

»Mladi za napredek Maribora 2017«

34. srečanje

CNC rezkalnik

Raziskovalno področje: Elektrotehnika, elektronika

Raziskovalna naloga

Avtor: ROK DOLENC

Mentor: MILAN IVIČ

Šola: SREDNJA ELEKTRO-RAČUNALNIŠKA ŠOLA MARIBOR

Maribor, januar 2017

KAZALO

1. KAZALO SLIK	3
2. UVOD.....	5
3. ZAHVALA.....	6
4. CNC REZKALNIK	7
MACH 3	9
5. CNC MEHANIKA.....	12
6. CNC ELEKTRONIKA	16
KORAČNI MOTOR	16
KRMILNIKI KORAČNIH MOTORJEV	18
.....	20
NAPAJALNI DEL VEZJA:	21
RC – člen	22
NASTAVLJANJE REFERENČNE NAPETOSTI - V_{ref}	23
DIODNI DEL VEZJA	24
74HC14.....	25
L297	26
L298.....	27
ZAŠČITNO BOB VEZJE	28
NAPAJALNIK	29
7. NAMEN IN UPORABA CNC	29
8. POVZETEK.....	30
9. DRUŽBENA ODGOVORNOST	31

10. ZAKLJUČEK	32
11. VIRI.....	33
Spletne strani:	33
Slike:	33

1. KAZALO SLIK

Slika 1: Obrazložitev funkcije G02 (Vir: Avtor)	9
Slika 2: Prikaz oznake Paralelnega porta v upravitelju naprav (Vir: Mach)	10
Slika 3: Preverjanje imena paralelnega porta in izbira frekvence oddajanja za koračni motor (Vir: Mach)	11
Slika 4: Tabela za nastavljanje posameznih pinov paralelnega porta (Vir: Mach)	11
Slika 5: Nastavljanje nastavitev motorjev (Vir: Avtor).....	12
Slika 6: 30 x 30 mm aluminijast profil (Vir: Tuli)	12
Slika 7: Posebna matica (Vir: Tuli).....	13
Slika 8: Nosilec jeklene palice - shaft suport (Vir: SK10)	13
Slika 9: Načrt CNC narisani v SketchUp programu (Vir: Avtor)	14
Slika 10: Prikaz CNC-ja v sestavi (Vir: Avtor)	15
Slika 11: Notranjost koračnega motorja (Vir: Avtor)	16
Slika 12: Koračni motor od znotraj(Vir: SUB)	17
Slika 13: Prikaz notranjosti 1. koračnega motorja (Vir: Patent)	18
Slika 14: Vezje krmilnika koračnega motorja (Vir: avtor).....	19
Slika 15: Shema vezja krmilnika koračnega motorja (Vir: avtor)	20
Slika 16: LM 317 in primer vezave uporov (Vir: Avtor)	21

Slika 17: Napajalni del vezja (Vir: Avtor).....	22
Slika 18: RC člen (Vir: Avtor)	22
Slika 19: Del vezja za nastavljanje referenčne napetosti (Vir: Avtor).....	23
Slika 20: Prikaz priključenih diod v vezju (Vir: Avtor)	24
Slika 21: Prikaz posameznih negatorjev v vezju (Vir: Avtor).....	25
Slika 22: Primer pulza (Vir: Avtor).....	26
Slika 23: L298 od znotraj (Vir: L298)	27
Slika 24: BOB vezje (Vir: Ebay)	28

2. UVOD

Namen te raziskovalne naloge je jasen. Izdelati uporaben CNC rezkalnik, spoznati njegovo delovanje, vlogo in funkcije posameznih komponent ter seveda okolij (programska oprema), v katerih se pripravijo ustrezne elektronske datoteke, na osnovi katerih lahko obdelujemo različne materiale oziroma izdelamo želene izdelke. Za izdelavo tovrstnega stroja sem se odločil zaradi njegove zelo široke uporabnosti, predvsem pa zaradi kompleksnosti, saj združuje veliko zanimivih področij (mehanika, elektronika, programiranje, ...). Seveda so tovrstni stroji na voljo za nakup, vendar kot zapisano sem se želel bolj poglobljeno spoznati tudi z njegovo sestavo in samo delovanje. Tovrstno izkušnjo je najprimerneje pridobiti s samogradnjo. Po drugi strani pa samogradnja omogoča tudi cenejšo pot do pridobitve takšnega stroja, s samogradnjo pa je potrebno sprejeti tudi kakšen kompromis glede uporabnosti in lastnosti. Tako bo moj CNC stroj primeren za obdelavo mehkejših materialov npr. lesa ali plastike, s površino približno 200 x 200 mm. Predvidoma bo višina obdelave omejena na 50 mm, kar bo zadoščalo za izdelavo PCB ploščice. Odločil sem se za izgradnjo kovinskega ogrodja iz aluminija. CNC bom vodil s pomočjo koračnih motorjev, krmilnikov in osebnim računalnikom.

3. ZAHVALA

Moj projekt oziroma raziskovalna naloga je zahtevala veliko časa in kar nekaj dela, ki pa ga žal sam ne bi mogel opraviti, zato mi je pomagalo nekaj ljudi. Zahvaljujem se svojemu stricu Blažu, ki mi je razrezal vse aluminijaste profile na milimeter natančno, saj sam ne bi mogel zagotoviti takšne natančnosti in seveda trud, ki ga je vložil, da bi naredil plastično matico za navojno palico, a se je izkazalo za neuspešno. Vložil je veliko truda in časa, zato sem mu zelo hvaležen. Zahvaljujem se svojemu očetu, ki mi je ves čas stal ob strani in mi dajal odgovore, napotke ter koristne informacije za raziskovanje. Prav tako se zahvaljujem svojemu mentorju, ki si je vzel veliko časa za moje raziskovanje, mi pomagal in prav tako stal ob strani ter z mano delil uporabne informacije. Zahvalil bi se rad tudi svojemu dedku, ki si je vzel čas in v mojem imenu prevzel nekaj pošilk v času pouka, ko sam nisem utegnil.

4. CNC REZKALNIK

CNC ali **C**omputer **N**umerical **C**ontrol, izhaja iz besede **NC**, kar pomeni numerično krmiljenje ali (Numerical Control). Torej CNC je računalniško numerično krmilje ali številsko upravljanje nekega stroja. Temelj delovanja CNC je matematika. Delovanje razloženo na enostaven način:

Krmilje stroja te podatke procesira in jih prilagojene posreduje izvršilnim elementom na stroju, kot so v mojem primeru koračni motorji.

Potrebne informacije so:

- geometrija,
- obdelovalni pogoji, orodja,
- potek obdelave.

Vso računanje teh podatkov opravi program MACH 3, katerega sem tudi sam uporabil. MACH 3 je zelo popularen program, ki je namenjen za krmiljenje CNC strojev ter da poskrbi za lažjo uporabo uporabnikom.

Nosilci informacij so:

- risba,
- izbor orodij,
- delovni načrt.

Navedel bom primer poteka ustvarjanja nekega izdelka od začetka do konca:

Najprej moramo v programu za risanje 2D ali 3D predmetov (CAD) narisati nek predmet. V našem primeru bomo narisali preprost kvadrat 10 x 10 mm. Ko imamo predmet narisane, ga moramo izvoziti v ustrezno datoteko. Ker pa imamo v našem primeru narejen samo 2D predmet, ga izvozimo kot 2D predmet. Najpogostejši vrsti datotek za ta namen, sta DXF in STL. Nato predmet odpremo v programu za ustvarjanje G kode po imenu (CAM). Tovrstni programi so zelo uporabni in nam

poskušajo olajšati delo pisanja G kode na roke. G koda je koda, v kateri so z različnimi G operacijami programirane različne opcije premikov CNC-ja. Osnovne operacije G kode so **G00**, **G01** in **G02**. Te operacije se uporabljajo največkrat oziroma so osnovne operacije premikov posameznih osi CNC-ja. G00 se uporablja za premikanje stroja po koordinatnem sistemu na posamezne točke, ki so napisane in z najvišjo možno hitrostjo premika stroja (FEEDRATE). G01 se uporablja za premikanje stroja po koordinatnem sistemu na posamezne točke z omejeno hitrostjo, ki jo izrazimo s črko F in številom (FEEDRATE). G02 pa se uporablja za premik po koordinatnem sistemu za izrez krožnice.

Primer:

G00 X01 Y01

Pomeni preprost linearen pomik X in Y osi iz nekega izhodišča koordinatnega sistema v točko s koordinatama $x = 1$ in $Y = 1$ in z najvišjo možno hitrostjo pomika stroja.

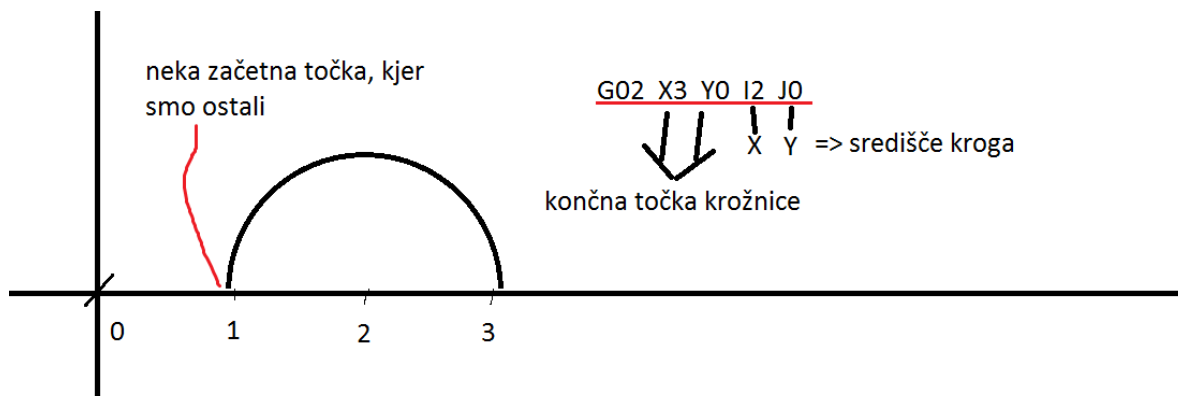
G01 X01 Y02 F100

Pomeni preprost linearen pomik X in Y osi iz nekega izhodišča na koordinate $x = 1$, $y = 2$ z neko omejeno hitrostjo pomika $F = 100$ mm/min, kar prihaja iz besede FEEDRATE. Feedrate ali hitrost pomika pove kakšno dolžino bo posamezna os dosegla v določenem času. V mojem primeru bom uporabil hitrost pomika v mm na minuto.

