

# Inteligentni poštanski sandučić

---

**Zadro, Filip**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2023**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:235:836426>

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

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

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# ZAVRŠNI RAD

**Filip Zadro**

Zagreb, 2023.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Prof. dr. sc. Željko Šitum, dipl. ing.

Student:

Filip Zadro

Zagreb, 2023.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se mentoru prof. dr. sc. Željku Šitumu na dostupnosti, pristupačnosti, savjetima i pomoći prilikom izrade ovog završnog rada.

Zahvaljujem se svojoj obitelji na podršci i strpljenju tijekom svih ovih godina studiranja.

Zahvaljujem se svim dobrim ljudima koje sam upoznao na fakultetu i bez kojih studiranje ne bi bilo ovako zanimljivo.

Filip Zadro



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomске ispite  
Povjerenstvo za završne i diplomске ispite studija strojarstva za smjerove:  
proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment, inženjerstvo  
materijala i mehatronika i robotika

Sveučilište u Zagrebu	
Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa: 602 – 04 / 23 – 6 / 1	
Ur.broj: 15 - 1703 - 23 -	

## ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Filip Zadro**

JMBAG: **0035217548**

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Inteligentni poštanski sandučić**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Intelligent mailbox**

Opis zadatka:

Porast udjela internetske trgovine u nadolazećoj tehnologiji interneta stvari (eng. *Internet of things*) zahtijeva inteligentne značajke i od sustava za prihvat pošte i paketa, koji imaju mogućnost detektiranja pristigle pošiljke unutar poštanskog sandučića i automatskog slanja poruke na pametni telefon korisnika. Automatsko otvaranje sandučića je moguće nakon autentifikacije korisnika čime se provjerava identitet korisnika. Na taj način inteligentni poštanski sandučić osigurava sigurnost i točnost dostave pošiljki, samouslužni način internetskog naručivanja robe te zaštitu osobnih podataka krajnjeg korisnika.

U radu je potrebno:

- projektirati sustav koji koristi senzore pokreta za detektiranje pristigle pošte i aktiviranja svjetlosnog signala te slanje poruke krajnjem korisniku o prispjebu pošiljke na pametni telefon,
- opisati korištene komponente pogonskog, upravljačkog i senzorskog dijela sustava,
- izraditi upravljački program koji omogućuje automatsko otvaranje inteligentnog poštanskog sandučića korištenjem otiska prsta korisnika, senzora vibracija ili unošenja korisničke zaporne,
- izraditi inteligentni poštanski sandučić i ispitati rad sustava.

U radu je potrebno navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:

30. 11. 2022.

Zadatak zadao:

Prof. dr. sc. Željko Šitum

Datum predaje rada:

1. rok: 20. 2. 2023.  
2. rok (izvanredni): 10. 7. 2023.  
3. rok: 18. 9. 2023.

Predvideni datumi obrane:

1. rok: 27. 2. – 3. 3. 2023.  
2. rok (izvanredni): 14. 7. 2023.  
3. rok: 25. 9. – 29. 9. 2023.

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Branko Bauer

## SADRŽAJ

SADRŽAJ .....	I
POPIS SLIKA .....	II
POPIS TABLICA.....	III
SAŽETAK.....	IV
SUMMARY .....	V
1. UVOD.....	1
2. PROJEKTIRANJE SUSTAVA .....	2
3. OPIS KORIŠTENIH KOMPONENTI SUSTAVA.....	4
3.1. Općenito o osjetilima (senzorima) .....	4
3.1.1. Senzor pokreta .....	5
3.1.2. Senzor vibracija .....	6
3.2. Zaslون (LCD 1602A) .....	7
3.3. Tipkalo (RESET) .....	8
3.4. Upravljački dio.....	9
3.4.1. Arduino UNO R3 .....	9
3.4.2. Povezivanje mikrokontrolera s elektroničkim komponentama.....	10
3.4.3. Razvojna pločica (Breadboard).....	12
3.5. Pneumatske komponente.....	13
3.5.1. Pneumatski cilindar.....	13
3.5.2. Pneumatski razvodni ventil.....	14
3.5.3. Tlačni ventil .....	16
4. IZRADA DIJELOVA I KONSTRUKCIJA .....	18
4.1. 3D printanje.....	18
4.2. Kućište za senzor vibracija .....	19
4.3. Mehanizam za otključavanje i zaključavanje Smart Mailbox-a .....	20
4.3.1. Brava .....	20
4.3.2. Klin za zaključavanje .....	21
4.4. Konstrukcija sustava .....	22
5. PROVJERA RADA SUSTAVA .....	23
6. ZAKLJUČAK.....	25
LITERATURA.....	26

**POPIS SLIKA**

Slika 1. Projektirani sustav s označenim komponentama (pogled A).....	2
Slika 2. Projektirani sustav s označenim komponentama (pogled B).....	3
Slika 3. Shematski prikaz mehanizma za zaključavanje vrata.....	3
Slika 4. Senzor pokreta oznake HR-SR501 [ 2 ].....	5
Slika 5. Senzor vibracija oznake SW-420 [ 3 ].....	6
Slika 6. Zaslون s pozadinskim osvjetljenjem.....	7
Slika 7. Tipkalo (RESET) [ 4 ].....	8
Slika 8. Arduino UNO R3 mikrokontroler s označenim dijelovima [ 5 ].....	9
Slika 9. Shematski prikaz povezivanja Arduina sa senzorom pokreta HC-SR501.....	10
Slika 10. Shematski prikaz povezivanja senzora vibracija SW-420 s Arduinom.....	10
Slika 11. Shematski prikaz povezivanja zaslona s Arduinom [ 6 ].....	11
Slika 12. Shematski prikaz povezivanja Arduina s tipkalom.....	12
Slika 13. Razvojna pločica.....	12
Slika 14. Dvoradni pneumatski cilindar [ 8 ].....	13
Slika 15. Simbol pneumatskog razvodnog ventila 5/3.....	15
Slika 16. Pneumatski razvodni ventil 5/3 [ 9 ].....	15
Slika 17. Tlačni ventil [ 9 ].....	17
Slika 18. 3D printer Ender 3 [ 11 ].....	18
Slika 19. Kućište za senzor vibracija (CAD).....	19
Slika 20. Isprintano kućište za senzor vibracija.....	19
Slika 21. Brava (CAD).....	20
Slika 22. Isprintana brava.....	20
Slika 23. Klin za zaključavanje (CAD).....	21
Slika 24. Isprintan klin za zaključavanje.....	21
Slika 25. Izrađeni sustav.....	22
Slika 26. Definiranje varijabli i pinova.....	23
Slika 27. Ispis poruke na zaslonu.....	24
Slika 28. Pokretanje cilindra koji otključava vrata.....	24

---

**POPIS TABLICA**

Tablica 1. Specifikacije Arduino UNO R3 mikrokontrolera [ 5 ].....	9
Tablica 2. Specifikacije dvoradnog pneumatskog cilindra [ 9 ].....	14
Tablica 3. Značenje oznake dvoradnog pneumatskog cilindra [ 9 ].....	14
Tablica 4. Specifikacije pneumatskog razvodnog ventila 5/3 [ 9 ].....	16
Tablica 5. Značenje oznaka pneumatskog razvodnog ventila 5/3 [ 9 ].....	16
Tablica 6. Specifikacije tlačnog ventila tvrtke SMC oznake ARJ1020F-M5-04 [ 9 ].....	17



---

**SAŽETAK**

Nastanak pametnog poštanskog sandučića (eng. Smart Mailbox) se odvija u dva dijela, kreće se s projektiranjem cjelokupnog sustava kojim se upravlja preko Arduino UNO R3 mikrokontrolera, a koji se sastoji od poštanskog sandučića u koji se ugrađuje senzor pokreta za detektiranje pošte i javljanje vlasniku putem LCD-a, otključavanje poštanskog sandučića se vrši pomoću senzora vibracija koji detektira kucanje i otvara pomoću pneumatskog aktuatora. Drugi korak je programiranje Arduino mikrokontrolera, a na kraju sve komponente trebaju raditi na funkcionalan način.

