

Zamenjava ščetk enosmernega motorja s Hallovim senzorjem

Raziskovalna naloga

Področje: Elektrotehnika

Avtorji: Luka Klun
Nejc Mušič
Vid Petrič

Letnik: 2.

Mentor: Bojan Vuković, dipl. inž.
Somentor: Igor Žagar, univ. dipl. inž.

Leto izdelave naloge: 2020

Ime šole: Srednja šola tehniških strok Šiška

Kazalo vsebine

1	Povzetek	3
2	Uvod	3
3	Izdelava	4
3.1	Enosmerni motor	4
3.2	Koračni motor	4
3.3	Komutator	6
3.4	Koračni motor s krmiljem	7
3.5	Hallov senzor	8
3.6	Motor trdega diska s Hallovim senzorjem	9
4	Analiza	12
5	Zaključek	13
6	Zahvala mentorjema	13
7	Gradivo	13

1 Povzetek

Temo naloge, ki smo jo izdelali, nam je predlagal naš mentor. Njena cilja sta bila spoznavanje principov delovanja motorjev, ki jih priključimo na enosmerno napetost, in poskus zamenjave komutatorja s ščetkami na enosmernem motorju s Hallovimi senzorji. Mentor nas je redno usmerjal, saj nam znanje, ki smo ga do sedaj pridobili v šoli, ni zadostovalo. Spoznali smo se z osnovnimi principi magnetnega polja, programiranjem Arduina, Hallovim učinkom in delovanjem tranzistorja v stikalnem področju. Večino podatkov smo pridobili na medmrežju.

Ključne besede: Hallov efekt, enosmerni motor, koračni motor, brezkrtačni motor.

2 Uvod

Pri nalogi smo izhajali iz dobrih in slabih lastnosti enosmerne motorja.

Dobre lastnosti:

- hitrost vrtenja motorja je odvisna od napetosti, kar je ugodno za izvedbo regulacije hitrosti;
- smer vrtenja motorja je odvisna od polaritete priključene napetosti, kar omogoča enostavno krmiljenje.

Slabe lastnosti:

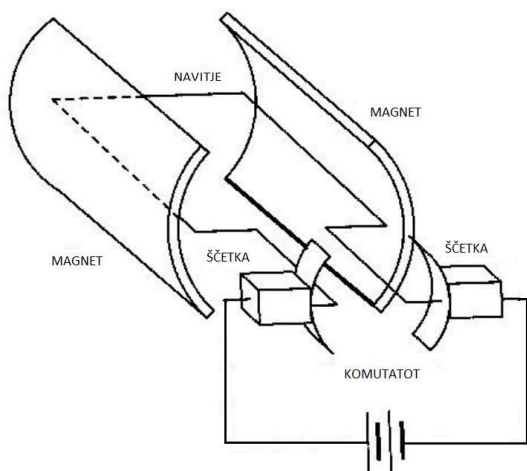
- mehanski stiki med kolektorjem in ščetkami, ki predstavljajo šibko točko motorja tako v mehanskem smislu (trenje in obraba) kot tudi v električnem smislu (slabi kontakti, iskrenje).

Pred izdelavo naloge smo si postavili nekaj hipotez.

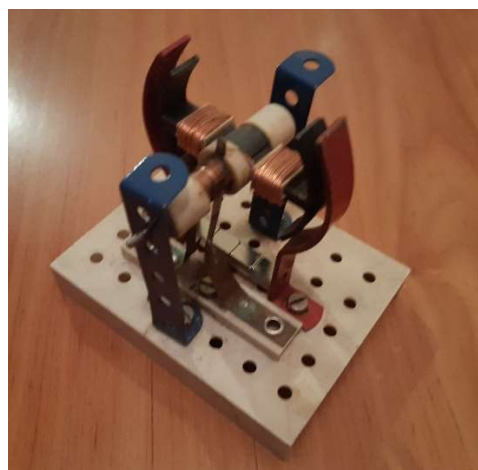
- Z zamenjavo ščetk bomo ohranili odvisnost hitrosti motorja od napetosti in spremembo smeri vrtenja.
- Mehanske kontakte bomo zamenjali z boljšimi polprevodniškimi.

