

# **Memòria**

## **2- ORIGEN DE LA IDEA**

En Jordi Martí i en Josep Malavé son dos alumnes d'enginyeria electrònica de l'escola universitària E.U.E.T.I.B centre adscrit a la U.P.C. Com que ja estan acabant la carrera els tocava triar tema per a un projecte però en un principi no tenien clar que fer.

Com que han realitzat gran part de la carrera plegats van decidir de realitzar el projecte junts per tal de poder assolir una fita més alta, de la que haguessin assolit per separat.

Sempre els ha agradat el tema de l'electrònica i sobretot en la que poden aplicar sobre un enginy mecànic. És per això que van tenir la idea de realitzar un minirobot, però en un principi no tenien clar quina tasca hauria de realitzar.

El que si tenien clar és que utilitzarien microcontroladors de la casa MICROCHIP, ja que tots dos ja hi havien treballat anteriorment, primer en un mòdul de grau superior i després en l'assignatura d'informàtica industrial.

Quan van sortir les llistes per triar un tutor per el projecte van llegir que en Robert Piqué proposava un projecte amb un PIC però deixava obert el tema a desenvolupar, per lo que tots dos van creure oportú proposar-li la seva idea.

De les primeres trobades amb en Robert Piqué va sortir la idea de realitzar un robot que realitzés una sola tasca però ben realitzada i acurada ja que és millor un projecte més simple però ben acabat que un de més complexa però sense terminar.

De les tasques associades als minirobots ens van plantejar de realitzar o un lluitador de sumo o un rastrejador.

El robot lluitador de sumo consisteix en un minirobot que ha de detectar a un contrincant sobre un taulell i fer-lo fora del mateix, tal i com es veu en la foto següent:



Fig2:Concurs de robots lluitadors de sumo

Com que ens va semblar una tasca una mica complicada per ser el nostre primer minirobot, vam decidir triar la tasca de rastrejador, que a priori sembla menys complicat.

### 3- ESTUDI PREVI DEL DISSENY

Com hem vist, l'objectiu és construir un minirobot, però, que s'entén com a minirobot?. De forma simplificada es defineix un minirobot com un petit robot mòbil que posseeix un cert grau "d'intel·ligència" i pot adaptar-se l'entorn i realitzar la tasca per el qual ha estat dissenyat de forma autònoma.

El prefix mini té molta confusió degut a que tothom defineix els rastrejadors i els lluitadors de sumo com a "microrobots" basant-se, més que en el tamany, en la poca intel·ligència que tenen. Per definir el rastrejador ens basarem, en lloc de la intel·ligència, el definirem des del punt de vista del seu tamany. Així doncs si som estrictes parlant, tal i com està actualment el camp de la robòtica, un microrobot és un robot de l'ordre de centenars de micròmetres, en canvi el rastrejador és de l'ordre de centímetres per lo que s'anomena minirobot i no microrobot. A continuació es mostra una taula de com està actualment el nivell de miniaturització de la robòtica segons el llibre "microbòtica" de l'any 2002:

Tipus	Tamany	Força	Interacció amb l'entorn	Fabricació
Robot miniatura	Alguns centímetres cúbics	Comparable a manipuladors humans	Mecànica	Tècniques convencionals
Microrobot	Alguns centenars de micròmetres cúbics	Molt menor que els robots miniatura	Mecànica, electromagnètica i química	Tecnologies basades en microchips
Nanorobot	Alguns centenars de nanòmetres (tamany cel·lular)	Infinitesimal	Química	Tècniques de fabricació aplicades a mecànica molecular

Fig3: Estat de la miniaturització segons el llibre "microbotica"

Un cop definit el seu nom, la tasca que s'ha triat pel minirobot és la de rastrejar, fet que consistirà en que sigui capaç de seguir de forma autònoma una línia blanca sobre fons negre lo més ràpid possible.

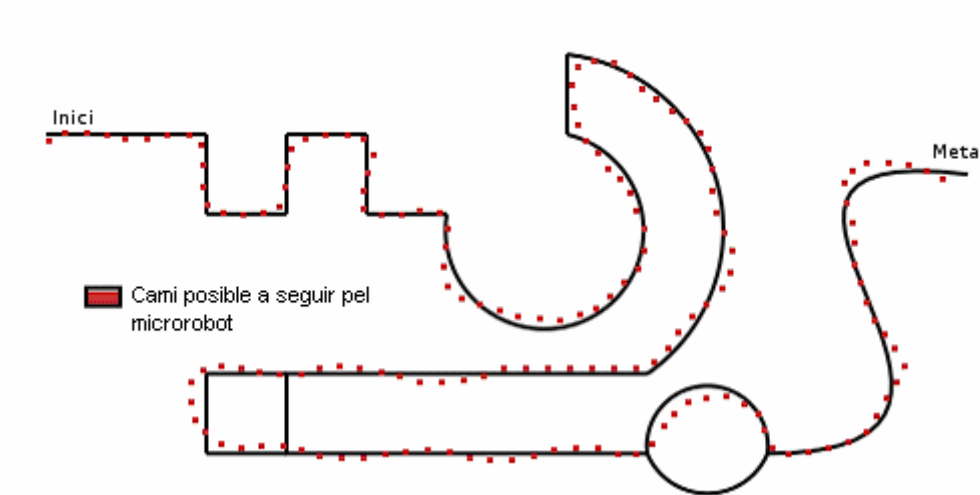


Fig4:Circuit per un rastrejador

Per tal de poder portar a terme aquesta feina, un minirobot a d'actuar amb bastant analogia com l'ésser humà, per que, com aquest, haurà d'estar compost de quatre parts ben diferenciades: El cervell, l'esquelet, òrgans motrius i els sentits.

El cervell és la part física i lògica que regeix el comportament de la màquina. La primera està basada en components microelectrònics i la segona en el programa. Es pot veure clarament que l'electrònica i la informàtica s'uneixen per aconseguir unes millors prestacions. En el minirobot el cervell serà el microcontrolador PIC, el qual serà l'encarregat de processar tota la informació que arribi al minirobot i governar-lo en funció de la informació rebuda. En el microcontrolador estaran centralitzats tots els elements, tan els que aporten informació (sensors), com els encarregats de fer circular el minirobot (òrgans motrius).

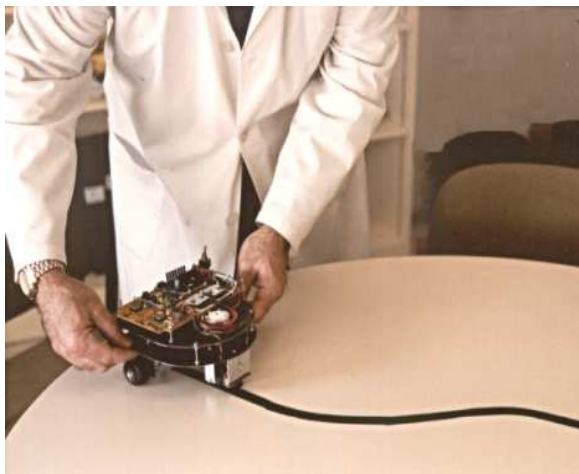


Fig5: Minirobot rastrejador

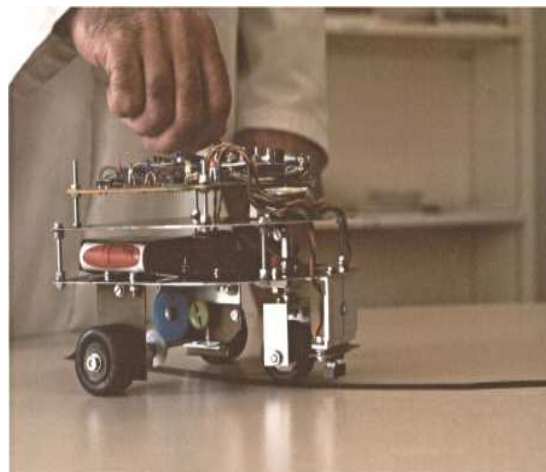


Fig6:Detall del minirobot

Una altre part del minirobot és l'esquelet, que és l'armadura que suporta tots els elements del minirobot. Característiques com el pes, la robustesa, el volum són determinants per triar el tipus d'estructura que es necessita. S'haurà de ser capaç de dissenyar una estructura poc voluminosa i lleugera per poder instal·lar tots els components de que es compona el minirobot i que pugui desenvolupar la seva tasca sense dificultats.

L'ultima part del minirobot és la referent als sentits. Els sentits en el minirobot seran els sensors que es faran servir per tal de saber en quina posició es troba sobre la línia que està rastrejant. Com a mínim es faran servir dos sensors per rastrear la línia, un per el límit dret i l'altre per l'esquerra. També els autors es plantegen la possibilitat d'introduir altres sensors per detectar l'existència de camins alternatius.

Per últim s'han de ressaltar que les característiques bàsiques del minirobot compliran la normativa del concurs de robots rastrejadors(veure annexes), que es celebra cada any al campus nord, per tal de que es te èxit en el projecte i s'obté un bon minirobot rastrejador, es plantejaria assistir a aquest concurs. Per aquesta raó el construirem seguint aquestes tres condicions:

- Secció 2. article 10: Els robots rastrejadors hauran de ser autònoms.
- Secció 2. article 11: El robot haurà de tenir unes dimensions màximes de 20 x 30 sense límit d'alçada. No serà permès un robot que quan comenci el concurs es separi en diferents parts.
- El pes màxim serà de 2000 gr.

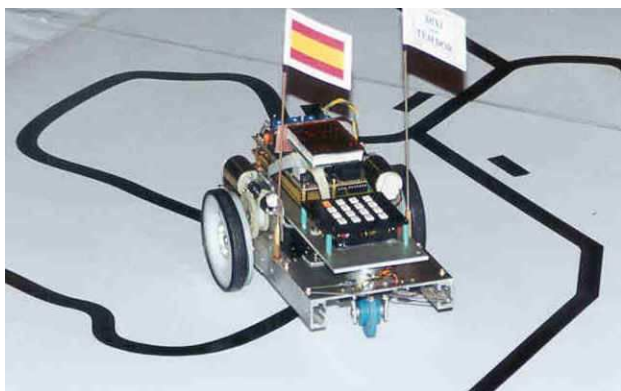


Fig7:Concurs de minirobots rastrejadors



Fig8:Concurs de minirobots rastrejadors

## **4-POSIBLES SOLUCIONS**

En aquest apartat es vol presentar de forma general els diferents components essencials que poden formar part del minirobot:

- Tipus de microcontroladors PIC
- Tipus de sensors
- Tipus de motors
- Tipus d'alimentacions autònomes
- Tipus estructures

### **4.1-Tipus de microcontroladors PIC**

Una de las labors mes importants de l'enginyer de disseny es l'elecció del microcontrolador que millor compleixi les necessitats del projecte amb el mínim pressupost.

Per resoldre aplicacions senzilles es precisen pocs recursos, en canvi, les aplicacions grans requereixen una gran quantitat de recursos i que siguin potents. Seguint aquesta filosofia Microxip construeix diversos models de microcontroladors orientats a cobrir, de forma òptima, las necessitats de cada projecte. Així, hi ha disponibles microcontroladors senzills i barats per atendre les aplicacions simples i altres complexes i més costosos per els de molta envergadura.

Microxip disposa de 4 famílies de microcontroladors per adaptar-se a les necessitats de la majoria dels clients potencials.



Les quatre famílies son :

**- La gamma baixa: PIC12C(F)XXX de 8 pins**

Es tracte d'un grup de PIC de recent aparició que ha acaparat la atenció del mercat. La principal característica el seu reduït tamany, al disposar tots els seus components de 8 pins. S'alimenten amb un voltatge de corrent continua comprès entre 2,5 V i 5,5 V, i consumeixen menys de 2 mA quan treballen a 5 V i 4 MHz. El format d'instruccions pot ser de 12 o de 14 bits i el seu repertori es de 33 o 35 instruccions, respectivament.

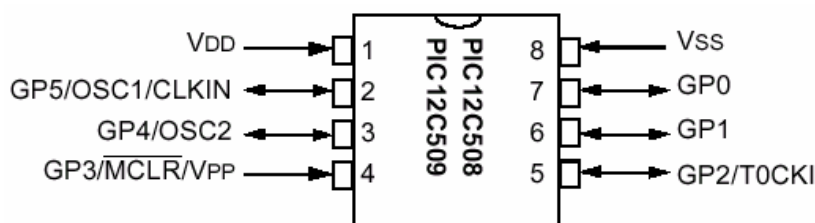


Fig9:Diagrama de connexions de los PIC12Cxxx de la gamma baixa.

Encara que els PIC de gamma baixa només tenen 8 pins, poden destinar fins a 6 com a línies de E/S per els perifèrics per que disposen d'un oscil·lador intern R-C.

MODEL	MEMORIA PROGRAMA	MEMORIA DADES	FRECUENCIA MAXIMA	LINIAS E/S	ADC 8BITS	TEMPORIZADORS	PINES
PIC12F508	512x12	25x8	4 MHz	6		TMR0 + WDT	8
PIC12F509	1024x12	41x8	4 MHz	6		TMR0 + WDT	8
PIC12F670	512x14	80x8	4 MHz	6		TMR0 + WDT	8
PIC12F671	1024x14	128x8	4 MHz	6	2	TMR0 + WDT	8
PIC12F672	2048x14	128x8	4 MHz	6	4	TMR0 + WDT	8
PIC12F680	512X12 FLASH	80x8 16x8 EEPROM	4 MHz	6	4	TMR0 + WDT	8
PIC12F681	1024x14 FLASH	80x8 16x8 EEPROM	4 MHz	6		TMR0 + WDT	8

Fig10:Característiques dels models PIC12C(F)XXX .

**- La gamma bàsica: PIC16C5X amb instruccions de 12 bits.**

Es tracte d'una sèrie de PIC de recursos limitats, però amb una de les millor relacions cost/prestacions. Les seves versions estan encapsulades amb 18 i 28 pins i poden alimentar-se a partir de una tensió de 2,5 V, el que les fa ideals en les aplicacions que funcionen amb piles tenint en conta el seu baix consum (menys de 2 mA a 5 V i 4 MHz). Tenen un repertori de 33 instruccions el format del qual consta de 12 bits. No admeten cap tipus d'interruptió i la Pila només disposa de dos nivells.

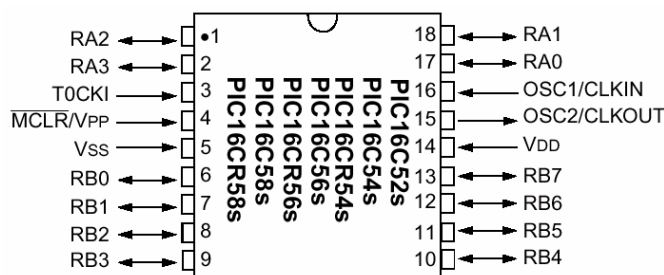


Fig11:Diagrama de pins dels PIC de la gamma bàsica que responen a la nomenclatura PIC16C54/56.

MODELO	MEMORIA PROGRAMA (x12 BITS) EPROM ROM	MEMORIA DATOS (bytes)	FRECUENCIA MÁXIMA	LÍNEAS E/S	TEMPORIZADORES	PATITAS
PIC16C52	384	25	4 MHz	4	TMRO + WDT	18
PIC16C54	512	25	20 MHz	12	TMRO + WDT	18
PIC16C54A	512	25	20 MHz	12	TMRO + WDT	18
PIC16CR54A	512	25	20 MHz	12	TMRO + WDT	18
PIC16C55	512	24	20 MHz	20	TMRO + WDT	28
PIC16C56	1 K	25	20 MHz	12	TMRO + WDT	18
PIC16C57	2 K	72	20 MHz	20	TMRO + WDT	28
PIC16CR57B	2 K	72	20 MHz	20	TMRO + WDT	28
PIC16C58A	2 K	73	20 MHz	12	TMRO + WDT	18
PIC16CR58A	2 K	73	20 MHz	12	TMRO + WDT	18

Fig12:Característiques dels models PIC16C(R)5X de la gamma bàsica

**- La gamma mitja. PIC16CXXX amb instruccions de 14 bits**

Es la gamma més variada i completa de los PIC. Te models amb encapsulats des de 18 pins fins 68, cobrint varies opcions que integren abundants perifèrics. Dins d'aquesta gamma es troba el «fabulós PIC16X84» i els seus variants.

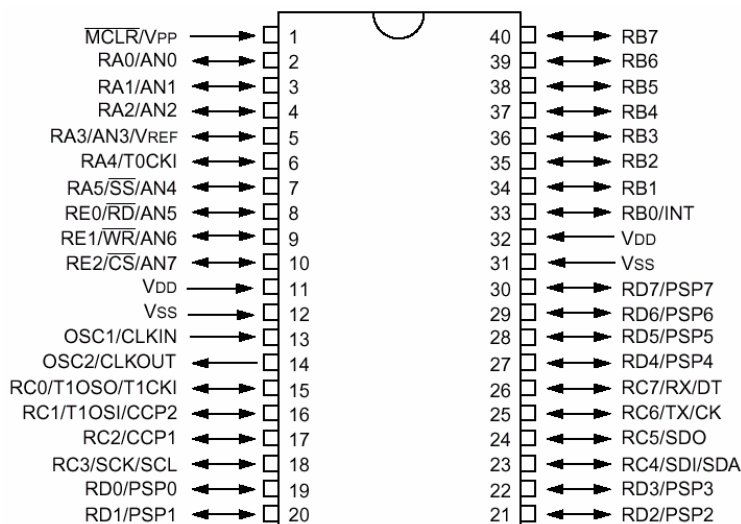


Fig13: Diagrama de pins del PIC16C74, un dels models més representatius de la gamma mitja.

En aquesta gamma els seus components afegeixen noves prestacions a les que tenen els de la gamma bàsica, fent-los més adequats per les aplicacions complexes. Admeten interrupcions, tenen comparadors de magnituds analògiques, convertidores A/D, ports sèrie i diversos temporitzadors.

El repertori d'instruccions es de 35, de 14 bits cada una i compatible amb el de la gamma bàsica. Els seus diferents models contenen tots els recursos que es necessiten per les aplicacions dels microcontroladors de 8 bits. També disposen d'interrupcions i una Pila de 8 nivells que permet l'anidament de subrutines.

MODELO	MEMORIA PROGRAMA	MEMORIA DATOS		REGISTROS ESPECÍFICOS	TEMPORIZADORES	INTERRUPCIONES	E/S	RANGO VOLTAJE	PATITAS
		RAM	EEPROM						
PIC16C84	1Kx14 EEPROM	36	64	11	TMR0 + WDT	4	13	2-6	18
PIC16F84	1Kx14 FLASH	68	64	11	TMR0 + WDT	4	13	2-6	18
PIC16F83	512x14 FLASH	36	64	11	TMR0 + WDT	4	13	2-6	18
PIC16CR84	1Kx14 ROM	68	64	11	TMR0 + WDT	4	13	2-6	18
PIC16CR83	512x14 ROM	36	64	11	TMR0 + WDT	4	13	2-6	18

Fig14:Característiques rellevants dels models PIC16X8X de la gamma mitja.

**- La gamma alta: PIC17CXXX amb instruccions de 16 bits.**

Tenen 58 instruccions de 16 bits en el repertori i els seus models disposen d'un sistema de gestió d'interrupcions vectoritzades molt potent. També inclouen variats controladors de perifèrics, portes de comunicació sèrie i paral·lel amb elements externs, un multiplicador hardware de gran velocitat i majors capacitats de memòria.

La característica que mes destaca dels components d'aquesta gamma es la seva arquitectura oberta, que consisteix en la possibilitat d'ampliació del microcontrolador amb elements externs. Aquesta facultat obliga a aquests components a tenir un elevat número de pins compresos entre 40 i 44. Aquesta filosofia de construcció del sistema es la que s'utilitzava en els microprocesadors i no sol ser una pràctica habitual quan s'utilitzen microcontroladors.

MODELO	MEMORIA PROGRAMA	MEMORIA DATOS RAM	RÉGISTROS ESPECÍFICOS	TEMPORIZADORES	CAP	PWM	CAD 10 bít	INTERRUPCIONES	E/S	MULTIPLICADOR HARDWARE	PATITAS
PIC17C42A	2Kx16	232	48	4 + WDT	2	2		11	33	8x8	40/44
PIC17C43	4Kx16	454	48	4 + WDT	2	2		11	33	8x8	40/44
PIC17C44	8Kx16	454	48	4 + WDT	2	2		11	33	8x8	40/44
PIC17C752	8Kx16	454	76	4 + WDT	4	3	12	18	50	8x8	64/65
PIC17C756	16Kx16	902	76	4 + WDT	4	3	12	18	50	8x8	64/65

Fig15:Característiques mes destacades dels models PIC17CXXX de la gamma alta.

**4.2-Tipus de sensors:**

**Introducció:**

Una part important alhora de construir un robot es la incorporació de sensors. Els sensors traslladen la informació des de el mon real al mon abstracte dels microcontroladors.

**Valors de sortida dels sensors:**

Els sensors ajuden a traslladar els atributs del mon físic en valors que la controladora d' un robot pot utilitzar.

En general, la majoria dels sensors poden ser dividits en dos grans grups:

1. Sensors analògics
2. Sensors Digitals

Un sensor analògic es aquell que pot entregar una sortida variable dintre d'un determinat rang.

Un sensor analògic, com per exemple una Fotoresistència pot ser cablejat en un circuit que pugui interpretar les seves variacions i entregar una sortida variable amb valors entre 0 i 5 volts.

Un sensor digital es aquell que entrega una sortida del tipus discreta. Es a dir, que el sensor posseeix una sortida que varia dintre d'un determinat rang de valors, però a diferència dels sensors analògics, aquesta senyal varia petits passos preestablerts.

Per exemple considerem un botó polsador, el qual es un dels sensors més bàsics. Posseeix una sortida discreta de tan sols dos valors, aquests poden ser obert o tancat. Altres sensors discrets poden entregar una sortida del tipus binari, com es el cas d'un conversor Analògic/Digital, el qual entrega una sortida de 8 bits capaç de subdividir las variacions de l'entrada fins a 256 escalons. Els sensors discrets mes comunament utilitzats en robòtica entreguen una sortida del tipus binari que poden ser dos estats possibles (0 i 1).

La distinció entre analògic i digital es molt important alhora de prendre la decisió per determinar quins sensors s'utilitzaran.

### **Conversió Analògica/Digital:**

Els microcontroladors generalment operen amb valors discrets. Els controladors com el Motorola 68HC11, el PIC 16F84, etc., treballen amb valors binaris de 8 bits. Una part important alhora de treballar amb senyals analògiques es la possibilitat de transformar-les en senyals digitals mitjançant l'ús d'un conversor A/D(analògic/digital) i entregar la seva sortida sobre un bus de 8 bits (1 Byte). Això permetrà al microcontrolador poder prendre decisions en base a la lectura obtinguda. Cal destacar que en l'actualitat

existeixen microcontroladors que ja posseeixen aquest conversor integrat, el que permet estalviar espai i simplificar el disseny.

