

**Universitatea
Transilvania
din Brașov**

**FACULTATEA DE INGINERIE ELECTRICĂ
ȘI ȘTIINȚA CALCULATOARELOR**

PROIECT DE DIPLOMĂ

Conducător științific:

Conf. Dr. Fiz. Laura FLOROIAN

Absolvent:

SANDU Anamaria

BRAȘOV, 2022

Departamentul Automatică și Tehnologia Informației
Programul de studii: Automatică și Informatică Aplicată

SANDU Anamaria

Monitorizarea parametrilor de mediu într-un oraș inteligent

Conducător științific:

Conf. Dr. Fiz. Laura FLOROIAN

Brașov, 2022

FIȘA PROIECTULUI DE DIPLOMĂ

Universitatea Transilvania din Brașov	Proiect de diplomă nr.
Facultatea de Inginerie Electrică și Știința Calculatoarelor	
Departamentul de Automatică și Tehnologia Informației	Viza facultății

Programul de studii: Automatică și Informatică Aplicată	Anul universitar: 2021 - 2022
Candidat: Sandu Anamaria	Promoția: 2022
Conducător științific: Conf. Dr. Fiz Floroian Laura	
PROIECT DE DIPLOMĂ	
Titlul lucrării: <i>Monitorizarea parametrilor de mediu într-un oraș inteligent</i>	
<p>Problemele principale tratate:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Dezvoltarea unui sistem mobil de monitorizare a calității aerului bazat pe o componentă hardware și o componentă software. 2. Realizarea fizică a prototipului alcătuit din componente hardware specifice tehnologiei Arduino. 3. Implementarea software prin afișarea parametrilor de calitate a aerului pe o platformă Internet of Things. 4. Concluzii referitoare la gradul de expunere al agenților poluanți în diferite zone ale orașului Brașov. 	
Locul și durata practicii: Laborator Fizică	
<p>Bibliografie:</p> <p>[1].....</p> <p>[2].....</p> <p>[3].....</p>	
<p>Aspecte particulare:</p> <p>-;</p> <p>-</p> <p>(desene, aplicații practice, metode specifice etc.)</p>	
Primit tema la data de: 01.10.2021	
Data predării lucrării: 17.06.2022	
Director departament, <i>Prof. Dr. Ing. Sorin-Aurel Moraru</i>	Conducător științific, <i>Conf. Dr. Fiz. Floroian Laura</i>
Candidat, <i>Sandu Anamaria</i>	

PROIECT DE DIPLOMĂ – VIZE		
Data vizei	Capitole/ problemele analizate	Semnătura conducătorului științific
	
	
	
	
	Verificare procentaj similaritate Turnitin (total ≤25% și o singura sursa ≤10%)	
APRECIEREA ȘI AVIZUL CONDUCĂTORULUI ȘTIINȚIFIC		
<p>(aprecierea lucrării/ proiectului se face prin raportare la cerințele privind elaborarea și redactarea stabilite pe PS/ facultate; pot fi utilizate instrumente de evaluare, grile cu criterii unitare de apreciere adoptate de facultate/ departament)</p>		
Data:	ADMIS pentru susținere/ RESPINS	Conducător științific Titlatura. Numele și prenumele(semnatura)
AVIZUL DIRECTORULUI DE DEPARTAMENT		
Data:	ADMIS pentru susținere/ RESPINS	Director departament, Titlatura. Numele și prenumele(semnatura)
SUSȚINEREA PROIECTULUI DE DIPLOMĂ		
Sesiunea:		
Rezultatul susținerii	PROMOVAT cu media:	
	RESPINS cu refacerea lucrării	
	RESPINS fără refacerea lucrării	
Președinte de comisie, Titlatura. Numele și prenumele(semnatura)		

Cuprins

Cuprins

Lista de figuri și tabele	5
Lista de acronime.....	6
1 INTRODUCERE.....	7
1.1 Actualitatea și necesitatea temei.....	Error! Bookmark not defined.
1.2 Stadiul actual conform literaturii de specialitate.....	Error! Bookmark not defined.
1.3 Tema propusă spre rezolvare	Error! Bookmark not defined. 0
1.4 Definirea obiectivelor.....	Error! Bookmark not defined. 0
1.5 Structura capitolelor	90
2 COMPONENTA HARDWARE.....	Error! Bookmark not defined.
2.1 Descrierea componentelor utilizate.....	Error! Bookmark not defined.
2.1.1 Arduino Uno	Error! Bookmark not defined.
2.1.2 Modul WI-Fi ESP8266 ESP-01.....	11
2.1.3	
2.2 Scema electrică de principiu.....	Error! Bookmark not defined.
3 COMPONENTA SOFTWARE	Error! Bookmark not defined.
3.1 Arduino IDE.....	Error! Bookmark not defined.
3.2 Internet of Things.....	Error! Bookmark not defined.
4 Bibliografie.....	42
Rezumat	44
Abstract.....	45
Anexa 1.....	Error! Bookmark not defined.
Anexa 2.....	Error! Bookmark not defined.
Anexa 3.....	Error! Bookmark not defined.
DECLARAȚIE PRIVIND ORIGINALITATEA	46

LISTA DE FIGURI, TABELE ȘI CODURI SURSĂ

(figurile, tabelele și codurile sursă se vor grupa în două liste și vor fi numerotate așa cum se regăsesc în text)

FIGURI

Figura 1. Aceasta este un exemplu de figură.

Figura 2. Text explicativ pentru o altă figură.

TABELE

Tabelul 1.Exemplu de tabel.

CODURI SURSĂ

Codul 1. Cod sursă pentru exemplificare.

Atenție!

Aceste liste sunt opționale în funcție de cerințele de calitate impuse de departament și de către conducatorul științific.

LISTA DE ACRONIME

(se vor scrie toate prescurtările utilizate in ordine alfabetică)

abs – absolut;

IESC – Inginerie Electrică și Știința Calculatoarelor;

V - volt;

1 INTRODUCERE

Tema propusă spre rezolvare

Actualitatea și necesitatea temei

Stadiul actual conform literaturii de specialitate

Definirea obiectivelor

Structura capitolelor

1.1 TEMA PROPUȘĂ SPRE REZOLVARE

Proiectul prezent își propune realizarea unui sistem de monitorizare a parametrilor de mediu, prin intermediul unor senzori care preiau date referitoare la concentrațiile de gaze nocive existente în atmosferă, și le trimite către o platformă, unde se afișează evoluția în timp real a datelor prelevate.

Poluarea este cauzată de activitatea umană și influențează toți factorii de mediu: aerul, apa, solul. Efectele poluării sunt pe termen mediu-lung, iar atât solul cât și apa pot fi din ce în ce mai atent monitorizate prin amplasarea de senzori statici.

Situația este diferită în cazul aerului. Dacă poluarea solului și a apei poate fi izolată, vântul împrășteie aerul poluat și, în scurt timp, zona afectată de poluare se extinde pe o scară largă. În timp, poluanții se adună în atmosferă, se combină cu precipitațiile care ajung fie în sol, fie în apă afectând sănătatea organismelor vii.

În acest sens, se va realiza un sistem mobil de monitorizare a calității aerului, care poate fi amplasat în diferite spații, atât interioare cât și exterioare în diferite zone ale orașului.

Existența unei stații de monitorizare mobile este imperativă, în contextul în care în România sunt amplasate exclusiv stații fixe. Mai mult decât atât, afișarea parametrilor de mediu pe o platformă Internet of Things, va reduce considerabil costurile de implementare a site-urilor individuale existente, precum și costurile de stocare a informațiilor.

1.2 ACTUALITATEA ȘI NECESITATEA TEMEI

În ultimele patru decenii, cercetătorii din domeniul sănătății și ecologiștii deopotrivă, au început să exploreze legătura potențială dintre relația om-natură și impactul acesteia asupra sănătății oamenilor[1]. Acest lucru se materializează prin dovezile acumulate în literatura de cercetare, care se concentrează pe relațiile dintre următoarele domenii: boli cronice și urbanizare,

implicațiile asupra sănătății ale alegerilor privind stilul de viață ale societății contemporane, precum și impactul negativ al calității mediului asupra sănătății oamenilor și a necuvântătoarelor deopotrivă.

Deoarece omul este în strânsă legătură cu mediul înconjurător, existând o relație indispensabilă, a fost și este în continuare o provocare ca procesul de dezvoltare al așezărilor umane să nu mai aducă modificări importante în structura sistemului natural. Astfel, au fost afectate, pe rând, calitatea aerului și a apelor, a solului și a biosferei, mai întâi zonal și apoi la scară planetară.

În cartea “Cercul care se închide” de Barry Commoner, se compară mediul înconjurător cu un hazard, care interzice astfel orice încercare de modelare matematică a parametrilor, și care a descurajat orice cercetare științifică. Motivul era că “omul și natura nu pot fi puse în vreo ecuație”[2].

Însă, apariția primelor accidente ecologice majore în anii ‘80 (centrala nucleară de la Cernobîl) a determinat implicarea puternică a societății civile în problemele ecosistemului, azi materializându-se prin existența partidelor ecologiste, prin agenții naționale și regionale care încearcă să monitorizeze parametrii de mediu.

1.3 STADIUL ACTUAL CONFORM LITERATURII DE SPECIALITATE

În momentul actual, omenirea se află în apogeul descoperirilor tehnologice și informatice, drept pentru care aparatura de măsurare a parametrilor de mediu includ tehnici de măsurare de pe satelit, laboratoare portabile, stații fixe ș.a. prin care sunt descoperite efecte la scară planetară ale dezvoltării activităților umane.

Aceste efecte însumate constituie poluarea, fenomen definit de către Alloway în lucrarea sa despre știința solului. Afirmatia sa este acceptată ca definiție a fenomenului de poluare “Activitatea umană, în scopul menținerii speciei prin procese adaptive, generează fluxuri de substanță și energie, suplimentare și, de cele mai multe ori, diferite de cele naturale, care sunt introduse în mediul înconjurător.”[3]

În țara noastră, calitatea aerului este monitorizată prin intermediul stațiilor fixe, amplasate strategic în orașele mari în care este mai mult decât necesară cunoașterea gradului de expunere al cetățenilor la agenții poluanți din atmosferă. Cu acest lucru se ocupă Rețeaua Națională de Monitorizare a Calității Aerului (RNMCA), care vine în ajutorul cetățenilor cu informații în timp real, afișate pe site [5].

Conform RNMCA, calitatea aerului este determinată de indicii de calitate, care se reprezintă prin numere de la 1 la 6, unde 1 reflectă calitatea cea mai bună, iar 6 situația extrem de dăunătoare.

În cadrul platformei on line puse la dispoziție de către RNMCA, se afișează indicii pentru gaze precum: dioxid de sulf, dioxid de azot, ozon și particule în suspensie (PM). Lucrarea de față își propune să monitorizeze, pe lângă particulele în suspensie, și alte gaze dăunătoare precum: dioxidul de carbon, monoxidul de carbon și scurgerile de gaz petrolier lichefiat.

1.4 DEFINIREA OBIECTIVELOR

Prin această lucrare, se dorește implicarea în monitorizarea parametrilor prezenți în aerul respirabil de către cetățenii orașului turistic Brașov, oraș de mare interes național, cu mulți turiști care îi calcă pragul.

Implementarea hardware și software a sistemului constituie principalele două obiective.

Din punct de vedere hardware obiectivul principal îl reprezintă funcționalitatea adecvată a circuitului ținând cont de cerințele de catalog a fiecărei componente în parte. Astfel, s-au ales spre achiziționare module cu un cost redus, ale căror funcții îndeplinesc cerințele sistemului.

Prin “monitorizare” se înțelege achiziționarea de date, iar acest lucru se materializează prin conectarea de senzori specifici fiecărui gaz supus studiului calității aerului.

Obiectivul componentei software este acela de a prelua datele înregistrare de către senzori, și prelucrarea acestora pe platforma ThingSpeak, oferită de mediul de lucru Matlab, în care se vor realiza grafice ale evoluării în timp a parametrilor.

1.5 STRUCTURA CAPITOLELOR

Lucrarea este structurată respectând cele două obiective principale, astfel:

1. Componenta hardware, la acest nivel se vor descrie atât din punct de vedere fizic, cât și din punct de vedere funcțional, componentele utilizate precum și conexiunile electrice necesare comunicării sistemului fizic cu mediul de programare.
2. Componenta software, în cadrul căreia se vor prezenta în detaliu modul în care se realizează conexiunea datelor preluate de senzori cu platforma ThingSpeak, precum și reprezentările grafice, în timp real, ale concentrațiilor de gaz prezente în atmosferă.

2 COMPONENTA HARDWARE

Descrierea componentelor utilizate

Schema electrică de principiu

2.1 DESCRIEREA COMPONENTELOR UTILIZATE

În realizarea fizică a proiectului, s-a optat pentru utilizarea următoarelor componente:

- Placa de dezvoltare Arduino UNO Rev3 SMD
- Modul WI-Fi ESP8266 ESP-01
- Senzorul de umiditate și temperatură DHT22
- Senzorul de particule de praf DSM501A
- Senzor calitate aer MQ-135
- Senzor de gaz MQ-7 pentru detecția monoxidului de carbon
- Senzor de gaz MQ-2 pentru detecția GPL
- Sursă de alimentare externă 5V-3.3V compatibilă breadboard, împreună cu alimentator 9V 1A
- Breadboard de 830 de puncte
- Fire de legătură mamă-tată, tată-tată
- Rezistențe de diferite valori.

2.1.1 Placa de dezvoltare Arduino UNO

Această placă de dezvoltare este modul perfect de a intra în lumea electronicii și a codării. Datorită versatilității microcontroller-ului bine-cunoscut ATmega328P și a procesorului ATmega 16U2, capturarea datelor în timp real primite de la senzori, se materializează prin programarea plăcii în mediul software Arduino IDE.

Un microcontroller este un microcircuit care încorporează o unitate centrală de prelucrare și o memorie împreună cu resurse care să îi permită interacțiunea cu mediul exterior.

Unitatea centrală de prelucrare (procesorul) monitorizează și controlează toate procesele din interiorul unui microcontroller și dispune de un circuit oscilator intern ce furnizează un semnal de ceas pentru sincronizarea acestor procese. Este important de specificat că microprocesorul nu poate executa comenzile de unul singur și are nevoie de componente externe precum: pini de intrare / ieșire, sisteme de întreruperi, modul de măsurare a timpului, convertorul analog numeric (ADC), sistemul de comunicație serial etc.

Microcontroller-ul ATmega328P este unul eficient, de înaltă performanță din familia megaAVR și dispune de o memorie flash de 32 KB pentru stocarea programului, o memorie SRAM (Static RAM) de 2 KB și o memorie EEPROM de 1KB.

Placa suportă o tensiune de intrare de 7 până la 12 V și oferă la ieșire 5 respectiv 3,3 V. Regulatorul de tensiune convertește tensiunea de intrare în 5 V, care reprezintă tensiunea de operare.

