

**SISTEM PENTRU ACHIZIȚIA ȘI PRE-
PROCESAREA DATELOR ÎN ECOSISTEMELE
DE TIP RÎU**

**SYSTEM FOR DATA ACQUISITION AND PRE-
PROCESSING IN RIVER ECOSYSTEMS**

Masterand:

Chieaev Leonid

CRI 231M

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 achiziția și pre-procesarea datelor în
ecosistemele de tip Rîu**

Teză de master

Masterand: _____ Chieaev Leonid

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

Chișinău , 2025

Declarație

Subsemnatul Chiriacu Leonid declar pe propria răspundere, că lucrarea de față este rezultatul muncii proprii, realizată pe baza propriilor cercetări și pe baza informațiilor obținute din surse care au fost citate și indicate conform normelor etice în note și bibliografie.

Declar că lucrarea nu a mai fost prezentată sub această formă la nici o instituție de învățământ superior sau Vădeea obținerii titlului de magistru

semnătura autorului
Leonid Chiriacu

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 monitorizarea ritmului cardiac

Studentul(a) Chieaev Leonid gr. CRI-231M

1. **Actualitatea temei:** Tematica tezei de master face parte din domeniul sistemelor de măsurare destinate pentru monitorizarea în timp real a parametrilor acvatici în baza dispozitivelor mobile ESP32 cu comunicare Wireless.
2. **Caracteristica tezei de master:** Teza de master reprezintă o lucrare de cercetare și proiectare a sistemelor pentru monitorizarea în timp real a parametrilor ecosistemelor de tip râu. Sistemul este proiectat în baza dispozitivelor cu comunicare Wireless ESP32 ceea ce permite monitorizarea sistemului acvatic din mai multe puncte datorită stațiilor portabile cu WiFi.
3. **Analiza prototipului:** În teza de master s-a efectuat o analiză complexă a metodelor și tehnicilor de monitorizare a ecosistemei acvatice și a sistemelor bazate pe tehnologii IoT.
4. **Estimarea rezultatelor obținute:** Proiectul tezei de master face parte din domeniul de interes personal al masterandului. Rezultatele proiectului parțial sunt deja implementate într-un sistem prototip care poate fi utilizat pentru monitorizarea în timp a calității apei din ecosisteme acvatice.
5. **Corectitudinea materialului expus:** Materialul tezei de master este expus la nivel de specialist în ingineria sistemelor cu utilizarea tehnologiilor moderne în domeniul sistemelor de calcul și a tehnologiilor IoT.
6. **Calitatea materialului grafic:** Desenele, diagramele și figurile din textul tezei sunt elaborate prin utilizarea tehnologiilor moderne în domeniul comunicațiilor electronice, calculatoarelor și a sistemelor informaționale.
7. **Valoarea practică a tezei:** Implementarea tezei de master va permite monitorizarea în timp real a parametrilor fizico-chimici ai ecosistemelor acvatice.
8. **Observații și recomandări:** Teza de master a fost realizată prin utilizarea celor mai recente tehnici și tehnologii din domeniul sistemelor de calcul și al tehnologiei informației. Se recomandă, pe viitor, aprofundarea acestei tematici și continuarea cercetărilor în direcția propusă.

Lucrarea în formă electronică corespunde originalului prezentat către susținere publică.

9. **Caracteristica studentului și titlul conferit:** Pe parcursul elaborării tezei de master Dl **Chieaev Leonid** a dat dovadă de cunoștințe profunde în domeniul proiectării, programării și implementării sistemelor de monitorizare în timp real a parametrilor de stare a ecosistemele de tip râu în baza tehnologiilor IoT. Dl **Chieaev Leonid** 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 achiziția și pre-procesarea datelor în ecosistemele de tip Râu” a studentului Chieaev Leonid, grupa CRI-231M.

Cuvinte cheie : temperatură, aplicație, Arduino IDE, ESP32, sistem, utilizator, testare și dispozitive tehnice, proiectare.

Pentru implementarea sistemului, a fost necesară analiza atentă a altor soluții existente, aparent similare, cu scopul de a crea și dezvolta prototipul propriului sistem, capabil să îndeplinească cu succes toate sarcinile și obiectivele stabilite. În epoca digitalizării și a evoluției tehnologice, se subliniază necesitatea unui astfel de sistem , având în vedere agravarea stării bazinului acvatic monidal.

Obiectivul lucrării de licență este proiectarea și dezvoltarea unui sistem de monitorizare a ecosistemelor de tip râu și achiziționarea datelor analizate, cu funcționalitatea de afișare pe Ecranul OLED integrat sau pagina WEB. La baza sistemului stă microcontroler ESP32 capabil să se conecteze la rețea și să transmită datele analizate pentru procesarea ulterioară. Ulterior, s-a realizat asamblarea sistemului ce face parte din trei stații de monitorizare, facilitând astfel precizia datelor analizate, ce oferă o imagine mai clară asupra situației ecologice actuale.

Implementarea unui astfel de sistem aduce multiple beneficii și deschide noi perspective utile într-o varietate de scenarii practice. În contextul actual, situația ecologică la nivel global reprezintă o preocupare majoră, fiind caracterizată de o degradare continuă a mediului. Această problemă devine tot mai accentuată odată cu trecerea timpului, din cauza impactului negativ al activităților umane asupra ecosistemelor naturale. Industrializarea rapidă, fără măsuri adecvate de protecție a mediului, a generat un dezechilibru ecologic semnificativ, afectând atât biodiversitatea, cât și calitatea resurselor de apă, aer și sol. În acest context, dezvoltarea unor soluții inteligente de monitorizare a mediului, capabile să colecteze și să analizeze date în timp real, devine esențială pentru prevenirea și gestionarea problemelor ecologice.

Scopul principal al acestei lucrări constă în furnizarea unei soluții eficiente pentru achiziția și pre-procesarea datelor în ecosistemele de tip Râu, oferind utilizatorilor informații relevante în timp real și notificări rapide în cazul variațiilor semnificative. În paralel, structura tezei de licență cuprinde introducerea, 3 capitole principale, concluzii finale, surse bibliografice și anexe, reflectând întregul proces de dezvoltare și evaluare a sistemului propus pentru monitorizare.

ANNOTATION

Master's Thesis: "System for Data Acquisition and Pre-Processing in River Ecosystems" by Student **Chieaev Leonid**, Group CRI-231M

Keywords: temperature, application, Arduino IDE, ESP32, system, user, testing, technical devices, design.

For the implementation of this system, a thorough analysis of other existing, seemingly similar solutions was required in order to create and develop a prototype of a custom system capable of successfully fulfilling all the established tasks and objectives. In the era of digitalization and technological evolution, the necessity of such a system is emphasized, especially considering the worsening state of the world's aquatic basins.

The objective of the thesis is to design and develop a monitoring system for river ecosystems and to acquire and analyze environmental data, with the functionality to display the information on an integrated OLED screen or a web page. The core of the system is based on the ESP32 microcontroller, which can connect to a network and transmit the analyzed data for further processing. The system was subsequently assembled, consisting of three monitoring stations, thus improving the accuracy of the analyzed data and providing a clearer picture of the current ecological situation.

Implementing such a system brings multiple benefits and opens new perspectives for a variety of practical applications. In the current global context, environmental concerns have become a major issue, characterized by continuous degradation of natural ecosystems. This problem is becoming increasingly severe over time due to the negative impact of human activities on natural habitats. Rapid industrialization, without adequate environmental protection measures, has caused significant ecological imbalances, affecting both biodiversity and the quality of water, air, and soil resources.

In this context, the development of intelligent environmental monitoring solutions, capable of collecting and analyzing real-time data, becomes essential for preventing and managing ecological issues. The primary goal of this thesis is to provide an efficient solution for data acquisition and pre-processing in river ecosystems, offering users relevant real-time information and quick notifications in case of significant variations.

Additionally, the thesis structure includes an introduction, three main chapters, final conclusions, bibliographic references, and annexes, reflecting the entire process of developing and evaluating the proposed monitoring system.

Cuprins

INTRODUCERE.....	5
1. ANALIZA DOMENIULUI DE STUDII	6
1.1 Istoricul primelor măsurări.....	6
1.2 Poluarea mediului acvatic	6
1.3 Cauzele poluării.....	7
1.4 tipuri de poluare	8
1.5 Situația în Republica Moldova.....	8
1.6 Influenta asupra organismului uman	11
1.6.1 Influenta asupra organismelor acvatice.....	12
1.6.2 Dispariția speciilor	14
1.7 Masurile de prevenire a poluării apei	14
1.8 Studiul metodelor de analiza a calității apei.....	15
1.9 Descrierea soluțiilor existente	17
2. ANALIZA TEHNOLOGIILOR UTILIZATE	20
2.1 Visual Studio 2024	20
2.2 Arduino IDE	22
2.2.1 Librării utilizate.....	22
2.2.2 Optimizarea codului sursa în Arduino IDE	26
2.2.3 Bibliotecile optimizate	27
2.4 Easy EDA.....	28
2.4.1 Importanța prototipării pentru un dispozitiv	29
2.5 Limbajul de programare C++	30
2.5.1 Stocarea obiectelor în C++	31
2.5.2 Obiectele în C++	31
2.6 Protocolul de comunicare I2C	33
2.7 Universal Asynchronous Receiver-Transmitter (UART)	34
2.8 OneWire protocol	36
2.9 Unitatea de procesare ESP32	38
2.9.1 Senzori analogici	39
2.9.2 Interacțiunea cu senzori digitali	40
2.9.3 Conversia Analog-Digitală (ADC) în ESP32.....	40
2.9.4 Intoleranța ESP32 la 5V	41
2.10 Componentele unui Microcontroler	45
2.10.1 Avantajele Microcontrolerelor în Proiectele IoT	46
2.11 Sistemul de alimentare, bateria integrată	49
2.12 Modulul de conversie de tensiune 3.7V la 5V	52
2.12.1 Limitările alimentării interne ale ESP32.....	54
2.12.2 Utilizarea unui stabilizator de tensiune extern AMS117	55
3. Descrierea sistemului de monitorizare a ecosistemului de tip râu	59
3.1 Funcționalitatea sistemului de alimentare	60
3.1.2 Testarea sistemului de alimentare	60
3.2 Blocul de senzori	61
3.2.1 DHT.....	61
3.2.2 Senzorul de temperatură a apei Dallas DS18B20	63
3.2.3 Senzorul PH	64
3.2.3 Senzorul de particule dizolvate	66

3.2.4	Senzorul de turbiditate	68
3.2.5	Senzorul de flux al apei.....	70
3.3	Integrarea si testarea sistemului	72
3.4	Proiectarea modulului de afisare	73
CONCLUZII		76
Bibliografie.....		77

INTRODUCERE

Apa este un element natural, ce are resurse limitate, aceasta este un element critic în viața cotidiană fiind baza oricărui organism viu. Utilizarea irațională sau poluarea poate avea consecințe semnificative pentru agricultura, biodiversitate acvatică, sănătatea oamenilor și animalelor.

Supravegherea calității apei în ecosisteme acvatice este esențială pentru bunăstarea tuturor organismelor vii. Parametrii precum pH-ul, turbiditatea, temperaturile, fluxul și prezența contaminanților sunt esențiali pentru a determina bunăstarea unui mediu acvatic sau dacă prezintă riscuri ecologice.

Din istoric, primele măsurări în acest domeniu au fost efectuate în jurul anului 3000 î.Hr pentru a determina nivelul apei în râului Nil. Ulterior în Grecia antică, savanții studiau proprietățile apei, formulând primele teorii. Totodată inginerii dezvoltau construcții majore pentru a organiza canale de irigație și diguri pentru scurgerea apei în cazul unor inundații.

În trecut din cauza tehnologiilor limitate, măsurarea precisă a compoziției apei era imposibilă fiind una foarte superficială și limitată, deși era evident că este necesar efectuarea măsurilor pentru protejarea acesteia. În pofida acestui fapt, oamenii observau efectele poluării, cum ar fi: reducerea florei și faunei acvatice, schimbarea fluxului și culorii apei. Astfel aceasta problema nefiind studiată amănunțit, era evident că calitatea apei joacă un rol important în echilibrul biodiversității, ecosistemelor și chiar sănătatea umană.

Progresul științific în acest domeniu nu a fost unul rapid, însă conștientizarea importanței acestui subiect a existat chiar și din timpuri străvechi fiind limitat la măsurările precise.

Începând cu secolul XIX a avut loc industrializarea globală, ce se dezvoltă pe scară largă. Aceasta a avut un impact major asupra mediului înconjurător. Creșterea rapidă a industriei, urbanizării și transportului a dus la o poluare majoră pe întregul glob, ce a devenit o problemă majoră.

Înainte de revoluția industrială impactul asupra bazinului acvatic era limitat la activități simple precum pescuitul, irigațiile și alimentarea orașelor cu apă, deci era una mult mai redusă în comparație cu cea cauzată de industriile noastre moderne.

Cu timpul cât industrializarea a evoluat, poluarea apelor a devenit tot mai vizibilă, afectând atât sănătatea umană, cât și ecosistemele acvatice. Deși metodele științifice erau limitate, se observa impactul negativ al deșeurilor industriale și agricole deversate în râuri și lacuri. În absența unor metode precise de măsurare, soluțiile ce erau utilizate aveau mai degrabă efect de prevenire, bazate pe cunoștințe elementare menite să protejeze sursele de apă.

Cu timpul, progresul tehnologic a permis dezvoltarea de instrumente pentru analizarea parametrilor apei, precum pH-ul, oxigenul dizolvat și prezența contaminanților. Aceste măsurări au furnizat date esențiale, demonstrând legătura directă între poluare și afectarea ecosistemelor acvatice.

În prezent, datorită monitorizării avansate, autoritățile pot lua măsuri rapide pentru protejarea resurselor de apă și pot preveni riscurile asupra unor catastrofe ecologice și sănătății populației.

Pe parcursul timpului metodele de control și monitorizare a apei deveneau din ce în ce mai precise și performante, iar totodată importanța acestor acțiuni au fost acceptată de mai multe țări devenind una globală, fiind implementate legi stricte și regulamente pentru protejarea bazinului mondial.

Astfel, de la conștientizarea intuitivă a importanței apei curate până la monitorizarea modernă detaliată, protecția calității apei a evoluat, rămânând o prioritate pentru sustenabilitatea mediului și a vieții umane.

1. ANALIZA DOMENIULUI DE STUDII

1.1 Istoricul primelor măsurări

Înainte de a se dezvolta metode științifice ce au o precizie înaltă, evaluările se efectuau prin măsurări directe, cum ar fi nivelul apei.

Primele măsurări din acest domeniu au fost efectuate aproximativ în anul 3000 î.Hr., egiptenii foloseau Nilometru pentru a măsura nivelul apei râului Nil, aceasta era o bucată lungă de lemn, ce oferea informații esențiale pentru a planifica irigarea culturilor și prevenirea inundațiilor. Pescarii evaluau calitatea apei după prezenta vieții acvatice și clarității apei, iar agricultorii își ajustau metodele de irigare în funcție de comportamentul plantelor.

Măsurarea debitului se baza pe observații directe și cronometrarea mișcării apei pe o anumită distanță. În secolul XVII-lea matematicianul italian Evangelista Torricelli, a dezvoltat metode științifice pentru a măsura viteza apei folosind canale artificiale.

Revoluția științifică din secolul XVII-lea a oferit o înțelegere mai aprofundată a chimiei și biologiei, ceea ce a favorizat dezvoltarea unor tehnici de evaluare mult mai precise.

Unul dintre cei mai renumiți chimiști ce a studiat amănunțit acest domeniu a fost Antoine Lavoisier, el a demonstrat că apa este compus chimic și poate avea o mulțime de impurități, în acest context oamenii de știință au început să studieze mai minuțios compoziția ei. Joseph Black a realizat cercetări importante în anul 1750, ce au demonstrat prezenta calciului în apă.

După al doilea război mondial, odată cu creșterea activităților industriale și a urbanizării, s-a observat o creștere imensă a contaminării apelor ce a atins noi cote, iar populația a devenit mai conștientă în înțelegerea consecințelor și riscurilor asociate cu calitatea apei. În această perioadă au apărut primele reglementări și standarde pentru calitatea apei, impuse chiar și la nivel internațional.

Federal Water Pollution Control Act din anul 1948, este prima lege majoră adoptată de Statele Unite ale Americii care reglementa controlul poluării apelor, ce a fost focalizată spre controlul apelor folosite în industrie și construcția și proiectarea stațiilor de epurare. Mai târziu în 1972 a fost implementată o nouă lege, mult mai strictă numită Clean Water Act, aceasta a stabilit noi standarde pentru activitatea industriei și a introdus un sistem de permise de deversare, ce a impus obligații pentru protecția păstrării ecologiei. Aceasta continua să fie unul dintre cele mai importante acte legislative din SUA, care pe parcursul timpului se actualizează cu noi restricții, pentru protecția apei.

Directiva europeană pentru apă potabilă din 1980, Uniunea Europeană, a adoptat o directivă pentru toate statele membre, stabilind noi standarde pentru apă potabilă, inclusiv normele pentru concentrația cu microelemente și substanțe organice. Totodată aceasta a stabilit și o metodologie unică pentru testarea și monitorizarea regulată a apei. Aceasta a fost actualizată în anul 2000 ce asigură calitatea protecției apei până în 2027, și introduce conceptul de gestionare a tuturor rețelelor și bazinelor hidrografice, totodată adoptă și principiul „poluatorul plătește”.

De-a lungul istoriei până în prezent se adoptă noi legi și regulamente pentru monitorizarea și protecția ecosistemelor acvatice, impunând standarde din ce în ce mult mai stricte pentru industrie, multe din ele fiind adoptate în secolul trecut, acestea continua să fie dezvoltate până în prezent. Acest fapt demonstrează importanța majoră misiunii globale de protecție și monitorizare a bazinului mondial.

1.2 Poluarea mediului acvatic

Mediul acvatic reprezintă totalitatea de apă de pe globul pământesc inclusiv apele dulci și sărate, ce cuprinde (lacuri, râuri, mari, oceane, pâraie, ape subterane și bazinele acvatice artificiale). Acestea sunt medii viabile ce joacă un rol enorm pentru menținerea biodiversității și vieții umane. Toate acestea joacă un rol masiv în procese ecologice, cum ar fi ciclul apei și dioxidul de carbon, care este implicat la reglarea climei globale. Din păcate acesta este afectat din ce în ce mai

semnificativ cauzata de activitățile umane, în marea parte de țările slab dezvoltate, ce nu au implementat careva reguli sau legi stricte pentru protecția mediului.

Efectele poluării sunt vizibile chiar și cu ochiul liber, la nivel global fiind unul din factorii principali în pierderea diversității organismelor acvatice, ceea ce afectează întregul lanț trofic inclusiv apa potabilă și alimentele. Deși există măsuri ce sunt axate pentru protecție, acestea nu pot acoperi integral daunele ce au fost produse secole întregi, însă este posibil de limitat extinderea problemei.

În secolul XX și XXI au avut loc mai multe catastrofe ecologice care la rândul său au afectat considerabil mediul acvatic:

- Deversarea de petrol Exxon Valdez, aceasta este una dintre cele mai considerabile catastrofe ecologice din istorie, petrolierul Exxon s-a scufundat în golful Prince William din Alaska, în urma căreia s-au deversat aproximativ 41 de milioane de litri de petrol, ce au distrus milioane de animale și a afectat ecosistemele locale, ce au avut de suferit decenii din cauza petrolului.
- Catastrofa de la Cernobîl 1986, explozia reactorului nuclear, a avut impact asupra mediului acvatic regional care la rândul său au continuat să răspândească radiațiile în Belarus, Ucraina și Rusia, contaminând apa pe un termen îndelungat, unele zone sunt periculoase și în zilele de astăzi.
- Deversarea de cianuri în râul Tisa din anul 2000, în acel moment România și Ungaria a avut loc o deversare de cianuri dintr-o mină de aur, ce a afectat râul Tisa și afluenții săi, ce a distrus practic toată biodiversitatea și a afectat grav sănătatea oamenilor localnici.
- Deversarea de petrol Deepwater Horizon ce a avut loc în 2010 în Golful Mexicului, a fost una dintre cele mai grave catastrofe din istorie. Circa 5 milioane de barili de petrol au pătruns în apă, care la rândul său au afectat o mare regiune adiacentă accidentului, milioane de pești, păsări și mamifere au suferit. Din păcate eforturile depuse pentru a curăța regiunea afectată au avut un succes parțial.
- Scurgerea de petrol în râul Nistru ce a avut loc pe data de 24.12.2022 a avut loc pe teritoriul Ucrainei în orașul Halici. Studiile de laborator au arătat valori ce depășesc standardele admise de 200 de ori.

Aceste cazuri subliniază importanța reglementării stricte și monitorizării continue pentru a proteja habitatul natural, măsurile continue în acest domeniu ridică gradul de succes al unei intervenții rapide, ce ar putea preveni o nouă catastrofă.

1.3 Cauzele poluării

Poluarea apei este procesul de contaminare a bazinului acvatic indiferent de tipul care îl prezintă, fiind râu, lac, mare, ocean sau apă subterană care afectează în mod implicit sănătatea organismelor vii. Aceasta de obicei este cauzată de activitățile umane sau fenomene naturale. La momentul prezent este una dintre cele mai mari probleme ecologice, ce are multiple surse, cauze și consecințe.

- Deșeurile industriale: confecțiile și activitățile industriale sunt una din cele mai semnificative surse de poluare a apei. Substanțele chimice și metalele grele precum (plumb, mercur, arseniu), reziduurile toxice sunt scurse în apă prin evacuarea deșeurilor. Substanțele enumerate pot cauza schimbări grave în compoziția apei, iar utilizarea ei poate afecta grav bunăstarea organismelor vii.
- Deșeurile menajere și plasticul, deseori acestea sunt aruncate în apă în cantități mari. Cea mai mare problemă este timpul îndelungat de descompunere, aceasta poate persista sute de ani, afectând grav ecologia globală. Pe lângă aceasta studiile recente demonstrează că micro plasticul este prezent în țesuturile peștelui ce ulterior se folosește în alimentație.

- Agricultura de asemenea este o sursa de poluare, pesticidele, erbicidele si îngrășămintele utilizate in domeniu pot ajunge cu ușurință prin scurgerea apelor de ploaie sau prin infiltrare in sol. La rândul sau aceasta afectează grav biodiversitatea acvatica ducând la dispariția oxigenului din apa prin înmulțirea algelor pe baza la nutrienți.
- Deversările de petrol, acestea in mod special poluează apa, petrolul formează o pelicula subțire la suprafața care împiedica schimbul de oxigen si dioxid de carbon, de asemenea afectează si fotosinteza plantelor acvatice. Totodată acesta poate afecta si animalele, ce pune sub pericol toata ecosistema acvatica.
- Deversările de ape uzate, in multe orașe se întâlnește acest fenomen, apele sunt scurse direct fără a fi trecute prin stații de epurare. Aceste pot conține substanțe organice, bacterii, viruși si alți patogeni, care la rândul sau prezinta un pericol biologic sporit.
- Poluarea naturala, nu este cauzata de activitatea umana. De obicei provine de la erupțiile vulcanice, alunecările de teren sau fenomene climatice ce pot elibera substanțe chimice in apa. Totuși impactul acestora este considerent mai mic in comparație de cel cauzat de activitățile umane.

1.4 tipuri de poluare

Poluarea mediului acvatic este o problema majora este procesul de contaminare prin care se introduc substanțe chimice nocive sau materiale biologice, ce afectează pe larg bunăstarea tuturor organismelor vii. Poluarea este clasificata in diverse tipuri, precum:

- Poluarea chimica: include o serie larga de substanțe toxice precum îngrășămintele, pesticide si metale grele, acestea provin de regula din agricultura, si industrie de prelucrare a materiilor prime, metalelor si etc. Poluarea a dus la dispariția unor specii acvatice precum Vallisneria americana in zonele industriale ale Americii de Nord, care oferă un habitat natural pentru alte organisme.
- Poluarea biologica: subînțelege introducerea bacteriilor, virusurilor si organismelor patogene, ce pot afecta grav sănătatea publica sau chiar si apariția unei epidemii asemenea epidemiei de holera din Europa anii 1899-1923.
- Poluarea fizica: reprezintă contaminarea cu substanțe solide cum ar fi deșeuri, printre care cele mai răspândite este plasticul si micro plasticul. Se estimează aproximativ 50-75 trilioane de bucăți de plastic, aceasta este strâns legat de dispariția speciilor cum ar fi broasca țestoasa de mare (*Chelonia mydas*) si unele specii de rechini si delfini ce înghit bucățile de plastic sau se încurca in ele.
- Poluarea termica se refera la creșterea temperaturii apei, de regula cauzata de activitățile industriale cum ar fi uzinele metalurgice, fabricile si centralele electrice, care la rândul sau scurg apa calda in râuri. Aceasta cauzează scăderea nivelului de oxigen, ce afectează grav viața organismelor acvatice, provocând schimbări in întregul lanț trofic al unei ecosisteme pe scara larga.

Aceste forme de poluare pun in pericol biodiversitatea si resursele de apa potabila. Diferite statistici reflecta aceasta problema, peste 80% de apa uzata este evacuata in mediu fără a fi procesata de stații de epurare. Aceste date demonstrează importanta protejării mediilor acvatice pentru a salva bazinul acvatic mondial.

1.5 Situația în Republica Moldova

Republica Moldova in prezent conlucrează cu organizații internaționale pentru a îmbunătăți calitatea apei si pentru a proteja ecosistemele sale principale. Se fac eforturi pentru crearea unui cadru legislativ mai strict in ceea ce privește protecția apei si epurarea ei. De asemenea se elaborează acorduri internaționale, cum ar fi cel dintre Moldova si Ucraina pentru protejarea Nistrului.

- Legea apelor nr.272 din 2011- aceasta este principala lege care reglementează protecția și utilizarea apei. Aceasta include reglementări privind prevenirea și controlul poluării apelor, conservarea ecosistemelor acvatice și promovează utilizarea moderată a apei în activitatea zilnică și economică. Legea este bazată pe Directivele Uniunii Europene.
- Strategia Națională de Management al resurselor de apă (2013-2030)- aceasta stabilește obiectivele pe termen lung pentru gestionarea resurselor de apă și include măsuri pentru reducerea consumului, conservării biodiversității și poluării. Strategia promovează adoptarea practicilor pentru agricultură și industrie, ce propune investiții în sistemele de epurare a apelor uzate și implementarea tehnologiilor și practicilor noi pentru monitorizarea și controlul poluării.
- Programul Național de Îmbunătățire a Calității Apei din 2017- are drept scop de a reduce poluarea apelor în principalele bazine acvatice, inclusiv Nistru și Prut. Programul prevede modernizarea și extinderea infrastructurii de epurare a apelor uzate și implementarea tehnologiilor de control, pentru a reduce nivelul substanțelor nocive din apă.
- Acordul de cooperare cu Ucraina pentru protecția și utilizarea sustenabilă a râului Nistru din 2012- acesta este un acord bilateral ce are drept scop protecția râului Nistru, care prevede gestionarea resurselor acvatice și monitorizarea calității apei de ambii participanți. Acordul urmează să asigure utilizarea sustenabilă a resurselor râului Nistru, prevenind poluarea și degradarea mediului acvatic. Totodată acesta reglementează utilizarea comună a barajelor și lacurilor de acumulare pentru a preveni secetele și inundațiile.
- Acordul de asociere cu Uniunea Europeană din 2014- datorită semnării acestui act Moldova tinde să se alinieze la standardele europene, inclusiv directivele legate de apă, ce are ca scop să implementeze măsuri pentru îmbunătățirea calității apei, reducerea poluării industriale și agricole și protecția resurselor de apă.

Deși Republica Moldova a dezvoltat un cadru legislativ consistent pentru protecția resurselor acvatice și a implementat diverse programe, aplicarea și monitorizarea efectivă a acestora rămâne slab dezvoltată. Legislația în vigoare, precum Legea Apelor și diverse strategii, acorduri internaționale și programe, cum ar fi colaborările cu Ucraina și România pentru protejarea râurilor Nistru și Prut, au scop reducerea poluării și conservării biodiversității acvatice. Totuși implementarea lor reală este deseori limitată de resursele financiare și capacitatea scăzută de monitorizare și analiză.

Din păcate, analiza regulată ale ecosistemelor și calității apei nu sunt realizate constant nici la standardele impuse de organizațiile și acordurile internaționale, ceea ce face dificilă identificarea și gestionarea surselor de poluare pentru prevenirea lor. În multe cazuri, poluanții proveniți din industrie, agricultură, gospodării și infrastructura orașelor nu sunt corect controlați, punând în pericol starea râurilor Nistru și Prut, ce sunt esențiale pentru Republica Moldova.

Astfel, în pofida eforturilor depuse pe hârtie, calitatea apei în Republica Moldova lasă de dorit. Este necesar o abordare mai strictă în ceea ce privește monitorizarea, prevenirea și aplicarea sancțiunilor pentru a preveni degradarea ecosistemelor acvatice.

Fără o schimbare semnificativă la abordarea statului asupra situației date, riscurile asupra sănătății populației și mediului înconjurător continua să crească.

Catastrofele ecologice din Republica Moldova care au afectat bazinul acvatic național, în special Nistru și Prut, majoritatea au fost cauzate de diverse activități umane. Acestea au variat de la poluarea cauzată de agricultură până la construcția de hidrocentrale și gestionarea necorespunzătoare a scurgerilor. Cele mai grave fiind:

- Poluarea industrială din perioada sovietică (1950-1980)- în această perioadă Moldova a fost puternic industrializată, iar multe întreprinderi au fost proiectate fără măsuri de protecție a mediului corespunzătoare standardelor sau chiar lipsa lor. Substanțele toxice, metalele grele și apele uzate au fost evacuate direct în râuri fără a fi tratate corespunzător.

- Construcția barajului de la Dubăsari din 1954- a fost construit pe râul Nistru pentru a furniza energie electrica si a reglementa debitul apei. Totuși acest baraj a avut impact negativ asupra ecosistemului Nistrului, provocând modificări semnificative in nivelul apei. Formarea lacului de acumulare de la Dubăsari a dus la schimbarea regimului hidrologic al Nistrului, afectând habitatele naturale si speciile de pești sensibile la schimbările de temperatura a apei si nivelul oxigenării ei.
- Construcția hidrocentralei de la Novodnестrosk, Ucraina ce a avut loc in 1983, a avut efecte semnificative asupra rețelei hidrografice a Nistrului. Aceasta a modificat regimul de debit al râului mai ales in perioadele secetoase, care la urma sa a provocat scăderi majore a nivelului apei. Din cauza lipsa unor debite suplimentare, râul a avut de suferit in special ce privește biodiversitate din cauza modificării temperaturii si saturației cu oxigen. De asemenea a fost afectata si agricultura si aprovizionarea Chișinăului cu apa potabila.
- Poluarea cu deșeuri menajere si lipsa sistemelor de epurare, aceasta problema este actuala până in prezent, infrastructura de epurare a apei a rămas slab dezvoltata in multe regiuni ale Moldovei, in special in localitățile mici de-a lungul Nistrului si Prutului. Reieșind din acest fapt o mare parte de apele uzate este evacuata direct in râu fără a fi tratate corespunzător. Aceasta poluare a dus la apariția bacteriilor patogene si altor contaminații periculoase.
- Poluarea transfrontaliera, având in vedere ca râurile Prut si Nistru traversează mai multe tari, inclusiv Ucraina si România, Republica Moldova se confrunta cu poluarea transfrontaliera, din cauza lipsa unui control strict. La moment exista o înțelegere dintre Moldova si Ucraina, ce are drept scop protecția râului Nistru, dar din păcate acesta nu este necesar pentru a preveni acest tip de poluare.