G02

Funkcija G02, G03 se uporablja za rezkanje pravilnega kroga v smeri urinega kazalca ali pa v nasprotni smeri. Primer:

G02 X3 Y0 I2 J0



Slika 1: Obrazložitev funkcije G02 (Vir: Avtor)

Če je orodje trenutno na poziciji X1 Y0, bo pri tem ukazu opravilo pol pravilne krožnice.

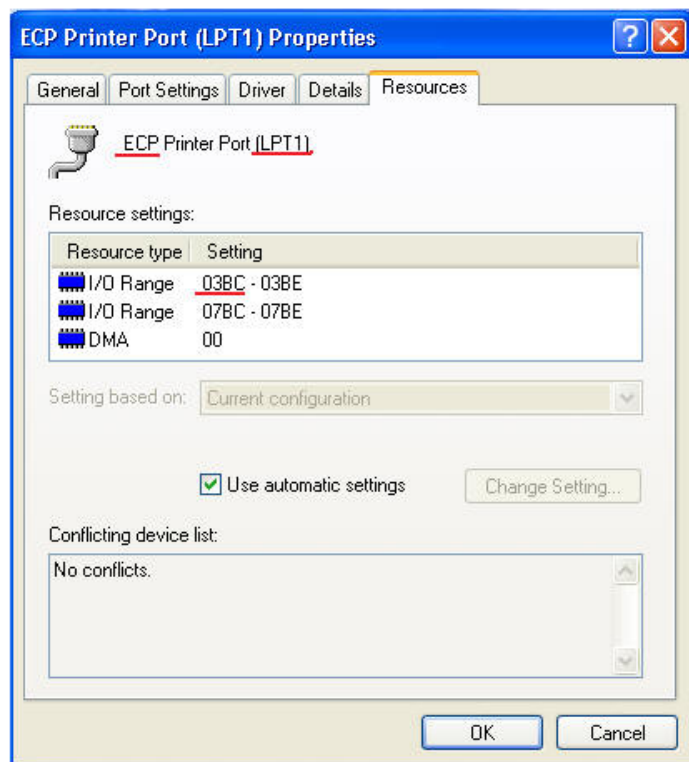
V CAM programu moramo za namen izdelave G kode vnesti še nekaj dodatnih parametrov kot so: debelina materiala, debelina izreza, premer orodja (rezkalo) itd. Izberemo opcijo izračuna G kode, na kar nam pri tem javi kakšen problem, če npr. ne mora izvesti nekega postopka.

Krmilje, vse glavne nastavitve in vodenje stroja nastavljamo v programu MACH 3, kateri je opisan v naslednjem poglavju.

MACH 3

Za upravljanje CNC-ja sem uporabil MACH 3 program, ki je na amaterskem področju med pogostejše uporabljenimi programi za upravljanje CNC-ja. Sam program je sicer plačljiv, ampak za svoj namen sem se za enkrat zadovoljil z brezplačno verzijo, katere omejitev je 500 vrstic G kode. Program MACH 3 poskrbi, da se datoteka z G kodo prenese na CNC stroj v ustrezne premike X, Y in Z osi. Hkrati nam program MACH 3 omogoča grafično in numerično spremljavo izvajanja G kode. Za zahtevnejše uporabnike je v programu na voljo veliko dodatnih funkcij (ho). Za usklajeno delovanje CNC stroja in programa MACH 3 je potrebno v samem programu MACH 3 pred uporabo opraviti ustrezno konfiguracijo. Najprej sem moral nastaviti parametre paralelnega priključka (LPT). V upravitelju naprav (slika 1) sem poiskal naslov paralelnega priključka svojega računalnika in ga vnesel v program

(slika 2). Nato sem nastavil najvišjo možno frekvenco izhodnega pulza (STEP – korak), ki določa najvišjo možno hitrost motorjev (slika 2). Višja frekvenca izhodnega pulza pomeni tudi večjo obremenitev za računalnik oziroma procesor. Zatem je potrebno nastaviti posamezne pine paralelnega priključka tako, da se ujemajo s posameznimi pini na BOB vezju (slika 3). Ko sem to naredil, sem na BOB vezje priključil krmilnike koračnih in motorje ter napajanje zanje. Zadnji korak je nastaviti parametre motorja. Na sredini imamo graf, ki nam kaže hitrost premika osi CNC-ja (Velocity) v mm/min v odvisnosti od časa. Od spodaj je možno nastavljanje hitrost motorja, oziroma (feedrate ali velocity) in pospešek motorja (accelerate), kako bo motor pospeševal na neko nastavljeno hitrost. Poleg tega pa sem moral nastaviti tudi ustrezno razmerje premika s številom korakov motorja. Tam, kjer piše Steps per, dejansko pomeni, koliko korakov mora koračni motor izvršiti, da se os premakne za 1 mm. V mojem primeru en polni obrat motorja predstavlja 8 mm premika posamezne osi. Torej lahko sklepamo, da motor naredi 200 korakov za pomik 8 mm, za pomik 1 mm pa sledi: $200 \text{ korakov} / 8 \text{ mm} = 25 \text{ korakov na } 1 \text{ mm}$. V MACH 3 programu je potrebno pritisniti še tipko RESET in zadeva deluje, saj se s tipko reset v programu vse omogoči in hkrati omogoči krmilnike koračnih motorjev ENABLE!



Slika 2: Prikaz oznake Paralelnega porta v upravitelju naprav (Vir: Mach)

Engine Configuration... Ports & Pins

Port Setup and Axis Selection | Motor Outputs | Input Signals | Output Signals | Encoder/MPG's | Spindle Setup | Mill Options

Port #1
☒ Port Enabled
 Port Address
 Entry in Hex 0-9 A-F only

Port #2
☐ Port Enabled
 Port Address
 Entry in Hex 0-9 A-F only
☐ Pins 2-9 as inputs

OR

MaxNC Mode
☐ Max CL Mode enabled
☐ Max NC-10 Wave Drive
 Program restart necessary

Restart if changed
☐ Sherline 1/2 Pulse mode.
☐ ModBus InputOutput Support
☐ ModBus PlugIn Supported.
☐ TCP Modbus support
☐ Event Driven Serial Control
☐ Servo Serial Link Feedback

Kernel Speed
☒ 25000Hz ☐ 35000Hz ☐ 45000Hz ☐ 60000hz
☐ 65000hz ☐ 75000hz ☐ 100khz
 Note: Software must be restarted and motors retuned if kernel speed is changed.

OK Cancel Apply

Slika 3: Preverjanje imena paralelnega porta in izbira frekvence oddajanja za koračni motor (Vir: Mach)

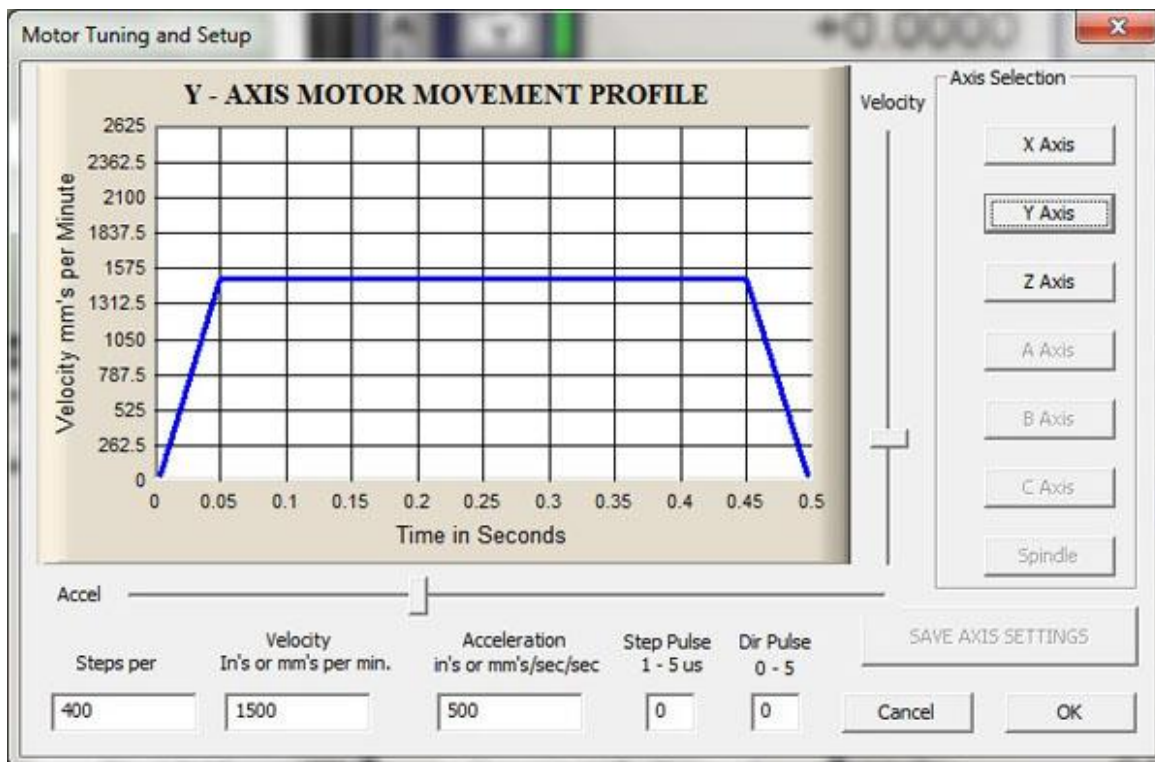
Engine Configuration... Ports & Pins

Port Setup and Axis Selection | Motor Outputs | Input Signals | Output Signals | Encoder/MPG's | Spindle Setup | Mill Options

