

Tomislav Kovačević
0036479384

Marko Matijaščić
0036477028

Ante Orešković
0036476613

Dominik Perković
0036478831

Luka Škorić
0036473237



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

senzori ambijentalne ugodnosti

- Δ Dio projekta „Pametna kuća“
- Δ Rad sa korisničkim sučeljem
- Δ Obuhvat senzora u funkcionalnu cjelinu
- Δ Povezivanje s Arduino računalnim sustavom

8. lipnja 2017.



Sažetak

Sustav senzora ambijentalne ugodnosti omogućuje stanarima „pametne kuće“ efikasan uvid i regulaciju trenutnih iznosa temperature, vlage, buke, osvjetljenja i tlaka zraka u njihovoj boravišnoj prostoriji. Uvid u promatrane podatke i zadavanje željenih iznosa ostvaruje se na *online* sučelju sustava. Do sada su se takvi zadatci odvijali uglavnom zasebnim mjerenjima i pojedinačnim upravljanjem specijaliziranim uređajima. Temeljna ideja projekta je omogućiti korisniku regulaciju ambijenta boravišne prostorije te izračun ambijentalne ugodnosti u prostoriji koristeći poznate uvjete u prostoriji. Prednosti ovakve realizacije su brz i jednostavan pristup podacima, a nedostaci ograničenja pojedinih komponenata sustava. Sustav može koristiti svatko tko boravi u prostoriji u bilo kojem trenutku jer je omogućen jednostavan unos novih korisnika, dok su standardni korisnici (npr. članovi kućanstva ili zaposlenici) stalno unutar sustava.

Sadržaj

1. UVOD.....	4
2. OPIS SUSTAVA.....	5
2.1. Shema sustava.....	6
2.2. Arduino.....	7
2.3. Fotootpornik.....	8
2.4. Mikrofon.....	9
2.5. Višenamjenski senzor BME280.....	10
2.6. Međusklop za čitanje i pisanje na microSD karticu.....	11
2.7. Matrična membranska tipkovnica.....	12
2.8. Liquid Crystal Display.....	13
2.9. Wemos D1 Mini Pro međusklop za ESP8266 uC.....	14
2.10. Real-Time Clock.....	15
3. REALIZACIJA SUSTAVA.....	16
3.1. Proračun mjerenih vrijednosti.....	16
3.2. Programska realizacija sustava.....	19
4. ZAKLJUČAK.....	24
5. LITERATURA.....	25
6. POJMOVNIK.....	26

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

Razvoj sustava sa senzorima ambijentalne ugodnosti jedan je od mnogobrojnih projekata koji svoju primjenu pronalaze u konceptu „pametnih kuća“. Napretkom tehnologije i modernim načinom života povećavaju se potrebe za boljom organizacijom i efikasnijim upravljanjem resursima koji čine naše svakodnevno okruženje. Automatizacijom jednostavnih radnji poput mjerenja i regulacije temperature ili vlažnosti zraka u prostoriji, štedi na vremenu, poboljšava kvaliteta života, te optimizira potrošnja energije.

Praćenje i regulacija iznosa vrijednosti temperature, vlažnosti zraka, buke, tlaka i osvjetljenja u određenoj prostoriji važno je svakom pojedincu koji ondje provodi velik dio svog vremena. Ugodan boravak na radnom mjestu ili kod kuće, utječe na psihičko i fizičko zdravlje pojedinca, te predstavlja osnovni preduvjet za postizanje visoke razine produktivnosti pri ispunjavanju radnih obveza.

Razvojem ugradbenih računalnih sustava, povećavaju se mogućnosti upravljanja i organizacije većeg broja elektroničkih uređaja. Primjenom mikrokontrolera Arduino objedinjuje se pet senzora za mjerenje fizikalnih veličina koje određuju ambijent u prostoriji. Upravljanje sustavom i unos željenih vrijednosti odvija se preko intuitivnog i korisniku prilagođenog sučelja s povratnim informacijama. Kontinuiranim čitanjem vrijednosti sa senzora i njihovim slanjem na središnji dio sustava ostvarena je stalna regulacija promatranih veličina s obzirom na korisnikove zadane vrijednosti.

Implementacija ovakvog sustava omogućuje korisniku jednostavno upravljanje i nadzor većeg broja fizikalnih veličina preko jedinstvenog sučelja. Razvojem takvog modela sustava ambijentalne ugodnosti štedi se na količini potrebnih uređaja i elektroničkih komponenti, vremenu, ali i potrebama za organizacijom podataka. Ne iskorištavanjem razvojnih mogućnosti suvremenih ugradbenih računalnih sustava, bilo bi potrebno investirati veća sredstva u gotove uređaje, čijim bi podacima bilo komplicirano upravljati, a rad teško uskladiti.

