

# AUTOMATIZIRANI SUSTAV ZA MIJEŠANJE TEKUĆINA

---

**Penava, Ivan**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2024**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Split / Sveučilište u Splitu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:228:466455>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-26**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of University Department of Professional Studies](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**SVEUČILIŠNI ODJEL ZA STRUČNE STUDIJE**

Prijediplomski stručni studij Elektronika

IVAN PENAVAL

**ZAVRŠNI RAD**

**AUTOMATIZIRANI SUSTAV ZA MJEŠANJE TEKUĆINA**

Split, lipanj 2024.

SVEUČILIŠTE U SPLITU  
SVEUČILIŠNI ODJEL ZA STRUČNE STUDIJE

Prijediplomski stručni studij Elektronika

**Naziv predmeta:** Elektronički sklopovi

**ZAVRŠNI RAD**

**Kandidat:** Ivan Penava

**Naslov rada:** Automatizirani sustav za miješanje tekućina

**Mentor:** dr. sc. Tonko Kovačević

Split, lipanj 2024.

Sadržaj	
SAŽETAK .....	1
UVOD .....	2
1. OPIS SKLOPA .....	5
2. KOMPONENTE .....	6
<b>2.1. Arduino UNO</b> .....	6
<b>2.2. Load cell</b> .....	8
<b>2.3. Rotacijski enkoder</b> .....	10
<b>2.4. L298N driver i pumpe</b> .....	11
<b>2.5. LCD zaslon</b> .....	15
3. SHEMA I PROCES SPAJANJA .....	17
4. PROGRAMIRANJE .....	20
5. ZAKLJUČAK .....	25
6. POPIS LITERATURE.....	26
7. POPIS SLIKA I TABLICA .....	27

## **SAŽETAK**

### **AUTOMATIZIRANI SUSTAV ZA MJEŠANJE TEKUĆINA**

Automatizirani sustav za miješanje tekućina ima praktičnu primjenu u svakodnevnom životu, pronalazi svoju primjenu u industriji boja gdje se može koristiti za dobivanje točno zadanog pigmenta. Automatizirani sustav za miješanje tekućina je koristan zbog toga što uklanja ljudski faktor time i pogrešku koju ljudi mogu učiniti. Za potrebe rada izrađena je funkcionalna maketa uređaja za precizno miješanje tekućina, te je prikazana primjena mikrokontrolera, load cell-a odnosno vage, te peristaltičkih pumpi. Sklop radi na način da pomoću rotacijskog enkodera odabiremo tekućinu te količinu tekućine. Nakon potvrde odabira pokreće se proces doziranja odabranih tekućina. Load cell očitava težinu posude te pokreće pumpe. Load cell za to vrijeme očitava promjenu težine posude te nakon zadane količine zaustavlja pumpu. Ponovno se očitava stanje load cell-a, te se ovaj proces ponavlja dok se ne dobije zadana kombinacija.

## **SUMMARY**

### **AUTOMATED SYSTEM FOR MIXING LIQUIDS**

The automated system for mixing liquids has a practical application in everyday life, it finds its application in the paint industry where it can be used to obtain the exact pigment. An automated liquid mixing system is beneficial because it removes the human factor and thus the error that humans can make. For the needs of the work, a functional mock-up of a device for precise mixing of liquids was created, and the application of a microcontroller, load cell or scale, and peristaltic pumps was demonstrated. The assembly works in such a way that we select the liquid and the amount of liquid using the rotary encoder. After confirming the selection, the dosing process of the selected liquids is started. The load cell reads the weight of the container and starts the pumps. During this time, the load cell reads the change in the weight of the container and stops the pump after a given amount. The state of the load cell is read again and this process is repeated until the given combination is obtained.

## UVOD

Pojam automatizacije se odnosi na korištenje tehnologije kako bi obavili zadatak koji bi inače zahtijevao ljudsku intervenciju. To može uključivati korištenje softvera, hardvera ili drugih tehnologija za pojednostavljenje, povećanje učinkovitosti i smanjenje potrebe za ljudskom intervencijom. Glavni cilj automatizacije je smanjiti ljudske napore, na način da automatizirani sustavi mogu samostalno raditi uz malo ili nimalo ljudske pomoći. Automatizacija sustava pomaže u povećanju kvalitete samog proizvoda. Na primjer u industriji boja je jako bitno da se postigne točno određeni pigment boje te je zbog toga jako bitna kontrola kvalitete samog proizvoda. Uz pomoć automatiziranih sustava tvrtka može povećati produktivnost jer automatizirani sustavi mogu raditi 24 sata, te ukloniti mogućnost ljudske pogreške i smanjiti mogućnost pogreške na minimum. Samim tim što je mogućnost pogreške smanjena na minimum, tvrtka stječe vjernost kupaca i povećava svoj ugled. Danas je teško pronaći industriju koja nije primijenila automatizaciju u svojim proizvodnim procesima jer primjenom automatizacije tvrtke povećaju kontrolu nad procesom proizvodnje što dovodi do toga da se učinkovitije koriste materijali što dalje rezultira manje otpada i na taj način povećaju profit. Samom primjenom automatizacije proizvodnog procesa se potreba za radnom snagom smanjuje.



*Slika 1. Primjer automatiziranog uređaja za doziranje boja [1]*

### Prednosti automatiziranih sustava:

- Visoka preciznost i ponovljivost
  - Točnost doziranja može biti u rasponu od mikrolitara do litara, ovisno o sustavu.
  - Sustavi mogu postići preciznost  $\pm 0,1\%$  ili bolju, ovisno o aplikaciji i tehnologiji.
- Automatizacija i kontrola
  - Mogućnost upravljanja više točaka doziranja iz jedne središnje kontrolne jedinice.
- Fleksibilnost
  - Prilagodba različitim vrstama tekućina, uključujući viskozne, korozivne ili one s posebnim svojstvima.
  - Jednostavna promjena postavki doziranja putem softvera.
- Povezivost i integracija
  - Podrška za industrijske standarde komunikacije omogućava lako povezivanje s drugim sustavima u proizvodnom okruženju.
  - Mogućnost daljinskog nadzora i upravljanja putem interneta ili lokalnih mreža.
- Higijena i sigurnost
  - Dizajniran za jednostavno čišćenje i sterilizaciju, što je ključno u prehrambenoj i farmaceutskoj industriji.
  - Implementacija sigurnosnih mehanizama za zaštitu operatera i opreme.

Automatizirani sustav za precizno miješanje tekućina pronalazi svoju primjenu u raznim industrijama kao što su:

- Farmaceutska industrija:
  - Doziranje aktivnih sastojaka: Precizno miješanje i doziranje lijekova.
  - Priprema otopina i suspenzija: Kontrola miješanja i homogenizacije za injekcije i sirupe.
- Prehrambena industrija:
  - Doziranje sastojaka: Precizno dodavanje aroma, boja, konzervansa ili drugih dodataka.
  - Punjenje boca: Automatizacija punjenja tekućina u boce ili druge vrste spremnika s velikom brzinom i točnošću.
- Kemijska industrija:
  - Miješanje kemikalija: Kontrolirano doziranje reagenasa i otapala u procesima sinteze.

