

# Tresilica za jetkanje tiskanih elektroničkih pločica

---

**Miletić, Marijan**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2021**

*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:200:635038>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-04**

*Repository / Repozitorij:*

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



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

**Sveučilišni studij**

**Tresilica za jetkanje tiskanih elektroničkih pločica  
Završni rad**

**Marijan Miletić**

**Osijek, 2021.**

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK**Obrazac Z1P - Obrazac za ocjenu završnog rada na preddiplomskom sveučilišnom studiju**

Osijek, 14.09.2021.

Odboru za završne i diplomske ispite

**Prijedlog ocjene završnog rada na preddiplomskom sveučilišnom studiju**

<b>Ime i prezime studenta:</b>	Marijan Miletić
<b>Studij, smjer:</b>	Preddiplomski sveučilišni studij Računarstvo
<b>Mat. br. studenta, godina upisa:</b>	R4104, 28.07.2017.
<b>OIB studenta:</b>	38719166627
<b>Mentor:</b>	Izv. prof. dr. sc. Tomislav Matić
<b>Sumentor:</b>	Josip Zidar
<b>Sumentor iz tvrtke:</b>	
<b>Naslov završnog rada:</b>	Tresilica za jetkanje tiskanih elektroničkih pločica
<b>Znanstvena grana rada:</b>	<b>Programsko inženjerstvo (zn. polje računarstvo)</b>
<b>Predložena ocjena završnog rada:</b>	Izvrstan (5)
<b>Kratko obrazloženje ocjene prema Kriterijima za ocjenjivanje završnih i diplomskih radova:</b>	Primjena znanja stečenih na fakultetu: 3 bod/boda Postignuti rezultati u odnosu na složenost zadatka: 3 bod/boda Jasnoća pismenog izražavanja: 3 bod/boda Razina samostalnosti: 2 razina
<b>Datum prijedloga ocjene mentora:</b>	14.09.2021.
<b>Datum potvrde ocjene Odbora:</b>	22.09.2021.
Potpis mentora za predaju konačne verzije rada u Studentsku službu pri završetku studija:	Potpis:
	Datum:

## IZJAVA O ORIGINALNOSTI RADA

Osijek, 03.10.2021.

Ime i prezime studenta:

Marijan Miletić

Studij:

Preddiplomski sveučilišni studij Računarstvo

Mat. br. studenta, godina upisa:

R4104, 28.07.2017.

Turnitin podudaranje [%]:

4

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom: **Tresilica za jetkanje tiskanih elektroničkih pločica**

izrađen pod vodstvom mentora Izv. prof. dr. sc. Tomislav Matić

i sumentora Josip Zidar

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.

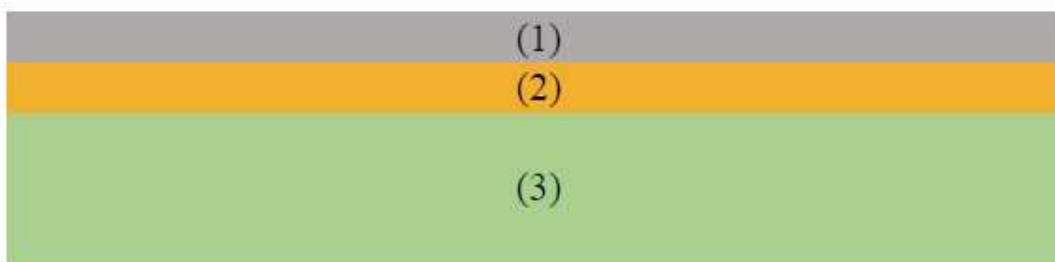
Potpis studenta:

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Zadatak završnog rada .....</b>	<b>2</b>
<b>2. TRESILICE ZA JETKANJE TISKANIH ELEKTRONIČKIH PLOČICA NA TRŽIŠTU .....</b>	<b>3</b>
<b>3. SKLOPOVLJE TRESILICE .....</b>	<b>5</b>
<b>3.1. Izrada kućišta i posudice .....</b>	<b>5</b>
<b>3.2. Korištene komponente .....</b>	<b>7</b>
3.2.1. Arduino Nano .....	7
3.2.2. OLED zaslon .....	7
3.2.3. Aktivni zvono modul .....	8
3.2.4. Relej.....	8
3.2.5. Servo motor .....	9
3.2.6. Temperaturni senzor .....	9
3.2.7. Potenciometar .....	10
3.2.8. Tipkalo.....	10
3.2.9. Napajanje.....	11
3.2.10. Grijača pločica.....	11
<b>3.3. Shema sklopovlja.....</b>	<b>12</b>
3.3.1. Raspored priključaka .....	12
<b>4. PROGRAMSKO RJEŠENJE TRESILICE.....</b>	<b>13</b>
<b>4.1. Dijagram toka.....</b>	<b>13</b>
<b>4.2. Testiranje rada tresilice.....</b>	<b>15</b>
<b>5. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>17</b>
<b>LITERATURA .....</b>	<b>18</b>
<b>SAŽETAK.....</b>	<b>19</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>20</b>
<b>ŽIVOTOPIS.....</b>	<b>21</b>
<b>PRILOZI .....</b>	<b>22</b>

