

TEHNIČKA ŠKOLA RUĐERA BOŠKOVIĆA  
GETALDIĆEVA 4, ZAGREB

ZAVRŠNI STRUČNI RAD:  
Meteorološka postaja s Arduinom

MENTOR:

Zlatko Nadarević, dipl. ing. el.

UČENIK: Anđelko Kućar

RAZRED: 4.F

Zagreb, travanj 2021.

# Sadržaj

1. Uvod.....	1
2. Opis tehnologije.....	2
2.1. Arduino.....	2
2.1.1. Arduino Uno.....	2
2.1.2. ArduinoIDE.....	3
2.2. Graphite.....	4
2.3. Grafana.....	5
3. Opis rada.....	6
3.1. Uređaj.....	6
3.1.1. Vanjski dio uređaja.....	6
3.1.2. Unutarnji dio uređaja.....	7
3.2. Komponente.....	9
3.2.1. BME680.....	9
3.2.2. DS3231.....	10
3.2.3. MH-Z19B.....	11
3.2.4. PMS5003.....	12
3.2.5. BME280.....	13
3.2.6. Fotootpornik.....	14
3.2.7. Modul za napajanje.....	15
3.2.8. NodeMCU.....	16
3.3. Server.....	17
3.x. Izgled gotovog rada.....	18
3.x.1. Uređaj.....	18
3.x.2. Web stranica.....	18
6. Literatura.....	19
6.2. Slike.....	20

## 1. Uvod

Meteorologija je znanost koja proučava sastav i strukturu Zemljine atmosfere te promjene u njoj. Znanstveni razvoj meteorologije započeo je sredinom sedamnaestog stoljeća primjenom prvih meteoroloških mjernih instrumenata.

Meteorološke postaje mjere atmosferske uvijete te se na temelju tih podataka predviđaju vremenske prognoze. Profesionalne postaje sadrže veoma skupe i precizne mjerne instrumente. Ti instrumenti mjere: atmosferski tlak, vlagu zraka, temperaturu, količinu padalina, brzinu vjetra, smjer vjetra, jakost Sunčeve svjetlosti, kvalitetu zraka, svjetlosnu zagađenost, zvučnu zagađenost i dr.

U današnje vrijeme sve su popularnije meteorološke postaje kućne izrade. Mjerni instrumenti relativno dobre preciznosti i male cijene te platforme poput Arduina omogućuju izradu takvih projekata. **Ovo rad je jedan od njih.**

U ovom radu obrađeno je povezivanje senzora na mikroupravljač, prosljeđivanje prikupljenih podataka bežično na server, spremanje tih podataka u bazu podataka te prikaz podataka pomoću grafova na web stranici.

Cilj ovog rada je vizualno prikazati korisniku stanje osnovnih atmosferskih uvijeta poput temperature, vlage i tlaka te mu dati dobru predodžbu o kvalitetu zraka mjereći razinu sitnih čestica i CO<sub>2</sub> u zraku.

## 2. Opis tehnologije

### 2.1. Arduino

Arduino je otvorena računalna i softverska platforma koja omogućuje veoma jednostavno korištenje mikroupravljača za izradu jednostavnijih projekata, ali i onih veće kompleksnosti.

#### 2.1.1. Arduino Uno

Arduino Uno je razvojna pločica bazirana na ATmega328p mikroupravljaču. Ima 14 digitalnih ulazno/izlaznih pinova i 6 analognih ulaznih pinova. Program se na mikroupravljač prebacuje preko USB-B priključka. Nakon što je program učitao na mikroupravljač, on može dalje uz vanjsko napajanje autonomno izvoditi zadani program.

Karakteristike:

- Mikroupravljač: ATmega328p
- Radni napon: 5V
- Ulazni napon: 7 – 12 V
- Flash memorija: 32 KB
- SRAM: 2 KB
- EEPROM: 1 KB
- Pinovi: 14 digitalnih ulazno/izlaznih, 6 analognih ulaznih

