

SISTEM AUTOMAT DE MONITORIZARE ȘI DOZARE A APEI DINTR-UN BAZIN

Bogdan SMARAND¹, Ana-Ruxandra TOMA², Ana-Maria DUMITRESCU³
Universitatea POLITEHNICA din București
smarandbogdan@gmail.com¹, tomaanaruxandra@gmail.com², anamaria.dumitrescu@upb.ro³

Rezumat. Sistemele de măsurare, dozare și control pentru lichide au la bază aplicații dedicate măsurării cantității de lichid, umplerii controlate a incintelor și dezinfectării lichidelor și suprafețelor. Aplicațiile unui astfel de sistem sunt multiple, de la menținerea calității apei potabile la mentenanța bazinelor de înot și pot fi extinse până în industria alimentară și cea farmaceutică. Lucrarea de față prezintă un montaj experimental pentru monitorizarea și controlul apei într-un rezervor cu lichid. Sistemul este comandat cu ajutorul unor plăci de dezvoltare și are scop didactic, în lucrare fiind prezentat procesul de alegere a componentelor și modul de dezvoltare a aplicației. Cazul particular al machetei prezentate este dezvoltat pentru monitorizarea apei dintr-un bazin.

1. INTRODUCERE

Sistemele automate de măsurare, control și dozare a apei dintr-un bazin au ca origine sistemele mecanice, de dimensiuni mari. Aceste sisteme mecanice îndeplineau toate sarcinile cu ajutorul operatorilor, comenzile nefiind digitalizate. Primele sisteme de măsurare, dozare și control aveau drept scop dezinfectarea lichidelor și suprafețelor, dar și rol în măsurarea cantității de lichid, prin calcularea volumului vasului sau prin umplerea bazinului până la un nivel marcat pe suprafața laterală. Odată cu descoperirile în domeniul medical și alimentar, FAO [1](Food and Agriculture Organization) împreună cu WHO [1](World Health Organization) au înțeles rolul dezinfectării suprafețelor contaminate cu agenți patogeni și au creat standardul alimentar CODEX [1]. Astfel aceste tipuri de sisteme au devenit esențiale în controlul calității apei potabile din instalațiile de apă, din domenii publice, industriale sau casnice. După apariția primelor componente electronice, au luat naștere procesele de automatizare. Sistemele automate sporesc performanțele producerii și consumului de lichide, prin eliminarea multor factori perturbatori, precum: determinări imprecise și/sau erori de utilizare ale operatorului, dozare imprecisă, citirea și interpretarea eronată a parametrilor chimici și organici, etc. Un exemplu bun, de utilizarea unui astfel de sistem, este mediul industrial, unde are loc îmbutelierea apei, a sucului sau a altor tipuri de lichide.

În această lucrare este prezentată prima fază de automatizarea unui ansamblu asemănător, și anume un sistem automat de măsurare și dozare a apei, sistem dedicat unui bazin deschis de apă, în particular a unui acvariu de uz rezidențial. Scopul unei astfel de aplicații este de a eficientiza procesele de control, măsurare și dozare a apei și în același timp de a crea o interfață cât mai ușor de utilizat pentru orice persoană, fără ca aceasta să înțeleagă neapărat procesul tehnic din spatele sistemului.

2. SISTEMUL AUTOMAT DE MONITORIZARE

În această secțiune sunt prezentate principalele elemente componente ale unui sistem de monitorizare și dozare a lichidului. Dintre acestea se disting: pompa de apă, diverse tipuri de senzori, sistemul cu microcontroler.

Există numeroase aplicații ale *pompelor de apă*, deoarece acestea sunt folosite în majoritatea aplicațiilor electrice, hidraulice și mecanice. Acestea sunt utilizate pentru uz comercial, industrial și au funcția principală de a transporta apă sau alte tipuri de lichide dintr-un punct în altul.

Sistemele automate pentru apă, sunt sisteme proiectate să funcționeze independent de utilizator, dar care pot fi comandate prin intermediul unei aplicații software, printr-un sistem de monitorizare sau printr-o aplicație. Ele sunt în principal folosite în aplicații industriale (îmbutelire) sau comerciale (piscină și spa), în general medii ce produc un profit mare, deoarece un astfel de sistem este destul de costisitor, prețul de cost variind în funcție de dimensiunile bazinului și de cerințele clientului. Alte aplicații includ filtrarea apei, purificarea sau dozarea, aplicații agricole (irigare programată) și industriale.