3 Izdelava

3.1 Enosmerni motor



Slika 1: Princip delovanja enosmernega elektromotorja



Slika 2: Elektromotor 'Elektro pionir'

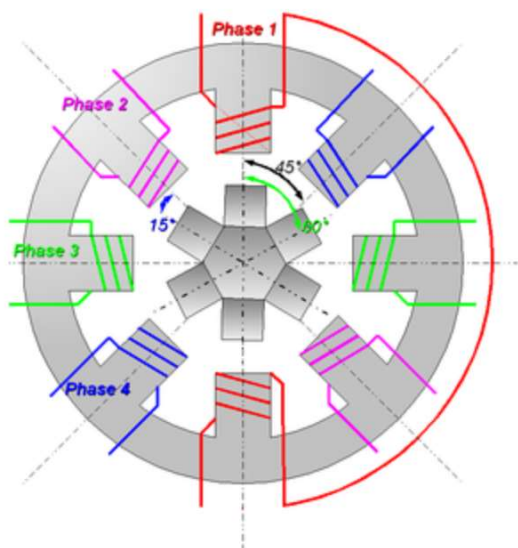
Enosmerni motor deluje tako, da se magnetno polje, ki se ustvari v tuljavi (rotor), zaradi magnetne sile poravna s poljem trajnega magneta (stator). Ker pri zasuku pride do preklopa polaritete napajanja tuljave na komutatorju, se v navitju magnetno polje ustvari v obratni smeri in ga magnetna sila zopet poravna s poljem trajnega magneta. Stator in rotor lahko vlogi zamenjata, tako da se trajni magnet kot rotor vrti v statorju z navitji, pri čemer ima vlogo komutatorja še vedno rotor.

Ker smo se morali znebiti fizične povezave med rotorjem in napajanjem, smo morali uporabiti izvedbo motorja, ki ima trajni magnet na rotorju. Enosmernih motorjev s ščerkami in trajnim magnetom v rotorju ni prav dosti. Tudi valjastega magneta, ki bi bil polariziran po obodu, nismo našli. Rešitev se nam je pokazala v koračnem motorju.

3.2 Koračni motor

Unipolarni koračni motor ima tri ali štiri navitja (stator) in vrtljivi trajni magnet (rotor). Ker se koračni motorji uporabljajo za natančna pozicioniranja, ki je odvisno od kota zasuka, ima rotor koračnega motorja več kot dva magnetna pola.

Za našo raziskovalno nalogo smo uporabili koračne motorje iz različnih odsluženi računalniških diskov.

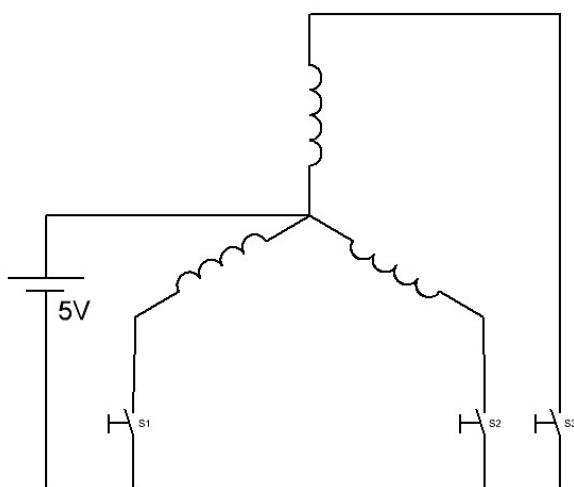


Slika 3: Princip delovanja koračnega motorja

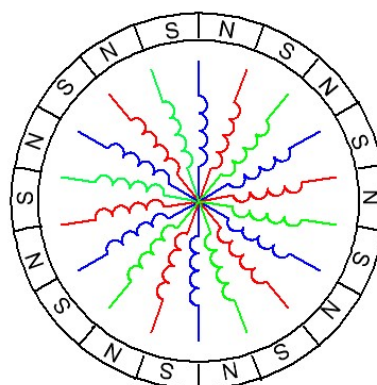


Slika 4: Koračni motor pogona 1,4" gibkega diska

Koračni motor odsluženega trdega diska (s tremi sekvenčnimi navitji) smo najprej priklopili na tri tipke in preizkusili delovanje motorja. Preizkusili smo tudi zamenjavo smeri vrtenja motorja.

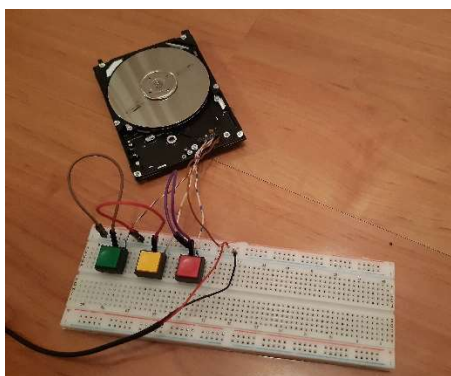


Slika 5: Priklop koračnega motorja na tri tipke



Slika 6: Koračni motor z 18-imi navitji

Rotor motorja se je ob enkratnem pritisku zasukal za kot 20° . Da se je motor obrnil za polni krog, smo morali zaporedje treh tipk pritisniti šestkrat.