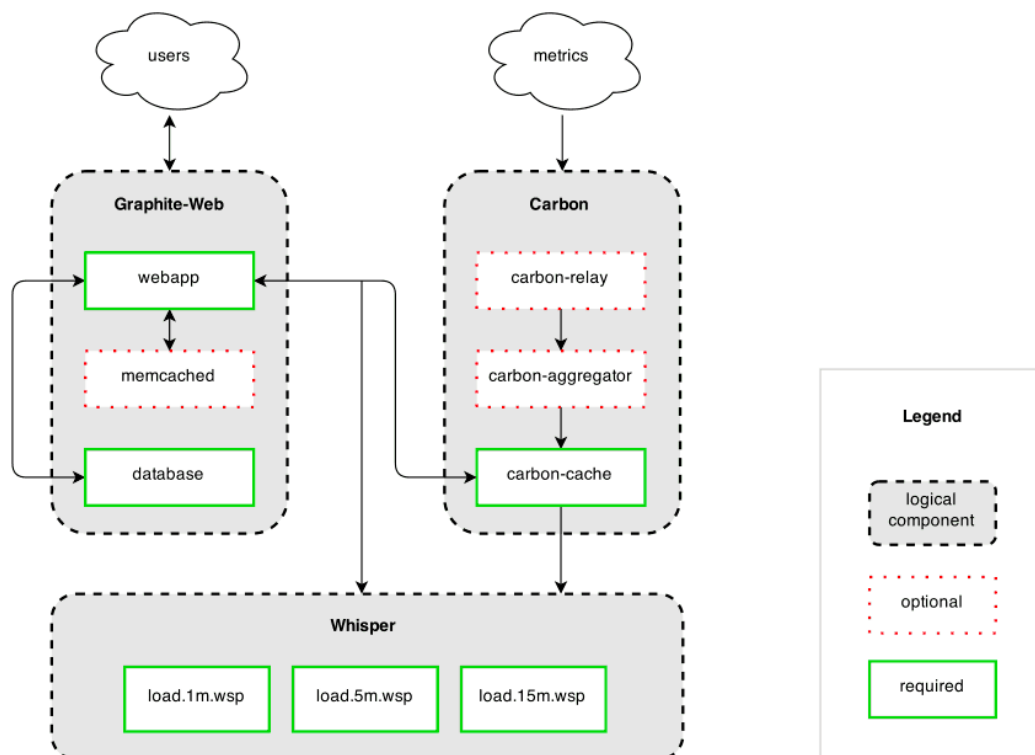


Slika 2.1. Arduino Uno



## 2.2. Graphite

Graphite je \_(metrična!?)\_ baza podataka. Sastoji se od tri podsustava: carbon, whisper i graphite-web.



Slika 2.x. Graphite struktura

### 2.2.1. Carbon

### 2.2.2. Whisper

## 2.3. Grafana

Grafana je web aplikacija za analizu i interaktivnu vizualizaciju podataka. Aplikacija vadi podatke iz baze podataka i grafički ih prikazuje pomoću velikog broja interaktivnih grafova.

Grafana omogućuje krajnjem korisniku stvaranje nadzornih ploča, gdje korisnik može po želji stvarati grafove od odabranih podataka. Korisnik ima veliki broj opcija za prilagodbu izgleda pojedinog grafa. Ukoliko korisnik i dalje nije zadovoljan ponuđenim opcijama, ima mogućnost dodavanja dodatnih modula (Plugins).

Aplikacija je veoma intuitivna za koristiti. Krajnjem korisniku omogućuje namještanje postavki aplikacije pomoću grafičkog sučelja.



