

Utjecaj dizajna kotača na kretanje edukacijskih robota na daljinsko upravljanje

Lugarić, Vedran

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Electrical Engineering and Computing / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet elektrotehnike i računarstva**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:168:632423>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-14**



Repository / Repozitorij:

[FER Repository - University of Zagreb Faculty of Electrical Engineering and Computing repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

ZAVRŠNI RAD br. 1546

**UTJECAJ DIZAJNA KOTAČA NA KRETANJE EDUKACIJSKIH
ROBOTA NA DALJINSKO UPRAVLJANJE**

Vedran Lugarić

Zagreb, lipanj 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

ZAVRŠNI RAD br. 1546

**UTJECAJ DIZAJNA KOTAČA NA KRETANJE EDUKACIJSKIH
ROBOTA NA DALJINSKO UPRAVLJANJE**

Vedran Lugarić

Zagreb, lipanj 2024.

ZAVRŠNI ZADATAK br. 1546

Pristupnik: **Vedran Lugarić (0036541328)**
Studij: Elektrotehnika i informacijska tehnologija i Računarstvo
Modul: Računarstvo
Mentorica: izv. prof. dr. sc. Ana Sović Kržić

Zadatak: **Utjecaj dizajna kotača na kretanje edukacijskih robota na daljinsko upravljanje**

Opis zadatka:

Podloga kretanja većine edukacijski robota je malo vozilo koje se sastoji od mikroupravljača s barem dva motora povezana na H-most i upravljač motora. Različiti načini kretanja robota se dobivaju upravljanjem brzinom i smjerom vrtnje pojedinog motora. Dodatna fleksibilnost u kretanju se dobiva korištenjem "mecanum" i "omni wheel" kotača. U okviru završnog rada istražiti različite vrste kotača koje je moguće upotrijebiti na edukacijskim robotima. Istražiti i implementirati kretanje robota uz različite vrste kotača. Omogućiti udaljeno bežično upravljanje robotom uz različite vrste kotača.

Rok za predaju rada: 14. lipnja 2024.

SADRŽAJ

Uvod	1
1. Komponente mobilnog robota	2
1.1. Esp32 WROOM mikroupravljač	2
1.2. H-most	4
1.3. DC motori	5
1.4. Baterije	6
1.5. Esp32 Piko kit v4 mikroupravljač	7
1.6. Gljivica za upravljanje	9
1.7. LED diode	10
2. Razmatranje i utjecaj dizajna kotača	12
2.1. Običan Dizajn Kotača	12
2.2. Mecanum (Omni) Dizajn Kotača	13
2.3. Osvrt na odabir kotača	15
3. Daljinsko upravljanje edukacijskog robota	16
3.1. Upravljanje pomoću gljivice	16
3.2. Upravljanje pomoću mobilne aplikacije	16
3.3. Upravljanje pomoću VIDI X platforme	18
3.4. Analiza i odabir metode	18
4. Implementacija i kod	20
4.1. Komponente i spajanje robota	20
4.2. Komponente i spajanje daljinskog upravljača	22
4.3. Kod robota	25
4.4. Kod daljinskog upravljača	28
Zaključak	31
Literatura	32
Sažetak	33
Summary	34

Uvod

Robotika je široko područje koje spaja inženjerstvo, računalno programiranje i elektroniku kako bi se stvorili inteligentni strojevi. U ovom radu ćemo se fokusirati na projektiranje i izradu malog robota na daljinsko upravljanje koji nalikuje na automobil. Tokom istraživanja razmotriti ćemo prednosti i mane različitih dizajna kotača, uključujući omnidirekcijske kotače (engl. omni wheels) i standardne, običan kotače. Oba dizajna će biti opisana u detalje, ali konačna implementacija robota u ovom projektu koristit će omnidirekcijske kotače.

1. Komponente mobilnog robota

Izradu mobilnog robota podijelili smo u dva dijela radi jednostavnosti. Prvi dio je mobilni robot koji će se kretati dok je drugi dio daljinski za upravljanje istog sa veće udaljenosti.

Elektroničke komponente korištene za izradu mobilnog robota su:

1. DC motori
2. H-most
3. Esp32 WROOM mikroupravljač
4. Baterije

Elektroničke komponente za izradu daljinskog upravljača za robota su:

1. Esp32 PIKO KIT v4 mikroupravljač
2. Gljivica za upravljanje
3. LED diode

Svaka od prije navedenih komponenti će biti pobliže opisana su narednim poglavljima.

1.1. Esp32 WROOM mikroupravljač

ESP32-WROOM [1] je svestran mikroupravljački modul razvijen od strane Espressif Systems, poznat po svojoj sposobnosti da integrira Wi-Fi i Bluetooth komunikacijske funkcionalnosti. Ovaj modul je idealan za razvoj IoT (engl. Internet of Things) aplikacija zbog svoje visoke performanse, fleksibilnosti i niske potrošnje energije.

Tehničke specifikacije:

1. Procesor: ESP32-WROOM baziran je na dual-core Xtensa LX6 mikroupravljaču koji radi na frekvenciji do 240 MHz. Ovaj procesor omogućuje visoku brzinu obrade podataka i paralelno izvršavanje zadataka.
2. Memorija: Modul dolazi s 520 KB SRAM-a i 4 MB flash memorije, što pruža dovoljno prostora za složene aplikacije i podatke.

3. Komunikacija:
 - a. Wi-Fi: ESP32-WROOM modul podržava IEEE 802.11 b/g/n standarde, omogućujući bežično povezivanje na mreže.
 - b. Integriran je Bluetooth v4.2 BR/EDR i BLE (Bluetooth Low Energy) za povezivanje s raznim Bluetooth uređajima.
4. Sučelja: ESP32-WROOM nudi razna sučelja kao što su UART, SPI, I2C, PWM, ADC, DAC i mnogi drugi. Ovo omogućuje jednostavno povezivanje s različitim senzorima i aktuatorima.
5. GPIO Pinovi: Modul ima veliki broj GPIO (engl. General Purpose Input/Output) pinova koji se mogu konfigurirati za različite funkcije, čineći ga vrlo fleksibilnim za različite primjene.
6. Sigurnost: Podržava različite sigurnosne funkcije kao što su enkripcija, autentifikacija i sigurnosni protokoli, što je ključno za sigurne IoT aplikacije.

Primjena ESP32 WROOM:

1. Pametni dom: Upravljanje rasvjetom, grijanjem i drugim uređajima.
2. Nosivi uređaji: Pametni satovi, fitness narukvice.
3. Robotika: Upravljanje robotima i dronovima.
4. Senzorski sustavi: Skupljanje i slanje podataka o temperaturi, vlažnosti i drugim parametrima.
5. Automatizacija: Automatizacija zadataka i procesa.



Slika 1.1 ESP32 WROOM EU

1.2. H-most

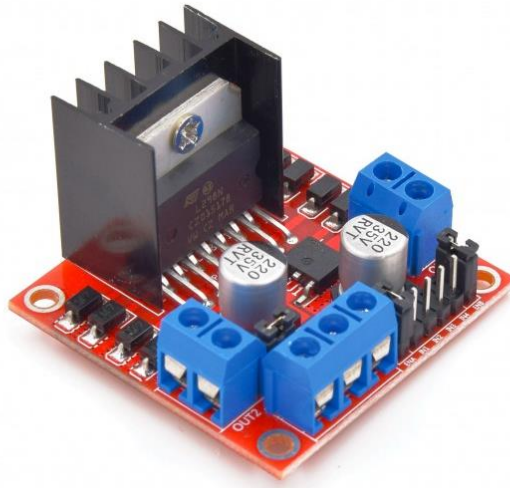
H-Most L298N [2] je dvosmjerni kontroler za motore koji se koristi za upravljanje DC koračnim motorima. Ovaj driver omogućuje kontrolu smjera i brzine motora, što ga čini idealnim za razne robotske i automatske sustave. L298N je zasnovan na dual H-mostu, što znači da može upravljati s dva motora neovisno. Jednostavan je za integraciju s mikrokontrolerima poput ESP32, Arduina i Raspberry Pi-ja. Njegov robustan dizajn omogućava podnošenje visokih struja i temperatura, što ga čini pouzdanim za razne primjene. Osim toga, široko je dostupan i podržan mnogim online primjerima i vodičima, što olakšava razvoj i implementaciju.

Osnovne karakteristike:

1. Kontrola smjera: L298N omogućava kontrolu smjera vrtnje motora, što je ključno za aplikacije gdje je potrebna promjena smjera kretanja, poput robota i vozila.
2. Kontrola brzine: Uz pomoć PWM (engl. Pulse Width Modulation) signala, moguće je precizno kontrolirati brzinu motora.
3. Visoka struja: Može upravljati motorima koji troše do 2A po kanalu, s vršnom strujom do 3A.
4. Dvostruki H-most: L298N može kontrolirati dva DC motora istovremeno.

