

Mikroupravljački sustav za IoT autonomni akvarij

Štrasser, Fran

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:200:698749>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-26**

Repository / Repozitorij:

[Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I INFORMACIJSKIH
TEHNOLOGIJA OSIJEK

Sveučilišni diplomski studij

MIKROUPRAVLJAČKI SUSTAV ZA IOT AUTONOMNI
AKVARIJ

Diplomski rad

Fran Štrasser

Osijek, 2024

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK**Obrazac D1: Obrazac za ocjenu diplomskog rada na sveučilišnom diplomskom studiju****Ocjena diplomskog rada na sveučilišnom diplomskom studiju**

Ime i prezime pristupnika:	Fran Štrasser
Studij, smjer:	Sveučilišni diplomski studij Računarstvo
Mat. br. pristupnika, god.	D-1253R, 08.10.2021.
JMBAG:	0165071994
Mentor:	izv. prof. dr. sc. Ivan Aleksi
Sumentor:	doc. dr. sc. Anita Katić
Sumentor iz tvrtke:	
Predsjednik Povjerenstva:	izv. prof. dr. sc. Tomislav Matić
Član Povjerenstva 1:	izv. prof. dr. sc. Ivan Aleksi
Član Povjerenstva 2:	doc. dr. sc. Ivan Vidović
Naslov diplomskog rada:	Mikroupravljački sustav za IoT autonomni akvarij
Znanstvena grana diplomskog rada:	Procesno računarstvo (zn. polje računarstvo)
Zadatak diplomskog rada:	U ovom diplomskom radu je potrebno napraviti sklopovsko i programsko rješenje za autonomni rad akvarija. cilj je izraditi elektroničku pločicu za upravljanje perifernim ulaznim uređajem te mikroupravljačem ESP32. Od ulazno-izlaznih uređaja potrebno je koristiti LED svjetlo, grijač, termometar, temperatura, tipkala, oled pokaznik...
Datum ocjene pismenog dijela diplomskog rada od strane mentora:	17.09.2024.
Ocjena pismenog dijela diplomskog rada od strane mentora:	Izvrstan (5)
Datum obrane diplomskog rada:	2.10.
Ocjena usmenog dijela diplomskog rada (obrane):	Vrlo dobar (4)
Ukupna ocjena diplomskog rada:	Izvrstan (5)
Datum potvrde mentora o predaji konačne verzije diplomskog rada čime je pristupnik završio sveučilišni diplomski studij:	08.10.2024.



FERIT

FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA **OSIJEK**

IZJAVA O IZVORNOSTI RADA

Osijek, 08.10.2024.

Ime i prezime Pristupnika:

Fran Štrasser

Studij:

Sveučilišni diplomski studij Računarstvo

Mat. br. Pristupnika, godina upisa:

D-1253R, 08.10.2021.

Turnitin podudaranje [%]:

11

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom: **Mikroupravljački sustav za IoT autonomni akvarij**

izrađen pod vodstvom mentora izv. prof. dr. sc. Ivan Aleksi

i sumentora doc. dr. sc. Anita Katić

moj vlastiti rad i prema mom najboljem znanju ne sadrži prethodno objavljene ili neobjavljene pisane materijale drugih osoba, osim onih koji su izričito priznati navođenjem literature i drugih izvora informacija.

Izjavljujem da je intelektualni sadržaj navedenog rada proizvod mog vlastitog rada, osim u onom dijelu za koji mi je bila potrebna pomoć mentora, sumentora i drugih osoba, a što je izričito navedeno u radu.

Potpis pristupnika:

SADRŽAJ

1. UVOD	1
1.2. Zadatak diplomskog rada.....	1
2. KORIŠTENE TEHNOLOGIJE	2
2.1. Arduino IDE	2
2.2. EasyEDA	4
2.3. Autodesk Fusion.....	5
3. KORIŠTENE KOMPONENTE	7
3.1. Dasduino CONNECTPLUS	7
3.2. Stepper motor sa ULN2003 driver-om	8
3.3. SSD1306 OLED ekran.....	9
3.4. XL6009 step-up modul.....	11
3.5. 2-kanalni relej.....	12
3.6. Pumpa za vodu	13
3.7. WS2812B RGB LED traka.....	14
3.8. Membranska tipkovnica	15
4. REALIZACIJA SUSTAVA.....	17
4.1. Realizacija sklopovskog rješenja	17
4.1.1. Električna shema sustava	17
4.1.2. Dizajn PCB-a	18
4.1.3. Dizajn hranilice	20
4.1.4. Dizajn kućišta.....	22
4.2. Realizacija programskog rješenja	23
4.3 Realizacija upravljačkog i komunikacijskog sučelja	25
5. ZAKLJUČAK.....	28
LITERATURA	29
SAŽETAK.....	31
ABSTRACT.....	32
ŽIVOTOPIS	33

1. UVOD

Čovjek višednevnim izbjavanjem iz doma, ukoliko ima akvarij, mora naći rješenje kako nahraniti ribe svaki dan. Najčešće to bude molba njegovim najbližima da oni preuzmu brigu o hranjenju riba. Cilj ovog diplomskog rada je realizirati mikroupravljački sustav za IoT (engl. *Internet of things*, Internet stvari) autonomni akvarij koji bi se predstavio kao rješenje tog problema. IoT podrazumijeva upravljanje nekog tijela ili objekta na daljinu.

U ovome radu predstavljena je primjena ESP32 komunikacijskog modula u udaljenom upravljanju akvarijem. Sustavom će upravljati mikroupravljač koji korisniku prikazuje trenutno stanje različitih komponenti. Za svrhe ostvarivanja sklopovskog i programskog rješenja rada će se koristiti Dasduino CONNECTPLUS mikroupravljač stoga će se za programiranje njega koristiti Arduino IDE (engl. *Arduino Integrated Development Environment*, Arduino integrirano razvojno okruženje).

Potrebno je napraviti programsko i sklopovsko rješenje na tu temu kao i maketu kućišta koje se može staviti na akvarij. Za izradu sustava korišten je mikroupravljački sustav, PCB pločica (engl. *Printed Circuit Bord*, tiskana pločica), kućište izrađeno od drveta i hranilicu za ribe. Kako bi se napravila hranilica za ribe potrebno je istu dizajnirati i 3D isprintati. Za svrhe dizajniranja hranilice koristi se Autodesk Fusion dok se za svrhu dizajniranja PCB i naručivanja izrađene pločice koristi EasyEDA.

1.2. Zadatak diplomskog rada

U ovom diplomskom radu potrebno je napraviti maketu za IoT autonomni akvarij. Potrebno je koristiti mikroupravljački sustav i odgovarajuće komponente izabrane prema namjeni.

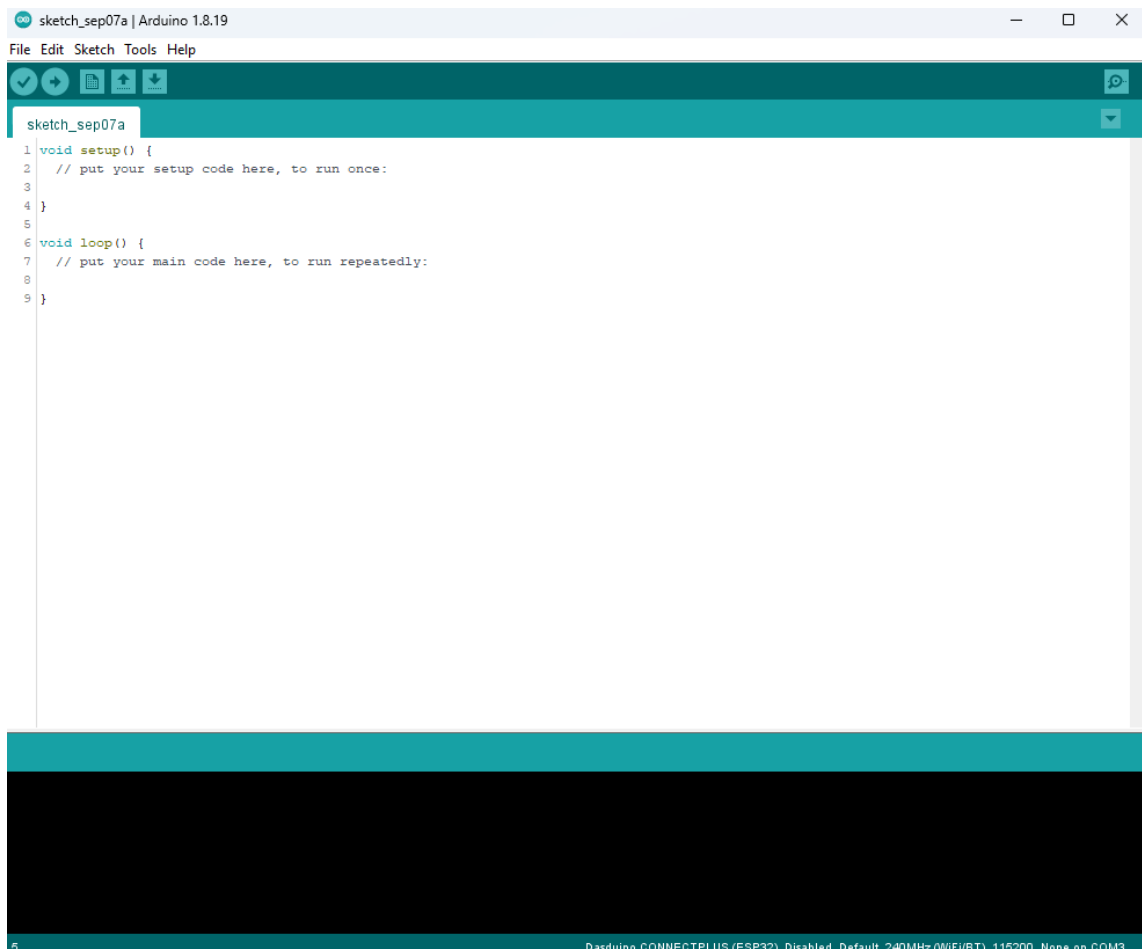
2. KORIŠTENE TEHNOLOGIJE

U procesu izrade mikroupravljačkog sustava korišteni su Arduino integrirano programsko okruženje za programiranje mikroupravljača, EasyEda za dizajniranje PCB pločice i Autodesk Fusion za modeliranje hranilice kojom upravlja stepper motor.

2.1. Arduino IDE

Arduino IDE je besplatni program koji omogućava korisnicima programiranje Arduino mikroupravljača. Arduino platforma se sastoji od hardvera (raznih Arduino ploča) i programa (Arduino IDE), što omogućava razvoj različitih elektroničkih projekata.

Prema [1] Arduino IDE je prvenstveno razvijen kako bi programiranje mikroupravljača bilo dostupno i jednostavno za sve, bez obzira na predznanje o programiranju. Program je kompatibilan s više operativnih sustava, uključujući Windows, macOS i Linux. Sam IDE koristi jednostavan jezik temeljen na C/C++ sintaksi, što olakšava početnicima da uče programiranje i elektroniku.



