

**SISTEM PENTRU IDENTIFICAREA ȘI
LOCALIZAREA SURSELOR DE POLUARE A
MEDIULUI**

**SYSTEM FOR IDENTIFICATION AND
LOCALIZATION OF ENVIRONMENTAL
POLLUTION SOURCE**

Masterand:

Grosu Victor

Conducător:

**Ababii Victor,
conf.univ.,dr.**

Chișinău, 2025

MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII AL REPUBLICII MOLDOVA

Universitatea Tehnică a Moldovei

Facultatea Calculatoare, Informatică și Microelectronică

Departamentul Informatică și Ingineria Sistemelor

Admis la susținere

Șefa DIIS: conf. univ., dr. V. Sudacevski

„__” _____ **2025**

**Sistem pentru indentificarea si localizarea
surserlor de poluare a mediului**
Teză de master

Masterand: _____ Grosu Victor

**Conducător: _____ Ababii Victor,
conf.univ., dr.**

Chișinău , 2025

Declarație

Subsemnatul Grosu Victor masterand la Facultatea de Calculatoare, Informatică și Microelectronică a Universității Tehnice a Moldovei, programul de master Calculatoare și Rețele Informaționale. Declan pe propria răspundere că la compunerea tezei de master cu titlul "Sistem pentru identificarea și localizarea surselor de poluare a mediului" sub conducerea științifică Ababei Victor, conferențiar universitar, Nu am folosit alte surse decât cele menționate în bibliografie, lucrarea mi aparține în întregime și nu conține plagiat.

Data : 10.01.2024

Grosu Victor


UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI
FACULTATEA CALCULATOARE, INFORMATICĂ ȘI MICROELECTRONICĂ
DEPARTAMENTUL INFORMATICĂ ȘI INGINERIA SISTEMELOR
CALCULATOARE ȘI REȚELE INFORMAȚIONALE

AVIZ

la teza de master

Titlul: Sistem pentru indentificarea si localizarea surserlor de poluare a mediului

Studentul(a) Grosu Victor gr. CRI-231M

1. **Actualitatea temei:** Poluarea mediului reprezintă una dintre cele mai stringente probleme ale societății moderne, având impact major asupra sănătății umane, biodiversității și climatului global. Identificarea rapidă și precisă a surselor de poluare este esențială pentru a implementa măsuri eficiente de protecție a mediului. Acest sistem aduce o contribuție semnificativă prin utilizarea tehnologiilor avansate de monitorizare a calității aerului și de localizare geografică, permițând intervenții rapide și informate pentru reducerea poluării.
2. **Caracteristica tezei de master** Teza are ca scop proiectarea, implementarea și evaluarea unui sistem de identificare și localizare a surselor de poluare a mediului, Dispozitivul proiectat integrează funcționalități avansate și asigură colectarea precisă a datelor senzorilor.
3. **Analiza prototipului:** Lucrarea se concentrează pe dezvoltarea și testarea unui prototip al unui dispozitiv de colectare și transmitere a datelor. Acesta utilizează senzori care detectează diferite tipuri de gaze și concentrația de particule nocive în mediu.
4. **Estimarea rezultatelor obținute:** Rezultatul principal al implementării acestui sistem este creșterea capacității de identificare și localizare rapidă a surselor de poluare, oferind date precise și intervenții eficiente pentru protecția mediului. De asemenea, sistemul contribuie la reducerea timpului de răspuns, la optimizarea resurselor utilizate pentru monitorizare și la informarea rapidă a autorităților și publicului.
5. **Corectitudinea materialului expus:** Materialul elaborat respectă cerințele metodologice și standardele stabilite pentru redactarea unei lucrări de master. Informațiile sunt prezentate clar, logic și bine structurat.
6. **Calitatea materialului grafic:** Lucrarea conține diagrame, schițe, grafice și imagini detaliate ale dispozitivului, toate fiind în conformitate cu normele academice și având un rol esențial în susținerea explicațiilor teoretice și practice.
7. **Valoarea practică a tezei:** Rezultatele obținute în urma testelor efectuate arată posibilitatea utilizării dispozitivului în practică.
8. **Observații și recomandări:** Adăugarea de senzori suplimentari pentru alți poluanți. Implementarea notificărilor automate pentru depășiri critice. Optimizarea algoritmilor pentru date mai rapide și precise. Extinderea rețelei de monitorizare pentru o acoperire mai mare. Întreținerea periodică a echipamentelor pentru date fiabile.

Lucrarea în formă electronică corespunde originalului prezentat către susținere publică.

9. **Caracteristica studentului și titlul conferit:** Pe parcursul elaborării tezei de master Dl **Grosu Victor** a dat dovadă de cunoștințe profunde în domeniul proiectării, programării și implementării sistemelor de monitorizare în timp real a parametrilor de stare a mediului cu ajutorul dronelor. Dl **Grosu Victor** merită titlul de magistru în știința **Calculatoare și Rețele Informaționale**. Teza de magistru este evaluată cu nota **10 (zece)**.

Conducătorul tezei de magistru:

conf. univ. dr., V. Ababii

(funcția, titlul științific), (semnătura, data), (numele, prenumele)

ADNOTARE

La teza de master „Sistem pentru indentificarea si localizarea surserlor de poluare a mediului” a studentului **Grosu Victor**, grupa CRI-231M.

Lucrarea cuprinde: 3 capitole, 32 figuri, 11 tabele, 33 surse bibliografice, 1 scheme bloc

Cuvinte cheie : sistem de monitorizare, poluare, localizare surse de poluare, senzori de mediu, calitatea aerului, detecție poluanți, intervenție rapidă, mediu, protecția mediului.

Scopul lucrării : realizarea unui sistem integrat care să monitorizeze în timp real factorii de mediu, să identifice și să localizeze sursele de poluare și să furnizeze date și alerte relevante către autorități și populație.

Obiectivele generale: dezvoltarea unei rețele de senzori pentru colectarea datelor de mediu, la implementarea algoritmilor de procesare și analiză pentru detectarea și clasificarea surselor de poluare, la integrarea informațiilor într-un sistem pentru localizare la realizarea unui modul de alertare și raportare, precum și la validarea și optimizarea sistemului prin studii de caz și teste practice.

Domeniul de cercetare : tehnologii de măsurare și senzori de mediu, analiza datelor și algoritmii, sistemele GPS , modelarea și simularea dinamicii poluanților în mediu, precum și managementul informațiilor și politicile de mediu.

Capitolul 1: Acest capitol oferă o privire de ansamblu asupra poluării aerului și a implicațiilor sale asupra mediului și sănătății. Se prezintă impactul poluării asupra ecosistemelor și asupra oamenilor, se descriu tipurile de poluanți și sursele lor principale, iar apoi sunt analizate metodele existente de monitorizare a calității aerului și măsurile de prevenire a poluării atmosferice.

Capitolul 2: În acest capitol se detaliază modul în care este conceput și realizat sistemul de monitorizare a calității aerului. Se prezintă sarcina principală a proiectului, urmată de schema bloc a dispozitivului și componentele sale: senzori pentru detectarea particulelor și gazelor nocive, modulul de localizare GPS, modalitățile de transmitere a datelor și sursa de alimentare.

Capitolul 3: descrie modul în care sistemul proiectat este pus în practică și testat pentru a asigura funcționalitatea și precizia dorite. Sunt prezentate principiile de proiectare, metodologia de testare și procedurile de analiză a datelor colectate. Pe baza acestor informații, sunt identificate zonele cu nivel ridicat de poluare și integrate pe o hartă interactivă, facilitând astfel intervenția rapidă și luarea deciziilor informate

Concluzie: sistemul propus pentru identificarea și localizarea surselor de poluare a mediului demonstrează eficiența integrării tehnologiilor de monitorizare (senzori, GPS, transmitere de date) cu o platformă software de analiză și vizualizare.

ANNOTATION

For the master's thesis “ System for Identification and Localization of Environmental Pollution Sources” by student Victor Grosu, group CRI-231M.

The thesis includes: 3 chapters, 32 figures, 11 tables, 33 bibliographic sources, 1 block diagram.

Keywords: monitoring system, pollution, pollution source localization, environmental sensors, air quality, pollutant detection, rapid intervention, environment, environmental protection.

Purpose of the work: the aim is to develop an integrated system to monitor environmental factors in real time, identify and locate pollution sources, and provide relevant data and alerts to authorities and the public.

General objectives: develop a network of sensors for collecting environmental data; implement data processing and analysis algorithms to detect and classify pollution sources; integrate information into a localization system; create an alerting and reporting module; and validate and optimize the system through case studies and practical tests.

Field of research: technologies for measurement and environmental sensors, data analysis and algorithms, GPS systems, modeling and simulation of pollutant dynamics in the environment, as well as information management and environmental policies.

Chapter 1: this chapter provides an overview of air pollution and its implications for the environment and health. It presents the impact of pollution on ecosystems and humans, describes the types of pollutants and their main sources, and then analyzes existing methods of air quality monitoring and measures for preventing air pollution.

Chapter 2: this chapter details how the air quality monitoring system is designed and built. It presents the main task of the project, followed by the device's block diagram and its components: sensors for detecting particulate matter and harmful gases, the GPS localization module, methods of data transmission, and the power supply.

Chapter 3: this chapter describes how the designed system is implemented and tested to ensure desired functionality and accuracy. It presents the design principles, testing methodology, and data analysis procedures. Based on this information, areas with high pollution levels are identified and integrated into an interactive map, thereby facilitating rapid intervention and informed decision-making.

Conclusion: The proposed system for identifying and locating environmental pollution sources demonstrates the efficiency of integrating monitoring technologies (sensors, GPS, data transmission) with a software platform for analysis and visualization.

Cuprins

INTRODUCERE	9
1 Analiza domeniului de studii.....	10
1.1 Impactul Poluării Asupra Mediului	10
1.2. Surse de Poluare Aeriană și Tipuri de Poluanți	11
1.3 Studii anterioare, Monitorizarea calității	13
1.4 Efectele poluării aerului asupra ecosistemelor naturale.....	16
1.5 Impactul poluării aerului asupra sănătății oamenilor	17
1.6 Măsurile de prevenire a poluării aerului atmosferic.....	18
Capitolul 2: Proiectarea și funcționarea sistemului.	22
2.1 Sarcina pusă spre realizare	22
2.2 Schema Bloc	23
2.2.1 Senzori pentru detecția calității aerului	24
2.2.2 Senzori pentru identificarea gazelor nocive	27
2.2.3Sistemul de localizare prin GPS	32
2.2.4 Tipuri de transmitere a datelor	33
2.2.5 Bloc de alimentare.....	36
2.3 Tehnologii utilizate	37
2.4 Dezvoltarea software-ului pentru procesarea datelor	41
3 Proiectarea în detalii	43
3.1 Proiectarea sistemului.....	43
3.2 Metodologia de testare a sistemului.....	46
3.3 Analiza datelor colectate.....	49
3.4 Identificarea zonelor de poluare și amplasarea lor pe hartă	50
Concluzii.....	51
Bibliografie:	52
Anexa. Codul sursa al programului:	56

INTRODUCERE

Problema poluării mediului ne afectează pe toți. În prezent, aceasta este una dintre cele mai mari provocări pe care omenirea le întâmpină. Emisiile de gaze industriale, vehiculele care funcționează pe bază de combustibili fosili, deșeurile arse și pesticidele din agricultură sunt doar câțiva dintre factorii care contribuie la deteriorarea continuă a mediului. Acești factori nu doar că afectează calitatea aerului pe care îl respirăm, dar au și un impact devastator asupra vieții sălbatice, contribuind, în același timp, la schimbările climatice care destabilizează ecosistemele de pe întreaga planetă. Pentru a face față acestei probleme, este crucial să putem monitoriza poluarea și să obținem informații precise despre sursele și tipurile de poluanți prezenți în aerul din jurul nostru. Până acum, acest lucru a fost realizat prin stații de monitorizare fixe, însă acestea nu reușesc întotdeauna să acopere o arie suficient de extinsă și adesea sunt costisitoare. În plus, acestea nu pot furniza date din zone îndepărtate sau greu accesibile, unde activitățile umane au un impact semnificativ. Prin urmare, este nevoie de o soluție mobilă, flexibilă și eficientă care să poată colecta date în timp real.

Aici intervin dronele, care au schimbat felul în care putem obține și analiza datele. Dronele echipate cu senzori moderni pot acoperi suprafețe mari și pot fi utilizate pentru a măsura calitatea aerului la diferite altitudini și în diverse puncte, în funcție de necesități. Prin intermediul acestor dispozitive, se pot identifica nu doar sursele de poluare, dar și concentrațiile de substanțe toxice din aer. Astfel, se pot obține date exacte despre prezența și dispersia gazelor poluante cum ar fi dioxidul de carbon, oxizii de azot sau dioxidul de sulf.

În acest proiect, propunem un sistem de monitorizare a poluării aerului cu ajutorul unei drone dotate cu senzori de înaltă precizie. Acest sistem este gândit pentru a fi capabil să monitorizeze aerul într-un mod rapid și eficient, obținând date care pot fi analizate imediat, pentru a identifica potențialele riscuri asupra sănătății publice și a mediului. Astfel, prin monitorizarea constantă, se poate cartografia și analiza în timp real extinderea zonelor poluate.

Cu acest proiect, ne propunem să dezvoltăm un sistem care să ofere o soluție practică pentru problemele actuale de mediu. Această tehnologie ar putea deveni o unealtă indispensabilă pentru autoritățile de mediu, agențiile guvernamentale și companiile care au nevoie de informații despre calitatea aerului. Datele obținute prin monitorizarea aeriană pot sprijini dezvoltarea unor politici ecologice mai bine fundamentate și pot contribui la îmbunătățirea măsurilor de protecție a mediului. Astfel, dronele, echipate cu senzori performanți, ne ajută să monitorizăm aerul pe care îl respirăm și să luptăm pentru un viitor mai sănătos și mai sustenabil.

1 Analiza domeniului de studii

1.1 Impactul Poluării Asupra Mediului

Poluarea mediului se resimte la numeroase niveluri și se extinde mult dincolo de impactul imediat asupra resurselor naturale. Aerul poluat, care conține particule de gaze toxice și metale, prezintă riscuri serioase pentru sistemul respirator uman și poate duce la dezvoltarea unor boli cronice, cum ar fi astmul, bronșita și cancerul pulmonar. În mod similar, poluarea apelor cu substanțe chimice periculoase amenință flora și fauna acvatică, perturbând lanțurile trofice și reducând biodiversitatea. Solul poluat își pierde fertilitatea, devenind nepotrivit pentru utilizarea agricolă și amenințând securitatea alimentară. La un nivel mai larg, poluarea mediului contribuie la accelerarea schimbărilor climatice globale prin creșterea concentrației de gaze cu efect de seră în atmosferă. Acest lucru duce la creșterea temperaturii medii globale, topirea ghețarilor, creșterea nivelului mării și intensificarea fenomenelor meteorologice extreme, ceea ce reprezintă o amenințare gravă pentru viața pe planetă. Clasificarea poluării după surse. Clasificarea poluării în funcție de surse ajută la o mai bună înțelegere a mecanismelor de acțiune și la dezvoltarea unor metode mai eficiente de combatere a acestora. Principalele tipuri de poluare sunt:

Poluarea biologică este cauzată de activitatea microorganismelor, virusilor, bacteriilor și altor agenți patogeni. Aceasta este adesea legată de eliminarea incorectă a deșeurilor și de nerespectarea normelor de igienă, ceea ce poate duce la răspândirea bolilor infecțioase la oameni și animale. Poluarea chimică constă în eliberarea de substanțe chimice, inclusiv pesticide, metale grele, produse petroliere și deșeuri industriale, în mediu. Aceste substanțe se acumulează în sol și resursele de apă, otrăvind ecosistemele și afectând sănătatea umană. Poluarea fizică este cauzată de factori fizici, cum ar fi radiațiile, lumina și căldura, care au efecte negative asupra sănătății umane și asupra comportamentului animalelor. Poluarea mecanică este legată de prezența deșeurilor solide, cum ar fi plasticul, sticla și metalul, care nu se descompun rapid. Acești poluanți pot bloca căile navigabile, punând în pericol ecosistemele acvatice și contribuind la acumularea de substanțe dăunătoare în sol. Tipuri de poluare a mediului. Poluarea mediului se manifestă în diverse forme, fiecare având un impact negativ asupra resurselor naturale și sănătății umane. Să analizăm principalele tipuri de poluare a mediului în detaliu.

Poluarea aerului. Principalele surse de poluare a atmosferei sunt întreprinderile industriale, care eliberează gaze și particule în aer în urma proceselor de producție, și transportul rutier, care generează cantități semnificative de emisii. Atmosfera conține, de asemenea, particule fine, care pot include metale grele precum plumbul, cadmiul și mercurul, ce prezintă riscuri grave pentru sănătatea umană. Concentrațiile ridicate de dioxid de carbon, un gaz cu efect de seră, contribuie la

încălzirea globală, cu efecte asupra climei, ghețarilor și nivelului mării. Cauzele poluării mediului au o origine preponderent antropogenă, iar printre acestea se numără: Creșterea producției industriale duce la emisii mai mari de substanțe poluante în atmosferă, în resursele de apă și în sol. Dezvoltarea industriei fără standarde ecologice adecvate și tehnologii de purificare contribuie la acumularea de componente toxice, cum ar fi metalele grele, dioxinele și alți compuși chimici nocivi, care au efecte devastatoare asupra organismelor vii și ecosistemelor.

Creșterea consumului de energie, mai ales din surse fosile, cum ar fi petrolul, cărbunele și gazele naturale, duce la o cantitate mai mare de gaze cu efect de seră, în special dioxid de carbon și metan, ceea ce este una dintre principalele cauze ale încălzirii globale și schimbărilor climatice. Aceste schimbări climatice duc la fenomene meteorologice extreme, la topirea ghețarilor și la creșterea nivelului mării, punând presiune suplimentară pe ecosistemele naturale și umane.

Creșterea populației duce la o cerere mai mare de resurse, la o producție mai mare și, în consecință, la un volum mai mare de deșeuri. Fără măsuri adecvate de reciclare și eliminare a deșeurilor, aceasta duce la poluarea solului, a apelor și a aerului, deoarece o parte semnificativă a deșeurilor conține componente toxice și periculoase. Gestionarea inefficientă a deșeurilor și lipsa unei infrastructuri dezvoltate pentru reciclare și eliminare conduc la acumularea de deșeuri în mediu. Eliminarea incorectă a deșeurilor nu doar că poluează solul și apa, dar contribuie și la răspândirea bolilor, distrugerea habitatelor și degradarea calității vieții.

1.2. Surse de Poluare Aeriană și Tipuri de Poluanți

Atmosfera, ca înveliș gazos al Pământului, are o valoare inestimabilă, deoarece protejează planeta de radiațiile cosmice, influențează relieful, determină clima Pământului și reglează fondul termic al acestuia. Nu se poate spune că atmosfera a avut întotdeauna o compoziție omogenă și că doar odată cu apariția omului a început să se schimbe. Totuși, abia după începutul activităților umane intense, compoziția neomogenă a atmosferei s-a „îmbogățit” cu impurități periculoase. Principalii poluatori, în acest caz, sunt uzinele chimice, complexul energetic, agricultura și transportul auto. Acestea duc la prezența în aer a unor metale precum cupru, mercur, plumb și altele. Evident, în zonele industriale poluarea aerului este resimțită cel mai intens. Centralele termoelectrice ne aduc lumină și căldură în case, însă, în același timp, eliberează în atmosferă cantități enorme de dioxid de carbon, praf și funingine. Cauza ploilor acide o reprezintă deșeurile eliberate de uzinele chimice, cum ar fi oxizii de sulf sau de azot. Acești oxizi pot reacționa cu alți compuși din biosferă, favorizând formarea unor substanțe și mai dăunătoare. Automobilele moderne sunt foarte bune din punct de vedere al designului și caracteristicilor tehnice, însă problema emisiilor toxice din gazele de eșapament nu a fost încă rezolvată.

