10: 8
 - 2'5 x 16: 6
- Visos M3 x 10 : 14
- Femelles M3: 14
- Volanderes M3: 14
- 8 brides metàl·liques
- Cinta adhesiva de dos cares
- Tots els components del robot.

Eines:

- Lija de P220 i P100
- Màquina radial petita
- Martell
- Alicates universals
- Trepant
- Broques de 2, 5, 5'5 i 8
- Escaire
- Planxa (en el meu cas, una planxa d'encerar els esquís)
- Tornavís
- Ganivet
- Fresa per trepant
- Loctite

2.2.1 Muntatge

El disseny del robot vaig pensar-lo i dibuixar-lo varis cops, fins a trobar un dibuix aproximat de com m'agradaria que fos. Aquest dibuix, està inclòs als annexos, tot i que la col·locació dels components al final la vaig canviar degut al espai que disposava al cos.

El cos del robot està elaborat amb plàstic polimòrfic, tallat segons el despeçament adjunt als annexos, és una peça rectangular que incorpora un forat rectangular a la part superior per al servo que permet el moviment lateral del cap.

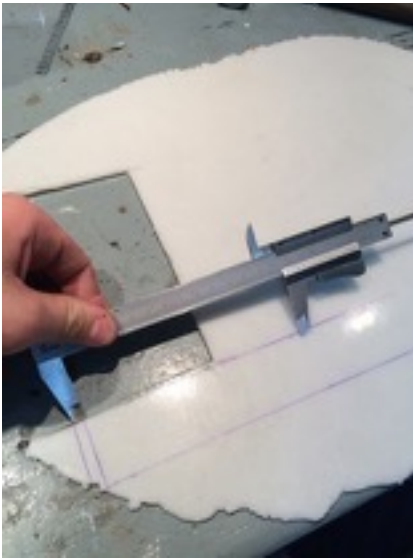


Aquest té 4 servomotors, collats amb unes brides metàl·liques elaborades manualment i visos de mètrica 3, que fan les funcions de espatlles i malucs.



El que vaig fer després del cos són les camaes, per tal de poder-lo plantar dret i així donar-li estabilitat.

Aquestes estan fetes segons els plànols, són dos peces per cada cama així són més robustes, i menys flexibles. De les dues peces que té cada cama, una té un forat més gros ja que està inserida entre el servo i el capçal, d'aquesta manera una peça recolza el pes en l'eix del servomotor i l'altra en el capçal, que provoca el moviment de la cama.



Aquestes dues peces per cada cama estan collades entre si amb 6 visos de xapa, 3 de 2x10 i 3 de 2,5x10 en direccions oposades.



A la part inferior de cada cama hi ha collat el servomotor que mou els peus, i està collat exactament igual que els del cos: amb dos visos de M3, dos volanderes i dos femelles cada servo.

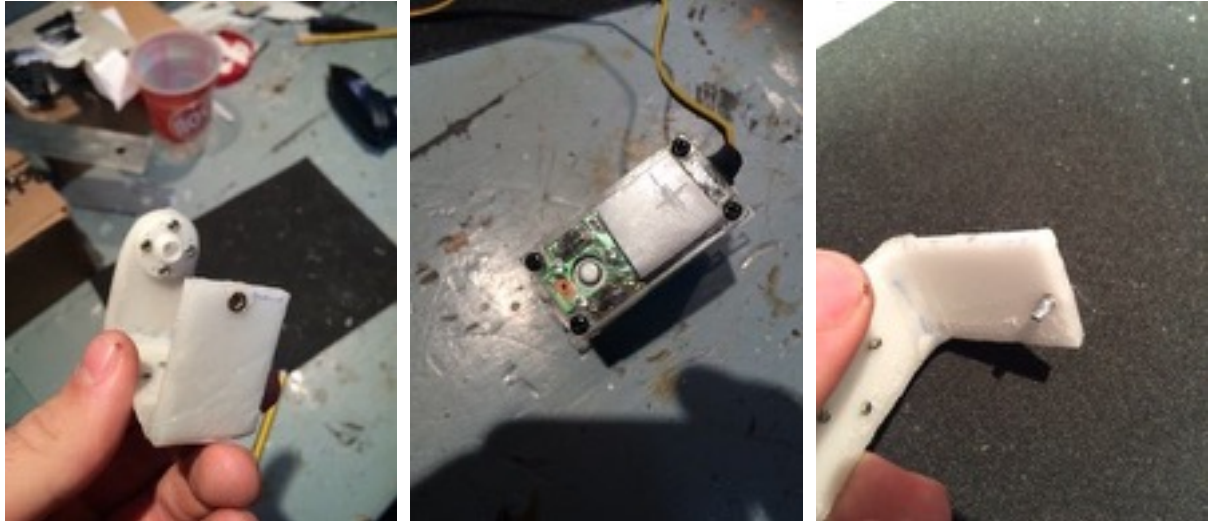
La peça del peu, retallades del plàstic segons el full als annexos, esta collada al capçal del servomotor del peu amb 4 visos de xapa de 2x10.



Els servomotors de les espatlles, estan subjectes al cos a través d'una peça en forma de U, collada al capçal del servomotor del tronc. Aquestes peces estan fetes de 3 parts, ajuntades amb la planxa, escalfant i fonent els costats i ajuntant-les i esperant a que es refredés.

En dos de les 3 peces de la U hi ha collats els capçals: un que va unit al servomotor del cos i l'altre al de l'ombro.

Per augmentar la subjecció del motor del braç, a la part posterior té una peça de plàstic enganxada amb loctite a la qual li vaig fer un forat amb una broca de 3 alineat al eix del servo, per tal que el vis collat a la U girés lliurement. Aquest últim vis està recobert amb cinta americana per tal d'evitar el fregament.



Els braços, estan retallats segons les mides de la fitxa adjunta als annexos. Amb les mans no vaig seguir ben bé el dibuix, si no que quan tenia la forma rectangular que surt al full tallada, vaig fer la mà subjectivament, dibuixant-ho primer amb bolígraf i tallant i polint amb la radial i el paper de vidre (lija).