Tehničke specifikacije:

1. Napajanje motora: 5V do 35V
2. Logičko napajanje: 5V
3. Maksimalna struja: 2A po kanalu (vršna struja do 3A)
4. Broj kanala: 2 (za dva motora)
5. Radna temperatura: -25°C do +130°C
6. Dimenzije: 43mm x 43mm x 27mm



Slika 1.2 H-most L298N

1.3. DC motori

DC motori [3], motori na istosmjernu struju, su ključna komponenta u mnogim robotskim projektima, omogućujući rotacijsko kretanje koje se može kontrolirati u smislu smjera i brzine. ESP32 moduli s različitim sučeljima poput L298N, omogućava jednostavnu integraciju i upravljanje DC motorima, čineći ih pogodnim za širok raspon primjena kao što su robotika, automatizacija i pametni sustavi. DC motori se jednostavno povezuju s raznim upravljačkim modulima putem motornih sučelja, a na tržištu je dostupan velik izbor motora različitih specifikacija. Zbog svoje fleksibilnosti, prikladni su za brojne primjene, omogućujući razne vrste kretanja i upravljanja. Kao svestrana i pouzdana komponenta, DC motori pružaju potrebnu snagu i kontrolu za realizaciju složenih mehaničkih sustava u robotskim projektima. U nastavku ćemo proći kroz karakteristike i tehničke specifikacije motora korištenih za realizaciju edukacijskog robota.

Osnovne karakteristike DC motora:

1. Jednostavna kontrola: DC motori su jednostavni za upravljanje pomoću PWM (engl. Pulse Width Modulation) signala, što omogućava precizno podešavanje brzine i smjera rotacije.
2. Rotacijsko kretanje: DC motori pružaju kontinuirano rotacijsko kretanje, koje se može koristiti za pokretanje kotača, ventilatora, transportnih traka i drugih uređaja.

3. Kompatibilnost: Lako se integriraju s raznim mikroupravljačkim modulima pomoću različitih motornih sučelja kao što su L298N, L293D i drugi.

Tehničke specifikacije:

1. Napajanje: 6V do 12V (ovisno o modelu)
2. Struja: Tipično 100mA do 2A
3. Brzina: 1000 do 3000 RPM (okretaja po minuti)
4. Moment: 0.1 do 0.5 Nm (ovisno o modelu)
5. Tip osovine: Promjer 3mm do 6mm
6. Dimenzije: Variraju, ali tipično 25mm do 50mm u promjeru, 50mm do 100mm u dužini



Slika 1.3 Arduino DC motor

1.4. Baterije

Kao izvor napajanja koristimo Varta Longlife 9V baterije. To su alkalne baterije namijenjene za dugotrajnu i pouzdanu upotrebu. Ove baterije su idealne za uređaje s niskom i srednjom potrošnjom energije, kao što su manji DC motori, daljinski upravljači, igračke, bežični mikrofoni i razni senzori.

Osnovne karakteristike Varta Longlife 9V baterija:

1. Dugotrajnost: Ove baterije su dizajnirane za dugotrajnu upotrebu u uređajima s niskom potrošnjom energije.
2. Pouzdanost: Varta Longlife baterije pružaju stabilnu i pouzdanu snagu, čineći ih idealnim za važne uređaje i aplikacije.
3. Široka dostupnost: Lako su dostupne na tržištu i prepoznatljive po svojoj kvaliteti.

Tehničke specifikacije Varta Longlife 9V baterija:

1. Tip baterije: Alkalna
2. Nazivni napon: 9V
3. Struja: Tipično 100mA do 500mA (ovisno o potrošaču)
4. Kapacitet: Oko 550 mAh
5. Dimenzije: 48.5 mm x 26.5 mm x 17.5 mm
6. Težina: Približno 45 grama
7. Radna temperatura: -20°C do +54°C



Slika 1.4 9V baterija

1.5. Esp32 Piko kit v4 mikorupravljaj

ESP32 PICO KIT v4 [5] je kompaktan razvojni modul baziran na ESP32 mikropravljaju koji je proizveo Espressif Systems. Ovaj modul je dizajniran za brz razvoj i

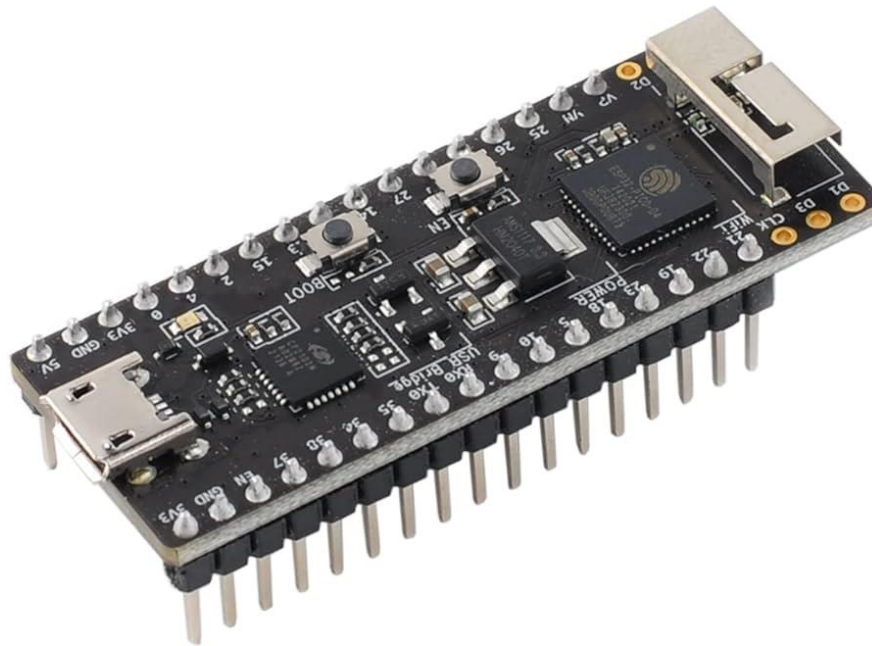
implementaciju IoT (engl. Internet of Things) aplikacija, pružajući visoke performanse i širok raspon funkcionalnosti.

Osnovne karakteristike ESP32 PICO KIT v4:

1. Visoke performanse: Integrira dual-core Xtensa LX6 procesor koji radi na frekvenciji do 240 MHz, omogućavajući brzo izvršavanje složenih zadataka.
2. Memorija: Opremljen je s 4 MB flash memorije i 520 KB SRAM-a, što omogućava rad s većim aplikacijama i podacima.
3. Wi-Fi i Bluetooth: Podržava Wi-Fi 802.11 b/g/n i Bluetooth v4.2 BR/EDR i BLE, omogućavajući jednostavnu bežičnu komunikaciju.
4. Raznovrsni periferni uređaji: Uključuje GPIO, UART, SPI, I2C, PWM, ADC, DAC i druge sučelja, omogućavajući fleksibilnu integraciju s različitim senzorima i motorima.

Tehničke specifikacije ESP32 PICO Kit V4:

1. Procesor: Dual-core Xtensa LX6 do 240 MHz
2. Memorija: 520 KB SRAM, 4 MB flash
3. Wi-Fi: 802.11 b/g/n
4. Bluetooth: v4.2 BR/EDR i BLE
5. GPIO pinovi: 32
6. Sučelja: 3 x UART, 3 x SPI, 2 x I2C, 16 x PWM, 2 x DAC, 2 x I2S, 12 x ADC
7. Napajanje: 5V preko USB ili 3.3V preko pinova
8. Dimenzije: 18 mm x 25.5 mm x 3.1 mm



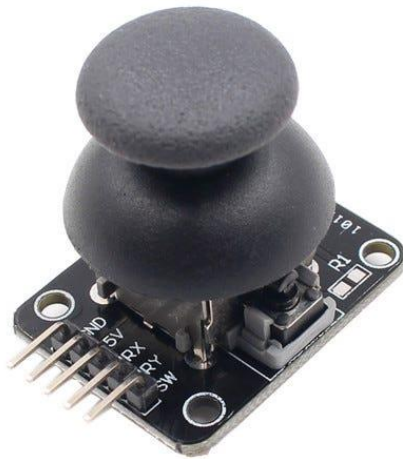
Slika 1.5 ESP32 PIKO KIT V4 mikroupravljač

1.6. Gljivica za upravljanje

Gljivica za upravljanje [6], često nazivan, joystick je uobičajeni upravljački uređaj koji omogućava korisniku kontrolu smjera i kretanja u raznim aplikacijama. Koristi se u širokom spektru primjena, uključujući video igre, robotiku, daljinsko upravljanje i druge interaktivne sustave. Glavni dio gljivice za upravljanje su dva potenciometra koji detektiraju kretanje u X i Y osi. Kada korisnik pomakne gljivicu za upravljanje, potenciometri mijenjaju svoj otpor, što rezultira promjenom napona na njihovim izlazima. Ove promjene napona se očitavaju pomoću analognih ulaza mikroupravljača, koji omogućuju precizno određivanje položaja joysticka po X i Y osi. Mnogi modeli također imaju ugrađen gumb koji se aktivira pritiskom na gljivicu prema dolje.

