

Šolski center Celje

Poklicna in tehniška elektro in kemijska šola

**MOBILNI ROBOT,  
KI ZAZNAVA BELE OVIRE**

**Avtor:**

Primož Reja, E-4.d

**Mentor:**

Peter Kuzman, univ. dipl. inž.

Celje, marec 2006

# KAZALO

<b>KAZALO</b> .....	<b>1</b>
<b>POVZETEK</b> .....	<b>2</b>
<b>UVOD</b> .....	<b>3</b>
<b>TEORETIČNI DEL</b> .....	<b>4</b>
3.1 SMERNICE IN CILJI.....	4
3.2 INFRARDEČI SENZORJI.....	5
3.3 INFRARDEČA SVETLOBA.....	6
3.4 DELOVANJE NE555.....	7
3.5 IZBIRA MIKROKRMILNIKA.....	9
<b>PRAKTIČNI DEL</b> .....	<b>10</b>
4.1 PREDELAVA SERVO MOTORJEV ZA POVEZAVO Z L293.....	10
4.2 POVEZAVA SERVO MOTORJEV Z L293.....	11
4.3 IZDELAVA VEZJA Z L293.....	12
4.4 IZDELAVA GLAVNEGA MIKROKRMILNIŠKEGA VEZJA.....	13
4.5 POSTOPEK IZDELAVE VEZIJ.....	16
4.6 IZDELAVA OHIŠJA.....	17
4.7 NAPAJANJE.....	18
4.8 PROGRAMIRANJE MIKROKRMILNIKA.....	19
<b>ZAKLJUČEK</b> .....	<b>21</b>
<b>LITERATURA</b> .....	<b>22</b>
6.1 KNJIGE.....	22
6.2 INTERNET.....	22
<b>PRILOGA</b> .....	<b>23</b>

## **POVZETEK**

Postavili smo si cilj, da naredimo robota, ki bo sposoben zanesljivo in samostojno prevoziti majhen labirint. Začeli smo z nekaj znanja o mikrokrmilnikih ter dosti stvari, ki smo jih še morali raziskati. Raziskali smo področje infrardečih senzorjev, ter principe krmiljenja servo motorjev.

# UVOD

V tej raziskovalni nalogi smo se ukvarjali z podrobnostmi mobilnega robota, ki je sposoben samostojno prevoziti labirint.

Postavili smo si hipotezo, da, če so izbrani deli sistema pravilni, potem robot kot celota deluje zanesljivo in je sposoben prevoziti določen labirint. Raziskali bomo delovanje senzorjev, servo motorjev, mikrokrmilnika ter delovanje vseh elementov skupaj kot celote. S tem robotom bomo lahko v nadaljevanju potrdili ali zavrgli našo hipotezo.

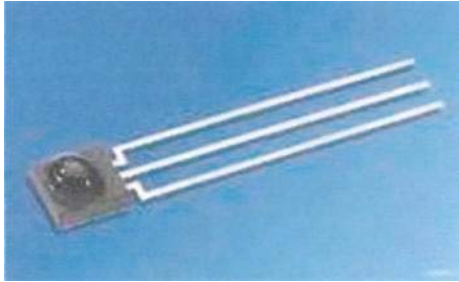
# TEORETIČNI DEL

## 3.1 SMERNICE IN CILJI

Cilj je bil izbrati primerne infrardeče senzorje, servo motorje, mikrokrmilnik ter izdelati mobilnega robota kot celoto. Vendar so se pojavile težave takoj, ko smo začeli iskati primerne sestavne dele, saj jih je zelo veliko. Močno se pa tudi razlikujejo po lastnostih. Najprej smo začeli z infrardečimi senzorji, ker pa je le teh na tržišču zelo veliko z različnimi lastnostmi smo se odločili za najbolj preproste, ki delujejo na principu modulirane infrardeče svetlobe in imajo na izhodu logično stanje le 1 ali 0. Seveda pa senzorji sami ne delujejo, ampak rabijo še vir, ki oddaja modulirano svetlobo. Zato smo uporabili infrardeče led diode, ter časovnik, ki primerno modulira infrardečo svetlobo. Naš primarni cilj je bil sestaviti infrardeče senzorje z infrardečimi led diodami. Takoj, ko smo to dosegli smo začeli razvijati mikrokrmilniški del robota, ki naj bi bil sposoben zanesljivo voditi servo motorje, glede na vhode iz senzorjev. V nadaljevanju bomo videli, če bomo lahko našo tezo potrdili.

### 3.2 INFRARDEČI SENZORJI

Sprva nismo vedeli kakšne senzorje bi izbrali, odločali smo se med senzorji, ki delujejo na principu izhod logične enke(+5v) ali logične ničle(0v) in senzorji, ki na izhodu dajo digitalen ali analogen podatek o razdalji belega objekta od sensorja. Objekt mora biti bel, ker se infrardeča svetloba najbolje odbija od belih objektov. Odločili smo se za senzorje, ki delujejo na principu logične enke in logične ničle, saj so cenovno ugodnejši, ter imajo manjši odzivni čas pri zaznavanju objektov.



Slika 1: Senzor SFH5100-xx



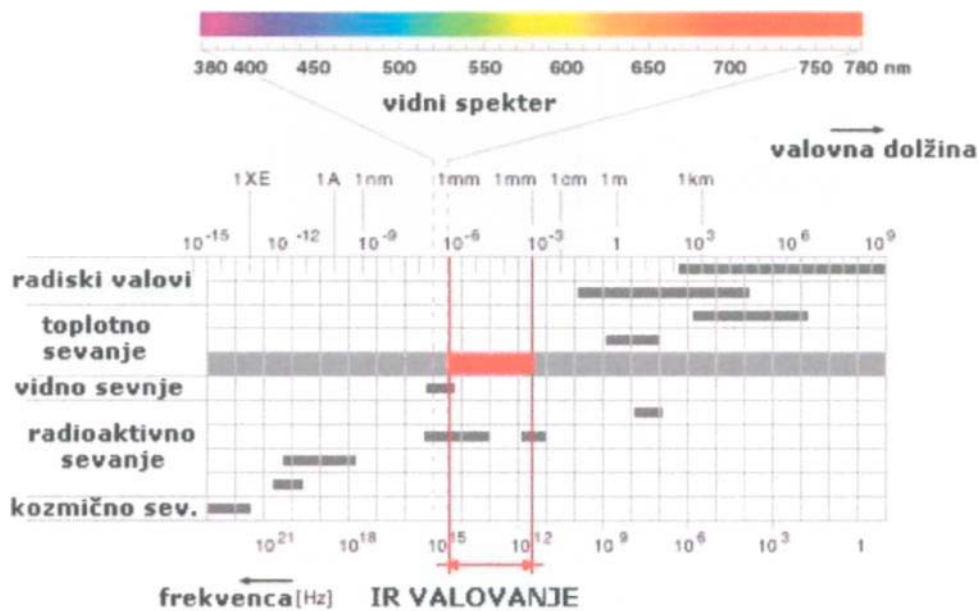
Slika 2: Senzor GP2D12

Uporabili smo Osramove senzorje SFH5110-xx, pri čemer pomeni xx frekvenca modulacije infrardeče svetlobe. Ker smo se odločil za frekvenco 36kHz, smo uporabili senzorje tipa SFH5110-36. Seveda pa smo za delovanje senzorjev potrebovali še modulator. Za to smo uporabili časovnik NE555 ter dodatne elemente, ki smo jih dimenzionirali tako, da smo lahko spreminjali modulacijsko frekvenco okoli 36kHz. Ti senzorji so občutljivi na frekvenco modulacije, bolj kot odstopa modulirana frekvenca infrardečih led diod od tovarniško nastavljene SFH sprejemnika, manjša je občutljivost sensorja. Tako je možno točno nastaviti razdaljo med predmetom in SFH5110-xx senzorjem.