- Distribucija tekućina: Precizna isporuka kemijskih tekućina u proizvodne procese.
- Kozmetička industrija:
  - Doziranje parfema i esencija: Precizno miješanje mirisa i esencija u proizvodnji -parfema.
  - Kreme i losioni: Kontrola doziranja viskoznih tekućina u proizvodnji kozmetike.
- Laboratorijska primjena:
  - Analitički postupci: Precizno doziranje uzoraka za laboratorijske analize.
  - Priprema uzoraka: Automatizirano doziranje tekućina za pripremu uzoraka u istraživačkim laboratorijima.



## 1. OPIS SKLOPA

Za potrebe rada izrađena je funkcionalna maketa uređaja za miješanje tekućina. Sam uređaj radi na način da kada se upali na izbor imamo odabrati količinu zadane tekućine izraženu u mililitrima (ml). Pritiskom na rotacijski enkoder koji je smješten ispod LCD zaslona na kojem se ispisuje informacija o kojoj se tekućini radi, odabire se željena tekućina, a njegovim rotiranjem se odabire količina tekućine, te se ponovnim pritiskanjem potvrđuje odabir željene količine tekućine i pokreće se proces.



*Slika 2. Gotova maketa za simulaciju automatiziranog procesa miješanja tekućina [2]*

Load cell, odnosno vaga nakon određene stanke očitava težinu posude, te pali pompe koje pumpaju prethodno zadanu količinu odabrane tekućine. Vaga za to vrijeme očitava promjenu težine te nakon zadane količine zaustavlja pumpu. Ponovno se očitava stanje vage te se ovaj proces ponavlja dok se ne postigne zadana kombinacija. Sama konstrukcija makete je izrađena od drveta debljine 18mm.

## 2. KOMPONENTE

Za potrebe rada osim drvene konstrukcije bile su potrebne i druge komponente koje su u daljnjem tekstu поближе prikazane i opisane.

### 2.1. Arduino UNO

Arduino UNO je jedan od najpopularnijih mikrokontrolera koji se koriste u području elektronike, programiranja i razvoja projekata. Ovaj uređaj temelji se na otvorenoj platformi, što znači da su dostupni brojni resursi, biblioteke i podrška drugih korisnika, što ga čini pristupačnim i jednostavnim za upotrebu. Sastoji se od mikrokontrolera ATmega328P i niza ulazno-izlaznih pinova koji omogućuju povezivanje senzora, aktuatora i drugih elektroničkih komponenti. Jedna od glavnih prednosti Arduina UNO je jednostavnost korištenja. Arduino UNO je vrlo fleksibilan i može se koristiti u različitim projektima. Pruža mogućnost povezivanja različitih senzora, aktuatora i modula za stvaranje različitih interaktivnih uređaja. Osim toga, Arduino UNO podržava različite komunikacijske protokole poput I2C, SPI i serijske komunikacije, što omogućuje povezivanje s drugim uređajima i komunikaciju s računalom ili drugim mikrokontrolerima. Ukratko, Arduino UNO je moćan mikrokontroler koji pruža jednostavan pristup elektronici i programiranju. Fleksibilnost, jednostavnost korištenja i podrška zajednice čine ga idealnim alatom za razvoj različitih projekata, od prototipova do složenijih sustava.



*Slika 3. Arduino UNO [3]*

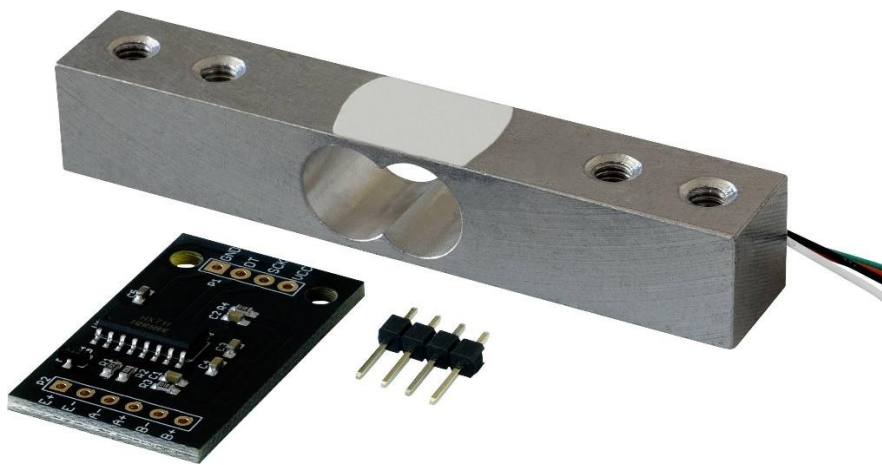
Arduino UNO sadrži:

- 14 digitalnih ulaza / izlaza od kojih je 6 ima sposobnost PWM signala
- 6 analognih ulaza
- 16 MHz kristalni oscilator
- 32 KB flash memorije
- 2 KB SRAM
- 1KB EEPROM

Arduino UNO se može napajati preko DC konektora ili preko USB B konektora. Može maksimalno davati 20 mA na digitalnim izlazima i 50 mA na 3.3 V pin. Arduino UNO ima i fizičko dugme za resetiranje pločice u slučaju nekog problema ili kvara, prilikom pritiska na dugme pločica će se resetirati te će ponovno učitati program koji se nalazi u memoriji same pločice. Program ostaje zapamćen u memoriji na pločici sve dok se ručno ne obriše ili dok se ne učita novi program.

## 2.2. Load cell

Load cell je uređaj koji je u mogućnosti odrediti opterećenje koje je na njemu. Za potrebe rada korišten je load cell od 1 kg. Opterećenje određuje na način da prilikom djelovanja nekog opterećenja na njega on daje mali izlazni napon. Taj napon je jako male vrijednosti pa ga je potrebno dodatno pojačati. HX711 je 24-bitni analogno-digitalni pretvarač koji se sastoji od dva kanala A i B. A kanal je prilagodljiv za pojačanja od 128 puta ili 64 puta, što omogućuje različite osjetljivosti. Kanal B ima fiksno pojačanje od 32 puta i može se koristiti za mjerenja koja ne zahtijevaju visoku osjetljivost. Kako se opterećenje na load cell-u povećava, napon se proporcionalno mijenja.



*Slika 4. Load cell i HX711[4]*

U tablici 1 se nalaze karakteristike analogno digitalnog pretvarača HX711.

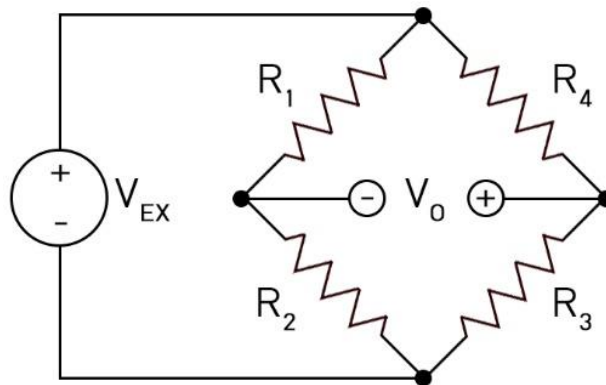
*Tablica 1 Karakteristike analogno digitalnog pretvarača hx711. [5]*

ADC preciznost	24 bitna
Pojačanje	128 za A kanal, 64 za B kanal
Napon	2,7V – 5,5V
Struja	< 1,5mA