Cenușa și produsele rezultate din arderea combustibililor nu doar că poluează atmosfera orașelor, ci se depun și pe sol, conducând la degradarea acestuia. În multe zone industriale și de producție, utilizarea sistemelor de filtrare a aerului a devenit o parte esențială a vieții, din cauza poluării mediului cauzate de uzine și de transport. Aerul este poluat de orice substanțe – gazoase, solide și lichide – dacă acestea sunt prezente în cantități care depășesc concentrația lor medie. Poluarea aerului atmosferic se împarte în poluare cu praf și poluare gazoasă. Organizația Mondială a Sănătății definește aerul poluat drept aer a cărui compoziție chimică poate afecta negativ sănătatea oamenilor, plantelor, animalelor, precum și alte elemente ale mediului înconjurător (apă, sol). Poluarea aerului este cea mai periculoasă dintre toate tipurile de poluare, deoarece este mobilă și poate afecta practic toate componentele mediului pe suprafețe mari. Principalele surse de poluare a aerului sunt:

- Industrializarea și creșterea populației,
- Sectorul energetic,
- Industria de transport,
- Surse naturale.(Vulcani)

Creșterea cererii de energie a făcut ca arderea hidrocarburilor să fie principala sursă de poluare a atmosferei de origine antropogenă.Principali poluanți periculoși ai atmosferei sunt:

- dioxidul de sulf (SO_2),
- oxizii de azot (N_xO_y),
- compușii organici volatili (benzo(a)piren),
- monoxidul de carbon (CO),
- dioxidul de carbon (CO_2),
- ozonul troposferic (O_3),
- plumbul (Pb),

Aerul poluat este absorbit de oameni în timpul respirației. El contribuie la dezvoltarea bolilor respiratorii, a alergiilor și a problemelor de reproducere. În viața cotidiană, poluarea aerului cauzează coroziunea metalelor și a materialelor de construcție. Ea afectează, de asemenea, negativ vegetația, perturbând procesele de fotosinteză, transpirație și respirație. Aerul poluat agravează și starea apei și a solului. La nivel global, poluarea aerului influențează schimbările climatice. Poluarea aerului crește, de asemenea, aciditatea apei potabile, ceea ce duce la o creștere a concentrației de plumb, cupru, zinc, aluminiu și chiar cadmiu în apa care ajunge în locuințele noastre. Apa cu aciditate crescută poate deteriora sistemele de alimentare cu apă, provocând scurgerea de substanțe toxice. Există trei tipuri principale de surse de emisii atmosferice:Sursa

punctuală – acestea sunt în principal marile întreprinderi industriale, care emit praf, dioxid de sulf, oxizi de azot, monoxid de carbon, metale grele. Sursele de suprafață (dispersate) – includ cazanele și sobele de uz casnic, centralele termice locale, întreprinderile industriale mici, care emit în principal praf și dioxid de sulf. Sursele liniare – sunt surse de poluare care au o lungime mare. Acestea sunt responsabile de emisiile de oxizi de azot, oxizi de carbon, hidrocarburiaromate și metale grele (în special plumbul din etil, iar în prezent, platina, paladiul și rodiul din catalizatoarele auto).

Consecințele poluării aerului includ: Ploi acide – precipitații cu un nivel scăzut de pH. Ele conțin acid sulfuric format în atmosferă din oxizii de sulf, eliberați prin arderea cărbunelui sulfurat, și acid azotic, format din oxizii de azot. Se consideră că ploile acide cresc mortalitatea infantilă și riscul de boli pulmonare, provoacă acidificarea râurilor și lacurilor, distrugerea florei și faunei, degradarea solului și deteriorarea monumentelor și arhitecturii. Smog – aer poluat care conține o concentrație ridicată de praf și gaze toxice, a cărui principală sursă sunt automobilele și întreprinderile industriale. Găurile în stratul de ozon – scăderea concentrației de ozon (O_3) la altitudini de 15-20 km, în principal la Polul Sud, observată de la sfârșitul anilor 1980. Scăderea este estimată la aproximativ 3% pe an.

Principalii responsabili sunt clorofluorocarburile (freonii), din care clorul eliberat (sub acțiunea radiațiilor ultraviolete) atacă moleculele de ozon, ducând la formarea de oxigen (O_2) și oxid de clor (ClO). Ritmul global de reducere a ozonului stratosferic datorită activității umane (cu excepția Antarcticii) este de 0,4-0,8% pe an în latitudinile temperate nordice și mai puțin de 0,2% în tropice. Stratul de ozon este un filtru natural care protejează organismele vii de radiațiile ultraviolete nocive. În 1995, Premiul Nobel pentru Chimie a fost acordat pentru cercetarea influenței freonilor asupra ozonului atmosferic, precum și pentru studiul formării și reacțiilor ozonului atmosferic. Efectul de seră – un fenomen atmosferic care duce la creșterea temperaturii planetei. Este cauzat de gazele cu efect de seră, care reduc radiația termică de la suprafața Pământului și atmosfera inferioară în spațiu.

Poluarea aerului cauzată de automobile este responsabilă pentru aproximativ 1/4 din decesele din marile orașe. Pe lângă praf, transportul auto este o sursă de emisii de dioxid de azot, o

substanță implicată în scandalul companiei auto germane Volkswagen, care a falsificat rezultatele testelor de emisii ale vehiculelor sale.

1.3 Studii anterioare, Monitorizarea calității

Actualmente, în Republica Moldova monitoringul privind calitatea componentelor mediului (aer, apa de suprafață, sol și radioactivitatea mediului) este efectuat de Laboratorul de Referință de Mediu, din cadrul Agenției de Mediu. Informația referitoare la calitatea mediului

ambiant, zilnic este actualizată pentru vizualizare pe pagina oficială a instituției: www.am.gov.md/ro.

În prezent, monitorizarea calității aerului se realizează prin rețeaua constituită din 17 posturi staționare, instalate în anii 1970-1978, care funcționează conform programului de 3 ori/24h (700, 1300, 1900). Prelevarea probelor se face de către operatori și se transportă zilnic în

Laboratorul de Referință de Mediu unde se analizează următorii indicatori: suspensii solide, dioxid de sulf, monoxid de carbon, dioxid de azot, inclusiv indicatorii specifici: sulfați solubili, oxid de azot, fenol, aldehydă formică.

Posturile staționare sunt amplasate în 5 centre industrializate ale Republicii Moldova (Chișinău-6 posturi, Bălți-2 posturi, Bender-4 posturi, Tiraspol-3 posturi, Rîbnița-2 posturi). În baza datelor obținute se elaborează buletine/hărți zilnice, buletine lunare privind calitatea aerului atmosferic și alte informații, care sunt plasate pe pagina web a Agenției de Mediu, la rubrica „Calitatea Mediului/Buletine și hărți zilnice privind calitatea aerului atmosferic”. <https://www.am.gov.md/ro/node/216>

În scopul asigurării unui monitoring eficient al calității aerului, în luna iunie 2022, în mun. Chișinău a fost pusă în funcțiune prima stație automată de monitorizare a calității aerului atmosferic, de tip trafic, amplasată în perimetrul intersecției bd. Ștefan cel Mare cu str. Mihai Viteazul. Stația a fost donată de către Guvernul German iar cheltuielile de transportare și instalare au fost suportate de către GIZ, prin programul „Consolidarea capacităților pentru implementarea politicii în domeniul climei în Balcanii de Vest, Europa Centrală și de Est și Asia Centrală”.

Astfel, începând cu data de 1 iulie 2022, stația automată de monitorizare a calității aerului atmosferic de tip trafic înregistrează continuu date privind nivelul de poluare a aerului cu particule în suspensie (PM10), oxizi de azot (NO/NO_x/NO₂), dioxid de sulf (SO₂), ozon (O₃) și monoxid de carbon (CO). Valorile concentrațiilor poluanților monitorizați la stația automată de tip trafic se încadrează în limitele admisibile, cu excepția concentrațiilor particulelor în suspensie (PM10), pentru care s-au înregistrat depășiri ale valorii de referință (50 μg/m³), în perioada august-noiembrie. Valoarea limită, în decurs 24 de ore, pentru protecția sănătății umane, prevede 50 μg/m³, care nu trebuie depășită mai mult de 35 de ori într-un an calendaristic (Directiva UE 2008/50 privind calitatea aerului înconjurător și un aer mai curat pentru Europa, secțiunea B, anexa XI). La momentul actual în mun. Chișinău s-a constatat un raport de depășiri a limitei admisibile mai mare cu 1/2 din limita permisivă în 5 luni ale anului. Aceasta constituie o depășire cu 70%.

Dintre sursele de poluare majore, care participă cu peste 50%, putem aminti: autovehiculele (care generează: oxid de carbon, hidrocarburi, oxizi de azot și sulf); diferite activități industriale (în cadrul cărora se elimină oxizi de sulf, carbon și azot, hidrocarburi, particule solide

aflate în suspensie sau sedimentabile); marile complexe energetice (produc oxizi de sulf și azot, pulberi în suspensie și sedimentabile); încălzirea locuințelor (proces prin care se elimină noxe din categoria oxizilor de sulf și carbon); arderea deșeurilor (emană oxizi de carbon, azot și sulf, hidrocarburi, particule solide în suspensie și sedimentabile).

Condițiile meteorologice și intemperiiile naturale au un impact direct asupra calității aerului. La sfârșitul lunii decembrie și în primele zile ale lunii ianuarie, vremea în Republica Moldova a fost influențată de o masă de aer cald, ce a determinat temperaturi mai ridicate, comparativ cu valorile normei și vânt slab, cu condensările de vapori și apariția ceții. Lipsa vântului, condensările de vapori și apariția ceții, condiționată de variația temperaturii în sezonul rece a favorizat o presiune statică a curenților de aer (lipsa curenților de aer). În câmpurile cu gradienti de presiune joasă, în sectoarele calde ale ciclonilor Atlantici, când vântul lipsește sau suflă slab, apar de obicei condiții de formare a inversiunii termice, care împiedică amestecarea masei de aer și contribuie la acumularea particulelor poluante în apropierea de suprafața solului și respectiv creșterea treptată a concentrației acestora. În cazul în care un strat de aer rece se acumulează sub un strat de aer cald are loc o acumulare a poluanților, iar stratul de inversiune termică acționează ca un capac ce împiedică dispersia și transportul poluanților. Acest proces atmosferic, care se produce în straturile inferioare ale troposferei, la suprafața solului, condiționează formarea ceții, și pe fondul acumulării poluanților sub formă de aerosoli, inversiunile termice pot genera fenomenul de smog. Anume acest fenomen a fost produs în mun. Chișinău, la sfârșitul lunii decembrie și în primele zile ale lunii ianuarie.

La data de 03 ianuarie 2023, pe arii extinse s-a semnalat ceață. Particulele fine s-au concentrat deasupra solului, iar vânturile de intensitate mică nu le-a dispersat. Aceasta a condus la apariția mirosului de praf și de elemente ne arse ale hidrocarburilor. Începând cu 30 decembrie 2022 și până la 04 ianuarie 2023, timp de 6 zile consecutive, particulele în suspensie au atestat majorări ale concentrațiilor zilnice de PM₁₀, cu depășiri ale limitei de referință (50 μg/m³), cuprinse între 61,5 și 140,7 μg/m³. Acest nivel de poluare cu PM₁₀, a fost condiționat de emisiile provenite din transport și sectorul rezidențial. Sectorul rezidențial utilizează diferite surse de combustibili alternativi (ulei uzat, cauciuc, deșeuri din plastic, păcură, ș.a.). Începând cu data de 04 ianuarie 2023, teritoriul țării a fost traversat de un front atmosferic rece, ce a permis pătrunderea unei mase de aer rece, care a determinat o ușoară scădere a temperaturilor și intensificarea vântului. Astfel, la 4 ianuarie emisiile de PM₁₀, au fost mai mici decât în data de 03 ianuarie 2023. În perioada 30.12.2022-04.01.2023, s-au înregistrat majorări ale concentrațiilor și a altor poluanți monitorizați prin intermediul stației automate comparativ cu situația obișnuită, cum ar fi dioxidul de sulf,

dioxidul de azot și monoxidul de carbon, dar care nu au depășit standardele de calitate pentru aceste noxe.

Începând cu data de 05 ianuarie 2023 și până în data de 12 ianuarie 2023, situația privind nivelul de poluare a aerului s-a îmbunătățit semnificativ, concentrațiile poluanților monitorizați încadrându-se în limitele normelor admisibile. Îmbunătățirea atestată a fost condiționată de diminuarea activităților pe perioada sărbătorilor, atât a transportului cât și a întreprinderilor generatoare de emisii de poluanți, dar și condițiile meteorologice atestate. Influența fronturilor atmosferice, variația maselor de aer (advecția aerului cald), izolat precipitațiile slabe și vântul din sud-est cu intensificări de până la 12-14 m/s, au contribuit la dispersia poluanților din aer. Evaluând situația la general privind observațiile zilnice la stația automată de tip trafic, concentrații majorate ale particulelor în suspensie (PM10), se atestă în zilele lucrătoare ale săptămânii, și mai puțin în zilele de odihnă.

1.4 Efectele poluării aerului asupra ecosistemelor naturale

Efectele poluării aerului asupra plantelor Substanțele poluante sunt în principal absorbite de plante prin frunze. De asemenea, este posibilă o penetrare redusă prin tulpini și trunchiuri. Poluantul trebuie mai întâi să treacă prin „stratul limită”, un strat de aer care nu se amestecă atunci când vine în contact cu suprafața plantei, înainte de a ajunge pe frunză. Dimensiunea și structura frunzei, precum și viteza vântului, influențează grosimea acestui strat, care este de obicei de ordinul zecimilor de milimetru. Ploile acide, cauzate de poluarea aerului, fac apa și solul mai acide. În ceea ce privește plantele, ploile acide reduc cantitatea de nutrienți disponibili în sol, deteriorează sistemul radicular și lăstarii, încetinesc creșterea. Deși unele specii de plante și animale sunt rezistente la schimbările de pH, în cadrul unui ecosistem, aceasta poate perturba lanțul trofic și poate duce chiar la dispariția unor specii. Epuizarea stratului de ozon. Se susține că plantele și animalele sunt afectate indirect de degradarea stratului de ozon. Conform unui studiu, gaura de ozon a contribuit la dispariția a aproape 30% dintre speciile de plante. Majoritatea plantelor sunt vulnerabile la ozon (O_3), care provoacă ulceratii pe frunze și poate pătrunde prin stomatele plantei, descompunând celulele vegetale. O_3 poate duce la inhibarea creșterii și, în cazuri severe, la moartea plantelor. Expunerea la ozon poate fi observată pe frunzele cartofului sub forma unor pete maronii. Radiația UV a inhibat fotosinteza, a accelerat transpirația și a provocat modificări genetice la plante. Ozonul de la nivelul solului. Respirația plantelor este inhibată de moleculele de ozon de la sol. Acestea închid porii din frunze prin care plantele respiră. Dacă planta nu poate respira, nu poate fotosinteza și, prin urmare, nu poate crește. În 2014, s-a raportat că poluarea aerului cu carbon negru și ozon de la sol a dus la reducerea producției de culturi agricole aproape la jumătate în cele mai afectate zone, în 2011, comparativ cu nivelurile din 1980. Excesul de azot. Azotul este un nutrient

esențial pentru plante. Totuși, creșterea cantității de azot din atmosferă poate provoca stres ecosistemelor. Excesul de azot acționează ca un îngrășământ, beneficiind anumite plante în detrimentul altora. Acest dezechilibru poate avea efecte pe termen lung, cum ar fi: Schimbarea compoziției speciilor de plante și animale, creșterea numărului de dăunători și boli, perturbarea proceselor ecosistemice, precum ciclul nutrienților și frecvența incendiilor.

Efectele poluării aerului asupra animalelor. Comportament modificat. Tot mai multe studii arată că poluanții provoacă comportamente anormale la animale. Substanțele care perturbă sistemul endocrin, metalele grele și PCB-urile au efecte directe asupra comportamentului social și reproductiv al animalelor. Boli și mortalitate. Efectele sunt adesea indirecte, însă acestea omoră treptat animalele prin modificarea sistemelor biologice. Poluanții din aer afectează funcția endocrină, deteriorează organele și reduc succesul reproductiv. Expunerea prelungită la poluanți poate agrava bolile neurodegenerative. Pierderea biodiversității. Poluarea aerului modifică structura fundamentală și funcțiile ecosistemelor. Depunerea excesivă de azot sub formă de amoniac este unul dintre cei mai semnificativi factori de stres pentru biodiversitate. Biodiversitatea este esențială pentru animalele dintr-un ecosistem, iar pierderea acesteia poate provoca schimbări în lanțul trofic și dispariția unor specii. De asemenea, pierderea biodiversității poate crește riscul apariției bolilor infecțioase. Schimbările în populațiile de specii pot fi provocate de poluarea industrială a aerului. De exemplu, nivelurile ridicate de aluminiu pot duce la: Dispariția unor specii de pești, creșterea numărului de insecte, favorizarea rațelor care se hrănesc cu insecte. În acest context, pot fi afectate specii precum vulturii și pescărușii, care se hrănesc cu pești.

1.5 Impactul poluării aerului asupra sănătății oamenilor

Impactul poluării atmosferice asupra sănătății umane este foarte mare. Chiar și o schimbare minoră în concentrația substanțelor toxice poate cauza boli grave. Pe parcursul unei zile, o persoană inhalează aproximativ 12.000 de litri de aer. Majoritatea substanțelor nocive pătrund în organism prin inhalare, și nu prin apă, alimente sau piele. Potrivit estimărilor Organizației Mondiale a Sănătății, peste 90% din populația lumii trăiește în zone cu probleme ecologice. În fiecare an, poluarea aerului ucide aproximativ 7 milioane de oameni la nivel global. Poluarea aerului este o cauză principală a agravării bolilor sistemelor cardiovascular, reproductiv și nervos, a creșterii riscului de diabet, cancer și afecțiuni pulmonare. Specialiștii au studiat impactul diferitelor tipuri de poluare atmosferică asupra sănătății umane. Cele mai periculoase s-au dovedit a fi particulele solide fine (funingine, praf), care provin din gazele de eșapament și din arderea cărbunelui în uzine industriale. Prin inhalare, particulele solide cu diametrul de până la 0,0025 mm pătrund direct în sânge și afectează funcționarea vaselor sanguine. Praful fin și funinginea sunt cauze ale insuficienței

renale, bolilor respiratorii și deceselor premature din cauza cancerului. Particulele solide mai mari, cu diametrul de până la 0,01 mm, afectează cavitatea nazală și căile respiratorii superioare.

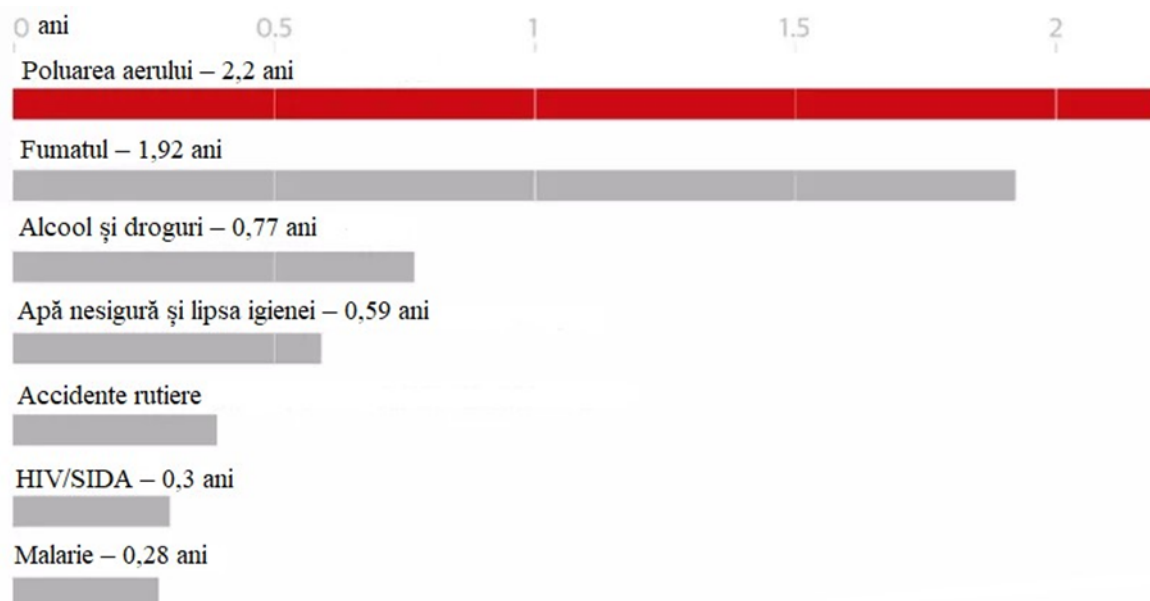


Figura 1.1. reducerea duratei de viață, exprimată în ani, cauzată de factorii respectivi; media pe persoană la nivel global.

Studiile au arătat că, prin expunerea zilnică, chiar și pe termen scurt, la oxizii de azot, riscul de accident vascular cerebral crește. Gazele de eșapament cresc nivelul de coagulare a sângelui și provoacă formarea cheagurilor de sânge, cauzând boli cardiovasculare, creșterea riscului de demență precocă și boala Alzheimer. Centralele electrice puternice (termocentrale, centrale pe cărbune, centrale nucleare), care nu sunt echipate cu filtre de praf, eliberează în aer oxid de siliciu. Acesta provoacă o boală pulmonară gravă – silicoza (incapacitatea plămânilor de a procesa oxigenul).

