



UNIVERZA V LJUBLJANI

FAKULTETA ZA RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKO

Luka Vogrinčič

Krmiljenje motorjev z mikrokrmilnikom PIC 18F2455

DIPLOMSKO DELO NA VISOKOŠOLSLEM STROKOVNEM ŠTUDIJU

Mentor: prof. dr. Branko Šter
Ljubljana, 2010



Št. naloge: 00491/2009

Datum: 15.11.2009

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko izdaja naslednjo nalogo:

Kandidat: **LUKA VOGRINČIČ**

Naslov: **KRMILJENJE MOTORJEV Z MIKROKRMILNIKOM PIC 18F2455
MOTOR CONTROL WITH PIC 18F2455 MICROCONTROLLER**

Vrsta naloge: Diplomsko delo visokošolskega strokovnega študija

Tematika naloge:

Implementirajte krmiljenje različnih vrst motorjev, kot so koračni motorji, servo motorji in DC motorji, z mikrokrmilnikom PIC 18F455. Opišite glavne značilnosti omenjenih vrst motorjev in mikrokrmilnik PIC 18F455. Opišite tudi uporabo orodja Flowcode pri programiranju mikrokrmilnikov in ga kritično ocenite.

Mentor:

prof. dr. Branko Šter



Dekan:

prof. dr. Franc Solina

Zahvala

Rad bi se zahvalil staršem, ki so me podpirali v mojem deset let trajajočem študiju, prof. Petru Zoroji s Tehniškega šolskega centra v Novi Gorici za ponujeno opremo (ECIO, proto board, diode, upori, ...) in osnovno znanje programskega jezika Flowcode; prof. mag. Romi Češčut za prevod povzetka iz slovenščine v angleščino, prof. Andreji Žgur za lektoriranje in prof. dr. Branku Šteru za mentorstvo pri diplomski nalogi.

Kazalo

Kazalo slik	5
Seznam uporabljenih kratic in simbolov	6
1 Povzetek in ključne besede.....	7
2 Abstract and key words	7
3 Uvod	8
4 O motorjih.....	9
4.1 DC motorji.....	9
4.1.1 Zgradba DC motorja.....	9
4.1.2 Krmiljenje DC motorja	9
4.2 Servo motorji.....	10
4.2.1 Zgradba servo motorja.....	10
4.2.2 Krmiljenje servo motorja	11
4.2.2.1 Oblika vhodnega impulza – en interval.....	11
4.3 Koračni motorji.....	12
4.3.1 Zgradba koračnega motorja	12
4.3.2 Krmiljenje koračnega motorja.....	13
4.3.2.1 Krmiljenje koračnega motorja v polnem koraku	13
4.3.2.2 Krmiljenje koračnega motorja v polovičnem koraku.....	14
5 Mikrokrmilnik PIC 18F2455.....	15
5.1 Osnovne lastnosti PIC 18F2455.....	15
5.2 ECIO28P	15
5.3 Značilnosti	16
5.3.1 ECIO28P priključki.....	16
6 Flowcode.....	18
6.1 O programu	18
6.1.1 Flowcode na primeru »Koračni motor«.....	20
6.1.2 Macro na primeru »Koračni motor – polovični korak«	21
6.2 Komponente	21
6.2.1 Properties.....	22
6.2.2 Objects	23
6.2.3 Common.....	23
6.2.4 Inputs	23
6.2.5 Outputs	24
6.2.6 Wireless.....	24

6.2.7 Comms	24
6.2.8 Peripheral	25
6.2.9 Misc.....	25
6.2.10 Mehatronics	26
6.3 Icons.....	27
6.3.1 Input.....	27
6.3.2 Output.....	27
6.3.3 Delay	28
6.3.4 Decision.....	28
6.3.5 Switch.....	29
6.3.6 Connection point	30
6.3.7 Connection point	30
6.3.8 Loop	30
6.3.9 Component macro	32
6.3.10 Macro	32
6.3.11 Calculation.....	34
6.3.12 String Manipulation	36
6.3.13 Interrupt.....	36
6.3.14 C code.....	37
6.3.15 Comment.....	37
7 Elektronski elementi in implementacija motorjev.....	38
7.1 Seznam uporabljenih elektronskih elementov	38
7.2 Elektronska shema	38
7.3 Vhodi.....	39
7.4 Izhodi	39
7.5 Koračni motorji.....	40
7.6 Servo motorji.....	40
7.7 DC motorji	40
8 Sklepne ugotovitve	41
9 Morebitne priloge	42
10 Seznam uporabljenih virov	42

Kazalo slik

Slika 1 - DC motor	9
Slika 2 - Zgradba DC motorja	9
Slika 3 - Servo motor	10
Slika 4 - Zgradba servo motorja	10
Slika 5 - Krmiljenje servo motorja	11
Slika 6 - Oblika vhodnega impulza – en interval	11
Slika 7 - Koračni motor	12
Slika 8 - Shema koračnega motorja	12
Slika 9 - Shema delovanja koračnega motorja v polnem koraku	13
Slika 10 - Prvi korak koračnega motorja	13
Slika 11 - Drugi korak koračnega motorja	13
Slika 12 - Tretji korak koračnega motorja	13
Slika 13 - Četrti korak koračnega motorja	13
Slika 14 - Shema delovanja koračnega motorja polovičnem koraku	14
Slika 15 - Prvi korak koračnega motorja	14
Slika 16 - Drugi korak koračnega motorja	14
Slika 17 - Tretji korak koračnega motorja	14
Slika 18 - Četrti korak koračnega motorja	14
Slika 19 - Peti korak koračnega motorja	14
Slika 20 - Šesti korak koračnega motorja	14
Slika 21 - Sedmi korak koračnega motorja	14
Slika 22 - Osmi korak koračnega motorja	14
Slika 23 - ECIO28P	15
Slika 24 - Priključki ECIO28P	16
Slika 25 - Blok shema ECIO28P	17
Slika 26 - Matrix Multimedia Flowcode 4	18
Slika 27 - Flowcode	20
Slika 28 - Flowcode - makro	21
Slika 29 - Komponente	21
Slika 30 - Lastnosti komponent	22
Slika 31 - Lastnosti PWM komponente	26
Slika 32 - Ikone	27
Slika 33 - Lastnosti za vhode	27
Slika 34 - Lastnosti za izhod	27
Slika 35 - Lastnosti za zakasnitev	28
Slika 36 - Lastnosti za odločitev	28
Slika 37 - Lastnosti za stikalo	29
Slika 38 - Primer uporabe switch-a	29
Slika 39 - Lastnosti za povezovalno točko	30
Slika 40 - Lastnosti za povezovalno točko 2	30
Slika 41 - Lastnosti za zanko	30
Slika 42 - Primer uporabe zanke	31
Slika 43 - Lastnosti za makro komponente	32
Slika 44 - Lastnosti za makro	32
Slika 45 - Primer uporabe makroja - funkcije	33

Slika 46 - Lastnosti za izračun	34
Slika 47 - Primer uporabe calculation	34
Slika 48 - Variable manager	35
Slika 49 - Nabor funkcij.....	35
Slika 50 - Lastnosti za manipulacijo niza	36
Slika 51 - Lastnosti za prekinitev.....	36
Slika 52 - Lastnosti za C kodo.....	37
Slika 53 - Lastnosti za komentar	37
Slika 54 - Elektronska shema vezja	38
Slika 55 - Vhod	39
Slika 56 - Izhod LED	39
Slika 57 - Izhod pri koračnem motorju	39

Seznam uporabljenih kratic in simbolov

Kratica	Pomen
PIC	Peripheral Interface Controller
DC	Direct Current
CNC	Computer Numerical Control
ECIO	Experimental Computer Input Output
kB	Kilo Bytes
MIPS	Million Instructions Per Second
CPU	Central Processor Unit
RAM	Random Access Memory
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Random Access Memory
PWM	Pulse Width Modulation
ADC	Analog to Digital Converter
USB	Universal Serial Bus
LCD	Liquid Cristal Display
IR	Infra Red

1 Povzetek in ključne besede

Velikokrat se v srednjih poklicnih in tehniških smereh računalništva in elektrotehnike srečamo z idejo, da bi združili znanje računalništva in informatike z znanjem elektrotehnike. Ker je včasih znanje specifično le za eno vejo, v mojem primeru za računalništvo, je idejo težko izpeljati do konca.

V srednjih elektro in računalniških šolah in tudi na univerzah se srečamo s projekti, ki so nekakšna zmes elektrotehnike in računalništva. Po navadi so to projekti, ki se jih udeležijo dijaki oz. študenti na raznih tekmovanjih, kjer programirajo različne robote in naprave s pomočjo določenega programskega jezika. To je za dijake/študente brez pomoči mentorja včasih težko izpeljati do konca.

V moji diplomski nalogi bom poskušal predstaviti, kako s pravilno izbiro programskega orodja, namenjenega programiranju mikrokontrolerjev, dostopno in ne predrago strojno opremo, kreativno idejo ter z minimalnim znanjem računalništva in informatike ter elektrotehnike, lahko našo idejo realiziramo na enostaven način. Poskušal bom predstaviti, kako se na enostaven način krmili različne vrste motorjev s pomočjo mikrokrmilnika PIC18F2455.

Ključne besede: mikrokontroler, programiranje, krmiljenje, motor

2 Abstract and key words

It is a common idea in secondary technical and vocational computer and electrotechnical programs to merge the knowledge from the fields of computer science and electrotechnics. This knowledge being sometimes specific to only one field, in my case computer science, it can be difficult to realize this idea by oneself.

At the level of secondary electrotechnical and computer science schools and universities, projects that comprise electrotechnics and computer science seem to be of frequent occurrence. The projects involve secondary and university students, in various competitions, programming robots and devices by means of a particular programming language. Without the assistance of a mentor the tasks are difficult to be accomplished.

My thesis focuses on how the right choice of programming tools designed to program microcontrollers, available and not expensive hardware, a creative idea, and minimum knowledge in computer science, this idea can be made into a final product. This work aims to show how to control various kinds of motors by the help of the microcontroller PIC18F2455.

Key words: microcontroller, programming, control, motor

3 Uvod

Ste že kdaj pomislili, da bi naredili robota, ki bi se sam s pomočjo senzorjev in motorjev znal orientirati po sobi ali pa robotsko roko, ki bi znala prenašati predmete z ene točke na drugo in obratno? Ali pa da bi sami izdelali lastno CNC stružnico, tako da bi z dvema koračnima motorjema premikali X in Y pozicijo, z dodatnim koračnim motorjem (slika 7) pa bi določali globino vboda?

Vse to je mogoče s pravilnim izborom mehanskih komponent, ki so po navadi osnova takih produktov, poceni izbiro elektronskih komponent in primernega programskega jezika, ki je uporabniku enostaven za programiranje.

Mikrokontroler PIC je zmogljiv čip, s katerim lahko realiziramo skoraj vsako izmed naših idej. V zadnjih različicah programa Flowcode (slika 27) programiramo v slogu algoritmov poteka, ki je programerju mikrokontrolerja enostaven za uporabo in ni potrebno poznavanje zbirnika, mogoče je zaželeno le osnovno poznavanje sintakse jezika C. Poleg tega pa imamo še lepo paleto komponent, s katerimi lahko zgradimo, programiramo in simuliramo našo idejo, preden jo dejansko realiziramo.

Vse naštetu bom naprej razložil na primerih.

4 O motorjih

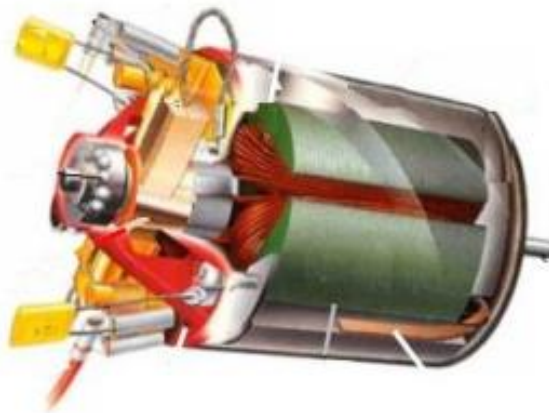
4.1 DC motorji



Slika 1 - DC motor

DC motor (slika 1) je motor, na katerega pripeljemo enosmerno napetost in se zaradi menjavanja smeri magnetnega polja vrti. Tako kot se sliši enostavno, lahko DC motor s pomočjo mikrokrmilnika razvijemo v robotiki in avtomatizaciji v zelo uporabno komponento. S primerno periferijo (H bridge) mu lahko spremenimo smer in hitrost vrtenja. Na primer četrta verzija Flowcode ima že vgrajeno PWM komponento, s katero lahko krmilimo hitrost vrtenja DC motorja. Pulse With Modulation je komponenta, kateri lahko določimo periodo in frekvenco signala.