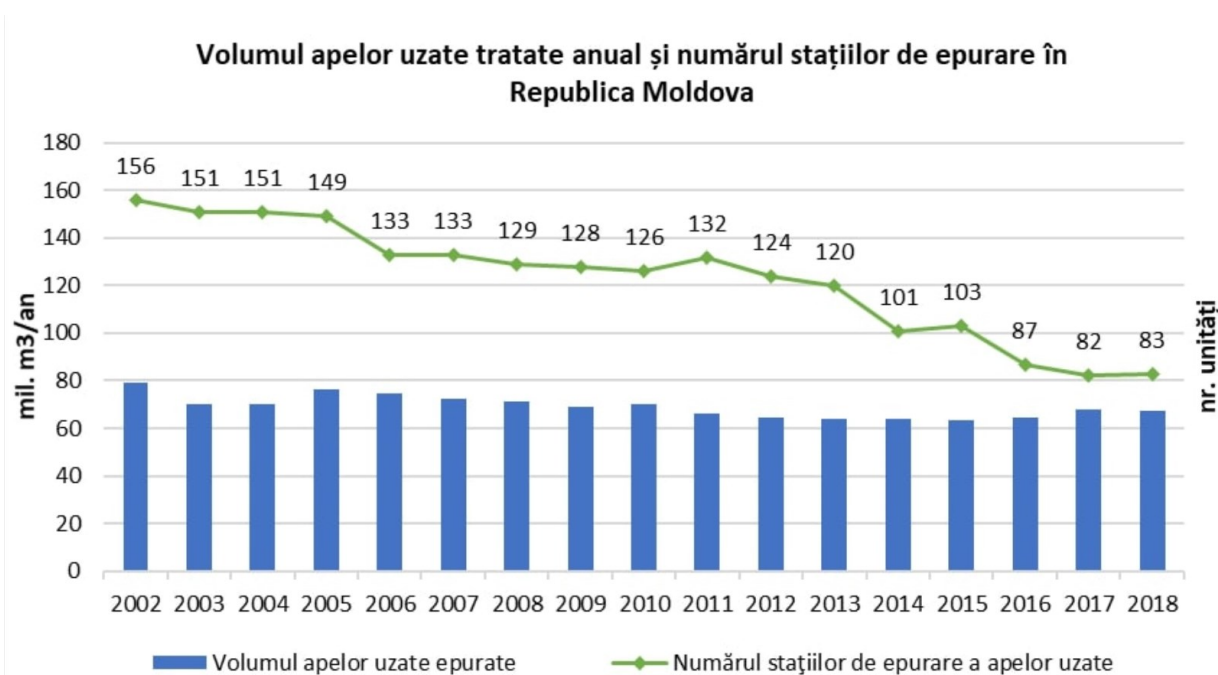


Figura 1.1 Volumul apelor uzate tratate anual și numărul stațiilor de epurare în Republica Moldova

În prezent Republica Moldova conlucrează cu organizații internaționale pentru a îmbunătăți calitatea apei si prevenirea contaminării ei. Se fac eforturi pentru crearea unui cadru legislativ mai strict in ceea ce privește protecția apei, pentru dezvoltarea noilor proiecte axate spre programe de epurare a apelor uzate si pentru promovarea utilizării produselor agricole ecologice. Având in vedere vulnerabilitatea Moldovei si poziția ei fizico-geografica, scopul de a proteja rețelele hidrografice este unul extrem de important.

În Republica Moldova locuitorii beneficiază de servicii de alimentare si canalizare centralizata 81% din populație urbana si 17% din populație rurala. Sistemele comunale de alimentare cu apa funcționează in 57 orașe si 77 sate, ceilalți utilizează fântâni de mina si izvoare.

1.6 Influenta asupra organismului uman

În majoritatea cazurilor calitatea apei din marea parte a surselor cu excepția celor arteziene nu corespunde normelor stabilite, analizele efectuate de către organele sanitare indica numeroase depășiri ale limitelor parametrilor chimici ale apei, fapt ce contribuie la apariția mai multor boli. Aproximativ 21% din bolile studiate sunt strâns legate de consumul de apa potabila, ce poate depăși normele sanitare de câteva ori. Pe când raportul bolilor cauzate de apa în Europa de Vest oscilează la nivelul de 6%. În 87% din fântâni se confirma o poluare a apei cu compuși ai azotului cum ar fi nitrații si nitriții.

În opinia savanților americani, in urma studiilor efectuate in domeniul dat, consumul de apa pura poate prelungi viața omului aproximativ cu 8-10 ani. Apa potabila ce corespunde normelor, are o influenta asupra proceselor fiziologice si bio-chimice, care la rândul sau contribuie la creșterea imunității organismului, îndeosebi la acelea persoane care duc un mod de viața activ.

Pe parcursul al multor secole era considerat ca apa este doar un ajutor pentru aportul caloric, metabolic si energetic in corpul uman. Astăzi a fost demonstrat ca apa la nivelul celulelor este implicata in toate procesele biologice. Sărurile si microelementele sunt indispensabile in procesele bio-chimice, si fiecare abatere a calității apei schimba raportul dintre diverși anioni si cationi care la rândul sau pot duce la moartea celulelor. Aceste procese sunt mult mai răspândite de cit poate para la prima vedere si stau la baza multor sindrome si boli. Circulația apei si electroliților bazata pe ea, constituie un sistem complex asemenea circulației sangvine.

Analizele de laborator a probelor pentru testarea în condiții de laborator ce au fost efectuate anterior din zonele de centru, nord si sud (tabelul 1), în urma analizei a fost depistat un grad sporit de mineralizare, ce este specific pentru regiunea centru si sud ale Republicii Moldova.

Tabelul 1.1 Compozita chimica a apei din fântânile de mina din zonele rurale.

		Localitățile	pH	NO ₃ ⁻ , mg/dm ³	Calciu, mg/dm ³	Mg, mg/dm ³	Duritatea totala, mg/dm ³	Cl ⁻ , mg/dm ³	SO ₄ ²⁻ , mg/dm ³	Fe total, mg/dm ³	Alcalinitatea, mg/dm ³	HCO ₃ ⁻ , mg/dm ³	Reziduu sec, mg/dm ³	Σ(Na ⁺ +K ⁺), mg/dm ³	Mineralizarea, g/dm ³
NORD	Drochia	7,56 ±0,17	247,45 ±75,62	74,4 ±2,24	155,2 ±27,12	16,48 ±2,03	130,63 ±19,8	112,5 ±29,19	0,03 ±0,01	10,8 ±0,89	659,0 ±54,28	1437,25 ±226,44	196,98 ±33,02	1,58 ±0,12	
	Glodeni	7,72 ±0,48	286,67 ±16,17	59,1 ±10,07	130,53 ±19,01	13,53 ±2,01	141,67 ±24,89	117,73 ±19,67	0,03 ±0,01	11,97 ±0,88	730,23± 53,95	1384,17 ±235,35	237,47 ±35,87	1,7 ±0,24	
	Rîșcani	7,58 ±0,3	144,1 ±12,2	46,1 ±3,06	100,53 ±11,11	10,57 ±1,05	100 ±5,77	121,6 ±9,8	0,03 ±0,01	10,87 ±1,01	663,1 ±61,87	918 ±81,87	198,8 ±46,25	1,37 ±0,24	
	Sîngerei	7,2 ±0,08	60,4 ±20	48,1 ±12	58,95 ±4,25	7,25 ±0,25	91,25 ±21,25	375,75 ±38,15	0,03 ±0,01	11,6 ±0,1	707,8 ±6,1	1382,0 ±256,0	393,0 ±81,0	1,74 ±0,2	
	Soroca	7,76 ±0,17	195,38 ±9,47	83,94 ±14,18	121,22 ±21,17	14,16 ±2,13	120,0 ±20,25	156,12 ±37,21	0,03 ±0,01	10,8 ±0,79	659,02 ±48,32	1154,6 ±170,13	160,48 ±28,15	1,5 ±0,17	
CENTRU	Hîncești	7,28 ±0,08	159,37 ±41,01	70,015 ±9,27	149,09 ±24,84	16,21 ±2,15	155,01 ±30,26	528,34 ±163,87	0,03 ±0,01	11,13 ±0,4	679,13 ±24,71	1728,35 ±242,51	319,46 ±52,64	2,07 ±0,24	
	Ialoveni	7,36 ±0,08	33,52 ±6,71	135,62 ±26,52	132,71 ±11,61	17,68 ±1,68	152,98 ±20,35	237,67 ±34,54	0,03 ±0,01	10,01 ±2,21	611,1 ±22,21	1504,1 ±166,43	172,74 ±19,22	1,78 ±0,16	
	Nisporeni	7,3 ±0,11	230,75 ±9,29	141,78 ±29,46	83,3 ±15,12	13,93 ±2,18	108,75 ±7,7	138,18 ±5,85	0,03 ±0,01	9,09 ±1,62	554,53 ±98,98	1090,25 ±238,65	120,55 ±4,44	1,38 ±0,23	
	Orhei	7,36 ±0,4	64,4 ±64,3	93,15 ±3,05	117,95 ±3,65	14,35 ±1,25	127,5 ±3,5	599,5 ±36,2	0,03 ±0,01	9,6 ±0,4	585,8 ±24,4	1626,5 ±59,5	309,35 ±45,85	1,9 ±0,44	
	Șoldănești	7,29 ±0,1	174,0 ±12,3	106,2 ±6,1	86,3 ±7,3	12,4 ±2,6	107,5 ±2,5	110,9 ±8,9	0,06 ±0,03	8,7 ±1,5	530,85 ±91,55	988,0 ±63,0	115,85 ±8,35	1,23 ±0,01	
	Ungheni	7,36 ±0,29	144,97 ±8,92	44,73 ±14,47	115,93 ±5,33	11,77 ±1,85	81,67 ±18,56	542,93 ±54,9	0,03 ±0,01	15,87 ±3,92	968,2 ±239,4	1885,83 ±498,15	501,3 ±181,83	2,4 ±0,59	
SUD	Căușeni	7,67 ±0,42	258,67 ±25,22	67,13 ±3,13	95,47 ±6,35	11,2 ±1,25	171,67 ±7,18	301,7 ±21,03	0,03 ±0,01	10,83 ±1,04	661,03 ±63,43	1591,33 ±77,85	373,13 ±51,92	1,93 ±0,82	
	Cahul	7,16 ±0,13	101,66 ±31,85	83,16 ±26,58	89,14 ±13,93	9,48 ±2,17	115,5 ±20,62	370,08 ±45,37	0,03 ±0,01	7,5 ±0,99	458,26 ±59,98	1234,2 ±51,04	215,38 ±70,92	1,43 ±0,5	
	Canemir	6,97 ±0,01	85,0 ±5,3	72,15 ±18,05	82,1 ±16,4	10,35 ±2,25	131,25 ±1,25	268,7 ±20,2	0,03 ±0,01	10,65 ±0,05	649,85 ±3,05	1216 ±107,0	274,2 ±23,5	1,56 ±0,09	
	Leova	7,51 ±0,1	385,31 ±33,16	207,66 ±38,72	152,46 ±29,0	22,9 ±3,43	445,63 ±79,3	1073,56 ±178,59	0,03 ±0,01	8,24 ±0,56	502,63 ±34,39	3276,13 ±264,86	66,58 ±3,18	3,43 ±0,23	
	Vulcănești	7,57 ±0,21	386,55 ±35,65	171,35 ±15,05	108,2 ±13,4	17,45 ±1,85	156,25 ±4,75	159,55 ±8,45	0,03 ±0,01	10,3 ±0,1	628,5 ±6,1	1453,75 ±407,25	170,25 ±9,75	1,78 ±0,44	

În realitatea zilelor de astăzi apa nu este doar un mijloc pentru tratarea setei, dar în dependența de compoziția sa chimică poate servi și ca mijloc de tratament, cu scop profilactic asupra unor boli. Toate aceste aspecte sugerează importanța ridicării culturii de tratare a apei de către populație.

Apa potabilă conține numeroase microelemente esențiale pentru bunăstarea omului, fiecare din ele are rolul sau specific în menținerea echilibrului fiziologic și bio-chimic.

- pH- este o măsură a acidității sau alcalinității ce indică concentrația ionilor de hidrogen în apă, conform standardelor un pH optim este situat între 6,5 și 8,5. În cazul unor valori mai înalte acesta influențează negativ metabolismul, iar în cazul unor valori joase, apa are valori acide și poate provoca sistemul digestiv.
- NO₃- nitrații în concentrație ridicată sunt toxici, în special pentru copii, acestea sunt transformați în nitriți în organism ce ulterior afectează grav transportul de oxigen în sânge, iar în urma unei expuneri îndelungate poate provoca cancer gastric, deoarece în mediul acid alte microelemente pot fi transformați în substanțe toxice.
- Calciu- este prezent din rocile calcaroase, în primul rând aceasta contribuie la duritatea apei. Calciul este vital pentru sănătatea oaselor, dinților, sistemului nervos și scade riscul unor afecțiuni osoase. Dar în cazul unei concentrații sporite poate cauza formarea calculilor renali.
- Mg- este un element esențial ce contribuie la duritatea apei. Acesta susține bunăstarea nervoasă și musculară, în cazul unei concentrații sporite afectează echilibrul de calciu și boli metabolice.
- Cl- Nivelul sporit de pot poate cauza hipertensiune arterială și afectează funcția renală întrucât la persoane ce suferă de boli cardiovasculare. În cantități optime acesta servește la funcționarea celulară stabilă.
- SO₄- acestea provin din minerale naturale. Fiind prezenți în apă în concentrație mare pot provoca tulburări digestive și diaree. Apa cu conținut ridicat poate avea un gust amar, neplăcut.
- Fe- fierul este un element esențial pentru corpul uman, aceasta facilitează transportul oxigenului în organism prin intermediul sângelui. Excesul fierului afectează sistemul digestiv și ficatul
- HCO₃- provine din minerale dizolvate, acesta contribuie la echilibrul acido-bazic al organismului, facilitând digestia, în cazul concentrației sporite de asemenea afectează sistemul digestiv.
- Na- sodiul este un element esențial, care participă la echilibrul electrolitic. În cantități mari provoacă tensiune arterială ridicată, întrucât de periculos la persoane cu dificultăți cardiovasculare și renale.
- K- potasiul, este un alt electrolit important pentru funcționarea sistemului nervos și muscular, contribuie la echilibrul electrolitic. Excesul acestui element poate fi periculos la persoane cu insuficiență renală și poate cauza aritmie cardiacă.

Evaluarea constantă a parametrilor chimici ai apei este importantă pentru sănătatea umană, deoarece fiecare element poate avea efecte benefice și negative. Menținerea echilibrului microelementelor este esențial pentru sănătate.

1.6.1 Influența asupra organismelor acvatice

Poluarea apei este o problemă mult mai complexă, ce are o serie largă de consecințe devastatoare asupra ecosistemelor acvatice. Organismele acvatice cum ar fi peștii, algele sau microorganisme sunt afectate în profunzime din cauza contaminării apei. Există multiple cauze și surse ce cauzează acesta.

Organismele acvatice, cum ar fi peștii absorb substanțele toxice din apa ceea ce duce direct la schimbarea țesutului organismelor și compoziției biochimice al organismului, de regula cele mai expuse părți sunt branhiile, rinichii și ficatul.

Nitrații ce sunt dizolvați în apa au un efect semnificativ asupra organismelor acvatice, aceștia provin din agricultura din cauza utilizării îngrășămintelor în mod irațional, în cazul concentrații ridicate pot duce la schimbări semnificative.

Nitrații ce sunt găsiți în urma analizei, au o concentrație scăzută de obicei din cauza instabilității lor, ele sunt ușor oxidați și transformați în amoniac de către bacterii, aceștia sunt produsul final al descompunerii aerobe a compușilor organici cu azot. Principala sursă de poluare fiind agricultura. Efectul asupra peștilor acestui compus este complet studiat, studiile demonstrează că ionii de nitriți sunt absorbiți în sângele peștelui de celulele branhiilor, aceștia în sânge se leagă de hemoglobină ceea ce reduce semnificativ capacitatea de transport al oxigenului în sânge. Acest fenomen poate fi observat și cu ochiul liber în cauza unei afecțiuni grave, unul dintre indicii este culoarea maro a sângelui și branhiilor, nivelul maxim de metemoglobina fiind de 70% în urma căreia peștii pier, iar în cazul unei concentrații înalte circa 50% își pierd orientarea și nu sunt capabili să reacționeze la stimuli.

În cazul unei concentrații sporite, la alge acestea stimulează creșterea lor, având un efect fertilizator, există și un fenomen numit *blooming algal*, aceste înfloriri masive pot duce la reducerea cantității de lumină, care la rândul său duce la o altă serie largă de consecințe bazate pe fotosinteză.

Micro plasticul este particula mică de plastic cu dimensiunea sub 5mm, la momentul actual reprezintă una dintre cele mai grave amenințări ecologice pentru ecologie, acestea provin din descompunerea deșeurilor de plastic mai mari. Peștii sunt expuși la acest fenomen, influența acestuia asupra organismului lor poate duce la acumularea substanțelor chimice din mediul înconjurător, care la rândul său pot afecta grav sănătatea lor. Totodată micro plasticul reduce semnificativ eficiența procesului de respirație, particulele mici rămân în căile respiratorii, iar în cazul unei concentrații mari peștii pot pierde abilitatea de orientare în spațiu fiind mai vulnerabili pentru prădători. Pentru fitoplancton, care este la baza lanțului trofic acvatic, micro plasticul reprezintă de asemenea un pericol. Aceste particule pot interfera cu capacitatea lui de a efectua fotosinteza, care la rândul său are un impact major asupra biodiversității acvatice.

Metalele grele, cum ar fi mercurul, cadmiul și plumbul, arseniul, cromul au un impact profund și negativ asupra organismelor acvatice. Acești poluanți nu degradează în mod natural și persistă un timp îndelungat în mediu și sunt extrem de toxice chiar și în concentrații mici. La pești, expunerea la metalele grele duce la probleme grave de sănătate, aceasta afectează sistemul nervos provocând tulburări de comportament și coordonare. Plumbul poate interfera cu procesele metabolice și poate dauna țesuturile organismului în special ficatul și rinichii. Cadmiul și cuprul pot afecta funcția branhiilor, reducând capacitatea peștelui de a consuma oxigen pentru a supraviețui. Metalele grele au un efect bioacumulării și bioamplificator și bioamplificator. Bioacumularea se referă la acumularea metalelor grele în organism pe măsură ce acestea absorb substanțe toxice din mediu înconjurător. Impactul acestui fenomen este mult mai devastator decât impuritățile trec prin întregul lanț trofic, și toți sunt afectați.

Turbiditatea apei reprezintă măsura cantității de particule suspendate în apă cum ar fi nisipul, solul, argila și alte substanțe solide. Acesta poate fi cauzată atât de factori naturali cum ar fi eroziunea de sol și erupțiile vulcanice, cât și de activitatea umană. Din cauza turbidității sporite peștii pot pierde orientarea din cauza scăderii vizibilității, de asemenea aceasta poate cauza leziuni grave la sistemul respirator atât și moartea acestora din cauza concentrației scăzute de oxigen. Algele sunt organisme ce viețuiesc datorită la procesul de fotosinteză, deci depind de lumină printru a produce energie, cantitatea de lumină insuficientă limitează creșterea și dezvoltarea lor. Unele specii pot însă beneficia de acest lucru din cauza prezentei substanțelor nutritive în urma fenomenului de turbiditate sporită, în aceste cazuri pot fi înregistrate o creștere sporită, ceea ce poate duce la un dezechilibru în sistem favorizând dezvoltarea speciilor dăunătoare, acest proces este cunoscut sub numele de *autorizare*, aceasta poate duce la scăderea oxigenului dizolvat în apă și

moartea altor organisme sensibile. Microorganismele acvatice cum ar fi bacteriile, protozoarele si fitoplanctonul pot de asemenea fi afectați de turbiditate, chiar daca acestea pot supraviețui in acestea condiții, acest factor influențează in mod direct modul in care acesta descompun substanțele organice din apa.

1.6.2 Dispariția speciilor

Dispariția speciilor din bazinul acvatic mondial reprezintă una dintre cele mai mari probleme ecologice al secolului XXI. Peștii sunt un element crucial in menținerea echilibrului ecosistemelor acvatice fiind o sursa de hrana. De-a lungul decadelor, peștii suferă de un declin constant din cauza pescuitului, iar poluarea apei s-a dovedit a fi o noua cauza cu efecte m-ai grave, ce ridica pericolul dispariției unor specii. În mod tradițional, râurile, lacurile, marile si oceanele erau considerate surse nelimitate, însă in prezent, activitățile industriale, agricole si urbane au dus la o poluare severa a apelor, afectând habitatul natural al florei si faunei acvatice. Pe lângă poluare, construirea barajelor si a infrastructurii hidrotehnice si pescuitul excesiv sunt principalii factori care contribuie la dispariția speciilor si biodiversității. Peștii migratori au fost nevoiți sa își abandoneze habitatul tradițional din cauza modificării temperaturii a apei sau cursurilor ei.

In urma industrializării globale in secolul XIX, a fost cauzata o combinație de factori cum ar fi pescuitul pe scara larga sau poluarea si schimbările climatice, acestea au dus la declinul populației peștilor, multe printre care sunt declarate oficial dispărute.

In secolul XXI au dispărut multe specii, câteva din ele sunt:

- *Cyprinodon alvarezii* – cauza dispariției poluarea severa si intervențiile umane a fost declarat dispărut in anul 2000 din lacul Tequila, Mexic.
- *Barbus microbarbus* – cauza dispariției distrugerea habitatului din cauza construcției de baraje si competiția cu alte specii, a dispărut din râurile din sudul Africii.
- *Carcharhinus obsoletus* – cauza dispariției pescuitul excesiv si poluarea apei, au dus la declinul rapid al acestei specii din oceanele din Asia de sud
- *Huso huso* – cauza dispariției pescuitul excesiv si construirea barajelor au dus la scăderea drastica a populației acestei specii migratoare din regiunea Marii Caspice si râurilor Federatiei Ruse.
- *Bucephalus fish* – a dispărut din invazia altei specii care a fost nevoita sa schimbe habitatul din cauza modificării rețelei hidrografice si poluării chimice a apelor, ca urmare habitatul natural nu corespunde pentru supraviețuire, locul dispariției Lacurile si râurile din sudul Americii de Sud.
- *Barbus meridionalis* – a dispărut din cauza poluării apei, activităților agricole si pescuitului excesiv, fiind dispărut din regiunea mediteraneeana in special râurile din sudul Franței si Spaniei.

Dispariția acestor specii de pești in secolul XXI este un semn alarmant privind impactul devastator al activităților umane asupra ecosistemelor acvatice. Poluarea, pescuitul excesiv, construcția de baraje si introducerea speciilor invazive sunt factorii principali care au dus la scăderea biodiversității in mai multe regiuni ale globului pământesc. Este extrem de important de aplicat masuri pentru monitorizarea si protecția ce ar permite conservarea speciilor de pești si habitatelor sale naturale.

1.7 Masurile de prevenire a poluării apei

Primele măsuri de prevenire a poluării apei au fost adoptate in contextul nevoii urgente de a proteja ecosistemele acvatice si a conserva resursele naturale. Una dintre primele implementări legislative a fost legea privind apa curata (Clean Water Act) din 1948, adoptată in Statele Unite. Aceasta reprezintă o primă încercare de reglementare a deversărilor industriale si de îmbunătățire a

calității apei. În 1972, legea a fost modificată semnificativ, ce a introdus standarde mai stricte pentru eliminarea poluanților în ape și obligativitatea obținerii autorizațiilor pentru deversari.

În Europa, Convenția de la Berna din 1963 a fost un punct de plecare în gestionarea resurselor de apă transfrontaliere, ce a avut drept scop îmbunătățirea cooperării internaționale. De asemenea în anii 1970, țările europene au adoptat diverse reglementări pentru tratarea apelor reziduale și reducerea poluării provocate de pesticide și îngrășăminte.

Un alt moment important a fost implementarea legii privind poluarea apei din Japonia, în 1958, care a stabilit standarde pentru reducerea contaminării apei din surse industriale. Această lege a fost pusă în aplicare după accidente ecologice grave, cum ar fi boala Minamata.

Aceste măsuri au fost axate pentru prevenirea poluării industriale, gestionarea deșeurilor și protejarea ecosistemelor acvatice. Deși inițial abordările au fost reactive, ele au pus baza unui sistem global de protecție a resurselor de apă, care continuă să evolueze odată cu noile provocări legate de poluare. Conștientizarea și controlul continuu este esențial pentru implementarea noilor măsuri pentru protecția mediului.

1.8 Studiul metodelor de analiza a calității apei

Analiza calității apei reprezintă un proces esențial pentru monitorizarea stării întregului mediu. Prin utilizarea unor metode specifice, se evaluează proprietățile fizice, chimice și microbiologice ale apei, ce determină cantitatea substanțelor nocive și posibilitatea utilizării ulterioare pentru diverse utilizări.

Din punct de vedere fizic se analizează o serie de parametri cum ar fi temperatura, culoarea și cantitatea de particule solide suspendate (turbiditatea), ce poate indica posibile surse de poluare.

Analiza chimică a apei se concentrează pe identificarea compușilor apei, se măsoară parametri precum pH-ul, concentrația de oxigen dizolvat, duritatea apei și prezenta metalelor grele (plumb, mercur), nitrați și fosfați. Acestea se identifică printr-un proces complex precum spectrofotometria. Cromatografia și titrimetria.

Evaluarea biologică include analiza microorganismelor prezente în apă. Se determină prezenta bacteriilor coliforme, *Escherichia coli* sau a altor agenți patogeni folosind tehnici microbiologice precum filtrarea prin membrană sau cultivarea pe medii selective. Aceste teste sunt esențiale pentru a testa siguranța apei pentru consumul uman.

Metodele ecologice analizează biodiversitatea ecosistemului acvatic. Prin studierea organismelor din mediu se poate evalua impactul și nivelul poluării asupra mediului. Astfel analiza calității apei combină o varietate de metode pentru a furniza o imagine complexă a stării acesteia, având un rol important în gestionarea resurselor de apă. Aceste metode de analiză sunt utilizate atât pentru monitorizarea surselor naturale de apă, cum ar fi râurile, lacurile și apelor subterane cât și pentru evaluarea calității apei potabile și apelor uzate. Pentru a preveni riscurile și a detecta contaminările, metodele de analiză a calității apei sunt fundamentale pentru respectarea legislației de mediu. Directivele precum Directiva privind Apa în Uniunea Europeană impun standarde stricte de calitate, iar aceste măsurări sunt esențiale pentru menținerea stării ecosistemelor acvatice. De asemenea, analiza calității apei joacă un rol important în anticiparea problemelor cauzate de schimbările climatice și activitățile antropice, cum ar fi poluarea agricolă și industrială. Prin monitorizarea constantă și prin utilizarea unor metode de analiză avansate, autoritățile și companiile pot implementa măsuri proactive pentru protejarea resurselor acvatice.

Metodele de analiză parametrilor ecosistemelor sunt diverse și complexe, fiind alese în funcție de sursa analizată și scopul investigației. Dezvoltarea continuă a tehnologiilor în acest domeniu contribuie la îmbunătățirea identificării rapide și precise a surselor și contaminanților, ceea ce sprijină eforturile globale pentru protecția mediului și ecosistemelor în întregime.

Există câteva metode de analiză a calității apei printre care se utilizează.

Metoda fizică de analiză a apei se axează pe determinarea proprietăților fizice ale apei, care pot oferi informații importante, despre calitatea și starea bazinului acvatic în întregime, acesta

analiza este una fundamentală deoarece caracteristicile analizate pot indica direct prezența substanțelor nocive și sursa lor.

- Temperatura – temperatura apei influențează o mulțime de procese biologice, precum solubilitatea oxigenului și activitatea organismelor acvatice. Este măsurată prin utilizarea senzorilor digitali sau termometrului clasic. Valorile ridicate pot semnala evacuări industriale de apă sau poluare termică.
- Culoarea – culoarea apei poate indica prezența impurităților ce pot avea origine organică sau industrială. Se determină folosind evaluarea vizuală sau colorimetria, ce sunt dispozitive ce măsoară intensitatea culorii în funcție de lungimea a unei lumini absorbite. Apa cu nuanța maro sau galbenă poate indica prezența deșeurilor organice sau contaminarea cu fier.
- Turbiditatea – turbiditatea apei este un indicator al particulelor suspendate, cum ar fi sedimentele, microorganismele sau poluanții. Măsurările pot fi efectuate cu ajutorul la Turbidimetru (folosesc principiul dispersiei luminei, pentru a evalua densitatea particulelor). Valorile mari ale turbidității, pot fi cauzate de eroziunea solului, poluarea cu sedimente sau dezvoltarea algelor.
- Conductivitatea electrică – aceasta este capacitatea apei de a conduce curentul electric, care poate fi cauzat de concentrația sărurilor dizolvate, aceasta poate fi determinată cu ajutorul conductometrelor. Valorile ridicate indică poluarea cu săruri minerale sau alte substanțe ionice, provenite din activități agricole sau industriale.
- Mirosul și gustul – acești parametri pot dezvălui prezența compușilor organici volatili sau a altor contaminații. Deși mai subiective, acestea sunt utile pentru detectarea rapidă a poluării.
- Viteza de curgere a apei – aceasta influențează viteza transportului sedimentelor și distribuția poluanților.

Metodele biologice analizei apei se bazează pe identificarea organismelor vii și a activității biologice din apă, ce oferă informații privind starea ecologică a ecosistemelor acvatice și gradul de poluare. Aceste metode sunt esențiale pentru detectarea poluării organice, microbiologice și chimice, care pot afecta grav sănătatea umană și a întregului echilibru în ecosistemă.

- Determinarea microorganismelor patogene – această metodă identifică bacterii, viruși și paraziți prezenți în apă, ce pot reprezenta un risc pentru sănătate. Bacteriile coliforme și *Escheria coli*, prezența lor indică contaminarea apei cu fecale.
- Studiul fitoplanctonului și algelor pot reflecta poluarea organică și nivelul de nutrienți în apă. Microscopia optică se utilizează pentru identificarea speciilor și abundenței acestora. Metoda pigmentară, măsoară concentrația de clorofilă pentru a estima biomasa de alge.
- Determinarea biofilmului – acesta este un strat format din microorganisme aderente la suprafața apei. Studiul lui poate releva poluarea chimică sau biologică persistentă.

Metodele chimice de analiză a apei sunt esențiale pentru identificarea compoziției chimice și a contaminațiilor, aceasta permite detectarea concentrației substanțelor dizolvate, cum ar fi metalele grele, nutrienții, poluanții organici și anorganici. Aceste metode în marea parte sunt aplicate în laboratoare pentru studiul amănunțit componentei apei.

- Determinarea pH-ului – aceasta indică aciditatea sau alcalinitatea apei, ce în mod direct influențează procesele biologice și chimice.
- Determinarea oxigenului dizolvat – proces esențial pentru stabilirea calității unui mediu acvatic în care sunt prezente microorganisme, pești și alge.

- Analiza de nitrați si fosfați – Acești compuși indică poluarea agricola si riscul de eutrofizare.
- Determinarea salinității – salinitatea este un indicator al sărurilor dizolvate, se măsoară prin intermediul curentului electric.

1.9 Descrierea soluțiilor existente

În prezent pe piața, sunt prezente o gamă largă de dispozitive axate pentru măsurarea si monitorizarea calității apei. Apa în natura este un compus chimic complex, care la rândul său are o serie largă de impurități, săruri si compuși. La momentul actual o noua provocare asupra mediului este fenomenul poluării bazinului acvatic mondial, aceasta este o problemă globală de care este preocupată majoritatea țărilor, deci importanța unei monitorizări constante ce v-a oferi date statistice este una evidentă, căci cu ajutorul datelor se pot lua măsuri în dependența de caz individual. Majoritatea dispozitivelor existente sunt axați doar pe un tip de poluare, de asemenea există soluții care au posibilitatea de a analiza poluanți multipli, datorită mai multor senzori integrați. Există o serie de parametri ce sunt bineveniți cum ar fi: precizia achiziționării datelor, posibilitatea vizualizării lor în timp real, utilizarea sistemului intuitiv și posibilitatea operării de la baterie si portabilitate. Măsurarea calității se realizează cu ajutorul unor dispozitive avansate, care pot măsura o gamă largă de parametri, cum ar fi pH-ul, oxigenul dizolvat, turbiditatea, conductivitatea si particulele solide dizolvate. Fiecare dispozitiv are propriile caracteristici, avantaje si limitări, iar alegerea corectă a unui model depinde de aplicarea specifică si bugetul disponibil.

- Hanna Instruments HI 98129, este fabricat în Italia, fondat în 1978, această companie este specializată în dezvoltarea si fabricarea echipamentelor pentru analiza chimică si electrochimică. Ținta companiei este crearea dispozitivelor intuitive de înaltă performanță. Acesta este un tester portabil, multifuncțional, conceput pentru măsurarea nivelului pH al apei, temperaturii si conductivității (TDS). Are capacitatea măsurării pH de la 0 la 14 si TDS de la 0 la 2000 ppm, temperatura de la 0 la 60 grade Celsius. Acuratețe +/- 0.5pH, 0,5% pentru temperatura si TDS. Avantaje: portabil, ușor de utilizat. Neajunsuri: necesită întreținere regulată a electrodului pH, procesarea lentă a datelor, capacitatea mică a bateriei încorporate. Preț 6000MDL



Figura 1.2 Hanna Instruments HI 98129 [6]

- Extech EC400 este un conductivimetru portabil, fabricat de către Extech Instruments din SUA, aceasta este lider global în producerea instrumentelor portabile pentru măsurări. Compania se specializează în echipamente pentru monitorizarea mediului, aplicații industriale. Produsele companiei sunt cunoscute pentru produsele sale robuste si precise. Dispozitivul este utilizat pentru măsurarea conductivității, salinității si concentrației de particule dizolvate. Are capacitatea de a efectua anumite măsurări: salinitate 0-10ppt, conductivitate 0-19.99mS/cm, TDS 0-1999. Acuratețe 2% pentru toate măsurările. Avantaje:

multifuncțional, portabil, operare intuitivă. Neajunsuri limitat la analiza parametrilor fizico-chimici, necesita calibrare frecventă. Preț 6000MDL



Figura 1.3 Extech EC40 [6]

- LaMotte este o companie din SUA fondata in 1919, este axata in dezvoltarea dispozitivelor de analiza a calității apei, aceasta oferă produse destinate utilizatorilor industriali si de teren pentru testarea parametrilor chimici, fizici si biologici ai apei. LaMotte 2020e este un turbidimetru digital portabil, proiectat pentru măsurarea turbidității apei. Posibilitatea de a efectua măsurări de la 0 până la 4000 NTU, cu acuratețe de 2%. Avantaje: precizie ridicata, portabil si ușor, are posibilitatea de stocare a datelor. Neajunsuri Limitat doar la masurarea turbidității, preț ridicat. Preț 26000 MDL.