1.6 Măsurile de prevenire a poluării aerului atmosferic

Măsurile de prevenire a poluării aerului atmosferic și importanța monitorizării mediului aerian Pentru a proteja atmosfera de impactul negativ al activităților antropice, se folosesc următoarele măsuri principale: Ecologizarea proceselor tehnologice: Crearea de cicluri tehnologice închise și tehnologii cu deșeuri minime, care exclud eliberarea substanțelor nocive în atmosferă; Reducerea poluării de la instalațiile termice: utilizarea încălzirii centralizate, pretratarea combustibilului pentru a elimina compușii de sulf, utilizarea surselor alternative de energie, trecerea la combustibil de calitate superioară (de la cărbune la gaz natural); Reducerea poluării de la transport: utilizarea transportului electric, purificarea gazelor de eșapament, utilizarea convertizoarelor catalitice pentru arderea completă a combustibilului, dezvoltarea transportului pe

bază de hidrogen, devierea traficului în afara orașelor. Purificarea gazelor de proces de impurități nocive. Dispersarea emisiilor gazoase în atmosferă. Dispersarea se realizează prin coșuri de fum înalte (de peste 300 m). Aceasta este o măsură temporară și necesară, implementată din cauza faptului că sistemele de purificare existente nu asigură eliminarea completă a substanțelor nocive din emisii. Crearea zonelor sanitare de protecție și soluții de planificare arhitecturală.

Zona sanitară de protecție este o fâșie care separă sursele de poluare industrială de clădirile rezidențiale sau publice pentru a proteja populația de efectele nocive ale activităților industriale. Lățimea zonei sanitare de protecție este stabilită în funcție de clasa de producție, gradul de toxicitate și cantitatea de substanțe emise în atmosferă (50-1000 m). Soluțiile de planificare arhitecturală includ amplasarea adecvată a surselor de emisii și a zonelor locuite, ținând cont de direcția vânturilor, precum și construcția drumurilor pentru a devia traficul în afara zonelor populate. Echipamente pentru purificarea emisiilor:

- Dispozitive pentru purificarea gazelor de aerosoli (praf, cenușă, funingine);
- Dispozitive pentru purificarea emisiilor de gaze și vapori (NO , NO_2 , SO_2 , SO_3 etc.).
- Dispozitive pentru purificarea emisiilor tehnologice de aerosoli

Separatoare uscate de praf (cicloane): Separatoarele uscate sunt utilizate pentru purificarea mecanică grosieră de praf mare și greu. Principiul de funcționare se bazează pe depunerea particulelor sub acțiunea forței centrifuge și a gravitației. Cicloanele de diferite tipuri (simple, grupate, în baterii) sunt utilizate pe scară largă.

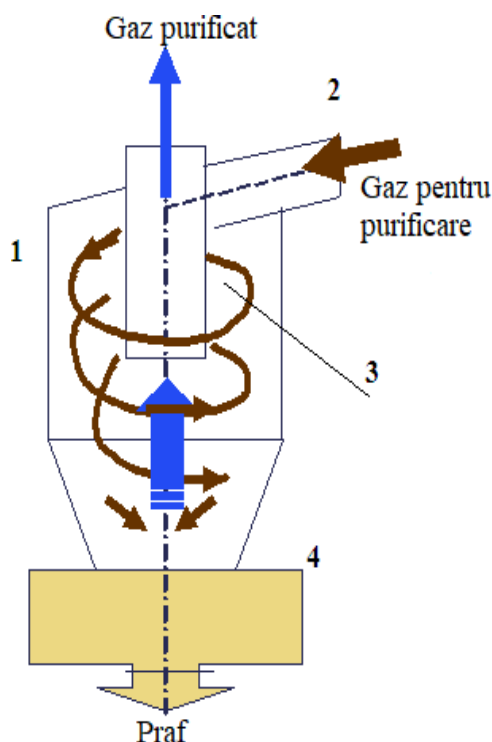


Figura 1.2 Schema ciclonică (1.Carcasa ciclonică, 2.Tub de admisie, 3.Flux de gaz în mișcare de rotație, 4.Recipient de colectare a prafului).

Separatoare umede de praf (scrubere): Separatoarele umede sunt eficiente în captarea particulelor de praf fine, de până la $2\ \mu\text{m}$, prin depunerea acestora pe suprafața picăturilor de lichid sub acțiunea forțelor de inerție sau a mișcării Browniene.

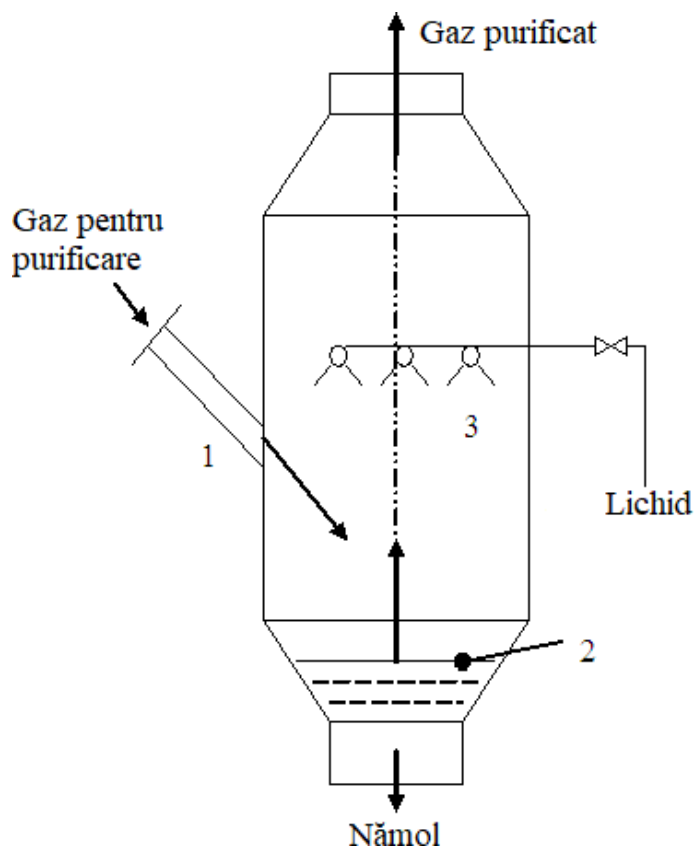


Figura 1.3 Schema scrubber-ului (1.Intrare pentru gazul de purificat ,2.Suprafața lichidului pentru depunerea particulelor mari,3.Sistem de pulverizare a lichidului).

Filtre: Acestea sunt utilizate pentru purificarea fină a gazelor prin depunerea particulelor de praf (până la $0,05\ \mu\text{m}$) pe suprafețele poroase ale materialelor filtrante. Filtrele pot fi din materiale textile (țesături, pâslă, cauciuc poros) sau din materiale granulate.

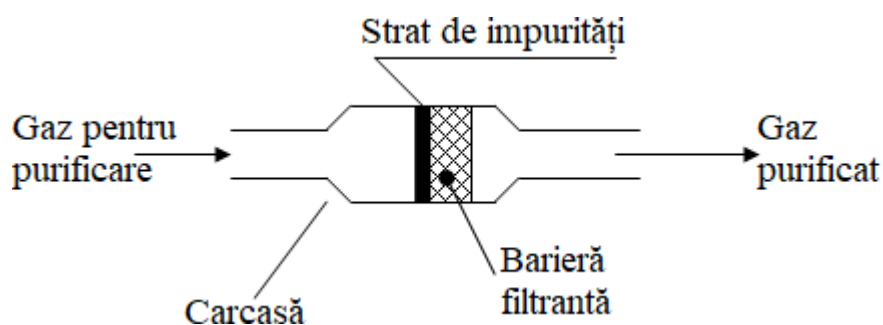


Figura 1.4 Schema filtrului de aer.

Electrofiltre: Electrofiltrele sunt un mijloc eficient de purificare a particulelor suspendate de praf ($0,01\ \mu\text{m}$) și a aerosolilor uleioși. Principiul de funcționare se bazează pe ionizarea și depunerea particulelor în câmpul electric.

Metode de purificare a gazelor și vaporilor de impurități Metoda catalitică transformă componentele toxice ale emisiilor industriale în substanțe mai puțin dăunătoare, prin introducerea catalizatorilor (Pt, Pd, V_2O_5). De exemplu, monoxidul de carbon (CO) este oxidat la dioxid de carbon (CO_2), iar oxizii de azot (NO_x) sunt reduși la azot (N_2). Metoda de absorbție implică captarea impurităților gazoase dăunătoare prin intermediul absorbantului lichid, cum ar fi apa, utilizată pentru captarea gazelor ca NH_3 , HF și HCl. Metoda de adsorbție permite extragerea componentelor dăunătoare din emisiile industriale cu ajutorul adsorbanților – solide cu structură ultramicroscopică (cărbune activ, zeoliți, Al_2O_3).

Importanța Monitorizării Mediului Aerian Monitorizarea aerului este un aspect crucial al protecției mediului, având un rol semnificativ în asigurarea sănătății publice și a sustenabilității ecosistemelor. Poluarea aerului reprezintă una dintre cele mai mari amenințări globale, cu efecte negative nu doar asupra calității vieții, ci și asupra schimbărilor climatice și a biodiversității. Pe măsură ce activitățile industriale, transportul și agricultura continuă să se extindă, monitorizarea atentă a calității aerului devine tot mai importantă pentru a înțelege și a gestiona aceste provocări.

Beneficiile monitorizării aerului. Monitorizarea mediului aerian permite identificarea surselor de poluare și evaluarea impactului acestora asupra sănătății și asupra ecosistemelor. În contextul urban, datele de monitorizare ajută la implementarea unor măsuri de control al emisiilor, cum ar fi reducerea traficului auto în anumite zone sau impunerea de reglementări mai stricte pentru industrii. De asemenea, informațiile obținute prin monitorizare oferă sprijin pentru cercetări științifice, contribuind la înțelegerea efectelor poluanților asupra sănătății umane, inclusiv a bolilor respiratorii și cardiovasculare. La nivel global, monitorizarea aerului ajută la identificarea poluării transfrontaliere și la evaluarea eficienței acordurilor internaționale de protecție a mediului. Datele obținute sunt esențiale pentru raportarea conformității cu standardele de calitate a aerului și pentru îmbunătățirea continuă a politicilor de mediu. De exemplu, monitorizarea contribuie la înțelegerea efectelor gazelor cu efect de seră asupra schimbărilor climatice și a impactului emisiilor industriale asupra stratului de ozon.

Tehnologiile moderne în monitorizarea aerului. Progresele tehnologice au permis o monitorizare a aerului mai eficientă și mai precisă decât oricând. Senzorii portabili, dronele echipate cu echipamente de măsurare a calității aerului și rețelele de stații de monitorizare sunt doar câteva dintre instrumentele moderne utilizate pentru a măsura nivelurile de poluanți. Aceste tehnologii permit monitorizarea în timp real a concentrațiilor de dioxid de carbon, oxizi de azot, particule fine și alți compuși chimici dăunători.

Utilizarea dronelor în monitorizarea aeriană oferă un avantaj distinct, deoarece acestea pot acoperi zone mari, inclusiv locații inaccesibile pentru echipamentele fixe de monitorizare. Dronelile pot fi programate să urmeze rute specifice, colectând date din diverse altitudini și locații. Aceste informații sunt transmise în timp real către centrele de control, unde sunt analizate și utilizate pentru a construi hărți de poluare și a stabili măsuri imediate de intervenție. De asemenea, monitorizarea aerului contribuie la protejarea biodiversității. Poluanții atmosferici pot afecta negativ plantele și animalele, ducând la degradarea ecosistemelor și la pierderea biodiversității. Prin identificarea tipurilor și concentrațiilor de poluanți, se pot implementa strategii specifice de conservare a mediului și de reabilitare a habitatelor afectate.

În concluzie, monitorizarea mediului aerian este un instrument esențial pentru protejarea sănătății umane și a mediului natural. Tehnologiile moderne, cum ar fi dronile și senzorii portabili, au revoluționat acest domeniu, oferind date în timp real și sprijinind luarea de decizii informate. Pe măsură ce ne confruntăm cu provocări din ce în ce mai mari legate de poluarea aerului, investițiile în monitorizarea continuă a calității aerului rămân fundamentale pentru un viitor durabil și sănătos.

Capitolul 2: Proiectarea și funcționarea sistemului.

2.1 Sarcina pusă spre realizare

Dezvoltarea unui sistem autonom pentru identificarea și localizarea surselor de poluare a mediului, utilizând senzori specializați. Sistemul va permite colectarea, transmiterea, stocarea și vizualizarea datelor, inclusiv marcarea zonelor poluate pe o hartă.

Cerințe principale: detecția poluanților. Senzorii trebuie să detecteze particulele din aer, gazele nocive sau alți factori de poluare. Datele colectate să includă: coordonatele GPS ale locației și valorile măsurate ale senzorilor. Transmiterea datelor : sistemul trebuie să asigure o transmitere stabilă a datelor în timp real de la dronă către stația de bază, utilizând o conexiune radio de 2,4 GHz sau WiFi. Stocarea și procesarea datelor : stația de bază, echipată cu un modul Arduino, trebuie să stocheze datele primite într-un fișier text structurat. Dezvoltarea unui software care să proceseze datele și să afișeze pe o hartă zonele poluate pe baza coordonatelor GPS. Harta interactivă : software-ul final va permite utilizatorului să încarce o imagine satelitară a zonei monitorizate și să marcheze pe hartă zonele de poluare identificate .

2.2 Schema Bloc

Schema bloc a sistemului este prezentată în figura 2.1.

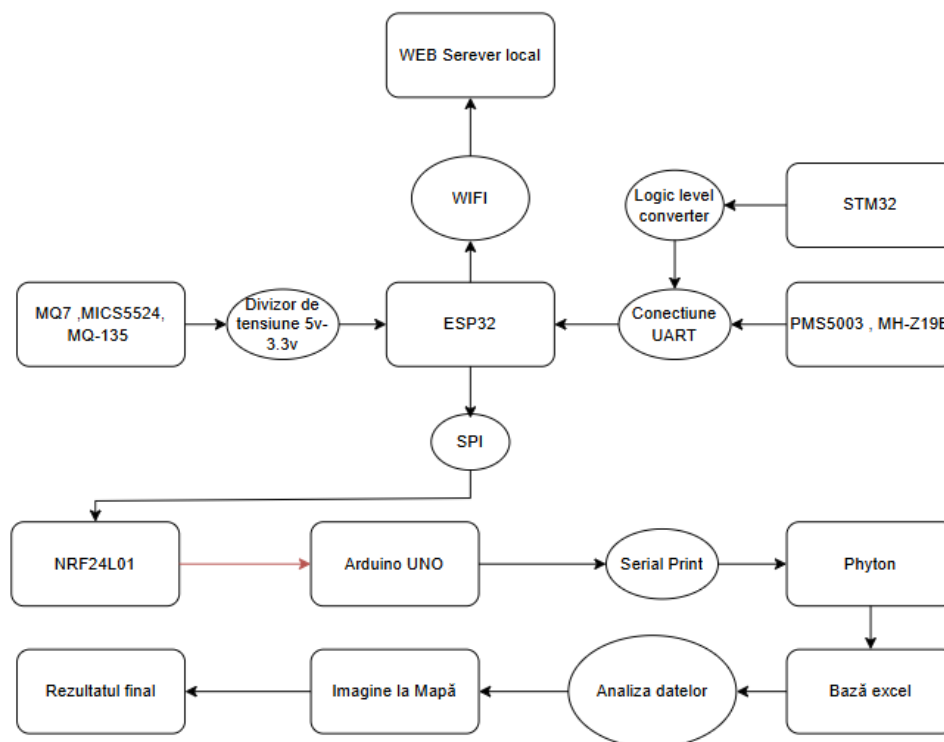


Figura 2.1 Schema bloc.

Diagrama ilustrează clar fluxul de date și modul în care componentele hardware și software interacționează între ele. **Senzorii de gaz** (MQ-7, MICS5524, MQ-135) fiind tipuri de senzori care operează la 5V, folosesc divizori de tensiune pentru a proteja intrările analogice ale ESP32. STM32, PMS5003, MH-Z19E comunică prin UART. Pentru a asigura compatibilitatea între nivelurile de tensiune se folosește un logic level converter bidirecțional. ESP32 este componenta principală care citește datele de la toți senzorii (analogic pentru MQ-uri, serial pentru PMS5003/MH-Z19E, STM32), totodată rulează un Web Server local, astfel încât, accesând IP-ul din rețeaua locală, putem vedea valorile senzorilor în timp real, constuind cu diagrame. Transmiterea datelor mai departe către Arduino UNO comunicind folosind un modul nRF24L01 care este conctat prin SPI. Pe Arduino UNO, modulul nRF24L01 recepționează datele trimise de ESP32, citește datele primite și le trimite mai departe prin Serial Print (portul serial USB), către Python (PC). Un script Python citește aceste date de pe portul serial și: le poate salva într-un fișier .txt (pentru logare sau arhivare) sau le poate procesa pentru a genera o imagine (de exemplu, o hartă cu valorile senzorilor sau orice altă formă de vizualizare). Rezultatul final este o vizualizare grafică, analiză statistică în Python sau chiar trimiterea valorilor într-o aplicație web mai complexă.

2.2.1 Senzori pentru detecția calității aerului

Senzor de particule **PM2.5/PM10** detectează concentrația de particule în suspensie rolul este de a identifica concentrațiile ridicate de particule periculoase și detectarea poluării provenite de la trafic, industrie sau praf.



Figura 2.2 PMS5003

Tabel 2.1 Caracteristicile Tehnice dispozitivului PMS5003

Parameter	Quota	unit
Particle measurement range	0.3~1.0; 1.0~2.5; 2.5~10	um
Particle technology efficiency	50%@0.3um 98%@>=0.5um	
Particle mass concentration effective range (PM2.5 standard value)	0~500	ug/m ³
Particle mass concentration maximum range (PM2.5 standard value)	>=1000	ug/m ³
Particle mass concentration resolution	1	ug/m ³
Particle mass concentration consistency (PM2.5 standard value)	+/-10@100~500 ug/m ³ +/-10ug/m ³ @0~100ug/m ³	
Called quasi-volume	0.1	L
Single response time	<1	S
Integrated response time	<=10	S
DC supply voltage	Typ:5.0 Min:4.5 Max:5.5	V
Working current	<=100	mA
Standby current	<=200	uA
Data interface level	L<0.8@3.3 H>2.7@3.3	V
Operating temperature range	-10~60	℃
Working humidity range	0~99%	
Storage temperature range	-40~80	℃
Mean time between failures	>=3	Y
Max size	50*38*21	MM

Modulul de gaz infraroșu **MH-Z19E** NDIR este un tip comun, de dimensiuni mici senzor, tip pini sau tip terminal, folosind infraroșu nedispersiv (NDIR) principiul de detectare a existenței CO2 în aer, cu selectivitate bună, nedependentă de oxigen și viață lungă. Încorporat compensarea temperaturii; și are ieșire UART și PWM ieșire. Este dezvoltat prin integrarea strânsă a infraroșului matur tehnologie de detectare a gazului absorbant, circuit optic de precizie design și design superior de circuit. Aplicații:

*Refrigerare HVAC

*Dispozitiv de curățare a aerului

*Monitorizarea calitatii aerului din interior

*Casa inteligenta

*Sistem de ventilație

*Școală

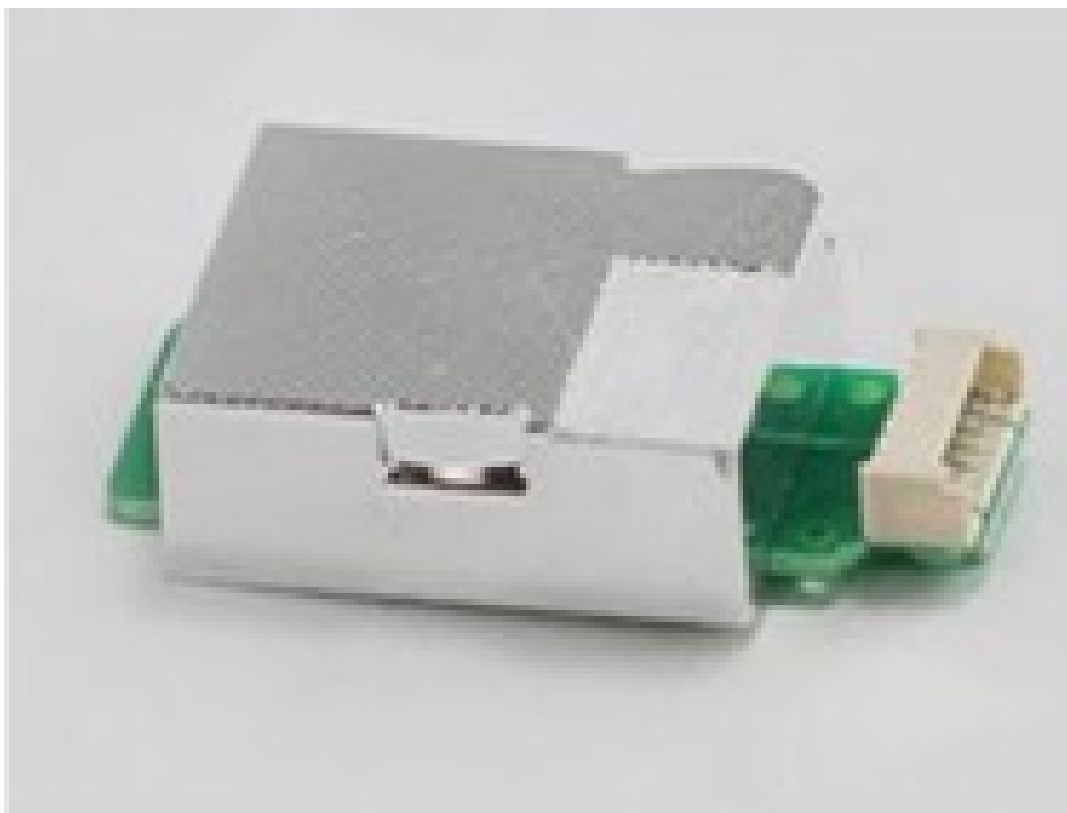


Figura 2.3 MH-Z19E cu Terminal

Caracteristici principale sunt sensibilitate mare, consum redus de energie compensarea temperaturii, ieșire liniară excelentă , moduri de ieșire multiple: UART, PWM , durata de viata lunga anti-interferența vaporilor de apă, anti-otrăvire.