El braç sencer està unit amb el servomotor del braç a través de cinta adhesiva de dos cares.

La peça del cap és un cub format per 6 quadrats de mesures iguals. A la peça inferior vaig collar-li el capçal i fer-li 4 forats situats en les cantonades per passar els cables dels leds i l'interruptor.

Els forats dels leds són de 5 mm i el de l'interruptor de 8 mm. El procés per ajuntar els diferents quadrats és el mateix que amb totes les peces: fondre amb la planxa la cantonada que volem ajuntar, enganxar-ho i esperar a que es refredi.

Els leds estan connectats amb cables M/H que van connectats als pins pwm de la placa arduino, i per subjectar-ho amb seguretat vaig recobrir-los de cinta aïllant.

Les connexions a l'interruptor es fan amb una soldadura.

El capçal està collat al servomotor amb 4 visos de xapa de 2x10



El servomotor del cap va colat amb dues brides al cos del motor, una per cada costat, amb dos visos de M3, dos femelles i dos volanderes.



La placa arduino està collada al mig del tronc del robot, deixant espai a l'esquerra per la connexió del jack i un forat que vaig fer per passar els cables del darrere cap al davant. Els visos (4 de 2x10) estan situats a uns forats que ja porta la placa per a la finalitat de ser collada.



El servodriver està collat de la mateixa manera a la part del darrere amb 4 visos de xapa de 2x10. Aquesta però, està situada sobre un tros de plàstic per tal que el vis no toques amb el servomotor que tenia a l'altre costat.

El mateix passa amb el mòdul bluetooth que està collat amb 3 visos de 2x10 sobre un tros de plàstic que l'aixeca.



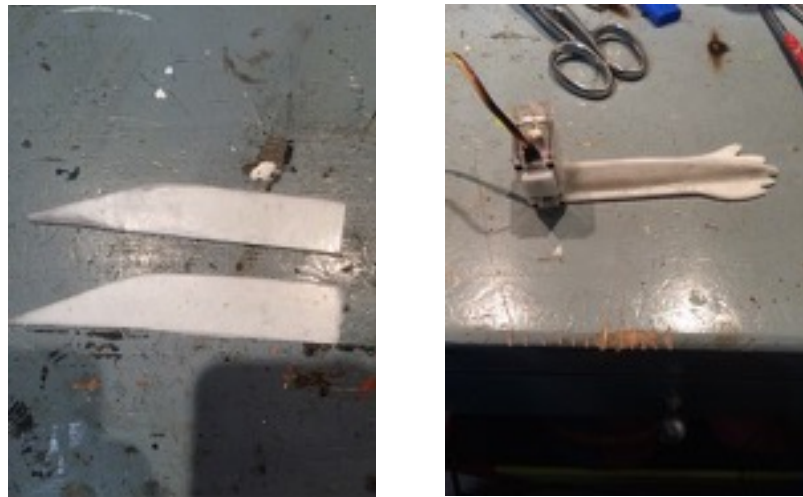
Els compartiments per al pila de 9V i la bateria estan fets amb plàstic, tallats segons el full dels annexos i enganxats al cos central.



2.2.3 Posteriors rectificacions i millores

Tot i la primera versió del robot, vaig haver d'afegir-li uns nervis als braços, que fan que el braç acabi tenint una forma de T perquè quan vaig provar de fer-li fer flexions, se li doblegaven i no aconseguia aixecar-se.

La seva forma també està detallada als annexos.



Una altra millora que vaig fer-li setmanes després de muntar-lo va ser incorporar una altra peça a la part posterior del peu, similar a la dels braços: amb un vis de 2x10 que girés lliure. Així aconseguia una millora molt notable en l'estabilitat del robot.



La següent rectificació del robot vaig haver-la de fer en vista de que no aconseguia el moviment desitjat quan volia que caminés. Vaig atribuir aquest fet a que la base del peu era massa poc sòlida, i també li faltava superfície. Així doncs vaig fer una forma pel peu quadrada i més gran, tal i com es detalla en el despeçament adjunt als annexos.

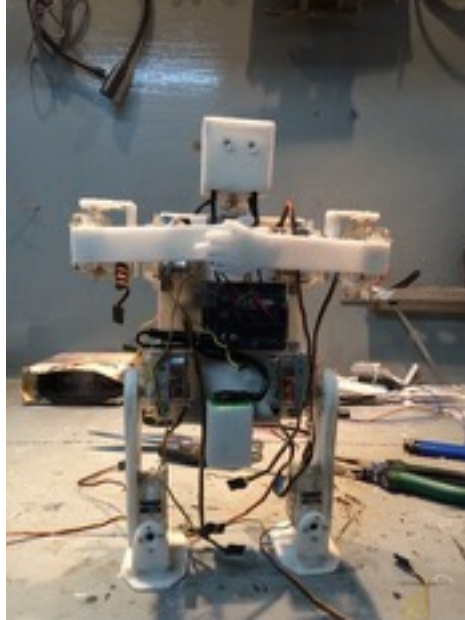


Una altra modificació per qüestió de comoditat i estètica, va ser incorporar-li unes peces a l'esquena de manera que quan quedés estirat al terra, els cables de l'esquena no toquessin amb el terra i per tan no es dobleguessin ni es trenquessin. Així ho puc deixar connectat sempre sense la necessitat de connectar i desconnectar cada cop que el faig servir.

