

## RAZVOJ SISTEMA ZA UPRAVLJANJE NAJVAŽNIJIM PARAMETRIMA U PLASTENIKU

### DEVELOPMENT OF A SYSTEM FOR CONTROLLING KEY GREENHOUSE PARAMETERS

Jelena Pakušeovski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

#### Oblast – Mehatronika

**Kratak sadržaj** – U ovom radu prikazan je razvoj sistema za nadzor i upravljanje parametara unutar plastenika ili staklenika. Sistem omogućava automatsku regulaciju navodnjavanja, ventilacije i grijanja pomoću mikrokontrolera i senzorskih čvorova. Zadani podaci se prikupljaju i obrađuju u realnom vremenu i prikazuju putem grafičkog interfejsa, što doprinosi jednostavnijem i bržem uzgoju biljnih kultura.

**Ključne riječi:** DHT-22, Arduino Uno, HL-69, HA40101V4-1000Y-A99, pumpe, L298N, RemoteXY

**Abstract** – This paper presents the development of a system for monitoring and controlling parameters within a greenhouse. The system enables automatic regulation of irrigation, ventilation, and heating using microcontrollers and sensor nodes. The collected data is processed in real time and displayed through a graphical interface, contributing to simpler and faster cultivation of plant crops.

**Keywords:** DHT-22, Arduino Uno, HL-69, HA40101V4-1000Y-A99, pumps, L298N, RemoteXY

#### 1. UVOD

U posljednjih nekoliko godina, usljed klimatskih promjena i potrebe za povećanje efikasnosti u poljoprivredi, sve veći značaj se pridaje automatizaciji procesa u plastenicima.

Sistem koji je projektovan i koji će biti prikazan u ovom radu ima za cilj da pomogne u automatizaciji ključnih parametara za uzgoj voća i povrća u stakleniku ili plasteniku.

Automatizacija se sastoji od mjerenja trenutne vrijednosti veličina unutar plastenika i regulacije rada uređaja na osnovu izmjerenih vrijednosti. Veličine koje se mjere su temperatura, relativna vlažnosti vazduha i vlažnost zemljišta. Poznato je da su biljke osjetljive na različite faktore, poput nagle promjene temperature, koji može dovesti do oboljenja ili uništenja biljke [1].

#### 2. KOMPONENTE SISTEMA ZA NAVODNJAVANJE I REGULACIJU TEMPERATURE

U ovom poglavlju biće opisani uređaji koji se koriste pri projektovanju pametnog plastenika, kao i opis svakog od njih.

##### 2.1. Mikrokontroleri

Mikrokontroler je integrisan elektronski računarski uređaj dizajniran da obavlja određenu funkciju u ugrađenom sistemu. Mikrokontroler se sastoji od tri glavne komponente na jednom čipu: mikroprocesor, memorijska jedinica i periferni uređaji za ulaz i izlaz. Oni rade uz pomoć pratećih uređaja, analognog-digitalni pretvarači, serijski ulaz i izlaz i zajedničke linije koje se nazivaju sistemskom magistralom.

Jedan čip mikrokontrolera ugrađen u sistem obezbjeđuje performanse određene funkcije u uređaju. Ovaj princip uključuje primanje i izvršavanje podataka sa ulaznih i izlaznih perifernih uređaja pomoću mikroprocesora. Mikrokontroler prima privremene informacije u svoju memoriju podataka, gdje procesor pristupa informacijama i koristi data uputstva iz programske memorije da izvrši operaciju, zatim koristi izlazne periferije da izvrši potrebnu akciju [2].

##### 2.2. Senzori temperature

Ovi senzori su najrasprostranjeniji i koriste se za mjerenje temperature u različitim sistemima. Postoje četiri različita tipa temperaturnih senzora, u zavisnosti od primjene svaki tip ima svoje prednosti i mane.

1. Termoparovi - prvi tip senzora dat na slici 1. sastoji se od dva različita tipa metala, koji su spojeni na jednom kraju i kada se spoj dva metala zagrije ili ohladi, stvara se napon koji može biti u funkcionalnoj zavisnosti sa temperaturom [3]. Njihove najvažnije prednosti su: veliki temperaturni opseg (-230°C-2300°C), niska cijena, visoka preciznost i brzo vrijeme odziva, dok su mu mane: nelinearna zavisnost temperature i signala koji daje termopar, kao i mali izlazni signal (mV).