En la següent figura es pot veure un exemple de com es comportaria un conversor A/D (analògic/digital):

Voltatge entre(v)		Valor de la sortida (binari)	Valor de la sortida(decimal)
0.0000	0.0195	00000000	0
0.0195	0.0391	00000001	1
0.0391	0.0586	00000010	2
0.0586	0.0781	00000011	3
0.0781	0.0977	00000100	4

Fig16

Es pot veure com per diferents rangs de valors d'entrada, s'obté un valor de sortida binari. Si el rang d'entrada està entre 0 i 5 volts, un conversor A/D de 8 bits podrà dividir la tensió d'entrada en 256 valors binaris. Això en resulta un escaló de 0.0195 volts. Això es pot veure clarament en la taula anterior, si be només estan representats els primers cinc nivells.

Existeixen una gran varietat de conversors A/D en el mercat. Els de 8 bits s'utilitzen habitualment amb microcontroladors, però també existeixen de 10 bits, capaços de mesurar fins a 1024 mostres. I de 12 bits, capaços de mesurar fins a 65356 mostres. A major quantitat de mostres millor serà la precisió obtinguda, pel que la elecció del conversor A/D adequat dependrà de que tan exacte haurà de ser la lectura del sensor.

### **Sensors analògics mes freqüents:**

#### **Fotoresistència:**

Aquests fotoresistors (també anomenats LDR) posseeixen la capacitat de variar el seu valor d'acord a la quantitat de llum que incideix sobre ells.

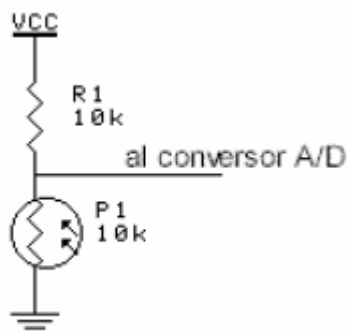


Fig17

El LDR mostrat com P1 en el diagrama posseeix una resistència de 10K operant amb una il·luminació intermitja.

Junt amb R1 que també es de 10K, produeixen un divisor resistiu. La tensió mesurada en el punt mig d'aquest divisor variarà segon variï la llum que incideixi sobre el LDR.

Degut a que el valor resistiu del LDR decreix a mesura que la llum augmenta, en conseqüència la tensió en el punt mig disminuirà també a mesura que la llum augmenta i viceversa.

### **Potenciòmetres:**

Un altre sensor molt habitualment usat i que a vegades no se'l considera es el clàssic potenciòmetre.

Aquest son molt útils per mesurar moviments i determinar la posició d'un mecanisme determinat com per exemple l'eix d'una articulació d'un braç mecànic.

Degut a que els Potenciòmetres posseeixen un angle de gir d'aproximadament 270°, no es possible usar-los en mecanismes que deuen realitzar un giro complet o be mes d'una volta sobre un eix. Com s'aprecia en el diagrama, la forma de connexió es similar al cas del LDR, amb la simple diferencia que en aquest cas el potenciòmetre es un divisor resistiu per si mateix i R3 s'usa com simple limitador de corrent.

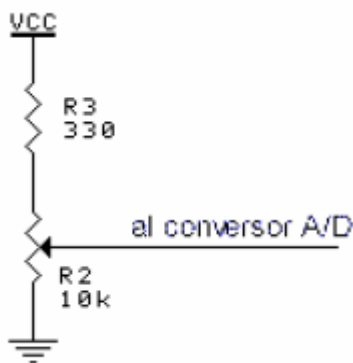


Fig18

### Sensors Digitals d'us general:

Existeixen una gran varietat de sensors digitals. Molts d'ells es connecten de forma similar, la qual es utilitzant la una resistència de Pull-Up connectada a VCC per mantenir l'entrada forçada a nivell alt, per tant el sensor la forçaria a nivell baix quan s'actives.

### Switch :

Uns dels sensors mes bàsics son els switch. En la següent figura es pot apreciar el connexionat clàssic d'un switch a una entrada digital:



Fig19

Per evitar polses de rebot al accionar el switch es pot utilitzar un condensador de baix valor (0.1uF a 1uF) en paral·lel amb los borns del switch.



**Microswitch:**

Un tipus de switch molt útil en robòtica es el SPDT com el que es pot apreciar en la següent figura:

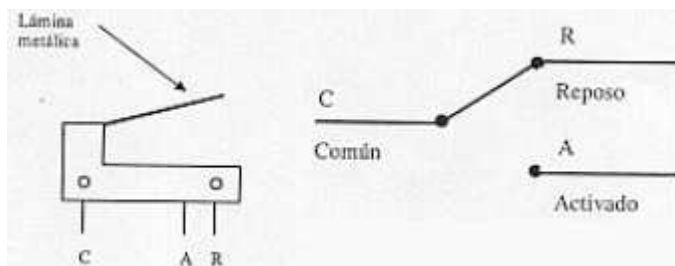


Fig20

Al pressionar la làmina, la borna comú C passa a connectar-se amb la borna activat A. Si la làmina no està pressionada, la borna C està unit amb R (repòs).

En la següent figura podem veure un dels usos característics d'aquests SPDT:

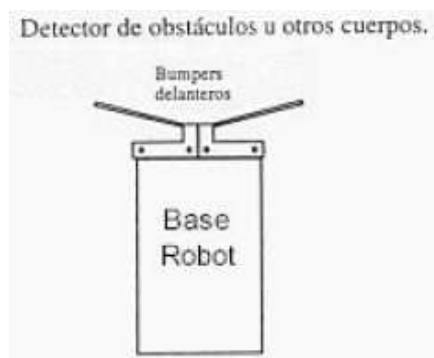


Fig21

En aquest exemple s'utilitza per la detecció d'obstacles en un petit robot.

**Sensors infrarojos optoacopladors:**

Existeixen dos tipus de sensors infrarojos: reflectiu i de ranura. Tots dos casos es basen en un conjunt format per un fototransistor (transistor activat per llum) i un LED infraroig.

**Reflectiu:** Aquest tipus de sensor presenta una cara frontal en la que s'ubica tant el LED com el Fototransistor.

Degut a que no estan col·locats de forma enfrontada, l'única forma possible per a que la llum generada por el LED activi el Fototransistor es fent reflexar aquesta llum en una superfície reflectiva.

Tenint en compte això, aquests sensors son molt útils per detectar per exemple una línia negra sobre una superfície blanca o viceversa.

Degut a que el fototransistor esta afectat no solament por la llum del diode sinó per la llum ambiental, es tenen de desenvolupar circuits de filtrat per evitar una falsa activació degut a la llum ambiental.

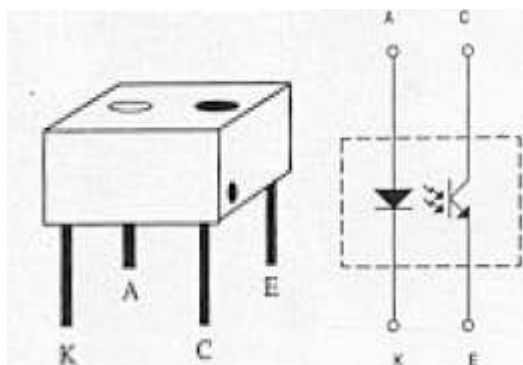


Fig22

**De Ranura:** En aquest tipus de sensor, tots dos elements (LED i Fototransistor) es troben alineats a la mateixa altura enfrontats a través de la ranura. El fototransistor s'activarà sempre que no s'introdueixi cap element que obturi la ranura.

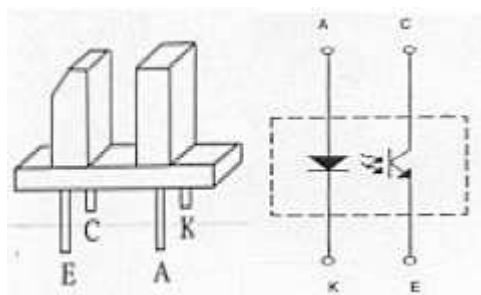


Fig23

En la següent figura s'aprecia un connexionat típic per aquest tipus de sensors.

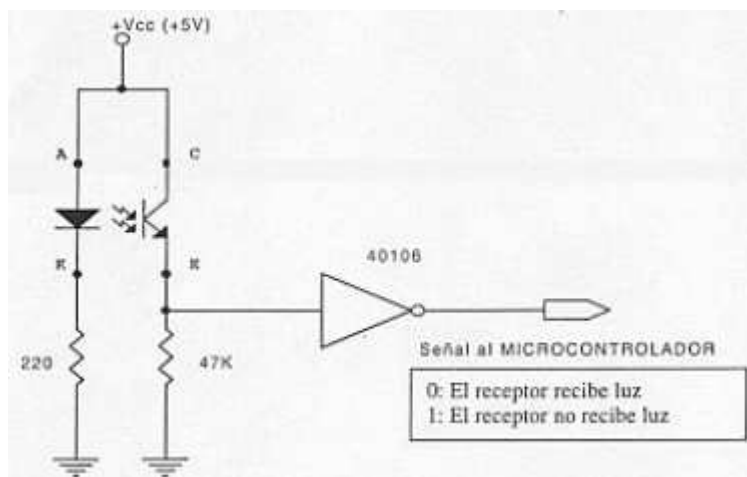


Fig24

### Sensor d'efecte Hall:

Un altre sensor molt útil i simple d'usar es el de efecte Hall. Es tracta d'un semiconductor que actua com detector de proximitat al enfrontar-se el pol sud d'un imant. Utilitzat l'efecte Hall per proporcionar una commutació sense rebots.

La distancia a la que produeix la commutació el camp magnètic de l'imant es d'aproximadament 2mm.

Son molt utilitzats en circuits lògics on es precisa commutar sense que es produeixi rebots, o on es vulgui evitar el contacte mecànic.

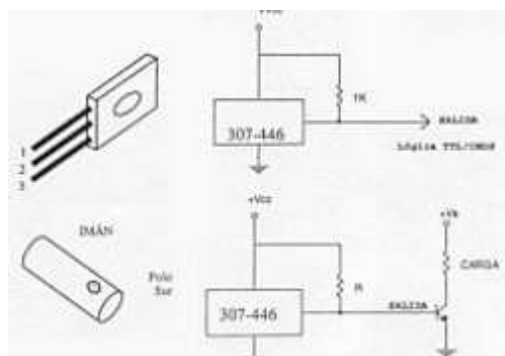


Fig25

### Resum:

Aquests son alguns dels sensors mes comunament utilitzats en robòtica degut a la seva practicitat i baix cost.

Existeixen molts altres una mica mes sofisticats, com per exemple els transmissors i receptors d'ultrasons, amb els quals es poden construir sistemes sonors molt útils alhora de detectar objectes a distància i així poder esquivar-los sense necessitat de prendre contacte amb ells.

### 4.3-Tipus de motors:

Hi ha tres tipus de motor que s'utilitzen per realitzar robots mòbils:

#### **Motors pas a pas (PAP):**

El principi de funcionament d'un motor pas a pas consisteix en l'atracció i repulsió magnètica que es crea entre el estator i el rotor. Aquest tipus de motors disposen de varis bobinats que es van connectant seqüencialment a terra mitjançant l'aplicació d'un conjunt prefixat de nivells lògics alts i baixos. El gran avantatge d'utilitzar motors pas a pas, és que el motor pas a pas pot funcionar en llaç obert per que l'angle de gir és conegut per el propi control, el qual queda simplificat.



Fig26:Control en llaç obert d'un motor pas a pas

Un inconvenient dels motors pas a pas és que el seu eix no recorre totes les posicions possibles i en conseqüència no es cobreix tota l'àrea de treball.

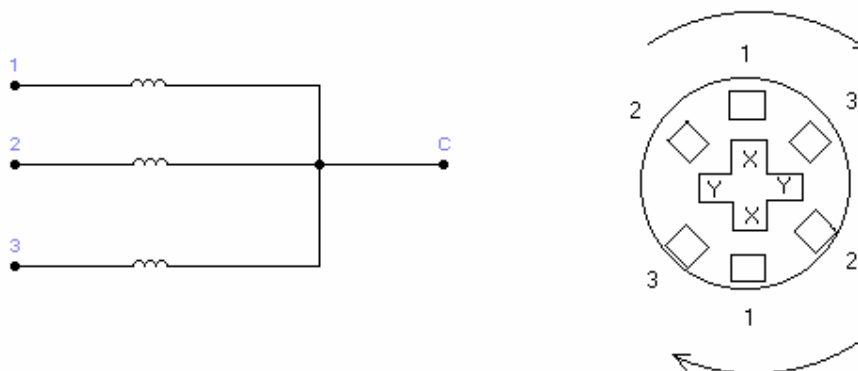


Fig27

En l'esquema anterior, el motor és de tres bobinats, amb un terminal comú a tots ells, el qual s'alimenta amb tensió positiva.. Com anteriorment es comenta, els bobinats son connectats seqüencialment a terra, mitjançant una seqüència lògica. En aquest exemple, el rotor consta de quatre pols i el estator en té sis i cada bobina esta enrotllada al voltant de dos pols oposats al estator.

Quan s'aplica tensió a la bobina 1, els pols X del rotor s'atreuen cap al pol 1 del estator. Si es deixa d'alimentar el bobinat i s'alimenta ara el 2, el rotor girarà 30° en sentit horari fins que els pols Y quedin alineats amb els pols 2 del estator. Llavors direm que el pas és de 30°.

Per aconseguir que el rotor giri contínuament s'ha d'aplicar als bobinats del estator la seqüència d'activacions que facilita el fabricant del motor pas a pas.

Per tal de millorar la resolució per pas, s'incrementa el número de pols i per augmentar la velocitat de gir, s'augmenta la velocitat de la seqüència lògica.

### **Tipus de motors PAP:**

- Motors d'imants permanents: Consta d'un estator, compostat per una sèrie de bobinats que s'exciten en seqüència creant un camp magnètic giratori, que és un camp magnètic dentat en tota la seva longitud. Els passos del motor queden definits per les posicions d'equilibri del rotor, que ofereix un parell de bloqueig apreciable en les posicions d'equilibri.
- Motors de reluctància variable: En lloc de ser d'imant permanent, el rotor és un cilindre de material magnètic, amb dents al llarg de la seva perifèria. El estator està format pels bobinats que generen el camp magnètic giratori quan circula per ells corrent. Quant circula corrent per els bobinats, el rotor gira fins arribar a una posició on la reluctància sigui mínima per el pas del flux magnètic a través del rotor. Com que aquest tipus de motor no té imant intern, al desconnectar l'alimentació a les bobines l'eix queda lliure, lo que suposa una perillosa font d'error.

Altres tipus de classificacions són la de motors pas a pas de “ pas complert”, i “de mig pas”. El primer repeteix la seqüència cada quatre passos, i el segon cada 8 passos, amb lo que el rotor gira la meitat del recorregut d'un pas normal.

També es solen classificar en bipolars i unipolars. Els bipolars tenen disponible en l'exterior els terminals de quatre cables, que es corresponen amb els extrems de les bobines del estator. Els unipolars tenen 6 terminals lliures, ja que a més a més dels quatre terminals dels extrems de la bobina, hi ha dos cables més connectats a les tomes intermitges de les bobines, les quals connecten directament el positiu de l'alimentació.

### **Servomotors:**

Els Servomotors (servos) son un tipus especial de motor que es caracteritzant per la seva capacitat per posicionar-se de forma immediata en qualsevol posició dintre del seu rang d'operació. Per això, el servo espera un tren d'impulsos que es corresponen amb el moviment a realitzar. Estan generalment formats per un amplificador, un motor, la reducció d'engranatge i la realimentació, tot en una mateixa caixa de petites dimensions. El resultat es un servo de posició amb un marge d'operació de 180° aproximadament.

### **Funcionament del servo:**

El control d'un servo es limita a indicar en quina posició s'ha de situar. Aquestes "ordres" consisteixen en una sèrie d'impulsos. La duració de l'impuls indica l'angle de giro del motor. Cada servo te els seus marges d'operació, que es corresponen amb l'amplada de l'impuls màxim i mínim que el servo entén. Els valors mes generals corresponen amb valors entre 1 ms i 2 ms, que deixaria al motor en als dos extrems. El valor 1,5 ms indicaria la posició central, mentre que altres valors de impuls el deixen en posicions intermitges. Aquests valors solen ser els recomanats, però es possible enviar-li impulsos menors de 1 ms o majors de 2 ms, aconseguint angles majors de 180°.

Es important destacar que per a que un servo es mantingui en la mateixa posició durant un cert temps, es necessari enviar-li contínuament l'impuls corresponent. D'aquesta

manera, si existeix alguna força que li obligui a abandonar aquesta posició, intentarà resistir-se.

L'inconvenient d'aquests motor es que per poder realitzar girs de 360° s'ha de fer unes modificacions.

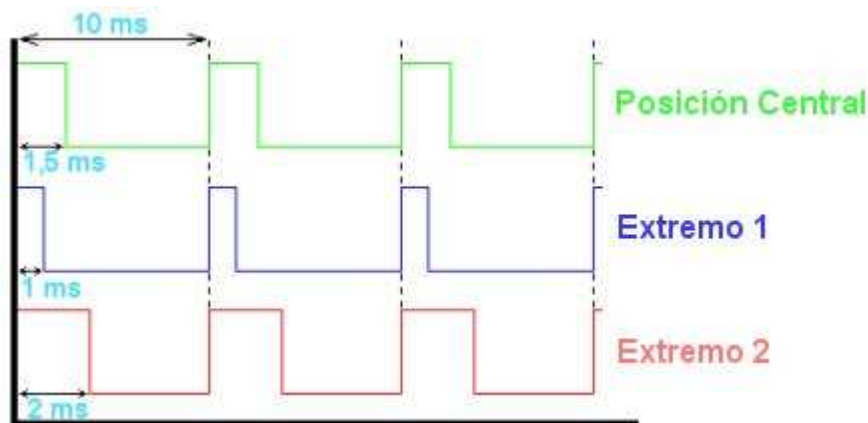


Fig28:Gràfica de posicionament d'un servo.

### Motors de corrent continua (C.C):

Per a poder utilitzar aquest tipus de motor en un robot s'ha de determinar de quina manera es farà que el motor giri en els dos sentits.

Per invertir el sentit de gir d'un motor de corrent continua, s'ha d'invertir la polaritat de la tensió aplicada a les seves bornes. Això s'aconsegueix utilitzant una font d'alimentació simètrica i el següent circuit:

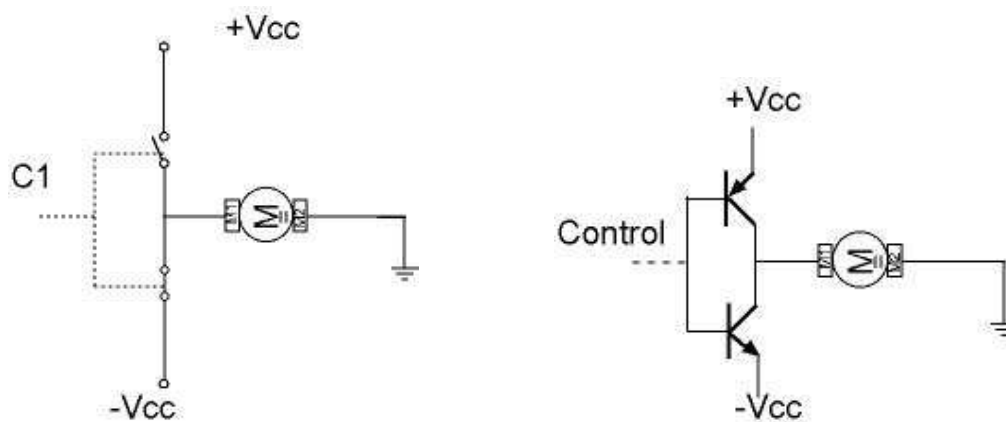


Fig29

Amb una sola font d'Alimentació el circuit seria:

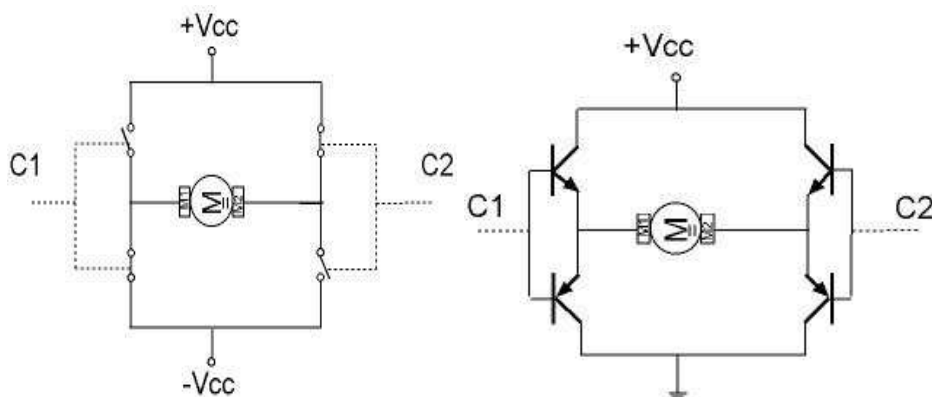


Fig30: Amb dos fonts d'alimentació simètriques, i el circuit de mig pont.

Poden fer-se elèctricament amb interruptors o electrònicament mitjançant transistors.

Moduladors d'amplada de polsos PWM i de freqüència de polsos PFM:

Una manera d'obtenir una corrent contínua el valor mig de la qual es pugui variar es modular l'amplada o la freqüència d'una senyal polsària d'ona quadrada que variï entre 0 V. i un valor màxim de tensió  $V_{MAX}$ .

Aquests circuits reben el nom de Modulador de Polsos (PWM), si el que es varia és el temps de duració de polso positiu, y Modulador de Freqüència (PFM), si el que varia es el període total de la senyal.

Amb qualsevol d'aquests dos sistemes s'obté una senyal quadrada, el valor mig de la qual es fàcilment variable, senyal amb la que es pot regular la velocitat d'un motor de c. c.



#### 4.4-Tipus d'estructures:

Per a la construcció del minirobot es pot utilitzar molts tipus d'estructures. Unes de les estructures més utilitzades són les de jocs educacionals de construcció tipus Lego, Mecano o Eitech interessants per la seva flexibilitat.

També es poden realitzar estructures amb altres materials com per exemple un tros de metacrilat, polièster, PVC, placa de circuit imprès o inclòs pot servir-nos la caixa de plàstic d'un CD.

Alhora de dissenyar la tracció del minirobot utilitzant rodes, podem pensar en diverses opcions:

- Es pot optar per una estructura formada per dos rodes a tracció independents i una roda boja.