Kada poštar ubaci pismo u poštanski sandučić, senzor pokreta detektira pismo i šalje signal Arduino mikrokontroleru koji taj signal prosljeđuje na LCD i na njemu se ispisuje poruka „Stigla pošta“. Vlasnik poštanskog sandučića kuca po kućištu u kojem se nalazi senzor vibracija, detektiranjem kucanja, signal se prosljeđuje do Arduino mikrokontrolera te se šalje signal na pneumatski razvodnik 5/3 koji pomoću stlačenog zraka pokreće cilindar i otključava vrata. Tipkalom se restarta cijeli sustav.

Ključne riječi: Arduino mikrokontroler, senzor vibracije, senzor pokreta, LCD, pneumatski akuatori

---

**SUMMARY**

The assembly of The Smart Mailbox consists out of three components. Starting with the programming of whole control system is done via Arduino UNO R3 microcontroller. It consists out of a mailbox in which a motion detecting sensor is installed for detecting incoming mail and displaying that information for the user on a LCD. Vibration sensor unlocks the mailbox by registering knocks through pneumatic actuators. Lastly after the programming of the Arduino microcontroller is adequately done all of the aforementioned parts have to work accordingly.

That moment when the mailman inserts a letter into the mailbox motion sensor detects the letter and sends a signal to the Arduino microcontroller which in turn forwards that signal to the LCD displaying "Mail arrived" message. The user can then knock on the housing of the mailbox with a vibration sensor inside. That triggers the Arduino microcontroller to send a signal to the 5/3 pneumatic distributor that powers the cylinder and unlocks the door with the use of air. To reset the system a button can be used.

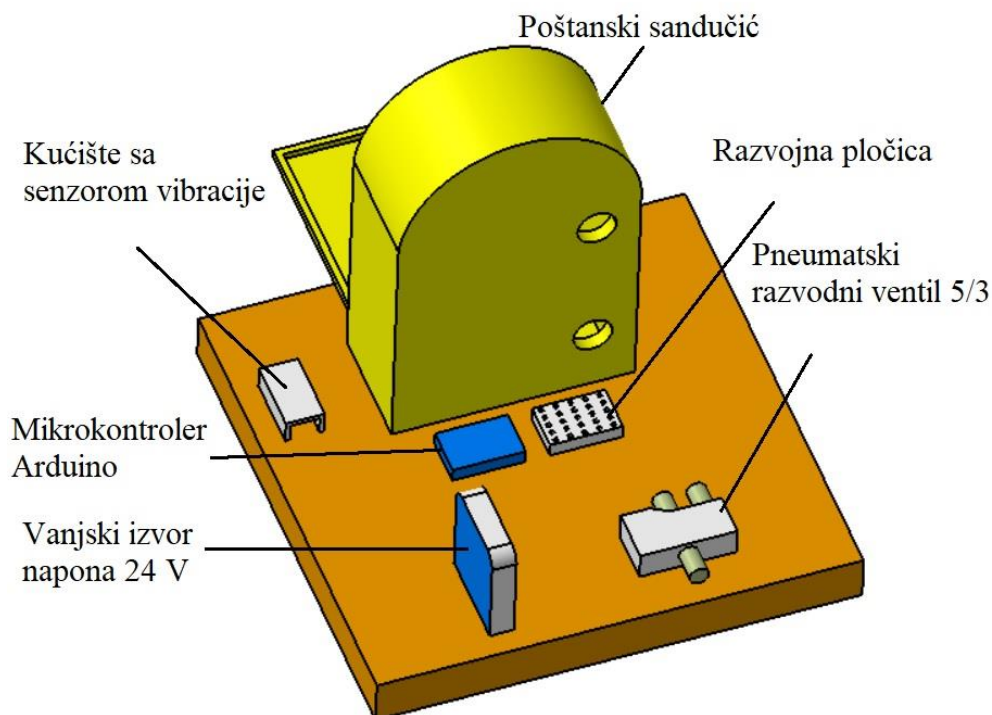
Key words: Arduino microcontroller, vibration sensor, motion sensor, LCD, pneumatic actuators

## 1. UVOD

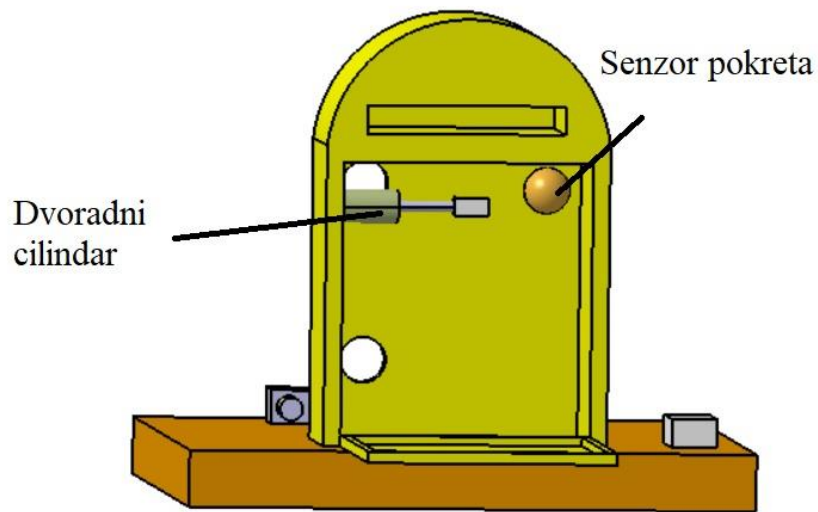
U današnje vrijeme automatizacija sustava sve više napreduje, postaje vidljiva u svakodnevnom životu. Kako sve tehnološki napreduje, tako se pojavila ideja za ovaj završni rad kada sam preselio iz studentskog doma u stan, zbog toga što se stan nalazi na 5.katu, provjera poštanskog sandučića je postala sve napornija. Inteligentni poštanski sandučić omogućava da se iz stana provjeri stanje u poštanskom sandučiću uz pomoć senzora pokreta i zaslona, bez da se mora poštanski sandučić fizički otvoriti i pogledati. Inteligentni poštanski sandučić ima prednosti naspram običnog poštanskog sandučića, ali postoji mogućnost nadogradnje sustava npr. ugraditi dodatne senzore (temperature, vlažnosti zraka), kameru, zaslon s više mogućnosti, ali najbolja nadogradnja je ta, što se može ugraditi GSM modul koji na sebi ima čitač SIM kartice i preko kojeg poruku možemo dobiti SMS-om. To je odlično rješenje ako netko posjeduje nekretninu van mjesta stanovanja i ne može svakodnevno provjeravati poštanski sandučić. Inteligentni poštanski sandučić se otključava preko senzora vibracija i pneumatskih aktuatora što smanjuje mogućnost krađe, ali u blizini poštanskog sandučića mora biti spremnik s komprimiranim zrakom. Za poboljšanje i još veću sigurnost mogu se koristiti senzori za otisak prsta ili sučelje za upis lozinke. Za izradu inteligentnog poštanskog sandučića je potrebno poznavati elektroniku, osnove programiranja i pneumatiku.

## 2. PROJEKTIRANJE SUSTAVA

U poštanski sandučić da bi postao inteligentan se trebaju ugraditi različite komponente, od kojih svaka komponenta ima neku ulogu, a želi se postići da sve komponente rade kao jedna cjelina. Za izvedbu ovog rada prvo se morao u Catiji cijeli sustav projektirati i vidjeti kako će to izgledati u stvarnom svijetu. Osmisliti gdje će se nalaziti određena komponenta, što zbog funkcionalnosti sustava, ali naravno i zbog estetskih razloga. Na slikama su naznačene sve potrebne komponente za izradu poštanskog sandučića. Zamisao je da se u poštanskom sandučiću nalazi senzor pokreta koji će detektirati kada poštar ubaci pismo, poslati signal na Arduino mikrokontroler koji će taj signal dalje proslijediti na zaslon u obliku poruke „Stigla pošta“. Budući da su danas krađe normalna pojava, a obijanje klasičnih brava određenim ljudima rutina, ovdje je projektiran drugačiji tip brave, otključavanje se obavlja preko senzora vibracija i pneumatskih aktuatora, tako što senzor vibracije detektira 5 udaraca i šalje impuls Arduino pločici koja taj impuls šalje do pneumatskog razvodnog ventila 5/3 koji se napaja iz vanjskog izvora od 24 V, a upravlja linearnim gibanjem cilindra.

