

# Prikaz meteoroloških podataka na E-ink pokazniku

---

**Kuzminski, Tena**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2024**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:200:516383>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-12**

*Repository / Repozitorij:*

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



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

**Sveučilišni prijediplomski studij Računarstvo**

**PRIKAZ METEOROLOŠKIH PODATAKA NA E-INK  
POKAZNIKU**

**Završni rad**

**Tena Kuzminski**

**Osijek, 2024.**

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK**Obrazac Z1P: Obrazac za ocjenu završnog rada na sveučilišnom prijediplomskom studiju****Ocjena završnog rada na sveučilišnom prijediplomskom studiju**

|  |   |
|--|---|
| <b>Ime i prezime pristupnika:</b>  | Tena Kuzminski  |
| <b>Studij, smjer:</b>  | Sveučilišni prijediplomski studij Računarstvo   |
| <b>Mat. br. pristupnika, god.</b>  | R4525, 27.07.2020.  |
| <b>JMBAG:</b>  | 0165085736  |
| <b>Mentor:</b>   | izv. prof. dr. sc. Tomislav Matić   |
| <b>Sumentor:</b>   |   |
| <b>Sumentor iz tvrtke:</b>   |   |
| <b>Naslov završnog rada:</b>   | Prikaz meteoroloških podataka na E-ink pokazniku  |
| <b>Znanstvena grana završnog rada:</b>   | Arhitektura računalnih sustava (zn. polje računarstvo)  |
| <b>Zadatak završnog rada:</b>  | U radu je potrebno implementirati prikaz meteoroloških podataka na E-ink pokazniku Inkplate6. Potrebno je pomoću WiFi mreže prikupiti meteorološke podatke te ih oblikovati za prikaz na Inkplate6 sustavu. Tema rezervirana za: Tena Kuzminski |
| <b>Datum prijedloga ocjene završnog rada od strane mentora:</b>  | 17.09.2024.   |
| <b>Prijedlog ocjene završnog rada od strane mentora:</b>   | Izvrstan (5)  |
| <b>Datum potvrde ocjene završnog rada od strane Odbora:</b>  | 25.09.2024.   |
| <b>Ocjena završnog rada nakon obrane:</b>  | Izvrstan (5)  |
| <b>Datum potvrde mentora o predaji konačne verzije završnog rada čime je pristupnik završio sveučilišni prijediplomski studij:</b> | 27.09.2024.   |



**FERIT**

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

## IZJAVA O IZVORNOSTI RADA

Osijek, 27.09.2024.

**Ime i prezime Pristupnika:**

Tena Kuzminski

**Studij:**

Sveučilišni prijediplomski studij Računarstvo

**Mat. br. Pristupnika, godina upisa:**

R4525, 27.07.2020.

**Turnitin podudaranje [%]:**

3

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom: **Prikaz meteoroloških podataka na E-ink pokazniku**

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

i sumentora

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

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

Potpis pristupnika:

# SADRŽAJ

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. UVOD .....</b>  | <b>1</b>  |
| <b>1.1. Zadatak završnog rada .....</b>                     | <b>1</b>  |
| <b>2. TRENUTNO STANJE TEHNIKE .....</b>                     | <b>2</b>  |
| <b>3. E-INK POKAZNIK METEOROLOŠKIH PODATAKA .....</b>       | <b>5</b>  |
| <b>3.1. Sklopovlje.....</b>                                 | <b>5</b>  |
| <b>3.2. Programska podrška.....</b>                         | <b>6</b>  |
| 3.2.1. Postavljanje Inkplate 6 zaslona.....                 | 7         |
| 3.2.2. Povezivanje na WiFi.....                             | 8         |
| 3.2.3. HTTP zahtjev za dohvaćanje vremenskih podataka ..... | 8         |
| 3.2.4. Raščlanjivanje i prikaz podataka .....               | 9         |
| 3.2.5. Promjena grada .....                                 | 10        |
| <b>3.3. Testiranje .....</b>                                | <b>11</b> |
| <b>4. ZAKLJUČAK.....</b>                                    | <b>14</b> |
| <b>LITERATURA .....</b>                                     | <b>15</b> |
| <b>SAŽETAK.....</b>   | <b>17</b> |
| <b>ABSTRACT .....</b>                                       | <b>18</b> |
| <b>PRILOZI.....</b>   | <b>19</b> |

## 1. UVOD

Prikazivanje vremenskih podataka u stvarnom vremenu može biti korisno u raznim kontekstima, od kućne upotrebe do komercijalnih aplikacija. U ovom završnom radu razmatra se problem prikaza meteoroloških podataka korištenjem elektroničkog papira (engl. *Electronic ink* – E-ink), koji nudi brojne prednosti u pogledu energetske efikasnosti i čitljivosti podataka na direktnoj sunčevoj svjetlosti.

Cilj ovog rada je razviti sustav za prikaz meteoroloških podataka na Inkplate 6 uređaju, koristeći podatke preuzete s dostupnih internet sučelja za programiranje aplikacija (engl. *Application Programming Interface* - API). U radu je detaljno razmotren postupak preuzimanja meteoroloških podataka, njihova obrada i prikaz na e-ink zaslonu. Također, obrađene su i specifičnosti korištenja OpenWeather API-ja, uključujući format podataka i potrebne korake za njihovo preuzimanje i prilagodbu prikazu na e-ink tehnologiji. Prikazani rezultati omogućuju uvid u učinkovitost korištenja e-ink tehnologije za ovakve primjene, kao i prednosti i nedostatke ovog pristupa u usporedbi s drugim tehnologijama za prikaz informacija. Cilj rada je pokazati kako e-ink zasloni mogu biti praktično i efikasno rješenje za trajni prikaz meteoroloških podataka, s potencijalom primjene u širokom spektru situacija.