Din această categorie de aplicații, sistemele simple sunt acelea pentru purificarea apei [3], precum sistemul DEPOLOX 700 M[4] produs de Evoqua. Acesta este proiectat pentru măsurarea și controlul apei potabile în industria alimentară (apă minerală, sucuri, dozaj etc.). Sistemul este destul de exact și poate măsura maxim 6 parametrii (nivelul de clor/litru, pH-ul, potențialul de reducere al oxidării, conductivitate, temperatura și nivelul de clor total).

Un sistem foarte întâlnit în măsurarea și controlul lichidului dintr-un bazin (rezervor) de mari dimensiuni este DEPOLOX POOL E 700 P, sistem care dispune de: senzori de dozaj, un sistem de măsurare al pH-ului, senzori de măsurare a cantității de clor, electrozi și senzori pentru măsurarea conductivității și temperaturii pentru îndeplinirea standardelor CEDOX din domeniul alimentației publice [1][4]. Standardul impune atingerea anumitor parametrii pentru apă, indiferent de utilizarea acesteia. În cazul de față, sistemul are obligația de a doza cantitate de clor, de a verifica nivelul pH-ului și de a testa temperatura apei, și a celorlalți parametrii de importanță secundară.

Datorită prețului destul de ridicat al automatelor programabile, o opțiune foarte bună pentru aplicațiile industriale și domestice, o reprezintă plăcile de dezvoltare. Avantajul acestora este dat de microcontroler-ul plasat pe întregul circuit electronic. Cipul permite operații mult mai complexe decât un automat programabil, singurul dezavantaj fiind mediul de programare, care necesită cunoștințe avansate de programare. Pentru o aplicație de dimensiuni reduse se poate folosi o placă de dezvoltare de nivel mediu, cum sunt cele Arduino, deoarece nu este nevoie de o putere de procesare foarte mare.

În prezent, plăcile de dezvoltare sunt utilizate des în desfășurarea activității didactice, în special în cadrul universităților, pentru aplicații cu senzori, acestea pot fi utilizate și pentru realizarea dispozitivelor sau sistemelor, controlabile cu echipamente suplimentare (bluetooth, wi-fi, usb, ethernet, infraroșu, etc) [5]. Printre plăcile utilizate cel mai frecvent în aplicații didactice în inginerie electrică sunt de amintit familiile produse de Arduino, RaspberryPI, Texas Instruments, MicroChip. Placa Arduino [6] [7] a devenit cunoscută în jurul anului 2008 și a fost de la început comercializată ca fiind open-source, fapt ce a dus la dezvoltarea multor tipuri de echipamente și senzori compatibili [8]. Microcontrolerele de pe plăcile de Arduino, vin deja programate cu bootloader, acesta având rolul de a simplifica încărcarea programului de pe consolă, pe memoria flash a circuitului. Cunoștințele de programare sunt mai puțin necesare, iar suportul global pentru diverse tipuri de programe este răspândit, fapt ce determină o mai mare ușurință în utilizare, comparativ cu alte tipuri de microcontrolere.

Senzorii sunt dispozitive ce reacționează calitativ și/sau cantitativ, la stimuli din mediul exterior, senzorii înregistrează date atunci când proprietățile fizice sau chimice din mediu sunt în schimbare. Pentru înregistrarea mărimilor din exterior este nevoie de senzori conectați la placa de dezvoltare prin intermediul porturilor digitale sau analogice, după caz. Semnalul este folosit pentru efectuarea comenzilor sau pentru afișaj. Datorită accesului facil la informații și, mai ales, al prețului scăzut, s-au folosit senzori din familia Arduino, atât pentru înregistrarea valorilor digitale, cât și a celor analogice.

Debitmetrul YF-S201[9] este un dispozitiv ce înregistrează fluxul de apă ce curge prin instalație, el este montat atât la intrarea, cât și la ieșirea apei din instalație, este un dispozitiv bine capsulat, ce conține două componente magnetice, un magnet principal ce este încorporat într-una din paletelile debitmetrului, în timp ce magnetul secundar este fixat pe mijlocul părții inferioare a debitmetrului.

Semnalul este transmis la controler, iar regulatorul determină cantitatea de lichid ce trece prin debitmetru. Datele sistemului se actualizează o singură dată, la fiecare 2.5-3 secunde. Un singur impuls este echivalent cu 2.25ml, în cazul unei funcționări adecvate. Precizia senzorului este destul de bună, eroarea poate ajunge la 10%, pentru un sistem de scară mică se pot accepta astfel de erori deoarece nu avem nevoie de o citire foarte precisă. Pentru aplicații uzuale, controlul se face simplu, în buclă, cu un regulator cu structură fixă, iar pentru sisteme complexe de dozare se pot utiliza configurații complexe de reglare, tot cu structură fixă sau adaptive, bazate pe cerințele specifice aplicației și nivelului de precizie necesar.