Load cell se sastoji od dva promjenjiva i dva nepromjenjiva otpornika koji su spojeni u Wheatstone-ov most. Wheatstone-ov most je klasičan električni krug koji se koristi za precizno mjerenje otpornosti. Wheatstone-ov most je konfiguracija četiri uravnotežena otpornika s

poznatim pobudnim naponom  $V_{EX}$ . Pobudni napon  $V_{EX}$  je poznata konstanta i izlazni napon  $V_0$  je promjenjiv ovisno o obliku load cell-a. Ako vrijedi da je  $\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_4}{R_3}$ , onda je izlazni napon  $V_0$  jednak nuli. Ako se vrijednost bilo kojeg otpora promijeni onda će se promijeniti i vrijednost  $V_0$ . Promjenu izlaznog napona  $V_0$  možemo tumačiti preko Ohmovog zakona.

$$V_0 = \left( \frac{R_3}{R_3 + R_4} - \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) V_{EX} \quad (2.1)$$



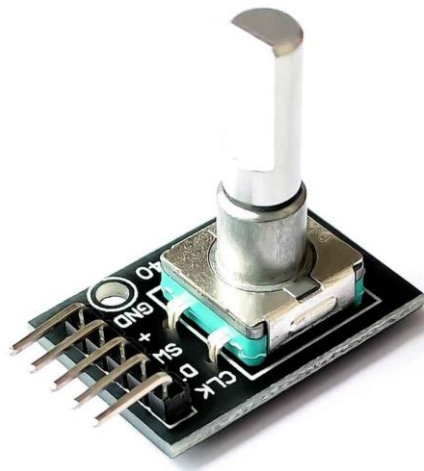
*Slika 5. Wheatstone-ov most [6]*

### 2.3. Rotacijski enkoder

Rotacijski enkoderi su uređaji koji pretvaraju rotacijsko kretanje osovine u analogni ili digitalni signal. Rotacijski enkoderi mjere rotacijska kretanja i pomake i mogu biti apsolutni ili inkrementalni.

Kod apsolutnog rotacijskog enkodera položaj se zadržava bez obzira na to je li enkoder uključen ili ne, čak i ako se pomak vrši bez napajanja enkodera, on će i dalje znati pravi položaj. Glavna prednost ovih enkodera je ta što se njihov pravi položaj ne gubi u slučaju da dođe do gubitka napajanja.

Inkrementalni rotacijski enkoder radi na način da pretvara kutni položaj osovine u digitalne ili pulsne signale pomoću optičkog diska. Određeni broj impulsa generira se po okretanju i svaki impuls je inkrement koji odgovara definiranoj rezoluciji. Inkrementalni enkoder može mjeriti promjenu položaja, ali ne i apsolutni položaj. Svaki put kada se inkrementalni enkoder uključi, impulsi se broje od nule. To znači da se položaj ne pohranjuje i da se mora dobiti referentna pozicija prije nego što enkoder ponovno počne brojati. Ovo je glavna razlika između inkrementalnog i apsolutnog enkodera.



*Slika 6. Rotacijski enkoder [7]*

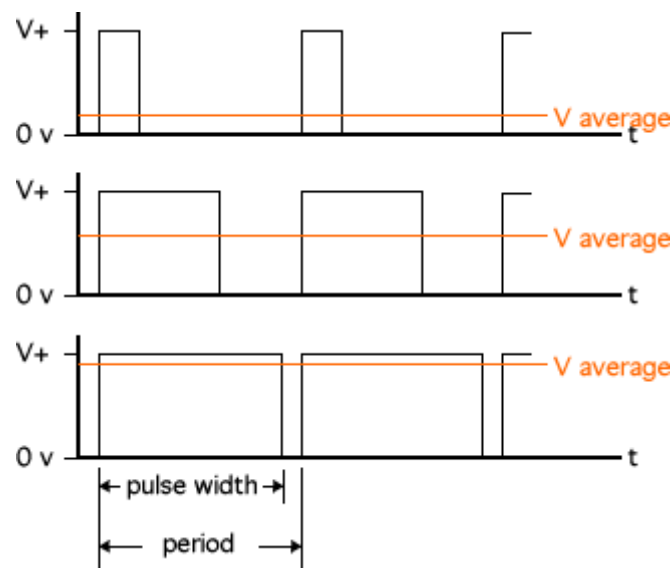
U tablici 2 se nalaze karakteristike rotacijskog enkodera.

*Tablica 2. Karakteristike rotacijskog enkodera [8]*

Tip	Inkrementalni
Ciklusa po okretanju	20
Radni napon	Od 0V do 5V

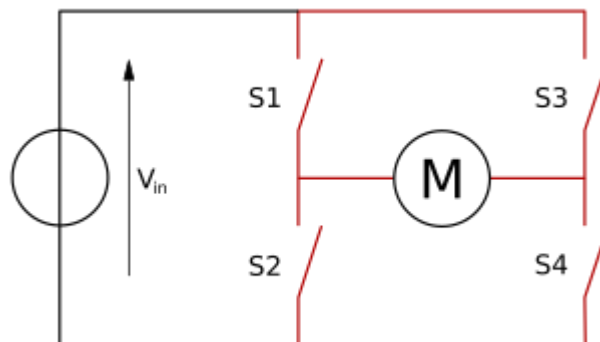
## 2.4. L298N driver i pumpe

Modulacija širine impulsa (PWM) koristi se za kontrolu amplitude digitalnih signala radi kontrole elektroničkih uređaja. Odnosno metoda kontrole prosječne snage koju isporučuje električni signal. To radi na način da brzo uključuje faze uključivanja i isključivanja digitalnog signala i mijenja širinu radnog ciklusa. Na taj način nam omogućuje podešavanje prosječne vrijednosti napona koji dolazi do uređaja. Prosječni napon ovisi o radnom ciklusu, odnosno o vremenu u kojem je signal uključen u odnosu na vrijeme u kojem je signal isključen u jednom vremenskom periodu. To nam omogućuje kontrolu brzine okretanja motora, odnosno pumpe.



*Slika 7. PWM modulacija [9]*

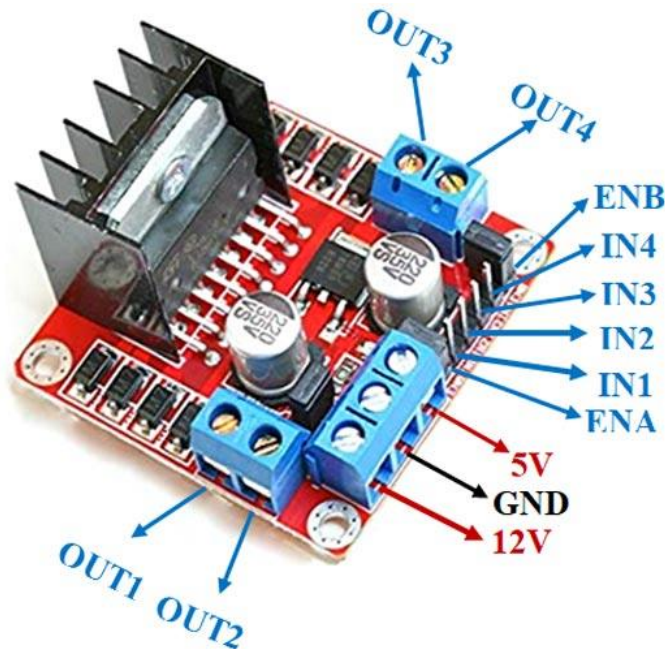
Za kontrolu smjera rotacije potrebno je zamijeniti polaritet na trošilu, a najčešći način za to je korištenje H-mosta. H-most je strujni krug koji se sastoji od četiri preklopna elementa, tranzistora ili MOSFET-a, spojena na neko trošilo. Istodobnim aktiviranjem dva određena prekidača mijenja se smjer strujanja, a time i smjer vrtnje motora.