4.1.1 Zgradba DC motorja



Slika 2 - Zgradba DC motorja

DC motor ima dva priključka, in sicer enega za napajanje in drugega za maso, ter navitje - tuljavo. Tuljava je postavljena v feromagnetno snov – magnet. Izkorišča magnetno polje, ki nastane, ko pripeljemo enosmerno napetost na oba priključka.

4.1.2 Krmiljenje DC motorja

DC motor krmilimo tako, da ga priključimo na napetost. V primeru, da obrnemo priključke, se motor vrti v nasprotno smer. Kot sem že omenil, se omenjeni motor krmili s pomočjo PWM impulzov.

4.2 Servo motorji



Slika 3 - Servo motor

Srce servo motorja (slika 3) je DC motor (slika 1). Deluje tako, da se glede na vhodni impulz pozicionira v določeno pozicijo in tam ostane in vztraja. Servo motorje pogosto srečamo pri radioamaterjih, pri raznih modelih in vsepovsod v robotiki. V današnji industriji igrajo veliko vlogo pri industrijski robotizaciji. Praktično so prisotni v vsaki avtoindustriji. Servo motor ima to lastnost, da se obrača za 180°. To velja za veliko večino servo motorjev, seveda najdemo tudi izjeme z različnimi intervali. Kot zanimivost naj povem, da lahko z modifikacijami in z lastnim posegom v mehaniko in vezje servo motorja dosežemo, da se vrti kot DC motor, brez omejitev.

4.2.1 Zgradba servo motorja



Slika 4 - Zgradba servo motorja

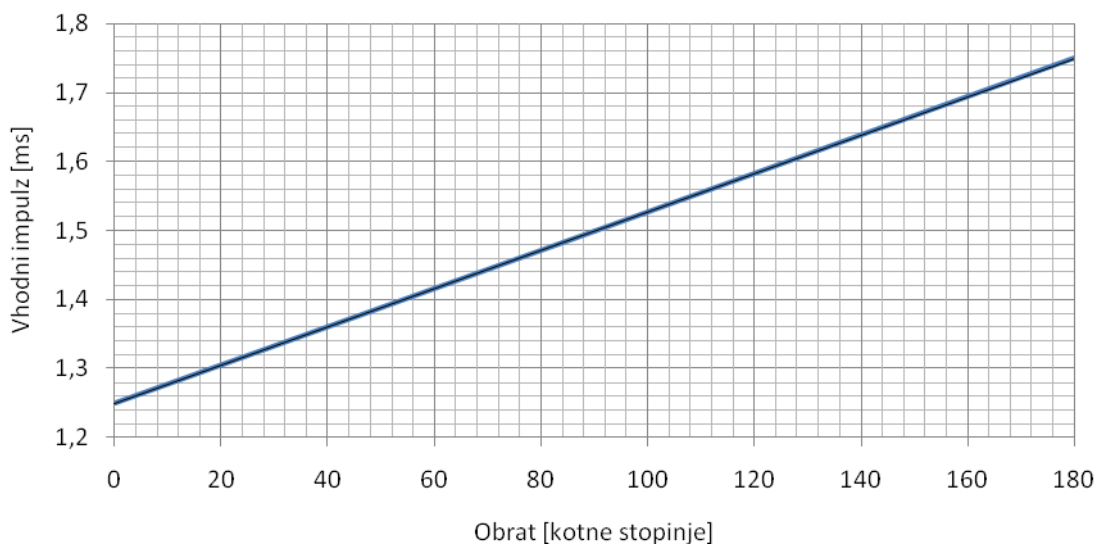
Servo motor je zgrajen (slika 4) iz več komponent, poganja ga DC motor (slika 1), vgrajeno ima vezje za nadzor in razne zobnike, ki motorju povečajo moč in navor. Ima tri priključke: eden je + napajanje, drugi je masa, tretji pa je tisti, na katerega pripeljemo PWM impulz, s katerim motor tudi krmilimo.

Tipične barve priključkov:

- črna oziroma rjava je ozemljitev,
- rdeča je napajanje ($\sim 4,8V - 6V$),
- rumena, oranžna oziroma bela je signal ($3V - 5V$).

4.2.2 Krmiljenje servo motorja

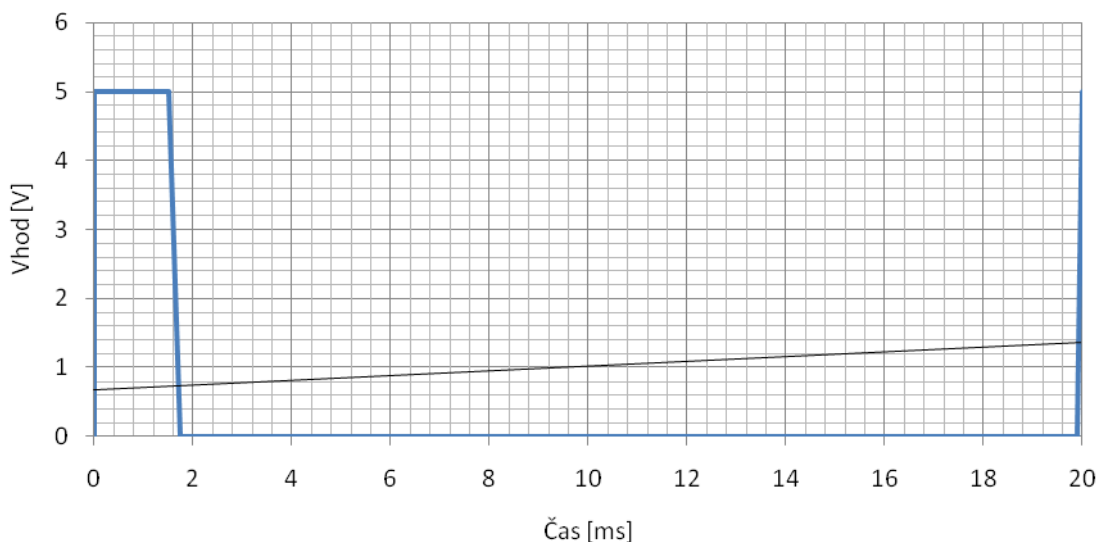
Najpogosteje krmilimo koračni motor, tako da na vhod pripeljemo impulz od 1,25 ms do 1,75 ms v intervalu 20 ms (slika 5). To je nekako standard za vse servo motorje, se pa pri specialnih izvedbah te številke razlikujejo. Če z grafom ponazorim krmiljenje servo motorja, tako da imamo na Y osi trajanje impulza in na X osi obrat v stopinjah, graf izgleda takole:



Slika 5 - Krmiljenje servo motorja

4.2.2.1 Oblika vhodnega impulza – en interval

Še ponazoritev intervala 20 ms in dolžino vhodnega impulza 1,7 ms:



Slika 6 - Oblika vhodnega impulza – en interval

4.3 Koračni motorji



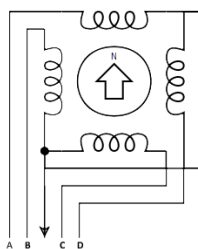
Slika 7 - Koračni motor

Koračni motor (slika 7) je bil prvič razvit leta 1960. Je sinhroni električni motor, ki razdeli polno rotacijo v veliko število korakov – od tod ime koračni motor. Je posebnost med motorji, ker za osnovo ne vsebuje navadnega DC motorja s krtačkami. Običajno imajo koračni motorji korak 1.8° in 200 korakov na obrat. Če uporabljamo tehnologijo »half-step« ali polovični korak, se resolucija koračnega motorja podvoji, korak pa razdeli na pol. Poznamo pa tudi microstepping krmiljenje koračnega motorja, ki temelji na frekvenčnem krmiljenju toka, ki je priključen na napetost.

Koračni motor je zelo pogost v računalništvu. Naj naštejemo nekaj naprav, pri katerih srečamo koračne motorje:

- tiskalnik
- risalnik
- CNC stružnica

4.3.1 Zgradba koračnega motorja



Slika 8 - Shema koračnega motorja

Koračni motor je zgrajen iz štirih tuljav (Slika 8) in mehanizma, ki poveča resolucijo obrata motorja. Rotor je iz feromagnetne snovi in se obrača v smeri tuljav, odvisno, na katero pripeljemo napetost. Po navadi ima pet priključkov. Po štiri priključke imamo za vsako tuljavo, peti priključek pa je skupni priključek za vse tuljave. Prenosni mehanizmi ne povečajo samo resolucije obrata motorja, ampak tudi navor in moč motorja. Od proizvajalca do proizvajalca se ti prenosni mehanizmi razlikujejo, kar spremeni karakteristike motorja. Na trgu dobimo enostavne poceni motorje, kot tudi drage in zmogljive koračne motorje.

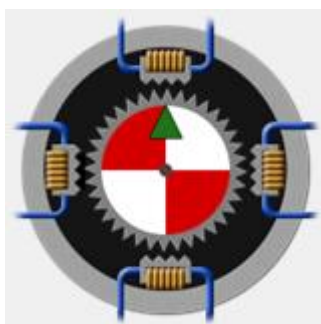
4.3.2 Krmiljenje koračnega motorja

Zaradi namembnosti diplomske naloge se bom omejil na polni korak in na polovični korak za krmiljenje unipolarnega koračnega motorja.

4.3.2.1 Krmiljenje koračnega motorja v polnem koraku

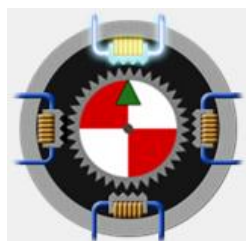
Najprej naj nakažem shemo, kako se koračni motor sploh premakne v načinu polni korak za štiri korake:

- Motor v stanju (slika 9), ko tok ne teče skozi nobeno od štirih tuljav

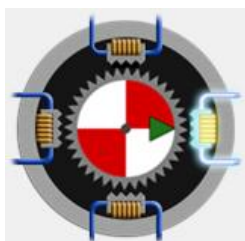


Slika 9 - Shema delovanja koračnega motorja v polnem koraku

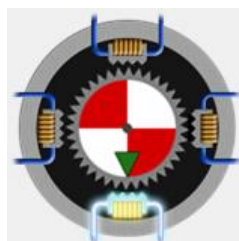
- Prvi štirje koraki krmiljenja v načinu polni korak



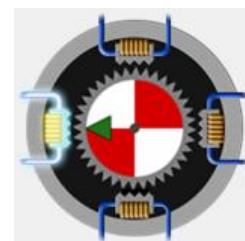
Slika 10 - Prvi korak koračnega motorja



Slika 11 - Drugi korak koračnega motorja



Slika 12 - Tretji korak koračnega motorja

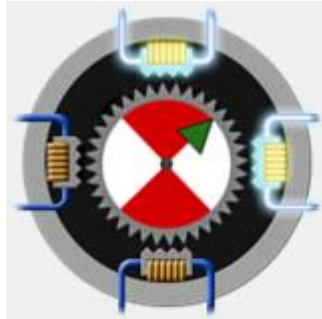


Slika 13 - Četrti korak koračnega motorja

Tako kot DC motor tudi koračni motor izkorišča za obračanje elektromagnetni pojav.

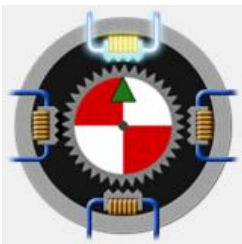
4.3.2.2 Krmiljenje koračnega motorja v polovičnem koraku

Kaj sploh je polovični korak in kako zgleda? Krmiljenje polovičnega koraka dobimo tako, da damo tok na obe tuljavi hkrati. S kombinacijo polnega koraka in polovičnega koraka dosežemo bolj gladko vrtenje motorja in 2x bolj natančno pozicioniranje.

