Kontrola motora

Projekti za Arduino
i
Raspberry Pi Zero W

Dogan Ibrahim

Agencija Eho
www.infoelektronika.net

Sva prava zadržana. Nijedan deo ove knjige ne sme biti reprodukovan u bilo kom materijalnom obliku, uključujući fotokopiranje ili slučajno ili nenamerno smeštanje na bilo koji elektronski medijum sa ili uz pomoć bilo kog elektronskog sredstva, bez pismenog odobrenja nosioca autorskih prava osim u skladu sa odredbama zakona o autorskim pravima, dizajnu i patentima iz 1988. godine ili pod uslovima izdatim od Copyright Licensing Agency Ltd, 90 Tottenham Court Road, London, England W1P 9HE. Prijave za pismene dozvole radi štampanja bilo kog dela ove publikacije upućuje se izdavaču ove knjige. Izdavač je uložio najveće napore da bi se obezbedila tačnost informacije sadržanih u ovoj knjizi. Izdavač ne može da pretpostavi neprijatnosti i ovom izjavom isključuje bilo kakvu odgovornost za bilo koju stranku koja bi imala gubitke ili štetu uzrokovanu greškama ili propustima u ovoj knjizi, bez obzira da li su greške ili propusti nastali usled nemara, nezgode ili bilo kog drugog razloga.

ISBN 978-86-80134-13-0

Naslov originala: Motor Control
Izdavač originala: Elektor International Media B.V.
Autor: Dogan Ibrahim
Prevod: Biljana Tešić

Izdavač i štampa: Agencija Eho
e-mail: redakcija@infoelektronika.net

SADRŽAJ 5

PREDGOVOR 13

POGLAVLJE 1 • ELEKTROMOTORI.....15

1.1 Pregled.....15
1.2 Tipovi elektromotora 15
1.3 Brušeni DC motori.....16
1.3.1 BDC motor sa permanentnim magnetima 18
1.3.2 Serijski BDC motori 19
1.3.3 Paralelni BDC motori.....19
1.3.4 Složeni BDC motori 20
1.3.5 BDC motori sa nezavisnom pobudom 20
1.3.6 Servo motori 21
1.3.7 Koračni motori.....22
1.4 DC motori bez četkica.....23
1.5 Izbor motora 23
1.5.1 Obrtni moment 24
1.5.2 BRZINA.....25
1.5.3 Preciznost 25
1.5.4 Radni napon 25
1.5.5 Cena 26
1.5.6 Fizička veličina i težina.....26
1.6 Funkcija prenosa brušenog DC motora 26
1.7 Obrtni moment – karakteristike brzine 29
1.8 Rezime 29

POGLAVLJE 2 • JEDNOSTAVNI PROJEKTI DC MOTORA.....30

2.1 Pregled.....30
2.2 PROJEKAT 1 - Kontrola uključivanja/isključivanja motora.....30
2.2.1 Blok dijagram 30
2.2.2 Električna šema – Arduino Uno 30
2.2.3 Električna šema – Raspberry Pi 32
2.2.4 Listing programa – Arduino Uno 33
2.2.5 Listing programa – Raspberry Pi.....34
2.2.6 Upotreba MOSFET tranzistora 35
2.2.7 Upotreba releja.....36

2.3 Projekat 2 – Kontrola brzine motora sa dve brzine 37
2.3.1 Blok dijagram 38
2.3.2 Električna šema – Arduino Uno 39
2.3.3 Električna šema – Raspberry Pi 40
2.3.4 Listing programa – Arduino Uno 42
2.3.5 Listing programa – Raspberry Pi 44
2.4 Projekat 3 – Menjanje brzine motora 46
2.4.1 Blok dijagram 46
2.4.2 Električna šema – Arduino Uno 46
2.4.2 Električna šema – Raspberry Pi 47
2.4.4 Listing programa – Arduino Uno 49
2.4.5 Listing programa – Raspberry Pi 50
2.5 Projekat 4 - Menjanje smera rotacije motora 54
2.5.1 Blok dijagram 54
2.5.2 Električna šema – Arduino Uno 57
2.5.3 Električna šema – Raspberry Pi 58
2.5.4 Listing programa – Arduino Uno 59
2.5.5 Listing programa – Raspberry Pi 61
2.6 Projekat 5 - Upotreba integrisanog kola H mosta 63
2.6.1 Blok dijagram 63
2.6.2 Električna šema - Arduino Uno 64
2.6.3 Električna šema - Raspberry Pi 65
2.6.4 Listing programa - Arduino Uno 66
2.6.5 Listing programa - Raspberry Pi 68
2.7 Projekat 6 – Kontrola brzine motora i smera rotacije motora pomoću integrisanog kola H mosta 70
2.7.1 Blok dijagram 70
2.7.2 Električna šema - Arduino Uno 72
2.7.3 Električna šema – Raspberry Pi 73
2.7.4 Listing programa – Arduino Uno 74
2.7.5 Listing programa – Raspberry Pi 76
2.8 Projekat 7 – Upotreba rotacionog enkodera – prikaz brzine motora (Arduino Uno) 78
2.8.1 Blok dijagram 78
2.8.2. Električna šema 80
2.8.3 Listing programa 81

2.9 Projekat 8 – Prikaz brzine motora na LCD-u (Arduino Uno) 83
2.9.1 Blok dijagram 84
2.9.2 Električna šema 84
2.9.3 Listing programa 85
2.10 Projekat 9 - Identifikacija DC motora (Arduino Uno).....89
2.10.1 Blok dijagram 89
2.10.2 Električna šema 89
2.10.3 Listing programa 89
2.11 Projekat 10 – Kontrola brzine zatvorene petlje DC motora pomoću PID-a.....92
2.11.1 Blok dijagram 92
2.11.2 Električna šema 92
2.11.3 Listing programa 93
2.12 Projekat 11 – Upotreba rotacionog enkodera – prikaz brzine motora (Raspberry Pi Zero W) 97
2.12.1 Blok dijagram 97
2.12.2 Električna šema 98
2.12.3 Listing programa 99
2.13 Projekat 12 - Prikaz brzine motora na LCD-u (Raspberry Pi Zero W) 101
2.13.1 Blok dijagram 101
2.13.2 Električna šema.....101
2.13.3 Listing programa 102
2.14 Projekat 13 – Korišćenje prekida tajmera za izračunavanje brzine motora (Arduino Uno) 106
2.14.1 Blok dijagram 106
2.14.2 Električna šema.....106
2.8.3 Listing programa 106
2.15 Projekat 14 – Osnovna kontrola mobilnog robota (Arduino Uno) 109
2.15.1 Blok dijagram 110
2.15.2 Električna šema.....112
2.15.3 Listing programa 113
2.16 Projekat 15 – Robot koji izbegava prepreke (Arduino Uno) 117
2.16.1 Blok dijagram 117
2.16.2 Električna šema.....117
2.16.3 Listing programa 120
2.17 Projekat 16 – Robot koji prati liniju (Arduino Uno) 123

2.17.1 Blok dijagram 123
2.17.2 Električna šema.....125
2.17.3 Listing programa 127
2.18 Projekat 17 - Osnovna kontrola mobilnog robota (Raspberry Pi Zero W) 131
2.18.1 Blok dijagram 131
2.18.2 Električna šema.....132
2.18.3 Listing programa 133
2.19 Projekat 18 –Robot koji izbegava prepreke (Raspberry Pi Zero W).....137
2.19.1 Blok dijagram 138
2.19.2 Električna šema.....138
2.19.3 Listing programa 139
2.2 Zaključak.....143
POGLAVLJE 3 • JEDNOSTAVNI PROJEKTI KORAČNIH MOTORA.....144
3.1 Pregled.....144
3.1.1 Unipolarni koračni motori 144
3.1.2 Bipolarni koračni motori 145
3.1.3 Brzina koračnog motora 146
3.1.4 Kretanje vratila motora 146
3.1.5 Vreme rotiranja motora.....146
3.2 Projekat 1 – Kontrola jednostavnog koračnog motora.....147
3.2.1 Blok dijagram 147
3.2.2 Električna šema (Arduino Uno) 148
3.2.3 Električna šema (Raspberry Pi Zero W).....149
3.2.4 Rad koračnog motora.....150
Puno-koračni režim.....150
Polu-koračni režim.....151
3.2.5 Listing programa (Arduino Uno).....151
Puno-koračni režim (bez biblioteke) 151
Polu-koračni režim.....154
Puno-koračni režim (bez biblioteke) 157
3.2.6 Listing programa (Raspberry Pi Zero W) 159
3.3 Projekat 2 – Termometar sa biračem 161
3.3.1 Blok dijagram 162
3.3.2 Električna šema (Arduino Uno) 163
3.3.3. Električna šema (Raspberry Pi).....164

3.3.4 Listing programa (Arduino Uno).....164
3.3.5 Listing programa (Raspberry Pi Zero W) 167
3.4 Rezime 171

PROJEKAT 4 • JEDNOSTAVNI PROJEKTI SERVO MOTORA 172

4.1 Pregled.....172
4.2 Projekat 1 – Osnovna kontrola servo motora (Arduino Uno) 172
4.2.1 Blok dijagram 173
4.2.2 Električna šema 173
4.2.3 Listing programa 174
4.3 Projekat 2 – Kontrola servo motora pomoću potenciometra (Arduino Uno).....176
4.3.1 Blok dijagram 177
4.3.2 Električna šema 177
4.3.3 Listing programa 177
4.4 Projekat 3 - Osnovna kontrola servo motora (Raspberry Pi Zero W) 179
4.4.1 Blok dijagram 179
4.4.2 Električna šema 179
4.2.3 Listing programa 180
4.5 Projekat 4 – Kretanje vratila motora pod datim uglom (Raspberry Pi Zero W).....183
4.5.1 Listing programa 183
4.6 Rezime 185

POGLAVLJE 5 • KONTROLA ROBOTA POMOĆU BLUETOOTH VEZE NA ARDUINU 186

5.1 Pregled.....186
5.2 Projekat 1 – Daljinska kontrola robota zasnovana na Bluetooth-u 186
5.2.1 Blok dijagram 186
5.2.2 Električna šema 187
5.2.3 Aplikacije na Android mobilnom telefonu.....188
5.2.4 Uparivanje modula HC-06.....189
5.2.5 Kontrolisanje robota 190
5.2.6 Listing programa 192
5.3 Rezime 198

POGLAVLJE 6 • KONTROLA ROBOTA POMOĆU WI-FI VEZE NA ARDUINU.....199

6.1 Pregled.....199
6.2 Projekat 1 – Daljinska kontrola zasnovana na Wi-Fi vezi 199
6.2.1 Blok dijagram 199

6.2.2 Električna šema 200
6.2.3 UDP ili TCP? 202
6.2.4 Aplikacije na Android mobilnom telefonu 202
6.2.5 Kontrola robota 203
6.2.6 Listing programa 204
6.3 Rezime 211

POGLAVLJE 7 • KONTROLA ROBOTA POMOĆU WI-FI VEZE NA RASPBERRY PI ZERO 212

7.1 Pregled 212
7.2 Projekat 1 – Daljinska kontrola motora zasnovana na Wi-Fi vezi 212
7.2.1 Blok dijagram 212
7.2.2 Električna šema 212
7.2.3 Listing programa 213
7.3 Rezime 220

POGLAVLJE 8 • KONTROLA ROBOTA POMOĆU BLUETOOTH-A NA RASPBERRY PI ZERO 221

8.1 Pregled 221
8.2 Projekat 1 – Daljinska kontrola motora zasnovana na Bluetooth-u 221
8.2.1 Blok dijagram 221
8.2.2 Električna šema 221
8.2.3 Omogućavanje Bluetooth-a na Raspberry Pi Zero W 221
Pomoću grafičkog desktopa 221
Pomoću komandnog režima 222
8.2.4 Python Bluetooth biblioteka 224
8.2.5 Pristup sa mobilnog telefona 224
8.2.5 Listing programa 224
8.3 Rezime 230