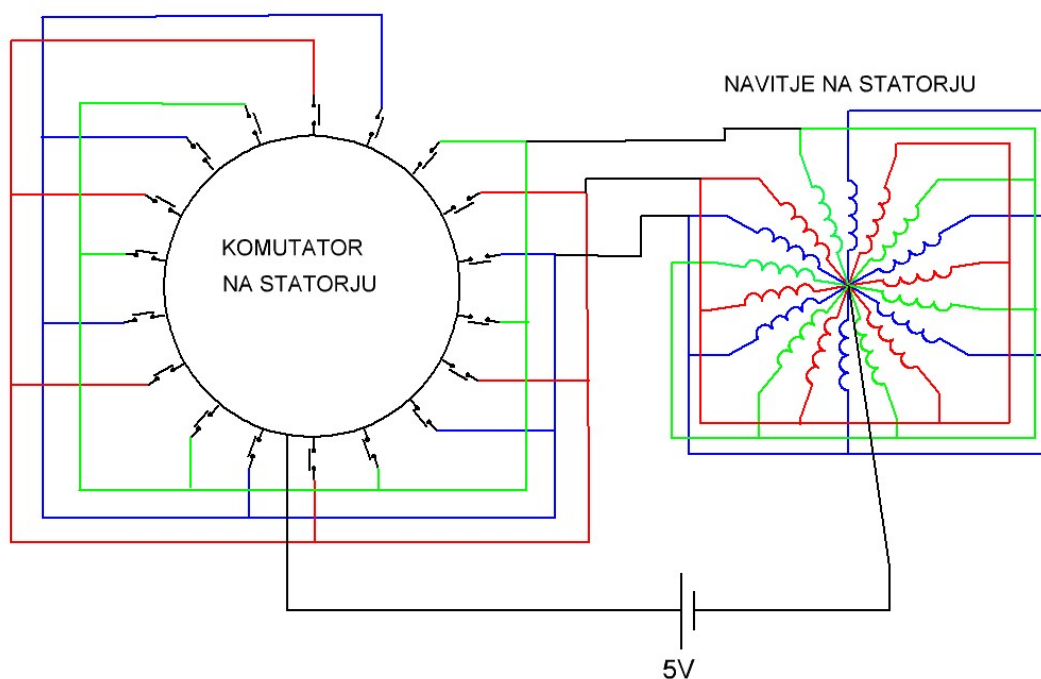


Slika 7: Koračni motor s tipkami

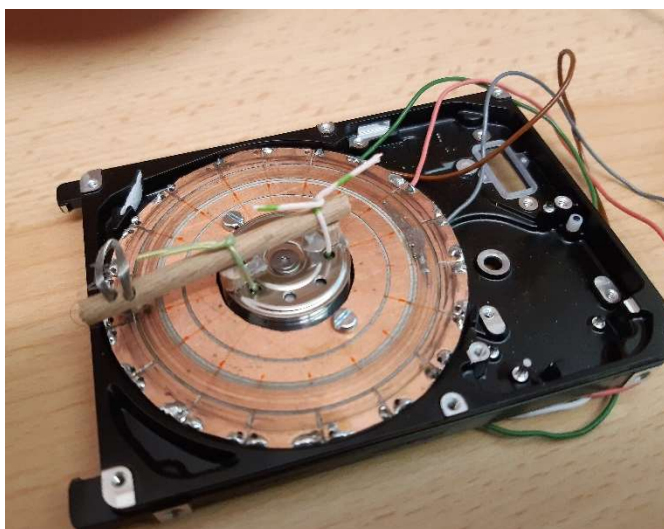
3.3 Komutator

Motorju trdega diska smo dogradili komutator. Komutator smo izdelali iz pobakrene plošče za tiskana vezja. Na rezkalniku smo izrezali dva koncentrična kroga. Drugi krog smo razdelili na osemnajst delov (20°). Vsaki tretji del smo na drugi strani plošče povezali, tako da smo dobili šest zaporedij treh kontaktov. Na vsakega od teh treh kontaktov smo priklopili po eno skupino šestih navitij, na neprekinjen krog pa smo priklopili prvi pol napajalnika. Drugi pol napajalnika smo priklopili na zvezdišče navitja. Na os rotorja smo pritrdili majhno ročico, ki smo ji na koncu naredili kontaktni ščetki.