Tehničke specifikacije gljivice:

1. **Napajanje:** Tipično 5V (ovisno o modelu i modulu na koji je spojena)
2. **Izlaz:** Analogni (0V do 5V) za X i Y osi
3. **Radni kut:** Približno $\pm 10^\circ$ do $\pm 30^\circ$ za svaku os
4. **Dimenzije:** Variraju, ali standardni modeli su oko 35mm x 35mm x 45mm
5. **Gumbi:** Mnogi modeli imaju dodatni gumb integriran u samoj gljivici
6. **Materijal:** Plastika i metal



Slika 1.6 Gljivica

1.7. LED diode

LED diode [7] (engl. Light Emitting Diodes), (Sl. 1.7) su poluvodički elementi koji emitiraju svjetlost kada kroz njih prolazi električna struja. Zbog svoje energetske učinkovitosti, dugovječnosti i kompaktne veličine, LED diode su našle široku primjenu u raznim industrijama, uključujući rasvjetu, elektroniku, signalizaciju itd.

Osnovne karakteristike LED dioda:

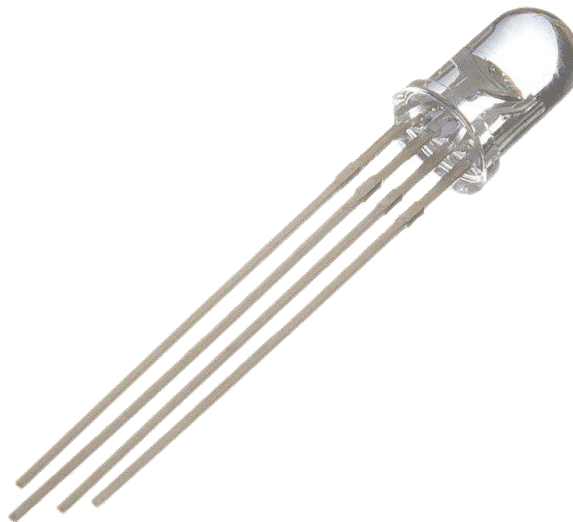
1. Visoka učinkovitost: LED diode pretvaraju većinu električne energije u svjetlost, što ih čini vrlo energetski učinkovitim u usporedbi s tradicionalnim izvorima svjetlosti.
2. Mogu trajati do 50.000 sati ili više, značajno duže od žarulja sa žarnom niti i fluorescentnih svjetiljki.
3. Troše vrlo malo energije, što ih čini idealnim za uređaje na baterije.
4. Kompaktna veličina: LED diode su vrlo male, što omogućava njihovu integraciju u širok raspon uređaja i aplikacija.
5. Raznolikost boja: Dostupne su u raznim bojama (jednobojne) ili kao RGB (engl. Red-green-blue) diode (višebojne) (Sl. 1.8), diode koje mogu proizvesti bilo koju boju vidljivog spektra boja.

Tehničke specifikacije LED dioda:

1. Nazivni napon: Obično između 2V i 3.6V, ovisno o boji i tipu LED diode.
2. Struja: Tipično između 10mA i 20mA za standardne LED diode, ali sve zavisi do otpora na koji su spojene (obično se spajaju na 220 ohma).
3. Radna temperatura: Tipično od -40°C do $+85^{\circ}\text{C}$.



Slika 1.7 Raznobojne LED diode



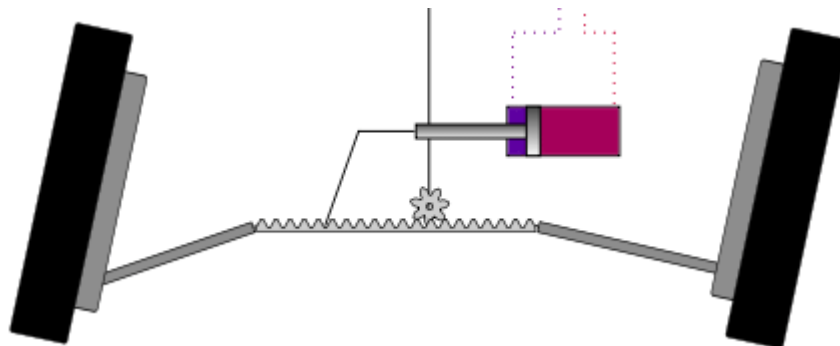
Slika 1.8 RGB dioda

2. Razmatranje i utjecaj dizajna kotača

Prilikom razvoja edukacijskog robota na daljinsko upravljanje, ključni aspekt bio je odabir odgovarajućeg dizajna kotača. U početnoj fazi, razmatrali smo dva glavna tipa kotača: običan dizajn kotača koji se koristi u automobilima te omnidirekcijski dizajn kotača. Svaki od ovih dizajna ima svoje prednosti i mane koje smo istražili prije implementacije kako bismo mogli donijeti informiranu odluku.

2.1. Običan Dizajn Kotača

Obični kotači, osmišljeni su za ravno kretanje i skretanje uz pomoć sustava upravljanja. Ovaj dizajn je jednostavan, robustan i široko primjenjivan. Sustav upravljanja edukacijskog robota radio bi pomoću servo motora koji kontrolira skretanje prednjih kotača. Kada korisnik na daljinskom upravljaču pomakne gljivicu, signal se šalje iz daljinskog upravljača do prijemnika unutar edukacijskog robota. Kontroler unutar edukacijskog robota tada šalje signal servo motoru koji pomiče prednje kotače u odgovarajućem smjeru te za odgovarajući kut (Sl. 2.1).



Slika 2.1 Sustav skretanja edukacijskog robota s običnim dizajnom kotača

Prednosti običnog dizajna kotača:

1. Jednostavnost: Obični kotači su jednostavni za izradu i implementaciju. Njihova jednostavnost smanjuje troškove proizvodnje i održavanja.

2. Robusnost: Dizajn je mehanički robustan, sposoban izdržati velika opterećenja i razne terenske uvjete.
3. Efikasnost: Za ravne ceste i standardne putove, obični kotači pružaju visoku efikasnost u pogledu potrošnje energije i kretanja.

Mane običnog dizajna kotača:

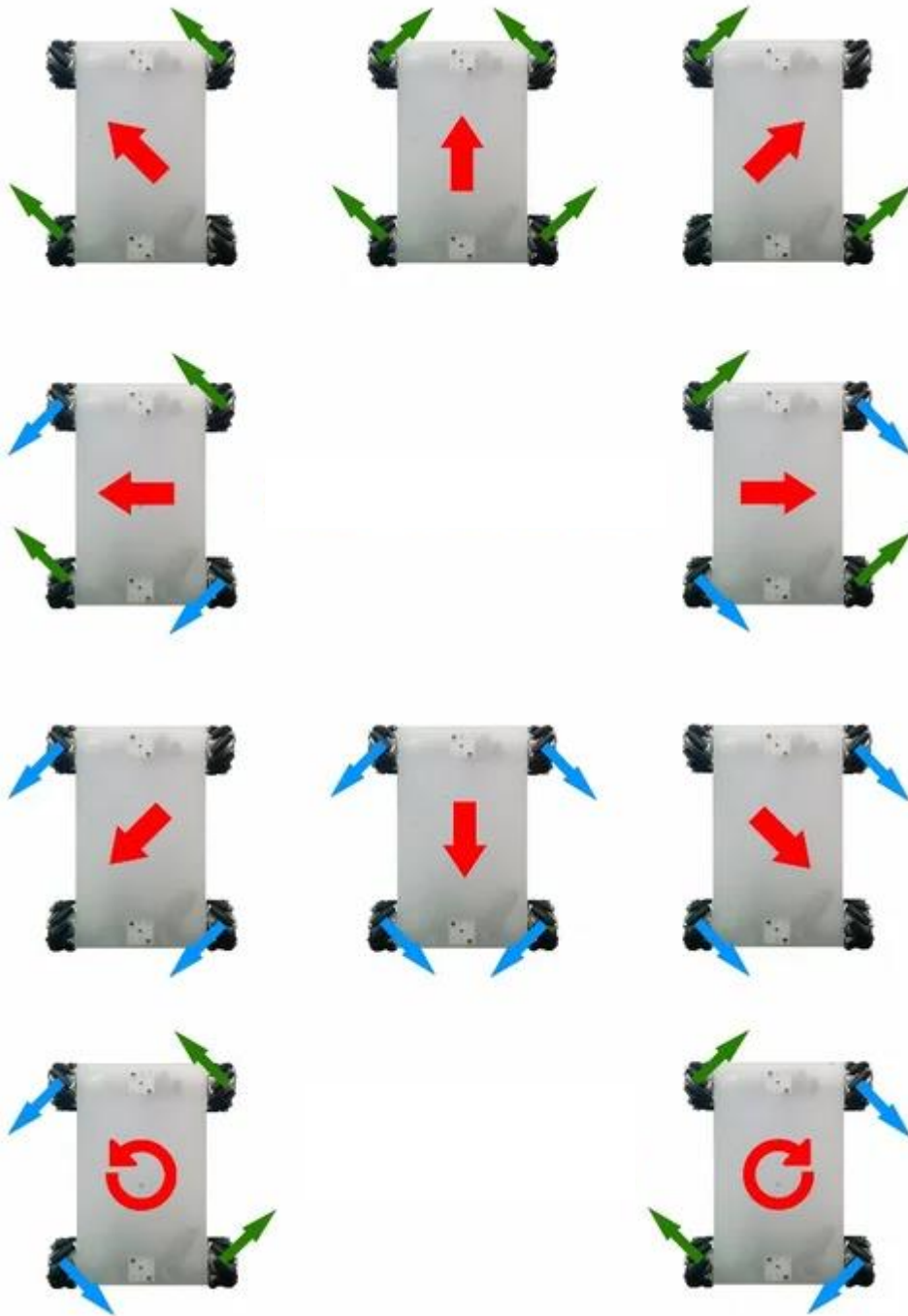
1. Ograničena manevarska sposobnost: Obični kotači omogućavaju samo naprijed, natrag i skretanje, što ograničava njihovu sposobnost za složene manevre.
2. Potrebna kompleksnost u upravljanju: Skretanje zahtijeva dodatne mehaničke komponente poput upravljača, diferencijala i osovina, što povećava kompleksnost sustava.
3. Ograničena fleksibilnost: U uskim prostorima ili na mjestima gdje je potrebna visoka fleksibilnost kretanja, obični kotači mogu biti neefikasni.

2.2. Omnidirekcijski Dizajn Kotača

Omnidirekcijski kotači [10], poznati i kao omni kotači, specijalni su kotači koji omogućavaju kretanje u svim smjerovima bez potrebe za promjenom orijentacije vozila. Ovi kotači koriste valjke postavljene pod kutom od 45 stupnjeva na obodima kotača kako bi omogućili lateralno i dijagonalno kretanje. Robot s omnidirekcijskim dizajnom kotača može se kretati na nekoliko različitih načina, što mu omogućava vrlo dobru manevarciju (Sl. 2.2):

1. Naprijed/natrag: Svi kotači vrte se u istom smjeru. Ako se svi kotači okreću prema naprijed, robot se kreće naprijed. Ako se okreću prema natrag, robot se kreće natrag.
2. Bočno (lijevo/desno): Da bi se robot kretao bočno, prednji lijevi i stražnji desni kotači vrte se u suprotnom smjeru od prednjeg desnog i stražnjeg lijevog točka. To omogućava robotu da se pomiče bočno bez okretanja.
3. Dijagonalno: Kombiniranjem naprijed/natrag i bočnog kretanja, robot može kretati dijagonalno.
4. Rotacija oko vlastite osi: Da bi se robot okretao oko svoje osi, prednji lijevi i stražnji desni kotač vrte se u suprotnim smjerovima jedan od drugoga, dok prednji

desni i stražnji lijevi kotač vrte također u suprotnom smjeru, ali jedan prema drugome, suprotno za rotaciju u drugom smjeru.



Slika 2.2 Rotacija kotača za ostvarivanje kretanja robota s omnidirekcijskim dizajnom kotača

Prednosti omnidirekcijskog dizajna kotača:

1. Svestranost kretanja: Omnidirekcijski kotači omogućuju kretanje naprijed, natrag, bočno, dijagonalno te rotaciju oko svoje osi, što pruža iznimnu fleksibilnost i manevarsku sposobnost.
2. Jednostavnija mehanika upravljanja: Omogućuju precizno kretanje u svim smjerovima bez potrebe za složenim mehaničkim sustavima za upravljanje, potrebna su četiri individualno kontrolirana motora.
3. Zbog mogućnosti lateralnog kretanja, vozilo s omnidirekcijskim kotačima može se lako kretati i manevrirati u uskim prostorima i oko prepreka.

Mane omnidirekcijskog dizajna kotača:

1. Složenija izrada: Omnidirekcijski kotači su složeniji za izradu i zahtijevaju precizne valjke i montažu, što može povećati troškove izrade.
2. Energetska efikasnost: U usporedbi s običnim kotačima, omnidirekcijski kotači mogu biti manje energetske efikasni zbog dodatnog trenja između valjaka i podloge.
3. Ograničenja u terenskim uvjetima: Na neravnim i nesigurnim podlogama, performanse omnidirekcijski kotača mogu biti ograničene u odnosu na obične kotače.

2.3. Osvrt na odabir kotača

Nakon proučavanja i razmatranja prednosti i mana oba dizajna kotača, odlučili smo se za implementaciju omnidirekcijskih (mecanum) kotača. Razlog za ovaj odabir je njihova iznimna svestranost i manevarska sposobnost koja je vrlo pogodna za kretanje edukacijskog robota. Mogućnost kretanja u svim smjerovima bez potrebe za promjenom orijentacije vozila omogućuje nam da ostvarimo vrlo veliku preciznost i fleksibilnost prilikom kretanja kretanju.

3. Daljinsko upravljanje edukacijskog robota

Daljinsko upravljanje robota omogućava korisnicima da upravljaju robotom iz udaljenih lokacija, pružajući fleksibilnost i svestranost u različitim aplikacijama. U ovom poglavlju istražiti ćemo tri različite metode upravljanja robotom: pomoću gljivice, pomoću mobilne aplikacije razvijene u MIT App Inventoru te pomoću VIDI X kontrolera. Na kraju, analizirat ćemo prednosti svake metode te odlučiti koja je najpogodnija za realizaciju projekta.

3.1. Upravljanje pomoću gljivice

Upravljanje pomoću gljivice predstavlja intuitivan i precizan način za korisnike da kontroliraju robota. Gljivica je ulazni uređaj koji omogućava analogno upravljanje, što znači da korisnici mogu kontrolirati kretanje robota s finim prilagodbama smjera i brzine. Ova metoda upravljanja koristi ESP32 PICO KIT v4 mikroupravljački modul koji obrađuje signale gljivice i koristi ESP-NOW protokol za komunikaciju s upravljačkim modulom na robotu.

Tehnički opis:

1. Gljivica: Dvodimenzionalni analogni ulaz koji omogućava preciznu kontrolu kretanja robota u više smjerova (naprijed-nazad, lijevo-desno, dijagonalno, oko svoje osi). Gljivica daje kontinuirane signale koji predstavljaju položaj na dvije osi.
2. ESP32 PICO: Mikroupravljač zadužen za obradu signala gljivice i slanje podataka putem ESP-NOW protokola. Ovaj uređaj je kompaktan, energetski učinkovit i ima integrirane Wi-Fi mogućnosti, što ga čini idealnim za bežičnu komunikaciju.
3. ESP-NOW je protokol za bežičnu komunikaciju koji omogućava nisko-latentnu peer-to-peer komunikaciju između ESP32 uređaja. Pouzdan i ne zahtijeva povezivanje na Wi-Fi mrežu već mikroupravljači komuniciraju direktno jedan s drugim, što smanjuje kašnjenje i povećava brzinu reakcije.