Figura 1.4 LaMotte 2020e [6]

- YSI ProDSS este un dispozitiv de ultima generație conceput pentru măsurări precise ale calității apei in aplicații de teren si laborator. Datorita senzorilor integrați are posibilitatea de a măsura o mulțime de parametri cum ar fi: pH, oxigen dizolvat, temperatură, turbiditate, si particulele solide dizolvate. Avantaje: achiziția datelor cu precizie sporita, design robust, posibilitatea stocării datelor. Neajunsuri: cost ridicat, necesita întreținere regulata si calibrarea ce nu poate fi efectuată in condiții casnice. Compania Yellow Springs Instruments fondata in 1948 in SUA, este un lider global in dezvoltarea instrumentelor pentru măsurarea parametrilor mediului. Preț 100000 MDL.



Figura 1.5 YSI ProDSS [6]

- Apera Instruments PC60 este un tester portabil, compact si multifuncțional proiectat pentru analiza calității apei. Are posibilitatea de măsurarea pH (0-14), Conductivitatea (0-20mS/cm), particule solide dizolvate (0-10000 ppm), temperatura (0-50 grade Celsius). Avantaje: Ecran iluminat, carcasa impermeabila IP67, senzor detașabil. Neajunsuri: necesita recalibrarea frecvent pentru obținerea rezultatelor optime. Producătorul este Apera, ce este o companie recunoscuta la nivel global, specializata in producerea de instrumente pentru analiza lichidelor. Preț 4000MDL.



Figura 1.6 Apera Instruments PC60 [6]

2. ANALIZA TEHNOLOGIILOR UTILIZATE

2.1 Visual Studio 2024

Visual Studio 2024 este o noua versiune semnificativa a editorului de cod, ce integrează funcții noi și îmbunătățiri, datorita cărora rămâne unul dintre cele mai utilizate instrumente pentru dezvoltatori. Este compatibil cu toate platformele populare cum ar fi: Microsoft Windows, Apple MacOS și Linux. Acest editor de cod continua sa fie flexibil și extensibil care acoperă necesitățile individuale a fiecărui utilizator. În update 2024, VS Code suporta peste 50 limbaje de programare datorita extensiilor gratuite. Acesta posedă și un AI avansat, care ajută la generarea de cod și rezolvarea erorilor. Interfața prietenoasă a devenit sima simplă, ce oferă o navigare mai comodă, iar noile opțiuni de personalizare fac procesul de lucru mai eficient. Debugging-ul este o funcție îmbunătățită, care oferă suport extins pentru tehnologii cloud și containere Docker, care la rândul său facilitează dezvoltarea și testarea aplicațiilor complexe. Bara de instrumente poate fi personalizată pentru acces rapid la toate fișierele și resursele proiectului, iar terminalul integrat este optimizat pentru mai multe shell-uri. Unul dintre punctele forte este suportul pentru editarea colaborativă prin intermediul la GitHub, ce oferă spații de lucru configurabile în cloud. Pentru toate aceste funcțiuni costul programului de bază este gratuit. Acest editor este unul de tip open source, ce permite la alți dezvoltatori să creeze extensii gratuite.

Totuși dincolo de aceste îmbunătățiri, există și dezavantaje, unul dintre cele mai semnificative este performanța editorului, în acel moment când sunt utilizate numeroase extensii sau când volumul proiectului este foarte mare. În majoritatea cazurilor utilizatorii nu întâmpină provocări, dar în cazul când acest soft rulează pe un calculator cu resurse limitate, îndeosebi memoria RAM, viteza de lucru în acest editor poate să scadă semnificativ.

Pentru a face procesul de dezvoltare mai productiv în acest proiect au fost utilizate următoarele extensii pentru Visual Studio Code 2024:

- C/C++ - aceasta extensie este esențială pentru dezvoltarea proiectelor în limbajele menționate. Oferă funcționalitatea precum IntelliSense pentru compilarea și navigarea codului, suport pentru debugging și verificarea erorilor. Indiferent de nivelul utilizatorului sau complexitatea proiectului este necesară utilizarea acestei extensii.
- Prettier – este o extensie ce ajută la formatarea codului în mod automat într-un stil uniform. Suporta multe limbaje de programare precum JavaScript, TypeScript, HTML, CSS și altele. Datorită utilizării acestei extensii dezvoltatorii economisesc timpul pentru formatarea codului, ce ajută menținerea stilului unic de formatare. Deseori ajută la scrierea unui cod mai curat și evitarea erorilor datorită la formatarea corectă.
- GitLens – îmbunătățește funcțiile Git deja existente în editorul VS Code, ce oferă informații detaliate despre istoricul versiunilor fișierelor. Afișează care din utilizatori a modificat ultima dată linia de cod și ce modificări au fost efectuate. Este o extensie esențială în cazul în care asupra unui proiect lucrează mai multe persoane.
- Live Server – aceasta extensie permite utilizatorilor să lanseze un live time server local de dezvoltare cu funcția live reload. Deci orice schimbare efectuată în fișiere sau codul sursă se va actualiza automat în browser, ce ușurează cu mult procesul de dezvoltare front-end.
- Bracket Pair Colorizer – aceasta extensie colorează perechile de paranteze corespunzătoare din cod, ajutând identificarea rapidă a începutului și sfârșitului blocurilor de cod. Este foarte comod în cazurile proiectelor masive ce au structura de cod complexă și există necesitatea de identificare rapidă a codului sursă.

- Docker – aceasta extensie permite dezvoltatorilor sa gestioneze si sa ruleze containere Docker direct din VS Code. Aceasta extensie simplifica semnificativ gestionarea containerelor si a volumelor, aducând toata funcționalitatea la un loc.
- Arduiono – aceasta este extensia oficiala pentru platforma Arduino oferita de Microsoft. Ea oferă suportul complet pentru scrierea, compilarea si încărcarea programelor pe plăcile Arduino direct din editorul de cod Visual Studio Code. Extensia include completarea automata a codului, integrarea cu terminalul pentru upload-ul aplicațiilor si suport pentru debugging. De asemenea, permite alegerea plăcii corespunzătoare si portului serial. Acest mediu de dezvoltare este mult mai flexibil si versatil decit cel oferit de Arduino oficial.
- Arduino Snippets – este o extensie care ajuta la accelerarea procesului de dezvoltare, oferind șabloane de cod predefinite pentru diferite funcții Arduino, cum ar fi controlul senzorilor, utilizarea bibliotecilor, etc. Aceasta extensie economisește timp si reduce riscul de erori de sintaxa.
- Visual Micro – este o extensie care integrează complet Visual Studio Code cu mediul de dezvoltare Arduino. Aceasta oferă o interfață de utilizare similara cu IDE-ul Arduino, dar cu funcționalitate mai larga, cum ar fi completarea automata, debugging-ul si managementul fișierelor de proiect.
- Arduino Lint – este o extensie care este utilizata pentru analiza statica a codului pentru Arduino, care ajuta la detectarea erorilor si problemelor de sintaxa înainte de a încarcă codul sursa pe placa de dezvoltare. Ea oferă sugestii pentru îmbunătățirea codului, cum ar fi corectarea erorilor de stil si îmbunătățirea eficienței.

Aceste extensii îmbunătățesc semnificativ procesul de dezvoltare a aplicațiilor pentru Arduino în Visual Studio Code, oferind funcționalități avansate ce pot facilita procesul de lucru.

În concluzie, Visual Studio Code 2024, este o platforma extrem de puternica si versatila, ce oferă un suport larg pentru tehnologiile si extensiile moderne, ce ușurează procesul de lucru semnificativ. Deși exista unele cerințe fata de hardware mai ales in cazul in care volumul de lucru este copleșitor. Acest editor rămâne o alegere excelenta pentru dezvoltatorii de toate nivelele, ce pot avea cerințe extrem diferite, dar datorita procesului de personalizare adâncă, este potrivit fiecăruia.

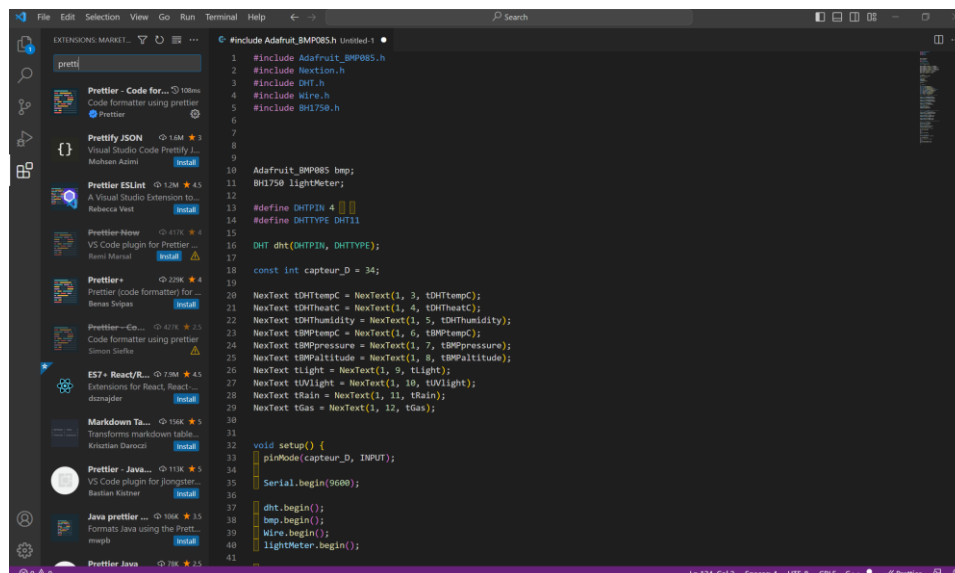


Figura 2.1 Interfața grafică a Visual Studio 2024

2.2 Arduino IDE

Arduino IDE (Integrated Development Environment) este un mediu de baza pentru programarea plăcilor Arduino si a altor placi sau microcontrolere compatibile. Conceput in așa mod sa fie util utilizatorilor noi cit si celor cu experiența. Acesta este un software gratuit ce e compatibil cu sistemele de operare moderne cum ar fi: Microsoft Windows, Apple MacOS si Linux. Fiind un proiect open source, acesta are o comunitate larga si activa care contribuie la actualizări si extinderea funcționalității in fiecare update major. Aceasta evident suporta toate plăcile native Arduino (Uno, Mega, Nano) dar si cu ajutorul unor librării open source cu ușurința devine compatibil cu ESP8266, ESP32 si Raspberry, fiind adăugate in manager de placi.

Interfața este intuitiva, ceea ce sporește interacțiunea utilizatorilor fără experiența in cunoașterea softului sus menționat, aceasta ofera posibilitatea de scrierea, compilarea si incarcarea codului sursa in memoria microcontrolerului. Editorul de cod integrat este unul simplu si include evidențierea sintaxei, aceasta nu are cele mai sofisticate funcționalități, dar cele de baza. Totodată aceasta integrează o vasta biblioteca de funcții predefinite, ce permite utilizatorilor sa controleze componentele hardware cum ar fi: LED-uri, sensori, display-uri, motoare, module wireless, etc. Arduino IDE permite adăugarea bibliotecilor suplimentare, ceea ce extinde posibilitățile hardware si software. Prin intermediul managerului de placi, utilizatorul poate adauga si programa ulterior placi si microcontrolere ce nu au suport nativ, cum ar fi STM32.

Integrarea cu platforma Arduino Cloud adaugă un nivel suplimentar de mobilitate, ce permite la rindul sau sincronizarea proiectelor si gestionarea dispozitivelor la distanta, asemenea GIT. De asemenea, editorul de cod a fost recent înnoit ce aduce noi funcții avansate, cum ar fi multi-tab editing si o interfața grafica mai intuitiva.

Avantaje

Arduino IDE este ideal pentru educație si prototipare rapida, fiind preferat de începători si cei cu experiența. Simplitatea si disponibilitatea sunt factorii principali la o comunitate atât de larga, iar bibliotecile open source îl fac acest editor si mai popular. Numeroase placi suplimentare, module si senzori sunt produși de o mulțime de producători, deci fiecare își poate găsi orice după placul si necesitățile sale.

Dezavantaje

Printre cele mai mari limitări este debugging-ul ce este slab avansat în comparație cu alți editori de cod sau platforme cum ar fi PlatformIO. In cazul in care volumul de lucru este mare si proiectul este complicat ce are la rândul sau numeroase biblioteci IDE-ul poate sa încetinească sau chiar sa stopeze complet. Totuși pentru majoritatea aplicațiilor, care la rândul sau nu sunt voluminoase, acest editor este o alegere buna cu adevărat.

Arduino IDE, este un instrument valoros pentru o comunitate larga. Prin interfața sa simpla, funcționalitatea extinsa si suportul bibliotecilor extern, permite realizarea unor proiecte inovatoare in domeniul electronicii si programării. Chiar daca are anumite limitări tehnice, avantajele sale le depășesc, făcând acest soft unul dintre cele mai utilizate in domeniu. Prin urmare poate fi considerat un mediu de dezvoltare esențial pentru oricine, ce oferă posibilități largi si experiența bogata.

2.2.1 Librării utilizate

Librăriile Arduino, reprezintă un set de fișiere care includ cod sursa si definiții utilizate pentru a extinde funcționalitățile plăcii microcontrolerului si mediului de dezvoltare. Aceste sunt create pentru a facilita interacțiunea cu diverse componente hardware si module software, precum senzori, motoare, ecrane sau protocoale de comunicare precum I2C sau SPI. Datorita utilizării librăriilor, utilizatorii pot implementa rapid funcții complexe fără a fi nevoiți sa scrie codul sursa de la zero.

Librăriile sunt dezvoltate de o comunitate larga formata din ingineri, programatori si entuziaști ai platforme Arduino. Unele librării sunt create si menținute de echipa oficiala Arduino, ce are un impact pozitiv asupra compatibilității tuturor produselor intre ele, iar documentația

detailata ușurează cu mult procesul de dezvoltare. Totodată o mulțime de utilizatori contribuie cu propriile puteri cu librării open-source, care de asemenea îmbunătățește întreaga platforma.

Scopul principal al librăriilor Arduino este de a simplifica procesul de dezvoltare a proiectelor electronice. Prin încapsularea unor funcții complexe în metode ușor de utilizat librăriile permit utilizatorilor să se conecteze pe implementarea logicii proiectului propriu. De exemplu librărie „Wire” permite comunicarea prin protocolul I2C, iar librăria „Servo” controlează cu ușurință motoarele servo.

Majoritatea librăriilor includ documentațiile și exemple practice, ceea ce le face accesibile pentru fiecare. Odată ce au fost instalate și incluse în proiect, dezvoltatorii pot apela funcțiile librăriei pentru a realiza sarcini precum citirea datelor de la un senzor sau afișarea datelor pe display.

Librăriile sunt esențiale pentru procesul de programare în mediul Arduino, acestea reduc timpul de dezvoltare și minimizează erorile datorită standardizării soluțiilor pentru problemele comune, care la rândul său oferă un mod sigur și eficient de interacțiune dintre hardware și software. Odată cu dezvoltarea aplicațiilor IoT (Internet of Things), au fost elaborate librării pentru integrarea cu platforme precum MQTT sau Firebase, ce permit dispozitivelor să comunice în timp real prin rețeaua de internet. De exemplu librăriile legate de inteligența artificială și machine learning devin din ce în ce mai populare, oferind suport pentru recunoașterea imaginilor, procesarea limbajului sau analiza datelor complexe, ce pot avea o mulțime de surse.

Comunitatea open-source joacă un rol vital în dezvoltarea librăriilor menționate, ceea ce asigură o diversitate de soluții și actualizări constante. Totodată, platformele educaționale includ tot mai frecvent librării Arduino, în materialele din curriculum, care la rândul său încurajează utilizatorii fără experiență să exploreze științele și tehnologiile noi. În așa caz importanța librăriilor Arduino nu poate fi subestimată, acestea rămân un element cheie în dezvoltarea proiectelor creative și inovative la orice nivel.

- Adafruit – reprezintă un set de instrumente dezvoltate de compania Adafruit Industries, aceste librării sunt create pentru a simplifica interacțiunea dintre plăcile de dezvoltare și gama largă de componente hardware ce sunt produse sau distribuite de companie, cum ar fi module, senzori, led-uri și display-uri. Aceste librării au fost dezvoltate pentru a sprijini produsele sale și a încuraja utilizatorii să creeze proiecte inovative. Toate librăriile și documentația sunt distribuite sub forma de open-source, ceea ce permite comunității să le folosească și să contribuie la îmbunătățirea lor și să extindă funcționalitățile oferite. Scopul principal al acestei librării este pentru a sprijini produsele sale oferind funcții predefinite, utilizatorii pot integra rapid componentele hardware fără a scrie cod de bază pentru a comunica cu el. Librăriile Adafruit includ exemple practice și ghiduri care facilitează înțelegerea și utilizarea lor, ce le face accesibile chiar și începătorilor. Ele gestionează operațiuni complexe, precum citirea datelor de la senzori, afișarea datelor pe ecrane sau controlul luminilor led sau motoarelor servo. Datorită punctelor descrise procesul de prototipare este accelerat, care la rândul său oferă o soluție robustă și fiabilă pentru diverse aplicații.
- DHT – Aceasta librărie este un instrument specializat pentru a facilita utilizarea senzorilor de temperatură și umiditate din seria DHT, cum ar fi DHT11 și DHT22, cu microcontroloare. Acești senzori sunt populari datorită costului redus și ușurinței de integrare în diverse proiecte. Aceasta librărie este creată de comunitatea open-source pentru a sprijini utilizatorii în citirea simplă a datelor de la senzori. În primul rând este concepută pentru a reduce complexitatea operațiunilor necesare interacțiunii cu senzorii, oferind funcții simple și intuitive, datorită formei sale de origini permite modificarea și extinderea funcționalității sale. Aceasta librărie oferă funcții predefinite pentru citirea temperaturii și umidității, cu posibilitatea tratării automate a erorilor. Este compatibilă cu majoritatea senzorilor din seria DHT și poate fi integrată ușor în codul sursă printr-un simplu apel de funcție (`readTemperature` sau `readHumidity`) pentru citirea valorilor de temperatură sau

umiditate. Aceasta librărie este esențială în dispozitivele care implică monitorizarea condițiilor de mediu. Procesul simplu de operare face această librărie una perfectă pentru persoanele fără experiență ce doresc să se avanseze în lumea tehnologiilor, inspirând noi aplicații în domeniile de agricultură, climă, sau automatizări industriale.

- **BMP** – această bibliotecă este destinată facilitării utilizării senzorilor de presiune atmosferică și temperatura BMP180 și BMP085 dezvoltată de compania Bosch. Acestea sunt utilizate frecvent în proiecte ce implică măsurarea altitudinii, monitorizarea condițiilor meteorologice sau în aplicații de navigație. Această bibliotecă permite citirea datelor de la senzori și conversarea acestora într-o formă utilizabilă. Comunicarea este gestionată datorită protocolului I2C, în unele cazuri SPI. Bibliotecă oferă funcții de bază pentru inițializarea senzorilor, citirea valorilor de temperatură în grade Celsius și presiune atmosferică în hPa. De asemenea este posibil de calculat altitudinea pe baza presiunii atmosferice măsurate folosind o formulă pentru calibrarea altitudinii față de nivelul mării. Datorită preciziei înalte deseori este utilizat în cadrul dronelor sau alte dispozitive ce necesită citirea datelor oferite de senzor.
- **Wire** – această bibliotecă este una esențială pentru implementarea comunicației bazate pe protocolul I2C (Inter Integrated Circuit) între microcontroler și alte dispozitive, acesta este utilizat pe scară largă în domeniu pentru a conecta mai multe dispozitive sau senzori la un microcontroler folosind doar două fire SDA (Serial Data) pentru transmiterea datelor și SCL (Serial Clock) pentru sincronizare. Wire oferă un set de funcții simple ce permite utilizatorilor să configureze Arduino ca dispozitiv master sau slave (cel care controlează comunicația sau care răspunde comenzilor). Pentru un dispozitiv master, bibliotecă permite inițializarea comunicației, trimiterea comenzilor către dispozitivele slave și citirea datelor returnate. Funcția de inițializare (`Wire.begin`) este primul pas pentru activarea comunicației pe baza standardului I2C, iar funcțiile (`Wire.beginTransmission`) și (`Wire.write`) iar datele pot fi citite de la dispozitive slave cu ajutorul funcției (`Wire.requestFrom`). În cazul în care Arduino este configurat ca slave, bibliotecă permite callback-urilor pentru gestionarea automată a comenzilor primite și răspunsurilor. Un avantaj semnificativ este posibilitatea de a comunica cu mai multe dispozitive pe aceeași magistrală I2C, fiecare fiind identificat după o adresă unică. Bibliotecă se ocupă de detaliile tehnice și sincronizări ce permite utilizatorilor comunicarea eficientă între componentele sistemului. Astfel devine un instrument esențial pentru fiecare utilizator.
- **WiFi** – această bibliotecă pentru ESP32, este un instrument esențial, care facilitează confecțiunea la internet în proiectele bazate pe acest microcontroller. Funcțiile bibliotecii oferă posibilitatea gestionării conexiunilor și comunicarea cu alte dispozitive sau servere. Cu ajutorul funcției (`WiFi.begin(ssid,password)`) poate fi configurat ca client Wi-Fi. Funcția de verificare a stării conexiunii, cum ar fi (`WiFi.status`) ajută la gestionarea fiabilă a conexiunii. Pe lângă modul de client, această permite configurarea ca punct de acces prin (`WiFi.softAP`), ce oferă la rândul său posibilitatea conexiunii directe a altor dispozitive la ESP32 și să funcționeze simultan în ambele roluri ce facilitează comunicarea rapidă. Un alt aspect important al bibliotecii este suportul pentru conexiuni securizate folosind criptarea prin standardele WPA/WPA2, asigurând protecția datelor transmise. De asemenea, bibliotecă integrează funcții pentru gestionarea adreselor IP, cum ar fi (`WiFi.localIP`) pentru identificarea dispozitivului în rețea. Datorită simplității și versalității această bibliotecă este indispensabilă în dezvoltarea aplicațiilor IoT, precum automatizări, sisteme de automatizare, sisteme de monitorizare sau proiecte smart home.
- **OneWire** – această bibliotecă este una crucială pentru implementarea comunicației cu dispozitivele care folosesc protocolul OneWire, un standard dezvoltat de Dallas Semiconductor, acesta se remarcă prin simplitatea sa deoarece necesită doar un singur fir pentru transmiterea datelor, în plus față de un fir de masă (GND). Acest lucru îl face ideal pentru aplicații cu cerințe minime de cablare, precum automatizări, sisteme de monitorizare,

etc. Dispozitive ce sun compatibile cu OneWire includ senzori de temperatura cum ar fi DS18B20, memorii EEPROM, contoare sau alte componente electronice. Fiecare dispozitiv are o adresa unica de 64 de biți, ceea ce permite conectarea mai multor dispozitive la aceeași linie de date fără conflicte. În așa fel acest protocol este ideal pentru proiecte ce necesita integrarea mai multor senzori sau module pe o singura magistrala. Biblioteca data facilitează inițializarea și gestionarea comunicării cu aceste dispozitive. Funcția (OneWire) configurează conexiunea la un pin specific al Arduino, iar funcțiile (reset), (read) și (write) permit inițializarea comunicației, scrierea și citirea datelor. Biblioteca include și funcții avansate precum (search), care identifica automat dispozitivele conectate la magistrala, returnând adresele unice ale acestora. Un aspect deosebit al protocolului OneWire este suportul pentru alimentarea parazita, unde dispozitivele pot funcționa folosind energia obținută de pe firul de date. Acesta reduce complexitatea circuitului, ce reduce necesitatea unui fir suplimentar de alimentare.

- Adafruit Sensor – aceasta biblioteca este standardizata pentru a unifica modulul de interacțiune cu diferite tipuri de senzori. Este conceputa pentru a simplifica utilizarea senzorilor care măsoară temperatura, umiditatea, presiune și accelerație. Aceasta oferă un cadru larg pentru preluarea și procesarea datelor indiferent de senzorul utilizat, facilitând astfel dezvoltarea codului sursă care implica mai mulți senzori. La baza acesteia sta clasa abstracta (Adafruit_Sensor), care definește metodele standarte pentru interacțiunea cu senzorii. Funcția (getEvent) este utilizata pentru a obține evenimente care conțin datele brute ale senzorului, cum ar fi valorile măsurate din exterior. În același timp metoda (getSensor) oferă informații despre caracteristicile senzorului, cum ar fi tipul de senzor, unitățile de măsură, intervalul de măsurare și rezoluția. Un mare avantaj al acesteia este posibilitatea integrării a mai multor senzori într-un proiect, deoarece toate componentele urmează aceeași metodologie pentru preluarea datelor, astfel logica de interacțiune nu este modificata semnificativ.
- Wire – aceasta este de asemenea cunoscuta și ca biblioteca I2C, este un alt instrument esențial, care permite comunicației pe baza acestui standard între Arduino și dispozitivul compatibil. Acesta este utilizat pe scară largă pentru conectarea senzorilor, modulelor de afișare, memorii EEPROM și multe altele, folosind doar două fire pentru comunicare SDA (Serial Data) pentru transmisia datelor și SCL (Serial Clock) pentru sincronizare. Un avantaj important al acestui protocol este de a conecta mai multe dispozitive la aceeași magistrala, fiecare fiind identificat cu ajutorul unei adrese unice. Aceasta gestionează detaliile tehnice, precum sincronizarea și temporizarea semnalelor, ce permite utilizatorilor să fie eliberați de logica conexiunii dispozitivului la microcontroler. Datorită beneficiilor sale, biblioteca wire este indispensabilă în numeroase proiecte care implica mai multe module sau senzori ce folosesc protocolul I2C.

Librăriile open-source și cele integrate în mediul Arduino-IDE, oferă un set de avantaje semnificative pentru dezvoltatorii de toate nivelurile. Librăriile open-source sunt dezvoltate de comunități globale și sunt disponibile gratuit, ceea ce încurajează colaborarea și inovația. Acestea oferă soluții flexibile și extensibile care adesea sunt adaptate pentru a susține o gamă largă de componente și module hardware. Utilizatorii avansați pot modifica acestea, pentru a îmbunătăți sau personaliza în funcție de cerințele specifice, ceea ce le face alegerea potrivită. Totodată mediul de dezvoltare Arduino-IDE, conține și un set de biblioteci integrate, care la rândul său sunt testate minuțios pentru a asigura compatibilitatea și fiabilitatea. Acestea oferă o bază solidă pentru dezvoltare, fiind ideale pentru utilizatorii fără experiență, datorită documentației bine descrise și funcționalității predefinite. Fiind parte din mediul oficial, ele asigură o integrare stabilă și facilitează prototiparea rapidă.

Combinarea a acestor două tipuri de soluții oferă un echilibru perfect între accesibilitate și adaptare. Dezvoltatorii pot folosi librăriile integrate pentru a începe rapid, iar apoi utilizarea celor

open-source pentru adăugarea funcționalității avansate sau personalizate. Acest fapt sporește eficiența, ce reduce timpul de dezvoltare și asigură calitatea înaltă a produsului final. Ecosistemul bazat pe librării integrate și cele open-source, susține atât învățarea cât și inovația, ce dezvăluie utilizatorilor noi posibilități ai platformei Arduino.

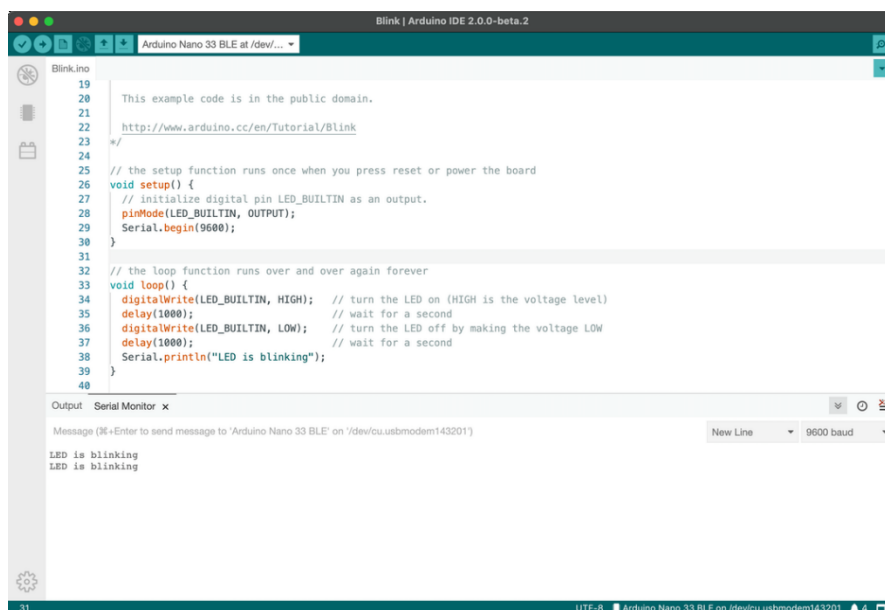


Figura 2.2 Interfața grafică a Arduino IDE 2024

2.2.2 Optimizarea codului sursă în Arduino IDE

Arduino IDE este destinată pentru programarea microcontrolerelor din ecosistema sa, fiind preferată pentru simplitate și accesibilitate. Microcontroloarele de regulă sunt limitate în resurse hardware cum ar fi memoria RAM, Flash și puterea de calcul, toate acestea impun niște limite strânse, de aceea codul sursă ce urmează a fi rulat, necesită așa numita optimizare, în cazul unor aplicații simple nu este un proces strict obligatoriu, dar pentru a spori eficiența de lucru este binevenită.

Una dintre cele mai eficiente și simple metode ce stau la baza optimizării este selectarea corectă a tipurilor de date. Tipurile de date consumă proporțional resursele ce sunt egale cu dimensiunea lor. De exemplu utilizarea unui „int” de 16 biți pentru variabilele ce pot fi reprezentate cu un „uint8_t” implică un consum inutil de memorie. Deci alegerea unui alt tip care este mai potrivit este esențială. Totodată, constantele necesită declarate cu cuvântul cheie „const” astfel încât să fie stocate în memoria de tip Flash ci nu în memoria operativă, acest procedeu simplu reduce semnificativ utilizarea memoriei volatile care de regulă are 2kb memorie pentru Arduino Nano și 8kb pentru Arduino mega.

Codul sursă redundant nu doar mărește dimensiunea aplicației, dar totodată crește riscul de erori. Din această cauză, funcțiile ce pot fi reutilizate sunt o metodă eficientă pentru eliminarea secvențelor de cod repetate. De exemplu, o funcție dedicată care implementează un calcul frecvent utilizat poate înlocui multiple secvențe de cod ce se repetă. În același timp utilizarea directivelor de preprocesare precum „#define” pentru valori constante sau macro-uri poate standardiza codul ce poate reduce semnificativ dimensiunea acestuia.

Microcontroloarele posedă de o capacitate mică de memorie operativă, iar gestionarea eficientă a acesteia este crucială pentru funcționarea stabilă a aplicației. Variabilele locale ce pot fi utilizate în locul la cele globale eliberează memoria odată ce funcția care le conține finalizează procesul. Pentru șiruri de caractere constante, utilizarea funcției „F()” este recomandată deci în final

codul sursa este sub forma „Serial.print(F(„exemplu text”))” stochează șirul în memoria flash, în comparație cu „Serial.print(„exemplu text”).

Optimizarea fără monitorizare poate cauza o optimizare insuficientă sau chiar incorectă, în cazuri rare pot fi cauzate dereglări funcționale. Există funcționalități precum „mills” care este utilizată pentru a măsura durata executării secțiunilor de cod, iar instrumentele de debugging integrate în arduino ide pot ajuta la eliminarea problemelor de performanță.

Buclele repetitive cum ar fi „for” sau „while” de regulă consumă multe resurse, mai ales în cazul dacă acestea implică operații complexe. Simplificarea calculului din interiorul lor, cum ar fi înlocuirea unei multiplicări frecvente cu adunări succesive, poate crește semnificativ viteza de operare. În același timp este binevenit evitarea apelurilor de funcție în interiorul buclilor, deoarece apelul lor implică operații de stocare suplimentare de stocare în stivă și recuperare.