Ostatak rada strukturiran je na sljedeći način. U drugome poglavlju objašnjena su trenutna dostignuća u području uređaja za prikazivanje vremenskih podataka. Treće poglavlje opisuje razvoj uređaja, odnosno sklopovlje, programsku podršku i testiranje pokaznika. Posljednje, četvrto poglavlje donosi zaključke ovoga rada zajedno s prijedlozima za buduća unaprjeđenja i nadogradnje.

### 1.1. Zadatak završnog rada

U radu je potrebno implementirati prikaz meteoroloških podataka na e-ink pokazniku Inkplate6. Potrebno je pomoću WiFi mreže prikupiti meteorološke podatke te ih oblikovati za prikaz na Inkplate6 sustavu.

## 2. TRENUTNO STANJE TEHNIKE

U posljednjih nekoliko godina, kućni meteorološki uređaji doživjeli su značajan napredak u tehnologiji, omogućujući korisnicima da precizno prate vremenske uvjete i klimatske promjene iz svojih domova. Moderni uređaji sada često integriraju napredne senzorske sustave, povezanost putem interneta i pametne algoritme kako bi korisnicima pružili sveobuhvatne i precizne podatke [1].

Netatmo Smart Home Weather Station (v. sliku 2.1.) nudi osnovne funkcionalnosti koje uključuju mjerenje unutarnje i vanjske temperature, razine buke, kvalitete zraka unutar prostorije i tlaka zraka. Uređaj se povezuje s pametnim telefonom putem Netatmo aplikacije, što omogućava praćenje očitavanja u stvarnom vremenu. Kompatibilan je s pametnim sustavima kao što su Alexa, Apple Home i Google Home. Uređaj se napaja pomoću baterija. Informacije o dometu bežičnog signala nisu navedene [2].

Ambient Weather WS-2902 (v. sliku 2.2.) uključuje mjerenje brzine i smjera vjetra, količine padalina, UV indeksa, sunčeva zračenja, barometarskog tlaka, temperature i vlažnosti zraka, točke rosišta, indeksa topline, osjeta hladnoće i drugih parametara. Zaslون tekućih kristala (engl. *Liquid Crystal Display* – LCD) u boji omogućava pregled svih ovih informacija. Podatci se mogu prikazivati i preko iPhone, iPad i Android uređaja pomoću aplikacije AmbientTool. Uređaj je solarno napajan s baterijskom rezervom. Domet bežičnog signala iznosi oko 100 m u otvorenom prostoru [3].



Sl. 2.1. Netatmo Smart Home Weather Station [2].

Davis Vantage Vue (v. sliku 2.3.) mjeri temperaturu i vlažnost zraka, brzinu i smjer vjetra, količinu padalina, točku rosišta, faze Mjeseca, i mnoge druge parametre. Uređaj uključuje WeatherLink

konzolu sa zaslonom u boji. Uređaj je solarno napajan uz baterijsku rezervu, a domet prijenosa podataka iznosi 300 m [4].

Tempest Weather System tvrtke WeatherFlow (v. sliku 2.4.) mjeri temperaturu, relativnu vlažnost zraka, tlak na razini stanice i tlak na razini mora, brzinu i smjer vjetra, aktivnosti munja, količinu padalina, ultraljubičasti (engl. *Ultraviolet* - UV) indeks, svjetlinu, sunčevo zračenje i još mnogo toga. Uređaj je kompatibilan s pametnim uređajima kao što su Alexa, Siri, IFTTT i Rachio. Tempest koristi Nearcast™ tehnologiju za precizne lokalne vremenske prognoze temeljene na umjetnoj inteligenciji. Napaja se putem solarnih panela, a domet signala iznosi do 300 m [5].



Sl. 2.2. Ambient Weather WS-2902 [3].



Sl. 2.3. Davis Vantage Vue [4].

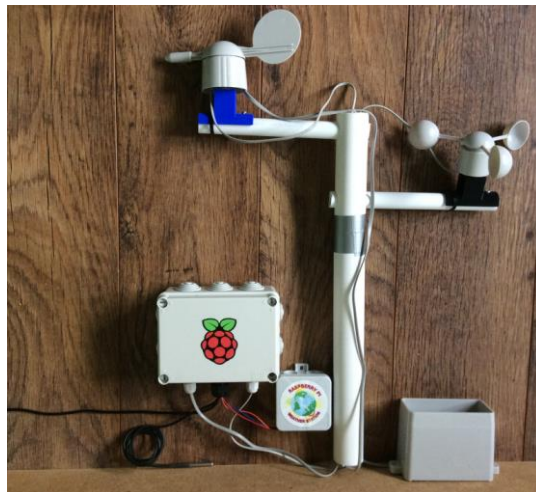
Osim komercijalno dostupnih kućnih meteoroloških stanica, mnogi entuzijasti i hobisti odlučuju se za izgradnju vlastitih uređaja putem "uradi sam" projekata. Ovi uređaji koriste platforme kao što su Raspberry Pi i Arduino, koje omogućuju korisnicima da kombiniraju različite senzore i komponente prema svojim specifičnim potrebama i interesima. Na primjer, projekt Raspberry Pi



meteorološke stanice (v. sliku 2.5.) koristi razne senzore za mjerenje temperature, vlažnosti, tlaka zraka, a uz pomoć Python skripti obrađuje i prikazuje podatke u realnom vremenu [6].



Sl. 2.4. Tempest Weather System [5].



Sl. 2.5. Raspberry Pi meteorološke stanice [6].