*Slika 8. H-most [10]*

Kombinacija ove dvi metode, PWM i H-most, omogućuje potpunu kontrolu nad DC motorom, odnosno u ovom slučaju pumpama.

L298N modul je dvostruki H-most koji omogućuje kontrolu brzine i smjera dva istosmjerna motora u isto vrijeme. Modul može pokretati istosmjerne motore koji imaju napon između 5V i 35V, s vršnom strujom od 2A. Maksimalna snaga koju modul može dati je 25W.



*Slika 9. L298N modul [11]*

U tablici 3 se nalaze karakteristike L298N modula.

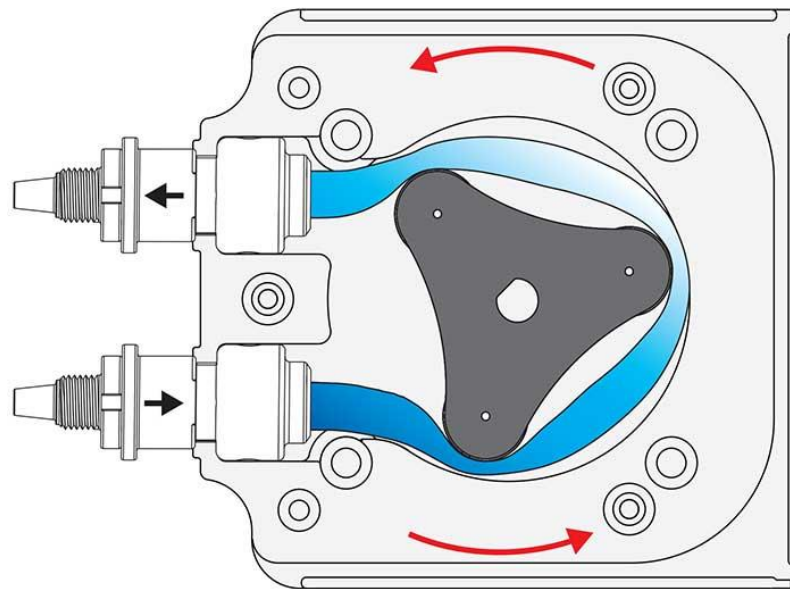
*Tablica 3. Karakteristike L298N modula [12]*

Maksimalna snaga	25W
Napon	Od 5V do 35V
Struja	2A

Za potrebe rada korištena su dva ovakva L298N modula koji omogućuju upravljanje peristaltičkim pumpama. Za potrebe rada su korištene tri peristaltičke pumpe, a svaki L298N modul podržava dvi peristaltičke pumpe, to znači da su izlazi 3 i 4 na jednoj od pločica zanemareni. Slanjem signala sa Arduina na IN1 IN2 IN3 IN4 diktiramo u kojem će se smjeru okretati pumpe, a sa ENA i ENB kontaktima diktiramo brzinu vrtnje. ENA i ENB su kratko spojnikom spojeni na +5V zbog čega je potrebno samo dati informaciju na IN pinove, a pumpa se sama vrti maksimalnom brzinom.



Za potrebe rada su korištene peristaltičke pumpe zbog principa rada koji im omogućuje preciznost i sama pumpa ne dolazi u kontakt sa tekućinom. Peristaltička pumpa radi na način da kada se valjci okreću, oni stisnu cijev na nekoliko točaka, potiskujući tekućinu naprijed i istovremeno stvarajući vakuum koji usisava tekućinu iz ulaznog kraja pumpe. Ovaj mehanički postupak osigurava kontinuiran i kontroliran protok tekućine.



*Slika 10. Princip rada peristaltičke pumpe [13]*



*Slika 11. Peristaltička pumpa [14]*

Peristaltičke pumpe ne dolaze u kontakt sa tekućinom što znači da nema kontaminacije jer tekućina dolazi samo u kontakt s unutrašnjošću cijevi što im omogućava korištenje u medicini gdje su potrebni sterilni uvjeti ili pri radu sa tekućinama opasnim za samu pumpu zbog korozije ili drugih mogućih problema.

Glavne komponente peristaltičke pumpe su:

- Fleksibilna cijev: materijal cijevi mora biti otporan na kemikalije koje su pumpaju.
- Rotor sa valjcima: rotor koji se rotira unutar kućišta pumpe, stiskajući cijev i gurajući tekućinu naprijed.
- Kućište pumpe: drži cijev i rotor na mjestu.

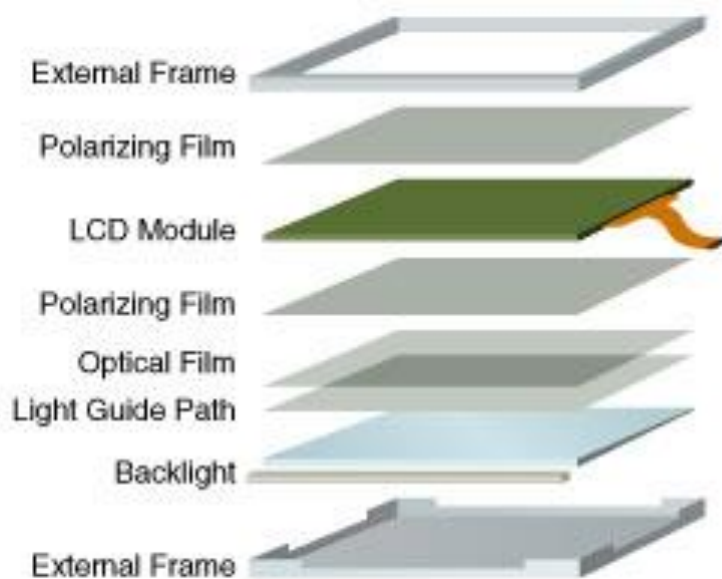
*Tablica 4. Karakteristike peristaltičke pumpe [15]*

Napon	12V
Struja	0,5 – 1,4A
Raspon protoka	0 – 400ml/min

## 2.5. LCD zaslon

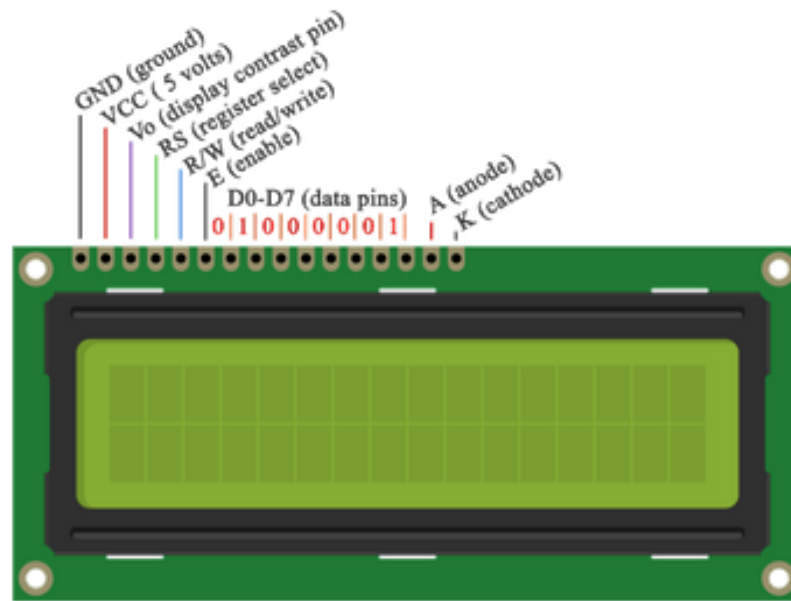
Zaslon je uređaj u elektronici uz pomoć kojega se mogu prikazivati slike i slovno brojčane informacije.