Zaradi slabe izvedbe ščetk se je motor dobro vrtel samo v eno stran. Pri zamenjavi polaritete sta se ščetki zatikali, sicer pa je motor kazal znake, da se želi obrniti v drugo stran, kar je za naš poskus zadostovalo. Hitrost vrtenja se je prav tako pričakovano odzivala na višino napetosti.



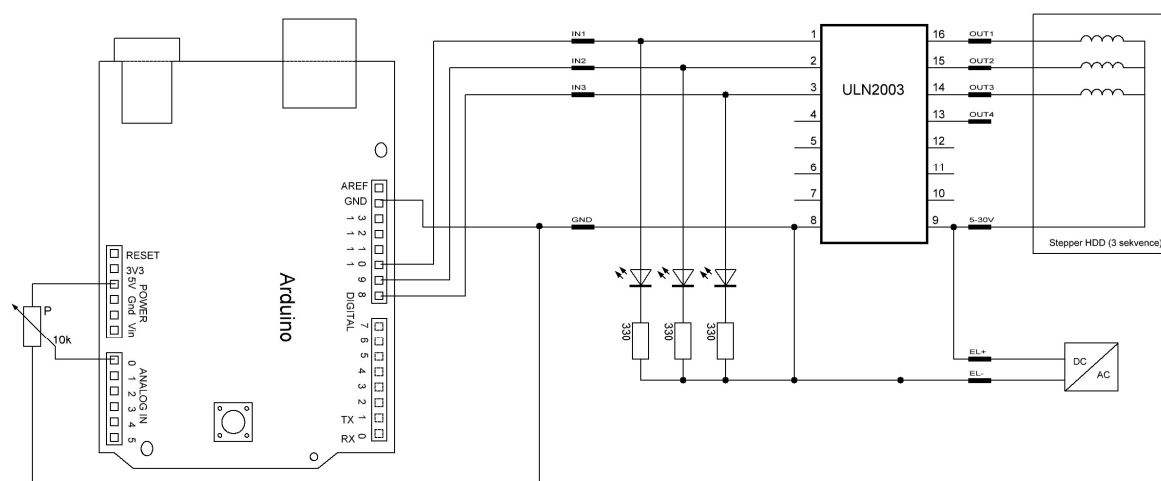
Slika 8: Komutator na 'koračnem' motorju



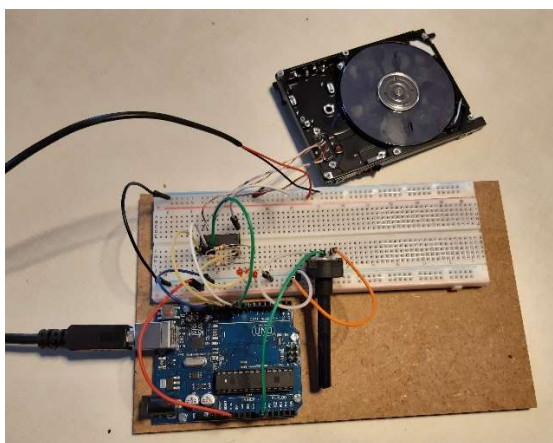
Slika 9: Motor trdega diska z dograjenim komutatorjem

3.4 Koračni motor s krmiljem

Po zgledu na medmrežju smo naš koračni motor poskusili gnati z Arduinoom. Uporabili smo integrirano vezje ULN 2003.



Slika 10: Shema priklopa motorja trdega diska na Arduino

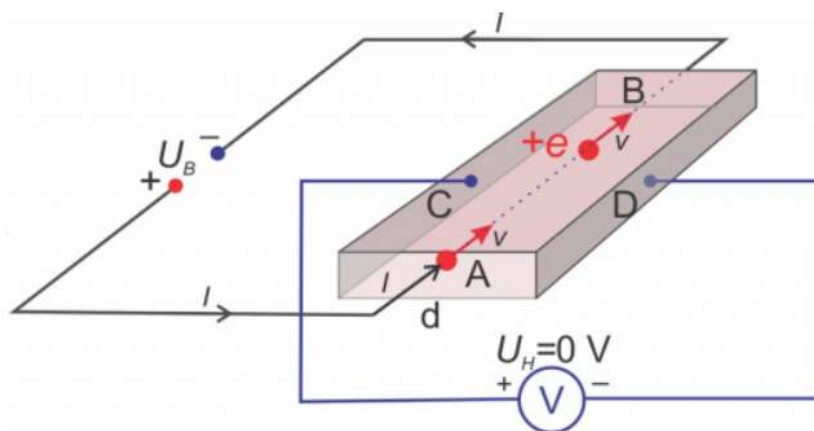


Slika 11: Preizkus delovanja motorja trdega diska s krmiljem

Hitrost vrtenja koračnega motorja je odvisna od dolžine pulza, smer vrtenja pa je odvisna od zaporedja impulzov posamezne sekvence. Motor se pri zelo kratkem impulzu ne more zagnati, zato smo dolžino impulza sprogramirali v odvisnosti od vrednosti na analognem vhodu, ki smo jo določali s potenciometrom.