Razvijeni uređaj u ovom završnom radu, iako jednostavniji u usporedbi s komercijalnim rješenjima poput Netatmo Smart Home Weather Station, nudi specifičan skup značajki koji ga čine zanimljivim za određene korisnike. Dok predstavljene uređaji koriste senzore za praćenje vremenskih uvjeta i integraciju s pametnim kućnim platformama, ovaj uređaj se oslanja na podatke dobivene putem API-ja. Ova metoda može rezultirati manjom točnošću podataka zbog nedostatka vlastitih senzora i ograničenja u vezi s preciznošću lokacije. Umjesto sofisticiranih aplikacija za pametne telefone, uređaj koristi e-ink pokaznik, koji je energetski učinkovit i pruža odličnu vidljivost podataka. Ovaj pristup omogućuje korisnicima da u jednostavnom i vizualno ugodnom formatu prate osnovne vremenske uvjete, nudeći funkcionalnost koja je u skladu s minimalističkim dizajnom i specifičnim potrebama.

### 3. E-INK POKAZNIK METEOROLOŠKIH PODATAKA

U ovome poglavlju detaljno su opisani sklopovlje i programska podrška koji čine pokaznik namijenjen prikazivanju vremenskih podataka te načini testiranja izrađenog uređaja.

#### 3.1. Sklopovlje

Inkplate 6, na slici 3.1., je e-ink pokaznik temeljen na tehnologiji elektroničkog papira, dizajniran za nisku potrošnju energije i jednostavnu upotrebu. Pokaznik koristi e-ink zaslon veličine 6" s razlučivošću od 800 x 600 piksela i 16 sivih nijansi, što ga čini pogodnim za prikaz jednostavnih slikovnih prikaza, teksta i osnovnih korisničkih sučelja. Sklopovlje Inkplate 6 sastoji se od nekoliko ključnih komponenti. Osnovni dio sustava je mikroupravljač ESP32, koji je odgovoran za upravljanje svim funkcijama pokaznika. ESP32 ima integrirane module za bežičnu mrežu (engl. *Wireless Fidelity* – WiFi) i Bluetooth, što omogućuje bežičnu povezanost s mrežama i drugim uređajima. Inkplate 6 može se napajati putem priključka mikro univerzalne serijske sabirnice (engl. *Universal Serial Bus* – USB) s naponom od 5 volti ili pomoću litij-polimerne baterije s naponom od 3.7 volti, što omogućuje prenosivost i fleksibilnost u različitim okruženjima. Uređaj može biti optimiziran za nisku potrošnju energije, u stanju mirovanja iznos struje je oko 25  $\mu$ A. Uređaj također sadrži ugrađeni punjač za bateriju, što dodatno olakšava korištenje u prijenosnim aplikacijama [7].



Sl. 3.1. Inkplate 6 [7].

Inkplate 6 također ima tri kapacitivne tipke na dodir, koje su integrirane u okvir pokaznika. Ove tipke koriste kapacitivnu tehnologiju dodira koja prepoznaje promjene u kapacitetu strujnog kruga kada korisnik dotakne površinu. Prilikom dodira, ljudska koža djeluje kao dielektrik i stvara

dodatni kapacitet u krugu, što uzrokuje promjenu u vremenu punjenja i pražnjenja kondenzatora. ESP32 bilježi ovu promjenu kao korisnički unos [8].

E-ink zaslon sastoji se od tankog filma ispunjenog mikrokapsulama koje sadrže crne i bijele čestice. Crne čestice su negativno, a bijele pozitivno nabijene. Kada se na kapsule primijeni električno polje, ono određuje koje će se čestice kretati prema površini zaslona. Ako se primijeni pozitivan napon, crne se čestice pomiču prema gore i zaslon postaje tamniji; obrnuto, kada je napon negativan, bijele čestice dolaze na površinu i zaslon postaje svjetliji. Ključna značajka ove tehnologije je to što, nakon što je slika formirana, ona ostaje stabilna bez daljnjih potreba za napajanjem, sve dok se ne primijeni novi signal za promjenu prikaza. Upravo zbog toga e-ink zasloni troše energiju samo prilikom osvježavanja [9].