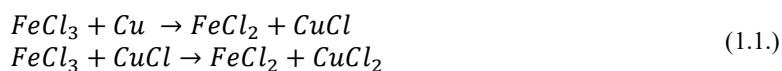
## 1. UVOD

Tiskana elektronička pločica je pločica koja se sastoji od električno vodljivih i izolacijskih slojeva. Na takvu pločicu slažu se elektroničke komponente. Kako bi se osigurala vodljivost i izolacija između određenih dijelova, pločici je potrebno dodati vodove. Pločice mogu biti jednoslojne, dvoslojne ili višeslojne, a za vezivanje komponenti može se bušiti kroz pločicu te potom provući vodič komponente i taj spoj zalemiti ili lemiti komponentu direktno na pločicu, to jest na unaprijed određena mjesta. Na slici 1.1. vidljiva je jednoslojna tiskana pločica koja se sastoji od zaštitnog sloja odnosno maske (1), bakrenog sloja (2) te podloge (3). Postupak izrade pločice započinje skidanjem maske ispod kojeg se nalazi bakar. Kada se ukloni maska na određenim mjestima, pločica se uroni u nagrizajuću tvar poput feriklorida ili mješavinu solne kiseline, vodikovog peroksida i tople vode. [1]



Sl. 1.1. Prikaz slojeva unutar jednoslojne tiskane elektroničke pločice.

Uranjanjem pločice u feriklorid ( $\text{FeCl}_3$ ), odnosno željezov(III) klorid, započinje postupak jetkanja gdje dolazi do kemijske reakcije sa bakrenim slojem prema kemijskoj jednadžbi (1.1.). [2]



Prilikom jetkanja potrebno je strujanje nagrizajuće tvari kako bi se slojevi bakra, koji nisu zaštićeni maskom, mogli skinuti. To može biti odrađeno ručno, ljuštenjem posude u kojoj se nalazi otopina s pločicom ili činjenje istog pomoću tresilice, čija izrada je tema ovog završnog rada. Nakon određenog vremena pločici su maskom nezaštićeni dijelovi bakra rastopljeni te je nakon čišćenja maske odgovarajućim sredstvom i čišćenja pločice ostali željeni bakreni vodovi i ona je spremna za daljnje korištenje. Uvođenjem dodatne topline u proces, on može biti ubrzan. [1]

Ostali dio rada organiziran je kako slijedi. U poglavlju 2 prikazana su slična postojeća rješenja. U poglavlju 3 pojašnjeno je sklopovlje tresilice, izrada kućišta, kratko su opisane korištene

komponente te je prikazana shema cijelog uređaja. U poglavlju 4 objašnjeno je programsko rješenje s dijagramom toka te je testiran rad tresilice. U poglavlju 5 je dan zaključak rada.

### **1.1. Zadatak završnog rada**

U radu je potrebno dizajnirati i izraditi automatsku tresilicu za jetkanje tiskanih pločica. Tresilica treba imati mogućnosti izmjene brzine treskanja te kuta hoda.

## 2. TRESILICE ZA JETKANJE TISKANIH ELEKTRONIČKIH PLOČICA NA TRŽIŠTU

Na tržištu postoje brojna rješenja, poput tresilice-inkubatora na slici 2.1., marke Edmund Bühler TH15 koja ima omogućeno grijanje te ventilaciju zraka. Cijena iznosi preko 33000,00 kuna.



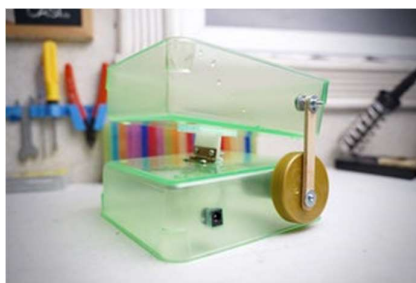
Sl. 2.1. Tresilica-inkubator marke Edmund Bühler TH15.

Rješenje prikazano na slici 2.2. profesionalne je izrade i može se naručiti preko interneta za cijenu od oko 10000,00 kuna.



Sl. 2.2. Tresilica dostupna za kupovinu na internetu.