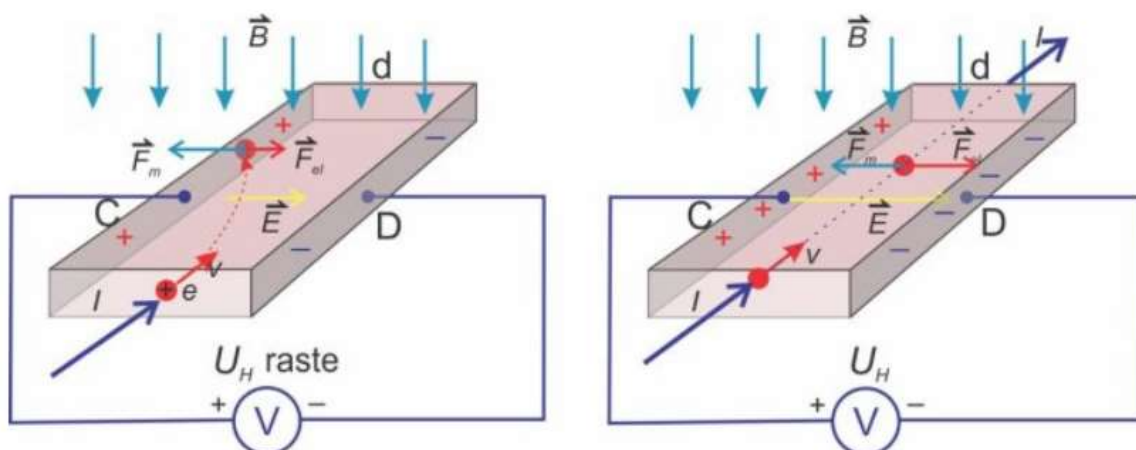
3.5 Hallov senzor

Hallov senzor je narejen na osnovi Hallovega elementa. Hallov element je polprevodniška ploščica, ki ima na dveh stranicah (C in D) priključeno enosmerno napetost, na drugih dveh stranicah (A in B) pa merimo napetost.



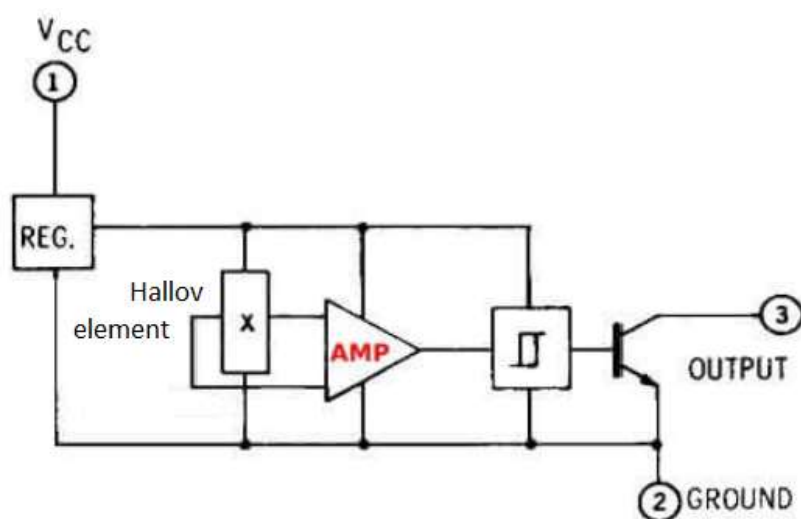
Slika 12: Hallov element

Ko Hallov element izpostavimo magnetnemu polju, se pojavi tako imenovana Hallova napetost, ki je sorazmerna z gostoto magnetnega pretoka.