Nekateri izmed senzorjev, ki zaznavajo razdaljo objekta od sensorja so Sharpovi GP senzorji, katerih je več vrst. Ti senzorji imajo že vgrajeno infrardečo diodo in modulator. Najbolj znan tega tipa je GP2D12, ki na izhodnem pinu da analognu napetost odvisno od razdalje predmeta. Toda pri takem sensorju je odzivni čas daljši kot pri SFH5110. Za pretvorbo analogni vrednosti napetosti bi rabili še dodatni analogni/digitalni(A/D) pretvornik, ki bi pretvoril analognu napetost v digitalno obliko, katero bi potem lahko uporabili kot vhod za mikrokontroler.

### 3.3 INFRARDEČA SVETLOBA

Infrardeča svetloba je del elektromagnetnega valovanja, valovne dolžine od 780 nm do 1 mm, ki je z očmi ne moremo zaznati. Delimo jo na tri skupine IR - A, IR - B in IR - C, ki se med seboj razlikujejo po valovni dolžini. Infrardeča svetloba spada v skupino toplotnih sevanj.



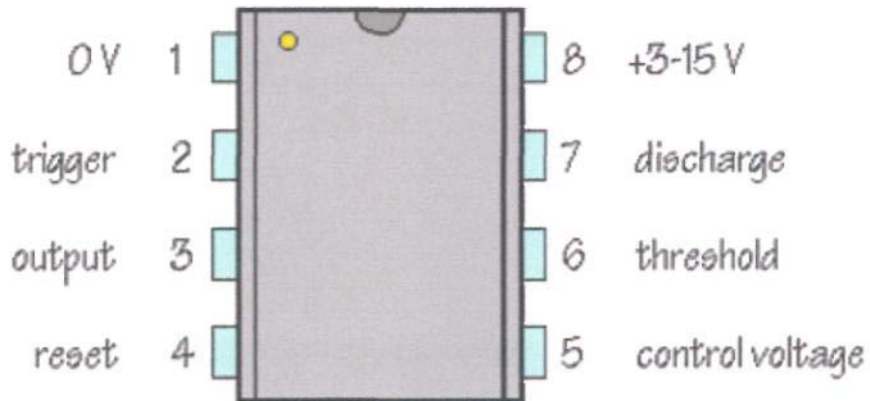
Slika 3: Elektromagnetno valovanje



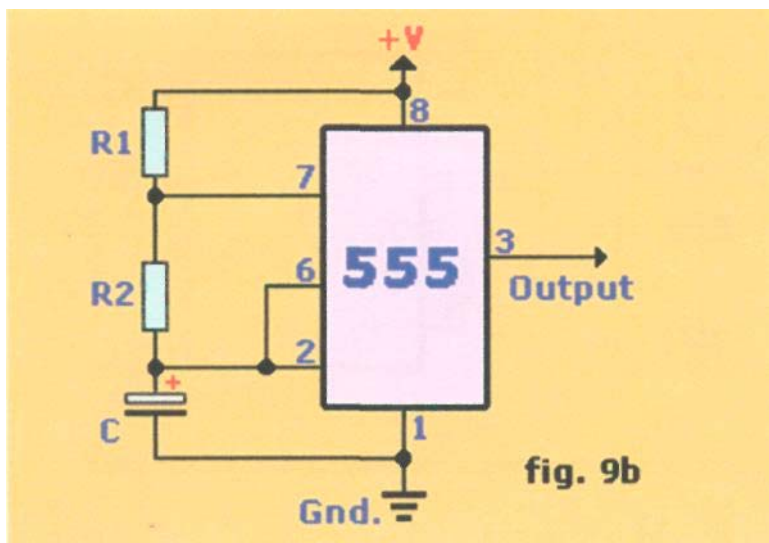
Fotografija 1: Termični infrardeči posnetek

### 3.4 DELOVANJE NE555

Za modulator smo izbrali integrirano vezje NE555. To vezje lahko deluje na dva možna načina, kot astabilni ali monostabilni generator impulzov, katere lahko z nekaj dodatnimi elementi spreminjamo. Mi smo izbrali astabilno delovanje vezja, saj smo tako najlažje spreminjali frekvenco modulacije infrardeče svetlobe.



Slika 4: Priključki integriranega vezja NE555

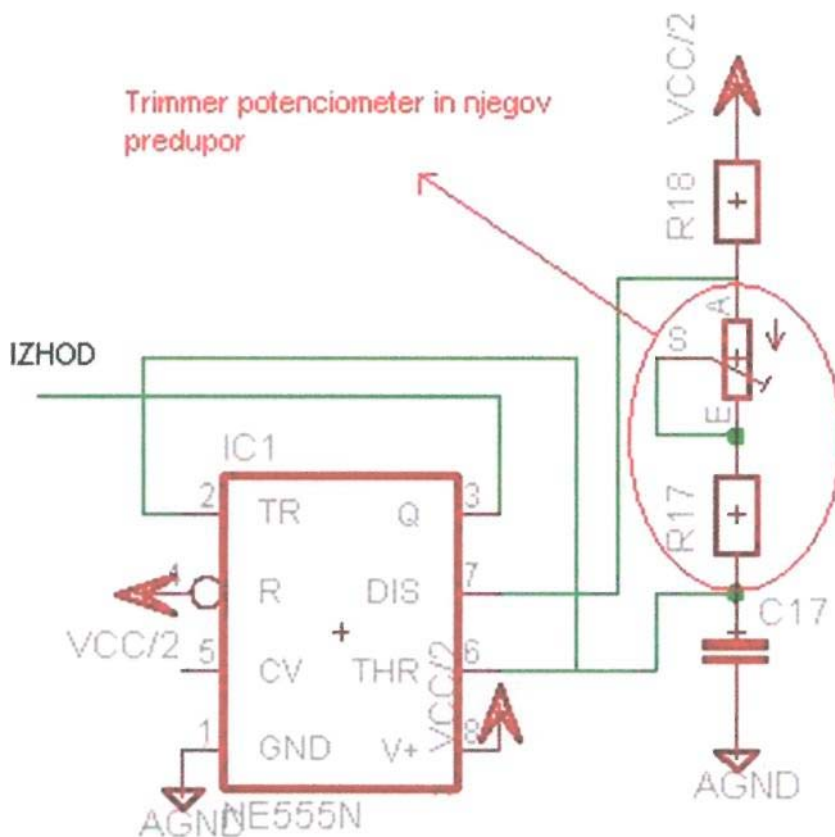


Slika 5: Primer astabilne vezave NE555



$$f = \frac{1.44}{(R1+R2) \times C}$$

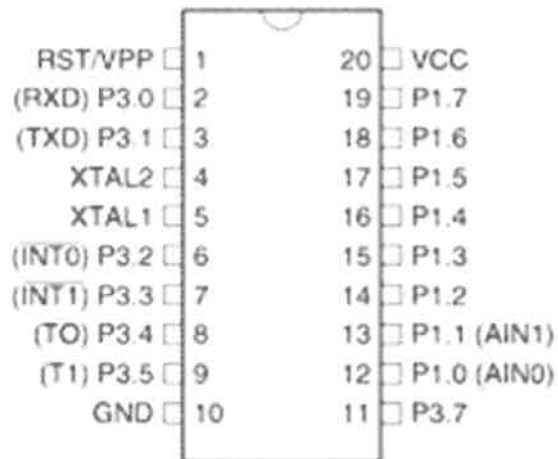
Frekvenca modulacije se lahko izračuna po formuli  
 Frekvenco lahko nastavimo z ustrezno izbiro elementov (slika 5), vendar lahko to frekvenco le enkratno nastavimo s tem, ko izberemo dva upora, ki ju prav tako lahko izračunamo po formuli za frekvenco. Ker pa smo potrebovali spremenljivo vrednost frekvence, smo namesto upora R2 vstavil v vezje potenciometer ter potenciometru pred upor 1k ohm (skica 1). Tako smo lahko nastavljali frekvenco modulacije okoli 36kHz.