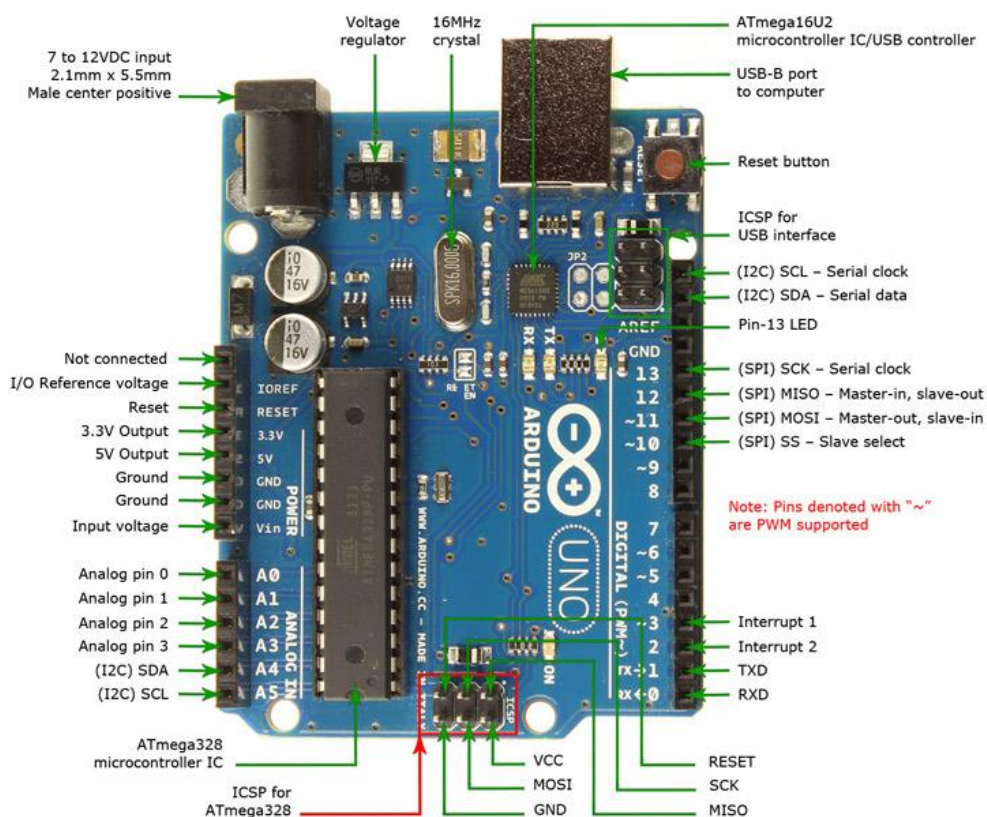


Figura 1. Placa Arduino UNO : diagrama pinilor și componentele sale

În total, există 32 de pini pe placă, dintre care 14 sunt pini digitali de intrare / ieșire, 6 sunt pini analogici, 3 pini sunt rezervați pentru conexiunea la ground, iar câte unul pentru ieșirea de 5 V respectiv 3,3 V, precum și pini cu funcții specifice (reset și alții).

Majoritatea plăcilor de dezvoltare conțin cel puțin un port serial, cunoscut sub denumirea de UART sau USART, necesar transferului de date între două sisteme digitale (de exemplu, între un microcontroller și un calculator). Transmiterea datelor între dispozitive implică existența a minimum două canale (fire). Canalul TX transmite date, respectiv canalul RX primește date.

Astfel, pentru comunicația serială sunt folosiți pinii TXD și RXD asociați portului digital, pe pozițiile 0 și 1.

Pini pentru comunicație în funcție de următoarele protocoale:

- I2C (Inter-integrated Circuit) interfață sincronă, master-slave, half-duplex care utilizează două linii pentru comunicație:
 - SCL (Serial Clock Line)- pentru semnalul de clock, utilizat pentru sincronizarea schimbului de date dintre cele două dispozitive; corespondent pinului analogic A5.
 - SDA (Serial Data Line)- pentru transferul de date, denumit și linia de date; corespondent pinului analogic A4.
- SPI (Serial Peripheral Interface) interfață sincronă, master-slave, full-duplex care utilizează patru linii de comunicație:
 - MOSI (Master Out, Slave In) -utilizată de master pentru a trimite date către slave; corespondent pinului digital 11
 - MISO (Master In, Slave Out)-utilizată de slave pentru a trimite date către master; corespondent pinului digital 12
 - SCK (System Clock)-utilizată de master pentru a transmite semnalul de clock; corespondent pinului digital 13
 - SS (Slave Select)-utilizat de master pentru a selecta dispozitivul slave; corespondent pinului digital 10

Pinii ICSP (In-Circuit Serial Programming) sunt utilizați pentru programarea firmware-ului plăcii Arduino cu ajutorul unui modul hardware.

Microcontrolerul Atmega328P deține un singur circuit ADC (Analog to Digital converter) capabil să transforme un semnal analogic într-o valoare numerică (digitală). Acest convertor este conectat la un multiplexor analog cu 6 canale, ceea ce permite conectarea a șase intrări distincte de tensiune analogică, corespunzătoare pinilor A0:A5.

Acești pini acceptă intrări analogice provenite, de exemplu, de la senzorii analogici, și returnează valori cuprinse în intervalul 0 - 1023 datorită convertorului pe 10 biți sau, altfel spus, a rezoluției convertorului de 10 biți.

Rezoluția reprezintă numărul de stări de ieșire posibile și se calculează cu formula 2^r , unde r este numărul de biți ai convertorului. Astfel, convertorul va avea $2^{10} = 1024$ de stări.

Pe placa Arduino, pinii de la 0 la 13 sunt digitali. Termenul “digital” se referă la faptul că un microcontroler folosește cele 2 nivele logice 1, respectiv 0 pentru a defini o stare. Un pin poate avea tensiunea de 5 V sau 0 V, iar microcontrolerul digitalizează această valoare prin maparea ei la una dintre cele două stări logice. Din perspectiva microcontrolerului, orice tensiune peste valoarea de 2 V va fi mapată la starea logică 1 (eng. High), respectiv orice tensiune sub o valoare de 0,8 V (GND) va fi mapată la starea logică 0. Pentru orice tensiune între cele două praguri menționate, pinul microcontrolerului va fi în starea de înaltă impedanță.

În cadrul acestor pini digitali, există pini care au în dreptul lor simbolul “~” ce reprezintă o funcționalitate adițională PWM (Pulse Width Modulation). Modularea lășimii pulsului este o tehnică de obținere a rezultatelor analogice cu mijloace digitale.

2.1.2 Modul WI-FI ESP8266 ESP-01

Modulul Wi-Fi este utilizat cu scopul de a realiza transferul datelor, preluate de către senzori, pe platforma “Thing Speak”, fiind o soluție pentru orice proiect IoT (Internet of Things). Desigur, acest modul ar fi putut lipsi în cazul în care placa Arduino ar fi dispus de un modul wi-fi incorporat. S-a optat pentru utilizarea acestui modul din considerente funcționale și de cost.

Din punct de vedere funcțional, modulul ESP8266 este un microcontroler în sine, cu protocolul TCP/IP integrat care poate oferi microcontroller-ului Atmega328P, al plăcii Arduino, acces la rețeaua de Internet. Microchip-ul ESP8266EX folosește un procesor pe 32 de biți care funcționează cu o tensiune maximă de 3,3 V. Modulul dispune de o memorie externă flash de 1 MB, fără memorie internă.

Din punct de vedere compozițional, modulul ESP-01 dispune de: microchip-ul ESP8266EX care comunică cu memoria flash prin intermediul a 6 pini, de o antenă wi-fi și de două led-uri care se aprind dacă modulul este pornit (roșu), respectiv dacă modulul este conectat cu succes la rețeaua de Internet (albastru), (fig.2).

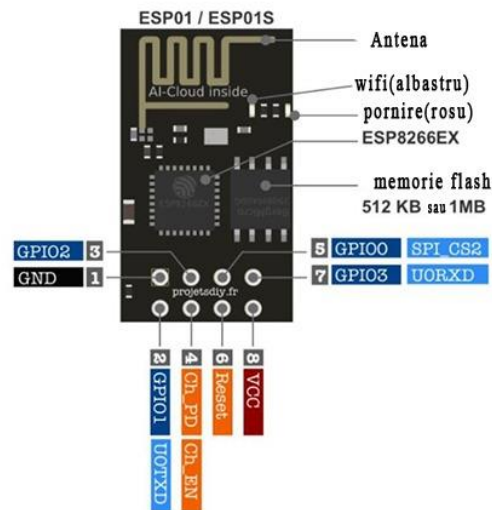


Figura 2. Modulul ESP8266-01 : diagrama pinilor și componentele sale

Deoarece modulul are nevoie de 3,3 V pentru alimentare și de un curent de 250 mA, soluția propusă, din punct de vedere hardware, este de a folosi o sursă de alimentare externă. Nu se va utiliza pinul de 3,3 V al plăcii Arduino pentru că acesta nu satisface valoarea intensității curentului, necesar modulului pentru a opera. Așadar, s-a folosit o sursă de alimentare compatibilă cu breadboard-ul (fig.3), conectată la priza de perete printr-un adaptor AC/DC care oferă la ieșire 9 V. Această sursă de alimentare este extrem de utilă prin faptul că, pe o parte a breadboard-ului oferă o tensiune de 3,3 V, iar pe cealaltă parte o tensiune de 5 V, specificații ce vor fi necesare în continuarea proiectului.

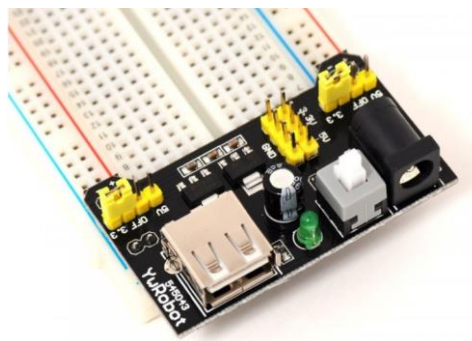


Figura 3. Sursa de alimentare externă

2.1.3 Conexiunea hardware Arduino-ESP01-Sursa de alimentare

În figura 4, se prezintă conexiunile inițiale între modulul wi-fi și placa Arduino. Schema a fost realizată și simulată în Tinkercard, în urma căreia s-a stabilit corectitudinea conexiunilor.

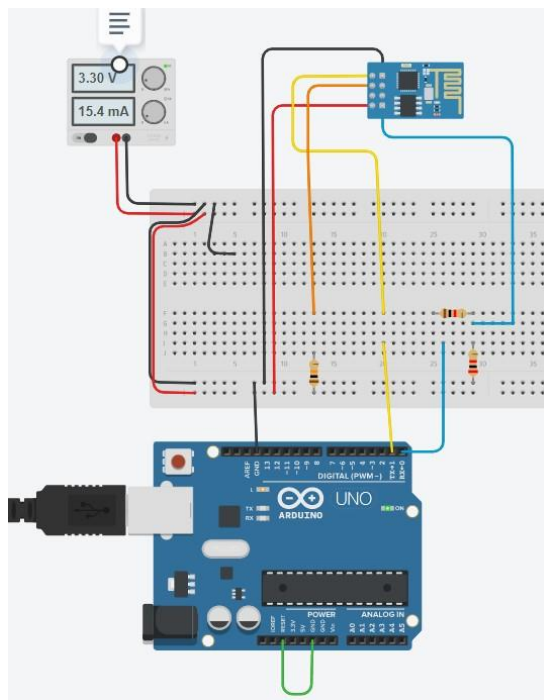


Figura 4. Conexiunile hardware între modulul ESP01 și placa Arduino care permit configurarea modulului prin comenzi AT

Legătura între pinii GND și RESET are rolul de a dezactiva microcontroller-ul Atmega din modul de programare, cu scopul de a se realiza comunicarea prin pinii TX și RX, prin configurarea modului de comunicație serială UART. Astfel, comunicația între modulul ESP și placa Arduino se va realiza prin comenzi AT.

Rolul rezistorilor utilizați este acela de a limita tensiunea primită de la sursă, pentru a se evita posibilele deteriorări ale componentelor. Astfel că între pinul Enable (firul portocaliu) al modulului ESP și linia pozitivă s-a utilizat un rezistor de pull-up de 10 K Ω , iar între pinii RX (firele albastre din fig. 4) s-a utilizat un divizor de tensiune, deoarece Arduino folosește 5V logic în operare, iar modulul ESP 3,3V logic.

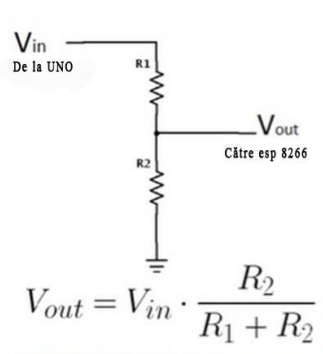


Figura 5. Divizor de tensiune

În figura 5, s-a reprezentat alegerea valorilor rezistențelor astfel încât, tensiunea V_{out} care va fi trimisă către modul să fie optimă. Așadar, după realizarea calculelor, $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$ și $R_2 = 2 \text{ k}\Omega$, valori care satisfac cerința $V_{out} = 3,3 \text{ V}$.

Tabelul 1. Conexiunile între module și rezistorii adiționali

ESP8266-01	Rezistor [Kohm]	Arduino UNO
RX	1	TX pin digital 1

TX	-	RX pin digital 0
Enable	10	3.3 V de la sursă
Vcc	-	3.3 V de la sursă
GND	-	GND

După realizarea conexiunilor, se poate comunica cu modulul ESP prin comenzi AT scrise în SerialMonitor al mediului de programare Arduino IDE. Aceste comenzi sunt responsabile pentru controlul tuturor operațiilor modulului precum restartarea, conectarea la wi-fi, schimbul modului de operare ș.a. De exemplu, la tastarea celei mai simple comenzi “AT”, dacă modulul returnează valoarea “OK” înseamnă că acesta s-a configurat și este pregătit să transmită date pe Internet.

În continuare, pentru a transmite date către Internet, conexiunile din figura 4 vor fi modificate prin conectarea pinilor neutilizați de Reset și GPIO 0 (General Purpose Input Output). De asemenea, se va utiliza Tinkercard pentru schema electrică și simulare.