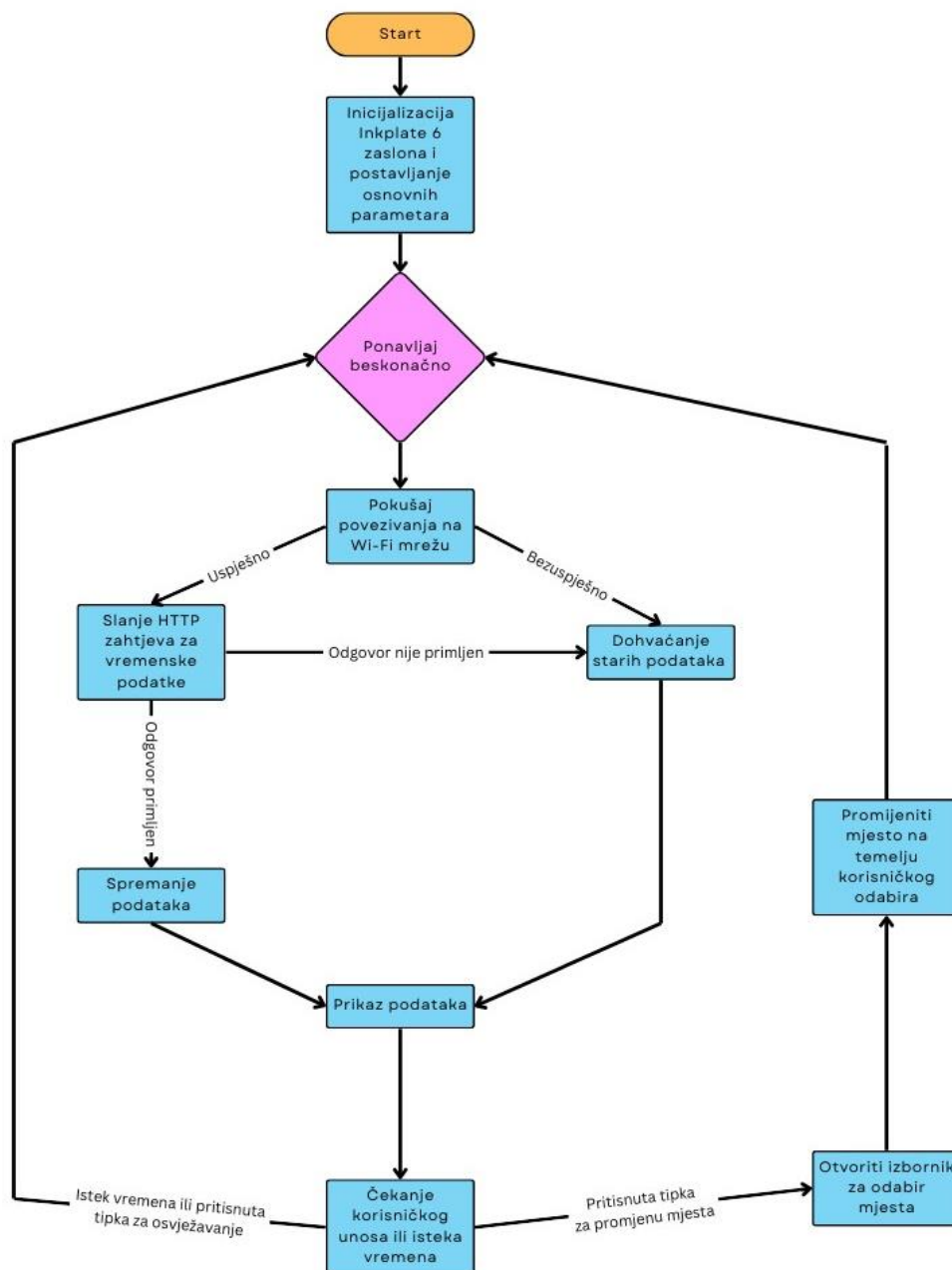
### **3.2. Programska podrška**

Za izradu ove aplikacije korišten je Inkplate 6 zaslon i Arduino IDE. Arduino IDE je razvojno okruženje koje omogućuje jednostavno pisanje, uređivanje i učitavanje kôda na različite mikrokontrolerske platforme, uključujući i Inkplate 6. Temeljen na jezicima C i C++, Arduino IDE nudi osnovne funkcionalnosti za upravljanje sklopovljem, te komunikaciju između njega i vanjskih usluga [10]. U ovom projektu, Arduino IDE omogućio je integraciju Inkplate 6 zaslona s OpenWeather API-jem kako bi se dohvatili i prikazali podaci o vremenskim uvjetima.

Za dobivanje vremenskih podataka korišten je OpenWeather API, globalni servis za vremenske podatke koji pruža detaljne informacije o trenutnim vremenskim uvjetima, prognozi i povijesnim podacima. API omogućuje pristup podacima putem protoka za prijenos hiperteksta (engl. *Hypertext Transfer Protocol* - HTTP), a odgovori dolaze u formatu notacije objekta u JavaScriptu (engl. *JavaScript Object Notation* - JSON), što omogućuje lako čitanje i raščlanjivanje informacija. OpenWeather API koristi širok spektar meteoroloških podataka koji dolaze iz različitih izvora, uključujući profesionalne meteorološke stanice, satelite, radare i podatke dobivene iz više od 40000 vremenskih stanica diljem svijeta [11]. Ova raznovrsnost izvora osigurava točnost i ažurnost podataka, čineći ga idealnim izborom za aplikacije poput ove.

Kako bi se razumio način funkcioniranja aplikacije, slijedi prikaz algoritma na slici 3.2. koji opisuje ključne korake u procesu dobivanja i prikaza vremenskih podataka.

Kôd aplikacije je organiziran u nekoliko dijelova koji omogućuju komunikaciju s Inkplate 6 zaslonom, dohvaćanje podataka putem OpenWeather API-ja i njihov prikaz na ekranu. U nastavku su detaljno objašnjeni ključni segmenti kôda koji upravljaju ovim funkcionalnostima.



Sl. 3.2. Blok dijagram algoritma programske podrške.

### 3.2.1. Postavljanje Inkplate 6 zaslona

Prvi korak u svakom Arduino projektu je inicijalizacija sklopovlja. Inkplate 6 zaslon se inicijalizira pomoću odgovarajuće biblioteke dostupne na [12]. Dio kôda sa slike 3.3. inicijalizira zaslon u načinu rada 1-bitni crno-bijeli način rada, što je dovoljno za jednostavan prikaz teksta i slikovnih prikaza. Objekt display koristi se za upravljanje svim slikovnim elementima na zaslonu.

### 3.2.2. Povezivanje na WiFi

Kako bi aplikacija mogla dohvatiti vremenske podatke s interneta, potrebna je WiFi veza. Segment kôda sa slike 3.4. odgovoran je za spajanje na WiFi koristeći biblioteku WiFiMulti dostupnu na [13], koja omogućuje jednostavno spajanje na jednu od dostupnih mreža. Povezivanje na WiFi mrežu realizirano je korištenjem klase WiFiMulti, koja omogućuje pokušaj spajanja na više različitih WiFi mreža koje su unaprijed definirane. Funkcija connectToWiFi() vraća logičku vrijednost. Ovaj povratni rezultat koristi se kako bi se procijenilo trebaju li se daljnji pokušaji povezivanja nastaviti ili prekinuti.