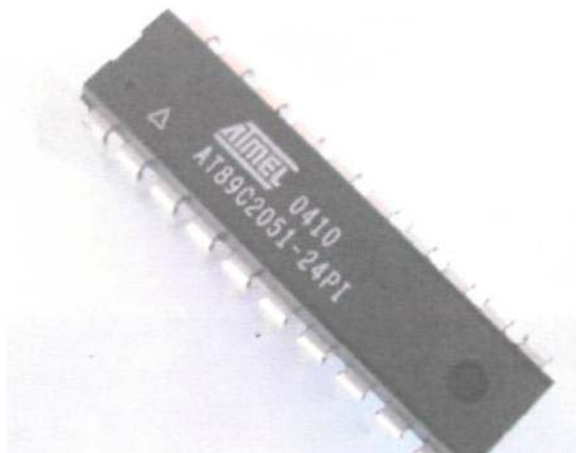
Skica 1: Astabilna vezava NE555 z pred uporom ter trimerjem

### 3.5 IZBIRA MIKROKRMILNIKA

Pri izboru mikrokrmilnika nismo vedeli katerega bi izbrali. Zaradi tega, ker smo imeli že od prej nekaj znanja o mikrokrmilniku at89c2051, nekaj smo se pa tudi naučili pri laboratorijskih vajah, smo izbrali le tega.



Slika 6: Pinout mikrokrmilnika AT89C2051



Slika 7: mikrokrmilnik AT89C2051

Ta mikrokrmilnik ima zadovoljivo število vhodno izhodnih priključkov za našo aplikacijo, saj ima kar 15 izhodnih priključkov, pri čemer sta dva priključka brez notranjih pullup uporov, to sta pina P1.0 ter P1.1 (skica 4), na katera je potrebno dodati zunanje pullup upore, če ju želimo uporabiti samo kot digitalni vhod ali izhod. Ta mikrokrmilnik ima še dodatne lastnosti, katerih nismo izkoristili.

# PRAKTIČNI DEL

## 4.1 PREDELAVA SERVO MOTORJEV ZA POVEZAVO Z L293

Za robota smo uporabili servo motorje (slika 8), to pa zaradi že vgrajenih prenosov, z katerimi zmanjšamo hitrost vrtenja in zvišamo natančnost vožnje. Servo motorji so narejeni za maksimalen zasuk 360 stopinj. Ker smo želeli, da se servo motor konstantno vrti, smo morali odstraniti plastični čep, ki blokira glavni kolesček (Slika 9).



Slika 8: Futaba servo motor



Slika 9: Predelava glavnega kolesčka

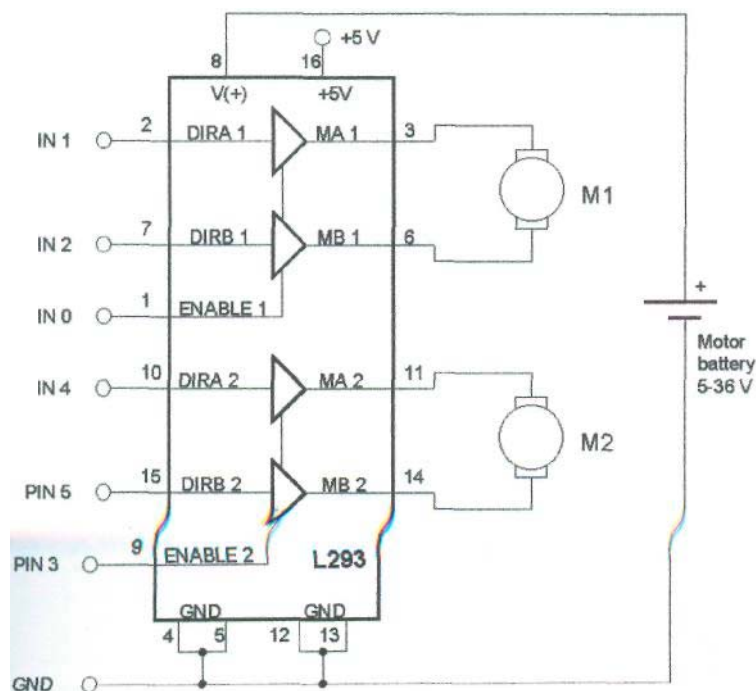
Servo motorji delujejo na principu pulzne modulacije, določeno število signalnih pulzov pomeni zasuk osi za določen kot. Ker pa ne bomo uporabljali pulzne modulacije ampak integrirano vezje L293, smo vezje v servo motorju odstranili in direktno povezali na DC motor dve žici, signalno smo pa odstranili.

## 4.2 POVEZAVA SERVO MOTORJEV Z L293

Ker je treba servo motorje krmiliti, da se vrtijo v eno in v drugo smer, smo uporabili integrirano vezje L293, ki je narejeno prav za ta namen. L293 je integrirano vezje, ki lahko deluje na več možnih načinov. Mi smo izbrali način s katerim lahko krmilimo hkrati dva predelana servo motorja.

ENABLE	DIRA	DIRB	Funkcija
H	H	L	Vrti desno
H	L	H	Vrti levo
H	L/H	L/H	Hitra ustavitev
L	karkoli	karkoli	Počasna ustavitev