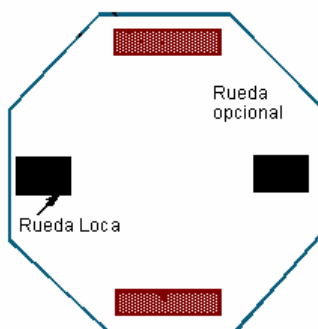


Fig31

- Per una arquitectura de tricicle formada per dos rodes de tracció i una de direcció independents.

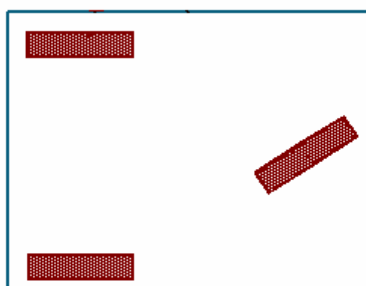


Fig32

- Per una estructura similar als cotxes tradicionals formada por dos rodes tractores amb control de la direcció i per dos rodes sense tracció.

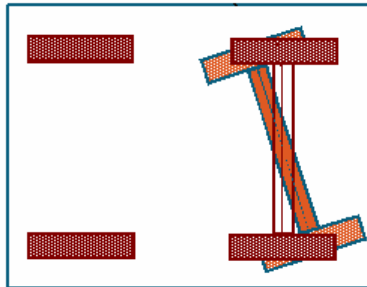


Fig33

#### **4.5-Tipus d'alimentació de minirobots autònoms:**

L'alimentació de robots mòbils es pot realitzar bàsicament de dues maneres:

La forma més senzilla d'alimentar el minirobot es amb piles recarregables de 1,5v en sèrie. La manera d'adaptar al circuit aquest piles es fa mitjançant portapiles.



Fig34:Exemple de portapiles.

La segona manera mes habitual d'alimentar un robot autònom es a través d'una bateria.

Hi ha diversos tipus de bateries però les mes típiques son les recarregables de plom.



Fig35:Exemple de bateries de plom

Pel que fa a la recarrega de les piles es sol utilitzar un carregador de piles. En canvi per les bateries hi ha diversos sistemes a utilitzar com per exemple connectar-lo a una font d'alimentació o mitjançant plaques fotovoltaiques.

## 5-SOLUCIÓ ESCOLLIDA

El minirobot construït finalment consta d'una estructura feta de mecano, dos motors pas a pas, 6 sensors infrarojos, una bateria de plom , etc. (veure plànols).

Per donar una idea de com serà el minirobot es presenta una fitxa tècnica inicial:

### FITXA TECNICA INICIAL:

En aquest apartat es vol definir una sèrie de condicions que ha de complir el minirobot. Es per això que es realitza la següent fitxa amb les característiques que ha de tenir el robot i condicions que a de complir per poder competir en el concurs de robot rastrejadors de la UPC del campus nord.

<b>Amplada:</b>	<b>No pot sobrepassar els 20 cm</b>
<b>Llargada:</b>	No pot sobrepassar els 30 cm
<b>Alçada:</b>	-
<b>Diàmetre rodes:</b>	-
<b>Pes total:</b>	No pot superar els 2kg
<b>Velocitat:</b>	La mes ràpida possible
<b>Microcontrolador:</b>	S'utilitzarà un PIC
<b>Alimentació:</b>	-
<b>Consum:</b>	-
<b>Estructura:</b>	-

Fig36

Per fer-se una idea de com serà el minirobot es pot veure el següent esquema:

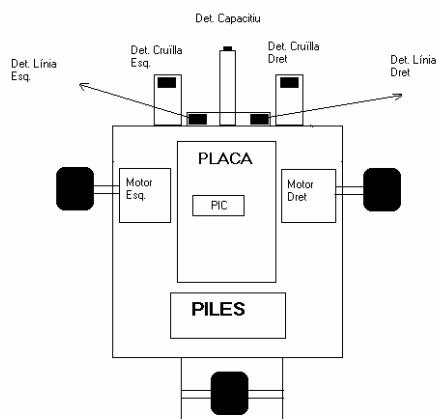


Fig37

Les files que es deixen sense omplir son per que mes endavant, un cop realitzat el minirobot es procedirà a realitzar una fitxa tècnica real.

Tot seguit es presenta l'estudi de cada una de les parts del minirobot:

### 5.1 Estudi dels sensors:

#### **5.1.1-Càlcul dels Sensors:**

Aquest es el sensor que es fa servir per detectar la línia:



Fig38: Foto del sensor

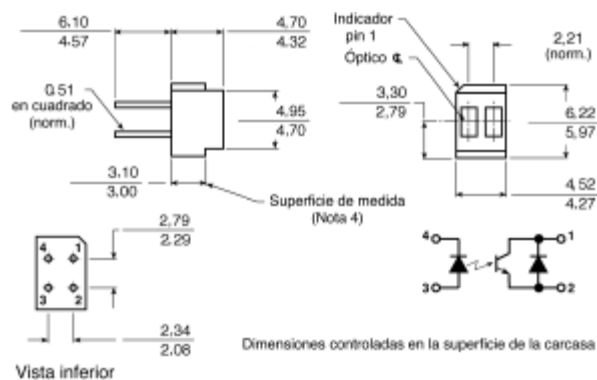


Fig39: Mides del sensor

- Fototransistor i LED integrats en carcassa modelada de plàstic negre.
- Sensor de baix cost amb una relació senyal/soroll millorada.

#### Característiques tècniques mes importants

##### Diode d'entrada

$V_F$ máx. (a $I_F = 20\text{mA}$ )	1,7V
$I_R$ máx.	100 $\mu\text{A}$
$I_F$ máx. (25°C)	50mA
I pic (amp. de 1 $\mu\text{s}$ , 300pps)	3A
Tensió inversa d.c.	2V
$P_D$ máx.	75mW* <sup>1</sup>

##### Fototransistor

$V_{CEO}$ máx.	30V
$I_{ECO}$ máx.	100 $\mu\text{A}$
$I_{CEO}$ máx.	100nA
Dissipació de potencia	100mW* <sup>2</sup>

##### Acoblat

V (sat)	0,4V
$I_C$ (on)	1mA

\* <sup>1</sup> - disminueix linealment en 1,25mW/C por sobre de +25°C

\* <sup>2</sup> - disminueix linealment en 1,67mW/C por sobre de +25°C

Fig40

I aquest es el sensor que es fa servir per detectar el final del circuit



Fig41: Foto del sensor

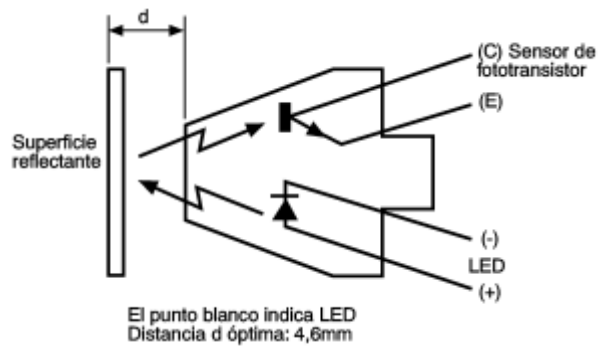


Fig42: Demostració del funcionament

- Fototransistor i LED integrats en carcassa modelada amb temperatures de funcionament  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $+80^{\circ}\text{C}$ .
- La ranura de muntatge permet ajustar la distància de detecció.
- Posseeix una coberta protectora per evitar l'entrada de pols i un filtre d'infrarojos per eliminar commutacions degudes a il·luminació ambiental.

**Característiques tècniques**

**Diode**

$V_F$ máx. (a $I_F=40$ mA)	1,8V
$V_R$ máx.	2V
$I_F$ máx. (a 25°C)	40mA
$P_D$ máx.	75mW*

\*Disminueix linealment en 1,27mW/°C per a temperatures superiors a 25°C

**Fototransistor**

$V_{CEO}$ máx.	15V
$V_{ECO}$ máx.	5V
$P_D$ máx.	50mW*

\* Disminueix linealment en 0,91mW/°C per a temperatures superiors a 25°C

**Conjunt acoblat**

Distància òptima de detecció	4,6mm
Relació mín. de transferència	0,5% a $I_F=40$ mA, a 5,08mm de la superfície

Fig43.

- Tots dos sensors li aplicarem el mateix circuit per activar-los però calcularem les resistències de cada sensor en funció de les seves característiques.



El circuit aplicat es el següent:

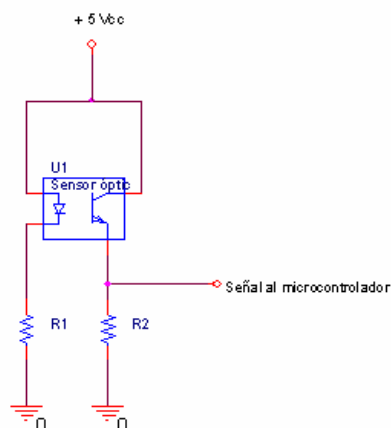


Fig44

Teoria:

L'amplificador de col·lector comú genera una sortida les transicions de la qual van d'un estat baix a un alt estat quan la llum infraroja (IR) es descoberta pel fototransistor. La sortida es creada connectant una resistència entre la pota de l'emissor del component i la terra. La sortida es llegida en el terminal de l'emissor.

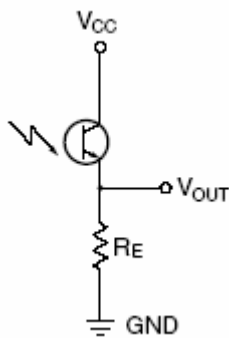


Fig45

Aquest circuit es pot utilitzar en mode actiu i en mode d'interruptor. El funcionament en el mode actiu significa que el fototransistor genera una resposta proporcional a la llum rebuda pel component fins a un cert nivell de llum. Quant la quantitat de llum sobrepassa aquell nivell, el fototransistor es satura i la sortida no augmentarà.

Aquest mode es útil en usos on es vol descobrir dos nivells d'entrades per a la comparació.

El funcionament en el mode d'interruptor significa que el fototransistor estarà actiu o saturat en resposta a la llum.

Aquest mode es útil quan requerim una sortida digital per a la detecció d'objectes.

El valor correcte per a la resistència pot ser determinat per les equacions següents:

Mode Actiu:

$$VCC > RL \times ICC \quad \text{Eq1}$$

Mode interruptor:

$$VCC < RL \times ICC \quad \text{Eq2}$$

Típicament un valor de resistència de 5 k o mes alt es adequat per manejar el fototransistor en el mode de interruptor. El voltatge de sortida a nivell alt en el mode de commutació hauria d'igualar el voltatge de subministra. El voltatge de sortida de nivell baix en el mode de commutació hauria de ser menys de 0.8 volts.

Pel minirobot ens interessa treballar en mode interruptor.

### **Ara calcularem les resistències pel fototransistor de línia:**

Per calcular s'ha de tenir en compte les característiques anteriorment descrites.

Per tant, la part del díode serà:

$$I_d = \frac{V_{cc} - V_d}{R} \quad \text{Eq3} \quad \rightarrow \quad \text{Col·loquem una Resistència de } 220 \Omega$$

$$I_d = \frac{5 - 1.7}{220} = 15 \text{mA} \quad \text{Eq4} \quad \rightarrow \quad \text{Aquesta intensitat es menor a la de } I_{d \text{ max}}$$

$$P_d = 1.7 \times 15 \text{mA} = 22.5 \text{mW} \quad \text{Eq5} \quad \rightarrow \quad \text{Aquesta potència es menor a la } P_{d \text{ max}}$$

Per tant es col·loca aquesta resistència.

Pel que fa a la part del fototransistor :

Tenint en compte la equació de mode interruptor :

$V_{cc} < R \times I_c$  Eq6 → Segons característiques tècniques  $I_c$  on es igual a 1mA per tant

$R > 5/1mA = 5k$  Eq7 → Hi col·loquem una resistència de 47k.

**Ara calcularem les resistències pel fototransistor de fi de circuit:**

Per tant, la part del diode serà:

$I_d = V_{cc} - V_d / R$  Eq8 → Es col·loca una R de 150

$I_d = 5 - 1.8 / 220 = 14.54mA$  Eq9 → Aquesta intensitat es menor a la de  $I_d$  max

$P_d = 1.8 * 14.54mA = 26.2mW$  Eq10 → Aquesta potència es menor a la  $P_d$  max

Per tant es col·loca aquesta resistència.

Pel que fa a la part del fototransistor :

Tenint en compte la equació de mode interruptor :

$V_{cc} < R \times I_c$  Eq11 → Tenint en compte  $P_{max}$   $P = I * I * R$

$V_{cc} < R * (P/R)^{1/2}$  →  $V_{cc} * V_{cc} < R * R * P/R$  →  $V_{cc} * V_{cc} < R * P$  Eq12

$25 < R * 50mW$  →  $R > 25/50mW = 500$  → Hi col·loquem una R de 22k.

### 5.1.2-Disposició del sensors:

Alhora de realitzar el minirobot s'ha tingut de pensar de quina forma s'han de col·locar els sensors per tal de que el minirobot pugui rastrejar el màxim nombre d'opcions de camins que pot seguir i optar pel camí mes adequat i així no perdre temps ni velocitat.

Per aquesta raó s'ha optat per realitzar la següent disposició de sensors:

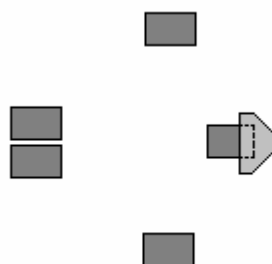


Fig46:vista aèria dels sensors. (Part davantera es la dreta)

En l'esquema anterior es poden veure 5 sensors pintats de color gris fosc. Aquest son els sensors detectors de línia. Els cinc estan situats al mateix nivell respecte el terra (uns 3mm) .

Com es pot observar aquest sensors es poden separar en tres funcions a realitzar per control:

- 1- Els dos sensors situats mes a l'esquerra del diagrama seran els que tindran prioritats sobre els altres ja que indicaran que s'està sobre la línia a seguir.
- 2- Mes endavant es troben dos sensors que estan col·locats al mateix nivell però a diferència dels anteriors estan separats. Aquest sensors seran útils per detectar cruïlles.
- 3- Per últim hi ha un sol sensor col·locat al centre dels que realitzen la funció 1 però més endavant de la resta de sensors de línia per tal de detectar que el circuit per on va el minirobot es pot continuar recta i així augmentar la velocitat del minirobot.

L'altre sensor (color gris clar) que hi ha a l'esquema és el sensor que s'anomena de fi de circuit ja que quan detecti voldrà dir que el circuit s'ha acabat. Aquest, a diferència dels altres no està al mateix nivell respecte el terra ja que es troba en la posició més alta del minirobot. El que sí està és al mateix nivell que el sensor de línia de l'apartat 3 anterior.

## **5.2-Estudi dels motors P.A.P:**

### *5.2.1 Característiques a tenir en compte*

Els motors triats pel minirobot són de pas a pas ja que donen una gran precisió en el moviment sense cap tipus de realimentació. També s'ha de tenir en compte d'utilitzar el pertinent reductor per guanyar parell i no perdre passos en moments crítics com en l'arrancada del minirobot.

Unes de les característiques importants a tenir en compte en qualsevol disseny on s'utilitzen motors pas a pas són :

- Càrrega màxima: És la càrrega màxima que pot suportar el motor.
- Velocitat de gir del conjunt motor-reductor: És la velocitat de gir màxima que pot realitzar el conjunt motor-reductor sense perdre passos.
- Parell dinàmic: És el parell màxim que el motor és capaç de desenvolupar sense perdre pas, es a dir, sense deixar de respondre a algun impuls d'excitació del estator i depenent de la càrrega. El fabricant ofereix les corbes denominades d'arrancada sense error i que relaciona el parell en funció de la velocitat.
- Parell de manteniment: És el parell necessari per desviar, en règim d'excitació, un pas el rotor, quant la posició anterior és estable; és major que el parell dinàmic i actua com a fre per mantenir el rotor en una posició estable donada
- Angle de pas: Graus que gira el motor per cada pas donat.

- Número de passos: Número de passos que s'han de donar al motor per a que aquest realitzi un gir complet

S'ha de trobar un motor que sigui capaç d'arrossegar el minirobot. Concretament la nostra estructura al complet té una massa de 1.34 Kg, per lo que cada motor-reductor haurà de suportar 0.765Kg.

Per triar la velocitat s'ha de partir de la base del perímetre de les rodes. Com que les rodes fan 76mm de diàmetre obtenim que el nostre robot recorrerà per cada revolució:

$$\text{Perímetre} = 2 \cdot \pi \cdot r = 238.7\text{mm}$$

A continuació s'imposarà una velocitat de gir, al minirobot, de 130mm/s. S'ha triat aquesta velocitat per que no es tracte d'un valor molt exigent per els motors, ja que implica realitzar una revolució amb un temps inferior a 2 segons. D'aquesta manera es perd en velocitat però s'espera guanyar en parell i precisió en els girs.

### 5.2.2-Càlcul dels motors

La potència que hauran de tenir els motors anirà en funció de la força que exerceix el pes del minirobot, a la velocitat que circula i el parell que haurà de suportar en funció del diàmetre de les rodes. Com que el minirobot té una massa de 1.34Kg, i es vol una velocitat 0.130m/s, es pot obtenir les relacions de força total i potència total.

Primer s'ha d'obtenir la força total necessària per moure el minirobot a velocitat constant. Aquesta serà igual a:

$$\sum F = m \cdot a \quad \text{velocitat constant} \Rightarrow a = 0 \quad \text{Eq13}$$

$$F_{\text{total}} - F_{\text{fregament}} = 0 \quad \text{Eq14}$$

La força de fregament és igual al producte de la força normal (N) per el coeficient de fregament estàtic. Per coeficient de fregament hem triat el coeficient entre el cautxú i el formigó sec, que segons el llibre de física "Tipler" és igual a 1.

$$F_{total} = \mu e \cdot N \quad \text{Eq15}$$

$$F_{total} = 1 \cdot 1.34 \cdot 9.8 = 13.13 \text{ N}$$

I segon, un cop calculada la força total es pot trobar la potència màxima que hauran de donar els motors a partir de l'expressió següent:

$$P_{Total} = F_{Total} \cdot V \quad \text{Eq16}$$

$$P = 13.13 \cdot 0.130 = 1.7 \text{ W}$$

Obtenint que els dos motors sumats hauran de tenir un potència no inferior a 1.7W.

A continuació es comprova quin és el parell sotmès al motor en funció de les rodes utilitzades. Com que s'utilitzen unes rodes d'un "mecano" que fan 76 mm de diàmetre es pot obtenir la relació següent per a cada roda:

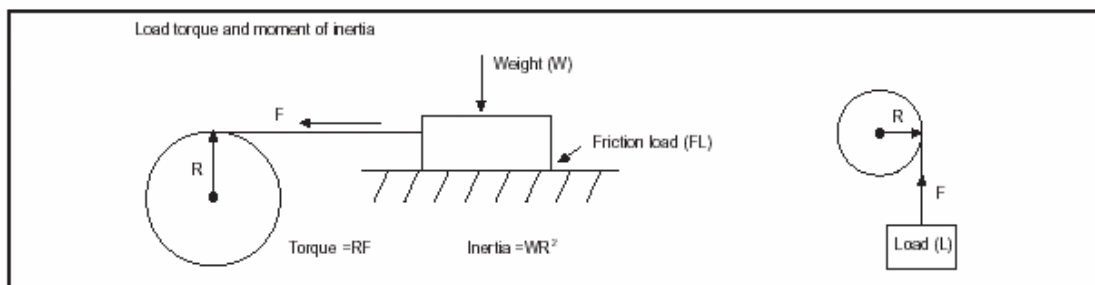


Fig47:Gràfic del càlcul del parell i el moment d'inèrcia d'un mòbil donat per RS  
AMIDATA

$$\text{Parell roda} = F_{total}/2 \cdot R \quad \text{Eq17}$$

$$P = 13.13/2 \cdot 38$$

$$P = 249.47 \text{ mN} \cdot \text{m}$$

S'obté finalment que el parell necessari que haurà d'exercir cada motor haurà de ser almenys de 249.47 mN · m.

Els motors pas a pas que s'han triat finalment per la construcció del minirobot és el model 440-262 distribuït per RS-AMIDATA i fabricat per CROUZET. Es tracte d'un motor PAP d'imant permanent bidireccional de 12,7 VDC d'alimentació nominal unipolar i de 4 fases.

Aplicant la seqüència de nivells lògics elèctrics als debanats del motor s'aconsegueix un angle de pas de  $7.5^\circ$  cada cop que aquesta canvia, obtenint 48 passos per revolució.



Fig48: Motor P.A.P 440-262

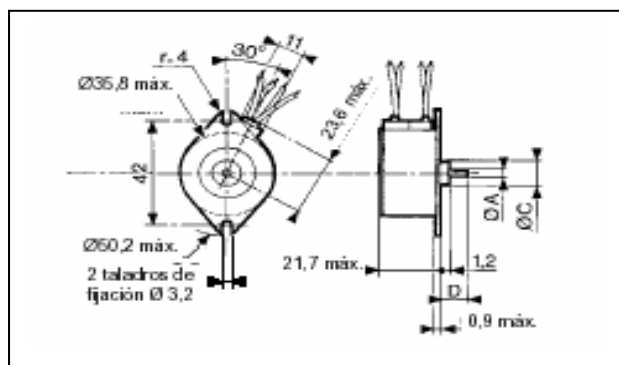


Fig49: Mides del motor P.A.P 440.262

Aquest motor consumeix una potència de 5W amb un parell de manteniment de 20mNm i aguanta una temperatura màxima de  $120^\circ\text{C}$ . Aquestes i altres característiques tècniques, estan extretes directament del catàleg de Crouzet que es pot veure a continuació:



Referencias		82 910 3 / 82 910 001	•	•	•	RS 440-262	•
<b>Características</b>							
Número de fases		2	2	2	4	4	4
Potencia absorbida	W	5	5	5	5	5	5
Mando electrónico utilizado	Bipolar Unipolar	• —	• —	• —	— •	— •	— •
Resistencia por fase	Ω	9	12,9	66	15,5	66	115
Inductancia por fase	mH	12	15	68	8	28	55
Intensidad máxima por fase	A	0,52	0,44	0,19	0,4	0,19	0,14
Par de mantenimiento	mN.m	25	25	25	20	20	20
Tensión en los bornes del motor	V	4,7	5,6	12,7	6,2	12,7	17
Angulo de paso	°	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
Precisar la relación de reducción	%	5	5	5	5	5	5
Inercia del motor	gcm <sup>2</sup>	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9
Par de distensión máximo	mN.m	3	3	3	3	3	3
Temperatura máxima del devanado	°C	120	120	120	120	120	120
Temperatura de almacenamiento	°C	-40 + 80	-40 + 80	-40 + 80	-40 + 80	-40 + 80	-40 + 80
Resistencia térmica bobinado - aire ambiental	°C/W	14	14	14	14	14	14
Resistencia de aislamiento (a 500 Vcc) (1)	MΩ	> 10 <sup>3</sup>	> 10 <sup>3</sup>	> 10 <sup>3</sup>	> 10 <sup>3</sup>	> 10 <sup>3</sup>	> 10 <sup>3</sup>
Tensión de aislamiento (50 Hz, 1 Minuto) (1)	V	> 600	> 600	> 600	> 600	> 600	> 600
Longitud estándar de los hilos	mm	250	250	250	250	250	250
Masa	g	90	90	90	90	90	90
Grado de protección		IP 40	IP 40	IP 40	IP 40	IP 40	IP 40
(1) Según normas NFC 51200							
<b>Eje motor</b>							
Ver medidas y especifica la versión. (Otras realizaciones bajo demanda)							

Fig50.