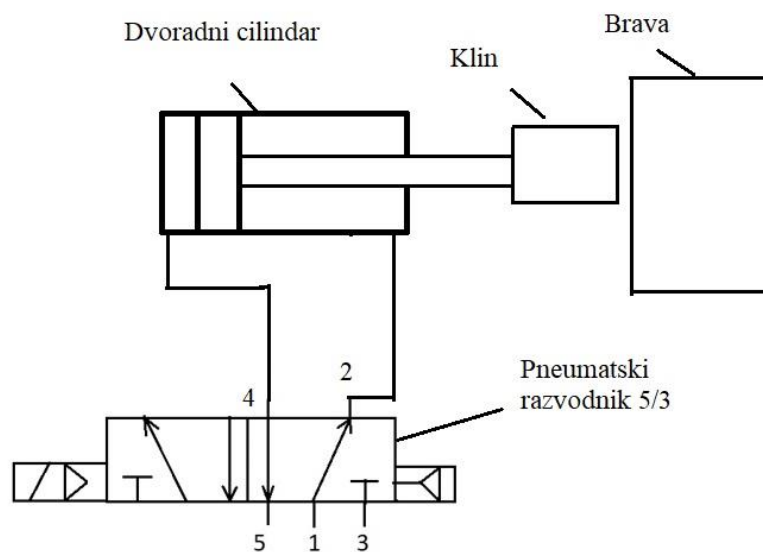


Slika 1. Projektirani sustav s označenim komponentama (pogled A)



**Slika 2. Projektirani sustav s označenim komponentama (pogled B)**

Dovođenjem stlačenog zraka preko pneumatskog razvodnika 5/3 do dvoradnog cilindra dolazio linearnog gibanja klipnjače koja je povezana s klinom za zaključavanje preko M10 navoja te s njim i bravom čini mehanizam potreban za zaključavanje i otključavanje poštanskog sandučića.



**Slika 3. Shematski prikaz mehanizma za zaključavanje vrata**

### 3. OPIS KORIŠTENIH KOMPONENTI SUSTAVA

Nakon projektiranja sustava inteligentnog poštanskog sandučića (eng. Smart Mailbox), pravi se popis komponenata potrebnih za izradu Smart Mailbox-a. Neke komponente su se nalazile u laboratoriju fakulteta pa su bile dostupne za korištenje, a ostale potrebne komponente za izradu Smart Mailbox-a su naknadno naručene. Komponente su odabrane po: dostupnosti, obavljanju određenog zadatka i naravno cijeni.

#### 3.1. Općenito o osjetilima (senzorima)

Senzor je dio mjernog sustava koji je u izravnom kontaktu s mjerenom veličinom i daje signal ovisan o njezinom iznosu. Služi za mjerenje fizikalne veličine (npr. temperatura, vlažnost zraka, pokret, vibracije) i pretvara ju u signal pogodan za daljnju obradu (najčešće električni signal).

Prema [ 1 ] senzori se dijele prema:

- a) načinu rada
- b) mjernoj veličini
- c) načinu pretvorbe
- d) vrsti izlaznog signala

Prema načinu rada:

- kontaktne – u dodiru s predmetom mjerenja (npr. termometar)
- beskontaktne (GPS)

Prema mjernoj veličini:

- mehanička
- toplinska
- kemijska
- magnetska

Prema načinu pretvorbe:

- piezoelektrični
- fotoelektrični
- termoelektrični

Prema vrsti izlaznog signala:

- električni signal:
  - binarni
  - pulsni

neelektrični signal – tlak, svjetlost

### 3.1.1. Senzor pokreta

Senzor pokreta korišten u ovom završnom radu je oznake HC-SR501. Lako se može povezati s Arduinoom preko digitalnog pina. Posjeduje dva potenciometra: za osjetljivost pokreta i delay (koliko često se treba provjeravati postoje li pokreti).



Slika 4. Senzor pokreta oznake HC-SR501 [ 2 ]

Specifikacije senzora pokreta HC-SR501:

- Napon: 5 V – 20 V,
- Struja: 60  $\mu$ A,

- Domet: 7 m (detekcija pokreta u kutu od 120°),
- Šalje digitalni izlaz kada dektektira napon od 3.3 V

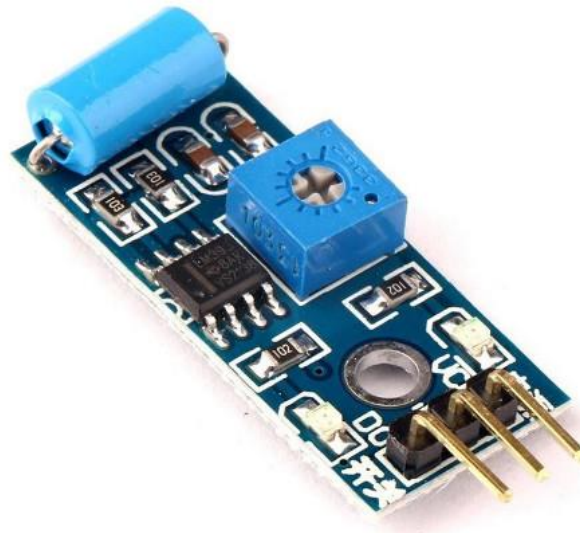
Najčešće se koristi za automatsko osvjetljenje prolaza i reguliranje jačine svjetla. Pomoću senzora pokreta se može smanjiti nepotrebna pretvorba električne energije u toplinsku i svjetlosnu energiju.

Koja je uloga senzora pokreta u Smart Mailbox-u?

Senzor pokreta se ugrađuje unutar Smart Mailboxa, te će detektirati pokret kada poštar ubaci pismo u sandučić te šalje digitalni signal na Arduino pločicu, a Arduino će zatim proslijediti signal na LCD i na njemu će se pojaviti poruka „Stigla pošta“.

### 3.1.2. *Senzor vibracija*

Senzor vibracija korišten u ovom završnom radu je oznake SW-420. Može se lagano povezati s Arduino pločicom preko digitalnog pina. Senzor vibracije na sebi ima dvije led diode: crvena je power led dioda, a zelena led dioda se aktivira prilikom detekcije vibracije.



Slika 5. Senzor vibracija oznake SW-420 [ 3 ]



Specifikacije senzora vibracije oznake SW-420:

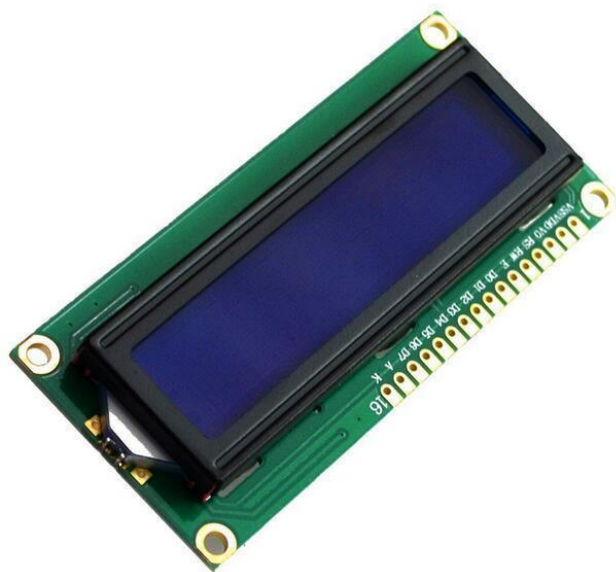
- Napajanje: 3.3 V – 5 V
- Struja: > 15 mA
- Dimenzije: 32x14 mm

Koja je uloga senzora vibracije u Smart Mailbox-u?

Senzor vibracije se nalazi pokraj Smart Mailbox-a i služi za pneumatsko otvaranje vrata inteligentnog poštanskog sandučića. U programskom kodu se navede broj vibracija na koje je senzor osjetljiv, kada senzor detektira ostvaren broj vibracija, šalje digitalni signal Arduino pločici koja preko pneumatskog razvodnika i cilindra otvara vrata poštanskog sandučića.