DODATAK A • RASPBERRY PI ZERO W 231

A.1 Hardver 231
A.2 Podešavanje ploče Raspberry Pi Zero W RPi ZW 232
A.3 Instaliranje operativnog sistema na SD karticu 232
A.4 Napajanje ploče Raspberry Pi Zero W 235
A.5 Podešavanje WiFi veze i daljinskog pristupa 237
Podešavanje WiFi veze 237
Daljinski pristup 238
A.6 Isključivanje ili ponovno pokretanje u GUI režimu 242

A.7 Daljinski pristup desktopu 243
A.8 Omogućavanje Bluetooth-a 245
A.9 Kreiranje i pokretanje Python programa 246
Metoda 2 – Kreiranje Python datoteke u komandnom režimu 246
Koju metodu izabrati? 248
A.10 Biblioteka GPIO 248
A.10.1 Numerisanje pinova 248
A.10. 2 Konfiguracija kanala (I/O pinova porta) 249
Konfiguracija ulaza 249
Konfiguracija izlaza 251
DODATAK B • LISTA KOMPONENATA 252
DODATAK C • ŠEMA PINOVA NA ARDUINO UNO-U 253
DODATAK D • ŠEMA PINOVA NA RASPBERRY PI ZERO W 254
DODATAK E • KORIŠĆENJE BIBLIOTEKE GPIOZERO 255

PREDGOVOR

Arduino je platforma koja se verovatno najčešće koristi za razvoj projekata zasnovanim na mikrokontroleru. Koriste je studenti širom sveta, hobisti elektronike i svi koji su zainteresovani za razvoj projekata zasnovanim na mikrokontroleru. Jedna od snažnih karakteristika Arduina je to što je računarski hardver otvorenog koda i zbog toga ga podržava veliki broj programera i grupa. Arduino hardver se zasniva na popularnim procesorima Atmel AVR i ARM Cortex. Ploče su opremljene kompletima analognih i digitalnih ulazno-izlaznih pinova, koji mogu da se povežu sa različitim spoljnim uređajima za praćenje i kontrolu. Arduino programi se najčešće razvijaju pomoću integrisanog razvojnog okruženja (IDE), koje koristi dijalekt funkcija iz C i C++ programskih jezika.

Raspberry Pi Zero W je najnoviji jeftini član porodice Raspberry Pi računara sa jednom pločom, koji proširuje osnovne funkcije porodice dodatnim bežičnim LAN i Bluetooth vezama. Ovo je mala ploča koja košta oko 15 dolara i sadrži jednojezgarni procesor BCM2835 od 1GHz, RAM i bežični čip koji podržava 2.4 GHz Wi-Fi 802.11n i Bluetooth 4.0. Raspberry Pi Zero W koristi operativni sistem Rasbian Linux distribucije, koji je dizajniran posebno za Pi. Ploča sadrži veliki broj ulazno-izlaznih portova i podržava različite periferne protokole, kao što su I2C, SPI, UART i tako dalje. Procesor može da se programira pomoću veoma popularnog programskog jezika Python.

U ovoj knjizi razmatramo DC elektromotore i njihovu upotrebu u projektima zasnovanim na pločama Arduino i Raspberry Pi Zero W. U knjizi je dat veliki broj testiranih i radnih projekata za kontrolu standardnih DC motora u realnom vremenu, koračnih motora i servo motora, kao i mobilnih robota.

Jedna od zanimljivih i snažnih karakteristika ove knjige je ta što sadrži veliki broj kompletnih projekata daljinske kontrole mobilnih robota sa mobilnih uređaja pomoću Arduino Uno i Raspberry Pi Zero W kao procesora kontrolera. Ovi projekti su razvijeni pomoću Wi-Fi i Bluetooth veze.

Nadam se da će vam se knjiga svideti i da će biti korisna za vaš sledeći projekat kontrole motora ili robota.

Prof. dr Dogan Ibrahim

London, 2017.

Poglavlje 1 • Elektromotori

1.1 Pregled

U ovom poglavlju ćemo videti tipove elektromotora i njihove osnovne principe rada, tačnije DC motore koji se obično koriste u sistemima zasnovanim na mikrokontrolerima, kao što su roboti, fabrička automatizacija, kontrola u kućama i industriji i tako dalje.

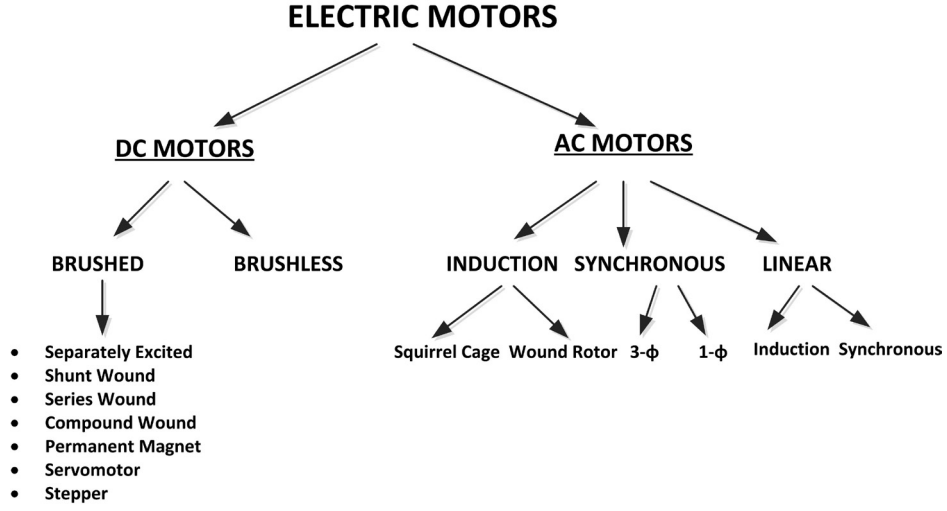
1.2 Tipovi elektromotora

Elektromotor je električna mašina koja pretvara električnu energiju u mehaničku energiju u obliku linearnih ili rotacionih kretanja (ili obrtnog momenta). Elektromotori rade na principu magnetnih polja u kojima se generiše sila između magnetnog polja motora i struje koja prolazi kroz namotaje, a ta sila prouzrokuje linearna ili rotaciona kretanja.

Elektromotori su klasifikovani u dve kategorije na sledeći način:

- AC motori
- DC motori

U okviru ovih kategorija postoje važne podele tipova motora, koje su prikazane na slici 1.1.



Slika 1.1 – Tipovi elektromotora

Motori na naizmeničnu struju (AC) se obično ne koriste u robotici, zato što se većina robota napaja pomoću baterija koje imaju jednosmerni napon. AC motori se uglavnom koriste u aplikacijama industrijske automatizacije za koje su potrebni veoma veliki obrtni momenti, kao što su trake, kranovi i tako dalje.

U ovoj knjizi nas zanimaju samo sledeći tipovi DC elektromotora:

- Brušeni DC motori
- DC servo motori
- DC koračni motori

Prednosti brušenih DC motora su sledeće:

- Jeftini su.
- Rade sa niskim jednosmernim naponima.
- Nisu veliki.
- Njihova brzina se lako kontroliše.
- Dostupni su u svim veličinama.
- Imaju dobre karakteristike brzine obrtnog momenta.

Nedostaci brušenih DC motora su sledeći:

- Četkice u brušenim DC motorima mogu da se istroše i potrebno ih je zameniti.
- Četkice generišu električne varnice koje mogu da se zapale ili eksplodiraju u određenim okruženjima.
- Četkice generišu RF buku koja može da ometa elektronsku opremu u blizini, kao što su televizori, radio uređaji itd.
- DC motori profesionalnog kvaliteta su skupi.

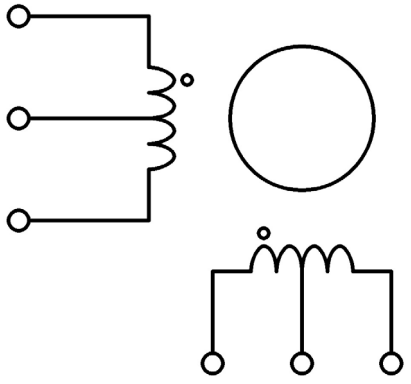
1.3 Brušeni DC motori

Brušeni DC motori obično imaju dva terminala i kada se napon primeni na ova dva terminala motor se okreće proporcionalno. Brušeni DC motori (BDC) se najčešće koriste u većini elektronskih igračaka i u drugim jeftinim motornim aplikacijama (slika 1.2). Oni su veoma jeftini, jednostavni za pokretanje i dostupni su u mnogim veličinama i oblicima, sa i bez prenosnog mehanizma. Za razliku od drugih tipova motora (npr. DC motora bez četkica i AC motora), u brušenim DC motorima nije potreban kontroler za prebacivanje struje u namotajima motora. Kao što je prikazano na slici 1.3, svi BDC motori sadrže:

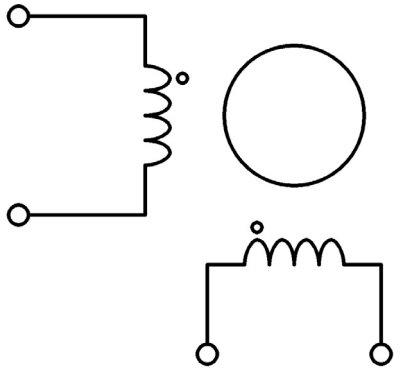
- stator
- rotor
- četkice i komutator



Slika 1.2 – Mali brušeni DC motor



Slika 1.14 – Električna šema unipolarnog koračnog motora



Slika 1.5 – Električna šema bipolarnog koračnog motora

1.4 DC motori bez četkica

U DC motoru bez četkica (BLDC) rotor je permanentni magnet, a stator ima namotaje. Ovo je u osnovi slično izvrnutom brušenom DC motoru. U DC motoru bez četkica nema četkica ni komutatora i zbog toga ovi motori traju duže i zahtevaju malo ili nikakvo održavanje. Osim toga, motori bez četkica ne generišu električne varnice i zato su čistiji, manje bučni i pouzdaniji. Nedostatak ovih motora je u tome što su skuplji. Sekvenca napona koji je primenjen na namotaje statora zamenjuje funkciju komutatora i pokreće motor. Kontrola DC motora bez četkica se veoma razlikuje od kontrole običnih brušenih DC motora, jer zahteva senzore za detekciju ugaonog položaja rotora pre primene impulsa napona. Kontrola brzine DC motora bez četkica se postiže pomoću modula za elektronsku kontrolu brzine (ESC).

1.5 Izbor motora

Izbor elektromotora koji ćete upotrebiti je važan zadatak prilikom dizajniranja mobilnog robota ili bilo kojeg drugog električnog automobila. Neke od važnih specifikacija motora koje treba da razmotrite prilikom izbora su sledeće:

- obrtni moment
- brzina
- preciznost
- radni napon
- cena
- fizička veličina i težina

1.5.1 Obrtni moment

Obrtni moment omogućava okretanje električnog motora. Što je veći obrtni moment, to je veća snaga motora dok okreće objekat. Obrtni moment je sličan sili, ali to je sila okretanja (ili uvijanja), a ne linearna sila. Obrtni moment se izračunava množenjem sile primenjene na objekat sa vertikalnim rastojanjem od tačke obrtanja do tačke na kojoj se primenjuje sila. Jednostavan primer je guranje vrata da biste ih otvorili. Primenjena sila prouzrokuje rotiranje vrata oko šarki (tačke obrtanja). Što ste bliže šarkama, to ćete teže otvoriti vrata, zato što primenjujete mali obrtni moment. SI jedinica za obrtni moment je njutn-metar, ili skraćeno Nm.

Obrtni moment koji je potreban za pokretanje točkova robota (ili električnog automobila) zavisi od sledećih faktora:

- otpora kotrljanja
- dinamičkog otpora
- sile ubrzanja
- Otpor kotrljanja

Otpor kotrljanja se javlja kao rezultat okretanja točkova i zavisi od tipa površine na kojoj su točkovi. Otpor kotrljanja se može izračunati na sledeći način:

$$R = W \times C_r$$

i

$$W = m \times g$$

Gde je **W** bruto težina vozila, **m** je masa vozila, **g** je ubrzanje usled gravitacije (9,81 m/s^2), a **Cr** je koeficijent otpora pri kotrljanju, koji je dat u tabeli 1.1 za neke uobičajene površine.