Com que el motor triat és de 5W, obtenim una potència total de 10W, valor molt superior al necessari. Si de la expressió  $P = F \cdot V$  aïllem la força a partir d'una potència de 5W i una velocitat de 0.130m/s, s'obté que cada motor pot exercir una força de 38.46N, que equival aquí en el nostre planeta a 3.92Kg de massa. Queda clar que els motors poden suportar la càrrega que suposa tota l'estructura del minirobot (placa electrònica, bateria, components,...)

Un cop s'ha comprovat que els motors tenen prou potència per suportar la càrrega, queda comprovar el parell dinàmic del motor. Aquest parell és el que és capaç de donar el motor en cada pas sense perdre cap. El fabricant dona un gràfic on es relaciona el parell per pas en funció de la freqüència de passos donada. El gràfic del motor és el següent:

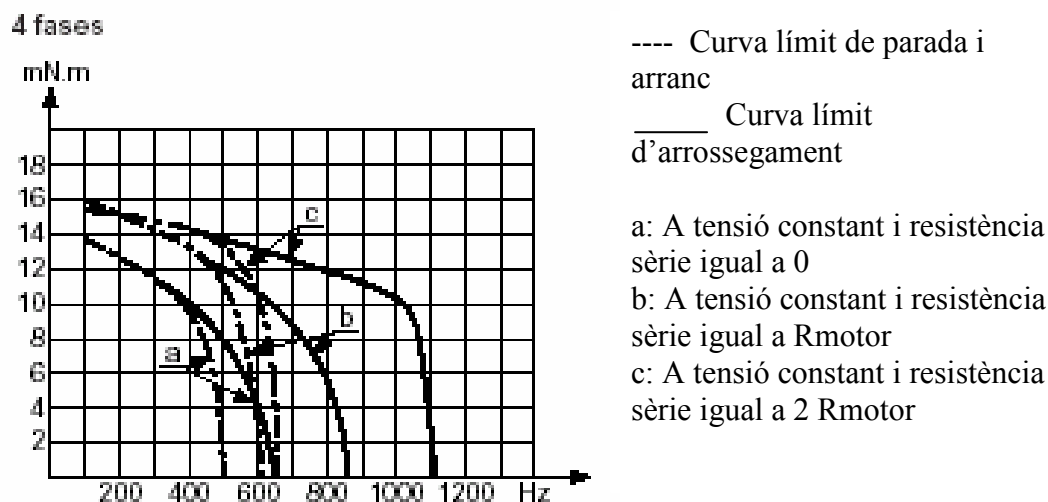


Fig51: Gràfic del parell dinàmic en funció de la freqüència a la que introduïm els passos del motor

Del gràfic anterior es pot treure una dada molt important que dona el fabricant i que no es troba en la taula de característiques mostrada anteriorment. Es tracta del **número de passos per segon màxim que pot donar el motor en buit en el moment de l'arrancada**. Del gràfic podem veure que quan el parell és pràcticament nul, la freqüència màxima de passos és de 500Hz, que equival a donar un pas cada 2 ms, es a dir, en un segon pot donar 500 passos.

Queda clar que per obtenir un parell alt per pas s'ha de vigilar de no donar una freqüència de passos massa alta, ja que sinó no es tindrà prou parell per fer moure el minirobot. Això és important per que s'ha de tenir en compte que, quan la velocitat de gir del motor augmenta, és produeix un augment de la f.c.e.m. en ell generada i, per tant, una disminució de la corrent absorbida per els bobinats del estator, com a conseqüència de tot això, disminueix el parell del motor tal com es pot veure en el gràfic anterior.

La velocitat del motor queda determinada, com s'ha vist anteriorment, per la freqüència a la que s'introdueix els passos de la seqüència i la direcció de gir depèn del sentit en que s'apliqui aquesta. Això proporciona un excel·lent control de velocitat i posició sense realimentació. Ara bé, la freqüència a la que s'introdueixen els passos té un límit definit per la velocitat del reductor com a continuació es pot veure.

### 5.2.3-Càlcul dels reductors

Per utilitzar motors pas a pas s'ha de tenir especial cura de que els motors puguin vèncer fàcilment la resistència en l'arrancada que ofereix el propi pes del minirobot, per així evitar errors de passos del motor PAP. Per això normalment és fa que les rodes realitzin menys voltes que el motor, gràcies a la utilització de reductors. Gràcies a aquesta reducció s'aconsegueix un parell d'arrancada molt més elevat, proporcional a la relació de voltes que tingui i també s'obindrà un consum menor de les bateries.

S'utilitzarà un reductor de la casa RS-AMIDATA ref:332-868 que té una relació de 25:6 per lo que a 25 voltes del motor obtindrà 6 voltes de la roda, i com que per girar una revolució del motor es necessiten 48 passos, això implica que per obtenir una revolució sencera d'una roda es necessitarà 200 passos.

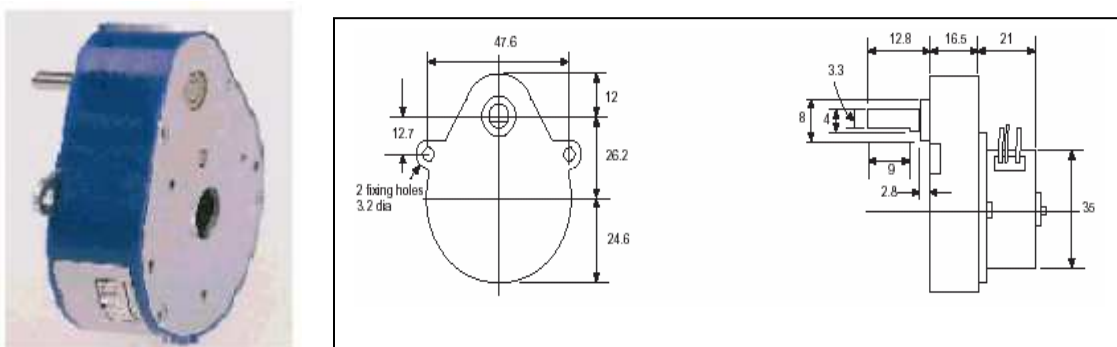


Fig52:Foto i cotes del reductor 332-868 de RS AMIDATA

Segons el fabricant, el parell màxim que pot donar el reductor es de 462 mN·m a una velocitat de 20rpm. A una velocitat superior el parell capaç que pot donar el reductor segueix la relació següent:

$$\text{Parell (Vx)} = (20 / Vx) * 462$$

Com s'ha vist en l'apartat anterior, volem una velocitat de 130 mm/s. Això implica que trigarà 1.8s en donar una revolució, per lo que cada minut donarà 33 revolucions. A més a més, si triguem 1.8s en realitzar una revolució i el sistema motor-reductor dona 1 volta cada 600 passos, això vol dir que hem de donar un pas cada:

$$1.8s / 600 \text{ passos} = 3ms$$

Obtenim que s'ha de programar el pic per a que doni un pas cada 3ms. Aquest interval de temps de 3ms per pas és el mateix que dir que s'està introduint una seqüència de passos a la freqüència de 333.3 Hz. Si s'observa el gràfic del motor es pot observar que a aquesta freqüència els motors donen uns 11 mN·m. Queda clar que els motors solament amb aquest parell no podrien moure el robot, ja que aquest requereix almenys 249.47 mN·m, tal i com s'ha calculat anteriorment. Per saber el parell real, es sap que el motor farà girar el reductor a 33 rpm, valor superior al nominal, per lo que perdrem parell a favor de guanyar velocitat. El parell que donarà cada reductor és:

$$(20 / 33) * 462 = 280mN \cdot m$$

Aquest valor es troba per sobre dels 249.47 mN·m de parell mínim per motor que es necessita per moure el minirobot.

S'ha triat aquest reductor per que així s'obté, a part d'un bon parell, una velocitat total de 7.8 metres cada minut. Es tracte d'una velocitat prou bona per poder afrontar un concurs de rastrejadors amb garanties de fer un bon resultat. Es pot pretendre buscar una velocitat més alta, però pot crear problemes en el moment de seguir la línia a rastrejar, ja que com més ràpid va més fàcil serà sortir-se del recorregut.

#### *5.2.4-Muntatge del reductor en el motor*

Un cop s'ha triat els reductors i els motors s'ha de realitzar l'engranatge entre els dos elements. Es passa ara a descriure com realitzar aquesta operació.

Primer de tot es farà una relació dels elements necessaris per cada conjunt motor reductor:

- 1 Motor pas a pas ref: 440-262
- 1 Reductor ref: 332-868
- 1 Pinyó subministrat en el reductor
- 1 separador subministrat en el reductor
- 2 cargols pel muntatge del motor al reductor, subministrats amb el reductor
- 1 adhesiu d'alta resistència ref: 851-016
- 1 agulla de cap o 1 clip

Primer de tot s'ha d'assegurar de que el eix del motor està net, sec i no té grassa. A continuació s'aplica una petita quantitat d'adhesiu d'alta resistència 851-016 de forma indirecta ( es a dir, utilitzant una agulla o clip petit) a la superfície interior del orifici de muntatge del pinyó. No és aconsellable posar l'adhesiu de forma directa sobre el pinyó.

Després s'ha d'inclinar el motor lleugerament cap avall i s'ha de fer lliscar el pinyó sobre l'eix del motor tal i com es veu en l'esquema de sota, utilitzant un separador per posicionar el pinyó a una distància fixa respecte de l'eix de muntatge del motor.

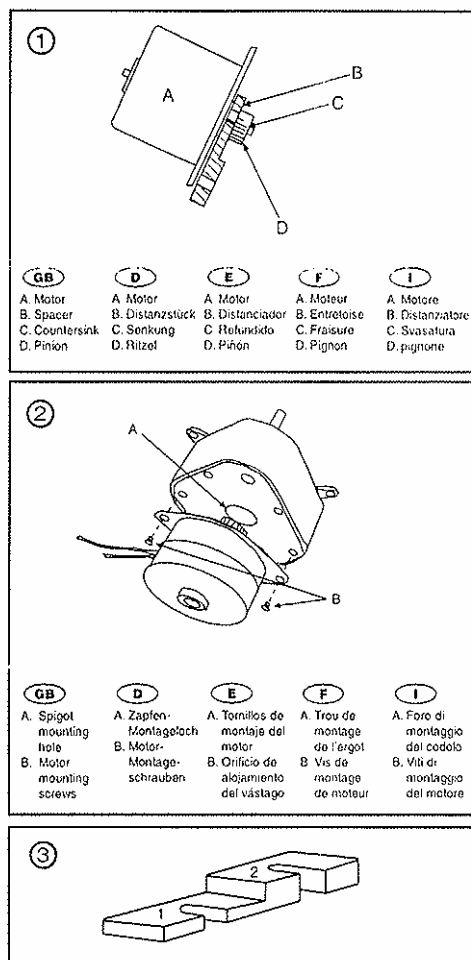


Fig 53

Ara s'ha d'eliminar tot excés d'adhesiu i deixar que s'assequi durant unes 3h. A continuació retirem el separador .

A continuació s'ha de treure la cinta protectora de l'orifici d'allotjament del eix en el reductor i muntar el motor, introduint el pinyó en la caixa reductora de manera que engrani amb el primer engranatge del reductor. Ara s'apreten els cargols de muntatge del motor.

S'ha de comprovar que el pinyó engrana lliurement amb el reductor, donant tensió al motor i observar que:

- que giri l'eix de sortida del reductor
- que el reductor giri amb suavitat i que cap element intern deixat anar li impedeixi moure.

#### *5.2.5 Anàlisi del driver de control*

Per tal de donar els passos des del pic al motor, es necessita un element que agafi la seqüència de passos del pic a tensió 0-5V, i la converteixi a 0-12V, que és la tensió que funcionen els motors. Aquest element no és més que el driver L923B.

El L293B és un driver de control de 4 canals capaç de proporcionar una corrent de sortida fins a 1A per canal. Cada canal és controlat per senyals d'entrada compatibles TTL i cada parella de canals disposa d'un senyal d'habilitació que desconnecta la sortida dels mateixos.

Disposa d'una entrada per l'alimentació de les càrregues que s'estan controlant, de forma que aquesta alimentació és independent de la lògica de control.

Pin	Nom	Descripció	Patillatge
1	Xip Enable 1	Habilitació dels canals 1 i 2	
2	Input 1	Entrada del canal 1	
3	Output 1	Sortida del canal 1	
4	GND	Terra d'alimentació	
5	GND	Terra d'alimentació	
6	Output 2	Sortida del canal 2	
7	Input 2	Entrada del Canal 2	
8	V <sub>s</sub>	Alimentació de les càrregues	
9	Xip Enable 2	Habilitació dels canals 3 i 4	
10	Input 3	Entrada del canal 3	
11	Output 3	Sortida del canal 3	
12	GND	Terra d'alimentació	
13	GND	Terra d'alimentació	
14	Output 4	Sortida del Canal 4	
15	Input 4	Entrada del canal 4	
16	V <sub>ss</sub>	Alimentació del C.I.	

Fig 54

Utilitzant el circuit integrat L293B es pot aconseguir la commutació del corrent per les bobines d'un motor pas a pas i la necessària amplificació dels senyals generats pel sistema microcomputador. En la taula anterior es mostra el patillatge del L293B, que conté quatre canals. El senyal EN1 activa la parella de canals 1 i 2, mentre que EN2 activa els canals 3 i 4. Les sortides OUT s'associen amb les respectives entrades IN. Els senyals de sortida estan amplificats respecte als d'entrada tant amb tensió (fins a +V<sub>ss</sub>), com per corrent (fins a 1A).



5.2.6 Anàlisi dels passos del motor

Com s'ha anomenat anteriorment els motors són de 4 fases i per tal de fer girar el motor s'han d'introduir seqüències lògiques. Aquestes seqüències lògiques s'han d'aplicar en els 4 terminals del motor d'una forma exacte, per tal de que els motors no tinguin mesures de passos errònies. Pels motors, el fabricant dóna la seqüència de passos i per quins terminals s'han d'introduir. A continuació es mostra la taula de passos i el connexionat:

Nº de pas	1 (blau)	2 (vermell)	3 (verd)	4 (negre)
Posició inicial	ON	OFF	OFF	ON
1	ON	OFF	ON	OFF
2	OFF	ON	ON	OFF
3	OFF	ON	OFF	ON
4	ON	OFF	OFF	ON
5	ON	OFF	ON	OFF

Fig55

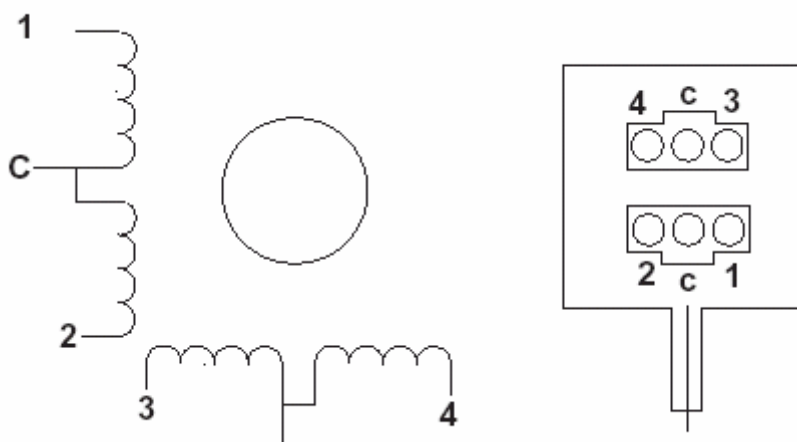


Fig56

Si observa el connexinat del motor, es veu els quatre terminals (1,2,3,4) per on s'introdueix els nivells lògic, i dos comuns que s'han de posar a +VSS (12V), segons indica el fabricant.

El sentit de gir del motor ve donat per l'ordre en que s'introdueix els passos. Si s'introdueixen amb l'ordre 1,2,3,4 el motor gira en sentit horari, i si o fer al inrevés, en sentit antihorari.

Un fet important que ens vam donar compte en el disseny del minirobot, és que els nivells lògics a introduir en els terminals 1 i 2 eren sempre valors oposats, i el mateix passa amb els terminals 3 i 4. Per aquesta raó s'ha pensar que en lloc d'utilitzar una sortida del pic per cada terminal del motor, s'utilitzaria inversors per negar els senyals i controlar els dos motors amb només 4 pins del pic.

La seqüència de passos per cada motor donada per els terminals del pic i per els inversors és la següent:

Motor 1	RB3	RB3 negat	RB2	RB2 negat
Nº pas	1 (blau)	2 (vermell)	3 (verd)	4 (negre)
Pos. Inicial	ON	OFF	OFF	ON
1	ON	OFF	ON	OFF
2	OFF	ON	ON	OFF
3	OFF	ON	OFF	ON
4	ON	OFF	OFF	ON
5	ON	OFF	ON	OFF

Fig57

Motor 2	RB1	RB1 negat	RB0	RB0 negat
<b>Nº pas</b>	<b>1 (blau)</b>	<b>2 (vermell)</b>	<b>3 (verd)</b>	<b>4 (negre)</b>
Pos. Inicial	ON	OFF	OFF	ON
1	ON	OFF	ON	OFF
2	OFF	ON	ON	OFF
3	OFF	ON	OFF	ON
4	ON	OFF	OFF	ON
5	ON	OFF	ON	OFF

Fig58

### **5.3-Estudi d'alimentacions:**

#### ***5.3.1 Càlcul de consums:***

Observant els plànols es pot dividir el consum bàsicament en 4 blocs: motor, sensors, resta de circuiteria.

Considerant que segons les especificacions i càlculs fets anteriorment pels sensors es pot dir:

- Cada motor consumeix un màxim de 1,7w.
- Cada conjunt de sensor mes led de senyalització consumeix com a màxim 0.1w.
- De la resta de circuiteria el que ens queda son condensador, circuits integrats,transistors, diodes i el regulador de tensió.

El regulador consumeix uns 2.5w a un tensió d'entrada de 12v.

La resta de circuiteria 0.5 w com a màxim.

Per tant els consum màxim serà :

$$\begin{aligned} & 2*\text{Motors}(1,7\text{w}) \\ + & 6*\text{Sensors}(0,1\text{w}) \\ + & \text{Regulador}(2,5\text{w}) \\ + & \underline{\text{Resta de circuiteria}(0,5\text{w})} \\ & 7\text{W} \end{aligned}$$

**A la fitxa tècnica final es pot veure el consum mesurat del minirobot.**

### *5.3.2 Elecció de l'alimentació:*

Pel minirobot s'utilitzarà una bateria de plom. En contret una bateria de la casa Panasonic model LC-R121R3PG.

Aquest model te les següents característiques:

- Tensió : 12V
- Corrent que subministra: 1,3 Ah/20HR

Per tant pot subministrar 15,6Wh que es mes del que s'ha calculat anteriorment com a consum màxim (7W). La bateria ens pot durar aproximadament 2h.

5.3.3 Circuit de càrrega:

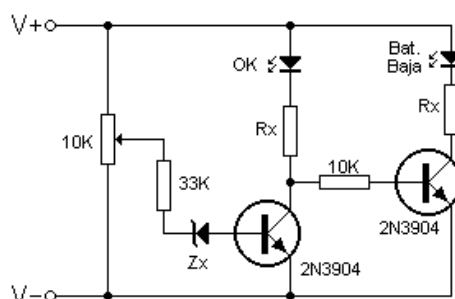


Fig59:Circuit indicador d'estat de bateria.

Aquest dispositiu permetrà, per mitja de dos Leds de color, saber l'estat de la càrrega de la bateria.

Quan la tensió en el cursor del potenciòmetre supera el valor del díode Zener ( $Z_x$ ) + la tensió -emissor del transistor mes la caiguda de tensió de la resistència de 33 k $\Omega$  el transistor es dispararà, fent que el Led verd brilli. Al disparar-se aquest transistor el segon queda amb la seva massa, això fa que el Led vermell no il·lumini.

Ara, si la tensió present en la del primer transistor cau per sota del nivell de dispar, ell mateix s'obrirà, quedant sense massa el Led verd que farà que aquest s'apagui. En Aquest moment el Led verd es comporta com un díode en directa, fent que la del segon transistor quedi excitada i obligant-lo a conduir. Al conduir aquest transistor fa que el Led vermell brilli. D'aquesta forma tenim un Led verd que brilla quan la tensió d'entrada arriba o supera a l'establerta en el potenciòmetre i quan aquesta tensió no supera el nivell requerit, el Led vermell es el que s'encén.

En la següent taula es pot veure els valor per a diferents bateries:

Tensió	Zener (Zx)	Resistències (Rx)
6v	3.3v o menos	390 $\Omega$
9v	5.1v o menos	470 $\Omega$
12v	entre 6v y 8v	1 k $\Omega$
24v	aprox. 18v	1.5 k $\Omega$

Fig60

Per poder veure el circuit complet (carregar + indicador ) mira l'esquema corresponent.

## **5.4- Microcontrolador: PIC16F84A**

El pic 16F84A es el microcontrolador que s'ha triat per controlar el minirobot.

### ***5.4.1-El PIC16C84 (o 16F84):***

El PIC 16C84 es un microcontrolador amb memòria de programa EEPROM, el que representa una gran facilitat en el desenvolupament de prototips i en el seu aprenentatge, ja que no requereix esborrar-lo amb llum ultravioleta com les versions EPROM, sinó, que es pot programar novament el microcontrolador sense esborrar-lo prèviament per medis diferents al elèctric. El PIC16C84 es un microcontrolador de Microxip, fabricat amb tecnologia CMOS, el seu consum de potència es molt baix i es completament estàtic, el rellotge pot aturar-se, i les dades de la memòria no es perden.

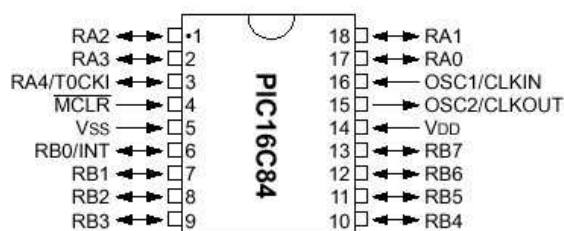


Fig61

L'encapsulat més comú per el microcontrolador es el DIP (dual inline pin) de 18 pins, propi per usar-lo en experimentació. La referència completa e 16C84 – 04/P, per el dispositiu que utilitza el rellotge de 4 MHz.