2. Opis sustava

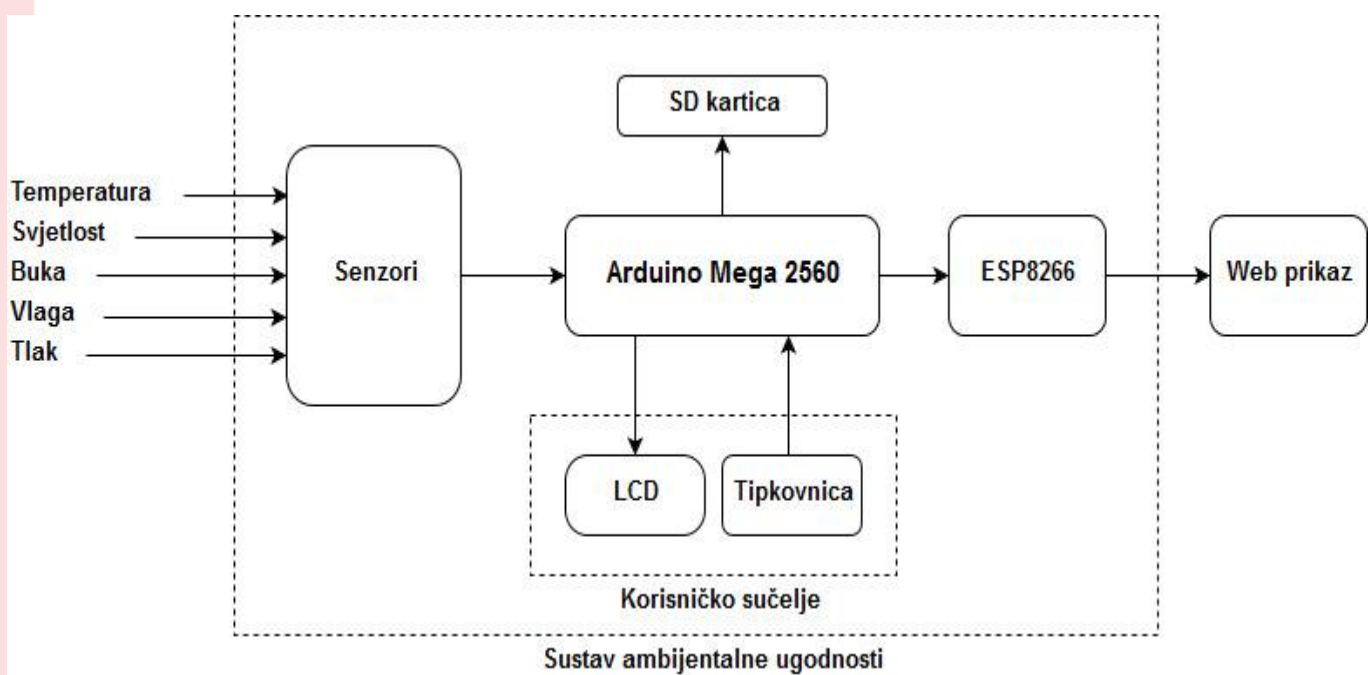
Sustav upravljanja senzorima ambijentalne ugodnosti koji je razvijen u sklopu ovog projektnog zadatka temelji se na mikrokontroleru tipa Arduino i pratećim elektroničkim komponentama. Središnju komponentu sustava predstavlja mikrokontroler Arduino Uno, na čije su GPIO sučelje spojeni svi korišteni senzori, korisničko sučelje koje čine tipkovnica i LCD display, te sučelje za pristup micro SD kartici. Mikrokontroler obrađuje prikupljene podatke i komunicira s uređajima koji postavljaju tražene iznose fizikalnih veličina u prostoriji. Mjerenja se vrše svakih 5 sekundi, no u stvarnoj primjeni sustava frekvencija mjerenja će se smanjiti jer se određene fizikalne veličine ne mijenjaju jednakom učestalošću.

Za mjerenje fizikalnih veličina u okviru ovog projekta koristi se pet senzora:

- senzor za temperaturu
- senzor za vlažnost zraka
- senzor za intenzitet svjetlosti
- senzor za tlak zraka
- senzor za buku

Korisnik sa sustavom komunicira preko sučelja koje čine LCD display i tipkovnica. Pri ulasku u prostoriju, svaki je korisnik u mogućnosti pristupiti sustavu i zadati svoje preferirane vrijednosti mjerenih veličina. Sustav podržava do deset različitih korisnika u svakom trenutku. Iz zadanih vrijednosti svih korisnika računa se prosjek za svaku od mjerenih veličina, zatim se dobivena vrijednost uspoređuje sa zadanim korisničkim postavkama te po potrebi uključuju ili gase regulacijski uređaji, kako bi stvarni iznos određene fizikalne veličine bio što povoljniji za sve korisnike. Podaci prikupljeni mjerenjima se pohranjuju na microSD kartici radi zapisivanja podataka kroz dulje vremensko razdoblje kako bi se omogućio pregled sustava i buduće nadogradnje. Prikaz trenutnih iznosa mjerenih vrijednosti moguće je pratiti na web prikazniku. To omogućuje internetska veza ostvarena implementacijom *WiFi* modula u okviru razvijenog sustava.