Pentru determinarea debitului volumic folosim formula [10]:

$$Q = V_x \cdot A$$

unde Q - debitul total al apei prin conductă, V - viteza medie a debitului și A - aria secțiunii transversale a conductei.

Măsurătorile sunt făcute pe o suprafață plană, pentru a nu influența rezultatul final, orice poziționare în unghi adaugă sau scade din energia cinetică a lichidului, de asemenea vâscozitatea, densitatea și frecarea lichidului sunt factori majori în ceea ce privește determinarea rezultatului final. Putem menționa că alegerea furtunului ce introduce apa prin sistem este importantă. Furtunul are o dimensiune mai mare în comparație cu intrarea debitmetrului (12.5”), pentru ca apa să circule mai lent pe lungimea acestuia. Îmbinările dintre furtun și debitmetru au o dimensiune mai redusă, acest lucru implică o curgere mai rapidă printr-o secțiune mai mică, astfel folosindu-ne de dimensiunile instalației pentru a compensa potențialele erori, încetinim lichidul prin furtun deoarece la îmbinări va avea viteză mai ridicată.

Pentru a calcula volumul de apă din sistem folosim formula dată de producător [10]:

$$f_{\text{senzor}} = 7.5 \cdot Q \left[\frac{l}{m} \right] [Hz]$$

iar pentru a ajunge la valori standard de înregistrare, transformăm valoarea de l / min în l / h [10]:

- Frecvență senzor

$$= 7.5 \cdot Q \left[\frac{l}{m} \right] [Hz]$$

- Litri = Q timp scurs (secunde) / 60 (secunde/minute);

$$l = \frac{Q \cdot t [s]}{60}$$

unde t = timpul scurs [s]

- Litri = (Frecvență (Pulsuri/secundă) / 7.5) · timp (secunde) / 60;

$$l = \frac{f \left[\frac{\text{pulsuri}}{s} \right] \cdot t [s]}{7.5 \cdot 60}$$

- Litri = Pulsuri / (7.5 · 60);

$$l = \frac{\text{pulsuri}}{7.5 \cdot 60}$$

- Rată curgere

$$R_c = \frac{\text{pulsăția frecvenței} \cdot 60 [\text{min}]}{7.5 \cdot Q} [l/h]$$

Formula finală utilizată în cod este:

$$l_{ora} = \frac{f_{curgere} \cdot 60}{7.5}$$

$$R_c = \frac{\text{pulsatia frecvenței} \cdot 60 [\text{min}]}{7.5 \cdot Q} [l/h]$$

Alimentarea senzorului se face în curent continuu (15mA), la 5-18 V, el înregistrează până la 30 de litri/minut (1800 litri/oră), la o temperatură situată între -25°C - 80°C și o umiditate de 35-80% și o presiune maximă de 2 MPa [10].

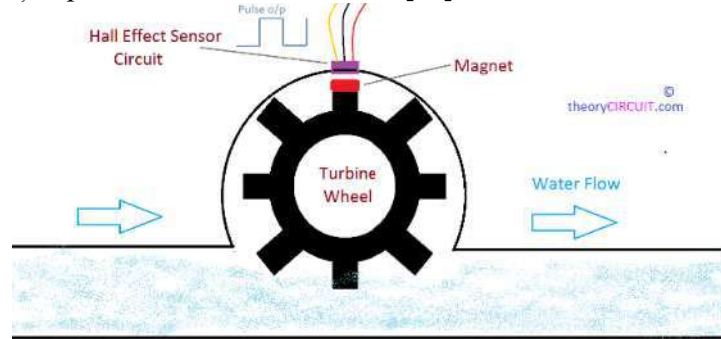


Fig. 1 Debitmetru YF-S201 [10]

3. SISTEMUL CU MICROCONTROLLER

La realizarea proiectului au fost utilizate două plăci de dezvoltare, o plăcuță Arduino Uno R3, utilizată în mare parte pentru sistemul de umplere, dar și pentru senzorii din interiorul bazinului, în timp ce a doua placă (Arduino Nano) este utilizată pentru instalația de iluminat, înregistrarea debitului de la ieșirea din bazin, dar și pentru afișaj.