Modificările aduse din punctul de vedere al legăturilor sunt următoarele:

- Se renunță la firul de legătură dintre pinii GND și RESET ai plăcii deoarece comunicația se va realiza prin cod, în mediul ARDUINO IDE;
- Conectarea pinilor modulului RX (firul albastru) și TX(firul galben) la pinii digitali ai plăcuței 11, respectiv 10; pini asigurați celor două linii de comunicație din patru, ale protocolului SPI

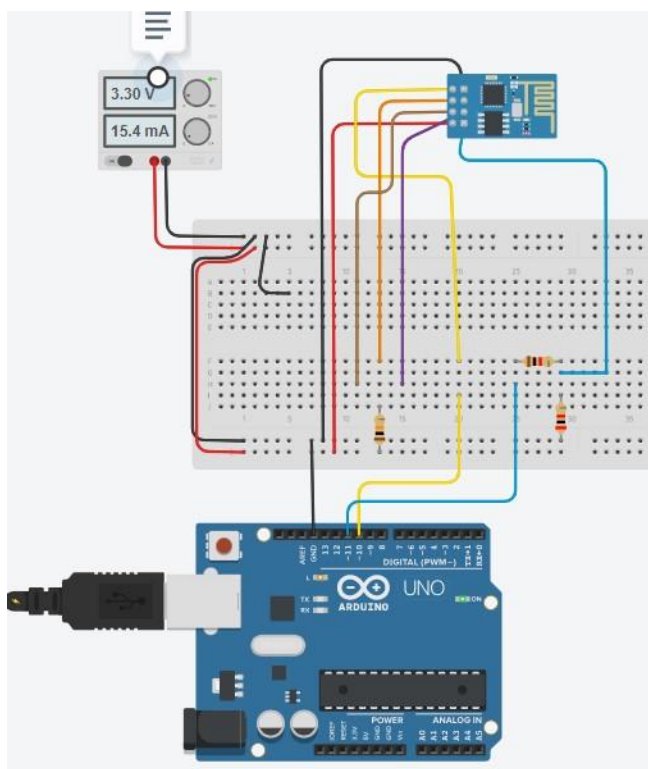


Figura 6. Conexiunile hardware între modulul ESP01 și placa Arduino care permit comunicația via cod

2.2 SENZORUL DE TEMPERATURĂ ȘI UMIDITATE DHT22

Monitorizarea parametrilor mediului înconjurător constă, în mod prioritar, în măsurarea temperaturii și a umidității aerului. Pentru aceasta există diferiți senzori care pot citi acești parametri; DHT22 este unul dintre aceștia.

DHT22 este foarte asemănător cu senzorul precedent DHT11, însă are un domeniu de măsurare mai bogat și o precizie ceva mai bună, fiind mai fiabil și mai stabil. Din aceste considerente s-a ales senzorul DHT22.

Senzorul dispune de un termistor pentru măsurarea temperaturii, și de un circuit integrat, aflat pe spatele acestuia (Fig. 7), capabil să detecteze umiditatea. Un termistor este practic un rezistor variabil, sau un potențiomtru, care își schimbă rezistența odată cu schimbarea temperaturii. Pentru măsurarea umidității, acel circuit integrat dispune de doi electrozi cu substraturi care rețin umiditatea în ei. Când umiditatea se modifică, rezistența dintre acești doi electrozi se modifică.

Printre cele mai importante caracteristici ale modulului DHT22 se remarcă următoarele:

- Semnal digital calibrat;
- Stabilitate remarcabilă pe termen lung;
- Distanță mare de transmisie
- Consum redus de energie electrică.

Specificații tehnice preluate din foile de catalog:

- Tensiune de operare: de la 3.5V până la 5.5V;
- Curentul de operare: 0.3mA;
- Gama de temperaturi: de la -40°C până la 80°C;
- Gama umidității: 0% până la 100%;
- Rezoluția: atât temperatura cât și umiditatea sunt dispuse pe 16 biți;
- Acuratețea măsurărilor: $\pm 0.5^\circ\text{C}$ și $\pm 1\%$.

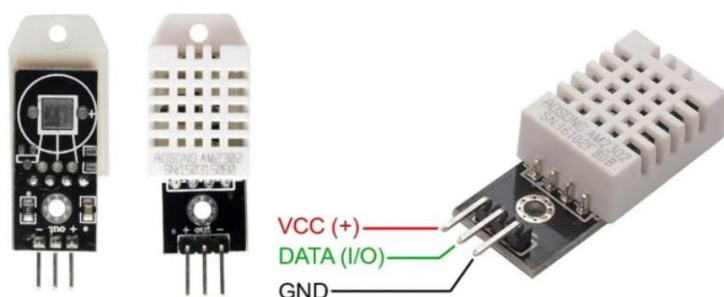


Figura 7. Senzorul DHT22 privit din ambele perspective, și pinii acestuia

2.2.1 Schema electrică

În figura 8, se prezintă conexiunile între modulul DHT22 și placa Arduino. Schema a fost realizată cu ajutorul uneltei fritzing.

Tabelul 2. Descrierea pinilor senzoruului DHT22

Numărul pinului	Numele pinului	Descrierea
1	Vcc	Tensiunea de alimentare
2	Data	Pinul de ieșire pentru temperatură și umiditate
3	NC	Acest pin nu se conectează
4	GND	Conectarea senzorului la împământarea sistemului

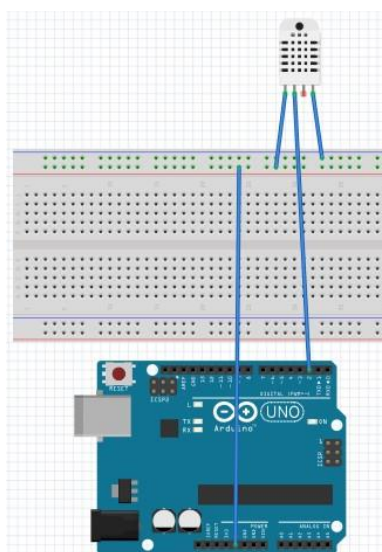


Figura 8. Conexiunea electrică a senzorului DHT22 la placa Arduino

2.3 SENZORUL DE PARTICULE DE PRAF DSM501A

Măsurarea particulelor PM (eng. Particulate matter) din aer este recunoscută ca o sarcină imperativă pentru controlul poluării aerului. Aceste particule, de mici dimensiuni, se regăsesc în aer sub forma lichidă sau solidă, și pot include praf, mizerie, fum ș.a. Există două tipuri de particule: PM₁₀ de dimensiuni vizibile, precum praful de pe străzi și PM_{2.5} de dimensiuni invizibile regăsite în emisii industriale sau ale mașinilor. Cele din urmă sunt foarte dăunătoare sănătății deoarece pot pătrunde în organism, ajungând chiar până la nivelul sângelui.

Senzorul DSM501A “măsoară” calitatea aerului calculând concentrațiile de praf. Este utilizat pentru a furniza date despre particulele cu diametrul mai mare de 1μm, măsurate cu principiul numărării particulelor. Acesta poate detecta fumul de țigară, polenul sau praful.

Principalele componente ale senzorului sunt:

- Fotodioda care detectează particulele și care este ecranată electromagnetic;
- Circuitul amplificator de semnal, situat între detector și cele două ieșiri;

- Rezistorul sau elementul de încălzire este mecanismul prin care aerul se autoaspiră prin senzor;
- Lentila de focalizare, la baza fotodiodei;
- LED infraroșu.

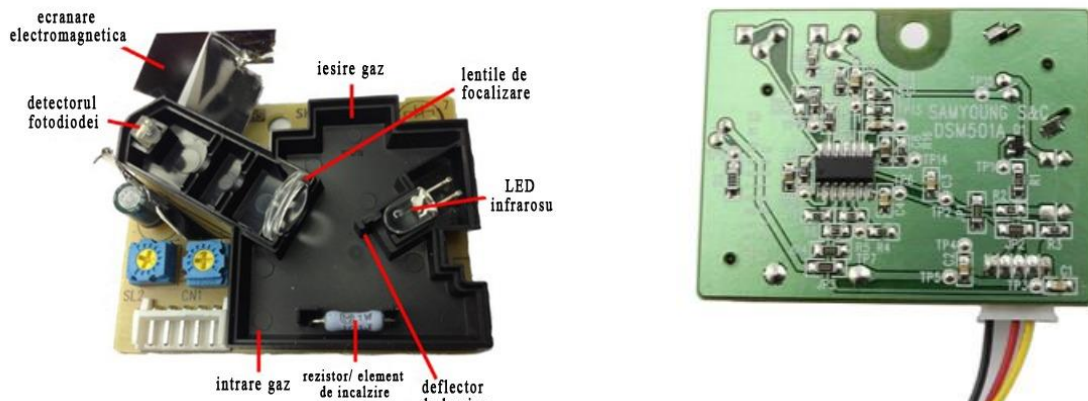


Figura 9. Elementele componente ale senzorului de particule împreună cu partea diametral opusă

Senzorul DSM501A nu măsoară particule individuale, dar în schimb, numără timpul scurs în care particulele sunt detectate de către fotodiodă (fig. 10).

Graficul de mai jos (fig. 11) reprezintă modul în care senzorul “calculează” calitatea aerului. Mai întâi, se aplică un filtru trece bandă pentru a elimina particulele foarte mici de zgomot, reprezentat prin linia roșie. Apoi, independent de mărimea particulelor, se numără perioadele de timp în care orice particulă este detectată. Această perioadă de timp se mai numește și “Low Pulse Occupancy” (LPO), și poate fi considerată ca fiind “procentajul opacității” aerului care circulă prin senzor. Pentru a măsura acest timp LPO, pentru diferite mărimi ale particulelor, senzorul pune la dispoziție o variabilă de intrare prin intermediul căreia se poate ajusta filtrul trece bandă.

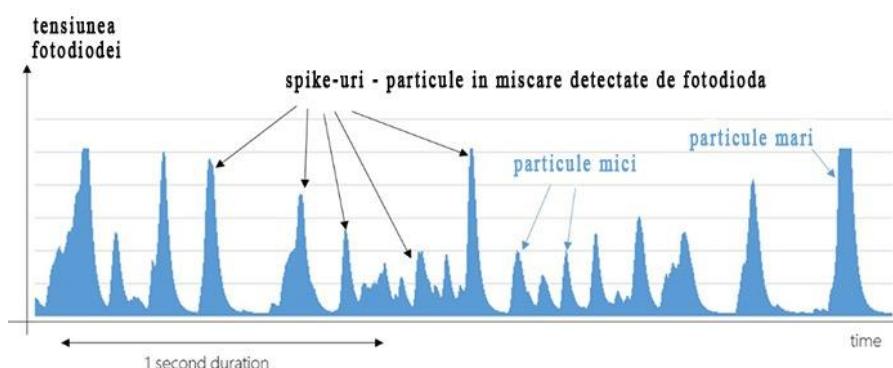


Figura 10. Valorile brute citite de către fotodiodă (în volți)

Așadar, nivelul particulelor PM din aer este măsurat prin numărarea timpului LPO în unitatea de timp dată. Timpul LPO este proporțional cu concentrația particulelor PM.

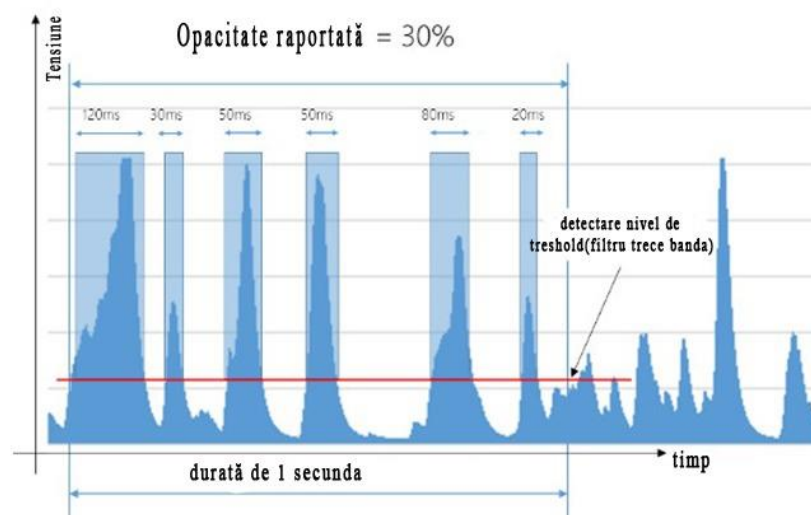


Figura 10. Metoda numărării perioadelor de timp

În foile de catalog, pentru senzorul DSM501A, unitatea de timp dată pentru măsurarea timpului LPO este de 30 de secunde (fig. 11). Altfel spus, timpul LPO reprezintă suma perioadelor de timp în care semnalul se află pe nivelul inferior (eng. Low), în cele 30 de secunde. Cum senzorul oferă la ieșire semnale PWM (modelate în lățime), caracteristica acestuia trebuie menținută între limita superioară de 4.5 V și inferioară de 0.7 V, pentru a funcționa în parametri optimi.

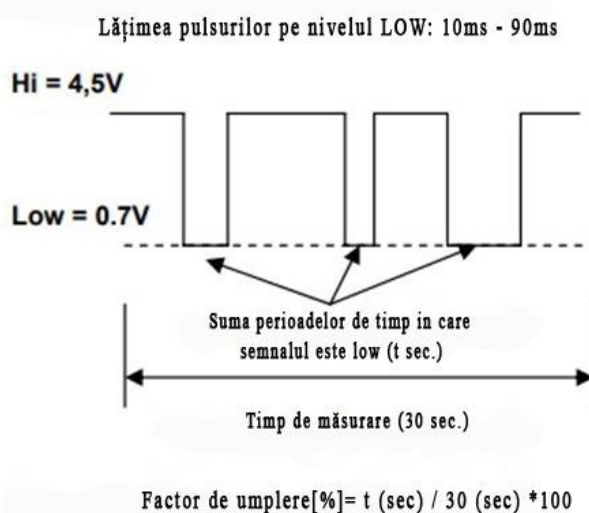


Figura 11. Limitele superioare și inferioare ale semnalului de ieșire PWM

Factorul de umplere reflectă, în procente, raportul dintre timpul în care semnalul este Low și perioada de 30 de secunde.

Concentrația de praf este proporțională cu timpul LPO, și se reprezintă grafic în figura 12, prin linia din mijloc, celelalte două linii reprezentând limitele inferioare, respectiv superioare ale senzorului. Graficul are o interpretare matematică a concentrației care se reprezintă sub forma unui polinom de grad 3: $y = 1,1x^3 - 3,8x^2 + 520x + 0,62$.