Slika 2.1. Prikaz korisničkog sučelja Arduino IDE za programiranje mikroupravljača

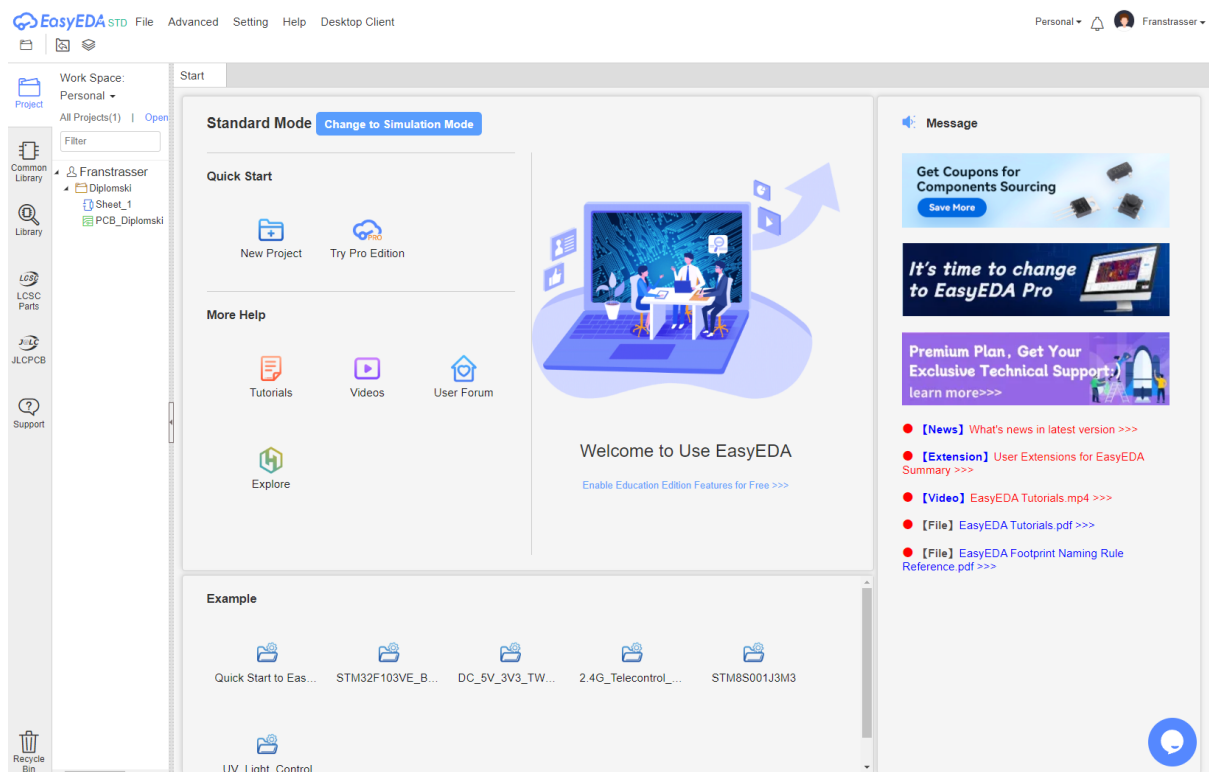
Jedna od ključnih prednosti Arduino IDE-a je njegova intuitivnost. Glavno sučelje se sastoji od nekoliko osnovnih dijelova: prostora za pisanje koda, konzole za prikazivanje poruka o pogreškama, alatne trake za učitavanje i provjeru koda te serijskog monitora, koji omogućava interakciju s pločom u stvarnom vremenu (Slika 2.1.).

Arduino IDE dolazi s ugrađenim bibliotekama, što omogućava lakše korištenje različitih senzora, aktuatora i modula. Korisnici također mogu preuzeti dodatne biblioteke i proširiti mogućnosti svojih projekata. IDE automatski uključuje kompilator, koji prevodi kod u oblik pogodan za mikroupravljač, te bootloader, koji omogućava jednostavno učitavanje koda na ploču.

2.2. EasyEDA

EasyEDA je besplatni, web-bazirani (engl. *web-based*) alat za dizajn elektroničkih sklopova i izradu tiskanih pločica (PCB). Razvijen je s ciljem da olakša inženjerima i studentima proces dizajniranja i simulacije elektroničkih krugova. EasyEDA kombinira korisničku jednostavnost s moćnim alatima, pružajući sve što je potrebno za izradu elektroničkih projekata, od shematskih dijagrama do gotovih PCB-ova.

Prema [2] jedna od ključnih značajki EasyEDA alata je njegova web-bazirana priroda. To znači da korisnici ne moraju instalirati program na svoje računalo; sve što im je potrebno je pristup internetu. Međutim, EasyEDA nudi i offline verziju za one koji preferiraju rad bez internet veze. Također, omogućava jednostavno spremanje projekata u oblak, što korisnicima olakšava pristup projektima s bilo kojeg uređaja i u svakom trenutku.



Slika 2.2. Prikaz korisničkog sučelja EasyEDA alata

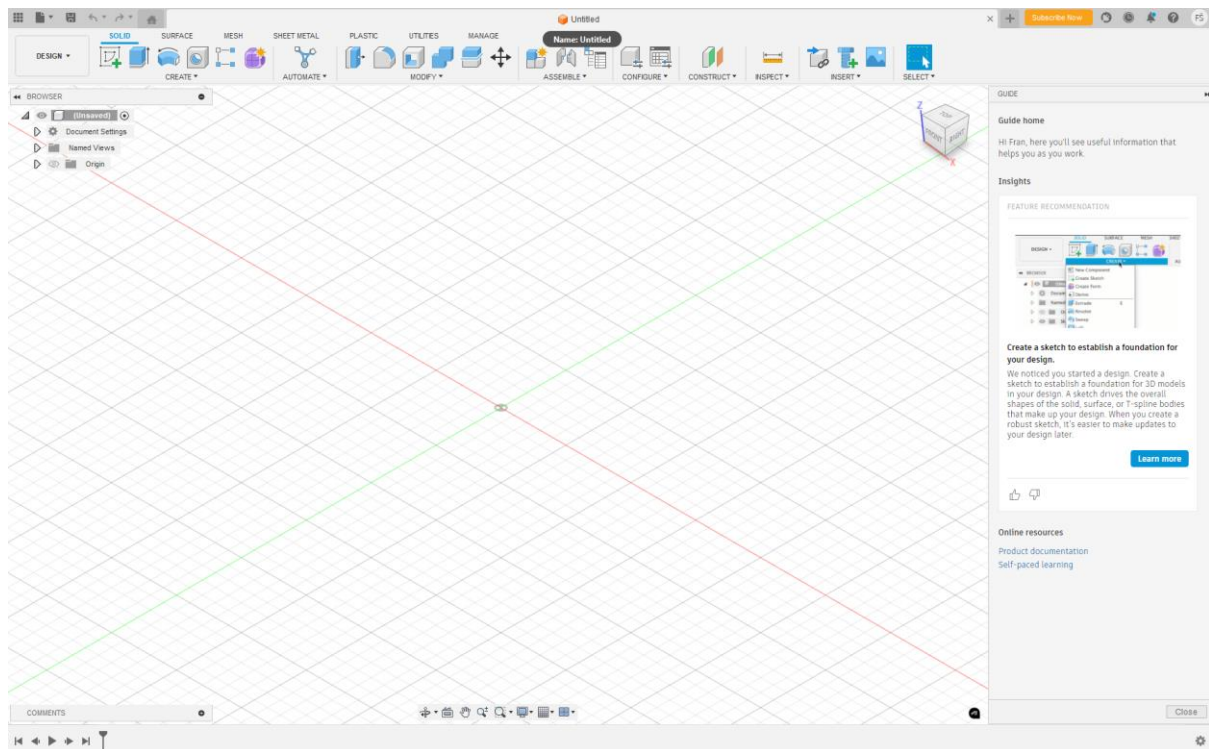
EasyEDA integrira tri glavne funkcionalnosti: dizajn sheme, simulaciju kruga i dizajn PCB-a. Korisnici mogu započeti s crtanjem shematskih dijagrama koristeći opsežnu biblioteku komponenata koja uključuje sve od osnovnih otpornika i kondenzatora do složenih IC-ova (engl. *Integrated circuit*). Nakon izrade sheme, alat omogućava simulaciju elektroničkog kruga, što je korisno za testiranje funkcionalnosti i provjeru grešaka prije izrade samog PCB-a. U svrhu izrade PCB-a, EasyEDA nudi sučelje za postavljanje komponenti i kreiranje i podešavanje veza među različitim komponentama. Alat nudi i automatsko podešavanje veza među komponentama.

EasyEDA također podržava uvoz i izvoz datoteka iz drugih alata poput Eagle-a, što olakšava prijenos projekata.

2.3. Autodesk Fusion

Prema [3] Autodesk Fusion je CAD (engl. *Computer-Aided Design*), CAM (engl. *Computer-Aided Manufacturing*) i CAE (*Computer-Aided Engineering*) alat koji je razvila tvrtka Autodesk. Namijenjen je za 3D modeliranje, dizajn, inženjering i proizvodnju, a zbog svoje svestranosti i moćnih funkcija koristi se u raznim industrijama, uključujući proizvodnju, arhitekturu i industrijski dizajn.

Jedna od ključnih prednosti Fusion 360 alata je njegova mogućnost odrađivanja različitih faza razvoja proizvoda unutar jedne platforme. Korisnici mogu započeti s konceptom, zatim stvoriti detaljne inženjerske modele, provesti simulacije kako bi testirali performanse te pripremiti modele za proizvodnju putem CNC strojeva ili 3D printera. Ova integracija omogućuje učinkovito upravljanje cijelim procesom dizajna, bez potrebe za korištenjem više različitih alata.



Slika 2.3. Prikaz Autodesk Fusion korisničkog sučelja

Autodesk Fusion podržava različite tehnike modeliranja, uključujući parametarsko modeliranje, slobodno modeliranje i površinsko modeliranje. Parametarsko modeliranje omogućava precizno definiranje geometrije uz upotrebu dimenzija i ograničenja, dok slobodno modeliranje pruža fleksibilnost u kreiranju kompleksnih organskih oblika. Površinsko modeliranje je korisno za stvaranje složenih oblika i detaljnih površina, što ga čini idealnim za industrijski dizajn.