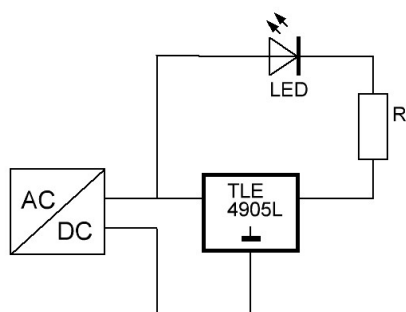
Slika 13: Hallov element v magnetnem polju

Pri izdelavi naloge smo uporabili Hallov senzor v obliki integriranega vezja, ki deluje kot tranzistorsko stikalo, občutljivo na prisotnost magnetnega polja. V vezju ima integrirano tudi histerezo (Schmittov prožilnik) in regulator napetosti.

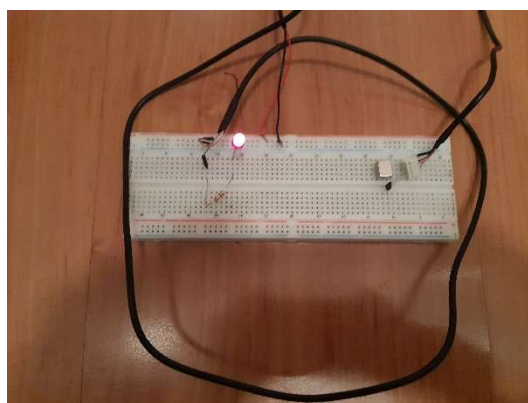


Slika 14: Shematski prikaz Hallovega senzorja

Delovanje Hallovega senzorja smo preizkusili v enostavnem vezju z LED diodo in s trajnim magnetom.



Slika 15: Shema priključitve Hallovega senzorja

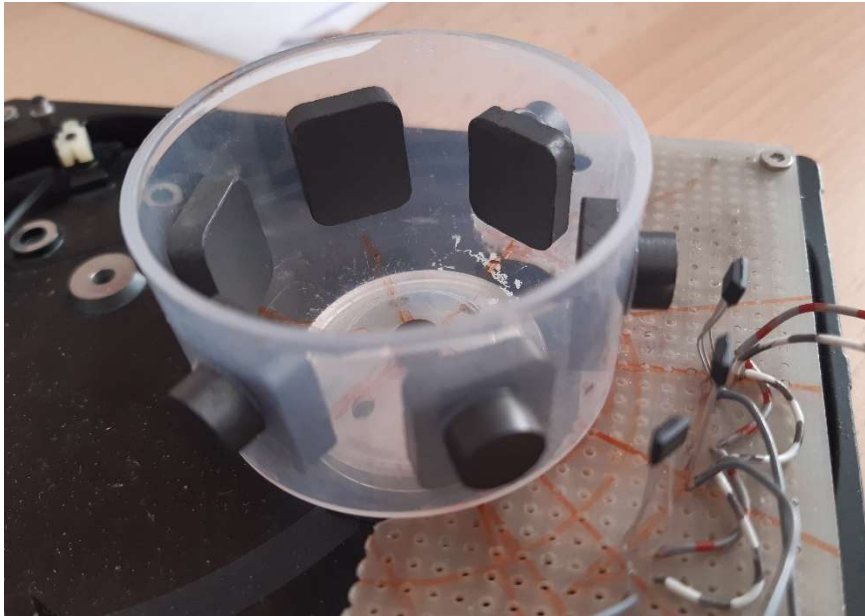


Slika 16: Prikaz preizkusa Hallovega senzorja

3.6 Motor trdega diska s Hallovim senzorjem

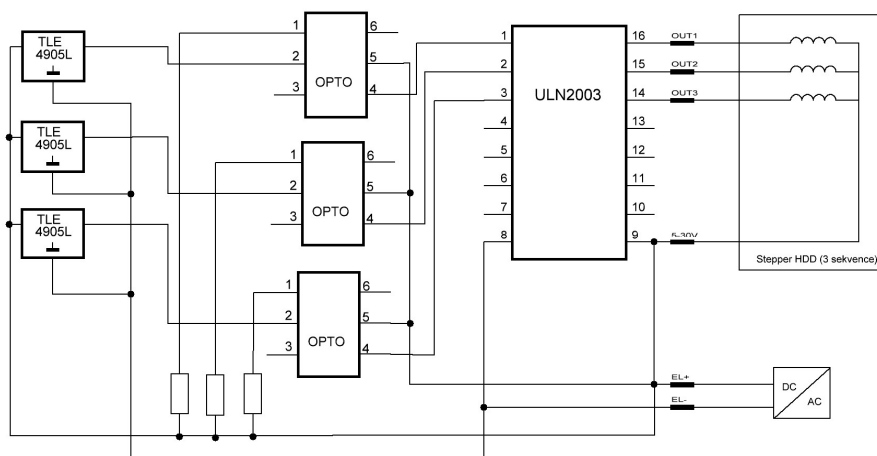
Motorju trdega diska smo najprej dogradili trajne magnete. Magnetnega polja trajnih magnetov rotorja nismo mogli izkoristiti, ker niso dosegljivi oziroma imajo magnetni oklop. Dograditi smo morali šest trajnih magnetov, razporejenih pod kotom 60°. Z vezjem iz poskusa delovanja Hallovega senzorja smo preizkusili delovanje in potrebno razdaljo namestitve Hallovega senzorja. Na ohišje nekdanjega diska smo dogradili proto perforirano ploščico, na katero smo spajkali tri Hallove senzorje. Hallove senzorje smo spajkali tako, da smo pustil čim daljše priključne nogice, ki so nam