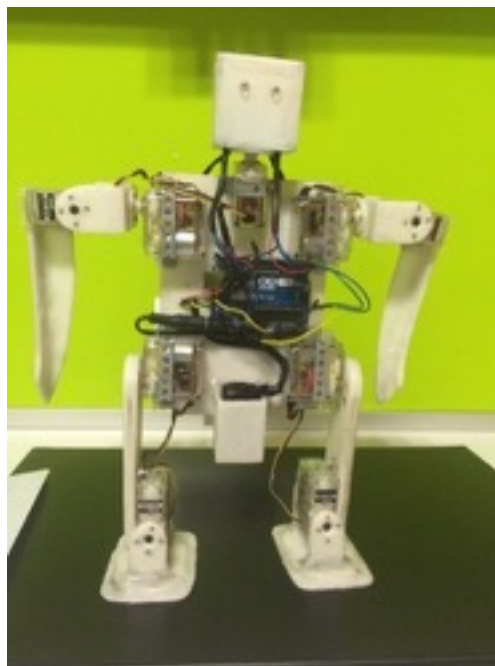


2.2.4 Resultat final de la part mecànica

Sense les rectificacions i millores:



Amb les rectificacions:



2.3 Part elèctrica

2.3.1 Material necessari

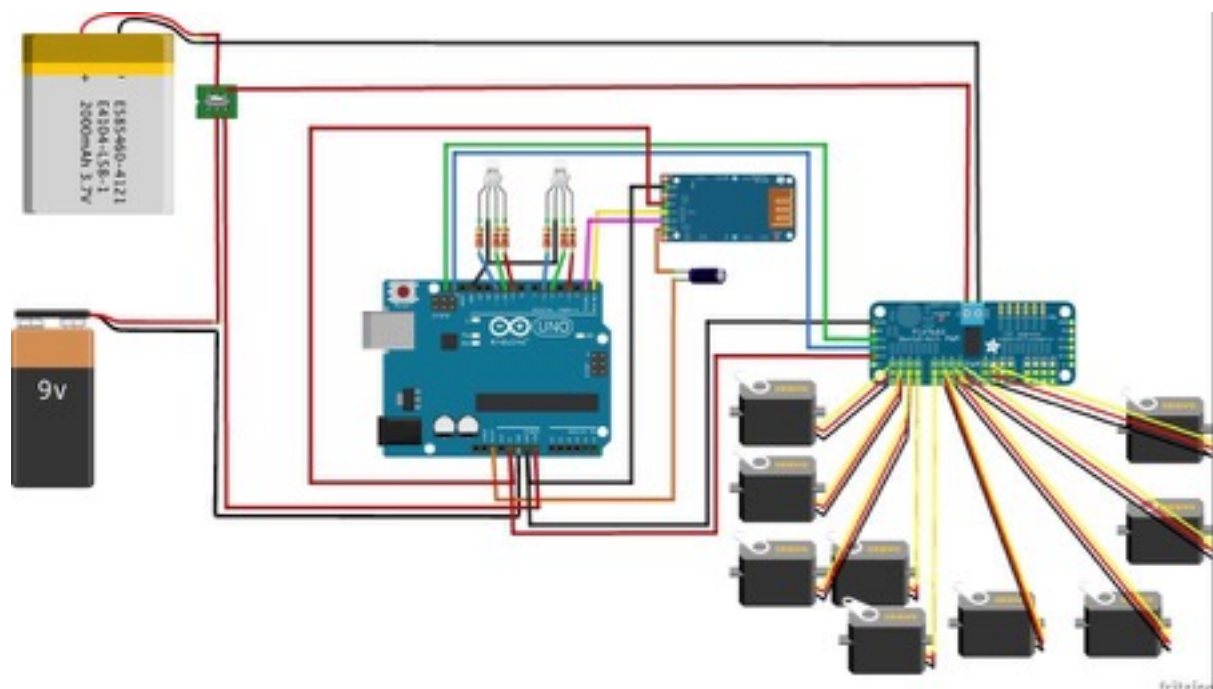
Material:

- Cinta americana
- Funda retràctil
- Cable elèctric

Eines:

- Soldador
- Estany
- Tornavís
- Alicates universals

2.3.2 Esquema elèctric



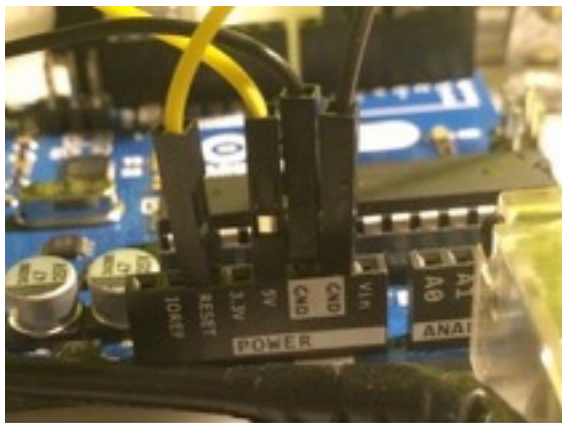
2.3.3 Alimentació del robot

El robot rep l'alimentació de dues fonts, cadascuna de les quals té una funció determinada.

La primera és una pila de 9V recarregable, que és la encarregada d'alimentar la placa Arduino i per tant totes les sortides que s'alimenten d'aquesta, com són els dos leds RGB, el mòdul Bluetooth i el processador del servodriver. Del servodriver tan sols rep alimentació d'aquesta pila el processador i les connexions entre les dues plaques, que determinen segons la llargada de les senyals la posició dels servomotors.

Els servomotors, degut a les seves característiques de consum i tensió, fan servir una bateria NiMh recarregable de 6V i 2100 mAh. Aquesta bateria està connectada al servodriver, que s'encarrega de regular-ne la sortida a les diferents connexions. També té un terminal lliure, destinat a ser recarregada sense la necessitat de desconnectar cap terminal.

Les dues fonts d'energia passen per l'interruptor de dos vies, que s'encarrega d'obrir els dos circuits.



Sortides de la placa arduino que alimenten les altres plaques i alimentació dels servomotors a través del servodriver.