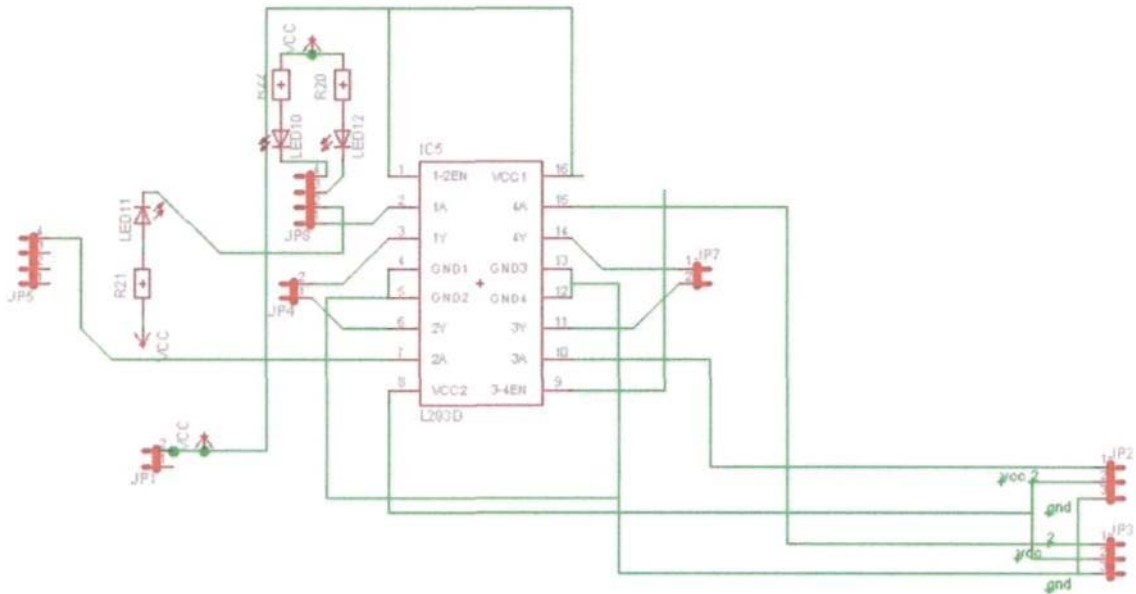
Tabela 1: Resničnostna tabela čipa L293



Skica 2: Vezava L293 in servo motorjev

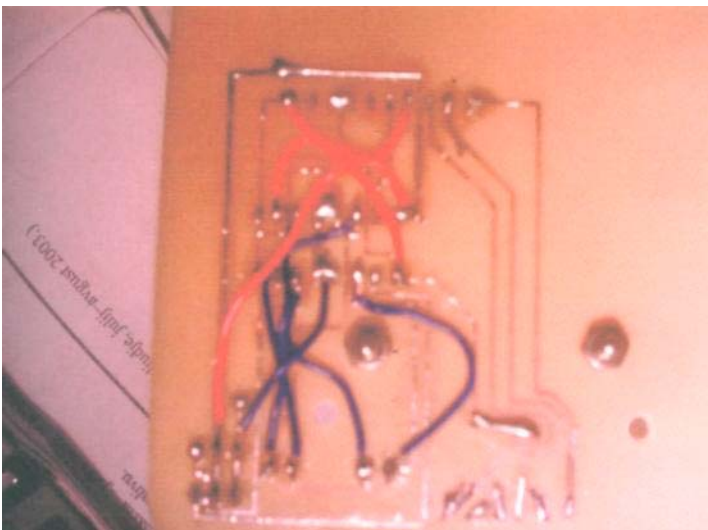
Da L293 pravilno deluje, ga je treba pravilno ožičiti. Povezati je treba pravilne pine skupaj. Kot se vidi iz resničnostne tabele (tabela 1), je potrebno oba enable pina povezati na napajanje logike (v našem primeru +5V). Na pin 8 pripeljemo napetost za krmiljenje motorjev, ki je lahko od 5-36V, pri orientaciji s skupno maso (pini 3,5,12,13). Pine 2,7,10 ter 15 pa povežemo z pini mikrokrmilnika at89c2051. To naredimo zato, ker bomo z mikrokrmilnikom nadzorovali vrtenje motorjev M1 ter M2 (skica 3).

### 4.3 IZDELAVA VEZJA Z L293



Skica 3: Končana shema z 1293 v Cadsoftovem Eaglu 4.13

Vezje smo izdelali v Cadsoftovem Eaglu 4.13, pri čemer smo morali vezje z L293 ločiti od mikrokrmilniškega dela, ker nam je zmanjkalo prostora. Zato smo uporabili natične priključke (slika 10), s katerimi smo obe vezji staknili skupaj. Ker pa teče skozi L293 velik tok (tudi do 1 A, ob sunkih), smo nanj prilepili hladilno telo, ter z vodniki ojačali linije na vezju (slika 9). V tem vezju smo dodali še 3 led diode, ki se priključijo preko 470 ohmskih uporov direktno na mikrokrmilnik in služijo kot indikacija programskih rutin.