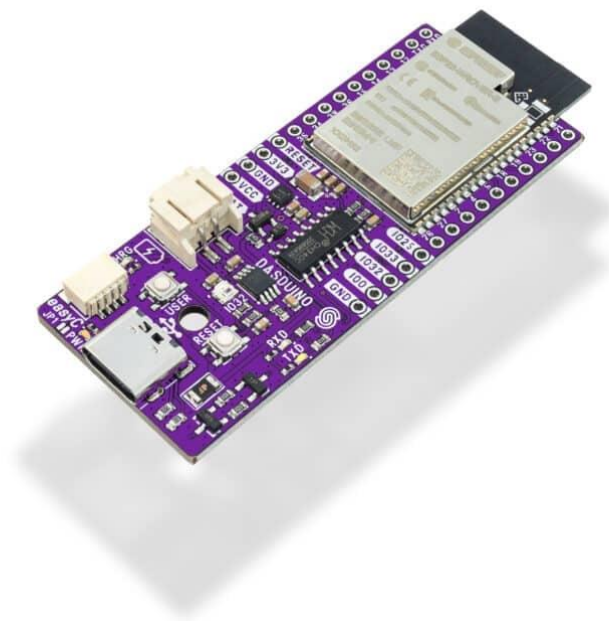
3. KORIŠTENE KOMPONENTE

U svrhu realizacije projektnog zadatka korištene su brojne komponente koje su odabrane istraživanjem uz savjet mentora.

3.1. Dasduino CONNECTPLUS

Dasduino CONNECTPLUS je razvojna ploča dizajnirana za kreiranje naprednih IoT rješenja, sadržavajući ESP32-WROVER-E mikročip koji pruža više mogućnosti bežične komunikacije putem Wi-Fi i Bluetooth modula. [4] Programiranje ove ploče se odvija u Aduino integriranom programskom okruženju koje pruža pregršt dostupnih biblioteka za različite komponente.

Wi-Fi modul omogućava Dasduino CONNECTPLUS ploči pristup bežičnim mrežama, što omogućuje prijenos podataka u stvarnom vremenu, daljinsko upravljanje uređajima i povezivanje s cloud servisima. Bluetooth modul omogućava lokalnu bežičnu komunikaciju s mobilnim uređajima, što je korisno za aplikacije koje zahtijevaju upravljanje na kratkoj udaljenosti.



Slika 3.1. Prikaz Dasduino CONNECTPLUS razvojne ploče

Tablica 3.1. *Dasduino CONNECTPLUS tehničke karakteristike*

Napon rada	3.3V (integrirani 5V regulator)
Broj pinova	30 pinova (digitalni, analogni, PWM)
Komunikacija	UART, SPI, I2C
Konektori	easyC, USB Type-C (ženski), JST baterijski

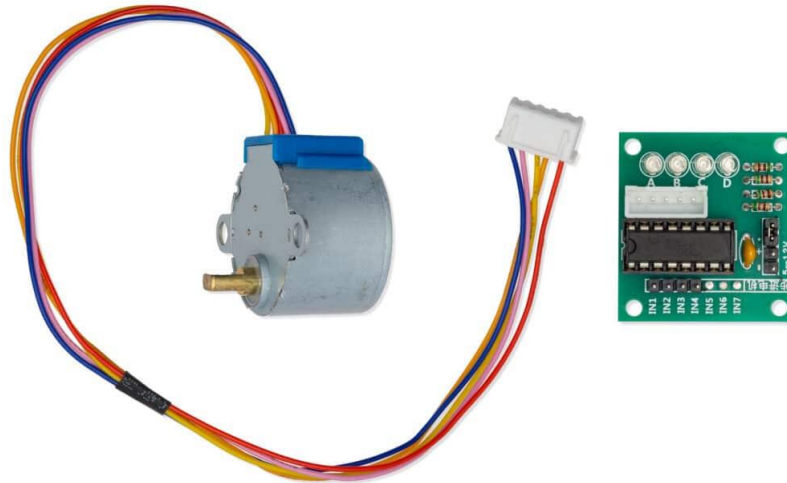
3.2. Stepper motor sa ULN2003 driver-om

Stepper motor je vrsta motor koja može vrlo precizno kontrolirati svoje okrete. Specifičan je po tome što se rotira u koracima, čime omogućuje točno kontroliranu kutnu poziciju.

ULN2003 je driver koji omogućuje jednostavno upravljanje stepper motorom putem mikroupravljača kao što je Dasduino CONNECTPLUS.

Kombinacija stepper motora i ULN2003 driver-a omogućava preciznu kontrolu brzine i smjera rotacije. [5] Stepper motor se obično sastoji od četiri namotaja, a ULN2003 omogućava upravljanje njima kroz četiri izlaza, omogućujući korak po korak rotaciju motora. Ovisno o potrebnoj preciznosti, može se birati između punih koraka, polu-koraka ili mikrokoraka, čime se dodatno povećava kontrola nad pozicioniranjem.

Na Dasduino se spaja sa četiri komunikacijske žice i po jednom žicom za napajanje i uzemljenje, a za programiranje ove komponente unutar Arduino integriranog razvojnog okruženja dostupno je više biblioteka.



Slika 3.2. Prikaz stepper motora sa ULN2003 driver-om

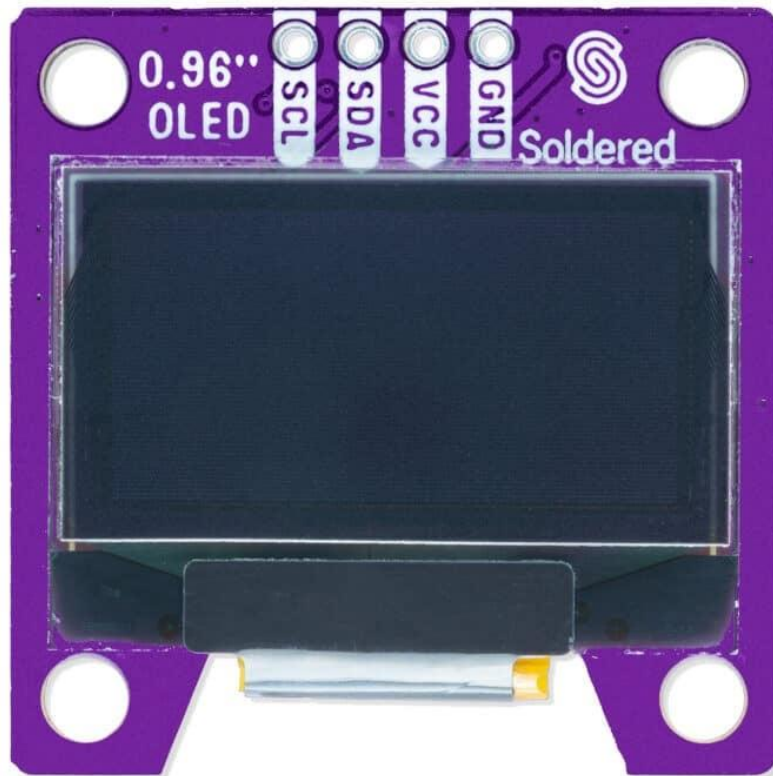
Tablica 3.2. Tehničke karakteristike stepper motora sa ULN2003 driver-om

Napon driver-a	5V - 12V
Napon motora	
Korak motora	5.625°
Maksimalna struja driver-a	500 mA
Dimenzije pločice driver-a	41mm x 21 mm

3.3. SSD1306 OLED ekran

OLED I2C 0.96" SSD1306 je zaslon koji se koristi u raznim elektroničkim projektima zbog svoje energetske učinkovitosti, jednostavne integracije i jasne grafike. [6] Zaslon koristi OLED tehnologiju, što bi značilo da svaki piksel sam emitira svjetlost pa zaslon ne zahtijeva pozadinsko osvjetljenje.

Zaslon koristi SSD1306 upravljački čip koji omogućava upravljanje pojedinačnim pikselima putem serijskog sučelja. Upravljački čip podržava I2C (engl. *Inter-Integrated Circuit*) i SPI (engl. *Serial Peripheral Interface*) načine komunikacije.



Slika 3.3. Prikaz SSD1306 OLED ekrana

Tablica 3.3. Tehničke karakteristike SSD1306 OLED ekrana

Dijagonala zaslona	širina 0,96 inča
Radni napon	5V (ugrađeni regulator za 3,3V)
Komunikacija	I2C (adresa: 0x3C)
Priključci	2x easyC

3.4. XL6009 step-up modul

XL6009 je step-up (boost) pretvarač napona koji se koristi za povećanje ulaznog napona na zahtjevanu razinu izlaznog napona pomoću potenciometra smještenog na modulu. [7] Radi sa ulaznim naponima u rasponu od 5V do 32V dok na izlazu daje napon u rasponu od 5V do 35V (Tablica 3.4). Jedna od prednosti ovog pretvarača je njegova efikasnost, koja je veća od 94% što znači da dolazi do minimalnog rasipanja energije u obliku topline što znači manja potreba za hlađenjem i povećanje dugotrajnosti sustava.



Slika 3.4. Prikaz XL6009 step-up modula

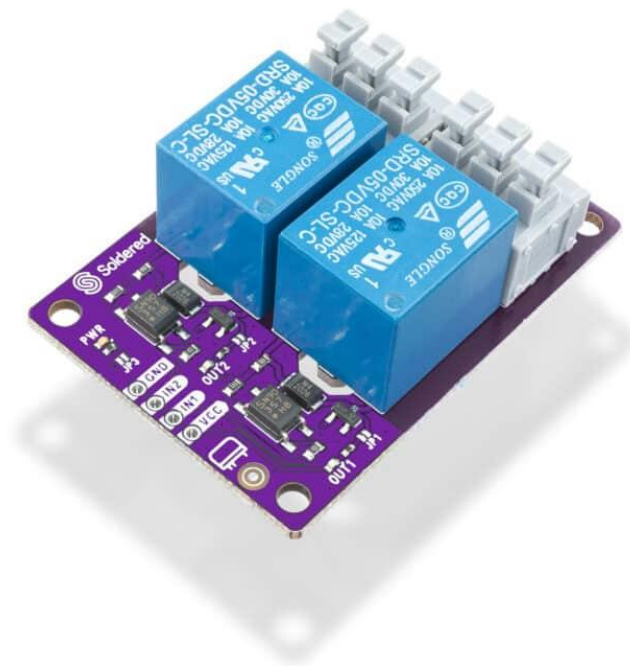
Tablica 3.4. Tehničke karakteristike XL6009 step-up modula

Ulazni napon	5-32V
Izlazni napon	podesiv 5-35V
Ulazna struja	maksimalno 10A
Efikasnost	veća od 94%

3.5. 2-kanalni relej

Releji su široko korištena komponenta u Arduino projektima. Pružaju mogućnost upravljanja uređajima visoke struje sa signalom mikroupravljača niske struje. Ovaj modul omogućuje Arduino da pali/gasi električne uređaje čineći ga idealnim za automatizaciju i kontrolu.

2-kanalni relej se sastoji od dva releja, svaki od njih može upravljati zasebnim krugom. Svaki relej ima tri terminala: common (COM), normally open (NO), normally closed (NC). [8] Kad se relej aktivira digitalnim signalom common terminal je spojen na normally open terminal zatvarajući krug. U suprotnom, ako nije aktiviran, common terminal je spojen na normally closed terminal.



Slika 3.5. Prikaz 2- kanalnog releja

Tablica 3.5. Tehničke karakteristike 2-kanalnog releja

Maksimalni DC napon	30V
Maksimalna DC struja	10A
Maksimalni AC napon	250V
Maksimalna AC struja	10A

3.6. Pumpa za vodu

12V DC pumpa za vodu pruža efikasno rješenje za protok vode u Arduino projektima. [9] Pumpom se upravlja preko releja , a kao njeno napajanje se koristi XL6009 step-up modul.