Bibliotecile Arduino oferă funcționalități ce sunt deja predefinite în locul dezvoltatorului, acestea accelerează dezvoltarea, dar uneori conțin elemente inutile pentru o aplicație anumită. Selectarea unei biblioteci care este deja optimizată sau scrierea unor funcții personalizate sub cerințele proprii, pot reduce semnificativ consumul de resurse hardware.

Pentru un proces de lucru eficient rutinele de întrerupere, necesită să fie cât mai scurte. Deoarece fiecare întrerupere oprește temporar execuția codului, operațiile lungi sau cele complexe din cadrul ISR pot duce la rețineri nedorite. O practică bună în cadrul dezvoltării este setarea unui semnal, ce urmează ca procesarea să fie realizată în bucla principală.

Dimensiunea codului sursa final este o altă caracteristică importantă în procesul de dezvoltare a aplicației. Utilizarea unei opțiuni de optimizare pentru dimensiune (-Os) în setările compilatorului, poate contribui la reducerea spațiului ocupat. De asemenea eliminarea secțiunilor de cod inutile prin intermediul directivelor condiționale cum ar fi „#ifdef, #endif) este o metodă eficientă, pentru rezolvarea acestor probleme.

Optimizarea codului sursa a aplicației dezvoltate pentru platforma Arduino, este un proces esențial pentru a ridica eficiența și performanța îndeosebi când resursele hardware sunt limitate. Alegerea corectă tipului de date, gestionarea memoriei, reducerea secvențelor de cod ce se repetă sunt pași potriviți pentru dezvoltarea unei aplicații finale robuste și eficiente. Implementarea metodelor descrise asigură rularea optimă pe un timp îndelungat.

2.2.3 Bibliotecile optimizate

Bibliotecile optimizate sunt niște soluții adaptate pentru gestionarea eficientă a resurselor hardware limitate a microcontrolerelor. Aceste biblioteci sunt dezvoltate pentru a corespunde cerințelor specifice unor proiecte, ce elimină funcțiile sau componente ce nu sunt obligatorii. Acest proces contribuie semnificativ la reducerea dimensiunii codului, optimizarea aplicației și economisirea resurselor de calcul.

Reducerea dimensiunii codului compilat este unul dintre principalele beneficii ale utilizării acestor biblioteci. Prin procesul de excludere a funcțiilor ce se repetă, codul devine mai compact și ocupă mai puține resurse în memoria flash și RAM, aceasta este o caracteristică importantă cauzată de limitările hardware a platformei.

Bibliotecile optimizate folosesc structuri de date mai compacte și reduc utilizarea variabilelor globale, ce permite execuția aplicației folosind resurse restrânse. De asemenea codul redus este mai simplu și pentru logica umană și necesită mai puțin timp pentru înțelegerea lui. Flexibilitatea oferită de bibliotecile descrise permite adaptarea funcționalității la cerințele stricte ale aplicației. Datorită modificării sau utilizării alternativelor open-source optimizate, utilizatorii finali pot crea soluții scalabile și eficiente.

Alegerea inițială a bibliotecilor utilizate este un pas important în dezvoltarea unui proiect. Este important să fie selectate bibliotecile care oferă funcționalități strict necesare, ce evită complexitatea suprapusă. De exemplu în locul utilizării bibliotecii „Wire” dezvoltată de către compania Arduino, ce este utilizată în majoritatea proiectelor pentru comunicarea prin protocolul I2C, există o

alternativa „SoftI2CMaster” sau orice alte librării open-source care în final îndeplinesc aceleași funcții, având un consum redus al resurselor hardware.

Un alt mod eficient este crearea bibliotecilor proprii sau personalizarea lor. Dezvoltatorii experimentați pot elimina secțiunile de cod ce nu sunt utilizate în proiect, datorită cărora se reduce dimensiunea și complexitatea acestora. De exemplu o bibliotecă ce suportă o mare varietate de senzori poate fi adaptată sau înlocuită pentru operarea cu un sensor specific.

Un alt exemplu de înlocuire a bibliotecilor standard din mediul de programare Arduino, este bibliotecă „Adafruit_GFX” care se utilizează pentru afișarea grafică, este una ce are cerințe sporite și poate consuma resurse suplimentare în anumite aplicații. Deci există alternativa „U8g2” ce este una eficientă, care oferă funcționalități similare, dar reduce utilizarea memoriei flash și memoriei operative.

Un alt exemplu ce demonstrează importanța optimizării, este utilizarea unui senzor DHT11 pentru stabilirea temperaturii și umidității cu afișarea lor ulterioară pe un ecran OLED. Proiectul standard implică utilizarea librărilor „Adafruit_Sensor” și „SSD1206”. Totuși ele fiind dezvoltate de comunitatea oficială, ele pot introduce cod suplimentar ce poate fi inutil pentru proiect. Pentru optimizarea resurselor poate fi utilizată bibliotecă „SimpleDHT” care oferă o alternativă eficientă pentru operarea microcontrolorului cu senzorul menționat, și o implementare minimă ce este necesară pentru ulterioară afișare pe display. Această procedură poate reduce dimensiunea finală a codului compilat până la 40% și poate elibera destul spațiu în memoria RAM și ROM, ce poate fi utilizată ulterior pentru alte funcționalități sau module.

Optimizarea codului sursă în mediul Arduino IDE, nu este cea mai frecventă operațiune, din cauza nivelului scăzut de complexitate a proiectelor în mare parte, dar este esențială pentru cele complexe în cadrul resurselor hardware limitate. Procesul de optimizare implică selecția și modificarea personală a bibliotecilor existente.

2.4 Easy EDA

Mediul de dezvoltare EasyEDA(Easy Electronic Design Automation) este destinat proiectării și simulării circuitelor electronice, având aplicații esențiale în domeniul dispozitivelor IoT și al altor sisteme electronice avansate. Aceasta oferă un mediu integrat care permite utilizatorilor să creeze, simuleze și să producă scheme cu cablaj implicat fără a necesita un software complex și costisitor, datorită la acest fapt este îndrăgită cit de începători atât și profesioniști.

Unul dintre cele mai mari avantaje este interfața intuitivă și accesibilitatea online, care permite oricui să creeze proiecte electronice, fără a efectua instalări și configurări complicate de software. Platforma suportă o varietate largă de componente electronice, care pot fi adăugate rapid în proiectele utilizatorilor, iar simularea circuitelor este posibilă în timp real, ceea ce face ca procesul de dezvoltare să fie mult mai eficient. Aceste facilități sunt esențiale pentru dispozitivele IoT, unde procesul de dezvoltare să fie mult mai eficient. Aceste facilități sunt esențiale pentru dispozitivele IoT, unde prototipurile trebuie să fie testate rapid și precis înainte ca să fie implementate fizic.

Dispozitivele IoT, care includ tot felul de produse conectate la internet (de la senzori și echipamente de monitorizare până la gadgeturi inteligente), depind de soluții electronice eficiente și fiabile. În acest context această platformă joacă un rol crucial în dezvoltarea și testarea circuitelor necesare pentru astfel de aplicații. Utilizatorii pot proiecta circuite care să răspundă nevoilor specifice ale dispozitivelor IoT, cum ar fi reducerea consumului de energie, minimizarea dimensiunii fizice a componentelor și îmbunătățirea calității.

Totodată, EasyEDA permite utilizatorilor să comande direct prototipurile de PCB de la furnizori terți, ceea ce accelerează semnificativ procesul de producție. Astfel de la concept la implementare, procesul de dezvoltare al unui dispozitiv devine tot mai rapid și accesibil.

Aceasta platforma este un instrument util in dezvoltarea si prototiparea dispozitivelor, oferind o soluție completa pentru proiectarea, simularea si productia de circuite electronice. Importanta sa este evidenta in domeniul tehnologie actual, in care inovațiile rapide sunt esențiale pentru succesul dezvoltării unui produs final inteligent.

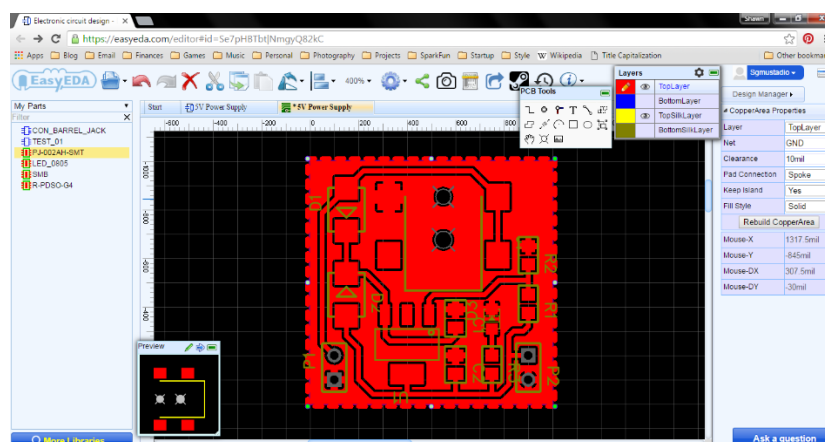


Figura 2.3 Interfața grafică a EasyEDA

2.4.1 Importanta prototipării pentru un dispozitiv

Placa cu cablaj imprimat (PCB) este baza oricărui dispozitiv electronic modern, ce asigura interconectarea tuturor componentelor electronice organizând un suport compact si organizat. Prototiparea si fabricarea PCB-ului reprezintă un proces efectuat in câteva etape, care in mod direct influențează performanta, fiabilitatea si costul produsului final.

Prototiparea plăcii cu cablaj imprimat este cruciala pentru validarea designului teoretic al circuitului. In etapa descrisa, schema electronica este transformata într-un model fizic funcțional, care poate fi testat si optimizat. Acest proces permite inginerilor sa stabilească neajunsurile si sa corecteze erorile si problemele precum conexiuni incorecte, consum excesiv de energie sau interferente electromagnetice. Datorita procesului de testare pot fi prevenite defectele ce ar putea apărea in producția ulterioara. Totodată utilizarea serviciilor de prototipare disponibile pe diverse platforme, accelerează procesul de dezvoltare, reducând semnificativ ciclul de timp dintre concepție si implementare.

Fabricarea PCB-ului joaca un rol fundamental în transformarea prototipului într-un produs scalabil si fiabil. Calitatea materialelor utilizate, precizia procesului de fabricație si integrarea componentelor sunt factori critici care influențează performanta dispozitivului. Materialele utilizate, cum ar fi ceramica sau aluminiul sunt selectate in funcție de cerințele specifice ale aplicației, cum ar fi rezistenta termica, durabilitatea sau conductivitatea. În plus, designul straturilor multiple si al traseelor conductive optimizează spațiul si îmbunătățesc performantele circuitului fiind esențiale pentru dispozitivele complexe precum cele IoT, echipamentele medicale sau sistemele de comunicații. Comparativ cu breadbord-ul, care este comod pentru prototipare, utilizarea unui PCB pentru un dispozitiv electronic, cum ar fi un sistem pentru monitorizarea ecosistemelor acvatice, aduce beneficii semnificative. Breadboard-ul poate cauza pierderi de curent din cauza conexiunilor instabile, reducând durata de lucru de la baterie si făcând dispozitivul susceptibil la interferente electromagnetice care afectează funcționarea corecta, totodată conexiunile mecanice fragile pe breadboard cresc riscul de defecțiuni. Așadar PCB-ul oferă trasee conductive precise, care reduc pierderile energetice si cresc eficiența dispozitivului, ce ar putea extinde autonomia până la 20-30%, totodată asigura stabilitatea circuitului si elimina zgomotul electromagnetic, îmbunătățind performanta dispozitivului. Componentele fixate solid pe PCB cresc fiabilitatea si durabilitatea, făcând dispozitivul potrivit pentru utilizare pe termen lung.

Procesul de prototipare si elaborare a plăcilor cu cablaj imprimat este unul dintre cele mai esențiale procese pentru dezvoltarea unui dispozitiv electronic de succes. Aceste procese asigură trecerea de la concept la produs final, care reduce semnificativ riscurile, optimizează performanța si garantează calitatea dispozitivului.

2.5 Limbajul de programare C++

Limbajul de programare C++ este considerat standart pentru platforma Arduino, datorita combinației sale unice de caracteristici, care includ performanța, accesul direct la hardware si flexibilitatea oferita de paradigma sa multi- model. În mediul de dezvoltare arduino, acest limbaj este folosit sub o forma simplificata, ceea ce permite atât începătorilor cit si experților sa dezvolte aplicații pentru o gama larga de dispozitive si aplicații. Alegerea acestui limbaj pentru programarea dispozitivelor bazate pe arduino nu este întâmplătoare, ci rezultatul unui echilibru între cerințe de performanța, compatibilitate si ușurința în utilizare.

Limbajul permite interacțiunea directă cu hardware-ul. Acest aspect este esențial pentru dispozitivele bazate pe microcontrolere utilizate în sistema. Fiecare linie de cod scrisă în acest limbaj este compilată într-un cod mașina optimizat, care urmează sa fie executat de microcontroler. Aceasta eficiența este crucială în aplicațiile care necesita procesarea cit mai rapidă a datelor, cum ar fi controlul motoarelor sau citirea datelor de la senzori, îndeosebi dacă alimentarea finală este bazată pe o baterie cu capacitatea redusă.

Un alt argument puternic este proprietatea unui limbaj versatil, ce înseamnă ca acesta susține atât programarea procedurală cit si cea orientată pe obiecte. În proiectele mai simple, programarea procedurală este suficientă, dar în cazul unui lucru complex, OOP devine un instrument puternic. Prin utilizarea claselor si obiectelor dezvoltatorii pot organiza mai bine codul si pot reutiliza funcționalități specifice, care la rândul sau reduce redundanța si riscul de erori. Acest specific este deosebit de util în cazurile când se lucrează cu mai multe componente hardware sau proiecte modulare.

Compatibilitatea platformei Arduino cu o gama larga de microcontrolere si module externe hardware, reprezintă un nou argument solid pentru utilizarea limbajului descris. Deci programele scrise anterior pentru o placa Arduino este complet compatibilă cu alte plăci cum ar fi (Uno, Mega, Nano) în cazul în care logica si conexiunile logice coincid, iar în cazul incompatibilității pot fi modificate cu ușurința efectuând modificări minime în codul sursă. Acesta este unul dintre argumentele forte pentru o platformă scalabilă, ce permite cu ușurința extinderea lor. Documentația oficială, tutorialele si comunitatea, în mare parte este bazată pe acest limbaj, ce din nou contribuie la consolidarea lui ca standart pentru Arduino. Datorita combinației sale unice de performanța, flexibilitate si suport comunitar. Acesta permite crearea de aplicații eficiente, scalabile, ceea ce demonstrează alegerea corectă în acest domeniu.

C++ este un limbaj de programare mediu după nivelul de clasare ce a fost dezvoltat în 1979 de Bjarne Stroustrup. Acesta inițial a fost conceput ca o extensie a limbajului C, motiv pentru care a fost numit inițial „C cu clase”. Scopul principal al autorului a fost crearea unui limbaj care sa combine eficiența si flexibilitatea limbajului C ce va avea structuri mai avansate ale paradigmei orientate pe obiecte. Prima standardizare a limbajului a fost cunoscută sub numele de C++98, ce a avut loc în anul 1998 si deja ulterior a continuat sa se dezvolte fiind adăugate îmbunătățiri semnificative în funcționarea limbajului. Limbajul anterior este strict procedural, ce este concentrat asupra funcțiilor si structurilor de date.

Gestionarea memoriei în limbajul C are loc prin utilizarea alocării si eliberării explicite a resurselor(malloc/free). C++ introduce operatorii (new,delete) pentru o gestionare mai eficientă a memoriei. Totodată acest limbaj include suport pentru constructori si destructori astfel facilitând inițializarea si eliberarea resurselor în mod automatizat.

Biblioteca standard a limbajului C++ este mult mai extinsă în comparație cu cea standardă, furnizează structuri de date generice și algoritmi utili, pe care C nu le are nativ. Aceasta reduce semnificativ timpul necesar pentru dezvoltarea aplicațiilor complexe.

Din punct de vedere al performanței C, uneori este preferat, în cazurile în care accesul direct și rapid la hardware este crucial. C++, fiind foarte performant poate introduce un overhead suplimentar datorită caracteristicilor sale avansate, cum ar fi polimorfismul dinamic.

2.5.1 Stocarea obiectelor în C++

Stocarea obiectelor în limbajul C++ este un subiect important în programarea orientată pe obiecte, întrucât influențează performanța în mod direct, organizarea memoriei și siguranța aplicațiilor depinzând foarte mult de modul în care sunt gestionate operațiunile exprimate. În acest limbaj, obiectele sunt entități care încapsulează date și funcțiile pentru a modela concepte. Modul în care sunt stocate și gestionate aceste obiecte poate varia în funcție de contextul utilizării.

Limbajul permite stocarea obiectelor pe stivă, care este o zonă dedicată de memorie rapidă, dar limitată ca dimensiune pentru utilizare. Obiectele stocate pe stivă sunt de obicei alocate automat și distruse în mod implicit atunci când ies din domeniul de vizibilitate. Acest mecanism asigură o gestionare eficientă a resurselor, deoarece nu este nevoie de eliberarea manuală a memoriei. Aceasta metoda de stocare are avantaje precum rapiditatea accesului și gestionarea memoriei simplificată. Dar cel mai mare neajuns al acestuia este dimensiunea limitată a stivei și durata de viață ce este limitată de domeniul de vizibilitate al obiectului.

Stocarea obiectelor cu heap, acesta este o zonă de memorie mai mare și flexibilă în comparație cu stiva, dar alocarea și dealocarea memoriei este mult mai lentă. Obiectele ce sunt stocate pe heap necesită să fie gestionate manual sau utilizând mecanisme automatizate, cum ar fi clasele smart pointers ce sunt disponibile în biblioteca standardă. Dar utilizarea necorespunzătoare a memoriei heap poate duce la scurgeri de memorie sau erori cum ar fi accesul la zone de memorie dealocate, pentru a facilita aceasta problema smart pointers este o soluție potrivită. Obiectele ce sunt declarate ca globale sau statice sunt stocate într-o zonă specifică a memoriei care persistă pe toată durata execuției programului. Acestui tip de stocare este foarte util pentru obiectele care trebuie să fie accesibile în multiple părți ale algoritmului, dar necesitatea gestionării corecte a distrugerii și inițializării poate complica structura aplicației.

Pentru stocarea datelor temporare sunt create adesea ca rezultate intermediare ale expresiilor și sunt stocate direct pe stivă. Durata de viață este mică și se distruge la sfârșitul expresiei create.

C++ oferă de asemenea și caracteristici avansate cum ar fi mutarea semantică, care optimizează gestionarea obiectelor temporare și reduce numărul de copii nedorite. Așadar stocarea obiectelor în limbajul menționat, este un proces flexibil ce poate avea variații în dependența de necesități și strategie. Gestionarea eficientă a memoriei în cuplu cu utilizarea noilor metode oferite de limbaj contribuie mult la crearea aplicațiilor eficiente, robuste ce nu necesită resurse de calcul speciale.

2.5.2 Obiectele în C++

Obiectele reprezintă una dintre cele mai importante particularități fundamentale ale programării orientate pe obiecte, aceasta metoda devine din ce în ce mai populară în dezvoltarea aplicațiilor moderne. În limbajul menționat obiectele reprezintă un mod eficient de a modela concepte din lumea reală, care la rândul său combina datele cit și comportamentele asociate acestora. Aceasta abordare are un impact pozitiv asupra structurii logice a aplicațiilor, ce promovează reutilizarea secvențelor de cod și modularitatea sistemului.

Un obiect in c++ este o instanța a unei clase, deci aceasta preia structura si comportamentul definit de clasa, totodată are si date unice ce determina starea sa. Clasele sunt șabloane ce descriu variabilele membre si funcțiile membre a claselor.

Exista câteva caracteristici fundamentale al obiectelor in C++

1. Încapsularea definește combinarea datelor si funcțiilor care operează asupra acestor date într-o singura unitate creata. In C++ (public,protected si private) controlează vizibilitatea membrilor clasei. Aceasta caracteristica protejează datele împotriva accesului neautorizat si permite ascunderea detaliilor implementate in intern.
2. Abstracția – Obiectele din limbajul menționat facilitează abstracția, concentrându-se pe caracteristicile esențiale ale entităților ce au fost modelate anterior si apoi elimina datele irelevante. O clasa poate abstractiza atributele comune ale unui component izolat.
3. Modularitatea – Obiectele sunt entități ce funcționează autonom, ce permite dezvoltarea lor modulara. Acest fapt sporește testarea rapida si întreținerea codului, deoarece componentele pot fi dezvoltate si supuse analizei profunde fiind un proces independent.
4. Starea- fiecare obiect are o stare proprie, ce este definita de valorile atributelor anterioare ce au fost predefinite. Obiectele pot fi distinse separat chiar daca provin din aceeași clasa. Deci doua obiecte de același tip pot avea caracteristici total opuse.

2.4.3 Constructori si destructori

Constructorii si destructorii sunt metode speciale ce se utilizează pentru inițierea si distrugerea obiectelor. Aceștia sunt implicați automat la crearea unui obiect si sunt utilizați ulterior pentru ai fi setate proprietățile. Destructorii sunt utilizați pentru eliberarea resurselor alocate pentru un obiect si sunt apelați in regim automat când obiectul definit iese din domeniul sau de utilizare.

Relația dintre clase si obiecte, clasele stabilesc comportamentul general si structura obiectelor, atunci când obiectele concretizează aceste definiții. Aceasta relație este asemănătoare cu cea dintre tipurile de date si variabilele in limbajul de programare procedurala cum ar fi limbajul precedent C. Obiectele pot interacționa între ele efectuând schimbul de date apelând metode care la rândul sau contribuie la implementarea logicii aplicației. Utilizarea lor oferă numeroase beneficii cum ar fi:

- Reutilizarea codului – obiectele si clasele pot fi utilizate in mod repetat in mai multe proiecte
- Extensibilitatea – datorita moștenirii, clasele utilizate pot fi extinse pentru a adauga funcționalități noi
- Polimorfism – Permite tratarea obiectelor de diferite tipuri într-un mod egal, ce utilizează metode virtuale.
- Organizare – Logica separata in unități mai mici sporește gestionarea si întreținerea produsului

Dezavantajele utilizării obiectelor in C++

- Complexitate ridicata – POO poate fi dificila de înțeles si aplicat pentru persoanele fără experiența, deoarece necesita o înțelegere profunda in logica limbajului cum ar fi moștenirea si polimorfismul.
- Consumul excesiv de resurse – gestionarea obiectelor, îndeosebi a celor complexe poate necesita mai mult timp pentru execuția lor in memorie comparativ cu programarea clasica.
- Dependente între clase – crearea claselor independente poate duce la crearea unui cod sursa greu de întreținut si modificat, mai ales in cazul resurselor limitate.
- Complexitate sporita – se datorează metodelor utilizate ce nu sunt utile pentru proiectele mici comparativ cu alte metode de programare.

- Debugging dificil – testarea si detectarea erorilor in proiecte voluminoase care implica multiple obiecte si clase utilizate poate fi mai complicata comparativ cu programarea clasica din cauza interacțiunii complexe intre obiectele utilizate in aplicație.

Obiectele sunt o buna metoda pentru modelarea conceptelor eficiente din lumea reala într-o unitate unica. Acestea oferă o fundație solida pentru dezvoltarea produselor software modulare si scalabile, care pot asigura suportul produsului pe un termen îndelungat folosind resurse minime. Datorita utilizării corecte a obiectelor, dezvoltatorii pot crea aplicații robuste si eficiente.

2.6 Protocolul de comunicare I2C

Standartul de comunicare I2C (Inter Integrated Circuit) reprezintă un protocol de comunicație tip serial, fiind dezvoltat de compania Philips Semiconductor in anii 1980. Conceptul de baza este interconectarea dispozitivelor in sistemele embedded si multe alte aplicații electronice. Popularitatea acestei soluții se datorează designului simplu si eficient, ce are capacitatea de a conecta mai multe dispozitive si costul ei redus de implementare.

Arhitectura Master-Slave sta la baza acestui protocol de comunicare. Dispozitivul master este responsabil pentru generarea semnalelor „clock” si schimbului de date intre dispozitive conectate. Dispozitivele slave, reacționează la comenzile transmise de dispozitivul Master, fiecare având o adresa unica pentru adresare. Acest standart poate susține mai multe dispozitive de tip Slave, ceea ce îl face atât de răspândit in industrie.

Comunicarea in acest standart are loc prin utilizarea a doua linii: SDA (Serial Data Line) ce are scopul de a transmite datele spre destinație. SCL (Serial Clock Line) ce sincronizează procesul de transfer de date. Liniile de comunicare sunt de tip open-drain, ce necesita utilizarea rezistentelor de tip pull-up, care la rândul sau asigura funcționalitatea corecta.

Pentru comunicare exista 2 condiții Start si Stop

- Condiția *Start* este inițiată atunci când linia SDA este trasă la joasă în timp ce SCL este la nivel într-un stadiu înalt.
- Condiția *Stop* apare atunci când SDA este eliberată la nivel înalt după ce SCL este înalt.

Dispozitivele conectate pot activa liniile doar prin trecerea acestor in starea joasa (low). Transmiterea datelor are loc in grupuri de 8 biți, care sunt urmate de un bit de confirmare (ACK sau NACK) Un semnal ACK indica recepționarea cu succes a datelor, in timp ce un semnal NACK poate cauza refuzul sau erori in timpul procesării. In cazul Conflictelor unui sistem multi-master. In cazul conflictelor într-un sistem multi-master, protocolul descris utilizează arbitrajul bazat pe nivelul logic de pe linia de comunicare SDA. Masterul care transmite un semnal logic de tip „low” are prioritate, iar ceilalți masteri cedează controlul magistralei.

Dispozitivele de tip slave sunt identificate prin adrese unice ce pot fi de 7 sau 10 biți. Sistemele I2C permit utilizarea până la 128 de dispozitive in modul de comunicare de 7 biți, ceea ce este aplicat in soluții comerciale.

Acest protocol oferă mai multe moduri de operare, având următoarele rate de transfer:

- **Standard Mode:** Până la 100 kbit/s.
- **Fast Mode:** Până la 400 kbit/s.
- **Fast Mode Plus:** Până la 1 Mbit/s.
- **High-Speed Mode:** Până la 3.4 Mbit/s.
- **Ultra-Fast Mode:** Până la 5 Mbit/s, utilizat în cazuri speciale

Pentru sistemele complexe unde pot fi implicați mai multe dispozitive de tip Master, este posibila implementarea unui mecanism de arbitraj. Acesta determina prioritatea pe baza semnalului si condițiilor pentru a preveni coliziunea de date.

Standartul I2C continua sa fie un protocol fundamental in procesul de elaborare a sistemelor embedded, datorita echilibrului dintre simplitate, costuri reduse si eficienta. Deși are anumite limitări tehnice, implementarea sa pe scara larga cu diverse dispozitive si sisteme îl fac o soluție

perfecta pentru transmiterea datelor în cadrul aplicațiilor integrate acesta are oricum punctele sale slabe și forte.

Avantaje:

- Simplitate – utilizarea a doar a doua fire pentru comunicare, reduce complexitatea dezvoltării dispozitivului și costurile de elaborare.
- Scalabilitate – permite utilizarea mai multor dispozitive pe aceeași magistrală.
- Compatibilitate – acest standard suporta o gamă largă de microcontrolere ce facilitează integrarea lui în dispozitive.

Dezavantaje:

- Distanța redusă – lungimea maximă a magistralei este limitată din cauza sensibilității ridicate la zgomot.
- Viteza scăzută – comparative cu alte protocoale precum SPI, acesta este mai lent.
- Complexitate în sistemele multi-master – arbitrajul poate complica dezvoltarea proiectelor.

Protocolul I2C este prezent într-o gamă largă de dispozitive moderne, fiind utilizat în:

- **Sisteme Embedded:** Microcontrolere și microprocesoare.
- **Senzori:** Accelerometre, giroscopae, senzori de temperatură și presiune.
- **Convertoare:** Convertor analogic-digital (ADC) sau digital-analogic (DAC).
- **Afișaje:** Ecrane LCD și OLED-uri de dimensiuni mici.
- **IoT (Internet of Things):** Dispozitive inteligente și sisteme de monitorizare conectate.
-

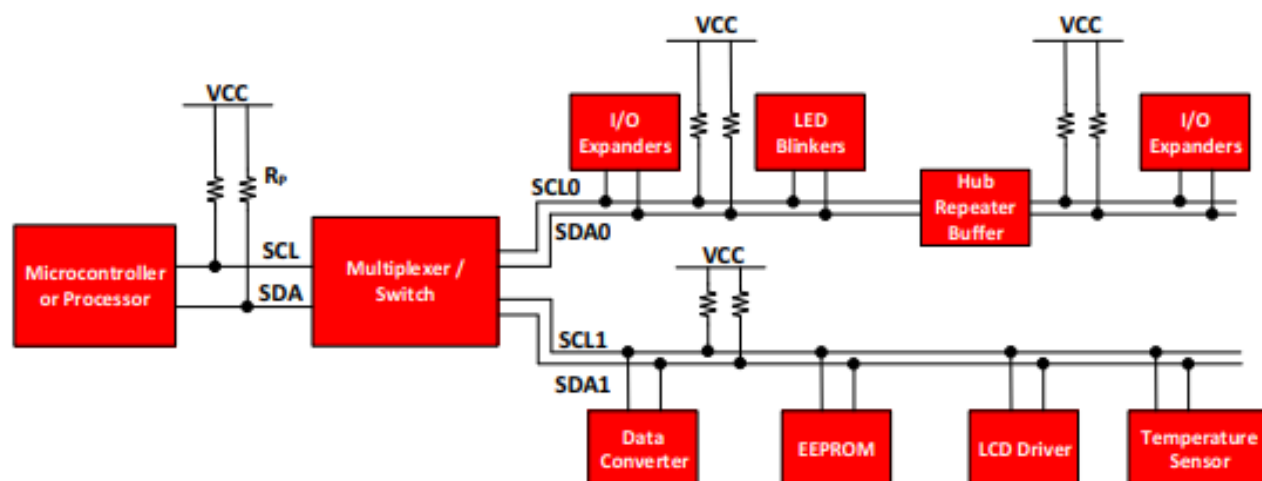


Figura 2.4 Standartul I2C utilizat într-un sistem embedded

2.7 Universal Asynchronous Receiver-Transmitter (UART)

UART reprezintă un standard fundamental utilizat în comunicațiile seriale asincrone. Acesta permite transferul bidirecțional de date între două dispozitive electronice prin conversia semnalelor din format paralel în serial și invers. Standardul este omniprezent în sistemele încorporate și este un element cheie în conectivitatea dispozitivelor electronice moderne.

Acest standard operează prin transmiterea datelor ca un flux de biți, eliminând necesitatea unui semnal de ceas comun, asemenea altor standarde similare. Sincronizarea dintre emițător și receptor este realizată prin convenirea asupra unor parametri comuni, cum ar fi rata de baud, formatul datelor și controlul erorilor. Această transmisie asincronă utilizează un protocol specific pentru împachetarea datelor în cadre, asigurând integritatea informației și o comunicare eficientă.

Un cadru de transmisie UART este compus din:

1. **Bitul de start:** Semnalizează începutul transmisiei datelor și permite receptorului să identifice debutul unui nou flux de date.

2. **Biții de date:** Conțin informația utilă. Dimensiunea acestora poate varia între 5 și 9 biți, în funcție de configurație.
3. **Bitul de paritate (opțional):** Este utilizat pentru detectarea erorilor prin calcularea parității numărului de biți logici "1" din date.
4. **Bitul de stop:** Marchează sfârșitul cadrului. Poate fi configurat să dureze unul sau două intervale de timp.

Baudrate-ul reprezintă viteza de transfer a datelor într-un sistem UART, ce este măsurată în biți pe secundă (bps). Aceasta indică câți biți de date, inclusiv biți de start, stop și paritate, sunt transmiși sau recepționați într-o secundă. În cadrul protocolului UART, comunicarea este asincronă, ceea ce înseamnă că nu există un semnal de ceas comun între emițător și receptor. Sincronizarea este realizată prin utilizarea unui bit de start la începutul fiecărui cadru de date. Deoarece nu există ceas, baudrate-ul trebuie configurat identic pe ambele părți ale comunicației pentru a asigura un transfer corect al datelor.

Baudrate-ul poate varia în funcție de aplicație și hardware, valorile comune fiind 9600, 19200, 38400, 57600 sau 115200 bps. Alegerea unei viteze mai mari permite un transfer rapid al datelor, dar poate crește riscul de erori de sincronizare sau interferențe, mai ales pe distanțe lungi sau în medii zgomotoase. Parametrul este strâns legat de frecvența de ceas a dispozitivului. Adesea, un divizor al ceasului intern al microcontrolerului determină baudrate-ul. Dacă ceasul nu poate genera exact baudrate-ul dorit, se pot introduce erori, cunoscute ca erori de baudrate. În general, aceste erori trebuie să fie sub 2% pentru a evita pierderile de date.