Slika 1. Prikaz termoparova

#### NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Gordana Ostojić.

2. Otpornički temperaturni senzori - drugi tip senzora dat na slici 2. radi na principu promjene otpornosti, koja zavisi od temperature [4]. Sastoji se od dvije žice namotane oko keramičkog ili staklenog jezgra, jezgo je obično vrlo krhko, pa je obloženo sandom koja ga štiti.

Njegove najvažnije prednosti su: približno linearna zavisnost temperature i signala, relativna tačnost, stabilni i pri velikim temperaturama ( $65^{\circ}\text{C}$ - $700^{\circ}\text{C}$ ), dok su mu mane: osjetljiv na udare i vibracije, mala osjetljivost i skuplji su u odnosu na termoparove.



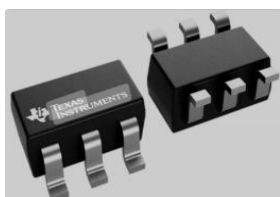
Slika 2. Prikaz otporničkih temperaturnih senzora

3. Termisori – treći tip senzora dat na slici 3. Sastoji se od poluprovodnika koji pokazuje veliku promjenu otpora proporcionalnu maloj promjeni temperature [5]. Termisori imaju negativan temperaturni koeficijent, što znači da otpor termisora opada sa porastom temperature. Njihove najznačajnije prednosti su: velika osjetljivost, niska cijena, tačni i pri malim temperaturnim opsezima, dok su im mane: nelinearna karakteristika, relativno mali temperaturni opsezi, ali dolazi i do zagrijavanja poluprovodničkog materijala.



Slika 3. Prikaz termistora

4. Senzori temperature sa integrisanim kolom – četvrti tip senzora dat na slici 4. Njihov rad se zasniva na poluprovodničkom spoju (obično PN spoj) čije se električne karakteristike mijenjaju u zavisnosti od temperature. Promjenom temperature dolazi do promjene napona ili struje u kolu, što se dalje koristi za određivanje temperature. Njihove prednosti su: niska cijena, linearna karakteristika, relativna tačnost, relativno mala fizička veličina, dok su im mane: ograničen temperaturni opseg i mogućnost zagrijavanja [6].



Slika 4. Prikaz senzora temperature sa integrisanim kolom

### 2.3. Senzori vlažnosti zemljišta

Detekcija vlage je važna u velikom broju različitih situacija, s obzirom na važnost kontrole količine vlage razvijen je veliki broj tehnika, kojima je moguće mjeriti je. Postoji nekoliko različitih tipova kao što su:

1. Reflektometri frekventnog dometa (FDR senzor) – ovaj senzor dat je na slici 5. [7] nazivaju se još i senzori kapacitivnosti. Sonde senzora koriste metod frekventnog domena mjerenja vlage u zemljištu, pored sonde imaju oscilator za generisanje elektromagnetnog signala koji se preko senzora širi kroz zemljište. Dio signala se reflektuje nazad do senzora, takav reflektovani signal se mjeri sandom. Njihove najvažnije prednosti su: velika tačnost, kratko vrijeme odziva i niska cijena, dok sa druge strane zahtijevaju kalibraciju za zemljišta čija se vlažnost mjeri.



Slika 5. Prikaz FDR senzora

2. Reflektometri vremenskog domena (TDR senzor) – ovaj senzor dat je na slici 6. Ovi senzori rade na principu stvaranja impulsa koji se kroz linije sonde širi kroz zemljište, nakon čega se impulsi vraćaju do vrha sonde. TDR senzori mjere vlažnost zemljišta tako što računaju vrijeme potrebno da se impuls vrati do vrha sonde. Njihove najvažnije prednosti su: velika tačnost i kratko vrijeme odziva, dok su mu mane: visoka cijena, lako korodiraju i kalibracija može biti zahtjevna i traje dugo.



Slika 6. Prikaz TDR senzora

3. Gipsani blokovi – ovaj senzor dat je na slici 7. Ovi senzori koriste dvije elektrode, koje su smještene unutar malih gipsanih blokova, količina vode u zemljištu određuje se na osnovu električne otpornosti između elektroda unutar gipsanih blokova, što su veće količine vode u zemlji, otpor će biti manji i obrnuto. Njihove najvažnije prednosti su: niska cijena, laka upotreba, dok su sa druge strane osjetljivi na slanu vodu.