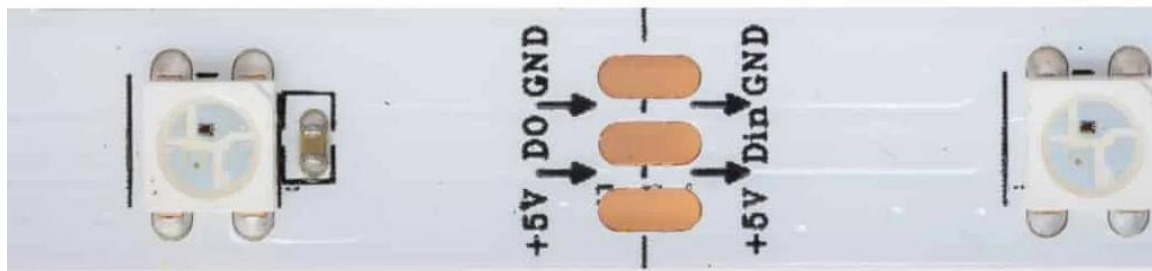
Slika 3.6. Prikaz pumpe za vodu

Tablica 3.6. Tehničke karakteristike 12V DC pumpe za vodu

Napon	12V
Brzina protoka	240L/h
Vanjski promjer cjevčice za odvod	8 mm

3.7. WS2812B RGB LED traka

Ova fleksibilna RGB LED traka je jednostavan način kako dodati kompleksno osvjetljenje u bilo koji projekt. Svaka pojedina LED dioda ima integrirani driver koji omogućuje kontroliranje boje i svjetline svake LED zasebno. [10] IC ove trake je WS2812B. Pomoću samo jedne žice može se kontrolirati tisuće ovakvih dioda. Za programiranje i upravljanje trakom u Arduino projektima postoje već definirane biblioteke za njeno jednostavno korištenje.



Slika 3.7. Prikaz RGB LED trake

Tablica 3.7. Tehničke karakteristike WS2812B RGB LED trake

Napon	5V
Snaga	8W/m
Struja	1.6A/m
Broj dioda	30 dioda po metru
Vrsta dioda	WS2812 SMD LED

3.8. Membranska tipkovnica

Za svrhu projekta koristi se membranska tipkovnica sa dvije tipke. Ona je često korištena u Arduino projektima zbog svoje jednostavnosti i niske cijene. Dva gumba smještena su na tankom sloju fleksibilne plastike s električnim kontaktima koji omogućuju komunikaciju s Arduino mikroupravljačem kada se pritisnu.

U projektu gornji gumb služi za mijenjanje OLED zaslona, a donji gumb koristi za pokretanje akcije ovisno o onome na kojem se zaslonu trenutno korisnik nalazi. Na mikroupravljač se spaja sa jednim 3-pinskim konektorom koji služi za komunikaciju i predstavlja broj redaka i stupaca na tipkovnici (Tablica 3.8). [11] Upravljanje je omogućeno već dostupnim bibliotekama u Arduino integriranom razvojnom okruženju.



Slika 3.8. *Prikaz membranske tipkovnice sa dvije tipke*

Tablica 3.8. *Tehničke karakteristike membranske tipkovnice*

Broj tipki	2
Dužina tipkovnice sa konektorom	90 mm
Tip konektora	1x3 pin 2.54 mm ženski konektor

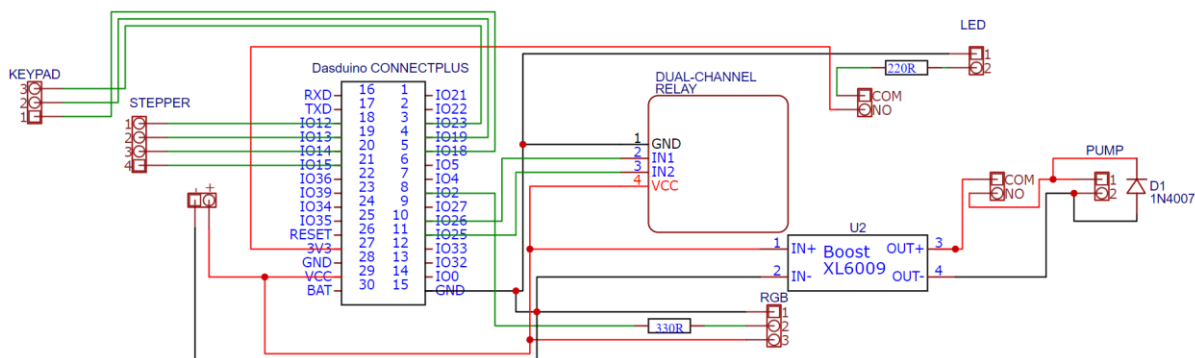
4. REALIZACIJA SUSTAVA

4.1. Realizacija sklopovskog rješenja

Realizacija sklopovlja ovisi o brojnim faktorima. Bilo je potrebno odabrati odgovarajuće komponente s obzirom na potrebe sustava što je učinjeno na temelju istraživanja i prijedlogu mentora. Također je bilo potrebno odabrati odgovarajuću Arduino pločicu. S obzirom da sustav mora biti spojen na internet, u obzir su dolazile pločice sa ESP32 i ESP8266 čipom. Na prijedlog mentora odabrana je pločica sa ESP32 čipom zbog njezinih performansi u odnosu na ESP8266. ESP32 čip ima dvojezgreni procesor sa taktnom frekvencijom od 160MHz do 240MHz dok ESP8266 ima jednojezgreni procesor sa taktnom frekvencijom od 80MHz.

4.1.1. Električna shema sustava

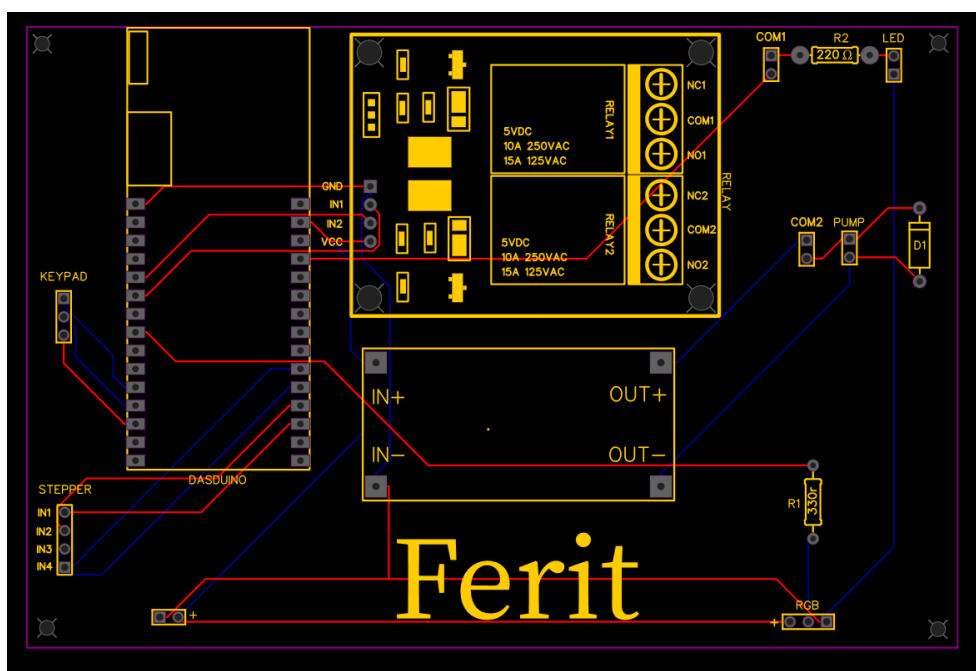
Analizom karakteristika komponenti zaključeno je utvrđeno je da većina komponenti zahtijeva napon od 5V za rad dok je izuzetak pumpa za vodu kojoj je potreban napon od 12V. Pumpa se napaja pomoću XL6009 step-up modula koji na ulazu prima 5V od Dasduina, a na izlazu daje napon od 12V podešen pomoću potenciometra na komponenti. Paralelno na pumpu za vodu je spojena 1N4007 flyback dioda koja rješava problem naglog porasta napona pri prekidu strujnog kruga kojeg radi relej (Slika 4.1.). Mikroupravljač radi pod naponom od 5V i ima USB-C priključak preko kojeg je spojen u AC-DC strujni adapter. Adapter daje izlazni napon od 5V i struju od 2A.



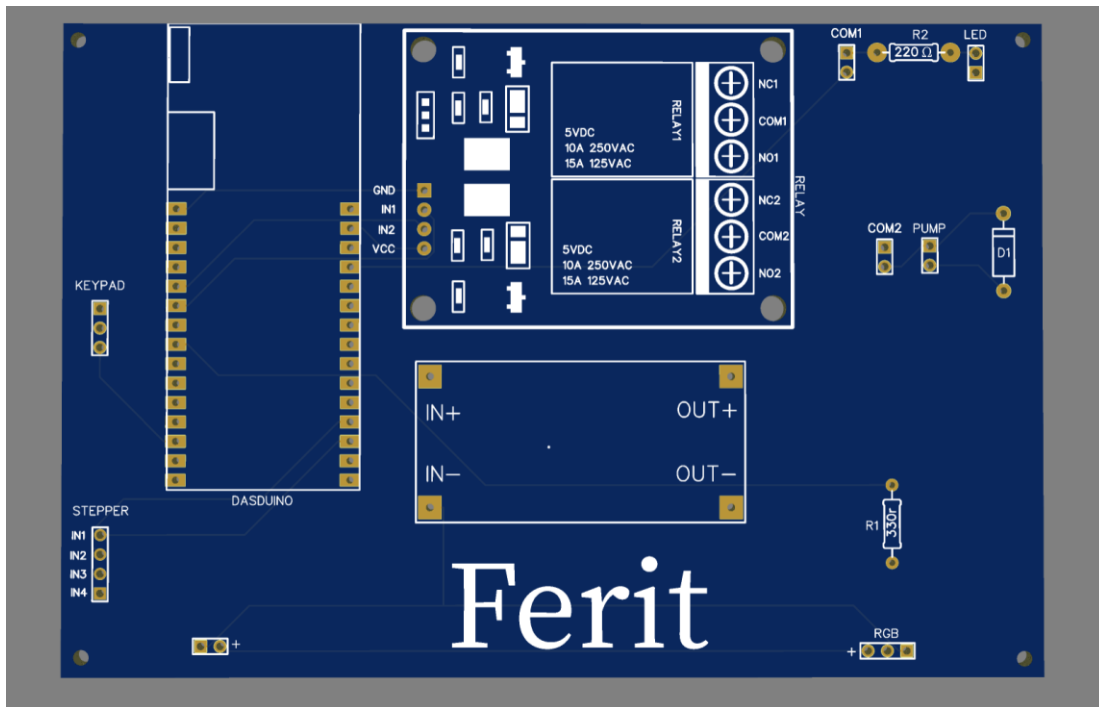
Slika 4.1. Prikaz električne sheme sustava