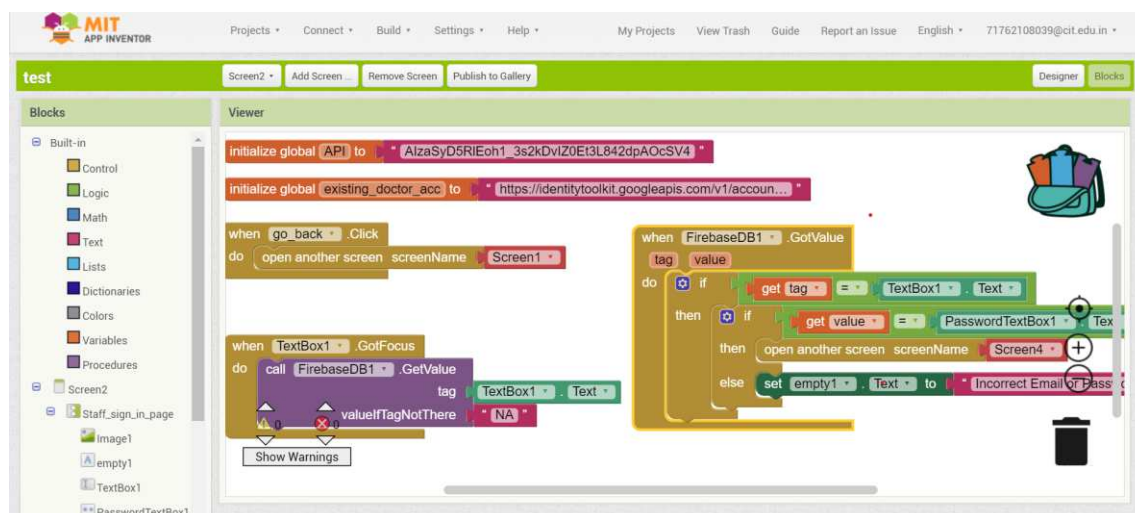
3.2. Upravljanje pomoću mobilne aplikacije

Upravljanje pomoću mobilne aplikacije pruža korisnicima fleksibilnost i praktičnost jer većina korisnika već posjeduje pametne telefone. Ova metoda koristi mobilnu aplikaciju

razvijenu pomoću MIT App Inventor-a [8] (Sl. 3.1), omogućavajući korisnicima da kontroliraju robota putem Bluetooth veze.

Tehnički opis:

1. MIT App Inventor: Platforma za razvoj mobilnih aplikacija koja omogućava korisnicima da kreiraju aplikacije putem grafičkog sučelja i blokova koda, bez potrebe za dubokim programerskim znanjem. Ova platforma je idealna za brzi razvoj prototipova i edukativne svrhe.
2. Bluetooth: Tehnologija za bežičnu komunikaciju na kratkim udaljenostima, omogućava jednostavnu i sigurnu vezu između mobilnog uređaja i robota. Bluetooth je široko rasprostranjen i podržan na većini mobilnih uređaja.
3. Aplikacija: Dizajnirana da ima jednostavno korisničko sučelje s kontrolama za upravljanje robotom. Korisnici mogu upravljati robotom pomoću virtualnih tipki ili gljivica unutar aplikacije, slati naredbe kao što su kretanje u različitim smjerovima, zaustavljanje, promjena brzine itd.



Slika 3.1 MIT App Inventor

3.3. Upravljanje pomoću VIDI X platforme

VIDI X [9] (Sl. 3.2) je edukacijska platforma razvijen u Hrvatskoj, koja može biti korištena za upravljanje robotima s veće udaljenosti no ima i puno veće mogućnosti. Ova metoda omogućava korisnicima fizičku interakciju putem gumba, pružajući taktilnu povratnu informaciju koja može biti korisna u raznim primjenama.

Tehnički opis:

1. VIDI X je edukacijska platforma koja omogućava lakše učenje te pobliže približava svijet mikroupravljača. Uređaj ima niz osnovnih komponenti poput ugrađenog mikrofona, zvučnika, temperaturnog senzora, infracrvene diode, svjetlosnog senzora i ekrana.
2. ESP32 mikroupravljač je integriran unutar VIDI X platforme. Mikroupravljač obrađuje signale gumba i upravlja komunikacijom s robotom putem Wi-Fi i ESP-NOW protokola. ESP32 omogućava brzu i pouzdanu obradu ulaznih signala i slanje odgovarajućih podataka robotu.



Slika 3.2 VIDI X

3.4. Analiza i odabir metode

Svaka metoda upravljanja ima svoje prednosti i izazove:

1. Upravljanje pomoću gljivice:
 - a) Prednosti: Precizna kontrola, malo kašnjenje zahvaljujući ESP-NOW protokolu, pouzdanost u prijenosu podataka.

- b) Izazovi: Potencijalne interferencije u bežičnom signalu, ograničen domet.
2. Upravljanje pomoću mobilne aplikacije:
- a) Prednosti: Fleksibilnost, široka dostupnost pametnih telefona, jednostavnost korištenja.
 - b) Izazovi: Ograničen domet Bluetooth veze, potreba za razvojem i održavanjem aplikacije.
3. Upravljanje pomoću VIDI X kontrolera:
- a) Prednosti: Neovisnost o mobilnim uređajima, unaprijed spojene sve komponente za upravljanje.
 - b) Izazovi: Fizička ograničenja kontrolera, vrlo grubo upravljanje, jedna brzina kretanja.

Nakon analize, donesena je odluka da će se upravljanje robotom raditi pomoću gljivice. Ova metoda nudi nekoliko ključnih prednosti: preciznost, budući da analogna priroda gljivice omogućava finu kontrolu kretanja robota, malo kašnjenje, jer ESP-NOW protokol osigurava brzu i pouzdanu komunikaciju između gljivice i robota, te pouzdanost, jer je manje osjetljiv na smetnje u usporedbi s Bluetooth-om, čime se povećava sigurnost i učinkovitost upravljanja. Upravljanje pomoću gljivice stoga predstavlja optimalno rješenje za naše potrebe, kombinirajući preciznost kontrole kretanja i pouzdanost u komunikaciji.

4. Implementacija i kod

4.1. Komponente i spajanje robota

U ovom dijelu poglavlja opisati ćemo kako su komponente robota povezane kako bi omogućile upravljanje motorima pomoću H-mosta i ESP32 WROOM mikroupravljača (SI 4.1).

Komponente:

1. ESP32 WROOM mikroupravljač je središnja kontrolna jedinica koja upravlja svim operacijama robota.
2. H-most (L298N) se koristi za upravljanje smjerom i brzinom motora. U ovoj konfiguraciji su korištena dva H-mosta.
3. Četiri DC motora koji pokreću robota, svaki za jedan kotač.
4. Napajanje čine dva 9V baterijska izvora spojena na motore i prijenosna baterija za napajanje mikroupravljača.

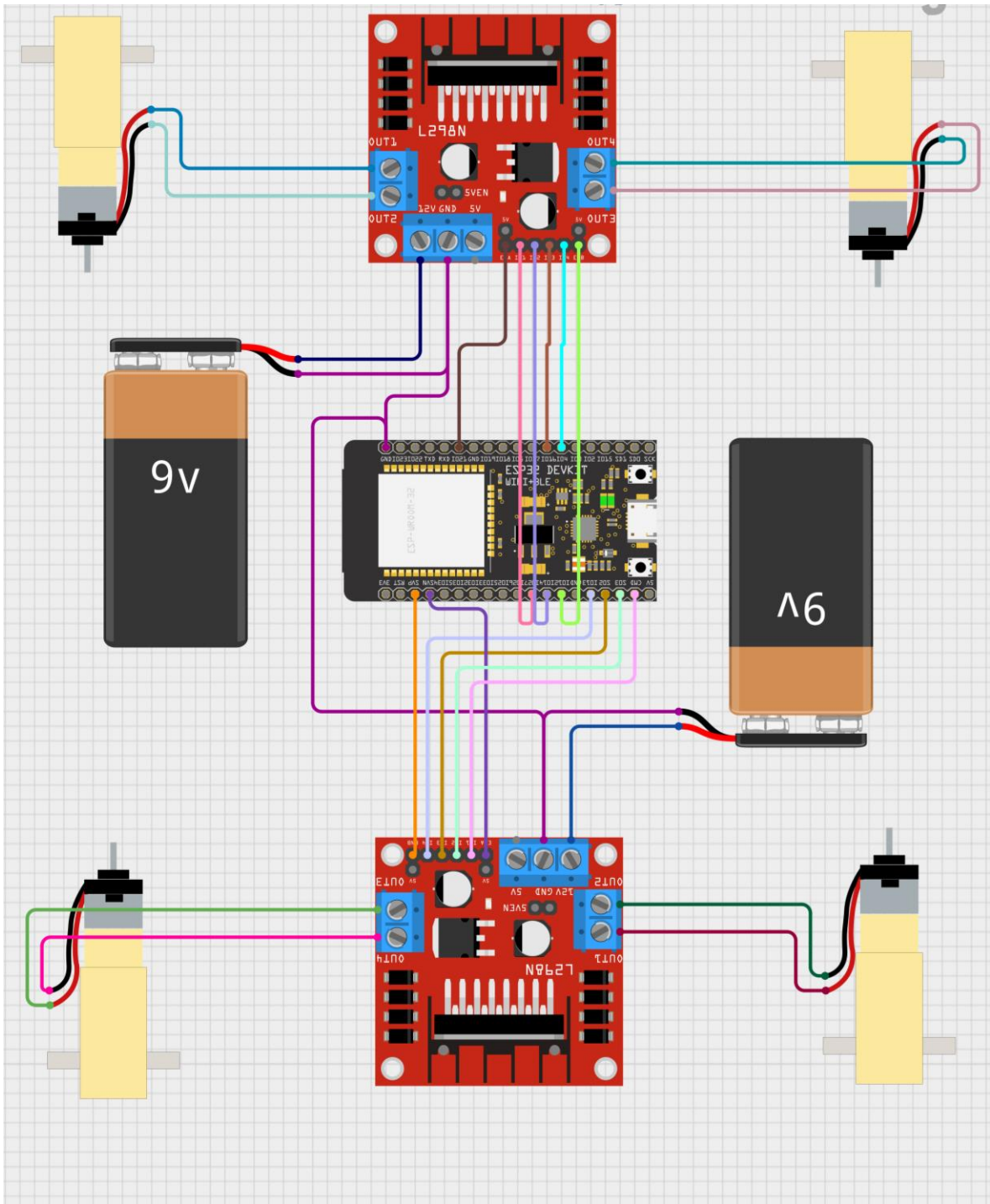
Povezivanje:

1. ESP32 WROOM:
 - a) Napajanje: mikro USB ESP32 WROOM mikroupravljača povezan je na prijenosnu bateriju.
 - b) Kontrolni pinovi: Pinovi ESP32 WROOM mikroupravljača su povezani na ulazne pinove H-mosta IN1, IN2, IN3, IN4 na oba H-mosta za upravljanje smjerom motora te na ENA i ENB za kontrolu brzine rotacije motora.
2. H-most (L298N):
 - a) Napajanje: +12 pin H-mosta povezan je na pozitivni pol 9V baterije, dok je GND pin povezan na negativni pol baterije.
 - b) Motori: Izlazni pinovi H-mosta, OUT1, OUT2, OUT3, OUT4 na oba H-mosta su povezani na motore. Svaki H-most upravlja s dva motora.

Funkcionalnost:

1. Smjer i brzina: ESP32 WROOM mikroupravljač šalje signale na ulazne pinove H-mosta kako bi kontrolirao smjer i brzinu motora. Korištenjem PWM (Pulse Width Modulation) signala, moguće je regulirati brzinu motora.
2. H-most omogućava kontrolu motora, odnosno može mijenjati smjer struje kroz motore, čime se mijenja smjer rotacije motora. Kada su ulazni signali H-mosta postavljeni na visoku odnosno nisku razinu, odgovarajući izlazi će omogućiti struji da teče kroz motore u željenom smjeru.

Ova konfiguracija omogućava precizno upravljanje robotom, osiguravajući da se može kretati u svim smjerovima s odgovarajućom brzinom i reakcijom na korisničke komande poslane putem ESP32 WROOM mikroupravljača. Koristeći H-mostove, moguće je efikasno i pouzdano kontrolirati motore, što je ključno za sveukupnu funkcionalnost robota.



Slika 4.1 Shema spajanja komponenti robota

4.2. Komponente i spajanje daljinskog upravljača

U ovom dijelu poglavlja opisujemo kako su komponente daljinskog upravljača spojene kako bi omogućile upravljanje robotom pomoću gljivice (joysticka) i ESP32 mikroupravljača (Sl. 4.2).

Komponente:

1. ESP32 PIKO v4 mikroupravljač: Središnja kontrolna jedinica koja prima signale s gljivice i šalje ih na robota.
2. Gljivica (joystick): Ulazni uređaj koji omogućava korisniku da kontrolira smjer kretanja robota.
3. LED diode: Vizualna povratna informacija za indicaciju statusa daljinskog upravljača.
4. Otpornici: Koriste se za ograničavanje struje kroz LED diode.
5. Razvojna ploča (engl. Breadboard): Ploča za prototipiranje koja omogućava jednostavno povezivanje komponenti.
6. Prijenosna baterija: Napaja ESP32 mikroupravljač putem micro USB priključka.

Povezivanje:

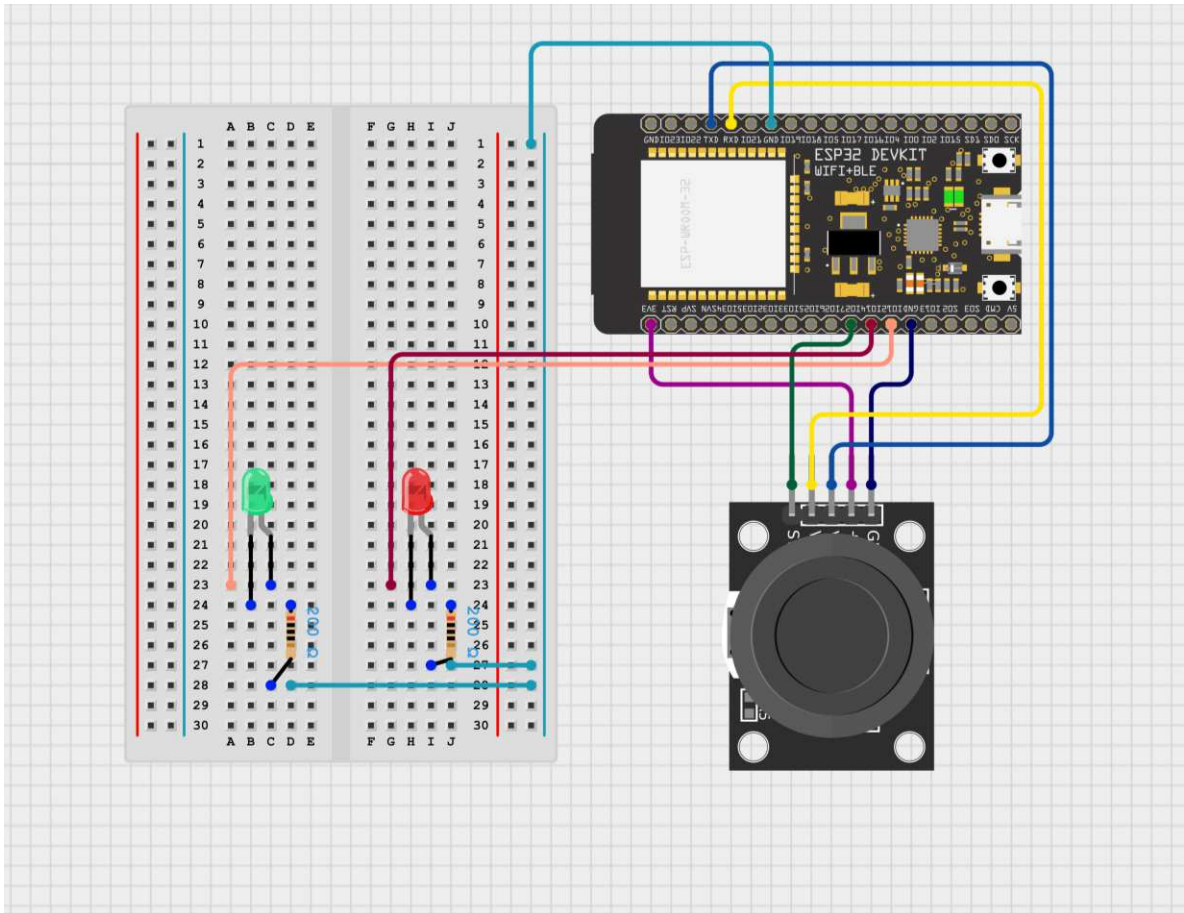
1. ESP32 PIKO v4 mikroupravljač:
 - a) Napajanje: ESP32 PIKO KIT v4 je napajan putem prijenosne baterije spojene na micro USB priključak. Ova baterija osigurava stabilno napajanje za sam mikroupravljač.
 - b) Kontrolni pinovi: Pinovi ESP32 su povezani s gljivicom i LED diodama kako bi omogućili kontrolu i vizualnu povratnu informaciju.
2. Gljivica (engl. joystick), pinovi:
 - a) VCC: Spojen na 3.3V pin ESP32 za napajanje gljivice.
 - b) GND: Spojen na GND pin ESP32.
 - c) VRx i VRy: Spojeni na analogne ulazne pinove ESP32 (A0 i A1) za čitanje analognih vrijednosti koje predstavljaju pomake na osi X i Y. Povratnu vrijednost koju vraća gljivica, tj. napon između 0V i 3.3V se u mikroupravljaču pretvara u vrijednost između 0 i 4095.
 - d) SW: Spojen na digitalni ulazni pin ESP32 (D2) za detekciju pritiska gljivice. Detekcija je binarna, 1 kada gljivica nije stisnuta, tj. 0 kada je gljivica stisnuta.
3. LED diode:
 - a) Zelena LED dioda: Spojena na digitalni izlazni pin ESP32 (D4) preko otpornika od 220 ohma. Kada je pin postavljen na visoku razinu, LED dioda svijetli, pružajući vizualnu povratnu informaciju o načinu kretanja robota tj. robot se kreće naprijed, nazad, u stranu i dijagonalno.