2.1. Shema sustava



Slika 2.1 Blok shema sustava

2.2. Arduino

„Arduino“ je mikrokontroler otvorenog koda namijenjen izradi prototipnih sustava s velikim brojem različitih vanjskih modula. Takvi sustavi se sastoje od središnje procesorske jedinice i dodatnog perifernog sklopovlja te memorijskog prostora. Sklopovlje mikrokontrolera opremljeno je sučeljem za ostvarivanje različitih tipova serijske veze poput USB sučelja ili GPIO sabirnice. Ispravna konfiguracija potrebne serijske veze nužan je uvjet za uspješno povezivanje mikrokontrolera kao središnje komponente računalnog sustava s ostalim elektroničkim uređajima. [1] Programska podrška za „Arduino“ mikrokontrolere razvija se na osobnom računalu uz pomoć za to predviđenog integriranog razvojnog okruženja. Mikrokontroler se s osobnim računalom povezuje USB sučeljem putem kojega se može učitavati programska podrška i ostvariti dvosmjerna serijska komunikacija putem UART sučelja.

U okviru ovog projektnog zadatka korišten je „Arduino Mega 2560“ model mikrokontrolera. Ovaj model se sastoji od AtMega2560 procesorske jedinice. Serijsko sučelje sastoji se od 54 digitalnih i 16 analognih ulazno-izlaznih priključaka. Glavni izvor takta u sustavu predstavlja kristal kvarca frekvencije 16 MHz. Na tiskanoj pločici se nalazi USB sučelje, ulaz za napajanje, 4 UART serijska priključka, tipka za reset i ICSP sučelje [1].

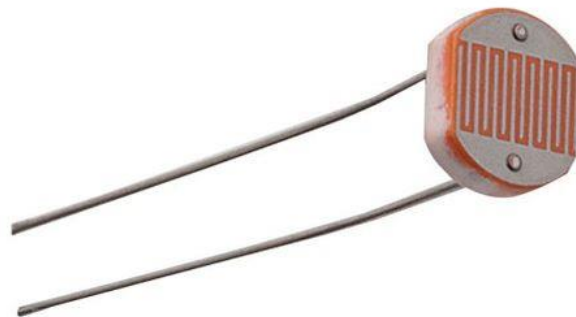


Slika 2.2 Arduino Mega 2560

2.3. Fotootpornik

Jedna od implementiranih funkcionalnosti sustava ambijentalne ugodnosti je detekcija intenziteta svjetlosti u prostoriji. U tu svrhu koristi se fotootpornik s dvije elektrode.

Fotootpornik je elektronička komponenta izrađena od visoko otpornog poluvodičkog materijala čiji se iznos otpora smanjuje porastom intenziteta svjetlosti na površini komponente. [5] Princip rada jednostavnog fotootpornika temelji se na svojstvu materijala koje se zove fotovodljivost. Prelaskom određene razine frekvencije, fotoni ulazne svjetlosti predaju energiju elektronima poluvodičkog materijala, što rezultira povećanjem vodljivosti tog materijala. Jednostavni fotootpornici raspolažu vrijednostima otpora od nekoliko mega ohma u mraku, do nekoliko stotina ohma u slučaju dobrog osvjetljenja.



Slika 2.3 Fotootpornik [5]

2.4. Mikrofon

Za potrebe ostvarivanja sposobnosti detekcije razine buke u prostoriji u razvijani sustav dodan je modul mikrofonskog pojačala max4466 proizvođača „Adafruit Industries“. To je uređaj koji se sastoji od elektrostatskog kondenzatorskog mikrofona i operacijskog pojačala tipa max4466. Frekvencijski raspon kondenzatorskog mikrofona iznosi 20Hz – 20kHz. Pojačalo je moguće modificirati vijkom na pozadini uređaja, a ostvarivi raspon pojačanja iznosi od 25x do 125x. Taj raspon odgovara naponskim razinama od 200 mVpp (primjenjivim pri normalnom intenzitetu govora do 13 cm udaljenosti) do 1 Vpp na maksimalnom pojačanju. Izlaz pojačala je *rail-to-rail*, te u slučaju glasnijih zvukova, može doseći naponsku razinu od 5 Vpp. [2]

Uređaj se s mikrokontrolerom jednostavno spaja pomoću tri priključka: *OUT*, *GND* i *VCC*. Preporučeni napon napajanja u slučaju spajanja na „Arduino“ mikrokontroler iznosi 3.3 V.



Slika 2.4 kondenzatorski mikrofon s pojačalom [2]

2.5. Višenamjenski senzor BME280

Za potrebe mjerenja temperature, vlage i tlaka zraka u promatranoj prostoriji korišten je model senzora BME280, marke „Bosch“. Ovaj uređaj u jednom integriranom krugu malih dimenzija, objedinjuje senzore za vlagu, temperaturu i tlak zraka.