LCD zaslon ili „Liquid Cristal Display“ je jedna vrsta modula elektroničkog zaslona koji se koristi u širokom spektru aplikacija kao što su različiti sklopovi i uređaji poput kalkulatora, računala, tv prijamnika. Na LCD zaslonu, pikseli se elektronički uključuju ili isključuju pomoću tekućih kristala za rotiranje polarizirane svjetlosti. Koriste svojstvo modulacije svjetlosti tekućih kristala u kombinaciji sa polarizatorima.



*Slika 12. LCD zaslon [16]*

LCD koji je korišten za potrebe rada je LCD 16x2. Kao što mu ime sugerira, uključuje 16 stupaca i 2 retka. Tako da može prikazati ukupno 32 znaka, a svaki znak će biti napravljen s 5x8 piksela. Ukupan broj piksela unutar ovog LCD-a je 1280 piksela. LCD 16x2 zaslon omogućuje prikaz korisnih informacija i poboljšanje korisničkog sučelja. Postoje različite vrste zaslona, međutim LCD 16x2 se najčešće koristi zbog nižih troškova te jednostavnosti pristupa i programiranja. Radni napon LCD zaslona je od 4,7V do 5,3V.



*Slika 13. LCD zaslon Arduino [17]*

LCD zaslon je spojen na sljedeći način:

RW , VSS , K → GND

VDD , A → +5V

D4 → A0

D5 → A1

D6 → A2

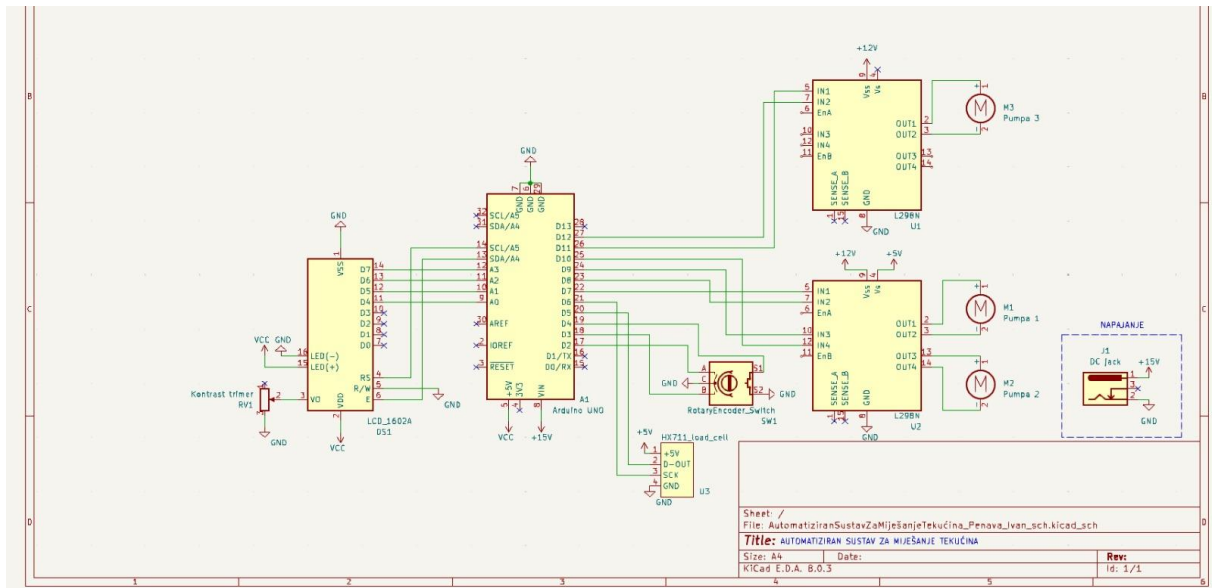
D7 → A3

E → A4

RS → A5

Dodan je trimer između kontakata V0 na zaslonu i uzemljenja. Služi za podešavanje kontrasta zaslona da se razlikuju znakovi od pozadine. Također služi kao sučelje između programa i korisnika.

### 3. SHEMA I PROCES SPAJANJA



Slika 14. Shema spajanja [18]

Shema spajanja je izrađena u programu KiCad (v6.0). Prikazuje spajanje svih komponenti. LCD zaslon je spojen na analogne izlaze Arduina koji su konfigurirani kao izlazi, te je na njegovom V0 pinu spojem trimer za kontrast. HX711 pojačalo od load cell-a je spojeno na digitalne ulaze 5 i 6. Rotacijski enkoder je spojen na pinove 2 i 3, dok je njegov gumb spojen na pin 4, L298N driveri za upravljanje pumpama su spojene na pinove 7,8,9,10,11 i 12. Pumpe su spojene na izlaze iz L298N drivera, sve skupa koristimo 3 od 4 izlaza drivera. Napajanje za sve je dano u obliku punjača za prijenosno računalo snage 75W (15V 5A).

Kako bi uređaj ispravno radio bilo je potrebno kalibrirati vagu. Postupak kalibracije vage se svodi na očitavanje vrijednosti sa tenzometra te korigiranje dobivenih vrijednosti. Preko same funkcije „scale.read()“ upisuje se u varijablu broj koji je očitana sa tenzometra. Taj broj varira jer on ovisi o masi spremnika koji je stavljen na ploču tenzometra i o opterećenju senzora na ploči. Na ovaj način je riješen problem da se uvijek mora koristiti spremnik iste mase ili oblika bitno je samo da ukupna masa tekućine i spremnika ne prelazi 1 kg jer bi to moglo uzrokovati pucanje ili oštećenje samog tenzometra.

$$voda1 = pumpa1ml * koeficijent;$$

„Koeficijent“ je fiksna vrijednost koja odgovara koraku od 1g (grama) za dati tenzometar. Metodom ispitivanja i korigiranja se došlo do zadane vrijednosti od 830 koja odgovara koraku od 1g za korištene peristaltičke pumpe. Ispitivanje je obavljeno za količine od 30ml, 60ml,