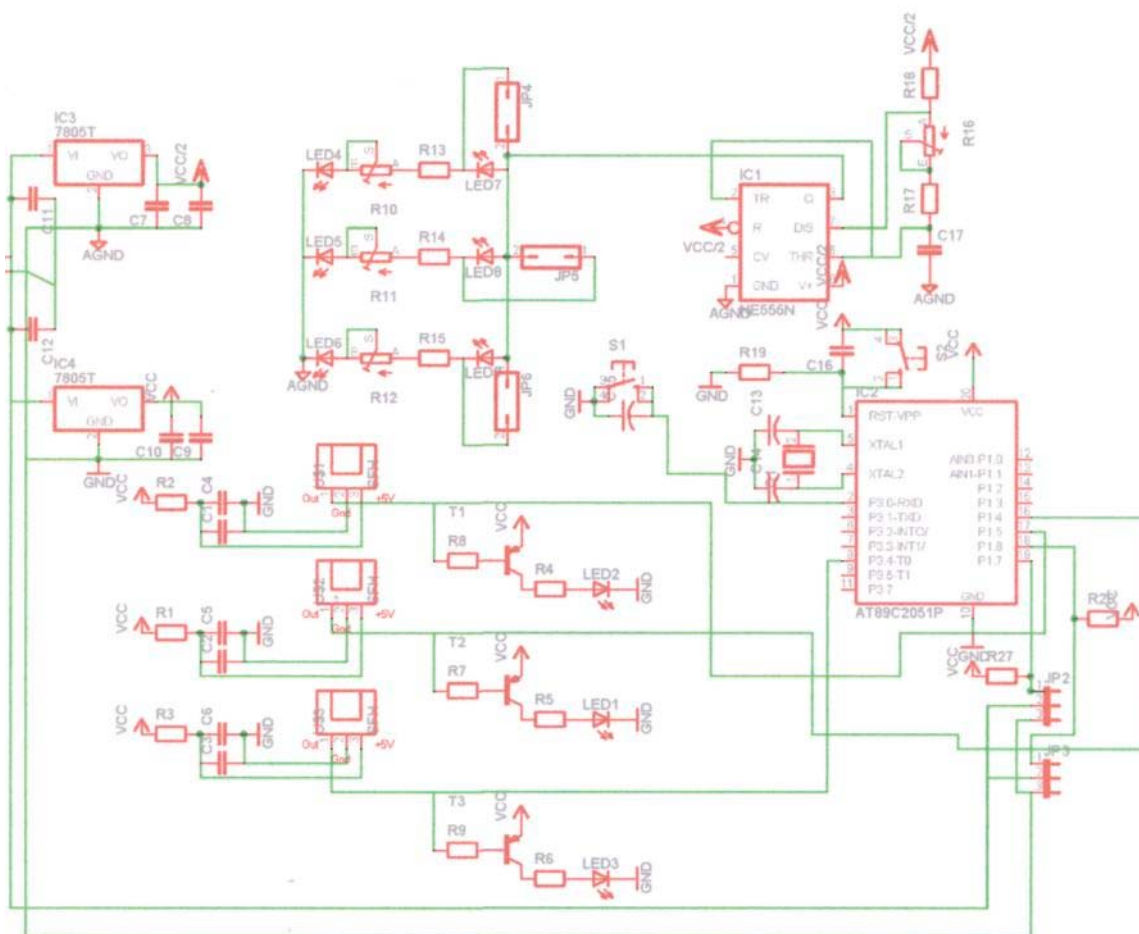
Slika 9: L293 končano vezje spodaj



Slika 10: končano vezje zgoraj

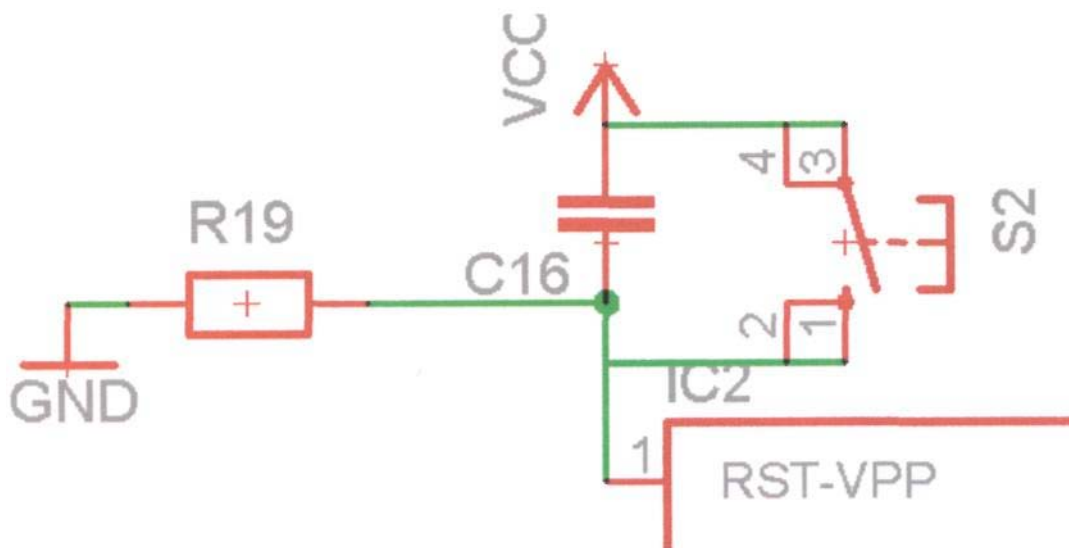
## 4.4 IZDELAVA GLAVNEGA MIKROKRMILNIŠKEGA VEZJA

Najtežje od obeh vezij je bilo skonstruirati mikrokrmilniško vezje, saj so na njem trije senzorji, mikrokrmilnik AT89c2051 ter modulator infra rdeče svetlobe NE555. Zaradi tega, ker so vsi ti elementi povezani na isto napajanje, nastanejo motnje, ki zelo močno vplivajo na senzorski del vezja. Prav tako mora imeti ločeno napajanje del z NE555, ker se pri višjih frekvencah na zelo majhnih upornostih inducira dokaj velika napetost, ki lahko moti sam mikrokrmilnik. Da smo to rešili, smo uporabili dva 5V regulatorja LM7805. Enega za mikrokrmilnik ter senzorje, drugega pa za NE555 ter nanj priklopljene infrardeče led diode. V vezju smo uporabili tri senzorje. Pred vsak SFH5110 sprejemnik smo vezali še tovarniško predpisan RC filter, ki preprečuje motnje na le teh. Ker pa imamo tri senzorje in hočemo posamično nastavljati občutljivost, smo za vsako infrardečo led diodo vezali še zaporedno 10k trimer potenciometer, 470 ohmski upor ter navadno led diodo, kateri smo vzporedno vezali kratkostičnik, da jo lahko kratko sklenemo. Če led diodo kratko sklenemo, se na infrardeči led diodi pojavi večja napetost in z tem se močno poveča občutljivost senzorjev. (Skica 4).

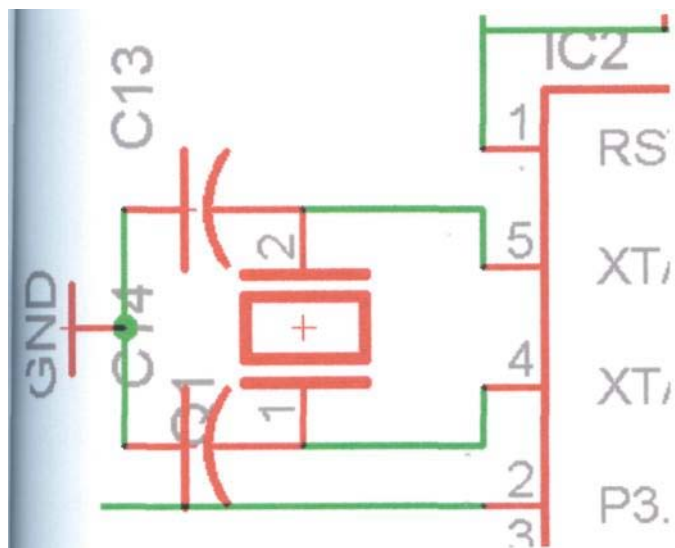


Skica 4: Glavno mikrokrmilniško vezje

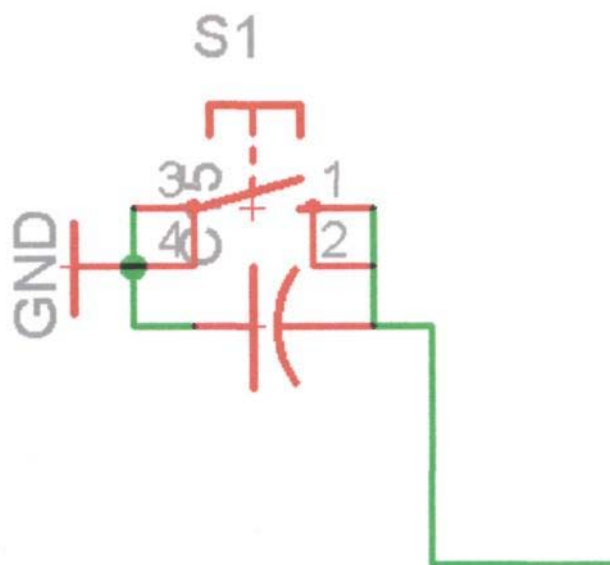
Mikrokontroler AT89C2051 rabi za obratovanje kristalni oscilator, katerega priključimo med pina 4 in 5 (skica 6). Ta oscilatorje lahko vseh vrednosti med 11.0592Mhz ter 24Mhz. Mi smo uporabili 12Mhz. Temu kristalu proti masi vežemo še dva 33pF kondenzatorja. Mikrokontroler rabi tudi reset vezje, z katerim ga resetiramo (ponovno zaženemo) (skica 5). Dodali smo še start tipko, s katero začnemo izvajanje programa (skica 7).