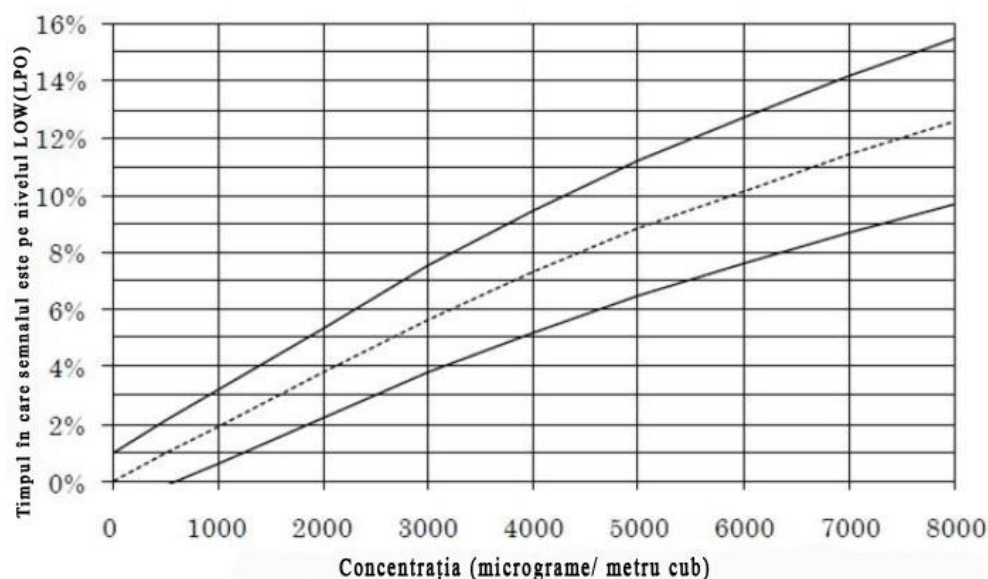


Figura 12. Dependența concentrației de timpul LPO

Unitatea de măsură a concentrației de praf folosită de către senzor este particule/unitate de volum sau $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (microgram/metru cub).

2.3.1 Schema electrică

În figura 13, se prezintă conexiunile între senzorul DSM501A și placa Arduino. Schema a fost realizată cu ajutorul uneii fritzing.

Ieșirea 4 este conectată la pinul 8, ieșirea 1 la GND și ieșirea 3 la alimentare (5 V).

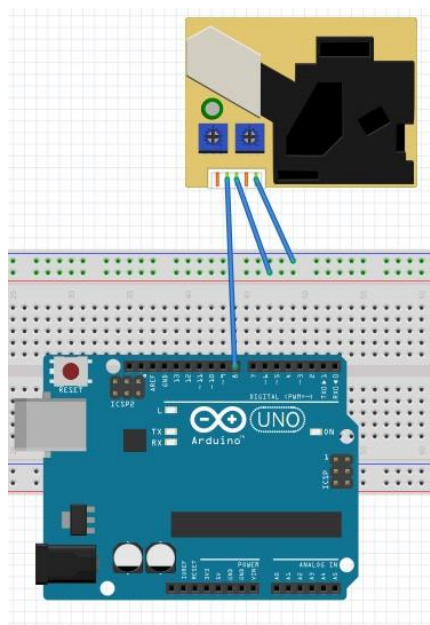


Figura 13. Conexiunea electrică a senzorului DSM501A la placa Arduino

S-a folosit pinul digital 8 al plăcii Arduino pentru conexiunea senzorului, deoarece, acest pin este singurul care implică existența perioadei de eșantionare în cadrul microcontroller-ului Atmega.

Tabelul 3. Descrierea pinilor senzorului DSM501A

Numărul pinilor	Numele pinilor	Descrierea pinilor
1	Control1	Controlează ieșirea 1
2	Vout2	Detectează particulele când se află pe nivelul Low
3	Vcc	Alimentează cu tensiune pozitivă
4	Vout1	Detectează particulele când se află pe nivelul Low
5	GND	Ground

2.4 SENZORII DE GAZ DIN FAMILIA MQ

Principiul de lucru al unui senzor de gaz este acela de a măsura concentrația gazelor în atmosferă. Există diferiți senzori în funcție de tipul de gaz care se dorește a fi măsurat.

Foarte important de specificat este faptul că acești senzori nu oferă informații despre cantitatea gazelor detectate, ci doar specifică dacă există aceste gaze în atmosferă.

La fel cum lungimea este măsurată în metri, sau volumul în litri, calitatea aerului se măsoară în părți per milion (eng. parts per million) sau mg/L, unitate de măsură care reflectă cantitatea unei substanțe existente într-o unitate de volum.

Senzorii de gaz din familia MQ dispun de o serie de rezistori astfel:

- Un rezistor variabil care își modifică valoarea în funcție de concentrația de gaz. Așadar, când concentrația este mare, rezistența scade, iar când concentrația este scăzută, rezistența crește;
- Un rezistor de sarcină care servește la reglarea sensibilității și a preciziei senzorului. Valoarea acestuia poate varia de la 2 K Ω până la 47 K Ω . Cu cât valoarea este mai mare, cu atât senzorul devine mai sensibil. Alegerea valorilor depinde de cerințele de proiectare de a obține concentrații mari sau mici de gaz. Astfel că, pentru măsurarea unor concentrații mari de gaz, rezistența de sarcină trebuie să aibă o valoare mică, în caz contrar, măsurătorile nu vor fi foarte precise;
- Un rezistor incorporat folosit pentru încălzirea senzorului. Încălzitorul este utilizat pentru a furniza temperatura de care are nevoie senzorul pentru a funcționa corect.

În continuare, se vor prezenta circuitele interne ale senzorilor din familia MQ.

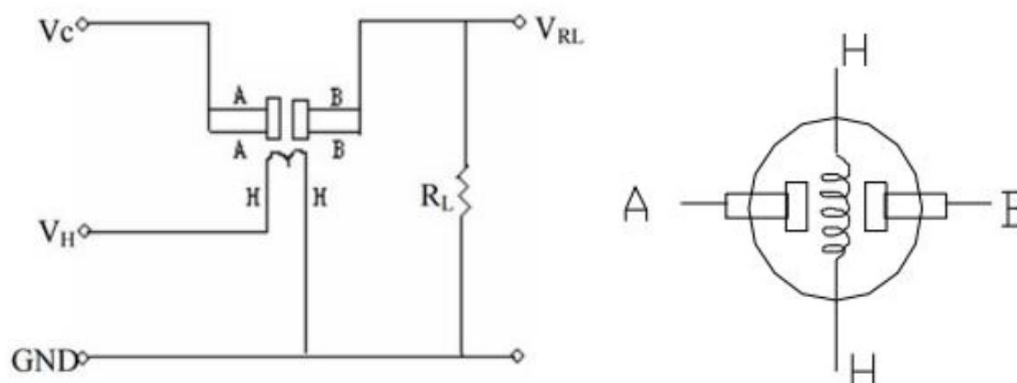


Figura 14. Circuitul electric intern și pinii senzorilor de gaz din familia MQ

În figura 14, notațiile A, B și H reprezintă pinii senzorialor, iar între pinii A și B se află rezistorul variabil în funcție de concentrația de gaz și între cei doi pini H se află rezistorul pentru încălzirea sensorului.

2.4.1 Calibrarea senzorilor

Calibrarea senzorilor presupune convertirea valorilor returnate de aceștia în unitatea de măsură ppm. Acest procedeu este unul foarte important deoarece senzorii de gaz sunt senzori analogici, adică returnează valori brute care nu au nicio însemnătate fizică dacă nu sunt convertite.

În foile de catalog, pentru fiecare senzor din familia MQ, se pun la dispoziție grafice care furnizează informații despre dependența dintre concentrația de gaz și raportul dintre două rezistențe.

2.4.2 Procedeu de calibrare a senzorului MQ-135

În figura următoare se prezintă concentrația pentru diferite gaze în ppm, în concordanță cu raportul dintre R_s și R_0 , unde R_s reprezintă rezistența variabilă, respectiv R_0 rezistența senzorului la o valoare cunoscută în prezența altor gaze, sau în aer curat.

Conform figurii 15, senzorul MQ-135 este capabil să detecteze o gamă largă de gaze prezente în atmosferă precum: dioxidul de carbon (CO_2), monoxidul de carbon (CO), fenol ($\text{C}_6\text{H}_6\text{O}$), amoniu (NH_4), benzen (C_6H_6).

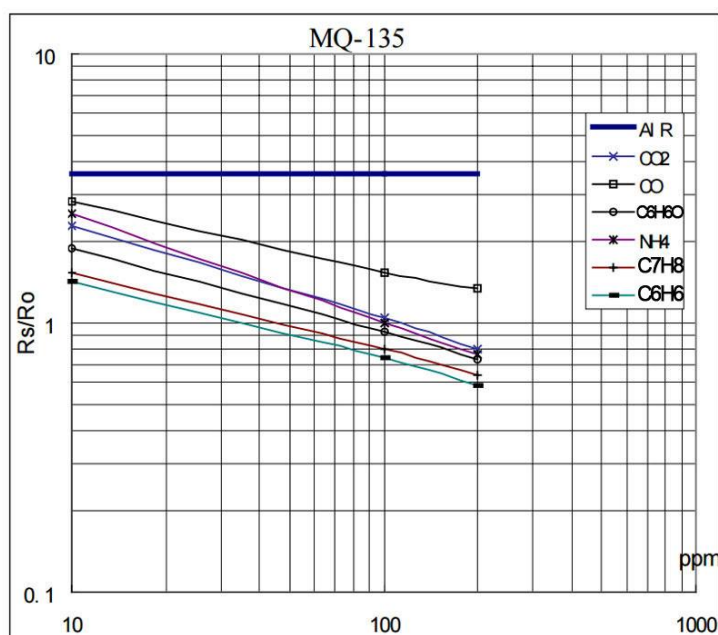


Figura 15. Caracteristica senzorului la detectarea diferitelor gaze din atmosferă

Pentru început, trebuie să se determine valorile rezistențelor R_s și R_0 . Pentru a afla valoarea rezistenței variabile, se va folosi legea lui Ohm (1). Astfel, în figura 14 se poate observa că rezistențele R_s și R_L sunt legate în serie. Atunci se poate reduce circuitul ca în figura 16.

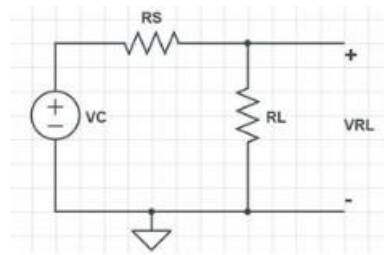


Figura 16. Circuitul electric simplificat

$I = U/R$ (1), unde I reprezintă curentul, U tensiunea și R rezistența

În circuitul din figura 16, $I = VC / (R_S + R_L)$ (2)

Cu ajutorul relațiilor (1) și (2) se poate obține tensiunea de ieșire V_{RL} a rezistorului R_L astfel:

$$V_{RL} = [VC / (R_S + R_L)] \times R_L \Rightarrow V_{RL} = (VC \times R_L) / (R_S + R_L) \quad (3)$$

$$\text{Din (3)} \Rightarrow V_{RL} \times (R_S + R_L) = VC \times R_L \quad (4)$$

După efectuarea calculelor, din (4) rezultă relația de calcul a valorii rezistenței senzorului pentru diferite gaze : $R_S = [(VC \times R_L) / V_{RL}] - R_L$ (5).

Din figura 15, se poate observa că raportul rezistențelor în aer curat este constant:

$$R_S / R_0 = 4.4 \text{ ppm} \quad (6)$$

Pentru a calcula R_0 trebuie cunoscută valoarea lui R_S în aer curat. Acest lucru se va materializa, în mediul Arduino IDE, prin preluarea unei medii a citirilor de la senzor și convertirea acestora în volți. Apoi, se va folosi relația (5) pentru a găsi valoarea lui R_0 .

Se propune spre analizare graficul din figura 15:

1. Scala graficului este log-log, adică, într-o scală liniară, comportamentul concentrației de gaz în raport cu rezistența este exponențial;
2. Datele pentru concentrație se află în gama 200 ppm - 1000 ppm;
3. Chiar dacă relația dintre raportul rezistențelor și concentrație pare liniar, în realitate nu este.

Concluzia rezultată în urma analizării graficului, este că dependența concentrației, în funcție de raportul rezistențelor, este o funcție de putere de forma : $y=a \cdot x^b$, unde a este factorul de scalare și b exponentul. Următorul obiectiv este acela de a determina valorile a și b , utilizând metoda regresiei, pentru gazul care se dorește a fi măsurat.

S-a ales drept referință dioxidul de carbon, pentru senzorul MQ-135. Așadar, se vor prelua punctele de pe linia corespunzătoare dioxidului de carbon, din graficul dependențelor (fig. 15). Pentru acest procedeu, s-a folosit unealta WebPlotDigitizer, în urma căruia a rezultat un set de 14 puncte. Apoi, aceste puncte au fost folosite pentru a determina valorile parametrilor a și b și pentru a trasa curba corelării punctelor, în urma regresiei neliniare. (fig. 17)

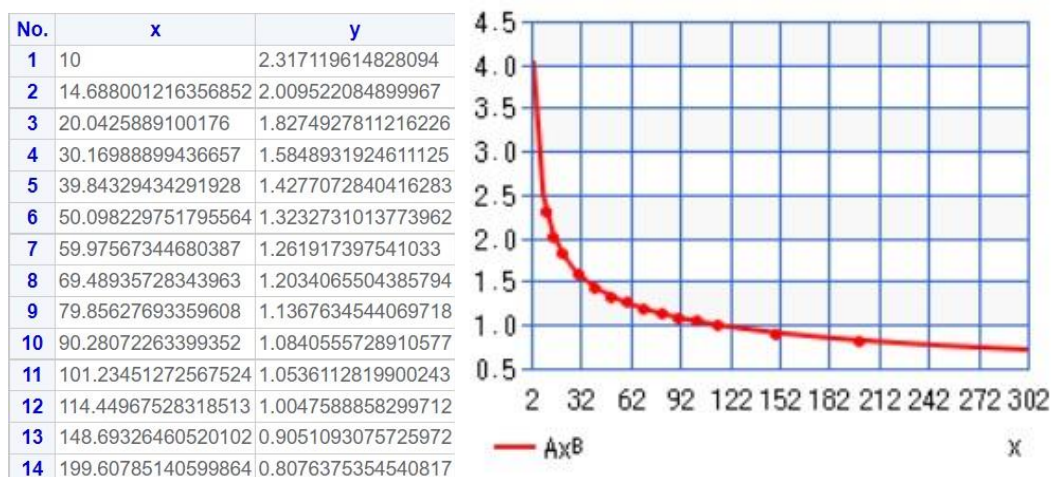


Figura 17. Setul de puncte rezultat pentru dioxidul de carbon și graficul asociat acestora

În urma calculului regresiei, valorile parametrilor a și b sunt: $a=5.14198$ și $b=-0.33457$.

În acest moment, având cei doi parametri, se poate reveni la graficul din figura 15, și se poate găsi concentrația de gaz pentru orice valoare a raportului rezistențelor cu următoarea formulă: $\log(x) = [\log(y) - b] / a$. (7)

Însă, pentru a obține valoarea reală a concentrației de gaz, în conformitate cu scala graficului log-log, trebuie să se calculeze inversul relației (7) folosind:

$$x = 10^{\{[\log(y) - b]/a\}}. \quad (8)$$

Acești pași pentru obținerea valorilor rezistențelor R_s și R_0 , respectiv pentru obținerea parametrilor a și b , sunt identici pentru orice senzor din familia MQ.