Uređaj podržava povezivanje na SPI i I2C serijsko sučelje. Naponske razine potrebne za rad uređaja, kreću se u rasponu od 1.71 V do 3.6 V. Mjerenja svakog od tri integrirana senzora mogu se sinkronizirati sa signalom takta uređaja kojemu senzor BME280 predaje podatke, ili odvijati u regularnim intervalima. Uređaj u pasivnom stanju troši 0.1 uA struje. [3]



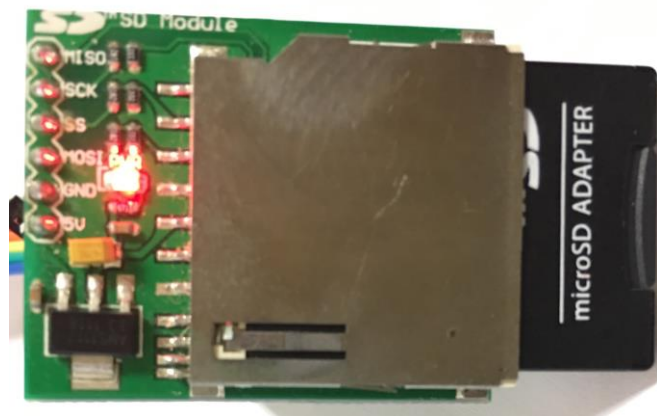
Slika 2.5 Modul senzora BME280

2.6. Međusklop za čitanje i pisanje na microSD karticu

Sučelje za zapisivanje i čitanje s microSD kartice koristi SPI komunikaciju gdje se vanjski međusklop ponaša kao *slave*, dok Arduino predstavlja *mastera*. Potrebno je osigurati napajanje od 5 V koje se zatim integriranim sklopovljem za prilagodbu razine napajanja spušta na 3,3 V. Dodatno, nužno je dovesti unutrašnji signal takta na izvod *SCK* te spojiti *MISO*, *MOSI* i *CS* izvode na odgovarajuće izvode Arduina. Karticu je potrebno formatirati kao *fatfs* prije spajanja na međusklop, a same datoteke koje će se spremati na karticu (u svrhu zapisivanja podataka sa senzora kroz dulje vremensko razdoblje) trebaju pratiti standard imenovanja „8.3“, odnosno 8 znakova naziva i 3 znaka za tip datoteke (IMEDATOT.EXT).

Upisivanje podataka na karticu započinje otvaranjem podatkovnog toka korištenjem metoda *SD.begin()* te *SD.open()*, a svaki naredni upis podataka u datoteku na kartici se izvodi korištenjem metode *myFile.print()*, gdje *myFile* predstavlja *handle* za datoteku koja je prethodno otvorena s *SD.open()*.

Kako bi se osigurao ispravan rad kartice ključno je pravilno rukovanje podatkovnim putevima, odnosno potrebno je na kraju svakog upisa u datoteku zatvoriti podatkovni put koristeći metodu *myFile.close()*.



Slika 2.6 modul za SD karticu

2.7. Matrična membranska tipkovnica

Kako bi se olakšao unos novih korisnika, koristi se matrična tipkovnica sa 16 znakova (0-9, A-D, *, #) i 8 izvoda koji se spajaju na proizvoljne izvode Arduina. Matričnu tipkovnicu čine četiri reda i četiri stupca koji povezuju znakove. Pritiskom na jedan od znakova dolazi do spoja određenog stupca i retka, dok mikrokontroler prozivanjem (*polling*) redova za svaki stupac određuje koji je znak pritisnut.



Slika 2.7 Matrična tipkovnica

2.8. Liquid Crystal Display

Izravna interakcija korisnika sa sustavom nadzora ambijentalne ugodnosti u prostoru odvija se pomoću korisničkog sučelja koje se sastoji od LCD ekrana i tipkovnice. U tu svrhu korišteni su model ekrana LCD-2004A prilagođen radu s računalnim sustavima „Arduino“. Spoj LCD-a sa „Arduino Mega 2560“ ostvaren je koristeći međusklop „YwRobot LCM1602 V1“ namjenjenog jednostavnijem ostvarivanju I2C serijske veze.

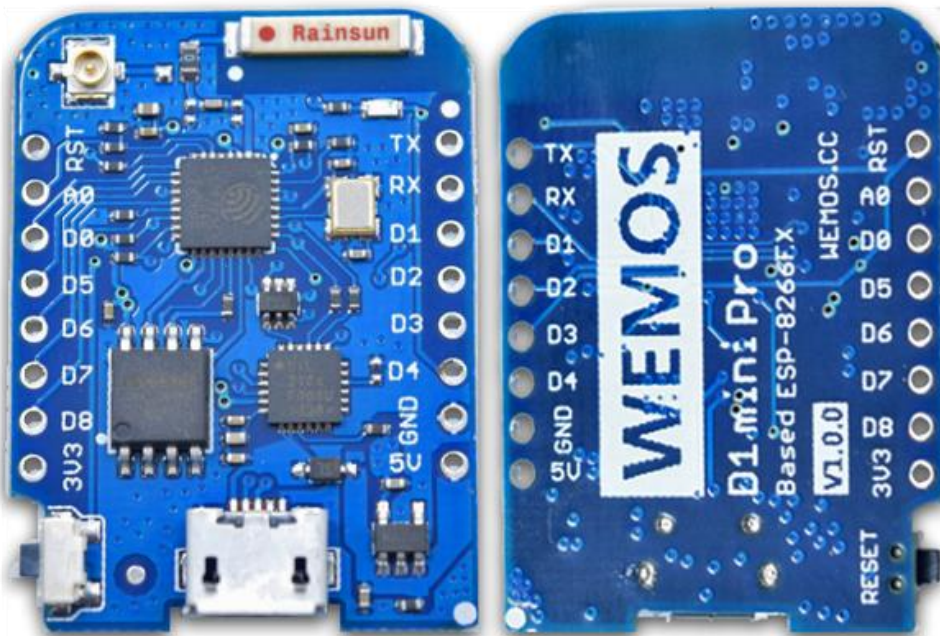
Međusklop ima četiri izvoda koja se redom spajaju na izvode *GND*, *VCC*, *SDA* i *SCL*. Dodatno, potrebno je preuzeti odgovarajuću biblioteku za rad s LCD modulom pod nazivom „LiquidCrystal_I2C“.