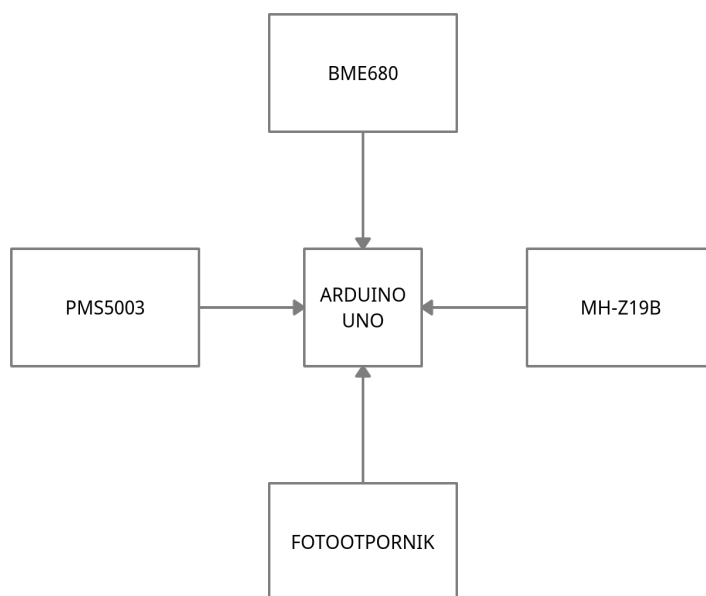
Slika 2.3. Grafana izgled sučelja

### 3. Opis rada

Rad se sastoji od fizičkog i programskog dijela. Fizički dio rada se sastoji od vanjskog dijela u kojem se nalaze senzori i unutarnjeg dijela u kojem se nalaze sklopovi za: prikupljanje podataka, računanje stvarnog vremena, bežičnu komunikaciju i napajanje sustava. Programski dio rada sastoji se od dva dijela, programa koji se nalazi na samom uređaju i programa na serveru. Uređaj se brine za prikupljanje podataka, a server za obradu i prikaz.

#### 3.1. Uređaj

##### 3.1.1. Vanjski dio uređaja

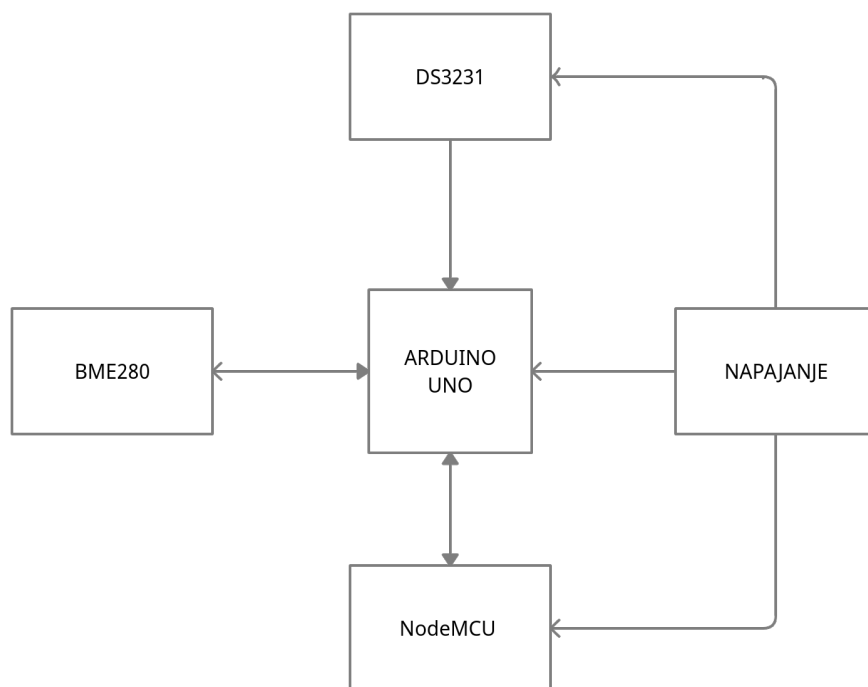


Slika 3.1. Blok shema vanjskog dijela uređaja

Vanjski dio uređaja sadrži senzore koji se nalaze u kućištu koje im dozvoljava mjerenje atmosferskih uvjeta, ali koje ih štiti od direktnih utjecaja istih. Senzor BME680 služi za mjerenje temperature, vlage zraka i atmosferskog pritiska. MH-Z19B mjeri razinu CO<sub>2</sub> u zraku, dok PMS5003 mjeri koncentraciju sitnih čestica. Fotootpornik služi za mjerenje jačine svjetlosti. Nije namijenjen za precizno mjerenje, već da korisniku da određenu predodžbu o jačini svjetlosti. Svi podatci sa senzora se šalju na Arduino Uno.



### 3.1.2. Unutarnji dio uređaja



Slika 3.2. Blok shema unutarnjeg dijela uređaja

Unutarnji dio uređaja sadrži mikroupravljač Arduino Uno koji prikuplja podatke s vanjskog dijela uređaja, odnosno s vanjskih senzora. Modul DS3231 računa stvarno vrijeme i prosljeđuje ga na mikroupravljač. On je veoma bitan za kasniju obradu podataka jer svakoj izmjerenoj vrijednosti pridruži i vrijeme njenog mjerenja. BME280 je senzor koji mjeri temperaturu, vlagu i atmosferski pritisak. Služi za mjerenje radnih uvjeta unutar same stanice. Napajanje služi za napajanje cijele stanice električnom energijom. Dio uređaja napaja s 5V, a dio s 3.3V.