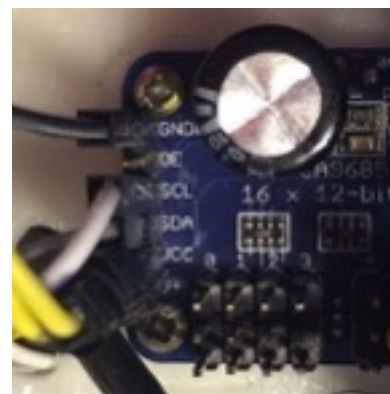
2.3.4 Funcions i connexions de cada placa

Com ja hem dit anteriorment, la placa Arduino és la encarregada de dirigir tota la programació, transmetre les ordres a les altres plaques i controlar directament els leds RGB. Aquesta consta de 14 sortides o entrades digitals (es poden fer servir també com analògiques) i 6 sortides o entrades analògiques. D'aquesta placa, el robot fa servir les sortides dels pins 0 i 1 digitals per establir la comunicació amb el bluetooth. Les sortides 3, 5, 6, 9, 10 i 11 per als leds RGB (amb el càtode comú connectat a la sortida GND digital) i les sortides SCL i SDA per la connexió amb el servodriver. Pel que fa a alimentació, fa servir la sortida de 5V per les dues plaques: servodriver i bluetooth. La sortida RESET va connectada amb un condensador en serie amb el mòdul bluetooth, així quan es fa reset a la placa Arduino, també se'n fa al bluetooth.

Adafruit servodriver:

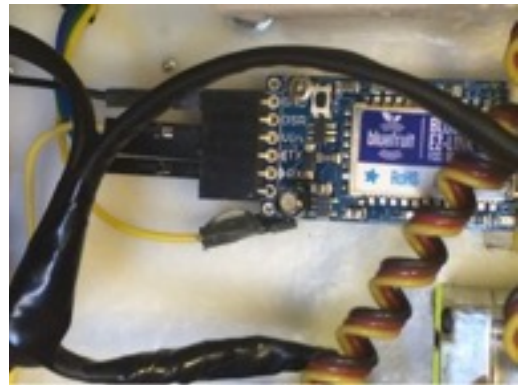
Aquesta placa, encarregada de controlar els 9 servomotors del robot, rep l'alimentació pel microcontrolador, com ja hem dit a través dels pins VCC i GND. L'alimentació dels servos es fa a través del bloc de terminals V+ i GND. (foto de la pàgina anterior).

Es comunica amb la placa Arduino a través dels pins SCL i SDA, els quals s'encarreguen de transmetre les ordres pels servomotors.



Bluefruit bluetooth:

El mòdul bluetooth fa servir el sistema SPP per connectar-se amb qualsevol ordinador, tablet o sistema mòbil com a client. Excepte amb iOS, plataforma que no permet aquest sistema, tot i que en el cas que fos necessari connectar-ho amb un iPhone o bé un iPad, la mateixa empresa té uns mòduls bluetooth per aquests dispositius. Ell detecta i automàticament canvia la seva velocitat de transmissió. Es connecta amb la placa Arduino Uno a través dels pins RX i TX i l'alimentació a través dels pins VIN i GND. El pin DTR, es fa servir com ja he explicat anteriorment pel reset. Va connectat en sèrie a un condensador de 1uF (inclòs en el paquet) amb el pin RESET de la placa Arduino.

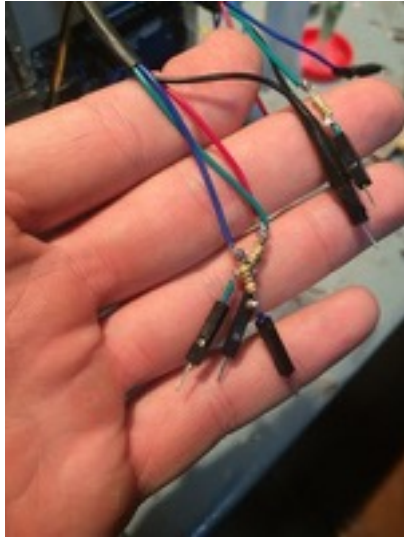


2.3.5 Leds RGB

Els leds RGB, fan els colors a través de valors analògics que reben de les sortides pwm de la placa Arduino. El pin 3 correspon al ànode vermell del primer led, el pin 5 al ànode verd i el pin 6 al blau del primer led. El pin 9 al ànode vermell del segon led, el 10 pel verd i el 11 pel blau. El càtode és comú a cada led i s'identifica per ser la pota més curta de totes 4.

Estan connectats a la placa Arduino amb sèrie amb una resistència de 100 ohms els ànodes blau i verd i de 150 ohms pel ànode vermell, ja que aquest últim ha de treballar a menys voltatge. Aquestes resistències estan tapades visualment amb funda retràctil.

Els valors analògics, oscil·len entre 0 i 255, depenent de la intensitat que desitgem. Per exemple, pel color vermell del primer led, l'ànode que està connectat al pin 3 (ànode vermell) el valor és 255 (màxim) i pels altres ànodes el valor és 0.



Resistències dels leds i vista dels leds col·locats en el cap fent la funció dels ulls.

3· Programació

3.1 Aprenentatge i primers passos

El primer pas que vaig fer cap a la programació, va ser començar per llegir tot el manual de programació d'Arduino, en el qual s'expliquen totes les funcions de control, sortides digitals i analògiques, control de temps, etc. Un cop m'ho vaig haver llegit i entenia com funcionava, vaig començar a fer proves reals amb els components que componen el robot.

Tan bon punt vaig rebre les plaques, vaig connectar-ho tot amb la protoboard (placa de proves) i vaig començar a provar: primerament, encendre diferents leds controlant el temps encesos i apagats, i després controlar el funcionament dels servomotors, conjuntament, separats i regulant la posició. Tots aquests sketchs es poden veure a l'apartat d'annexos, i dins el llapis de memòria hi han videos de algun en concret. Aquests sketchos, són variacions dels exemples que proporciona Adafruit, la llibreria la qual es conté es pot veure i descarregar a través de l'enllaç de la webgrafia: “Using the Adafruit Library”. El programa final del robot, també està inclòs en l'apartat d'annexes.