2.4.3 Procedeu de calibrare al senzorului MQ-7

La fel ca senzorul de calitate a aerului MQ-135, senzorul MQ-7 este capabil să detecteze o gamă largă de gaze, în special monoxidul de carbon asupra căruia are o sensibilitate ridicată. Astfel că, în procesul de calibrare al acestui senzor, se va lua ca referință monoxidul de carbon, linie marcată cu albastru în graficul caracteristicii sensibilității (fig. 18).

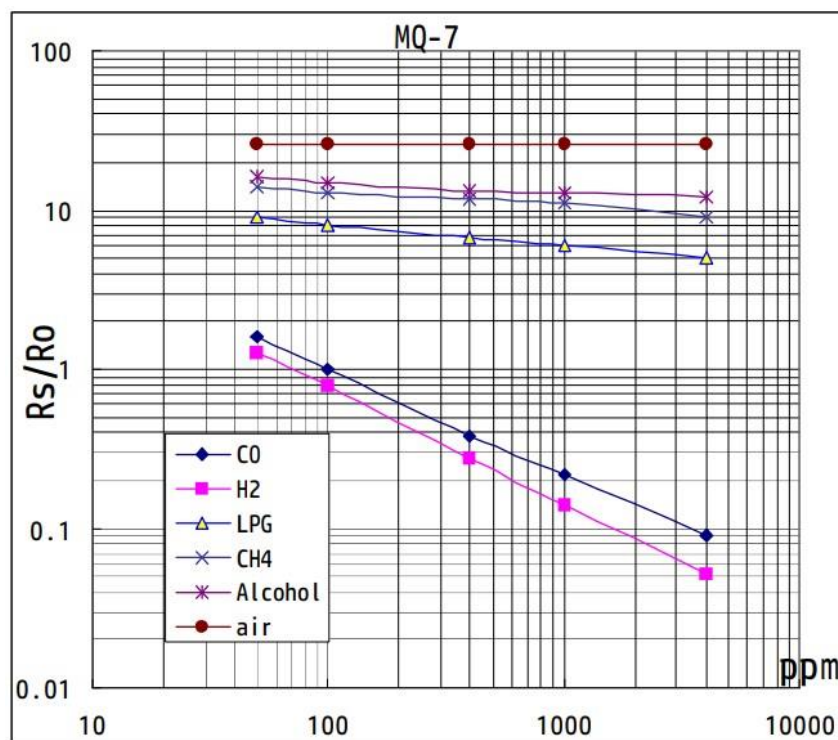


Figura 18. Caracteristica senzorului MQ-7 la detectarea diferitelor gaze din atmosferă

Conform figurii 18, senzorul MQ-7 este capabil să detecteze concentrațiile de monoxid de carbon (CO), hidrogen (H_2), gaz petrolier lichefiat (LPG), gaz metan (CH_4) și alcool.

Datorită formei curbei corelării, dependența concentrației în raport cu rezistențele de pe axa y este, de asemenea, neliniară. Așadar, se vor prelua punctele de pe linia corespunzătoare monoxidului de carbon cu scopul găsirii parametrilor a și b.

În urma prelevării coordonatelor fiecărui punct, s-au calculat prin regresie neliniară parametri a și b. În final, valoarea lui a este 28.89639, respectiv valoarea lui b este -0.48578.

No.	x	y
1	49.898593962725144	4.419144558789733
2	61.294236532636084	3.9945008954609915
3	70.30349048805729	3.750077295562155
4	79.71832555393371	3.476429729278853
5	89.36978666148255	3.3051837770858854
6	99.0483640435013	3.1029395072096273
7	118.9222443846057	2.876514349126338
8	141.15711504403816	2.633148302954918
9	161.8981406649624	2.4103721184148514
10	196.6103178583064	2.1787550638622255
11	267.6666247512738	1.8488872198872914
12	303.52443768926526	1.7578126183210787
13	399.29143864508023	1.5106332840727559
14	507.6110558828974	1.3828269167339684
15	602.5065074854298	1.2499485553543812
16	707.0395118825601	1.1587383340192552
17	898.844899844327	1.0607038615045699
18	1007.6676395630258	1.0084544973858856
19	2023.3473195682602	0.73543583870914
20	3018.326483026468	0.6008878444850275
21	3501.7188119379102	0.5570403492754927
22	4062.6125385201153	0.5229550377379399

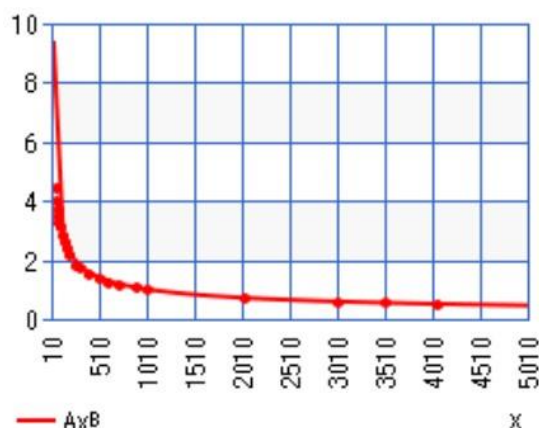


Figura 19. Coordonatele punctelor prelevate și graficul rezultat pentru monoxidul de carbon

2.4.4 Procedul de calibrare al senzorului MQ-2

Senzorul MQ-2 este capabil să detecteze concentrația scurgerilor de gaz din atmosferă. Acesta prezintă o sensibilitate ridicată asupra gazului petrolier lichefiat (LPG), motiv pentru care acesta reprezintă gazul de referință în procesul de calibrare.

De asemenea, senzorul reflectă o aproximare a concentrației de gaz existente în atmosferă, ci nu o reprezentare exactă a cantității reale din atmosferă.

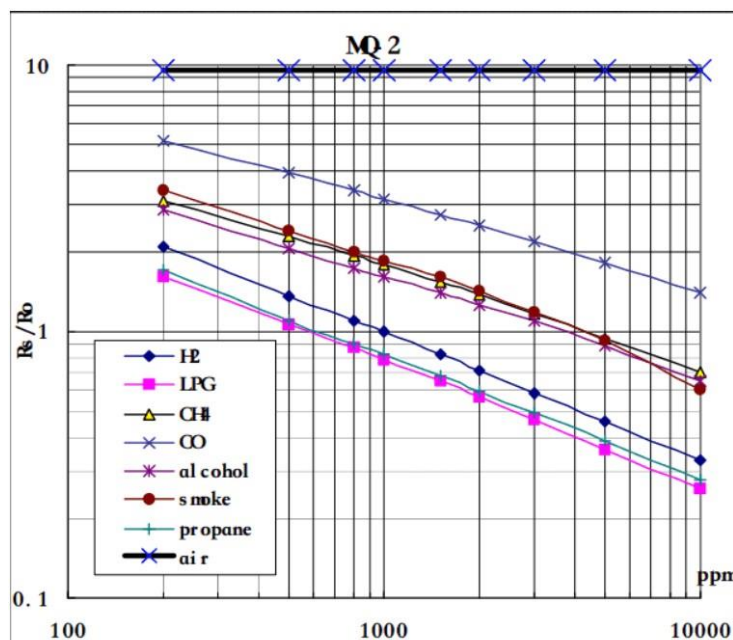


Figura 20. Caracteristica senzorului MQ-2 la detectarea diferitelor gaze din atmosferă

Conform figurii 20, senzorul MQ-2 este capabil să detecteze concentrațiile de hidrogen (H_2), gaz petrolier lichefiat (LPG), gaz metan (CH_4), alcool, fum și propan.

Cu scopul de a determina cei doi parametri a și b, se vor urma aceeași pași. Mai întâi se vor prelua coordonatele punctelor de pe linia roz, corespunzătoare gazului LPG. Apoi, se vor prelucra perechile de puncte rezultate, prin efectuarea regresiei neliniare.

No.	x	y
1	28.270105787113867	1.5848931924611134
2	50.83872968846594	1.3440674158102723
3	79.91988812146089	1.173474574414252
4	111.17770354066397	1.0445936186183866
5	145.48956936383382	0.9760536373079001
6	183.5341201429266	0.9120108393559097
7	225.9343691688004	0.8604721966963494
8	314.3005440262951	0.7734300695307775
9	579.2044080448268	0.6433111113171208
10	888.530962857081	0.5562412058870291
11	1617.5196210991185	0.46266128305129245
12	2542.785548432732	0.396181997063546
13	3494.321270642484	0.3561057181302888
14	4628.995149039958	0.32320173554892734
15	7101.129514399184	0.282180056306612
16	8530.479651087553	0.26882749438710396
17	9878.483197522517	0.253635784406917

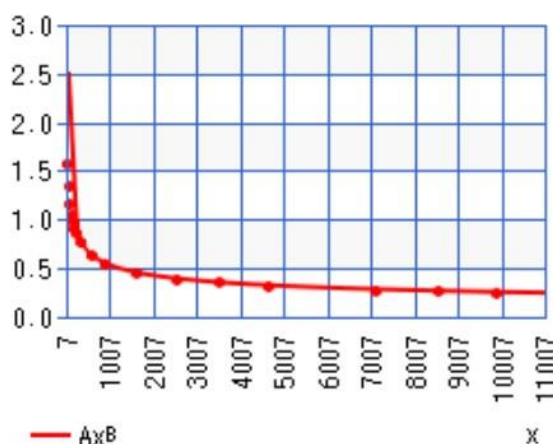


Figura 21. Coordonatele punctelor prelevate și graficul rezultat pentru gazul petrolier lichefiat

În urma calculelor, valorile parametrilor sunt: $a=4.66921$ și $b=-0.31503$.

2.5 CARACTERISTICILE FIZICE ALE SENZORILOR DE GAZ DIN FAMILIA MQ

Cei trei senzori utilizați din familia MQ sunt: senzorul de calitate aerului MQ-135, senzorul de detecție a monoxidului de carbon MQ-7 și senzorul de detecție a scurgerilor de gaz MQ-2. Toți acești senzori pot oferi informații aproximative despre concentrația de gaz din atmosferă, dar nu măsoară cantitatea exactă a gazelor nocive.



Figura 22. Cei trei senzori din familia MQ

Aceste module sunt extrem de fiabile cu tema proiectului de față, din punctul de vedere al caracteristicilor oferite și al costului redus de achiziție.

Caracteristicile principale constau în:

- Bună sensibilitate la gazele dăunătoare pe o rază largă
- Durată de viață lungă și cost redus
- Prezintă un circuit electric simplu în arhitectura internă
- Răspuns rapid și sensibilitate ridicată la unele gaze
- Stabilitate .

Din punct de vedere fizic, fiecare senzor dispune de câte 4 pini, un potențiomtru prin care se poate regla sensibilitatea, două LED-uri, precum și elementele de circuit prezentate anterior.

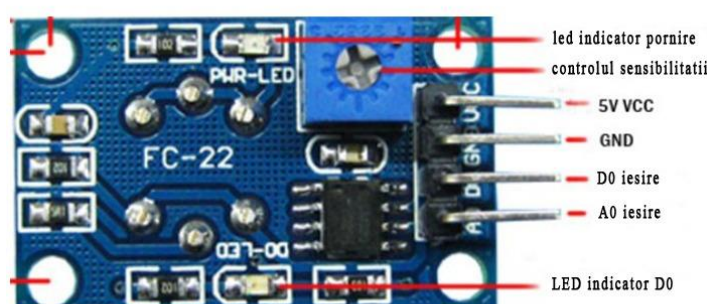


Figura 23. Partea inferioară a senzorilor MQ și repartizarea pinilor

În momentul în care cazul este detectat, se aprinde LED-ul corespunzător pinului D0.

Tabelul 4. Descrierea pinilor senzorilor MQ

Numărul pinului	Numele pinului	Descrierea
1	Vcc	Alimentarea modului cu 5 V
2	GND	Conectarea modului la ground-ul comun al sistemului

3	Digital Out	Pin digital de ieșire - nu e conectat
4	Analog Out	Pin analogic de ieșire - oferă tensiune analogică bazată pe concentrația de gaz

2.5.1 Conexiunile electrice între senzori și placa Arduino

Schema electrică a fost realizată cu ajutorul programului Fritzing. Deoarece pinii 4 ai senzorilor sunt de tip analogic, aceștia s-au legat la portul analogic al plăcii arduino conform tabelului 5.

Tabelul 5. Conexiunile pinilor analogi ai senzorilor MQ

Denumirea senzorului	Pinii analogici ai microcontroller-ului ATmega
MQ-135	A0
MQ-7	A1
MQ-2	A2

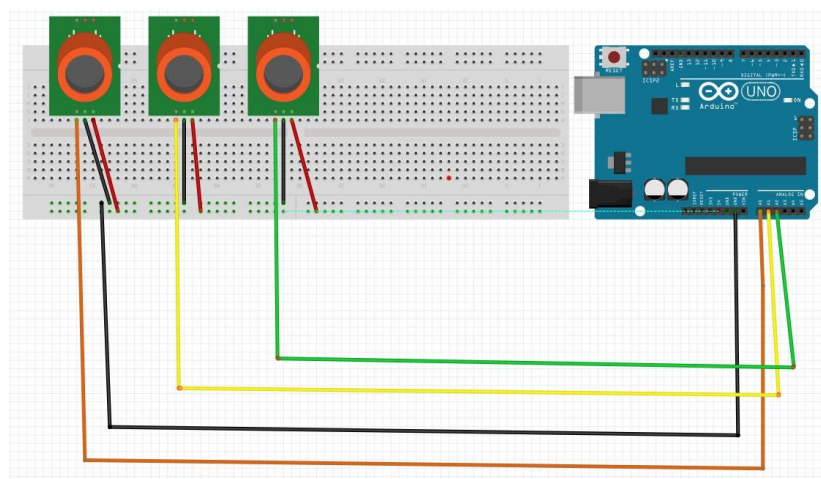


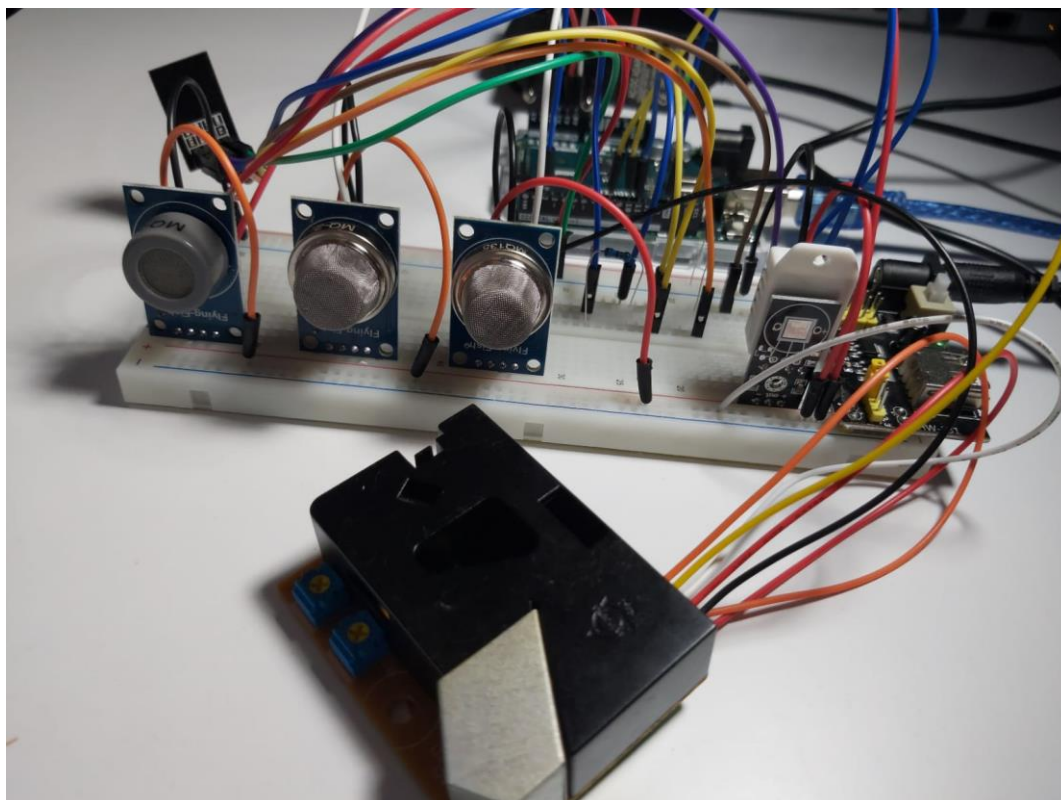
Figura 24. Conexiunile electrice între cei 3 senzori MQ și placa Arduino