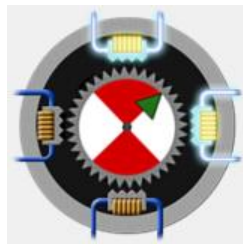


Slika 14 - Shema delovanja koračnega motorja polovičnem koraku

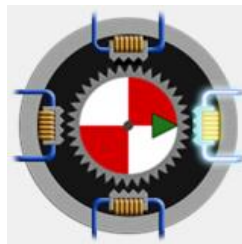
- Prvih osem korakov krmiljenja



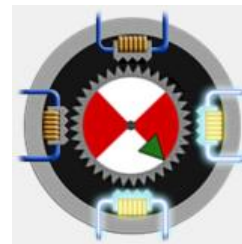
Slika 15 - Prvi korak koračnega motorja



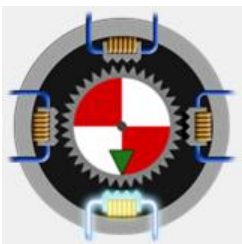
Slika 16 - Drugi korak koračnega motorja



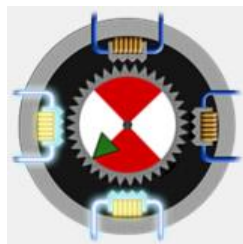
Slika 17 - Tretji korak koračnega motorja



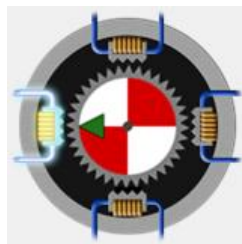
Slika 18 - Četrty korak koračnega motorja



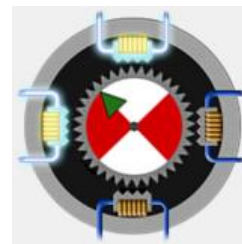
Slika 19 - Peti korak koračnega motorja



Slika 20 - Šesti korak koračnega motorja



Slika 21 - Sedmi korak koračnega motorja



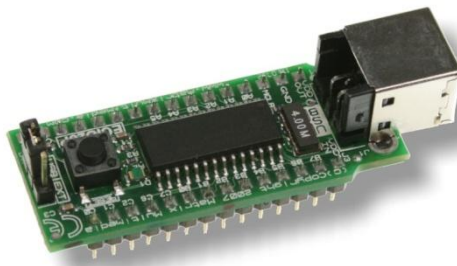
Slika 22 - Osmi korak koračnega motorja

5 Mikrokontrolnik PIC 18F2455

5.1 Osnovne lastnosti PIC 18F2455

Parameter Name	Value
Tip programskega spomina	Flash
Programski spomin (KB)	24
Hitrost CPU (MIPS)	12
RAM Bytes	2,048
EEPROM podatki (bytes)	256
Digitalna komunikacijska periferija	1-A/E/USART, 1-MSSP(SPI/I2C)
PWM periferija	2 CCP
Timerji	1 x 8-bit, 3 x 16-bit
Analogno digitalni pretvorniki	10 ch, 10-bit
Komparatorji	2
USB (kanal, hitrost, združljivost)	1, Full Speed, USB 2.0
Temperatura – območje delovanja (C)	-40 do 85
Napetost – območje delovanja (V)	2 do 5.5
Število nožic	28

5.2 ECIO28P



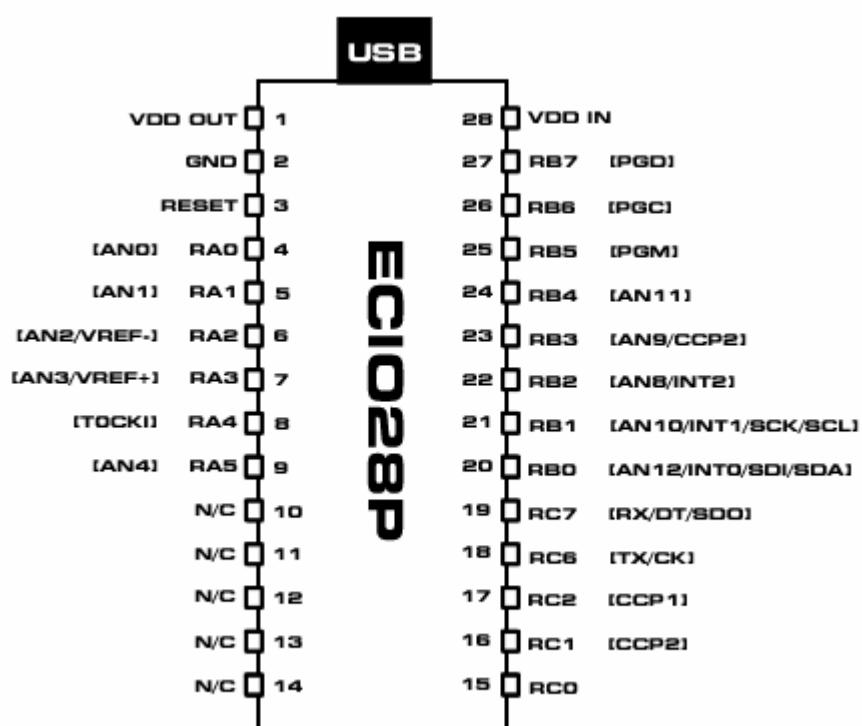
Slika 23 - ECIO28P

ECIO naprave (slika 23) so dve izvedbi mikrokontrolerjev z že zgrajeno periferijo, ki jih lahko programiramo s pomočjo USB priključka na osebni računalnik. Imamo izvedbe z 28 priključki (slika 24) ali s 40 priključki. V diplomski nalogi uporabljajam ECIO28P, kar pomeni 28 priključnih nožic z integriranim PIC18F2455 mikrokontrolnikom. ECIO vmesniki so zaradi že zgrajene periferije, možnosti takojšnjega priklopa na osebni računalnik in enostavnega programiranja s pomočjo Flowcode-a kot nalašč narejeni za študente in dijake. Naprave ECIO so zmogljivi PIC mikrokontrolniki na 28 ali 40 pinskem DIL ohišju, ki jih lahko enostavno takoj pritaknemo na proto board oziroma vgradimo v tiskano vezje. Učencem omogočajo uporabo mikrokontrolnikov za gradnjo različnih lastnih sistemov doma ali v šoli.

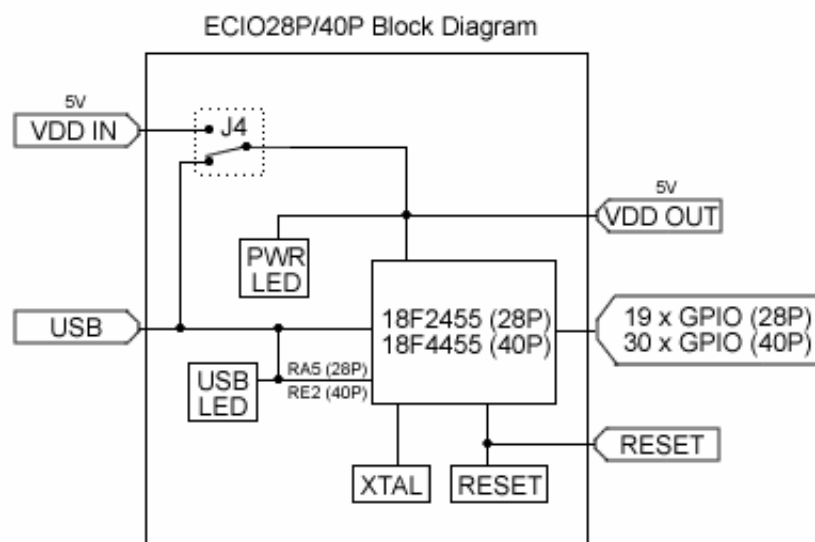
5.3 Značilnosti

- Cenovno ugoden (~ 70€), zato odličen kot učni pripomoček za doma in v šoli.
- Dodana možnost programiranja s pomočjo USB priključka lastnim aplikacijam.
- Možnost programiranja in komunikacije z računalnikom preko USB priključka.
- Združljiv s programskim paketom Flowcode.
- Idealen za vgradnjo v lastne projekte.
- Združljiv s prototipnimi tiskanimi vezji (protoboard).
- Dodana programska oprema za nalaganje programov v mikrokrmilnik.

5.3.1 ECIO28P priključki



Slika 24 - Priključki ECIO28P



Slika 25 - Blok shema ECIO28P

ECIO28P ima 28 priključkov (slika 24). Eden je **VDD OUT** napajanje, ko imamo nanj priključen USB kabel in je to napetost iz USB priključka, drugi je **VDD IN** napajanje, ki ga rabimo, ko nimamo priključenega USB kabla na ECIO – to bi bilo v primeru, ko že enkrat prenesemo program v mikrokontroler in ga uporabimo v realnih primerih, na primer za krmiljenje nekega robota. Potem imamo **GND** oziroma ozemljitev, na katero pripeljemo vse ozemljitve in negativne napetosti. Imamo tudi tipko za **RESET**, s katero pobrišemo vsebino programa v mikrokontrolerju. Torej ECIO ima štiri priključke, ki so standardni, in nanje ne moremo vplivati.

Nato imamo 3 skupine vhodov oziroma izhodov A, B in C, na katere lahko vplivamo in kot programerji določimo, ali bo to vhod ozirmoma izhod. Skupina A ima šest priključkov, od katerih jih je lahko pet analognih, bodisi vhodov bodisi izhodov. Skupina B ima osem priključkov, od katerih je pet lahko analognih. Dva od teh se lahko uporabljata kot prekinitve – interrupt. Skupina C je sestavljena iz petih priključkov, od katerih se dva lahko uporabljata za povezovanje, imamo RX za sprejemanje in TX za oddajanje.

6 Flowcode



Slika 26 - Matrix Multimedia Flowcode 4

6.1 O programu

Programski paket Flowcode (slika 26) je orodje, s katerim s pomočjo diagramov poteka simuliramo delovanje izbranega PIC mikrokontrolerja. Algoritem poteka lahko pretvorimo v C kodo in naprej v HEX kodo.

Primer C kode za krmiljenje koračnega motorja v načinu polovičnega koraka:

```
void FCM_Halfstep()
{
    //Input
    //Input: B6 -> halfStepInput
    trisb = trisb | 0x40;
    FCV_HALFSTEPINPUT = ((portb & 0x40) == 0x40);

    //Decision
    //Decision: halfStepInput==0?
    if (FCV_HALFSTEPINPUT==0)
    {
        //Decision
        //Decision: halfStep?
        if (FCV_HALFSTEP)
        {
            //Calculation
            //Calculation:
            // halfStep = 0
            FCV_HALFSTEP = 0;
        } else {
            //Calculation
            //Calculation:
            // halfStep = 1
            FCV_HALFSTEP = 1;
        }
    }
}
```

```

    }

    //Output
    //Output: halfStep -> B4
    trisb = trisb & 0xef;
    if (FCV_HALFSTEP)
        portb = (portb & 0xef) | 0x10;
    else
        portb = portb & 0xef;

    //Loop
    //Loop: While halfStepInput==0
    while (FCV_HALFSTEPINPUT==0)
    {
        //Input
        //Input: B6 -> halfStepInput
        trisb = trisb | 0x40;
        FCV_HALFSTEPINPUT = ((portb & 0x40) == 0x40);
    }
}

```

Z nameščenim USB gonilnikom lahko napisan program prenesemo preko USB vrat v EEPROM PIC mikrokontroler in ga dejansko lahko naprej rabimo v realnih situacijah.

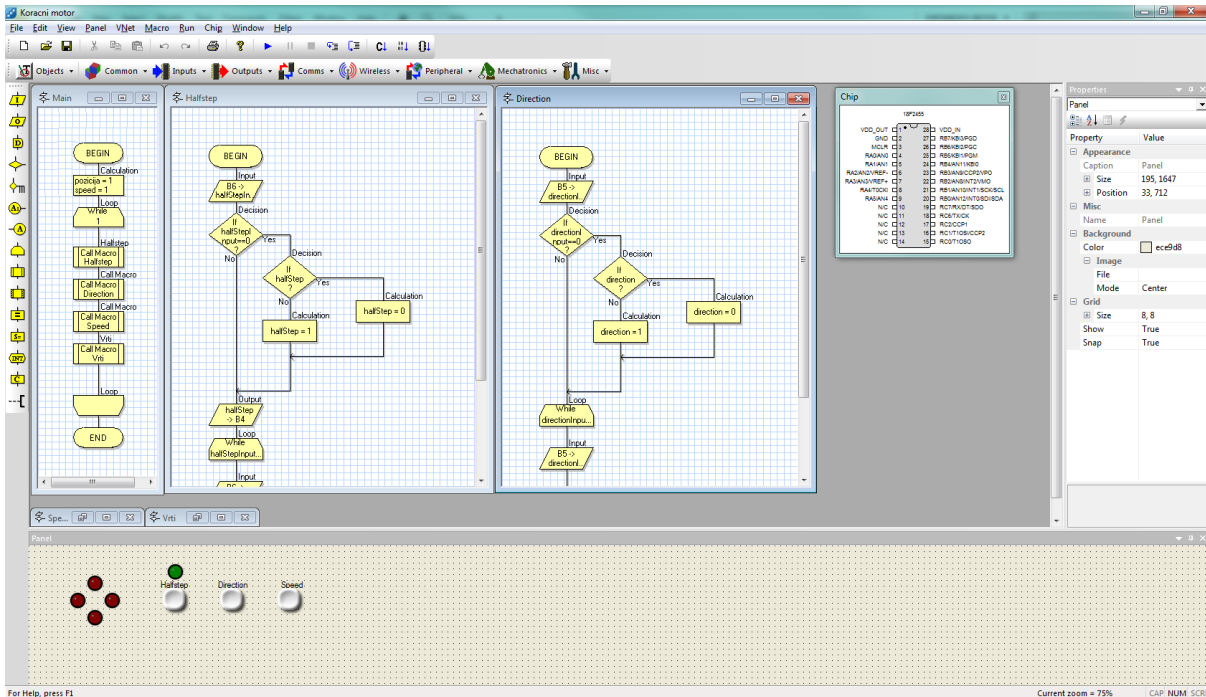
Z izidom četrte verzije Flowcode (slika 27) imamo na razpolago veliko novih, že vnaprej definiranih komponent, ki nam omogočajo izvedbo različnih, tudi kompleksnih realnih problemov, ki so pred nekaj 10 leti še predstavljale problem. Tukaj srečamo različne komunikacijske komponente kot so IR, bluetooth, LCD displaye ... Skratka, velika paleta zelo uporabnih komponent.