90ml, 120ml, 150ml. Proces se odvija tako što se iznos sa vage očita, zapisuje se izmjerena vrijednost u varijablu „tezina“, računa se iznos sa kojim će „tezina“ biti uvećana kako bi se dobila željena količina tekućine.

```
#include <HX711.h> //Biblioteka za HX711 tenzometar

const int LOADCELL_DOUT_PIN = 5;

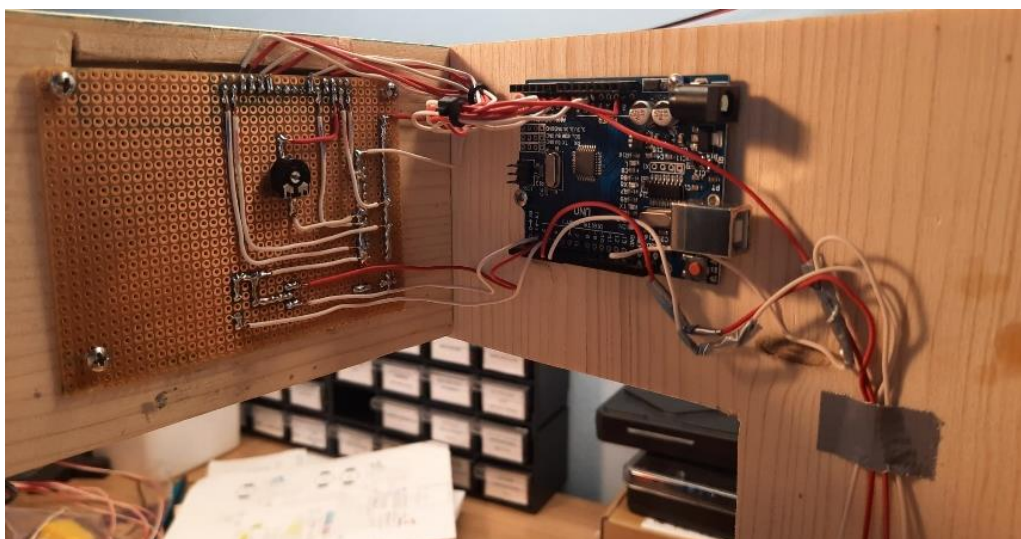
const int LOADCELL_SCK_PIN = 6; //Definiranje pinova za rad tenzometra
HX711 scale;

long tezina; //Varijabla u koju se upisuje očitavanje

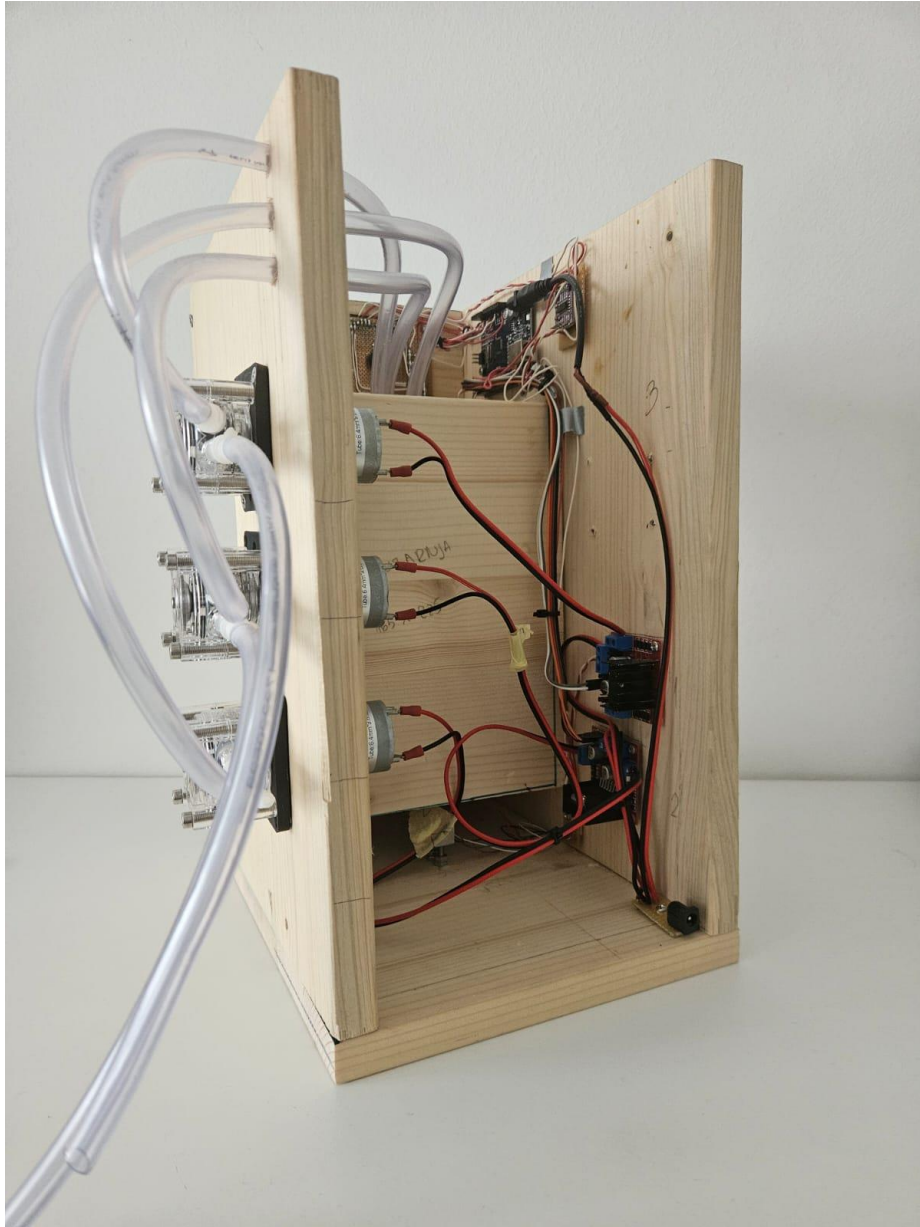
//Inicijalizacija tenzometra
scale.begin(LOADCELL_DOUT_PIN, LOADCELL_SCK_PIN);

tezina = scale.read(); //Upisuje očitane masu u varijablu težina
```

Elektronika potrebna za rad je izrađena na bušenoj pločici. Procesom lemljenja otopljenim kositrom, koji je vodljiv, spojeni su elementi na pločicu. Pri lemljenju treba obratiti pažnju na količinu kositra, kositar ne smije napraviti “lopticu” kositra već zauzeti oblik stošca koji se kreće od vrha noge elementa do same pločice.



*Slika 15. Spajanje komponenti [19]*



*Slika 16, Spajanje peristaltičkih pumpi [20]*

## 4. PROGRAMIRANJE

Programiranje mikrokontrolera Arduino UNO je izvršeno uz pomoć programa Arduino IDE. U kodu se navedene biblioteke koje su korištene za rad. Definirano je na kojim pinovima se nalaze ulazi i izlazi, te su definirane varijable.

U glavnoj loop petlji se nalazi cijela logika. Zasniva se na biranju opcija kroz „meni“ te modificiranju istih vrijednosti kroz „submenu“. Enkoder zbog svoje prirode rada zna u kojem se smjeru zakreće te iz toga povlači informaciju koji tekst i informaciju da prikaže na zaslonu. Kroz „meni“ se krećemo pomoću glavne „if“ petlje koja uvećava odnosno umanjuje brojač „screen“. Brojač „screen“ su zapravo naši zaslone, kako se brojač uvećava tako se odabire drugi zaslon za prikaz. Pritiskanjem enkodera, što je u suštini dugme, odabire se ulazak u „submenu“ gdje se poziva switch case petlja za umanjivanje i uvećavanje količine tekućine koju želimo da se koristi. Nakon što se odabrala točna količina svake tekućine, 4. opcija menija je opcija za pokretanje. Zakrene se enkoder do opcije „Zapocni?“ te se pritiskom na gumb enkodera pokreće proces. Tri puta se ponavlja isti proces pošto se koriste tri pumpe koje crpe tri tekućine. Na samom početku se vaga, odnosno load cell, baždari da bi se tekućina ispravno točila po težini neovisno koliko je težak spremnik postavljen na vagu. Nakon kalibracije kreće točenje tekućine dok se ne zadovolji uvjet da je pretočena točna količina tekućine, ovo se kontrolira sa while petljom. Nakon što je zadovoljen uvjet da je istočena zadana količina tekućine, pumpa se gasi i staje određen period . Nakon kratke stanke kreće pumpanje u suprotnom smjeru da bi se crijeva pumpe očistila od tekućine, te da ne bi došlo do curenja tekućine koja je ostala u crijevu što bi moglo dovesti do oštećenja pojedinih komponenti. Nakon što se obavilo i pumpanje u suprotnom smjeru da se očiste crijeva pumpe, tada se ponovo pumpa gasi, radi se kratka pauza od 2 sekunde, ponovo se baždari težina da se dobije nova ukupna težina spremnika i ispumpane tekućine. Nakon što je ispumpana 3. tekućina, na zaslonu se ispisuje „Gotovo!“ te se nakon 2 sekunde vraća nazad na početak loop petlje, spremno za ponovno pumpanje i izmjene ukoliko su potrebne.