Moguća je izrada vlastite tresilice jer su troškovi izrade iste jeftiniji u odnosu na prethodno ponuđena rješenja. Jedno takvo rješenje vidljivo je na slici 2.3.



Sl. 2.3. Nekomercijalna verzija tresilice.



Skidanje i ostavljanje bakrenih dijelova može se ostvariti i na načine bez korištenja nagrizaćih tvari. Jedan takav način je skidanje bakrenih dijelova pomoću galvo laserskih markera koje isijavaju laserske zrake preko ogledala i F-Theta leća na pločicu te tako uklanjaju bakar. Velika prednost takvog postupka je brzina izrade, koja traje manje od minute. Cijena im je najčešće nekoliko desetaka tisuća kuna. Na slici 2.4. vidljiv je jedan takav laserski marker. [3]



Sl. 2.4. Galvo laserski marker.

Pri izradi velikog broja pločica, potrebno je rješenje koje može odjednom odraditi veliki broj jetkanja. Tako se u industrijskim postrojenjima za masovnu proizvodnju tiskanih elektroničkih pločica koriste linije za jetkanje pomoću nagrizaćih tvari, koje su višestruko veće od svih ponuđenih rješenja, što je i vidljivo iz slike 2.5.



Sl. 2.5. Automatska linija za jetkanje.

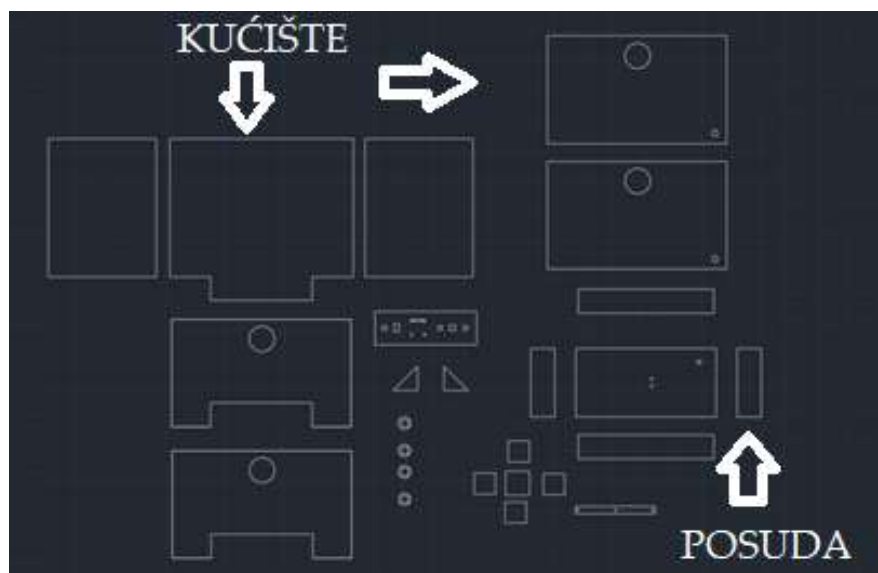
### 3. SKLOPOVLJE TRESILICE

#### 3.1. Izrada kućišta i posudice

Vizualno se tresilica može podijeliti na dva dijela:

1. kućište s upravljačkim dijelom koje je preko kugličnih ležajeva vezano s posudicom
2. posudice koja se ljulja preko servo motora te sadrži grijaču pločicu koja je prekrivena termosilikonom otpornosti do 300 °C.

Svi dijelovi rađeni su od akrilnog stakla debljine 4 mm te su rezani na laseru u vlasništvu FERIT-a Osijek prema nacrtu rađenom u AutoCAD-u, nacrt prikazan na slici 3.1., a dijelovi su međusobno lijepljeni dvokomponentnim epoxy ljepilom.

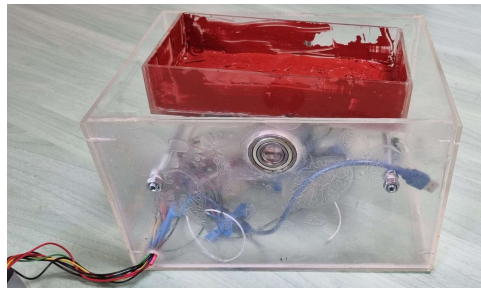


Sl. 3.1. Prikaz nacrtu u programu AutoCAD.