V diplomski nalogi sem se omejil le na nekaj osnovnih komponent, ki jih uporabljam za simulacijo. To so LED diode, stikala in PWM komponenta.

Poleg široke palete komponent (slika 29) imamo v programskem paketu tudi ukazno paleto (slika 32). To so komponente blok sheme. Naj naštejemo tiste, ki jih uporabljam v diplomski nalogi: input, output, delay, switch, loop, calculation in delay.

Demo verzija programa Flowcode ima določene omejitve, nabor komponent je omejen, lahko uporabljamo samo največ štiri makro ukaze in največ šestnajst ukazov na makro blok oz. istočasno.

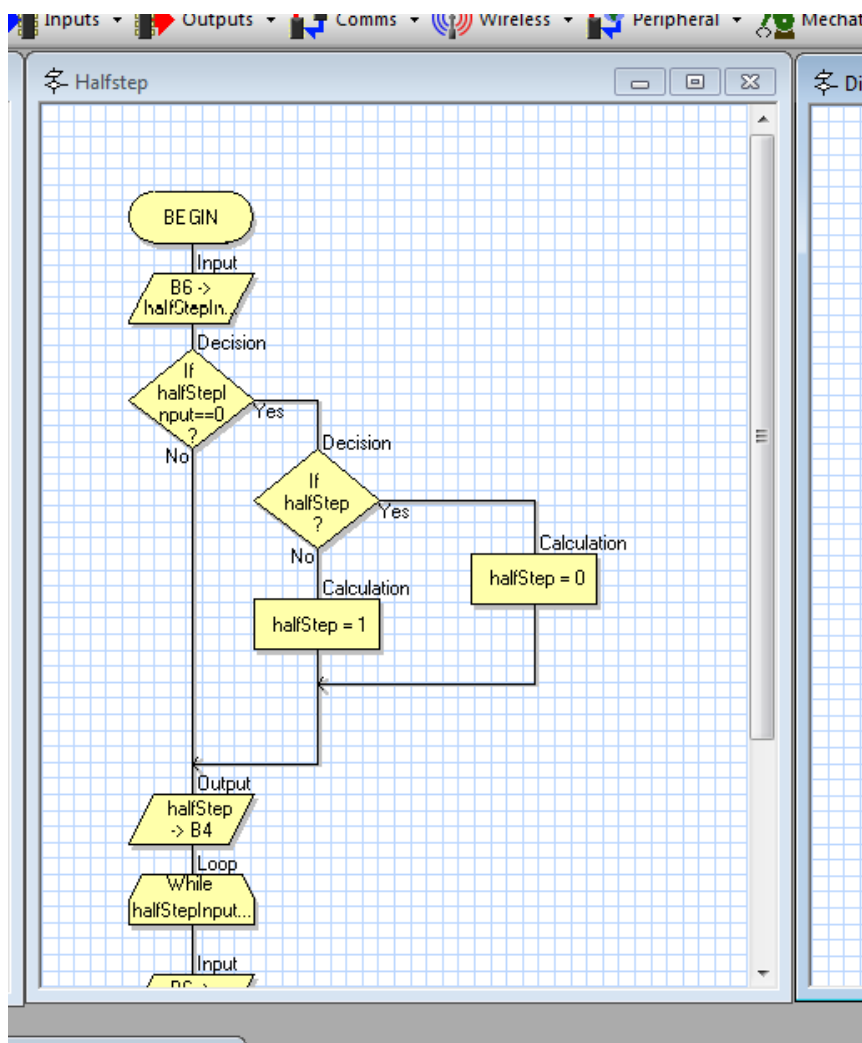
6.1.1 Flowcode na primeru »Koračni motor«



Slika 27 - Flowcode

Na zgornji sliki je prikazano Flowcode orodje, na primeru koračnega motorja. Iz slike je lepo razvidno, kje so razporejene komponente (zgoraj) in gradniki (levo), za izdelavo algoritmov poteka. Skrajno desno imamo lastnosti komponent, na levi strani pa izbran mikrokontroler. Spodaj imamo delovno površino, kjer imamo izdelano simulacijo vrtenja tuljave v koračnem motorju, prikazano z LED diodami. Imamo še stikala za polovični korak, smer vrtenja in hitrost vrtenja.

6.1.2 Macro na primeru »Koračni motor – polovični korak«



Slika 28 - Flowcode - makro

Zgoraj (slika 28) imamo prav tako primer algoritma poteka za koračni motor. V tem primeru imamo izpostavljen makro za polovični korak. Ta del algoritma dejansko ne vrtil motorja, ampak samo skrbi, da hrani spremenljivko o tem, ali je koračni motor v načinu polovičnega koraka ali ne. Za tem makrojem, nastopi makro, ki skrbi za vrtenje koračnega motorja. Preverja se tudi, ali je motor v načinu polovičnega koraka, smer in hitrost vrtenja motorja.

6.2 Komponente

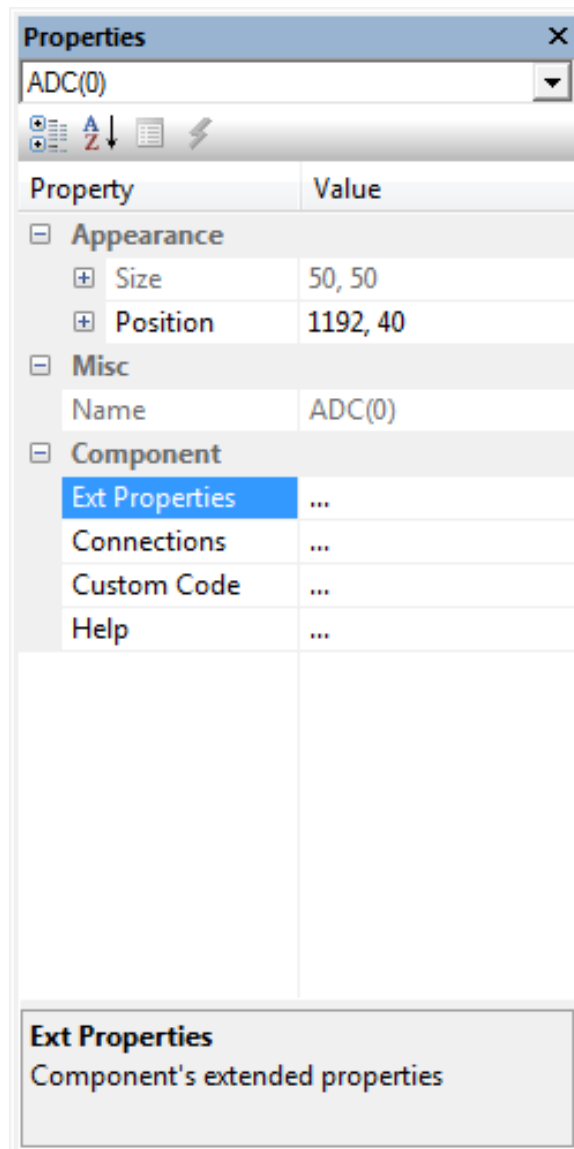


Slika 29 - Komponente

Flowcode ima v svoji paleti komponent skupaj 9 skupin komponent (slika 29): Objects, Common, Inputs, Outputs, Comms, Wireless, Peripheral, Mechatronics in Misc.

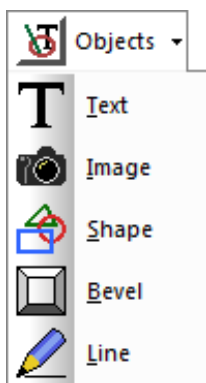
6.2.1 Properties

Vsako komponento lahko prenesemo na delovno površino in vsaka od komponent ima svoje lastnosti (slika 30). Delovna površina je v Flowcode poimenovana Panel in je izjemno koristna za simulacijo. Prednost je v tem, da lahko tudi brez fizičnega mikrokontrolerja pišemo, zaganjamo in testiramo programe.



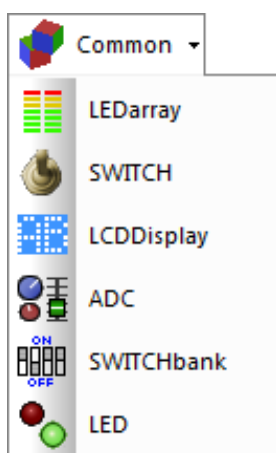
Slika 30 - Lastnosti komponent

6.2.2 Objects



Text, Image, Shape, Bevel in Line se uporabljajo za simulacijo na delovni površini – panel-u. Ker s programiranjem mikrokontrolerja nimajo nič skupnega, bom preskočil na naslednjo skupino komponent.

6.2.3 Common

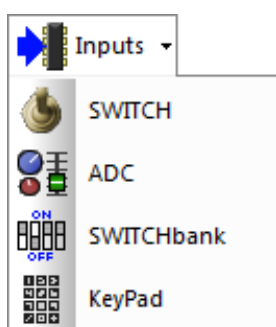


Common ali navadno uporabljene komponente, so tiste, ki se najpogosteje uporabljajo:

- LED array
- Switch
- LCD Display
- ADC (Analogno-digitalni pretvornik)
- Switch bank
- LED

Njihova uporaba je z minimalnim poznavanjem elektrotehnike enostavna.

6.2.4 Inputs

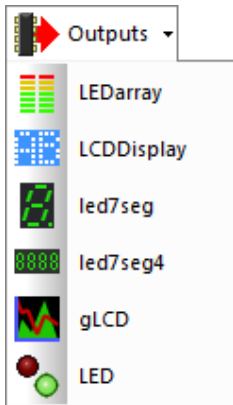


Inputs ali vhodi, ki so na razpolago:

- Switch
- ADC (Analogno-digitalni pretvornik)
- Switch bank
- Keypad

Zgradimo lahko dve vrsti vhodov, in sicer analogne (ADC) ali digitalne (SWITCH). Switch bank in keypad sta samo več SWITCH-ov povezanih skupaj.

6.2.5 Outputs

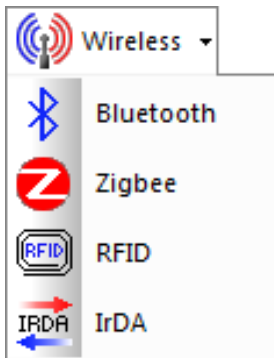


Outputs ali izhodi, ki so na razpolago:

- LED array
- LCD display
- LED 7 segment
- LED 7 segment 4
- Graf LCD
- LCD

Najenostavnejši izhod je LED dioda in tudi edini uporabljen v diplomski nalogi. Ostale komponente so samo kombinacija več LED diod povezanih skupaj (npr. LED 7 segment).

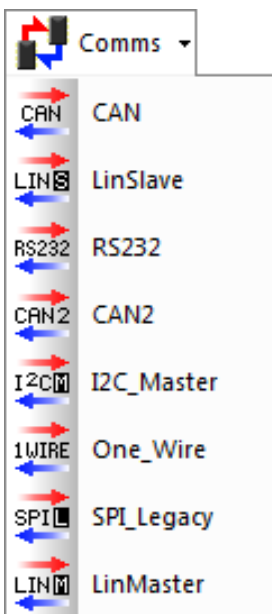
6.2.6 Wireless



Wireless oziroma brezžične komponente niso nič drugega, kot že napisani protokoli za brezžično komunikacijo: Več jih je, in sicer:

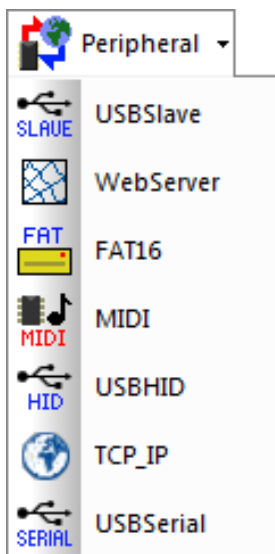
- Bluetooth
- Zigbee
- RFID
- IrDA

6.2.7 Comms

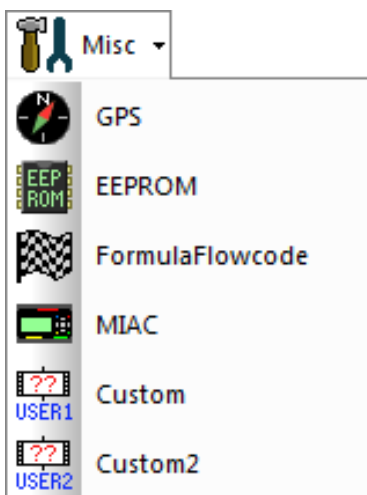


Comms so komponente, ki so dejansko protokoli za komunikacijo. V tej skupini so komponente za komunikacijo na »ožičen« način (npr. RS232 v povezavi z osebnim računalnikom na COM vrata). V diplomski nalogi jih ne uporabljam.

