

Leonarda Gajdić 0036492439
Tomislav Krvavica 0036491933
Johannes Pelz
Tom Schwarting
Kristijan Vešligaj 0036492241

SEMINARSKI RAD - SPVP



Fakultet elektrotehnike i računarstva, Sveučilišta u Zagrebu
Zavod za elektroničke sustave i obradu informacija
Sveučilište u Zagrebu

DIYmeteo

Meteorološka stanica

napravljena od elektroničkog otpada



- Δ Namijenjeno svakom zainteresiranom
- Δ Osnove korištenja računala i poznavanja elektroničkih komponenti
- Δ Izrada senzora
- Δ Programiranje senzora

13. lipnja 2019



Sažetak

Cilj ovog projekta je izrada meteorološke stanice od već korištenih elektroničkih komponenti te pisanje uputa za izradu i programiranje za učenike srednjih škola.

Područje djelovanja ovog projekta je za sve mlađe i starije entuzijaste koji se u slobodno vrijeme, u poslovne svrhe ili će se tek htjeti baviti elektronikom, sensorima i programiranjem mikrokontrolera.

Projekt nudi mogućnost samostalnog izrađivanja meteorološke stanice te buđenje svijesti o okolišu i klimatskim promjenama oko nas. Ideja projekta je izraditi senzore za temperature, vlagu, količinu padalina, tlak zraka, smjer i brzinu vjetra te rezultate mjerenja prikazati na serveru. Danas postoje mnoge profesionalne meteorološke stanice koje se mogu pronaći na otvorenom, kao i mnogi samostalni projekti izade istih gotovim sensorima čija se uputstva mogu pronaći na internetu.

Prednost ovog projekta je izrada senzora recikliranjem već korištenih bačenih komponenti, tkz. elektroničkog otpada od čega se koristi imati svi ljudi na svijetu kao i sam planet Zemlja.

Sadržaj

1.	UVOD	4
2.	SENZORI	5
2.1.	Brzina vjetra	5
2.1.1.	Tehnologije	5
2.1.2.	Naše rješenje	6
2.2.	Smjer vjetra	9
2.2.1.	Tehnologije	9
2.2.2.	Naše rješenje	10
2.3.	Senzor za mjerenje kiše	14
2.3.1.	Naše rješenje	14
2.4.	Temperatura i vlažnost	16
2.4.1.	Tehnologije	16
2.4.2.	Naše rješenje	16
2.5.	Atmosferski tlak	18
2.5.1.	Tehnologije	18
2.5.2.	Naše rješenje	18
3.	OBRADA I PRIKAZ PODATAKA	20
3.1.	ESP-32	20
3.2.	Obrada podataka	21
3.2.1.	DHT11	21
3.2.2.	BMP-280	22
3.2.3.	Senzor za mjerenje kiše i senzor za mjerenje brzine vjetra (anemometar) 24	
3.3.	Prikaz podataka	25
4.	ZAKLJUČAK	27
5.	LITERATURA	28
6.	POJMOVNIK	29

Ovaj seminarski rad je izrađen u okviru predmeta „Sustavi za praćenje i vođenje procesa“ na Zavodu za elektroničke sustave i obradbu informacija, Fakulteta elektrotehnike i računarstva, Sveučilišta u Zagrebu.

Sadržaj ovog rada može se slobodno koristiti, umnožavati i distribuirati djelomično ili u cijelosti, uz uvjet da je uvijek naveden izvor dokumenta i autor, te da se time ne ostvaruje materijalna korist, a rezultirajuće djelo daje na korištenje pod istim ili sličnim ovakvim uvjetima.

1. Uvod

Razvojem današnje tehnologije čovjek je u stanju mjeriti i pratiti fizikalne veličine oko njega. Upravo je to bila motivacija za izradu lokalnih meteoroloških stanica čime su javno dostupne informacije o temperaturi zraka, vlažnosti, količini padalina, smjeru i brzini vjetera itd. Te su informacije dostupne svim korisnicima interneta.

Ukoliko osoba želi pratiti gore navedene fizikalne veličine na nekom manjem području, kao što je sigurnost svoga doma ili radno mjesto, veoma je lako izraditi svoju vlastitu meteorološku postaju što je upravo cilj ovog rada.

Ono što čini ovaj rad drugačiji i ekonomičniji jest upotreba komponenata koje su dobavljene iz starih, odbačenih elektroničkih komponenata i stvari koje svakodnevno koristimo čime se nastoji iskoristiti mogućnost reciklaže i ponovna upotreba komponenata bez kupovine novih.

Također je rad napravljen kao svojevrsni priručnik za izradu čime je otvorena mogućnost izrade učenicima, studentima te svima koji su zainteresirani za ovo područje.

Detaljno je opisan način dobavljanja komponenti, izrade te programiranje senzora kao i podizanje servera za prikaz rezultata. Nastoji se osvijestiti svakog tko čita ovaj rad o problemima klimatskih promjena i motivirati čitatelja na samostalnu izradu sustava koji je uz malo dobre volje i više nego moguć.

2.Senzori

U ovom poglavlju biti će predstavljeni senzori koji su korišteni za izradu meteorološke stanice. Ukratko će biti objašnjeni principi rada senzora te će biti predstavljena naša rješenja za implementaciju istih.

2.1. Brzina vjetra

Prema definiciji sa *Wikipedije*¹ vjetar je pretežno vodoravno strujanje zraka, relativno prema Zemljinoj površini, određeno brzinom i smjerom. Najčešći uzrok nastajanja vjetra je razlika tlaka zraka između dva područja. Vjetar struji od područja višeg tlaka zraka prema području nižeg tlaka zraka. Što je razlika u tlakovima veća to je i vjetar snažniji. Postoje i neki drugi čimbenici koji utječu na stvaranja vjetra kao što je Zemljina rotacija ili Coriolisova sila. Brzina vjetra također se mijenja i sa nadmorskom visinom. Pri tlu su zbog trenja čestica zraka o podlogu brzine manje.

2.1.1. Tehnologije

Brzina vjetra mjeri se uređajem koji se zove anemometar. Na slici 1. prikazan je anemometar s lopaticama.



THE ROBINSON ANEMOMETER.

Slika 1. Anemometar s lopaticama iz 1846. Izradio ga je John Thomas Romney Robinson.

¹ https://en.wikipedia.org/wiki/Wind_speed (called on the 10.06.19 15:53)

Najčešće upotrebljavana vrsta anemometra je anemometar s lopaticama. Princip rada anemometra s lopaticama temelji se na konkavnim lopaticama koje su montirane na centralni nosač tako da se mogu rotirati. Vjetar svojim djelovanjem zarotira lopatice. Mehanička energija koju je vjetar prenio na lopatice može se mjeriti i na temelju tog mjerenja se određuje brzina vjetra. Prednost ovakve vrste anemometara u odnosu na druge je jednostavnost i cijena, a mogu biti i vrlo robusni.