omogočale manjšo korekcijo pozicije senzorjev. Tako priključenim senzorjem smo dodali tri LED diode, kot v preizkusu Hallovega senzorja. S korekcijo pozicij senzorjev smo dosegli, da so se ob vrtenju rotorja LED diode prižigale zaporedno in da nikoli niso gorele dve LED diodi hkrati.

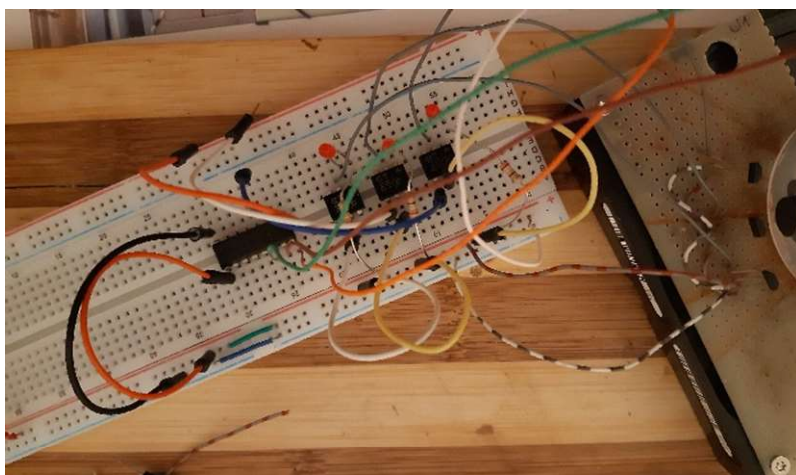


Slika 17: Komutator s trajnimi magneti in Hallovimi senzorji

Prva ideja je bila, da uporabimo kar integrirano vezje ULN2003, ki smo ga uporabili pri vezju s krmiljenjem z Arduino. Ideja se ni izkazala za dobro. Težava je bila, ker na vhodu ULN-ja potrebujemo pozitivni potencial, Hallov senzor pa prekinja negativnega (GND). Prvi preizkus smo kljub temu izvedli z integriranim vezjem ULN2003. LED diode smo nadomestili s optokoplerji.



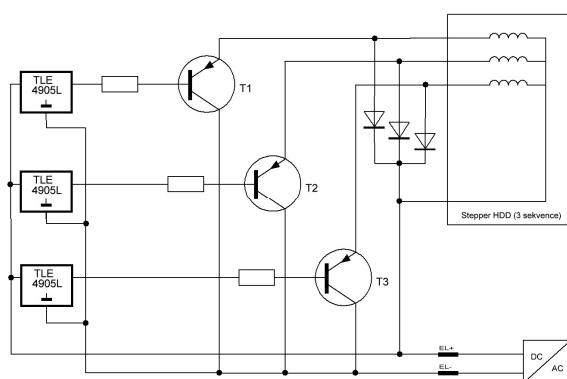
Slika 1: Shema priključitve motorja z ULN2003 in optokoplerji



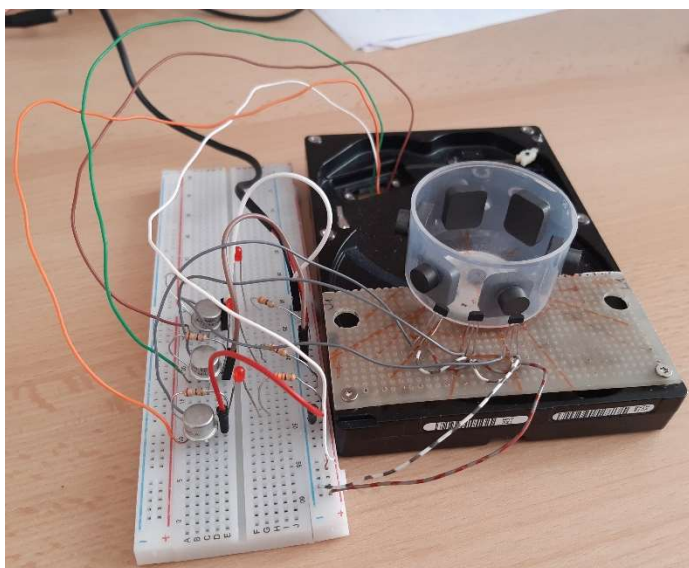
Slika 2: Preizkus delovanja motorja z ULN2003 in optokoplerji