Posició inicial servomotors:

El primer que vaig haver de fer fou situar tots els servomotors en la seva posició vertical per tal que el robot es mantingués dret. Això tot i aparentment semblar fàcil, implicava rectificar la posició dels servos per corregir el error de no col·locar-los perfectament rectes quan els vaig collar. Per tant, tot i que l'angle vertical hauria de ser 90°, n'hi han que tenen diferents desviacions i l'angle acaba sent 85° o 95°.

3.2 Moviments

Tots els moviments del robot es poden veure en video en el usb adjunt amb la memòria escrita en la carpeta de videos.

Girar el cap

El primer moviment que vaig fer amb el Cosbap va ser el de girar el cap. Aquest, girava de dreta a esquerra i tot i que al principi pensava que seria el moviment definitiu, quan vaig fer l'aplicació pel mòbil se'm va ocórrer que podia separar i controlar exactament on volia que el robot estigués mirant en cada moment. Aquest servo, que és el que menys ben calibrat està, es situa a 70° per mirar cap endavant, a 50° per mirar a la seva esquerra i a 90° per mirar cap a la dreta (des de la vista del robot)

Abraçar

El moviment d'abraçar va ser el segon que vaig elaborar. Aquest moviment fa que el robot col·loqui un servomotor de les espatlles a 0° i l'altre a 180° i llavors els dos braços es tanquin. Aquest moviment va haver de ser rectificat quan li vaig afegir el nervi al braç, ja que llavors aquest afegit no permetia als braços acabar-se de tancar completament.

Fer una reverència

Aquest moviment pretén com diu el títol, fer una reverència. Això s'aconsegueix primer movent un braç endavant i l'altre cap endarrere (els dos servomotors de les espatlles a 0°) i després acabant de tancar els braços al cos i avançant una cama i retrocedint l'altra una mica per mantenir l'equilibri.

Saludar

Quan el robot saluda, gesticula el braç com si estigues movent la mà per salutar algú a distància. No pot òbviament moure la mà ja que no en té, però tot i així mou el braç i la funció és altament similar.

Per fer aquest moviment, primer el robot mou el servomotor de l'espatlla esquerra fins a 180° i llavors el del braç repeteix un moviment de 30° que crea la similitud del moviment de salutar.

Fer flexions

Gràcies a aquest moviment, com ja he explicat anteriorment en la part de posteriors millores de l'apartat part mecànica, vaig incorporar-li al robot un nervi als braços en forma de T, molt emprat en mecànica per a peces que han de suportar grans forces o pressions, perquè no es dobleguessin al fer les flexions (Dins del llapis de memòria es pot veure un video de com el robot necessitava ajuda per fer flexions abans de que incorporés aquesta millora).

En aquest moviment, el robot col·loca els servomotors de les espatlles en posició vertical i després realitza un petit moviment amb cada braç, obrint-los i tancant-los. També s'ajuda de les cames per pujar i baixar, movent en un petit recorregut els servomotors de les cames.

El robot realitza exactament 10 flexions, gràcies a que cada cop que fa una flexió, suma un nombre a una variable que incorpora, i quan arriba a 10, para el moviment.

Canviar el color dels ulls

Gràcies als leds RGB, podem fer tots els colors del món a través de la combinació dels valors analògics a cada ànode del led. Seguint això, els diferents colors estan fets a través dels diferents valors estipulats segons un quadre (adjunt als annexos). En aquest quadre, surt un tipus de codi de 6 valors que inclouen lletres i números. Cada dos xifres, correspon a un color seguint aquest ordre: les dues primeres són el color vermell, les dues següents pel color verd i les dues últimes el blau (RedGreenBlue=RGB). Llavors, el valor analògic es formula de la següent manera:

“En el sistema de numeració hexadecimal a més dels nombres del 0 al 9 s'usen sis lletres amb un valor numèric equivalent; a=10, b=11, c=12, d=13, e=14 i f=15. La correspondència entre la numeració hexadecimal i la decimal o ordinària és donada per la fórmula següent:

decimal = primera xifra hexadecimal x 16 + segona xifra hexadecimal

La intensitat màxima és ff, que correspon a $15 \times 16 + 15 = 255$ en decimal, i la nul·la és 00, que equival a 0 en decimal. D'aquesta manera, qualsevol color queda definit per tres parells de dígitos.” (Extret de la wikipèdia: Model de color RGB, citat a webgrafia).

Girar sobre si mateix

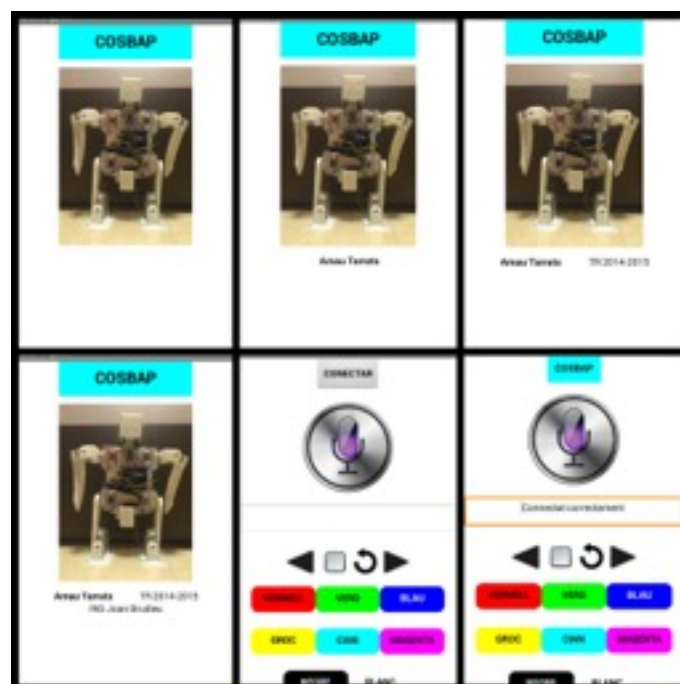
Per fer moure els servos de les cames, m'havia plantejat fer que el robot caminés, i si podia que xutés una pilota. Res d'això ha estat possible ja que a l'hora de posar-ho en pràctica m'he trobat que els servomotors de les cames i dels peus, són poc potents. Si a aquest factor li sumem el fet que el robot és d'un pes considerable, ens trobem en un carrer sense sortida per fer els moviments esmentats. Així doncs, per exhibir el moviment de les cames, he fet un moviment en el qual el robot gira sobre si mateix, recolzant-se en la cama dreta, com si volgués orientar-se cap algun lloc concret.