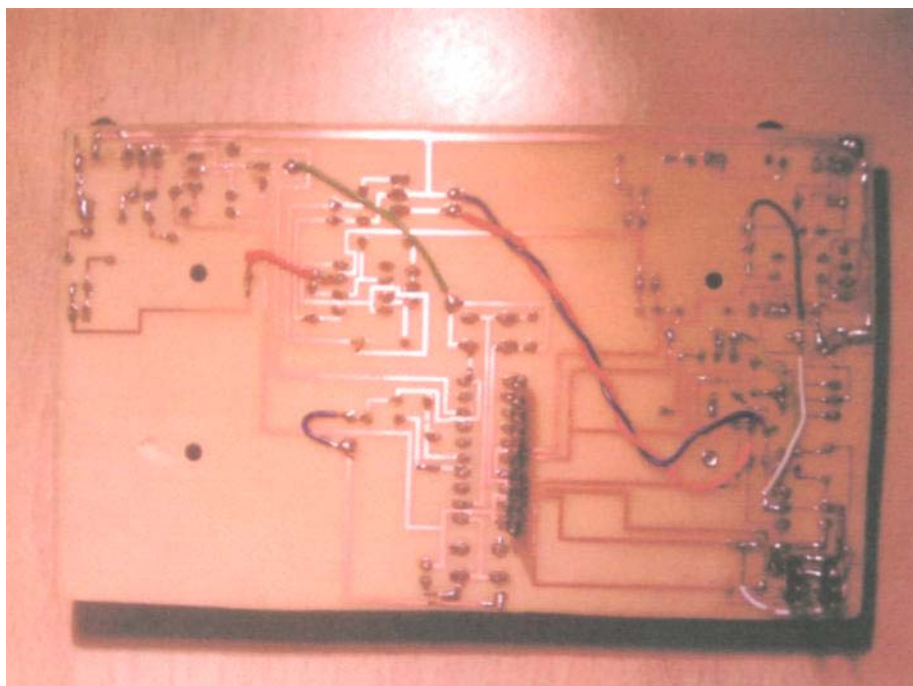
Skica 5: Reset vezje



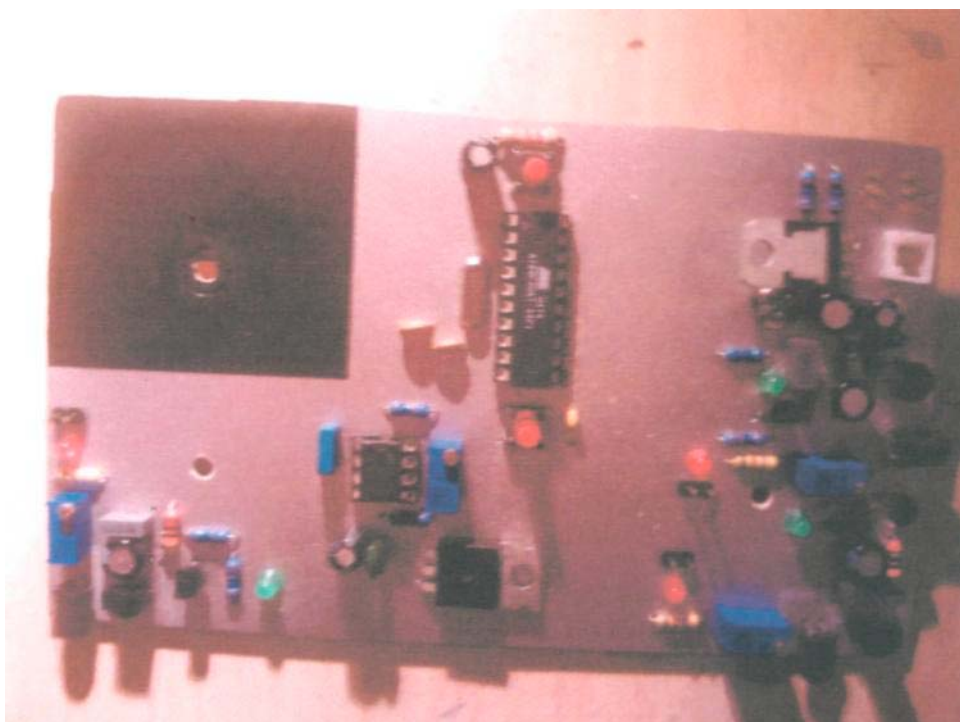
Skica 6: Oscilator



Skica 7: Start tipka



**Slika 11:** Glavno mikrokrmilniško končano vezje pogled od spodaj



**Slika 12:** Glavno mikrokrmilniško končano vezje pogled od zgoraj

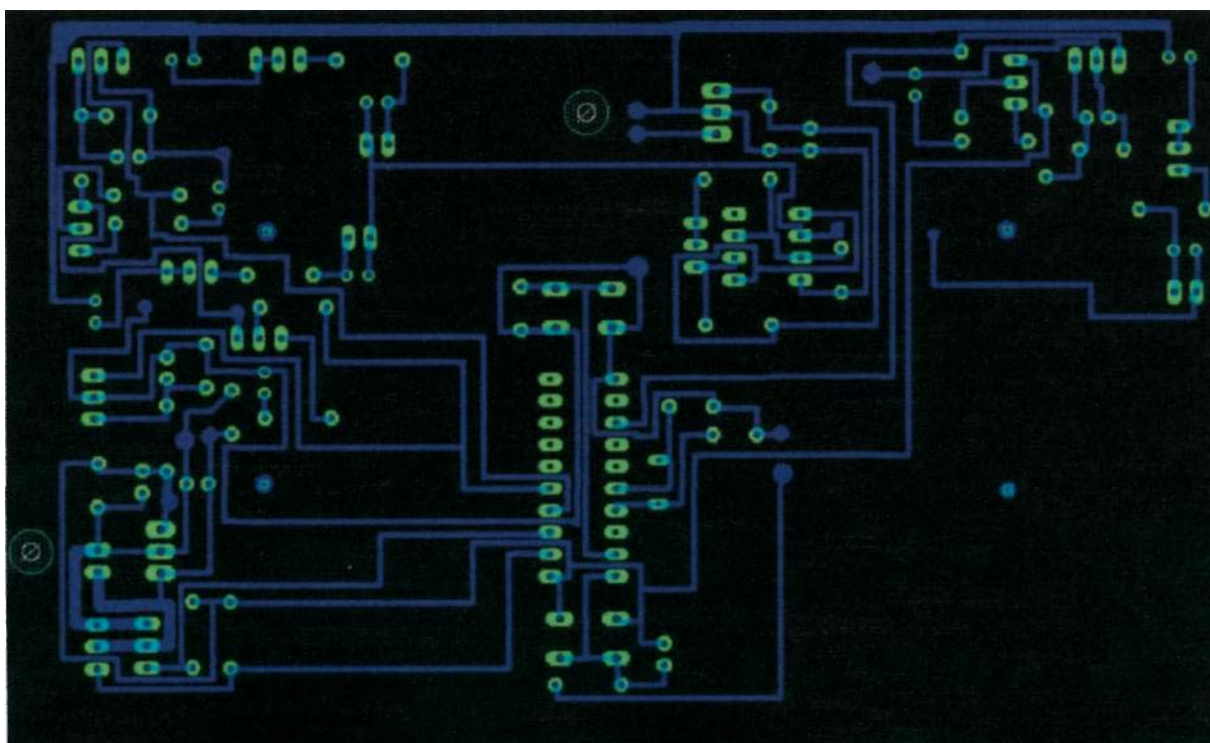


## 4.5 POSTOPEK IZDELAVE VEZIJ

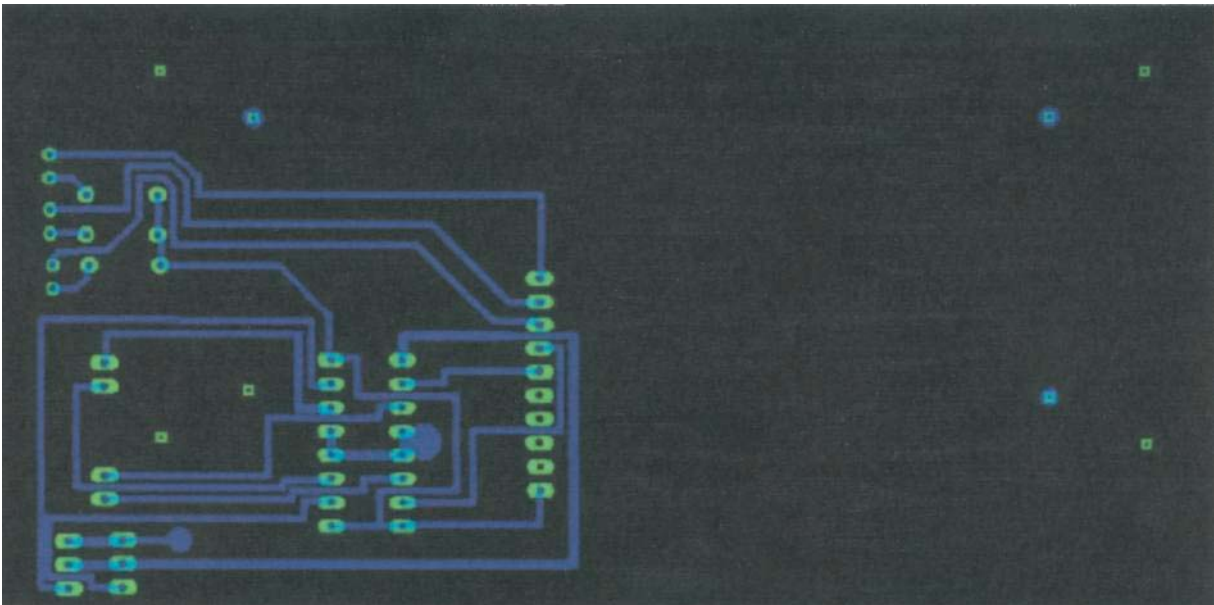
Vežja smo narisali v Cadsoftovem Eaglu 4.13, nato smo jih pretvorili v osnutke ter z laserskim tiskalnikom natisnili na prozorno folijo. To folijo smo dali v majhno kartonasto škatlo, prepojeno z razredčilom. To smo pustili cca. 3 minute, da osnutek potemni. Potemnjeni osnutek smo nastavili na ploščico premazano z foto lakom ter vse skupaj za 7 minut postavili pod ultravijolično svetlobo. Po tem smo ploščico dali v raztopino NaOH in vode. Začel se je postopek razvijanja foto laka. Ko je bil foto lak popolnoma razvit, smo ploščico dali v mešanico HCl, vode ter H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Počasi je začela kislina jedkati baker s površine, katero je razvijalec predhodno razvil. Ko je bilo vezje zjedkano, smo očistili preostali foto lak z acetonom, ter izvrtali luknje za elemente. Vežje smo nato premazali z kalofonijo, zaradi lepšega spajkanja.



Slika 13: Razvijanje vezja



Slika 14: Osnutek glavnega mikrokrmilniškega vezja