Cijeli kod se nalazi u nastavku.



```

#include <HX711.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal.h>

const int rs = A5 , en = A4 , d4 = A0 , d5 = A1 , d6 = A2, d7 = A3
; //Definirani su pinovi za upravljanje LCD ekranom
LiquidCrystal lcd (rs, en, d4, d5, d6, d7);

// HX711 #####
const int LOADCELL_DOUT_PIN = 5;
const int LOADCELL_SCK_PIN = 6;
HX711 scale;
// HX711 #####

#define clk 2 //Clock pin od enkodera
#define dt 3 //Data pin od enkodera
#define sw 4 //Switch pin od enkodera
#define in1 7 //Ulaz pumpa 1 L298N +
#define in2 8 //Ulaz pumpa 1 L298N -
#define in3 9 //Ulaz pumpa 2 L298N +
#define in4 10 //Ulaz pumpa 2 L298N -
#define in5 11 //Ulaz pumpa 3 L298N +
#define in6 12 //Ulaz pumpa 3 L298N -
volatile boolean okret;
volatile boolean up;
bool doonce = 0;
char zaslon = 0;
boolean promjenastanja = 0;
long tezina;
long pumpa1ml = 30; //količina prve tekućine
long pumpa2ml = 30; //Količina druge tekućine
long pumpa3ml = 30; //Količina treće tekućine
long voda1; //Varijabla za proračun težine prve tekućine
long voda2; //Varijabla za proračun težine druge tekućine
long voda3; //Varijabla za proračun težine treće tekućine
int koeficijent = 830;

void isr0 () { //Funkcija koja primjećuje okretanje enkodera
  okret = true;
  up = (digitalRead(clk) == digitalRead(dt));
}

void setup() {
  scale.begin(LOADCELL_DOUT_PIN, LOADCELL_SCK_PIN);
  lcd.begin(16, 2);
  pinMode(sw, INPUT_PULLUP);
  pinMode(clk, INPUT_PULLUP);
  pinMode(dt, INPUT_PULLUP);
  pinMode(in1, OUTPUT);
  pinMode(in2, OUTPUT);
  pinMode(in3, OUTPUT);
  pinMode(in4, OUTPUT);
  pinMode(in5, OUTPUT);
  pinMode(in6, OUTPUT);
  digitalWrite(in1, LOW);
  digitalWrite(in2, LOW);
  digitalWrite(in3, LOW);
  digitalWrite(in4, LOW);
  digitalWrite(in5, LOW);
  digitalWrite(in6, LOW);
  attachInterrupt (0, isr0, RISING);
}

```

```

}

void loop() {
  if (okret) {      //Okretanjem enkodera biramo tekućinu kojoj želimo
promijeniti količinu odnosno pokrenuti proces
    delay(200);
    doonce = 0;
    if (promjenastanja == 0) {
      if (up) {
        zaslon++;
        if (zaslon > 3) {
          zaslon = 3; }}
      else {
        zaslon = zaslon - 1;
        if (zaslon < 0) {
          zaslon = 0; }}}

      else {
        if (up) {
          switch (zaslon) {
            case 0: pumpa1ml = pumpa1ml + 30; //uvećaj količinu za svaki
1 korak enkodera
              break;
            case 1: pumpa2ml = pumpa2ml + 30; // -||-
              break;
            case 2: pumpa3ml = pumpa3ml + 30; // -||-
              break; }}
          else {
            switch (zaslon) {
              case 0: pumpa1ml = pumpa1ml - 30; //Umanji količinu za svaki 1
korak enkodera u drugom smjeru
                break;
              case 1: pumpa2ml = pumpa2ml - 30; // -||-
                break;
              case 2: pumpa3ml = pumpa3ml - 30; // -||-
                break; }}}
          okret = false;
        }

        if (digitalRead(sw) == LOW) {
          delay(200);
          promjenastanja = !promjenastanja;
          doonce = 0;
        }

        if (zaslon == 0 && doonce == 0) {      //Meni 1 za odabir količine prve
tekućine
          lcd.clear();
          lcd.print("Crvena");
          lcd.setCursor(0, 1);
          lcd.print(pumpa1ml);
          lcd.setCursor(3, 1);
          lcd.print("ml");
          if (promjenastanja == 0) {
            lcd.setCursor(9, 0 );
            lcd.print("Ok?");
          }
          doonce = 1;
        }
      }
    }
  }
}

```

```

    if (zaslon == 1 && doonce == 0) {          //Meni 2 za odabir količine druge
tekućine
        lcd.clear();
        lcd.print("Plava");
        lcd.setCursor(0, 1);
        lcd.print(pumpa2ml);
        lcd.setCursor(3, 1);
        lcd.print("ml");
        if (promjenastanja == 0) {
            lcd.setCursor(9, 0 );
            lcd.print("Ok?");
        }
        doonce = 1;
    }

    if (zaslon == 2 && doonce == 0) {          //Meni 3 za odabir količine treće
tekućine
        lcd.clear();
        lcd.print("Zuta");
        lcd.setCursor(0, 1);
        lcd.print(pumpa3ml);
        lcd.setCursor(3, 1);
        lcd.print("ml");
        if (promjenastanja == 0) {
            lcd.setCursor(9, 0 );
            lcd.print("Ok?");
        }
        doonce = 1;
    }

    if (zaslon == 3 && doonce == 0) {          //Meni 4 i potvrda pokretanja
doziranja
        lcd.clear();
        if (promjenastanja == 0) {
            lcd.print("Zapocni?");
            doonce = 1;
        }
        else {
            lcd.print("Cekaj!");
            delay(2000);
            tezina = scale.read();          //Vaga mjeri trenutnu vrijednost
odnosno težinu čaše
            delay(100);
            lcd.clear();
            lcd.print(pumpa1ml);
            lcd.print("ml");
            vod1 = pumpa1ml * koeficijent;
            if (vod1 > 0) {
                while (tezina - scale.read() < vod1) { //Pumpa 1 je upaljena
dok se ne dozira točna količina
                    digitalWrite(in1, HIGH);          //tekućine te kada je
dostignuta pumpa se gasi
                }
                digitalWrite(in1, LOW);
                delay(300);
                digitalWrite(in2, HIGH);
                delay(3000);
                digitalWrite(in2, LOW);
                delay(2000);
            }
            else {}
        }
    }