3.3 Aplicació mòbil

La idea de fer una aplicació mòbil, va sorgir gràcies a una conversa amb el meu tutor. D'aquesta manera, ell em va incitar a provar de crear una aplicació amb reconeixement de veu i van ser tantes les ganes que en tenia, que amb dos dies ja estava en funcionament.

Vaig fer moltes proves, com per exemple, intentar amb que amb tres 'slides' (un tipus de barres que es desplaçen amb els dits) el robot canviés el color dels ulls. Cada slide corresponia a un color, i quan més cap a la dreta l'orientava, el valor d'aquell color era més gros. Aquest valor s'enviava a la placa per bluetooth i aquesta l'imprimeix en els leds. Això finalment no va ser possible degut a que el codi de programació aquest era diferent al dels servomotors i no podia incloure-ho en un mateix sketch.

El resultat final de la aplicació és el que es mostra en les imatges, i funciona seguint el procés: primer la línia superior d'esquerra a dreta i després la inferior amb el mateix sentit.



En iniciar l'aplicació, s'obra una pantalla que mostra en la part superior el nom de Cosbap en un marc amb el color blau cel de fons. Quan aquesta pantalla s'inicia, un rellotge comença a contar els segons que passen, partint de 0. En haver passat dos segons, apareix el meu nom a la part inferior de la imatge ressaltat en negreta. Quan el rellotge ha comptat 4 segons, al costat d'Arnau Tarrats apareix el text: TR 2014- 2015 i a la compta de 6 segons, a sota d'aquests dos noms surt el nom del institut. La pantalla roman en repòs, fins el moment en que el rellotge ha comptat 10 segons des de l'inici de la primera pantalla i passa a mostrar-nos un botó per accedir la següent pantalla, que ja és la que pròpiament serveix per controlar el robot.

Aquesta segona pantalla consta de 5 parts:

- En la part superior hi ha un botó amb el nom: CONECTAR. Aquest, en ser clicat, ens mostra en pantalla tots els dispositius bluetooth amb els que estem sincronitzats. Aquí és on apareix el nom del mòdul bluetooth del Cosbap, i quan hem seleccionat el dispositiu i ja està connectat, el nom del botó canvia per: COSBAP i el fons es veu de color blau cel. Alhora, ens apareix a la caixa de text de sota el botó del reconeixement de veu: "Connectat correctament" per indicar-nos que la connexió s'ha produït satisfactòriament. En cas contrari res de l'esmentat anteriorment passaria.
- Sota del primer botó, n'hi ha un altre amb la imatge d'un micròfon. Quan cliquem en aquest botó, s'activa el reconeixement de veu i el resultat del que capta, s'envia directament al mòdul bluetooth. El robot analitza el text que rep i segons la seva programació fa el moviment que li pertoca. El resultat del reconeixement de veu també és mostra a la caixa de text inferior, així podem comprovar si el mòbil ha captat el que volíem dir.
- En la caixa de text, com ja he explicat, es mostra primer si la connexió amb el robot és bona i també es mostra tots els resultats del reconeixement de veu.
- Les fletxes i el botó central fan que el robot mogui el cap cap a la dreta, esquerra o bé que miri endavant. Això és gràcies a que quan cliquem

qualsevol d'elles, ja tenen assignada una paraula de control (esquerra, dreta i centre), amb les quals el robot té assignada una funció. Per exemple, si cliquem el botó del centre, el robot rep la paraula *centre*, amb la qual ja té

Pes	1,1 Kg
Amplada	29 cm
Alçada	33 cm
Profunditat	10 cm
Servomotors	9
Funcions	10
Programació	Arduino
Recarregable	Sí
Connectivitat	Mac, Windows, Android
Duració bateria	1h - 1h 30 min

assignat que ha de col·locar el servo del cap en la posició adient per mirar cap endavant. La tecla que representa la icona de girar, fa que el robot giri sobre ell mateix, i això ens ofereix la possibilitat d'orientar-lo cap a on vulguem.

- Tots els botons de colors de la part inferior de la pantalla, tenen la utilitat de canviar-li el color als ulls del robot. El funcionament és similar al del moviment del cap. Per cada botó de color, el robot rep la paraula del color que ha de fer (blau, vermell, groc, verd, cian, magenta, blanc o negre) i per cada paraula d'aquestes, el robot té assignats els valors analògics que ha d'imprimir a les sortides pwm de la placa Arduino on van connectats els leds RGB.
- El robot també té una funció que es fa gràcies a l'acceleròmetre que la majoria de mòbils actuals tenen incorporat. Quan el mòbil detecta que està sent sacsejat, envia el text: *dreta esquerra* i el robot s'encarrega de moure el cap com si estigués alterat.

4· Fitxa Tècnica

5· Cost Del Robot

En les diferents comandes que he fet, he demanat diferents components que no són pròpiament del robot (per tant no s'han d'incloure com a un cost en l'elaboració), per diferents raons:

- He demanat diferents components que no són necessaris pel robot en cap cas, però sí que ho han estat per mi alhora de provar la placa, o bé iniciar-me en el tema de la programació; com és el cas dels leds (els RGB no, sinó els d'un sol color), que els vaig fer servir, com ja he explicat anteriorment en l'apartat d'aprenentatge de la programació, per aprendre a fer funcionar la placa Arduino i començar a entendre el funcionament de les sortides digitals.
- També s'ha de tenir en compte que durant el procés vaig veure que em faltaria plàstic polimòrfic, i per tant vaig haver-ne de demanar més. Durant tot el projecte n'he tingut 1,5 kg però per l'elaboració del robot, amb un kg és suficient. Això va fer que els ports també els pagués més d'un cop degut a haver-hi més d'una comanda.