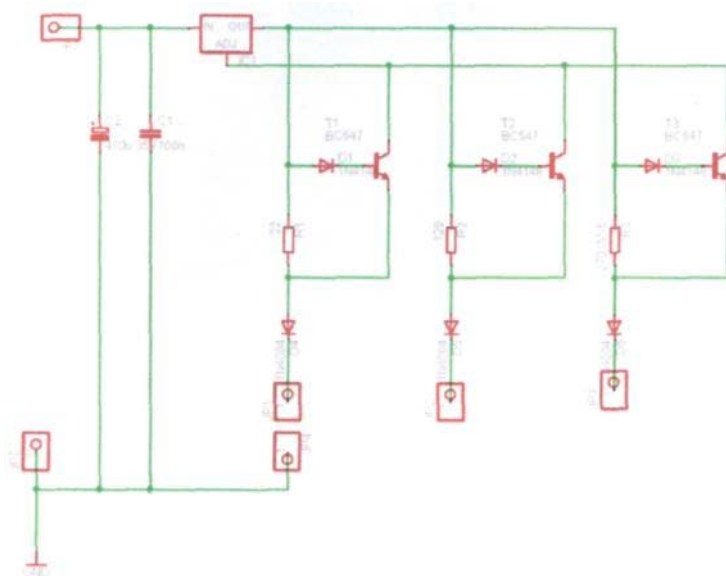


Slika 15: Osnutek vezja z L293

## 4.6 IZDELAVA OHIŠJA

Najtežji del je bil izdelava ohišja, katerega smo prvo morali pravilno dimenzionirati, da so se servo motorji ter vezja prilegali nanj. Vezja smo utrdili z distančniki, ki smo jih privili na štiri mesta ohišja. Ohišje nam je vzelo največ časa za izdelavo, saj smo morali zelo natančno izvrtati odprtine za kolesa. Kolesa robota smo naredili iz plastičnega stekla, katerega smo dali obrezati na dva kroga, vsakega 8 cm premera. Nanju smo zaradi zdrsavanja prilepili gumo iz noprena (gumijasta snov), ki smo jo dobili iz starega tiskalnika, v katerem je bila uporabljena kot cevka za odvajanje črnila.





Slika 17: Shema polnilca NiMh in NiCd baterij



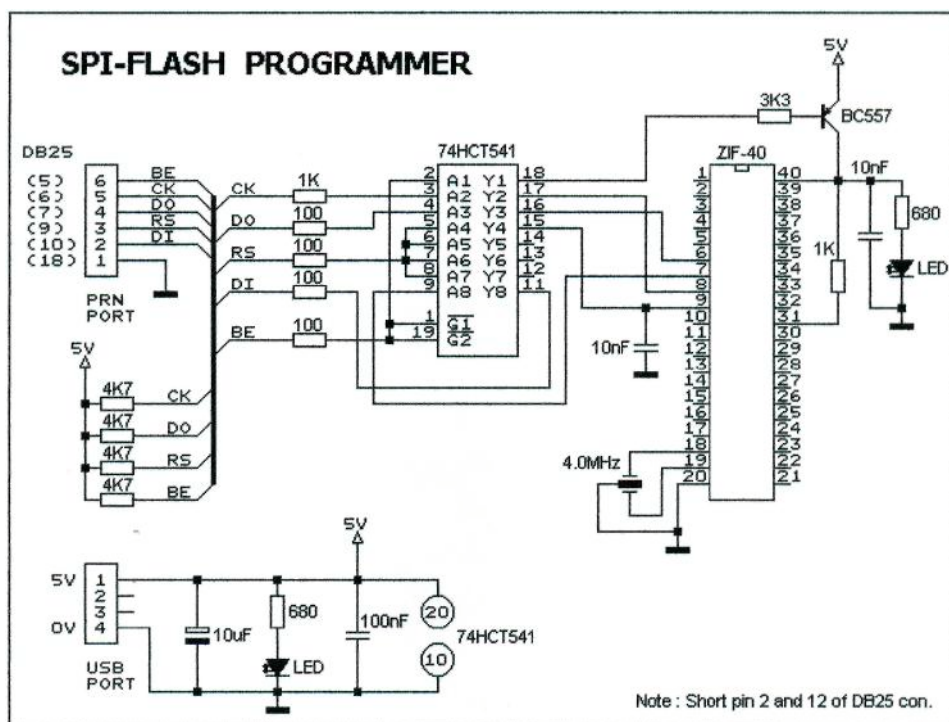
Slika 18: Sedem baterij spodaj

## 4.8 PROGRAMIRANJE MIKROKRMILNIKA

Vsak mikrokrmilnik, kot tudi AT89C2051 je potrebno ustrezno sprogramirati, da opravlja neko določeno funkcijo. Za to je potrebno nekaj znanja o programiranju, ter ustrezen programator (slika 8). Našli smo knjigo bascom8051, v kateri so dobro razloženi osnovni in tudi bolj kompleksni programi z tem tipom mikrokrmilnika. Tako smo se naučili dovolj, da smo, ko je bil robot že sestavljen, s pomočjo MCS electronicsovega BASCOM 8051 prevajalnika napisali program za robota.