### 3.2. Zaslون (LCD 1602A)

Jedna od najvažnijih komponenti Smart Mailbox-a je LCD 1602A.



Slika 6. Zaslون s pozadinskim osvjetljenjem

Rezolucija: 160x180 piksela

Napajanje: 5 V

Veličina: 82 x 35 x 18

Zaslon LCD 1602A se nalazi u kući, kada poštar ubaci pismo u poštanski sandučić, na njemu se pojavi poruka „Stigla pošta“. U svakom trenutku se zna, nalazi li se nešto u poštanskom sandučiću pomoću LCD 1602A i senzora pokreta. Za potrebe ovog rada nije potreban bolji LCD zaslon od navedenog, ali postoji mogućnost nadogradnje, ako se uzme bolji LCD koji može uz pomoć dodatnih senzora davati još više podataka.

### 3.3. Tipkalo (RESET)

Postoji više vrsta tipkala, ali svako tipkalo ima jednaku funkciju, a to je nešto pokrenuti ili zaustaviti.



Slika 7. Tipkalo (RESET) [ 4 ]

Kada se na LCD zaslonu pojavi poruka „Stigla pošta“, pošiljka se izvadi iz poštanskog sandučića i pritiskom na tipkalo se LCD zaslon restarta i nestaje poruka s LCD-a, poštanski sandučić je ponovno spreman za korištenje.

### 3.4. Upravljački dio

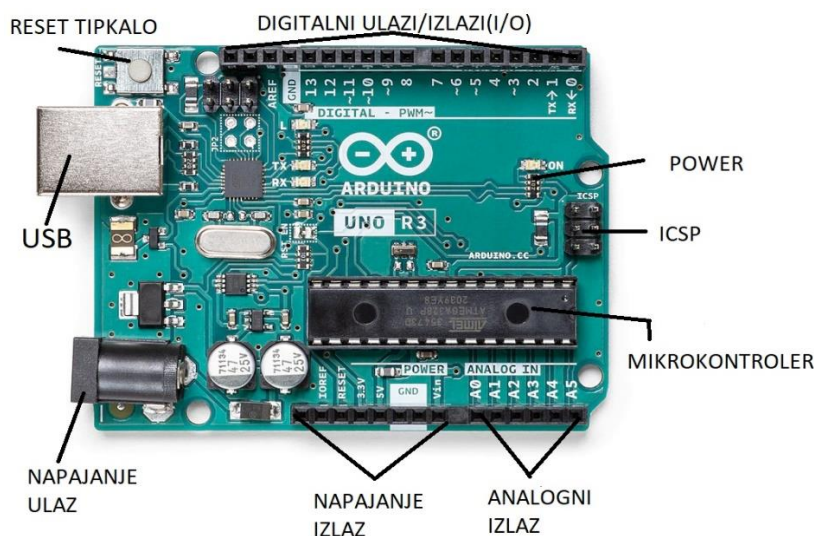
*Arduino* je ime za otvorenu softversku i računalnu platformu na koju se mogu spajati različite komponente. Stvoren je 2005. godine od talijanske tvrtke SmartProject, rabeći 8-bitne Atmel AVR mikrokontrolere. Temelji se na jednostavnoj razvojnoj pločici s 14 digitalnih ulaza/izlaza. Na *Arduino* pločici se nalazi: šest PWM izlaza, šest analognih ulaza/izlaza, 16 MHz kvarcni kristal, priključak za napajanje, USB priključak preko kojeg se ostvaruje direktna povezanost *Arduino* pločice s računalom, ICSP programator i tipkalo za ponovno pokretanje. Programiranje se izvodi pomoću integriranog razvojnog okruženja „*Arduino Software(IDE)*“ koje je dostupno za *Windows*, *Mac* i *Linux* operacijski sustav, poznavanjem programskog jezika C.

#### 3.4.1. *Arduino UNO R3*

Osnovni model *Arduino* pločice korišten za ovaj završni rad je *Arduino UNO R3* sa sljedećom specifikacijom.

**Tablica 1. Specifikacije *Arduino UNO R3* mikrokontrolera [ 5 ]**

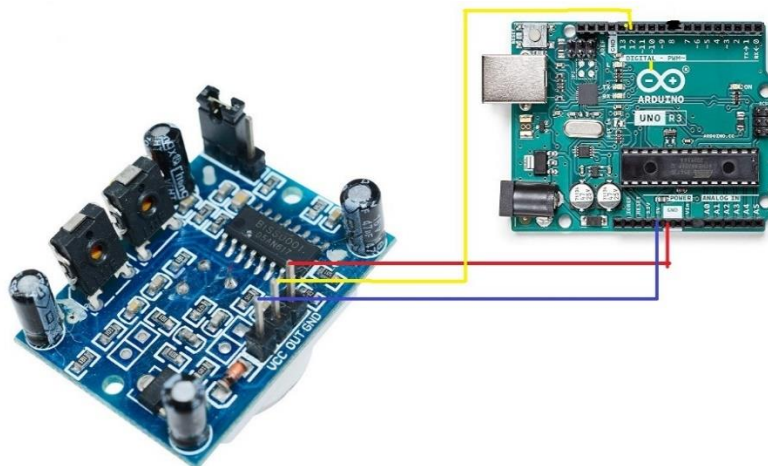
Mikroprocesor	Atmega328P
Radni napon	5V
Ulazni napon (preporučeno)	7-12V
Ulazni napon (ograničeno)	6-20V
Digitalni I/O priključci	14 (moguće 6 PWM izlaza)
Analogni ulazni priključci	6
DC struja za I/O priključke	20mA
Flash memorija	32kB (0.5kB rezervirano za bootloader)



**Slika 8. *Arduino UNO R3* mikrokontroler s označenim dijelovima [ 5 ]**

### 3.4.2. Povezivanje mikrokontrolera s elektroničkim komponentama

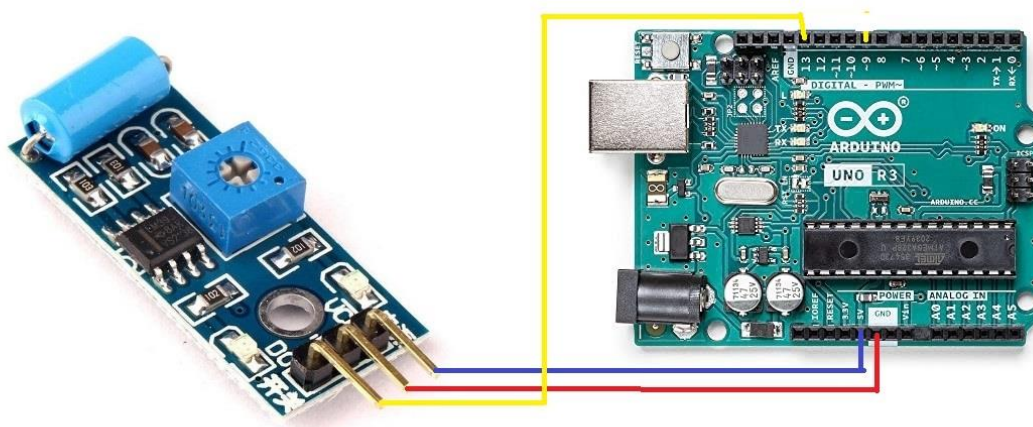
#### 3.4.2.1. Povezivanje mikrokontrolera sa senzorom pokreta



Slika 9. Shematski prikaz povezivanja Arduina sa senzorom pokreta HC-SR501

Na slici 9 je vidljivo kako se pin na senzoru pokreta VCC povezuje s pinom za napajanje na Arduino mikrokontroleru od 5V, pin GND se povezuje s pinom GND, a pin OUT se spaja s pinom 12 na digitalnom ulazu/izlazu.