```

```

    tezina = scale.read();          //Ponovo se mjeri težina čaše + dozirane
    tekućine
    delay(100);
    lcd.clear();
    lcd.print(pumpa2ml);
    lcd.print("ml");
    voda2 = pumpa2ml * koeficijent;
    if (voda2 > 0) {
        while (tezina - scale.read() < voda2) {    //Ponavlja se proces
kao kod 1. pumpe
            digitalWrite(in3, HIGH);
        }
        lcd.clear();
        digitalWrite(in3, LOW);
        delay(300);
        digitalWrite(in4, HIGH);
        delay(3000);
        digitalWrite(in4, LOW);
        delay(2000);

    }
    else {}
    tezina = scale.read();
    delay(100);
    lcd.clear();
    lcd.print(pumpa3ml);
    lcd.print("ml");
    voda3 = pumpa3ml * koeficijent;
    if (voda3 > 0) {
        while (tezina - scale.read() < voda3) {    //Ponavlja se proces
kao kod 1. i 2. pumpe
            digitalWrite(in5, HIGH);
        }
        digitalWrite(in5, LOW);
        delay(300);
        digitalWrite(in6, HIGH);
        delay(3000);
        digitalWrite(in6, LOW);
    }
    else {}
    lcd.clear();
    lcd.print("Gotovo!");    // Kraj procesa
    delay(2000);
    lcd.clear();
    promjenastanja = 0;          //Povratak na meni 4
}
}
}

```

## 5. ZAKLJUČAK

Automatizirani sustavi za miješanje tekućina ključni su za mnoge industrije, gdje točnost i dosljednost u doziranju utječu na kvalitetu i učinkovitost proizvodnih procesa. Integracija naprednih tehnologija senzora, kontrolera i softvera omogućuje izradu prilagodljivih i visoko učinkovitih sustava za široki raspon primjena. Pravilno dizajnirani i implementirani sustavi mogu značajno unaprijediti proizvodne kapacitete, smanjiti troškove i povećati sigurnost i kvalitetu proizvoda.

Kroz ovaj projekt je prikazan uređaj koji je razvijen da bi se dokazao koncept automatizacije koji se koristi u različitim industrijama poput farmaceutske ili prehrambene industrije gdje se slični strojevi koriste za doziranje raznih tvari i tekućina. Uređaj uspješno obavlja funkciju kalibriranja težine spremnika i doziranjem odabrane tekućine. Uređaj za miješanje tekućina ima prostora za daljnju nadogradnju, na primjer dodavanje zaslona na dodir radi boljeg iskustva korištenja ili aplikacija za bežično pokretanje i nadzor samog procesa.

Nedostatak uređaja koji je primijećen prilikom testiranja je pokazao da uređaj nije savršen. Zbog lošije kvalitete komponenti koje su korištene za realizaciju ovog projekta i zbog same konstrukcije uređaja prilikom pokretanja peristaltičkih pumpi dolazi do vibracija koje uzrokuju neispravno očitavanje informacije sa tenzometra. Uređaj pravi malu grešku prilikom doziranja tekućine, no ne prilikom svakog izvršavanja procesa. Problem pogrešnog očitavanja informacije mogao bi se riješiti implementacijom digitalnog filtera koji bi očitavao vibracije i korigirao očitavanja sa tenzometra.

Kroz ovaj rad je prikazana važnost automatizacije zbog toga što se na taj način povećava produktivnost i smanjuje se mogućnost pogreške koja narušava kvalitetu samog proizvoda.

## 6. POPIS LITERATURE

- [1] <https://www.sinnek.com/img/dosificacion.jpg>
- [3] <https://circuit.rocks/image/cache/product/A000066I/arduino-uno-r3-155-970x728.jpg>
- [4] <https://asset.conrad.com/media10/isa/160267/c1/-/en/002475883PI00/image.jpg>
- [5] [https://soldered.com/productdata/2022/03/Soldered\\_hx711\\_datasheet.pdf](https://soldered.com/productdata/2022/03/Soldered_hx711_datasheet.pdf)
- [6] [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/5b/Wheatstone\\_bridge.jpg/220px-Wheatstone\\_bridge.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/5b/Wheatstone_bridge.jpg/220px-Wheatstone_bridge.jpg)
- [7] <https://st3.myideasoft.com/idea/dz/31/myassets/products/957/htb1aqubx5nrk1rjy1xcq6yedvxa-y-jpg-q50.jpg?revision=1612943721>
- [8] [https://soldered.com/productdata/2015/03/Soldered\\_EC12E-1370769\\_datasheet.pdf](https://soldered.com/productdata/2015/03/Soldered_EC12E-1370769_datasheet.pdf)
- [9] <https://i.stack.imgur.com/zaF5X.gif>
- [10] [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/d4/H\\_bridge.svg/310px-H\\_bridge.svg.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/d4/H_bridge.svg/310px-H_bridge.svg.png)
- [11] [https://components101.com/sites/default/files/component\\_pin/L298N-Module-Pinout.jpg](https://components101.com/sites/default/files/component_pin/L298N-Module-Pinout.jpg)
- [12] [https://soldered.com/productdata/2015/07/Soldered\\_L298N\\_datasheet.pdf](https://soldered.com/productdata/2015/07/Soldered_L298N_datasheet.pdf)
- [13] [https://www.pumpsandsystems.com/sites/default/files/0718/flexflo\\_pumphead.jpg](https://www.pumpsandsystems.com/sites/default/files/0718/flexflo_pumphead.jpg)
- [14] [https://m.media-amazon.com/images/I/613jYx3gQFL.\\_AC\\_SX425\\_.jpg](https://m.media-amazon.com/images/I/613jYx3gQFL._AC_SX425_.jpg)
- [15] <https://www.electroschematics.com/wp-content/uploads/2010/05/LCD-2.png?fit=291%2C200>
- [16] <https://howtomechatronics.com/wp-content/uploads/2015/07/LCD-Display-Tutorial.png?ezimgfmt=rs:352x262/rsb2/ngcb2/notWebP>

## 7. POPIS SLIKA I TABLICA

Slika 1. Primjer automatiziranog uređaja za doziranje boja [1] .....	2
Slika 2. Gotova maketa za simulaciju automatiziranog procesa mješanja tekućina [2] ...	5
Slika 3. Arduino UNO [3] .....	6
Slika 4. Load cell I HX711[4].....	8
Slika 5. Wheatstone-ov most [6] .....	9
Slika 6. Rotacijski enkoder [7] .....	10
Slika 7. PWM modulacija [9] .....	11
Slika 8. H-most [10].....	11
Slika 9. L298N modul [11] .....	12
Slika 10. Princip rada peristaltičke pumpe [13] .....	13
Slika 11. Peristaltička pumpa [14] .....	13
Slika 12. LCD zaslon [16] .....	15
Slika 13. LCD zaslon Arduino [17] .....	16
Slika 14. Shema spajanja [18] .....	17
Slika 15. Spajanje komponenti [19].....	18
Slika 16, Spajanje peristaltičkih pumpi [20].....	19
Tablica 1 Karakteristike analogno digitalnog pretvarača hx711. [5] .....	8
Tablica 2. Karakteristike rotacijskog enkodera [8].....	10
Tablica 3. Karakteristike L298N modula [12] .....	12
Tablica 4. Karakteristike peristaltičke pumpe [15].....	14