### **Ports del microcontrolador:**

Els ports son el pont entre el PIC i el mon exterior. Son línies digitals que treballen entre 0 i 5 V i es poden configurar com entrades o com sortides.

El PIC16C84 te dos ports. El port A amb 5 línies i el port B amb 8 línies. Cada pin es pot configurar com entrada o com sortida independent. El port B te internament una resistències de Pull-Up connectades als seus pins (serveixen per fixar el pin a un nivell de 5V), el seu us pot ser habilitat o deshabilitat sota control del programa. Totes les

resistències de Pull-Up es connecten o es desconnecten a la vegada, utilitzant el bit anomenat RBPU que està en el registre (posició de memòria RAM) anomenat OPTION. La resistència de Pull-Up es desconnectada automàticament a un pin si aquest es programa com sortida. Quan es realitza un reset es deshabiliten totes les resistències del Pull-Up.

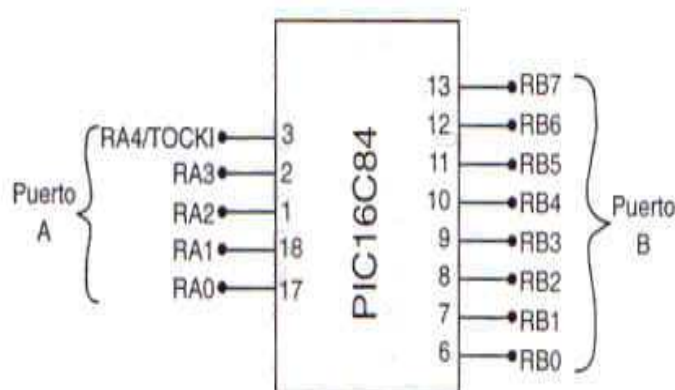


Fig62

Per tant, si s'està utilitzant, tenen de ser habilitades novament per control del programa.

El pin RA4/TOCKI del port A pot ser configurat com un pin de entrada/sortida o com temporizador/comptador. Quan aquest pin es programa com entrada digital, funciona com un disparador de Schmitt (schmitt trigger), reconeix senyals una mica distorsionades i les porta a nivells lògics (0 i 5V).

Quan s'utilitza com sortida digital es comporta com col·lector obert; per tant es te que posar una resistència de Pull-Up (resistència externa connectada a un nivell de 5v). Com sortida, la lògica es inversa: un "0" escrit al pin del port entrega a la sortida un "1" lògic. Aquest pin com sortida no pot controlar carregues com fonts, només en el mode "sumidero".



Com que aquest dispositiu es de tecnologia CMOS, tots els pins tenen d'estar connectats a alguna part, mai deixar-los al aire per que poden malmetre l'integrat. Els pins que no estan utilitzant-se tenen de connectar-se a la font d'alimentació de +5V.

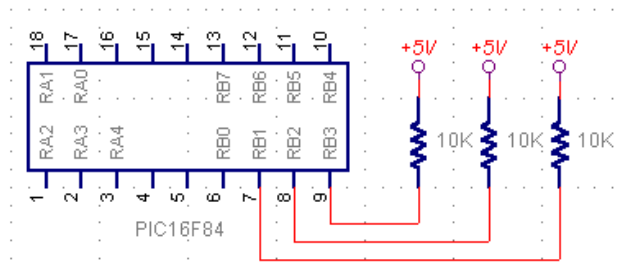


Fig63

La màxima capacitat de corrent del microcontrolador de cada un dels pins en mode “sumidero” (sink) es de 25 mA i en mode font (source) es de 20 mA.

	PORT A	PORT B
Mode Sumidero	80 mA	150 mA
Mode font	50 mA	100 mA

Fig64

El consum de corrent del microcontrolador pel seu funcionament depèn del voltatge d'operació, la freqüència i de les carregues que tinguin els seus pins. Per un rellotge de 4 MHz el consum es de aproximadament 2 mA; encara que aquest es reduir a 40 uA quan esta en mode sleep.

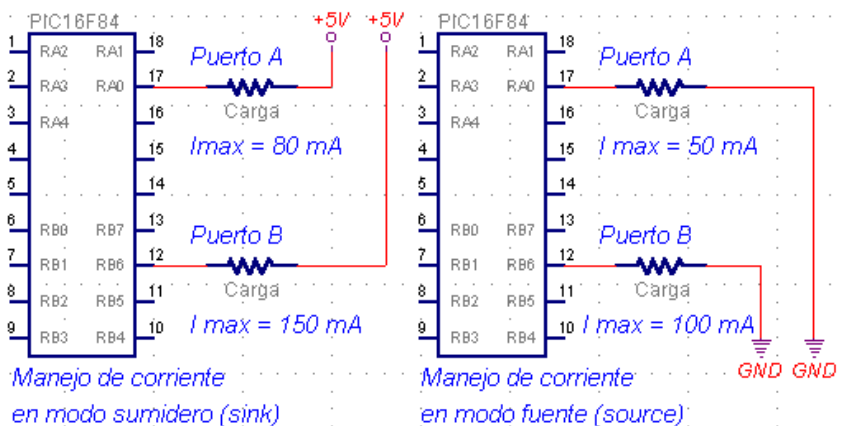


Fig65

### L' oscil·lador extern:

Tot microcontrolador requereix un circuit extern que li indiqui la velocitat que te de treballar. Aquest circuit, que es coneix com oscil·lador o rellotge, es molt simple però de vital importància per el bon funcionament del sistema. El PIC16C84 pot utilitzar 4 tipus de rellotge diferents:

**RC:** oscil·lador amb resistència i condensador.

**XT:** cristall.

**HS:** cristall d'alta velocitat.

**LP:** cristall per a baixa freqüència i baix consumo de potència.

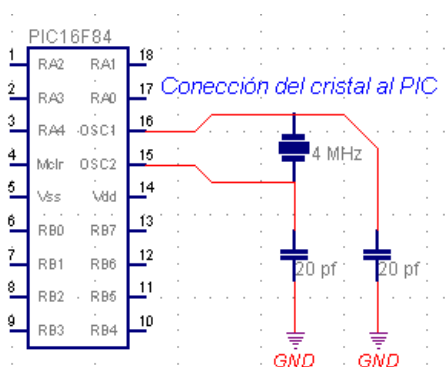


Fig66

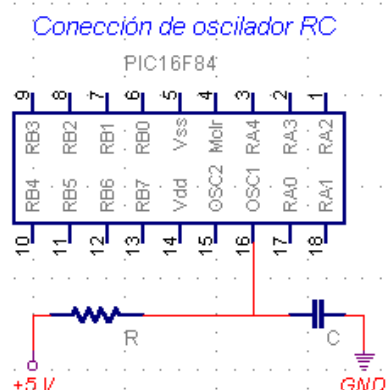
En el moment de programar el PIC es pot especificar quin tipus d'oscil·lador s'utilitza. Això es fa a través d'uns fusibles anomenats "fusibles de configuració"

El tipus de oscil·lador cristall de 4 MHz garanteix precisió i bon arrancada del microcontrolador. Internament aquesta freqüència es dividida por 4, els que fa que la freqüència efectiva de treball sigui de 1MHz, això fa que cada instrucció s'executi en un microsegon. El cristall ha d'anar acompanyat de dos condensadors i es connecta com es mostra en la imatge.

Fig67

Depenen de l'aplicació, es pot utilitzar cristalls d'altres freqüències; El límit de la velocitat en aquests microcontroladors es de 20 MHz.

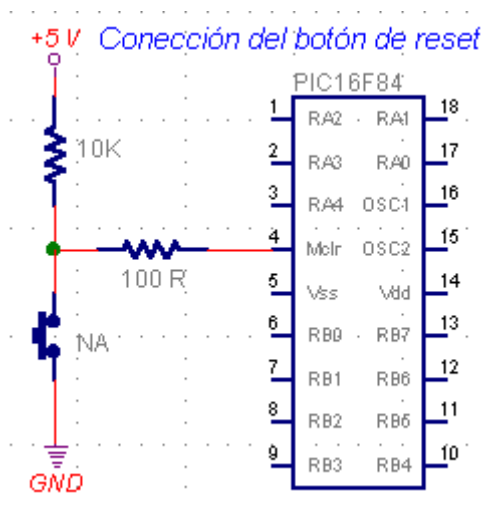
Si no es requereix molta precisió en el oscil·lador, es pot utilitzar una resistència i un condensador.



**Reset:**

En els microcontroladors es requereix un pin de reset per reiniciar el funcionament del sistema quan sigui necessari, ja sigui per una fallada que es presenta o per que es necessari en el disseny del sistema. El pin de reset en els PIC es anomenat MCLR (master clear).

Fig68



El PIC 16C84 posseeix internament un circuit temporitzador connectat al pin de reset que funciona quan se li dona alimentació al micro. Es pot llavors connectar el pin de MCLR a la font d'alimentació. Això fa que al encendre el sistema el microcontrolador queda en estat de reset por un temps mentre s'estabilitzen totes les senyals del circuit i així garanteix un bon arrencament. Quan es requereix tenir control sobre el reset del sistema es pot connectar un polsador.

### **Característiques especials:**

Alguns elements que formen part dels PIC no es troben en microcontroladors d'altres fabricants, o simplement representen algun avantatge o facilitat a la hora de fer un disseny.

**Circuit de vigilància (Watchdog Timer):** La seva funció es restablir el programa quan aquest s'ha perdut per errors en la programació o per alguna raó externa. És molt útil quan es treballa en ambients amb molta interferència o soroll elèctric.

**Temporitzador de encesa (Power-up Timer):** Aquest proporciona un reset al microcontrolador en el moment de connectar la font d'alimentació, el que garanteix una arrancada correcta. En el moment de gravar el micro s'ha de seleccionar el fusible de configuració "Power-up Timer ON"; el seu temps de retard és de 72 milisegons.

**Mode sleep:** Aquesta característica permet que el microcontrolador entre en un estat passiu on consumeix molt poca potència. En aquest mode l'oscil·lador es para. S'entra en aquest estat per la execució d'una instrucció especial (anomenada sleep) i es sort d'ella quan es compleix alguna de varies condicions predeterminades per l'usuari.

### **Arquitectura interna del PIC16C84**

Aquest terme es refereix als blocs funcionals interns que conformen el microcontrolador i la forma en que estan connectats, per exemple la memòria EEPROM (de programa), la memòria RAM (de dades), els ports, la lògica de control que permet que tot el conjunt funcioni, etc.

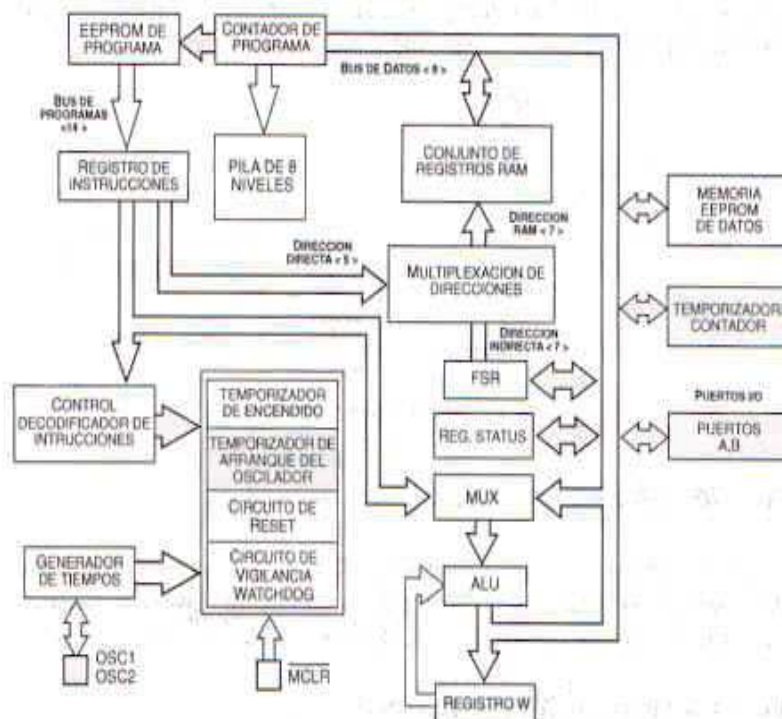


Fig69

En la figura es pot veure els diferents blocs que lo componen i la forma en que es connecten. Es mostra la connexió dels ports, les memòries de dades i de programa, els blocs especials com el watchdog, els temporitzadors d'arrancada, l'oscil·lador, etc.

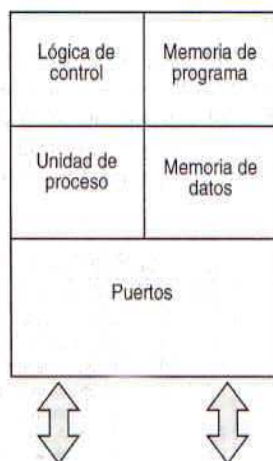


Fig70

Tots els elements es connecten entre sí por mitjà de bussos. Un bus es un conjunt de línies que transporten informació entre dos o mes mòduls. El PIC16C84 te un bloc especial de memòria de dades de 64 bytes del tipus EEPROM, però el seu us i maneament es bastant complex, i te de ser manejat amb un elevat nivell de coneixement.

Bàsicament el PIC16C84 esta constituït com es mostra en la figura. Tenen dos blocs de memòria, el de programa i el de dades o registres.

### **Memòria de programa:**

Aquesta es una memòria de 1 Kbyte de longitud i amb paraules de 14 bits. Es del tipus EEPROM i per això es pot programar i esborrar elèctricament. En ella es grava, o emmagatzema, el programa codi que el microcontrolador té d'executar.

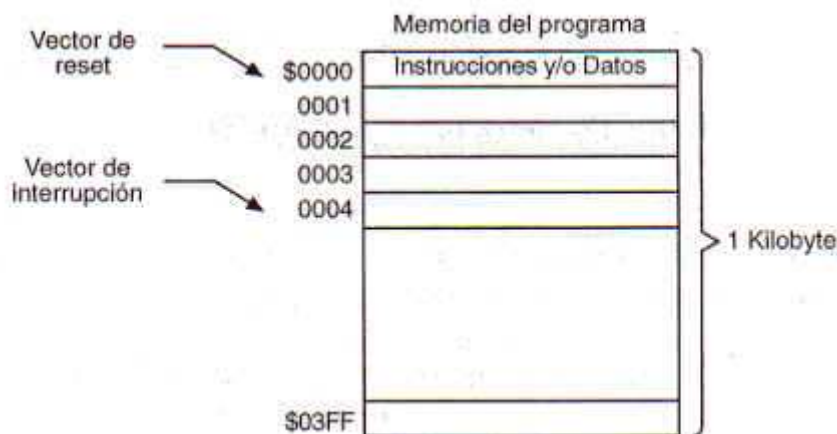


Fig71

### **Vector de reset:**

Quan es produeix un reset en el microcontrolador, el comptador de programa es posa a zeros (000H). Per aquesta raó, en la primera direcció del programa s'ha d'escriure tot lo relacionat amb la iniciació d'ell mateix.

### **Vector de interrupció:**

Quan el microcontrolador rep una senyal d'interrupció, el comptador de programa apunta a la direcció 04H de la memòria de programa, per això, allí s'ha d'escriure tota la informació necessària per atendre la interrupció.

### **Registres (memòria RAM):**

El PIC16C84 pot direccionar 128 posicions de memòria RAM, però tenen implementats físicament els primers 48 (0 - 2F en hexadecimal). D'aquests els primers 12 són registres que compleixen un propòsit especial en el control del microcontrolador i els 36 següents són registres d'ús general que es poden utilitzar per guardar les dades temporals de la tasca que s'està executant.

Registro		DESCRIPCION DE LOS REGISTROS	
\$00	Direccionamiento indirecto	R0	00H Registro de direccionamiento indirecto.
01	TMRO	R1	01H Registro temporizador/contador (TMRO)
02	PCL	R2	02H Contador de programa, parte baja (PCL)
03	Status	R3	03H Registro de estados
04	Selector de registros	R4	04H Registro selector, se usa para direccionamiento indirecto
05	Dato del puerto A	R5	05H Puerto A, se usan los 5 bits más bajos
06	Dato del puerto B	R6	06H Puerto B, el bit 0 también puede ser de interrupción
07		R7	07H No se usa
08	Ignore	R8	08H No se usa todavía, más adelante se describe
09	Ignore	R9	09H No se usa todavía, más adelante se describe
0A	PCLATH	RA	0AH Contiene los 5 bits de la parte alta del contador del programa (PCLATCH)
0B	INTCON	RB	0BH Registro de control de las interrupciones (INTCON)
0C		RC	0CH Registros de propósito general
\$2F		R2F	2FH Registros de propósito general

Fig72

**Registro de treball W:**

Aquest es el registre de treball principal, es comporta de manera similar al acumulador en los microprocesadors.

**Registro option:** Els bits d'aquest registre s'utilitzen per controlar les resistències de Pull-Up del port B, el flanc de la senyal d'interrupció, el valor del preescaler pel temporitzador/comptador o pel watchdog timer i l'origen de la senyal que entra al temporitzador/comptador.

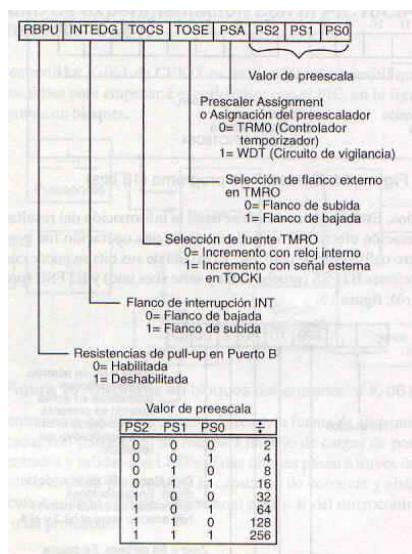


Fig73

### Comptador de programa (PC):

El PIC16F84 té un comptador de programa de 13 bits d'ample, suficient per a direccionar una memòria de 8K, però només té implementat el primer 1K. Quan s'executa una instrucció GOTO o CALL s'utilitzen els 11 bits més baixos, de manera que es poden fer salts en el programa i direccionar tot la memòria (1K) completament.

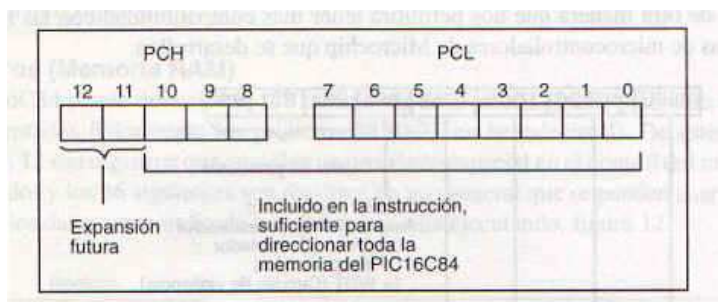


Fig74

La part alta del comptador de programa (PCH) no es pot accedir directament, s'ha de carregar-se des de els 5 bits més baixos del registre anomenat PCLATCH. El PIC16C84 no utilitza l'esquema de paginació de memòria que tenen altres PICs: solament quan es té una taula que utilitza el PC s'ha de tenir cura de no passar les pàgines de 256 bytes, per que aquestes instruccions només afecten el contingut de la part baixa del PC, per a fer taules sense preocupar-se.



### Registre d'estats:

Es un registre on es te la informació del resultat que deixa la última operació efectuada; si el resultat d'una operació es positiva o negativa, si es zero o diferent de zero, etc. El estat del seus bits es poden consultar utilitzant les instruccions BTFSS (mira el bit i salta si es 1) y BTFSC (mira el bit i salta si es 0).

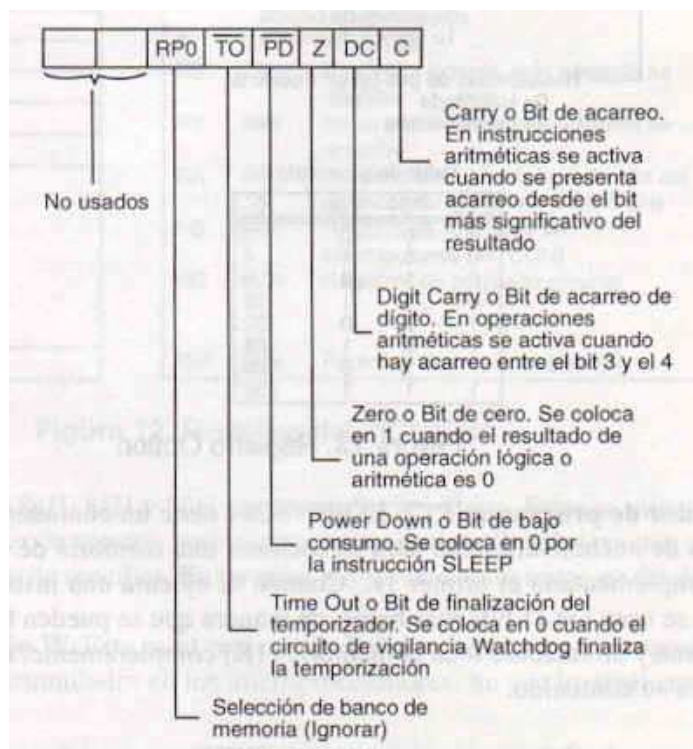


Fig75

**Pila (Stack):**

Aquests registres no formen part de cap banc de memòria i no son accessibles por part de l'usuari. S'utilitzen per guardar el valor del comptador de programa quan es fa una cridada a una subrutina o quan s'até una interrupció; després, quan el micro torna a seguir executant la seva tasca normal, el contador de programa recupera el seu valor llegint-lo novament des de la pila. El PIC16C84 tenen una pila de 8 nivells.

El PIC 16F84 es un microcontrolador de la família Microxip, totalment compatible amb el PIC16C84. La seva principal característica es que posseeix memòria "flash" en lloc de memòria EEPROM, però es maneja igual. Respecte al PIC16C84, aquest microcontrolador presenta dos novetats:

- La memòria de dades augmenta de tamany, te 68 registres de propòsit general (el mapa de memòria de dades arriba fins a 4FH).
- En el moment de programar el microcontrolador, el fusible de selecció del temporitzador de arrancada (Power Up Timer) treballa de forma inversa, es a dir, si en el PIC16C84 es selecciona la opció "High" per activar-lo, en el PIC16F84 s'ha de seleccionar "Low".