Tabel 2.2 Parametrii principali

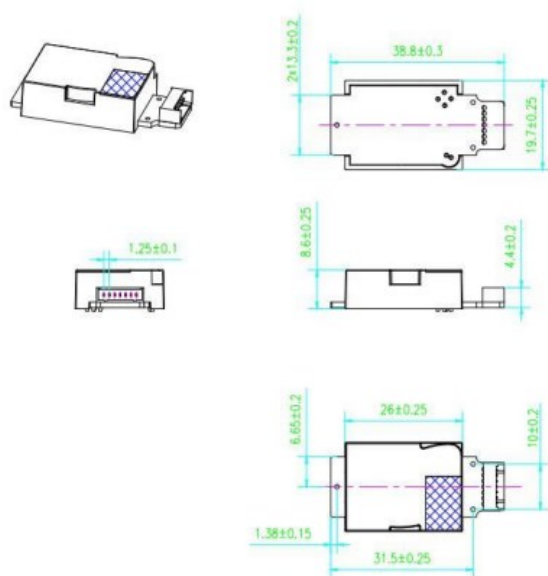
Model No.	MH-Z19E
Detection Gas	CO ₂
Working voltage	5.0 ± 0.1V DC
Average current	< 40mA (@5V power supply)
Peak current	125mA (@5V power supply)
Interface level	3.3 V (Compatible with 5V)
Detection Range	400~10000ppm(optional, see table2.)
Output signal	Serial Port (UART) (TTL level 3.3V)
	PWM
Preheat time	1 min
Response Time	T ₉₀ < 120 s
Working temperature	-10 ~ 50 °C
Working humidity	0 ~ 95% RH (No condensation)
Storage temperature	-20~60 °C
Weight	5 g
Lifespan	> 10 years

Raza de detectare și precizie:

Tabel 2.3 Raza de detectare și precizie

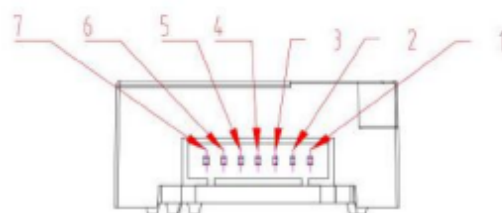
Detection Gas	Formula	Detection Range	Resolution	Accuracy
Carbon Dioxide	CO ₂	400~2000ppm	1ppm	± (50ppm+5% reading value)
		400~5000ppm		
		400-10000ppm		

Dimensiuni:

**Figura 2.4** Dimensiunile senzorului MH-Z19E cu terminal

Tabel 2.4 Pinii de conectiune la terminal

Pin	Terminal Pin Definition
Pin 4	Vin Power In
Pin 3	GND
Pin 2	Reserved
Pin 7	PWM
Pin 1	HD(zero point calibration, low level lasting for over 7s is effective)
Pin 5	UART(RXD)TTL Level data input
Pin 6	UART(TXD)TTL Level data output



Versiunea de conectare la terminal

Figura 2.5 Terminalul

2.2.2 Senzori pentru identificarea gazelor nocive

MQ-7 este un sensor de gaz care detecteaza monoxidul de carbon caracterisitice sunt sensibilitate ridicată la monoxid de carbon și durată de viață stabilă și lungă. Sunt utilizate în echipamentele de detectare a gazelor pentru monoxid de carbon (CO) în industrie sau auto.



Figura 2.6 Senzor MQ7

Tabel 2.4 Specificatiile senzorului MQ7

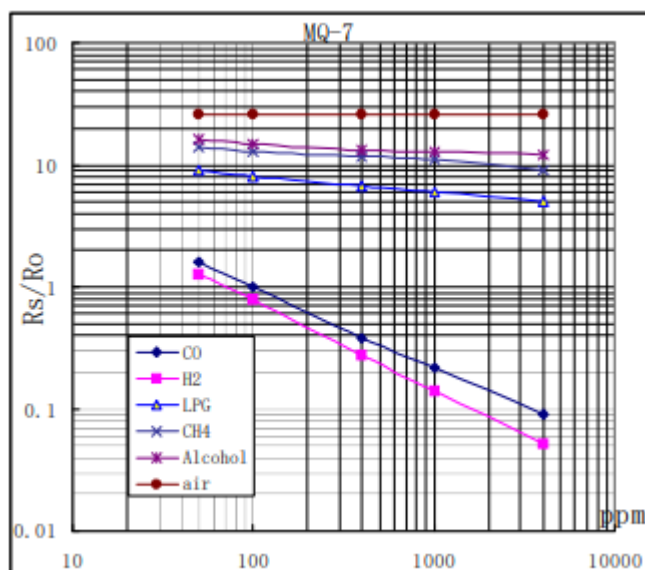
Symbol	Parameter name	Technical condition	Remark
Vc	circuit voltage	$5V \pm 0.1$	Ac or Dc
V _H (H)	Heating voltage (high)	$5V \pm 0.1$	Ac or Dc
V _H (L)	Heating voltage (low)	$1.4V \pm 0.1$	Ac or Dc
R _L	Load resistance	Can adjust	
R _H	Heating resistance	$33 \Omega \pm 5\%$	Room temperature
T _H (H)	Heating time (high)	60 ± 1 seconds	
T _H (L)	Heating time (low)	90 ± 1 seconds	
PH	Heating consumption	About 350mW	

Tabel 2.5 Condiții de mediu a senzorului MQ7

Symbol	Parameters	Technical conditions	Remark
Tao	Using temperature	-20℃-50℃	
Tas	Storage temperature	-20℃-50℃	Advice using scope
RH	Relative humidity	Less than 95%RH	
O ₂	Oxygen concentration	21%(stand condition) the oxygen concentration can affect the sensitivity characteristic	Minimum value is over 2%

Tabel 2.6 Caracteristica de sensibilitate a senzorului MQ7

symbol	Parameters	Technical parameters	Remark
Rs	Surface resistance Of sensitive body	2-20k	In 100ppm Carbon Monoxide
a (300/100ppm)	Concentration slope rate	Less than 0.5	Rs (300ppm)/Rs(100ppm)
Standard working condition	Temperature -20℃ ± 2℃ relative humidity 65% ± 5% RL:10K Ω ± 5%		
	Vc:5V ± 0.1V VH:5V ± 0.1V VH:1.4V ± 0.1V		
Preheat time	No less than 48 hours	Detecting range: 20ppm-2000ppm carbon monoxide	

**Figura 2.7** Caracteristicile de sensibilitate ale MQ-7

MQ-135 senzor de gaz care se folosește în domeniu larg de detectare are un timp de răspuns rapid și sensibilitate ridicată, este stabil și poate fi folosit în lungă durată. Sunt utilizate în echipamentele de control al calității aerului pentru clădiri/birouri, sunt potrivite pentru detectare de NH₃, NO_x, alcool, benzen, fum, CO₂ etc.



Figura 2.8 Senzor MQ135

Tabel 2.7 Specificații :Stare standard de lucru

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
V _c	Circuit voltage	5V±0.1	AC OR DC
V _H	Heating voltage	5V±0.1	ACOR DC
R _L	Load resistance	can adjust	
R _H	Heater resistance	33Ω±5%	Room Tem
P _H	Heating consumption	less than 800mw	

Tabel 2.8 Caracteristica de sensibilitate

Symbol	Parameter name	Technical parameter	Ramark 2
Rs	Sensing Resistance	30KΩ-200KΩ (100ppm NH ₃)	Detecting concentration scopell 10ppm-300ppm NH ₃ 10ppm-1000ppm Benzene 10ppm-300ppm Alcohol
α (200/50) NH ₃	Concentration Slope rate	≤0.65	
Standard Detecting Condition	Temp: 20□±2□ Vc:5V±0.1 Humidity: 65%±5% Vh: 5V±0.1		
Preheat time	Over 24 hour		

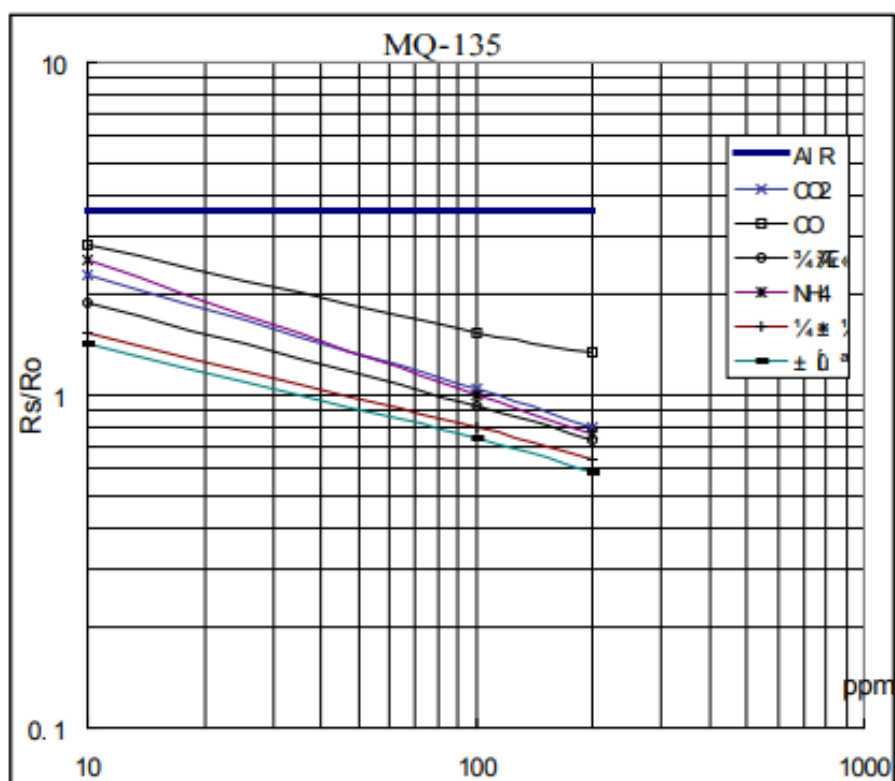


Figura 2.9 Curba caracteristică de sensibilitate este arată tipic caracteristicile de sensibilitate ale MQ-135 pentru mai multe gaze. în: Temp: 20 Umiditate: 65% concentrație de O₂ 21% RL=20K ω
 Ro: rezistența senzorului la 100 ppm de NH₃ în aerul curat. Rs: rezistența senzorului la diverse concentrații de gaze.

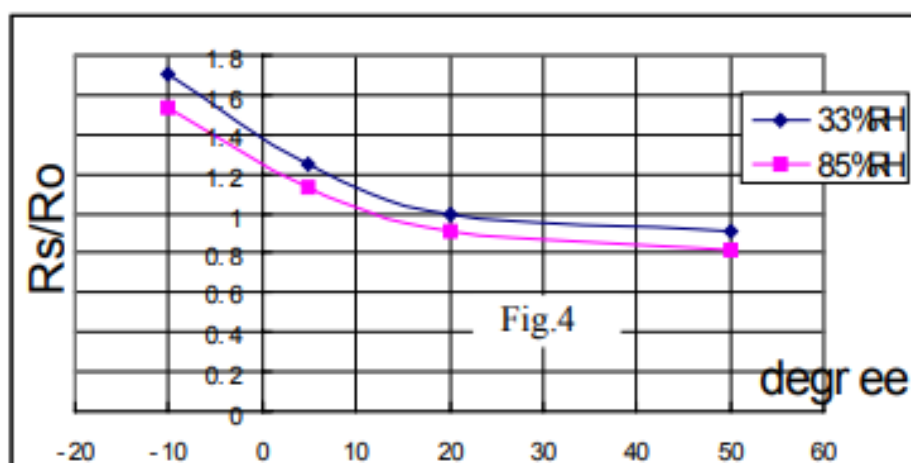


Figura 2.10 Este arată dependența tipică de MQ-135 pentru temperatură și umiditate. Ro: rezistența senzorului la 100 ppm de NH₃ în aer la 33%RH și 20 de grade. Rs: rezistența senzorului la 100 ppm de NH₃ la diferite temperaturi și umiditate.

MICS-5524 este un senzor robust pentru monoxid de carbon din interior și detectarea scurgerilor de gaze naturale, este potrivit și pentru monitorizarea calității aerului din interior; verificarea respirației și detectarea timpurie a incendiilor. Acest senzor este sensibil la **CO** (~ 1 până la 1000 ppm), **amoniac** (~ 1 până la 500 ppm), etanol (~ 10 până la 500 ppm), **H₂** (~ 1 - 1000 ppm) și metan/propan/izobutan (~ 1.000++ ppm). Cu toate acestea, nu putem identifica ce gaz a fost detectat. Toți senzorii de gaz necesită calibrare pentru o ieșire de precizie.

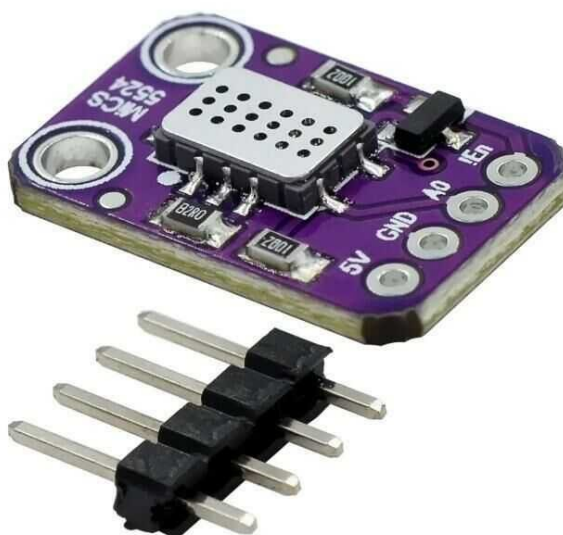


Figura 2.11 MiCS-5524

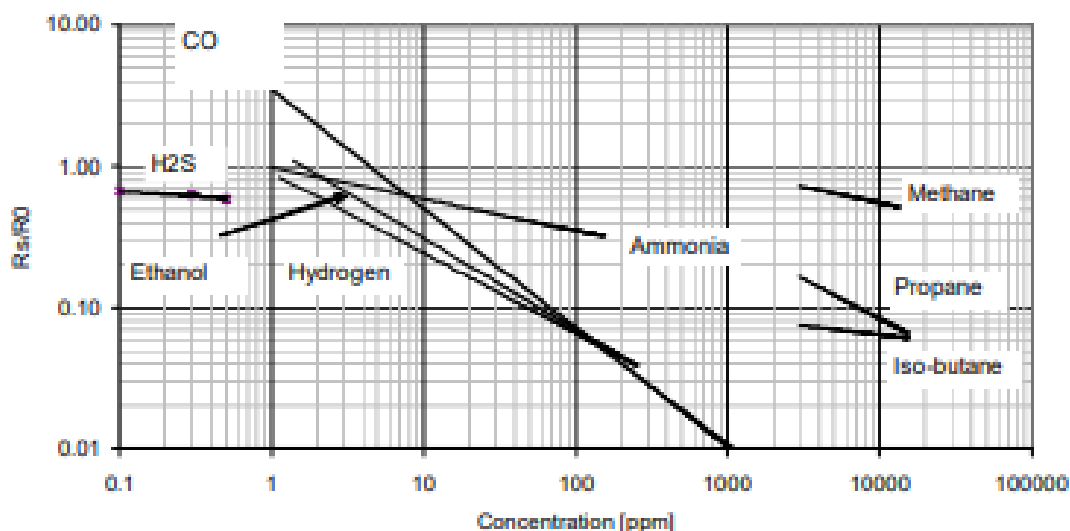


Figura 2.12 Pornire continuă, 25°C, 50% RH

2.2.3Sistemul de localizare prin GPS

Seria de module NEO-6 este o familie de receptoare GPS autonome cu motorul de poziționare u-blox 6 de înaltă performanță. Aceste receptoare flexibile și rentabile oferă numeroase opțiuni de conectivitate într-un pachet miniatural de 16 x 12,2 x 2,4 mm. Arhitectura lor compactă și opțiunile de alimentare și memorie fac modulele NEO-6 ideale pentru dispozitivele mobile care funcționează cu baterie, cu costuri foarte stricte și constrângeri de spațiu. Motorul de poziționare u-blox 6 cu 50 de canale are un Time-To-First-Fix (TTFF) de sub 1 secundă. Motorul de achiziție dedicat, cu 2 milioane de corelatori, este capabil de căutări masive în timp/frecvență în spațiu, permițându-i să găsească sateliți instantaneu. Designul și tehnologia inovatoare suprimă sursele de bruijaj și atenuează efectele multipath, oferind receptorilor GPS NEO-6 performanțe excelente de navigare chiar și în cele mai dificile medii.



Figura 2.13 Neo6M modul

Tabel 2.9 Caracteristicile de baza

Parameter	Specification			
Receiver type	50 Channels GPS L1 frequency, C/A Code SBAS: WAAS, EGNOS, MSAS			
Time-To-First-Fix ¹		NEO-6G/Q/T	NEO-6M/V	NEO-6P
	Cold Start ²	26 s	27 s	32 s
	Warm Start ²	26 s	27 s	32 s
	Hot Start ²	1 s	1 s	1 s
	Aided Starts ³	1 s	<3 s	<3 s
Sensitivity ⁴		NEO-6G/Q/T	NEO-6M/V	NEO-6P
	Tracking & Navigation	-162 dBm	-161 dBm	-160 dBm
	Reacquisition ⁵	-160 dBm	-160 dBm	-160 dBm
	Cold Start (without aiding)	-148 dBm	-147 dBm	-146 dBm
	Hot Start	-157 dBm	-156 dBm	-155 dBm
Maximum Navigation update rate		NEO-6G/Q/MT	NEO-6P/V	
		5Hz	1 Hz	
Horizontal position accuracy ⁶	GPS	2.5 m		
	SBAS	2.0 m		
	SBAS + PPP ⁷	< 1 m (2D, R50) ⁸		
	SBAS + PPP ⁷	< 2 m (3D, R50) ⁸		
Configurable Timepulse frequency range		NEO-6G/Q/M/P/V	NEO-6T	
		0.25 Hz to 1 kHz	0.25 Hz to 10 MHz	
Accuracy for Timepulse signal	RMS	30 ns		
	99%	<60 ns		
	Granularity	21 ns		
	Compensated ⁹	15 ns		
Velocity accuracy ⁶		0.1m/s		
Heading accuracy ⁶		0.5 degrees		
Operational Limits	Dynamics	≤ 4 g		
	Altitude ¹⁰	50,000 m		
	Velocity ¹⁰	500 m/s		

2.2.4 Tipuri de transmitere a datelor

1. **Radio** - nRF24L01+ este un transceiver cu un singur cip de 2,4 GHz cu un motor de protocol în bandă de bază încorporat (Enhanced ShockBurst™), potrivit pentru aplicații wireless cu putere ultra scăzută. nRF24L01+ este proiectat pentru funcționare în banda de frecvență ISM la nivel mondial la 2.400 - 2.4835GHz. Pentru a proiecta un sistem radio cu nRF24L01+, aveți nevoie pur și simplu de un MCU (microcontroller) și de câteva componente pasive externe. Putem opera și configura nRF24L01+ printr-o interfață periferică serială (SPI). Registrul harta, care este accesibilă prin SPI, conține toate registrele de configurare din nRF24L01+ și este accesibil în toate modurile de operare ale cipului. Motorul de protocol în bandă de bază încorporat (Enhanced ShockBurst™) se bazează pe comunicarea de pachete și acceptă diferite moduri de la operare manuală până la operare avansată de protocol autonom. Intern FIFO-urile asigură un flux fluid de date între front-end-ul radio și MCU-ul sistemului. ShockBurst™ îmbunătățit reduce costul sistemului prin gestionarea tuturor operațiunilor de mare viteză la nivelul de legătură. Frontend-ul radio folosește modulația GFSK. Are parametri configurabili de utilizator, cum ar fi canalul de frecvență, puterea de ieșire și rata de date a aerului. nRF24L01+ acceptă o rată a datelor aeriene de 250 kbps, 1 Mbps și 2 Mbps. The Rata mare de date a aerului, combinată cu două moduri de economisire a energiei, fac ca nRF24L01+ să fie foarte potrivit pentru ultra scăzute proiecte de putere. nRF24L01+ este compatibil drop-in cu nRF24L01 și compatibil on-air cu nRF2401A, nRF2402, nRF24E1 și nRF24E2. Valorile de intermodulație și de blocare în bandă largă în nRF24L01+ sunt mult

îmbunătățit în comparație cu nRF24L01 și adăugarea de filtrare internă la nRF24L01+ s-a îmbunătățit marjele pentru îndeplinirea standardelor de reglementare RF.