### 3.2.3. HTTP zahtjev za dohvaćanje vremenskih podataka

Nakon uspostave WiFi veze, aplikacija šalje HTTP zahtjev OpenWeather API-ju kako bi dohvatila vremenske podatke, što je prikazano na slici 3.5..

| <i>Linija</i> | <i>Kod</i>                       |
|---------------|----------------------------------|
| 1:            | #include <Inkplate.h>            |
| 2:            | Inkplate display(INKPLATE_1BIT); |

Sl. 3.3. Kôd za postavljanja Inkplate 6 zaslona.

| <i>Linija</i> | <i>Kod</i>  |
|---------------|---|
| 1:            | #include <WiFiMulti.h>                                      |
| 2:            | WiFiMulti wifiMulti;  |
| 3:            | bool connectToWiFi(int i) {                                 |
| 4:            | if (wifiMulti.run() == WL_CONNECTED) {                      |
| 5:            | display.setCursor(70, 50+35*i);                             |
| 7:            | display.print("Connected to "); display.print(WiFi.SSID()); |
| 8:            | display.partialUpdate(false,true);                          |
| 9:            | delay(300);   |
| 10:           | return true;  |
| 11:           | } else {  |
| 12:           | ...   |
| 13:           | return false;}}   |

Sl. 3.4. Kod za spajanje na WiFi.

| <i>Linija</i> | <i>Kod</i>                     |
|---------------|--------------------------------|
| 1:            | #include <HTTPClient.h>        |
| 2:            | void fetchWeatherData() {      |
| 3:            | ...                            |
| 4:            | HTTPClient http;               |
| 5:            | http.begin(WeatherUrl2);       |
| 7:            | httpResponseCode = http.GET(); |
| 8:            | if (httpResponseCode > 0) {    |
| 9:            | Payload1 = http.getString();   |
| 10:           | http.end();                    |
| 11:           | savePayloadVariables();        |
| 12:           | displayWeatherData();          |
| 13:           | ...                            |
| 14:           | }                              |

Sl. 3.5. Kod slanja zahtjeva za dohvaćanje podataka.

Koristeći HTTPClient biblioteku dostupnu na [14], aplikacija šalje GET zahtjev prema API-ju koristeći uniformni resursni lokator (engl. *Uniform Resource Locator* – URL) koji sadrži informacije o odabranom gradu. Ako je zahtjev uspješno izvršen, primljeni podaci se pohranjuju i zatim se prikazuju na zaslonu.

### 3.2.4. Raščlanjivanje i prikaz podataka

Podaci dohvaćeni putem OpenWeather API-ja dolaze u formatu JSON. Aplikacija koristi ArduinoJson biblioteku, dostupnu na [15], za raščlanjivanje ovih podataka, izdvajajući informacije o vremenskim uvjetima.

Kako bi se olakšalo rukovanje podacima, JSON odgovor iz HTTP zahtjeva se učitava u dinamički JSON dokument. Nakon što je JSON dokument pretvoren, aplikacija iz njega dohvaća specifične informacije koristeći jednostavne putanje unutar JSON strukture kao što je vidljivo na slici 3.6..

| <i>Linija</i> | <i>Kod</i>   |
|---------------|--|
| 1:            | <code>void displayWeatherData() {</code>   |
| 2:            | <code>DynamicJsonDocument doc1(2048);</code>   |
| 3:            | <code>deserializeJson(doc1, payload1);</code>  |
| 4:            | <code>String weatherDescription =</code><br><code>doc1["weather"][0]["description"].as&lt;String&gt;();</code> |
| 5:            | <code>String weatherIcon = doc1["weather"][0]["icon"].as&lt;String&gt;();</code>                               |
| 6:            | <code>float temp = doc1["main"]["temp"].as&lt;float&gt;();</code>  |
| 7:            | <code>float windspeed = doc1["wind"]["speed"].as&lt;float&gt;();</code>  |
| 8:            | <code>...</code>   |
| 9:            | <code>}</code>   |

Sl. 3.6. Kod raščlanjivanja podataka.

Nakon što su podaci dohvaćeni i pohranjeni u varijable, aplikacija ih prikazuje na zaslonu Inkplate 6 kako je prikazano na slici 3.7.. Uređaj povezan na WiFi mrežu prikazuje odabrani grad, pri čemu se na lijevoj strani zaslona nalazi prepoznatljiva vremenska ikona, na primjer sunce, oblak ili munja. Desni dio zaslona sadrži kompas, koji osim strana svijeta, prikazuje i smjer vjetra. Ispod vremenske ikone dostupne su informacije o predviđenim vremenskim uvjetima za taj dan, uključujući temperaturu i vlažnost zraka. Brzina i naleti vjetra prikazani su ispod kompasa. Uređaj pruža pregled minimalnih i maksimalnih temperatura za narednih pet dana. Zaslone također uključuje podatke o vremenu izlaska i zalaska sunca, dok je na dnu zaslona objašnjena funkcionalnost tipki. Tipka 1 služi za osvježavanje zaslona, tipka 2 omogućuje promjenu grada, dok tipka 3 u ovom slučaju nema funkciju. Zaglavlje zaslona prikazuje vrijeme posljednjeg ažuriranja, status WiFi povezivanja i ime WiFi mreže. U slučaju gubitka veze, uređaj prikazuje prekrženu WiFi ikonu te korisnika informira o prikazu starijih podataka.