Baudrate-ul nu trebuie confundat cu bitrate-ul efectiv, deoarece acesta din urmă exclude biții suplimentari (start, stop, paritate) și reflectă doar datele utile transmise. Pentru acest standard există câțiva parametri critici

- **Baudrate:** Reprezintă viteza de transmisie, exprimată în simboluri pe secundă. Exemple tipice includ 9600, 19200, 38400 sau 115200 bauds. Sincronizarea corectă între emițător și receptor depinde de utilizarea aceleiași rate de baud.
- **Controlul fluxului:** Asigură gestionarea eficientă a datelor transmise pentru a preveni pierderile de informații. Se poate realiza hardware (cu semnale RTS/CTS) sau software (prin caractere de control XON/XOFF).
- **Moduri de operare:** UART suportă atât comunicații half-duplex, cât și full-duplex. În modul half-duplex, transmisia și recepția datelor au loc pe aceeași linie, dar nu simultan. În modul full-duplex, acestea sunt independente, folosind linii dedicate.

Deși UART nu este cel mai rapid sau cel mai avansat protocol serial, acesta rămâne un standard de bază datorită simplității, fiabilității și costului redus. Utilizarea sa în sisteme încorporate, interfețe de depanare și periferice reflectă versatilitatea sa continuă. Pe măsură ce cerințele tehnologice evoluează, UART este complementar altor standarde mai rapide, rămânând o soluție esențială pentru comunicațiile seriale în numeroase aplicații.

Avanteje:

1. **Simplitate în proiectare:** Standardul UART necesită un număr redus de linii de conexiune, minimizând complexitatea și costurile hardware.
2. **Compatibilitate extinsă:** UART este integrat în majoritatea microcontrolerelor și perifericelor, ceea ce îl face ideal pentru o gamă largă de aplicații.
3. **Eficiență energetică:** Datorită naturii sale asincrone, UART consumă mai puțină energie comparativ cu protocoalele sincrone.

Neajunsuri:

1. **Sensibilitate la zgomot și distanță:** Comunicarea UART este vulnerabilă la interferențe electromagnetice, ceea ce limitează eficiența pe distanțe mari. Pentru transmisii extinse, se utilizează convertoare suplimentare, precum RS-232 sau RS-485.

2. **Viteză redusă:** Deși este suficient pentru multe aplicații, viteza transmisiei UART este inferioară altor protocoale seriale precum SPI (Serial Peripheral Interface) sau I2C (Inter-Integrated Circuit).
3. **Sincronizare dependentă de rata de baud:** Orice discrepanță în configurarea acestora poate cauza pierderi sau erori de date.

Toți acești parametri fac standardul UART utilizat într-o gama largă de aplicații, cum ar fi:

- **Sisteme încorporate:** Pentru conectarea senzorilor, afișajelor LCD și altor periferice la microcontrolere.
- **Debugging și depanare:** Comunicarea UART este frecvent folosită pentru interfețele de debugging și pentru încărcarea firmware-ului.
- **Dispozitive IoT și electronice de consum:** Modulele Bluetooth, Wi-Fi și GPS integrează adesea comunicare UART pentru transferul de date.

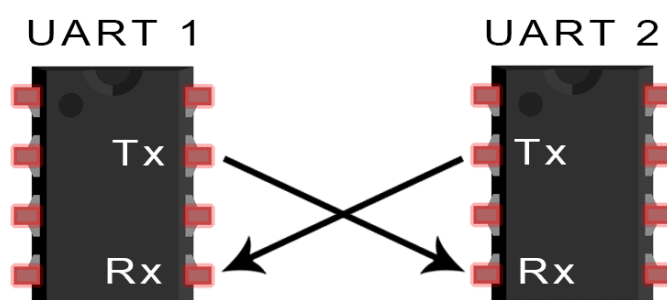


Figura 2.5 Schema de conectare a doua dispozitive UART

2.8 OneWire protocol

Standartul One-Wire utilizat pentru senzorul de temperatură Dallas DS18B20, și multe alte dispozitive este dezvoltat de compania Dallas Semiconductor. Sistemele bazate pe One-Wire sunt recunoscute pentru simplitatea lor, consumul redus de energie și capacitatea de a integra mai mulți senzori pe o singură magistrală.

One-Wire utilizează un singur fir pentru transferul de date și alimentarea dispozitivelor conectate. Această tehnologie utilizează trei linii electrice: firul de date (Data), alimentarea opțională (Vcc) și masă (GND). În configurațiile alimentate "parasite", firul de date servește atât pentru transferul de date, cât și pentru alimentarea senzorului, eliminând nevoia unui fir de alimentare dedicate.

Protocolul One-Wire folosește semnale digitale pentru transmiterea datelor, cu o codificare simplă, în care lungimea impulsurilor definește biții "0" și "1". Această metodă reduce complexitatea hardware-ului necesar și asigură integritatea semnalului pe distanțe scurte sau moderate.

Unul dintre cele mai populare dispozitive bazate pe standardul One-Wire este senzorul de temperatură DS18B20. Acest senzor poate măsura temperaturi în intervalul -55°C până la +125°C cu o precizie de $\pm 0.5^\circ\text{C}$ în intervalul -10°C până la +85°C.

Senzorul descris ulterior are următoarele caracteristici individuale:

- **Adresa Unică pe 64 de Biți** - Fiecare dispozitiv DS18B20 are o adresă unică pe 64 de biți, ceea ce permite conectarea mai multor senzori pe aceeași magistrală One-Wire. Această

adresă este stocată în memoria ROM și este utilizată pentru identificarea individuală a fiecărui senzor.

- **Convertor** **Analog-Digital** **Integrat**
DS18B20 are un convertor analog-digital de 12 biți, care transformă semnalul de temperatură într-o valoare digitală. Rezoluția poate fi configurată între 9 și 12 biți, ceea ce influențează timpul de conversie și precizia măsurătorii.
- **Funcționare în Mod Alimentat "Parasite" sau Standard**
DS18B20 poate funcționa fie în modul standard, alimentat direct de la o sursă externă de 3V-5V, fie în modul "parasite", folosind doar firul de date și masă pentru alimentare, ce poate fi extrem de util în cazul unor dispozitive mici.

One-Wire utilizează o arhitectură de tip master-slave, unde dispozitivul master inițiază toate comunicațiile. Procesul de comunicare implică mai mulți pași:

1. **Resetarea și Detectarea Prezenței** - Masterul transmite un impuls de reset, urmat de un semnal de prezență de la slave, indicând că dispozitivul este conectat și pregătit pentru comunicație.
2. **Transmiterea Comenzilor** - Masterul trimite comenzi pentru operații precum citirea temperaturii, scrierea în memoria EEPROM sau selectarea unui senzor specific folosind adresa sa unică.
3. **Citirea Datelor** - Datele de la senzor sunt transmise bit cu bit către master. Fiecare bit este codificat temporal: un impuls scurt reprezintă "1", iar unul lung reprezintă "0".

Avantajele standardului One-Wire includ costuri reduse, instalare simplă și capacitatea de a suporta rețele complexe cu mulți senzori. În plus, distanța maximă între dispozitive poate ajunge până la 100 de metri cu cabluri de calitate adecvată.

Pe de altă parte, limitările includ sensibilitatea la zgomot electromagnetic și viteza relativ redusă de transfer a datelor, care este de aproximativ 16 kbps.

Standardul One-Wire este utilizat în diverse domenii, inclusiv monitorizarea temperaturii în sistemele industriale, controlul termic în servere, măsurători de mediu și aplicații casnice inteligente.

Tehnologia One-Wire reprezintă o soluție practică și eficientă pentru aplicații ce necesită senzori multipli sau comunicație pe distanțe scurte. Senzorul DS18B20 este un exemplu de succes al acestui standard, oferind precizie ridicată, flexibilitate și integrare simplă în diverse sisteme.

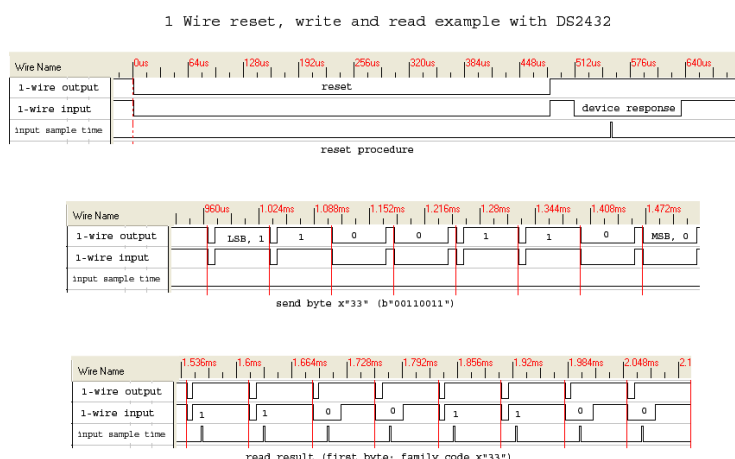


Figura 2.6 Schema protocolului OneWire

2.9 Unitatea de procesare ESP32

În sistemul descris va fi utilizat microcontrolerul ESP32 al companiei Espressif ce este o soluție avansată și versatilă pentru implementarea sistemelor de achiziție de date și control automatizat. Acesta integrează un procesor dual-core, conectivitate Wi-Fi și Bluetooth, și o gamă largă de pini pentru interfațarea cu senzori analogici și digitali, fiind ideal pentru aplicații IoT.

Funcționarea sa cu senzori implică conversia semnalelor electrice în date procesabile și transmiterea acestora către unitatea centrală de procesare.

Senzorii digitali trimit informații sub formă de semnale discrete, cum ar fi niveluri de tensiune "high" (1) și "low" (0). ESP32 comunică cu acești senzori utilizând protocoale standard, cum ar fi I2C, SPI sau UART. Aceste protocoale permit transferul rapid și eficient de date, cu suport pentru multiple dispozitive conectate pe aceeași magistrală. De exemplu, un senzor de temperatură digital poate transmite direct valori numerice către microcontroler, eliminând necesitatea prelucrării semnalului.

Pentru senzorii analogici, ESP32 dispune de convertoare analog-digital (ADC) integrate, care transformă semnalele continue în valori digitale reprezentate pe 12 biți. Aceste semnale analogice provin, de obicei, de la senzori care măsoară variabile fizice, precum tensiunea, intensitatea luminoasă sau presiunea. Pinii ADC pot fi configurați pentru a prelua semnale de la acești senzori, iar software-ul permite filtrarea și procesarea datelor pentru a reduce zgomotul sau erorile de măsurare.

Prin combinarea senzorilor digitali și analogici, ESP32 oferă flexibilitate în proiectarea sistemelor de monitorizare și control. Capacitățile sale de conectivitate și procesare fac posibilă integrarea într-un ecosistem IoT, în care datele colectate sunt utilizate pentru analize predictive, automatizare sau comunicare între dispozitive. Astfel, ESP32 reprezintă un nucleu tehnologic esențial pentru aplicațiile moderne.

De asemenea, ESP32 este apreciat pentru suportul său extins pentru biblioteci software și medii de dezvoltare, cum ar fi Arduino IDE, PlatformIO și MicroPython, ceea ce simplifică integrarea senzorilor în proiecte complexe. Prin intermediul acestor platforme, dezvoltatorii pot scrie cod pentru a configura rapid modul de operare al pinilor, a citi datele senzorilor și a implementa algoritmi de procesare.

Un alt avantaj notabil al ESP32 este consumul său redus de energie, ceea ce îl face potrivit pentru dispozitive alimentate de baterii. În moduri de funcționare precum "deep sleep," ESP32 poate conserva energia, activându-se doar pentru a prelua date sau a transmite informații. Această caracteristică este esențială pentru aplicații IoT, cum ar fi monitorizarea mediului sau dispozitivele portabile.

Integrarea ESP32 cu senzori analogici și digitali nu se limitează doar la achiziția de date; microcontrolerul permite și controlul activ al diverselor dispozitive. Acest lucru include acționarea motoarelor, comutarea releelor sau reglarea intensității luminii prin semnale PWM (Pulse Width Modulation). În combinație cu senzorii, aceste funcționalități permit crearea de sisteme autonome complexe, cum ar fi roboți mobili, dispozitive smart home și sisteme industriale.

ESP32 reprezintă o platformă puternică și flexibilă pentru interfațarea cu senzori analogici și digitali, fiind o alegere de top în domeniul automatizării și al IoT. Performanțele sale, compatibilitatea extinsă și caracteristicile avansate îl transformă într-o componentă esențială pentru dezvoltarea de soluții moderne, eficiente și scalabile. Această versatilitate îi asigură un rol de lider în tehnologia microcontrolerelor.

2.9.1 Senzori analogici

Unitatea de procesare utilizată are deplină capacitatea de a opera cu o multime de dispozitive și senzori ce pot fi conectați prin UART, CAN, I2C, SPI, magistrala de date analogică sau digitală.

Senzorii analogici sunt dispozitive care generează o variație continuă a semnalului electric, de obicei tensiune, în funcție de o anumită mărime fizică. De exemplu, un senzor de temperatură analogic, cum ar fi LM35, produce o tensiune proporțională cu temperatura măsurată. Pentru a putea utiliza aceste semnale cu un microcontroler precum Arduino, este necesar să convertim semnalul analogic într-un format digital pe care microcontrolerul să-l poată procesa. Acest lucru este realizat prin intermediul unui convertor analog-digital (ADC) integrat în placa Arduino. Majoritatea microcontrolerelor, precum Arduino Uno, sunt dotate cu pini de intrare analogici (de exemplu, A0, A1, etc.), conectați direct la ADC. ADC-ul transformă semnalul analogic într-o valoare digitală pe 10 biți, ceea ce înseamnă că poate reprezenta semnalele analogice cu o rezoluție de 1024 de valori distincte, de la 0 la 1023. Această conversie se bazează pe intervalul de referință al tensiunii (de obicei 0-5V pentru Arduino Uno). Astfel, o tensiune de 2.5V va fi convertită într-o valoare digitală de aproximativ 512.

Procesul de citire a unui senzor analogic cu Arduino implică mai mulți pași. În primul rând, senzorul trebuie conectat corespunzător la placă. De obicei, senzorii au trei pini: alimentare (VCC), masă (GND) și semnal (output). Pinul de semnal este conectat la unul dintre pinii analogici ai plăcii. După conectare, se scrie un program (sketch) care utilizează funcția “analogRead()” pentru a citi valorile de la senzor.

```
int valoareSenzor = 0; // Variabila pentru a stoca valoarea citită

void setup() {
  Serial.begin(9600); // Inițializarea comunicării seriale
}

void loop() {
  valoareSenzor = analogRead(A0); // Citirea valorii de la senzorul conectat la pinul A0
  Serial.println(valoareSenzor); // Afișarea valorii în monitorul serial
  delay(500); // Pauză de 500ms
```

În acest cod, funcția “analogRead(A0)” citește tensiunea analogică de la senzor și returnează o valoare digitală între 0 și 1023. Această valoare poate fi folosită pentru a determina intensitatea luminii incidente pe fotorezistor.

Pentru aplicații mai complexe, valorile citite de la senzori pot fi utilizate pentru a controla alte componente, precum LED-uri, motoare sau afișaje. De exemplu, o valoare ridicată de la un senzor de lumină poate aprinde un LED sau poate declanșa o alarmă.

De asemenea, microcontrolerele permit calibrarea și procesarea datelor de la senzori. De exemplu, în cazul unui senzor de temperatură, valorile digitale pot fi convertite direct în grade Celsius sau Fahrenheit folosind formule matematice simple. Acest lucru permite utilizatorilor să integreze Arduino în aplicații practice, precum stații meteo, sisteme de automatizare sau dispozitive portabile.

Un alt aspect important este utilizarea tensiunii de referință personalizate (“analogReference()”) pentru a îmbunătăți precizia măsurătorilor. Dacă senzorul operează într-un interval de tensiune mai mic decât 0-5V, o tensiune de referință mai mică poate crește rezoluția măsurătorilor, oferind date mai precise.

2.9.2 Interacțiunea cu senzori digitali

Senzorii digitali comunică cu ESP32 prin protocoale standard, cum ar fi I2C, SPI sau UART. Conexiunile fizice implică utilizarea unor pini GPIO (General Purpose Input/Output) pentru transmiterea semnalelor. Fiecare protocol utilizează o combinație specifică de pini: de exemplu, I2C necesită linii SDA (Serial Data) și SCL (Serial Clock), iar SPI utilizează linii pentru MOSI, MISO, SCK și CS.

În mediul de dezvoltare (precum Arduino IDE), programul începe prin includerea bibliotecilor corespunzătoare senzorului. Configurarea implică inițializarea protocoalelor de comunicare și setarea parametrilor specifici senzorului, cum ar fi rata de eșantionare sau adresa I2C. De exemplu, pentru un senzor I2C, programul va inițializa magistrala I2C și va stabili conexiunea cu adresa specificată.

ESP32 solicită date de la senzor conform protocolului de comunicare. Senzorii digitali trimit informații în formă binară, care sunt interpretate de microcontroler. Datele brute sunt procesate pentru a extrage informații utile, precum temperatură, umiditate sau accelerație. Prelucrarea poate include filtrarea semnalului, conversia unităților sau detectarea anomaliilor.

Datele prelucrate pot fi utilizate local, pentru decizii în timp real (cum ar fi activarea unui releu), sau transmise prin Wi-Fi/Bluetooth către un server sau o aplicație mobilă. ESP32 poate integra aceste date în sisteme mai mari, transformându-le în informații accesibile utilizatorilor finali.

Această secvență de operațiuni face din ESP32 o alegere optimă pentru aplicații variate, cum ar fi automatizările casnice, monitorizarea mediului sau dispozitivele portabile. Fiabilitatea și flexibilitatea sa în lucrul cu senzori digitali contribuie la succesul său în proiectele moderne.

2.9.3 Conversia Analog-Digitală (ADC) în ESP32

Convertorul analog-digital (ADC) integrat în microcontrolerul ESP32 joacă un rol esențial în procesarea semnalelor provenite de la senzori analogici. ADC-ul transformă semnalele analogice, care variază continuu în timp, în semnale digitale discrete, reprezentate sub formă de valori numerice finite. Această transformare este esențială pentru ca microcontrolerul, care operează digital, să poată prelucra datele.

ESP32 este dotat cu două module ADC, denumite ADC1 și ADC2, fiecare având mai multe canale configurabile. Fiecare modul ADC suportă rezoluții de până la 12 biți, ceea ce permite reprezentarea semnalului analogic printr-un set de 2^{12} (4096) valori discrete. Tensiunea maximă de intrare acceptată de ADC este de obicei limitată la 3.3V, dar această limită poate fi ajustată prin utilizarea divizoarelor de tensiune sau a altor circuite externe.

Frecvența de eșantionare a ADC-ului determină viteza cu care semnalul analogic este convertit în digital. În ESP32, aceasta poate varia în funcție de configurație, fiind suficient de rapidă pentru majoritatea aplicațiilor IoT și de monitorizare.

Etapele Procesului de Conversie ADC

1. **Eșantionarea:** Semnalul analogic de intrare este preluat periodic. Frecvența de eșantionare este definită de utilizator sau de hardware-ul intern.
2. **Cuantizarea:** Amplitudinea fiecărui eșantion este măsurată și asociată unui nivel discret. Rezoluția ADC determină numărul de niveluri posibile.
3. **Codificarea:** Nivelurile cuantizate sunt reprezentate ca valori binare, care pot fi utilizate ulterior de software.

Configurare și Utilizare

ADC-ul din ESP32 poate fi configurat prin API-uri oferite de ESP-IDF sau alte platforme de dezvoltare precum Arduino. Programatorul poate seta rezoluția, viteza de eșantionare și intervalele de tensiune. Datele convertite pot fi filtrate software pentru a elimina zgomotul.

ADC-ul ESP32 este supus unor factori care pot influența precizia, cum ar fi zgomotul de sistem, nelinearitatea și variațiile în calibrarea tensiunii de referință. Pentru aplicații de înaltă precizie, se recomandă utilizarea unor tehnici de calibrare și stabilizare a semnalului, cum ar fi amplificatoare operaționale sau filtre analogice.

În concluzie, ADC-ul integrat în ESP32 este un instrument puternic și versatil, care facilitează interfațarea cu senzori analogici, având aplicații într-o gamă largă de domenii, de la monitorizare ambientală până la automatizare industrială.

2.9.4 Intoleranța ESP32 la 5V

ESP32 operează la un nivel de tensiune de 3.3V pentru majoritatea componentelor sale, inclusiv pini digitali și analogici. Acest lucru se datorează arhitecturii interne, care este proiectată pentru a funcționa la tensiuni joase, pentru a reduce consumul de energie și a proteja circuitul intern. Totuși, în momentul în care un senzor analogic conectat la un pin de intrare analogică transmite un semnal cu un voltaj mai mare decât limita de 3.3V, pot apărea efecte negative asupra microcontrolerului.

Riscurile și efectele unui voltaj prea mare pe pinul analogic

În cazul unui senzor analogic care depășește limita de 3.3V, acesta poate transmite un semnal de 5V sau mai mult, ceea ce pune în pericol stabilitatea și integritatea ESP32. Un voltaj prea mare pe pinurile de intrare poate cauza:

1. **Deteriorarea directă a circuitului:** Circuitul intern al ESP32 este sensibil la semnalele de tensiune mai mare de 3.3V. Dacă un voltaj mai mare este aplicat pe pinul de intrare analogic, se poate produce un curent excesiv prin tranzistorii de pe acest pin, iar acest lucru poate duce la ruperea structurilor interne ale circuitului sau la defectarea irecuperabilă a microcontrolerului.
2. **Comportamente imprevizibile ale sistemului:** Tensiunile care depășesc specificațiile de operare pot cauza fluctuații ale valorilor citite de ADC (Analog-to-Digital Converter), ceea ce duce la date imprecise sau eronate. În acest sens, funcționarea corectă a senzorilor devine imposibilă, deoarece valorile citite pot să nu reflecte corect realitatea.
3. **Creșterea consumului de energie și instabilități:** Tensiunile mai mari pot afecta eficiența procesării semnalului analogic, generând un consum mai mare de energie sau fluctuații ale alimentării, care afectează performanța întregului sistem.

Pentru a preveni riscurile asociate cu tensiunile de 5V aplicate la intrările analogice ale ESP32, sunt recomandate mai multe metode de protecție:

1. **Utilizarea unui divizor de tensiune:** Un divizor de tensiune poate reduce semnalele care depășesc 3.3V până la valori sigure pentru ESP32. Acest circuit pasiv este format din două rezistențe care împart semnalul de intrare, reducând voltajul la nivelul dorit. De exemplu, o combinație corectă de rezistențe poate aduce un semnal de 5V la aproximativ 3.3V, protejând astfel pinul analogic.
2. **Folosirea unui diode Zener:** Un diodă Zener cu o tensiune de rupere de 3.3V poate fi conectată în paralel cu intrarea analogică pentru a proteja ESP32. Această metodă permite să absoarbă orice semnal care depășește 3.3V și să-l ducă la un nivel sigur, prevenind astfel deteriorarea circuitului intern.
3. **Adoptarea unui amplificator operațional (op-amp):** Un amplificator operațional poate fi utilizat pentru a scala semnalul analogic la un nivel mai mic, în intervalul dorit. De exemplu,

un op-amp configurat ca un atenuator poate reduce semnalele de intrare de 5V la 3.3V, menținând în același timp integritatea semnalului original.

4. **Utilizarea unui ADC extern:** O altă metodă de protecție ar fi folosirea unui convertor extern de semnal analogic la digital (ADC), care poate tolera semnale mai mari de 3.3V. Acest ADC extern poate converti semnalele analogice la un nivel de tensiune adecvat și poate fi conectat apoi la ESP32 pentru procesare.

În concluzie, ESP32 este un microcontroler robust, dar sensibil la variațiile de tensiune care depășesc limitele de 3.3V, mai ales atunci când este utilizat cu senzori analogici. Aplicarea unui voltaj mai mare decât specificațiile de operare poate duce la deteriorarea irecuperabilă a circuitului sau la obținerea de date inexacte. Prin implementarea unor soluții de protecție, precum divizoare de tensiune, diode Zener sau amplificatoare operaționale, este posibil să se prevină aceste riscuri și să se asigure funcționarea fiabilă a sistemelor care utilizează ESP32.

Tabel 2.1 Comparația modulelor existente pe piață.

Parametru	ESP8266	ESP32	Arduino UNO	Arduino Nano	Arduino Mega	STM32WB
Microcontroler	ESP8266EX	Dual-core Xtensa LX6	ATmega328P	ATmega328P	ATmega2560	ARM Cortex-M4 + Cortex-M0
Frecvență tact	80 MHz	160 MHz (standard) / 240 MHz	16 MHz	16 MHz	16 MHz	32-64 MHz
RAM	~50 KB	520 KB SRAM	2 KB SRAM	2 KB SRAM	8 KB SRAM	64-128 KB SRAM
Memorie Flash	4 MB (ext.) sau 1 MB (int.)	4-16 MB (externă, extensibilă)	32 KB	32 KB	256 KB	256 KB - 1 MB
WiFi	Da, 802.11 b/g/n	Da, 802.11 b/g/n/ac	Nu	Nu	Nu	Da, 802.11 b/g/n
Bluetooth	Nu	Da, BLE 4.2 + Bluetooth Classic	Nu	Nu	Nu	Da, BLE 5.0
Pini I/O digitali	17	34	14	14	54	20-50 (în funcție de model)
Pini analogici	1 ADC (10 bit)	18 ADC-uri (12 bit)	6 (10 bit)	8 (10 bit)	16 (10 bit)	ADC-uri 12 bit, DAC-uri 12 bit
PWM	Da	Da	Da	Da	Da	Da
Interfețe	UART, SPI, I2C	UART, SPI, I2C	UART, SPI, I2C	UART, SPI, I2C	UART, SPI, I2C	UART, SPI, I2C, CAN, USB

Consum de energie	15-80 mA activ, <10 μ A sleep	50 mA activ	50 mA activ	50 mA activ	70 mA activ	5-15 mA activ, <1 μ A sleep
Dimensiuni fizice	Compact (~24x16 mm)	Standard (~68x53 mm)	Mic (~45x18 mm)	Mic (~45x18 mm)	Mare (~102x53 mm)	Mic (~20x20 mm - ~50x50 mm)
Preț aproximativ	100-150 MDL	150-200 MDL	250-300 MDL	250-300 MDL	400-600 MDL	400-600 MDL

ESP8266

ESP8266 este unul dintre cele mai utilizate module pentru proiecte IoT datorită costului redus și a dimensiunii compacte. Are un microcontroller ESP8266EX integrat, capabil să ruleze aplicații și să gestioneze conectivitatea WiFi fără a necesita un microcontroller extern.

Avantaje:

- **Cost scăzut:** Ideal pentru proiecte cu buget redus, fiind disponibil la un preț de doar ~\$3-5.
- **Conectivitate WiFi:** Poate fi utilizat ca punct de acces (AP) sau client, fiind compatibil cu protocoalele HTTP, MQTT și WebSocket.
- **Dimensiuni compacte:** Potrivit pentru dispozitive portabile sau spații limitate.
- **Integrare Arduino:** Suportă Arduino IDE, ceea ce facilitează dezvoltarea.
- **Consum redus:** ~15 mA în standby, ceea ce este suficient pentru aplicații cu baterie.

Dezavantaje:

- **Lipsă Bluetooth:** Nu are conectivitate Bluetooth, limitându-se la WiFi.
- **Resurse hardware reduse:** RAM și Flash limitate, ceea ce restricționează complexitatea aplicațiilor.
- **Pini I/O limitați:** Doar 17 pini digitali, majoritatea partajați cu alte funcții interne.

Utilizare tipică: Automatizări casnice, senzori WiFi, dispozitive conectate la internet precum nodurile de monitorizare a temperaturii.

ESP32

ESP32 este o versiune mai avansată a ESP8266, oferind un procesor dual-core, RAM și Flash extinse, și suport atât pentru WiFi, cât și pentru Bluetooth (BLE și Classic).

Avantaje:

- **Performanță ridicată:** Cu o frecvență de 160-240 MHz, poate gestiona aplicații complexe.
- **Conectivitate wireless completă:** Suportă WiFi dual-band și Bluetooth, fiind ideal pentru dispozitive portabile.
- **Multe pini I/O:** 34 pini digitali, 18 ADC-uri și DAC-uri integrate.
- **Suport pentru protocoale avansate:** I2C, SPI, UART, I2S, Ethernet și CAN.
- **Consum redus:** Moduri de economisire a energiei eficiente, inclusiv Deep Sleep.

Dezavantaje:

- **Complexitate crescută:** Necesită o curță de învățare pentru a exploata toate funcțiile.
- **Consum mai mare în mod activ:** ~100-240 mA, ceea ce poate fi problematic pentru aplicații alimentate de baterie.

- **Utilizare tipică:** Aplicații IoT complexe, dispozitive de urmărire GPS cu Bluetooth, automatizări casnice avansate.

Arduino UNO

Arduino UNO este probabil cel mai cunoscut microcontroller din lume, fiind folosit pe scară largă în educație și prototipuri simple.

- **Avantaje:**
 - **Ușor de utilizat:** Interfața Arduino IDE și comunitatea extinsă fac acest microcontroller extrem de accesibil pentru începători.
 - **Compatibilitate largă:** Suportă o gamă variată de shield-uri și module.
 - **Preț accesibil:** Disponibil la un preț de ~\$10.
- **Dezavantaje:**
 - **Fără conectivitate wireless:** Necesită module suplimentare pentru WiFi sau Bluetooth.
 - **Performanță limitată:** Frecvență scăzută și memorie restricționată.
- **Utilizare tipică:** Prototipuri, control al senzorilor sau motorilor, proiecte educaționale.

Arduino UNO

Arduino UNO este probabil cel mai cunoscut microcontroller din lume, fiind folosit pe scară largă în educație și prototipuri simple.

- **Avantaje:**
 - **Ușor de utilizat:** Interfața Arduino IDE și comunitatea extinsă fac acest microcontroller extrem de accesibil pentru începători.
 - **Compatibilitate largă:** Suportă o gamă variată de shield-uri și module.
 - **Preț accesibil:** Disponibil la un preț de ~\$10.
- **Dezavantaje:**
 - **Fără conectivitate wireless:** Necesită module suplimentare pentru WiFi sau Bluetooth.
 - **Performanță limitată:** Frecvență scăzută și memorie restricționată.
- **Utilizare tipică:** Prototipuri, control al senzorilor sau motorilor, proiecte educaționale.

Arduino Nano

Arduino Nano oferă aceleași funcții ca UNO, dar într-un format compact.

- **Avantaje:**
 - **Dimensiuni reduse:** Ideal pentru proiecte compacte.
 - **Compatibilitate software:** Funcționalitate aproape identică cu Arduino UNO.
- **Dezavantaje:**
 - **Mai puțini pini:** Comparativ cu Mega, are mai puține opțiuni pentru conectarea senzorilor.
- **Utilizare tipică:** Sisteme integrate, dispozitive portabile.

Arduino Mega

Arduino Mega este proiectat pentru aplicații complexe care necesită mulți pini I/O.

- **Avantaje:**
 - **Mulți pini I/O:** 54 pini digitali, 16 pini analogici.
 - **Memorie extinsă:** 256 KB Flash, 8 KB SRAM.
- **Dezavantaje:**
 - **Dimensiuni mari:** Poate fi incomod pentru proiecte portabile.

- **Fără conectivitate wireless integrată.**
- **Utilizare tipică:** Sisteme industriale, robotică, proiecte cu mai mulți senzori.

STM32WB

STM32WB este o soluție avansată care combină performanța ARM cu conectivitatea WiFi și BLE 5.0.

- **Avantaje:**
 - **Performanță ridicată:** ARM Cortex-M4 pentru aplicații complexe.
 - **Consum extrem de eficient:** Ideal pentru dispozitive portabile sau IoT.
 - **Conectivitate avansată:** WiFi și BLE 5.0.
- **Dezavantaje:**
 - **Complex de utilizat:** Necesită un debugger extern și cunoștințe avansate.
- **Utilizare tipică:** Dispozitive medicale, sisteme IoT de mare precizie.

Microcontrolerele sunt componente fundamentale în dezvoltarea și implementarea sistemelor IoT (Internet of Things), având un rol esențial în controlul, procesarea datelor și gestionarea interacțiunilor dintre dispozitivele conectate. Aceste dispozitive programabile sunt utilizate pe scară largă datorită caracteristicilor lor, cum ar fi performanța ridicată, consumul redus de energie și integrarea eficientă a mai multor funcționalități pe o singură unitate. Microcontrolerele sunt regăsite în diverse domenii, de la automatizarea locuințelor și sisteme de monitorizare, până la soluții industriale complexe și vehicule autonome.