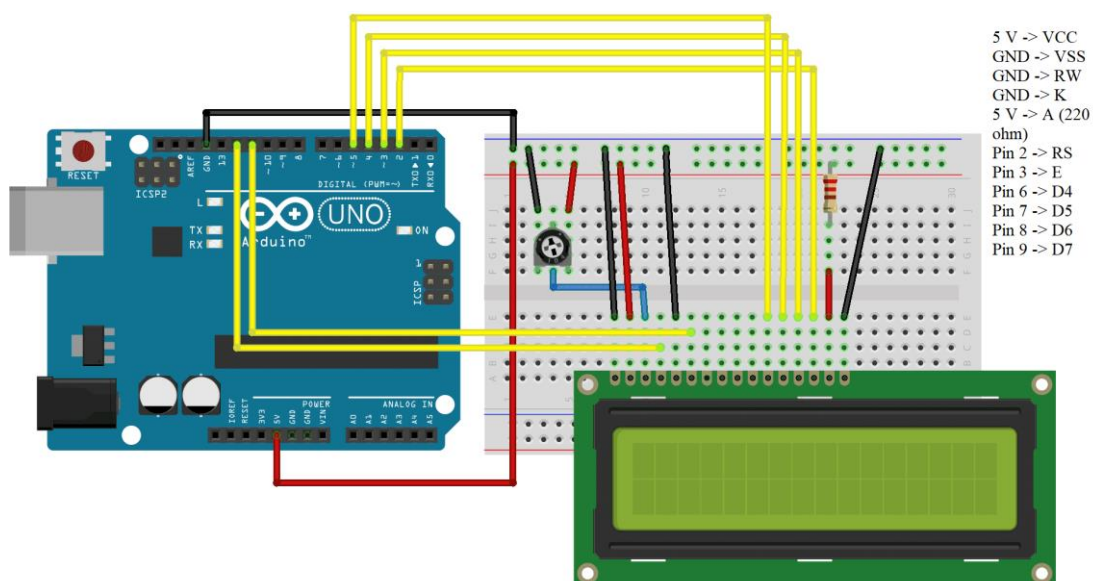
#### 3.4.2.2. Povezivanje mikrokontrolera sa senzorom vibracije



Slika 10. Shematski prikaz povezivanja senzora vibracija SW-420 s Arduinoom

Na slici 10 je prikazan način povezivanja senzora vibracija oznake SW-420 s Arduino UNO R3 mikrokontrolerom. Pin VCC koji se nalazi na senzoru povezuje se s pinom za napajanje od 5V na Arduino, pin GND se povezuje s pinom GND, dok se pin DO na senzoru spaja s pinom 13 na digitalnom ulazu/izlazu.

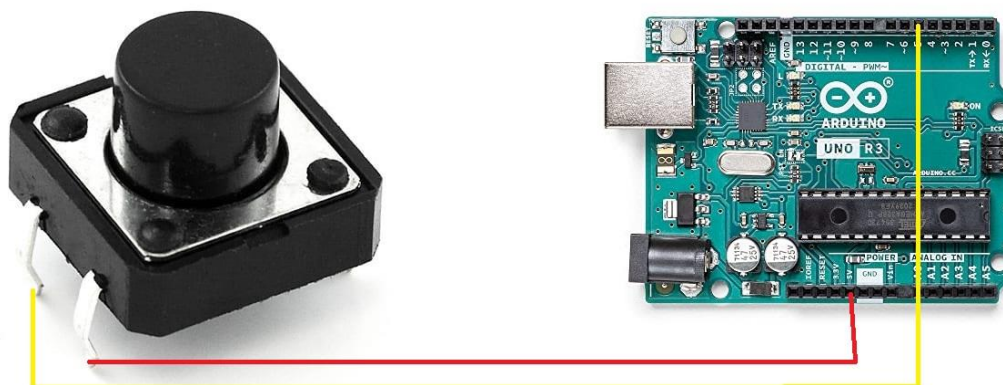
### 3.4.2.3. Povezivanje mikrokontrolera sa zaslonom



Slika 11. Shematski prikaz povezivanja zaslona s Arduinoom [ 6 ]

Na slici 11 se vidi kako se LCD napaja preko Arduino UNO R3 mikrokontrolera naponom od 5 V. LCD je najkompleksnija komponenta Smart Mailbox-a, zbog toga se povezuje na više pinova od ostalih komponenti. U gornjem desnom kutu slike 11 se može vidjeti spajanje pinova.

#### 3.4.2.4. Povezivanje mikrokontrolera s tipkalom

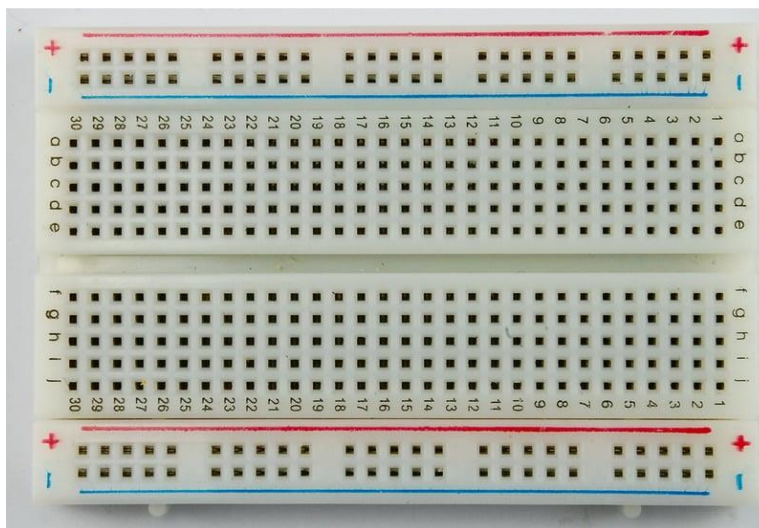


Slika 12. Shematski prikaz povezivanja Arduina s tipkalom

Tipkalo se povezuje na pin 5 V preko kojeg vrši napajanje, drugi kraj se povezuje na digitalni pin 5.

#### 3.4.3. Razvojna pločica (Breadboard)

Razvojna pločica (eng. Breadboard) omogućava povezivanje više komponenti Smart Mailbox-a na isti pin.



Slika 13. Razvojna pločica

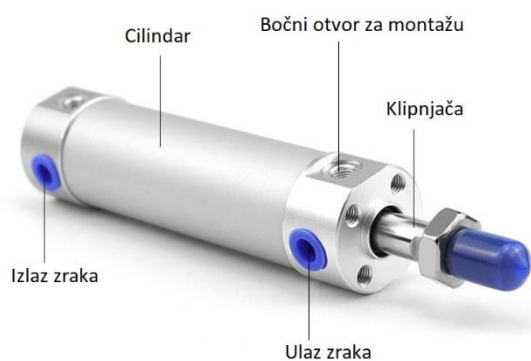
Pinovi na razvojnoj pločici od 1a do 1e, od 1f do 1j, od + do +,.... su međusobno povezani. Ako se npr. na pin 5V žele spojiti senzor pokreta, senzor vibracija i LCD mora se žicom povezati pin 5 V na Arduino pločici i pin 1a na breadbordu, tako se dobije da je sada pin 5 V prisutan na dijelu od 1a do 1e. Kad se spaja senzor pokreta povezuje se senzor i pin 1b i tako za svaku ostalu komponentu . U slučaju da ima više komponenti spojenih na 5V, onda se može napraviti tzv. most povezivanjem 1e i 1f te pin 5V postaje prisutan u dijelu od 1a do 1j.

### 3.5. Pneumatske komponente

#### 3.5.1. Pneumatski cilindar

Pneumatski cilindri su najčešći aktuatorski elementi zbog jednostavnosti njihove konstrukcije i pristupačnosti radnom mediju koji pokreće cilindre, a to je stlačen zrak. Osnovna zadaća pneumatskih cilindara je pretvorba energije komprimiranog zraka u rotacijsko ili translacijsko gibanje. Dijele se na jednoradne i dvoradne: jednoradni se cilindri pomoću stlačenog zraka dovode u željenu točku, ali se u početno stanje vraćaju pomoću opruge, pa mogu izvršavati rad samo u jednom smjeru. U ovom radu je korišten dvoradni cilindar zbog svoje mogućnosti rada i korištenja stlačenog zraka u oba smjera. Veća sila se ostvaruje u hodu prema naprijed, a nešto manja pri povratku u početno stanje. [ 7 ]

U završnom radu se koristi pneumatski cilindar koji se nalazio u laboratoriju, a proizvođač je tvrtka SMC oznake CG1BN25-20.