6.2.8 Peripheral



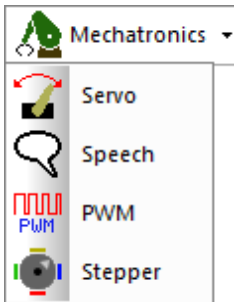
Komponente za komunikacijo z različnimi periferijami, na primer internet. Tudi te skupine komponent ne uporabljam pri svojem projektu, so pa na prvi pogled zelo zanimive za uporabo in najbrž tudi izredno uporabne.



6.2.9 Misc

Različne komponente, ki jih ne uporabljam pri svojem projektu, med njimi pa je najbolj zanimiva GPS in EEPROM modula.

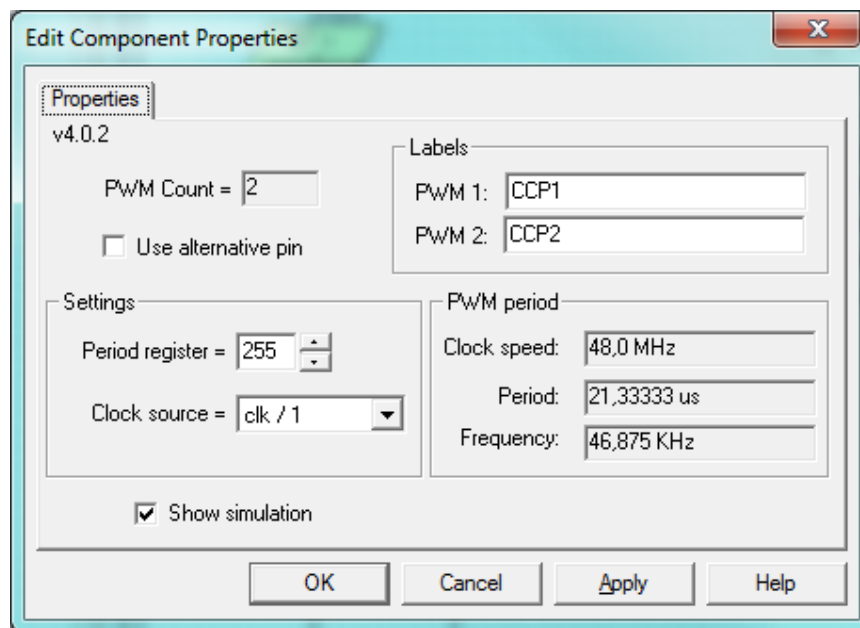
6.2.10 Mehatronics



Komponente za mehatronike:

- Servo
- Speech
- PWM (Pulse with modulation)
- Stepper

Tu se srečamo z dvema komponentama, ki sta tudi že bili omenjeni v diplomski nalogi, nista pa bili dejansko uporabljeni. To sta »servo« in »stepper« komponenta, ki sta že pripravljena za simulacijo. To pomeni, da s parimi kliki zavrtimo poljuben koračni motor s poljubnimi nastavitvami. Podobno je za servo motor. Če si pogledamo še lastnosti PWM komponente (slika 31), uporabljene v diplomski nalogi:



Slika 31 - Lastnosti PWM komponente

Iz slike 15 je lepo razvidno, kako enostavno nastavimo periodo in frekvenco impulza. Periodo lahko spreminjamo od 0,083333 us do 341,333 us. Frekvenco pa od 12000 kHz do 2,988048 kHz. Primer izračuna :

Servo motor:

- Impulz:
 - Min 1,25 ms
 - Max 1.75 ms
- Perioda 20 ms

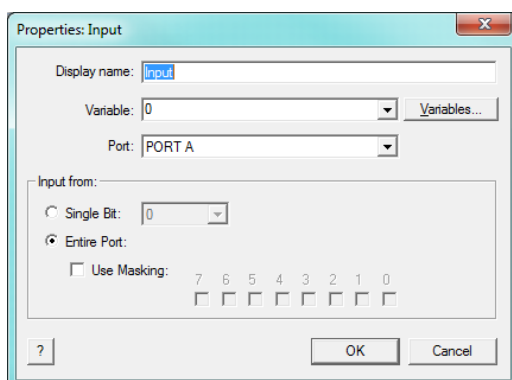
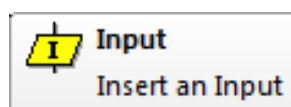
6.3 Icons



Slika 32 - Ikone

Z »ikonami« (slika 32) gradimo algoritem poteka programa, ki bo tekel na mikrokrmilniku. Vsaka Ikona je povezana z določeno komponento preko lastnosti (slika 30). Programiranje je vizualno, lahko pa se uporabnik odloči za ekvivalentno C kodo.

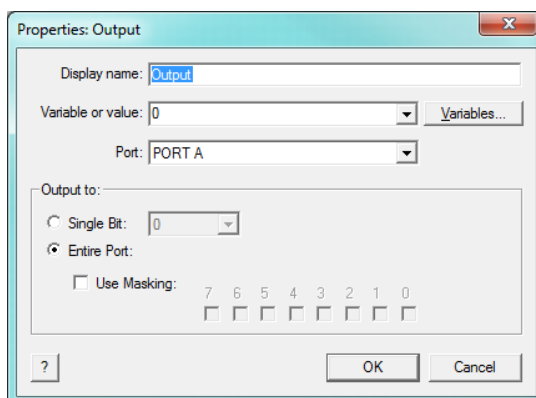
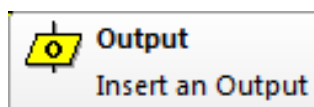
6.3.1 Input



Slika 33 - Lastnosti za vhode

Beremo vhode na vratih A, B, C ... Po navadi so na vrata povezana stikala.

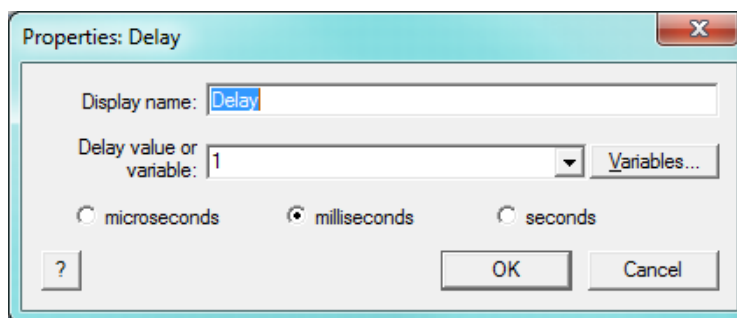
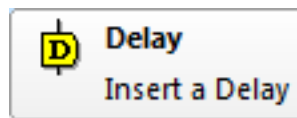
6.3.2 Output



Slika 34 - Lastnosti za izhod

Na vrata A, B, C ... nastavljamo vrednosti 0 in 1, ni napetosti, je napetost. V mojem primeru imamo opravka z diodami, s katerimi simuliram delovanje koračnega motorja.

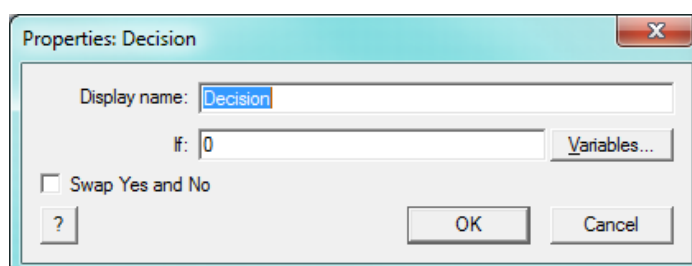
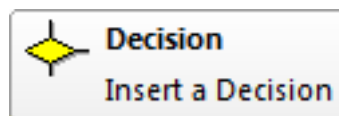
6.3.3 Delay



Slika 35 - Lastnosti za zakasnitev

Vstavimo poljuben timeout v mikrosekundah, milisekundah oziroma v sekundah. Delay lahko prevzame tudi vrednost spremenljivke. S pomočjo delaja lahko sprogramiramo krmilnik za DC in servo motor brez uporabe PWM komponente (slika 31). Z malo znanja matematike in programiranja lahko to naredimo na enostaven način.

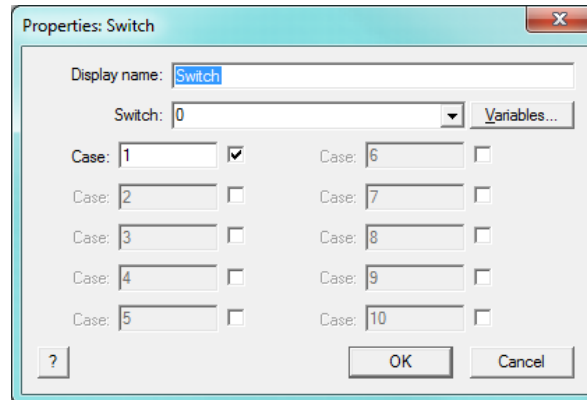
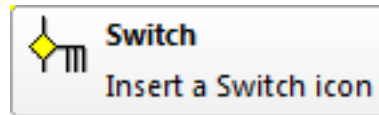
6.3.4 Decision



Slika 36 - Lastnosti za odločitev

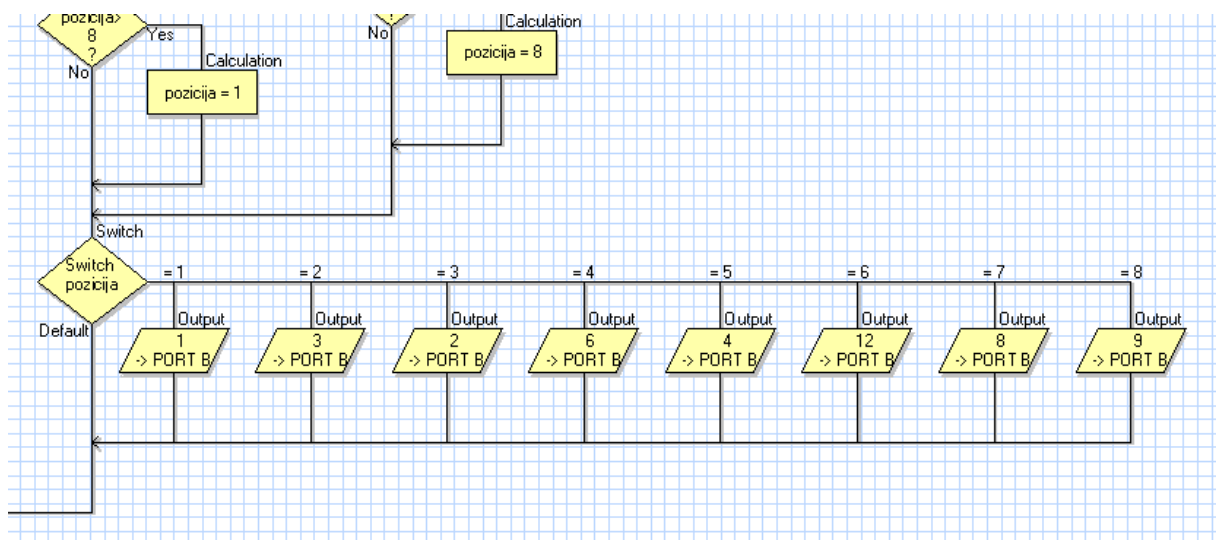
»If« stavku kot parameter nastavimo pogoj, ki se preveri. Pogoj lahko prevzame tudi vrednost spremenljivke. Rezultat lahko negiramo. Pogoje se uporablja, da se odločamo, kaj narediti, ko je bilo določeno stikalo pritisnjeno.