Slika 2.8 LCD model 2004a

2.9. Wemos D1 Mini Pro međusklop za ESP8266 uC

Prikaz trenutnog stanja sustava moguće je pratiti i putem web browsera, internetskom vezom, koja je ostvarena implementacijom WeMos D1 mini PRO modula. Riječ je o tiskanoj pločici koja sadrži ESP8266 wireless modul i periferno sklopovlje. Osnovna primjena ovog uređaja je povezivanje s mikrokontrolerima s ciljem ostvarivanja mogućnosti spajanja takvog sustava na bežičnu internetsku mrežu u sklopu *Internet of Things* paradigme.



Slika 2.9 WeMos D1 minPRO modul

2.10. Real-Time Clock

Zapisivanje podataka sa senzora uz vremensku oznaku korisno je za analizu i obradu nakon duljeg vremenskog razdoblja kako bi se prilagodio primijenjeni sustav radi boljeg određivanja PMV vrijednosti. Ispitivanje rada sustava uz zapis vrijednosti omogućuje smanjenje utjecaja neočekivanih faktora.

U sklopu projekta korišten je ZS-042 međusklop za DS3231 RTC (*Real Time Clock*) modul koji kroz razdoblje od 4 mjeseca dobiva kašnjenje od oko 8 minuta što ne predstavlja problem jer se podaci ne upisuju svake sekunde.

Modul se spaja na napajanje od 3.3 V te koristi I2C sabirnicu – potrebno je spojiti SCL i SDA izvode na odgovarajuće izvode Arduina.



Slika 2.10 ZS042 rtc modul

3. Realizacija sustava

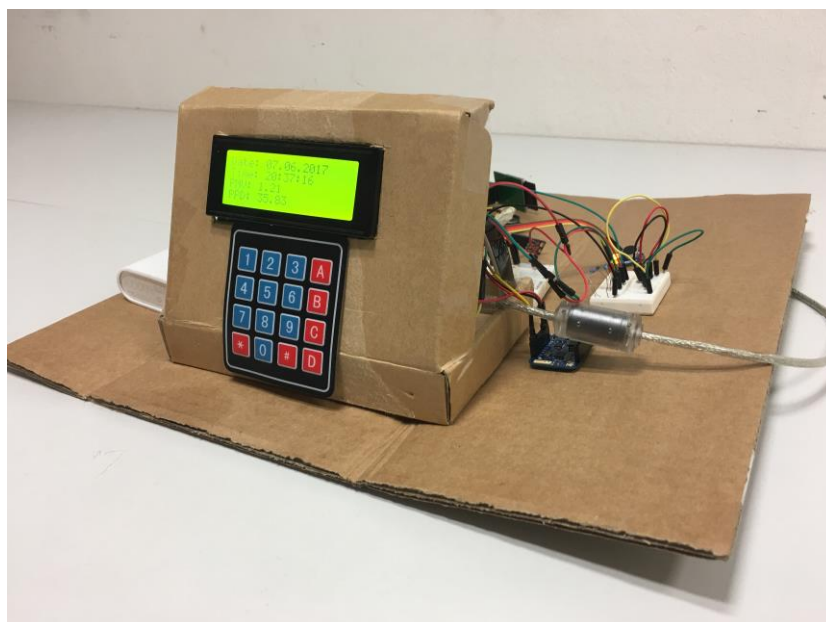
3.1. Proračun mjerenih vrijednosti

Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD) i Predicted Mean Vote (PMV) su brojčane vrijednosti koje predstavljaju kvantificiranu razinu ambijentalne ugodnosti u nekom prostoru. PMV predstavlja razinu termalne ugodnosti koja se u vrijednostima kreće od -3 (hladno) do 3 (vruće).