Figura 2.14 Modulul Nrf24l01+pa+lna

Tabel 2.10 Caracteristic generale a amoulului

5.3 Transmitter operation

Symbol	Parameter (condition)	Notes	Min.	Typ.	Max.	Units
P_{RF}	Maximum Output Power	a		0	+4	dBm
P_{RFC}	RF Power Control Range		16	18	20	dB
P_{RFCR}	RF Power Accuracy				± 4	dB
P_{BW2}	20dB Bandwidth for Modulated Carrier (2Mbps)			1800	2000	kHz
P_{BW1}	20dB Bandwidth for Modulated Carrier (1Mbps)			900	1000	kHz
P_{BW250}	20dB Bandwidth for Modulated Carrier (250kbps)			700	800	kHz
$P_{RF1.2}$	1 st Adjacent Channel Transmit Power 2MHz (2Mbps)				-20	dBc
$P_{RF2.2}$	2 nd Adjacent Channel Transmit Power 4MHz (2Mbps)				-50	dBc
$P_{RF1.1}$	1 st Adjacent Channel Transmit Power 1MHz (1Mbps)				-20	dBc
$P_{RF2.1}$	2 nd Adjacent Channel Transmit Power 2MHz (1Mbps)				-45	dBc
$P_{RF1.250}$	1 st Adjacent Channel Transmit Power 1MHz (250kbps)				-30	dBc
$P_{RF2.250}$	2 nd Adjacent Channel Transmit Power 2MHz (250kbps)				-45	dBc

a. Antenna load impedance = $15\Omega + j88\Omega$

Table 6. Transmitter operation

Wifi - ESP32-WROOM-32 este un modul Wi-Fi puternic, generic, care vizează o mare varietate de aplicații, variind de la rețele de senzori cu putere redusă până la cele mai solicitante sarcini, cum ar fi codificarea vocii, streaming de muzică și decodarea MP3.

La baza acestui modul se află cipul ESP32-D0WDQ6. Cipul este proiectat pentru a fi scalabil și adaptabil. Există două nuclee CPU care pot fi controlate individual, iar frecvența de ceas a procesorului este reglabilă de la 80 MHz la 240 MHz. Cipul are, de asemenea, un coprocesor de putere redusă care poate fi folosit în locul procesorului pentru a economisi energie în timp ce execută sarcini care nu necesită multă putere de calcul, cum ar fi monitorizarea perifericelor. ESP32 integrează un set bogat de periferice, variind de la senzori tactili capacitivi, interfață card SD, Ethernet, SPI de mare viteză, UART, I2S și I2C. Utilizarea Wi-Fi permite o rază fizică mare și o conexiune directă la Internet printr-un router. Curentul de repaus al cipului ESP32 este mai mic de 5 μ A, ceea ce poate fi folosit pentru aplicații electronice alimentate cu baterie și portabile. Modulul acceptă o rată de date de până la 150 Mbps, și putere de ieșire de 20 dBm la antenă pentru a asigura cea mai largă gamă fizică.

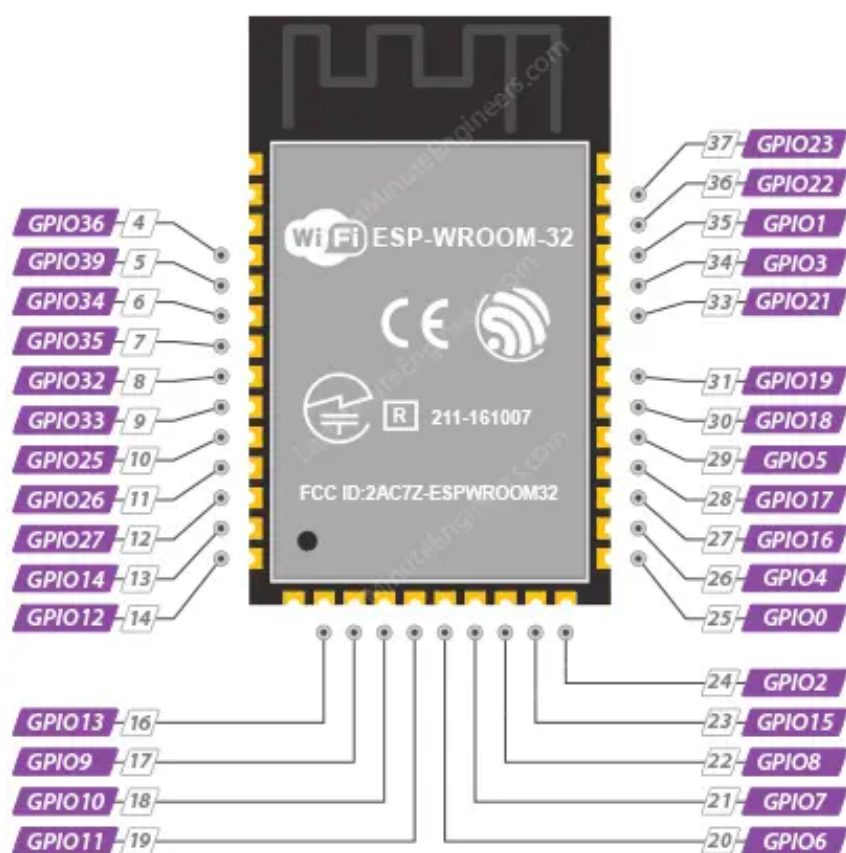


Figura 2.15 Chip ESP-32.

Tabel 2.11 Caracteristici radio WiFi

Parameter	Condition	Min	Typical	Max	Unit
Center frequency range of operating channel <i>note1</i>	-	2412	-	2484	MHz
Output impedance <i>note2</i>	-	-	<i>note 2</i>	-	Ω
TX power <i>note3</i>	11n, MCS7	12	13	14	dBm
	11b mode	17.5	18.5	20	dBm
Sensitivity	11b, 1 Mbps	-	-98	-	dBm
	11b, 11 Mbps	-	-89	-	dBm
	11g, 6 Mbps	-	-92	-	dBm
	11g, 54 Mbps	-	-74	-	dBm
	11n, HT20, MCS0	-	-91	-	dBm
	11n, HT20, MCS7	-	-71	-	dBm
	11n, HT40, MCS0	-	-89	-	dBm
	11n, HT40, MCS7	-	-69	-	dBm
Adjacent channel rejection	11g, 6 Mbps	-	31	-	dB
	11g, 54 Mbps	-	14	-	dB
	11n, HT20, MCS0	-	31	-	dB
	11n, HT20, MCS7	-	13	-	dB

Dispozitivul ar trebui să funcționeze în intervalul de frecvență centrală al canalului de operare alocat de autoritățile de reglementare regionale. Gama țintă de frecvență centrală a canalului de operare este configurabilă prin software. Pentru modulele care folosesc antene externe, impedanța de ieșire este de 50 Ω . Pentru alte module fără extern antene, utilizatorii nu trebuie să se preocupe de impedanța de ieșire. Puterea TX țintă este configurabilă în funcție de cerințele dispozitivului sau de certificare.

2.2.5 Bloc de alimentare

Tipuri de baterii utilizate:

Baterii Li-ion (litiu-ion):

Capacitate mare, durată lungă de viață.

Greutate redusă.

**Figura 2.16** Baterii Li-ion.

Baterii LiPo (litiu-polimer):

Putere mare de descărcare, ideale pentru drone care necesită sarcini mari de curent.

Ușoare și compacte, dar mai sensibile la condițiile de utilizare.



Figura 2.17 Baterii LiPo

Rol: Alimentarea sistemului electronic (Arduino, senzori, transmițător). Asigurarea autonomiei dispozitivului pentru durata misiunii.

2.3 Tehnologii utilizate

EasyEDA este un instrument de automatizare a proiectării electronice (EDA) bazat pe cloud, care permite pasionaților și profesioniștilor din domeniul electronicii să proiecteze, să simuleze și să partajeze online proiectele de plăci de circuit. EasyEDA este conceput pentru a fi ușor de utilizat și accesibil atât pentru începători, cât și pentru utilizatorii avansați, oferind o serie de caracteristici și instrumente care fac procesul de proiectare mai eficient și mai raționalizat.

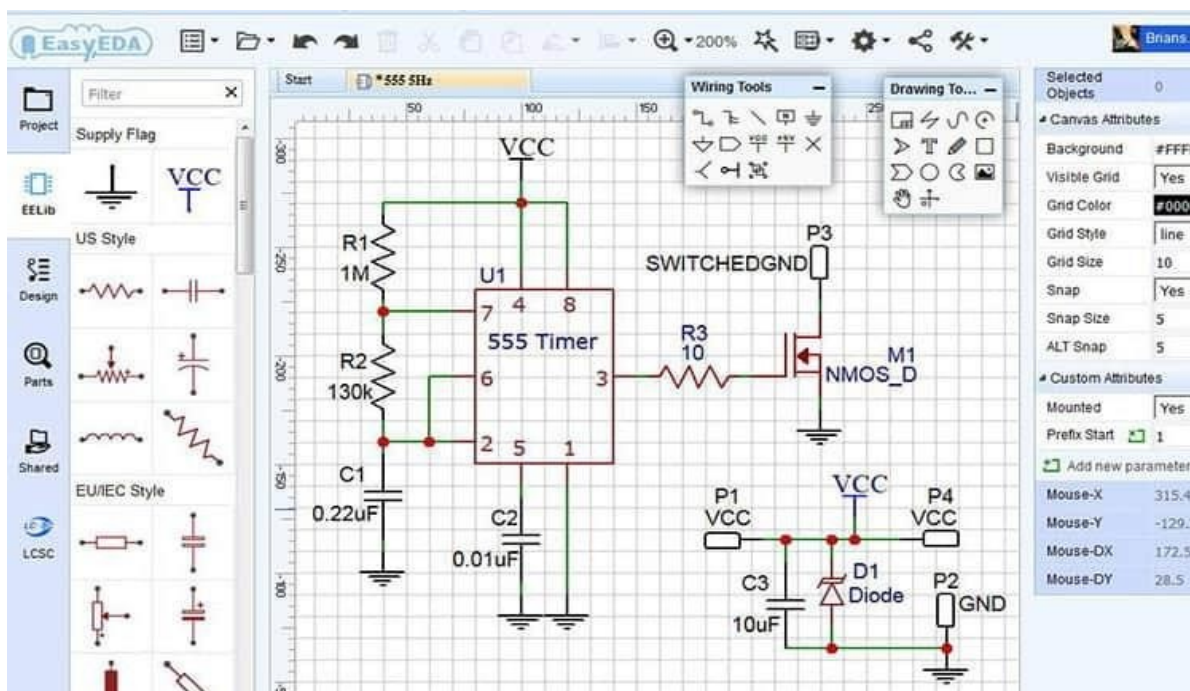


Figura 2.18 Masa de lucru EasyEDA

Una dintre caracteristicile cheie ale EasyEDA este interfața sa intuitivă de tip drag- and-drop. Utilizatorii pot adăuga cu ușurință componente la proiectarea plăcii de circuite prin simpla tragere a acestora din biblioteca încorporată și prin plasarea lor pe pânza de desen.

Biblioteca conține o gamă largă de componente, inclusiv rezistențe, condensatori, diode, tranzistori și microcontrolere, printre altele. De asemenea, utilizatorii pot importa propriile biblioteci sau pot crea componente personalizate în funcție de necesități.

Odată ce componentele sunt adăugate pe canvas, utilizatorii le pot conecta între ele folosind fire, autobuze și alte instrumente de conectivitate. EasyEDA include, de asemenea, o serie de reguli de proiectare care ajută la asigurarea faptului că proiectarea plăcii de circuit este corectă și fără erori. Aceste reguli includ linii directe de proiectare pentru manufacturabilitate (DFM), care ajută la asigurarea faptului că proiectul poate fi produs cu ușurință de un producător.

EasyEDA include, de asemenea, un motor de simulare încorporat care le permite utilizatorilor să își testeze proiectele de plăci de circuit înainte de a le trimite unui producător.

Motorul de simulare poate simula o gamă largă de comportamente ale circuitelor, inclusiv analiza DC și AC, analiza tranzitorie și analiza Fourier. Rezultatele simulării sunt afișate în timp real, permițând utilizatorilor să identifice și să corecteze rapid orice problemă care apare.

EasyEDA include, de asemenea, o serie de caracteristici de colaborare care facilitează lucrul cu alte persoane la un proiect. Utilizatorii pot invita alte persoane să colaboreze la proiectul lor, permițându-le să vizualizeze și să editeze proiectul în timp real. Instrumentul include, de asemenea, o funcție de chat încorporată care permite membrilor echipei să comunice și să colaboreze în timp real.

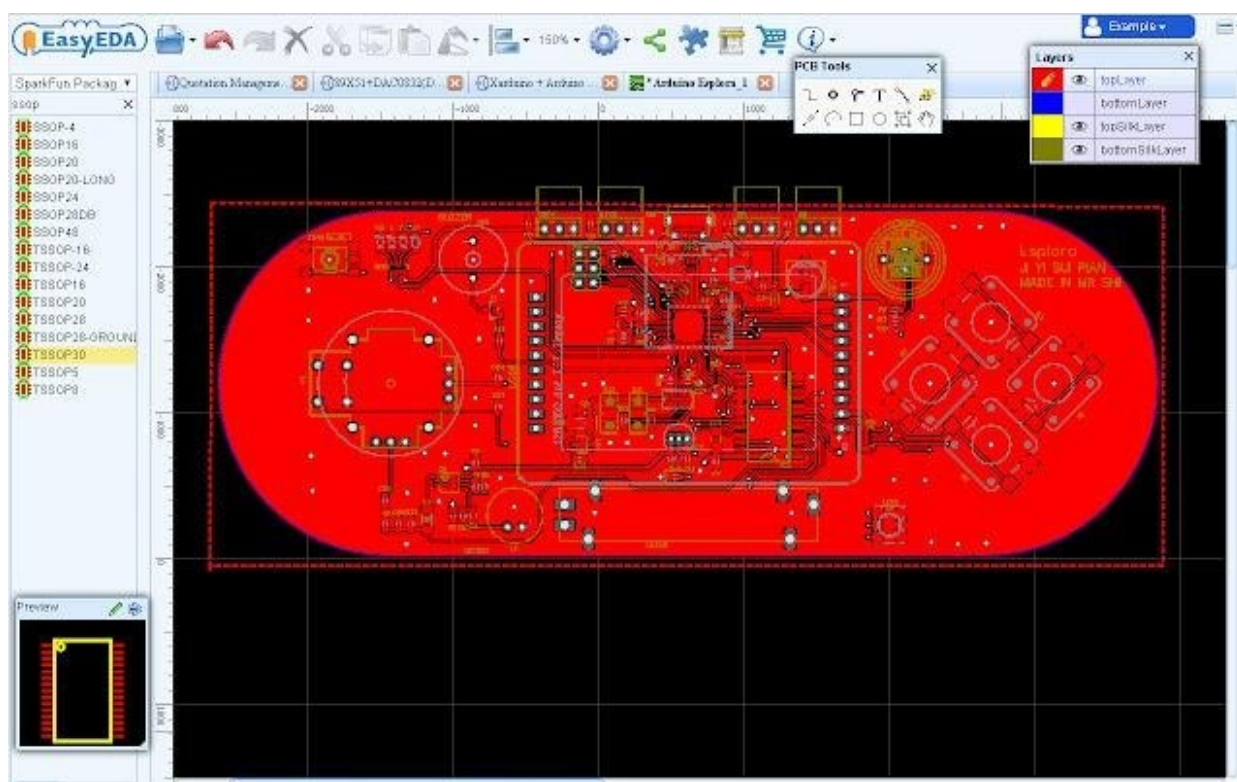


Figura 2.19 Proiectarea PCB.

O altă caracteristică cheie a EasyEDA este integrarea sa cu alte instrumente și servicii de proiectare. De exemplu, poate importa și exporta proiecte într-o serie de formate de fișiere, inclusiv Eagle, Altium și KiCAD. De asemenea, se integrează cu servicii de stocare în cloud precum Google Drive și Dropbox, permițând utilizatorilor să stocheze și să partajeze desenele în cloud.

EasyEDA este, de asemenea, conceput pentru a fi accesibil și la prețuri accesibile. Instrumentul oferă un plan gratuit care include acces la majoritatea funcțiilor sale, precum și planuri cu plată care oferă funcționalități și spațiu de stocare suplimentare. Planurile cu plată au prețuri competitive, ceea ce îl face o opțiune atractivă atât pentru pasionați, cât și pentru profesioniști.

Proteus

Proteus Design Suite este o suită de instrumente software proprietară folosită în principal pentru automatizarea designului electronic. Software-ul este folosit în principal de inginerii și tehnicienii de proiectare electronică pentru a crea scheme și imprimări electronice pentru fabricarea plăcilor de circuite imprimate. A fost dezvoltat în Yorkshire, Anglia de către Labcenter Electronics Ltd și este disponibil în limbile engleză, franceză, spaniolă și chineză.

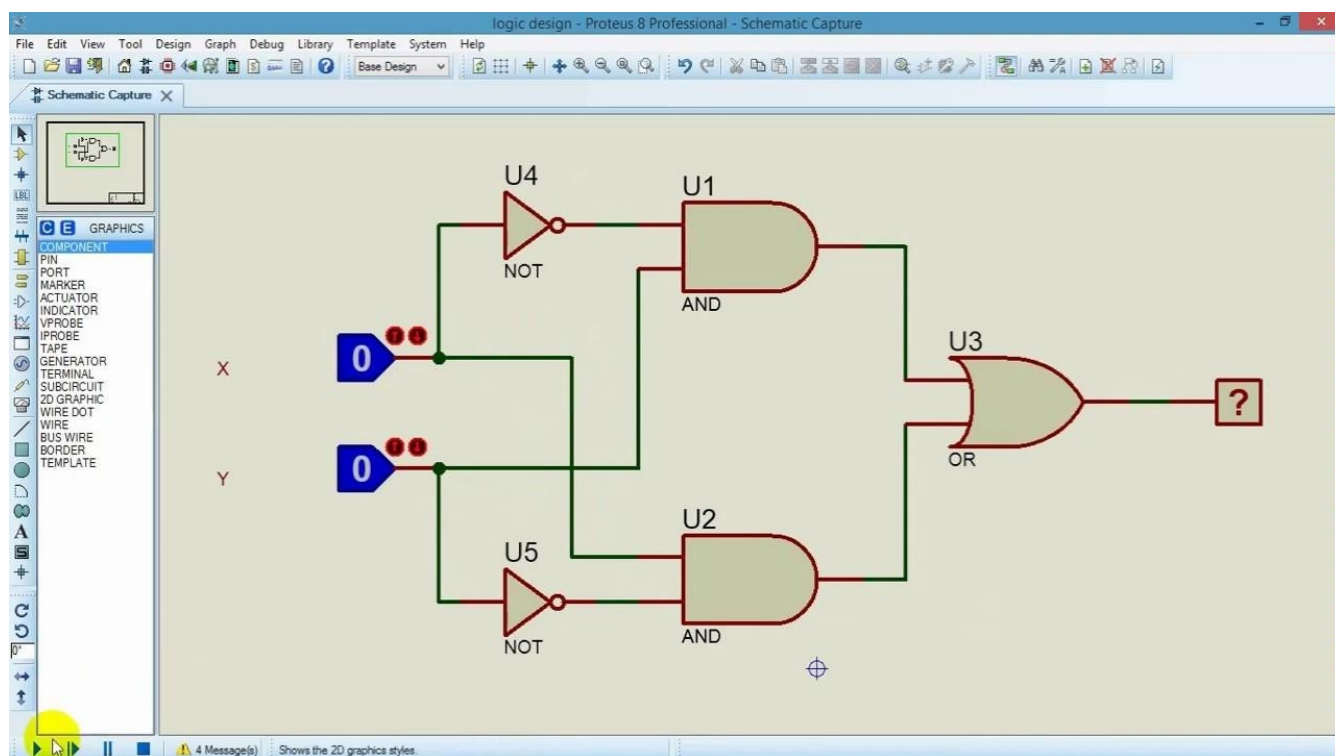


Figura 2.20 Masa de lucru Proteus.