Slika 7. Prikaz gipsanih blokova za mjerenje vlažnosti zemljišta [8]

4. Neutronske sonde – ovaj senzor dat je na slici 8. Prilikom mjerenja vlažnosti sonda emituje zračenje niskog nivoa u obliku neutrona, ovi neutroni se sudaraju sa atomima vodonika i pri tom sudaru usporavaju. Broj usporenih neutrona se registruje detektorima, oni će zavisiti od broja jezgara vodonika, tako da predstavlja mjeru količine vode u zemljištu, pri čemu je zavisnost usporenih neutrona i jezgra vodonika linearna. Njihove najvažnije prednosti su: brz odziv, velika tačnost i nisu osjetljivi na slanu vodu, pri čemu su im mane: visoka cijena i rukovaoci moraju biti obučeni za rad, s obzirom da neutronske sonde imaju radioaktivni element koji emituje neutron.



Slika 8. Prikaz neutronske sonde

## 2.4. Senzori vlažnosti zemljišta

U sistemima automatskog upravljanja veliku ulogu, pored senzora imaju i aktuatori. Oni su izvršni organi, odnosno uređaji kojima se na pobudu upravljačkih signala, pokretni dijelovi uređaja dovode u željeni položaj, u osnovi to su uređaji koji neku veličinu pojačavaju i pretvaraju u koristan rad. U nastavku će biti opisane aktuatorске jedinice koje predstavljaju sastavni dio svih plastenika koji posjeduju regulaciju temperature i vlažnosti.

### 2.4.1. Sistemi prinudne ventilacije

Proizvodnja povrća u zaštićenom prostoru, odvija se tokom čitave proizvodne sezone, pa je biljkama potrebno obezbijediti odgovarajuću mikroklimu za pravilan rast i razvoj. Dovoljna količina svježeg vazduha, pod kojim se podrazumijeva ne samo čistoća i hemijski sastav vazduha, nego i smanjen sadržaj vodene pare, postiže se kroz sistem za provjetravanje biljaka. Jedan od najpoznatijih uređaja je ventilator koji se koristi u različitim sferama, pri čemu se razlikuju akcijalni i radijalni ventilatori.

### 2.4.2. Sistemi za navodnjavanje

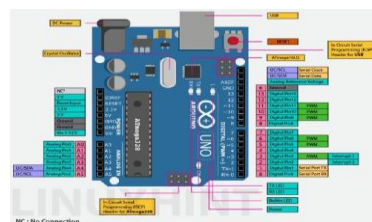
Postoje tri najčešća načina navodnjavanja: perforiranim cijevima, rasprskivačima i navodnjavanje pomoću kapaljki. Izbor sistema za navodnjavanje se obavlja na osnovu biljne vrste koja se gaji i načina proizvodnje. Kod sistema navodnjavanja velika je prednost i to što prilikom navodnjavanja može da se vrši dohrana biljaka tečnim đubrivima koja se doziraju u rezervoare. Da bi sistem bio potpuno automatizovan neophodno je korištenje pumpi, pumpe su uređaji koji služe za pretvaranje mehaničke energije, dobijene od motora, u hidrauličnu energiju. Po konstrukciji se dijele na: klipne, obrtne i to centrifugalne i aksijalne i obrtno – klipne.

## 3. HARDVER SISTEMA ZA REGULACIJU PARAMETARA PAMETNOG PLASTENIKA

U ovom poglavlju opisane su komponente koje su korištene u izradi prototipa pametnog plastenika, takodje opisan je rad i povezivanje komponenti međusobno i dato

je kratko objašnjene komunikacije između komponenti sa mikrorračunarom. Svaki dio hardvera mora da ispunjava nekoliko zahtjeva: niska cijena, lako povezivanje komponent, preciznost i pouzdanost u radu u uslovima visoke vlažnosti vazduha.