### 5.4.2- Descripció del software de programació i gravació:

Per realitzar la programació utilitzarem el software MPLAB de MICROCHIP que inclou el programa ensamblador MPASM i el simulador MPSIM, els quals els podem trobar de forma gratuïta a internet a l'adreça [WWW.MICROCHIP.COM](http://WWW.MICROCHIP.COM)

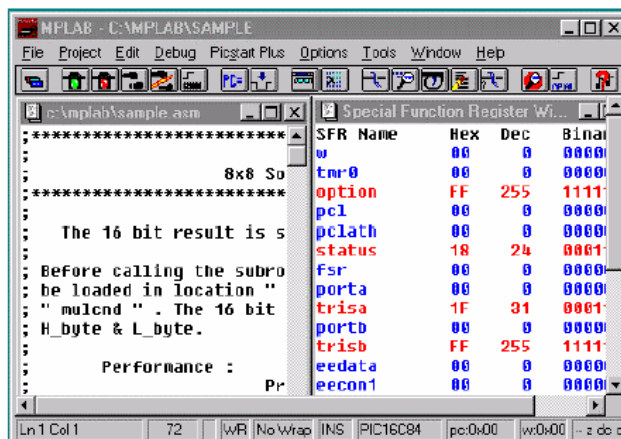


Fig76

MPLAB: Entorn de programació del PIC

Un cop s'hagi compilat i simulat correctament el programa es procedirà a la gravació del pic. Aquesta tasca la realitzarem mitjançant el programa ICPROG i la targeta de gravació de pics. ICPROG es un programa lliure que podem trobar fàcilment mitjançant internet. [www.ic-prog.com](http://www.ic-prog.com).

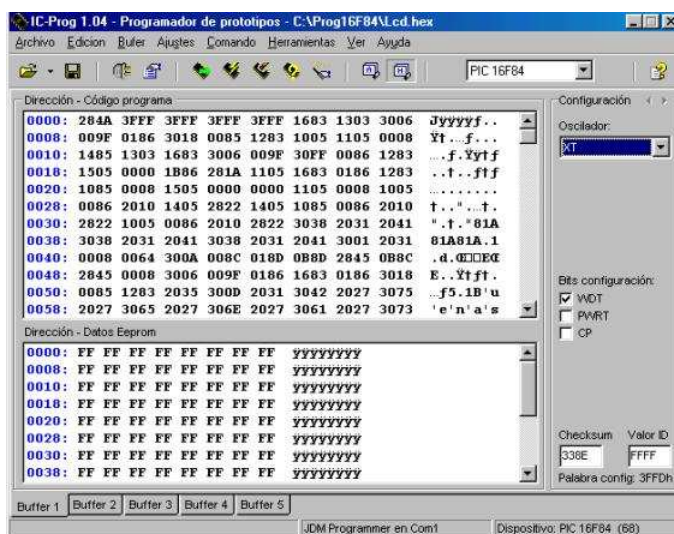


Fig77

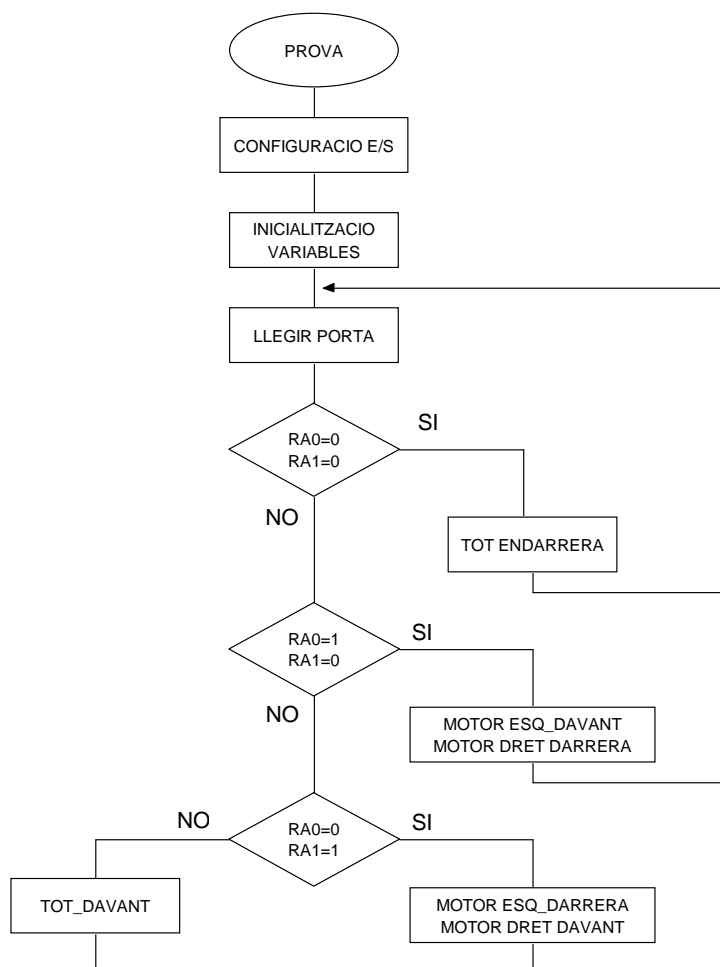
ICPROG: Entorn de gravació del PIC

5.4.3 Anàlisi primer programa rastrejador: Seguidor de línia:

Per realitzar el primer minirobot rastrejador s'ha utilitzat només dos sensors per a detectar la línia. Per la qual cosa el programa no es gaire complex ja que tan sols s'ha de tenir en compte tres possibilitats que pot patir el minirobot:

- Que detectin tots dos sensors: Això voldria dir que estem sobre la línia.
- Que detecti només el sensor dret: Això vol dir que ens hem desviat cap a l'esquerra de la línia. Haurem d'ordenar que giri cap a la dreta.
- Que detecti només el sensor esquerra: Això vol dir que ens hem desviat cap a la dreta de la línia. Haurem d'ordenar que giri cap a l'esquerra.

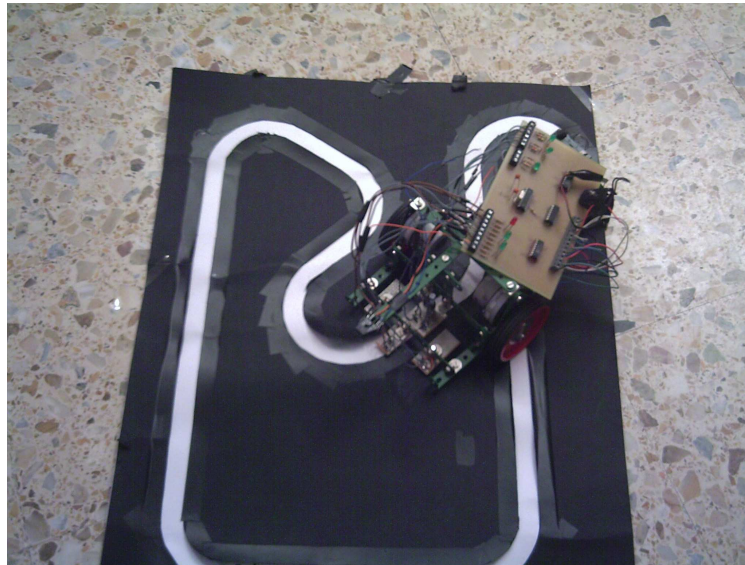
Fig78: Diagrama de blocs general del programa:

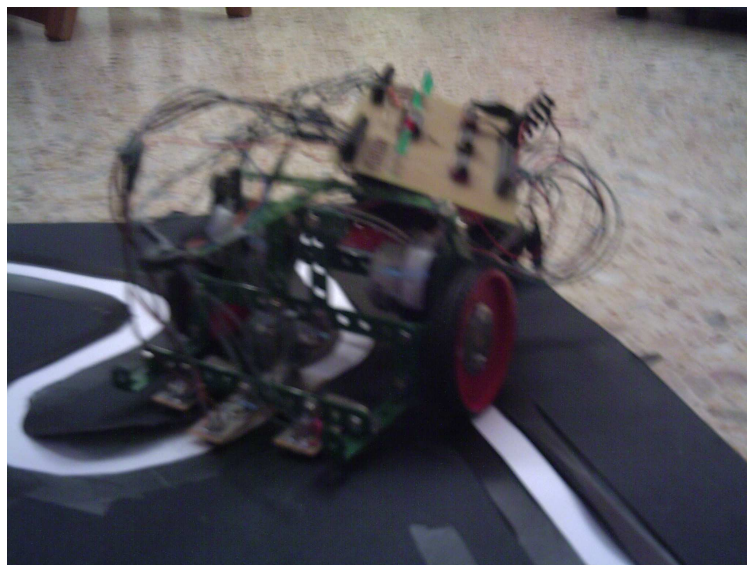
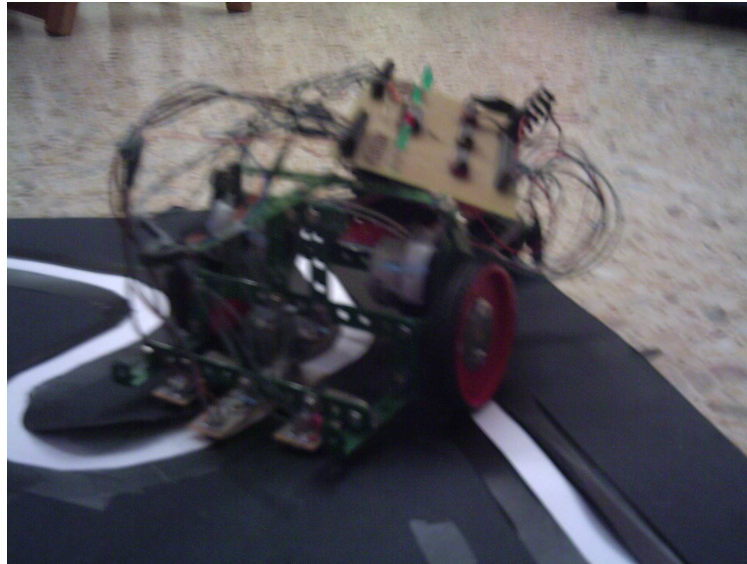


Com es pot veure al diagrama no es un programa difícil de realitzar. Però com a primer rastrejador pot anar be per comprovar el hardware, es força útil. De cara al concurs no es un programa gaire adequat ja que no te en consideració possibles bifurcacions, cruïlles, etc.



Fig 79.Fotos en el primer circuit:





5.4.4- Programa final: Seguidor de línia amb funcions avançades:

A continuació es veurà el programa final del minirobot rastrejador per a circuits amb cruïlles. Primer de tot es mostra la quantitat de sensors del minirobot a tenir en compte i la seva disposició :

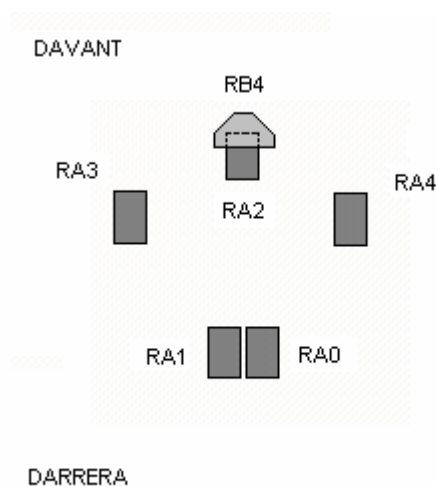


Fig80

Els sensors RA0 i RA1 serveixen per detectar la línia i saber en tot moment per quin costat el robot s'està sortint, per tal de poder rectificar la seva trajectòria.

Els sensors RA3 i RA4 serveixen per detectar si el minirobot arriba a una cruïlla, i si és dreta, esquerra o ambdós costats.

El sensor RA2 té dos funcionalitats molt importants. La primera es que serveix per detectar si hi ha per davant un tram recte, o per el contrari, arriba a una corba i per tant es pot saber si es pot corre més o menys. La segona funció i més important és la que posicionar el minirobot en línia recta, davant de girs a dreta i esquerra, quan els detectors RA3 i RA4 detecten cruïlla i també per posicionar-lo en línia recta davant de canvis de sentit.

Per últim queda el RB4, que serveix per detectar la paret de final de recorregut. La parada és realitza per interrupció del tipus **activació de la part alta del PORTB**. Quan s'activi aquesta entrada s'executarà la interrupció, deixant de banda el que estigués

executant i el minirobot restarà aturat fins que es realitzi un reset del PIC. En aquest punt és on s'havia pensat realitzar la descàrrega de dades per el port RS232, però per falta de temps hem desestimat aquesta opció.

Un cop vistos els sensors es comenta tot seguit la seqüència de passos dels motors, per tal de que, les rodes es moguin endavant i endarrera.

En l'apartat de els motors, ja es va explicar la seqüència de passos per a que els motors gressin en un sentit o en un altre, però s'ha de tenir en compte que estan muntats de forma simètrica, per lo que, si per exemple es vol desplaçar el minirobot cap endavant, s'haurà de girar un motor cap endavant i un altre cap endarrera. La seqüència de passos que s'ha d'aplicar per moure la roda dreta o esquerra endavant/endarrera és:

RODA ESQUERRA				RODA DRETA			
DAVANT		DARRERA		DAVANT		DARRERA	
RB1	RB0	RB1	RB0	RB3	RB2	RB3	RB2
1	0	1	0	1	0	1	0
0	0	1	1	1	1	0	0
0	1	0	1	0	1	0	1
1	1	0	0	0	0	1	1

Fig81

Un cop s'ha vist com treballen els sensors i els motors, es passa a comentar el funcionament del programa. A continuació es mostra una taula amb les diferents combinacions d'estats de detecció dels cinc sensors del PORTA. El programa cíclicament anirà llegint el estat del PORTA i en funció del valor que tingui, que dependrà dels detectors que estiguin actius en aquell moment, el programa saltarà a una acció concreta. Cada acció, a més a més d'actuar en conseqüència del que està detectant en aquell instant el PORTA, haurà de tenir present, en alguns casos, quina acció prèvia estava realitzant el minirobot, per tal de realitzar un moviment el més encertat possible. Cada acció a realitzar l'hem anomenat *CAS* i es mostren tots a continuació:



RA4	RA3	RA2	RA1	RA0	CAS
0	0	0	0	0	A
0	0	0	0	1	B
0	0	0	1	0	C
0	0	0	1	1	D
0	0	1	0	0	A
0	0	1	0	1	B
0	0	1	1	0	C
0	0	1	1	1	E
0	1	0	0	0	A
0	1	0	0	1	B
0	1	0	1	0	C
0	1	0	1	1	G
0	1	1	0	0	A
0	1	1	0	1	B
0	1	1	1	0	C
0	1	1	1	1	R
1	0	0	0	0	A
1	0	0	0	1	B
1	0	0	1	0	C
1	0	0	1	1	I
1	0	1	0	0	A
1	0	1	0	1	B
1	0	1	1	0	C
1	0	1	1	1	S
1	1	0	0	0	A
1	1	0	0	1	B
1	1	0	1	0	C
1	1	0	1	1	T
1	1	1	0	0	A
1	1	1	0	1	B
1	1	1	1	0	C
1	1	1	1	1	J

Fig82

A continuació es comenten tots els possibles casos i subrutines:

El programa principal consisteix en inicialitzar tots els registre i variables utilitzats en el programa i configuració E/S. Un cop realitzades aquestes operacions es llegeix el PORTA i el seu valor és sumat al contador de programes (PCL). El PCL és el registre on és guarda la posició de memòria de la pàgina que s'està executant. En el programa es suma la posició actual de la pàgina que conté el PCL amb el valor que té el PORTA, i així poder saltar al cas corresponent.

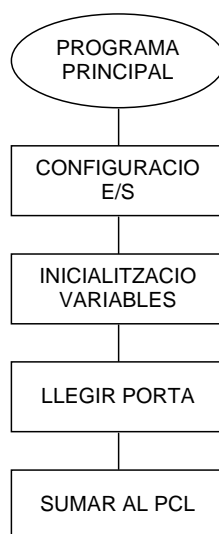


Fig83

Tot seguit es mostra la subrutina randomize. Aquesta simplement serveix per donar un "0" o un "1" en certs instants del programa, com per exemple en una cruïlla amb opció a dreta o esquerra, permet poder triar una opció de forma aleatòria.

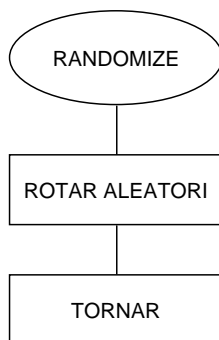


Fig84

La subrutina canvi de sentit s'executa quan s'arriba a un camí sense sortida, i a més a més, aquest és una superfície on tots els sensor estant detectant. Com que no hi ha cap referència de gir, aquesta subrutina està calculada amb un nombre de passos exacte, per a que el minirobot realitzi un gir de 180°.

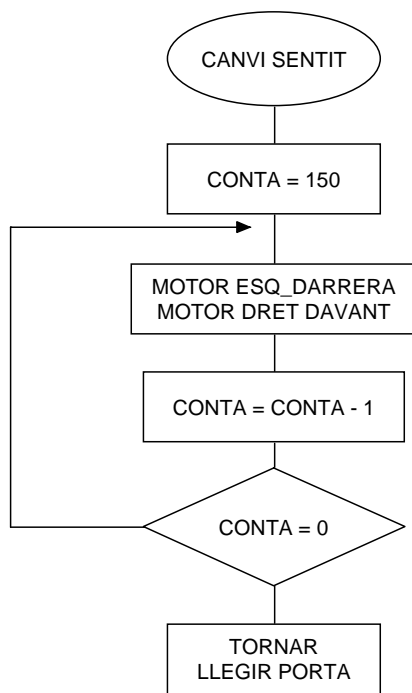


Fig85

El cas\_A és un dels més importants per que té més d'una conseqüència. S'executa quan cap detector està actiu. Llavors el minirobot va endarrera fins que RA0 i RA1 tornen a detectar. Tot seguit és mira si el flag és igual a "1" (el flag = "0" si el minirobot es troba

sobre la línia blanca, en canvi si és igual a "1" indica que es troba sobre una superfície blanca). Si és "1" s'executa la subrutina randomize i en cas contrari és fa girar al minirobot fins que RA2 detecta un camí.

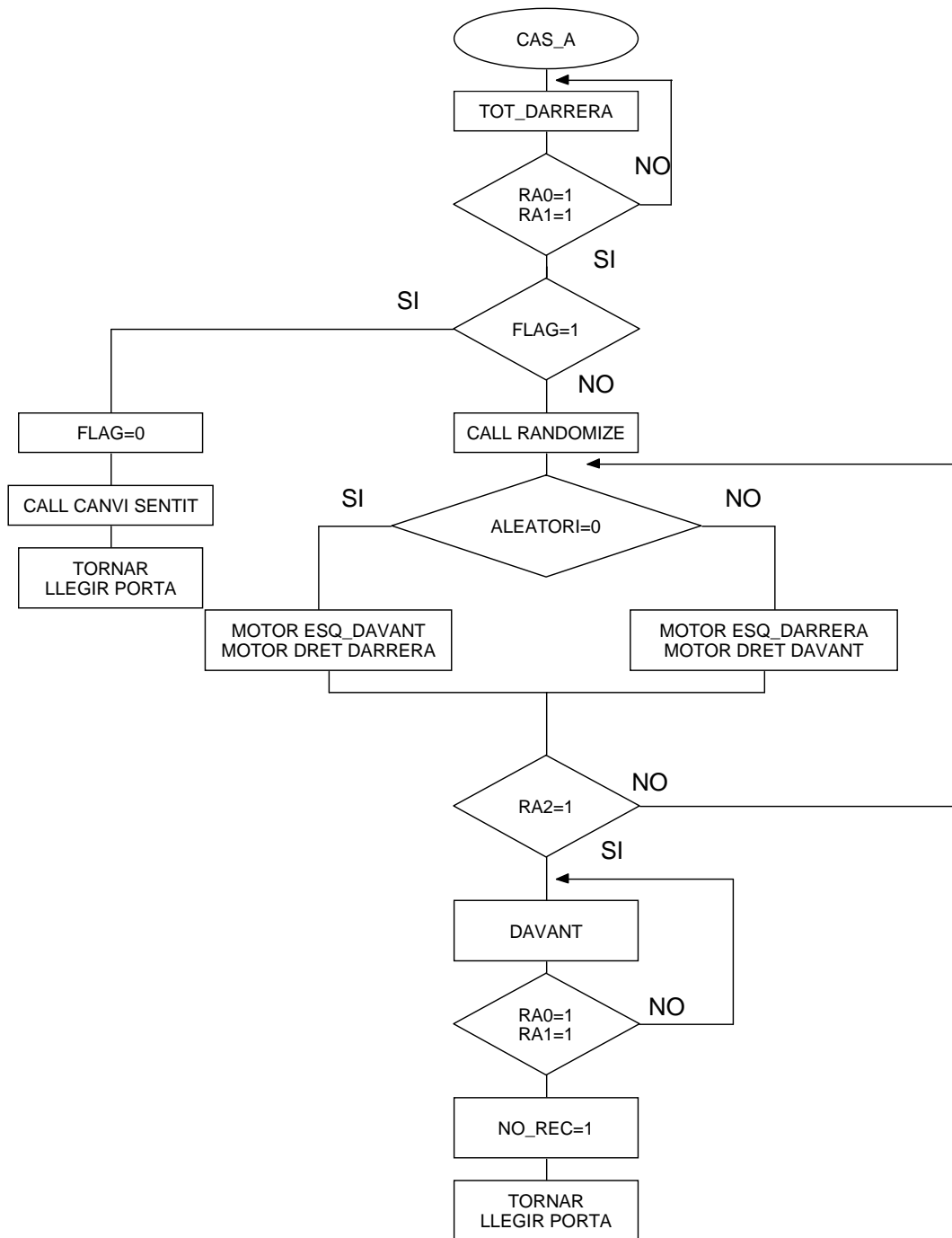


Fig86

El cas \_G s'executa quan el minirobot es troba una cruïlla a l'esquerra. Llavors aquest gira cap a l'esquerra fins que el detector RA2 detecta el nou camí.

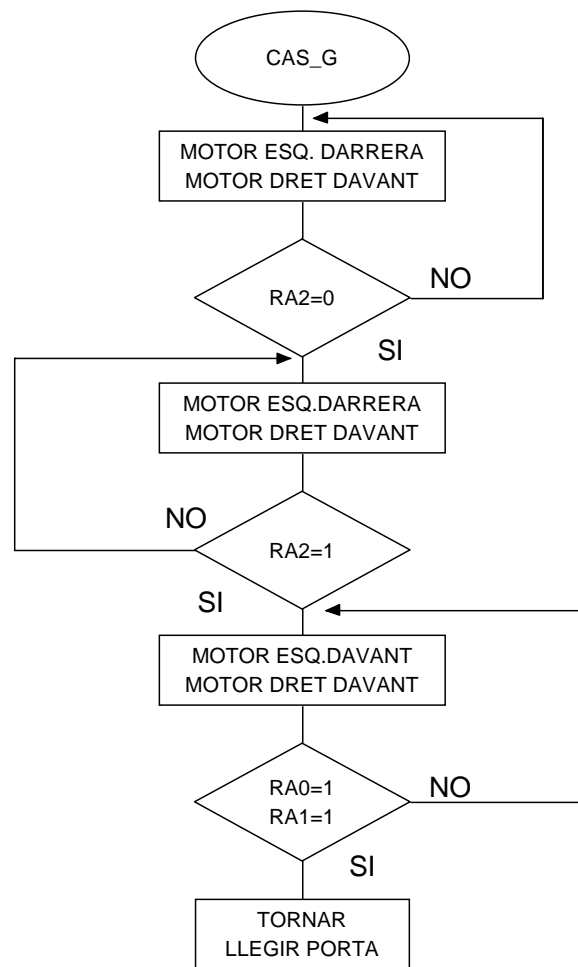


Fig87

El cas\_I és igual al cas\_G però s'executa quan el minirobot troba una cruïlla a la dreta.