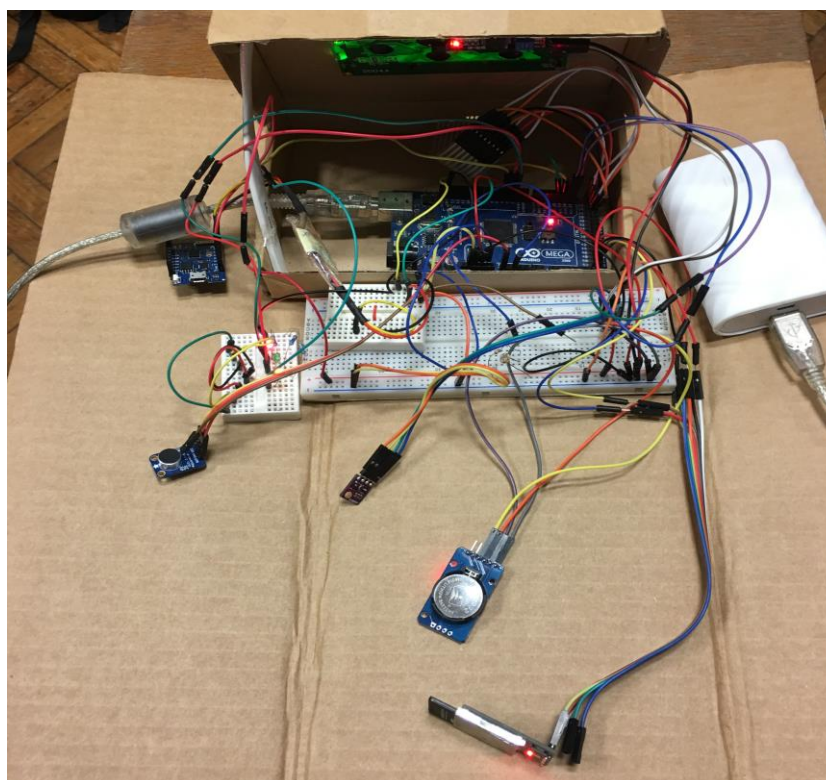


Slika 3.1 Korisničko sučelje sustava

Prema referentnoj literaturi, formula za određivanje PMV vrijednosti dobivena je eksperimentalno iz velike količine podataka, te koristi brojne parametre kao što su temperatura, vlažnost, brzina strujanja zraka u prostoriji itd. PPD je postotni indeks koji predviđa udio nezadovoljnih korisnika u prostoriji. Određuje se izravnom empirijskom jednadžbom iz PMV-a. Više o PPD-u i PMV-u može se pronaći ovdje. [7] Izračun na realiziranoj platformi ostvaren je preko već razvijenih algoritama iz priložene literature, implementiranih u C jeziku.



Slika 3.3 Prednja strana sustava



Slika 3.2 Stražnja strana sustava (sklopovlje)

Senzori ambijentalne ugodnosti

Iz objektivnih razloga kao ulazni mjereni parametri korišteni su temperatura, tlak i vlažnost zraka, tj. fizikalne veličine koje smo imali mogućnost mjeriti preko nabavljenih senzora. Ostali parametri potrebni za izračun postavljeni su u očekivanje srednje vrijednosti. Na slici (Slika 3.2) prikazan je cjelokupni sustav koji se sastoji od senzorskog dijela, WiFi modula, RTC i LCD-a, matične tipkovnice te međusklopa za zapisivanje podataka na SD karticu. Arduino predstavlja središte sustava a napaja se s prijenosnim izvorom napajanja, što znači da je neovisan o korisnikovom prijenosnom računalu ili mobilnom uređaju preko kojega korisnik pristupa podacima na web sučelju.

3.2. Programska realizacija sustava

Cijeli se sustav sastoji od 3 glavna dijela, tj petlje. U prvom se dijelu odvija inicijalizacija svih potrebnih parametara za platforme, module i senzore koje koristimo.

Njegov je kostur:

```
void setup() {  
    // inicijalizacija senzora  
    // inicijalizacija modula  
}
```

Druga i glavna petlja služi za izvođenje algoritma očitavanja senzora, te računanje njihovih prosijeka svakih N ciklusa petlje. Također, u glavnoj petlji računaju se PMV i PPD vrijednosti, prema prethodno predodređenom algoritmu.

U glavnoj petlji se ažuriraju još i aktuatori prema prosijeku korisničkih postavki, te se aktualni podatci sa senzora kao i korisničke preference šalju na web server.

```
void loop() {  
    //čekanje prekida s tipkovnice  
    //čitanje vrijednosti senzora i računanje srednje vrijednosti svakih  
    N interacija  
    //s obzirom na očitavanja senzora, računanje PMV i PPD vrijednosti  
    //ažuriranje aktuatora  
    //slanje na web server  
}
```

Kako je već u prethodnom dijelu koda spomenuto čekanje prekida s tipkovnica, to je ujedno i treći dio programa. Pritiskom na "*" na tipkovnici, generira se prekid u glavnom programu (*loop()* petlji), koji omogućava odabir željene "akcije" korisnika, kao i unošenje vrijednosti potrebnih za izvršavanje svake od postojećih korisničkih mogućnosti.

```
void setup() {  
    //odabir "akcije"  
    //unošenje parametara ovisno o akciji  
    //prenošenje parametara u glavni program  
    //povratak iz prekidnog programa  
}
```