2.10 Componentele unui Microcontroler

Un microcontroler este alcătuit din mai multe elemente esențiale care permit funcționarea sa optimă:

1. **Unitatea Centrală de Procesare (CPU)** – Este „creierul” microcontrolerului, responsabil cu executarea instrucțiunilor programate. CPU-ul poate fi dotat cu unul sau mai multe nuclee, fiecare procesând sarcini specifice. Aceasta oferă performanță și flexibilitate, iar procesoarele pot varia de la cele de 8 biți, simple, la procesoare complexe de 32 de biți.
2. **Memoria RAM** (Random Access Memory) – Reprezintă memoria de lucru a microcontrolerului, utilizată pentru stocarea temporară a instrucțiunilor și a datelor procesate în timpul execuției programului. Capacitatea RAM-ului poate varia semnificativ, de la câțiva kilobiți până la sute de megabiți, în funcție de complexitatea aplicației.
3. **Interfețele de Intrare/Ieșire (I/O)** – Acestea permit microcontrolerului să comunice cu lumea exterioară, fie prin citirea semnalelor digitale, fie prin prelucrarea semnalelor analogice. Ele asigură conectarea la senzori, actuatori și alte dispozitive externe, permițând integrarea dispozitivului microcontrolerului în rețele și sisteme diverse.
4. **Convertorul Analog-Digital (ADC) și Convertorul Digital-Analog (DAC)** – Aceste componente permit microcontrolerului să interacționeze cu semnale de natură analogică sau digitală, făcându-l astfel versatil în diverse aplicații, de la prelucrarea semnalelor senzoriale la controlul dispozitivelor externe.
5. **Porturi Serial** – Aceste interfețe permit comunicarea microcontrolerului cu alte dispozitive externe, similar unui port USB, dar având specificități tehnice proprii pentru asigurarea unei conectivități eficiente într-un sistem integrat.

Programarea unui microcontroler se realizează, de obicei, într-un mediu de dezvoltare integrat (IDE), utilizând limbaje de programare de nivel înalt, precum C, C++ sau Python. Aceste limbaje permit scrierea unor aplicații eficiente și portabile, care sunt ușor de întreținut și extins. Pentru aplicații care necesită performanțe mai mari sau un control mai detaliat al hardware-ului,

programatorii pot opta pentru utilizarea limbajului de programare Assembler, care permite o mai mare precizie în manipularea resurselor hardware.

Software-ul oferit de producători, de obicei, asigură un proces automatizat de compilare și încărcare a codului în microcontroler. În plus, există soluții software specializate care permit simularea funcționării microcontrolerului, monitorizarea resurselor de memorie, urmărirea proceselor de execuție și verificarea stării componentelor hardware.

2.10.1 Avantajele Microcontrolerelor în Proiectele IoT

Microcontrolerele sunt preferate în dezvoltarea sistemelor IoT datorită numeroaselor lor avantaje:

1. **Dimensiuni Compacte:** Datorită arhitecturii SOC (System on Chip), microcontrolerele sunt extrem de mici, integrarea componentelor necesare pe un singur cip reducând semnificativ dimensiunile fizice ale dispozitivelor. Aceste dimensiuni reduse le permit să fie utilizate în aplicații compacte, unde spațiul este limitat.
2. **Consum Redus de Energie:** Arhitectura SOC și integrarea componentelor pe un singur cip permit microcontrolerelor să consume foarte puțină energie. Acest lucru le face ideale pentru aplicațiile IoT care necesită autonomie pe termen lung, fără a necesita baterii mari sau surse externe de alimentare. Mai mult, microcontrolerele nu generează multă căldură, iar majoritatea pot funcționa fără sisteme de răcire activă.
3. **Flexibilitate Ridicată:** Microcontrolerele pot fi programate pentru a îndeplini diverse funcții, de la simple aplicații casnice la sisteme complexe de control industrial sau vehicule autonome. Acestea sunt capabile să interacționeze cu o gamă largă de periferice și să suporte diverse protocoale de comunicație, cum ar fi Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee și altele, făcându-le ideale pentru o varietate de aplicații IoT.
4. **Costuri Scăzute:** Comparativ cu alte soluții electronice, cum ar fi procesoarele folosite în calculatoare personale sau circuitele logice programabile (FPGA), microcontrolerele sunt mult mai accesibile din punct de vedere financiar. Aceste costuri reduse sunt esențiale pentru proiectele IoT care presupun implementarea unor soluții la scară largă.
5. **Versatilitate în Programare:** Microcontrolerele pot fi programate cu ușurință folosind medii de dezvoltare populare și limbaje de programare accesibile. De asemenea, pot fi configurate și reprogramate în mod continuu pentru a răspunde la cerințele în schimbare ale aplicațiilor IoT, fiind capabile să suporte modificări ale structurii hardware sau ale bootloader-ului pentru a exploata mai eficient resursele disponibile.
6. **Integrare Ușoară în Sistemele Existente:** Microcontrolerele pot fi integrate rapid și eficient în soluții deja existente, îmbunătățind performanțele și adăugând noi funcționalități. Acestea sunt capabile să ofere un control rapid și fiabil al sistemelor, fiind esențiale pentru îmbunătățirea și extinderea funcționalității dispozitivelor și rețelelor IoT.

Microcontrolerele sunt esențiale pentru dezvoltarea aplicațiilor IoT datorită dimensiunilor compacte, consumului redus de energie, costurilor scăzute și flexibilității lor. Aceste caracteristici le fac ideale pentru o gamă largă de aplicații, de la soluții casnice la sisteme industriale complexe, și permit implementarea unor soluții eficiente și sustenabile în diverse domenii de activitate.

În urma analizei diferitelor soluții disponibile, s-a ales utilizarea unei plăci de dezvoltare ESP32, dezvoltată de compania Espressif Systems, datorită performanțelor sale superioare comparativ cu alte plăci de dezvoltare, cum ar fi ESP8266, și cu alte alternative disponibile pe piață. ESP32 oferă o combinație optimă de funcționalități, fiind ideal pentru implementarea în dispozitivele electronice moderne.

ESP32 este un microcontroler avansat, echipat cu module de comunicație integrate, care suportă atât Wi-Fi, cât și Bluetooth, într-un singur cip. Acesta este construit pe tehnologia de procesare de 40 nm dezvoltată de compania TSMC, ceea ce îi conferă performanțe ridicate și un consum redus de energie. Aceste caracteristici fac din ESP32 o alegere excelentă pentru aplicațiile

IoT, în special în proiectele care implică dispozitive portabile sau care se bazează pe surse de alimentare cu resurse energetice limitate.

Printre avantajele semnificative ale ESP32 se numără integrarea unui număr redus de componente externe, care simplifică semnificativ designul sistemului și reduce costurile. De asemenea, cipul include un comutator cu antenă internă, un amplificator RF, un amplificator de putere cu zgomot redus și filtre pentru recepție, toate acestea fiind integrate pe o placă cu cablaj imprimat. Acest design compact elimină necesitatea unor echipamente suplimentare costisitoare pentru conectarea la rețea, reducând astfel complexitatea și cheltuielile de implementare.

În concluzie, ESP32 se prezintă ca o soluție completă și eficientă pentru dezvoltarea aplicațiilor IoT, oferind o combinație excelentă de performanță, economisire de energie și integrare facilă a componentelor, fiind potrivit pentru o gamă largă de utilizări în domeniul electronicii și al comunicațiilor wireless.

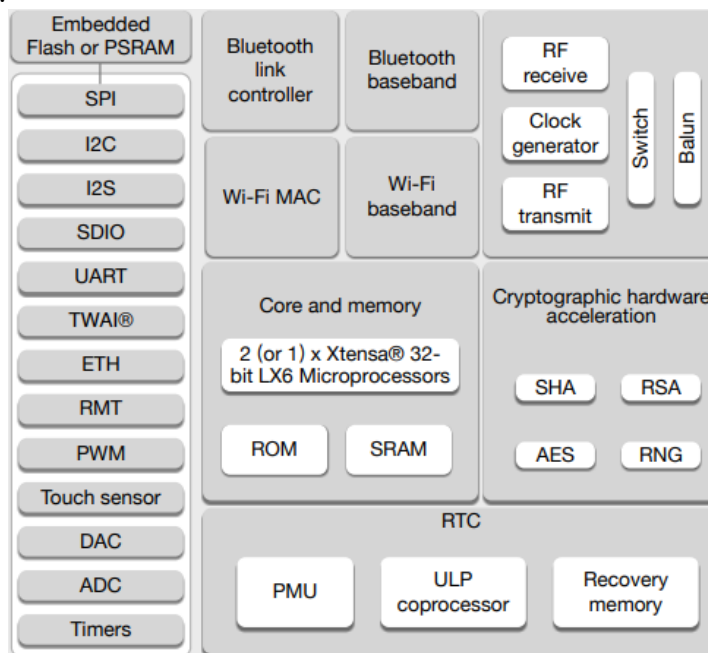


Figura 2.7 Schema bloc esp32

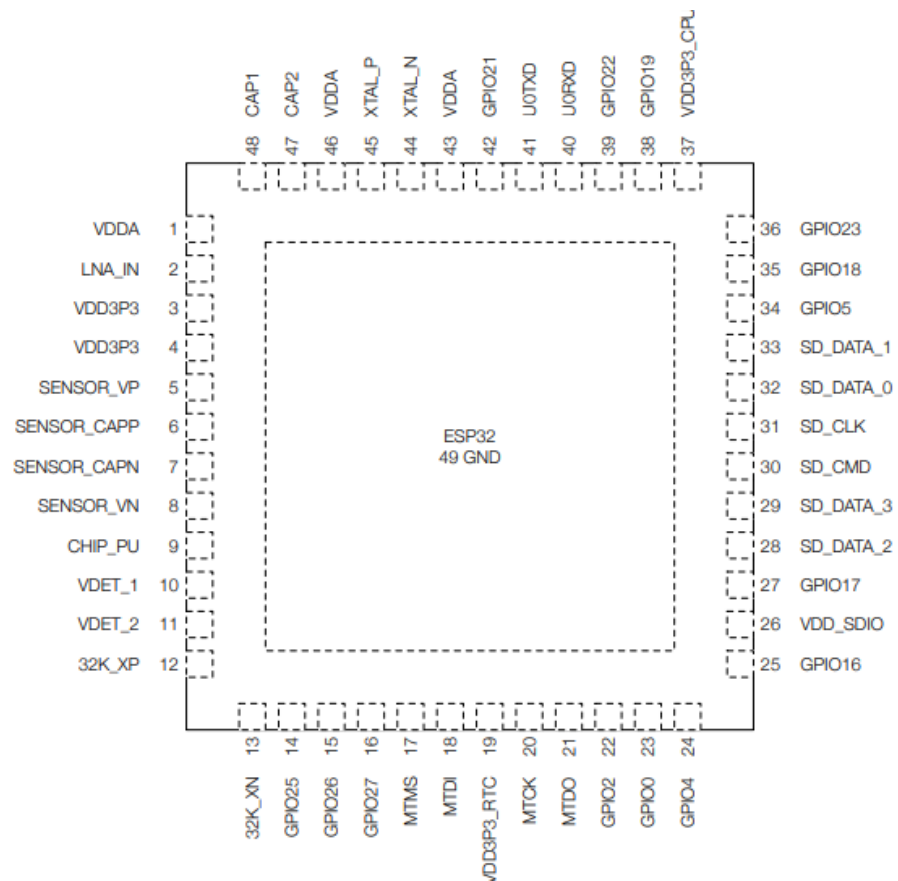


Figura 2.8 I/O ESP32



Figura 2.9 Placa de dezvoltare ESP32

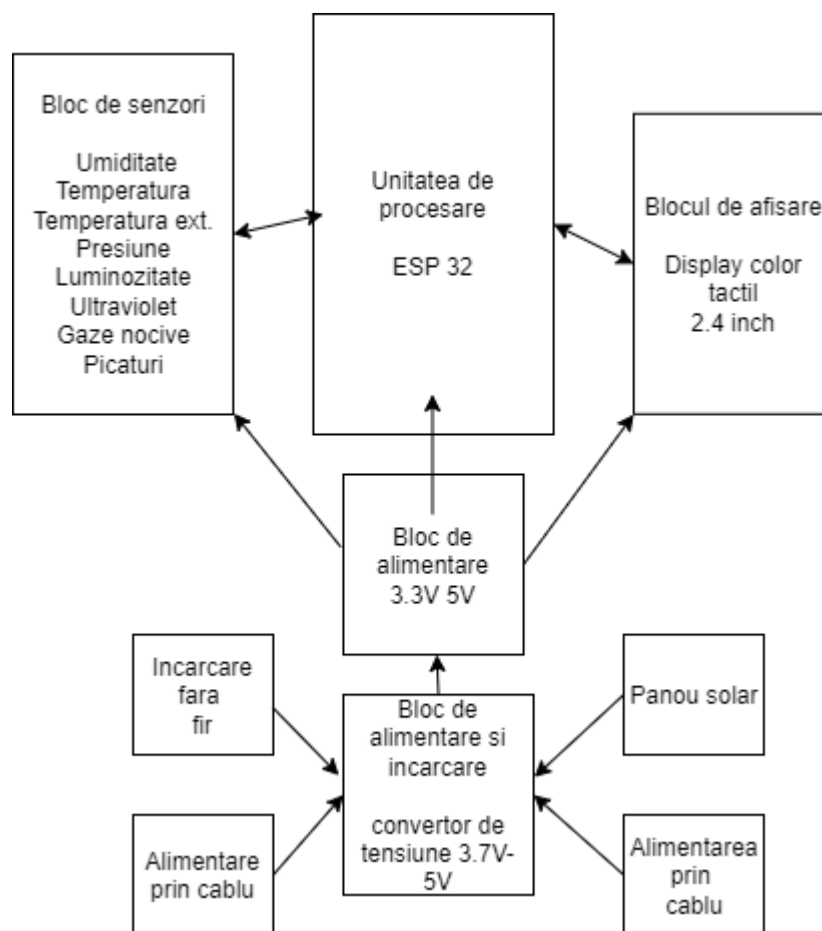


Figura 2.10 Schema functionala

2.11 Sistemul de alimentare, bateria integrată

Capacitatea bateriei reprezintă un parametru esențial în funcționarea dispozitivelor portabile, deoarece aceasta influențează direct durata de utilizare fără a necesita o sursă de alimentare externă. Având în vedere caracterul portabil al dispozitivului, alegerea unei baterii cu o capacitate adecvată este crucială pentru asigurarea unui timp de operare extins, de cel puțin 10 ore în regim activ. Astfel, se impune utilizarea unei baterii care să poată susține o performanță optimă pe o perioadă îndelungată.

În acest context, dispozitivul utilizează o baterie de tip Li-ion (litiu-ion), cu o tensiune de 3,7V, având o capacitate variabilă, cuprinsă între 900 și 4000 mAh, în funcție de necesitățile aplicației. Bateriile litiu-ion sunt apreciate datorită densității mari de energie și a capacității lor de a furniza o putere constantă pe parcursul ciclurilor de descărcare. Alegerea unor baterii de calitate superioară este crucială pentru asigurarea unei funcționări stabile și fiabile a dispozitivului, chiar și în condiții extreme, cum ar fi temperaturile scăzute sau ridicate.

Expunerea bateriei la temperaturi scăzute poate determina scăderea semnificativă a capacității acesteia, ceea ce va duce la o reducere a duratei de funcționare a dispozitivului. În condiții de temperaturi negative, reacțiile electrochimice din interiorul bateriei se desfășoară mai lent, iar conductivitatea acestora este afectată, ceea ce poate duce la o scădere a performanței și, pe termen lung, la uzura prematură a celulelor bateriei. De asemenea, expunerea îndelungată la temperaturi scăzute poate provoca solidificarea substanțelor chimice interne, afectând structura bateriei și reducând semnificativ eficiența acesteia. Prin urmare, utilizarea unor baterii de înaltă calitate, care sunt proiectate pentru a rezista la fluctuațiile de temperatură, contribuie la minimizarea acestor efecte negative.

În ceea ce privește temperaturile ridicate, bateriile Li-ion pot deveni instabile, iar expunerea acestora la temperaturi excesive poate duce la supraîncălzire, scurtcircuit sau chiar la evenimente grave, precum explozii sau incendii. Supraîncărcarea bateriei sau expunerea prelungită la surse de căldură intense, cum ar fi razele directe ale soarelui, pot accelera aceste procese periculoase. În plus, temperaturile ridicate pot provoca deteriorarea materialelor interne ale bateriei, afectând integritatea chimică și structurale a acesteia. De aceea, este esențial ca bateria să fie echipată cu mecanisme de protecție, cum ar fi sisteme de monitorizare a temperaturii și a curentului, pentru a preveni suprasolicitarea și a proteja dispozitivul de defecțiuni majore.

Alegerea unor baterii de calitate superioară, care sunt capabile să reziste atât la temperaturi ridicate, cât și scăzute, este esențială pentru prelungirea duratei de viață a dispozitivului și pentru asigurarea unei performanțe constante. Bateriile de înaltă performanță sunt, de asemenea, dotate cu protecții suplimentare împotriva supratensiunilor, supracurentului și supraîncălzirii, reducând astfel riscurile asociate cu funcționarea în condiții extreme. De asemenea, bateriile de calitate sunt proiectate pentru a maximiza eficiența energetică, contribuind la menținerea unei autonomii mai mari și a unui timp de operare prelungit, fără a compromite siguranța.

În concluzie, utilizarea bateriilor de calitate superioară este esențială pentru asigurarea funcționării stabile și sigure a dispozitivului, mai ales în condiții de temperaturi extreme. Acestea trebuie să garanteze o performanță fiabilă, să minimizeze riscurile de defecțiune și să ofere o durabilitate sporită, contribuind astfel la o experiență de utilizare îndelungată și eficientă.



Figura 2.11 Bateria incorporata folosita in dispozitiv.

Tabelul 2.2 Specificatiile tehnice bateriei

Tip celulă	Li-ion (Litiu-Ion)
Model	Samsung INR18650-30Q
Dimensiuni	18,3 mm (diametru) × 65 mm (lungime)

Capacitate nominală	3000 mAh (miliamperi-oră)
Tensiune nominală	3.6V – 3.7V
Tensiune de încărcare maximă	4.2V
Tensiune de descărcare minimă	2.5V
Curent maxim de descărcare	15A (Curent continuu de descărcare)
Curent maxim de încărcare	4.0A (Curent continuu de încărcare)
Rezistență internă	Aproximativ 30 mΩ (miliohmi)
Eficiență de încărcare	99%
Temperatura de operare	-20°C până la 60°C (recomandată între 0°C și 45°C)
Cicluri de încărcare/descărcare	Aproape 500 cicluri de încărcare (la 80% din capacitate)
Tipul de protecție	Fără protecție internă (necesită protecție externă)
Materialul anodic	Grafit
Materialul catodic	Nikel-Cobalt-Mangan (NCM)
Greutate	Aproximativ 45 g
Formă	Cilindric (18650)
Utilizare recomandată	Power tools, vehicule electrice, sisteme de stocare energie, baterii de back-up
Certificări	UL, CE, RoHS

Descriere detaliată a specificațiilor:

1. **Tip celulă (Li-ion):** Aceasta este o celulă litiu-ion, un tip de baterie reîncărcabilă foarte popular, care oferă o densitate energetică mare și o viață mai lungă decât alte tipuri de celule. Bateriile Li-ion sunt utilizate în dispozitivele electronice datorită eficienței lor și a capacității de a reține multă energie într-un spațiu mic.
2. **Capacitate nominală (3000 mAh):** Capacitatea de 3000 mAh (miliamperi-oră) înseamnă că bateria poate furniza un curent de 1 miliamp per oră timp de 3000 de ore sau un curent de 3 amperi timp de 1 oră. Aceasta este o capacitate tipică pentru bateriile 18650 folosite în aplicații portabile.

3. **Tensiunea nominală (3.6V - 3.7V):** Tensiunea nominală este în jur de 3.6-3.7 volți. Acesta este intervalul de tensiune standard pentru majoritatea celulelor Li-ion, care sunt concepute pentru a funcționa eficient în acest interval.
4. **Tensiune de încărcare maximă (4.2V):** Tensiunea maximă la care bateria poate fi încărcată în siguranță este de 4.2V. Depășirea acestei tensiuni poate duce la deteriorarea bateriei sau la riscuri de siguranță.
5. **Tensiune de descărcare minimă (2.5V):** Tensiunea minimă de descărcare este 2.5V, iar descărcarea completă sub această valoare poate afecta negativ durata de viață a bateriei.
6. **Curent maxim de descărcare (15A):** Bateria poate furniza un curent continuu de până la 15 amperi. Acesta este un curent semnificativ pentru bateriile utilizate în aplicații de mare putere, cum ar fi sculele electrice sau vehiculele electrice.
7. **Curent maxim de încărcare (4.0A):** Curentul maxim recomandat pentru încărcare este de 4 amperi, ceea ce asigură o încărcare rapidă fără a compromite siguranța sau performanța pe termen lung a bateriei.
8. **Rezistența internă (30 mΩ):** Rezistența internă este un parametru care afectează eficiența descărcării și încărcării bateriei. O rezistență mai mică este dorită pentru a minimiza pierderile de energie și a asigura o performanță bună.
9. **Eficiență de încărcare (99%):** Eficiența ridicată a procesului de încărcare înseamnă că doar o mică cantitate de energie este pierdută în timpul încărcării, ceea ce este ideal pentru economisirea energiei și prelungirea duratei de viață a bateriei.
10. **Temperatura de operare:** Aceasta indică intervalul de temperaturi în care bateria funcționează optim. Temperaturile extreme, atât ridicate, cât și scăzute, pot afecta performanța și siguranța bateriei.
11. **Cicluri de încărcare/descărcare (aproape 500):** Bateria poate suporta aproximativ 500 de cicluri complete de încărcare/descărcare înainte de a ajunge la 80% din capacitatea inițială. Aceasta sugerează o durabilitate bună și o viață utilă relativ lungă.
12. **Protecție internă:** Bateria 18650 Samsung nu include protecție internă, ceea ce înseamnă că este necesar un sistem de protecție externă pentru a preveni suprasarcina, descărcarea excesivă și alte riscuri de siguranță.
13. **Certificări (UL, CE, RoHS):** Certificările de siguranță și conformitate cu reglementările internaționale sunt esențiale pentru a asigura că bateria respectă standardele de calitate și siguranță globală.

Aceste specificații fac din bateria 18650 Samsung INR18650-30Q o opțiune excelentă pentru diverse aplicații care necesită baterii reîncărcabile fiabile, durabile și cu performanțe excelente.

2.12 Modulul de conversie de tensiune 3.7V la 5V

În cadrul proiectelor ce implică alimentarea rapidă a dispozitivelor portabile sau a sistemelor electronice, utilizarea unor soluții eficiente și sigure de încărcare rapidă este crucială. Un exemplu relevant în acest sens este controlerul de încărcare MTK6600, un dispozitiv avansat care sprijină tehnologiile Quick Charge 3.0 și USB Power Delivery 3.0 (PD). Acesta reprezintă o alegere optimă pentru aplicațiile ce necesită o gestionare rapidă și eficientă a energiei, asigurând o încărcare rapidă și sigură a bateriilor Li-ion sau a altor tipuri de surse de alimentare.

Controlerul MTK6600 este un modul integrat care include toate funcțiile necesare pentru implementarea încărcării rapide într-o gamă largă de aplicații, de la dispozitive mobile până la bancuri de alimentare și sisteme IoT. Acesta este proiectat să suporte două dintre cele mai utilizate protocoale de încărcare rapidă: Quick Charge 3.0 și USB Power Delivery (PD) 3.0, ambele fiind standarde de încărcare rapidă avansate, folosite pentru a reduce semnificativ timpii de încărcare și a asigura compatibilitatea cu multiple dispozitive.

MTK6600 este capabil să furnizeze diferite nivele de tensiune de încărcare, inclusiv 5V, 9V, 12V, 15V și 20V, în funcție de protocolul activ și de cerințele specifice ale dispozitivului. Tensiunea și curentul de ieșire variază pentru a se potrivi cu necesitățile de încărcare ale bateriilor și ale dispozitivelor conectate. De exemplu, 5V la 3A reprezintă încărcarea standard, în timp ce 9V la 1.5A, 12V la 1A, sau 20V la 0.5A sunt opțiuni disponibile pentru dispozitivele care necesită o tensiune mai mare pentru încărcare rapidă.

Unul dintre principalele avantaje ale controlerului MTK6600 este eficiența energetică ridicată, care poate ajunge până la 95%. Acesta utilizează tehnologii de comutare avansate, care minimizează pierderile de energie și reduce astfel generarea de căldură. Această eficiență sporită contribuie la prelungirea duratei de viață a bateriei și la îmbunătățirea performanței generale a sistemului, minimizând riscurile de supraîncălzire și optimizând procesul de încărcare.

MTK6600 este compatibil cu Quick Charge 3.0 și USB Power Delivery 3.0 (PD), ambele fiind protocoale esențiale pentru reducerea semnificativă a timpului necesar pentru încărcarea completă a dispozitivelor. Acest controler reglează automat tensiunea și curentul de încărcare pentru a răspunde la cerințele specifice ale fiecărui dispozitiv conectat, asigurând astfel o încărcare optimizată.

- Quick Charge 3.0 permite ajustarea tensiunii de încărcare între 3.6V și 20V în pași de 200mV, ceea ce permite o încărcare mult mai rapidă comparativ cu încărcarea standard la 5V.
- USB Power Delivery 3.0 (PD), un protocol avansat, negociază tensiunea și curentul de încărcare pentru a maximiza performanța bateriilor și pentru a sprijini o gamă largă de dispozitive, inclusiv laptopuri, telefoane mobile și alte dispozitive portabile.

Controlerul MTK6600 include mai multe funcții de protecție esențiale pentru siguranța sistemului și a componentelor conectate. Aceste protecții includ:

- Protecție împotriva supracurentului – pentru a preveni daunele provocate de curenți prea mari care pot afecta bateria sau circuitul de încărcare.
- Protecție împotriva supraîncălzirii – pentru a evita riscurile de supraîncălzire a circuitelor interne și a componentelor externe.
- Protecție împotriva supraîncărcării – pentru a preveni deteriorarea bateriilor din cauza încărcării excesive.

Controlerul MTK6600 este echipat cu LED-uri indicatoare care afișează starea de încărcare. LED-ul roșu semnalează faptul că procesul de încărcare este în desfășurare, în timp ce LED-ul verde indică faptul că încărcarea a fost finalizată cu succes. Aceasta oferă utilizatorilor o modalitate rapidă de a verifica starea încărcării fără a necesita alte dispozitive de monitorizare.

MTK6600 poate opera într-o gamă largă de temperaturi de funcționare, între -40°C și 85°C, ceea ce îl face ideal pentru utilizarea în condiții extreme de temperatură. Această caracteristică este deosebit de importantă pentru aplicațiile industriale și în medii externe unde temperaturile pot varia semnificativ.

Controlerul de încărcare MTK6600 este o soluție extrem de eficientă și sigură pentru implementarea încărcării rapide în proiectele electronice moderne. Suportul pentru protocoale avansate precum Quick Charge 3.0 și USB Power Delivery 3.0 (PD) face acest controler extrem de versatil, permițându-i să răspundă cerințelor variate ale dispozitivelor moderne. Eficiența energetică ridicată, protecțiile integrate și suportul pentru o gamă largă de tensiuni și curenți fac din MTK6600 o alegere ideală pentru soluțiile de încărcare rapidă, oferind în același timp o protecție excelentă și prelungind durata de viață a bateriilor.

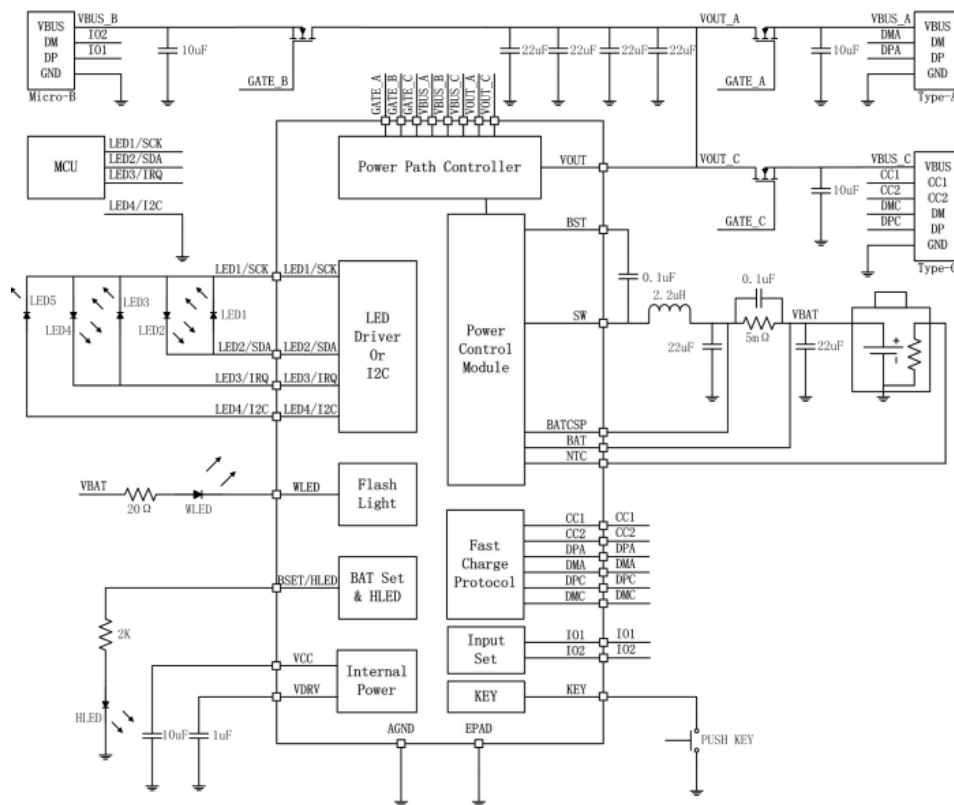


Figura 2.12 Schema de principiu a controlerului



Figura 2.13 Modulul de conversie a tensiunii.

2.12.1 Limitările alimentării interne ale ESP32

În contextul dezvoltării de aplicații bazate pe microcontrolere, în special în domeniul Internet of Things (IoT), ESP32 a devenit una dintre cele mai populare și versatile platforme datorită capacității sale de a oferi o combinație excelentă între performanță, eficiență energetică și conectivitate (Wi-Fi și Bluetooth). Cu toate acestea, în ciuda acestor avantaje, există anumite limitări inerente care trebuie gestionate corect, în special în ceea ce privește alimentarea microcontrolerului și modulelor externe. Una dintre principalele limitări este capacitatea regulatorului intern de tensiune de a furniza un curent suficient pentru alimentarea întregului sistem

atunci când sunt conectate mai multe module externe. Regulatorul intern al ESP32 poate furniza un curent de aproximativ 500 mA pentru alimentarea componentelor interne ale microcontrolerului, dar acest curent nu este suficient pentru a alimenta simultan mai multe module externe sau senzori care pot necesita un curent semnificativ mai mare. Astfel, devine necesară utilizarea unui sistem de alimentare extern pentru a asigura funcționarea stabilă a întregii platforme.

Limitările alimentării interne ale ESP32

ESP32 este echipat cu un regulator intern de tensiune 3.3V, care reglează tensiunea pentru alimentarea microcontrolerului și a modulelor sale interne. Acest regulator este eficient pentru alimentarea circuitelor interne ale microcontrolerului, dar nu poate susține un curent mai mare de 500 mA. În regim de operare continuă, ESP32 poate consuma în jur de 160-250 mA, iar în momentul în care sunt utilizate modulele de comunicare Wi-Fi și Bluetooth în paralel, curentul poate ajunge până la 500 mA sau chiar mai mult. Astfel, dacă sunt conectate module externe care necesită mai mult curent, alimentarea va deveni instabilă, iar microcontrolerul se poate supraîncălzi, ceea ce poate duce la oprirea sa neașteptată sau chiar la deteriorarea componentelor.

În aceste condiții, este esențial să se asigure o alimentare adecvată pentru modulele externe, cum ar fi senzori, afișaje sau alte periferice, care pot consuma un curent mult mai mare decât capacitatea regulatorului intern al ESP32. Dacă sunt conectate mai multe astfel de module, utilizarea unui regulator de tensiune extern devine obligatorie pentru a asigura o alimentare stabilă și sigură.

2.12.2 Utilizarea unui stabilizator de tensiune extern AMS117

Pentru a depăși aceste limitări, se recomandă utilizarea unui stabilizator de tensiune extern, care va furniza alimentarea necesară modulelor externe, lăsând regulatorul intern al ESP32 să se ocupe doar de alimentarea microcontrolerului. Un astfel de stabilizator de tensiune extern este AMS117-3.3V, un regulator de tip Low Dropout (LDO), care este special conceput pentru aplicații care necesită o alimentare stabilizată și eficientă.