Osim ove vrste anemometra postoje i neke druge. Ultrazvučni anemometar koristi ultrazvučne valove za mjerenje brzine vjetra, a za mjerenje koristi ultrazvučne impulse. Ova vrsta anemometra koristi se za mjerenje turbulencija.

Laser doppler anemometar radi na načelu križanja dvije zrake monokromatskog, koherentnog svjetla iz lasera. Ova vrsta anemometra koristi se za mjerenje smjera i brzine fluida.

Pitotov anemometar služi za vrlo precizno mjerenje diferencijalnog tlaka. Glavnu primjenu nalazi u zrakoplovstvu gdje se koristi za mjerenje vrlo visokih brzina zraka.

2.1.2. Naše rješenje

Anemometar koji smo mi odlučili implementirati je anemometar s lopaticama. Za tu vrstu anemometra smo se odlučili zbog jednostavnosti izvedbe i dostupnosti materijala. Anemometar se sastoji od 4 plastične čašice koje su zalijepljene na drvene nosače. Djelovanjem vjetra cijela ova struktura rotira oko vertikalnog nosača. Brzina vjetra koja udara u lopatice anemometra približno je proporcionalna brzini rotacije ove strukture.

Za implementaciju anemometra potrebni su:

1x DC motor

DC motor može se naći u starom računalu jer je sastavni dio sustava za hlađenje računala. Ovi motori su također pogodni za implementaciju anemometra jer imaju mali mehanički otpor. Najprije je potrebno izvaditi ventilator iz računala. Nakon toga potrebno je ukloniti lopatice s ventilatora. Da bi se to napravilo potrebno je maknuti plastiku na dnu ventilatora. Nakon toga unutra bi se trebao vidjeti prsten kojega treba izvaditi. Nakon toga lopatice se mogu jednostavno odvojiti od ventilatora. Nakon odvajanja lopatice potrebno je izvaditi motor iz kućišta. Da bi to bilo moguće potrebno je prerezati plastične veze. Nakon toga moguće je izvaditi motor.

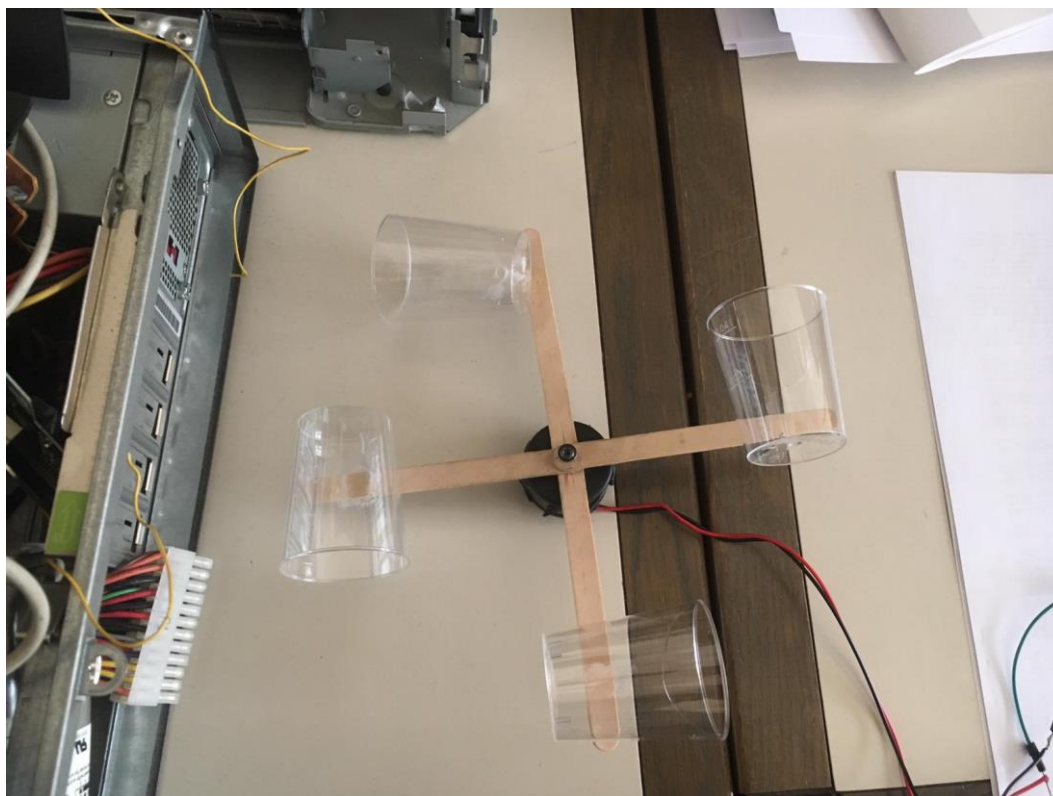
4x plastične čašice

Kao lopatice korištene su plastične čašice. Plastične čašice moguće je naći gotovo svugdje. Moguće ih je kupiti u dućanu, uzeti na automatu za vodu ili uzeti čašice nakon ispijene kave. Jedino na što treba paziti je da materijal bude vodonepropustan, lagan i da ne bude lako lomljiv. Plastične čašice su dobar izbor za ovu upotrebu. Također što veće čašice to bolje jer će zbog veće površine vjetar prenijeti više energije lopaticama.

4x držači za čašice

Kao držači za čašice korišteni su drveni štapići. Za ovo je moguće koristiti gotovo sve što je lagano i na što je moguće zalijepiti čašice. Također je moguće uzeti više štapića i zalijepiti ih zajedno.

Na slici 2. prikazana je naša izvedba anemometra s lopaticama.



Slika 2. Naša izvedba anemometra

Upute:

1. Potrebno je provjeriti radi li motor. Za to je potreban multimeter. Multimeter je potrebno spojiti na žice koje izlaze iz motora. Nakon toga potrebno je zarotirati motor. Ako je izmjeren napon motor je ispravan.
NAPOMENA: Naponi na izlazu iz motora su uglavnom manji od 1V.
2. Potrebno je zalijepiti držače za čašice na motor. Za to je poželjno koristi momentno ljepilo.
3. Na isti način potrebno je zalijepiti lopatice (u našem slučaju plastične čašice) na držače za čašice. Također je moguće spojiti i više štapića zajedno kako bi se produljili držači. Na taj način povećati će se radijus anemometra i on će bolje rotirati. Na ovo treba paziti jer ukoliko anemometar postane prevelik mjerenja mogu postati neprecizna.
4. Potrebno je pričekati da se sve osuši.
5. Povezati senzor na priključak **GPIO 39** mikro kontrolera.

Mjerenja:

Budući da je u izvedbi korišten DC motor potrebno je mjeriti napon. To je moguće napraviti multimetrom ili osciloskopom. Motor već ima dvije žice koje se koriste za mjerenje napona. Ukoliko su žice prekratke moguće je zalemiti dodatne žice, ali s time treba biti oprezan. Žice su dobro vodljive, ali ako su preduge otpor žica postane dovoljan da priguši signal. Napon koji će dati DC motor prilikom rotacije nije stabilan te stoga nije pogodan za spajanje na mikro kontroler. Da bi se ovo ispravilo koristi se kondenzator iznosa $10\mu\text{F}$. Njemu se paralelno spaja otpornik iznosa otpora $100\text{k}\Omega$ da bi se kondenzator mogao isprazniti. Nakon prolaska kroz ovaj jednostavan spoj moguće je signal spojiti na ulazni priključak mikro kontrolera.