Signal	Enabled	Step Pin#	Dir Pin#	Dir LowActive	Step Low Ac...	Step Port	Dir Port
X Axis		2	14			1	1
Y Axis		16	3			1	1
Z Axis		7	8			1	1
A Axis		6	5			1	1
B Axis		4	17			1	1
C Axis		0	0			0	0
Spindle		0	0			0	0

OK Cancel Apply

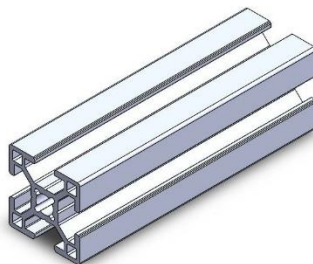
Slika 4: Tabela za nastavljanje posameznih pinov paralelnega porta (Vir: Mach)



Slika 5: Nastavljanje nastavitev motorjev (Vir: Avtor)

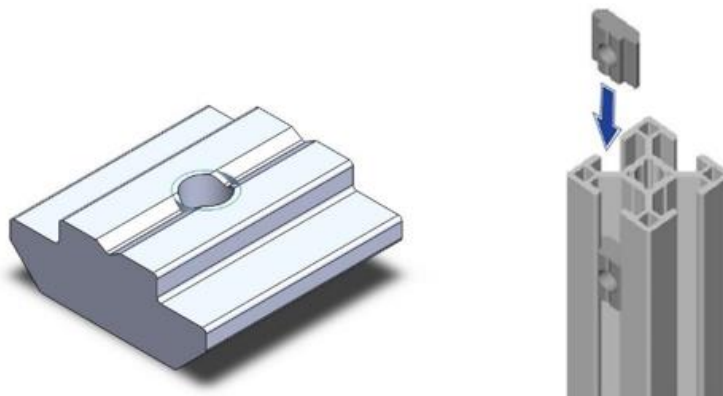
5. CNC MEHANIKA

CNC stroj je sestavljen iz velikega števila mehanskih elementov. CNC se med seboj zelo razlikujejo. Delovanje in osnova je za vsak CNC enaka, površinsko gledano, pa je vsak CNC drug od drugega različen. Vodila CNC-ja so tirnice ali okrogle palice, po katerih se pomikajo linearni ležaji, ki so vpeti v nek kovinski blok. Za pomik X, Y in Z osi sem uporabil navojne palice in plastično matico, da sem zagotovil točnost stroja. Navojno palico sem s koračnim motorjem povezal z raztezno sklopko narejeno iz aluminija.



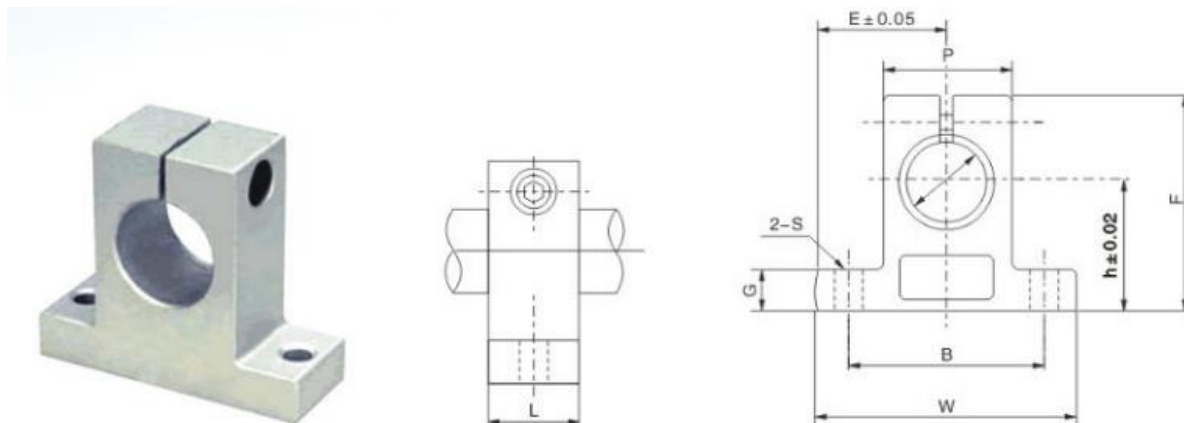
Slika 6: 30 x 30 mm aluminijast profil (Vir: Tuli)

Za ogrodje CNC stroja sem uporabil 30 x 30 aluminijaste profile oblike X. Ti profili so namenjeni sestavljanju raznih ogrodij omar, strojev in se v mehaniki in avtomatiki pogosto uporabljajo. Prav tako sem uporabil posebne matice, namenjene za tovrstne profile z navojem M5 in M6.



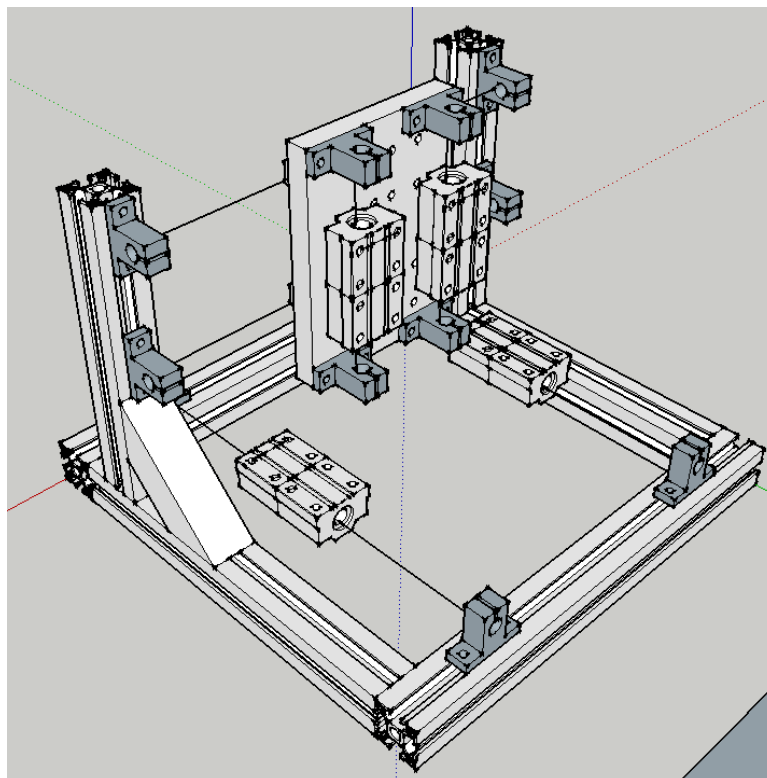
Slika 7: Posebna matica (Vir: Tuli)

Za vodila sem uporabil 10 mm debelo jekleno palico, ki sem jo vpel v nosilec profilov. Za pomik posameznih osi sem uporabil kroglične linearne ležaje, vgrajene v aluminijaste bloke. Za premik posameznih osi sem uporabil trapezni navoj imenovan T8, kateri ima na 1 obrat 8 mm linearnega pomika vzdolž osi.