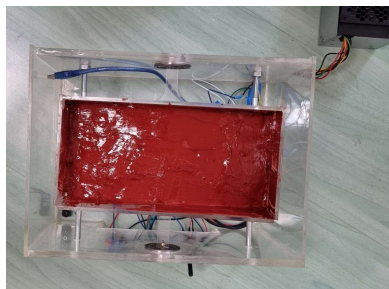
Akrilno staklo pogodan je materijal za ovaj rad zbog temperature topljenja od 160 °C, koja je znatno viša od temperature na koju se zagrijava grijača pločica, točnije 60 °C. U uređaj ispod posude su dodane dvije željezne šipke koje osiguravaju u slučaju neželjenog ponašanja, to jest da tijekom jetkanja nagli i nepredviđeni pokret servo motora ne uzorkuje prolijevanje otopine. Prikaz izvedene tresilice može se vidjeti na slici 3.2.



a)



b)



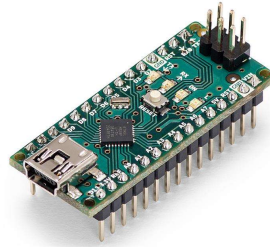
c)

Sl. 3.2. Prikaz izvedenog rješenja sa a) prednje, b) stražnje i c) gornje strane.

## 3.2. Korištene komponente

### 3.2.1. Arduino Nano

Arduino Nano je pločica s ATmega328P mikroupravljačem. Pogodna je za brzi i jednostavni razvoj ugradbenih računalnih sustava. Uz priključke za ulaz i izlaz podataka ima i priključke za napajanje i uzemljenje. Programira se u Arduino IDE-u programskim jezikom koji je sličan programskom jeziku C++. Prikazana je na slici 3.3. [4], [5]



Sl. 3.3. Pločica Arduino Nano

### 3.2.2. OLED zaslon

Za interakciju s korisnikom korišten je OLED zaslon veličine 128x64 piksela. Sastoji se od 7 priključaka: uzemljenja, napajanje od 5V, DO, D1, RES, DC i CS-a, koji se ne koristi jer u radu nema potrebe za upravljanjem više zaslona. Upravljanje zaslonom je omogućeno dodavanjem biblioteka Adafruit\_GFX te Adafruit\_SSD1306 u projekt unutar Arduino IDE-a. Zaslon je prikazan na slici 3.4. [4], [5]



Sl. 3.4. OLED zaslon korišten u radu

### 3.2.3. Aktivni zvono modul

Za signaliziranje pritiska tipkala i oglašavanje kraja procesa korišten je aktivni modul zvona. Aktivni modul zvona koristi istosmjerno napajanje jer posjeduje oscilator koji stvara signal, dok pasivni modul trebaju izmjenični signal za oglašavanje. Ovaj modul je aktivan na nisku naponsku razinu te je prikazan na slici 3.5. [4]



Sl. 3.5. Zvono korišteno u radu

### 3.2.4. Releji

Releji je električno upravljana sklopka koja u sebi sadrži elektromagnet koji odgurne sklopku, a u radu se koristi za propuštanje struje grijaoj pločici. Sastoji se od NC priključka (engl. *normally close*) koji označava zatvoren krug sa C priključkom u normalnim uvjetima, NO (engl. *normally open*) koji je otvoren u normalnim uvjetima te već navedeni C (engl. *common*) zajednički priključak, prikazan je na slici 3.6. [4], [5]



Sl. 3.6. Releji

### 3.2.5. Servo motor

Za ljuhanje posude, koristi se servo motor MG996R, prikazan na slici 3.7., on na određeni signal zauzima kut, to jest poziciju koja mu je određena u kôdu. Potrebno ga je spojiti na vanjsko napajanje radi toga što mu iznos struje može narasti do 2.5 A. [4]



Sl. 3.7. Servo motor MG996R

### 3.2.6. Temperaturni senzor

Za očitavanje temperature iznad grijaće pločice korišten je digitalni temperaturni senzor DS18B20, prikazan na slici 3.8., koji se koristi uz pomoć biblioteka OneWire i DallasTemperature, gdje se šalje zahtjev za osvježanjem i dohvaća temperature. [4]



Sl. 3.8. Temperaturni senzor DS18B20

### 3.2.7. Potenciometar

Za unošenje veličina poput brzine, kuta i vremena trajanja procesa korišten je logaritamski potenciometar, prikazan na slici 3.9., koji daje analogni signal, odnosno naponsku vrijednost, a priključen je na analogni priključak te se uz pomoć funkcije `analogRead` očitava vrijednost te se preslikava na odgovarajući interval uz pomoć funkcije `map`, poziv funkcije je vidljiv na izlistanju koda 3.10., koja vrijednost `calcValue` preračuna iz vrijednosti `input1`, koja se kreće u intervalu od `min1` do `max1` te je prebačena u interval od `min2` do `max2` i to po formulaciji 3.1. [4]