Umjeravanje:

Da bi se anemometar umjerio potreban je neki drugi već umjereni anemometar. Budući da mi nismo imali pristup takvoj opremi umjeravanje smo izvršili ugrubo promatrajući rotaciju anemometra. Odradili smo pragove da bi se mogao razlikovati slab vjetar, umjereni vjetar i jaki vjetar.

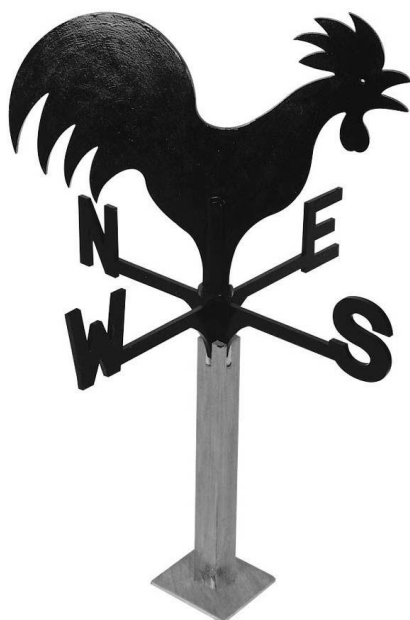
2.2. Smjer vjetra

Smjer vjetra biti će prikazan kao na kompasu, tj. pomoću strana svijeta. Koristiti će se ukupno 8 smjerova: sjever, sjeveroistok, istok, jugoistok, jug, jugozapad, zapad, sjeverozapad. Ovo je moguće napraviti još preciznije, ali i manje precizno ukoliko preciznost nije od presudne važnosti.

2.2.1. Tehnologije

Vjetrokaz (vjetrulja)

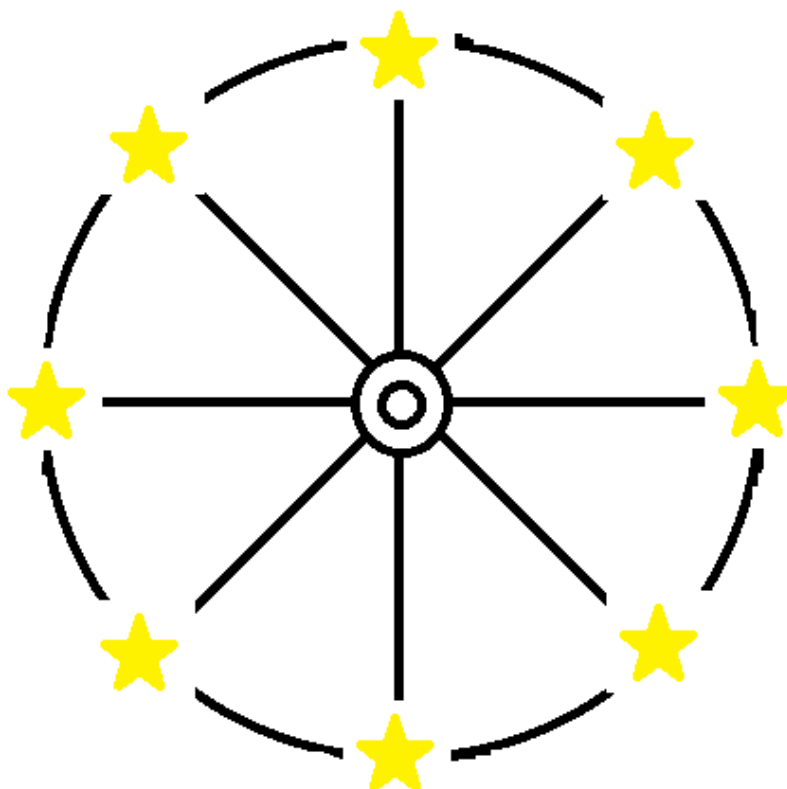
Vjetrokaz je meteorološki uređaj koji se koristi za određivanje smjera vjetra. Princip rada vjetrokaza je vrlo jednostavan. Vjetrokaz se sastoji od vodoravne poluge koja se može okretati oko okomite osi. Na jednoj strani poluge nalazi se ploča aerodinamičnog profila koja služi da se vjetrokaz djelovanjem vjetra postavi u smjeru djelovanja vjetra. Na drugoj strani poluge nalazi se protu uteg i strelica koja pokazuje smjer vjetra. Na površini ispod vjetrulje naznačene su strane svijeta te se iz toga može iščitati smjer vjetra. Na slici 3. prikazan je vjetrokaz.



Slika 3. Vjetrokaz

2.2.2. Naše rješenje

Za određivanje smjera vjetra potrebna je ravna površina koja mijenja svoj položaj u ovisnosti o smjeru strujanja vjetra. Bitno je da površina bude ravna i horizontalno postavljena u odnosu na smjer strujanja vjetra. Također je bitno da površina može slobodno rotirati da bi mogla promijeniti svoj položaj. Za elektroničko određivanje smjera vjetra potrebno je koristiti foto diode. Bitno je da broj foto dioda bude neka potencija broja dva. Minimalan broj potrebnih foto dioda je 4, a poželjno je da ih bude barem 8 zbog preciznijeg mjerenja. Foto diode je potrebno postaviti u krug oko rotirajućeg podnožja. Potrebno ih je postaviti na kružnicu tako da budu jednako udaljene jedne od drugih. Nakon toga potrebno je od kartona izrezati uzorak koji pokriva sve foto diode osim jedne. Na taj način moguće je detektirati koja je foto dioda osvijetljena i na taj način odrediti smjer strujanja vjetra. Poželjno je od kartona izrezati i prsten da svjetlost s bočne strane ne može doprijeti do foto dioda, tj. da ne može doći do slučajnog osvijetljenja foto dioda i na taj način do pogrešnog mjerenja. Na slici 4. prikazan je raspored postavljanja foto dioda.



Slika 4. Raspored foto dioda

Za implementaciju senzora za određivanje smjera vjetra potrebni su:

1 x Tvrđi disk

Tvrđi disk nije teško pronaći. Nalazi se u svakom računalu i izgleda kao na slici 5. Ovdje će se koristiti jer se jednostavno rotira i može se naći u gotovo svakom računalu.



Slika 5. Tvrđi disk

3x štapići sladoleda

Mogu se pronaći na bilo kojem LEDO prodajnom mjestu.

1x pluteni čep

Mogu se pronaći u bilo kojem dućanu koji prodaje alkoholne proizvode. Ukoliko ste maloljetni zamolite roditelje da Vam kupe bocu vina, ali nemojte ju popiti. Bocu dajte roditeljima i uzmite samo pluteni čep!

NAPOMENA: Konzumacija alkoholnih pića je protuzakonita za osobe mlađe od 18 godina u Republici Hrvatskoj.