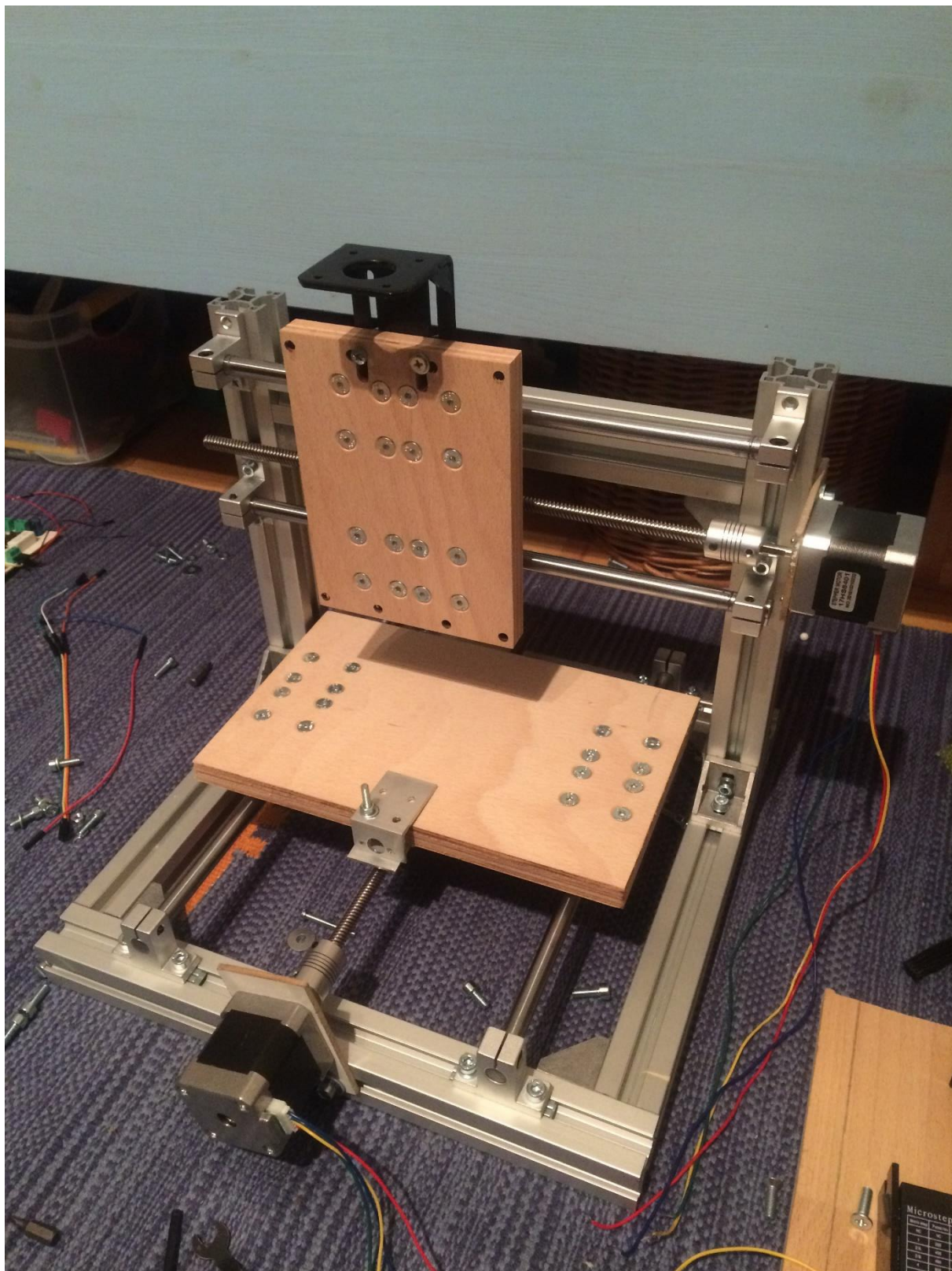


Slika 8: Nosilec jeklene palice - shaft suport (Vir: SK10)

Za pomike sem uporabil koračne motorje velikosti NEMA 17 (42 mm x 42 mm x 42 mm), 1,8 A tuljave in 1,8 stopinje pomika na en korak. Motor ima 8 tuljav statorja po 4 vezane zaporedno. Je dvopolni s štirimi žicami (dve za vsako tuljavo). Spodaj lahko vidimo načrt CNC-ja narisan v risalnem programu SketchUp:



Slika 9: Načrt CNC narisani v SketchUp programu (Vir: Avtor)



Slika 10: Prikaz CNC-ja v sestavi (Vir: Avtor)

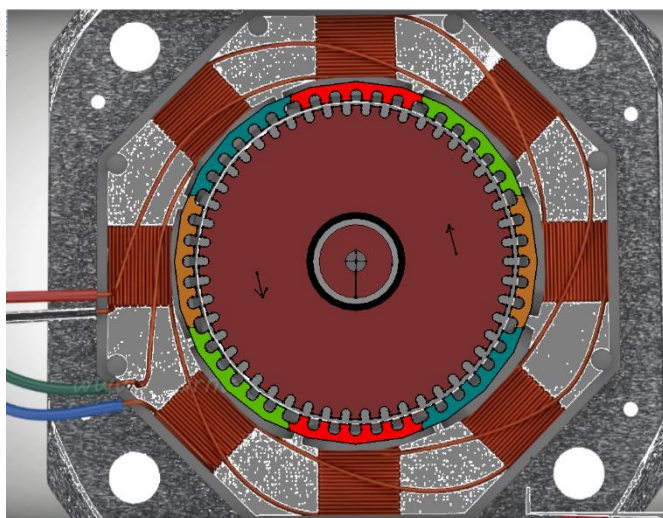
6. CNC ELEKTRONIKA

Elektronika krmiljenja CNC stroja je sestavljena iz krmilnika koračnega motorja in BOB vezja, seveda pa je za to potrebno izdelati dober napajalnik, ki v večini preprečuje razne motnje iz omrežja, saj bi lahko slabo vplivale na delovanje stroja. Največja težava pri motnjah je seveda preskakovanje korakov. Standardni koračni motorji imajo 1 korak $1,8^\circ$ pomika, kar predstavlja 200 korakov za en obhod. Cilj je seveda jasen, ne izpustiti kakšnega koraka.

KORAČNI MOTOR

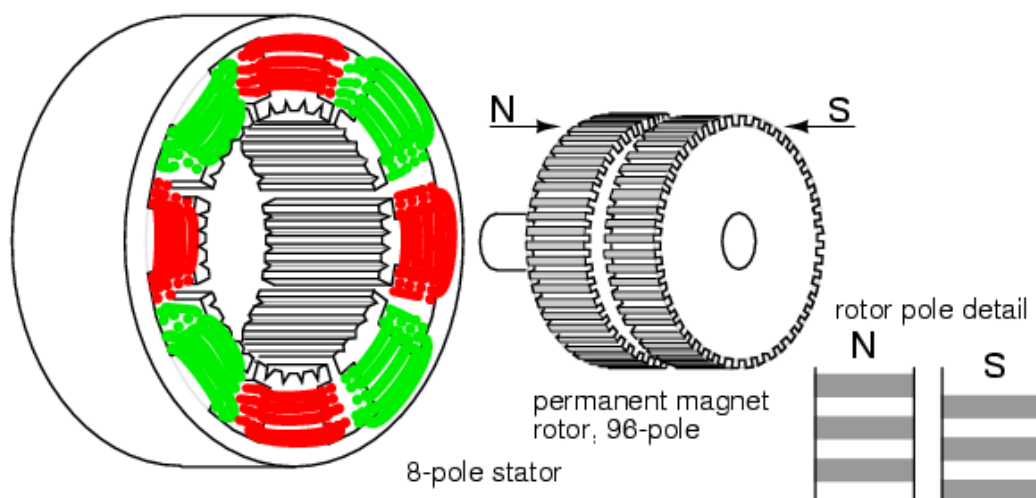
Ime koračni motor že samo pove, da za delovanje izvaja korake. Koračni motor je enosmerni brezkrtačni motor, ki za delovanje potrebuje ustrezen krmilnik in ga krmilimo s posameznimi koraki.

Koračni motor ali stepper motor je motor, sestavljen iz rotorja in statorja. Rotor rotira, kar pomeni, da je gibljivi del, medtem ko je stator statičen, kar pomeni, da miruje. Rotor je trajni magnet, ki je polariziran vzdolž osi na sever in jug in je sestavljen iz velikega števila zob, ki so v sredini magneta ločeni in nekoliko zamaknjeni kot kaže slika (rotor pole detail). Stator pa je v mojem primeru sestavljen iz 8 tuljav, katere so, kot kaže slika spodaj, po 4 vezane zaporedno, znotraj tuljav pa so kosi železa, ki predstavljajo jedra posameznih tuljav. Ko na tuljavo priključimo napetost, postanejo



Slika 11: Notranjost koračnega motorja (Vir: Avtor)

železna jedra namagnetena in se namagnetijo tako, da nastaneta severni in južni pol. V enem primeru je eden obrnjen navznoter, drugi navzven in obratno. Na rotorju je 50 zobnikov, na statorju pa 48 zobnikov, tako da sta v vsakem koraku nasprotni jedri (oranžni) poravnani z zobniki rotorja, nanju pravokotni (rdeči) jedri pa sta popolnoma zamaknjeni.



Slika 12: Koračni motor od znotraj(Vir: SUB)

Koračni motor uporabljen pri mojem CNC-ju.

Poznamo 2 izvedbi motorja: bipolarni in unipolarni.

Princip delovanja koračnega motorja in motor kot tak je bil izumljen in patentiran že 11. februarja 1975 v Ameriki. Motor je bil sestavljen iz 10 navitij, ki so predstavljale stator in so bile vezane po dve skupaj, kar je predstavljalo 5-fazni motor. Notranji rotor pa je bil sestavljen iz velikega števila zob in vzdolž osi polariziran trajni magnet na sever in jug, tako kot pri današnji izvedbi motorja. Spodaj lahko vidimo načrt prvega koračnega motorja.