Proteus Design Suite este o aplicație Windows pentru captură schematică, simulare și design de layout PCB (Printed Circuit Board). Poate fi achiziționat în mai multe configurații, în funcție de dimensiunea modelelor care sunt produse și de cerințele pentru simularea microcontrolerului. Toate produsele PCB Design includ un autorouter și capabilități de simulare SPICE în mod mixt de bază. Captura schematică în Proteus Design Suite este utilizată atât pentru simularea proiectelor, cât și ca fază de proiectare a unui proiect de layout PCB. Prin urmare, este o componentă de bază și este inclusă în toate configurațiile de produs.

Simularea micro-controlerului din Proteus funcționează prin aplicarea fie a unui fișier hex, fie a unui fișier de depanare la partea microcontrolerului de pe schema. Este apoi co-simulat împreună cu orice electronică analogică și digitală conectată la acesta. Acest lucru permite utilizarea sa într-un spectru larg de prototipuri de proiecte în domenii precum controlul motorului, controlul temperaturii și designul interfeței cu utilizatorul. De asemenea, își găsește utilizare în comunitatea generală de hobby și, deoarece nu este necesar hardware, este convenabil de utilizat ca instrument de instruire sau de predare.

Modulului PCB Layout i se oferă automat informații de conectivitate sub forma unui netlist din modulul de captură schematică. Acesta aplică aceste informații, împreună cu regulile de proiectare specificate de utilizator și diverse instrumente de automatizare a designului, pentru a

ajuta la proiectarea plăcii fără erori. PCB-uri de până la 16 straturi de cupru pot fi produse cu dimensiunea de proiectare limitată de configurația produsului.

Modulul 3D Viewer permite vizualizarea plăcii în curs de dezvoltare în 3D împreună cu un plan de înălțime semi-transparent care reprezintă incinta plăcilor. Ieșirea STEP poate fi apoi utilizată pentru a transfera la software CAD mecanic, cum ar fi Solidworks sau Autodesk, pentru montarea și poziționarea precisă a plăcii.

2.4 Dezvoltarea software-ului pentru procesarea datelor

Dezvoltarea software-ului pentru procesarea datelor în cadrul acestui proiect se axează pe utilizarea limbajului de programare Python datorită puterii sale de a manipula și analiza eficient seturi mari de date, precum și pentru crearea unor vizualizări grafice interactive. Python este o alegere ideală pentru acest tip de aplicație datorită bibliotecilor sale extinse, care permit prelucrarea datelor, crearea de hărți interactive și gestionarea fluxurilor de date în timp real. Dezvoltarea software-ului pentru procesarea datelor

Software-ul va juca un rol esențial în prelucrarea datelor colectate de dronă, care includ coordonatele GPS și valorile măsurate ale poluării. În mod specific, software-ul va trebui să:

- Prelucreze datele: Să citească fișierele de date care conțin coordonatele GPS și valorile poluării, să le organizeze într-un format util și să le analizeze pentru a detecta zonele cu niveluri ridicate de poluare.
- Încărcarea imaginii satelitare: Software-ul va permite utilizatorului să încarce o imagine satelitară a zonei de interes, care va servi drept fundal pentru marcarea locațiilor cu poluare.
- Evaluarea nivelului de poluare: Pe baza valorilor măsurate de senzori (ex. particule fine PM2.5, gaze nocive, etc.), software-ul va evalua severitatea poluării în fiecare locație, determinând zonele cu risc ridicat și cu risc scăzut.
- Vizualizarea pe hartă: Software-ul va genera o hartă interactivă pe care se vor marca zonele de poluare în funcție de datele colectate, astfel încât utilizatorul să poată vizualiza impactul poluării într-un mod clar și intuitiv.

Avantajele utilizării **Python** pentru procesarea datelor, a devenit un limbaj preferat în proiectele de prelucrare a datelor datorită flexibilității și diversității bibliotecilor disponibile. În acest proiect, Python va fi folosit pentru:

- Prelucrarea datelor: Pandas este o bibliotecă fundamentală pentru manipularea datelor în Python. Aceasta permite citirea, organizarea și manipularea datelor din fișiere CSV sau TXT, astfel încât să poată fi analizate ușor. Cu ajutorul Pandas, datele de poluare pot fi importate, filtrate și agregate rapid.
- NumPy poate fi folosit pentru operații matematice și statistice asupra datelor, în special în cazul în care este necesară analiza și compararea unor valori numerice.
- Vizualizarea datelor: Python este deosebit de eficient și în crearea de vizualizări interactive. Biblioteci precum Folium și Matplotlib permit integrarea de hărți interactive pe care vor fi afișate coordonatele GPS și zonele de poluare. Folium, în mod particular, se integrează excelent

cu datele de tip geospațial, iar graficul generat poate fi ușor accesat și interacționat printr-un browser web. Simularea datelor geospațiale Geopy este o bibliotecă Python care ajută la lucrul cu coordonatele GPS. Aceasta poate fi folosită pentru a transforma datele de coordonate într-o locație vizibilă pe hartă și pentru a calcula distanțe între diferite puncte. Shapely și Geopandas sunt alte biblioteci care pot fi folosite pentru a lucra cu datele geospațiale și pentru a realiza analize complexe ale zonelor afectate de poluare. Aceste biblioteci sunt utile în calcularea zonelor poluate, inclusiv estimarea extinderii poluării în funcție de datele adunate.

Generarea hărților interactive. Una dintre principalele funcționalități ale software-ului este vizualizarea datelor pe o hartă interactivă. Folium permite crearea de hărți personalizate care pot include diferite tipuri de markere, cum ar fi cercuri, iconițe sau linii, care reflectă gravitatea poluării. Pe baza coordonatelor GPS și a valorilor măsurate, software-ul va plasa aceste markere pe hartă și le va colora în funcție de nivelul de poluare (ex. roșu pentru poluare mare, galben pentru poluare moderată, verde pentru poluare scăzută). Încărcarea și manipularea imaginilor satelitare Python poate lucra și cu imagini georeferențiate folosind biblioteci precum Rasterio și Fiona. Acestea permit manipularea imaginilor satelitare și aplicarea acestora pe hărți, astfel încât zonele de poluare să poată fi vizualizate în contextul geografic corespunzător. Etapele de dezvoltare ale software-ului :Citirea și prelucrarea datelor .Prima etapă va consta în citirea fișierului care conține datele colectate de la senzori, inclusiv coordonatele GPS și valorile de poluare. Aceste date vor fi organizate în tabele structurate, iar valorile anormale (ex. citiri foarte mari sau eronate) vor fi filtrate. Evaluarea poluării ,se va stabili un algoritm pentru a analiza datele senzoriale. În funcție de pragurile prestabilite (de exemplu, un nivel de PM2.5 care depășește o valoare critică), software-ul va decide intensitatea poluării și va marca zonele corespunzătoare. Crearea hărții interactive Folium va fi folosit pentru a crea harta interactivă, iar pe aceasta vor fi plasate marker-ele corespunzătoare fiecărei locații de poluare. În funcție de valorile de poluare, fiecare marker va fi colorat pentru a reflecta severitatea poluării. Generarea și exportarea rezultatului Rezultatul final va fi o hartă interactivă salvată într-un fișier HTML, care poate fi deschis în orice browser pentru a vizualiza zonele de poluare și pentru a face analize suplimentare.

3 Proiectarea în detalii

3.1 Proiectarea sistemului

Pentru a eficientiza asamblarea sistemului și a reduce complexitatea conexiunilor, am conceput și realizat un PCB personalizat, care integrează toate funcțiile esențiale necesare pentru alimentarea corectă, protecția și conectarea modulelor și senzorilor folosiți. Caracteristici principale ale PCB-ului: **Alimentare flexibilă:** PCB-ul permite alimentarea cu o tensiune de intrare între 5V și 12V, oferind flexibilitate în utilizarea surselor de alimentare. **Convertoare DC-DC integrate:** Pentru asigurarea tensiunii corecte în toate componentele, am fost adăugat două convertoare DC-DC pe PCB care generează linii de alimentare **5V** pentru alimentarea senzorilor și modulelor ce necesită o tensiune mai mare pentru funcționare optimă și **3.3V:** pentru microcontrolerul ESP32-WROOM-32E și alte module care funcționează la această tensiune mai joasă. Aceste convertoare reduc consumul de energie prin stabilizarea tensiunii și contribuie la prevenirea supraîncălzirii circuitului.

Divizoare de tensiune pentru semnalele senzorilor deoarece pinii de intrare ai ESP32 suportă doar 3.3V, a fost inclus divizoare de tensiune pe PCB pentru fiecare semnal analogic trimis de senzorii alimentați la 5V. Aceste divizoare reduc nivelul semnalelor astfel încât să fie compatibile cu microcontrolerul, prevenind posibile deteriorări cauzate de supratensiuni. Distribuție corectă a maselor (GND comun): PCB-ul asigură un punct comun de referință pentru masă (GND), prevenind diferențele de potențial și asigurând stabilitatea circuitului. Acest lucru este esențial pentru a evita probleme de semnal sau funcționare eronată a senzorilor.

Beneficii ale utilizării PCB-ului personalizat: Organizare mai bună a componentelor ,conectare rapidă și sigură , designul PCB-ului permite o conectare rapidă a componentelor prin pini dedicați etichetați clar, reducând riscul de erori la conectare. Dimensiune compactă ,PCB-ul compact asigură o dimensiune redusă a dispozitivului final, făcându-l ușor de integrat în diferite medii și aplicații. Asigurarea unei alimentări sigure și eficiente, adaptată atât microcontrolerului, cât și modulelor care necesită tensiuni diferite.

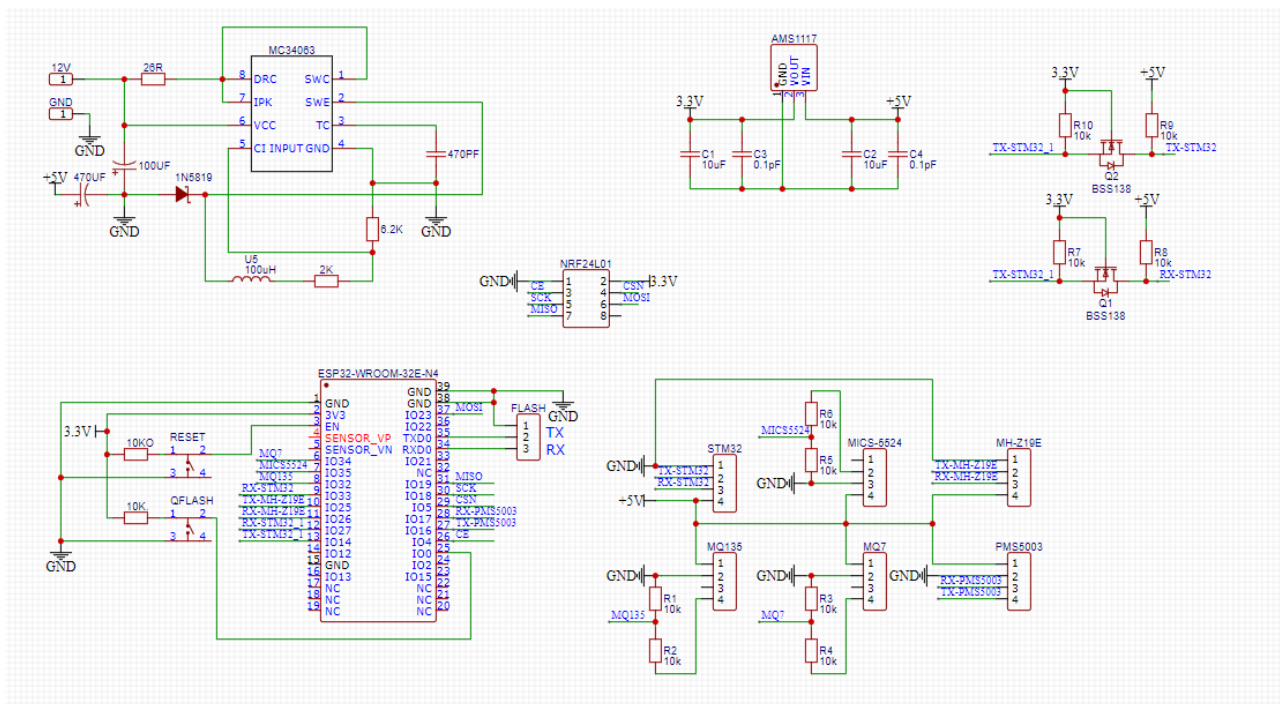


Figura 3.1 Schema electrică principală.

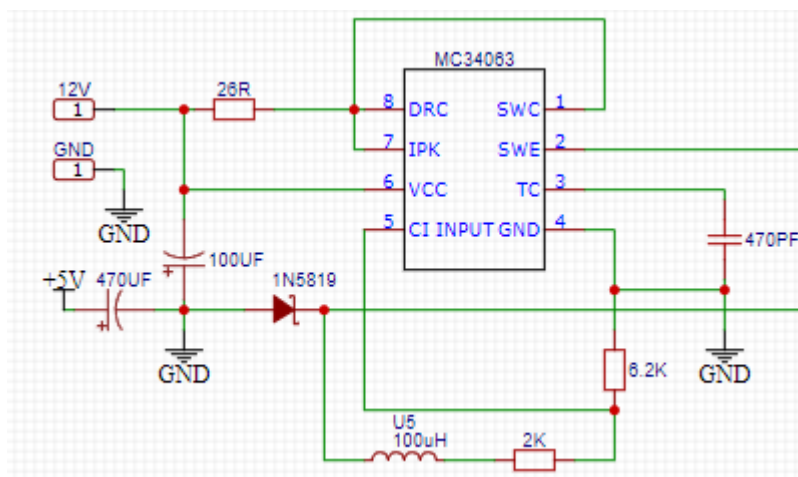


Figura 3.2 Converter DC-DC 12V TO 5V.

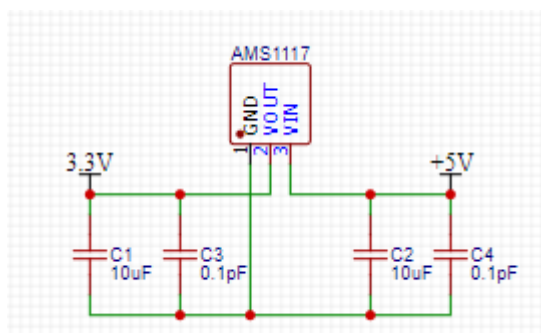


Figura 3.3 Converter 5V to 3.3V.

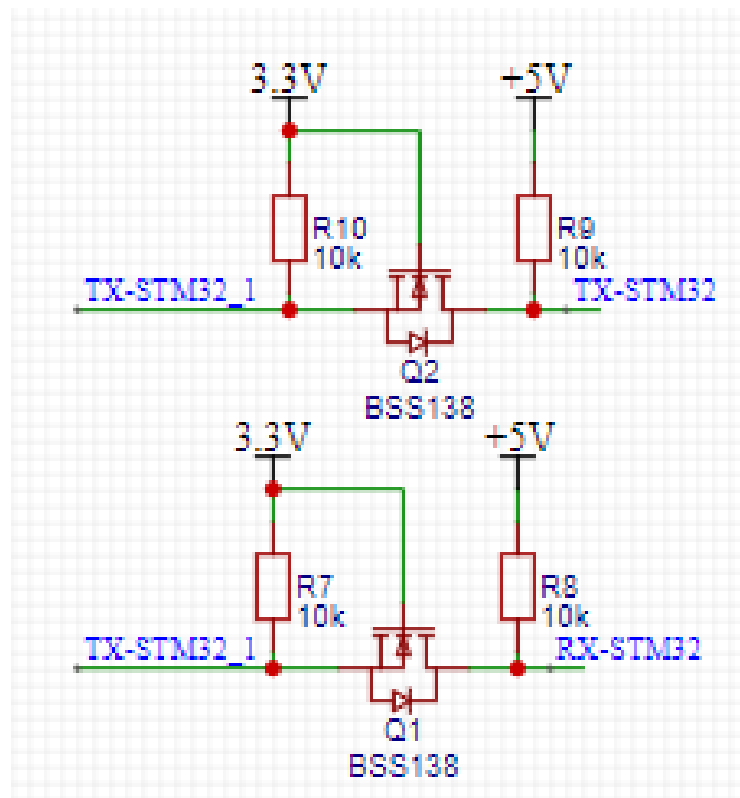


Figura 3.4 Bi-Directional Logic Level Converter.

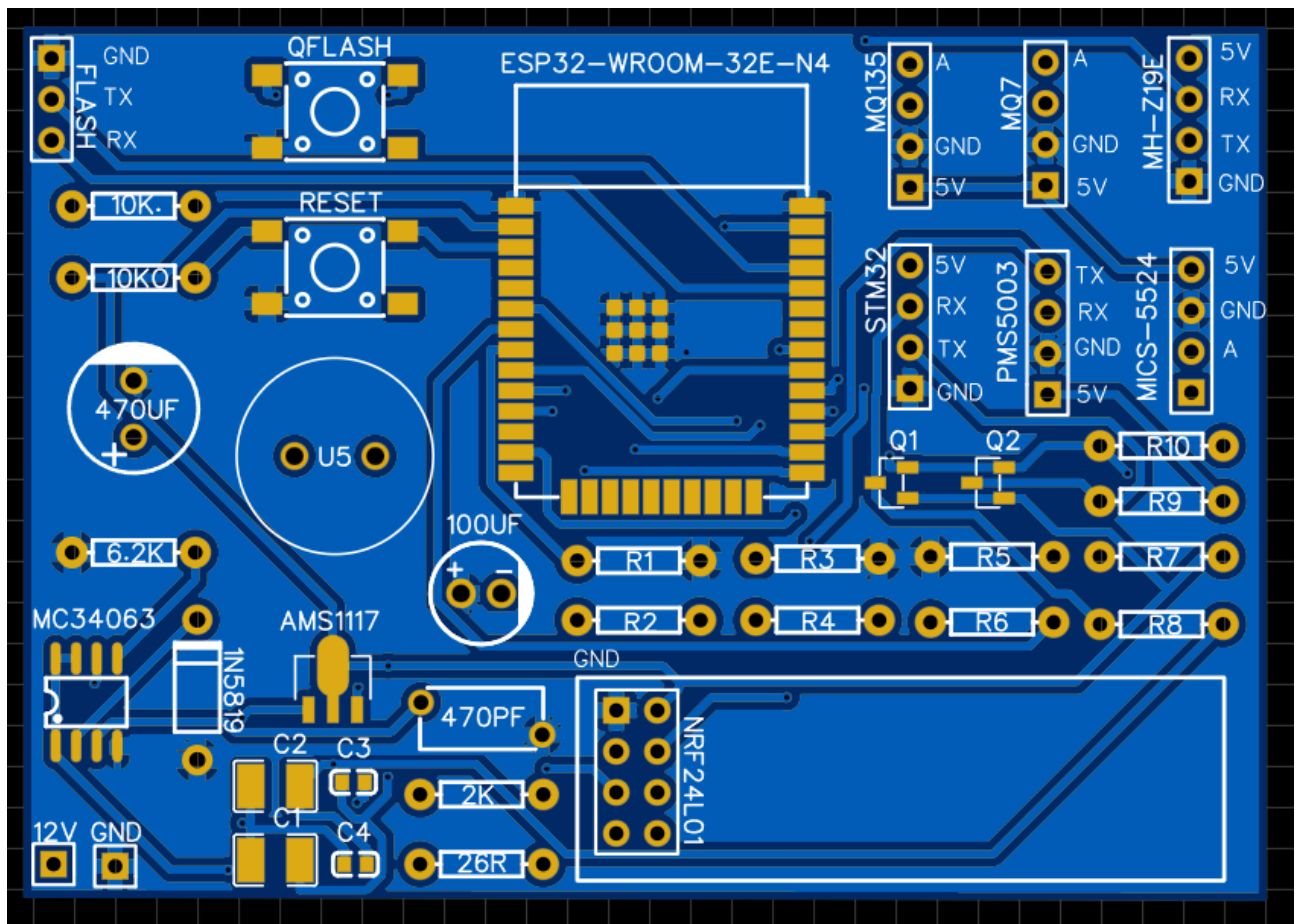


Figura 3.5 PCB 2D.