1x Zastavica

Zastavica služi da vjetar u nju udara i tako zakreće cijeli senzor. Poželjno je da bude vodonepropusna i čvrsta, ali opet ne preteška.

1x Karton

Karton se koristi da bi prekrivio foto diode i na taj način omogućio određivanje smjera strujanja vjetra.

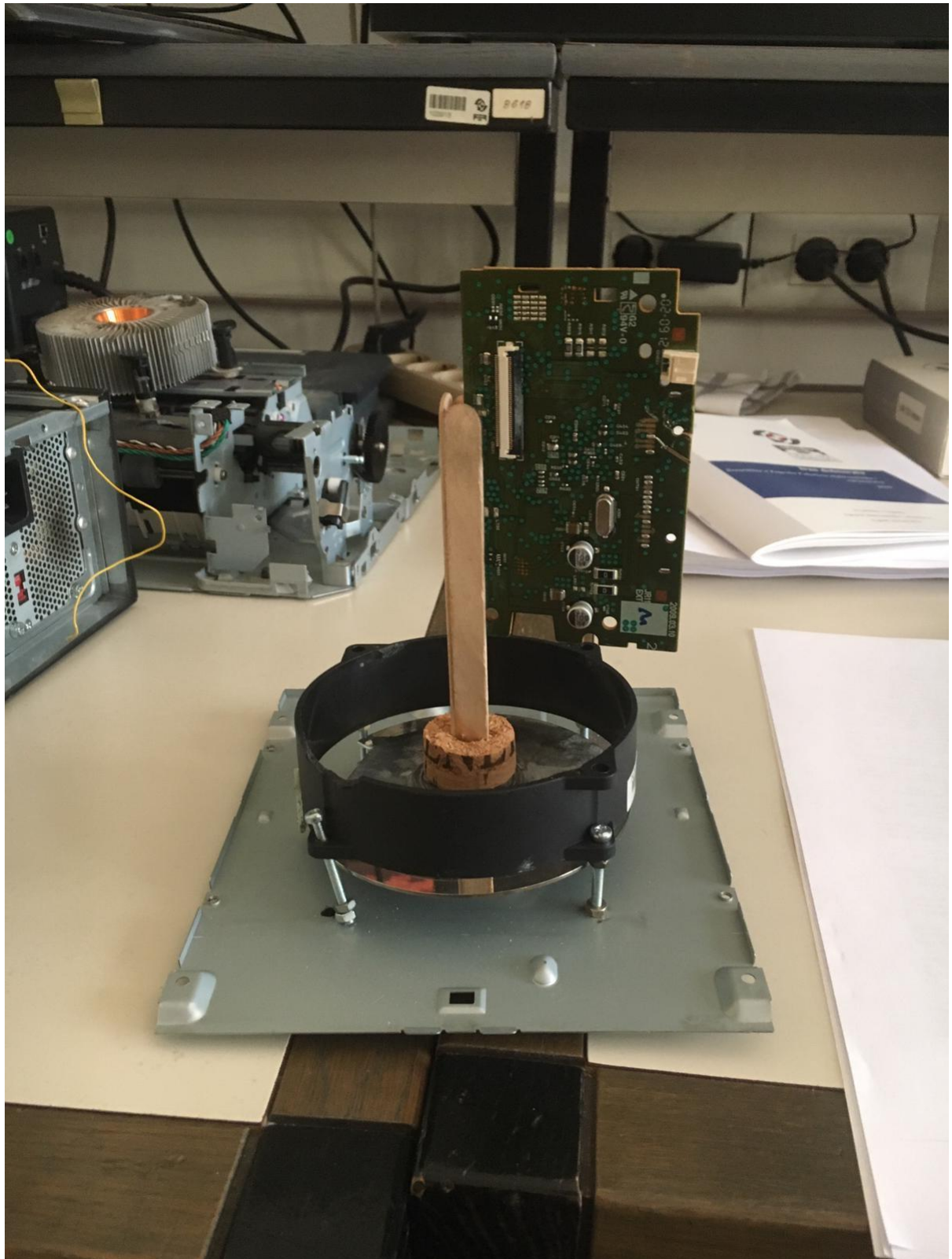
Foto diode

Foto diode mogu se pronaći u starim računalnim miševima. Broj foto dioda ovisi o preciznosti koja se želi postići, ali trebala bi biti potencija broja 2. Potrebne su minimalno 4 foto diode, a poželjne barem 8. Također ukoliko ne možete pronaći foto diode moguće ih je kupiti u bilo kojem dućanu elektroničke opreme. Ukoliko ste pronašli foto diode, ali se ona nalaze na tiskanoj pločici moguće ih je ili odlemiti i izrezati.

Upute:

1. Potrebno je izvaditi tvrdi disk iz računala
2. Potrebno je voltmetrom izmjeriti svojstva foto dioda
3. Potrebno je postaviti foto diode kružno kao što je opisano u prethodnom poglavlju
4. Potrebno je izrezati uzorke iz kartona kao što je opisano u prethodnom poglavlju
5. Potrebno je povezati foto diode na način da se negativne stezaljke povežu na referentni potencijal mikro kontrolera, a pozitivne stezaljke na digitalne ulaze mikro kontrolera. Također je potrebno dodati otpornike odgovarajućeg otpora u seriju sa foto diodama da ne bi došlo da oštećenja mikro kontrolera. Ukoliko su naponi koje daju osvijetljenje foto diode premali, potrebno je koristiti pojačalo.

Na slici 6. prikazana je naša nedovršena implementacija ovog senzora.



Slika 6. Senzor za mjerenje smjera vjetra

2.3. Senzor za mjerenje kiše

2.3.1. Naše rješenje

Ovdje smo iskoristili istu implementaciju kao u senzoru za mjerenje brzine vjetra. Jedina razlika je u tome što DC motor neće okretati vjetar nego voda. Ovaj senzor raditi će slično kao vodenica.

Za implementaciju senzora za mjerenje kiše potrebni su:

1x DC motor

DC motor može se naći u starom računalu jer je sastavni dio sustava za hlađenje računala. Ovi motori su također pogodni za implementaciju anemometra jer imaju mali mehanički otpor. Najprije je potrebno izvaditi ventilator iz računala. Nakon toga potrebno je ukloniti lopatice s ventilatora. Da bi se to napravilo potrebno je maknuti plastiku na dnu ventilatora. Nakon toga unutra bi se trebao vidjeti prsten kojega treba izvaditi. Nakon toga lopatice se mogu jednostavno odvojiti od ventilatora. Nakon odvajanja lopatice potrebno je izvaditi motor iz kućišta. Da bi to bilo moguće potrebno je prerezati plastične veze. Nakon toga moguće je izvaditi motor.

1x Kućište

Potrebno je koristiti kućište da bi se DC motor zaštitio od vode. Poželjno je kućište oblijepiti nekim vodonepropusnim materijalom

1x Plastična folija

4 x Držači za loptice

Koriste se isto kao i držači za čašice opisani u poglavlju „Brzina vjetra“.

