

**Conferința Națională Multidisciplinară
„PROFESORUL ION D. LĂZĂRESCU
FONDATORUL ȘCOLII ROMÂNEȘTI
DE TEORIA AȘCHIERII”
Ediția a VIII-a
Cugir, 13 decembrie 2024**

CONTRIBUȚII PRIVIND REALIZAREA UNUI SISTEM AUTOMAT DE IRIGAȚIE ȘI MONITORIZAREA ACESTUIA DE LA DISTANȚĂ

Alin Ionuț APOPI, Ioan Aurel CHERECHEȘ

CONTRIBUTIONS REGARDING THE REALIZATION OF AN AUTOMATIC IRRIGATION SYSTEM AND REMOTE MONITORING

Abstract: This paper presents the development of an automated irrigation system with a focus on optimizing water use and increasing crop yield. In the first part, the operating principles of different irrigation systems are presented, emphasizing the importance of monitoring soil parameters such as humidity, temperature and electrical conductivity. The central part of the paper details the design and implementation of the automated system, which uses sensors, an Arduino board and a communication module to collect soil data and control irrigation according to needs. In conclusion, the paper demonstrates the functionality and sustainability of such a system, underlining its potential to improve agricultural practices. Future research directions, such as the integration of automatic fertilization and the expansion of monitoring capabilities, are also presented.

Keywords: automated irrigation, sensors, Arduino, remote monitoring, water efficiency, precision agriculture

Cuvinte cheie: irigație automatizată, senzori, Arduino, monitorizare de la distanță, eficiență a apei, agricultură de precizie.

1. Considerații generale

Optimizarea irigațiilor în agricultură prin implementarea sistemelor de precizie reprezintă o abordare modernă și eficientă pentru gestionarea resurselor de apă. Prin utilizarea tehnologiilor avansate, precum senzori, sisteme de control și software specializat, fermierii pot monitoriza în timp real starea solului și a plantelor, ajustând astfel cantitatea și frecvența de irigare în funcție de nevoile specifice ale culturilor [1]. Această abordare, cunoscută sub numele de irigare de precizie, oferă o serie de avantaje semnificative, inclusiv reducerea consumului de apă, optimizarea utilizării fertilizanților, creșterea randamentelor și îmbunătățirea calității produselor agricole.

Irigarea de precizie se bazează pe colectarea și analiza datelor privind umiditatea solului, temperatura, conductivitatea electrică și alți parametri relevanți. Informațiile obținute sunt utilizate pentru a crea hărți de umiditate și fertilizare, care permit identificarea zonelor cu nevoi diferite de apă și nutrienți. Pe baza acestor date, sistemele de control pot ajusta în mod automat debitul de apă și distribuția fertilizanților, asigurând o aprovizionare optimă a plantelor.

Implementarea sistemelor de irigare de precizie necesită investiții inițiale semnificative, dar beneficiile pe termen lung pot depăși cu mult costurile. Prin reducerea consumului de apă și a utilizării de îngrășăminte, fermierii pot obține economii semnificative și pot contribui la protejarea mediului.

În privința impactului asupra mediului trebuie subliniate câteva aspecte precum: reducerea consumului de apă care se realizează prin aplicarea apei doar atunci când și unde este necesar, irigarea de precizie reduce semnificativ pierderile prin evaporare și scurgeri, contribuind la conservarea acestei resurse limitate; protejarea calității apei care se realizează prin reducerea utilizării de îngrășăminte și pesticide, irigarea de precizie contribuie la diminuarea poluării apelor subterane și de suprafață; conservarea solului care se realizează printr-o gestionare optimă a apei reduce eroziunea solului și îmbunătățește structura acestuia; și nu în ultimul rând reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră realizată prin optimizarea utilizării energiei și a combustibililor fosili, irigarea de precizie contribuie la reducerea amprentei de carbon.