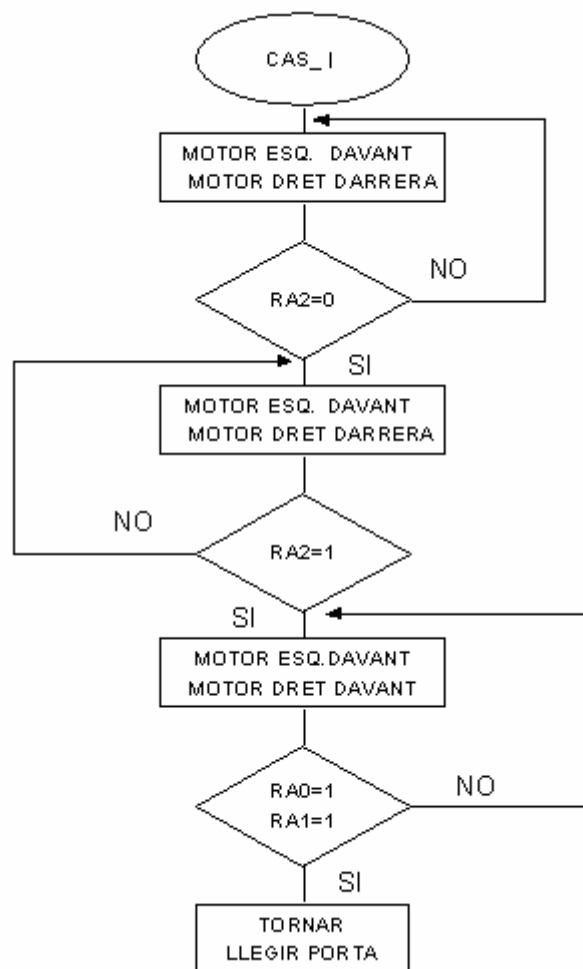


Fig88

El cas\_J és el contrari que el cas\_A. Aquest es presenta quan tots els detectors detecten. Llavors depenent si el minirobot es troba en una cruïlla triple o en una superfície blanca retornarà un “1” o un “0”.

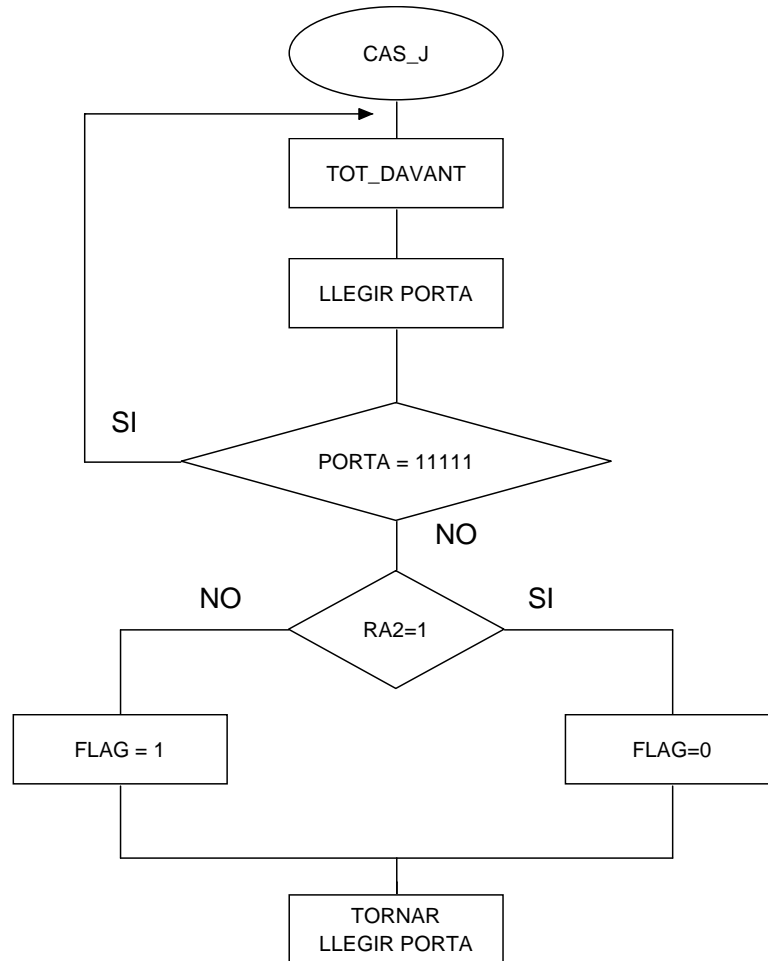


Fig89

El cas\_R estableix la prioritat davant una cruïlla amb opció d'anar recte o cap a l'esquerra.

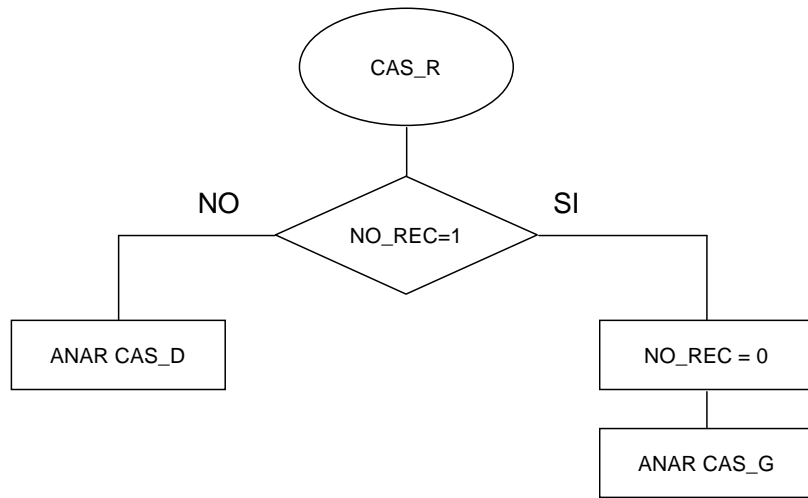


Fig90

El cas\_S estableix la prioritat davant una cruïlla amb opció d'anar recte o cap a la dreta.

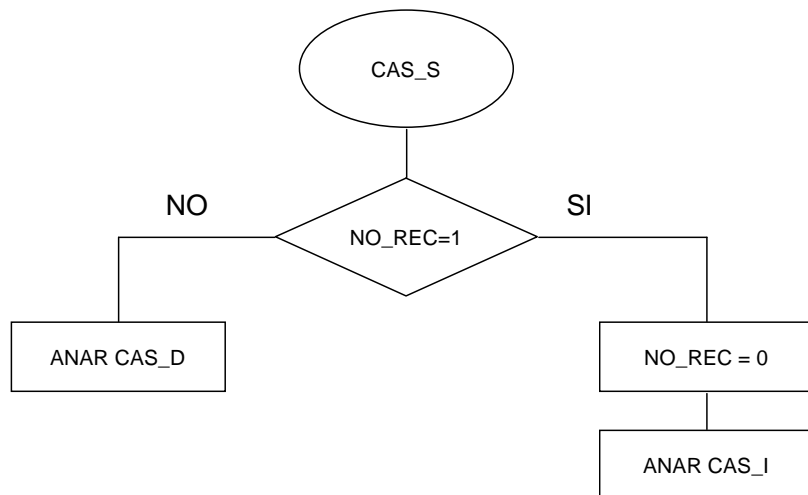


Fig91



El cas\_T estableix la prioritat davant una cruïlla amb opció d'anar cap a la dreta o cap a l'esquerra.

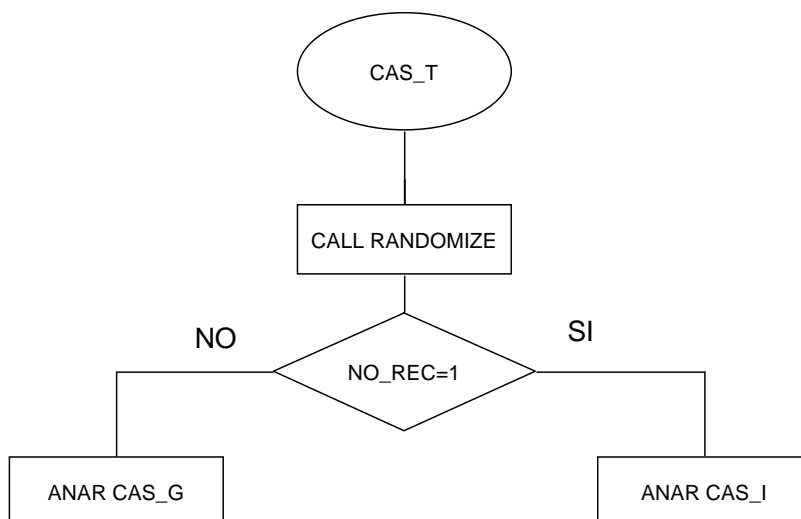


Fig92

Els casos B,C,D i E són els més simples. El cas\_B s'executa quan el minirobot es surt de la línia per l'esquerra, el cas\_C quan es surt per la dreta i el cas\_D per quan va en línia recta. El cas\_E és una variant del cas\_D. El minirobot anirà recte si RA0 i RA1 detecten, igual que en el cas\_D, però aquest s'executarà quan RA2 també detecti ( implica que hi ha una recta), per tal d'augmentar la velocitat del minirobot.

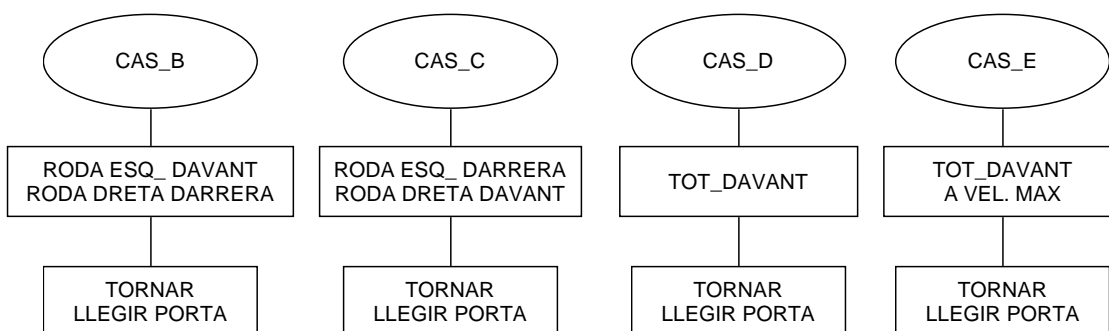


Fig93

La subrutina d'interrupció s'executarà quan RB4 detecti la paret de final del camí, llavors l'execució del programa s'atura, amb la conseqüent parada del minirobot. Per tornar a començar s'ha de realitzar un reset al PIC.

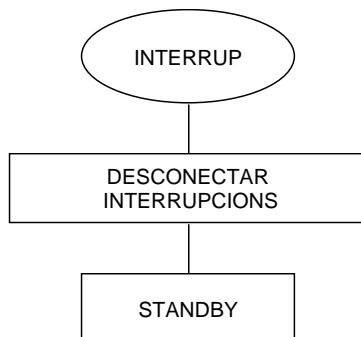


Fig94

Finalment la subrutina retard imposa el temps entre passos fent que el minirobot vagi més o menys ràpid. El temps total de la rutina és de 3ms.

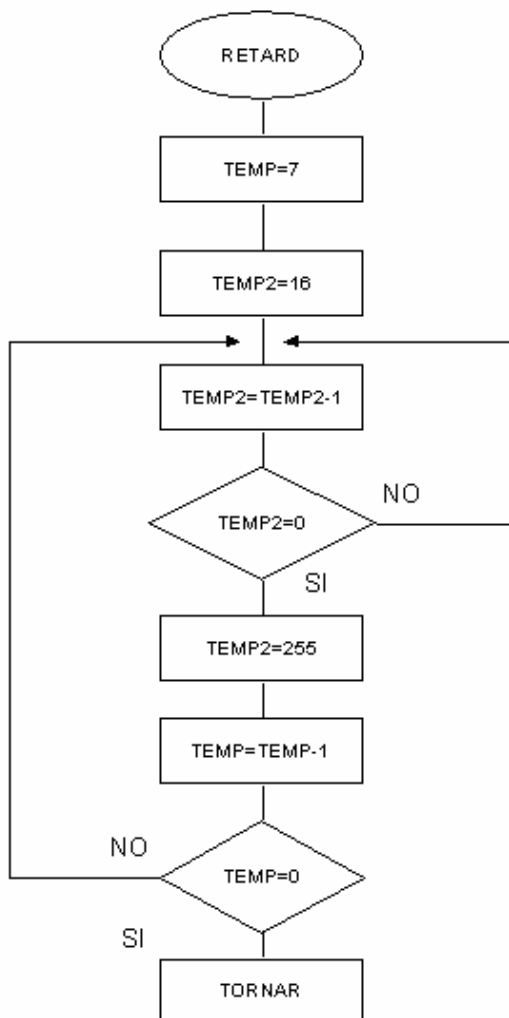
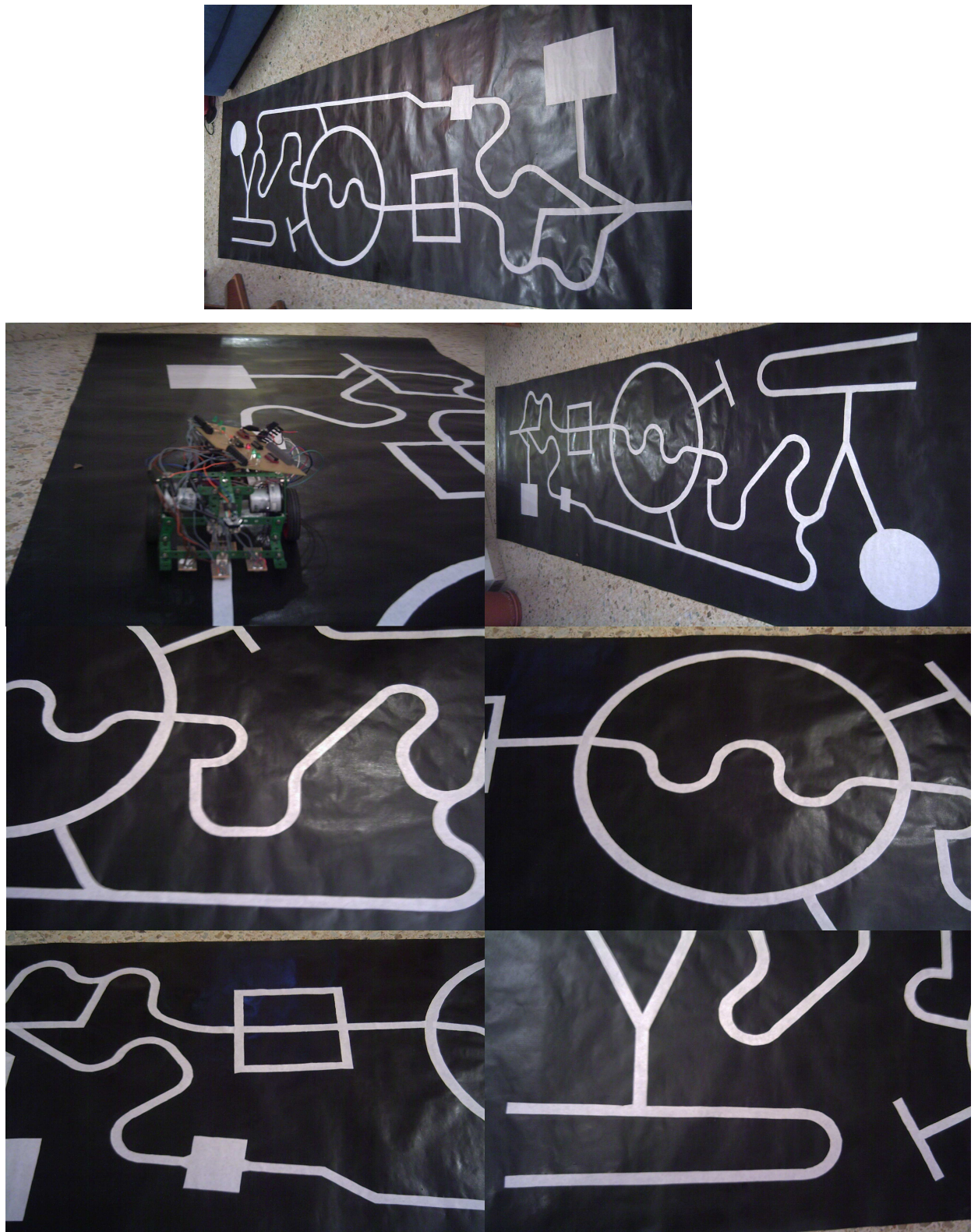
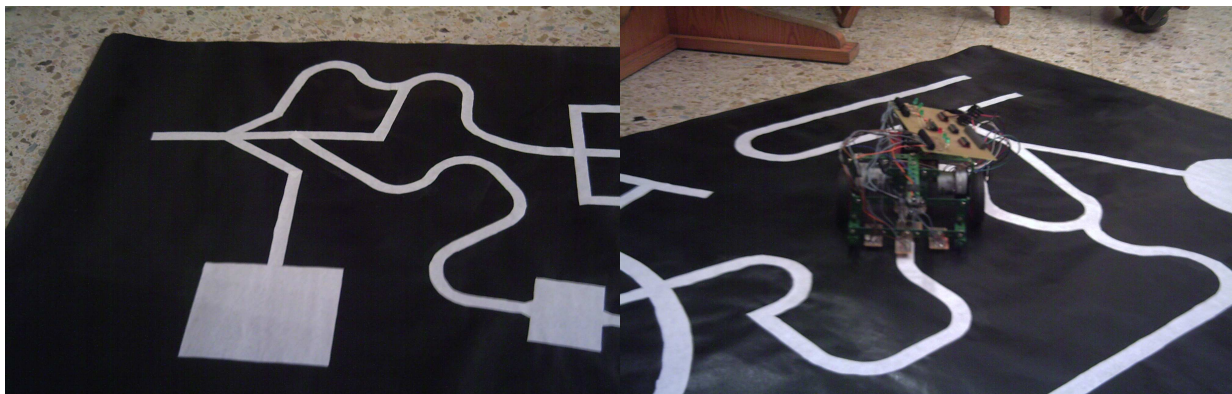


Fig95

Fig96Fotos del minirobot final amb la placa de proves en un circuit complex:





### 5.5- Descàrrega de dades del PIC:

En el cas d'assolir correctament el seguidor de línia amb funcions avançades i sobrees temps avanç de presentar el projecte s'ha tingut en compte la possibilitat de transferir dades del pic a una aplicació informàtica. Per aquesta raó s'ha realitzat la placa final del minirobot amb el hardware de descàrrega de dades.

Per fer descàrregues de dades des del pic 16F84A a l'ordinador s'ha de facilitar una comunicació. Aquesta es realitzarà a través del port sèrie mitjançant el protocol de comunicació RS232, del qual només serà necessari tres línies de senyal per establir la comunicació, Received Data (RxD), Transmitted Data (TxD) i Signal Ground(SG).

Per a la transmissió sèrie es necessitaran dos bits d'un dels ports, els quals s'hauran d'adaptar al estàndard de comunicació RS232, aquesta funció la realitzarà el dispositiu MAX232. Aquest dispositiu transforma els nivells RS232 (aproximadament +12V i -12V) a nivells TTL (0 a +5V) y viceversa.

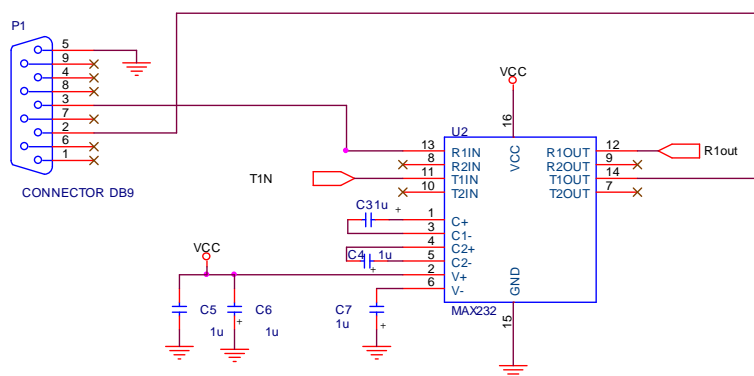


Fig97:Esquema de la comunicació.

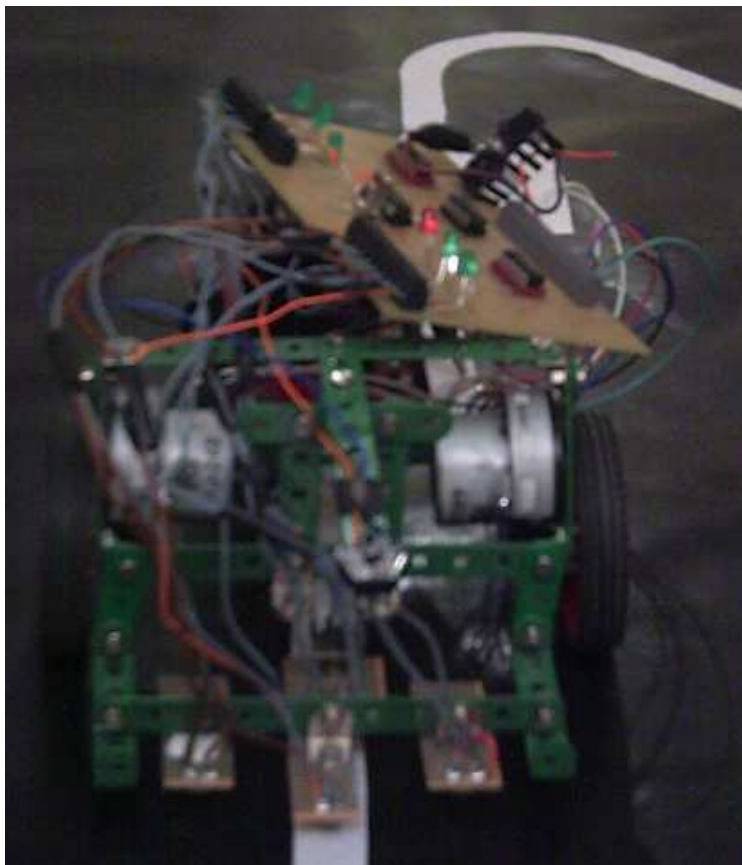
## 6-RESULTAT FINAL DEL MINIROBOT RASTREJADOR

### 6.1-Fitxa tècnica del minirobot i funcionament del minirobot

<b>Amplada:</b>	<b>18,5 cm</b>
<b>Llargada:</b>	30 cm
<b>Alçada:</b>	13cm
<b>Diàmetre rodes:</b>	76mm
<b>Pes total:</b>	1,34kg
<b>Velocitat:</b>	13 cm/s
<b>Microcontrolador:</b>	PIC 16F84A
<b>Alimentació:</b>	Bateria de 12v/1.3Ah
<b>Consum:</b>	550mA- 6.6W
<b>Estructura:</b>	mecano

Fig98

Fig99Foto del minirobot final amb la placa de proves:



Com es pot observar en aquesta fitxa es compleixen els requisits proposats en la fitxa tècnica inicial (veure apartat solució escollida).