Placa principală este un Arduino Uno [11], aceasta susține sistemul de alimentare al breadboardurilor de 830 de puncte, a debitmetrul principal (ce aduce apă în bazin), senzorul de nivel, senzorul de temperatură, precum și senzorul infraroșu ce preia comenzile pentru lumină, LED-ul RGB ce iluminează bazinul (comandat cu ajutorul unei telecomenzi), LED-urilor ce indică alimentarea lateralelor breadboard-urilor și nu în ultimul rând sistemul de alarmă în caz de supraîncălzire a sistemului (senzor flacără și buzzer). De asemenea, pot fi folosite pentru alte semnalizări, în funcție de aplicație (prezența salvamarilor, prezența unei concentrații pentru o anumită substanță peste un anumit prag, etc).

Legăturile plăcii cu dispozitivele s-au efectuat cu pinii digitali și analogici. Primul pin conectat este pinul digital 2, care preia datele de la debitmetrul principal, ce ulterior se transmit către microcontroler.

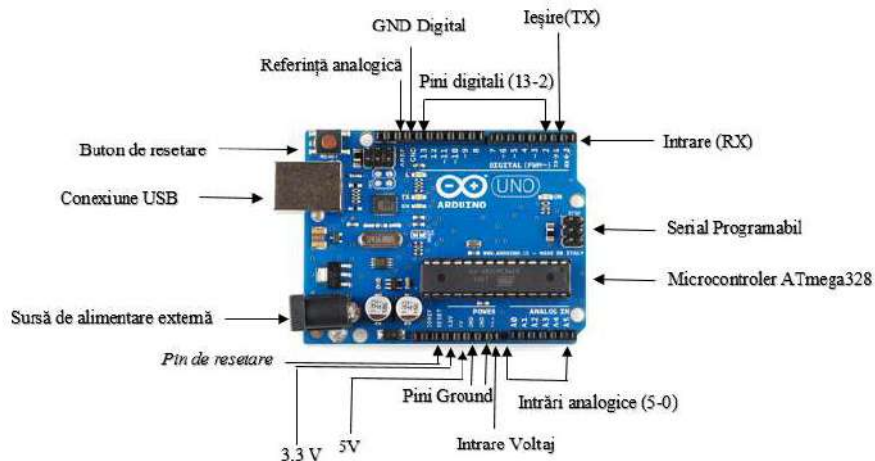


Fig.2 Placă de dezvoltare Arduino Uno R3 [6]

Pinii digitali 6, 8 și 10 sunt atribuiți LED-ului RGB pentru iluminarea bazinului (pinul 6 pentru culoarea verde, pinul 8 pentru culoarea albastră și pinul 10 pentru culoarea roșie). Comanda este dată de la placă, în momentul în care se apasă tasta corespunzătoare de pe telecomandă. Pinul digital 7 înregistrează valorile de la senzorul de temperatură DHT11 și transmite mai departe valorile în zecimale către placă [6].

Senzorul de infraroșu după ce primește informația de la telecomandă (sau alte sisteme externe) transmite datele prin intermediul pinului digital 11, sub formă de numere zecimale. Semnalul este prelucrat, în vederea stingerii sau aprinderii LED-urile RGB. În cazul senzorului de nivel, datele sunt transmise prin intermediul pinului analogic A0 și sunt prelucrate pentru afișaj în consolă.

Sistemul de alarmă, în cazul de suprasolicitare la încălzire, este conectat prin 2 pini: pinul analogic A4 care este conectat la senzorul de flacără și pinul digital 12 pentru buzzer. Senzorul de flacără are rolul de a detecta variațiile din mediu, transmițând datele sub format zecimală înapoi la placă. În cazul în care se înregistrează o valoare, peste limita admisă în sistem, vom transmite un semnal către pinul digital 12, pentru a activa buzzerul.

Placa secundară este un Arduino Nano [11] de generație veche, și are un procesor Atmel 328 [9] de primă generație. Alimentarea plăcii se face prin intermediul cablului de date. Legăturile plăcii sunt la pinii digitali 2, 7, 11.

Datorită numărului mare de senzori conectați la placa principală, am utilizat suplimentar această placă, pentru a avea un răspuns rapid. În cazul în care răspunsul nu era suficient de rapid LED-ul ce indică starea sistemului se aprindea și se stingea constant, atâta timp cât sistemul rula funcția bazată pe buclă infinită în foreground.