Cu toate acestea, există și o serie de provocări care trebuie depășite, cum ar fi costurile ridicate ale tehnologiilor, complexitatea sistemelor și necesitatea unei pregătiri adecvate a personalului. În ciuda acestor obstacole, viitorul agriculturii este strâns legat de dezvoltarea și implementarea sistemelor de irigare de precizie. Prin adoptarea acestor

tehnologii, fermierii pot face față provocărilor schimbărilor climatice și pot asigura o producție alimentară durabilă pentru generațiile viitoare.

Pentru a promova adoptarea pe scară largă a irigațiilor de precizie, sunt necesare politici și strategii care să susțină această tehnologie, dintre care amintim: subvenții și stimulente financiare pentru achiziționarea de echipamente și tehnologii de irigare de precizie; organizarea de cursuri și seminarii pentru a informa fermierii despre beneficiile și modul de implementare a acestor sisteme; parteneriate public-private prin colaborarea între guverne, universități, companii și organizații nonguvernamentale pentru dezvoltarea și implementarea de soluții inovatoare; și nu în ultimul rând prin crearea unui cadru legal care să încurajeze adoptarea de practici agricole sustenabile și să ofere stimulente pentru investiții în tehnologii moderne.

2. Metode și instrumentele folosite

2.1 Parametri critici în monitorizarea și controlul unui sistem automat de irigație

Monitorizarea și controlul parametrilor solului reprezintă o componentă esențială pentru optimizarea proceselor agricole, în special în ceea ce privește irigarea. Prin măsurarea și analiza unor indicatori specifici, se poate obține o imagine detaliată a stării solului și se pot lua decizii informate privind aplicarea apei și a îngrășămintelor.

Parametrii cheie monitorizați includ:

- **Umiditatea solului:** Determină disponibilitatea apei pentru plante și influențează procesele biologice din sol.
- **Temperatura solului:** Afectează ratele de reacție ale proceselor biologice și chimice, precum și germinarea semințelor.
- **Conductivitatea electrică:** Indică salinitatea solului și poate oferi informații despre conținutul de nutrienți.
- **pH-ul solului:** Influențează disponibilitatea nutrienților pentru plante și activitatea microbiană.
- **Nutrienți (azot, fosfor, potasiu):** Sunt esențiali pentru creșterea și dezvoltarea plantelor.

2.2 Componente utilizate

În continuare vor fi prezentate, succint, componentele hardware utilizate pentru realizarea acestui proiect:

Placa de dezvoltare Arduino ESP32-WROOM-32 (figura 1)- este un microcontroler versatil și puternic, care oferă conectivitate Wi-Fi și Bluetooth pentru dispozitivele IoT (Internet of Things). Este echipat cu un procesor dual-core care poate asigura o putere de calcul ridicată pentru gestionarea a mai multor sarcini simultan, cum ar fi: pornirea pompei de apă, transmiterea datelor unui site web, citirea și interpretarea datelor de la senzor, alimentarea senzorului, alimentarea modulului MAX 485, alimentarea releului.



Fig. 1. Placa de dezvoltare ESP32 [2]

Senzor multifuncțional pentru măsurarea diferiților parametri ai solului - permite măsurarea simultană a mai multor parametri esențiali ai solului, inclusiv umiditatea, temperatura, conductivitatea electrică, pH-ul și nivelurile de azot (N), fosfor (P) și potasiu (K). Aceste măsurători oferă o imagine completă a stării solului, permițând o monitorizare și gestionare mai precisă a irigației și fertilizării. Astfel, deciziile pot fi luate pe baza unei înțelegeri detaliate a tuturor factorilor care influențează sănătatea plantelor și productivitatea culturilor. Deși costul inițial al unui senzor multifuncțional este mai mare, beneficiile pe termen lung în ceea ce privește eficiența resurselor și optimizarea producției pot compensa investiția inițială. Monitorizarea precisă și în timp real a mai multor parametri permite ajustări rapide și eficiente, reducând risipa de apă și de fertilizanți, și prevenind pierderile cauzate de condiții suboptimale ale solului.