Slika 14. Dvoradni pneumatski cilindar [ 8 ]

Specifikacije pneumatskog cilindra SMC oznake CG1BN25-20 prikaze su u tablici 2:

**Tablica 2. Specifikacije dvoradnog pneumatskog cilindra [ 9 ]**

Vrsta pneumatskog cilindra	Dvoradni cilindar
Radni medij	Zrak
Maksimalni tlak	1.5 MPa
Maksimalni radni tlak	1.0 MPa
Minimalni radni tlak	0.5 MPa
Brzina klipa	od 50 do 1000 mm/s
Temperatura okoline i fluida	od -10 do 60°C

**Tablica 3. Značenje oznake dvoradnog pneumatskog cilindra [ 9 ]**

CG1	Serijski cilindar	Dvoradni cilindar, jedan klip
B	Način ugradnje	Osnovni integrirani spoj
N	Amortizacija	Gumeni odbojnik
25	Promjer cilindra	25 mm
20	Hod cilindra	20 mm

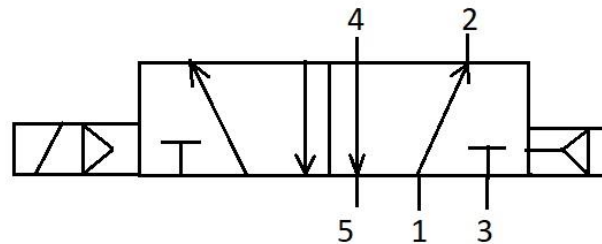
U tablici 3 se opisuju značenje pojedinih oznake dvoradnog pneumatskog cilindra kojemu je hod cilindra 20 mm.

### **3.5.2. Pneumatski razvodni ventil**

Pneumatski razvodni ventil usmjera tok stlačenog zraka u pneumatskom pogonu propuštanjem, zatvaranjem ili promjenom smjera toka. Osnovne karakteristike pneumatskog razvodnika su: konstrukcija, broj pneumatskih priključaka, broj radnih položaja, način aktiviranja. Oznake razvodnih ventila se uglavnom pišu ispred riječi razvodnik (npr. 5/3 razvodni ventil, gdje 5 označava broj pneumatskih priključaka, a 3 broj radnih položaja). [ 7 ]



Za potrebe ovog rada koristi se 5/3 razvodni ventil tvrtke SMC oznake SY3120-5LOU-C6-Q.



Slika 15. Simbol pneumatskog razvodnog ventila 5/3



Slika 16. Pneumatski razvodni ventil 5/3 [ 9 ]

Pneumatski razvodni ventil 5/3 se nalazi pored Smart Mailbox-a i povezan je s pneumatskim cilindrom. Regulira linearno gibanje pneumatskog cilindra, tako što izmjenjuje smjer upuhivanja fluida u cilindar i tako mijenja linearno kretanje cilindra od točke gdje su vrata zaključana u točku kad je cilindar u početnom položaju i vrata su otključana. To se događa tako što se 5/3 razvodni ventil sastoji od zavojnica koje se pobuđuju električnim putem. Kada se lijeva zavojnica pobudi, razvodnik propušta zrak u lijevi dio cilindra, cilindar se linearno kreće u desnu stranu i obrnuto. Ne smije se dogoditi da obje zavojnice budu pobuđene u isto vrijeme!

Specifikacije 5/3 razvodnog ventila SMC SY3120-5LOU-C6-Q dane su u tablici 4:

**Tablica 4. Specifikacije pneumatskog razvodnog ventila 5/3 [ 9 ]**

Tip ventila	Elektromagnetski ventil
Napajanje	DC24V
Radni položaji	Ispuh s 2 radna položaja
Radni tlak	Od 0.15 do 0.7MPa
Promjer spojnog pneumatskog priključka	Ø6 mm
Vrsta ventila	5- priključni ventil
Primjenjivost na promjer cilindra	63 mm ili manje

Iz tablice 4 je vidljivo kako 5/3 razvodni ventil radi na digitalnom naponu od 24 V, te se mora spojiti na vanjski izvor napajanja.

**Tablica 5. Značenje oznaka pneumatskog razvodnog ventila 5/3 [ 9 ]**

SY3	Seriya razvodnika	Seriya 3
1	Tip akcije	Dvije pojedinačne pozicije
5	Nazivni napon	24VCD
LO	Električni ulaz	Bez konektora
U	Prigušivač napona	S prigušivačem napona
C6	Veličina priključka	Ø6 mm
Q	Sukladno CE	Sukladno CE

### 3.5.3. Tlačni ventil

Stlačeni zrak kojeg generira kompresor nije stalnog iznosa, nego je njegova vrijednost promjenjiva. Takve promjene tlaka u cijevima mogu izazvati nestabilnost sustava, što dovodi do nepravilnog rada cilindra. Razlikuju se tri vrste tlačnih ventila: ventili za ograničavanje tlaka, redukcijски ventili i redosljedni ventili (nazivaju se još tlačni priključni ventili). Za potrebe ovog rada odabran je redukcijски ventil, njegova uloga je smanjivanje ulaznog tlaka i održavanje tlaka konstantnim neovisno o varijacijama nastalim prilikom kompresije. [ 7 ] "Pneumatika i hidraulika" Radoslav Korbar, Veleučilište u Karlovcu, www.vuka.hr, 2007. [ 10 ]



Slika 17. Tlačni ventil [ 9 ]

Za potrebe ovog rada odabran je redukcijski ventil koji se nalazio u laboratoriju tvrtke SMC oznake ARJ1020F-M5-04 čije su karakteristike dane u tablici.

Tablica 6. Specifikacije tlačnog ventila tvrtke SMC oznake ARJ1020F-M5-04 [ 9 ]

Veličina priključka	Ulazni otvor	M5
	Izlazni otvor	Ø4
Radni medij	Stlačeni zrak	
Maksimalni radni tlak	0.8 MPa	
Temperatura okoliša i fluida	Od -5 do 60 °C	
Masa	0.015 kg	
Minimalni radni tlak	0.2 MPa	

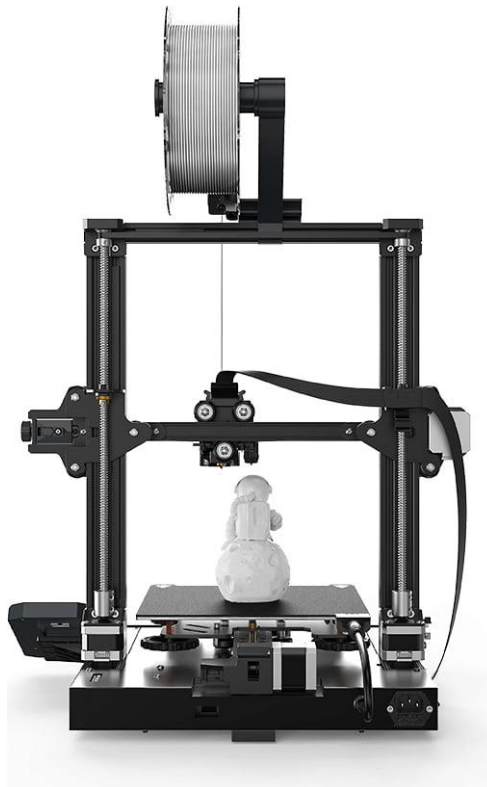
## 4. IZRADA DIJELOVA I KONSTRUKCIJA

Potrebni mehanički dijelovi koji su se mogli fizički izraditi, a potrebni su za izradu Smart Mailbox-a su projektirani u CAD alatu Catia i izrađeni pomoću 3D printera zbog toga što ih je lakše i jeftinije izraditi nego nabaviti.

### 4.1. 3D printanje

3D printanje je brzi način izrade prototipova pomoću 3D printera koji izrađuju direktno iz CAD modela fizičke dijelove u prostoru. 3D printeri rade na principu da koriste filament plastike koji u dodiru s grijanom mlaznicom omekšava i nanosi se na podlogu, gdje procesom skrućivanja materijala sloj po sloj, predmet poprima fizički oblik.