Sl. 3.9. Potenciometar

#### ***Linija*   *Kod***

```
1:        int calcValue = map(input,min1,max1,min2,max2);
```

Sl. 3.10. Primjer pozivanja funkcije `map`

$$calcValue = \frac{input - min_1}{max_1 - min_1} (max_2 - min_2) + min_2 \quad (3.1.)$$

### 3.2.8. Tipkalo

Za komunikaciju korisnika s uređajem koristi se tipkalo, prikazano na slici 3.11.. Svako tipkalo je spojeno na digitalni priključak Arduino Nano pločice i uzemljenje uređaja te je programski dodan otpornik tijekom definiranja priključka u funkciji `setup()` kao `INPUT_PULLUP`. [4], [5]



Sl. 3.11. Tipkalo

### 3.2.9. Napajanje

Za osiguravanje potrebnih strujnih iznosa korišteno je napajanje sa izvodima od 5 V i 12 V, prikazano na slici 3.12. Napajanje se spaja na gradsku mrežu te na taj način uređaj može samostalno funkcionirati odnosno bez napajanje putem univerzalne serijske sabirnice.



Sl. 3.12. Izvedeno napajanje

### 3.2.10. Grijača pločica

Grijača pločica, prikazana na slici 3.13., izrađena je samostalno na tiskanoj elektroničkoj pločici. Ona ne sadrži nijednu elektroničku komponentu već su joj vodiči je rasprostranjeni zmijoljiko preko pločice pa se pri strujanju elektrona disipira toplinska energija preko cijele pločice. Vodovi su debljine 0,07 cm te ih se ukupno 48 nalazi na pločici. Pločicu napaja 12 V preko releja te je njen izmjeren otpor 5,12  $\Omega$  i preko Ohmovog zakona dobije se da struja iznosi 2,34 A.

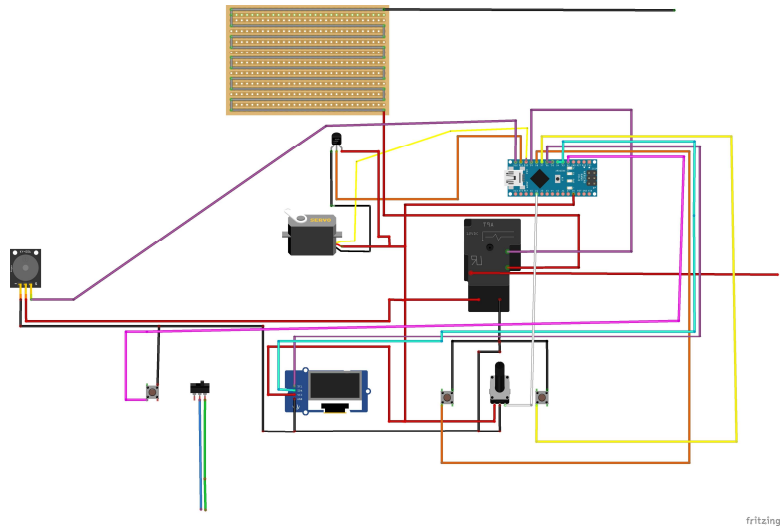


Sl. 3.13. Grijača pločica



### 3.3. Shema sklopovlja

Na slici 3.14. je prikazan jednostavni prikaz cijelog uređaja u programu Fritzing, gdje se može vidjeti točan raspored pinova i količinu komponentu korištenih u radu. Vodiči koji idu prema krajevima slike označavaju spajanje na postojeće vanjsko napajanje.



Sl. 3.14. Prikaz uređaja u programu Fritzing

#### 3.3.1. Raspored priključaka

U tablici 3.1. prikazan je točan raspored priključaka svih komponenti. Digitalnim i analognim priključcima su pridruženi brojevi priključka na koje je spojen na Arduino Nano pločici. Prekidač je spojen direktno na napajanje i nema direktne veze sa Arduino Nano pločicom. Grijača pločica je spojena na priključnicu napajanja od 12 V te nema direktne veze sa Arduino Nano pločicom.