Fig. 2. Senzorul multifuncțional [3]

Parametri de măsurare pentru fiecare caracteristică a solului sunt prezentați în tabelul 1.

Tabelul 1

Caracteristica solului	Domeniul de măsurare	Precizie	Timp de răspuns
Temperatură	-40°C-80°C	±0,5°C (la 25°C)	≤15s
Umiditate	0-100%RH	3% interval 0-50% 5% interval 50-100%	≤4s
Conductivitate (EC)	0-20000 us/cm	±3% interval 0-10000	≤1s
PH	3-9	±0,3 PH	≤10s
Azot	1-2999 mg/kg (mg/L)	±3%	≤1s
Fosfor	1-2999 mg/kg (mg/L)	±3%	≤1s
Potasiu	1-2999 mg/kg (mg/L)	±3%	≤1s

Modulul MAX485 - RS-485 (figura 3) este o interfață foarte fiabilă, permițând comunicarea prin cabluri lungi care pot ajunge până la sute de metri cu dispozitive situate departe unul de celălalt. RS-485 este o magistrală de comunicație serială asincronă care este standardizată ca TIA-485(-A) sau EIA-485. RS aici înseamnă „Standard recomandat”, care este un set de standarde de interfață de comunicație păstrate de Electronic Industries Alliance.

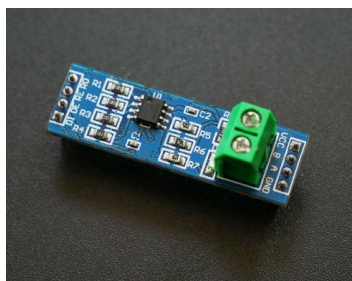


Fig. 3. Modulul MAX485 [4]

Pompa de apă utilizată este prezentată în figura 4. Sistemul a fost proiectat cu interfețe standardizate și configurabile, care permit integrarea ușoară și eficientă a oricărui tip de pompă de apă. Pentru acest proiect s-a ales varianta dezvoltării sistemului de irigare în unul mai

complex, cu ajutorul căruia se poate realiza și distribuția nutrienților dizolvați în apă – fertilizare.



Fig. 4. Pompa de apă utilizată [5]

Modulul releu este un mecanism electric utilizat în proiectele de automatizare la circuitele de mare putere folosind un semnal de control de joasă tensiune de la 0V la 5V. Când semnalul este 0V releul este inactiv, iar când semnalul este 5V, releul este activ. Modulul utilizat este prezentat în figura 5.



Fig. 5. Modulul releu [6]

Modul de reglare a tensiunii - Acest modul de reglare a tensiunii este un dispozitiv extrem de util în diverse proiecte electronice, oferind posibilitatea de a ajusta și afișa tensiunea de ieșire într-un mod convenabil. Conectorul USB Type-A permite alimentarea modului de la o sursă de alimentare USB, fiind disponibil și un conector micro USB ca alternativă. Reglarea tensiunii de ieșire se face prin intermediul unui potentiometru, care, prin rotire, permite ajustarea precisă a valorii tensiunii afișate pe display-ul digital.

2.3 Schema sistemului

Microcontrolerul ESP32 este responsabil pentru colectarea datelor de la senzori și controlul pompei de apă. Alimentat prin portul USB, ESP32 are pini GPIO conectați la diverse componente. Pini GPIO 16 și 17 (RX și TX) sunt folosiți pentru comunicarea serială cu senzorii,

GPIO 18 și 19 sunt utilizați pentru controlul pinii DE și RE pentru comunicarea Modbus, iar GPIO 4 este utilizat pentru controlul releului, asigurând astfel funcționarea întregului sistem.

Vederea de ansamblu asupra schemei de conectare a componentelor sistemului este prezentată în figura 6.