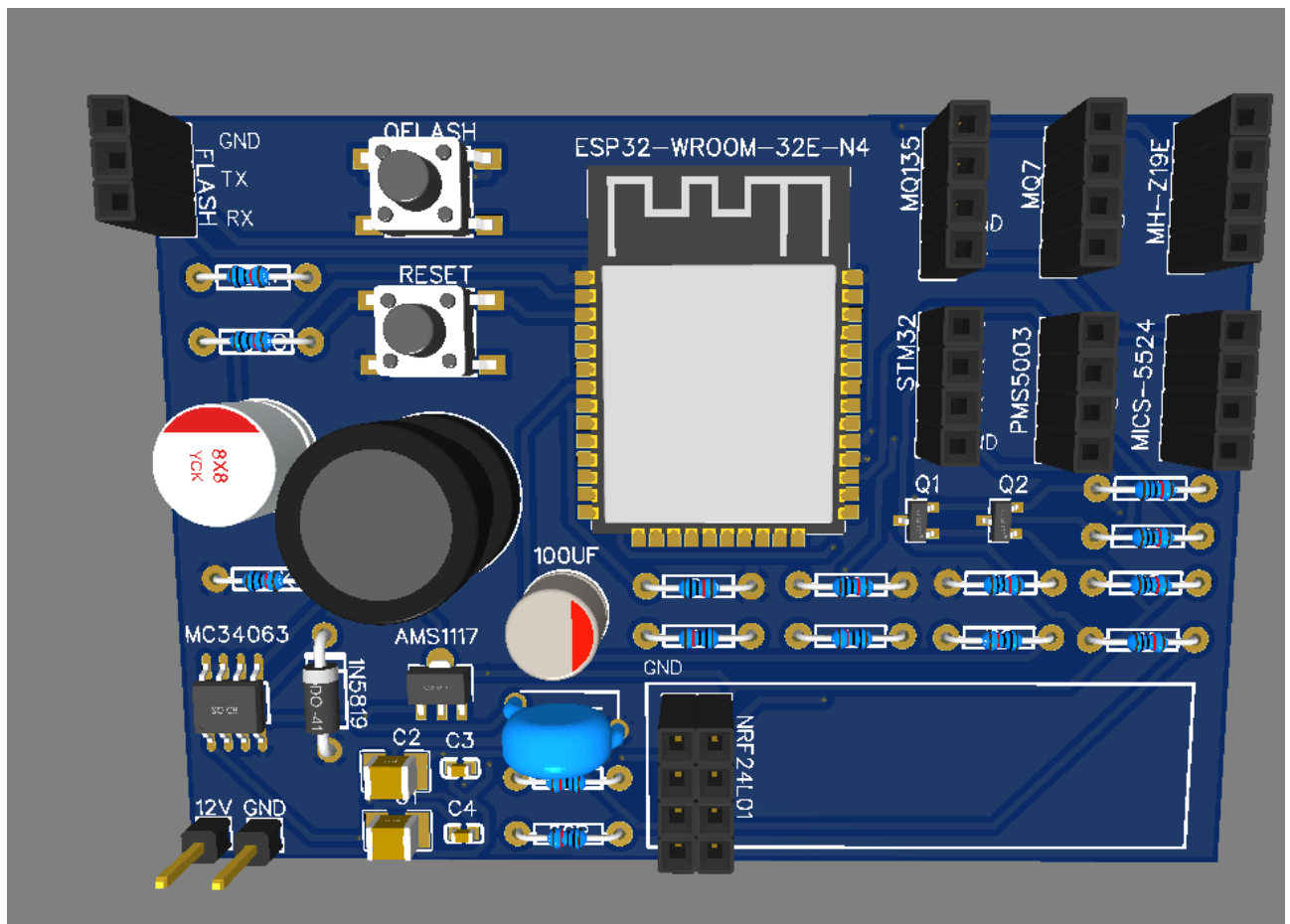


Figura 3.6 Pcb in 3D.

3.2 Metodologia de testare a sistemului

Pentru a valida funcționalitatea și performanța dispozitivului construit, a fost implementată o metodologie de testare structurată, care include următoarele etape:

Verificarea conexiunilor fizice și a PCB-ului. Inspecție vizuală, verificarea tuturor conexiunilor, conectorilor și lipiturilor de pe PCB pentru a detecta eventuale erori mecanice (conexiuni slabe, scurtcircuitate). Test de continuitate, folosirea unui multimetru pentru a verifica continuitatea traseelor și absența scurtcircuitelor între liniile de alimentare și semnal.

Testarea alimentării și stabilizării tensiunii, conectarea sursei de alimentare între 5V și 12V și măsurarea tensiunilor produse de convertoarele DC-DC.

Linia de 5V: măsurată pe pini specifici ale componentelor alimentate la 5V.

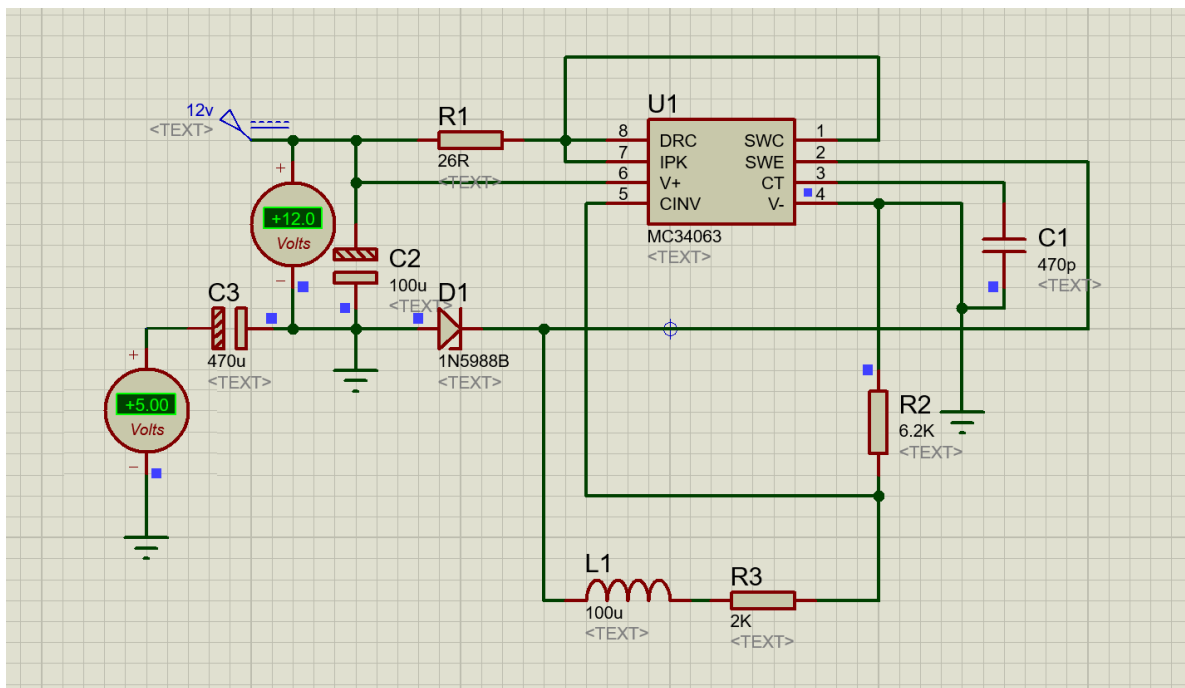


Figura 3.7 Linia de 5V: măsurată pe pini specifici ale componentelor alimentate la 5V

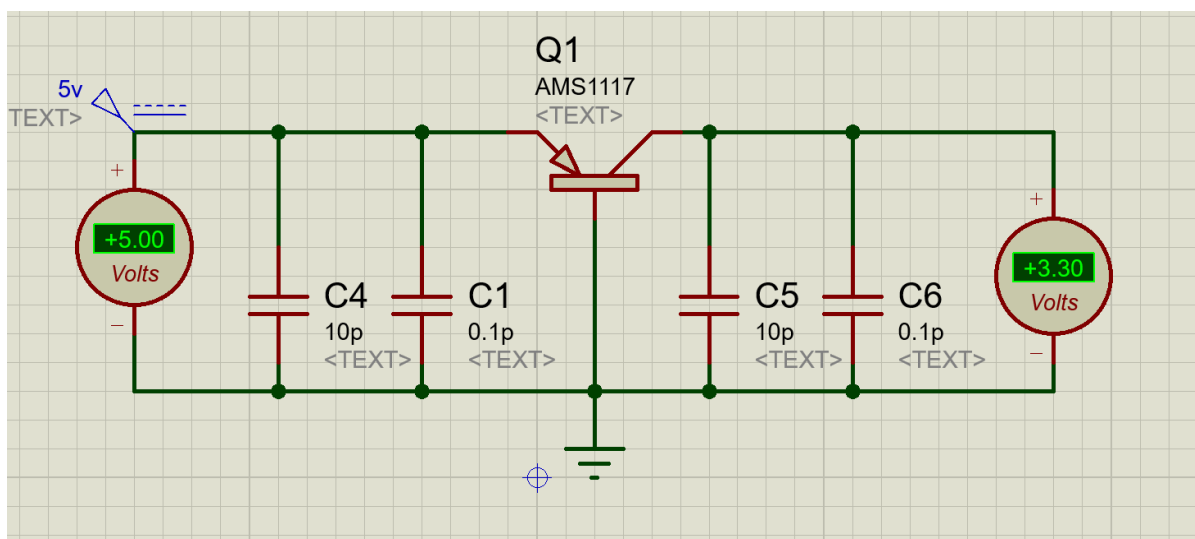


Figura 3.8 Linia de 3.3V: măsurată pe ESP32 și pe alte componente care funcționează la această tensiune.

Monitorizarea temperaturii convertoarelor pentru a detecta eventuale supraîncălziri.

Verificarea funcționalității modului ESP32: Test de conectivitate Wi-Fi: Verificarea conectării modului ESP32 la rețeaua locală. Accesarea interfeței web a serverului pentru afișarea datelor în timp real.

Sensor Data

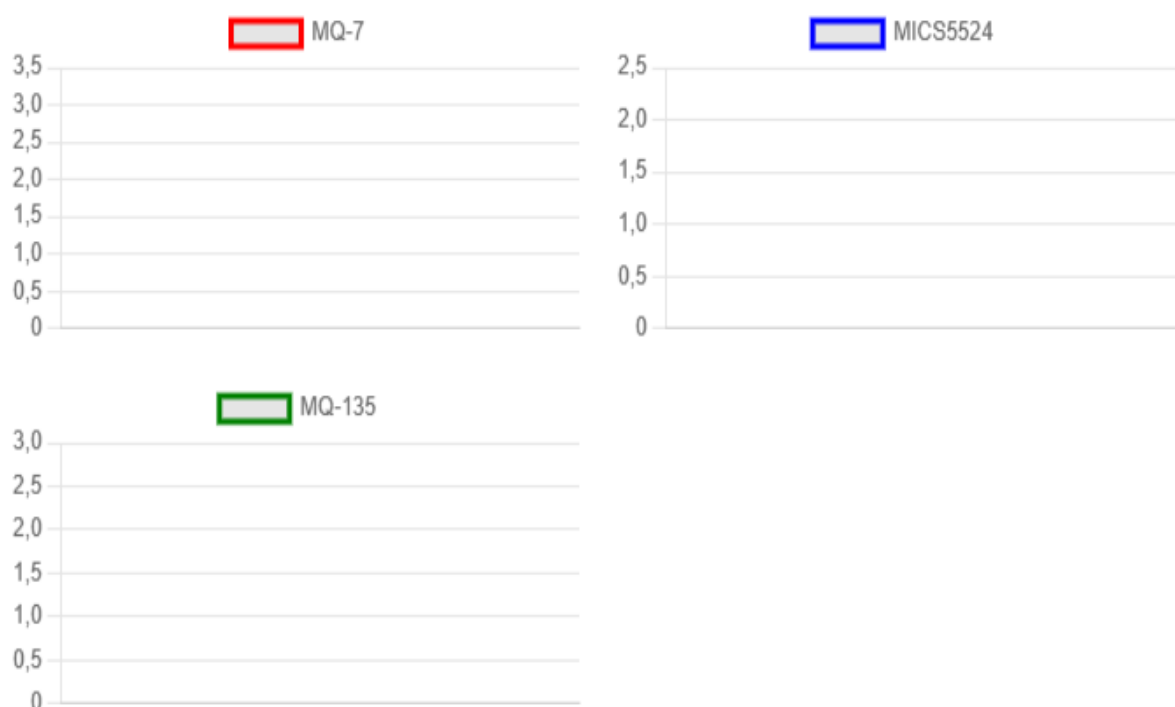


Figura 3.9 Testarea web serverului.

Testarea comunicării NRF24L01, testarea transmisiei de date de la ESP32 către o placă Arduino UNO conectată prin modulul NRF24L01. Măsurarea ratei de succes a pachetelor transmise și a eventualelor pierderi de pachete. Testarea senzorilor analogici: MQ-7, MICS5524, MQ-135, citirea valorilor de tensiune analogică pe pinii ADC ai ESP32 și compararea lor cu valorile de referință. Simularea creșterii concentrației de gaze și verificarea răspunsului senzorilor pe interfața web. Testarea senzorilor UART PMS5003, citirea datelor seriale referitoare la concentrația de particule fine (PM2.5, PM10) și verificarea afișării lor corecte. MH-Z19E verificarea datelor CO₂ returnate de senzor și compararea lor cu valori măsurate în medii de referință. STM32, trimiterea de date test prin interfața UART a STM32 și verificarea recepției acestora pe ESP32. Testarea stabilității și performanței generale, test de durată: Dispozitivul este lăsat să ruleze timp de câteva ore pentru a monitoriza funcționarea continuă. Verificarea interfeței web pentru actualizări corecte în timp real și detectarea eventualelor blocări sau erori. Documentarea rezultatelor, înregistrarea valorilor citite de la senzori și compararea cu valorile de referință. Notarea eventualelor erori și implementarea ajustărilor necesare pentru optimizarea funcționării.

3.3 Analiza datelor colectate

Analiza datelor colectate de la senzorii sistemului permite evaluarea performanței, identificarea surselor de poluare și detectarea eventualelor disfuncționalități. Procesul de analiză se desfășoară în mai multe etape pentru a asigura o interpretare corectă și detaliată a informațiilor. Preluarea și organizarea datelor Citirea datelor brute: Fiecare senzor trimite periodic date către ESP32, care sunt procesate și stocate temporar. Structurarea datelor ,valorile sunt clasificate pe tipuri de măsurători, cum ar fi concentrația de CO (MQ-7, MICS5524), compoziția aerului (MQ-135), particulele de praf (PMS5003) și nivelul de CO₂ (MH-Z19E).Datele de intrare sunt sincronizate pentru a asigura corelația între măsurători efectuate în același interval de timp. Filtrarea și normalizarea datelor , se aplică filtre pentru eliminarea valorilor aberante cauzate de zgomotul electronic sau de condiții de mediu neprevăzute.Datele analogice sunt scalate pentru a fi comparabile cu valorile de referință, utilizând ecuațiile de conversie specifice fiecărui tip de senzor. Detectarea anomaliilor și identificarea tendințelor , detecție de variații bruște , algoritmi urmăresc schimbările bruște de valori care ar putea indica surse neașteptate de poluare.Analiza pe termen lung: Se creează grafice care indică evoluția parametrilor de mediu pe perioade extinse, pentru identificarea tendințelor sezoniere sau ciclice.

Identificarea valorilor constante: Dacă un senzor returnează valori constante pentru o perioadă lungă de timp, se generează o alertă pentru verificarea funcționalității senzorului. Corelarea datelor între senzori , comparare între senzori complementari: Valorile senzorilor MQ-7 și MICS5524, care măsoară concentrația de CO, sunt comparate pentru a verifica consistența citirilor.Corelare CO₂ și PM: Creșterea concentrației de CO₂ este analizată împreună cu nivelul de particule PM2.5 pentru a detecta activități care implică ardere incompletă (ex. trafic intens). Validarea rezultatelor prin date de referință , datele colectate sunt comparate cu valorile de referință stabilite de agențiile de mediu pentru a evalua precizia sistemului. Se efectuează măsurători de control în medii cu condiții cunoscute pentru calibrarea senzorilor.

Afișarea rezultatelor pe serverul web ,interfața web afișează datele colectate în timp real sub formă de grafice dinamice și tabele. Sunt evidențiate perioadele în care valorile depășesc pragurile normale, prin notificări vizibile pe interfață.Rapoarte și interpretări ,se generează rapoarte automate cu valori medii, maxime și minime pentru fiecare parametru. Se oferă sugestii pentru interpretarea rezultatelor, de exemplu: un nivel ridicat de PM10 poate indica poluare industrială, iar un nivel constant de CO₂ într-un spațiu interior poate indica ventilație insuficientă.

Identificarea problemelor hardware , dacă se detectează date incomplete sau inconsistente, sistemul oferă mesaje de eroare privind posibile deconectări sau defecțiuni.Teste automate pentru verificarea funcționării corecte a modulelor de comunicație și alimentare.

3.4 Identificarea zonelor de poluare și amplasarea lor pe hartă

Identificarea zonelor de poluare și amplasarea lor pe hartă.

Colectarea datelor GPS și concentrațiile de poluanți ,sistemul colectează periodic datele de la senzorii de poluare (CO, CO₂, particule PM_{2.5} și PM₁₀) și le corelează cu poziția geografică furnizată de modulul GPS.Fiecare pachet de date include coordonatele GPS (latitudine și longitudine), concentrația de poluanți, ora colectării și alte parametri de mediu. Pentru a asigura precizia măsurătorilor, coordonatele GPS sunt comparate cu valori de referință pentru a detecta eventuale erori sau fluctuații semnificative.Prelucrarea datelor pentru afișarea pe hartă, datele colectate sunt grupate și prelucrate pentru a crea o reprezentare vizuală clară a distribuției poluanților.Regionile sunt împărțite în celule de dimensiuni predefinite, fiecare celulă reprezentând o zonă mică de măsurare.Fiecare celulă este colorată pe baza nivelului de poluare măsurat:

-Verde: concentrații normale;

-Galben: niveluri ușor ridicate, care necesită monitorizare;

-Roșu: niveluri periculoase, care indică o sursă majoră de poluare;

Se aplică algoritmi de interpolare pentru a completa zonele unde nu au fost preluate măsurători directe.Amplasarea punctelor de poluare, fiecare punct de măsurare este afișat pe hartă sub forma unui marcaj cu coordonatele exacte. Zonele care depășesc pragurile predefinite sunt evidențiate cu simboluri speciale (de exemplu, cercuri roșii mari).Utilizatorul poate face zoom pe anumite regiuni pentru o analiză mai detaliată.Crearea hărții dinamice ,harta interactivă este afișată pe interfața web a sistemului și permite navigarea ușoară între diferite perioade de timp.Utilizatorul poate selecta intervale de timp (minute, ore, zile) pentru a vizualiza cum s-au schimbat nivelurile de poluare.Este disponibil un mod de comparație între diferite perioade pentru identificarea tendințelor sezoniere sau zilnice.

Generarea rapoartelor zonale , sistemul generează rapoarte automate care indică valorile medii, maxime și minime pentru fiecare zonă monitorizată.Fiecare raport conține următoarele informații,coordonate GPS: locația exactă a măsurătorilor. Nivelul maxim înregistrat: cele mai ridicate concentrații detectate. Durata expunerii: intervalul de timp în care concentrațiile au fost ridicate.Sugestii pentru intervenții: recomandări pentru reducerea poluării în zonele critice.

Analiza tendințelor și detectarea surselor de poluare, analiza datelor permite identificarea zonelor în care nivelurile de poluare sunt frecvent ridicate, ceea ce poate indica surse permanente de poluare (ex. trafic intens, fabrici).Zonele în care apar creșteri bruște de poluanți sunt marcate pentru investigare suplimentară. Sistemul poate emite alerte în timp real pentru notificarea utilizatorului cu privire la depășirea pragurilor critice.