6.3.5 Switch



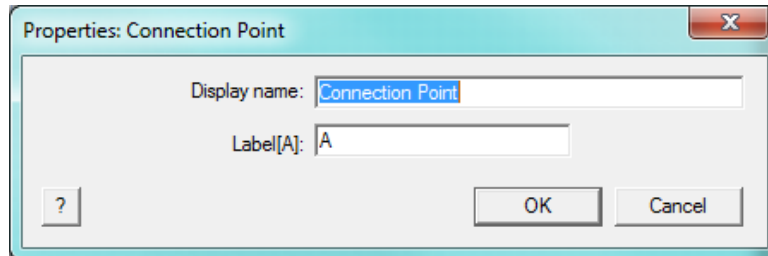
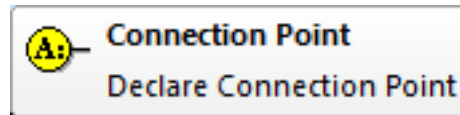
Slika 37 - Lastnosti za stikalo

Kot parameter nastavimo pogoj, ki se preverja. Imamo maksimalno 10 različnih primerov/vej. Pogoj lahko prevzame tudi vrednost spremenljivke. Podobno kot pri stikalu tudi switch uporabljamo, ko se moramo odločiti, kaj narediti, ko smo postavljeni pred določen pogoj. S switchom enostavno na primer naredimo branje tipkovnice oziroma takrat, ko nam ena vhodna naprava ponuja več kot samo en bit informacije. Switch sem uporabil v mojem primeru kot izhod za krmiljene koračnega motorja v polovičnem koraku (slika 14). Še primer uporabe v Flowcode:



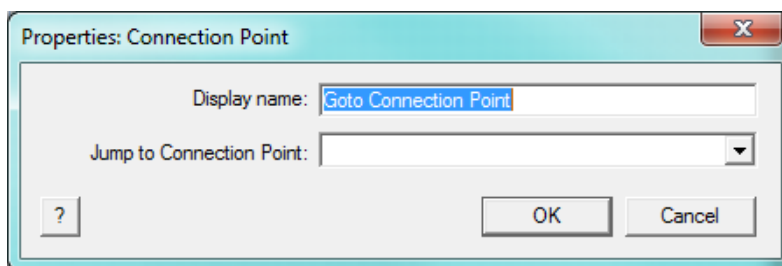
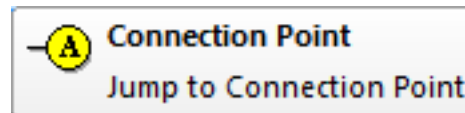
Slika 38 - Primer uporabe switch-a

6.3.6 Connection point



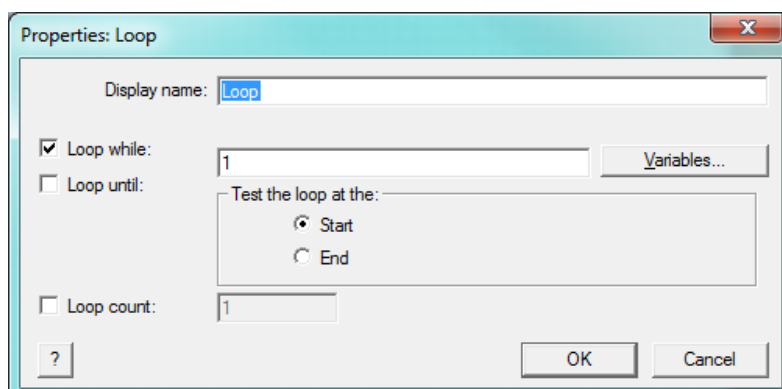
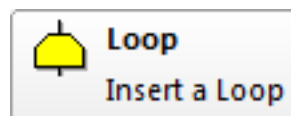
Slika 39 - Lastnosti za povezovalno točko

6.3.7 Connection point



Slika 40 - Lastnosti za povezovalno točko 2

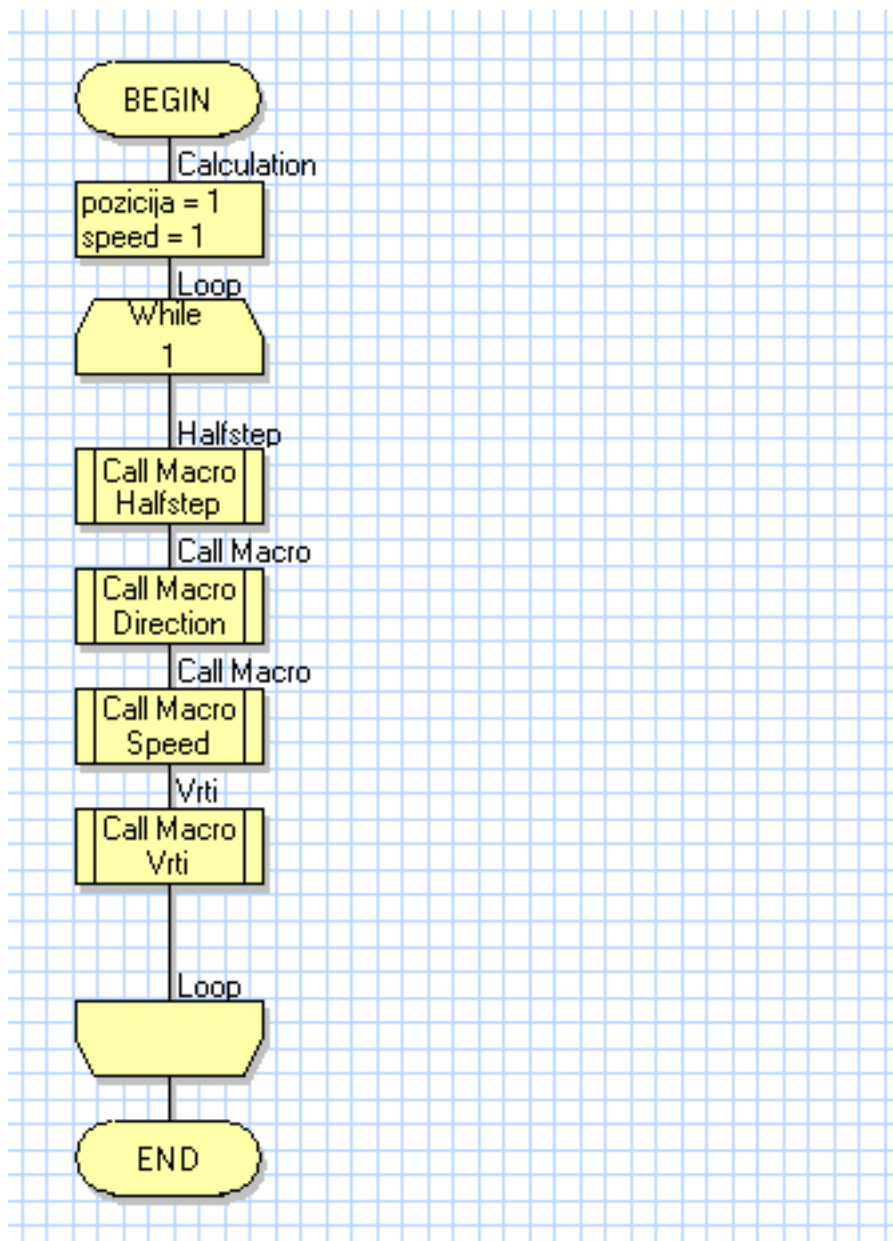
6.3.8 Loop



Slika 41 - Lastnosti za zanko

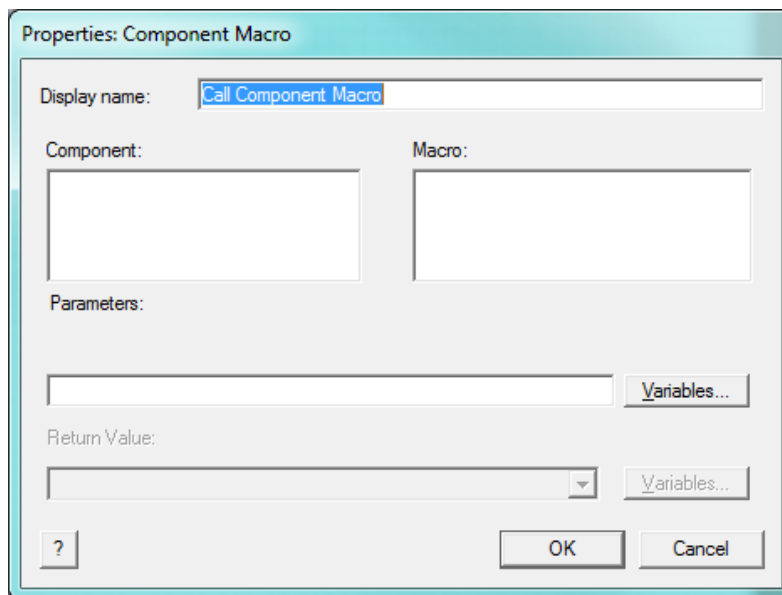
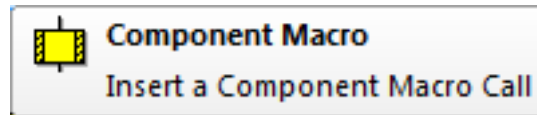
V algoritmu poteka naredimo zanko. Imamo 3 vrste zank, in sicer: pogoj na začetku zanke, pogoj na koncu zanke in preddefinirano število ponovitev zanke. Pogoj lahko prevzame tudi vrednost spremenljivke.

Primer uporabe zanke v glavnem programu krmiljenja koračnega motorja:



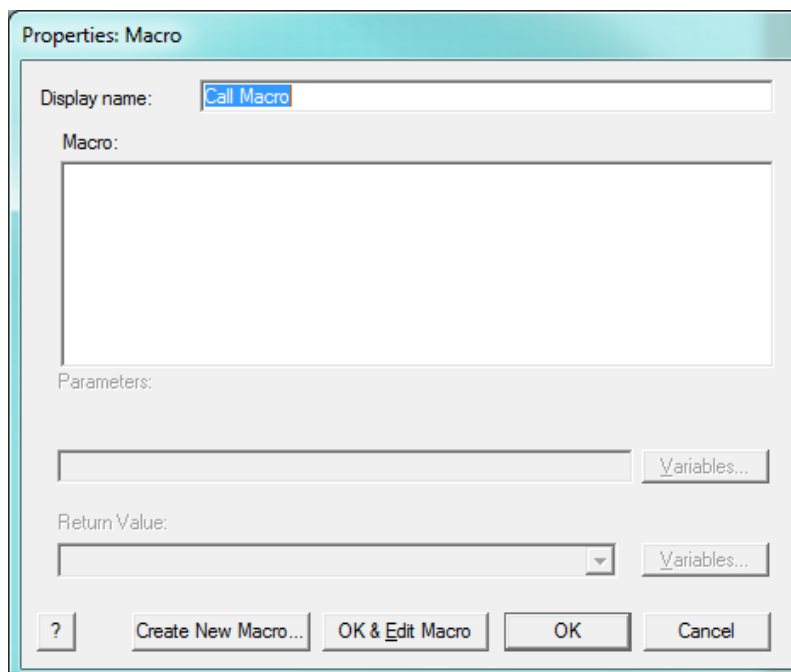
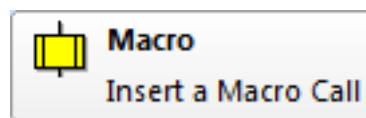
Slika 42 - Primer uporabe zanke

6.3.9 Component macro



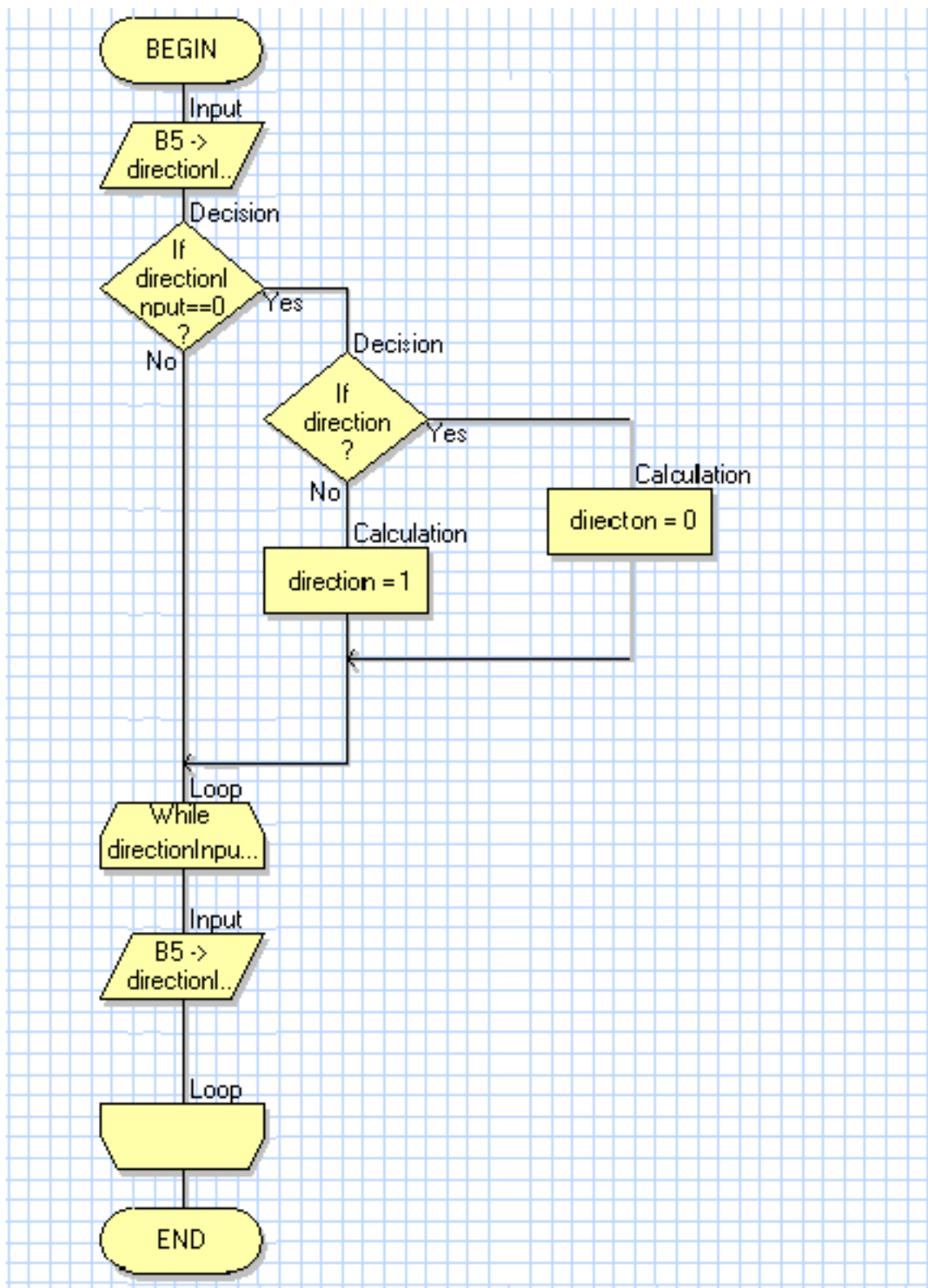
Slika 43 - Lastnosti za makro komponente