Nakon što Arduino Uno prikupi podatke sa svih senzora, on ih proslijedi na NodeMCU. NodeMCU je u stvari mikroupravljač sam za sebe, ali u ovom radu mu to nije glavna namjena, već služi kao WiFi modul s nekim dodatnim mogućnostima. Nakon što dobije podatke s Una, NodeMCU ostvari povezanost s internetom i proslijedi dalje podatke na server. Ukoliko ne može ostvariti povezanost s internetom, NodeMCU akumulira podatke sve dok se povezanost ponovno ne ostvari. Podatci se spremaju u kružnu memoriju veličine 20 polja. Nakon što se spremnik napuni, najstarija vrijednost se prebriše najnovijom. Ostvarivanjem povezanost s internetom, podatci se vade iz memorije po FIFO

(First In, First Out) metodi. Odnosno najstariji zapisani podatak se prvi vadi iz memorije i proslijeđuje dalje.

## 3.2. Komponente

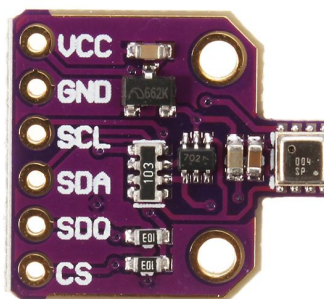
### 3.2.1. BME680

BME680 je modul koji mjeri temperaturu, vlagu i tlak. Dodatno može mjeriti i razinu određenih plinova u zraku, što korisniku može dati dobru pretpostavku o kvaliteti zraka u zatvorenom prostoru u kojem se senzor nalazi. Kvalitetu zraka izražava u ohmima te je potreban poseban softver za pretvoriti tu veličinu u neku korisnu jedincu kvalitete zraka. Taj softver nije moguće pokretati na Arduino Unu, već je potreban jači mikroupravljač. Zato se ta vrijednost ne koristi u ovom radu.

Modul je dobio naziv po Bosch BME680 senzoru koji je glavni dio modula. Komunikacija između modula i mikroupravljača može biti ostvarena I2C ili SPI komunikacijom.

Karakteristike BME680 senzora:

- Raspon mjerenja temperature:  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  –  $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 
  - Preciznost:  $\pm 1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Raspon mjerenja vlage u zraku:  $0\%$  –  $100\%$ 
  - Preciznost:  $\pm 3\%$
- Raspon mjerenja atmosferskog tlaka:  $300$  –  $1100\text{ hPa}$ 
  - Preciznost:  $\pm 1\text{ hPa}$
- Radni napon:  $1.7$  –  $3.6\text{ V}$



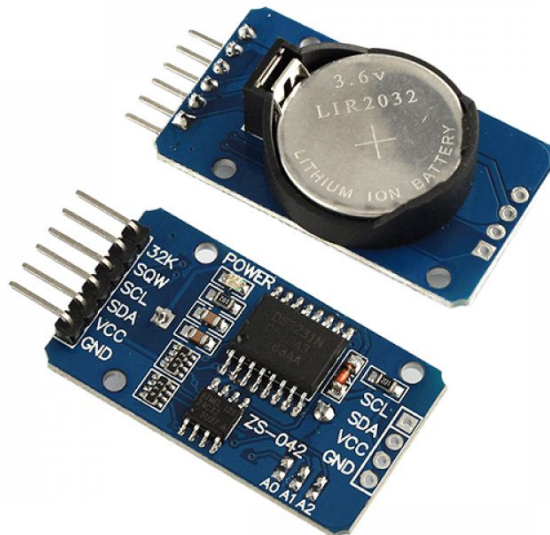
Slika 3.3. BME680 senzor

### 3.2.2. DS3231

Arduino Uno nema ugrađenu funkcionalnost praćenja stvarnog vremena te je zbog toga potrebno koristiti poseban modul. DS3231 precizno mjeri vrijeme od trenutka kad mu je postavljeno početno vrijeme, najčešće uzeto tijekom sastavljanja programskog koda. Modul sadrži bateriju s pomoću koje može duže vrijeme bez vanjskog napajanja nastaviti precizno mjeriti vrijeme. Da bi ostvario precizno računanje vremena, modul koristi linearni temperaturni senzor preciznosti  $\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$  pomoću kojeg kalibrira svoja mjerenja.