Concluzii

Proiectul de monitorizare a calității aerului utilizând ESP32-WROOM-32E și platforma de senzori a demonstrat că poate oferi un sistem eficient, precis și ușor de utilizat pentru detectarea și localizarea surselor de poluare. Testele și analiza datelor colectate au evidențiat următoarele aspecte esențiale. Precizie și fiabilitate , sistemul a reușit să colecteze și să proceseze date în timp real, afișând informații relevante privind nivelul de poluanți atmosferici. Utilizarea convertoarelor de tensiune și a divizoarelor pentru semnale a asigurat compatibilitatea între componentele cu tensiuni diferite, fără erori de citire. Identificarea zonelor de risc , harta interactivă a evidențiat zonele critice, permițând localizarea precisă a concentrațiilor ridicate de CO, CO₂ și particule PM. A fost posibilă monitorizarea evoluției poluării în timp, oferind un instrument valoros pentru decizii rapide și eficiente. Flexibilitate și scalabilitate , sistemul poate fi extins prin adăugarea altor tipuri de senzori și prin integrarea unor module suplimentare pentru analize detaliate. Interfața web permite accesul facil la date și poate fi optimizată pentru utilizatori multipli și diferite scenarii de monitorizare.

Utilitate practică , sistemul poate fi folosit în aplicații diverse, de la monitorizarea poluării urbane până la monitorizarea calității aerului în clădiri industriale sau spații publice. Alertele în timp real contribuie la prevenirea expunerii prelungite la aer poluat și la implementarea măsurilor de remediere. Limitări identificate , sistemul poate fi influențat de condițiile meteorologice extreme care pot afecta semnalele GPS și valorile senzorilor. Necesitatea recalibrării periodice a senzorilor pentru a menține precizia măsurătorilor. Recomandări , implementarea unor algoritmi de învățare automată pentru a detecta tipare complexe și a anticipa creșteri bruște ale poluării. Integrarea unei funcționalități de stocare pe termen lung a datelor pentru analize istorice.

Bibliografie:

1. Drone pentru monitorizarea mediului. [Online], [Valabil: <https://brlab.ru/scopes/monitoring-okruzhayushchey-sredy/>], (Accesat: 01.10.2024).
2. Monitorizarea mediului cu ajutorul dronelor. [Online], [Valabil: <https://drone.aero/new/ekologicheskij-monitoring-s-primeneniem-bespilotnikov/>], (Accesat: 02.11.2024).
3. Introducere în utilizarea dronelor pentru monitorizarea mediului. [Online], [Valabil: <https://laboratoria.by/stati/drony-dlya-monitoringa-okruzhayushchey-sredy/>], (Accesat: 02.11.2024).
4. Drone pentru monitorizarea calității aerului: beneficii. [Online], [Valabil: <https://www.pranaair.com/ru/blog/air-quality-monitoring-drones-and-future-ai-prospects/>], (Accesat: 02.11.2024).
5. Poluarea mediului: probleme de mediu ale naturii. [Online], [Valabil: <https://tion.ru/blog/zagryaznenie-okruzhayushchey-sredy/>], (Accesat: 02.11.2024).
6. Consecințele poluării mediului. [Online], [Valabil: <https://laboratoria.by/stati/posledstviya-zagr-prirody/>], (Accesat: 02.11.2024).
7. Efectele poluării aerului asupra animalelor. [Online], [Valabil: <https://www.pranaair.com/ru/blog/effect-of-air-pollution-on-plants-and-animals/>], (Accesat: 02.11.2024).
8. Poluarea aerului: surse și cauze ale poluării. [Online], [Valabil: <https://chebs.cap.ru/news/2020/05/15/zagryaznenie-atmosfernogo-vozdusha-istochniki-i-pri/>], (Accesat: 02.11.2024).
9. Monitorizarea mediului aerian pentru a asigura siguranța în OZP. [Online], [Valabil: <https://vsp-vent.ru/blog/monitoring-vozdushnoj-sredy-dlya-obespecheniya-bezopasnosti-v-ozp/>], (Accesat: 02.11.2024).
10. Cum afectează poluarea aerului sănătatea umană. [Online], [Valabil: <https://xn--90aifdm6al.xn--p1ai/blog/zagryaznenie-vozdusha-vliyanie-na-zdorove-cheloveka/>], (Accesat: 02.11.2024).
11. Situația curentă privind monitorizarea calității aerului. [Online], [Valabil: <https://am.gov.md/ro/content/situa%C8%9Bia-curent%C4%83-privind-monitorizarea-calit%C4%83%C8%9Bii-aerului>], (Accesat: 02.11.2024).
12. Protecția atmosferei. [Online], [Valabil: https://www.edu.severodvinsk.ru/after_school/obl_www/2013/work/pestov/atmosphere_protection.html], (Accesat: 02.11.2024).

13. Diagrama circuitului convertizorului de la 12V la 5V - Convertoare Step Up și Step Down. [Online], [Valabil: <https://www.electricaltechnology.org/2019/11/12v-to-5v-converter-circuit.html>], (Accesat: 02.11.2024).
14. Bi-Directional Logic Level Converter. [Online], [Valabil: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/bi-directional-logic-level-converter-hookup-guide/all>], (Accesat: 02.11.2024).
15. N-Mosfet Rds Value Question and Use for Bidirectional Logic Conversion Purpose. [Online], [Valabil: <https://electronics.stackexchange.com/questions/290078/n-mosfet-rds-value-question-and-use-for-bidirectional-logic-conversion-purpose>], (Accesat: 02.11.2024).
16. Datasheet mh-z19e. [Online], [Valabil: https://www.winsen-sensor.com/d/files/mh-z19e-co2-sensor-manual-v1_0.pdf], (Accesat: 02.11.2024).
17. Datasheet MQ7. [Online], [Valabil: <https://cdn.sparkfun.com/assets/b/b/b/3/4/MQ-7.pdf>], (Accesat: 02.11.2024).
18. Datasheet MQ135. [Online], [Valabil: <https://www.olimex.com/Products/Components/Sensors/Gas/SNS-MQ135/resources/SNS-MQ135.pdf>], (Accesat: 02.11.2024).
19. Datasheet neo-6M. [Online], [Valabil: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/1283987/U-BLOX/NEO-6M.html> - Datasheet neo-6M (Accesat: 02.11.2024).
20. Datasheet nRF24L01. [Online], [Valabil: https://cdn.sparkfun.com/assets/3/d/8/5/1/nRF24L01P_Product_Specification_1_0.pdf - Datasheet nRF24L01], (Accesat: 02.11.2024).
21. Datasheet ESP 32. [Online], [Valabil: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-wroom-32_datasheet_en.pdf -ESP32], (Accesat: 02.11.2024).
22. Datasheet MiCS5524. [Online], [Valabil: <https://cdn-learn.adafruit.com/downloads/pdf/adafruit-mics5524-gas-sensor-breakout.pdf> - MiCS5524], (Accesat: 02.11.2024).
23. Datasheet PMS5003. [Online], [Valabil: <https://www.digikey.jp/htmldatasheets/production/2903006/0/0/1/pms5003-series-manual.html> -Datasheet PMS5003], (Accesat: 02.11.2024).
24. SUDACEVSCHI V.; ABABII V.; MUNTEANU S. Distributed Decision-Making Multi-Agent System in Multi-Dimensional Environment. ARA Journal of Sciences, 3/2020, pp. 74-80, ISSN 0896-1018.

25. MUNTEANU S., SUDACEVSCHI V., ABABII V., BRANISTE R., TURCAN A., LEASHCENCO V., Cognitive Distributed Computing System for Intelligent Agriculture. International Journal of Progressive Sciences and Technologies. Vol. 24, No 2, January 2021, pp. 334-342. ISSN 2509-0119. {<http://ijpsat.ijshjournals.org>}.
26. ABABII V., SUDACEVSCHI V., MUNTEANU S., TURCAN A., BOROZAN O., Decision-Making Support System for Quality Smart City Services. International Journal of Progressive Sciences and Technologies. Vol. 39, No 1, June 2023, pp. 450-456. ISSN 2509-0119. DOI: 10.52155/ijpsat.v39.1.5436.
27. TURCAN, A.; ABABII, V.; SUDACEVSHI, V.; MELNIC, R.; ALEXEI, V.; MUNTEANU, S.; ABABII, C. Smart City Services based on Spatial – Temporal Logic. Journal of Engineering Science 2022, 29 (3), pp. 78-85, ISSN: 2587-3474 / E-ISSN: 2587-3482, [https://doi.org/10.52326/jes.utm.2022.29\(3\).07](https://doi.org/10.52326/jes.utm.2022.29(3).07).
28. ABABII, Victor; SUDACEVSCHI, Viorica; ALEXEI, Victoria; MELNIC, Radu; BORDIAN, Dimitrie; NISTIRIUC, Ana. Fuzzy Sensor Network for Mobile Robots Navigation. In Proceedings of the 12th International Conference and Exhibition on Electromechanical and Energy Systems, SIELMEN-2019, 9 October 2019, Craiova, Romania, 10-11 October 2019, Chisinau, Republic of Moldova, pp. 540 – 543. DOI: 10.1109/SIELMEN.2019.8905829, (IEEE: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8905829>).
29. ABABII, Victor; SUDACEVSCHI, Viorica; ALEXEI, Victoria; MELNIC, Radu; BORDIAN, Dimitrie; NISTIRIUC, Ana. Fuzzy Sensor Network for Mobile Robots Navigation. In Proceedings of the 12th International Conference and Exhibition on Electromechanical and Energy Systems, SIELMEN-2019, 9 October 2019, Craiova, Romania, 10-11 October 2019, Chisinau, Republic of Moldova, pp. 540 – 543. DOI: 10.1109/SIELMEN.2019.8905829, (IEEE: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8905829>).
30. ABABII, V.; SUDACEVSCHI, V.; BRANISTE, R.; NISTIRIUC, A.; MUNTEANU, S.; BOROZAN, O. Multi-Robot System Based on Swarm Intelligence for Optimal Solution Search. The International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications, HORA-2020, June 26-28, 2020, Ankara, Turkey. pp. 269-273, Publisher: IEEE Catalog Number CFP20X32-ART, ISBN: 978-1-7281-9352-6, DOI: 10.1109/HORA49412.2020.9152926, [valabil in baza de date IEEE: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9152926>].
31. Silvia MUNTEANU, Ana TURCAN, Victoria ALEXEI, Viorica SUDACEVSCHI, Victor ABABII, Viorel CARBUNE, Dimitrie BORDIAN. Multi-Objective Optimal Solution Search based on Genetic Algorithms. Proceedings of the 12th International Conference on

Electronics, Communications and Computing (ECCO-2022), 20-21 October, 2022, pp.247-252. ISBN: 978-9975-45-898-6. <https://doi.org/10.52326/ic-ecco.2022/CE.07>.

32. Ana TURCAN, Olesea BOROZAN, Victor ABABII, Viorica SUDAEVSCHI, Silvia MUNTEANU. Decision Making System based on Collaborative Agents. Proceedings of the 12th International Conference on Electronics, Communications and Computing (ECCO-2022), 20-21 October, 2022, pp.257-260. ISBN: 978-9975-45-898-6. <https://doi.org/10.52326/ic-ecco.2022/CE.09>.
33. Viorica SUDACEVSCHI, Victor ABABII, Vladina TUTUNARU, Silvia MUNTEANU, Olesea BOROZAN, Decision Making System for Smart Agriculture based on Fuzzy-Temporal Logics. Conferense Proceedings. Abstracts of the 19th International Conference of Constructive Design and Technological Optimization in Machine Building Field (OPROTEH-2024), 22-24 May, 2024, Bacau, Romania, pp. 133-134.

Anexa. Codul sursa al programului:

```
#include <WiFi.h>
#include <ESPAsyncWebServer.h>
#include <SPI.h>
#include <nRF24L01.h>
#include <RF24.h>
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include <Adafruit_BME280.h>

// Define NRF24L01 pins (SPI communication)
#define CE_PIN 4 // Chip Enable for NRF24L01
#define CSN_PIN 5 // Chip Select for NRF24L01
#define SCK_PIN 18 // SPI Clock
#define MOSI_PIN 23 // SPI MOSI (Master Out Slave In)
#define MISO_PIN 19 // SPI MISO (Master In Slave Out)

// Define UART pins for STM32 communication
#define STM32_RX 27 // TX STM32 -> RX ESP32
#define STM32_TX 14 // RX STM32 -> TX ESP32

// UART for PMS5003 (Particulate Matter Sensor)
#define PMS_RX 16 // TX PMS5003 -> RX ESP32
#define PMS_TX 17 // RX PMS5003 -> TX ESP32

// UART for MH-Z19E (CO2 Sensor)
#define MHZ_RX 25 // TX MH-Z19E -> RX ESP32
#define MHZ_TX 26 // RX MH-Z19E -> TX ESP32

// Analog pins for gas sensors
#define MQ7_PIN 34 // MQ-7 (CO sensor) -> GPIO34 (ADC1_CH6)
#define MICS5524_PIN 35 // MICS5524 (CO sensor) -> GPIO35 (ADC1_CH7)
#define MQ135_PIN 32 // MQ-135 (Air quality sensor) -> GPIO32 (ADC1_CH4)
```

```

// Wi-Fi credentials
const char* ssid = "Your_SSID";
const char* password = "Your_PASSWORD";

// NRF24L01 setup
RF24 radio(CE_PIN, CSN_PIN);
const byte address[6] = "00001";

// Web server on port 80
AsyncWebServer server(80);

// Sensor data structure
struct SensorData {
    float mq7;
    float mics5524;
    float mq135;
    float pmsData;
    float co2;
};

SensorData sensorData;

void setup() {
    Serial.begin(115200);

    // Initialize Wi-Fi
    WiFi.begin(ssid, password);
    while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
        delay(1000);
        Serial.println("Connecting to WiFi...");
    }
    Serial.print("Connected to WiFi. IP Address: ");
    Serial.println(WiFi.localIP()); // Print the IP address

```

```

// Initialize NRF24L01 (skip initialization check)
radio.begin();
radio.openWritingPipe(address);
radio.setPALevel(RF24_PA_LOW);
radio.setDataRate(RF24_250KBPS);

// Initialize UART for STM32
Serial2.begin(9600, SERIAL_8N1, STM32_RX, STM32_TX);

// Initialize UART for PMS5003
Serial1.begin(9600, SERIAL_8N1, PMS_RX, PMS_TX);

// Initialize UART for MH-Z19E
Serial.begin(9600, SERIAL_8N1, MHZ_RX, MHZ_TX);

// Setup server routes
server.on("/", HTTP_GET, [](AsyncWebServerRequest *request){
    request->send(200, "text/html", R"rawliteral(
        <!DOCTYPE html>
        <html>
        <head>
            <title>ESP32 Sensor Data</title>
            <style>
                .chart-container {
                    display: flex;
                    flex-wrap: wrap;
                }
                .chart-item {
                    width: 48%;
                    margin: 1%;
                }
                canvas {
                    width: 100% !important;
                    height: 200px !important;

```

```

    }
</style>
<script src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/chart.js"></script>
</head>
<body>
  <h1>Sensor Data</h1>
  <div class="chart-container">
    <div class="chart-item">
      <canvas id="mq7Chart"></canvas>
    </div>
    <div class="chart-item">
      <canvas id="micsChart"></canvas>
    </div>
    <div class="chart-item">
      <canvas id="mq135Chart"></canvas>
    </div>
  </div>
  <script>
    async function fetchData() {
      const response = await fetch('/sensor-data');
      return await response.json();
    }

    function updateCharts(data) {
      mq7Chart.data.datasets[0].data.push(data.mq7);
      micsChart.data.datasets[0].data.push(data.mics5524);
      mq135Chart.data.datasets[0].data.push(data.mq135);

      mq7Chart.update();
      micsChart.update();
      mq135Chart.update();
    }

    const mq7Chart = new Chart(document.getElementById('mq7Chart'), {

```

```

    type: 'line',
    data: {
      labels: [],
      datasets: [{ label: 'MQ-7', data: [], borderColor: 'red', fill: false }]
    }
  });

const micsChart = new Chart(document.getElementById('micsChart'), {
  type: 'line',
  data: {
    labels: [],
    datasets: [{ label: 'MICS5524', data: [], borderColor: 'blue', fill: false }]
  }
});

const mq135Chart = new Chart(document.getElementById('mq135Chart'), {
  type: 'line',
  data: {
    labels: [],
    datasets: [{ label: 'MQ-135', data: [], borderColor: 'green', fill: false }]
  }
});

setInterval(async () => {
  const data = await fetchData();
  updateCharts(data);
}, 1000);
</script>
</body>
</html>
)rawliteral");
});

server.on("/sensor-data", HTTP_GET, [](AsyncWebServerRequest *request){

```

```

String json = "{";
json += "\"mq7\":" + String(sensorData.mq7) + ",";
json += "\"mics5524\":" + String(sensorData.mics5524) + ",";
json += "\"mq135\":" + String(sensorData.mq135) + ",";
json += "\"pmsData\":" + String(sensorData.pmsData) + ",";
json += "\"co2\":" + String(sensorData.co2);
json += "}";
request->send(200, "application/json", json);
});

server.begin();
}

void loop() {
  // Read sensor data
  sensorData.mq7 = analogRead(MQ7_PIN) * (3.3 / 4095.0);
  sensorData.mics5524 = analogRead(MICS5524_PIN) * (3.3 / 4095.0);
  sensorData.mq135 = analogRead(MQ135_PIN) * (3.3 / 4095.0);

  // Simulate reading data from PMS5003 and MH-Z19E
  if (Serial1.available()) {
    sensorData.pmsData = Serial1.read(); // Read PMS5003 data
  }

  if (Serial.available()) {
    sensorData.co2 = Serial.read(); // Read MH-Z19E data
  }

  // Send data via NRF24L01
  radio.write(&sensorData, sizeof(sensorData));

  // Delay for stability
  delay(1000);
}

```

```

// Program pentru Arduino Uno
#include <SPI.h>
#include <nRF24L01.h>
#include <RF24.h>

// Pini NRF24L01
#define CE_PIN 9
#define CSN_PIN 10

RF24 radio(CE_PIN, CSN_PIN);
const byte address[6] = "00001";

struct SensorData {
    float mq7;
    float mics5524;
    float mq135;
    float pmsData;
    float co2;
};

SensorData receivedData;

void setup() {
    Serial.begin(9600);
    if (!radio.begin()) {
        Serial.println("NRF24L01 initialization failed!");
        while (1);
    }
    radio.openReadingPipe(1, address);
    radio.setPALevel(RF24_PA_LOW);
    radio.startListening();
    Serial.println("Waiting for data...");
}

```

```

void loop() {
  if (radio.available()) {
    radio.read(&receivedData, sizeof(receivedData));
    Serial.print("MQ-7: "); Serial.print(receivedData.mq7);
    Serial.print(" | MICS5524: "); Serial.print(receivedData.mics5524);
    Serial.print(" | MQ-135: "); Serial.print(receivedData.mq135);
    Serial.print(" | PMS Data: "); Serial.print(receivedData.pmsData);
    Serial.print(" | CO2: "); Serial.println(receivedData.co2);
  }
  delay(500);
}

```

Python Script pentru salvare date în Excel

```
import serial
```

```
import pandas as pd
```

```
from datetime import datetime
```

Setări port serial

```
COM_PORT = 'COM3' # Modifică în funcție de portul folosit
```

```
BAUD_RATE = 9600
```

Conectare la port serial

```
ser = serial.Serial(COM_PORT, BAUD_RATE)
```

Inițializare DataFrame

```
columns = ['Timestamp', 'MQ7', 'MICS5524', 'MQ135', 'PMS5003', 'CO2']
```

```
data = []
```

```
print("Collecting data. Press Ctrl+C to stop.")
```

```
try:
```

```
    while True:
```

```
        line = ser.readline().decode('utf-8').strip()
```

```

values = line.split("|")
if len(values) == 5:
    timestamp = datetime.now().strftime("%Y-%m-%d %H:%M:%S")
    mq7 = float(values[0].split(':')[1].strip())
    mics5524 = float(values[1].split(':')[1].strip())
    mq135 = float(values[2].split(':')[1].strip())
    pms = float(values[3].split(':')[1].strip())
    co2 = float(values[4].split(':')[1].strip())
    data.append([timestamp, mq7, mics5524, mq135, pms, co2])

except KeyboardInterrupt:
    print("Saving data to Excel...")
    df = pd.DataFrame(data, columns=columns)
    df.to_excel('sensor_data.xlsx', index=False)
    print("Data saved to sensor_data.xlsx")
finally:
    ser.close()

```