Després de pensar alguns noms pel minirobot s'ha optat per anomenar-lo entrelínies.

El funcionament de l'entrelínies es basa en que el PIC 16F84A controli els motors i els sensors.

Per a que el pic funcioni s'ha de tenir l'interruptor general i els de Vcc activats.

Si només s'activa l'interruptor general l'únic que tindrà alimentació seran els sensors.

Aquesta opció es bona per assegurar-se que l'entrelínies està sobre la línia a rastrejar just avanç de començar la cursa.

L'estructura final està formada per un mecano i 3 rodes. Dos de les rodes controlades pels motors PAP i una roda boja. Aquesta estructura juntament amb la col·locació dels sensor a la part davantera, permet que l'entrelínies giri sobre ell mateix quan realitza les corbes i així s'aconsegueix que sempre hi hagi una part de l'entrelínies sobre la línia.

Una altre aspecte a tenir en compte es els indicadors de bateria carregada o baixa. Seran útils per controlar l'estat de la bateria.

Per últim es fa una comparativa amb el rastrejador que va quedar en tercer lloc a la passada edició del concurs.

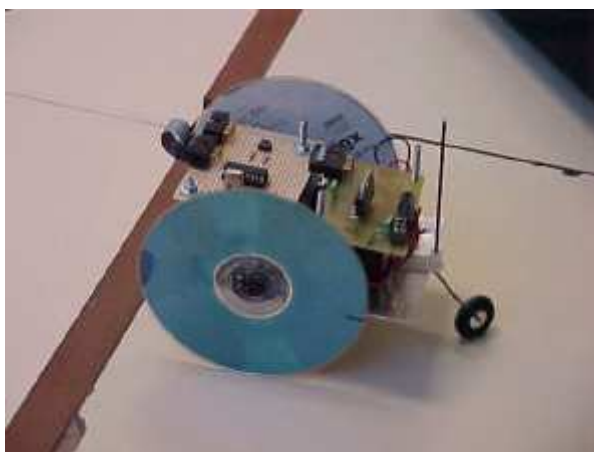


Fig100:Rastrejador Trancos.

Aquest minirobot també utilitza com a controlador el PIC 16F84A, utilitza 4 sensors infrarojos, l'estructura està realitzada amb una planxa metàl·lica, utilitza motors servos, la mobilitat la realitza amb 2 rodes davanteres motrius i una roda boja darrera.

Les diferències més importants entre aquest minirobot i el que s'ha realitzat són:

- El Trancos només utilitza 4 sensor. 2 per detectar la línia i 2 per detectar cruïlles.

El minirobot realitzat disposa de 5 sensors. 2 per detectar la línia i 3 per detectar cruïlles. S'ha tingut en consideració que una cruïlla pot tenir bifurcacions a dreta i esquerra però que també pot continuar endavant. Per la qual cosa en aquest aspecte es considera que és millor la opció realitzada que la del Trancos.

- Pel que fa a l'estructura pot considerar-se que la del Trancos és una mica més lleugera .

Les rodes són més grans les del Trancos ja que utilitza CD's. (Per a que no rellisquin i col·loca unes gomes als bordes).

Utilitza el mateix mètode de mobilitat (dos motrius i una roda boja).

Utilitza servos per moure les rodes.

El minirobot realitzat utilitza una estructura de mecano, rodes de mecano de 7,6mm, i motors pas a pas.

Es creu que poden ser estructures pràcticament igual de bones ja que Trancos té les rodes més grans i és més lleuger però perd força per culpa dels servos que tenen bastanta reducció.

## **6.2 Llista de material:**

El material que s'ha utilitzat per realitzar el minirobot definitiu es:

- 2 connectors de 2 connexions
- 2 interruptors
- 1 polsador
- 1 Relé
- 2 diode 1n4004
- 2 condensador de 10 pF
- Un regulador 7805
- 1 led vermell
- 7 led verd
- 2 resistències de 750 $\Omega$
- 1 resistència de 33k  $\Omega$
- 1 resistència de 10k  $\Omega$
- 1 diode Zener de 7,5v
- 1 potenciòmetre de 10k  $\Omega$
- 2 transistors 2n3904
- 1 connector DB-9 femella
- 5 condensador 1 $\mu$ F
- 1 MAX232
- 1 circuit integrat 40106
- 2 drivers L293
- 2 connectors de 5 connexions
- 2 condensador de 27pF
- 1 oscil·lador de 20MHz
- 1 pic 16F84A a 20MHz
- 6 connectors de 3 connexions
- 5 resistències de 47k $\Omega$
- 1 resistència de 150  $\Omega$
- 1 resistència de 22K  $\Omega$
- 11 resistències de 220  $\Omega$
- 1 placa de baquelita



- 1 placa a topos
- 1 bateria de 12 V/1.3A ref. LC-R121R3PG de PANASONIC
- 5 sensor infrarojos ref. OPB608A de RS-AMIDATA
- 1 sensor infrarojos ref. OPB704A de RS-AMIDATA
- 2 motors P.A.P ref. 440-262 de RS-AMIDATA
- 2 reductors ref. 332-868 de RS-AMIDATA
- 1 mecano de TEMSI

### **6.3-Vida útil del minirobot**

Alhora de concretar la vida útil del minirobot s'ha de tenir en consideració dos aspectes. La primera considera seria la vida segons la funció que té el minirobot. Es a dir, si només es vol participar en el concurs o concursos de rastrejador. Llavors la seva vida útil s'acabaria quan es decidís posar fi a la presentació del minirobot als concursos.

L'altre consideració podria ser la del desgast o avaries dels components del minirobot. Es a dir, cada component té un desgast propi. Els components que tenen mes possibilitat de desgast o avaria son: la bateria, motors i els engranatges dels reductors.

Si tots els component del minirobot no els passa cap avaria es pot dir que la vida útil seria la de la bateria ja que encara que no s'utilitzi pateix un desgast.

Segons el fabricant la vida útil de la bateria d'aquest minirobot te una durada d'entre 5 i 8 anys. Llavors aquesta seria la vida útil del minirobot sempre i quan no es canviï la bateria per un altre.

#### **6.4- Reciclatge del minirobot:**

Un cop acabada la vida útil del minirobot ens plantejem llavors trencar amb la dita de “utilitzar i llençar”, i canviar-la per la de “utilitzar i reciclar” . És molt important adquirir consciència medioambiental en tot el que utilitzem, sobretot en lo que ja no necessitem i ens volem despendre. Per aquesta raó pensem que en qualsevol projecte d'enginyeria, sigui del tipus que sigui, és necessari tenir en compte la vessant ecològica del que estem projectant.

El minirobot rastrejador està compost per una sèrie de components i materials que un cop finalitzada la seva funcionalitat s'hauran de poder reutilitzar. Tots els materials utilitzats en el minirobot són perfectament reciclables per així poder utilitzar-los en altres aplicacions. Els elements i matèries que componen el minirobot són:

- Bateria: Plàstic i plom
- Estructura: Acer
- Rodes: Plàstic i acer
- Placa electrònica: Plàstic (baquelita) i coure
- Components electrònics: Generalment plàstic i metalls diversos

De la relació anterior es conclou que el minirobot està compost bàsicament per tres materials a tenir en compte en el reciclatge: Acer, plàstic i el plom de la bateria. A continuació es descriu els diferents processos de reciclatge d'aquests materials.

#### **Reciclatge del plàstic**

En l'actualitat hi ha diferents mètodes de reciclatge del plàstic aplicant-se en funció de la neteja i homogeneïtat del material, del valor del material, de l'aplicació final, etc. El més extès i utilitzat és l'anomenat reciclatge primari. Consisteix en la conversió del residu plàstic en articles amb propietats físiques i químiques idèntiques a la del material original.

Les diferent etapes del reciclatge primari són les següents:

- Separació: Els mètodes de separació poden ser classificats en separació macro, micro i mol·lecular. La macro separació es fa sobre el producte complet utilitzant el reconeixement òptic del color o de la forma. La separació manual s'inclou dins d'aquesta categoria. La micro separació pot fer-se per una propietat física específica com el tamany, pes, densitat, etc. Per últim la separació mol·lecular implica processar el plàstic per dissolució del mateix i després separar-los per temperatura.
- Neteja: Els plàstics separats estan generalment contaminats amb menjar, paper, pedres, pols,...es per això que tenen que ser primer netejats al granular-los i després a aquest granulat s'aplica un bany de detergent.
- Peletitzat: El granulat net i sec pot ser venut o pot convertir-se en "pellet". Per fer-ho, el granulat s'ha de fondre i passar-lo a través d'un tub per a que agafi la forma "d'spaghetti " al refredar-se en un bany d'aigua (extrusió), llavors es tallat en trossets anomenats "pellets".

### **Reciclatge de l'acer**

L'acer és l'únic material constructiu que sempre conté algo de material reciclat. Gràcies a les seves propietats, pot ser reciclat de forma infinita, per lo que al final de la seva vida útil, el producte d'acer pot transformar-se en qualsevol objecte sense perdre les seves qualitats. Al ser magnètic, és fàcilment separable de la resta de metalls mitjançant electroimants en els centres de recollida o els centres de reciclatge.

El reciclatge de l'acer prové generalment d'acer vell o "chatarra" que té la qualitat de ser reciclat en la seva totalitat e infinites vegades. L'obtenció d'acer a partir de la "chatarra" comprèn les següents etapes:

- **Recol·lecció:** La “chatarra” és recollida i transportada als centres de reciclatge
- **Classificació, selecció i processament:** La “chatarra” rebuda a la planta de reciclatge arriba generalment barrejada i bruta. Per tant, és necessari, verificar que no existeixin elements contaminants o perillosos, com recipients tancats de gas degut que generen riscos en el procés industrial. Després la “chatarra” es agafada per un electroiman gegant amb el que, gràcies a les propietats magnètiques de l’acer, la selecciona i la trasllada a un recipient d’acer ultrasistent.
- **Fabricació del nou acer:** El recipient ultrasistent ple d’acer s’introdueix en un forn elèctric, on es passa de l’estat sòlid (chatarra) al estat líquid (acer líquid), mitjançant l’energia alliberada per un arc elèctric entre tres electrodes de grafit. Mitjançant l’injecció d’oxigen i la introducció d’un carburant, s’aconsegueix fondre tota la “chatarra”. L’oxigen col·labora entregant més energia i accelerant el procés de fusió. Tota l’escòria més lleugera, sura sobre l’acer líquid del que es separa i es reutilitza, per exemple, en la fabricació de camions. Un cop l’acer líquid està lliure d’escòria, es diposita en un altre recipient on s’acaba d’ajustar la composició química definitiva. Posteriorment, aquest recipient es transporta cap al procés de solidificació. La solidificació es realitza en motlles refrigerats amb aigua on entra l’acer líquid per la part superior i surts contínuament per la part inferior. Aquest procés s’anomena colada contínua i permet produir *palanquetes*, les que posteriorment són laminades per produir barres d’acer.

### **Reciclatge del plom**

El plom de la bateria és l'element més perillós que tenim en el nostre projecte degut a la seva toxicitat, per lo que és l'element més important a reciclar. Respirar la pols o les emanacions de vapor de plom pot provocar greus perturbacions per la salut, inclosa la mort, a més a més de perjudicar el medi ambient. El plom de les bateries penetra en el ésser humà a través dels pulmons, s'acumula essencialment en els ossos i els primers símptomes d'intoxicació són la fatiga, el mal de cap, dolors en les articulacions i els músculs, pèrdua de memòria,... Però la prolongada inhalació del plomo pot provocar diarrea, dolors aguts en el abdomen, convulsions, deliri, estat de coma i la mort.

Realment es tracte d'un metall molt perillós i la seva l'obtenció a partir del reciclatge s'obté principalment de bateries velles. El procés per realitzar aquest reciclatge és el següent:

- **Recol·lecció:** Les bateries són recollides i transportades als centres de reciclatge.
- **Separació:** Primer es tritura la bateria, separant els seus components principals: polipropilè de la carcassa (plàstic), òxid de plom i plom metàl·lic.
- **Fundició:** Els components es fonen en forns rotatoris per obtenir les diferents al·leacions del plom requerides per la fabricació de bateries.
- **Extrusió:** El polipropilè passa a un sistema d'extrusió on s'obtenen "xips" o "pellets" que formaran les noves caixes d'acumuladors.
- **Electròlit:** El electròlit passa a la planta de tractaments d'aigües.

Aquest és el procés que poden seguir tots els components del minirobot, un cop utilitzat, per tal de no embrutar el medi ambient i poder conservar el nostre patrimoni natural.

## **7- MILLORES**

Aquest minirobot realitza la funció per la qual a estat creat, rastrejar, però tot projecte pot se millorat en alguns aspectes.

Per exemple el minirobot podria comunicar-se amb un PC i enviar-li dades del que esta realitzant. D'aquesta manera es podria saber el gir que a fet, el temps que a tardat en realitzar el circuit, etc.

Aquesta opció ja estat plantejada pels seus creadors i per aquesta raó han incorporat la circuiteria bàsica per poder-se comunicar amb el PC (Això es pot veure a l'apartat 5.6 i als plànols).

Un altre aspecte que podria millorar-se es el tema de dimensionat ja que tot i esta dins de les mides del concurs de rastrejadors del campus nord , es creu que pot reduir.

Per acabar una millora que no es molt important seria la de l'estètica. El minirobot podria incorporar una carcassa per evitar veure la circuiteria i l'estructura.

## **8- CONCLUSIONS**

Un cop realitzat el projecte es creu que s'ha assolit els objectius plantejat d'inici.

Es pensa que aquest minirobot pot participar al concurs de rastrejador de la UPC del campus nord i realitzar un paper digne.

Per altre banda, realitzant aquest projecte, els seus creadors han pogut posar en pràctica gran part dels coneixement assolits al llarg dels cursos d'enginyeria tècnica industrial especialitat electrònica industrial.

A més amés, gràcies a aquest projecte, s'han après conceptes nous com ara la utilització de motors pas a pas i d'aquesta manera obtenir un projecte dinàmic i graciós com és la construcció d'un minirobot. El objectiu que queda per realitzar és la de participar en el concurs de minirobots rastrejadors del campus nord, el qual els seus creadors hi aniran amb l'il·lusió guanyada en aquest projecte final de carrera i amb moltes ganes de poder posar a prova el minirobot entrelínies. Pensem que serà una gran experiència poder competir amb altres minirobots que han estat realitzats per joves amb les mateixes inquietuds que nosaltres.

## **9- BIBLIOGRAFIA**

### **LLIBRES**

Angulo Usategui José M<sup>a</sup>, Romero Yesa Susana, Angulo Martínez Ignacio, *MICROBÓTICA “Tecnología, Aplicaciones y montaje Práctico”*, Thomson.

Angulo Usategui José M<sup>a</sup>, Angulo Martínez Ignacio, *Microcontroladores PIC “Diseño práctico de aplicaciones”* 3<sup>a</sup> edición, Mc Graw Hill.

Enrique Palacios, Fernando, *Microcontrolador PIC 16F84 Desarrollo de proyectos*, RA-MA.

Pau A. Tipler, *Física para la ciencia y tecnología*, Reverté.

### **LINKS**

[www.amidata.es](http://www.amidata.es)

[www.microchip.com](http://www.microchip.com)

[www.robotik.com](http://www.robotik.com)

[www.eis.uva.es/amuva](http://www.eis.uva.es/amuva)

[www.microbotica.es](http://www.microbotica.es)

<http://www.jeuazarru.com/html/microbots.html>

[http://robots.iespana.es/robots/sitios\\_favoritos.htm](http://robots.iespana.es/robots/sitios_favoritos.htm)

<http://www.oni.escuelas.edu.ar/2001/bs-as/hombre-vs-aquina/microrob.htm>

<http://aess.upc.es>

<http://eu.st.com/stonline/index.shtml>

<http://espanol.geocities.com/edwtronic/microc.htm>

<http://www.geocities.com/picmaniac/>

<http://www.redeya.com/electronica/tutoriales/pic16f8x/pic16f8x.htm>

<http://www.redeya.com/electronica/control.html>

<http://www.todorobot.com.ar/informacion/tutorial%20stepper/stepper-tutorial.htm>

[http://www.zerobots.net/proyecto\\_puchobot.html](http://www.zerobots.net/proyecto_puchobot.html)



## **Estudi econòmic**

**INDEX**

1- Costos directes (d'Enginyeria).....	110
2- Costos indirectes.....	110
3- Costos de materials.....	111
4- Cost total.....	113
5- Pressupost final.....	114

**1- Costos directes (d'enginyeria)**

CONCEPTE	HORES	PREU/HORA(€)	TOTAL(€)
<i>Recerca</i>	10	60	600€
<i>Disseny</i>	65	60	3900€
<i>Realització</i>	25	60	1500€
<i>Depuració</i>	100	60	6000€
<i>Plànols</i>	20	60	1200€
<i>Memòria</i>	60	12	720€
<b>TOTAL</b>			<b>13920€</b>

**2- Costos indirectes**

CONCEPTE	TOTAL(€)
<i>Dietes i desplaçament (5% dels Costos Directes)</i>	696€
<i>Material d'oficina, fotocopies, enquadernació, material informàtic (2% dels Costos Directes)</i>	278.4€
<b>TOTAL</b>	<b>974.4€</b>

### 3- Costos de materials

COMPONENT	QUANTITAT	PREU/UNITAT (€)	TOTAL
INT.PROX.OPTIC REF:307913	1	6.11	6.11
SENSOR INT.OPTIC REF:1944018	10	2.65	26.5
MOTOR PAS A PAS REF:440262	2	31.02	62.04
CAIXA RED. 20RPM REF :336450	2	25.95	51.9
CAIXA RED. 60RPM REF :332868	2	25.95	51.9
ADHESIU CORONA RED.REF :851016	1	6.31	6.31
INVERSOR SCHMITT REF :CD40106	1	0.0791	0.0791
CONDENSADOR 27 PF REF :DS27P	5	0.0172	0.0860
DRIVER MOTOR REF :L293B	2	1.953	3.9060
PIC A 20MHz REF :PIC16F8420	1	5.0050	5.0050
CRISTALL QUARZ 20MHZ REF:XT1000	1	1.51	1.51
RESISTENCIA 1/4W	8	0.04	0.32
CRISTALL QUARZ 4MHZ	1	0.85	0.85
ZOCAL C.I TORN.18P	1	0.57	0.57
ZOCAL C.I TORN.16P	2	0.4	0.8
CONECTOR MINI UHF	1	1.74	1.74
COMP.VARIS DIOTRONIC	1	7.17	7.17
COMP.VARIS DIOTRONIC	1	21.10	21.10
COMP.VARIS DIOTRONIC	1	6.15	6.15
COMP.VARIS DIOTRONIC	1	22.07	22.07
REGLETA C.I 3P	2	0.37	0.74
CABLE RIGID 0.25mm	5	0.08	0.4
PLACA BAQUELITA	1	1.71	1.71
REGLETA 3P REF :RBV32	4	0.691	2.7640
REGLETA 2P REF :RBV2	2	0.64	1.28
ZOCAL C.I TORN.16P REF :ZR16	1	0.1952	0.1952
CONM.3P REF : IT0113	1	1.09	1.09

DISSENY I CONSTRUCCIÓ D'UN MINIROBOT RASTREJADOR: MINIROBOT ENTRELINIES

CONM.3P REF : IT0110	2	0.762	1.5240
LEDS VERDS REF :W01005V	6		0.3019
POTI.VERT.47K REF :PT10V47K	1	0.1192	0.1192
RESISTENCIA 150 OHMS	10	0.016	0.16
RESISTENCIA 47K	5	0.016	0.08
RESISTENCIA 4K42	5	0.016	0.08
RESISTENCIA 39K2	5	0.016	0.08
MAX 232	1	0.3381	0.3381
CONECTOR SU-D 9PINS REF:C02009H	1	0.2528	0.2528
CONDENSADOR 100 $\mu$ F REF:TH100K100	1	0.0269	0.0269
CONDENSADOR 1 $\mu$ F JR1U100	5		0.0848
ZOCAL C.I TORN.16P REF :ZR14	1	0.1736	0.1736
RESISTENCIA 220 OHMS	15	0.016	0.24
RESISTENCIA 22K	5	0.016	0.08
REGULADOR 5V REF:WR7805	1	0.1660	0.1660
ZOCAL C.I TORN.18P REF : ZO18	1	0.0478	0.0478
ZOCAL C.I TORN.18P REF : ZO16	2		0.0730
MECANO "TEMSI"	1	52	52
TOTAL SENSE IVA			341.4934
16% IVA			54.63
<b>TOTAL</b>			<b>396.13</b>

**4- Cost total**

CONCEPTE	TOTAL(€)
<i>COSTOS DIRECTES</i>	13920€
<i>COSTOS INDIRECTES</i>	974.4€
<i>COST DELS MATERIALS (sense IVA)</i>	341.4934
<b>TOTAL</b>	15235.89€
<i>16% IVA</i>	2437.74€
<b>COST TOTAL</b>	<b>17673.63€</b>

## 5- Pressupost final

CONCEPTE	TOTAL(€)
<i>COST TOTAL</i>	17673.63€
<i>5% IMPREVISTOS</i>	883.68€
<b>PRESSUPOST</b>	<b>18557.31€</b>

Si observem el cost del material obtingut i el comparem amb el PFC1, veurem que els 397€ calculats en aquest projecte amb comparació amb els 300€ previstos, no resulta una diferència massa important i pensem que es va fer un bon pressupost.

El resultat final de l'estudi econòmic és una mica elevat i és complicat realitzar una inversió d'aquestes característiques per un minirobot amb aquesta funcionalitat, però pensem que en qualsevol enginyeria el resultat seria semblant o superior al calculat per nosaltres, per lo que creiem que es tracte d'un cost sostenible per el número d'hores que hem dedicat .