Ob priklopu motorja na izhod integriranega vezja smo bili zelo presenečeni. Pričakovali smo težave z nastavitvijo kota trajnih magnetov, podobno kot smo jih imeli pri dograditvi komutatorja, a se je motor začel vse hitreje vrteti. Prvi poskus se je končal z razpadom konstrukcije dograjenih trajnih magnetov na rotorju. Magnetna sila med magnetoma na notranji strani in zunanji strani valja ni zdržala centrifugalne sile rotorja. V drugem poskusu smo zunanje magnetne dodatno utrdili z lepilom.

Ker se ideja z integriranim vezjem ni izšla po načrtih, smo sestavili vezje s PNP tranzistorji v stikalnem področju delovanja. Uporabili smo tranzistorje BC-161, ki so bili pri roki in so zadostili našim potrebam v času testiranja. Vezju smo dodali tudi zaščitne diode.



Slika 20: Shema priključitve motorja s PNP tranzistorji



Slika 21: Preizkus motorja s PNP tranzistorji

4 Analiza

Na enosmernem motorju nam je uspelo zamenjati komutator in ščetke s Hallovimi senzorji. Motor brez ščetk se je vrtel veliko lepše, po občutku tudi dosti hitreje, predvsem pa tišje in brez iskrenja.

Sprememba smeri vrtenja motorja s spremembo polaritete napajanja ne pride v poštev, ker je polariteta določena s polariteto vezave tranzistorjev in tudi priključitvijo Hallovega senzorja. Smer vrtenja je enostavno spremeniti s prevezavo, zamenjavo dveh navitij. Poizkus je pokazal, da se smer vrtenja spremeni samo, če zamenjamo priključek zunanjih dveh stikal. Pri zamenjavi srednjega senzorja in enega od krajnih, se motor prične vrteti slabše (trese), smer vrtenja pa se ne spremeni.

Regulacijo hitrosti z napetostjo smo lahko poskusili samo v manjšem obsegu. Omejeni smo bili navzdol z minimalno napetostjo delovanja Hallovega senzorja (4,5V) in navzgor z nazivno napetostjo motorja, predvsem pa s slabo konstrukcijo motorja oziroma dograjenih trajnih magnetov.

Izvedba dograjenih komutatorjev, predvsem tistega s ščerkami, nam ni dovoljevala, da bi naredili primerjavo navorov obeh motorjev, kar smo imeli med cilji naloge in nam ostaja kot bodoči izziv.

5 Zaključek

Z nalogo smo dosegli osnovne zastavljene cilje. Naloga je bila za nas precej težka, ker vsebuje za nas veliko, do sedaj še nepoznatih, teorij in elementov. Prav tako pa nam je odkrila zadovoljstvo pri odkrivanju novih znanj.

Poseben problem je za nas predstavljala predvsem mehanska izdelava ali predelava motorjev, s katero do sedaj praktično nismo imeli nobene izkušnje.

Pri izdelavi naloge smo se srečali tudi s prednostmi in težavami timskega dela, kar je pri takem delu še prav posebna izkušnja.

6 Zahvala mentorjema

Zahvaljujemo se mentorjema Bojanu Vukoviću in Igorju Žagarju za pomoč pri izdelavi raziskovalne naloge in dobre nasvete.

7 Gradivo

1. Vanja Ambrožič: Mehatronika – motorji (pdf gradivo)
http://lrmfe.fe.uni-lj.si/lrmfe/slo/meha_sist/Mehatronski%20sistemi_motorji.pdf
2. openProf: Magnetna sila na električne delce (internetna stran)
https://si.openprof.com/wb/magnetna_sila_na_elektri%C4%8Dne_delce?ch=208
3. Lewis Loflin: Introduction Hall Effect Switches Sensors Circuits Tutorial (internetna stran)
http://www.bristolwatch.com/hall_effect/index.htm