4.1.2. Dizajn PCB-a

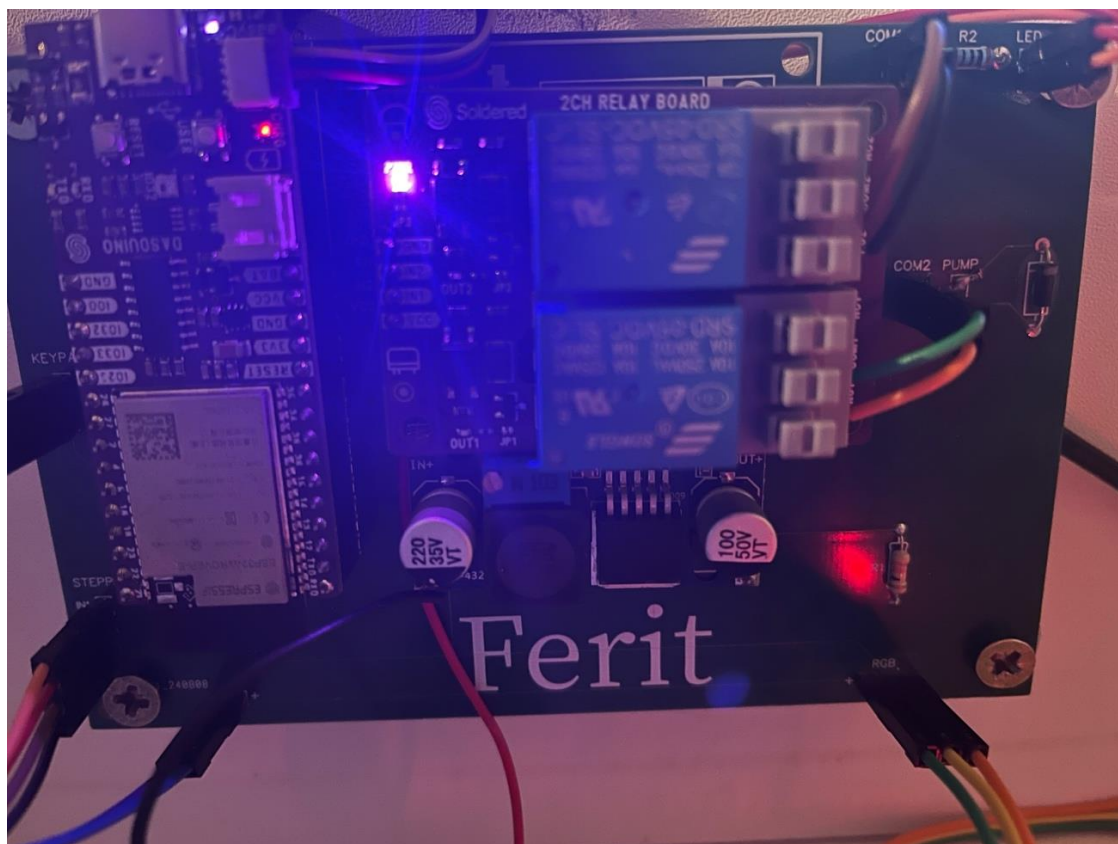
Dizajn PCB-a je napravljen u programu EasyEDA pomoću električne sheme sustava. Sve komponente su postavljene unutar mjesta označenog za PCB i odabran je auto route u izborniku kako bi se automatski podesile veze između komponenti (Slika 4.2.). Nakon automatskog podešavanja veza među komponentama EasyEDA omogućuje 3D prikaz PCB-a i njegovo naručivanje preko partnera JLCPCB-a (Slika 4.3.).



Slika 4.2. Prikaz veza među komponentama u EasyEDA programu

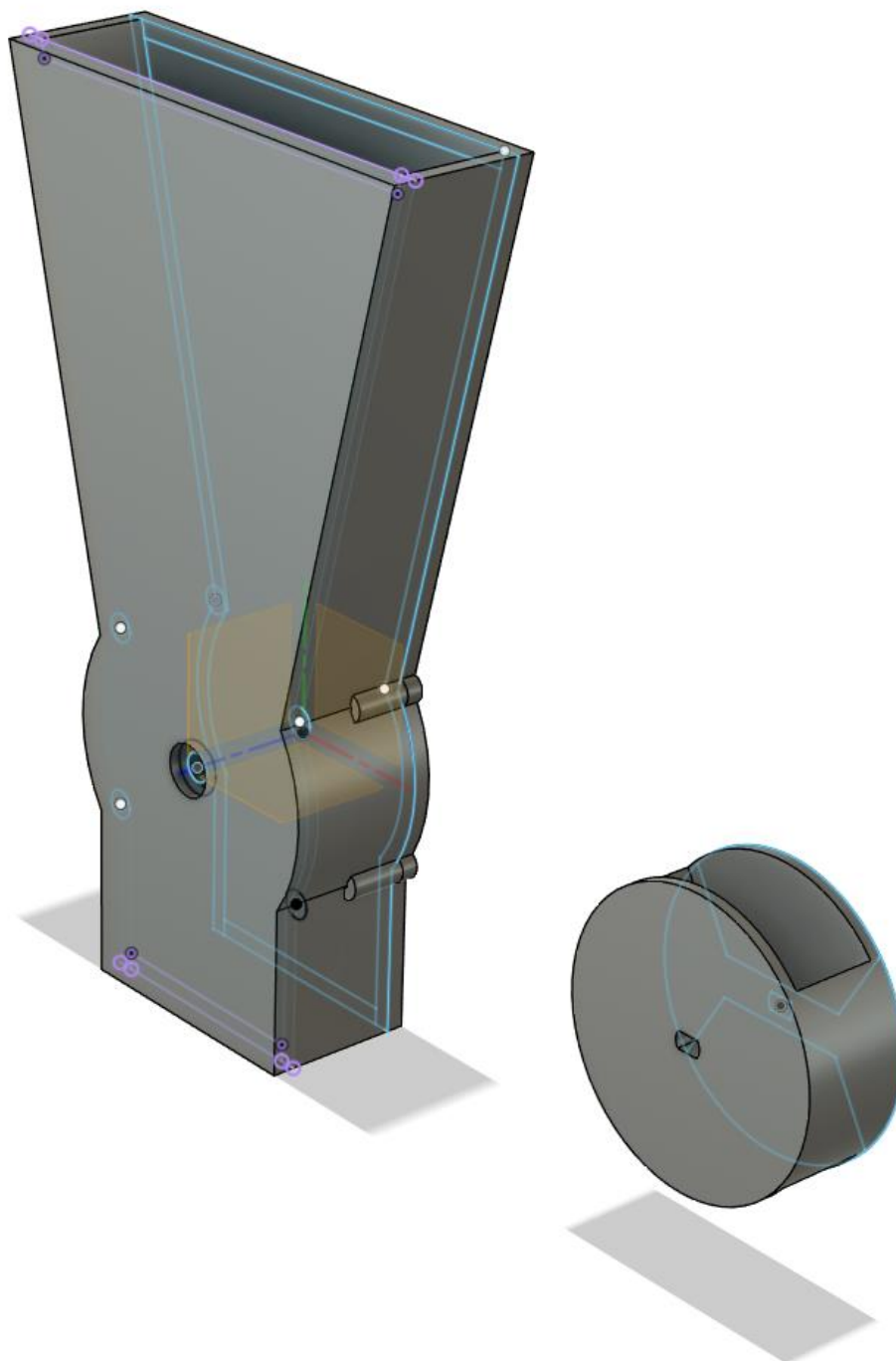


Slika 4.3. Prikaz dizajniranog PCB-a unutar EasyEDA programa



Slika 4.3. Prikaz PCB-a sa zalemljenim komponentama

4.1.3. Dizajn hranilice



Slika 4.4. *Prikaz 3D modela hranilice unutar Autodesk Fusion programa*

3D model hranilice je izrađen u već spomenutom Autodesk Fusion-u. Napravljena je u tri dijela. Jedan dio predstavlja kućište, jedan poklopac tog kućišta i dio koji se okreće unutar tog kućišta. Na jednoj strani kućišta je napravljena okrugla rupa promjera većeg od širine priključka na stepper motoru kako bi se samo odgovarajući dio neometano okretao. Na dijelu koji se okreće je napravljena rupa oblika i dimenzija priključka na stepper motoru. Poklopac se učvrsti na kućište hranilice pomoću četiri šarafa dok se stepper motor učvrsti na hranilicu pomoću dva šarafa.

Kućište ima dva otvora: gornji za nadopunu hrane i donji gdje hrana upada u akvarij. Hranilica je zamišljena i napravljena na principu da dio koji se okreće ima dva prostora za hranu smještena nasuprot jedan drugome što znači da stepper motor u jednoj revoluciji nahrani ribe dvaput. Jedno hranjenje predstavlja okretanje stepper motora za kut od 180°.



Slika 4.5. Prikaz 3D isprintanog modela hranilice sa stepper motorom

4.1.4. Dizajn kućišta

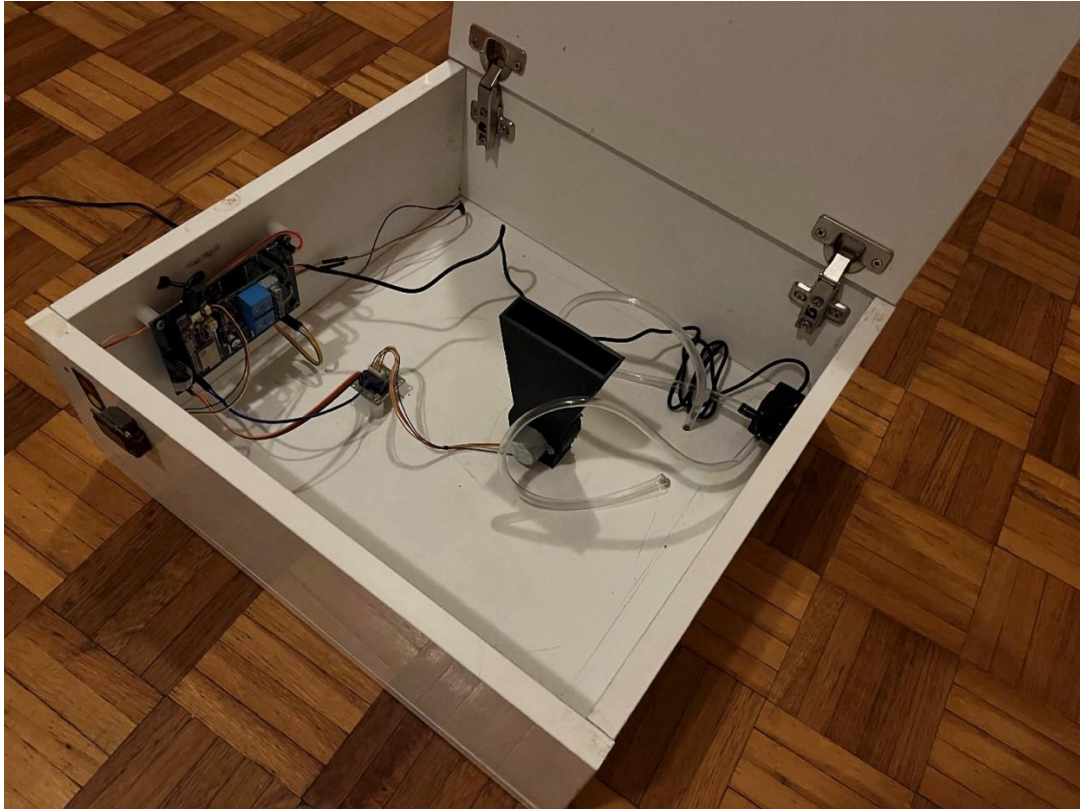
Kućište je napravljeno od drveta na način da su sve strane kućišta spojene drvenim tiplovima i drvofix-om (Slika 4.6.). Stavljena je šarka kako bi se gornji dio kućišta mogao otvarati da se hrana za ribice može napuniti. U podnožje kućišta urezano je mjesto za RGB LED traku u koje je ona stavljena i zalivena epoxy smolom kako se nebi moralo brinuti o tome da traka dolazi u kontakt s vodom. Izbušena je po jedna rupa za:

- Dovod vode do pumpe za vodu
- Odvod vode od pumpe za vodu
- Kabel za napajanje sustava
- LED diodu koja predstavlja grijanje
- Kabel od OLED ekrana

U podnožju kućišta je također napravljena pravokutna rupa dimenzija koje odgovaraju donjem otvoru hranilice kako bi se hranilica mogla uglaviti u nju i hrana mogla upadati u akvarij.



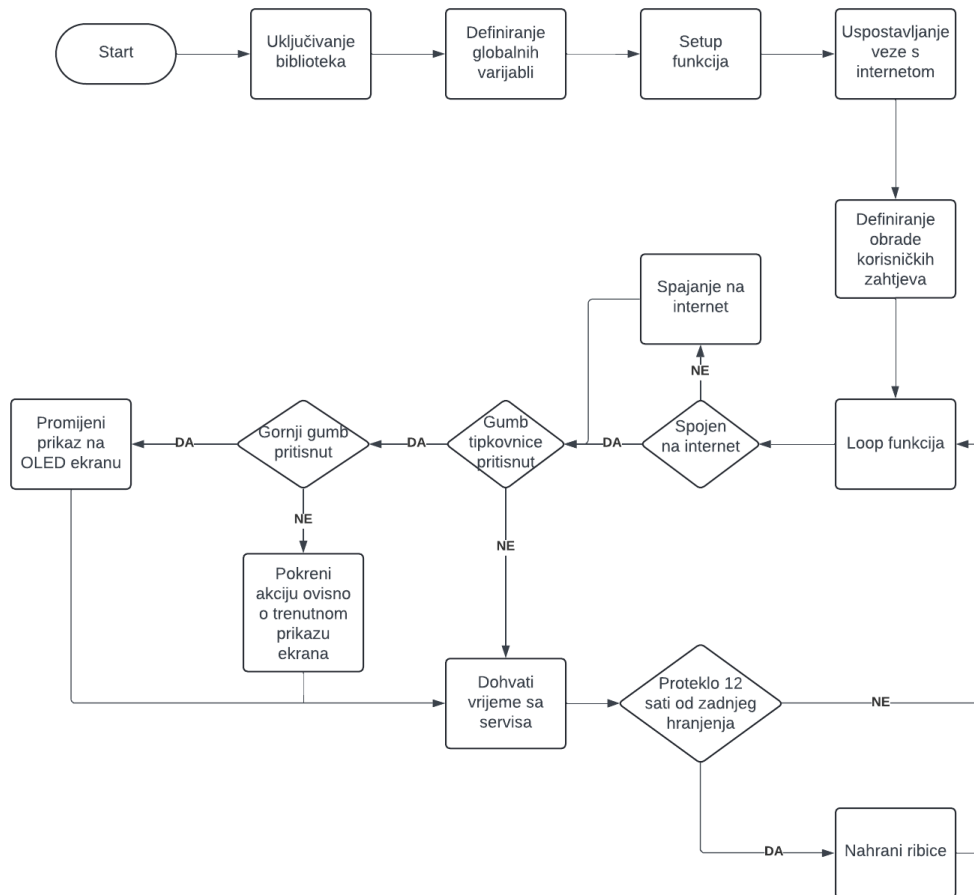
Slika 4.6. Prikaz izrađenog kućišta



Slika 4.7. *Prikaz unutrašnjosti kućišta*

4.2. Realizacija programskog rješenja

Nakon spajanja svih komponenti sa mikroupravljačem, izrade hranilice i kućišta, programiran je rad sustava.



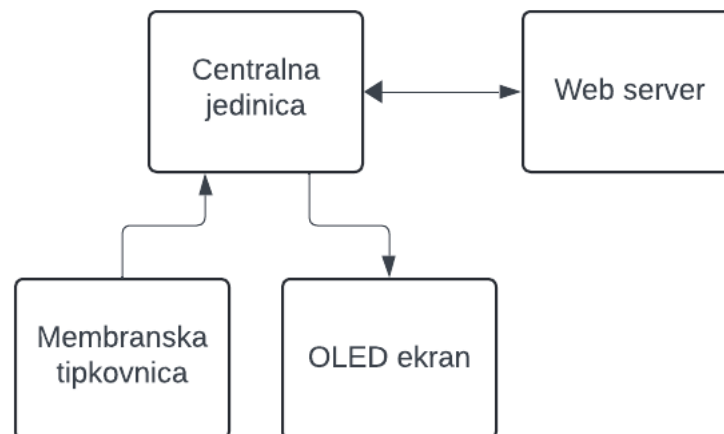
Slika 4.8. Blok dijagram algoritamskog rješenja

Za pravilno korištenje vanjskih biblioteka potrebno ih je prvo uključiti u projekt. Korištene biblioteke su:

- <WiFi.h> - [12] biblioteka koja omogućava WiFi support ESP32 čipovima
- <time.h> - [13] biblioteka za dohvaćanje vremena
- <Adafruit_NeoPixel.h> - [14] biblioteka za rad sa LED trakama
- <Keypad.h> - [15] biblioteka za rad s membranskim tipkovnicama
- <Wire.h> - [16] biblioteka koja omogućava komunikaciju sa I2C uređajima
- <Adafruit_SSD1306.h> - [17] biblioteka koja omogućava rad s OLED ekranima sa SSD1306 driver-ima
- <Adafruit_GFX.h> - [18] biblioteka za rad s LCD i OLED ekranima
- <Stepper.h> - [19] biblioteka za rad s unipolarnim i bipolarnim stepper motorima
- <ESPAsyncWebServer.h> - [20] biblioteka koja omogućava rad asinkronog web server-a

Nakon uključivanja biblioteka definirane su globalne varijable i inicijalizirani su objekti. Potom se pokreće setup funkcija u kojoj se pokreću objekti, čeka se dok se mikroupravljač ne spoji na internet, dohvati se trenutno vrijeme, nahrane se ribice i spremi se vrijeme hranjenja u globalnu varijablu koja nam služi kako bi pratili zadnje vrijeme hranjenja. Prvi ispis na OLED ekran nakon spajanja mikroupravljača na internet je ispis IP adrese za pristup web server-u uređajima koji su spojeni na istu mrežu. Algoritamski je podešeno da, ukoliko korisnik ručno ne pokrene hranjenje putem web server-a ili putem membranske tipkovnice, se hranjenje ribica odvija svakih 12 sati. U setup funkciji je također definirano koje funkcije će se pozivati ukoliko korisnik uputi zahtjev prema centralnoj jedinici putem asinkronog web server-a. Po završetku setup funkcije dolazimo do loop funkcije u kojoj se provjerava je li centralna jedinica spojena na internet te ukoliko nije odmah pokreće ponovno spajanje. Ukoliko je spojena ili spajanje bude uspješno dohvaća se vrijeme i uspoređuje je li prošlo 12 sata od prošlog hranjenja, ako je pokreće se postupak hranjenja ribica. Potom se unutar loop funkcije dohvaća unos sa tipkovnice ukoliko je do njega došlo te shodno tome pokreće akciju ili promjene ekrana ili, ovisno na kojem se klijent ekranu nalazi, pokreće određenu akciju. Za detaljan pregled programskog koda pogledati prilog **P.1**.

4.3 Realizacija upravljačkog i komunikacijskog sučelja

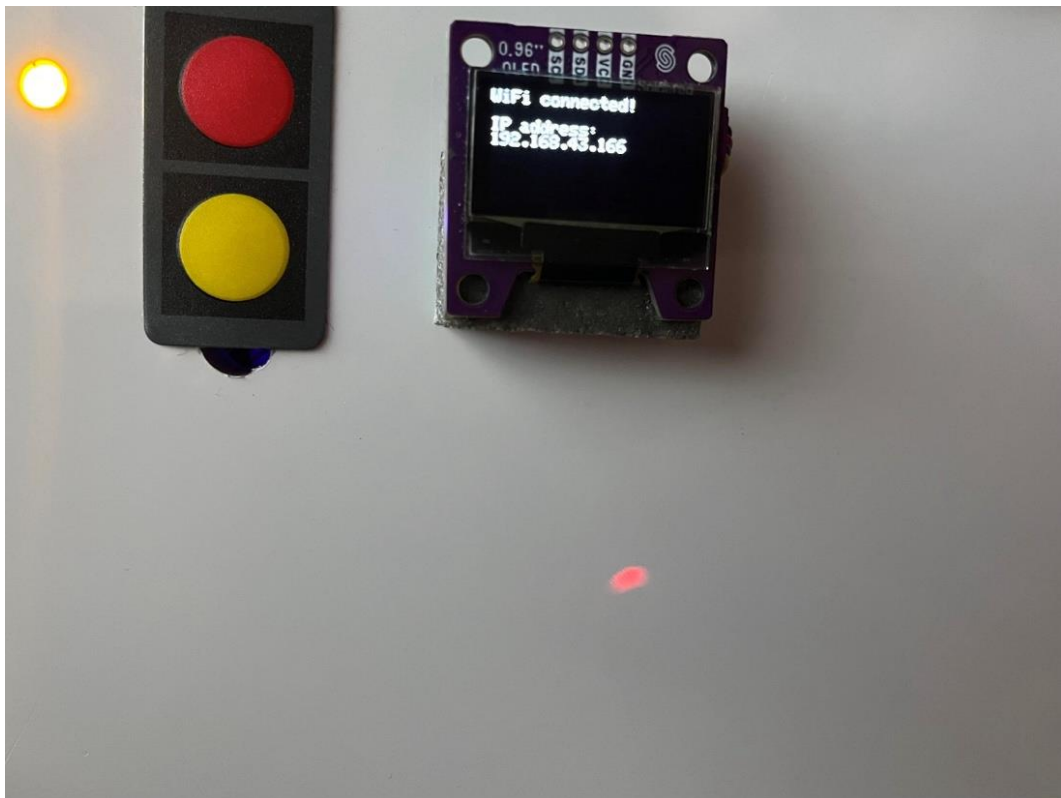


Slika 4.9 Blok dijagram komunikacije

Upravljanje sustavom je omogućeno na dva načina: putem membranske tipkovnice i OLED ekrana (Slika 4.10..) i putem web server-a (4.11.).