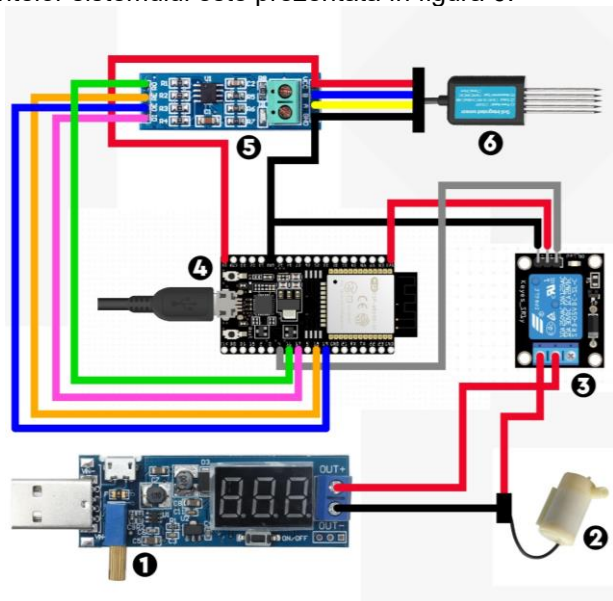


Fig. 6. Schema legăturilor - 1.Modul de reglare a tensiunii 2.Pompă
3.Modul releu 4.Placa de dezvoltare Arduino ESP32-WROOM-32
5.Modul MAX485 6.Senzor de măsurare

2.4 Componenta software

Scrierea, compilarea și încărcarea codului necesar funcționării machetei micro-serei, pe placa de dezvoltare Arduino, s-a realizat prin utilizarea Arduino Integrated Development Environment (IDE) care este un software open-source.

Codul Arduino controlează o machetă experimentală, personalizată în mod expres pentru acest gen de aplicație, cu multiple funcții, incluzând monitorizarea temperaturii din aer și sol, umidității atmosferice și din sol, nivelului pH-ului soluției utilizate, controlul unei matrice LED RGB și a atomizorului.

În vederea realizării unui cod eficient și suplu, s-au utilizat diferite biblioteci specifice, astfel încât timpul necesar realizării codului a fost mult mai redus iar erorile de codare au fost reduse.

În figura 3 este prezentat un fragment din cod, din secțiunea responsabilă cu testarea senzorului pH și obținerea feedback-ului senzorului prin intermediul monitorului serial al Arduino.

```
#define SensorPin A0 //pH meter Analog output to Arduino Analog Input 0
#define Offset 0.00 //deviation compensate
#define LED 13
#define samplingInterval 20
#define printInterval 800
#define ArrayLenth 40 //times of collection
int pHArray[ArrayLenth]; //Store the average value of the sensor feedback
int pHArrayIndex=0;
void setup(void)
{
  pinMode(LED,OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("pH meter experiment!"); //Test the serial monitor
}
void loop(void)
{
  static unsigned long samplingTime = millis();
  static unsigned long printTime = millis();
  static float pHValue,voltage;
  if(millis()-samplingTime > samplingInterval)
  {
    pHArray[pHArrayIndex++]=analogRead(SensorPin);
    if(pHArrayIndex==ArrayLenth)pHArrayIndex=0;
    voltage = avergearray(pHArray, ArrayLenth)*5.0/1024;
```

Fig. 3. Fragment cod utilizat la testarea senzorului pH

3. Rezultate și discuții

Prin proiectarea și realizarea acestui sistem automat de irigare (figura 7), s-a creat un mediu controlat și eficient pentru cultura de răsaduri. Senzorul multifuncțional oferă informații care permit monitorizarea și controlul factorilor de mediu, asigurând astfel condiții optime pentru creșterea sănătoasă și uniformă a plantelor.