POVRŠINA	OTPOR KOTRLJANJA
Beton	0,010
Asfalt	0,012
Sneg (5 cm)	0,025
Blato (čvrsto)	0,037
Blato (meko)	0,150
Trava (čvrsto)	0,055
Pesak (čvrsto)	0,06

Tabela 1.1 – Otpor kotrljanja za neke površine

Dinamički otpor

Dinamički otpor je važan kada se točkovi kreću na površinu pod nagibom. Dinamički otpor se dobija pomoću sledeće formule:

$$S = W \times \sin \varphi$$

Gde je **φ** ugao nagiba površine. Za ravne površine je φ = 0 i zato nema dinamičkog otpora.

Sila ubrzanja

Sila ubrzanja pomaže vozilu da dostigne unapred definisanu brzinu iz mirovanja u određenom vremenskom periodu. Sila ubrzanja se dobija pomoću sledeće formule:

$$A = m \times a \text{ ili } A = W \times a / g$$

Gde je **a** potrebno ubrzanje, **m** je masa vozila, a **W** je bruto težina vozila kao i ranije.

Ukupan potrebni obrtni moment može zatim da se izračuna na sledeći način:

$$T = R + S + A$$

1.5.2 Brzina

Potrebnu brzinu je lakše proceniti, jer zavisi od toga koliko brzo želimo da se robot kreće. DC motori obično rade pri brzinama od hiljadu obrtaja u minuti sa veoma niskim obrtnim momentom. U praktičnim primenama treba da koristimo prenosni mehanizam između vratila motora i stvarnog točka. Rezultujuća brzina motora sa prenosnim mehanizmom se dobija na sledeći način:

Rezultujuća brzina = stvarna brzina / prenosni odnos

1.5.3 Preciznost

Preciznost zavisi od toga da li se motor koristi za kontrolu brzine ili za kontrolu položaja. U aplikacijama za kontrolu brzine želimo da brzina motora ostane ista, čak i ako je na vratilo motora primenjeno opterećenje. U aplikacijama za kontrolu položaja želimo da se vratilo motora rotira određeno vreme i zatim da stane. Precizna kontrola motora se obično dobija pomoću zatvorene petlje na kojoj se koristi senzor povratne sprege koji očitava trenutnu brzinu položaja motora. Uz pomoć tih povratnih informacija greška između željene vrednosti i stvarne izmerene vrednosti se eliminiše ili smanjuje.

1.5.4 Radni napon

Radni napon je takođe važan faktor prilikom izbora motora. Elektromotori koji se najčešće koriste u igračkama i robotima su brušeni DC motori koji rade pomoću baterija. U principu, rezultat većeg napona je veća brzina motora, ali za to je potrebno više baterija. Upotreba više baterija će vozilo učiniti težim i takođe troškovi baterija će biti veći. U DC motorima se obično koriste naponi od 3, 5, 12 i 24 volti. Važno je znati da namotaji motora mogu da se oštete ako se na motor primeni veći napon od apsolutnog maksimalnog napona. Slično tome, motor se neće pokrenuti ako je primenjeni napon niži od minimalnog radnog napona.

1.5.5 Cena

Cena motora je važna kada se koriste u robotici. Jeftini motori obično nisu visokog kvaliteta i četkice treba često menjati. Takvi motori mogu samo da se koriste u amaterskim primenama. Treba birati između željenog kvaliteta i cene.

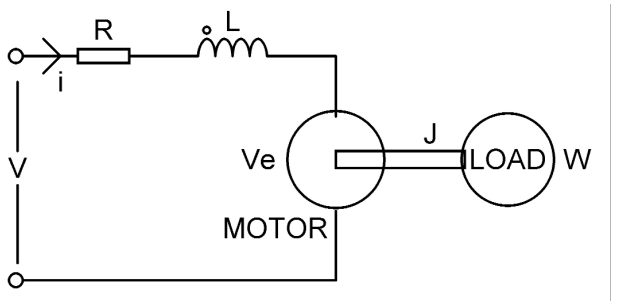
1.5.6 Fizička veličina i težina

Dostupno je mnogo različitih oblika, veličina i težina elektromotora. Ako se motor koristi na robotskom vozilu, onda je važno izabrati motor male težine i što manje veličine. Lakša vozila se mogu kretati pomoću manjeg obrtnog momenta, a to smanjuje ukupne troškove projekta.

1.6 Funkcija prenosa brušenog DC motora

Funkcija prenosa sistema je odnos izlaza-ulaza, predstavljen pomoću Laplasove transformacije. Važno je da znate funkciju prenosa sistema da biste mogli da primenite povratne informacije radi kontrole zatvorene petlje. U ovom odeljku ćemo da izvedemo funkciju prenosa za DC motor sa permanentnim magnetima (ili DC motor sa nezavisnom pobudom), koji je jedan od najčešće korišćenih motora u robotici.

Na slici 1.16 prikazana je električna šema motora gde je R (u omima) otpor, L (u henrijevima) induktivnost namotaja motora, V (u voltima) je primenjeni jednosmerni napon, J (u Kg.m2/s2) je inercijalno opterećenje koje je priključeno na motor, a V (u voltima) je elektromotorna sila (EMF) motora.



Slika 1.6 – DC motor sa permanetnim magnetima

Obrtni moment koji generiše motor je proporcionalan struji koja prolazi kroz namotaje motora i može da se napiše na sledeći način:

$$T = K_T i$$

Gde je K_T konstanta obrtnog momenta motora, a i (u amperima) je struja (1.1)

EMF je proporcionalan ugaonoj brzini motora W (rad/s) i dobija se pomoću formule:

$$V_e = K_E W \quad (1.2)$$

Obratite pažnju na formulu $W = d\Theta/dt$ gde je Θ ugao za koji se motor okreće (u radijanima). KE je konstanta emf motora.

Pomoću Kirhofovog zakona možemo da napišemo sledeću jednačinu struje motora:

$$V - V_e = Ri + L\, di/dt \quad (1.3)$$

Poglavlje 2 • Jednostavni projekti DC motora

2.1 Pregled

U ovom poglavlju su objašnjeni jednostavni projekti DC motora. U svim projektima u ovom poglavlju ćemo koristiti male brušene DC motore sa permanentnim magnetima na Arduino UNO i Raspberry Pi Zero W razvojnim pločama. Arduino programi će biti razvijeni pomoću Arduino IDE-a, a Raspberry PI program pomoću programskog jezika Python.

Projekti će biti opisani gde god je to moguće tako što će za svaki program biti dato sledeće:

- Naslov projekta i kratak opis
- Blok dijagram
- Električna šema (Arduino Uno i Raspberry Pi)
- Konstrukcija projekta
- Listinzi programa (Arduino Uno i Raspberry Pi)
- Predlozi (gde je to moguće)

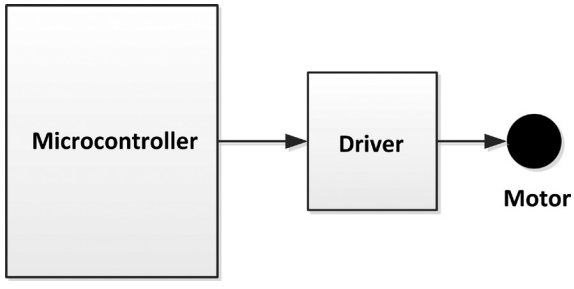
U ovom poglavlju će se termin mikrokontroler odnositi na razvojne ploče Arduino UNO i Raspberry Pi Zero W.

2.2 PROJEKAT 1 - Kontrola uključivanja/isključivanja motora

Ovo je veoma jednostavan projekat u kome mali brušeni DC motor može da radi sa 3 – 6 V priključenim na mikrokontroler putem drajvera tranzistora. Motor se uključuje 10 sekundi, a zatim se isključuje 5 sekundi. Ovaj proces se ponavlja sve dok se ručno ne zaustavi. Cilj je da u ovom projektu prikažemo kako DC brušeni motor može da se poveže sa mikrokontrolerom i da radi pomoću njega.

2.2.1 Blok dijagram

Na slici 2.1 prikazan je blok dijagram projekta. Jedan od izlaznih portova mikrokontrolera je povezan sa motorom putem drajvera tranzistora.

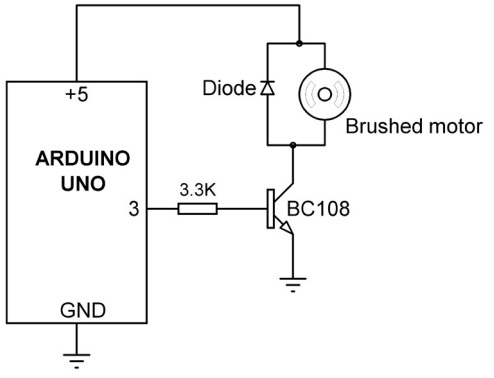


Slika 2.1 – Blok dijagram projekta

2.2.2 Električna šema – Arduino Uno

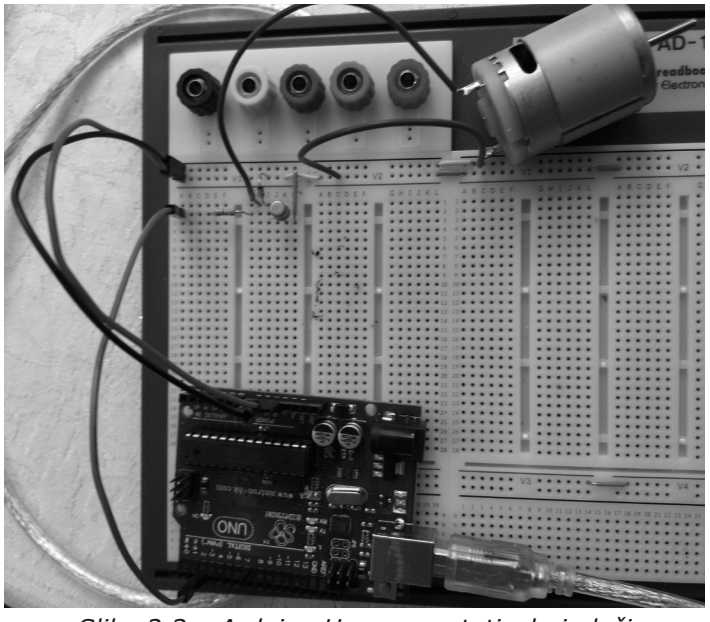
Na slici 2.2 prikazana je električna šema za Arduino Uno. Baza BC108 NPN tranzistora je povezana sa pinom 3 Arduino Uno-a (pogledajte Dodatak C za Arduino Uno dijagram pinova) putem 3,3 K otpornika na kome se tranzistor koristi kao prekidač.

Motor je priključen na kolektor tranzistora i pozitivno napajanje. U ovom projektu motor radi sa 3 V - 6 V. Ako koristite veći motor za koji je potreban napon veći od 5 V (ili veća struja koju Arduino Uno ne može da isporuči), koristite spoljno napajanje da biste pokrenuli motor. Primetite da je dioda povezana sa motorom. Ova dioda sprečava da emf napon ošteti tranzistor. EMF se generiše kada se motor okreće i kada zaustavi namotaje sa nabojem koji stvara protok inverzne struje koja može da ošteti tranzistor ako je dioda izostavljena. Morate izabrati diodu koja može da akumulira ovu struju.



Slika 2.2 – Električna šema za Arduino Uno

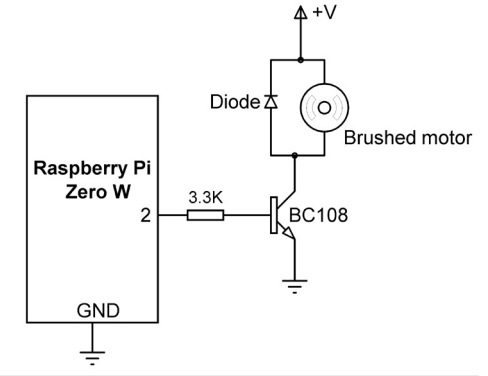
Na slici 2-3 prikazan je projekat koji je konstruisan na prototipskoj ploči.