U sustav je omogućen ograničen broj korisnika koji ga mogu koristiti, to je napravljeno isključivo zbog lakšeg testiranja samog sustava i

Senzori ambijentalne ugodnosti

smanjenja njegove robusnosti. Korisnici su organizirani kao statički niz struktura Korisnik, gdje je jasno definirano za svakog korisnika sustava koje su njegove preference mjerenih parametara, kao i njegov jedinstveni ID u sustavu, te njegova zastavica za prisutnost u sustavu. U nastavku se nalazi dio koda koji opisuje strukturu pojedinih korisnika.

```
struct Korisnik {
    int ID;
    boolean prisutnost = false;
    double svjetlost;
    double buka;
    double temperatura;
    double vlaga;
    double tlak;
};
```

Senzori su organizirani tako da je svakom slijedno pridodjeljen broj u enumeraciji. Poredak senzora je odabran proizvoljno, no korištenjem enumeracije, u sustav je lako dodati dodatne senzore, bez puno preinaka u kodu.

```
typedef enum {
    SENZOR_BUKE = 0,
    SENZOR_SVJETLOSTI,
    SENZOR_TEMPERATURE,
    SENZOR_VLAGE,
    SENZOR_TLAKA,
    BROJ_SENZORA // mora biti zadnje da broj bude ispravan
} tip_senzora;
```

Algoritam čitanja sa senzora svakih N izvođenja glavne petlje programa usrednjuje sva prethodno napravljena očitavanja senzora. Cijeli je sustav senzora organiziran u matricu s dimenzijama $M \times N$, gdje M predstavlja broj senzora, a N broj ciklusa glavnog programa čije se vrijednosti usrednjavaju.

```
void iteracija_petlje(int broj_prolaza) {
    // ako je trenutna iteracija djeljiva s 10, izracunaj prosjeke
    if ((broj_prolaza % BROJ_OCITANJA) == 0) {
        // racunanje prosjeka svih senzora
        int i, senzor;
        for ( senzor = 0; senzor < BROJ_SENZORA; senzor++ ) {
            prosjeci_senzora[senzor] = 0.;
            for ( i = 0; i < BROJ_OCITANJA; i++ ) {
                prosjeci_senzora[senzor] += ocitanja_senzora[senzor][i];
            }
        }
    }
}
```

```

        prosjeci_senzora[senzor] /= (BROJ_OCITANJA - 1);
    }
}
// inace spremi vrijednosti svih senzora
else {
    int senzor;

    for ( senzor = 0; senzor < BROJ_SENZORA; senzor++ ) {
        ocitanja_senzora[senzor][trenutni_index] =
vrijednost_senzora((tip_senzora)senzor);
        //http_data služi kao string za slanje na ESP

    }

    trenutni_index++;
}
}

```

Algoritam izračuna PMV i PPD vrijednosti preuzet je s IEEE službenih stranica, te zatim prilagođen za platformu na kojoj radimo i programskom jeziku C. Izračun je priložen u nastavku.

```

void pmvppd(double temperatura, double vlaga){
    double M,Ta,Tr,p,w,v,rh,Tsk,
    fcl,W,vp,Icl,Iclr,Pa,Tcl,hc,hr,
    Ia,factor,Balance,R,C,Hres,
    E,Ediff,S,ArAdu,
    message,DLEminimal = 1;

    double calculation=0;
    M=115;
    W=0;
    Ta=temperatura;
    Tr=temperatura;
    v=0;
    rh=vlaga;
    Icl=0.5;

    //Serial.println("Kalkulacija u tijeku");
    if (M<=58) {
        M=58;
    }
    if (M>=232) {
        M=232;
    }
    if (Ta<=10) {
        Ta=10;
    }

    // Calculation of stationary w (m/s), NOT used
    if (w<=0.0052*(M-58)) {
        w=0.0052*(M-58);
    }
}

```

```

        w=round(w*10)/10;
    }
    if (w>=1.2) {
        w=1.2;
    }
    if (v<=0.1) {
        v=0.1;
    }
    if (v>=4) {
        v=4;
    }
    Icl=Icl*0.155;
    Ia=0.092*exp(-0.15*v-0.22*w)-0.0045;
    Tsk=35.7-0.0285*M;
    calculation=0;

    // Calculation of Pa (Pa)

    Pa=(rh/100)*0.1333*exp(18.6686-4030.183/(Ta+235));

    // *** Calculation of Dlimneutral and Dlimminimal ***
    // Calculation of S (W/m2),fcl (n.d.), hr W/m2C with stepwise
iteration
values !
    Tcl=Ta; hr=3; S=0; ArAdu=0.77; factor=500; Iclr=Icl; // Initial
    do {
        fcl=1.05+0.65*Icl;
        E=0.42*((M-W)-58);
        Ediff=3.05*(0.255*Tsk-3.36-Pa);
        Hres=1.73E-2*M*(5.867-Pa)+1.4E-3*M*(34-Ta);
        Tcl=Tsk-Icl*(M-W-E-Ediff-Hres-S);
        hr=5.67E-8*0.95*ArAdu*(exp(4*log(273+Tcl))-
        exp(4*log(273+Tr)))/(Tcl-Tr);
        hc=12.1*pow(v,0.5);
        R=fcl*hr*(Tcl-Tr);
        C=fcl*hc*(Tcl-Ta);
        Balance=M-W-E-Ediff-Hres-R-C-S;
        if (Balance>0) {
            S=S+factor;
            factor=factor/2;
        }
        else {
            S=S-factor;
        }
    } while (abs(Balance) > 0.01);
    S=M-W-E-Ediff-Hres-R-C;

    PMV=(0.303*exp(-0.036*M)+0.028)*S;
    PPD=100-95*exp(-0.03353*pow(PMV,4)-0.2179*pow(PMV,2));

}

int vratiBroj(struct Korisnik *korisnici) {