Putem OLED ekrana korisnik na uvid dobiva trenutni status parametara kao što su grijanje (koje reprezentira LED dioda), osvjetljenje, pumpa za vodu, povezanost sa internetom i zadnje vrijeme kada su ribice nahranjene. Membranska tipkovnica omogućuje mijenjanje prikaza na OLED ekranu sa jednom tipkom, a drugom omogućuje pokretanje akcije u odnosu koji je trenutni prikaz na OLED ekranu. U slučaju da je na ekranu prikaz koji se odnosi na pumpu za vodu, grijanje ili osvjetljenje, donja tipka pali/gasi tu komponentu. Omogućeno je ručno pokretanje hranjenja putem donje tipke ukoliko je na ekranu prikaz zadnjeg vremena hranjenja.

Putem web server-a korisniku je prikazano i omogućeno upravljanje istim stvarima kao i putem membranske tipkovnice i OLED ekrana.



Slika 4.10. *Izgled korisničkog sučelja na kućištu*

Aquarium

Heating controller



Pump controller



Lights controller



Last time fish was fed:
September 11 01:32

Feed the fish?

Slika 4.11. *Izgled korisničkog sučelja na web server-u*

5. ZAKLJUČAK

U ovom diplomskom radu izrađen je mikroupravljački sustav za IoT autonomni akvarij. U radu je prikazano kako pomoću Dasduino CONNECTPLUS mikroupravljača možemo upravljati akvarijem na 2 načina, pomoću membranske tipkovnice i asinkronog web server-a. Izrađena je maketa, napravljen PCB i 3D isprintan dio koji predstavlja hranilicu koja se upravlja stepper motorom. Zbog velikog broja pinova na mikroupravljaču mogući su dodatni napredci u smislu dodavanja novih komponenta, a samim time i novih funkcionalnosti. Glavni problem uočen prilikom izrade diplomskog rada je pad napona u sustavu ukoliko je pumpa za vodu uključena zbog toga što se ona napaja pomoću step-up modula koji se napaja preko Dasduina. Taj problem bi se riješio da se osmisli drugačiji (vanjski) izvor napajanja za pumpu za vodu.

LITERATURA

- [1] Overview of the Arduino IDE, dostupno na: <https://docs.arduino.cc/software/ide-v1/tutorials/Environment/>
- [2] EasyEDA, dostupno na: <https://easyeda.com/page/about>
- [3] Autodesk Fusion, dostupno na: <https://www.autodesk.com/solutions/what-is-fusion-360.html>
- [4] Dasduino CONNECTPLUS, Soldered Electronics, 2022., dostupno na: <https://github.com/SolderedElectronics/Dasduino-CONNECTPLUS-hardware-design>
- [5] Stepper motor, dostupno na: <https://lastminuteengineers.com/28byj48-stepper-motor-arduino-tutorial/>
- [6] SSD1306, Solomon Systech, 2008., dostupno na: <https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/SSD1306.pdf>
- [7] XL6009, dostupno na: <https://www.haoyuelectronics.com/Attachment/XL6009/XL6009-DC-DC-Converter-Datasheet.pdf>
- [8] 2 kanalni relej, dostupno na: <https://lastminuteengineers.com/two-channel-relay-module-arduino-tutorial/>
- [9] James Fuller, 12V Water Pump Control with Arduino, 2023., dostupno na: <https://www.circuits-diy.com/12v-water-pump-control-with-arduino/>
- [10] WS2812B Intelligent control LED integrated light source, Worldsemi, dostupno na: <https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/WS2812B.pdf>
- [11] Arduino Membrane Keypad, dostupno na: <https://randomnerdtutorials.com/arduino-membrane-keypad-tutorial/>
- [12] WiFi.h biblioteka, dostupno na: <https://github.com/esp8266/arduino-esp8266/blob/master/libraries/WiFi/src/WiFi.h>
- [13] time.h biblioteka, dostupno na: https://mikaelpatel.github.io/Arduino-RTC/de/df7/time_8h_source.html
- [14] Adafruit_NeoPixel.h biblioteka, dostupno na: https://github.com/adafruit/Adafruit_NeoPixel/blob/master/Adafruit_NeoPixel.h

[15] Keypad.h biblioteka, dostupno na: <https://github.com/Chris--A/Keypad>

[16] Wire.h biblioteka, dostupno na:

<https://github.com/esp8266/Arduino/blob/master/libraries/Wire/Wire.h>

[17] Adafruit_SSD1306.h biblioteka, dostupno na:

https://github.com/adafruit/Adafruit_SSD1306

[18] Adafruit_GFX.h biblioteka, dostupno na: <https://github.com/adafruit/Adafruit-GFX-Library>

[19] Stepper.h biblioteka, dostupno na: <https://github.com/arduino-libraries/Stepper>

[20] ESPAsyncWebServer.h biblioteka, dostupno na: <https://github.com/me-no-dev/ESPAsyncWebServer>

SAŽETAK

Mikroupravljački sustav za IoT akvarij

Cilj rada je bio ostvariti mikroupravljački sustav za IoT autonomni akvarij. Prikazano je kako, uz pomoć Dasduino CONNECTPLUS mikroupravljača, upravljati sustavom putem membranske tipkovnice i asinkronog web server-a. Dodatno je izrađeno kućište, PCB pločica i 3D isprintana hranilica koju pokreće stepper motor. Korisnik, putem OLED ekrana i web server-a, dobiva na pregled trenutni status grijanja, pumpe, osvjetljenja i zadnjeg puta kad su ribice nahranjene.

ABSTRACT

Microcontroller system for IoT Autonomous Aquarium

The aim of the project was to create a microcontroller system for an IoT autonomous aquarium. It demonstrates how to control the system using a membrane keypad and an asynchronous web server, powered by the Dasduino CONNECTPLUS microcontroller. Additionally, a custom enclosure, PCB board, and a 3D-printed feeder driven by a stepper motor were developed. The user can view the current status of heating, pump, lighting, and the last feeding time of the fish via the OLED screen and the web server.

ŽIVOTOPIS

Fran Štrasser rođen je 28.07.1997. u Osijeku. Osnovnu školu je završio u Višnjevcu. 2016. godine završava III. gimnaziju u Osijeku. Iste godine upisuje preddiplomski sveučilišni studij Računarstva na Fakultetu Elektrotehnike, Računarstva i Informatičkih tehnologija u Osijeku koji završava 2021. godine. Iste godine upisuje diplomski studij Računarstva smjer Informatičke i podatkovne znanosti na istom fakultetu. Praksu odrađuje u International Value Services-u 2023. godine te završetkom prakse se zapošljava u istoj firmi kao Flutter developer.

PRILOZI

1. Programski kod

```
1  #include <WiFi.h> //Korištene biblioteke
2  #include "time.h"
3  #include <Adafruit_NeoPixel.h>
4  #include<Keypad.h>
5  #include <Wire.h>
6  #include <Adafruit_SSD1306.h>
7  #include <Adafruit_GFX.h>
8  #include "Stepper.h"
9  #include "ESPAsyncWebServer.h"
10
11 #define OLED_WIDTH 128
12 #define OLED_HEIGHT 64
13 #define OLED_ADDR 0x3C
14
15 const char* ssid = "xxxxxx"; //Parametri za spajanje na Wi-Fi
16 const char* password = "xxxxxx";
17
18 const char* ntpServer = "pool.ntp.org"; //Server za dohvaćanje vremena
19 const long  gmtOffset_sec = 7200;
20 const int   daylightOffset_sec = 0;
21
22 const byte ROWS = 2; //Parametri za korištenje membranske tipkovnice
23 const byte COLS = 1;
24
25 char keys[ROWS][COLS] =
26 {
27     'A',
28     'B',
29 };
30 byte rowPins[ROWS] = {18, 19};
31 byte colPins[COLS] = {23};
32
33 const int ledStripPin = 2; //Globalne varijable
34 const int numOfLeds = 60;
35 int red = 255;
36 int green = 255;
37 int blue = 255;
38
```



```

39 int pumpPin = 25;
40 int heatingPin = 26;
41 bool heatingOn = false;
42 bool pumpOn = true;
43 bool lightsOn = true;
44
45 enum DisplayScreenEnum { //Enum korišten za prikaz na OLED ekranu
46     WIFI,
47     HEATING,
48     PUMP,
49     LIGHTS,
50     FEEDER,
51 };
52
53 struct tm lastFeedingTime;
54 bool serverFeedingTrigger = false;
55
56 DisplayScreenEnum displayScreen = WIFI;
57
58 Adafruit_SSD1306 display(OLED_WIDTH, OLED_HEIGHT); //Instanciranje objekata
59 Adafruit_NeoPixel pixels = Adafruit_NeoPixel(numOfLeds, ledStripPin, NEO_GRB + NEO_KHZ800);
60 Keypad keypad = Keypad( makeKeymap(keys), rowPins, colPins, ROWS, COLS );
61 Stepper myStepper(2048, 12, 13, 14, 15);
62 AsyncWebServer server(80);
63
64 const char* PARAM_INPUT_1 = "output";
65 const char* PARAM_INPUT_2 = "state";

```

```

66 //Html kod za web server
67 const char index_html[] PROGMEM = R"rawliteral(
68 <!DOCTYPE HTML><html>
69 <head>
70   <title>Aquarium</title>
71   <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1">
72   <link rel="icon" href="data:,">
73   <style>
74     html {font-family: Arial; display: inline-block; text-align: center;}
75     h2 {font-size: 3.0rem;}
76     p {font-size: 3.0rem;}
77     body {max-width: 600px; margin:0px auto; padding-bottom: 25px;}
78     .switch {position: relative; display: inline-block; width: 80px; height: 40px}
79     .switch input {display: none}
80     .slider {position: absolute; top: 0; left: 0; right: 0; bottom: 0;
81     background-color: #f50202; border-radius: 10px}
82     .slider:before {position: absolute; content: ""; height: 36px; width: 36px;
83     left: 2px; bottom: 2px; top: 2px; background-color: #fff;
84     -webkit-transition: .4s; transition: .4s; border-radius: 10px}
85     input:checked+.slider {background-color: #37f502}
86     input:checked+.slider:before {-webkit-transform: translateX(40px);
87     -ms-transform: translateX(40px); transform: translateX(40px);}
88     .button { background-color: #02b4f5; border: none; color: white;
89     padding: 15px 32px; text-align: center; text-decoration: none;
90     display: inline-block; font-size: 16px; border-radius: 10px}
91   </style>
92 </head>
93 <body>
94   <h2>Aquarium</h2>
95   %BUTTONPLACEHOLDER%
96   <script>function toggleCheckbox(element) {
97     var xhr = new XMLHttpRequest();
98     if(element.checked){ xhr.open("GET", "/update?output="+element.id+"&state=1", true); }
99     else { xhr.open("GET", "/update?output="+element.id+"&state=0", true); }
100    xhr.send();
101  }
102  function feedFishRequest () {
103    var xhttp = new XMLHttpRequest();
104    xhttp.open("GET", "/feedFish", true);
105    xhttp.send();
106  }
107 </script>
108 </body>
109 </html>
110 )rawliteral";