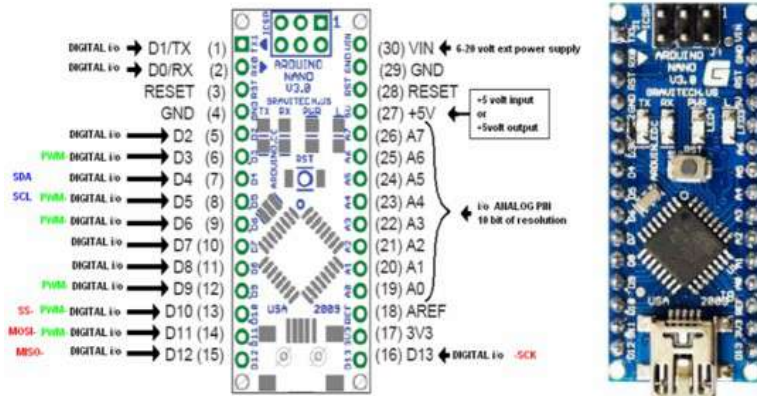


Fig.3 Pinii plăcii Arduino Nano [11]

4. APLICAȚIA SOFTWARE

Aplicația software joacă un rol esențial în dezvoltarea sistemului. La bază sistemul Arduino este un microcontroler care funcționează în general pe 8 biți, are 32 de kb de memorie flash, 1kbite EEPROM, 2kbiți SRAM și are un număr prestabilit de intrări și ieșiri. Toate aceste specificații hardware diferă în funcție de placă, dar în linii mari ele sunt utilizate sub forma de mai sus, excepție făcând Arduino Mega și Nano [12]. Principal toate sistemele bazate pe aplicații integrate funcționează similar, diferențele fiind bazate pe cerințele specifice aplicației.

Pentru a face sistemul să funcționeze, încercăm secvențial, folosind protocoale de comunicație specifice pe plăcuțele Arduino Uno R3 și Arduino Nano programele specifice din mediul de dezvoltare Arduino IDE, dezvoltate în C++ sau alte medii de dezvoltare compatibile.

Arduino oferă un mediu integrat de dezvoltare (IDE), care include un set de librării standard, dar și librării suplimentare adaptabile.

Primele 4 linii din cod sunt puse la dispoziție pentru sistemul de alarmă, linia 2 are legătură cu pinul de intrare al sensorului de flacără (analog A4), următoarea linie face legătura cu valoarea citită de senzor, care este ulterior folosită la pornirea alarmei. Cea de-a patra linie face conexiune cu pinul de ieșire pentru buzzer (digital 12).

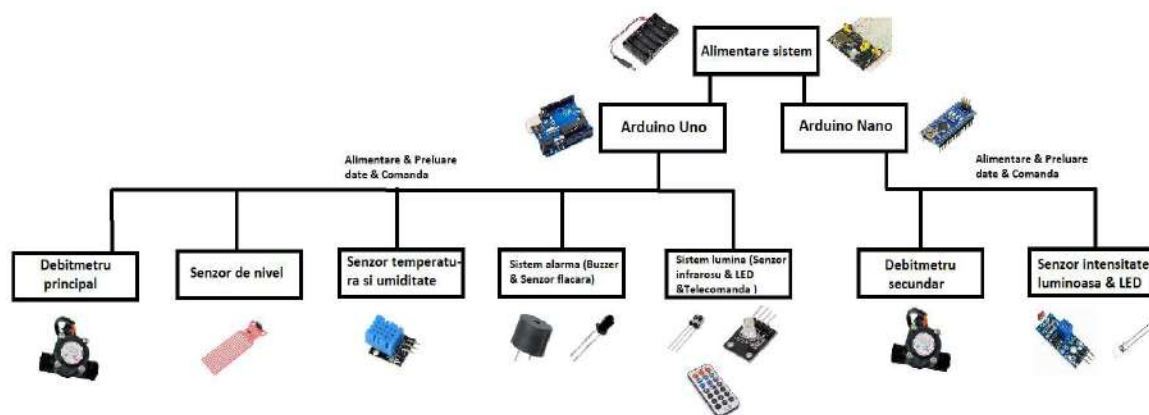


Fig. 4 Schemă aplicație software [13]

În continuare se va iniția biblioteca senzorului, a telecomenzii cu infraroșu, a pinilor LED-ului RGB și a pinul senzorului infraroșu. Pentru a putea citi instrucțiunile primite de la telecomandă, definim valorile zecimale corespunzătoare fiecărei taste apăsată.

Pentru ca valorile primite de diodă să poată fi traduse din semnal electric în semnal de tip zecimal avem nevoie de 2 librării, deasemenea avem nevoie de librării și pentru senzorul de temperatură. Pentru utilizarea senzorului de nivel este nevoie de inițierea pinilor de intrare/ieșire folosiți de acesta, dar și de o funcție ce să calculeze debitul apei.

Prima instrucțiune a funcției void setup() este cea de inițiere a monitorului serial, monitorul ales este 19200, altul decât al plăcuței Arduino Nano, pentru a vizualiza simultan datele. În continuare vom seta pinii de ieșire ai senzorilor, pinii sistemului de comandă prin infraroșu, dar și pinii LED-ului RGB, după care vom iniția și seta parametrilor debitmetrului.