```

```
int i;
int cnt=0;
Serial.println("Lista korisnika:");
for (i = 0; i < MAX_KORISNIKA; i++)
    if ((korisnici + i)->prisutnost) cnt++;
return cnt;
}
```

4. Zaključak

Sustav razvijen u okviru ovog projektnog zadatka omogućuje korisniku regulaciju fizikalnih veličina koje bitno utječu na kvalitetu boravka u nekoj prostoriji. Mjerenje iznosa veličina temperature, osvjetljenja, buke, te vlage i tlaka zraka u stvarnom vremenu, efikasna obrada i konkretna prezentacija prikupljenih podataka, omogućuju korisniku konstantan uvid u stanje ambijenta u kojem se nalazi. Interakcijom sa sustavom korisnik postavlja željene iznose mjerenih veličina, te tako mijenja uvjete svoje okoline.

Sustavi ambijentalne ugodnosti primjenu pronalaze u velikom broju raznih tipova interijera poput: ureda, stana, kuće, automobila, itd. Koristi od ovakvih sustava imaju svi pojedinci koji borave u prostoriji u kojoj je sustav prethodno instaliran.

Mjesta za daljnji napredak u području razvoja računalnih sustava čija je zadaća regulacija parametara ambijentalne ugodnosti ima mnogo. Neki od mogućih koraka daljnjeg razvoja ovakvih sustava odnose se na povećanje promatranih parametara dodavanjem većeg broja odgovarajućeg senzorskog sklopovlja ili povećanje površinske pokrivenosti ovakvim sustavima u zahtjevnim interijerima većih dimenzija.

5. Literatura

- [»Arduino,«
- [1] <https://en.wikipedia.org/wiki/Arduino>. [Pokušaj pristupa 4 June 2017].
- [https://www.adafruit.com/product/1063. [Pokušaj pristupa 4 June 2017].
- [2] 2017].
- [Bosch, BME280 sensor,
- [3] https://aebst.resource.bosch.com/media/_tech/media/datasheets/BS-T-BMP280-DS001-18.pdf. [Pokušaj pristupa 4 June 2017].
- [Arduino:
- [4] <https://www.arduino.cc/en/main/arduinoBoardMega2560>. [Pokušaj pristupa 4 June 2017].
- [Photoresistor
- [5] <https://en.wikipedia.org/wiki/Photoresistor>. [Pokušaj pristupa 4 June 2017].
- [PARALLAX
- [6] <https://www.parallax.com/sites/default/files/downloads/27899-4x4-Matrix-Membrane-Keypad-v1.2.pdf>. [Pokušaj pristupa 25 May 2017].
- [IEEE
- [7] <http://ieeexplore.ieee.org/document/6427051/?reload=true>. [Pokušaj pristupa 5 June 2017].

6. Pojmovnik

Pojam	Kratko objašnjenje	Više informacija potražite na
Mikrokontroler	Malo računalo na integriranom sklopu. Sadrži memorije i periferno sklopovlje	https://en.wikipedia.org/wiki/Microcontroller
GPIO sučelje	Konfigurabilna sabirnica ulazno-izlaznih priključaka	https://en.wikipedia.org/wiki/General-purpose_input/output
LCD display	Elektronički prikaznik	https://en.wikipedia.org/wiki/Liquid-crystal_display
Micro SD kartica	Neizbrisiva memorijska kartica	https://en.wikipedia.org/wiki/Secure_Digital
USB	„Universal Serial Bus“ industrijski standard, definira kablove, konektore i komunikacijske protokole	https://en.wikipedia.org/wiki/USB
ICSP sučelje	In-Circuit Serial Programming	https://en.wikipedia.org/wiki/In-system_programming
Fotovodljivost	Svjetlosno kontrolirana varijabla otpornika	https://en.wikipedia.org/wiki/Photoconductivity
SPI	Vrsta serijske veze	https://en.wikipedia.org/wiki/SPI
I2C	Vrsta serijske veze	https://en.wikipedia.org/wiki/I%C2%B2C
Wireless Network	Bežična mreža	