Karakteristike:

- Radna temperatura:  $-45^{\circ}\text{C} - 80^{\circ}\text{C}$
- Preciznost:  $\pm 2$  minute po godini
- Radni napon:  $2.3 - 5.5\text{ V}$
- Komunikacija: I2C



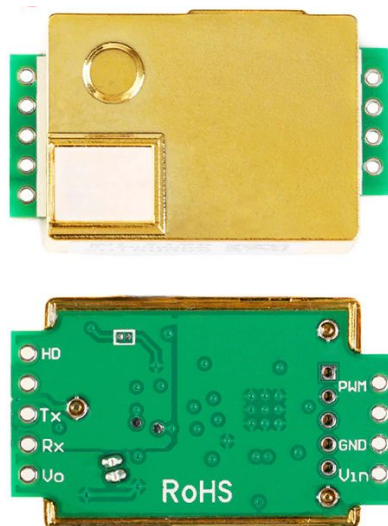
Slika 3.4. DS3231

### 3.2.3. MH-Z19B

MH-Z19B je senzor koji detektira prisutnost CO<sub>2</sub> čestica u zraku. Glavna komponenta senzora je infracrvena zraka koja se odašilje u komoru s uzorkom zraka prema detektoru. Paralelno se nalazi još jedna komora s referentnim plinom. Plin koji se nalazi u komori s uzorkom uzrokuje djelomičnu apsorpciju određenih valnih duljina infracrvene zrake. Detektor ispred sebe ima optički filter koji uklanja sve svjetlosne zrake osim one koju CO<sub>2</sub> može apsorbirati. Što je veća koncentracija CO<sub>2</sub> u komori, to je slabija zraka koja dođe do detektora.

Karakteristike:

- Raspon mjerenja: 0 – 10000 ppm
- Radna temperatura: 0 – 50 °C
- Vrijeme zagrijavanja: 3 minute
- Radni napon: 4.5 – 5.5 V



Slika 3.5. MH-Z19B

### 3.2.4. PMS5003

PMS5003 je Plantowerov senzor za mjerenje sitnih čestica u zraku. Količinu čestica mjeri pomoću laserske zrake.

Senzor mikroupravljaču šalje dvije skupine mjerenja. Šalje mu koncentraciju čestica u  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (čestice veličine 1.0, 2.5 i 10  $\mu\text{m}$ ) i šalje mu broj čestica u 0.1L zraka (čestice veličine 0.3, 0.5, 1.0, 2.5, 5.0 i 10  $\mu\text{m}$ ).

Karakteristike:

- Veličine mjerenih čestica: 0.3, 0.5, 1.0, 2.5, 5.0, 10  $\mu\text{m}$
- Radni napon: 4.5 – 5.5 V
- Radna temperatura: -10 – 60 °C
- Razlučivost: 1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$



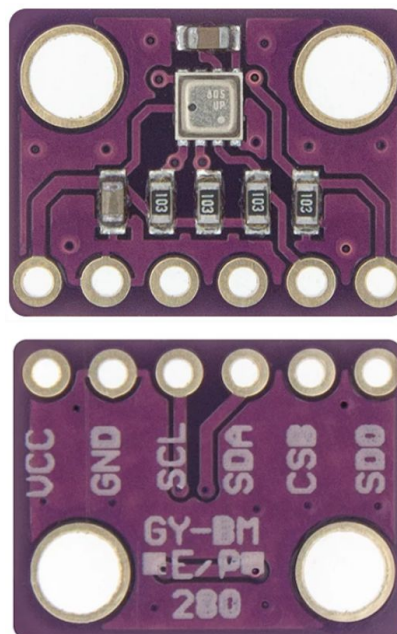
Slika 3.6. PMS5003 senzor

### 3.2.5. BME280

BME280 je modul čija je glavna komponenta Boschov senzor BME280 po kojem je modul dobio i ime. Senzor mjeri temperaturu, vlagu i tlak s velikom preciznošću.