Un altre factor que s'ha de tenir en compte són els carregadors de la bateria i de la pila de 9V del robot. No formen part del robot pròpiament però sí que són necessaris si es vol recarregar el robot.

En la següent taula, es pot apreciar el cost de tots els materials i components del robot, classificats segons els diferents subministradors. Tallers Ribalaiga en especial, no em va cobrar res per tot el material que em va subministrar.

Subministrador	Component	Quantitat	Preu individual	Preu total
robotshop.com	Servomotor	9	8,32 €	74,88 €
	Conjunt de cables M/M	2	3,19 €	6,38 €
	Bateria de NiMH de 6V i 2000mAh	1	8,87 €	8,87 €
	Carregador NiMH 6-12V	1	17,71 €	17,71 €
	Enviament	1	15,04 €	15,04 €
	IVA (21%)			25'80€
bricogeek.com	Cable adaptador 9V-Jack	1	2,66 €	2,66 €
	Bluefruit ez-link	1	17,30 €	17,30 €
	Arduino Uno r3	1	22,00 €	22,00 €
	Interruptor de palanca	1	2,00 €	2,00 €
	Diode led RGB 5mm	2	1,90 €	3,80 €
	Bossa gra polimòrfic 1kg	1	35,00 €	35,00 €
	Enviament	2	6'95€	13,90 €
	IVA (21%)			20,29 €
amazon.es	Duracell pila 9V recarregable	1	10,08 €	10,08 €
	Duracell carregador universal	1	19,82 €	19,82 €
	Adafruit servodriver 16 canals	1	17,30 €	17,30 €
	conjunt cables M/H	1	3,28 €	3,28 €
	IVA (21%)			13,18 €
Tallers Ribalaiga	Resistència de 150 ohms	2	0 €	0 €
	Resistència de 100 ohms	4	0 €	0 €
	Visos de xapa de 2x10	38	0 €	0 €
	Visos de xapa de 2'5x15	8	0 €	0 €
	Visos de xapa de 2'5x16	6	0 €	0 €
	Visos de M3x10	14	0 €	0 €
	Femelles M3x10	14	0 €	0 €
	Arandales M3x10	12	0 €	0 €
	Brides metàl·liques	8	0 €	0 €
	Funda termoretràctil		0 €	0 €
	Cinta aïllant		0 €	0 €
	Cinta adhesiva de 2 cares		0 €	0 €
Total				303,49 €

Conclusions

Assoliment d'objectius

Basant-me en els objectius que havia establert per aquest treball, puc dir que he aconseguit el que em proposava quasi completament. El robot que he creat és capaç d'abraçar, saludar, fer una reverència, flexions, girar el cap, girar sobre si mateix i també canviar el color dels ulls, tot això controlable des d'un mòbil Android. L'únic moviment que no he estat capaç de fer-li fer al robot és el de caminar, però com ja he explicat a la part de programació, això és degut a la falta de potència en les seves cames, cosa que l'impedeixen desplaçar tot el seu pes. Alhora, per complir aquest objectiu, he anat assolint tots els passos que calien durant el projecte, com són: el coneixement dels diversos programes de programació, de disseny de esquemes elèctrics i de l'Appinventor per crear l'aplicació.

Possibles millores del robot

Tot i haver completat els objectius satisfactòriament, el robot inicialment estava destinat a tenir varies funcions corporals, però durant el treball s'ha anat enfocant més a la comunicació amb el dispositiu Android, la creació d'una aplicació, i per tant no he pogut destinar tot l'esforç a desenvolupar més moviments dels que té actualment. Així doncs, el robot podria ser sotmès a determinades millores, per tal que els moviments que fa fossin més nets i perfectes i alhora n'incorporés de nous. Això podria ser portat a terme a base d'augmentar el nombre de servomotors (més força i també més articulacions possibles) o bé millorar els servomotors (canviar-los per uns de més força). Si

ens fixem en els humanoides que existeixen de la mida del Cosbap, tots tenen o bé més servomotors o uns de més forts, cosa que explica la brusquedat i la falta de perfecció en alguns moviments. Això també ajudaria a la realització de moviments com el de caminar, xutar o qualsevol que impliqués el desplaçament del cos sencer, ja que amb els servos actuals li falta potència.

També podria millorar el robot afegint-li nous components, com ara un sensor ultrasònic, per tal que el robot pogués caminar i deixés de fer-ho quan topi amb algun obstacle. Es podria arribar a fer que incorporés un micròfon petit, i a través de les llibreries Arduino que hi han per internet, fer que parlés gràcies a la composició de diferents fonemes existents en aquestes llibreries.

Un altre punt a millorar seria les dimensions del cos. Degut a que tots els components són prefabricats, per les diferents connexions de la placa Arduino, m'he hagut d'adaptar a les mides que proporciona la placa i això ha fet que la part frontal del cos sobresurtin molt les connexions. Això es podria millorar amb la creació d'una placa pròpia, aprofitant algun microcontrolador Arduino, o bé desmuntant els capçals de la placa arduino, per tal de soldar tots els cables directament a la placa i evitar aquest problema.

Agraïments

Primer de tot, volia agrair als meus pares el fet de que m'hagin finançat el projecte, la confiança i el suport durant tot el treball.

A tallers Ribalaiga, per les diferents eines i materials que m'han donat sense demanar res a canvi.

Al meu tutor personal, el Manel Cortina, pel suport durant tot el treball, les diferents correccions, idees alhora de seguir amb el projecte, la predisposició d'ajudar-me davant tots els dubtes i el suport en tot el que havia de fer i en els diferents problemes i contratemps que han sorgit durant el treball.

Finalment, agrair també a tot el fòrum d'Arduino i Adafruit, per la ràpida contestació als meus dubtes en les seves pàgines web.