Tablica 3.1. Raspored priključaka

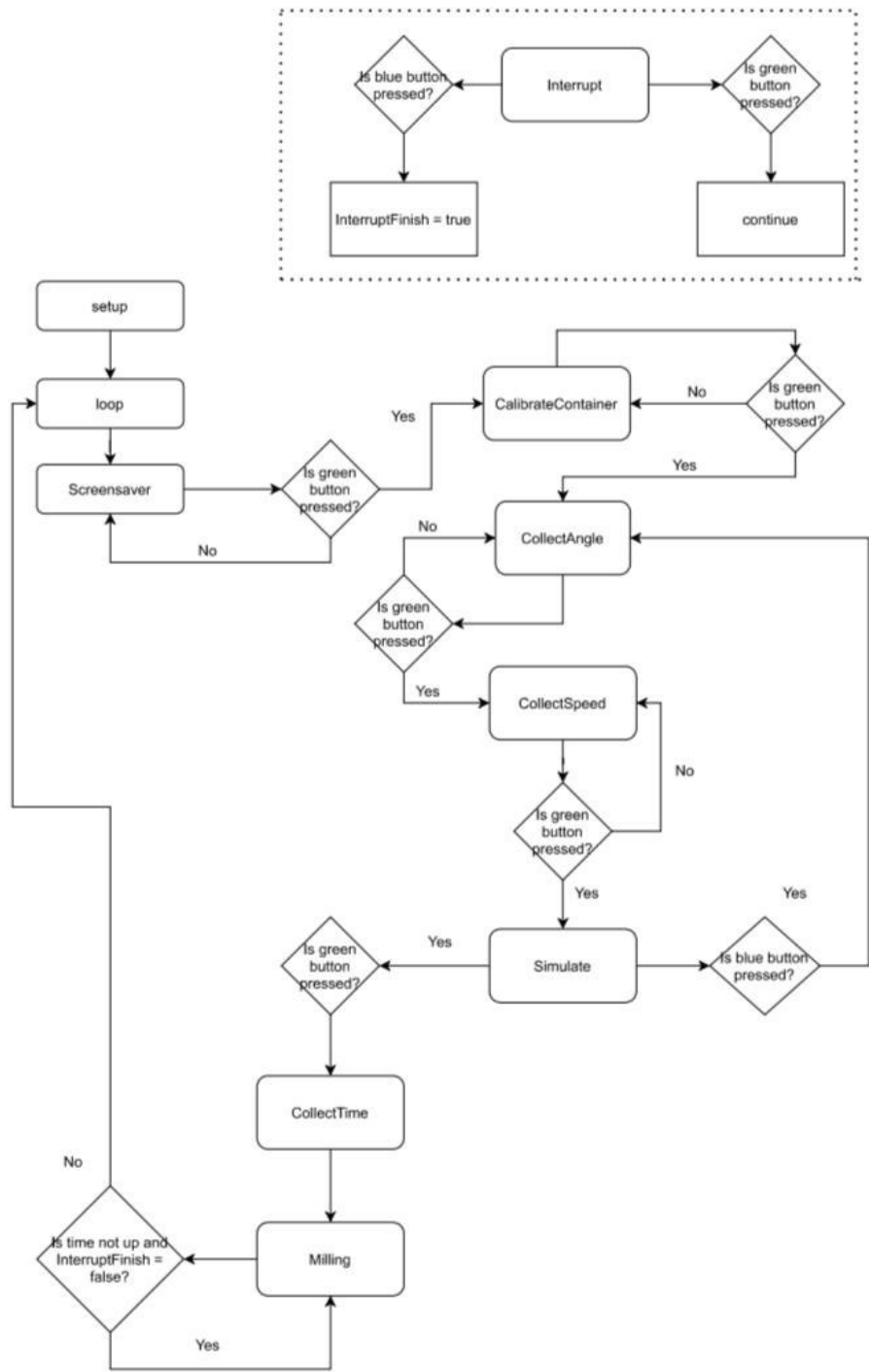
<i>Naziv komponente</i>	<i>Digital</i>	<i>Analog</i>
<i>Crveni gumb</i>	D2	
<i>OLED zaslon (D0, D1, RES, DC)</i>	D3, D4, D5, D6	
<i>Zeleni gumb</i>	D7	
<i>Plavi gumb</i>	D8	
<i>Relej</i>	D9	
<i>Servo motor</i>	D10	
<i>Temperaturni senzor</i>	D11	
<i>Zvono modul</i>	D12	
<i>Potentiometar</i>		A1
<i>Prekidač (SPST)</i>		napajanje
<i>Grijača pločica</i>		napajanje

## 4. PROGRAMSKO RJEŠENJE TRESILICE

Pri izradi programskog rješenja u obzir je valjalo uzeti da postoji mali broj podataka kojima je potrebno raspolagati, a to su kut, brzina i vrijeme jetkanja te da treba omogućiti korisniku promjenu prilikom izbora tih podataka i prekid procesa dok on traje. Zbog toga je ideja da funkcije se izvršavaju jedna za drugom, a imaju mogućnost uređenja tih globalnih varijabli. Kako bi korisnik mogao prekinuti proces ljuľanja, omogućen je *interrupt*, što označava signal koji prekida proces ljuľanja dok se ne obradi zahtjev prekida procesa, a to je nastaviti ili završiti sam proces. Kôd je pisan u Arduino IDE-u.