Pentru obținerea unor valori cât mai apropiate de realitate, în foile de catalog ale senzorilor MQ se recomandă următoarele:

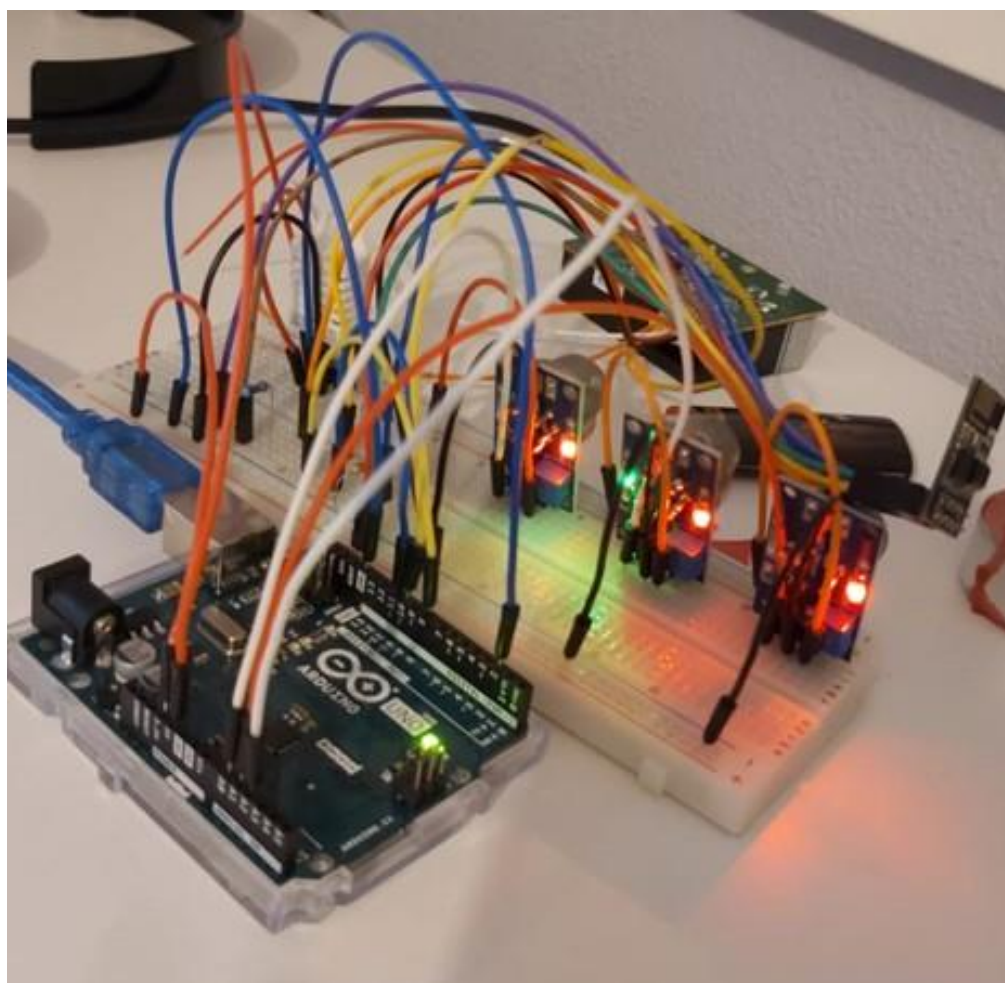
- Utilizarea unei surse de alimentare externe care asigură o tensiune de 5 V și un curent suficient pentru încălzitorul senzorilor. Cum placa Arduino furnizează o tensiune de aproximativ 4.6 V, elementul de încălzire nu primește destul curent pentru a oferi senzorului temperatura necesară funcționării optime.
- Calcularea rezistenței R_0 în aer curat.
- Preîncălzirea senzorilor pentru o bună perioadă de timp, ideal ar fi 48 de ore, pentru stabilizarea citirilor. Cu cât procesul durează mai mult, cu atât rezultatele vor fi mai precise.

2.6 SCHEMA ELECTRICĂ DE PRINCIPIU

În figurile de mai jos, s-au reprezentat schemele finale ale implementării hardware.



gura 24. Conexiunile electrice finale între senzori și placa Arduino



gura 24. Conexiunile electrice finale

3 COMPONENTA SOFTWARE

Internet of Things

Arduino IDE

3.1 INTERNET OF THINGS

Platformele pentru IoT (Internet of Things) au devenit componente principale în sistemele de măsurare și control, datorită capacității acestora de a primi, stoca și analiza cantități mari de date, fără oprire, și la un preț rezonabil. Aceste platforme sunt stocate în “cloud”, o denumire extravagantă asociată centrelor de date răspândite în întreaga lume, echipate cu capacitate mare de stocare și putere mare de procesare.

Termenul “cloud” este interesant deoarece platformele IoT au o viziune mai largă asupra proceselor fizice, astfel că se regăsesc undeva deasupra la nivelul norilor. Au o viziune mai largă din punctul de vedere al spațiului, pentru că adună date din locații diferite, respectiv din punctul de vedere al timpului, deoarece stochează datele în mod persistent.

Acest nou nivel de conștientizare a aplatizat tradiționala piramidă de automatizare cu patru niveluri (fig. 25), deoarece dispozitivele de teren pot comunica acum direct cu cloud-ul [4]. Astfel, această nouă structură modernă, în vârful căreia se află cloud-ul, stă la baza oricărui proces inteligent, în cazul de față “oraș inteligent”.

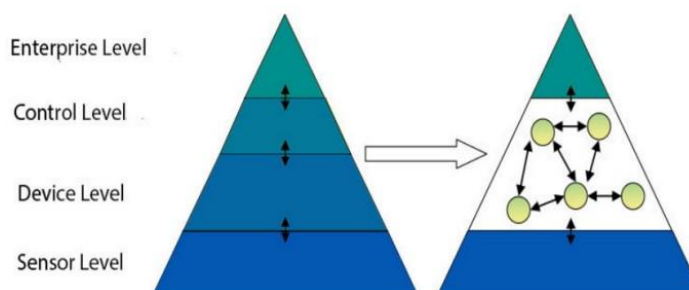


Figura 25. Piramida tradițională de automatizare

Platformele IoT au început să fie folosite în vârful piramidei de automatizare, datorită viziunii largi de care dau dovadă asupra proceselor fizice. Aplicațiile tipice care folosesc astfel de platforme includ monitorizarea și supervizarea proceselor, cu obiectivul de a reduce sau de a elimina intervenția umană.

Platforma IoT folosită în cadrul monitorizării parametrilor de mediu într-un oraș inteligent este ThingSpeak.

3.1.1 ThingSpeak

ThingSpeak este o platformă on-line de analiză, care permite agregarea, vizualizarea și analizarea în timp real a fluxului de date interceptat. ThingSpeak oferă vizualizări instantanee ale datelor, postate de către dispozitivele interconectate la rețeaua de Internet.

Platforma oferă resurse de stocare și procesare a datelor în cloud. ThingSpeak organizează informațiile în canale de date. Fiecare canal include opt câmpuri care pot suporta orice tip de date, trei câmpuri pentru locație, și restul pentru aspecte particulare precum link-uri către alte site-uri (GitHub, YouTube). În cazul de față, s-au creat șase câmpuri în care se vor reprezenta datele citite de către senzori (fig. 26). Fiecare canal este caracterizat de un ID unic, un nume și o scurtă descriere.

Channel ID	1700146	
Name	Monitorizarea parametrilor de mediu în orașul Brașov	
Description	Monitorizarea și vizualizarea gazelor nocive din atmosferă în funcție de timp	
Field 1	Temperatura	<input checked="" type="checkbox"/>
Field 2	Umiditate	<input checked="" type="checkbox"/>
Field 3	Particule de praf [pcs/l]	<input checked="" type="checkbox"/>
Field 4	Dioxid de carbon [ppm]	<input checked="" type="checkbox"/>
Field 5	Monoxid de carbon [ppm]	<input checked="" type="checkbox"/>
Field 6	Gaz petrolier lichefiat	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 26. Setările canalului de vizualizarea datelor.

Nu este posibilă accesarea individuală a câmpurilor, deoarece toate operațiile de scriere/citire sunt realizate la nivelul canalului pentru optimizarea cererilor la distanță. Canalele sunt furnizate gratuit pentru proiectele non-comerciale, atâta timp cât necesită cel mult 8200 de mesaje pe zi (aproximativ 5 mesaje pe minut).

ThingSpeak este o platformă IoT care utilizează canale pentru a stoca datele de la alte aplicații sau dispozitive. După crearea canalului, se pot trimite și se pot primi date, către și de la canalul respectiv.

ThingSpeak utilizează cereri REST API precum GET, POST, PUT și DELETE pentru a crea și șterge canale, pentru a citi și scrie date în câmpurile canalului, și pentru a șterge date din canal. REST API (Representational State Transfer) este un stil arhitectural conceput ca un model de tip cerere-răspuns, care comunică prin intermediul protocolului HTTP (Hypertext Transfer Protocol). Clientul trimite o cerere către server (HTTP request), iar serverul răspunde sau oferă date în formatul cerut (HTTP response).

Mai mult, ThingSpeak permite clienților să actualizeze și să primească actualizări, de la fluxul de date din canal, prin broker-ul MQTT. Acesta este un protocol de comunicație tip publicare/abonare care utilizează protocolul TCP/IP. În acest mod, clientul se poate conecta la broker-ul MQTT și poate publica date pe canal, sau se poate abona la actualizările de pe acel canal.

În final, pentru a se trimite datele achiziționate de către senzorii prezentați în capitolul 1, este nevoie de cheia API care se generează în momentul creării contului pe platforma ThingSpeak. Această cheie constă într-un șir de caractere aleatorii și este unică fiecărui cont. Se generează două chei API, și anume “read API key” și “write API key” (fig. 27). Cea din urmă va fi utilizată în cod, deoarece scopul este de a trimite date în câmpurile canalului.

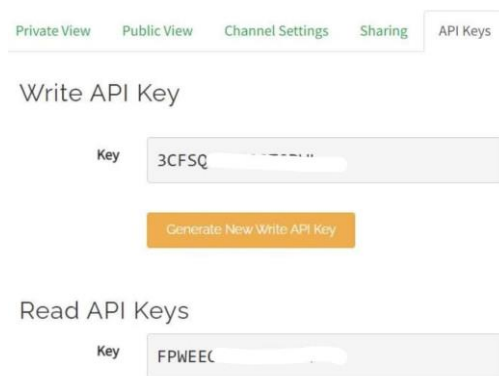


Figura 27. Cele două chei API

3.2 ARDUINO IDE

Arduino IDE reprezintă partea software a microcontroller-ului Atmega, sau mediul de programare. Programele Arduino suportă limbaje de programare C și C++, folosind reguli speciale de organizare a codului. Un sketch tipic Arduino este compus din două funcții principale, care sunt compilate și conectate într-un program executabil cu o execuție ciclică:

- `setup()`: funcție care este rulată o singură dată la începutul programului, când se inițializează setările
- `loop()`: funcție apelată în mod repetat până la oprirea alimentării cu energie a plăcuței.

În continuare, se va prezenta codul aferent fiecărei componente hardware implementate, precum și afișarea ieșirilor în ThingSpeak.

3.2.1 Modulul wi-fi ESP8266-01

Rolul modulului ESP-01 este de a conecta placa Arduino la platforma ThingSpeak, pentru transmiterea datelor preluate de către senzori. Pentru aceasta, în mediul de programare Arduino IDE, s-a inserat librăria pentru comunicația serială “SoftwareSerial”, în care este inclusă funcția necesară comunicației via cod.

În capitolul precedent, pinii modulului TX și RX au fost conectați în două moduri (tabelul 6).

Tabelul 6. Cele două tipuri de conexiuni între modulul ESP și Arduino

	Pinii ESP-01	Pinii Arduino
Conexiune 1	TX	RX pin digital 0
	RX	TX pin digital 1
Conexiune 2	TX	10
	RX	11

Conexiunea 1 a fost realizată cu scopul de a teste modulul wi-fi prin comenzi AT. Cum placa Arduino dispune de un singur port serial, conexiunea 1 nu mai este valabilă pentru comunicația între placa de dezvoltare și mediul IDE. Din fericire, se pot utiliza funcții din librăria “SoftwareSerial” pentru a crea un port serial virtual pe Arduino. Astfel, s-a realizat noua conexiune (conexiunea 2) care permite comunicația între placă și modulul ESP.

Concret, s-au definit variabilele și s-a setat comunicația serială virtuală astfel:

```
#include <SoftwareSerial.h>
#define RX 10
#define TX 11
SoftwareSerial esp8266(RX,TX);
```

De acum, se va comunica cu modulul prin “esp8266” și cu IDE prin “Serial” astfel:

```
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  esp8266.begin(115200);
```

Rata de transfer pentru comunicația serială s-a setat 9600, iar pentru modul 115200.