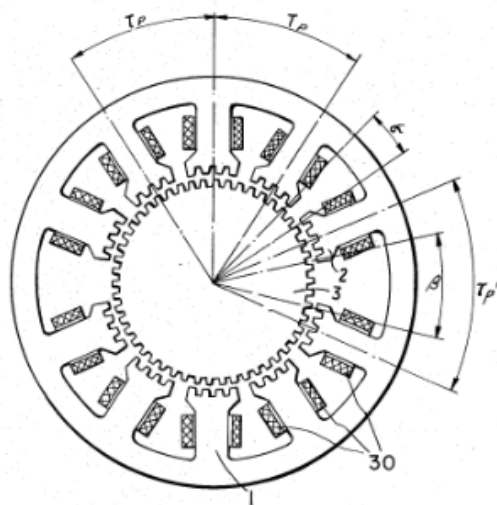


FIG. I

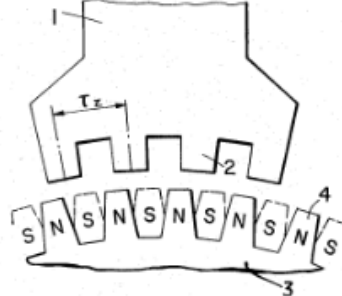
STATOR WITH $n=3$, $K=1$, $K'=3$, $U=2$ 

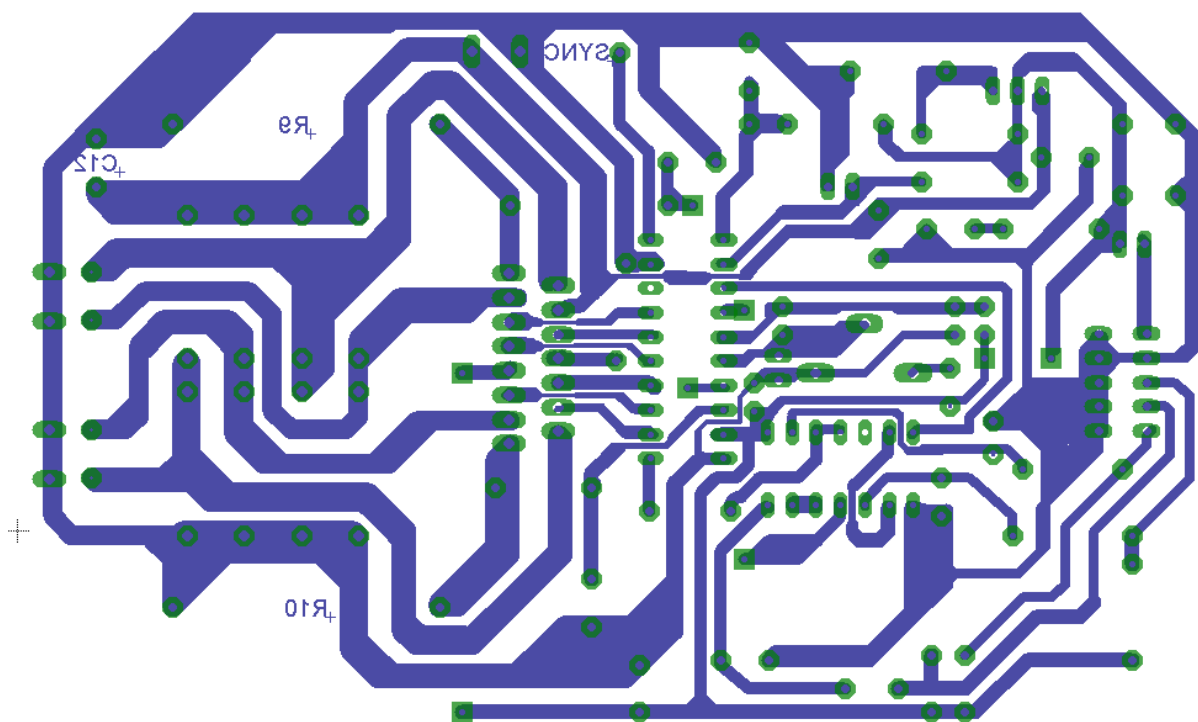
FIG. I'

Slika 13: Prikaz notranjosti 1. koračnega motorja (Vir: Patent)

Danes se po navadi uporabljajo dvo-fazni motorji, ki imajo 4 žice, 2 za vsako tuljavo. Koračni bipolarni 2-fazni motor ima 4 osnovna stanja, katera neprestano ponavljamo.

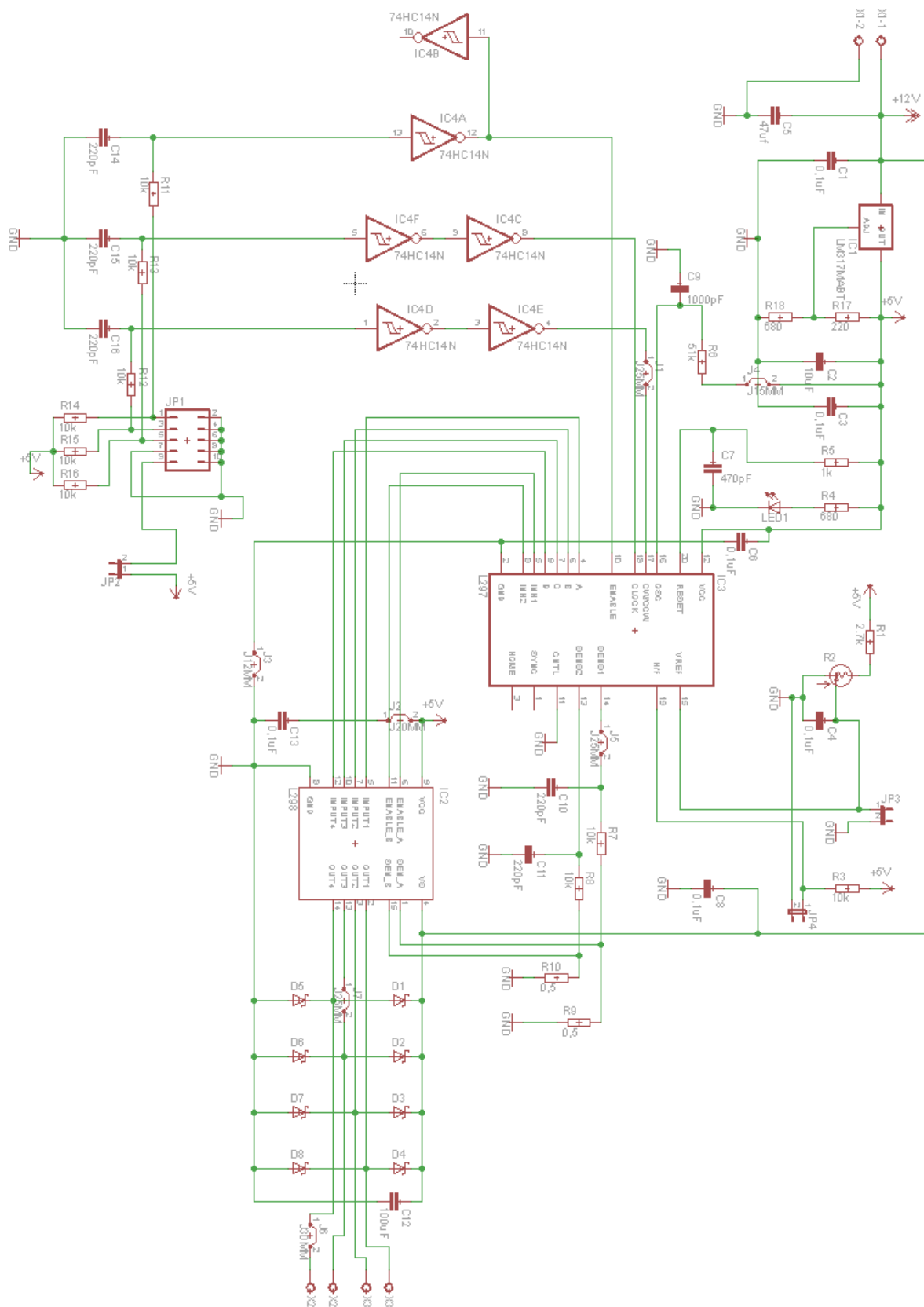
KRMILNIKI KORAČNIH MOTORJEV

Vezje krmilnika koračnega motorja je na prvi pogled zelo enostavno, a je hkrati zelo komplicirano. Za zasnovo novega krmilnika je potrebno veliko časa in predvsem znanja, ki ga še na žalost nimam, zato bom za izdelavo krmilnika uporabil že narejeno shemo in spoznal delovanje.



Slika 14: Vezje krmilnika koračnega motorja (Vir: avtor)

V mojem vezju krmilnika imamo uporabljen mikro krmilnik L297, ki je narejen za krmiljenje koračnih motorjev, L298 dvojni H-mostič in negator IC74HC14, ki stabilizira napetost logične 1 ali 0 in določi mejno napetost med 5 V in 0 V, da ne bi prišlo do preskakovanja med logično enko in ničlo. Uporabljene so tudi hitre diode 1N5822, ki preprečujejo kakršno koli motnjo prehodnih pojavov tuljave.

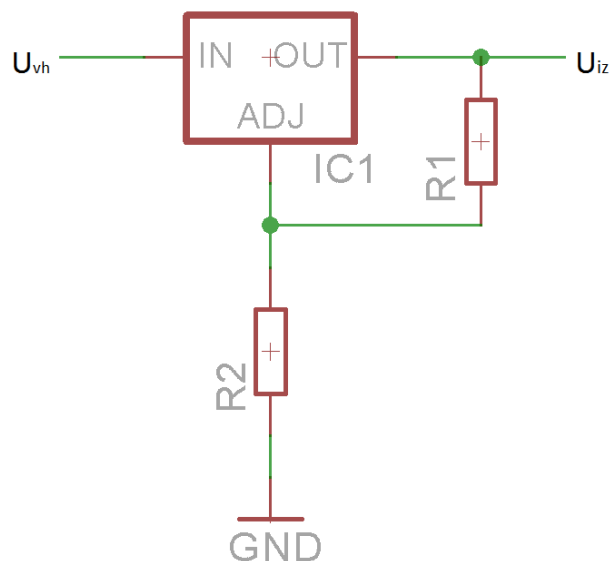


Slika 15: Shema vezja krmilnika koračnega motorja (Vir: avtor)

NAPAJALNI DEL VEZJA:

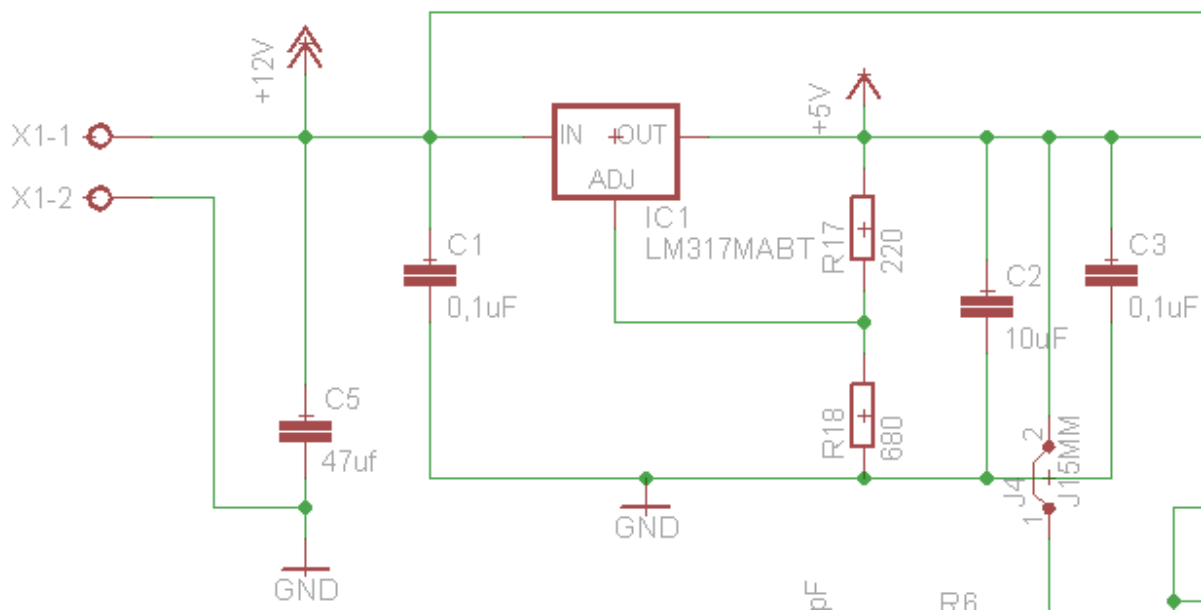
Za napajanje krmilnika koračnega motorja sem uporabil nastavljiv napetostni regulator LM317, ki ima možnost nastavitve napajanja od 1,25 V do 37 V, vhodna napetost pa je od 3 V pa vse do 40 V. Ker je na vezje možno priključiti 36 V, sem uporabil ohišje TO-220, na katerega lahko pritrdimo hladilno rebro, saj se po nekem času začne zelo segrevati. Slika spodaj (slika 17) prikazuje shemo napajalnega dela krmilnika. Na vhodni napetosti imam priključen gladilni kondenzator majhne vrednosti, na izhodni napetosti pa dva - en majhne in drugi večje kapacitivnosti. S spodaj navedeno formulo lahko izračunamo izhodno napetost s pomočjo izbire uporov R1 in R2. V mojem primeru je vrednost $R1 = 220 \Omega$ in $R2 = 680 \Omega$, kar po izračunu dobimo 5,1 V izhodne napetosti.