Restul codului se află în cadrul instrucțiunii void loop(). Dorim ca datele citite de senzori să se actualizeze. Începând cu linia 67 de cod, până la linia 165 avem instrucțiuni pentru telecomandă. Folosind cazuri pentru fiecare tastă apăsată, avem funcționale și ieșirile pentru fiecare tip de LED. După compararea valorii primite din telecomandă, cu cea din cod (linia 68 de cod), alegem unul dintre cazuri. Prima funcție, reprezintă cazul în care se apasă tasta 0, tasta are o valoare zecimală egală cu 16738455. Pentru cazul în care lumina este aprinsă, vom stinge LED-urile prin setarea pinilor 10, 6 și 8 la valoarea 0 (liniile 71-81), în caz contrar pinii 10, 6 și 8 vor fi setați la valoarea de 255 (liniile de cod 82-89).

Apăsare tastei 0 va aprinde 3 LED-uri pentru a da culoarea alb. Dacă nicio condiție nu este îndeplinită și se ține apăsat pe tastă, se va transmite codul 4294967295. Acesta ar fi blocat funcția loop() într-o instrucțiune ce rulează la infinit. Soluția este scrisă în liniile de cod 90-92, în cazul în care se ține apăsat, se va ignora instrucțiunea și se va trece la următoarea comandă.

Asemănător luminii de culoare albă am setat și tastele 1, 2 și 3 pentru anumite culori. După indicele de apă din bazin, s-au setat trei nivele ale apei și în funcție de intervalele zecimale înregistrate vom afișa nivelul de apă din bazin. Pentru intervalul 100.1-134.9 avem un „NIVEL SCĂZUT”, pentru intervalul 135-159.9 avem „NIVEL MEDIU”, iar pentru valori mai mari de 160 avem „NIVEL RIDICAT”.

În prima parte a codului pentru placa de dezvoltare secundară se înregistrează variabile pentru a putea calcula și citi valorile, astfel declarându-se variabile de diverse tipuri (int, char, long) în funcție de necesități [14]. Pentru a citi valorile înregistrate de modulul senzorului de intensitate luminoasă folosim pinul digital 2 și îl declarăm în linia 4 de cod, iar după aceea se va înregistra fluxul de curgere.

Se declară parametrii de intrare ai debitmetrului și se setează ceasul (necesar pentru înregistrarea debitului în timp). În continuare, avem funcția ce calculează și printează debitul în l/oră, cu ajutorul parametrilor: timp_curent, l_oră, frecvență_curgere (pentru calcul) și Serial.print (pentru afișaj). Funcția delay(200) întârzie ciclul buclei cu 200 de ms.

5. REALIZAREA EXPERIMENTALĂ

Cu ajutorul firelor Dupont am conectat senzorii împreună cu un debitmetru și instalația de iluminat la Arduino Uno R3, prin intermediul breadboard-urilor de 830 puncte. În timp ce la plăcuța Arduino Nano am conectat un debitmetru și modulul senzorului de intensitate luminoasă cu ajutorul firelor Dupont prin intermediul unui breadboard de 400 de puncte. Breadboard-urile folosite în cadrul proiectului se utilizează pentru a construi mai ușor și rapid circuitul sistemului automat. Am folosit două tipuri de breadboard-uri, respectiv de 830 și 400 de puncte pentru a evita cositorirea senzorilor cu firelor și implicit cu plăcuțele de dezvoltare.

Alimentarea instalației de lumină se face de la o sursă de 5V(3A), în timp ce alimentarea sistemului se face de la un ansamblu de șase baterii amplasate în serie conectat printr-o punte situată pe breadboard-ul de 400 de puncte, acesta furnizează până la 9V.