### 4.1. Dijagram toka

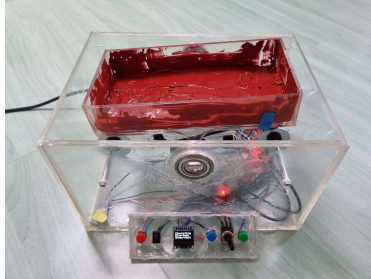
Na slici 4.1. prikazan je dijagram toka programa. Ulazna točka je funkcija *setup* koja obavlja inicijalizaciju svih priključaka, varijabla te ostale radnje koje su važne za kasnije pravilno izvršavanje programa. Sljedeće je funkcija *loop* koja se izvodi za cijelo vrijeme izvođenja programa te poziva funkciju *ScreenSaver* koja čeka na pritisak zelenog dugmeta, a na zaslonu prikazuje logotipa FERIT-a. Nakon pritiska zelene tipke, poziva se funkcija *CalibrateContainer* u kojoj se kalibrira posudica za jetkanje pomoću potenciometra, po pritisku zelenog tipkala se izvodi *CollectAngle* koja očekuje unošenje kuta ljuľanja u stupnjevima zakretanjem potenciometra te potom pritisak zelenog tipkala kao potvrdu, a potom poziva funkciju *CollectSpeed* koja očekuje brzinu ljuľanja. Po pritisku na zelenu tipku, kreće simulacija brzina i kuta ljuľanja tresilice. Po pritisku na plavu tipku, opet se poziva funkcija *CollectAngle* te se nudi ponovni izbor, a ako je korisnik pritisnuo zelenu tipku, prikuplja se vrijeme procesa pozivom funkcije *CollectTime*. Funkcija očekuje unos vremena od 10 do 80 minuta zakretanjem potenciometra te pritiskom na zeleno tipkalo započinje proces ljuľanja. Funkcija *Etching* provjerava i mjeri vrijeme, pomoću *MsTimer2* biblioteke, koja je pogodna jer ne koristi pulsno-širinsku modulaciju koja ometa rad servo motora, a i provjerava stanje varijable *InterruptFinish*, čija će važnost biti objašnjena u nastavku. Funkcija *Etching*, prikuplja, svakih nekoliko desetaka ljuľanja, informacije o temperaturi te u ovisnosti o istoj, signalizira relej da otvori odnosno zatvori strujni krug grijaćoj pločici. Funkcija također ispisuje podatke o preostalom vremenu procesa na zaslon. Pritiskom na crveni gumb primarno se rješava *interrupt* rutina te se sve ostalo stavlja na čekanje. Ako se nakon pritiska crvenog tipkala odabere zeleni gumb, ne mijenja se stanje varijable *InterruptFinish* te se proces nastavlja. Ako je pritisnuta plava tipka, mijenja se stanje *InterruptFinish* varijable te se nakon završetka rutine, obustavlja funkcija *Etching* i potom se nanovo izvodi funkcija *loop*.



Sl. 4.1. Dijagram toka

## 4.2. Testiranje rada tresilice

U nastavku je prikazan rad tresilice. Na slikama 4.2. i 4.3. prikazano je zakretanje posude u krajnje lijevo i desno unutar funkcije *simulate*.

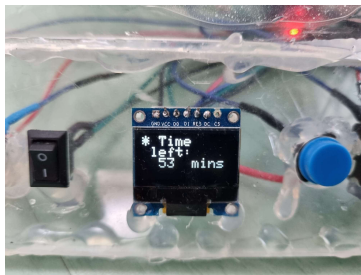


Sl. 4.2. Tresilica zakreće posudicu u lijevo



Sl. 4.3. Tresilica zakreće posudicu u desno

Centralni proces *Etching* prikazan je na slici 4.4., gdje je vidljivo preostalo vrijeme u minutama te znak asteriks (\*) koji označava da je grijač upaljen, a on uključuje i ljuljanje posudice.