Karakteristike:

- Raspon mjerenja temperature:  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  –  $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 
  - Preciznost:  $\pm 1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Raspon mjerenja vlage u zraku:  $0\%$  –  $100\%$ 
  - Preciznost:  $\pm 3\%$
- Raspon mjerenja atmosferskog tlaka:  $300$  –  $1100\text{ hPa}$ 
  - Preciznost:  $\pm 3\text{ hPa}$
- Radni napon:  $1.7$  –  $3.6\text{ V}$
- Komunikacija: I2C i SPI



Slika 3.7. BME280 senzor

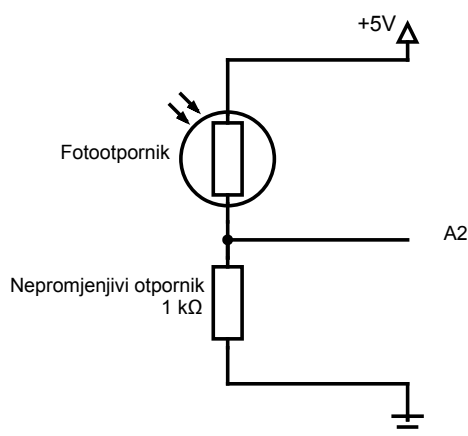
### 3.2.6. Fotootpornik

Fotootpornik je senzor kojim se detektira svjetlost. Otpor mu se mijenja ovisno o količini svjetlosti koja dopire do njega. U mraku ima najveći otpor, dok na najvećoj svjetlosti ima najmanji otpor. Preciznost mu nije jača strana, ali je jeftin i veoma izdržljiv. Iako se ne može koristiti za precizno određivanje svjetline izražene u luksima ili milikandelama, dobar je za prikaz grube vrijednosti kojom korisnik može dobiti dobru pretpostavku o jačini svjetlosti. Korisnik iz mjerenja može isčitati koje je doba dana i je li oblačno vrijeme ili nije.

Fotootpornik pretvara jakost svjetlosti u otpor. Pomoću Arduino Una nije moguće mjeriti otpor, ali je zato moguće mjeriti razinu napona. Fotootporniku se u seriju doda otpornik nepromjenjive veličine. Fotootpornik i nepromjenjivi otpornik se zajedno ponašaju kao potencijometar. Jedan pin fotootpornika se spaja na +5V, drugi se spaja na nepromjenjivi otpornik i analogi ulaz mikroupravljača. Mikroupravljač očitava razinu napona na analognom ulazu i analogno-digitalnim dekomderom ga pretvara u digitalnu vrijednost veličine cijelog broja od 0 do 1023.

Karakteristike:

- Radni napon: 5 V
- Otpor u potpunom mraku: 50 k $\Omega$
- Otpor pri najvećoj svjetlosti: 500  $\Omega$
- Očitana veličina na mikroupravljaču: 0 - 1023



Slika 3.8. Shema spajanja



Slika 3.9. Fotootpornik

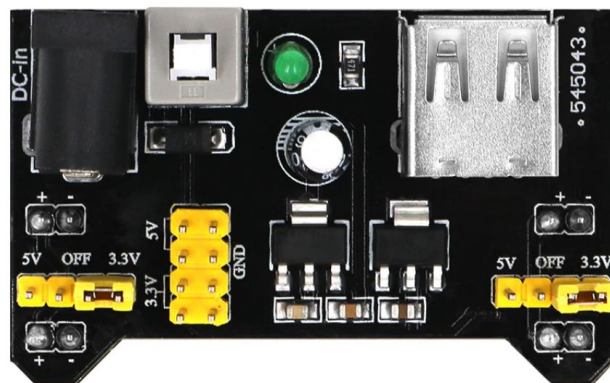


### 3.2.7. Modul za napajanje

Modul za napajanje služi za napajanje svih komponenti električnom energijom. Napon veličine 7 – 12 V pretvara u napon veličine 5 V i 3.3 V. Modul se može napajati preko cilindričnog ili USB priključka. Ima 2 pina na kojima je izlaz 5V i 2 pina na kojima je izlaz 3.3V. Dodatno ima još dva puta po dva pina na kojima je moguće odabrati izlazni napon između 5V i 3.3V. Modul ima i prekidač kojim se može paliti/gasiti cijeli uređaj.