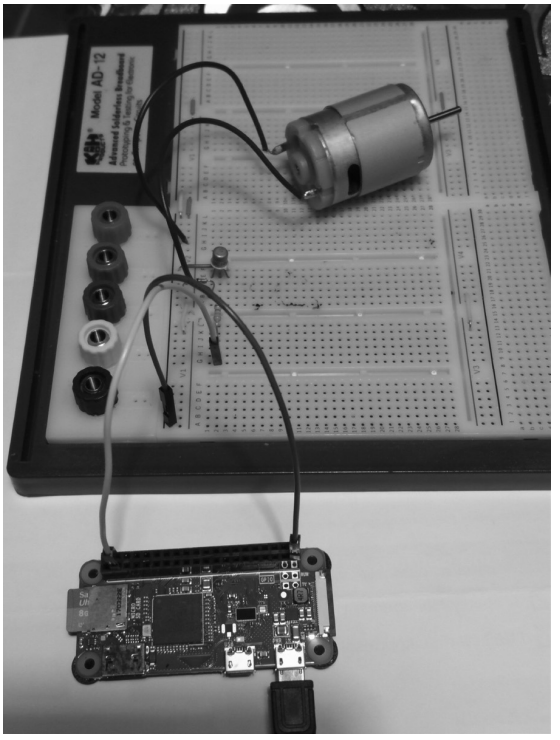
Slika 2.3 – Arduino Uno na prototipskoj ploči

2.2.3 Električna šema – Raspberry Pi

Na slici 2.4 prikazana je električna šema projekta na kojoj je pin 2 *(pogledajte Dodatak D za Raspberry Pi Zero W šemu pinova)* povezan sa bazom prekidačkog tranzistora. Proporučuje se spoljno napajanje (prikazano na slici 2.4 kao +V), jer napajanje od +5 V ploče RPi Zero W nema dovoljno struje da pokrene većinu motora. Projekat koji je konstruisan na prototipskoj ploči prikazan je na slici 2.5.



Slika 2.4 – Električna šema za Raspberry Pi



Slika 2.5 – Raspberry Pi projekat na prototipskoj ploči

2.2.4 Listing programa – Arduino Uno

Na slici 2.6 prikazan je listing programa za Arduino (program: Motor1). Kompajlirajte program, kao i obično, i otpremite Arduino Uno.

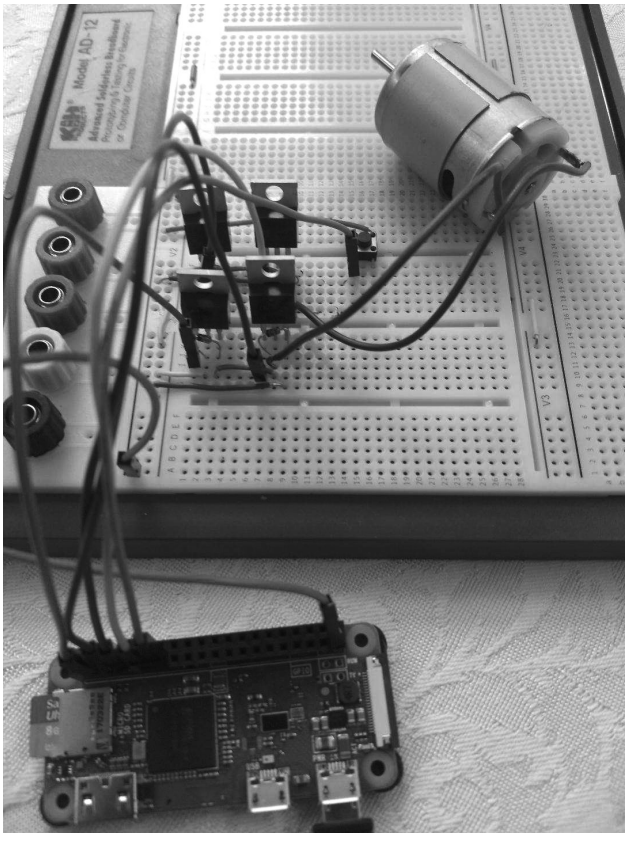
Na početku programa port 3 je definisan kao Motor, ON je definisan kao HIGH, a OFF kao LOW. U podešavanjima rutinski port 3 je konfigurisan kao izlaz. Glavni program radi u beskonačnoj petlji u kojoj se motor uključuje (ON) 10 sekundi i isključuje (OFF) 5 sekundi.

```
/*****************************************************************
*              SIMPLE ON/OFF MOTOR CONTROL
*              ===========================
*
* This is a very simple motor ON/OFF control. Pin 3 of the Arduino
* is connected to a small brushed DC motor through a transistor
* switch. The motor is turned ON for 10 seconds, then OFF for
* 5 seconds, and then ON again for 10 seconds. This process is
* repeated forever until stopped manually.
*
*
* File  : Motor1
* Date  : August 2017
* Author: Dogan Ibrahim
*****************************************************************/
#define Motor 3                                  // Motor pin
#define ON HIGH
#define OFF LOW

//
// Configure pin 3 where motro is connected as output
//
void setup()
{
  pinMode(Motor, OUTPUT);

}

//
// Turn ON the motor for 10 seconds, then OFF for 5 seconds. This
// process is repated forever
//
void loop()
{
   digitalWrite(Motor, ON);                      // Motor ON
   delay(10000);                                 // Wait 10 sec
   digitalWrite(Motor, OFF);                     // Motor OFF
```



Slika 2.40 – Raspberry Pi projekat na prototipskoj ploči

2.5.4 Listing programa – Arduino Uno

Listing programa prikazan je na slici 2.41 (program: Motor4). Na početku programa A, B, C i D su dodeljeni pinovima porta 0, 1, 2 i 3, tim redom. Takođe, Button je dodeljen pinu porta 4. U rutini podešavanja A, B, C i D su konfigurisani kao izlazi, a Button je konfigurisan kao ulaz sa pull-up opcijom tako da je stanje dugmeta na logičko 1, a prelazi na logičko 0 kada se pritisne dugme. Takođe, motor je postavljen u stanje mirovanja (idle).

Unutar programske petlje proverava se stanje dugmeta, pa ako je dugme pritisnuto, (Button = 0) motor se okreće u smeru suprotnom od kazaljke na satu tako što se poziva funkcija **Anticlockwise**. S druge strane, ako dugme nije pritisnuto (Button = 1), onda se poziva funkcija **Clockwise** kako bi se motor okretao u smeru kazaljke na satu.

Kod rotacije u smeru kazaljke na satu MOSFET-i na pinovima A i D su uključeni, a druga dva su isključena. Slično tome, kod rotacije u smeru suprotnom od kazaljke na satu MOSFET-i na pinovima B i C su uključeni, a druga dva su isključena.

```
/*****************************************************************
*              MOTOR DIRECTION CONTROL
*              ======================
*
* In this project the DC motor is connected to the Arduino Uno
* through a MOSFET based H bridge. In addition, a push-button
* switch is connected to port pin 4 of the Arduino Uno. Pressing
* the button changes the direction of rotation.
*
* The H bridge is controlled from port pins 0,1,2,3 of the Arduino
*
*
* File  : Motor4
* Date  : August 2017
* Author: Dogan Ibrahim
*****************************************************************/
#define A 0                                     // H bridge A input
#define B 1                                     // H bridge B input
#define C 2                                     // H bridge C input
#define D 3                                     // H bridge D input
#define Button 4                                // Button input

//
// Configure H bridge pins as outputs and the Button pin as input
//
void setup()
{
  pinMode(A, OUTPUT);                           // A is output
  pinMode(B, OUTPUT);                           // B is output
  pinMode(C, OUTPUT);                           // C is output
  pinMode(D, OUTPUT);                           // D is output
  pinMode(Button, INPUT_PULLUP);                // Button is input
  StopMotor();                                  // Stop the motor
}


//
// This function stops the motor
//
void StopMotor()
{
  digitalWrite(A, LOW);                         // A = 0
  digitalWrite(B, LOW);                         // B = 0
  digitalWrite(C, LOW);                         // C = 0
  digitalWrite(D, LOW);                         // D = 0
}
```

Poglavlje 3 • Jednostavni projekti koračnih motora

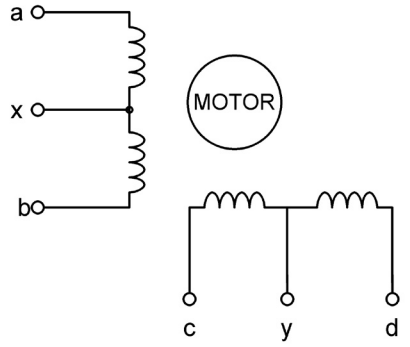
3.1 Pregled

Koračni motori su DC motori koji se kreću u malim koracima. Ovi motori imaju nekoliko namotaja koji se pokreću redom, što dovodi do toga da se motor kreće korak po korak. Prednost koračnih motora je u tome što se može postići vrlo precizno pozicioniranje ili kontrola brzine okretanja vratila motora. Ovi motori se koriste u mnogim primenama gde je potrebna precizna kontrola kretanja.

U osnovi postoje dve vrste koračnih motora: unipolarni i bipolarni.

3.1.1 Unipolarni koračni motori

Unipolarni koračni motori imaju četiri namotaja sa zajedničkim kontaktima na svakom paru namotaja (pogledajte sliku 3.1). Dakle, uobičajeno je 5 ili 6 provodnika, u zavisnosti od toga da li su zajednički provodnici povezani ili ne.



Slika 3.1 – Namotaji na unipolarnim koračnim motorima

Unipolarni motori se mogu okretati unazad obrtanjem redosleda primenjenih impulsa. Unipolarni koračni motori mogu da rade u režimu punog koraka ili u režimu polukoraka. Većina popularnih režima rada su jednofazni puno-koračni, dvofazni puno-koračni i dvofazni polu-koračni. U jednofaznom puno-koračnom režimu, kao što je prikazano u tabeli 3.1, svaki namotaj motora prima jedan impuls po koraku. Nedostatak ovog režima je u tome što je dostupni obrtni moment nizak.

Step	a	c	b	d
1	1	0	0	0
2	0	1	0	0
3	0	0	1	0
4	0	0	0	1

Tabela 3.1 – Jednofazni puno-koračni režim

U dvofaznom puno-koračnom režimu, kao što je prikazano u tabeli 3.2, dva namotaja motora primaju impulse po koraku. Prednost ovog režima je u tome što je dostupan veći obrtni moment iz motora.

Step	a	c	b	d
1	1	0	0	1
2	1	1	0	0
3	0	1	1	0
4	0	0	1	1

Tabela 3.2 – Dvofazni puno-koračni režim

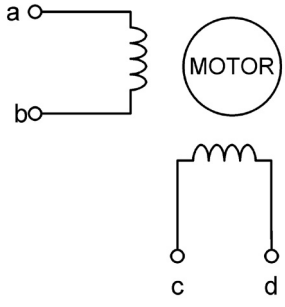
U dvofaznom polu-koračnom režimu, kao što je prikazano u Tabeli 3.3, ponekad dva namotaja motora primaju impulse, a ponekad samo jedan namotaj prima impuls. Pošto je motor pokrenut u polu-koračnom režimu, potrebno je 8 koraka za završetak ciklusa umesto 4. Ovaj režim daje veću preciznost, ali na račun nižeg obrtnog momenta.

Step	a	c	b	d
1	1	0	0	0
2	1	1	0	0
3	0	1	0	0
4	0	1	1	0
5	0	0	1	0
6	0	0	1	1
7	0	0	0	1
8	1	0	0	1

Tabela 3.3 – Dvofazni polu-koračni režim

3.1.2 Bipolarni koračni motori

Bipolarni koračni motori imaju jedan namotaj po fazi, kao što je prikazano na slici 3.2. Pogonski sklopovi bipolarnih motora su komplikovaniji, jer struja u namotajima treba obrnuti da bi se motori okretali unazad.



Slika 3.2 – Namotaji na bipolaranim koračnim motorima

U tabeli 3.4 prikazani su koraci potrebni za rad bipolarnog koračnog motora. Ovde se znakovi + i – odnose na polaritet napona koji je primenjen na vodove motora.