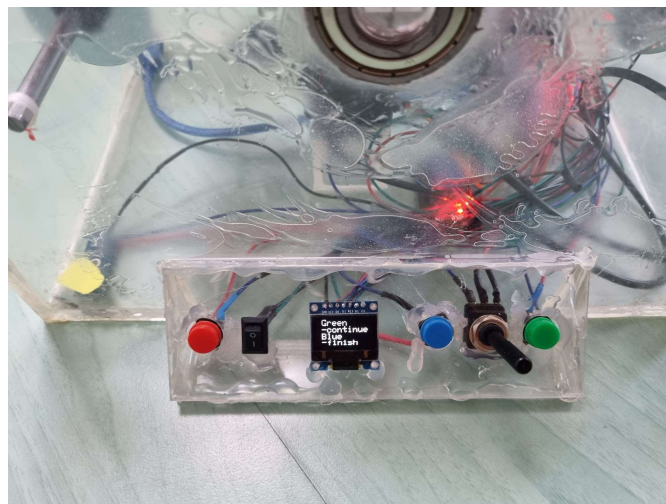
Sl. 4.4. Proces jetkanja prikazan na zaslonu

Grijač zagrijava dno posude na 60 °C tijekom funkcije *Etching()* što je vidljivo na slici 4.5.



Sl. 4.5. Prikaz temperature na dnu posude

Prikazan je i zaslon nakon pritiska crvenog tipkala prilikom procesa jetkanja na slici 4.6. , pozivanje *interrupt* rutine. Pritiskom na zelenu tipku proces se neometano nastavlja, a pritiskom na plavu proces biva zaustavljen.



Sl. 4.6. Prikaz *interrupt* rutine

## 5. ZAKLJUČAK

Tresilice za jetkanje tiskanih elektroničkih pločica koriste se za dobivanje pločica te olakšava proces dobivanja pločice jer ukida potrebu za ljudskim faktorom u ljujanju posudice, to jest ručno ljujanje koje može biti zamorno. Izrađen je uređaj značajno manjih troškova od komercijalnih rješenja koji je funkcionalan. Tresilica se može prenositi te uključiti na naponsku mrežu. Tresilica posjeduje grijači element stoga vrijeme potrebno za jetkanje je smanjeno. Isto tako je osigurana mehanički od izljeva tekućine te mjeri vrijeme koje je zadovoljavajuće preciznosti na sat vremena. U budućnosti, uređaj bi se mogao poboljšati izradom Android aplikacije koja bi nudila interakciju s korisnikom. Grijač je manje snage te zagrijava samo donji sloj tekućine, stoga bi bilo dobro i ugraditi jači grijač koji bi brže zagrijavao cijelu tekućinu.

## LITERATURA

- [1] K. Mitzner, Complete PCB design using OrCad capture and layout, Elsevier/Newnes, 2007.
- [2] A. Earnshaw i Norman Greenwood, Chemistry of the elements, Butterworth-Heinemann, 1997.
- [3] I. W. Boyd, Laser Processing of Thin Films and Microstructures, Springer Berlin Heidelberg, 1987.
- [4] J. J. Noble, Programming interactivity: a designer's guide to processing, Arduino, and openFrameworks, O'Reilly, 2009.
- [5] J. Ozer i H. Blemings, Practical Arduino, Apress, 2010.

## SAŽETAK

U ovom radu izrađena je tresilica za jetkanje tiskanih elektroničkih pločica, s mogućnošću odabira brzine, kuta i vremena jetkanja. Upravljanje uređajem je omogućeno preko Arduino Nano razvojnog sustava, a cijeli sustav se napaja iz gradske mreže preko izvedenog napajanja. Opremljena je grijaćom pločicom koja grije posudicu. Sam proces jetkanja koji je inače bio manualan, sada je automatiziran. Tresilica je testirana te su kratko prikazane njezine funkcionalnosti.

**Ključne riječi:** Arduino Nano, jetkanje, tiskana elektronička pločica, tresilica



## **ABSTRACT**

**Title:** Printed circuit board etching shaker

In this paper, a shaker for etching printed electronic boards was made, with the possibility of selecting speed, angle and etching time. Device control is enabled through the Arduino Nano development system and the entire system is powered from the city network via the derived power supply. It is equipped with a printed circuit board heater that heats the container. The etching process itself, which was otherwise manual, is now automated. The shaker was tested and its functionalities were briefly presented.

**Keywords:** Arduino Nano, etching, printed circuit board, shaker

## **ŽIVOTOPIS**

Marijan Miletić je rođen u Zagrebu 18. ožujka 1998. godine. Pohađao je Osnovnu školu Tituša Brezovačkog te Nadbiskupsku klasičnu gimnaziju s pravom javnosti u Zagrebu. Upisuje Tekstilno tehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu 2016. godine te se ispisuje s istog 2017. i iste godine upisuje Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek.

---

Potpis autora

## **PRILOZI**

CD s priložima:

- Tresilica za jetkanje tiskanih elektroničkih pločica u pdf formatu
- Tresilica za jetkanje tiskanih elektroničkih pločica u docx formatu
- Arduino kôd za tresilicu za jetkanje tiskanih elektroničkih pločica
- AutoCAD shema za tresilicu za jetkanje tiskanih elektroničkih pločica