### 3.2.5. Promjena grada

Aplikacija omogućuje korisniku da promijeni grad za koji želi dohvatiti vremenske podatke. Ova funkcionalnost implementirana je unutar loop funkcije, vidljivo na slici 3.8., gdje se detektira dodir tipke za promjenu grada.

Pritiskom određene tipke, prvo se poziva funkcija koja omogućuje korisniku izbor kontinenta, a zatim i grada. Prikaz izbornika kontinenata i gradova organiziran je u obliku mreže na zaslonu, omogućujući pregledan odabir. Kontinenti su prikazani u dva reda i tri stupca, a nakon odabira kontinenta, prikazuje se izbornik gradova raspoređen na isti način. Na dnu zaslona nalaze se tri tipke. Tipka 1 služi za pomicanje ulijevo, tipka 2 za potvrdu odabira, a tipka 3 za pomicanje udesno. Korisnik može koristiti tipke za pomicanje lijevo ili desno kako bi odabrao željeni grad, a kada se pritisne gumb za potvrdu, dohvaćaju se novi vremenski podaci za odabrani grad.

| <i>Linija</i> | <i>Kod</i>   |
|---------------|--|
| 1:            | <code>void displayWeatherData() {</code>                                     |
| 2:            | <code>...</code>   |
| 3:            | <code>display.setCursor(475, 340);</code>                                    |
| 4:            | <code>display.print("Wind speed: "); display.println(windspeed);</code>      |
| 5:            | <code>display.setCursor(75, 310);</code>                                     |
| 6:            | <code>display.print("Weather: ");display.println(weatherDescription);</code> |
| 7:            | <code>...</code>   |
| 8:            | <code>}</code>   |

Sl. 3.7. Kod prikaza podataka.

| <i>Linija</i> | <i>Kod</i>                              |
|---------------|---|
| 1:            | <code>void loop() {</code>              |
| 2:            | <code>...</code>                        |
| 3:            | <code>if (mcp.digitalRead(11)) {</code> |
| 4:            | <code>chooseContinent();</code>         |
| 5:            | <code>delay(200);}}</code>              |

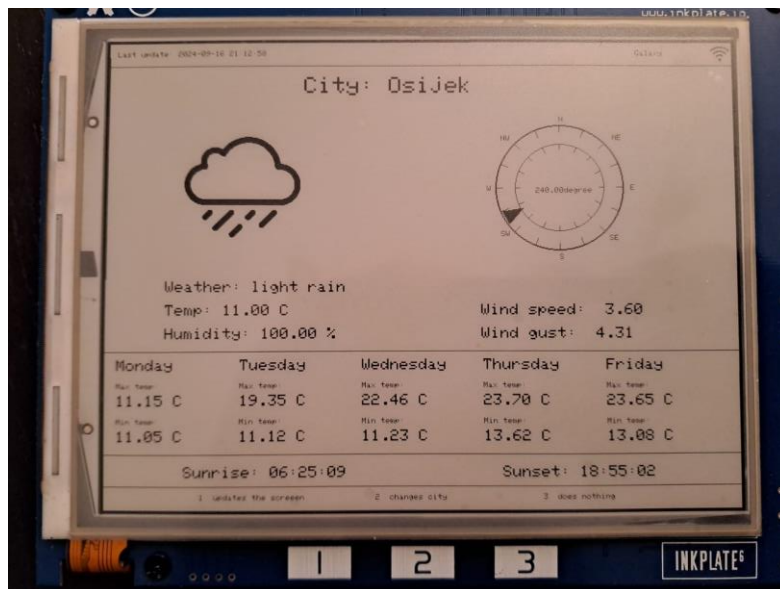
Sl. 3.8. Kod za promjenu grada.

Nakon što korisnik odabere kontinent, prikazuju se samo gradovi s tog kontinenta, olakšavajući pretraživanje. Gradovi dostupni za Europu uključuju Osijek, Berlin, Madrid, Rim, London i Pariz. U Africi korisnik može birati između gradova Kairo, Johannesburg, Lagos, Nairobi, Casablanca i Kinšasa. Za Sjevernu Ameriku ponuđeni su Miami, Boston, Chicago, Houston, Phoenix i Toronto, dok Južna Amerika nudi gradove Brasilia, Caracas, Montevideo, Lima, Santiago i Bogota. U Aziji su dostupni gradovi Tokio, Peking, Seul, Mumbai, Bangkok i Singapur, a za Australiju Sidney, Melbourne, Brisbane, Perth, Adelaide i Auckland.

### 3.3. Testiranje

Testiranje aplikacije provedeno je metodom testiranja od kraja do kraja (engl. *end-to-end* – E2E). E2E testiranje provjerava kako različiti dijelovi sustava međusobno surađuju, fokusirajući se na cjelokupno korisničko iskustvo [16]. Ovo testiranje provjerava svaki korak uključujući proces povezivanja na internet, dohvaćanje i prikaz podataka, te ponašanje aplikacije u slučaju gubitka veze.