Step	a	c	b	d
1	+	-	-	-
2	-	+	-	-
3	-	-	+	-
4	-	-	-	+

Tabela 3.4 – Sekvence bipolarnog koračnog motora

3.1.3 Brzina koračnog motora

Brzina koračnog motora zavisi od vremena između impulsa koje primaju namotaji. Za veće brzine moraju primati impulse sa kraćim kašnjenjem. Ako je T vreme između impulsa, a β je konstanta koraka motora, motor se okreće po β /T koraka u jednoj sekundi. Pošto je puni obrtaj 360º, broj obrtaja u sekundi je β/360 T. Brzina motora se obično navodi u RPM i zato je:

$$RPM = 60\beta/360T$$

ili $$RPM = \beta/6T$$

gde je RPM broj obrtaja u minuti, b je konstanta koraka motora u stepenima, a T je vreme između koraka u sekundama.

Na primer, pretpostavimo da je konstanta koraka koračnog motora 10 stepeni (β = 10º). Ako želimo da rotiramo ovaj motor brzinom od 1000 obrtaja u minuti (pod pretpostavkom da motor može da se okreće toliko brzo), vreme između impulsa se izračunava na sledeći način:

$$T = \beta /6\ RPM = 10 / (6 \text{ k } 1000) = 1{,}66 \text{ ms}$$

Stoga, impulsi između svakog koraka moraju biti 1,66 ms.

3.1.4 Kretanje vratila motora

Kod nekih primena možda ćemo želeti da se vratilo motora okreće određeni broj puta, pa moramo da znamo koliko impulsa da pošaljemo na motor. Ako je β konstanta koraka motora, a želimo da se vratilo okrene za v stepeni, potreban broj impulsa se dobija na sledeći način:

$$n = v/\beta$$

Na primer, pretpostavimo da je konstanta koraka koračnog motora 5º (β = 5), a želimo da rotiramo ovaj motor za 200 stepeni, potreban broj koraka je:

$$n = 200/5 = 40$$

3.1.5 Vreme rotiranja motora

Ponekad možda želimo da se motor okreće u datom vremenu i želimo da znamo koliko impulsa da primenimo na motor. Ako je T vreme između impulsa, a pošaljemo n impulsa na motor, vreme obrtaja T0 može da se izračuna na sledeći način:

$$T0 = nT$$

Na primer, pretpostavimo da je vreme između impulsa 1 ms i ako želimo da se motor okreće 5 sekundi, potreban broj impulsa se dobija na sledeći način:

N = T0/T = 5/0,001 = 5000

Koračni motori mogu da se pokrenu na nekoliko načina - na primer, pomoću bipolarnih tranzistora, pomoću MOSFET tranzistora ili pomoću integrisanih kola kao što su L293, ULN2003 i tako dalje. U ovom poglavlju ćemo koristiti pogonski sklop zasnovan na ULN2003.

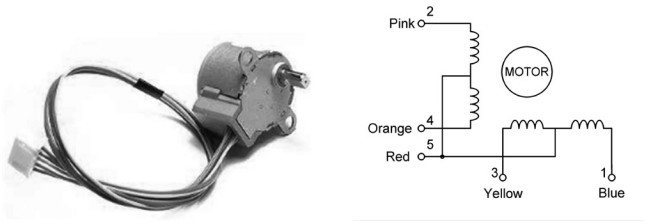
3.2 Projekat 1 – Kontrola jednostavnog koračnog motora

Ovo je vrlo jednostavan projekat u kojem se koristi mali unipolarni koračni motor. Motor se okreće u jednom smeru za 2 puna obrtaja. Zatim se zaustavlja 2 sekunde i potom se okreće unazad za 2 puna obrtanja.

3.2.1 Blok dijagram

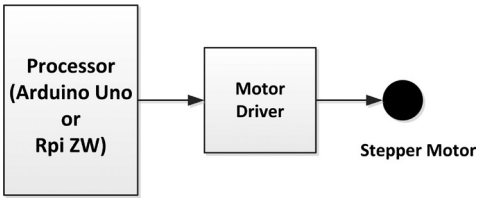
U ovom projektu koristi se mali unipolarni koračni motor 28BIJ-48 (pogledajte sliku 3.3). Ovaj motor ima sledeće specifikacije:

Nazivni napon:	5V
Broj faza:	4
Prenosni odnos:	64
Frekvencija:	100Hz
Koračni ugao:	5,625º/64



Slika 3.3.2 – Unipolarni koračni motor 28BYJ-48

Blok dijagram projekta prikazan je na slici 3.4.



Slika 3.4 – Blok dijagram projekta

Projekat 4 • Jednostavni projekti servo motora

4.1 Pregled

Servo motori su DC motori, koji se koriste u mnogim aplikacijama za kontrolu položaja u kojima je potrebno da vratilo motora postavite u željeni položaj. Ovi motori koriste ugrađene uređaje za očitavanje pomoću kojih se određuje položaj vratila, a zatim se okreću u odgovarajućem smeru da bi vratilo motora bilo postavljeno u komandni položaj. Servo motori se ne okreću slobodno kao obični motor, ali mogu da se okreću oko 180 stepeni napred i nazad.

Za razliku od drugih motora, servo motori imaju 3-žično povezivanje: snagu, uzemljenje i kontrolni signal. Kontrolni signal je impulsno modulisani napon (PWM), tako da je frekvencija ovog napona (ili perioda) fiksna, ali se trajanje razlikuje u odnosu na traženi položaj vratila motora. Na primer, servo motor SG90 radi tako da je period PWM signala 20 ms (frekvencija 50 Hz), pa motor proverava trajanje impulsa svakih 20 ms. Vratilo motora je na sredini kada je trajanje impulsa 1,5 ms, na 90 stepeni udesno kada je trajanje impulsa 2 ms, a na -90 stepeni ulevo kada je trajanje impulsa 1 ms. U ovom poglavlju ćete naučiti kako da kontrolišete mali servo motor koristeći razvojne ploče Arduino Uno i Raspberry Pi Zero W. U ovom poglavlju su prikazana dva jednostavna projekta, koja imaju za cilj da vas nauče osnovnu kontrolu servo motora.

4.2 Projekat 1 – Osnovna kontrola servo motora (Arduino Uno)

U ovom projektu ćemo kontrolisati mali servo motor na sledeći način:

- Postavićemo vratilo motora na sredinu (90 stepeni).
- Čekaćemo 1 sekundu.
- Postavićemo vratilo motora nadesno (0 stepeni).
- Čekaćemo 1 sekundu.
- Pomerićemo vratilo motora nalevo (180 stepeni).
- Čekaćemo 1 sekundu.
- Pomerićemo vratilo motora sdesna nalevo, a zatim sleva nadesno u pomacima od 1 stepen.
- Zaustavićemo motor.

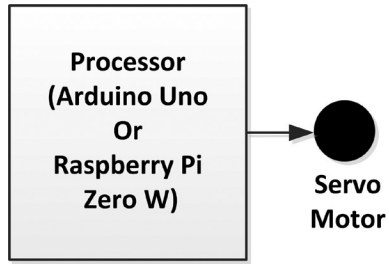
Servo motor koji se koristi u ovom projektu je TowerPro SG90 prikazan na slici 4.1 zajedno sa električnom šemom.



Slika 4.1 - SG90 servo motor

4.2.1 Blok dijagram

Blok dijagram motora je na slici 4.2. Servo motor je jednostavno povezan sa procesorom. Ručica koja se isporučuje sa motorom mora biti montirana na vratilo motora tako da se okretanje vratila može lako videti.



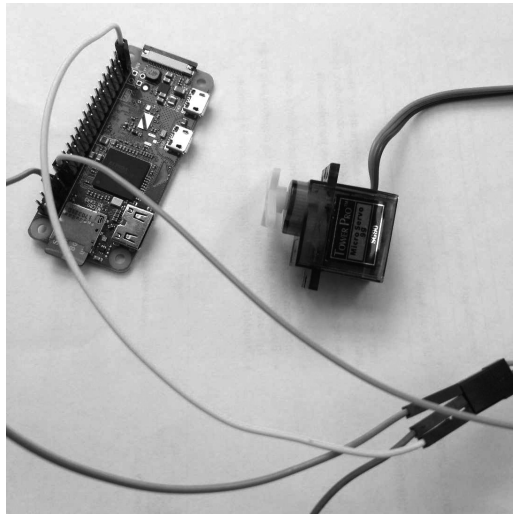
Slika 4.2 – Blok dijagram projekta

4.2.2 Električna šema

SG90 servo motor ima sledeće specifikacije:

- Radni napon: 3,3 V do 6 V
- Radna struja (na + 5V): 220 ± 50 mA
- Struja pri kočenju (na + 5V): 650 ± 80 mA
- Struja mirovanja (na + 5V): 6 ± 10 mA
- Težina: 9 g
- Obrtni moment: 1,8 kgf.cm
- Brzina: 0,1 s / 60 stepeni

Na slici 4.3 prikazana je električna šema projekta. Ulaz za signal motora (smeđa žica) je povezana sa pinom porta 3 na Arduino Uno-u. Ulaz za napajanje (crvena žica) je povezana sa + 5 V na Arduino Uno-u. Obratite pažnju da + 5 V pin na Arduino Uno-u ima dovoljno struje za rad malog motora. Veći motori moraju biti spojeni sa spoljnim napajanjem da ne bi došlo do preopterećenja Arduino Uno ploče.



Slika – 4.13 – Povezivanje servo motora sa pločom RPi ZW

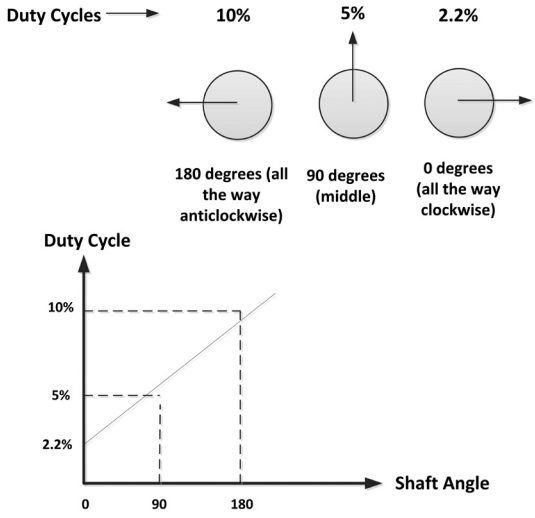
4.5 Projekat 4 – Kretanje vratila motora pod datim uglom (Raspberry Pi Zero W)
Kod mnogih primena želećemo da se vratilo servo motora okreće pod željenim uglom i treba da znamo koji je potreban radni ciklus da bismo to postigli. U ovom projektu ćemo izvesti jednačinu koja se može koristiti za kretanje vratila motora pod uglom između 0 i 180 stepeni. U našem eksperimentu motor će se okretati pod uglom od 45 stepeni (poluokret desno). Ovde se koristi isti servo motor kao u prethodnim projektima. Blok dijagram i električna šema ovog projekta su kao na slikama 4.2 i 4.11.

4.5.1 Listing programa
Na slici 4.14 prikazana su 3 osnovna položaja sa radnim ciklusom koji je potreban za pomeranje vratila motora na te položaje. Na grafikonu u donjem delu slike prikazani su različiti položaji motora (ugao vratila) sa radnim ciklusima. Iako ovo nije grafikon linearne funkcije, možemo ga uskladiti i dobiti linearnu jednačinu na sledeći način:

$$Duty\ Cycle = \frac{7.8 \times Angle}{180} + 2.2$$

Prema tome, ako želimo da se motor okreće pod uglom od 45 stepeni, radni ciklus treba da bude:

$$Duty\ Cycle = \frac{7.8 \times Angle}{180} + 2.2$$



Slika 4.14 – Položaji motori i radni ciklusi

Na slici 4.15 prikazan je listing programa za okretanje vratila motora pod uglom od 45 stepeni (program: servo2.py). Primetićete da će biti potrebno da kalibrišete servo motor i nacrtate novi grafikon kao na slici 4.14 da biste dobili tačne rezultate.

```
#--------------------------------------------------------------------
#                       MOVE SERVO MOTOR to 45 DEGREES
#                       ==============================
#
# In this project the servo motor shaft is moved to the angle of
# 45 degrees by setting the correct PWM Duty Cycle.
#
# File  : servo2.py
# Date  : September 2017
# Author: Dogan Ibrahim
#--------------------------------------------------------------------
import RPi.GPIO as GPIO
import time
GPIO.setwarnings(False)
GPIO.setmode(GPIO.BCM)
Angle = 45
DutyCycle = 2.2 + Angle * 7.8 / 180.0

ServoPin = 2     # GPIO2

#
# Configure Servo pin as output
#
GPIO.setup(2, GPIO.OUT)
```

```
#
# Configure the PWM on pin Servo and set the PWM to 50 Hz
#
p = GPIO.PWM(ServoPin, 50)

#
# Start rotating the motor shaft as required
#
p.start(DutyCycle)    # Move to required angle

#
# Wait here forever
#
while True:
  pass
```

Slika 4.15 – Listing programa

Možete da pokrenete program interaktivno iz komandnog režima tako što ćete uneti komandu:

pi@raspberrypi:~ **$ sudo python servo2.py**

4.6 Rezime

U ovom poglavlju smo videli kako se kontroliše servo motor.