- b) Crvena LED dioda: Spojena na digitalni izlazni pin ESP32 (D5) preko otpornika od 220 ohma. Također pruža vizualnu povratnu informaciju o načinu kretanja robota tj. robot se rotira oko svoje osi.
- c) Otpornici 220 ohma koriste se za ograničavanje struje kroz LED diode, sprječavajući njihovo oštećenje.

Funkcionalnost:

1. Kada korisnik pomiče gljivicu, ESP32 mikroupravljač čita analogne vrijednosti s VRx i VRy pinova, te detektira pritisak na gljivicu putem SW pina. Ove informacije se zatim obrađuju i šalju robotu putem bežične komunikacije (ESP-NOW protokol).
2. ESP32 WROOM mikroupravljač obrađuje sve ulazne podatke s gljivice i kontrolira LED diode. Također šalje obrađene podatke robotu putem bežične komunikacije, omogućujući precizno upravljanje kretanjem robota.

Ova konfiguracija omogućava korisniku intuitivno i precizno upravljanje robotom, pružajući istovremeno i vizualnu povratnu informaciju o načinu kretanja robota.



Slika 4.2 Shema spajanja komponenti daljinskog upravljača

4.3. Kod robota

Program koji smo koristili prima podatke tj. vrijednosti x , y i stanje na prekidaču sw putem ESP-NOW protokola s druge pločice. Na temelju primljenih podataka, izračunava se koliko brzo i u kojem smjeru bi se svaki od četiri motora trebao okretati. Ovisno o vrijednostima x i y , motori se postavljaju u odgovarajući smjer rotacije i brzinu vrtnje pomoću PWM signala. Ovisno o sw signalu, koji je binarni, motori će se ponašati na specifičan način, koji je također definiran u kodu.

Pesudokod:

- // Inicijalizacija varijabli i postavki
 - inicijaliziraj strukturu struct_message sa poljima x , y , sw
 - inicijaliziraj strukturu myData
 - postavi PWM frekvenciju ($freq$) na 30000
 - postavi PWM kanale ($pwmChannel1-4$) na 0-3
 - postavi PWM rezoluciju ($resolution$) na 8

```

inicijaliziraj dutyCycleX i dutyCycleY na 200
inicijaliziraj digitalValueSW na 0

2. // Funkcija koja se poziva kada se podaci prime
funkcija onDataRecv(mac, incomingData, len):
    kopiraj podatke iz incomingData u myData
    postavi analogValueY na myData.y
    postavi analogValueX na myData.x
    postavi digitalValueSW na myData.sw

    izračunaj dutyCycleX i dutyCycleY iz analognih
    vrijednosti
    ako je apsolutna vrijednost dutyCycleX manja od 50,
    postavi dutyCycleX na 0
    ako je apsolutna vrijednost dutyCycleY manja od 50,
    postavi dutyCycleY na 0

3. // Inicijalizacija u setup funkciji
setup:
    postavi pinove za motore kao izlazne
    konfiguriraj PWM funkcionalnosti za motore
    postavi serijski monitor na 115200 baud
    postavi Wi-Fi na ESP32
    inicijaliziraj ESP-NOW
    definiraj callback funkciju onDataRecv za primanje
    podataka

4. // Glavna petlja
loop:
    ispis dutyCycleX i dutyCycleY na serijski monitor

    postavi sve motore na LOW

    ako digitalValueSW nije pritisnut:
        ako je dutyCycleX < 0 i dutyCycleY == 0:
            postavi odgovarajuće pinove za smjer motora
            postavi PWM vrijednosti za motore
        inače ako je dutyCycleX > 0 i dutyCycleY == 0:
            postavi odgovarajuće pinove za smjer motora
            postavi PWM vrijednosti za motore
        inače ako je dutyCycleX == 0 i dutyCycleY < 0:

```



```

        postavi odgovarajuće pinove za smjer motora
        postavi PWM vrijednosti za motore
    inače ako je dutyCycleX == 0 i dutyCycleY > 0:
        postavi odgovarajuće pinove za smjer motora
        postavi PWM vrijednosti za motore
    inače ako je dutyCycleX < 0 i dutyCycleY < 0:
        postavi odgovarajuće pinove za smjer motora
        postavi PWM vrijednosti za motore
    inače ako je dutyCycleX > 0 i dutyCycleY > 0:
        postavi odgovarajuće pinove za smjer motora
        postavi PWM vrijednosti za motore
    inače ako je dutyCycleX < 0 i dutyCycleY > 0:
        postavi odgovarajuće pinove za smjer motora
        postavi PWM vrijednosti za motore
    inače ako je dutyCycleX > 0 i dutyCycleY < 0:
        postavi odgovarajuće pinove za smjer motora
        postavi PWM vrijednosti za motore
    inače ako je digitalValueSW pritisnut:
        ako je dutyCycleX == 0 i dutyCycleY < 0:
            postavi odgovarajuće pinove za smjer motora
            postavi PWM vrijednosti za motore
        inače ako je dutyCycleX == 0 i dutyCycleY > 0:
            postavi odgovarajuće pinove za smjer motora
            postavi PWM vrijednosti za motore

```

Objašnjenje koda

1. Inicijaliziraju se varijable i konstante koje će se koristiti za upravljanje motorima. Inicijalizira se struktura koja će primiti podatke putem ESP-NOW protokola.
2. Funkcija `OnDataRecv` se poziva kada ESP32 prima podatke putem ESP-NOW. Podaci se spremaju u strukturu `myData`, a zatim se izračunavaju `dutyCycleX` i `dutyCycleY` koji se koriste za upravljanje brzinom motora.
3. Setup funkcija: U ovoj funkciji se postavljaju početne postavke za pinove i PWM kanale te se inicijalizira ESP-NOW za primanje podataka.
4. Loop funkcija je glavna petlja koja se kontinuirano ponavlja. U toj petlji se provjeravaju vrijednosti `dutyCycleX` i `dutyCycleY` te prema njima i prema stanju prekidača `digitalValueSW` upravlja smjerom i brzinom motora.

4.4. Kod daljinskog upravljača

Kod napisan za daljinsko kojim upravljamo robota radi na način da ESP32 PIKO očitava podatke s gljivice za upravljanje i šalje te podatke primateljskom modulu na robotu. Također, u kodu definiramo dvije LED diode za vizualnu povratnu informaciju o stanju prekidača na gljivici tj. načinu kretanja robota koje je već ranije opisano.

Pseudokod:

1. Inicijaliziraj potrebne biblioteke i postavi MAC adresu primatelja
2. Definiraj strukturu za slanje podataka
3. Kreiraj instancu strukture za slanje podataka
4. Inicijaliziraj podatka za ESP-NOW
5. Definiraj povratni poziv za slanje podataka
 - a. Ispis statusa zadnjeg poslanog paketa

6. Postavi pinove za analogne ulaze i LED diode

7. Funkcija `setup()`:
 - a. Postavi pinove za LED diode kao izlazne
 - b. Inicijaliziraj serijski monitor
 - c. Postavi ESP32 kao Wi-Fi stanicu
 - d. Inicijaliziraj ESP-NOW
 - e. Registriraj povratni poziv za slanje podataka
 - f. Registriraj primatelja
 - g. Postavi pin za prekidač na joysticku kao ulaz s unutarnjim pull-up otpornikom

8. Funkcija `loop()`:
 - a. Očitaj analogne vrijednosti za X i Y osi joysticka
 - b. Očitaj digitalnu vrijednost prekidača na joysticku
 - c. Ako je prekidač pritisnut, promijeni stanje
 - d. Postavi očitane vrijednosti u strukturu za slanje podataka
 - e. Ispis trenutnog stanja
 - f. Ako je stanje aktivno:
 - i. Isključi crvenu LED diodu
 - ii. Uključi žutu LED diodu
 - g. Ako stanje nije aktivno:

- i. Isključi žutu LED diodu
- ii. Uključi crvenu LED diodu
- h. Pošalji poruku putem ESP-NOW
- i. Ispis statusa slanja poruke