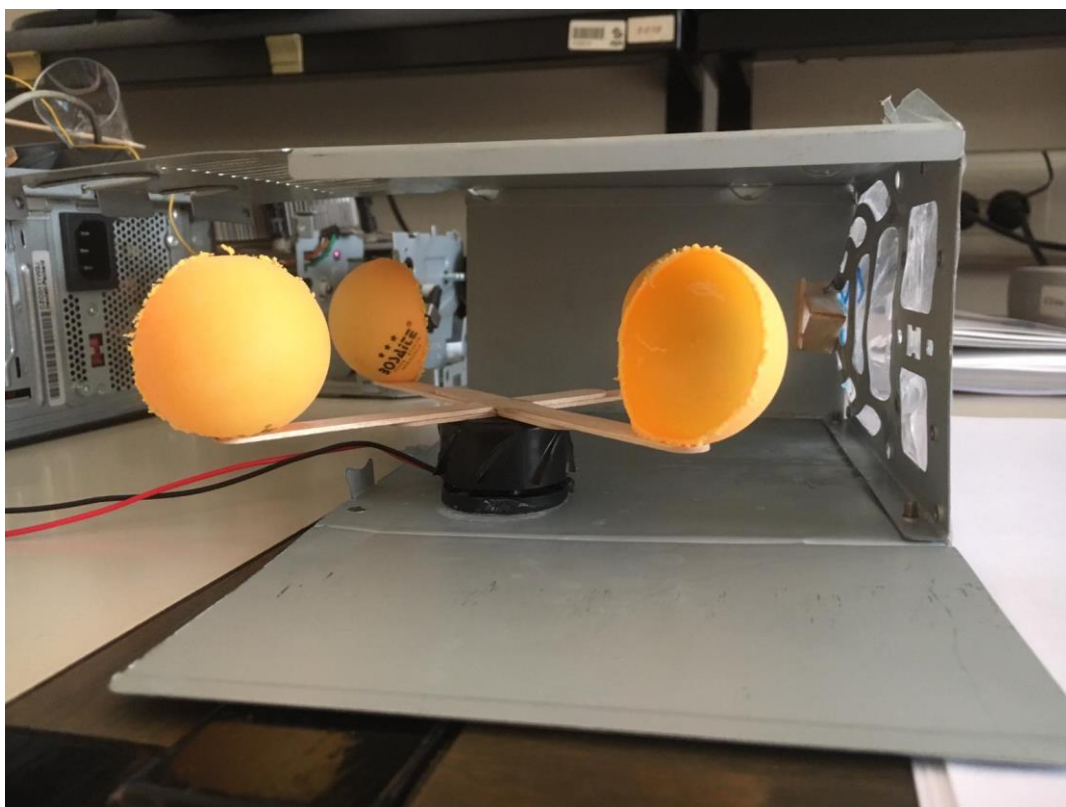
2x Loptice za stolni tenis

Koriste se isto kao čašice u poglavlju „Brzina vjetra“.

Upute:

1. Potrebno je napraviti senzor za mjerenje brzine vjete kako je opisano u poglavlju „Brzina vjete“
2. Potrebno je uzeti kućište i u njemu napraviti udubinu kroz koju bi mogla prolaziti voda
3. Montirati senzor s unutarnje strane kućišta na način da voda pada na lopatice i okreće ih. Ovdje je potrebno paziti da senzor stane u kućište i ne udara o podnožje kako ne bi došlo do oštećenja senzora.
4. Folijom zaštititi DC motor
5. Povezati senzor na priključak **GPIO 36** mikro kontrolera.

Na slici 7. prikazana je naša izvedba senzora za mjerenje kiše.



Slika 7. Senzor za mjerenje kiše

Mjerenje:

Mjerenja se rade na isti način kao i kod senzora za mjerenje brzine vjete.

2.4. Temperatura i vlažnost

Temperatura je fizička veličina koja opisuje toplinsko stanje i sposobnost tijela ili tvari da izmjenjuju toplinu s okolinom. Uređaj za mjerenje temperature naziva se termometar. Tri najčešće mjerne jedinice za mjerenje temperature su: stupanj Celzijev (°C), Fahrenheit (°F) i Kelvin (K). Mjerna jedinica koja se koristi u Europi, a pritom i u Hrvatskoj je stupanj Celzijev (°C).

2.4.1. Tehnologije

Postoje razni temperaturni senzori:

- Termopar
- RTD
- Pt100
- Infracrveni senzor
- Termistori
- Poluvodički senzori
- Digitalni temperaturni senzori

2.4.2. Naše rješenje

DHT-11 je senzor temperature i vlažnosti koji u sebi već sadrži kalibrirani digitalni signalni izlaz. Omogućuje visoku pouzdanost i odličnu dugoročnu stabilnost.

Uključuje komponentu za mjerenje vlažnosti koja je otporničkog tipa i komponentu za NTC mjerenje temperature te se može povezati na 8-bitne mikro kontrolere čime pruža visoku kvalitetu, brz odziv, sposobnost mjerenja bez utjecaj smetnji te troškovnu učinkovitost.

Svaka DHT-11 komponenta je strogo kalibrirana u laboratorijskim uvjetima. Koeficijenti kalibracije su pohranjeni kao programi u OTP memoriji te njih koriste procesi za detektiranje signala unutar senzora. OTP memorija (*One-Time Programmable Memory*) je memorija u koju se može pisati samo jednom.

Komponenta se sastoji od 4 pinova poslaganih u jedan red. Serijsko sučelje sastoji se od jedne žice što čini integraciju sustavu brzom i laganom za korištenje kao i njegova mala veličina, niska potrošnja energije i prijenos signala čak i do 20m.

Napajanje DHT-11 senzora iznosi 3-5.5V istosmjerne struje. Nakon priključenja napajanja, nije dopušteno slati podatke na senzor idućih 1s

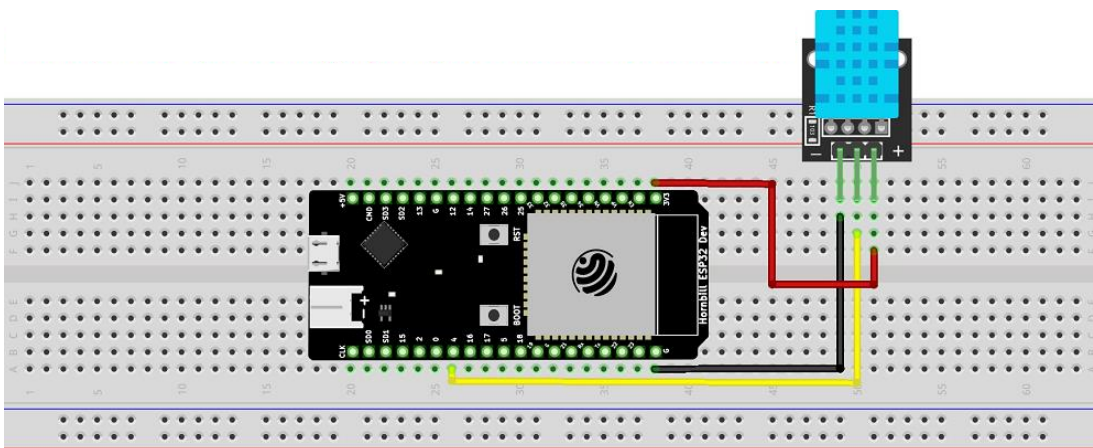
zbog stabilizacije. Za filtriranje snage, koristi se kondenzator iznos 100nF koji se dodaje između VDD i GND. Na četvero žični DHT-11 spaja se *pull-up* otpornik iznosa 10k Ω , dok tro žični već sadrži otpornik integriran u malu tiskanu pločicu koju senzor sadrži. Otpornik osigurava predodređenu pozitivnu razinu signala.