```

```

112 void setup() { // Setup funkcija
113     Serial.begin(115200);
114     pixels.begin();
115     pixels.setBrightness(100);
116     myStepper.setSpeed(5);
117     display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, OLED_ADDR);
118     display.clearDisplay();
119     display.setTextSize(0.5);
120     display.setTextColor(WHITE);
121     connectToWiFi();
122     pinMode(pumpPin, OUTPUT);
123     pinMode(heatingPin, OUTPUT);
124     ledStripController();
125     configTime(gmtOffset_sec, 0, ntpServer);
126     if (getLocalTime(&lastFeedingTime)) {
127         feedTheFish(lastFeedingTime, true);
128     }
129     digitalWrite(pumpPin, HIGH);
130     digitalWrite(heatingPin, LOW);
131     server.on("/", HTTP_GET, [](AsyncWebServerRequest * request) { //Rukovanje korisničkim zahtjevima sa web server-a
132         request->send_P(200, "text/html", index_html, processor);
133     });
134
135     server.on("/update", HTTP_GET, [](AsyncWebServerRequest * request) {
136         String inputMessage1;
137         String inputMessage2;
138         if (request->hasParam(PARAM_INPUT_1) && request->hasParam(PARAM_INPUT_2)) {
139             inputMessage1 = request->getParam(PARAM_INPUT_1)->value();
140             inputMessage2 = request->getParam(PARAM_INPUT_2)->value();
141             serverChangeValues(inputMessage1.toInt(),inputMessage2.toInt());
142         }
143         request->send_P(200, "text/html", index_html, processor);
144     });
145     server.on("/feedFish", HTTP_GET, [](AsyncWebServerRequest *request){
146         serverFeedingTrigger = true;
147         struct tm timeInfo;
148         if (getLocalTime(&timeInfo)) {
149             lastFeedingTime = timeInfo;
150         }
151         request->send_P(200, "text/html", index_html, processor);
152     });
153     server.begin();
154 }
155

```

```

156 void loop() { // Loop funkcija
157   if (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
158     connectToWiFi();
159   }
160   char key = keypad.getKey();
161   struct tm timeInfo;
162   if (key)
163   {
164     if (key == 'A') {
165       changeScreen();
166       changeDisplayScreens();
167     }
168     else {
169       changeDisplayValues();
170     }
171   }
172   if (getLocalTime(&timeInfo)) {
173     feedTheFish(timeInfo, false);
174   }
175 }
176
177 void serverChangeValues(int firstValue, int secondValue){ //Funkcija za pokretanje akcija s obzirom na korisnički zahtjev sa web server-a
178   if(firstValue == 1){
179     if ((secondValue == 0 && heatingOn == true) || (secondValue == 1 && heatingOn == false)){
180       displayScreen = HEATING;
181       changeDisplayValues();
182       return;
183     }
184   }
185   if(firstValue == 2){
186     if ((secondValue == 0 && pumpOn == true) || (secondValue == 1 && pumpOn == false)) {
187       displayScreen = PUMP;
188       changeDisplayValues();
189       return;
190     }
191   }
192   if(firstValue == 3){
193     if ((secondValue == 0 && lightsOn == true) || (secondValue == 1 && lightsOn == false)) {
194       displayScreen = LIGHTS;
195       changeDisplayValues();
196       return;
197     }
198   }
199 }

201 void ledStripController() { //Paljenje/Gašenje RGB LED trake
202   pixels.clear();
203   for (int i = 0; i < numOfLeds; i++) {
204     pixels.setPixelColor(i, lightsOn ? pixels.Color(0, 0, 0) : pixels.Color(red, green, blue));
205     pixels.show();
206   }
207   lightsOn = !lightsOn;
208
209 }

210
211 void changeScreen() { //Funkcija za promjenu prikaza na OLED ekranu
212   switch (displayScreen) {
213     case WIFI:
214       displayScreen = HEATING;
215       return;
216     case HEATING:
217       displayScreen = PUMP;
218       return;
219     case PUMP:
220       displayScreen = LIGHTS;
221       return;
222     case LIGHTS:
223       displayScreen = FEEDER;
224       return;
225     case FEEDER:
226       displayScreen = WIFI;
227       return;
228   }
229 }

```

```

227 void changeDisplayScreens() { //Funkcija koja obavlja prikaz na OLED ekranu
228     switch (displayScreen) {
229         case WIFI:
230             if (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
231                 display.clearDisplay();
232                 display.setCursor(0, 0);
233                 display.println("WiFi not connected!");
234                 display.println("Press down button to reconnect.");
235                 display.display();
236             } else {
237                 display.clearDisplay();
238                 display.setCursor(0, 0);
239                 display.println("WiFi connected!");
240                 display.println("\nIP address: ");
241                 display.println(WiFi.localIP());
242                 display.display();
243             }
244             return;
245         case HEATING:
246             display.clearDisplay();
247             display.setCursor(0, 0);
248             display.print("Heating: ");
249             display.println(heatingOn ? "ON" : "OFF");
250             display.print("Turn heating ");
251             display.println(heatingOn ? "OFF?" : "ON?");
252             display.display();
253             return;
254         case PUMP:
255             display.clearDisplay();
256             display.setCursor(0, 0);
257             display.print("Pump: ");
258             display.println(pumpOn ? "ON" : "OFF");
259             display.print("Turn pump ");
260             display.println(pumpOn ? "OFF?" : "ON?");
261             display.display();
262             return;
263         case LIGHTS:
264             display.clearDisplay();
265             display.setCursor(0, 0);
266             display.print("Lights: ");
267             display.println(lightsOn ? "ON" : "OFF");
268             display.print("Turn lights ");
269             display.println(lightsOn ? "OFF?" : "ON?");
270             display.display();
271             return;
272         case FEEDER:
273             display.clearDisplay();
274             display.setCursor(0, 0);
275             display.println("Last feeding time:");
276             display.println(&lastFeedingTime, "\n%B %d\nH:%M");
277             display.display();
278             return;
279     }
280 }

```

```

282 void changeDisplayValues() { //Pokretanje akcije u odnosu na trenutni prikaz na OLED ekranu
283     switch (displayScreen) {
284         case FEEDER:
285             struct tm timeInfo;
286             if (getLocalTime(&timeInfo)) {
287                 feedTheFish(timeInfo, true);
288             }
289             return;
290         case WIFI:
291             return;
292         case HEATING:
293             heatingOn ? digitalWrite(heatingPin, LOW) : digitalWrite(heatingPin, HIGH);
294             heatingOn = !heatingOn;
295             changeDisplayScreens();
296             return;
297         case PUMP:
298             pumpOn ? digitalWrite(pumpPin, LOW) : digitalWrite(pumpPin, HIGH);
299             pumpOn = !pumpOn;
300             changeDisplayScreens();
301             return;
302         case LIGHTS:
303             ledStripController();
304             changeDisplayScreens();
305             return;
306     }
307 }
308
309 void connectToWiFi() { // Funkcija za spajanje na Wi-Fi
310     WiFi.begin(ssid, password);
311     display.clearDisplay();
312     display.setCursor(0, 0);
313     display.println("Connecting to ");
314     display.println(ssid);
315     display.display();
316     while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
317         display.print(".");
318         display.display();
319         delay(100);
320     }
321     delay(2000);
322     changeDisplayScreens();
323 }
324
325 void feedTheFish(struct tm timeInfo, bool manualCall) {
326     if (serverFeedingTrigger || manualCall ||
327         timeInfo.tm_hour - lastFeedingTime.tm_hour >= 12 ||
328         ((timeInfo.tm_hour < lastFeedingTime.tm_hour) &&
329         (timeInfo.tm_hour + 24 - lastFeedingTime.tm_hour >= 12))) {
330         display.clearDisplay();
331         display.setCursor(0, 0);
332         display.print("Feeding the fish...");
333         display.display();
334         myStepper.step(1024);
335         delay(3000);
336         lastFeedingTime = timeInfo;
337         serverFeedingTrigger = false;
338         changeDisplayScreens();

```

```

325 void feedTheFish(struct tm timeInfo, bool manualCall) {
326     if (serverFeedingTrigger || manualCall ||
327         timeInfo.tm_hour - lastFeedingTime.tm_hour >= 12 ||
328         ((timeInfo.tm_hour < lastFeedingTime.tm_hour) &&
329          (timeInfo.tm_hour + 24 - lastFeedingTime.tm_hour >= 12))) {
330         display.clearDisplay();
331         display.setCursor(0, 0);
332         display.print("Feeding the fish...");
333         display.display();
334         myStepper.step(1024);
335         delay(3000);
336         lastFeedingTime = timeInfo;
337         serverFeedingTrigger = false;
338         changeDisplayScreens();
339     }
340 }
341
342 String processor(const String& var) { //Funkcija koja mijenja HTML-ov placeholder
343     if (var == "BUTTONPLACEHOLDER") {
344         String buttons = "";
345         buttons += "<h4>Heating controller</h4><label class=\"switch\"><input type=\"checkbox\" onchange=\"toggleCheckbox(this)\" id=\"1\" \"
346             + outputState(1) + "><span class=\"slider\"></span></label>";
347         buttons += "<h4>Pump controller</h4><label class=\"switch\"><input type=\"checkbox\" onchange=\"toggleCheckbox(this)\" id=\"2\" \"
348             + outputState(2) + "><span class=\"slider\"></span></label>";
349         buttons += "<h4>Lights controller</h4><label class=\"switch\"><input type=\"checkbox\" onchange=\"toggleCheckbox(this)\" id=\"3\" \"
350             + outputState(3) + "><span class=\"slider\"></span></label>";
351         buttons += "<h4>Last time fish was fed:<br />"
352             + outputState(4) + "</h4><button class=\"button\" onclick=\"feedFishRequest();\">Feed the fish?</button>";
353         return buttons;
354     }
355     return String();
356 }
357
358 String outputState(int output) { //Funkcija za ispis trenutnih vrijednosti komponenti na web server-u
359     switch (output) {
360     case 1:
361         if (heatingOn) {
362             return "checked";
363         } else {
364             return "";
365         }
366     case 2:
367         if (pumpOn) {
368             return "checked";
369         } else {
370             return "";
371         }
372     case 3:
373         if (lightsOn) {
374             return "checked";
375         } else {
376             return "";
377         }
378     case 4:
379         char timeStringBuff[50]; //50 chars should be enough
380         strftime(timeStringBuff, sizeof(timeStringBuff), "%B %d %H:%M", &lastFeedingTime);
381         return timeStringBuff;

```