6.3.10 Macro



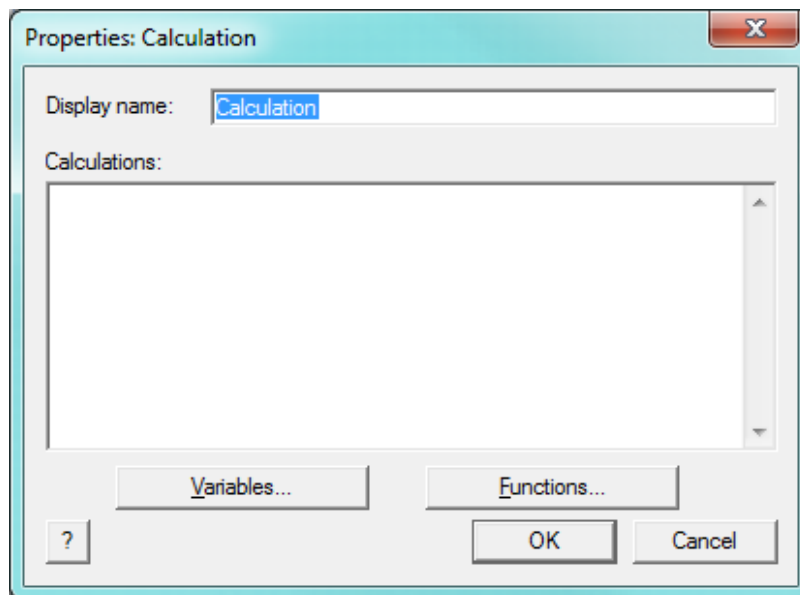
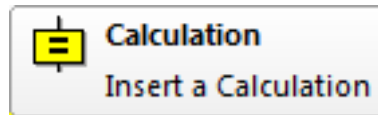
Slika 44 - Lastnosti za makro

Zelo uporabno za pisanje funkcij in procedur. Primer za izbiro smeri vrtenja koračnega motorja (slika 7):



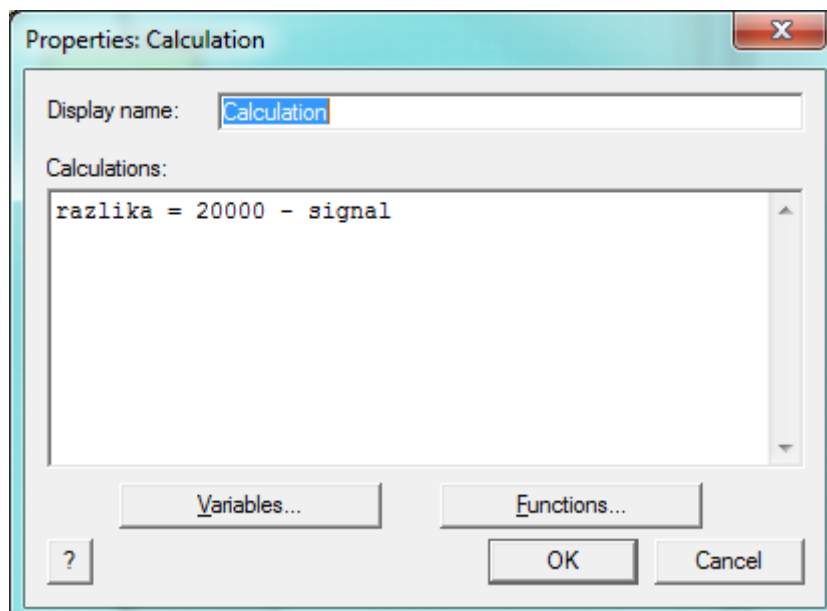
Slika 45 - Primer uporabe makroja - funkcije

6.3.11 Calculation

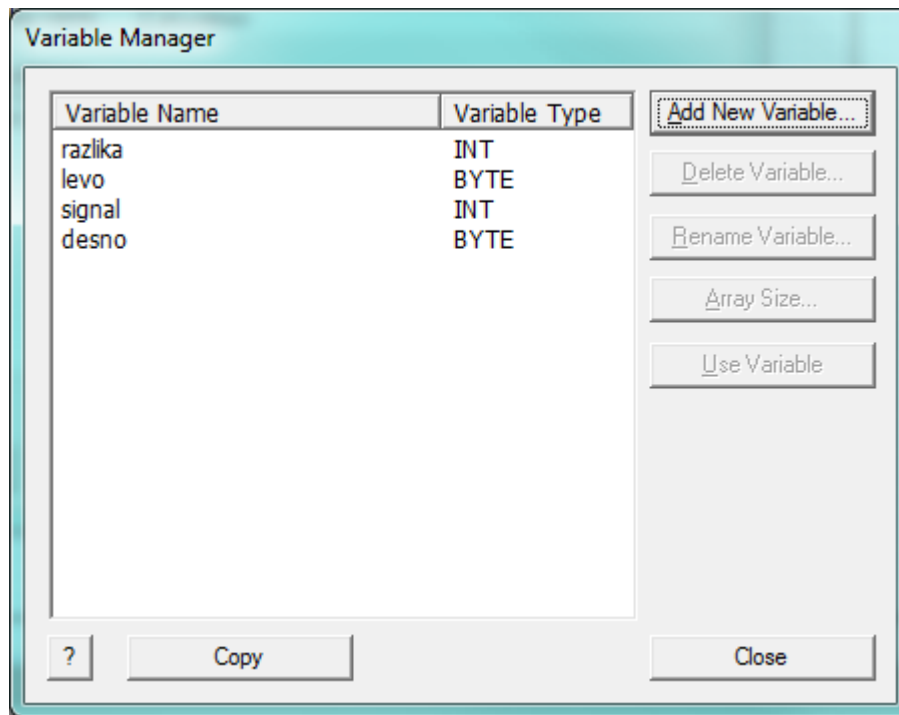


Slika 46 - Lastnosti za izračun

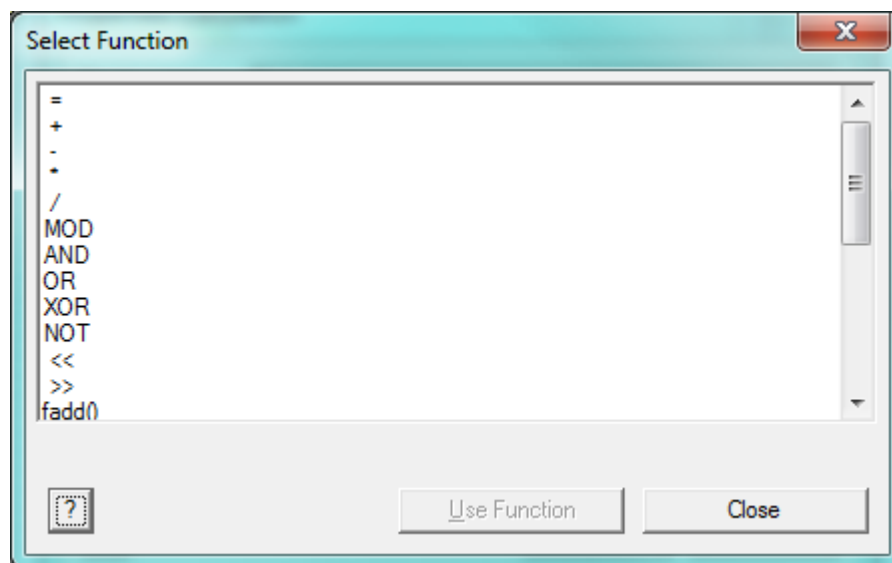
Primer uporabe računanja razlike pri krmiljenju servo motorja (slika 3). Pri kalkulacijah lahko uporabljamo tudi konstante in spremenljivke (slika 48), ki jih srečamo v našem programu in imamo standarden nabor funkcij (slika 49).



Slika 47 - Primer uporabe calculation

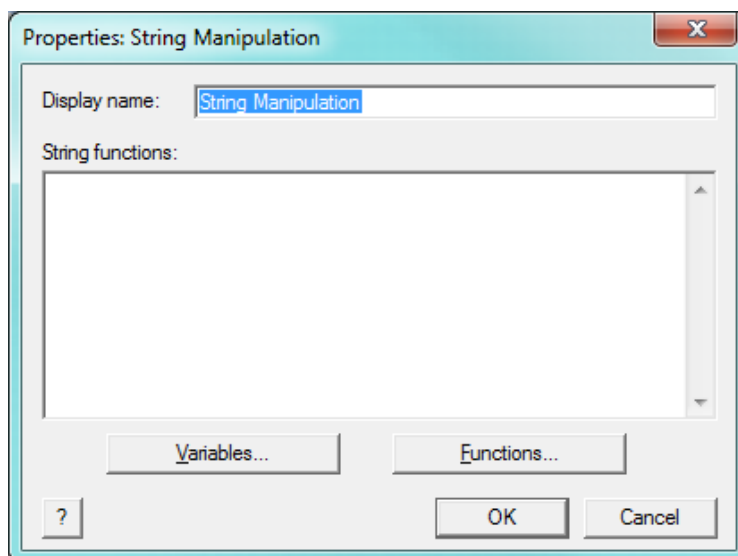
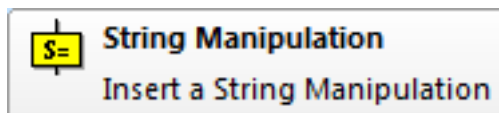


Slika 48 - Variable manager



Slika 49 - Nabor funkcij

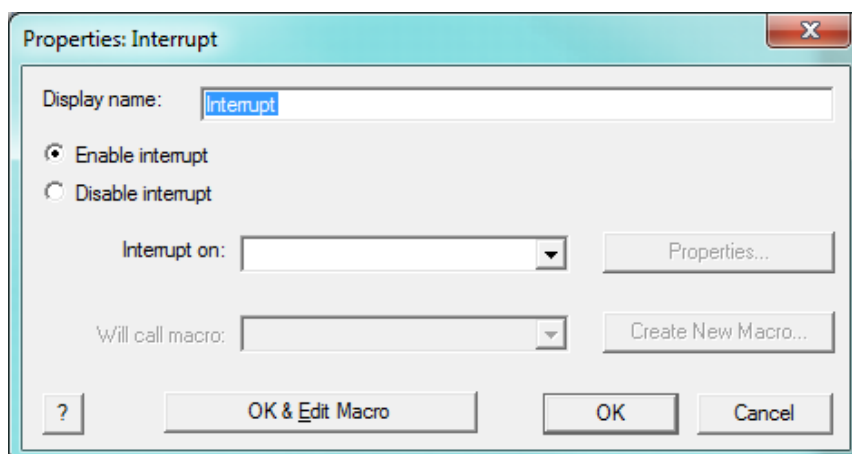
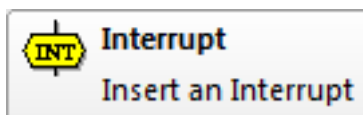
6.3.12 String Manipulation



Slika 50 - Lastnosti za manipulacijo niza

String manipulation za izdelavo simulacije v diplomski nalogi ni bil uporabljen. Prav nam pride, ko delamo z različnimi LCD prikazovalniki.