Fig. 5 a) Schema sistemului

b) Sursele de alimentare

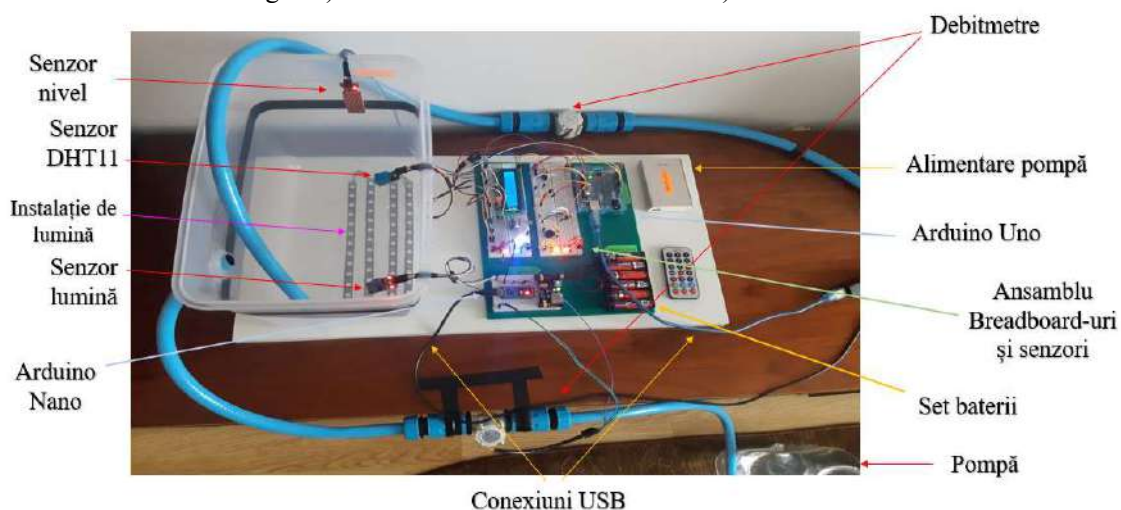


Fig. 6 Macheta experimentală a sistemului de măsurare, control și dozare a apei [14]

Macheta experimentală a fost realizată pe un placaj. Pentru realizarea sistemului de curgere al apei am folosit diferite elemente: furtun, elemente de îmbinare (doze), placă sticlotextolit și de lemn (pentru susținere), bazin apă, rezervor de apă. Pentru umplerea bazinului cu apă am folosit o pompă submersibilă (debit de 100 l/oră) alimentată de la 12V dintr-o baterie externă (prin intermediul unui cablu USB). Pompa este conectată la una din dozele furtunului, și este scufundată într-un rezervor de apă. Deconectarea pompei se realizează cu ajutorul unui senzorului de nivel în momentul în care nivelul optim de apă este atins. De asemenea, pentru a măsura constant debitul de apă am folosit două debitmetre, conectate prin doze la furtun și ulterior la bazin. Debitmetrul principal este conectat între pompă și bazinul principal și este alimentat de la placa Arduino Uno R3 prin intermediul breadboard-ului, iar prin conectarea pinului digital 2, se vor achiziționa date și se va afișa debitul volumic de curgere la pompă în l/oră la fiecare două secunde. Afișajul se va face în consola calculatorului, datorită ușurinței în citire.

Al doilea debitmetru este conectat la placuță Arduino Nano și de la acesta se va afișa debitul volumic de lichid evacuat din bazin, pe un alt ecran LCD situat pe breadboard-ul de 830 de puncte sau pe un monitorul serial, în cazul în care aceasta este conectată la calculator. Debitmetrul este conectat la pinul digital 2.

Pentru a măsura nivelul apei din bazin se folosește un senzor de nivel, acesta este obținut printr-o serie de fire amplasate în paralel, expuse (ele sunt fără izolație pentru a măsura nivelul apei, mai precis pentru înregistrarea dimensiunii picăturilor). Alimentarea acestui senzor este realizată la o tensiune de 5V și se face de la placa Arduino Uno R3 prin intermediul breadboard-ului, datele înregistrate sunt preluate de placa Arduino prin intermediul intrării analogice A0.

Senzorul de temperatură este amplasat aproape de suprafața apei, înregistrând temperatura în grade Celsius (°C). Deși acuratețea senzorului DHT11 este mai scăzută decât cea a lui DHT22, am ales să folosim acest senzor datorită faptului că, nu este necesară o citire foarte precisă, în timp real. Datele înregistrate sunt afișate pe monitorul serial de pe calculator.

Pentru a vedea dacă avem suficientă lumină în bazin folosim un senzor de măsurarea a intensității luminoase. Senzorul măsoară intensitatea luminoasă și transmite datele plăcii Arduino Nano, în scopul procesării, afișării și aprinderii indicatorului luminos de culoare albă, de pe breadboard-ul de 830. Pentru o bună funcționare a sistemului avem în vedere și o mică instalație de incendiu, formată dintr-un senzor de flacără și un buzzer. Am ales să includem și un astfel de sistem în eventualitatea în care, breadboard-urile și senzorii se supraîncălzesc (datorită firelor suprapuse, într-un spațiu relativ compact).