U sledećem poglavlju ćemo videti kako se kontroliše robot sa Android mobilnog telefona pomoću Bluetooth veze na Arduino Uno-u.

Poglavlje 5 ● Kontrola robota pomoću Bluetooth veze na Arduinu

5.1 Pregled

Bluetooth je bežična tehnologija koja radi na 2,4 do 2,485 GHz i koristi se za razmenu podataka na kratkoj udaljenosti. Dostupan je na svim pametnim telefonima i najsavremenijim prenosivim i desktop računarima.

U ovom poglavlju ćemo videti kako se robot kontroliše daljinskim putem pomoću Bluetooth-a na mobilnom telefonu sa kojeg šaljemo naredbe i Arduino Uno-a kao kontrolera robota. Robot koji se koristi u ovom projektu je robot koji smo koristili u Poglavlju 3. Kada šaljete komande sa mobilnog telefona, videćete kako se robot pomera napred, nazad, levo ili desno i tako dalje. U ovom projektu koristimo Android mobilni telefon za slanje komandi robotu.

5.2 Projekat 1 – Daljinska kontrola robota zasnovana na Bluetooth-u

U ovom projektu ćemo koristiti robot koji smo koristili u Poglavlju 3. Osim toga, na šasiju robota postavićemo prednji i zadnji LED i zujalicu. Kretanje robota, LED-ove i zujalicu ćemo kontrolisati odvojeno sa našeg mobilnog telefona pomoću Bluetooth-a tako što ćemo slati jednostavne komande.

Komande koje su date u tabeli 5.1 će se koristiti za kontrolu LED-ova i zujalice. Komande za kontrolu kretanja robota dati su u tabeli 5.2. U ovoj tabeli n označava trajanje u sekundama. Na primer, komanda F2 **pokreće robot napred 2 sekunde, a zatim se robot zaustavlja.**

Controlled part	**ON command**	**OFF command**
Front LED (head LED)	h1	h0
Rear LED (tail LED)	t1	t0
Buzzer	b1	b0

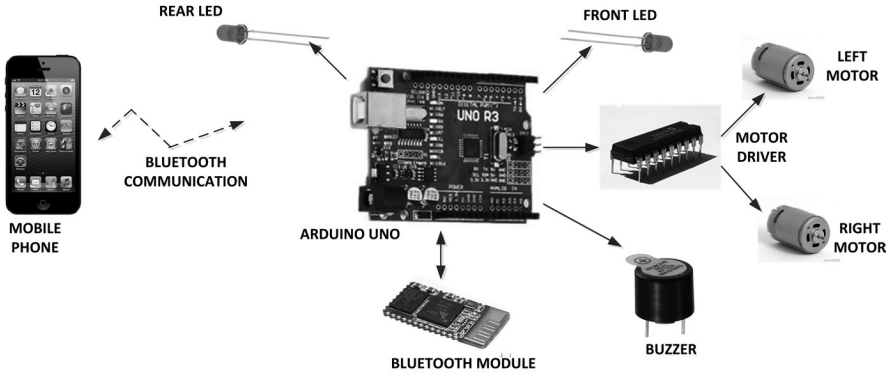
Tabela 5.1 – Komande za kontrolu LED-ova i zujalice

Move robot forwards	Fnn
Move robot backwards	Bnn
Turn robot left	Lnn
Turn robot right	Rnn

Tabela 5.2 – Komande za pokretanje robota (nn mora da je 2 cela broja)

5.2.1 Blok dijagram

Na slici 5.1 je prikazan blok dijagram projekta. Arduino Uno nema ugrađenu Bluetooth opciju. Iz tog razloga Bluetooth modul je povezan sa Arduino Uno-m tako da se može postići komunikacija sa mobilnim telefonom.



Slika 5.1 – Blok dijagram projekta

5.2.2 Električna šema

U ovom projektu modul HC-06 Bluetooth je povezan sa Arduino Uno-m tako da može da komunicira preko Bluetooth veze. Na slici 5.2 prikazan je modul HC-06. Ovo je mali modul koji komunicira sa umreženim procesorom preko serijske veze. Modul ima 4 pina: RKSD, TKSD, GND i VCC. Kao što je prikazano u električnoj šemi na slici 5.3, VCC i GND su povezani sa pinom za napajanje od +5 V i GND pinom Arduino Uno-a, tim redom. Napominjemo da iako je HC-06 modul od + 3,3 V, njegovo napajanje može da bude od + 3,3 V do +6 V. Ulazni pinovi modula HC-06 nisu kompatibilni sa naponom od +5 V i ne smeju biti povezani sa Arduino izlaznim pinovima. Pin TXD modula HC-06 je serijski izlazni pin i mora biti povezan sa RXD pinom na Arduinu (pin 0). Pin RXD modula HC-06 je serijski ulazni pin koji nije kompatibilan sa naponom od + 5V i ne sme se direktno povezati sa Arduino TXS pinom (pin 1). Kao što je prikazano na slici 5.3, potencijalni razdelnik se koristi za smanjenje izlaznog napona Arduina od + 3,3 V pre nego što se poveže sa RXD ulazom modula HC-06.

Prednji LED je povezan sa pinom porta 7, a zadnji LED („rep") je povezan sa pinom porta 6 na Arduino Uno-u, pomoću otpornika za ograničavanje struje od 330 oma. Pozitivni ulaz aktivne zujalice je povezan sa pinom 8 na Arduinu, a drugi pin je povezan sa GND-om.

Pinovi 1A, 2A, 3A i 4A čipa kontrolera motora L293 su povezani sa pinovima porta 2, 3, 4 i 5 na Arduino Uno-u. Kao i u prethodnim projektima kontrole robota, levi i desni motori robota su povezan sa pinovima 3, 6 i 11, 14 pogonskog modula motora L293.

Arduino se napaja pomoću četiri Ni-Zn baterije, koje su povezane sa Vin pinom na Arduino Uno-u. Motori sa dva točka se, takođe, napajaju pomoću ovih baterija kroz pin 8 čipa L293. Imajte na umu da ne smete napajati motore pomoću pina od +5 V na Arduino Uno-u, jer možda neće moći isporučiti struju koja je potrebna za dva motora. Za motore uvek koristite spoljno napajanje.

Poglavlje 6 • Kontrola robota pomoću Wi-Fi veze na Arduinu

6.1 Pregled

Wi-Fi je jedan od najčešće korišćenih Internet komunikacionih uređaja, koji se nalazi u većini kuća i kancelarija u razvijenim zemljama. To je tehnologija za bežično lokalno umrežavanje zasnovana na standardima IEEE 802.11. Uređaji koji mogu da koriste Wi-Fi tehnologiju su desktop računari, prenosivi računari, pametni telefoni, tablični računari, digitalne kamere, savremeni štampači, pametni televizori i mnogi drugi uređaji koji su kompatibilni sa Internetom. Ovi uređaji pristupaju Internetu putem pristupne tačke (AP). AP ima uobičajeni domet od 20 metara u zatvorenom prostoru, ali postoje uređaji za proširenje kako bi se ovaj opseg proširio na nekoliko metara ili više. Wi-Fi obično koristi UHF frekvencije od 2,4 GHz i 5 GHz.

U ovom poglavlju ćemo videti kako se daljinski upravlja robotima pomoću Wi-Fi mreže na mobilnom telefonu sa kojeg ćemo slati komande Arduinu Uno-u, koji je postavljen na šasiju robota. Robot koji se koristi u ovom poglavlju je korišćen i u Poglavlju 3. Slanjem komandi sa našeg mobilnog telefona videćete kako se robot pomera napred, nazad, levo ili desno i tako dalje. U ovom projektu se za slanje komandi robotu koristi Android mobilni telefon. U ovom projektu UDP paketi podataka se koriste za komunikaciju između mobilnog telefona i Arduino Uno-a.

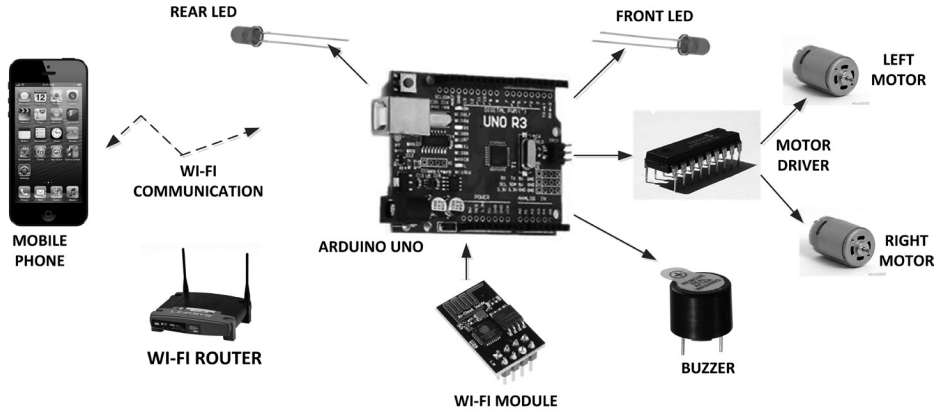
6.2 Projekat 1 – Daljinska kontrola zasnovana na Wi-Fi vezi

U ovom projektu koristićemo robot koji smo koristili u Poglavlju 3. Pored toga, na šasiji robota ćemo postaviti prednji i zadnji LED i zujalicu, kao u projektu iz Poglavlja 5. Kontrolisaćemo pokrete robota, LED-a i zujalice odvojeno sa mobilnog telefona slanjem UDP paketa.

U ovom projektu ćemo koristiti iste komande koje su navedene u tabelama 5.1 i 5.2.

6.2.1 Blok dijagram

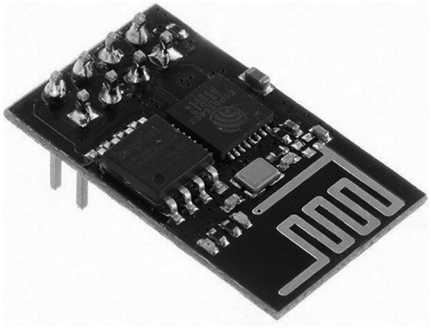
Na slici 6.1 je prikazan blok dijagram projekta. Arduino Uno nema ugrađenu Wi-Fi opciju. Iz tog razloga, Wi-Fi modul je povezan sa Arduino Uno-m tako da se može upostaviti komunikacija sa mobilnim telefonom.



Slika 6.1 – Blok dijagram projekta

6.2.2 Električna šema

U ovom projektu se koristi ESP-01 Wi-Fi modul sa ESP8266 procesorom na ploči i povezan je sa Arduino Uno-m tako da Arduino može da komunicira preko Wi-Fi veze. Na slici 6.2 prikazan je modul ESP-01. Ovo je veoma jeftin mali Wi-Fi modul koji ima procesor na ploči i može se koristiti kao samostalni procesor sa ograničenom I/O mogućnostima ili se može povezati sa umreženim procesorom da bi se omogućio Wi-Fi. U ovom projektu koristimo ESPI-01 da bismo obezbedili Wi-Fi na Arduino Uno-u. Ovo se postiže slanjem AT komandi na modul ESP-01 da bi bio konfigurisan kao Wi-Fi uređaj, a zatim da bi komunicirao preko Wi-Fi veze.