AMS117 este un regulator de tensiune LDO care oferă o tensiune de ieșire precisă de 3.3V, esențială pentru funcționarea corectă a modulelor externe, cum ar fi senzorii, modulele de comunicație și display-urile. Acest regulator are specificații tehnice excelente și poate susține o putere de ieșire semnificativ mai mare decât regulatorul intern al ESP32. Printre specificațiile cheie ale AMS117 se numără:

1. Curent maxim de ieșire: AMS117 poate furniza un curent de până la 1A, ceea ce este suficient pentru a alimenta simultan mai multe module externe. Acest curent este mult mai mare decât cel furnizat de regulatorul intern al ESP32 (500 mA), fiind ideal pentru aplicații care necesită alimentarea a mai multor dispozitive sau module.
2. Tensiune de ieșire precisă: AMS117 furnizează o tensiune stabilizată de 3.3V cu o toleranță redusă. Această caracteristică este esențială pentru funcționarea corectă a modulelor externe care necesită o tensiune constantă și precisă pentru a preveni defecțiunile sau deteriorarea acestora.
3. Low Dropout (LDO): AMS117 are o cădere de tensiune scăzută, de aproximativ 1.1V, ceea ce înseamnă că poate funcționa eficient chiar și atunci când tensiunea de intrare este doar cu câțiva volți mai mare decât tensiunea de ieșire. Aceasta îl face potrivit pentru aplicațiile în care tensiunea de alimentare poate fi ușor variabilă și pentru scenarii în care eficiența energetică este importantă.
4. Protecție împotriva supraîncărcării și scurtcircuitului: AMS117 include funcții de protecție care previn deteriorarea componentelor în cazul unor supraîncărcări de curent sau scurtcircuit. Aceste caracteristici sunt vitale pentru asigurarea siguranței sistemului în exploatare.

5. Temperatură de operare: AMS117 poate funcționa într-o gamă largă de temperaturi, între -40°C și +125°C, ceea ce îl face potrivit pentru utilizarea în medii cu temperaturi extreme, care sunt frecvent întâlnite în aplicațiile IoT.
6. Eficiență: Deși AMS117 este un regulator liniar, eficiența sa este destul de ridicată în condițiile unui curent mai mic și al unei diferențe reduse între tensiunea de intrare și cea de ieșire. De asemenea, având în vedere că AMS117 are un dropout scăzut, eficiența energetică rămâne satisfăcătoare chiar și în condiții de tensiune de intrare scăzută.
7. Stabilitate și fiabilitate: AMS117 este un regulator de înaltă calitate, proiectat pentru a asigura o alimentare stabilă și fiabilă, cu fluctuații minime ale tensiunii de ieșire și fără a compromite performanța sistemului.

Avantajele utilizării unui stabilizator de tensiune extern

Utilizarea unui stabilizator de tensiune extern AMS117-3.3V pentru alimentarea modulelor externe aduce mai multe avantaje semnificative:

- **Îmbunătățirea stabilității alimentării:** Regulatorul extern asigură o tensiune constantă și precisă pentru modulele externe, reducând riscurile de instabilitate și defecțiuni ale acestora din cauza fluctuațiilor de tensiune.
- **Protecție suplimentară:** Funcțiile de protecție ale AMS117 (supraîncărcare și scurtcircuit) adaugă un strat suplimentar de siguranță la alimentarea sistemului.
- **Flexibilitate în alegerea alimentării:** Având un curent mai mare disponibil pentru alimentarea modulelor externe, este posibilă utilizarea unei varietăți mai largi de module și senzori, fără a fi necesar să se țină cont de limitele regulatorului intern al ESP32.

În concluzie, pentru aplicațiile care implică mai multe module externe conectate la ESP32, este esențial să se utilizeze un stabilizator de tensiune extern, precum AMS117-3.3V, care poate furniza un curent suficient și o tensiune stabilă pentru toate componentele conectate. Acesta nu doar că permite o alimentare eficientă și sigură, dar și protejează întreaga platformă de posibilele riscuri legate de alimentarea insuficientă sau instabilă. Alegerea unui stabilizator de tensiune extern performant contribuie semnificativ la îmbunătățirea fiabilității și performanței aplicațiilor IoT.

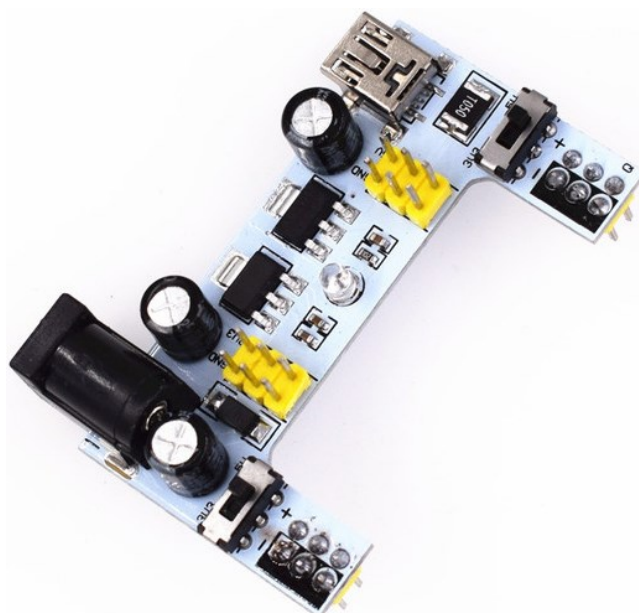


Figura 2.14 Stabilizator de tensiune.

Utilizarea unui controler avansat pentru încărcarea bateriilor Li-ion de 3.7V din surse solare

În domeniul energiei regenerabile, utilizarea panourilor solare pentru încărcarea bateriilor Li-ion a devenit o practică comună, însă pentru a asigura o funcționare eficientă și sigură a sistemului, utilizarea unui controler de încărcare solară este indispensabilă. Acest controler are rolul de a ajusta parametrii electrici furnizați de panoul solar pentru a se potrivi caracteristicilor specifice bateriei, prevenind astfel fenomene precum supratensiunea, sub-tensiunea sau curenții de încărcare excesivi care ar putea deteriora bateria și compromite siguranța întregului sistem.

Un exemplu de controler performant este TP4056, destinat încărcării eficiente a bateriilor Li-ion. Acest dispozitiv integrează tehnologii avansate de gestionare a energiei solare, optimizând procesul de încărcare în funcție de condițiile variabile de iluminare și de specificațiile bateriei utilizate.

Controlerul **TP4056** este proiectat pentru aplicații cu spațiu limitat și surse de alimentare variabile, cum ar fi panourile solare de mici dimensiuni. Dimensiunile reduse și compatibilitatea cu o gamă variată de surse de alimentare îl fac ideal pentru dispozitive portabile, proiecte IoT și sisteme autonome de iluminat.

TP4056 este un controler de încărcare liniar bazat pe o arhitectură constantă de curent și tensiune. Acesta este proiectat să încarce baterii cu o singură celulă litiu-ion până la o tensiune nominală de 4,2 V. Integrează multiple funcții de protecție și poate gestiona curenți de încărcare de până la 1 A, ceea ce încadrează acest circuit într-o gamă largă de aplicații, inclusiv dispozitive portabile și sisteme de stocare a energiei.

Tabelul 2.3 Parametrii tehnici ai controlerului de încărcare.

Tensiune de intrare	Interval: 4,5 V – 6,5 V. Optimizat pentru surse cu stabilitate redusă, cum ar fi panourile solare mici.
Tensiune de ieșire	Tensiune constantă la 4,2 V în faza finală de încărcare.
Curent de încărcare	Reglabil până la 1 A prin intermediul unui rezistor extern conectat la pinul PROG.
Eficiență	Rata de conversie ridicată, corespunzătoare unei pierderi minime de energie.
Protecții integrate	Protecție la supratensiune, supracurent și supraîncălzire. Detectare automata a temperaturii. Protecție la descărcare excesivă a bateriei (prin integrarea unui MOSFET adițional).
Indicator LED	LED roșu indică încărcarea. LED verde indică bateria complet încărcată.

Integrarea în sisteme cu panouri solare

Panourile solare sunt o sursă de energie intermitentă, ceea ce poate face ca tensiunea și curentul furnizate să fie instabile. Controlerul TP4056 este ideal în aceste aplicații datorită capacității sale de a gestiona variațiile moderate de tensiune și de a proteja bateria conectată.

Un sistem tipic bazat pe TP4056 într-o aplicație solară include:

1. **Panoul solar:**
De obicei, un panou cu o tensiune nominală de 5-6 V.
2. **Circuit de condiționare:**
Un regulator de tensiune sau un convertor DC-DC pentru a asigura o tensiune de intrare stabilă pentru TP4056.
3. **Bateria reîncărcabilă:**
O baterie litiu-ion cu o capacitate de 1000-3000 mAh.
4. **Rezistor de programare:**

Valoarea acestuia determină curentul maxim de încărcare, conform formulei:
De exemplu, un rezistor de 1,2 k stabilește un curent de încărcare de 1 A.

Avantaje ale utilizării TP4056

1. **Simplitate și cost redus:** TP4056 este un circuit compact, ușor de utilizat și accesibil ca preț.
2. **Siguranță sporită:** Integrarea funcțiilor de protecție reduce riscurile asociate cu utilizarea bateriilor litiu-ion.
3. **Adaptabilitate:** Reglarea curentului de încărcare permite utilizarea sa într-o gamă largă de aplicații.
4. **Dimensiuni compacte:** Dimensiunile reduse facilitează integrarea în dispozitive mici.

Limitări

1. **Eficiență redusă în comparație cu convertoarele DC-DC:** Deoarece TP4056 este un controler liniar, o parte din energie este disipată sub formă de căldură.
2. **Sensibilitate la suprasolicitări de tensiune:** Intrarea trebuie limitată la maximum 6,5 V pentru a evita deteriorarea.
3. **Dependenta de stabilitatea sursei:** Fără un regulator suplimentar, variațiile mari de tensiune pot afecta performanța.

Controlerul TP4056 este o alegere excelentă pentru încărcarea bateriilor litiu-ion în sisteme cu panouri solare datorită simplității, costului redus și funcțiilor de protecție integrate. Totuși, pentru a optimiza performanțele în aplicații solare, este recomandată utilizarea unui regulator de tensiune și o proiectare atentă a circuitului pentru a asigura stabilitatea și eficiența sistemului.

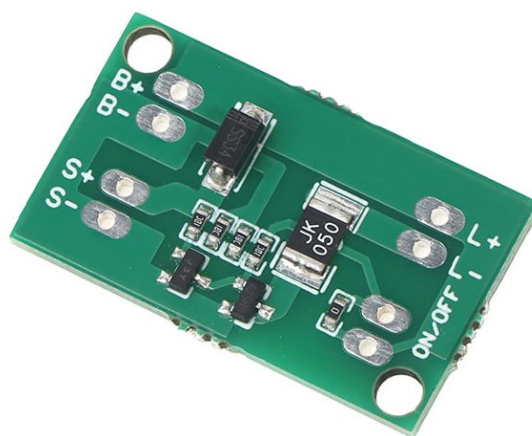


Figura 2.14 Controler pentru baterie solară.

3. Descrierea sistemului de monitorizare a ecosistemului de tip râu

Un sistem de monitorizare a ecosistemelor acvatice este o platformă tehnologică complexă destinată colectării, analizării și interpretării datelor referitoare la starea mediului acvatic. Aceste sisteme sunt esențiale pentru evaluarea calității apei, conservarea biodiversității și implementarea măsurilor adecvate pentru protejarea ecosistemelor. Ele sunt utilizate în mod extensiv în zone precum râuri, lacuri, mări, oceane și rezervoare artificiale, pentru a sprijini sustenabilitatea resurselor de apă și sănătatea ecosistemelor.

Utilizarea de baza a platformei constă din afișarea datelor monitorizate datorita senzorilor integrați în timp real. Parametrii analizați din mediu acvatic pot fi extrem de utile pentru îmbunătățirea calitatii apei din majoritatea ecosistemelor acvatice, cum ar fi depistarea sursei de contaminarea a apei si lichidarea ei. Datorita senzorului de calitate a apei exista posibilitatea de identificat in timp real sursa si tipul poluarii, care la rindul sau poate avea un impact major asupra vietatilor acvatice si omului insusi.

De asemenea acest sistem poate fi utilizat in bazine acvatice artificiale si lacuri private, ce poate identifica cu usurinta fara a efectua masurari costisitoare sursa si tipul de poluare.

În general aceasta sistema presupune utilizarea a mai multor dispozitive asemenea ce pot fi identici sau personalizati cu un set de senzori necesari dupa cazul individual, ce reduce costul analizei semnificativ, dar face procesul de analiza mult mai precis, care poate oferi o gama larga de date date analizate din diferite puncte de monitorizare.

Monitorizarea calității apei din multiple puncte este esențială pentru evaluarea detaliată a stării resurselor de apă, identificarea surselor de poluare și asigurarea sănătății ecosistemelor acvatice. Acest proces permite colectarea de date spațial variate, reflectând complexitatea și dinamica ai apei.

Un prim avantaj al monitorizării din mai multe puncte este determinarea variațiilor locale ale calității apei. Parametrii precum impuritatile dizolvate dizolvat, temperatura, pH-ul sau turbiditatea pot varia semnificativ pe distanțe scurte din cauza influențelor antropice sau naturale, cum ar fi evacuările industriale, deversările agricole sau prezența vegetației ripariene.

Monitorizarea multizonală este, de asemenea, critică pentru evaluarea impactului activităților umane asupra ecosistemelor acvatice. Prin comparația datelor din zonele urbanizate și cele neafectate de activități antropice, se pot identifica factorii responsabili pentru degradarea calității apei.

În plus, această abordare sprijină detectarea timpurie a schimbărilor ecologice. De exemplu, o creștere simultană a substantelor solide dizolvate în mai multe puncte poate semnală un fenomen de eutrofizare sau o poluare masivă.

Astfel, monitorizarea din mai multe puncte oferă o perspectivă integrată asupra calității apei, sprijinind luarea de decizii fundamentate pentru protecția mediului și gestionarea sustenabilă a resurselor de apă.

Sistemele de monitorizare a ecosistemelor acvatice reprezintă un instrument vital pentru protejarea și gestionarea sustenabilă a resurselor de apă. Acestea oferă informații detaliate și continue, sprijinind luarea de decizii fundamentate pentru reducerea poluării, conservarea biodiversității și adaptarea la schimbările climatice. Prin integrarea tehnologiilor avansate și colaborarea interdisciplinară, utilizarea acestor sisteme contribuie la protejarea sănătății ecosistemelor și, implicit, a comunităților umane.

3.1 Funcționalitatea sistemului de alimentare

Sistemele de alimentare pentru dispozitive portabile evoluează rapid, beneficiind de progresele tehnologice din domeniul electronicii și al gestionării energiei. Un astfel de sistem are rolul de a furniza o sursă fiabilă, eficientă și flexibilă de energie, adaptată cerințelor dispozitivului, asigurând astfel funcționarea optimă și prelungirea duratei de viață a componentelor.

Un sistem de alimentare portabil este construit pentru a combina eficiența energetică cu versatilitatea. În centrul său se află o baterie reîncărcabilă, de obicei litiu-ion sau litiu-polimer, datorită densității ridicate de energie și ciclului de viață îndelungat. Acest acumulator este gestionat de un modul avansat de management al bateriei (BMS – Battery Management System), care reglează încărcarea, descărcarea și protejează bateria împotriva suprasarcinii sau supradescărcării.

Pentru a crește autonomia și sustenabilitatea, sistemul integrează surse alternative de alimentare, cum ar fi un panou solar compact, capabil să convertească energia luminoasă în energie electrică utilizabilă. Această componentă aduce beneficii semnificative pentru dispozitivele utilizate în medii izolate sau în aer liber.

În procesul de proiectare, este crucială analiza cerințelor energetice specifice ale dispozitivului, incluzând consumul maxim de putere, curentul necesar în regim de așteptare și eficiența totală. Astfel, un **sistem de alimentare eficient** contribuie la minimizarea pierderilor de energie, extinzând durata de funcționare a dispozitivului și optimizând utilizarea resurselor interne ale bateriei.

Prin integrarea soluțiilor avansate de gestionare a energiei și a surselor de alimentare alternative, acest tip de sistem joacă un rol crucial în dezvoltarea dispozitivelor portabile moderne, asigurând o funcționalitate robustă și o experiență îmbunătățită pentru utilizatori.

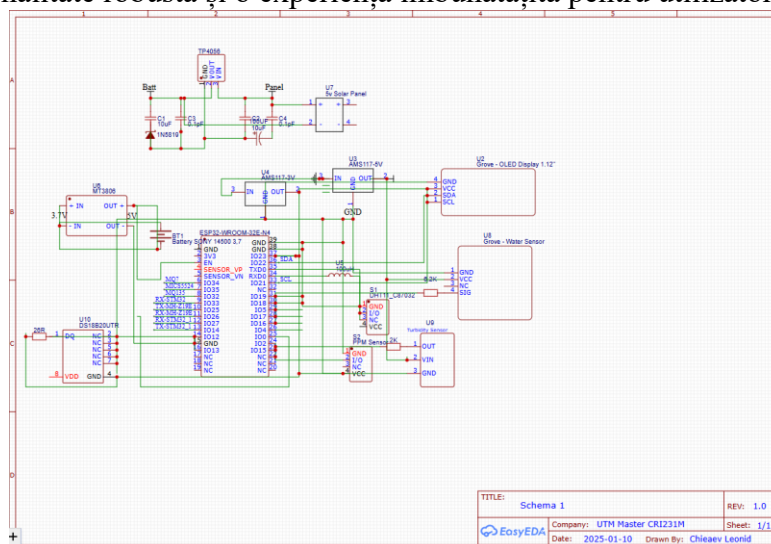


Figura 3.10 Schema electrică principală a dispozitivului

3.1.2 Testarea sistemului de alimentare

Pentru evaluarea performanței sistemului de alimentare al unui dispozitiv portabil, au fost utilizate echipamente de măsurare precise, inclusiv un multimetru digital și un USB tester specializat. Aceste instrumente permit monitorizarea în timp real a parametrilor electrici esențiali, cum ar fi tensiunea și curentul, în diverse condiții de funcționare.

Primul pas în procesul de testare a constat în conectarea completă a senzorilor și modulelor dispozitivului pentru a verifica stabilitatea sistemului în sarcină. Dispozitivul testat include un module, care necesită curent suplimentare pe o durată scurtă de timp. În timpul acestei perioade, sistemul de alimentare trebuie să asigure un flux constant și fiabil de energie.

După stabilizarea funcționării, s-a măsurat o tensiune nominală de **5,1V** și un curent de **0,444A**, rezultate care indică o performanță excelentă. Aceste valori evidențiază eficiența ridicată și

stabilitatea sursei de alimentare, demonstrând capacitatea sistemului de a menține parametrii electrici în limitele specifice, chiar și în condiții de utilizare intensă.

Un alt aspect important observat în cadrul testării este **rezerva de putere** disponibilă. Sistemul de alimentare funcționează într-un regim de sarcină redusă, ceea ce permite conectarea ulterioară a altor module, senzori sau dispozitive fără a compromite stabilitatea sau eficiența energetică. Acest regim contribuie, de asemenea, la prelungirea duratei de viață a componentelor interne, reducând stresul termic și electric asupra acestora.

Testele efectuate demonstrează că sistemul de alimentare poate asigura o funcționare robustă și eficientă a dispozitivului, fiind proiectat să facă față cerințelor energetice actuale și viitoare. Acest lucru evidențiază importanța calibrării și testării riguroase în procesul de dezvoltare a dispozitivelor portabile pentru a garanta fiabilitatea și longevitatea acestora.



Figura 3.1 Monitorizarea sistemului de alimentare

3.2 Blocul de senzori

Dispozitivul portabil pentru monitorizarea calității apei este dotat cu un set diversificat de senzori avansați, proiectați pentru a colecta date precise despre parametrii fizico-chimici ai apei. Aceste date, esențiale pentru analiza stării mediului acvatic, sunt disponibile în timp real pe un ecran tactil și printr-o interfață web integrată, oferind utilizatorului o imagine completă asupra microclimei acvatice.

3.2.1 DHT

Senzorul DHT (Digital Humidity and Temperature) joacă un rol esențial în monitorizarea calității râurilor, deoarece oferă măsurători precise ale temperaturii aerului și umidității relative. În cadrul unui sistem de monitorizare a râurilor, comparația dintre temperatura apei și temperatura aerului poate oferi indicii importante despre sănătatea ecosistemului acvatic.

Diferențele semnificative de temperatură pot indica schimbări anormale în mediu, precum încălzirea apei cauzată de deversări industriale sau influența climei. Astfel, senzorul DHT permite identificarea unor variații bruște care ar putea afecta flora și fauna din râuri. De asemenea, monitorizarea continuă ajută la detectarea potențialelor probleme înainte ca acestea să devină critice, contribuind la gestionarea sustenabilă a resurselor de apă.

```
// Citirea valorilor de temperatură și umiditate de la senzorul DHT
float temperatura = dht.readTemperature();
float umiditate = dht.readHumidity();
float indiceTermic = dht.computeHeatIndex(temperatura, umiditate, false);
```

```
// Definirea variabilelor pentru stocarea valorilor convertite în format text
char tempString[6];
char heatIndexString[6];
char humidityString[6];

// Conversia valorilor float în string folosind funcția dtostrf
dtostrf(temperatura, 5, 1, tempString);
dtostrf(indiceTermic, 5, 1, heatIndexString);
dtostrf(umiditate, 5, 1, humidityString);

// Afișarea valorilor pe interfața utilizatorului
tTemperatura.setText(tempString);
tIndiceTermic.setText(heatIndexString);
tUmiditate.setText(humidityString);
```

Codul prezentat în primul pas preia valorile de temperatură, umiditate și indicele de confort termic de la senzorul DHT. Ulterior, sunt definite variabile de tip șir de caractere (string), în care datele colectate sunt transformate și stocate. Conversia valorilor numerice de tip *float* în text este realizată prin intermediul funcției *dtostrf*, care facilitează afișarea informațiilor în format lizibil. În etapa finală, șirurile de caractere generate sunt atribuite unor variabile de tip *nextText*, ceea ce permite transmiterea și afișarea datelor pe un ecran OLED. Astfel, utilizatorul poate vizualiza în timp real parametrii monitorizați, contribuind la o interfață interactivă și intuitivă.

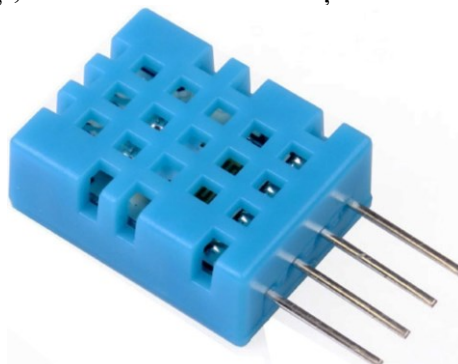


Figura 3.2 Senzor de umiditate si temperatura DHT 11

Tabel 3.1 Parametrii senzorilor DHT.

Senzor	DHT11	DHT22
Tensiune	3-5V	3-5V
Curentul maxim de operare	0.5mA	1.5mA
Curentul minim de operare	0.3mA	0.2mA
Durata minimă de viață	50.000 citiri	100.000 citiri
Interval de Temperatură	0-50°C ± 2°C	-40 la 80°C ± 0.5°C
Interval de Umiditate	20-80% ± 1%RH	0-100% ± 0.1%RH
Frecvența de citire	1Hz	0.5Hz
Preț	(circa 40MDL)	(circa 200-250MDL)

3.2.2 Senzorul de temperatură a apei Dallas DS18B20

Senzorul Dallas DS18B20 este esențial în sistemele de monitorizare a calității râurilor, datorită capacității sale de a măsura cu precizie temperatura apei. Temperatura este un parametru cheie în evaluarea sănătății ecosistemelor acvatice, influențând direct procesele biologice, chimice și fizice din râuri. Fluctuațiile anormale ale temperaturii pot indica prezența poluării termice, deversări industriale sau modificări climatice locale.

Fiind un senzor rezistent la apă și capabil să funcționeze pe distanțe mari folosind protocolul 1-Wire, Dallas DS18B20 asigură monitorizarea continuă și precisă a temperaturii în timp real. Integrarea acestui senzor în sistemele automate permite detectarea timpurie a schimbărilor, contribuind astfel la protejarea ecosistemelor și la gestionarea sustenabilă a resurselor de apă.

Tabelul 3.2 Specificațiile senzorului de temperatură a apei Dallas DS18B20.

Interval de măsurare a temperaturii	-55°C până la +125°C	Senzorul poate detecta temperaturi într-un interval larg, fiind ideal pentru măsurarea temperaturii apei în medii naturale sau industriale.
Precizie	±0.5°C în intervalul -10°C până la +85°C	Oferă o precizie ridicată în intervalul de temperatură optim pentru ecosistemele acvatice. În afara acestui interval, precizia poate varia.
Rezoluție	Selectabilă între 9 și 12 biți	Rezoluția poate fi ajustată, oferind o precizie de până la 0,0625°C la setarea maximă de 12 biți.
Tensiune de alimentare	3.0V până la 5.5V	Senzorul poate funcționa cu o gamă variată de tensiuni, ceea ce îl face compatibil cu diverse microcontrolere și surse de alimentare.
Tip de comunicare	Protocol digital 1-Wire	Senzorul folosește doar un fir pentru transmisia datelor, simplificând conexiunile și reducând cablarea necesară.
Consum de curent	1 mA în timpul măsurătorii, 750 nA în standby	Consumul redus de energie face senzorul potrivit pentru sisteme autonome alimentate cu baterii.
Rezistență la apă	Disponibil în varianta învelită în oțel inoxidabil (waterproof)	Varianta impermeabilă a senzorului îl protejează împotriva coroziunii și permite scufundarea directă în apă, ideal pentru măsurători în râuri.

```
// Citirea valorii de temperatură de la senzorul DS18B20
sensors.requestTemperatures();
float temperatura = sensors.getTempCByIndex(0);

// Definirea variabilei pentru stocarea valorii convertite în format text
char tempString[6];

// Conversia valorii float în string folosind funcția dtostrf
dtostrf(temperatura, 5, 2, tempString);
```

```
// Afișarea valorii pe interfața utilizatorului  
tTemperatura.setText(tempString);
```

Codul destinat senzorului DS18B20 permite citirea temperaturii apei și afișarea acesteia pe un ecran OLED. După preluarea datelor de la senzor prin protocolul digital 1-Wire, valoarea temperaturii este convertită din format float în format text utilizând funcția `dtostrf`. Această conversie este esențială pentru a afișa temperatura pe interfața grafică a utilizatorului. Variabila de tip string, în care este stocată temperatura, este apoi transmisă către componenta de afișare `nexText`. Codul contribuie la monitorizarea precisă a temperaturii apei, oferind utilizatorului date esențiale pentru analiza în timp real a parametrilor de mediu.



Figura 3.3 Senzorul de temperatură a apei Dallas DS18B20

3.2.3 Senzorul PH

Senzorul de pH al apei joacă un rol esențial în evaluarea calității râurilor, fiind un indicator cheie al stării chimice a ecosistemelor acvatice. Nivelul de pH al apei reflectă gradul de aciditate sau alcalinitate, influențând direct procesele biologice și chimice care au loc în mediul acvatic. Modificările semnificative ale pH-ului pot semnaliza prezența poluării industriale, a deversărilor de substanțe chimice sau a altor factori de stres ecologic.

În mod normal, pH-ul natural al râurilor variază între 6,5 și 8,5, interval în care majoritatea organismelor acvatice pot supraviețui. Abaterile de la aceste valori pot afecta biodiversitatea și pot duce la dispariția unor specii sensibile. De exemplu, un pH acid scăzut poate indica prezența ploilor acide sau a contaminării cu metale grele, în timp ce un pH ridicat poate semnaliza poluarea cu deșeuri industriale.

Integrarea unui senzor de pH într-un sistem automat de monitorizare permite colectarea continuă de date în timp real, oferind posibilitatea de a detecta rapid schimbările de pH și de a implementa măsuri preventive. Astfel, senzorul de pH contribuie la protejarea ecosistemelor acvatice, gestionarea sustenabilă a resurselor de apă și prevenirea poluării.

```
// Pregătirea senzorului de pH  
pHSensor.begin();  
}  
  
void loop() {  
  // Citirea valorii de pH de la senzorul de pH  
  float pH = pHSensor.readPH();  
  
  // Definirea variabilei pentru stocarea valorii convertite în format text
```

```

char pHString[6];
dtostrf(pH, 5, 2, pHString); // Conversia valorii pH în string

// Afișarea valorii pe ecranul OLED
display.clearDisplay();
display.setCursor(0, 0);
display.print("pH al apei: ");
display.setCursor(0, 20);
display.print(pHString);
display.display();

// Afișarea pe monitorul serial (65system65a)
Serial.print("pH al apei: ");
Serial.println(pH);

// Pauză de 2 secunde între citiri
delay(2000);
}

```

Acest cod permite monitorizarea valorii pH-ului apei folosind un pH-metru și un ecran OLED pentru afișarea datelor. Valorile citite de la sistem sunt procesate și afișate într-un format ușor de citit, iar informațiile sunt actualizate la intervale de 2 secunde. Prin utilizarea unei interfețe vizuale pe ecranul OLED și opțiunea de a vizualiza datele și pe monitorul serial, acest sistem oferă o soluție eficientă și compactă pentru monitorizarea calității apei în timp real.



Figura 3.4 Senzorul de pH al apei.

Tabelul 3.3 Specificațiile tehnice a senzorului de pH.

Interval de măsurare	0-14 pH
Precizia măsurării	±0.1 pH
Tensiunea de alimentare	5V DC
Curent de funcționare	15-30 mA

Tipul semnalului de ieșire	Analogic (0-5V) sau digital (protocol I2C sau UART)
Temperatura de operare	0°C – 60°C
Dimensiune senzor	Aproximativ 160mm lungime, 12mm diametru (pentru senzorul cu electrozi)

3.2.3 Senzorul de particule dizolvate

Senzorul de Particule dizolvate analizează cantitatea de substanțe dizolvate în apă (părți pe milion) joacă un rol esențial într-un sistem de monitorizare a calității râurilor, având ca scop principal evaluarea nivelului de poluanți și substanțe chimice din apă. Măsurând concentrația de particule dizolvate, inclusiv substanțele toxice, metale grele, sau nutrienți, acest senzor oferă informații precise și în timp real despre starea apei. Într-un sistem de monitorizare a calității apei, senzorii de PPM permit detectarea rapidă a fluctuațiilor în concentrațiile poluanților, facilitând intervențiile proactive în protejarea ecosistemului acvatic și a sănătății publice. De asemenea, monitorizarea continuă a PPM ajută la evaluarea eficienței măsurilor de tratare a apei și la gestionarea resurselor de apă pe termen lung. De exemplu, în cazurile de contaminare accidentală, senzorii de PPM pot emite alerte imediate, permițând autorităților să intervină rapid. Astfel, utilizarea senzorilor de PPM este esențială pentru menținerea unui echilibru ecologic sănătos, prevenirea poluării și asigurarea unui mediu sigur pentru comunitățile care depind de sursele de apă curentă. În plus, aceștia sunt un instrument crucial în respectarea reglementărilor de mediu și în promovarea unui management durabil al resurselor de apă.

```

}

display.display();
delay(2000);
display.clearDisplay();

// Setarea fontului pentru text
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(SSD1306_WHITE);
display.setCursor(0, 0);
}

void loop() {
  // Citirea valorii de la senzorul PPM
  int sensorValue = analogRead(ppmPin);
  ppmValue = map(sensorValue, 0, 1023, 0, 1000); // Adaptează în funcție de calibrare

  // Afișarea valorii pe OLED
  display.clearDisplay();
  display.setCursor(0, 0);
  display.print("PPM: ");
  display.print(ppmValue);
  display.println(" ppm");

  display.display();
}

```

```

delay(1000); // Actualizarea la fiecare 1 secundă
}

```

Acest cod este destinat unui sistem de monitorizare a calității apei, care folosește un senzor PPM conectat la un microcontroler Arduino pentru a măsura concentrația de particule dizolvate într-un râu și a afișa datele pe un display OLED. În cadrul `setup()`, se inițializează comunicația serială și se configurează display-ul OLED, verificându-se dacă acesta este conectat corect. Dacă display-ul este găsit, se afișează un mesaj inițial și se șterge ecranul pentru a-l pregăti pentru afișarea datelor.

În funcția `loop()`, valoarea citită de la senzorul PPM (conectat la pinul analogic A0) este preluată și transformată într-o valoare aproximativă de PPM folosind funcția `map()`. Valoarea este apoi afișată pe display-ul OLED, iar ecranul este actualizat la fiecare 1 secundă. Acest ciclu continuu permite monitorizarea constantă a concentrației de particule din apă.