În mod ideal, întreaga machetă poate fi capsulată și poziționată lângă sistem sau comandată de la distanță, pentru a o face cât mai rezistentă la mediul coroziv al lichidelor. De asemenea, atât senzorii, cât și materialele fizice folosite, pot fi înlocuite cu unele de o calitate superioară din punct de vedere al rezistenței mecanice și/sau electrice. Pentru un sistem mai fiabil, se poate utiliza un automat programabil, deoarece acesta are o rezistență mult mai mare la coroziune, decât o placă de dezvoltare care este expusă, dezavantajul automatului în cazul de față fiind prețul. Macheta a fost dezvoltată, în acest mod deoarece pentru a atinge scopul didactic al dezvoltării și utilizării ei studenții trebuie să aibă acces atât la componentele fizice cât și la codul utilizat pentru implementarea funcționalităților și trebuie să le poată modifica în funcție de noi cerințe și restricții.

6. CONCLUZII

Un sistem de măsurare, control și dozare a apei dintr-un bazin este absolut necesar în efectuarea activităților industriale specifice, dar și pentru diverse aplicații rezidențiale

(acvarii, piscine, etc). Un asemenea sistem poate fi implementat pentru aplicații diverse cum ar fi: sistem de irigații, piscine inteligente, sisteme de combinare a lichidelor, iar complexitatea acestuia diferă în funcție de cerințele utilizatorului.

În această lucrare este prezentat un sistem de măsurare, control și dozare a apei realizat cu elemente disponibile comercial, cu cost redus și microcontrolere specifice plăcilor de dezvoltate. Realizarea experimentală este complet funcțională și va fi dezvoltată cu funcționalități suplimentare în următoarea etapă de lucru. Realizarea acestei machete a avut scop didactic și dezvoltarea ei ulterioară face, de asemenea, parte dintr-un proces de învățare-asimilare specific universităților tehnice.

MULȚUMIRI

Această lucrare a fost realizată cu sprijinul Operational Programme Human Capital of the Ministry of European Funds through the Financial Agreement “Developing the entrepreneurial skills of the PhD students and postdoctoral students - key to career success (A-Succes)” ca parte a contractului nr. 51675/09.07.2019 POCU/380/6/13, SMIS code 125125

BIBLIOGRAFIE

- [1] FAO Information Division, The Codex system: FAO, WHO and the Codex Alimentarius Commission, disponibil la <http://www.fao.org/3/w9114e/W9114e04.htm>
- [2] Dumitru Dinu, Mașini hidraulice și pneumatice utilizate în domeniul naval, Editura Nautica, 2019, Constanța, ISBN 978-606-681-112-5
- [3] N. D. Mehendale, O. A. Sharma, S. A. Shah and S. L. Vishwakarma, "Metropolitan water tank pollution monitoring and purification using PID control," 2016 International Conference on Communication and Signal Processing (ICCSP), Melmaruvathur, 2016, pp. 0212-0214, doi: 10.1109/ICCSP.2016.7754124.
- [4] Evoqua disponibil la <https://www.evoqua.com/en/evoqua/products--services/>
- [5] Arduino, Ghid și specificații tehnice, disponibil la <https://www.arduino.cc/>
- [6] A. Nayyar and V. Puri, "A review of Arduino board's, Lilypad's & Arduino shields," 2016 3rd International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom), New Delhi, 2016, pp. 1485-1492.
- [7] Intellicom, The difference between Internet, Ethernet, Wi-Fi, Bluetooth, and Cellular, disponibil la <https://intelliconn.com/images/pdfs/Wireless-101.pdf>
- [8] Atmel, ATmega328P, Ghid și specificații tehnice, disponibil la http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-7810-Automotive-Microcontrollers-ATmega328P_Datasheet.pdf
- [9] G. C. Sârbu, "Modern water flowmeters: Oscillating flowmeters," 2016 International Conference and Exposition on Electrical and Power Engineering (EPE), Iasi, 2016, pp. 587-591, doi: 10.1109/ICEPE.2016.7781408.
- [10] Cum să realizezi un debitmetru utilizând Arduino, disponibil la <https://uwearduino.wordpress.com/2018/04/17/smart-kettle-blog-2-water-flow-sensor/>
- [11] Arduino Nano, Ghid și specificații tehnice, disponibil la <https://www.arduino.cc/en/Guide/ArduinoNano>
- [12] Arduino, Compare board specifications, disponibil la <https://www.arduino.cc/en/products/compare>
- [13] Bogdan Smarand, Sistem automat de măsurare, control și dozare a apei dintr-un bazin, Lucrare de licență, UPB, Facultatea de Inginerie Electrică, București, iunie 2020, București
- [14] Arduino, Language Reference, disponibil la <https://www.arduino.cc/reference/en/#variables>