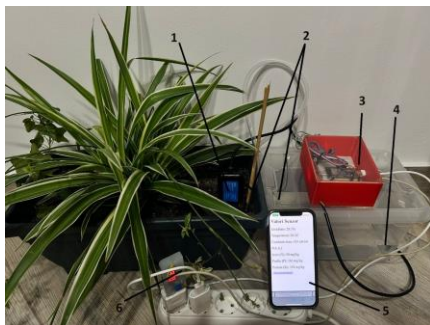


Fig. 7. Sistemul de irigare – 1. Senzorul multifuncțional, 2. Pompa de apă, 3. componente hardware (microcontroler și alte module), 4. Rezervor de apă, 5. Interfața de afișare a datelor, 6. Sursa de alimentare

Scopul principal al acestui proiect a fost dezvoltarea unui sistem de irigare automatizat, la scară redusă, capabil să monitorizeze și să controleze în timp real parametrii solului, asigurând astfel condiții optime pentru creșterea plantelor. Sistemul a fost conceput pentru a demonstra fezabilitatea și eficiența utilizării tehnologiilor IoT în agricultură.

Soluția prezentată în prezenta lucrare, are la bază componente cu preț foarte scăzut care, în cazul de față, au generat costuri mai mici de 350 de lei.

Chiar dacă elementele componente implementate în acest sistem sunt soluții ieftine, dacă sunt corect puse în valoare și exploatate corespunzător, pot genera rezultatele așteptate.

4. Concluzii

Automatizarea irigației în agricultură oferă beneficii semnificative, inclusiv utilizarea eficientă a resurselor de apă, reducerea costurilor de operare și îmbunătățirea randamentului culturilor.

Investiția totală pentru realizarea acestui sistem automat de irigație și monitorizare a solului este redusă (sub 350 de lei), fiind justificată de beneficiile pe termen lung în ceea ce privește eficiența utilizării resurselor, creșterea randamentului culturilor și reducerea costurilor operaționale. Desigur, utilizarea unui asemenea sistem la o scară mai mare și utilizarea unor senzori mai performanți, poate genera costuri semnificativ mai mari.

O limitare a acestui studiu este dimensiunea redusă a sistemului. Cercetări viitoare ar trebui să se concentreze pe scalarea sistemului pentru a putea fi utilizat în ferme de dimensiuni mari. De asemenea, integrarea cu alte tehnologii precum inteligența artificială ar putea permite optimizarea și mai precisă a proceselor de irigare.

direcțiile viitoare de dezvoltare vor continua să îmbunătățească eficiența și funcționalitatea sistemului.

Implementarea pe scară largă a sistemelor de irigare de precizie ar putea revoluționa agricultura, contribuind la o utilizare mai eficientă a resurselor, la reducerea impactului asupra mediului și la asigurarea securității alimentare.

BIBLIOGRAFIE

1. <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:001201508600001>
2. <https://docs.arduino.cc/>
3. <https://www.aliexpress.com/item/1005005697940574.html>
4. <https://www.optimusdigital.ro/ro/interfata-altele/12592-modul-convector-max485-ttl-la-rs485.html?srsId=AfmBOooj8zJTK4LqEEHu44khCBtAYK1WqB5WYb3yIwuUUeb21943MXJA>
5. <https://cleste.ro/pompa-de-apa-3-6v.html>
6. https://www.sigmanortec.ro/Modul-releu-5V-comanda-High-Level-p158739003?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwj4K5BhDYARIsAD1Ly2pKQpvL5CUXhkUrKD5rxgUQaijsZZOhPCH77n453YC9_4cZVgH2WPQaAvoXEALw_wcB

Ing. Alin Ionuț APOPI

Departamentul de Autovehicule Rutiere și Transporturi,
Facultatea de Autovehicule Rutiere, Mecatronică și Mecanică,
Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca

Conf.Dr.Ing. Ioan Aurel CHERECHES

Departamentul de Autovehicule Rutiere și Transporturi,
Facultatea de Autovehicule Rutiere, Mecatronică și Mecanică,
Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca

Editor și Webmaster @ www.stiintasiinginerie.ro
membru AGIR

e-mail: aurel.chereches@auto.utcluj.ro