Rasponi i točnost senzora:

- Raspon vlažnosti: 20-90% relativne vlažnosti
- Točnost vlažnosti: $\pm 5\%$ relativne vlažnosti
- Raspon temperature: 0-50 °C
- Točnost temperature: $\pm 2\%$ °C
- Radni napon: 3V-5.5V

Upute:

Za rad DHT-11 senzora potrebne su sljedeće komponente: sam senzor, Arduino razvojna pločica, ESP-32, *protoboard* i tri žice. Način spajanja senzora na *protoboard* prikazan je slikom 9. Za prikaz rezultata senzora koristi se Arduino IDE, aplikacija za pisanje i izvršavanje koda. Metode za senzor već su napisane i nalaze se u biblioteci DHTLib koju je potrebno instalirati prije korištenja. Nakon što se biblioteka skine, potrebno je otvoriti Arduino IDE te izvesti sljedeće naredbe: *Sketch>Include Library>Add .ZIP Library* te odabrati datoteku DHTLib.zip. Srednji izvod senzora spojiti na priključak **D32**, a priključke **+** na **3.3 V**, a **-** na **GND**.



Slika 8. Prikaz spajanja senzora DHT-11 na ESP-32

2.5. Atmosferski tlak

Atmosferski tlak ili tlak zraka je tlak na bilo kojem dijelu Zemljine atmosfere. U većini slučajeva atmosferski tlak se uzima jednak hidrostatskom tlaku koji uzrokuje Zemljina atmosfera koja se nalazi u stupcu iznad točke mjerenja. Uređaj koji mjeri atmosferski tlak naziva se barometar.

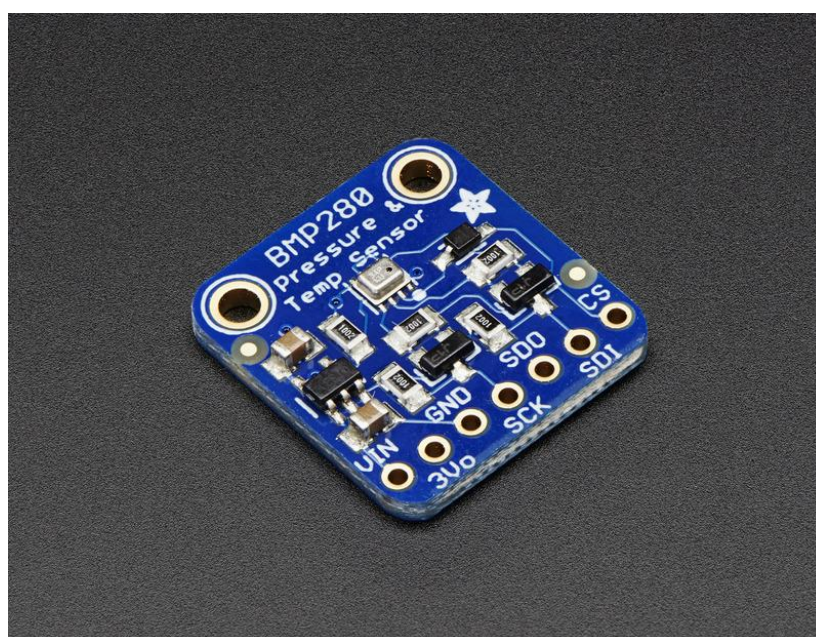
2.5.1. Tehnologije

Postoje razni izvedbe barometara:

- Živin barometar
- Barometar s pomičnim dnom
- Barometar s reduciranom skalom

2.5.2. Naše rješenje

Za mjerenje tlaka zraka korišten je senzor BMP280. Ovaj senzor odabran je zato jer pruža pouzdane i točne rezultate mjerenja, a nije skup. Uz mjerenje tlaka senzor može mjeriti i temperaturu, a na temelju mjerenja tlaka zraka pruža i procjenu nadmorske visine. Na slici 9. prikazan je senzor BMP280.



Slika 9. Senzor BMP280

Tehničke karakteristike senzora:

Napajanje: 3-5 V

Komunikacija: I2C ili SPI

Preciznost (tlak): ± 1 hPa

Preciznost (temperatura): ± 1 °C

Dimenzije: 19.2mm x 17.9mm x 2.9mm

Masa: 1.3g

Senzor se spaja (kad se spaja pomoću I2C) na način da se **Vin** spaja na pin **Vin** mikro kontrolera, a **GND** na masu. **SCK** se spaja na pin koji daje takt to je u slučaju ovog mikro kontrolera pin **D21**, a **SDI** se spaja na pin **D22**.

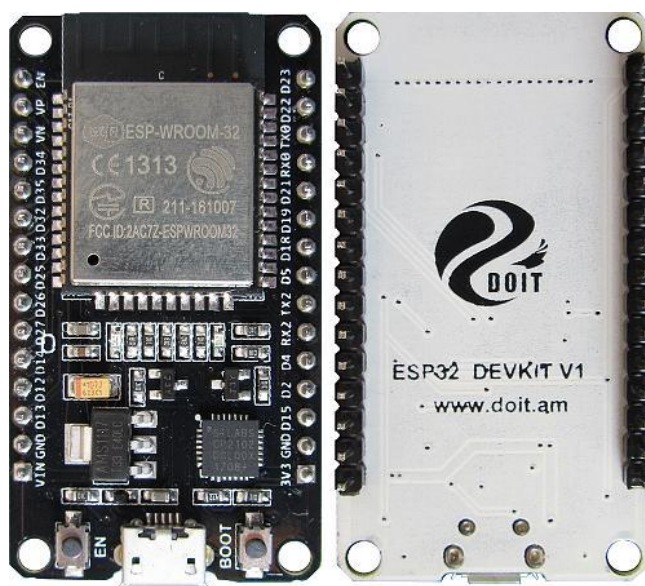
3. Obrada i prikaz podataka

Za obradu i prikaz podataka potrebna je centralna upravljačka jedinica na koju se spajaju svi senzori i koja onda obrađuje primljene podatke te ih prikazuje u obliku pogodnom za čovjeka.