$$V_{out} = 1,25 V \left(1 + \frac{R2}{R1}\right)$$



Slika 16: LM 317 in primer vezave uporov (Vir: Avtor)

Spodaj, na sliki 17 lahko vidimo odsek napajalnega dela vezja krmilnika koračnega motorja.



Slika 17: Napajalni del vezja (Vir: Avtor)

RC – člen

Na sliki 18 lahko vidimo odsek vezja, kjer je narejen RC-člen. Upor je iz 16 pina (OSC) L297 vezan na napetost +5 V, kondenzator pa je vezan na GND. RC-člen služi za določanje frekvence osciliranja. Oscilator je del regulacije toka, ki skrbi, da so koračni motorji vedno napajani z ustreznim tokom, kar zagotovi ustrezen moment motorja in preprečuje izgubo korakov.



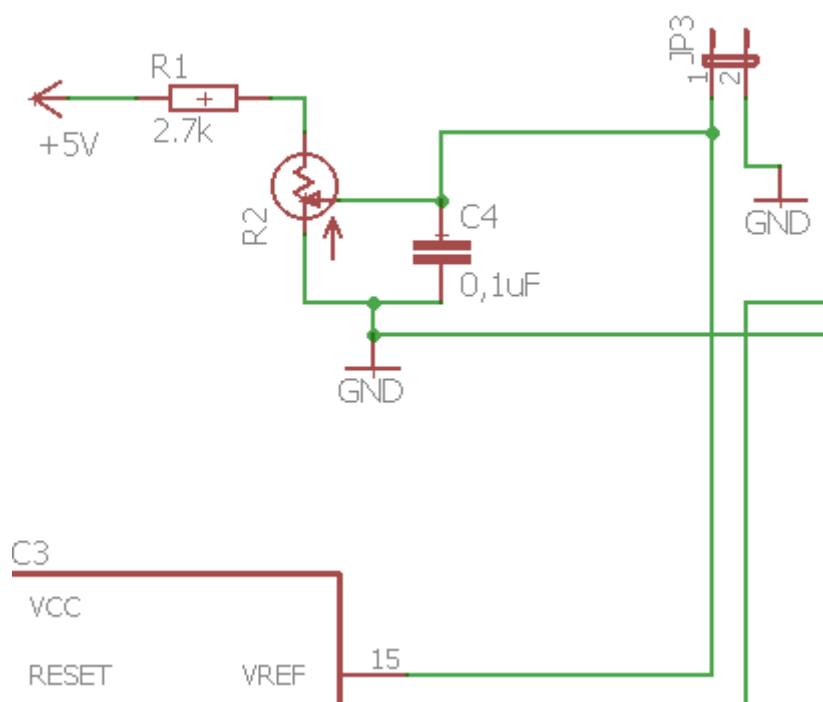
Slika 18: RC člen (Vir: Avtor)

NASTAVLJANJE REFERENČNE NAPETOSTI - V_{ref}

15. vhod čipa VREF je vhod, na katerem nastavljamo napetost, na podlagi katere se spreminja tok, ki teče preko tuljav koračnega motorja. Kondenzator C4 je gladilni kondenzator med GND in referenčno napetostjo. R2 je spremenljiv upor - potenciometer, s katerim spreminjamo upornost in s tem tudi napetost na vhodu 15, da pa razberemo točno napetost, imamo v vezju narejen priključek JP3, na katerem lahko merimo referenčno napetost z voltmetrom.

$$V_{ref} = 0.5 * \text{MAX tok motorja} \Rightarrow 1,8 \text{ A MAX} * 0.5 = 0,9 \text{ V}$$

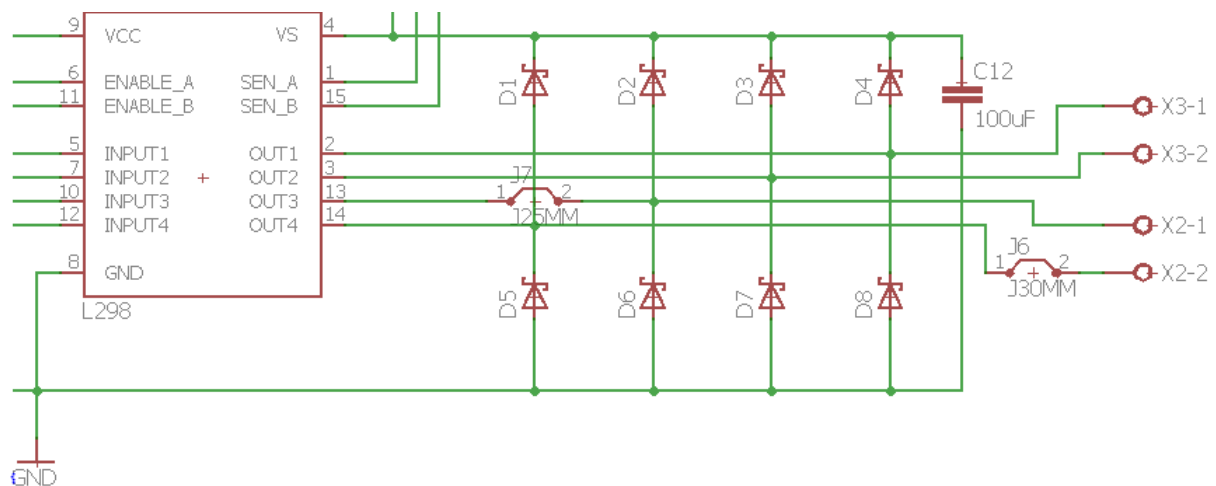
Motorji na mojem stroju so 1,8 A, zato moramo to tudi upoštevati pri izračunu referenčne napetosti, po izračunu dobimo, da ta znaša 0,9 V.



Slika 19: Del vezja za nastavljanje referenčne napetosti (Vir: Avtor)

DIODNI DEL VEZJA

V vezju imam neposredno poleg tuljav vezane diode. Dioda služi praznjenju tuljav motorja med posameznimi prehodnimi fazami pulzov, da ne bi prišlo do kakšne motnje oziroma preskakovanja korakov. Če si ogledamo izhodne signale L298 z osciloskopom, lahko vidimo visoke konice signala, ki pa lahko negativno vplivajo na delovanje vezja. Te napetostne konice se pojavijo zaradi prehodnih pojavov, saj na tuljavah koračnih motorjev nenehno zamenjujemo polariteto, zato pride do tovrstnih problemov. Da preprečimo te konice oziroma motnje, moramo na tuljavo vezati diode, podobno kot pri vezju, kjer s tranzistorjem vklapljam in izklapljam rele.



Slika 20: Prikaz priključenih diod v vezju (Vir: Avtor)

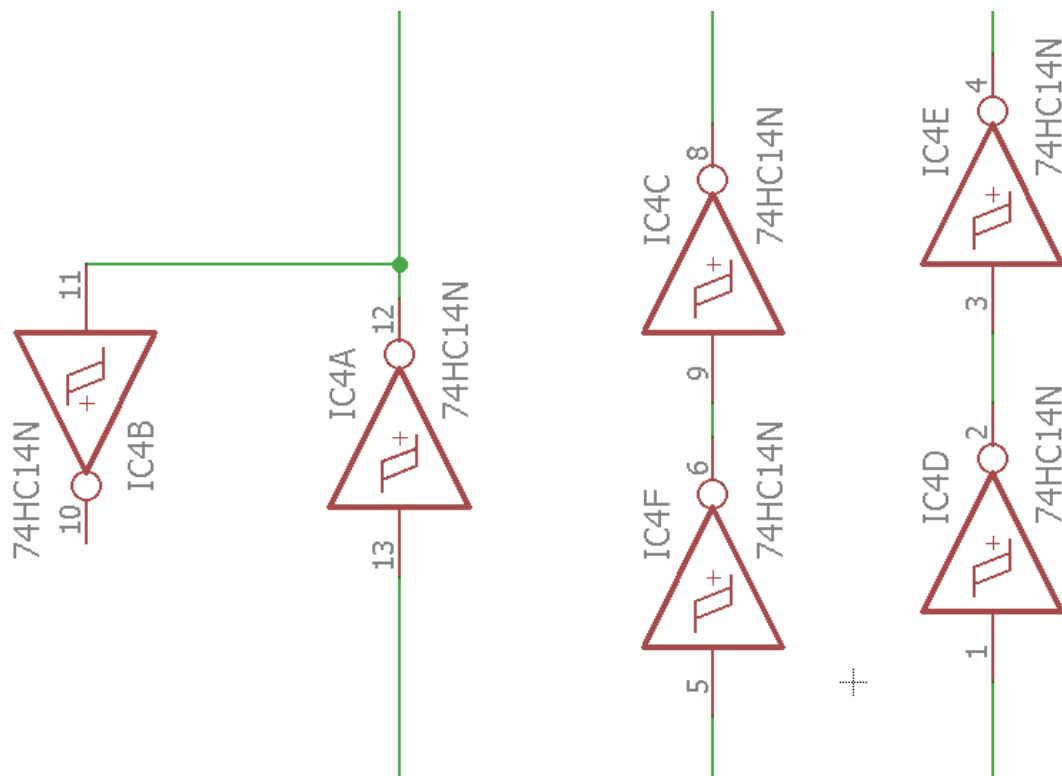
Ker pa tuljave motorjev preklapljam s frekvenco nekaj kHz, naloge ne opravijo počasne diode, zato je potrebno v vezje vstaviti hitre diode. Najbolj priporočljive so hitre šotkijeve diode 1N5822, saj so namenjene za visoke frekvence, ki imajo čas prehoda iz neprevodnega v prevodno stanje 8,3 ms. Poleg tega, pa so namenjene za napetosti do 40 V in tok 3 A, kar v mojem vezju več kot zadošča.