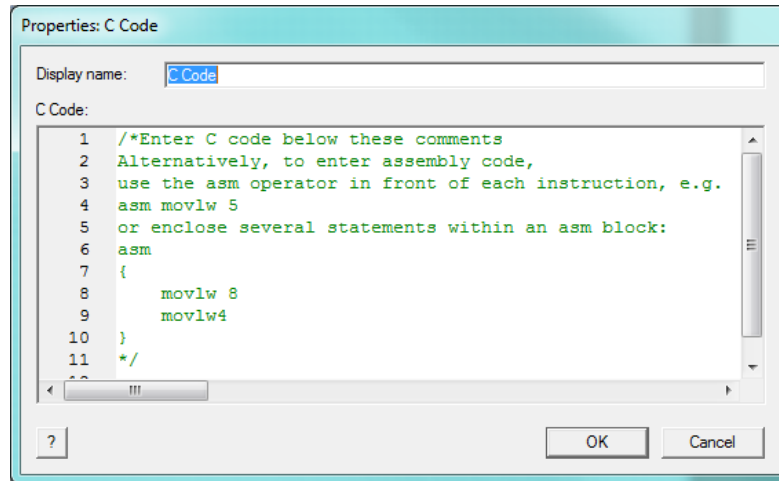
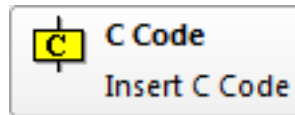
6.3.13 Interrupt



Slika 51 - Lastnosti za prekinitve

Interrupta tudi nisem uporabil. Prav bi prišel v primeru, ko bi imeli na primer dva PIC mikrokontrolerja (oz. mikrokontroler od drugega proizvajalca), enega odvisnega od drugega.

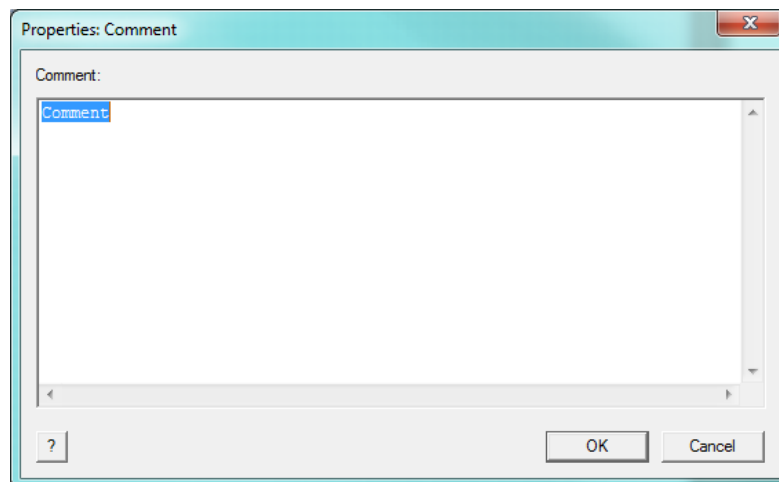
6.3.14 C code



Slika 52 - Lastnosti za C kodo

C code lahko uporabljamo za posebne potrebe oziroma, če nam je tako lažje.

6.3.15 Comment



Slika 53 - Lastnosti za komentar

Vsak dober program ne more biti brez konkretnih komentarjev.

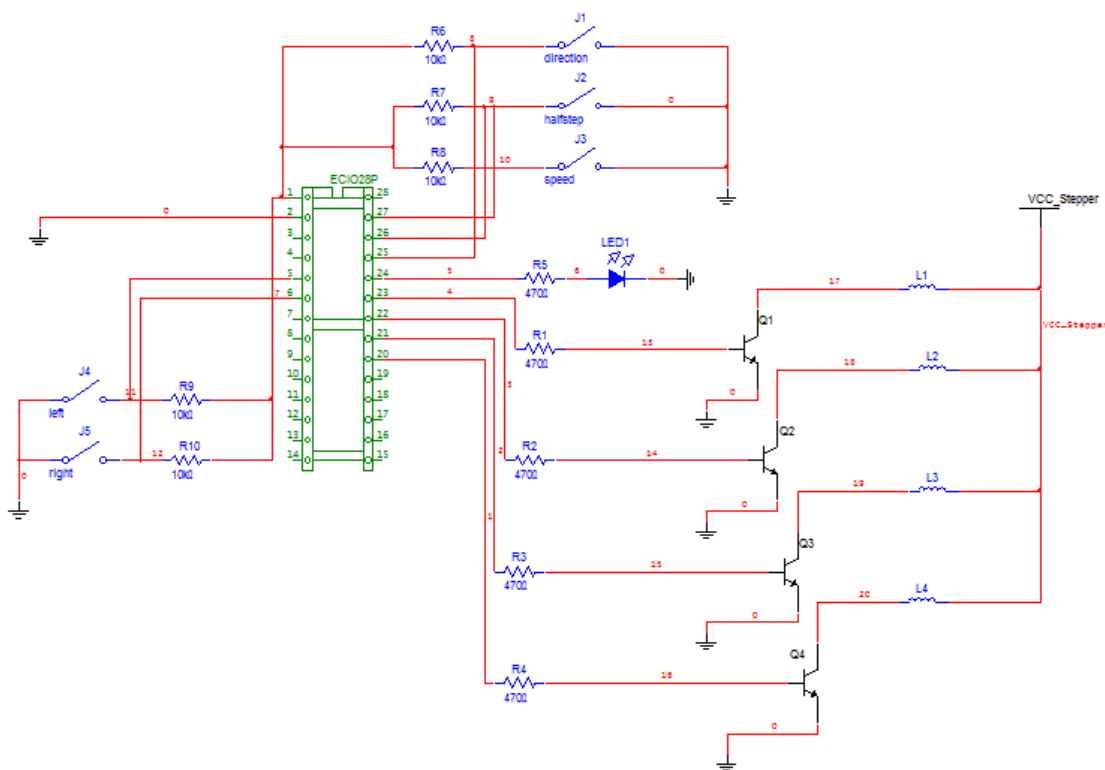
7 Elektronski elementi in implementacija motorjev

7.1 Seznam uporabljenih elektronskih elementov

- Koračni motor (slika 7)
- Servo motor (slika 3)
- DC motor (slika 1)
- ECIO28P (slika 23) – igra vlogo procesorja, nanj priključimo ostalo periferijo in USB povezavo do osebnega računalnika
- 5 x LED diode – 4 diode za simulacijo vrtenja koračnega motorja, 1 dioda za prikaz načina polovični korak.
- Upori (razno) – upori so uporabljeni, pri stikalih, kot varovalke, da na vrata mikrokrmilnika, ne priteče prevelik tok, kar bi lahko poškodovalo sam mikrokontroler.
- 9 x Tipke – uporabljene za razne namene, v programu mikrokontrolerja, pa služijo kot odločitve. Naprimer pri koračnem motorju, za določitev načina polovični korak.

7.2 Elektronska shema

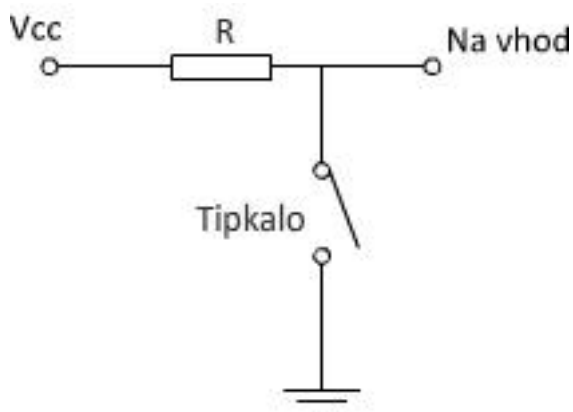
Elektronska shema (slika 54) je realizirana s programskim paketom Electronics Workbench. Na sliki je izpostavljeno vezje za koračni motor (slika 7). Na priključek, ki je namenjen vhodnemu signalu in krmili servo motor (slika 3), enostavno pripeljemo signal z definiranih vrat na ECIO mikrokrmilniku. Brez kakršnihkoli drugih vmesnih elektronskih elementov. Tukaj je potrebno poznati specifikacije servo motorja.



Slika 54 - Elektronska shema vezja

7.3 Vhodi

Vhodi (slika 55) so realizirani z enostavnimi tipkali in upori. Skica:

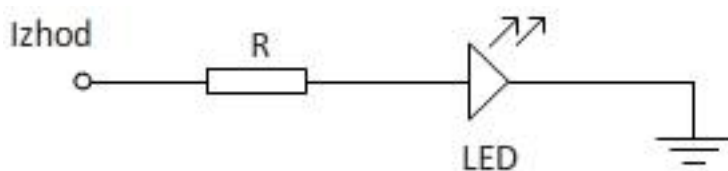


Slika 55 - Vhod

Kot Vcc sem vzel kar napajanje od USB priključka, upor sem vzel nekaj $10\text{k}\Omega$, tako da pripeljemo na vhod tok reda nekaj $0,5\text{ mA}$, izračunano po enačbi $U = R \times I$. Na vhodu je visoko stanje, ko pa pritisnemo tipkalo, je nizko stanje. Tipkalo pa je standardno tipkalo za tiskana vezja.

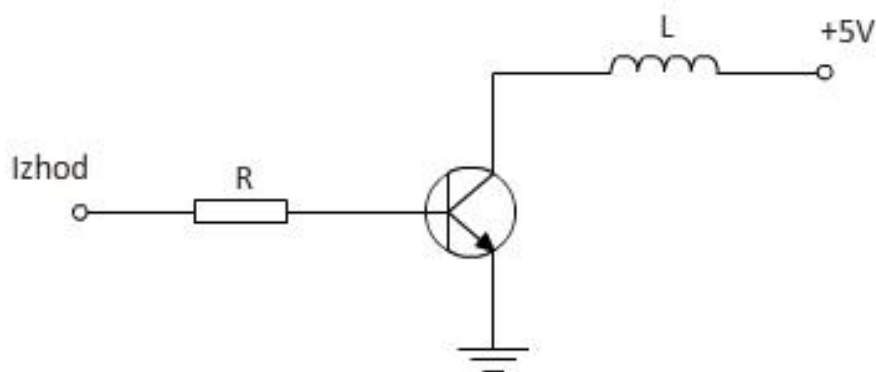
7.4 Izhodi

Za izhode (slika 56) se uporabi upore vrednosti nekaj $470\ \Omega$, tako da povlečejo tok nekaj 106 mA . Za LED diode sem uporabil enostavno vezje, ki je prikazano na sliki:



Slika 56 - Izhod LED

Za koračni motor (slika 7) se uporabi tranzistorje kot ojačevalnike izhodov. Skica:



Slika 57 - Izhod pri koračnem motorju

7.5 Koračni motorji

Pri koračnem motorju (slika 7) lahko s tipko izbiramo med polovičnim korakom in polnim korakom, LED dioda pa nam prikazuje, v katerem načinu koračni motor deluje. Imamo še dve tipki, s katerima povečujemo oziroma zmanjšujemo hitrost vrtenja koračnega motorja, in tipko, s katero spremenimo smer vrtenja koračnega motorja. Za ojačanje signala mikrokontrolerja se uporabi tranzistor (npr. TIP 120), koračni motor pa se priklopi na zunanje napajanje.

7.6 Servo motorji

Pri servo motorju (slika 3) imamo dve tipki, s katerima premikamo motor levo in desno. Algoritem je realiziran na tak način, da več časa kot držimo tipko, hitreje se motor premika v izbrano smer.

7.7 DC motorji

Pri DC motorju (slika 1) imamo tudi dve tipki, s katerima spreminjamo dolžino impulza motorju, torej z njima povečujemo oziroma zmanjšujemo hitrost vrtenja motorja. In še tipko, s katero spremenimo smer vrtenja DC motorja.

8 Sklepne ugotovitve

Diplomska naloga je izhodišče za vsakega, ki bi si želel razvijati robote bodisi za osebno veselje bodisi za pedagoške potrebe. Zaradi enostavnega programiranja PIC-a s pomočjo programskega orodja Flowcode (slika 26) in diagrami poteka ter že izdelane nujne strojne opreme – ECIO (slika 23), je to omogočeno vsakomur, tudi tistim, ki imajo le osnovno znanje o elektrotehniko in računalništvu.

Diplomska naloga pa je lahko tudi izhodišče za nadgradnjo le-te. Motorji so gradniki praktično vseh robotov, zato lahko diplomsko nalogo razširimo naprej v nekaj bolj zapletenega, npr. v robotsko roko ali pa robot, ki se sam premika po prostoru in se izogiba oviram s pomočjo IR senzorjev.

Diplomska naloga je uporaben izdelek vsem učiteljem na srednjih šolah ter profesorjem in asistentom na fakultetah, ki želijo učencem/šudentom približati veji elektrotehniko in računalništva, ter tako pritegniti pozornost do strokovnih predmetov.

9 Morebitne priloge

- ECIO28P (slika 23)
- Tiskano elektronsko vezje skupaj s komponentami
- FCF datoteka (Flowcode project) za koračni motor
- Ekvivalentna C koda programa za koračni motor
- Načrt tiskanega vezja

10 Seznam uporabljenih virov

- Internet
 - http://en.wikipedia.org/wiki/DC_motor
 - <http://www.magnet.fsu.edu/education/tutorials/java/dcmotor/index.html>
 - <http://en.wikipedia.org/wiki/Servomechanism>
 - <http://www.seattlerobotics.org/guide/servos.html>
 - http://en.wikipedia.org/wiki/Stepper_motor
 - http://www.societyofrobots.com/actuators_servos.shtml
 - http://microcontrollershop.com/product_info.php?products_id=527