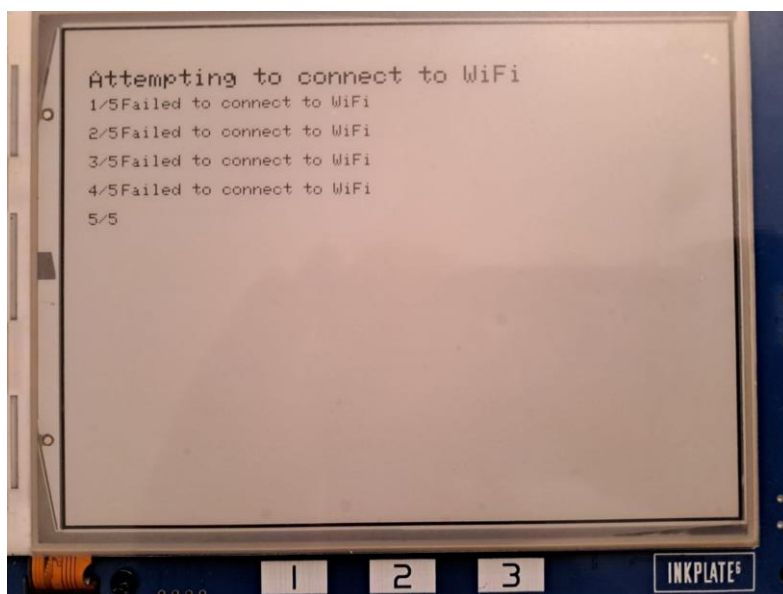
Naglasak je bio na provjeri vizualnog prikaza vremenskih ikona i tekstualnih informacija, osiguravajući da su sve informacije, poput ikona vremena, temperature i brzine vjeta, pravilno prikazane i čitljive. Na slici 3.9. prikazan je primjer prikaza podataka na e-ink zaslonu, gdje se jasno vidi kako su različite vremenske ikone i tekstualne informacije raspoređene i prikazane.



Sl. 3.9. Prikaz vremenskih podataka

Povezivanje na WiFi mrežu testirano je u nekoliko iteracija. Tijekom testiranja zabilježeno je da, ako se veza ne uspostavi unutar prve sekunde, sustav automatski pokreće ponovne pokušaje u određenim intervalima te ispisiuje obavijesti o uspješnosti (v. sliku 3.10.3.10.). Nakon pet neuspješnih pokušaja, aplikacija prebacuje prikaz na posljednje pohranjene podatke čime se osigurava kontinuiran prikaz informacija i sprječava potpuni nedostatak podataka za korisnika. Testirani su scenariji nemogućnosti povezivanja na WiFi mrežu radi provjere ispravnosti prikazane prekrížene WiFi ikone i informacije o prikazu starijih podataka (v. sliku 3.11.3.10.). Testiranje je uključivalo i provjeru prikaza vremena posljednjeg usklađivanja s API-jem (v. sliku 3.12.3.10.), kako bi korisnik uvijek znao kada su podaci zadnji put ažurirani.

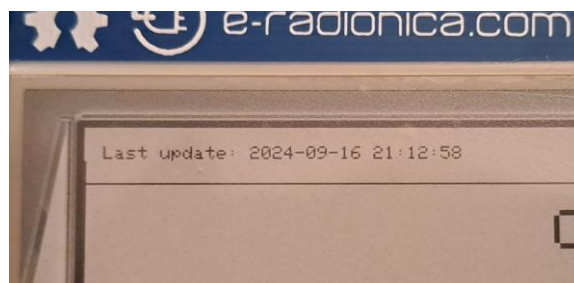




Sl. 3.10. Prikaz pokušaja povezivanja na WiFi



Sl. 3.11. Prikaz obavijesti o prikazivanju starih podataka i WiFi ikone



Sl. 3.12. Prikaz posljednje vremena osvježavanja zaslona

Pored toga, testiranje je obuhvatilo i funkcionalnost promjene kontinenta i grada. Kontinenti i gradovi su se ispravno mijenjali putem dodirnih tipki, a prebacivanje između različitih kontinenta bilo je intuitivno i glatko zahvaljujući uputama koje se nalaze iznad tipki. Na slici 3.13. prikazan je izbornik kontinenata koji ilustrira način na koji su kontinent i gradovi organizirani i prikazani na zaslonu.

Kako bi se olakšalo utvrđivanje i provjera ispravnosti koda, korištena je komunikacija putem univerzalnog asinkronog prijemnika i odašiljača (engl. *Universal Asynchronous*

*Receiver/Transmitter – UART*) koja omogućuje ispisivanje ključnih informacija o tijeku programa i eventualnim greškama. Ova metoda bila je korisna za praćenje povezanosti na WiFi mrežu i ispravnost preuzimanja podataka s vremenskih poslužitelja. Na primjer poruke su se ispisivale kada se podaci uspješno preuzmu i kada se uređaj uspješno poveže na WiFi mrežu.



Sl. 3.13. Prikaz izbornika kontinenata

Tijekom testiranja detektiran je problem s tipkama na dodir na Inkplate 6 pokazniku. Otkriveno je da, kada se uređaj isključi i ponovno uključi putem sklopke, dolazi do kašnjenja u radu tipki na dodir. Nakon uključivanja, tipke na dodir su vraćale logičku jedinicu bez obzira na stvarni pritisak tipki, što je trajalo oko 1 minutu i 55 sekundi, nakon čega su tipke ponovno počele normalno raditi. Istraživanjem je zaključeno da je problem u načinima napajanja integriranog kruga za upravljanje dodirnim funkcijama, koji se pogrešno kalibrirao prilikom uključivanja uređaja putem sklopke. Za uklanjanje problema, preporučeno je napajanje putem baterije.

## 4. ZAKLJUČAK

Cilj ovog završnog rada bio je razviti sustav za prikaz meteoroloških podataka na e-ink zaslonu Inkplate 6 koristeći podatke preuzete putem internetskog API-ja.