### 3.1. Arduino Uno mikrokontrolerska ploča



Slika 9. Arduino Uno mikrokontroler [9]

Arduino Uno prikazan na slici 9. namjenjen je razvoju aplikacija kod kojih je potrebno na jednostavan način ostvariti spregu između hardverskih i softverskih komponenti. Hardver se sastoji od štampane ploče zasnovane na 8-bitnom Atmel AVR ili 32-bitnom ARM mikrokontroleru. Razvoj softvera je omogućen korištenjem Open-source integrisanog razvojnog okruženja. Veza sa hardverom ostvarena je preko serijskog USB interfejsa koji se nalazi na samoj ploči i preko kojeg se program koji je napisan i kompajliran u razvojnom okruženju prebacuje u programsku fleš memoriju mikrokontrolera.

### 3.2. Izbor modula za komunikaciju sa Arduinoom

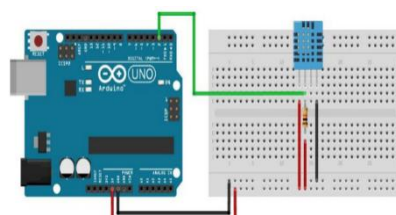
U ovom sistemu upravljanja izabran je Bluetooth, jer on predstavlja tehnologiju pomoću koje se vrši bežični prenos podataka između uređaja koji posjeduju istu tehnologiju. Bluetooth omogućava komunikaciju PDA uređaja, mobilnih telefona, laptop računara, digitalnih foto-aparata i kamera [10].

### 3.3. Izbor senzora

Prilikom izbora senzora u ovom sistemu neophodno je ispuniti određene uslove: niska cijena, mala fizička veličina senzora, minimalno odstupanje pri mjerenju, mogućnost povezivanja sa 8-bitnim mikrokontrolerom, brz odziv pri promjeni referentne vrijednosti i napajanja od 5VDC.

#### 3.3.1. Senzor temperature i vlažnosti – DHT-22

Za potrebe ovog rada izabran je senzor DHT-22, jer predstavlja senzor za mjerenje temperature i vlage u jednom kućištu i pri tome ima veliki opseg temperature i relativne vlažnosti vazduha. Tehničke karakteristike ovog senzora su: napajanje 3.5-5.5 VDC, radni opseg temperature -40~80 °C, radni opseg relativne vlažnosti vazduha 0~100% RH, osjetljivost pri mjerenju temperature  $\pm 0.5$  °C i osjetljivi pri mjerenju vlažnosti  $\pm 2\%$  RH. Način povezivanje DHT-22 senzora i Arduina dat je na slici 10.

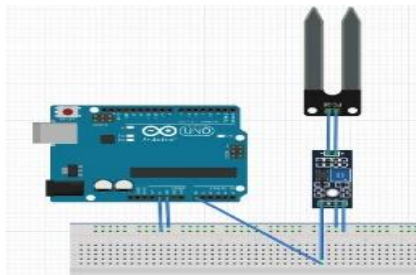


Slika 10. Način povezivanja DHT-22 i Arduina [11]



### 3.3.2. Izbor senzora vlažnosti zemljišta

Za potrebe ovog rada izabran je senzor YL-69 ili HL-69, koji se sastoji iz dva dijela: elektronske ploče i sonde sa dva jastučića, koji detektuju sadržaj vode. Način povezivanja ovog senzora i Arduina dat je na slici 11.



Slika 11. Način povezivanja YL-69 i Arduina

### 3.4. Izbor aktuatora

Pri izboru aktuatora potrebno je izvršiti određene proračune, veličine koje se koriste pri odabiru aktuatora zavise od samih plastenika.

#### 3.4.1. Ventilator HA40101V4-1000Y-A99

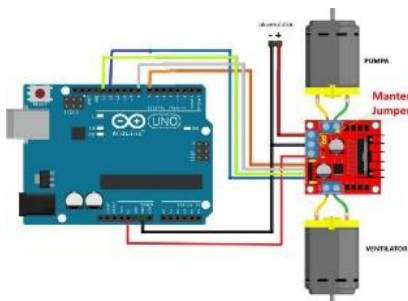
Za potrebe ovog projekta korišten je ventilator HA40101V4-1000Y-A99, koji zahvaljujući maloj brzini, radi gotovo tiho, ali uz maksimalne performanse hlađenja. Radni napon ovog ventilatora je 12 V, dok se na ulazu Arduino Uno kontrolera generiše napon od 5 V. Da bi se omogućilo uključivanje ventilatora potrebno je eksterno napajanje od 12 V, kao i drajver koji će uključiti ventilator kada dobije signal sa kontrolera.