3.1. ESP-32

Kao mikro kontroler koji će služiti za obradu podataka jest ESP-32, točnije model ESP32 DEVKIT V1 – DOIT prikazan na slici 10. Neke od karakteristika ovog mikro kontrolera su:

- dvojezreni, 32-bitni procesor s frekvencijom rada do 240 MHz
- 4 MB *flash* memorije, 520 kB SRAM memorije
- 16 ADC-ova (6 iskoristivih ukoliko se koristi WiFi)
- 25 digitalnih I/O pinova
- UART, SPI, I2C
- ugrađeni WiFi modul



Slika 10. ESP32 DEVKIT V1

Ovaj mikro kontroler je ponajprije pogodan radi ugrađenog WiFi modula zbog čega nema potrebe za dodatnom opremom kako bi se povezoao na internet. U odnosu na konkurentne uređaje, prije svega *NodeMCU* i *Arduino Uno* ima nekoliko prednosti. U odnosu na *NodeMCU* ima više ADC-ova te veću razlučivost (12 bitova u odnosu na 10). Ukoliko ga usporedimo s *Arduino Uno*, lako se uočava kako *Arduino* nema ugrađeni WiFi modul. Jedan od ključnih faktora pri odabiru mikro kontrolera je dakako i razvojno okruženje. Za ovaj mikro kontroler

postoji nekoliko različitih razvojnih okruženja u kojima se može programirati. Daleko najjednostavniji i najrašireniji način programiranja jest koristeći Arduino IDE (Arduinovo razvojno okruženje) kako radi mnogih razvijenih funkcija koje dolaze s okruženjem tako i radi ogromnog broja podržanih biblioteka. Ove biblioteke su od velike koristi pri razvijanju podrške za obradu podataka sa senzora jer gotovo svaki senzor koji je u prodaji (pogotovo oni namijenjeni hobistima) ima već gotovu programsku podršku.

3.2. Obrada podataka

Podaci koji dolaze sa senzora mogu biti u digitalnom ili analognom obliku. U ovom poglavlju je dan kratki osvrt o tome kakvi podaci dolaze sa pojedinih senzora te kako se obrađuju.

3.2.1. DHT11

Ovaj senzor na izlazu daje digitalni podatak. Za ovaj senzor je potrebno uključiti biblioteku koja ima napisane sve funkcije potrebne za rad dotičnog senzora, a samo čitanje podataka sa senzora se odrađuje jednostavno kako je prikazano u kodu. Na slici 11. je prikazan kod potreban za rad DHT11 senzora.

```
//ukljucivanje biblioteke
#include <DHT.h>

#define DHTPIN 2    // pin na koji je spojen srednji pin senzora
#define DHTTYPE DHT11 // odabiremo tip DHT senzora, DHT11 ili DHT22
//inicijalizacija
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

float hum;
float temp;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  dht.begin(); //pokretanje čitanja sa zadanog pina
}

void loop()
{
  //čitanje podataka i zapisivanje u varijable
  hum = dht.readHumidity();
  temp= dht.readTemperature();
  //ispis
  Serial.print("Humidity: ");
  Serial.print(hum);
  Serial.print(" %", Temp: ");
  Serial.print(temp);
  Serial.println(" Celsius");
  delay(2000); //sa senzora se prema datasheetu može čitati svake 2s
}
```

Slika 11. Kod potreban za očitavanje sa DHT11 senzora

3.2.2. BMP-280

Ovaj senzor na izlazu također daje digitalni podatak, a cijela biblioteka je već napisana pa je samo potrebno pozvati ispravne funkcije. Ono što je specifično za ovaj senzor jest da se može povezati koristeći I2C ili SPI, radi jednostavnijeg koda je odabran I2C. Na slici 12. je prikazan kod za očitavanje podataka sa senzora te prikaz serijskom vezom. U slučaju spajanja sa SPI-om potrebno je napraviti sitne zamjene u kodu (zakomentirati i odkomentirati određene dijelove).


```
#include <Wire.h>
#include <SPI.h>
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include <Adafruit_BMP280.h>

#define BMP_SCK 13
#define BMP_MISO 12
#define BMP_MOSI 11
#define BMP_CS 10
//inicijalizacija
Adafruit_BMP280 bmp; // I2C
//Adafruit_BMP280 bme(BMP_CS); // hardware SPI
//Adafruit_BMP280 bme(BMP_CS, BMP_MOSI, BMP_MISO, BMP_SCK); //SPI

void setup() {
  Serial.begin(9600); //za debugiranje
  Serial.println(F("BMP280 test"));

  if (!bme.begin()) {
    Serial.println("Senzor nije pronaden, provjeri spoj!");
    while (1);
  }
}

void loop() {
  Serial.print("Temperatura = ");
  Serial.print(bmp.readTemperature());
  Serial.println(" *C");

  Serial.print("Tlak = ");
  Serial.print(bmp.readPressure());
  Serial.println(" Pa");

  Serial.print("Procijenjena nadmorska visina = ");
  Serial.print(bmp.readAltitude(1013.25));
  Serial.println(" m");

  Serial.println();
  delay(2000); //sa senzora se može čitati svake 2 sekunde
}
```

Slika 12. Kod potreban za očitavanje sa senzora BMP 280

3.2.3. Senzor za mjerenje kiše i senzor za mjerenje brzine vjetra (anemometar)

Ova dva senzora će biti opisana u istom poglavlju jer je za implementaciju odabrana ista tehnologija (DC motor koji služi kao generator) pa je prema tome što se tiče iz aspekta obrade mjerenih veličina na mikro kontroleru identična stvar. Način na koji se reprezentira mjerna veličina jest pomoću generiranog napona. Kako odabrani mikro kontroler ima 8 ADC-ova to bi značilo da je moguće spojiti isto toliko uređaja na kojima je potrebno mjeriti analogne veličine (napone). Nedostatak ovakve implementacije jest osjetljivost ADC-ova (teoretski iznosi $3.3/4096$), ali zbog raznih šumova (prije svega uzrokovanih otpornicima) razlučivost dosta varira (u pravilo desetak mV) što je problem pri mjerenju jako malih veličina. Ovo bi se moglo poboljšati na način da se pojača signal. Zbog takvih ograničenja odabran je način da se ove veličine prikazuju ugrubo, pomoću zadanih granica (npr. slab vjetar, jak vjetar). Ove granice se trebaju odrediti same i to je jasno naznačeno u kodu. Kod je prikazan na slici 13.

```
#include <driver/adc.h>

String measure (int vrijednost){
  if(vrijednost < 100) return "Vjetar je umjeren"; //ovdje se umjesto brojeva 100 i 700
  if(vrijednost < 700 & vrijednost >100) return "Vjetar je umjeren"; //određuju nove granice
  if (vrijednost > 700) return "Vjetar je jak";// mogu se dodati i još dodatne granice
}

String measure2 (int vrijednost){
  if(vrijednost < 100) return "Kisa pada umjereno";
  if(vrijednost < 200 & vrijednost >100) return "Kisa pada umjereno";
  if (vrijednost > 200) return "Kisa jako pada";
}

void setup() {
  adc1_config_width(ADC_WIDTH_BIT_12);
  Serial.begin(115200);
}

void loop(){
  Serial.println(measure(adc1_get_raw(ADC1_CHANNEL_3))); //ADC1_CHANNEL_3 je pin označen sa VN
  Serial.println(measure2(adc1_get_raw(ADC1_CHANNEL_0))); // ukupan pinout na web stranici:
  //https://il.wp.com/randomnerdtutorials.com/wp-content/uploads/2018/08/ESP32-DOIT-DEVKIT-V1-Board-Pinout-36-GPIOs-updated.jpg?ssl=1
  //za ADC se mogu koristiti pinovi koji su označeni s ADC kraj pina (ADC2 samo ako se ne koristi WiFi)
}
```