Slika 6.2 – Modul ESP-01

ESP-01 je uređaj kompatibilan sa 3,3 V i na njegovim I/O pinovima se ne sme upotrebiti napajanje veće od + 3,3 V. Uređaj ima 8 pinova:

VCC - Pin za napajanje. Mora biti povezan sa spoljnim napajanjem od 3,3 V.

GND - Uzemljenje napajanja.

GPIO0 - I/O pin. Ovaj pin mora biti povezan sa + 3,3 V za normalan rad i sa 0 V za otpremanje firmvera na čip.

GPIO2 - I/O pin.

RST - Pin za resetovanje. Mora biti povezan sa + 3,3 V za normalan rad.

CH_PD - Pin za uključivanje. Mora biti povezan sa +3,3 V za normalan rad.
TX - Serijski izlazni pin.
RX - Serijski ulazni pin.

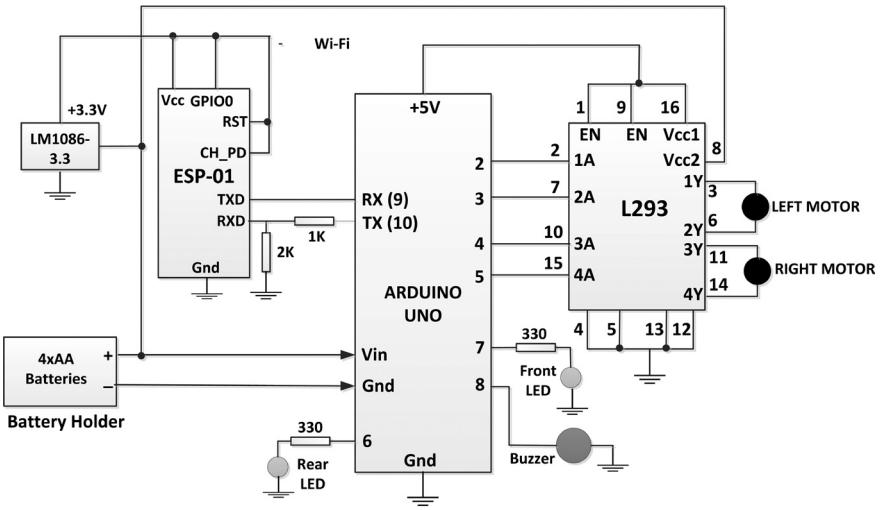
Na slici 6.3 je prikazana električna šema projekta. Važno je koristiti spoljno napajanje od + 3,3 V za ESP-01 ploču, jer napajanje od + 3,3 V na Arduinu ne može obezbediti dovoljno struje za ESP8266. U ovom projektu se koristi čip LM1086-3.3 naponskog regulatora za napajanje ploče ESP-01. Regulator se napaja pomoću baterije i njegov izlaz je povezan sa VCC pinom na ploči ESP-01. Osim toga, ulazi GPIO0, RST i CHD_PD na ploči ESP-01 su povezani sa + 3,3 V (možete razmisliti o povezivanju RST ulaza pomoću prekidača tako da se ovaj pin poveže sa pinom GND kada se pritisne prekidač, čime se omogućava resetovanje uređaja, ako je potrebno).

Izlazni napon Arduino pina je + 5 V, a to je previsok napon za ulaze na ploči ESP-01. U ovom projektu se koristi potencijalni razdelnik za smanjenje serijskog izlaznog napona na Arduino Uno-u na + 3,3 V pre nego što se poveže sa RX ulazom na ploči ESP-01. TX izlaz ploče ESP-01 je povezan sa ulaznim pinom na Arduinu, koji je konfigurisan kao serijski ulaz softvera. Pinovi 9 i 10 na Arduino Uno-u se koriste kao serijski RX i TX pinovi, tim redom.

Prednji LED je povezan sa pinom porta 7, a zadnji („rep") LED je povezani sa pinom porta 6 na Arduino Uno-u pomoću otpornika za ograničavanje struje od 330 oma. Pozitivni ulaz aktivirane zujalice povezan je sa pinom 8 na Arduinu, a drugi pin je povezan sa GND-om.

1A, 2A, 3A i 4A pinovi čipa pogonskog modula motora L293 su povezani sa pinovima porta 2, 3, 4 i 5 na Arduino Uno-u. Kao i u prethodnim projektima za kontrolu robota, levi i desni motori robota su povezani sa pinovima 3,6 i 11,14 na čipu pogonskog modula motora L293.

Arduino se napaja pomoću četiri Ni-Zn baterije, koje su povezane sa pinom Vin na Arduino Uno-u. Motori sa dva točka se, takođe, napajaju pomoću ovih baterija preko pina 8 na čipu L293. Imajte na umu da ne treba napajati motore sa pinom od + 5 V na Arduino Uno-u, jer možda neće moći da obezbedi struju koja je potrebna za dva motora. Za motore uvek koristite spoljno napajanje.



Slika 6.3 – Električna šema projekta

Napominjemo da je kolo koje je napravljeno na prototipskoj ploči postavljeno na šasiju robota. Ploča ESP-01 nije kompatibilna sa prototipskom pločom, pa ćete morati da kupite odgovarajući adapter da biste mogli da je postavite na prototipsku ploču.

6.2.3 UDP ili TCP?

U osnovi postoje dva protokola koji se koriste u mrežnim aplikacijama (npr. Wi-Fi): TCP/IP i UDP. TCP/IP je protokol zasnovan na vezi, koji se koristi za pouzdano slanje podataka od jedne do druge tačke. Sa druge strane, UDP je protokol koji ne koristi vezu za brzo slanje podataka od jedne do druge tačke. Iako je TCP/IP spor, pouzdan je i garantuje isporuku paketa. Pored toga, pošiljalac dobija potvrdu kada je paket uspešno isporučen. UDP ne garantuje isporuku paketa, ali njega je mnogo lakše podesiti i mnogo je brži od protokola TCP/IP, uz manje trošenje resursa. U ovom projektu ćemo koristiti UDP protokol za jednostavnu i brzu isporuku paketa sa mobilnog telefona na Arduino Uno.

6.2.4 Aplikacije na Android mobilnom telefonu

U ovom projektu ćemo slati komande u obliku UDP paketa sa Android mobilnog telefona. Zbog toga nam je potrebna aplikacija na našem mobilnom telefonu sa kojeg možemo poslati UDP podatke preko Wi-Fi mreže. Postoji mnogo takvih besplatnih aplikacija u **Play Store**-u. U ovom projektu se koristi aplikacija pod nazivom **UDP RECEIVE and SEND** koju je napravio Wezzi Studios (verzija 4.0). Treba da instalirate ovu aplikaciju (ili sličnu) na Android telefon tako da možete poslati UDP podatke na Arduino Uno-u. Ova aplikacija može da šalje i prima UDP pakete sa mobilnog telefona na bilo koji drugi uređaj na kome je pokrenut UDP protokol. Ekran ima dva dela: gornji deo Sender i donji deo Receiver (pogledajte sliku 6.4). Korisnik mora da navede odredišnu IP adresu, broj porta i poruku koju će poslati. Klikom na dugme **SEND UDP** MESSAGE, paket će biti poslat na odredište.

Poglavlje 7 • Kontrola robota pomoću Wi-Fi veze na Raspberry Pi Zero

7.1 Pregled

U ovom poglavlju ćemo videti kako se daljinski upravlja robotom pomoću Wi-Fi veze na mobilnom telefonu sa kojeg šaljemo komande na ploču RPi ZW, koja je postavljena na šasiju robota. Robot koji se koristi u ovom poglavlju je korišćen i u Poglavlju 3. Slanjem komandi sa mobilnog telefona videćemo kako se robot pomera napred, nazad, levo ili desno i tako dalje. U ovom projektu se za slanje komandi robotu koristi Android mobilni telefon. U ovom projektu UDP paketi podataka se koriste za komunikaciju između mobilnog telefona i ploče RPi ZW.

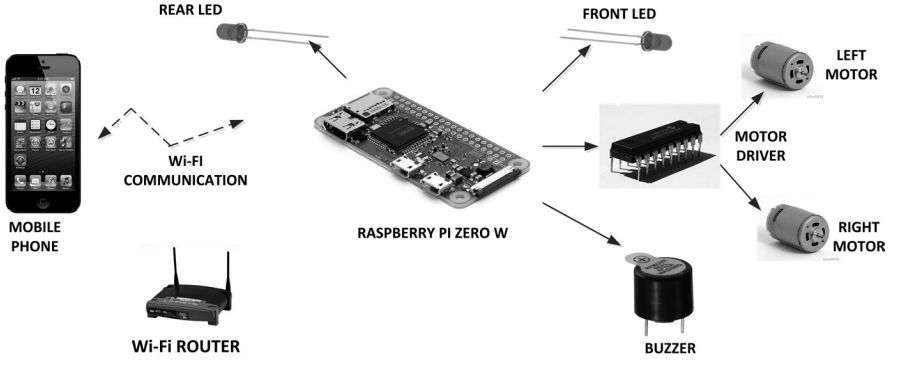
7.2 Projekat 1 – Daljinska kontrola motora zasnovana na Wi-Fi vezi

U ovom projektu koristićemo robot koji smo koristili u Poglavlju 3, ali dodatno imamo prednji i zadnji LED i zujalicu koji su postavljeni na šasiju robota.

U ovom projektu ćemo koristiti iste komande koje su navedene u tabelama 5.1 i 5.2.

7.2.1 Blok dijagram

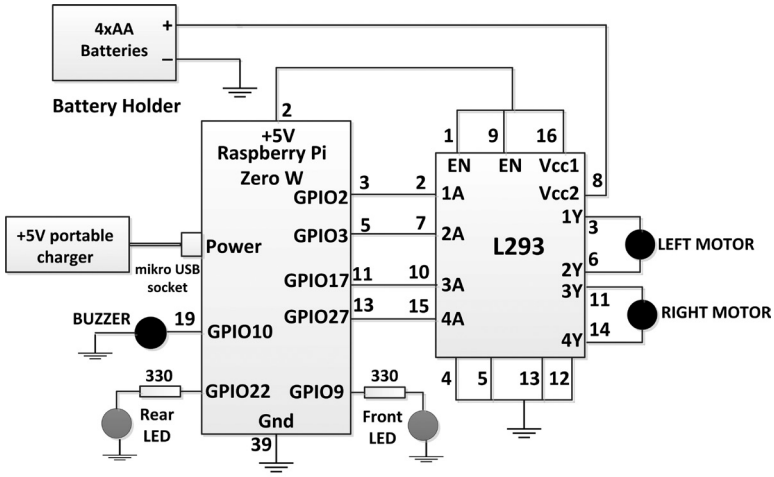
Blok dijagram projekat je prikazan na slici 7.1. Pošto RPi ZW ima Wi-Fi opciju, nije potrebno koristiti spoljni Wi-Fi modul.



Slika 7.1 – Blok dijagram projekta

7.2.2 Električna šema

Električna šema projekta je prikazana na slici 7.2. Pinovi GPIO2, GPIO3, GPIO17 i GPIO27 su povezani sa pinovima 1A, 2A, 3A i 4A IC drajvera motora, tim redom. Prednji i zadnji LED-ovi su povezani sa portovima GPIO9 i GPIO22. Zujalica je povezana sa pinom GPIO10. Motor se napaja pomoću baterija, pošto RPi ZW ne može napajati motore. Za napajanje Pi Zero W koristi se prenosivi punjač od +5 V.



Slika 7.2 – Električna šema projekta

7.2.3 Listing programa

Komunikacija između Android mobilnog telefona i RPi ZW zasnovana je na Wi-Fi vezi. Kao i u Poglavlju 6, na mobilnom telefonu se za slanje UDP paketa na RPi ZW koristi aplikacija **UDP RECEIVE and SEND** koju je napravio Wezzi Studios (verzija 4.0).