74HC14

Čip 74HC14 je navaden negator ali inverter z logičnimi vrati not ali ne. Vgrajenih ima 6 logičnih vrat NE oziroma NOT. Logična vrata NE delujejo na principu zamenjave signala.

Primer:

Če signal na vhodu predstavlja logično 1, je na izhodu logična 0 in obratno. Tako kot sem že omenil, ima čip schmitt trigger ali šmitov prožilnik, kateri določi neko zgornjo in obratno spodnjo mejo napetosti logične 1 (5 V) in logične 0 (0 V).



Slika 21: Prikaz posameznih negatorjev v vezju (Vir: Avtor)

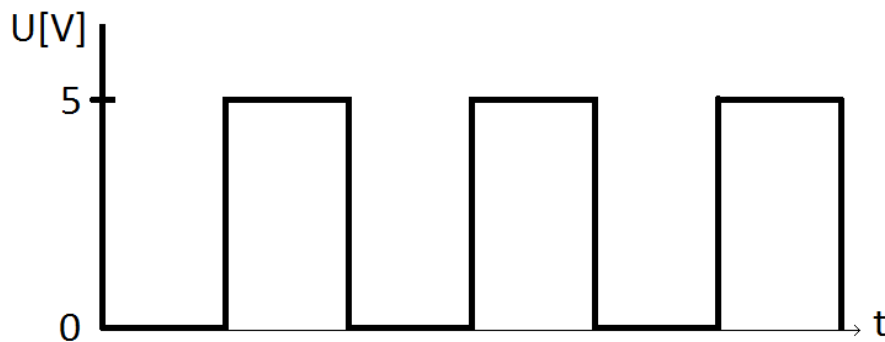
L297

L297 je mikrokrmilnik za krmiljenje koračnega motorja. Integrirano vezje z logiko krmilja koračnega motorja. Osnovni vhodi čipa so:

Enable, kar je digitalni vhod, če je na vhodu logična 1, potem je delovanje mikrokrmilnika omogočeno, sicer pa je onemogočeno.

Direction ali CW/CCW (**c**lock**w**ise, **c**ounterclock**w**ise) vhod, s katerim določimo smer vrtenja koračnega motorja.

Clock ali **step** je vhod, na katerega pripeljemo signal v obliki impulzov (vlak pimulzov). En impulz predstavlja en korak koračnega motorja. Aktiven impulz na tem vhodu premakne motor za en korak in več kot je impulzov v določeni časovni enoti, hitreje se bo vrtel motor.



Slika 22: Primer pulza (Vir: Avtor)

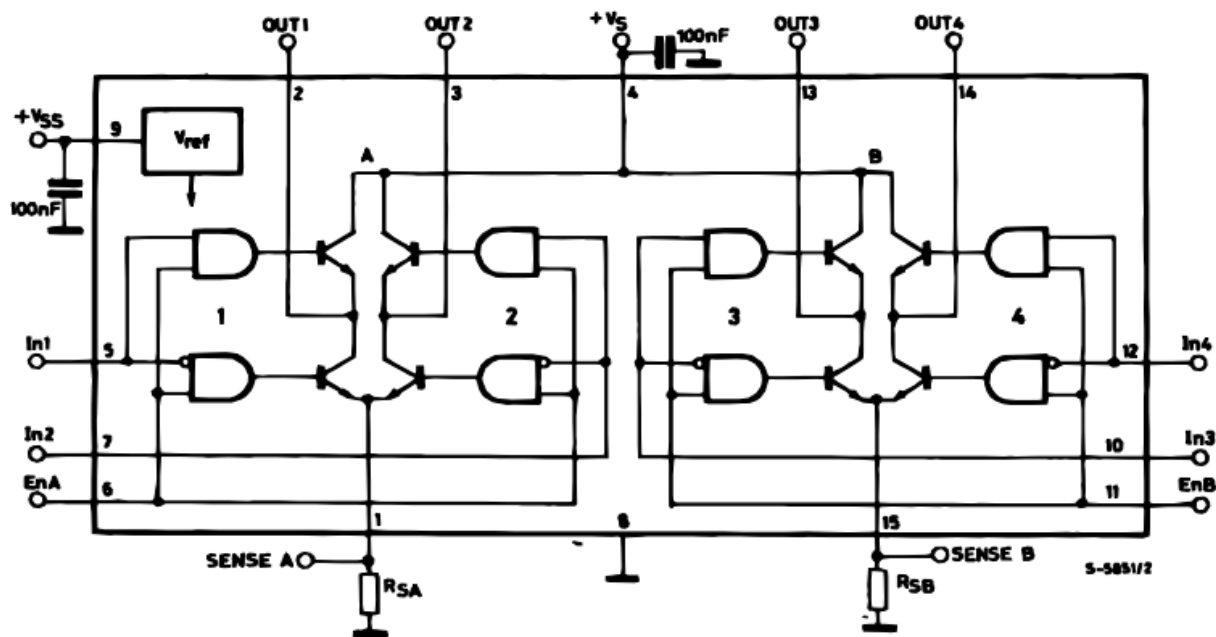
Full / Half je vhod, s katerim določimo način krmiljenja koračnega motorja oziroma kolikšen bo korak (ali bo cel ali polovičen). S full step načinom krmilimo koračni motor normalno, kjer ima 1 korak 1,8 stopinje, če pa krmilimo z half step načinom, pa ima 1 korak 0,9 stopinje, torej je polovičen korak. To pomeni, da ima motor tedaj 400 korakov za en obrat, kar pomeni večjo natančnost in hkrati manjši moment.

OSC je vhod, na katerega moramo vezati RC člen. Upor moramo vezati na pozitivnih +5 V, kondenzator pa vežemo na GND. Je prav tako vhod, ki določa frekvenco osciliranja regulatorja toka na tuljavah koračnih motorjev.

V_{ref} je vhod, na katerem nastavljamo referenčno napetost. S spreminjanjem napetosti se spremlja velikost toka, kateri teče preko tuljav koračnega motorja.

L298

Integrirano vezje L298 je dvojni H-mostič, kar pomeni, da ima vgrajena 2 H-mostiča. H-mostič je preprosto vezje, v katerem so štiri tranzistorji uporabljeni kot stikala. Vezani so v vezavo kot kaže slika spodaj.



Slika 23: L298 od znotraj (Vir: L298)

Integrirano vezje L298 je dvojni H-mostič, namenjen za višje tokove, zato je izdelan v ohišju, namenjenem za pritrditev hladilnika, saj se zelo greje. Za vsak mostič posebej vsebuje vhoda Enable A in B, ki omogočita delovanje enega in drugega mostiča. Za vsak mostič sta 2 vhoda (In1, In2) in (In3, In4), torej imamo 4 kombinacije vsakega mostiča 11, 00, 10, 01. Tabela prikazuje posamezna stanja enega mostiča v vezju.

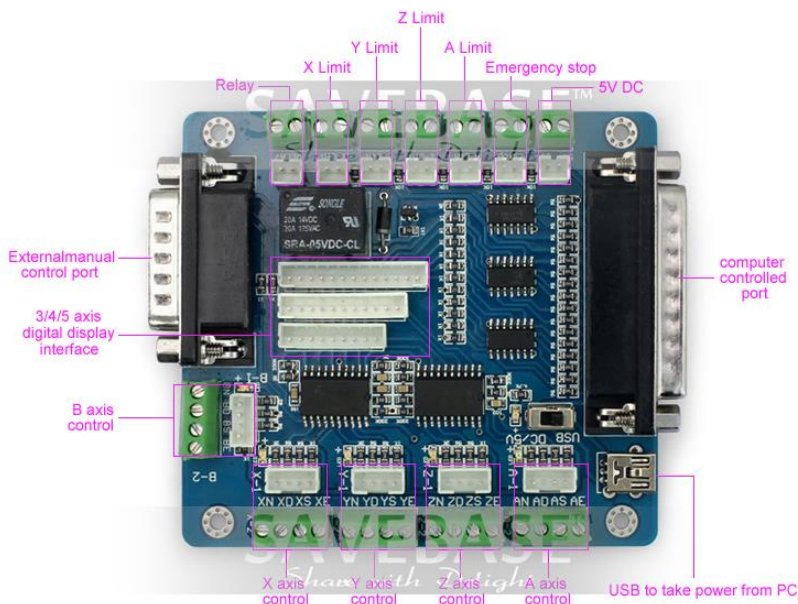
KOMBINACIJA	STANJE
11	Tuljava motorja v kratkem stiku
00	Tuljava motorja v kratkem stiku
10	Vrtenje motorja v CW
01	Vrtenje motorja v CCW

Vezje krmilnika je narejeno za koračne motorje do 2 A, kar je tudi največji možen tok, ki lahko teče preko H-mostiča L298.