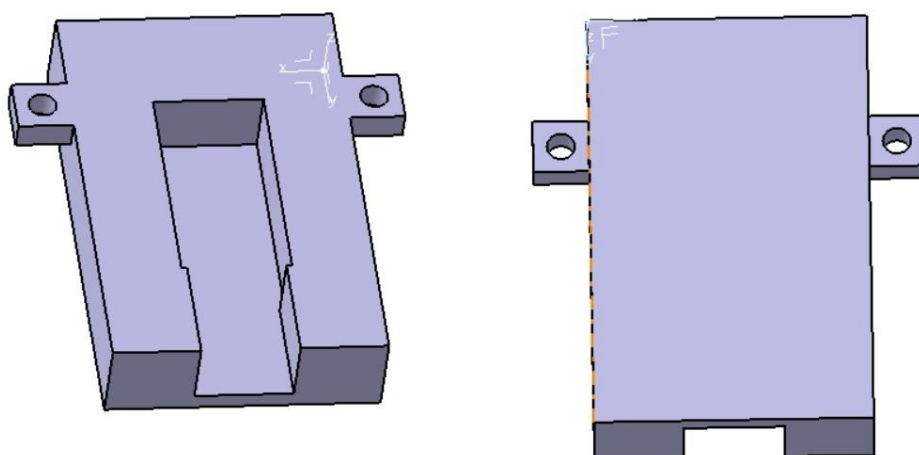
Prednosti 3D printanja su te što se u relativno kratkom vremenu mogu izraditi predmeti, jeftinija je izrada, a postoji mogućnost popravka printanog dijela u slučaju greške.



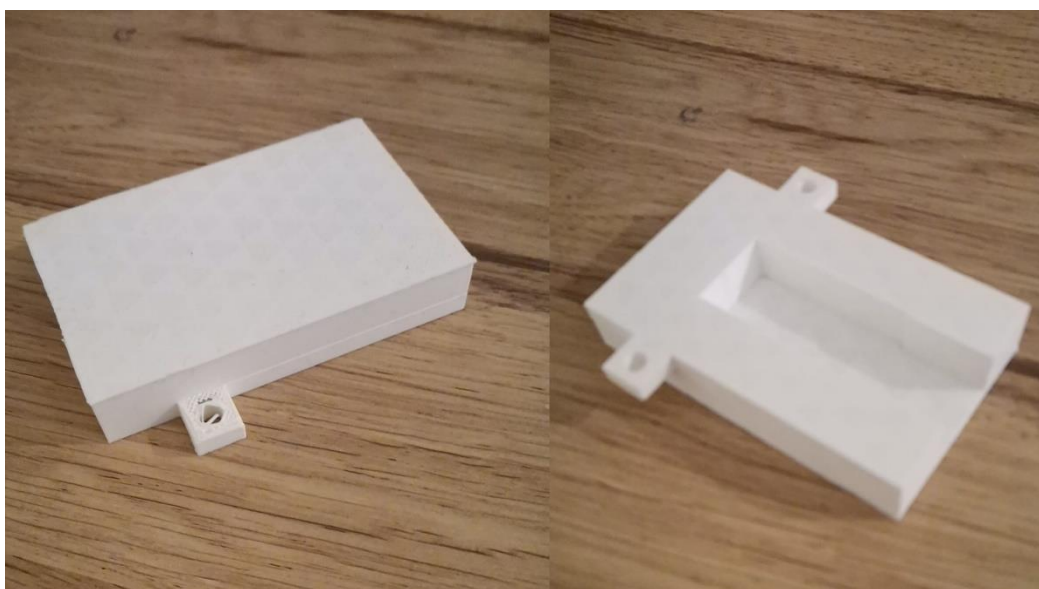
Slika 18. 3D printer Ender 3 [ 11 ]

## 4.2. Kućište za senzor vibracija

Na slikama 19 i 20 je prikazano kućište za senzor vibracije u CAD modelu i fizički predmet napravljen pomoću 3D printera. Kućište se postavlja pokraj Smart Mailbox-a i na njega se vrši kucanje koje će senzor vibracije detektirati i poslati signal Arduino pločici te dolazi do otključavanja vrata Smart Mailboxa pomoću pneumatskog cilindra.



Slika 19. Kućište za senzor vibracija (CAD)

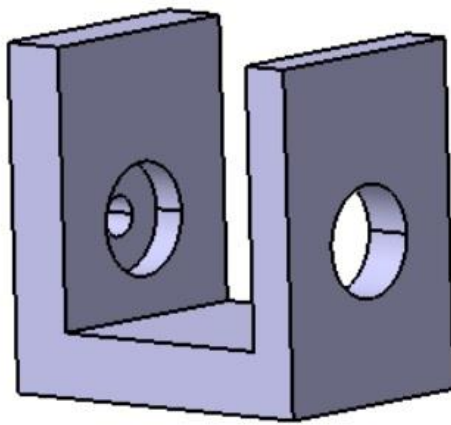


Slika 20. Isprintano kućište za senzor vibracija

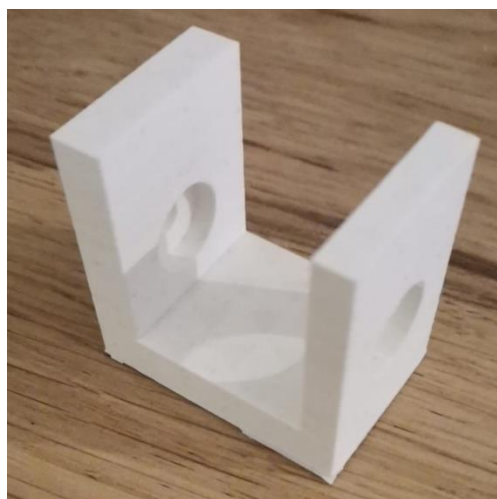
### 4.3. Mehanizam za otključavanje i zaključavanje Smart Mailbox-a

#### 4.3.1. Brava

Na slikama 21 i 22 je prikazana brava za zaključavanje Smart Mailbox-a u CAD-u i fizički predmet napravljen pomoću 3D printera. Brava se nalazi s unutarnje strane poštanskog sandučića i pričvršćena je pomoću vijka i matice. Zaključavanje se vrši pomoću pneumatskog cilindra koji na sebi ima klin, te taj klin linearnim gibanjem ulazi u bravu i drži vrata zatvorenim.



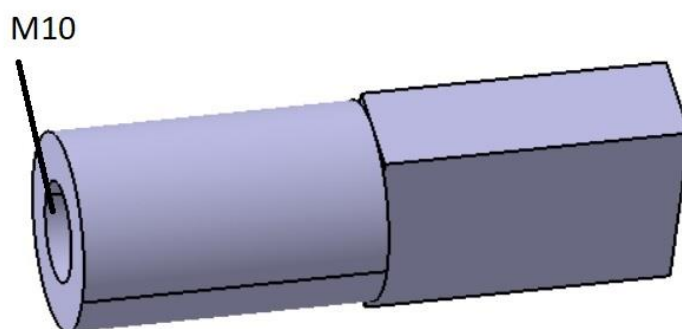
Slika 21. Brava (CAD)



Slika 22. Isprintana brava

#### 4.3.2. Klin za zaključavanje

Na slikama 23 i 24 je prikazan klin za zaključavanje brave. Klin se montira na pneumatski cilindar pomoću navoja M10 te zajedno s cilindrom, a preko 5/3 razvodnog ventila vrši linearno gibanje, prilikom kojeg se vrata mogu otključavati i zaključavati.