Webgrafia

EARL, Bill. **Adafruit 16-channel Servo Driver with Arduino, Adafruit learning system**, 2014. <<https://learn.adafruit.com/downloads/pdf/16-channel-pwm-servo-driver.pdf>>. [14/09/2014]. La informació d'aquest pdf correspon al manual del servodriver, consultat durant tot el treball alhora de fer les connexions, proves i les consultes relacionades amb la programació.

Adafruit Industries, **Adafruit 16-channel 12-bit PWM/Servo Driver- I2C interface- PCA9685**. <<https://www.adafruit.com/product/815>>. [1/09/2014]. Aquesta és la pàgina web oficial del producte, on vaig consultar les característiques d'aquest abans de comprar-lo, per observar-lo amb deteniment i avaluar-ne la viabilitat pel meu projecte.

Adafruit Industries, **Using the Adafruit Library**. <<https://learn.adafruit.com/16-channel-pwm-servo-driver/using-the-adafruit-library>>. Pàgina d'Adafruit des d'on es pot descarregar la llibreria que he fet servir per la programació i també els exemples (que jo vaig modificar alhora de fer les proves abans de programar el robot).

Adafruit Industries, **Bluefruit EZ-link - bluetooth serial Link & Arduino Programmer - v1.3**. <<https://www.adafruit.com/product/1588>>. [1/09/2014]. Pàgina web oficial del mòdul bluetooth, empleada per consultar-ne les característiques abans de comprar-lo.

ADA, Lady. **Introducing Bluefruit EZ-Link Breakout**. Adafruit learning system. 2014. <<https://learn.adafruit.com/downloads/pdf/introducing-bluefruit-ez-link.pdf>>. [15/09/2014]. Versió pdf de tota la informació relacionada amb el mòdul Bluetooth, emprada per consultar com fer les connexions, com connectar-lo amb l'ordinador.

Arduino. **Arduino Uno**. 2014. <<http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno>>. [2/09/2014]. Pàgina web oficial de la placa Arduino, consultada principalment abans de començar el robot, quan buscava els productes necessaris, així sabia i aprenia les característiques de cada; i també feta servir durant el treball per la consulta de les diferents característiques.

Arduino. **Download the Arduino software, Arduino IDE**. 2014. <<http://arduino.cc/en/main/software>>. [20/09/2014]. Pàgina web oficial des d'on descarregar el programa. Consultada per descarregar el programa Arduino IDE.

EVANS, Brian w. **Arduino programming notebook**. Editat i traduït al castellà per: RUIZ GUTIÉRREZ, José Manuel. 2007. <https://www.dropbox.com/s/s8wyx8xjupbs1rq/Arduino_programing_notebook_ES.pdf>. [09/2014].

Dropbox on es pot trobar la versió traduïda de la guia de programació en Arduino. Consultada per descarregar-ho, i feta servir durant tot el mes de Setembre per llegir-la i aprendre a programar en Arduino.

Arduino. **Arduino Forum**. En constant activitat. <<http://forum.arduino.cc/>> [14/11/2014]. Fòrum d'Arduino empleat per consultar algun dubte respecte la placa Arduino.

Adafruit Industries. **Adafruit Customer Support Forums**. En constant activitat. <<http://forums.adafruit.com/>>. [15/12/2014]. Fòrum oficial Adafruit empleat per demanar l'esquema de la placa Bluefruit bluetooth, un error de programació i un dubte respecte un condensador de la placa.

Bricogeek. **Tienda Bricogeek**. <<http://tienda.bricogeek.com/>> [08/09/2014 i 19/10/2014]. Pàgina web botiga Bricogeek, feta servir per demanar diferents components.

Robotshop Distribution, **Robotshop: putting robotics at your service**. 2014. <<http://www.robotshop.com/>>. [08/09/2014]. Pàgina web de la botiga Robotshop, feta servir per demanar alguns components del robot.

Anònim, **How to make Polymer plastic**. <http://dlmh9ip6v2uc.cloudfront.net/datasheets/Prototyping/Make_With_Polymorph.pdf>. [Setembre i octubre de 2014]. Pdf que explica com fer plàstic polimòrfic, empleat per aquesta finalitat.

China Young Sun Led Technology Co. **RED/GREEN/BLUE Triple Color LED**. China. <<https://www.sparkfun.com/datasheets/Components/YSL-R596CR3G4B5C-C10.pdf>>. [10/2014]. Pdf dels leds RGB consultat per a saber les seves característiques i així calcular les resistències necessàries a connectar, i per saber les recomanacions.

Friends of Fritzing. **Fritzing (electronics made easy)**. <<http://fritzing.org/home/>>. [12/2014]. Pàgina web del programa per fer esquemes electrics. Usada per descarregar el programa.

Google, **MIT App Inventor**. Massachusetts Institute of Technology. 2012-2014. <<http://appinventor.mit.edu/explore/>> [12/2014 i 01/2015]. Pàgina web d'App Inventor, usada per crear l'app mòbil i per transferir-la al dispositiu Android.

Wikipedia Foundation, inc. 2001. Empleada durant tot el mes de Desembre de 2014 per a la cerca d'informació dels següents temes:

- **Humanoide**: <<http://ca.wikipedia.org/wiki/Humanoide>>.
- **Androide**: <<http://ca.wikipedia.org/wiki/Androide>>.
- **Cyborg**: <<http://ca.wikipedia.org/wiki/Ciborg>>.
- **Servomotor**: <<http://ca.wikipedia.org/wiki/Servomotor>>.
- **Microcontrolador**: <<http://ca.wikipedia.org/wiki/Microcontrolador>>.
- **Llenguatge c** : <http://ca.wikipedia.org/wiki/Llenguatge_C>.
- **Llenguatge c++**: <<http://ca.wikipedia.org/wiki/C%2B%2B>>.
- **Arduino**: <<http://ca.wikipedia.org/wiki/Arduino>>.