Karakteristike:

- Ulazni napon: 7 – 12 V
- Izlazni napon: 5 i 3.3 V
- Pinovi:
  - 5 V: 2 komada
  - 3.3 V: 2 komada
  - 3.3 ili 5 V (po izboru): 2x2 komada



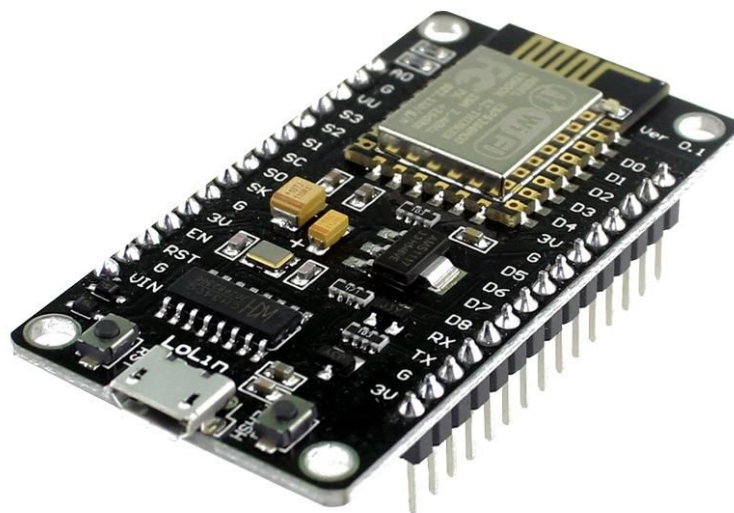
Slika 3.10. Modul za napajanje

### 3.2.8. NodeMCU

NodeMCU je mikroupravljač baziran na ESP8266 Wi-Fi modulu. Ne proizvodi ga tvrtka Arduino, ali ga je moguće programirati u ArduinoIDE programu. Zbog svoje niske cijene i dobrih karakteristika, veoma je popularan u IoT (Internet of Thing – Internet stvari) zajednici. Za razliku od Arduino Una, NodeMCU ima Wi-Fi modul na sebi što ga čini idealnom komponentom za sustave koji moraju biti povezani s internetom. Najveća mana ove platforme je broj analognih pinova. NodeMCU ima samo jedan analogni ulazni pin zbog čega nije pogodan za sustave koji imaju više od jedne komponente s analognim izlazom.

Karakteristike:

- Radni napon: 3.3 V
- Ulazni napon: 7 – 12 V
- Flash memorija: 4 MB
- SRAM: 64 KB
- EEPROM: 512 KB
- Wi-Fi antena: 2.4 GHz
  - Standard: IEEE 802.11 b/g/n
- Pinovi:
  - 16 digitalnih ulazno/izlaznih
  - 1 analogni ulazni



Slika 3.11. NodeMCU v3

### **3.3. Server**

Server prikuplja podatke s uređaja,

### **3.x. Izgled gotovog rada**

3.x.1. Uređaj

3.x.2. Web stranica

## 6. Literatura

### 2.1. Arduino

<https://www.farnell.com/datasheets/1682209.pdf>

2.x Graphite <https://www.overops.com/blog/graphite-vs-grafana-build-the-best-monitoring-architecture-for-your-application/>

### 3.2. Komponente

3.2.1. <https://randomnerdtutorials.com/bme680-sensor-arduino-gas-temperature-humidity-pressure/#:~:text=The%20BME680%20is%20an%20environmental%20sensor%20that%20combines%20gas%2C%20pressure,in%20indoor%20air%20quality%20control.>

3.2.4. <https://nettigo.eu/products/plantower-pms5003-air-quality-sensor>  
[https://cdn-shop.adafruit.com/product-files/3686/plantower-pms5003-manual\\_v2-3.pdf](https://cdn-shop.adafruit.com/product-files/3686/plantower-pms5003-manual_v2-3.pdf)

<https://learn.adafruit.com/pm25-air-quality-sensor>

3.2.5. <https://www.learnrobotics.org/blog/bme280-arduino-tutorial/>

<https://lastminuteengineers.com/bme280-arduino-tutorial/>

<https://learn.adafruit.com/adafruit-bme280-humidity-barometric-pressure-temperature-sensor-breakout?view=all>