Kroz rad realizirane su sve tražene funkcionalnosti kao što su uspješno povezivanje sustava na WiFi, dohvaćanje podataka putem HTTP zahtjeva i prikaz tih podataka na e-ink zaslonu. Sustav omogućuje promjenu grada putem kapacitivnih tipki, što dodatno doprinosi funkcionalnosti. Međutim, određeni izazovi su se pojavili, poput kašnjenja u radu tipka na dodir nakon isključivanja i ponovnog uključivanja uređaja. Problem je povezan s kalibracijom integriranog kruga za upravljanje dodirnim funkcijama, ali moguće rješenje je korištenje baterijskog napajanja, što zahtijeva daljnje testiranje.

Za budući rad predlaže se proširenje popisa gradova kako bi sustav bio prilagođen većem broju korisnika. Implementacija metoda za uštedu energije za ESP32 mikroupravljač omogućilo bi duži rad na baterijskom napajanju. Također, razmatranje novih metoda za integraciju dodatnih funkcionalnosti, poput prikaza povijesnih podataka ili prognoze za više dana, moglo bi unaprijediti primjenjivost sustava u različitim scenarijima.

## LITERATURA

- [1] „The Future of Weather Stations: Advancements and Innovations“ [online]. Dostupno na: <https://www.rikasensor.com/a-news-the-future-of-weather-stations-advancements-and-innovations.html>. [Pristupljeno: 16.9.2024.].
- [2] „Smart Home Weather Station“ [online]. Dostupno na: <https://www.netatmo.com/smart-weather-station>. [Pristupljeno: 15.9.2024.].
- [3] „Ambient Weather WS-2902 Smart Wifi Weather Station with WiFi Remote Monitoring & Alerts“ [online]. Dostupno na: <https://ambientweather.com/ws-2902-smart-weather-station>. [Pristupljeno: 15.9.2024.].
- [4] „Vantage Vue Weather Station with WeatherLink Console - SKU 6242, 6242M“ [online], 23-lis-2023. Dostupno na: <https://www.davisinstruments.com/products/vantage-vue-weather-station-with-weatherlink-console>. [Pristupljeno: 15.9.2024.].
- [5] „Tempest Weather Station“ [online]. Dostupno na: <https://shop.tempest.earth/products/tempest>. [Pristupljeno: 15.9.2024.].
- [6] „Build your own weather station | Python | Coding projects for kids and teens“ [online]. Dostupno na: <https://projects.raspberrypi.org/en/projects/build-your-own-weather-station>. [Pristupljeno: 15.9.2024.].
- [7] „[RETIRED] Inkplate 6 - 6" e-paper board“ [online]. .
- [8] „Capacitive Touch Screen: What Is It? How Does It Work? Types“ [online]. Dostupno na: <https://www.iqsdirectory.com/articles/membrane-switch/capacitive-touch-screens.html>. [Pristupljeno: 15.9.2024.].
- [9] „Electronic Ink | E Ink Technology“ [online]. Dostupno na: [https://www.eink.com/tech/detail/How\\_it\\_works](https://www.eink.com/tech/detail/How_it_works). [Pristupljeno: 16.9.2024.].
- [10] J., Blum, *Exploring Arduino: tools and techniques for engineering wizardry*. Wiley: Indianapolis, 2013.
- [11] „Current weather and forecast - OpenWeatherMap“ [online]. Dostupno na: <https://openweathermap.org/>. [Pristupljeno: 15.9.2024.].
- [12] „SolderedElectronics/Inkplate-Arduino-library“. Soldered Electronics, 09-ruj-2024.
- [13] „arduino-libraries/Arduino\_MultiWiFi“. Arduino Libraries, 23-ožu-2024.
- [14] „arduino-libraries/ArduinoHttpClient“. Arduino Libraries, 04-kol-2024.
- [15] B., Blanchon, „bblanchon/ArduinoJson“. 16-ruj-2024.

[16] „What is end-to-end testing? | Definition from TechTarget“ [online]. Dostupno na:  
<https://www.techtarget.com/searchsoftwarequality/definition/End-to-end-testing>.  
[Pristupljeno: 16.9.2024.].

## SAŽETAK

U ovom završnom radu razmatran je problem prikaza meteoroloških podataka korištenjem e-ink zaslona Inkplate 6. Razvijen je sustav za prikaz vremenskih informacija preuzetih putem OpenWeather API-ja. Rješenje je uključivalo povezivanje uređaja na WiFi mrežu, slanje HTTP zahtjeva za dohvaćanje podataka, njihovo raščlanjivanje te prikaz na energetski učinkovitom e-ink zaslonu. Testiranje sustava pokazalo je da e-ink tehnologija pruža dobru čitljivost i nisku potrošnju energije, uz određena ograničenja poput sporijeg osvježavanja i ograničenog izbora gradova. Rad je postavio temelje za daljnju optimizaciju sustava i proširenje njegovih funkcionalnosti.

Ključne riječi: API, E-ink, meteorološki podaci, prikaz podataka, WiFi

## **ABSTRACT**

Title: E-ink Weather Data Display

This thesis addresses the problem of displaying meteorological data using the Inkplate 6 e-ink display. A system was developed to display weather information retrieved via the OpenWeather API. The solution involved connecting the device to a WiFi network, sending HTTP requests to fetch data, parsing the data, and displaying it on the energy efficient e-ink display. System testing demonstrated that e-ink technology provides good readability and low energy consumption, though it has certain limitations such as slower refresh rates and a limited selection of cities. The project laid the groundwork for further system optimization and expansion of its functionalities.

Keywords: API, E-ink, meteorological data, data display, WiFi

## **PRILOZI**

Završnom radu priloženi su sljedeći dokumenti:

- završni rad u PDF obliku
- završni rad u WORD obliku
- Arduino projekt.