ZAŠČITNO BOB VEZJE

BOB ali breakout board je vmesno vezje med računalnikom in krmilnikom koračnega motorja. Tipična breakout board vezja so z računalnikom povezana preko LPT ali paralelnega porta na matični plošči. Novejša BOB vezja pa so že povezana z računalnikom preko USB-ja. Obstajata dve različici BOB vezja. Prva je ta, ki ima digitalne porte od računalnika galvansko ločene z optosklopnikom, čipom, ki spremeni signal v svetlobo in pri tem ne more priti do uničenja matične plošče računalnika. Druga različica je brez optosklopnika, kjer ni galvanske ločitve in moramo zato biti bolj pazljivi.

BOB vezje je vezje, na katerem ni nič drugega, kot samo tiskanina, na kateri so vezave narejene tako, da lahko dostopamo do pinov na paralelnem portu. Poznamo veliko izvedb BOB vezij. Nekatere imajo na vezju nameščene releje za vklop in izklop rezkalnika, druge imajo različna zaščitna vezja za preprečevanje nezgod.



Slika 24: BOB vezje (Vir: Ebay)

V moji raziskovalni nalogi sem uporabil HY-JKM5 vezje, katerega lahko vidimo na sliki 24. BOB vezje ima na desni strani LPT port, katerega priključimo z računalnikom, mikro USB priključek za napajanje vezja 5 V, priključke za krmilnike

koračnih motorjev za 4 osi (X,Y, Z – v mojem primeru A priklopa ne bom uporabil, saj imam CNC za 3 osi) N-GND, D – direction (smer), S – step (pulz), E- enable, ki omogoči delovanje krmilnika. Na zgornji strani je izhod releja (za vklop in izklop rezkalnika), X, Y, Z in A limit izhodi za končna stikala, ki jih pritrdimo na CNC tako, da ko se pri pomiku posamezne osi vklopi končno stikalo, se nadaljnji pomik ustavi, da ne bi prišlo do mehanskih poškodb. Na levi strani ploščice pa imamo kontrolo pete osi B in serijski vhod za krmilje CNC stroja z zunanjim upravljalnikom.

NAPAJALNIK

V mojem primeru potrebujemo napajalnik okoli 24 V in 6 A, saj ena ploščica krmilnika motorja porabi okoli 2 A. Motorji zagotavljajo držalni moment pri toku približno 1,8 A, kar pomeni, da je potrebno na posamezno tuljavo dovesti napetost 3,5 V. Seveda to velja za statične razmere, ko motor miruje. Ko se motor giblje, pa je za ustrezen mehanski moment potrebno tuljavi napajati z bistveno višjo napetostjo. Za to poskrbijo krmilniki koračnih motorjev, ki jim je potrebno poskrbeti ustrezno vhodno moč. Napajalnik sem izdelal sam. Uporabil sem zelo preprost napajalnik sestavljen iz transformatorja (230 V na 20 V AC, moči ca. 150 W), greatzovega diodnega spoja in zadosti velikega elektrolitskega kondenzatorja. V prihodnosti načrtujem menjavo klasičnega napajalnika s stikalnim usmernikom, saj je zaradi svojega relativno visokega izkoristka bistveno manjši in lažji, kar bo bolj primerno za moj CNC stroj.

7. NAMEN IN UPORABA CNC

CNC je stroj, ki omogoča 2 ali celo 3 dimenzionalno obdelavo. Sam sem se lotil stroja, ki je primernejši za 2 dimenzionalno obdelavo. Pri tem mislim predvsem na graviranje ali izrezovanje (rezkanje) predmetov poljubnih oblik. Stroj je seveda uporaben tudi kot namizni risalnik (ploter). Seveda je možnosti uporabe še veliko več, odvisno tudi od načina obdelave in vrste materialov, ki jih obdelujemo. Najpogosteje se v CNC-jih za obdelavo materialov uporabljajo različni rezkalniki. Le tega bom uporabil na svojem stroju tudi sam. Lahko pa se namesto rezkalnika uporablja tudi laser, plazma rezalnik, rezalnik z vodnim curkom in tako dalje. Tudi izbira materialov za obdelavo na CNC strojih je zelo široka - od lesa, umetnih mas,

kovin, papirja, tekstila do stekla, keramike itd. Zaradi svoje velike natančnosti in ponovljivosti se CNC stroji predvsem uporabljajo v industriji za izdelovanje izredno preciznih delov v velikih količinah. Po navadi so to polizdelki, ki sestavljajo nek večji zahtevnejši izdelek. Tovrstni stroji so praviloma večji, zaprti in imajo še veliko dodatnih funkcij (hlajenje materiala med obdelavo, avtomatsko menjavo orodja itd.).

Glavni namen mojega CNC, ki sem ga izdelal, je rezkanje PCB ploščic, oziroma izdelava tiskanih vezij, graviranje napisnih ploščic ali izrezovanje poljubnih predmetov.

8. POVZETEK

Torej za letošnjo raziskovalno nalogo sem izdelal majhen prenosen CNC stroj. Osnovni namen mojega raziskovalnega dela, zraven uporabnosti tovrstnega stroja, je bil spoznati osnovni princip delovanja numeričnega CNC stroja in njegovih sestavnih delov. Na ta način sem se srečal delno s strojništvom (osnovni strojni elementi, obdelava materialov), elektroniko (krmiljenje koračnih motorjev, napajanje CNC stroja), računalništvom (različna programska oprema) in obdelovanjem materialov na CNC stroju (rezkalnik z različnimi rezkarji). Seveda sem se najbolj posvetil elektroniki, ki jo pri CNC stroju sestavljajo BOB vezje in krmilniki koračnih motorjev. Slednje sem izdelal sam in pri tem do potankosti preučil njihovo delovanje. Kar nekaj časa sem posvetil tudi delovanju koračnih motorjev. Pri CNC strojih pa je zelo pomembna tudi programska oprema. Za izdelavo določenega izdelka, je potrebno uporabiti celo verigo, od programa za risanje (načrtovanje) izdelka, programa za izdelavo G kode in seveda programa za vodenje CNC stroja. CNC je zelo uporaben stroj, saj omogoča izdelavo, rezanje, rezkanje, graviranje različnih materialov od lesa do kovin in plastike.

9. DRUŽBENA ODGOVORNOST

Ta raziskovalna naloga bo najverjetneje prišla v pomoč ogromno ljudem, ki se bodo soočili s podobno nalogo oziroma izzivom kot sem se jaz. Stvari sem s tem namenom skušal čim bolje pojasniti. CNC sem naredil iz naravi prijaznih materialov, kot sta les in aluminij, kar bo po obdobju uporabe možno reciklirati. Pri izdelavah tiskanih vezij s CNC rezkalnikom, bo okolje manj obremenjeno z nevarnimi snovmi (jedkalna raztopina).

10. ZAKLJUČEK

Pri tej raziskovalni nalogi sem se naučil ogromno stvari. Moj edini sovražnik pri tej raziskovalni nalogi je bil čas, saj sem med raziskovalno nalogo spoznal, da je CNC zelo kompleksna naprava, ki zahteva znanje na multidisciplinarnih področjih. Temu primerno sem se posameznemu področju lahko posvetil le do določenega nivoja. Vse skupaj sem skušal kljub temu čim bolj razložiti in hkrati pojasniti stvari, da si jih lahko bralec lažje predstavlja in razume bistvo delovanja. Poleg tega pa sem se naučil veliko stvari s področja elektronike in mehanike, ki sta osnovni področji CNC-ja. Zgrajeni stroj je izdelan do nivoja uporabnosti v prihodnje pa ga bom skušal še optimizirati. Predvsem bi želel, da bi lahko z izdelanim strojem obdeloval mehke kovine. To bo izziv za prihodnost.

11. VIRI

Spletne starani:

<https://sl.wikipedia.org/wiki/NC>

http://www2.arnes.si/~sspslavr/k_motor/k_motor.html

<http://www.explainthatstuff.com/how-stepper-motors-work.html>

https://www.sparkfun.com/datasheets/Robotics/L298_H_Bridge.pdf

https://en.wikipedia.org/wiki/Schmitt_trigger

<http://www.st.com/content/ccc/resource/technical/document/datasheet/f9/35/6e/3f/48/18/48/51/CD00000063.pdf/files/CD00000063.pdf/jcr:content/translations/en.CD00000063.pdf>

Slike:

SUB (12.1.2017): <http://sub.allaboutcircuits.com/images/02454.png>

Ebay(15.12.2016): <http://www.ebay.com/itm/Upgrade-Usb-5-Axis-Cnc-Breakout-Board-Interface-Adapter-For-Stepper-Motor-Driver/361874386803?trksid=p2047675.c100623.m-1&trkparms=aid%3D222007%26algo%3DSIC.MBE%26ao%3D1%26asc%3D40803%26meid%3Db190bc611ece4519be68b9be1b4dadea%26pid%3D100623%26rk%3D2%26rkt%3D6%26sd%3D301049888746>

L298(17.12.2016):

https://www.sparkfun.com/datasheets/Robotics/L298_H_Bridge.pdf

Tuli(25. 12.2016): <http://shop.tuli.si/>

Patent(13.12.2016):

<https://www.google.com/patents/US3866104?dq=STEPPER+MOTOR&hl=sl&sa=X&ved=0ahUKEwis6NWe3vnRAhXIK5oKHUCkDycQ6AEIzAB>

SK10(1.2.2016):<https://www.solidrop.net/product/wholesale-10pcs-lot-sk20-sh20a-20mm-linear-shaft-support-cnc-router-diy-xyz-for-cnc-linear-rail-support.html>