#### 3.4.2. Izbor pumpe

Prilikom izrade ovog rada korištena je mini potapajuća pumpa za vodu. Ova mini potapajuća pumpa predviđena je za rad pri naponu od 3-5 VDC i odlikuje je mala potrošnja kao i nizak nivo buke prilikom rada. Radni vijek ove pumpe je preko 10000 radnih sati. Pumpa je vodootporna, a maksimalni protok je 80-100 L/h.

#### 3.4.3. Izbor drajvera za pumpu i ventilator

Za ovaj projekt izabran je L298N drajver, kako bi se upravljalo sa dva aktuatora i kako bi se obezbijedio napon od 12 V potreban za ventilator. Princip rada L298N drajvera temelji se na upotrebi H-mostova kako bi se omogućilo kontrolisanje smjera i brzine rotacije aktuatora. Način povezivanja pumpe, ventilatora i Arduina na L298N dato je na slici 12.



Slika 12. Način povezivanja na L298N drajver

## 4. SOFTVER SISTEMA

RemoteXY je platforma za razvoj mobilnih aplikacija koja omogućava kontrolu mikrokontrolera putem pametnih telefona ili tableta, pri čemu ova platforma nudi jedinstveno i individualno okruženje, što olakšava

programiranje i upravljanje projektima, kao i veliku brzinu stvaranja korisničkog interfejsa putem gotovih elemenata, kao što su dugmad, polja za unos teksta, grafici itd. Jedna od velikih prednosti ovog softvera jeste kompatibilnost sa različitim mikrokontrolerima kao što su Arduino, ESP88266, ESP32, Raspberry Pi i mnogi drugi, ali podržava i komunikaciju putem Bluetooth, Wi-Fi ili USB veze, što mu omogućava bežično upravljanje uređajima.

## 5. ZAKLJUČAK I PRAVCI DALJEG ISTRAŽIVANJA

U ovom master radu su obrađeni najvažniji parametri koji se kontrolišu unutar plastenika, dok bi prilikom daljeg razvoja mogli biti obrađeni i količina svjetlosti, kao i količina CO<sub>2</sub> koja je prisutna u plastenima. Ti parametri bi se mogli regulisati u zavisnosti od godišnjeg doba, kao i u zavisnosti od zasađene biljne kulture. Drugi smjer napredovanja ovog projekta bi moglo biti usavršavanje aplikacije preko koje bi se mogla unositi sorta biljke, a da aplikacija iz baze podataka povlači najvažnije parametre za optimalnu temperaturu i vlažnost zemljišta.

## 6. LITERATURA

- [1] Najčešće bolesti i štetočine biljaka | Forum Krstarice ([krstarica.com](http://krstarica.com))
- [2] Praktična nastava III1.pdf ([tspupin.org](http://tspupin.org))
- [3] Termoparovi - Fadip Bečej - manometri i termometri
- [4] Temperaturni senzori - Automatika.rs
- [5] What Is A Thermistor And How Does It Work? ([omega.com](http://omega.com))
- [6] What are Temperature sensor IC (integrated circuit)? ([omega.com](http://omega.com))
- [7] Senzori vlažnosti - Automatika.rs
- [8] Senzor vlage in temperature za nadzor in uravnavanje vlage v prostorih ([andivi.si](http://andivi.si))
- [9] UNO R3 | Arduino Documentation
- [10] Kako spojiti Bluetooth modul (HC-05) s Arduino Uno ([ciksiti.com](http://ciksiti.com))
- [11] DHT11/DHT22 Sensor with Arduino Tutorial (2 Examples) ([makerguides.com](http://makerguides.com))
- [12] In-Depth: Interface L298N DC Motor Driver Module with Arduino ([lastminuteengineers.com](http://lastminuteengineers.com))

### Kratka biografija:



**Jelena Pakusevski** rođena je u Prnjavoru, Bosna i Hercegovina, 2000. god. Osnovne akademske studije završila je 2023. godine na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mehatronike - Razvoj sistema za upravljanje najvažnijim parametrima u plastniku odbranila je 2025. godine.

kontakt: [jelena.pakusevski@gmail.com](mailto:jelena.pakusevski@gmail.com)