3.2.6. <https://learn.adafruit.com/photocells>

3.2.8. [http://qqtrading.com.my/nodemcu-v3-esp8266-wifi-ch340?\\_\\_cf\\_chl\\_captcha\\_tk\\_\\_=f37e534621a7854c546c88888502d1329c3f8ab3-1619383844-0-AQpJGdd8cn1JL5I9wP\\_\\_5cComJqYomaBT0ojudtfEXhz3e\\_\\_5HTFzCPu6iVnT](http://qqtrading.com.my/nodemcu-v3-esp8266-wifi-ch340?__cf_chl_captcha_tk__=f37e534621a7854c546c88888502d1329c3f8ab3-1619383844-0-AQpJGdd8cn1JL5I9wP__5cComJqYomaBT0ojudtfEXhz3e__5HTFzCPu6iVnT)

[3t3xKY1cF1kh\\_bQSTNP9szuuCAperFyYSO0cHk2Wo9VqVu-  
l9eDbXHFqrQwXTzJ0ieMxqY82swZp8y5SyWn76oFtES3n1gOki9FNqriX4j  
9STtBmAy4mx39AsOlqczY7mMQde0fDKWLD59IZ0pxikdYDWV1N\\_8-  
mos9TWl5Z1tNX8NnQKXZvG8Sl4gBu8jBBIYDdZSZrP1L\\_mMAiSSpGjK  
UAj6-cTl2qK6YZBEoSPLzZCaX9hHDCQ9QlRgrWlt3\\_-  
cFBFv2YA4HugfF67EO9BJCk1MbeFATIG6wgmSdxrc2ertDP1H1AX6EjM  
LXPiJbbLaTSXWZLDeoBeFn6Ju0g9svhxmB-  
CWxmZR\\_eh6T6ELp1d20nMKkk0JN1mFsf28sWcmQsGyrbEaLT0XJvPolr  
mY9Om0p4byzInltLjDOeqA4bZQb4LksgK\\_qEjqv24JbbKKumD4N2iAg06  
HSNkejB3ZMfKusCqTy8ijRLCeE45-1NlrEI\\_GO5zZEO2iAoSfOZQk-  
6SSpIssFJNtpdBkTRHfPLW1L32nhvFyY69N0MIxngIUZtZ6jmvj8U1XJOf  
KG-Kp4BGxg](#)

## 6.2. Slike

Slika 2.1. preuzeta s: <https://www.crazypi.com/arduino-uno-r3-microcontroller>

Slika 2.2. preuzeta s: [https://arduino-forth.com/article/arduino\\_comprendreConnecteurs](https://arduino-forth.com/article/arduino_comprendreConnecteurs)

Slika 3.3. preuzeta s: [https://hallroad.org/images/detailed/12/CJMCU-680\\_BME680\\_BOSCH\\_Temperature\\_And\\_Humidity\\_Pressure\\_Sensor\\_Ultra-small\\_Pressure\\_Height\\_Development\\_Board\\_1.JPG](https://hallroad.org/images/detailed/12/CJMCU-680_BME680_BOSCH_Temperature_And_Humidity_Pressure_Sensor_Ultra-small_Pressure_Height_Development_Board_1.JPG)

Slika 3.4. preuzeta s: <https://xenyltechbd.com/wp-content/uploads/2020/01/DS3231-RTC-2.png>

Slika 3.5. preuzeta s: <https://ae01.alicdn.com/kf/HTB10Ow3TrvpK1RjSZFqq6AXUVXaq/MH-Z19-Infrared-CO2-Sensor-Module-MH-Z19B-Carbon-Dioxide-Gas-Sensor-for-CO2-Monitor-0.jpg>

Slika 3.6. preuzeta s: <https://aqicn.org/sensor/pms5003-7003/vn/>

Slika 3.7. preuzeta s:

<https://ae01.alicdn.com/kf/Hdb3da8527ad14ce3b91ac0f928740d2eo/GY-BME280-3-3-precision-altimeter-atmospheric-pressure-BME280-sensor-module.jpg>

Slika 3.9. preuzeta s:

<https://storage.googleapis.com/production-public-files/public/system/images/photos/000/013/316/original/09088-02-L.jpg>

Slika 3.10. preuzeta s: <https://www.aliexpress.com/item/32725717757.html>

Slika 3.11. preuzeta s: <https://opencircuit.shop/Product/NodeMcu-v3-Lua-ESP-12E-WIFI-Development-Board>