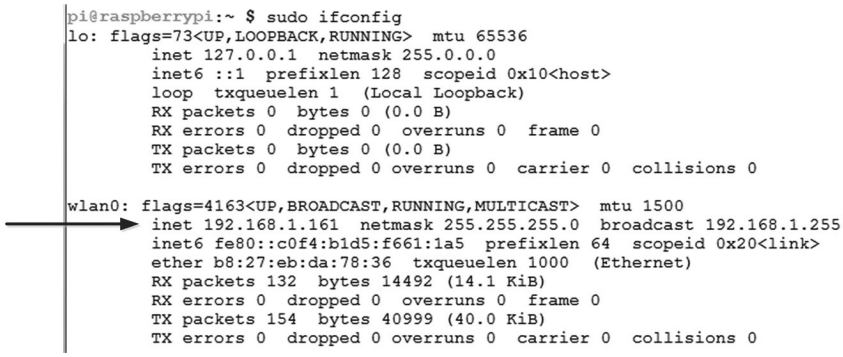
Listing programa je prikazan na slici 7.3 (program: mobile1.py). Python program na RPi ZW koristi biblioteku utičnice. Na početku programa se uvozi biblioteka utičnice, pinovi motora, LED pinovi i pin zujalice su dodeljeni GPIO portovima. Ovi pinovi se onda konfigurišu kao izlazi.

Funkcije FORWARD, REVERSE, LEFT i RIGHT pomeraju robot određeni broj sekundi u izabranom pravcu.

Program koristi port 5000 da bi komunicirao sa mobilnim telefonom pomoću UDP paketa. IP adresa RPi ZW Wi-Fi veze mora biti navedena u kodu. Ona se može pronaći tako što ćete uneti sledeći kod u RPi ZW komandni režim:

pi@raspberrypi:~ $ **sudo ifconfig**

Na slici 7.4 je uobičajeni prikaz kada je uneta gornja komanda. U ovom primeru je IP adresa za RPi ZW **192.168.1.161** i dodeljena je promenljivoj **IP** u programu.



Slika 7.4 – Pronalaženje IP adrese ploče RPi ZW

Zatim se formira beskonačna petlja koja prima UDP pakete u obliku komandi pomoću sledećeg iskaza:

```
data, addr = sock.recvfrom (10)
```

Primljene komande se dekodiraju i implementiraju se potrebne radnje. Na primer, ako je upotrebljena komanda **h1** za uključivanje prednjeg LED-a, onda se izvršava sledeći kod:

```
if data[0] == 'h':
    if data[1] == '1':
          GPIO.output(FrontLED, 1)
    else:
          GPIO.output(FrontLED, 0)
```

Kao i ranije, trebalo bi da unesete naziv programa u sledećem formatu u datoteci **/etc/rc.local**, tako da se program automatski pokrene nakon ponovnog pokretanja RPI ZW:

python /home/pi/mobile1.py &

```
#-----------------------------------------------------------------------
#                          REMOTE ROBOT CONTROL VIA WI-FI
#                          ==============================
#
# In this project the RPi ZW is mounted on the robot chassis together
# with the L293 motor driver IC. In addition, two LEDs are mounted on
# the robot chasses: Front LED and Rear LED. Additionally, a buzzer is
# mounted on the breadboard. The Raspberry Pi Zero W has on board
# Wi-Fi and Bluetooth capability. In this example only the Wi-Fi is
# used.
#
# In this project the LEDs, buzzer and the robot movements are all
# controlled from a mobile phone using the Wi-Fi link to establish
# communciation between the mobile phone and the RPi ZW.
```

```
#
# The commands are as follows (In the robot movement commands the
# time must be an integer number):
#
# h1 Turn ON front LED, h0 Turn OFF front LED
# t1 Turn ON rear LED,  t0 Turn OFF rear LED
# b1 Turn ON buzzer,    b0 Turn OFF buzzer
# Fn Move robot forward n seconds
# Bn Move robot reverse n seconds
# Ln Turn robot left n seconds
# Rn Turn robot right n seconds
#
#
# File  : mobile1.py
# Date  : September 2017
# Author: Dogan Ibrahim
#-------------------------------------------------------------------------
import RPi.GPIO as GPIO
import time
import socket
GPIO.setwarnings(False)
GPIO.setmode(GPIO.BCM)

#
# L293 control pins
#
L1A = 2    # GPIO2
L2A = 3    # GPIO3
R3A = 17     # GPIO17
R4A = 27     # GPIO2

#
# LED and Buzzer pins
#
FrontLED = 9
RearLED = 22
Buzzer = 10
global data

#
# Configure L293 control pins, LED, and buzzer as outputs
#
GPIO.setup(L1A, GPIO.OUT)
GPIO.setup(L2A, GPIO.OUT)
GPIO.setup(R3A, GPIO.OUT)
GPIO.setup(R4A, GPIO.OUT)
```

Poglavlje 8 • Kontrola robota pomoću Bluetooth-a na Raspberry Pi Zero

8.1 Pregled

Na Raspberry Pi Zero W je omogućen Bluetooth i Wi-Fi. U ovom poglavlju ćemo videti kako se daljinski upravlja robotom pomoću Bluetooth-a na mobilnom telefonu sa kojeg šaljemo komande na ploču RPi ZW, koja je postavljena na šasiju robota. U ovom poglavlju se koristi robot koji je korišćen u Poglavlju 7. Davanjem komandi mobilnom telefonu videćemo kako se robot pomera napred, nazad, levo ili desno i tako dalje. U ovom projektu se za slanje komandi robotu koristi Android mobilni telefon. U ovom projektu UDP paketi podataka se koriste za komunikaciju između mobilnog telefona i ploče RPi ZW.

8.2 Projekat 1 – Daljinska kontrola motora zasnovana na Bluetooth-u

U ovom projektu ćemo koristiti robot koji smo koristili u Poglavlju 7. U ovom projektu ćemo koristiti iste komande koje su date u tabelama 5.1 i 5.2.

8.2.1 Blok dijagram

Blok dijagram ovog projekta je isti kao na slici 7.1, ali umesto Wi-Fi veze u ovom projektu se koristi Bluetooth veza između mobilnog telefona i ploče RPi ZW.

8.2.2 Električna šema

Električna šema ovog projekta je prikazana na slici 7.2. LED-ovi, zujalica i IC drajver motora su povezani sa pločom RPi ZW. RPi ZW se napaja iz prenosivog punjača od + 5 V koji je postavljen na šasiju robota. Motor sa točkovima se napaja pomoću četiri baterije NiZn AA, kao u prethodnim projektima kontrole robota.

8.2.3 Omogućavanje Bluetooth-a na Raspberry Pi Zero W

U ovom projektu ćemo poslati komande sa Android mobilnog telefona na RPi ZW. Zbog toga moramo pre svega da omogućimo Bluetooth iz menija Settings na Android uređaju. U ovom primeru naziv Bluetooth uređaja je **VFD900**.

Postoje dva načina na koji možete omogućiti Bluetooth na RPi ZW: pomoću grafičkog desktopa (GUI režim) ili pomoću komandnog režima.

Pomoću grafičkog desktopa

Režim GUI je opisan u Dodatku A.8 i ponavljamo ovde:

Pokrenite VNC server na RPi ZW i prijavite se na RPi ZW koristeći VNC Viewer.

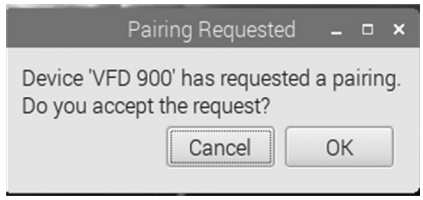
Kliknite na ikonu Bluetooth na RPi ZW u gornjem desnom uglu i uključite Bluetooth. Zatim izaberite **Make Discoverable**. Trebalo bi da vidite trepćuću Bluetooth ikonu (slika 8.1).



Slika 8.1 – Omogućite Bluetooth na RPi ZW

U meniju Bluetooth na mobilnom telefonu izaberite **raspberrypi**.

Prihvatite zahtev za uparivanje na RPi ZW, kao što je prikazano na slici 8.2.



Slika 8.2 – Zahtev za Bluetooth uparivanje

Sada bi trebalo da vidite poruku **Connected Succesfully** na RPi ZW.

Pomoću komandnog režima

Možete da omogućite Bluetooth na RPi ZW pomoću komandnog režima. Pored toga, Bluetooth možete da otkrijete i skenirate Bluetooth uređaje u blizini, a zatim možete da ga povežete sa Bluetooth uređajem. Koraci su dati ispod (znakove koje je uneo korisnik su podebljani):

Otkrijte Bluetooth pomoću sledeće komande:

pi@raspberrypi: ~ $ **sudo hciconfig hci0 piscan**

Pokrenite Bluetooth alatku na RPi ZW iz komandnog režima:

pi@raspberrypi:~ $ **bluetoothctl**

Uključite Bluetooth:

[bluetooth]# **power on**

Podesite Bluetooth za pokretanje:

[bluetooth]# **agent on**

[Bluetooth]# **default-agent**

Otkrijte Bluetooth:

[Bluetooth]# **discoverable on**

Skenirajte Bluetooth uređaje u blizini. Trebalo bi da vidite listu Bluetooth uređaja u blizini sa MAC adresama.

Dodatak E • Korišćenje biblioteke gpiozero

gpiozero je Python biblioteka koja sadrži mnoge funkcije koje se mogu koristiti za povezivanje različitih perifernih uređaja, kao što su LED-ovi, RGB LED-ovi, LED trakasti grafikoni, tasteri, linijski senzori, senzori pokreta, svetlosni senzori, senzori udaljenosti, motori, zujalice, ADC, kontrola robota, digitalni ulazi/izlazi, SPI uređaji i mnogi drugi.

Funkcije gpiozero su veoma detaljne i pojednostavljuju program. Dodatne informacije o upotrebi biblioteke gpiozero i sve njene funkcije dostupne su na sledećem veb sajtu:

https://gpiozero.readthedocs.io/en/stable/index.html

Biblioteka gpiozero koristi numerisanje pinova Broadcom (BCM) za GPIO pinove, kao što je to slučaj u svim Python programima iz ove knjige.

U ovom Dodatku su dati neki primeri da biste videli koliko je lako razviti projekte pomoću funkcija biblioteke gpiozero.

Primer A.1
Napišite Python program pomoću biblioteke gpiozero da biste uključili LED koji je povezan sa pinom porta GPIO2.

Rešenje A.1
Program je dat ispod:

```
from gpiozero import LED
import time
led = LED(2)
while true:
     led.on()
     sleep(1)
   led.off()
     sleep(1)
```

Umesto toga, možemo da koristimo funkciju **blink** na sledeći način. Podrazumevano vreme tokom kojeg LED svetli je 1 sekunda, ali se može menjati po potrebi:

```
from gpiozero import LED
from signal import pause
MyLed = LED(2)
MyLed.blink()
while True:
       pass
```

Opšti format funkcije blink je sledeći:

```
blink(on_time=1, off_time=1, n=None, background=True)
```

gde je

on_time: broj sekundi između uključivanja (podrazumevano je 1 sekunda)

off_time: broj sekundi između isključivanja (podrazumevana vrednost je 1 sekunda)

n: broj treperenja (podrazumevana vrednost je forever)

background: Ako je True (podrazumevano), pokreće pozadinsku nit, nastavlja da treperi i vraća se odmah. Ako je False, vraća se kada se treperenje završi.

Pored toga, možemo uključiti ili isključiti uređaj, ili menjati njegovo stanje.

Primer A.2
Prekidač je povezan sa pinom porta GPIO3 čiji je jedan od tastera povezan sa uzemljenjem. Napišite program pomoću biblioteke gpiozero da biste prikazali poruku **Button pressed** kada se pritisne dugme i poruku **Button is not pressed** kada dugme nije pritisnuto.

Rešenje A.2
Program je dat ispod:

```
from gpiozero import Button
MyButton = Button(2)
while True:
      if MyButton.is_pressed:
            print(“Button pressed”)
      else:
            print(“Button is not pressed”)
```

In addition, the button function can have the following parameters:

pull_up: used to pull-up (default) or pull-down the pin

bounce_time: used to specify number of seconds of debounce time (default is none)

hold_time: time to wait in seconds (default is 1) after the button is pressed until executing the when_held handler

hold_repeat: if True, the when_held handler will be repeatedly executed as long as the device remains active, every hold_time seconds.

Pored toga, dugme može da ima sledeće parametre:

pull_up - Koristi se za „podizanje" (podrazumevano) i „spuštanje" pina.

bounce_time - Koristi se za određivanje vremena odskakivanja u sekundama (podrazumevana vrednost je none).