Conectarea la rețeaua de Internet și platforma ThingSpeak s-a realizat astfel:

```
String AP = "WIFI_NAME"; // CHANGE ME
String PASS = "WIFI_PASSWORD"; // CHANGE ME
String API = "YOUR_API_KEY"; // CHANGE ME
String HOST = "api.thingspeak.com";
```

3.2.2 Senzorul de temperatură și umiditate DHT22

Pentru utilizarea acestui senzor, s-a instalat librăria corespunzătoare acestuia în mediul IDE, s-au definit variabilele și funcțiile de preluare a datelor despre temperatură “getTemperatureValue” și umiditate “getHumidityValue”.

```
#include "DHT.h"
#define dht_pin 2
DHT dhtObject;
String getTemperatureValue(){
  float temperature = dhtObject.getTemperature();
  Serial.print(" Temperature(C)= ");
  Serial.println(temperature);
  return String(temperature);
}
String getHumidityValue(){
  float humidity = dhtObject.getHumidity();
  Serial.print(" Humidity in %= ");
  Serial.println(humidity);
  return String(humidity);
}
```

Odată ce valorile au fost preluate, în ThingSpeak s-au creat două câmpuri pentru vizualizarea acestora. În IDE, funcția corespunzătoare transferului de date între Arduino și platformă este:

```
String getData = "GET /update?api_key="+ API
+"&field1="+getTemperatureValue()+"&field2="+getHumidityValue();
```

În ThingSpeak se vor reprezenta grafice ale valorilor prelevate, în funcție de timp, și vor rămâne înmagazinate detalii despre data calendaristică și ora afișării (figura 28).

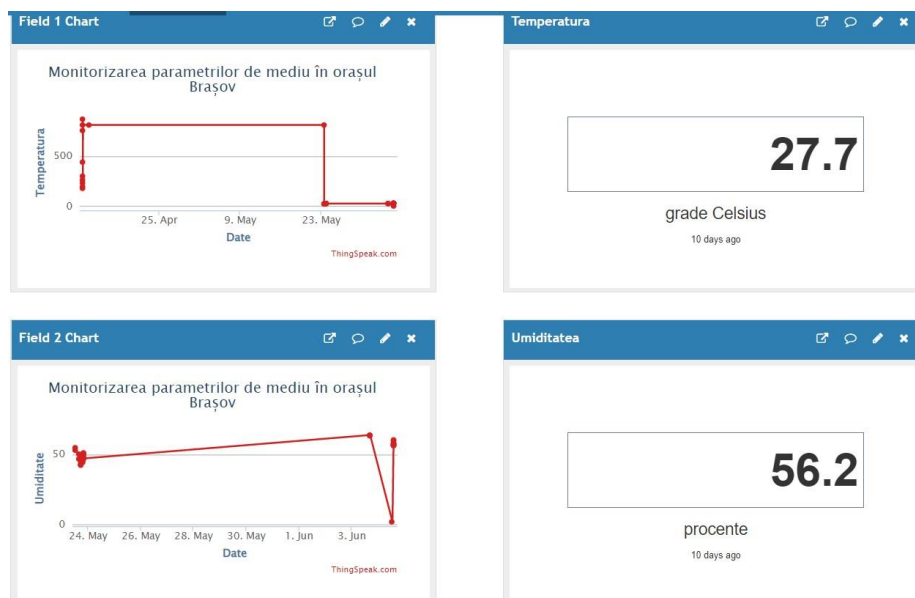


Figura 28. Afișarea temperaturii și umidității în ThingSpeak

3.2.3 Senzorul de particule de praf DSM501A

Prin particule de praf se înțelege particule în suspensie, abreviate PM, iar măsurarea acestora se reduce la măsurarea concentrației înregistrate de către senzor. În detaliile tehnice preluate din foile de catalog ale senzorului, dependența concentrației de timpul LPO (Low Pulse Occupancy) este reprezentată de polinom de grad 3 de forma: $y = 1.1x^3 - 3.8x^2 + 520x + 0.62$.

La nivelul implementării software, se vor defini variabile precum:

- "sampletime_ms" timpul de eșantionare de 30 de secunde;
- "lowpulseoccupancy" - cât timp se află senzorul pe nivelul LOW
- "ratio" - factor de umplere reprezentat în procente

Cu ajutorul funcției "pulseIn(pin, LOW)" se setează pinul de ieșire al senzorului pe nivelul de Low, sarcină necesară caracteristică pinilor de tip PWM (Pulse Width Modulation).

```
duration = pulseIn(pin, LOW); //
lowpulseoccupancy = lowpulseoccupancy+duration; // cât timp senzorul se află pe nivelul de LOW
if ((millis()-starttime) > sampletime_ms)
{
    ratio = lowpulseoccupancy/(sampletime_ms*10.0); // raport în procente
    concentration = 1.1*pow(ratio,3)-3.8*pow(ratio,2)+520*ratio+0.62; // din foile de catalog
    Serial.print("concentration = ");
    Serial.print(concentration);
    Serial.print("µg/m³ - ");
}
```

Limitele maxime admise pentru concentrația de particule în suspensie sunt prezentate în tabelul 7, conform ordinului 582/202 și a legii 104/2011.

Tabelul 7. Valorile maxime admise pentru concentrația de particule PM₁₀

Valori maxime admise	Perioada de mediere	Ordin 582/202	Legea 104/2011
Zilnice	24 ore	50 µg/m ³	50 µg/m ³

Anuale	An calendaristic	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
--------	------------------	-----------------------------	-----------------------------

Conform tabelului 7, în Serial Monitor se vor afișa mesaje de atenționare, în funcție de valorile concentrației detectate.

```
if (concentration < 1.0) {
  Serial.println("It's a smokeless and dustless environment");
}
if (concentration > 1.0 && concentration < 20000) {
  Serial.println("It's probably only you blowing air to the sensor :)");
}

if (concentration > 20000 && concentration < 315000) {
  Serial.println("Smokes from matches detected!");
}
if (concentration > 315000) {
  Serial.println("Smokes from cigarettes detected! Or It might be a huge fire! Beware!");
}
}
```

În continuare, se vor afișa datele despre concentrație în ThingSpeak.

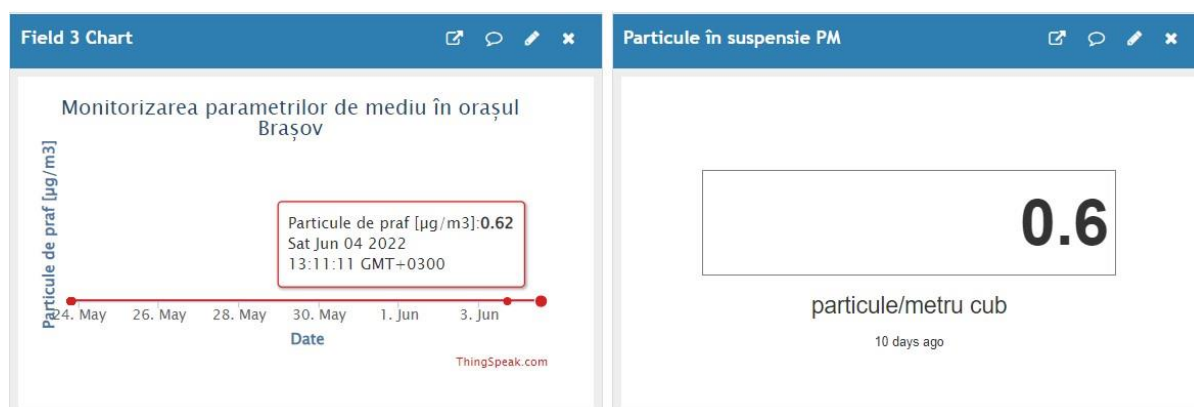


Figura 28. Afișarea concentrației particulelor în suspensie în ThingSpeak

3.2.4 Senzorii de gaz din familia MQ

Principiul de măsurare al senzorilor de gaz constă în detectarea concentrației diferitelor gaze din atmosferă. În capitolul precedent, s-a discutat despre calibrarea acestora cu scopul de a se realiza niște măsuratori cât mai apropiate de valorile reale.

Pentru început, trebuie să se determine valorile rezistențelor R_s și R_0 , notații pentru rezistența senzorului care se schimbă în funcție de concentrația de gaz, respectiv rezistența senzorului la o concentrație de gaz cunoscută sau în aer curat.

Rezistența R_0 , pentru fiecare senzor în parte, se determină experimental, în mediul IDE, prin citirea de valori brute din atmosferă, în aer curat (lipsit de alte gaze). Se vor citi date pentru o perioadă de timp, iar cu aceste date se va efectua o medie aritmetică a citirilor, care în final, va reprezenta valoarea rezistenței R_0 .

Rezistența R_s se calculează cu formula din capitolul anterior: $R_s = [(VC \times R_L) / V_{RL}] - R_L$ (5).

➤ În continuare, se va prezenta codul pentru calcularea rezistenței R_0 .

Mai întâi, se definesc variabilele care vor fi folosite pentru calcul.

```
float sensor_volt; //Define variable for sensor voltage
float RS_air; //Define variable for sensor resistance
float R0; //Define variable for R0
float sensorValue=0.0; //Define variable for analog readings
```

Apoi, se calculează media citirilor analogice, care vor fi convertite în volți, valoare care reprezintă tensiunea V_{out} . Urmează calculul lui R_s , cu formula (5), respectiv calculul valorii lui R_0 bazată pe R_s și pe raportul constant $R_s / R_0 = 4.4 \text{ ppm}$.

```
for(int x = 0 ; x < 500 ; x++) //Start for loop
{
    sensorValue = sensorValue + analogRead(A0); //Add analog values of sensor 500 times
}
sensorValue = sensorValue/500.0; //Take average of readings
Serial.print("Average = ");
Serial.println(sensorValue);
sensor_volt = sensorValue*(5.0/1023.0); //Convert average to voltage
RS_air = ((5.0*10.0)/sensor_volt)-10.0; //Calculate RS in fresh air
R0 = RS_air/4.4; //Calculate R0
```

Odată calculată valoarea R_0 , se vor afișa în Serial Monitor valorile și se va prelua media acestora după o perioadă de timp necesară senzorului pentru a se stabili. De acum, se poate calcula concentrația gazului ales spre măsurare.

➤ Codul pentru calculul concentrației

Dependența concentrației, în funcție de raportul rezistențelor, este o funcție de putere de forma: $y = a \cdot x^b$, unde a este factorul de scalare și b exponentul. Conform capitolului precedent, valorile parametrilor a și b sunt diferiți în funcție de fiecare senzor în parte și în funcție de fiecare gaz în parte care se dorește a fi măsurat.

Pentru senzorul MQ-135 valorile parametrilor sunt: $a = 5.1419$ și $b = -0.3345$, care se definesc împreună cu valoarea rezultată a lui R_0 care este 4.5.

```
int gas_sensor = A0; //Pinul analogic la care e legat senzorul
float a = 5.1419; // factorul de scalare
float b = -0.3345; // exponentul
float R0 = 4.5; //rezistența senzorului în aer curat din codul anterior
```

Apoi, se definesc variabilele folosite pentru calculul R_s în prezența gazului, și se citesc valorile analogice obținute de la senzor, se convertesc în volți și se calculează R_s folosind formula (5).

```
float sensor_volt; //Define variable for sensor voltage
float RS_gas; //Define variable for sensor resistance
float ratio; //Define variable for ratio
int sensorValue = analogRead(gas_sensor); //Read analog values of sensor
Serial.print("SENSOR RAW VALUE = ");
Serial.println(sensorValue);
sensor_volt = sensorValue*(5.0/1023.0); //Convert analog values to voltage
Serial.print("Sensor value in volts = ");
Serial.println(sensor_volt);
RS_gas = ((5.0*10.0)/sensor_volt)-10.0; //Get value of RS in a gas
Serial.print("Rs value = ");
Serial.println(RS_gas);
ratio = RS_gas/R0; // Get ratio RS_gas/RS_air
```

Odată ce s-a obținut valoarea raportului R_s / R_0 , se poate trece la calculul efectiv al concentrației, conform formulei: $\log(x) = [\log(y) - b] / a$ (7). Însă, pentru a obține valoarea reală a concentrației de gaz, în conformitate cu scala graficului log-log, trebuie să se calculeze inversul relației (7) folosind: $X = 10^{\{[\log(y) - b]/a\}}$. (8)

```
float ppm_log = (log10(ratio)-b)/a; //Get ppm value in linear scale according to the the ratio
value
float ppm = pow(10, ppm_log); //Convert ppm value to log scale
Serial.print("Our desired PPM = ");
Serial.println(ppm);
double percentage = ppm/10000; //Convert to percentage
```

Acest algoritm de calcul al rezistenței R_0 , respectiv al concentrației de gaz din atmosferă, este identic pentru cei trei senzori din familia MQ, cu excepția valorilor parametrilor a și b care

sunt diferite în funcție de fiecare senzor în parte. Astfel că, în mediul Arduino IDE se vor face următoarele inițializări:

- Pentru senzorul MQ-7 de detecție a concentrației de monoxid de carbon, valoarea R_0 rezultată este 0.32 iar parametri a și b au valorile 28,89693, respectiv -0,4857.

```
int gas_sensor = A1; //Pinul analogic la care e legat senzorul
float a = 28.8969; // factorul de scalare
float b = -0.4857; // exponentul
float R0 = 0.32; //rezistența senzorului în aer curat din codul anterior
```

- Pentru senzorul MQ-2 de detecție a scurgerilor de gaz petrolier lichefiat, valoarea R_0 rezultată este 1,15 iar parametri a și b au valorile 4,66921, respectiv -0,31503.

```
int gas_sensor = A2; //Pinul analogic la care e legat senzorul
float a = 4.6692; // factorul de scalare
float b = -0.31503; // exponentul
float R0 = 1.15; //rezistența senzorului în aer curat din codul anterior
```

De acum, se poate calcula concentrația gazului ales spre măsurare, respectându-se același algoritm ca cel descris mai sus, în cazul senzorului MQ-135.

În acest moment se poate realiza comunicarea cu platforma ThingSpeak pentru afișarea concentrațiilor în funcție de timp. Pentru aceasta, se vor completa câmpurile pentru fiecare senzor în funcția "getData" astfel:

```
String getData = "GET /update?api_key="+ API
+"&field1="+getTemperatureValue()+"&field2="+getHumidityValue()+"&field3="+String(concentration)+"&f
ield4="+String(ppm)+"&field5="+String(ppm7)+"&field6="+String(ppm2);
```

3.2.5 Afișarea pe ThingSpeak ale gazelor poluante

Pentru senzorul MQ-135 de monitorizare a calității aerului, rezultatele concentrației de dioxid de carbon sunt afișate pe platformă ca în figura de mai jos (fig. 29). Foarte important de specificat este faptul că acest senzor își modifică valoarea în funcție de existența gazului nociv din atmosferă, iar rezultatele afișate nu reflectă concentrația reală de dioxid de carbon.