Objašnjenje koda

1. Inicijalizacija biblioteka i MAC adrese, pozivaju se potrebne biblioteke za ESP-NOW i Wi-Fi, postavlja se MAC adresa primatelja.
2. Definirana je struktura `struct_message` koja sadrži tri cjelobrojne varijable `x`, `y` i `sw`. Ova struktura se koristi za slanje podataka o položaju gljivice i stanju prekidača na mikroupravljač na robotu.
3. Kreirana je instanca strukture `struct_message` nazvana `myData` koja će se koristiti za pohranu i slanje podataka.
4. Inicijalizirani su podaci koji sadrže MAC adresu primatelja i druge potrebne postavke za ESP-NOW protokol.
5. Povratni poziv za slanje podataka: Funkcija `OnDataSent` se poziva kada se podaci pošalju. Ispisuje status zadnjeg poslanog paketa na serijski monitor.
6. Postavljaju se pinovi za analogne ulaze (X i Y osi gljivice), digitalni ulaz za prekidač i izlazi za LED diode.
7. Setup funkcija:
 - Postavlja pinove za LED diode kao izlazne.
 - Inicijalizira serijski monitor za ispis.
 - Postavlja ESP32 kao Wi-Fi stanicu.
 - Inicijalizira ESP-NOW i registrira povratni poziv za slanje podataka.
 - Registrira primatelja s MAC adresom.
 - Postavlja pin za prekidač na joysticku kao ulaz s unutarnjim pull-up otpornikom.
8. Loop funkcija:
 - Očita analogne vrijednosti za X i Y osi joysticka.
 - Očita digitalnu vrijednost prekidača na joysticku.
 - Provjerava je li prekidač pritisnut i mijenja stanje
 - Postavlja očitane vrijednosti u strukturu za slanje podataka.
 - Ako je stanje aktivno, uključi zelenu LED diodu i isključi crvenu LED diodu.

- Ako stanje nije aktivno, uključi crvenu LED diodu i isključi zelenu LED diodu.
- Šalje poruku putem ESP-NOW i ispisuje status slanja na serijski monitor.

Zaključak

U okviru ovog rada pokazana je izrada robota s daljinskim upravljanjem, temeljenog na ESP32 WROOM mikroupravljača. Ovaj robot koristi dva H-mosta, od kojih svaki upravlja s dva motora, omogućujući individualnu kontrolu ukupno četiri motora. Ovaj sustav je potreban zbog korištenja omnidirekcijskih kotača, koji omogućuju napredne manevarske sposobnosti.

Jedan od ključnih izazova bio je odabir samih kotača za robota. Temeljno su razmatrane dvije opcije, standardni kotači i omnidirekcijski kotači. Zbog superiornih manevarskih sposobnosti, odlučeno je da će se koristiti omnidirekcijski dizajn kotača. Ovaj dizajn omogućuje robotu da se kreće u svim smjerovima, uključujući bočno kretanje, rotaciju na mjestu i kombinirane pokrete, što ga čini izuzetno pogodnim za složene zadatke i navigaciju u ograničenim prostorima.

Daljinski upravljač izrađen je pomoću ESP32 PICO mikroupravljača. Kontrola kretanja robota ostvarena je pomoću gljivice za upravljanje, čime se jednostavno i intuitivno upravlja smjerom i brzinom kretanja. Komunikacija između daljinskog upravljača i robota ostvarena je putem ESP-NOW protokola, što omogućuje pouzdanu i brzu bežičnu vezu.

Program je napisan u Arduino IDE-u, što omogućuje jednostavnu implementaciju i prilagodbu koda. Kod je razvijen s ciljem optimizacije performansi robota i osiguravanja precizne kontrole nad svim motorima.

Rezultat ovog rada je funkcionalan robot s naprednim manevarskim sposobnostima, koji se može koristiti u raznim aplikacijama gdje je potrebna precizna i fleksibilna kontrola kretanja. Upotreba ESP32 mikroupravljača omogućila je efikasnu implementaciju kontrolnog sustava, dok je omnidirekcijski dizajn kotača osigurao vrlo dobre performanse u smislu mobilnosti i prilagodljivosti.

Literatura

- [1] Espressif Systems. ESP32-WROOM-32 Datasheet. Dostupno na: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-wroom-32_datasheet_en.pdf; pristupljeno 3. lipnja 2024.
- [2] Components101. L293N Motor Driver Module. Dostupno na: <https://components101.com/modules/l293n-motor-driver-module>; pristupljeno 5. lipnja 2024.
- [3] Rob Kalmeijer. Arduino Documentation. Dostupno na: https://www.robkalmeijer.nl/techniek/computer/arduino/arduino_documentation.pdf; pristupljeno 6. lipnja 2024
- [4] Varta AG. LONGLIFE Max Power 9V. Dostupno na: <https://www.varta-ag.com/en/consumer/product-categories/batteries/alkaline/longlife-max-power-9v>; pristupljeno 6. lipnja 2024.
- [5] Espressif Systems. ESP-IDF: Get Started with ESP32-PICO-KIT. Dostupno na: <https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/stable/esp32/hw-reference/esp32/get-started-pico-kit.html>; pristupljeno 6. lipnja 2024
- [6] ArduinoGetStarted. Arduino Joystick Tutorial. Dostupno na: <https://arduinogetstarted.com/tutorials/arduino-joystick>; pristupljeno 6. lipnja 2024.
- [7] Electronics Notes. Light Emitting Diode (LED) Datasheet Specifications Parameters Characteristics. Dostupno na: https://www.electronics-notes.com/articles/electronic_components/diode/light-emitting-diode-led-datasheet-specifications-parameters-characteristics.php; pristupljeno 6. lipnja 2024.
- [8] MIT App Inventor. Dostupno na: <https://appinventor.mit.edu/>; pristupljeno 6. lipnja 2024.
- [9] VIDI-X. Discover VIDI-X. Dostupno na: <https://vidi-x.org/discover-vidi-x/>; pristupljeno 6. lipnja 2024.
- [10] American Journal of Applied Sciences, 3, 6 (2006), str. 1831-1835. Dostupno na: <https://thescipub.com/pdf/ajassp.2006.1831.1835.pdf>; pristupljeno 8. lipnja 2024.

Sažetak

Utjecaj dizajna kotača na kretanje edukacijskih robota na daljinsko upravljanje

Danas je robotika područje bez kojeg ja život nezamisliv, od malih kućanskih aparata pa sve do velikih tvorničkih robota u industriji. Ovaj se rad bavi projektiranjem i izradom robota s daljinskim upravljanjem koristeći ESP32 WROOM mikroupravljač. Robot je opremljen s dva H-mosta, gdje svaki upravlja s po dva motora, omogućujući individualnu kontrolu ukupno četiri motora. Korišteni je omnidirekcijski dizajn kotači radi njegovih manevarskih sposobnosti koje omogućuju kretanje u svim smjerovima, uključujući bočno kretanje i rotaciju na mjestu. Daljinski upravljač izrađen je pomoću ESP32 PICO mikroupravljača i gljivice, što omogućuje intuitivno upravljanje kretanjem robota. Komunikacija između upravljača i robota ostvarena je putem ESP-NOW protokola. Programiranje je izvedeno u Arduino IDE-u, što je omogućilo jednostavnu implementaciju i prilagodbu koda. Rad rezultira funkcionalnim robotom s naprednim manevarskim sposobnostima, prikladnim za primjenu u raznim situacijama koje zahtijevaju preciznu i fleksibilnu kontrolu kretanja.

Ključne riječi: Robotika, ESP32, mikroupravljač, ESP-NOW protokol, omnidirekcijski dizajn kotača, arduino, daljinsko upravljanje, h-most, VIDI X, gljivica za upravljanje

Summary

The effect of wheel design on the movement of remote-controlled educational robots

Today, robotics is an area without which life is unimaginable, from small household appliances to large factory robots in industry. This paper deals with the design and construction of a remote-controlled robot using the ESP32 WROOM microcontroller. The robot is equipped with two H-bridges, where each controls two motors, allowing individual control of a total of four motors. Mecanum design wheels were used due to their high maneuverability that allows movement in all directions, including lateral movement and rotation in place. The remote control is made using an ESP32 Pico microcontroller and a mushroom, which allows intuitive control of the robot's movement. The communication between the controller and the robot is achieved through the ESP-NOW protocol. Programming was done in the Arduino IDE, which allowed easy implementation and customization of the code. The work results in a functional robot with advanced maneuverability, suitable for use in various situations that require precise and flexible movement control.

Keywords: Robotics, ESP32, microcontrollers, ESP-NOW protocol, mecanum wheel design, arduino, remote control, h-bridge, VIDI X, joystick