Tabelul 3.4 Specificațiile tehnice a senzorului de Particule dizolvate

Interval de măsurare	0 - 1000 PPM (partea permițând măsurarea concentrației de particule dizolvate)
Tensiune de alimentare	3.3V - 5V
Semnal de ieșire	Semnal analogic (0 - 5V)
Precizie	±5% pentru intervalul 0 - 1000 PPM
Temperatura de operare	0°C - 50°C
Durabilitate	Aproape 2 ani (în funcție de condițiile de mediu și utilizare)
Consum de curent	Aproximativ 20 - 30 mA (în funcție de condițiile de măsurare)



Figura 3.5 Senzorul de Particule dizolvate.

3.2.4 Senzorul de turbiditate

Senzorul de turbiditate este un instrument crucial într-un sistem de monitorizare a calității râurilor, având rolul de a măsura claritatea apei prin detectarea particulelor suspendate în aceasta. Turbiditatea apei este un indicator direct al prezenței sedimentelor, microorganismelor sau poluanților, care pot afecta ecosistemele acvatice și sănătatea umană. Un nivel ridicat de turbiditate poate semnala contaminarea cu substanțe toxice, precum metale grele sau substanțe organice, ce pot dăuna vieții acvatice și pot deteriora infrastructura de tratare a apei potabile. Senzorii de turbiditate permit monitorizarea continuă a acestei variabile, oferind date în timp real esențiale pentru detectarea rapidă a schimbărilor în calitatea apei.

Prin integrarea senzorilor de turbiditate într-un sistem automatizat, se pot identifica rapid evenimente de poluare accidentală sau deversări de substanțe periculoase, iar autoritățile pot interveni prompt. De asemenea, acești senzori ajută la evaluarea eficienței proceselor de purificare a apei și la identificarea surselor de poluare, fie ele naturale sau antropice. Monitorizarea constantă a turbidității este esențială pentru protejarea biodiversității râurilor, gestionarea sustenabilă a resurselor de apă și pentru prevenirea riscurilor legate de sănătatea publică. Astfel, senzorii de turbiditate sunt indispensabili în menținerea unui mediu acvatic sănătos și în asigurarea unui acces sigur la apă potabilă.

```
// Inițializare serial pentru debugging
Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  // Citirea valorii de la senzorul de turbiditate
  int turbidityValue = analogRead(turbidityPin);

  // Calcularea unui nivel aproximativ de turbiditate (aceasta poate fi ajustată în funcție de 68sensor)
  float turbidity = map(turbidityValue, 0, 1023, 0, 100); // 0-100% turbiditate

  // Afișarea valorii pe display OLED
  display.clearDisplay();
  display.setTextSize(1);
  display.setTextColor(SSD1306_WHITE);
  display.setCursor(0,0);
  display.print(F("Turbiditate: "));
  display.print(turbidity);
  display.println(F(" %"));
  display.display();

  // Pauză de 1 secundă
  delay(1000);
}
```

Acest cod este destinat unui sistem de monitorizare a turbidității apei utilizând un senzor de turbiditate conectat la un microcontroler, cu afișarea valorilor pe un display OLED. Codul începe prin includerea bibliotecilor necesare: Wire.h pentru comunicarea I2C, Adafruit_SSD1306.h pentru controlul display-ului OLED, și Adafruit_GFX.h pentru funcții grafice.

În funcția setup(), se initializează conexiunea cu display-ul OLED, iar în cazul în care acesta nu este detectat, programul oprește execuția. Se stabilește și conexiunea serială pentru a permite

debugging-ul. După inițializarea hardware-ului, se afișează un mesaj de pornire pe display. În funcția principală loop(), senzorul de turbiditate trimite o valoare analogică citită de pe pinul A0. Această valoare, care variază de la 0 la 1023, este convertită într-un interval de 0-100% prin funcția map(), oferind o estimare a nivelului de turbiditate în apă. Apoi, valoarea calculată este afișată pe display-ul OLED. Ecranul este actualizat la fiecare 1 secundă, iar procesul continuă în mod continuu.

Tabelul 3.6 Specificațiile tehnice a senzorului de turbiditate.

Tensiune de alimentare	3.3V – 5V
Semnal de ieșire	Semnal analogic (0-5V) sau semnal digital (ON/OFF)
Raza de măsurare	0 – 1000 NTU (Unități de Turbiditate Nephelometrică)
Rezoluție	0.1 NTU (pentru semnalul analogic)
Precizie	± 5% sau mai bună (în intervalul de măsurare)
Temperatura de operare	0°C – 50°C
Conector	Conectare prin cabluri, de obicei 3 pini: GND, VCC, semnal de ieșire
Consum de energie	Aproximativ 20-30 mA (în funcție de modul de operare)
Dimensiuni	Aproximativ 40mm x 35mm x 30mm (variază în funcție de model)



Figura 3.6 Senzorul de turbiditate al apei.

3.2.5 Senzorul de flux al apei

Senzorul de flux al apei reprezintă un instrument esențial într-un sistem de monitorizare a calității apelor, în special în gestionarea și protejarea resurselor acvatice, cum sunt râurile. Acest senzor măsoară rata de debit a apei, oferind informații esențiale privind fluxul și variabilitatea acestuia într-un curs de apă. În cadrul unui sistem de monitorizare a calității râurilor, senzorul de flux permite detectarea schimbărilor rapide în cantitatea de apă, ce pot fi cauzate de precipitații intense, topirea zăpezii sau activități umane, cum ar fi construcțiile hidrotehnice. O monitorizare continuă a fluxului de apă este crucială pentru evaluarea impactului poluării asupra ecosistemelor acvatice. Schimbările semnificative ale debitului pot influența diluarea poluanților sau pot facilita acumularea acestora în anumite zone, afectând calitatea apei și biodiversitatea locală. Mai mult, senzorii de flux sunt utili în prognoza riscurilor de inundații sau secetă, având un rol important în planificarea măsurilor de protecție și intervenție.

```
/ Configurarea pinului de intrare pentru senzorul de flux
pinMode(fluxPin, INPUT_PULLUP);

// Setarea întreruperii pentru a număra impulsurile
attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(fluxPin), pulseCounter, FALLING);

// Inițializarea ecranului OLED
if(!display.begin(SSD1306_I2C_ADDRESS, SDA, SCL)) {
  Serial.println(F("Ecran OLED nu a fost găsit"));
  while (1);
}
display.display(); // Afișarea unui ecran de inițializare
delay(2000); // Pauză de 2 secunde
display.clearDisplay();
}

void loop() {
  // Calcularea intervalului de timp
  currentTime = millis();
  if (currentTime - lastTime >= 1000) { // Calculul pe intervale de 1 secundă
    lastTime = currentTime;

    // Calcularea ratei de debit
    flowRate = (pulseCount / 7.5); // 7.5 pulse pe litru (în funcție de senzorul ales)

    // Resetarea numărului de impulsuri
    pulseCount = 0;

    // Afișarea valorii debitului pe monitorul serial
```

```

Serial.print("Debit: ");
Serial.print(flowRate);
Serial.println(" L/min");

// Afișarea valorii pe ecranul OLED
display.clearDisplay();
display.setTextSize(1); // Setarea dimensiunii textului
display.setTextColor(SSD1306_WHITE); // Setarea culorii textului
display.setCursor(0, 0); // Setarea cursorului la începutul ecranului
display.print("Debit: ");
display.print(flowRate);
display.print(" L/min");
display.display(); // Actualizarea ecranului OLED
}
}

```

Acest cod Arduino utilizează un senzor de flux al apei pentru a măsura debitul apei și a-l afișa pe un ecran OLED. Senzorul de flux este conectat la pinul digital 2 al plăcii Arduino, iar fiecare impuls generat de senzor reprezintă o cantitate specifică de apă care trece prin senzor. Prin întreruperi, numărăm aceste impulsuri și calculăm rata de debit în litri pe minut (L/min). La fiecare secundă, programul calculează debitul și afișează rezultatul atât pe monitorul serial (pentru monitorizare externă), cât și pe un ecran OLED conectat prin I2C. Ecranul OLED este utilizat pentru a vizualiza direct datele de debit, iar afișarea pe ecran este actualizată la fiecare secundă. Programul folosește bibliotecile Wire.h și Adafruit_SSD1306.h pentru a comunica cu ecranul OLED.

Tabelul 3.7 Specificațiile tehnice a senzorului de flux al apei.

Debitul măsurat	1-30 L/min
Tensiune de alimentare	5V DC (compatibil cu Arduino)
Curent maxim	15-20 mA (la 5V)
Frecvența impulsurilor	Aproximativ 7.5 impulsuri pe litru de apă (în funcție de debit)
Rezoluție	Aproape 7.5 impulsuri per litru de apă
Temperatura de operare	0 - 80°C
Material	Plastic, cu rotor din poliacetal (POM)
Conexiune	3 pini: Alimentare (VCC), GND, Semnal (Signal)
Precizie	± 5% la debitul nominal



Figura 3.6 Senzorul de flux al apei

3.3 Integrarea și testarea sistemului

Pentru testarea sistemului descris au fost folosite diferite dispozitive specializate în măsurări ai mediului înconjurător. Pentru a verifica corectitudinea funcționării sistemului și corectitudinea datelor achiziționate ce vor fi procesate ulterior. Totodata verificarea este un pas important, deoarece el are un impact direct asupra calității și imaginii finale a sistemului. Pentru testare și calibrare au fost folosite alte dispozitive și instrumente după posibilitate.

Pentru testarea conexiunii la rețea internet, cum ar fi solicitarea de tip HTTP de către server. În acest caz a fost folosită interfața grafică a unui router internet Huawei ce asigură conexiunea la rețea internet prin Wi-Fi de 2.4Ghz.



HG8247W5

Logout

Status

WAN

LAN

IPv6

WLAN

Security

Forward Rules

Network Application

System Tools

WAN Information

VoIP Information

WLAN Information

Home Network Information

Eth Port Information

DHCP Information

Optical Information

Device Information

User Device Information

Service Provisioning Status

Status > User Device Information

On this page, you can query the basic information about the user device, including the host name, device type, IP address, MAC address, and device status.

Host Name	Port ID	Device Type	IP Address	MAC Address	Device Status	Application
--	SSID1	--	192.168.0.7	52-54-00-12-34-56	Online	Details Share Access Application
ESP_DD6699	SSID1	--	192.168.0.8	60-14-00-12-34-56	Offline	Details Delete Application
BDSM	SSID1	android-dhcp-11	192.168.0.12	a8-d1-00-12-34-56	Online	Details Share Access Application
ESP32	SSID1	--	192.168.0.3	b0-d1-00-12-34-56	Online	Details Delete Application
DESKTOP-E	SSID1	MSFT 5.0	192.168.0.0	c4-d1-00-12-34-56	Online	Details Share Access Application

Figura 3.7 Interfața grafică a routerului Huawei.

În figura 3.7 este ilustrată interfața grafică a unui router. În această fereastră, utilizatorul are acces la o listă completă a dispozitivelor conectate la rețea. Interfața oferă informații detaliate despre fiecare client conectat, precum adresa IP locală, adresa MAC, denumirea dispozitivului și starea conexiunii în momentul verificării. Totodată, această secțiune permite monitorizarea în timp real a activității rețelei, oferind posibilitatea identificării rapide a potențialelor probleme sau a dispozitivelor necunoscute conectate la rețea. Informațiile afișate sunt esențiale pentru gestionarea eficientă a conexiunilor și pentru asigurarea securității rețelei.

3.4 Proiectarea modulului de afisare

Ecranele OLED (Organic Light Emitting Diodes) sunt din ce în ce mai folosite în dispozitive portabile, datorită caracteristicilor lor remarcabile, care le fac ideale pentru o gamă largă de aplicații, inclusiv în domeniul măsurării calității apei. Tehnologia OLED reprezintă o revoluție în domeniul display-urilor, având avantaje semnificative față de tehnologiile tradiționale de afișare, cum ar fi LED-ul sau LCD-ul. Utilizarea unui ecran OLED într-un dispozitiv portabil pentru măsurarea calității apei aduce beneficii esențiale în ceea ce privește vizibilitatea, durabilitatea, eficiența energetică și interactivitatea. Aceste avantaje contribuie la îmbunătățirea performanței și experienței utilizatorului.

Primul beneficiu major al unui ecran OLED este contrastul superior și reproducerea culorilor. Ecranele OLED sunt capabile să redea culori mult mai vii și mai naturale decât alte tipuri de display-uri, datorită capacității lor de a ilumina fiecare pixel individual. Într-un dispozitiv portabil de măsurare a calității apei, acest lucru înseamnă că valorile afișate – cum ar fi pH-ul, nivelul de turbiditate, concentrațiile de substanțe chimice sau temperatura apei – sunt mult mai clare și mai ușor de interpretat. O gamă largă de culori și un contrast ridicat pot facilita detectarea rapidă a valorilor anormale sau periculoase ale parametrilor apei, esențială în aplicațiile de siguranță și monitorizare a resurselor de apă. Un alt avantaj important al ecranelor OLED este eficiența energetică. Acestea consumă mult mai puțină energie decât display-urile LCD sau LED tradiționale, în special în condițiile în care imaginea afișată nu necesită iluminare de fundal continuă, așa cum se întâmplă în cazul tehnologiilor LCD. Acest lucru este deosebit de important în cazul dispozitivelor portabile, care trebuie să fie eficiente din punct de vedere al consumului de energie pentru a prelungi autonomia bateriei. În aplicațiile de măsurare a calității apei, dispozitivele trebuie să fie utilizate pe teren sau în locații îndepărtate, unde încărcarea frecventă a bateriilor nu este o opțiune convenabilă. Prin urmare, ecranele OLED contribuie la maximizarea duratei de viață a bateriei și la îmbunătățirea portabilității.

De asemenea, ecranele OLED sunt extrem de subțiri și flexibile, ceea ce le face ideale pentru dispozitivele portabile de măsurare a calității apei. Aceste caracteristici le permit să fie integrate în dispozitive mai mici și mai ușor de transportat, fără a compromite performanța vizuală. În plus, tehnologia OLED este mult mai rezistentă la șocuri și vibrații decât alte tipuri de ecrane, ceea ce este crucial în contextul utilizării pe teren, unde dispozitivele pot fi supuse unor condiții de lucru mai dificile. Un alt aspect semnificativ este timpul de răspuns rapid al ecranelor OLED. Acest lucru înseamnă că valorile și datele legate de calitatea apei sunt afișate aproape instantaneu, oferind utilizatorului un feedback rapid și precis. În cazul măsurării calității apei, timpii de reacție rapizi sunt vitali pentru luarea deciziilor rapide și pentru intervențiile de urgență în cazul în care sunt detectate probleme de calitate a apei.

În concluzie, utilizarea unui ecran OLED într-un dispozitiv portabil pentru măsurarea calității apei reprezintă o alegere excelentă din punct de vedere al performanței vizuale, eficienței energetice, durabilității și portabilității. Aceste avantaje contribuie la dezvoltarea unor instrumente de monitorizare mai precise, fiabile și ușor de utilizat, esențiale pentru protejarea resurselor de apă și pentru sănătatea publică.

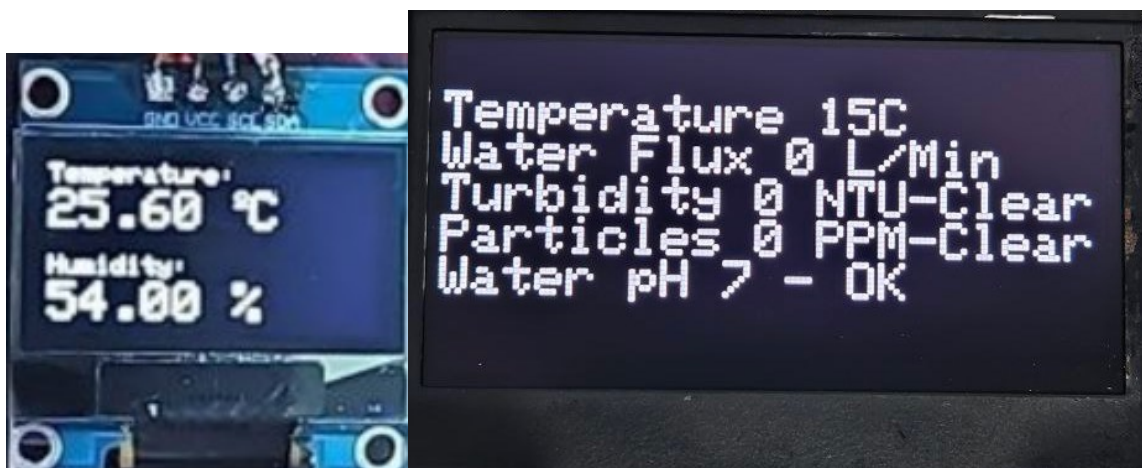


Figura 3.8 Interfața dispozitivului portabil.

În figura 3.8 este reprezentat ecranul oled al unui dispozitiv portabil pentru monitorizarea calității apei, care afișează în timp real datele obținute de la senzorii integrați în sistem. Aceste date sunt esențiale pentru evaluarea rapidă și precisă a parametrilor apei, permițând utilizatorilor să ia măsuri imediate atunci când este necesar. Pe ecranul dispozitivului sunt vizualizate o serie de valori importante, cum ar fi temperatura internă și externă a dispozitivului, umiditatea, pH-ul apei, nivelul de turbiditate, fluxul apei și concentrația de particule dizolvate (PPS), toate aceste informații fiind furnizate de senzorii specifici fiecărui parametru monitorizat.

Temperatura internă și externă este măsurată pentru a oferi context asupra condițiilor de mediu și pentru a ajusta corectitudinea măsurărilor, întrucât variațiile de temperatură pot influența parametrii apei. Umiditatea este un factor de luat în considerare în special în mediile exterioare, unde aceasta poate afecta integritatea dispozitivului și acuratețea senzorilor. pH-ul apei este un indicator esențial al calității apei, semnalând eventualele schimbări chimice care pot afecta sănătatea organismelor acvatice și utilizarea apei de către oameni.

Turbiditatea este un alt parametru important, care reflectă claritatea apei și poate indica prezența particulelor suspendate care afectează potabilitatea acesteia. Fluxul apei și concentrația de particule dizolvate (PPS) oferă informații suplimentare despre starea apei și posibilele contaminări. Aceste date sunt afișate simultan pe ecranul tactil și sunt disponibile și prin intermediul unei interfețe WEB, care permite utilizatorilor accesul la informații de la distanță, prin orice dispozitiv conectat la internet. Astfel, utilizatorii pot monitoriza continuu calitatea apei într-un mod eficient și ușor de utilizat, fie pe teren, fie de la distanță.

Prin integrarea tuturor acestor parametri, dispozitivul portabil devine un instrument esențial în monitorizarea calității apei în timp real, contribuind la protecția mediului și sănătatea publică.

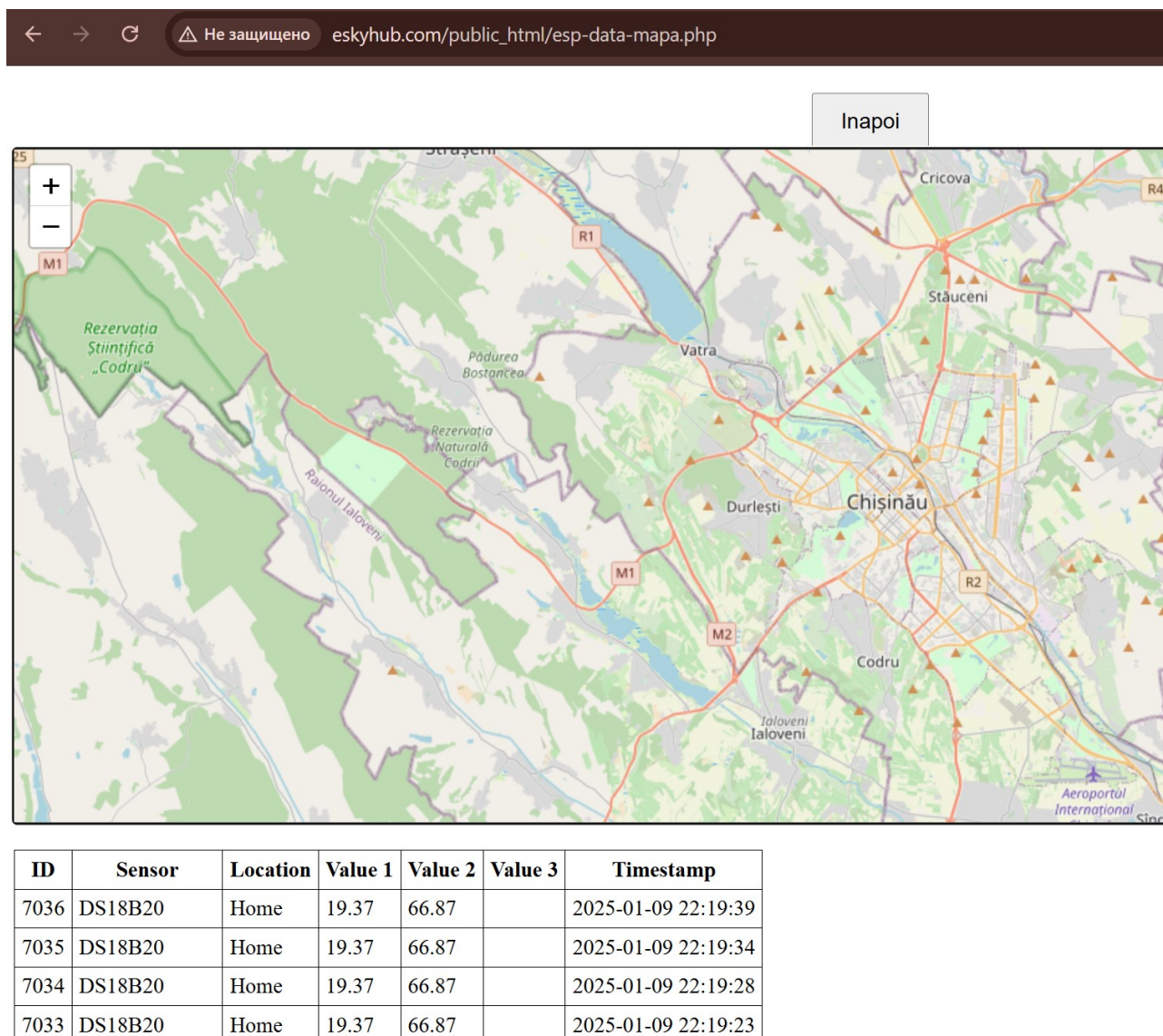


Figura 3.8 Interfața paginii WEB.

În figura alăturată este afișată interfața Web a sistemului, aceasta este proiectată în felul următor pentru a fi optimizată pentru orice tip de dispozitiv, browser și sistem de operare. Care la rândul său afișează parametri ce sunt oferți de senzorii interni ai dispozitivului afișate în timp real.

Pentru monitorizare este disponibilă o serie de parametri cum ar fi:

1. Temperatura apei
2. Temperatura aerului
3. Umiditatea aerului
4. Fluxul apei
5. Turbiditatea apei
6. pH-ul apei
7. Nivelul de impurități solide în apă

CONCLUZII

În urma realizării acestui sistem am dobândit cunoștințe și o experiență importantă legate despre sistemele de monitorizare a sistemelor de tip râu și impactul poluării acestora asupra sănătății umane și a întregului biosistem. Datorită surselor studiate am luat cunoștință cu istoria metodelor utilizate pentru monitorizarea apei și am înțeles principiile fundamentale care stau la baza dispozitivelor de măsurare moderne. Prin aprofundarea în problema existentă a devenit cunoscut cât de actuală și răspândită această problemă este în realmente. Am înțeles cât de importantă este monitorizarea permanentă a apei pentru a preveni catastrofe ecologice și probleme grave de sănătate, precum infecțiile digestive, bolile de piele și chiar afecțiunile cronice ale sistemului nervos și cardiovascular. Industrializarea accelerată din secolul XIX și utilizarea masivă a pesticidelor, fertilizanților și substanțelor chimice toxice au contribuit la poluarea surselor de apă.

Pentru a avea o înțelegere mai bună am studiat amănunțit principiul de lucru a diferitor dispozitive ce se folosesc în domeniu, ceva oferit o înțelegere mai amănunțită asupra sistemele existente și domeniului de cercetare, ce la rândul său va ajuta semnificativ în procesul de proiectare.

Sistemul elaborat constă din proiectarea a produselor hardware și software, iar pentru a fi un produs finit robust, necesită o testare și optimizare a resurselor utilizate. Sistemul este bazat pe mai multe dispozitive portabile care la rândul său preiau datele din ecosistemele acvatice. Acesta fiind portabil datorită bateriei integrate și panoului solar ce sporește semnificativ timpul de lucru. Datorită proiectării inițiale scalabile, este posibilă configurarea părții hardware a fiecărei stații individuale cum ar fi numărul și tipul de senzori dar și numărul dispozitivelor ce vor achiziționa date din ecosistem.

Vizualizarea parametrilor în timp real poate fi efectuată de la ecranul OLED integrat sau din interfața WEB din orice punct al lumii. Realizarea conexiunii la rețeaua internet este posibilă datorită microcontrolerului utilizat, ce corespunde tuturor cerințelor puse asupra acestui dispozitiv.

Din punct de vedere tehnologic, acest proiect aduce un aport semnificativ în domeniul monitorizării mediului, oferind o soluție eficientă și accesibilă pentru identificarea rapidă a contaminanților din apă. În contextul în care poluarea apei devine o problemă din ce în ce mai stringentă la nivel global, implementarea unui astfel de dispozitiv poate contribui la protejarea sănătății populației și a ecosistemelor.

Pe viitor, un astfel de dispozitiv poate fi îmbunătățit prin adăugarea unor noi tipuri de senzori, capabili să detecteze metale grele, pesticide sau bacterii. Totodată, se poate implementa un sistem de alertare automată, care să notifice utilizatorii atunci când parametrii apei depășesc limitele admise. Aceste îmbunătățiri ar crește considerabil utilitatea dispozitivului și ar contribui la crearea unui mediu mai sigur și mai sănătos.

În concluzie, sistemul de monitorizare a ecosistemelor de tip râu, realizat oferă o soluție tehnologică modernă, adaptată cerințelor actuale de protejare a resurselor de apă. Acest instrument inovator permite detectarea în timp real a parametrilor critici ai apei, ceea ce contribuie la identificarea rapidă a potențialelor surse de poluare și la prevenirea consumului de apă contaminată. Prin măsurări precise ale parametrilor precum pH-ul, turbiditatea, temperatura și nivelul particulelor dizolvate, dispozitivul asigură un control riguros al calității apei atât pentru uz personal, cât și pentru aplicații industriale sau agricole.

Integrarea unor tehnologii avansate, cum ar fi conectivitatea wireless și alimentarea din surse regenerabile, aduce un avantaj suplimentar prin reducerea dependenței de infrastructura tradițională și sporirea accesibilității în zone izolate. Astfel, dispozitivul devine un instrument esențial în gestionarea eficientă a resurselor de apă, promovând sustenabilitatea și reducerea impactului negativ asupra ecosistemelor acvatice.

Bibliografie

1. Design of an Arduino-Based Water Quality Monitoring System
<https://ijcsmc.com/docs/papers/March2022/V11I3202209.pdf> [citat 05.01.2025]
2. MONITORINGUL CALITĂȚII APEI ȘI EVALUAREA STĂRII ECOLOGICE A ECOSISTEMELOR ACVATICE
<https://www.eco-tiras.org/docs/berg/book.pdf> [citat 05.01.2025]
3. NOTE PRIVIND CALITATEA APEI FLUVIULUI NISTRU ÎN SECTORUL RDC AL REPUBLICII MOLDOVA
https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/235-238.pdf [citat 05.01.2025]
4. <https://www.environment.md/public/files/caed8202fb5b8d7440325d5429606211.pdf> [citat 05.01.2025]
5. https://old.meteo.md/monitor/anuare/2014/anuarapei_2014.pdf [citat 05.01.2025]
6. https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/218-219_1.pdf [citat 05.01.2025]
7. <https://ecopresa.md/apa-din-raurile-prut-si-nistru-din-ce-in-ce-mai-poluata/> [citat 05.01.2025]
8. <https://environment.md/public/files/caed8202fb5b8d7440325d5429606211.pdf> [citat 05.01.2025]
9. <https://old.meteo.md/mold/gilca22032015.htm> [citat 05.01.2025]
10. https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/352-355_2.pdf [citat 05.01.2025]
11. <https://moldova.europalibera.org/a/cum-arat%C4%83-nistrul-pe-timp-de-secet%C4%83/31963447.html> [citat 05.01.2025]
12. https://repository.usmf.md/bitstream/20.500.12710/4386/1/STUDIUL_COMPOZITIEI_CHIMICE_A_APEI_DIN_FANTANILE_DE_MINA_DIN.pdf [citat 05.01.2025]
13. https://old.meteo.md/metodf_pdf/3.pdf [citat 05.01.2025]
14. <https://ecopolitic.com.ua/ua/news/na-frankivshhini-v-richci-dnister-riven-zabrudnennya-naftoju-zashkaljuvav-u-200-raziv/> [citat 05.01.2025]
15. <https://www.moldova.org/pesti-mai-mici-dar-mai-multe-pasari-cum-s-a-schimbati-biodiversitatea-nistrului-in-50-de-ani/> [citat 05.01.2025]
16. ABABII V.; SUDACEVSCHI V.; BRANIȘTE R.; LUNGU I.; ROȘCA N. Distributed Computing System for Monitoring of the River Aquatic Ecosystems. In: *Information Technologies and Automation - 2024 / Proceedings of the XVII International Scientific and Practical Conference. Odessa, October 31 - November 1, 2024. - Odessa, ONUT Publishing House, 2024, pp. 421-423.* [https://www.ontu.edu.ua/download/konfi/2024/Collection-of-abstracts-of-the-conference-ITIA-2024.pdf].
17. LUNGU, I.; ROȘCA, N.; ABABII V.; SUDACEVSCHI V. Critical Infrastructure Modelling based on Timed Petri Nets. In: *Information Technologies and Automation - 2024 / Proceedings of the XVII International Scientific and Practical Conference. Odessa, October 31 - November 1, 2024. - Odessa, ONUT Publishing House, 2024, pp. 40-42.* [https://www.ontu.edu.ua/download/konfi/2024/Collection-of-abstracts-of-the-conference-ITIA-2024.pdf].
18. SUDACEVSCHI, V.; ABABII, V.; TUTUNARU, V.; MUNTEANU, S.; BOROZAN, O. Decision Making System for Smart Agriculture based on Fuzzy-Temporal Logics. In: *Conference 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.* [https://oproteh.ub.ro/].
19. ABABII, V.; SUDACEVSCHI, V.; CĂRBUNE, V.; BRANIȘTE, R. and CLIMA A. Edge computing system for monitoring of the aquatic ecosystems. In: *Electronics,*

- Communications and Computing (IC ECCO-2024): The conference program and abstract book: 13th intern. conf., Chişinău, 17-18 Oct. 2024. Technical University of Moldova. Chişinău: Tehnica-UTM, 2024, pp. 205-206. ISBN 978-9975-64-480-8 (PDF). [<http://repository.utm.md/handle/5014/28820>].
20. ROŞCA, N.; LUNGU, I.; SUDACEVSCHI, V. and ABABII, V. Spatial-temporal modeling of critical infrastructure systems. In: Electronics, Communications and Computing (IC ECCO-2024): The conference program and abstract book: 13th intern. conf., Chişinău, 17-18 Oct. 2024. Technical University of Moldova. Chişinău: Tehnica-UTM, 2024, pp. 159-160. ISBN 978-9975-64-480-8 (PDF). [<http://repository.utm.md/handle/5014/28795>].
 21. BRANIŞTE, R.; MARUSIC, G.; SAVA, N.; ABABII, V. and CĂRBUNE, V. Modeling the behavior of pollutants on the Dniester river in Olăneşti region. In: Electronics, Communications and Computing (IC ECCO-2024): The conference program and abstract book: 13th intern. conf., Chişinău, 17-18 Oct. 2024. Technical University of Moldova. Chişinău: Tehnica-UTM, 2024, pp. 153-154. ISBN 978-9975-64-480-8 (PDF). [<http://repository.utm.md/handle/5014/28791>].
 22. MUNTEANU, S. Utilizarea calculului biologic pentru modelarea şi sinteza sistemelor de luare a deciziilor. In: Conferinţa tehnico-ştiinţifică a studenţilor, masteranzilor şi doctoranzilor = Technical Scientific Conference of Undergraduate, Master and PhD Students, Universitatea Tehnică a Moldovei, 27-29 martie 2024. Chişinău, 2024, vol. 1, pp. 380-382. ISBN 978-9975-64-458-7, ISBN 978 9975-64-459-4 (Vol.1). [<http://repository.utm.md/handle/5014/28036>].