Slika 13. Kod potreban za očitavanje napona s pinova

3.3. Prikaz podataka

Za prikaz podataka odabrana je jednostavna HTML stranica koja se nalazi na web serveru koji je na mikro kontroleru. Kako se koristi ESP-12 to je izvedivo bez ikakvih dodatnih modula pošto se WiFi modul nalazi na ESP-u. Za pokretanje web servera je potrebno nekoliko biblioteka koje služe za obrađivanje HTTP zahtjeva (kreira se HTTP server). Kako je većina koda zapravo stvaranje servera, te način kako će se HTML naredbe slati na server to neće biti posebno opisano, a bitne stvari su komentirane i mogu se vidjeti u gotovom kodu za cijeli sustav na kraju ovog rada. U ovom kodu mi zapravo željeni HTML kod šaljemo preko C-naredbi (jezik u kojem je pisan cijeli kod) na server. Na slici 14 je prikazan dio koda da se vidi način na koji se mora pisati HTML kod u ovom slučaju. Ovakav način koda nije baš praktičan radi raznih ograničenja (npr. unutar naredbi se ne smiju koristiti dvostruki navodnici) pa je teško napraviti ozbiljnu web stranicu.

```
client.println("HTTP/1.1 200 OK");
client.println("Content-type:text/html");
client.println("Connection: close");
client.println();

client.println("<!DOCTYPE html><html>");
client.println("<head><meta name=\"viewport\" content=\"width=device-width, initial-scale=1\">");
client.println("<title>DIYmeteo</title>\n");
client.println("<link rel=\"icon\" href=\"data:;\">");
client.println("<style>html { font-family: Helvetica; display: inline-block; margin: 0px auto; text-align: center;}");
client.println("</style></head>");
client.println("<body><h1>DIY meteo</h1>");
client.println("<p><b>Temperatura: </b></p>");
client.println(t);
client.println(" *C");
client.println("<p><b>Relativna vlaznost: </b></p>");
client.println(h);
client.println(" %");
client.println("<p><b>Tlak zraka: </b></p>");
client.println(bme.readPressure());
client.println(" Pa");
client.println("<p><b>Procijenjena nadmorska visina: </b></p>");
client.println(bme.readAltitude(1013.25));
client.println(" m");
client.println("<p><b>");
client.println(measure(adcl_get_raw(ADCL_CHANNEL_3));
client.println("</b></p>");
client.println("<p><b>");
client.println(measure2(adcl_get_raw(ADCL_CHANNEL_0));
```

Slika 14. Primjer kako se piše HTML kod za web stranicu na serveru

U prilogu se može pronaći cijeli kod potreban da se cijeli sustav upogoni. Na slici 15. se može vidjeti (izravno iz koda) popis svih biblioteka potrebnih da sustav funkcionira.

```
#include <WiFi.h>  
#include "DHT.h"  
#include <driver/adc.h>  
#include <SPI.h>  
#include <Adafruit_BMP280.h>  
#include <Adafruit_Sensor.h>
```

Slika 15. Popis biblioteka

4. Zaključak

Rezultat ovog projekta je samostalna izrada cjelokupne meteorološke stanice, od izrade senzora pa sve do programiranja istog te dizanja servera za prikaz rezultata.

DIY Meteo sustav vrlo je jednostavan. Pokriva mjerenje i prikaz osnovnih fizikalnih veličina koje čini obilježja meteoroloških prilika. Nedostaci dotičnog su slaba preciznost samostalno izrađenih senzora, nemogućnost isprobavanja sustava u realnim vremenskim uvjetima, mogućnost odspajanja i lomljivost komponenti.

Prostoru za optimizaciju nema kraja. Daljnjom razradom ideje, svako zainteresiran, sve osobe sa i manje nego osnovnim znanjem korištenja računala i poznavanja elektroničkih komponenata u mogućnosti su dodati još više raznih senzora, npr. za stanje tla, odnosno mora, vidljivost, rosište, oblačnost itd.

Daljnjom optimizacijom, ovaj prototipni sustav mogao bi povećati robusnost lemljenjem, smanjenjem veličine senzora, namještanjem preciznosti senzora i uklanjanjem utjecaja vanjskih smetnji. Otvoren je prostor za izradu sustav u obliku crne kutije čime bi sustav povećao komercijalan izgled.

5.Literatura

- [1] Anemometar.
URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Anemometer> (2019-6-11)
- [2] DC motor.
URL: https://en.wikipedia.org/wiki/DC_motor (2019-6-11)
- [3] Arduino.
URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Arduino> (2019-6-11)
- [4] GPIO.
URL: https://en.wikipedia.org/wiki/General-purpose_input/output (2019-6-11)
- [5] OSEPP Electronics, Mouser Electronics, Authorized Distributor, DHT11 Humidity & Temperature Sensor.
URL: <https://www.mouser.com/ds/2/758/DHT11-Technical-Data-Sheet-Translated-Version-1143054.pdf> (2019-6-11)
- [6] Bosch Sensortech, Adafruit Industries, Digital Pressure Sensor May 5th, 2015.
URL: <https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/BST-BMP280-DS001-11.pdf> (2019-6-11)
- [7] ESP-32.
URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/ESP32> (2019-6-11)

6. Pojmovnik

Pojam	Kratko objašnjenje	Više informacija potražite na
Arduino	Elektronička prototipni platforma otvorenog koda koja omogućuje korisnicima interaktivno stvaranje elektroničkih objekata	https://en.wikipedia.org/wiki/Arduino
Program za ESP-32	Cijeli program potreban da se sustav upogoni.	https://pastebin.com/0s16B1wJ
DHT-11	Senzor za mjerenje temperature i vlažnosti zraka	https://www.mouser.com/ds/2/758/DHT11-Technical-Data-Sheet-Translated-Version-1143054.pdf
BMP-280	Senzor za mjerenje tlaka zraka	https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/BST-BMP280-DS001-11.pdf
GPIO	Eng. General Purpose Input Output Digitalni signalni pin integriranog kruga koji se ponaša kao ulaz ili izlaz	https://en.wikipedia.org/wiki/General-purpose_input/output
HTML	Eng. Hyper Text Markup Language Jezik za kreiranje web-stranica	https://en.wikipedia.org/wiki/HTML

HTTP	Eng. Hyper Text Transfer Protocol Aplikacijski protokol za distribuirane, informacijske sustave	https://en.wikipedia.org/wiki/Hypertext Transfer Protocol
------	--	---