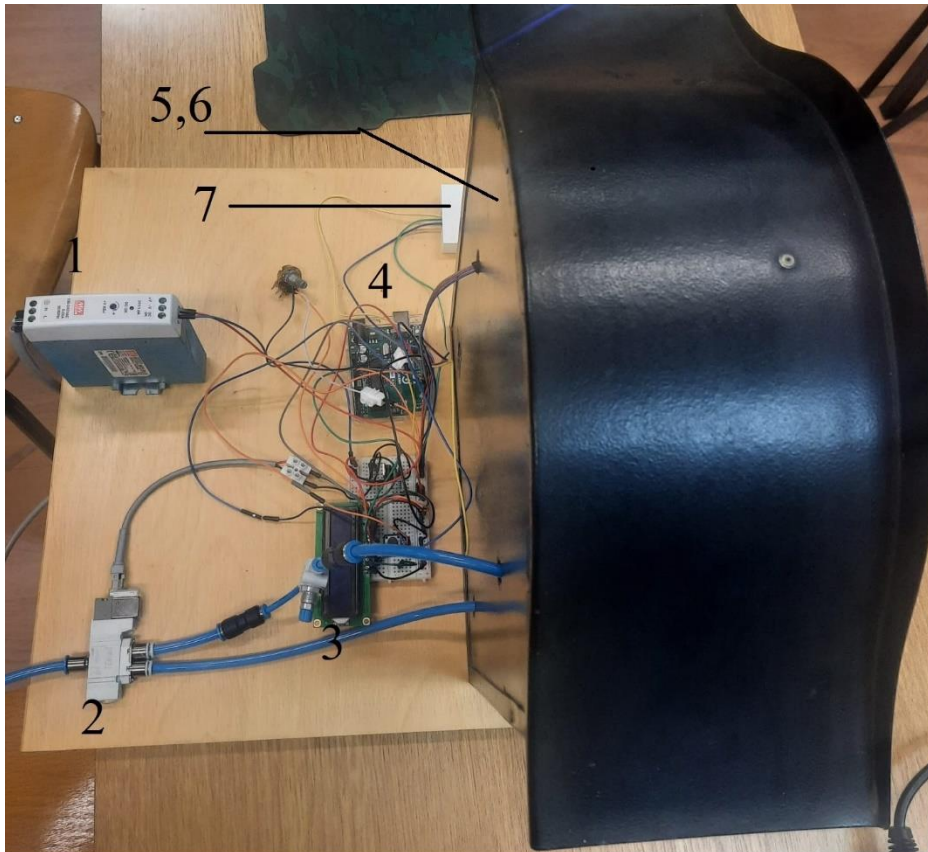
Slika 23. Klin za zaključavanje (CAD)



Slika 24. Isprintan klin za zaključavanje

#### 4.4. Konstrukcija sustava

Nakon ispitivanja rada svih komponenti te izrade dijelova pomoću 3D printera, sve komponente se spajaju i postavljaju na drvenu podlogu.



- 1 - Napajanje 24V
- 2 - Pneumatski razvodnik 5/3
- 3- Zaslona i razvojna pločica
- 4- Mikrokontroler Arduino
- 5- Senzor pokreta
- 6- Dvoradni cilindar
- 7- Senzor vibracija

Slika 25. Izrađeni sustav



## 5. PROVJERA RADA SUSTAVA

Programiranje cijelog sustava izvršava se u „Arduino Software (IDE)“. Ima široku primjenu u školstvu, jer programiranje i izrada sustava pomoću Arduino IDE ne zahtijeva velika financijska sredstva.

```
1  #include <LiquidCrystal.h>
2  LiquidCrystal lcd (2,3,6,7,8,9);    //Pinovi od LCD-a (RS, E, D4, D5, D6, D7)
3  int val =0;
4  int tip=0;
5  int tipkalo=1;
6  int senzor_pokreta=12;
7  int senzor_vibracije=13;
8  int razvodnik=4;
9  int brojkucanja=0;
10 int senzor_vib=0;
11 void setup() {
12     Serial.begin(9600);
13     lcd.begin(16,2);
14     lcd.setCursor(0,0);
15     lcd.print("Sanducic");
16     pinMode(senzor_pokreta, INPUT);
17     pinMode(razvodnik,OUTPUT);
18     pinMode(tipkalo,INPUT);
19     pinMode(senzor_vibracije,INPUT);
20     digitalWrite(tipkalo,HIGH);
21     delay (5000);
22 }
put  Serial Monitor
```

Slika 26. Definiranje varijabli i pinova

Komponentama korištenim za programiranje treba imenovati i dodijeliti im vrijednost pina na koji su povezani s Arduino mikrokontrolerom radi lakšeg čitanja koda. Nakon toga u funkciji setup() se definiraju pinovi i njihova uloga u sustavu.

Nakon definiranja pinova, prelazi se u glavnu petlju loop() koja se ciklički izvršava. Na slici 27 se prikazuje kod preko kojeg se ispituje detektira li pokrete senzor, ako ima gibanja vratit će „True“ ili „False“ ako nema gibanja. Kada senzor pošalje mikrokontroleru „True“, mikrokontroler šalje signal na zaslon na kojem se pojavi poruka „Stigla pošta!“. Poruka se poništava pomoću tipkala.

```
24 void loop() {
25     val = digitalRead(senzor_pokreta);
26     Serial.println(val);
27     tip=digitalRead(tipkalo);
28     Serial.println(tip);
29     senzor_vib=digitalRead(senzor_vibracije);
30     Serial.println(senzor_vib);
31     delay(10);
32
33     if (val==1 ){
34         lcd.setCursor(0,1);
35         lcd.print("Stigla posta!");
36     }
37     if (tip==1){
38         lcd.setCursor(0,1);
39         lcd.print("Nema poste!");
40     }
```

**Slika 27. Ispis poruke na zaslonu**

Na slici 28 je prikazan kod pomoću kojeg se provjerava reagira li senzor vibracija na vanjske podražaje, npr. kucanje. Kada senzor detektira vibracije sprema ih u varijablu brojkucanja te kad varijabla brojkucanja postane veća ili jednaka broj 2, šalje se signal mikrokontroleru koji otvara pneumatski razvodnik i otključava vrata poštanskog sandučića

```
41     if (senzor_vib ==true){
42         brojkucanja++;
43         delay(100);
44         Serial.println(brojkucanja);
45     }
46     if(brojkucanja >=2){
47         digitalWrite(razvodnik, HIGH);
48     }
49 }
```

**Slika 28. Pokretanje cilindra koji otključava vrata**

---

## **6. ZAKLJUČAK**

U završnom radu napravljena je maketa inteligentnog poštanskog sandučića koji se sastoji od dva podsustava: pneumatskog i upravljačkog podsustava. Korištenjem senzora pokreta detektira se otvaranje poklopca za ubacivanje pošte te se šalje signal na zaslon. Signale sa senzora obrađuje mikrokontroler Arduino UNO R3 koji upravlja logikom cijelog sustava.

Prilikom izrade sustava vodilo se računa o: korištenju komponenti koje su se nalazile u laboratoriju, o cijeni komponenti koje su se morale nabaviti i jednostavnosti izrade pojedinih dijelova. Pneumatski razvodni ventil 5/2 korišten u radu je monostabil, zbog jednostavnosti sustava, nije se morao koristiti bistabilni razvodni ventil.

Ako se želi poboljšati sustav, 3D printani dijelovi se mogu izraditi od kvalitetnijeg materijala, mogu se ugraditi dodatni senzori, kamera, GSM modul s čitačem SIM kartice.

---

**LITERATURA**

[ 1 ] Mjerno osjetilo. *Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje*. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021. Pristupljeno

<http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=45689>

[ 2 ] <https://electronic.ba/proizvod/44029/pir-modul-senzora-pokreta-hc-sr501-za-arduino>

[ 3 ] <http://hiletgo.com/ProductDetail/2163677.html>

[ 4 ] <https://www.hwlibre.com/hr/dugme/>

[ 5 ] <https://store.arduino.cc/products/arduino-uno-rev3>

[ 6 ] <https://docs.arduino.cc/learn/electronics/lcd-displays>

[ 7 ] "Pneumatika i hidraulika" Radoslav Korbar, Veleučilište u Karlovcu, [www.vuka.hr](http://www.vuka.hr), 2007.

[ 8 ] <https://www.aliexpress.com/i/1005003943963436.html>

[ 9 ] Katalog pneumatskih proizvoda tvrtke SMC

<https://www.smc Pneumatics.com/CG1BN25-20.html>

<https://www.smc Pneumatics.com/SY3120-5LOU-C6-Q.html>

<https://www.smc Pneumatics.com/ARJ1020F-M5-04.html>

[ 10 ] "Regulacija hidrauličkih i pneumatskih sustava" Dr. sc. Željko Šitum, izv. prof., Fakultet strojarstva i brodogradnje Zagreb, [zrno.fsb.hr](http://zrno.fsb.hr), 2011.

[ 11 ] <https://www.3djake.hr/creality-3d-printeri-i-rezervni-dijelovi/ender-3-s1>