La nivel global, concentrațiile de dioxid de carbon din atmosferă sunt măsurate cu ajutorul unui observator situat pe versanții vulcanului Mauna Loa din Hawai, aceasta fiind locația de referință globală în emisfera nordică.

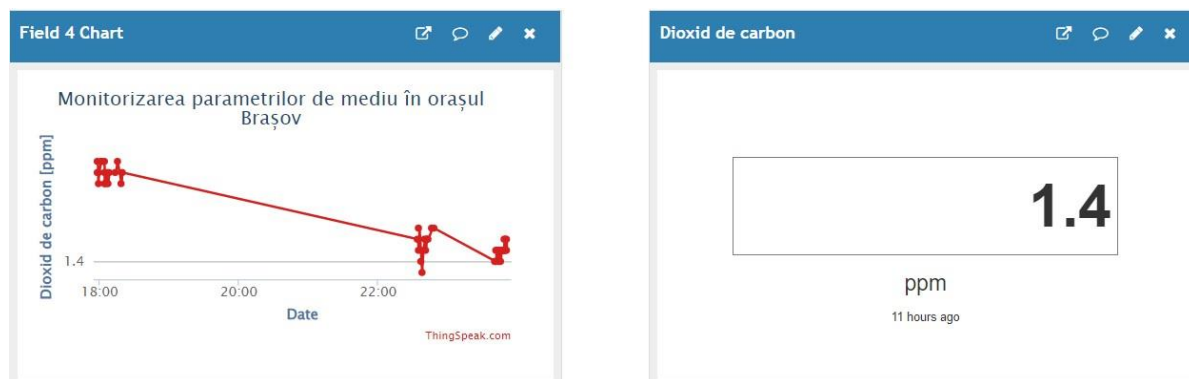


Figura 29. Afișarea concentrației de dioxid de carbon în ThingSpeak

Administrația Națională Oceanică și atmosferică (NOOA, eng. National Oceanic and Atmospheric Administration) este agenția științifică și de reglementare americană care monitorizează condițiile atmosferice și care deține observatorul de la baza vulcanului Mauna Loa

(fig. 30). Conform rezultatelor măsurărilor efectuate de acesta, nivelul dioxidului de carbon este îngrijorător, cu toate că stația de prelevare este situată la o altitudine de 11141 de metri deasupra nivelului mării unde aerul este netulburat de influența poluării locale.



Figura 30. Observatorul de la baza vulcanului Mauna Loa din Hawai

Oamenii de știință din cadrul NOAA au calculat o medie lunară de dioxid de carbon de 420,99 ppm, înregistrând o creștere de 1,8 ppm față de anul 2021. În comparație cu perioada istorică a revoluției industriale, nivelul de dioxid de carbon este acum cu 50% mai ridicat. Administratorul NOAA a afirmat că “Putem vedea impactul schimbărilor climatice în jurul nostru în fiecare zi. Creșterea alarmantă a dioxidului de carbon ne reamintește că trebuie să luăm măsuri urgente și rapide, pentru a deveni o națiune mai conștientă”.

În cazul senzorului de detecție al monoxidului de carbon MQ-7, afișările pe ThingSpeak sunt reprezentate în figura de mai jos (fig. 31).

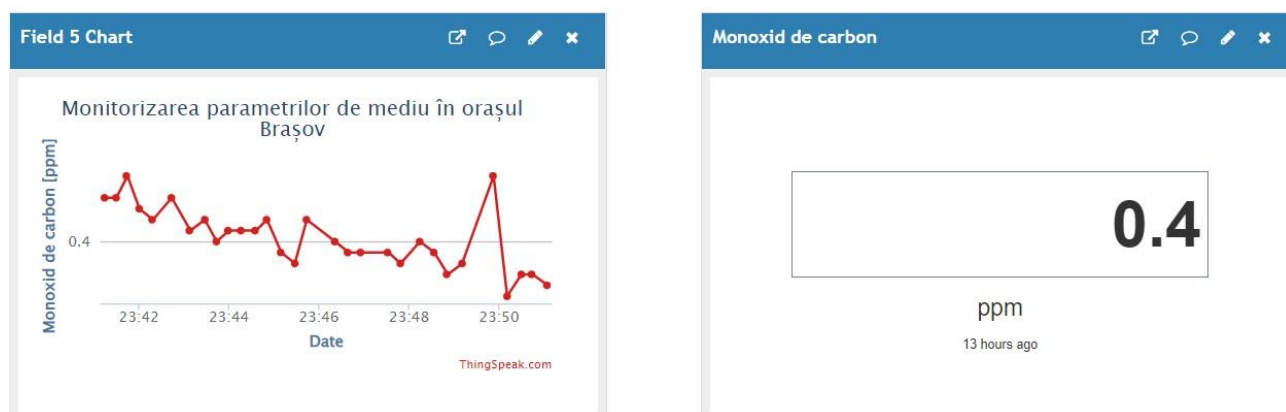


Figura 31. Afișarea concentrației de monoxid de carbon în ThingSpeak

La temperatura mediului ambiental, monoxidul de carbon este un gaz incolor, inodor, insipid, de origine atât naturală cât și antropică. Monoxidul de carbon se formează în principal prin arderea incompletă a combustibililor fosili.

Legea nr. 104 specifică valoarea limită pentru protecția sănătății umane, valoare maximă zilnică admisă a mediilor pe 8 ore de 10 mg/m^3 .

Este un gaz toxic, în concentrații mari fiind letal (la concentrații de aproximativ 100 mg/m^3) prin reducerea capacității de transport a oxigenului în sânge, cu consecințe asupra sistemului respirator și a sistemului cardiovascular. La concentrații relativ scăzute:

- Afectează sistemul nervos central;

- Slăbește pulsul inimii, micșorând astfel volumul de sânge distribuit în organism;
- Reduce acuitatea vizuală și capacitatea fizică;
- Determină iritabilitate, migrene, respirație rapidă, lipsa de coordonare, greață, reduce capacitatea de concentrare;
- Expunerea pentru o perioadă scurtă poate cauza oboseală acută.

În cazul senzorului de detecție a scurgerilor de gaz petrolier lichefiat MQ-2, afișările pe ThingSpeak sunt reprezentate în figura de mai jos (fig. 32).

Gazul petrolier lichefiat sau GPL este compus dintr-un grup de gaze de hidrocarburi inflamabile. Aceste hidrocarburi sunt lichefiate prin procesul de presurizare, iar apoi sunt folosite drept combustibil. În categoria GPL există un număr de gaze care include butanul, propanul, izobutanul, dar și combinații ale acestora.

Cele mai mari scurgeri de GPL se înregistrează în jurul stațiilor de alimentare cu carburant, iar expunerea constantă la acestea poate afecta grav sănătatea.

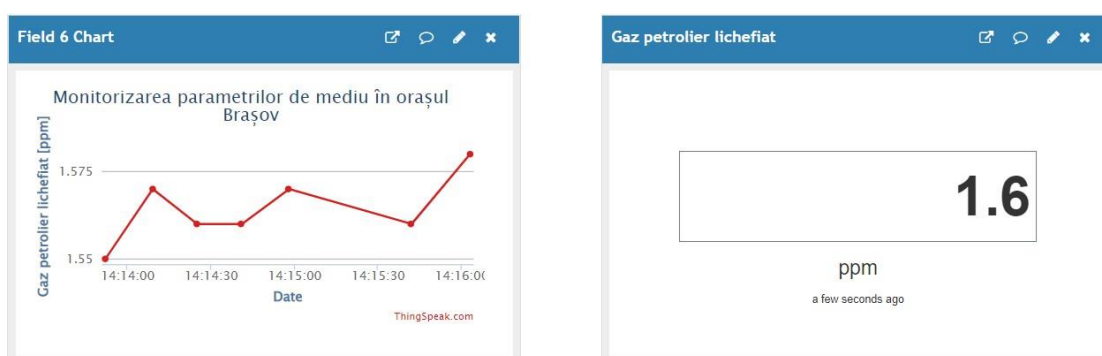


Figura 31. Afișarea concentrației de gaz petrolier lichefiat în ThingSpeak

Motivația alegerii senzorilor din familia MQ se datorează sensibilităților acestora asupra gazelor cu efect de seră, precum: dioxidul și monoxidul de carbon și GPL-ul sau gazul metan. Concentrațiile ridicate ale acestor gaze în atmosferă prezintă principalul factor responsabil pentru apariția și intensificarea schimbărilor climatice.

4 CONCLUZII

Obiective atinse

Modalități de dezvoltare ulterioare

4.1 OBIECTIVE ATINSE

Principalul obiectiv al proiectului a constat în realizarea unui sistem mobil de monitorizare a parametrilor de mediu, care poate fi amplasat într-o aglomerație urbană, compus din două mari componente și anume: ansamblul fizic și mediul software care a făcut posibilă conexiunea și transferul datelor către platforma IoT.

Proiectarea hardware și implementarea software au fost realizate cu succes, dovadă fiind afișările pe platforma ThingSpeak.

Din punctul de vedere al componentelor utilizate, rolul cel mai important l-au avut senzorii care preiau date despre concentrațiile de gaz din mediul ambiental, la care sunt supuși zilnic locuitorii oricărui oraș dezvoltat. Desigur, monitorizarea nu ar fi fost posibilă fără existența microcontroller-ului pus la dispoziție de către Arduino, respectiv a modului responsabil cu conexiunea acestuia la rețeaua de Internet.

Pentru realizarea circuitului electric a fost nevoie de cunoașterea și înțelegerea principiilor de bază ale electrotehnicii precum legile lui Ohm, sau utilizarea divizoarelor de tensiune cu scopul de a nu deteriora componentele fizice. De asemenea, înainte de conectarea fizică la alimentare, modulele și senzorii au fost testate și simulate virtual prin intermediul uneltei "Tinkercard".

Conceptul de oraș inteligent a fost materializat prin utilizarea platformei ThingSpeak, serviciu pus la dispoziție oricărei persoane interesate de gradul său de expunere la agenții poluanți din atmosferă. Prin facilitățile extraordinare de care dispune orice platformă Internet of Things se numără și capacitatea mare de stocare în așa numitul "cloud", criteriu foarte important care a eliminat factorul financiar.

Din punctul de vedere al implementării software, a fost nevoie atât de cunoștințe despre programarea în limbajul C++, cât și despre unele noțiuni legate de rețelistică pentru realizarea conexiunii între montaj și platforma de afișare.

În final, proiectul de față s-a concretizat într-un sistem eficient și deloc costisitor de monitorizarea parametrilor de mediu, care dispune de avantajul că datele preluate de componenta hardware sunt afișate în timp real și pot fi accesate de către orice persoană care dispune de conexiune la Internet.

4.2 MODALITĂȚI DE DEZVOLTARE ULTERIOARE

În ceea ce privește componenta hardware, există unele modificări care pot fi aduse precum:

- Înlocuirea senzorilor de gaz din familia MQ cu senzori mult mai performanți care calculează concentrațiile de gaz exacte din atmosferă;
- Înlocuirea sursei de tensiune actuale, prin alimentarea de la priza de perete, cu o sursă care funcționează cu energie proprie, cu scopul de a se facilita mobilitatea sistemului;
- Adăugarea de senzori suplimentari pentru monitorizarea și a altor gaze nocive prezente în atmosferă precum dioxid de sulf, oxizi de azot sau benzen;
- Adăugarea unui modul LCD de vizualizare fizică a parametrilor înregistrați;
- Renunțarea la modulul wi-fi și înlocuirea plăcii de dezvoltare Arduino cu un microcontroller care dispune de un modul incorporat pentru conexiunea la rețeaua Internet.

În cazul componentei software, pentru proiecte la scară mai largă, este nevoie de asigurarea unui spațiu de stocare, deoarece platforma ThingSpeak dispune de un număr limitat de intrări care pot fi monitorizate.

5 BIBLIOGRAFIE

[1] Coon, J. T., Boddy K, Stein K, Whear R, Barton J, et al.(2012) Does participatin g in Physical Activities in outdoor natural environments have a greater effect o n physical and mental well being than Physical activity indoors? A systemati c review. *Environmental Science and Technology*, 45, 1761-1772.

- [2] Commoner, B. (1980). Cercul care se închide. *Editura Politică, București*.
- [3] Hooda, P. S., & Alloway, B. J. (1993). Effects of time and temperature on the bioavailability of Cd and Pb from sludge-amended soils. *Journal of Soil Science*, 44(1), 97-110.
- [4] ISA, I. (2013). ANSI/ISA-95.00. 03-2013 Enterprise Control System Integration Part 3. *North Carolina USA: Research Triangle Park ISA*.
- [5] <https://www.calitateaer.ro/public/>
- [6] Jensen, J. R., & Lulla, K. (1987). *Introductory digital image processing: a remote sensing perspective*.
- [7] Digital image processing, https://en.wikipedia.org/wiki/Digital_image_processing .

REZUMAT

Prezentul proiect are ca scop realizarea unui sistem de monitorizare a parametrilor de mediu, constituit din senzori care preiau date despre concentrațiile diferitelor gaze, precum și afișarea rezultatelor pe platforma ThingSpeak. La nivelul interfeței utilizatorului final, concentrațiile de gaz sunt dispuse în timp real, unde se regăsesc rezultatele în funcție de datele și orele prelevării.

ABSTRACT

This project consist in monitoring the environmental parameters in order to improve the quality of live of the citizens.

**DECLARAȚIE PRIVIND ORIGINALITATEA
LUCRĂRII DE LICENȚĂ / PROIECTULUI DE DIPLOMĂ / DISERTAȚIEI**

UNIVERSITATEA TRANSILVANIA DIN BRAȘOV
FACULTATEA INGINERIE ELECTRICĂ ȘI ȘTIINȚA CALCULATOARELOR
PROGRAMUL DE STUDII

.....
NUMELE ȘI
PRENUMELE.....
PROMOȚIA.....
SESIUNEA
TEMA LUCRĂRII / PROIECTULUI/ DISERTAȚIEI

.....
.....
.....
CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC

.....
Declar pe propria răspundere că lucrarea de față este rezultatul muncii proprii, pe baza cercetărilor proprii și pe baza informațiilor obținute din surse care au fost citate și indicate conform normelor etice, în textul lucrării/proiectului, în note și în bibliografie.

Declar că nu s-a folosit în mod tacit sau ilegal munca altora și că nici o parte din teză/proiect nu încalcă drepturile de proprietate intelectuală ale altcuiva, persoană fizică sau juridică.

Declar că lucrarea/ proiectul nu a mai fost prezentat(ă) sub această formă vreunei instituții de învățământ superior în vederea obținerii unui grad sau titlu științific ori didactic.

În cazul constatării ulterioare a unor declarații false, voi suporta rigorile legii.

Data:

Absolvent

.....

(nume, prenume, semnătură)