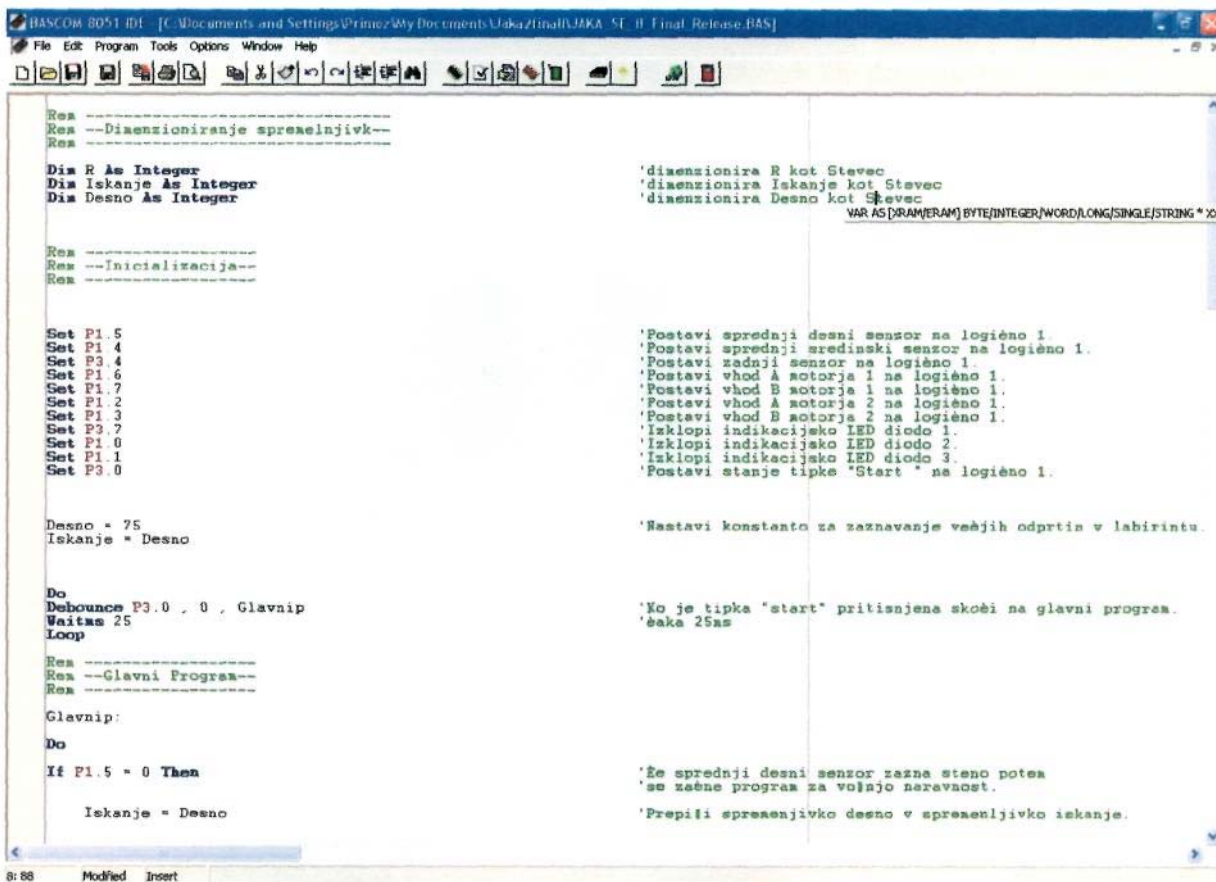


Slika 8: Naša programatorja PG302 ter STK200 v istem ohišju



Slika 19: Programator ISP V3.0(STK200)

Program za mikrokrmilnik smo napisali v MCS electronicsovemu BASCOMU 8051 (slika 9).



```
Rea -----Dimenzioniranje spremljivk-----
Rea --Dimenzioniranje spremljivk--
Rea
Dim R As Integer          'dimenzionira R kot Stevec
Dim Iskanje As Integer    'dimenzionira Iskanje kot Stevec
Dim Desno As Integer      'dimenzionira Desno kot Stevec
                          VAR AS [XRAM|ERAM] BYTE|INTEGER|WORD|LONG|SINGLE|STRING * XC

Rea -----
Rea --Inicijalizacija--
Rea -----

Set P1.5
Set P1.4
Set P3.4
Set P1.6
Set P1.7
Set P1.2
Set P1.3
Set P3.7
Set P1.0
Set P1.1
Set P3.0

Desno = 75
Iskanje = Desno

Do
Debounce P3.0 , 0 , Glavnip
Waitms 25
Loop

Rea -----
Rea --Glavni Program--
Rea -----

Glavnip:
Do
If P1.5 = 0 Then
    Iskanje = Desno
```

Slika 20: MCS ELECTRONICS BASCOM 8051

V programu smo uporabili neskončno do - loop znako, nekaj spremenljivk, najpogosteje uporabljena pa je zanka if- then, ki je večinoma uporabljena za preverjanje stanja senzorjev ter klicanje podprogramov ki izvršijo določeno opravilo.



Slika21: Originalen programator PG302 od iguanalabs.

## 5 ZAKLJUČEK

Robot je sposoben samostojno in zanesljivo prevoziti labirint. Razvoj vezja je zaključen. Odkrili smo vse možne probleme senzorjev ter pogonskega dela, kot tudi mikrokmlniškega dela, jih odpravili in sestavili robota. Dosegli sem vse zadane cilje in s tem potrdili hipotezo, da lahko dobro skonstruiran robot dokaj zanesljivo opravi tudi kaj drugega kot, da samo prevozi labirint.



Slika22: Končen izdelek

# LITERATURA

## 6.1 KNJIGE

1. Mitrovič, V. 2002: Programiranje mikrokontrolera programskim jezikom Bascom.

## 6.2 INTERNET

1. <http://www.doctrionics.co.uk/555.htm>
2. <http://www.hth.com/filelibrary/pdffiles/AT89C2051.pdf>
3. <http://www.w-r-e.de/robotik/data/sfh5110.pdf>
4. <http://www.iguanalabs.com/2051prog.htm>
5. <http://chaokhun.kmitl.ac.th/~kswichit/IspPgm30a/ISP-Pgm30a.html>
6. <http://www.techniks.com/Bascom.htm>
7. <http://www.cadsoftusa.com/>
8. <http://www.kronosrobotics.com/anl16/GAN116.shtml>
9. <http://www.electronics-lab.com/projects/power/037/index.html>
10. <http://www.me.umn.edu/courses/me2011/robot/technotes/L293/L293.html>

## **PRILOGA**

1. CD z izvornim mikrokrmilniškim programom, predstavitevjo delovanja robota ter datasheeti uporabljenih integriranih vezij.