

Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați

Școala Doctorală de Inginerie



REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

CERCETĂRI PRIVIND ELABORAREA DE SOFTWARE SPECIALIZAT ÎN PROIECTAREA AMENAJĂRILOR PISCICOLE

Doctorand,

ing. ENACHE Ciprian-Mugurel

Conducător științific,

Prof. Dr. Ing. CRISTEA Victor

Seria I 4 Nr. 38

GALAȚI

2016

Cel mai probabil, rezultatele obținute prin cercetările efectuate în cadrul acestei teze de doctorat, nu ar fi avut niciodată o finalitate și puse pe hârtie dacă nu ar fi existat un Om, înainte de toate, care m-a încurajat întotdeauna în tot ceea ce am făcut, profesional și științific, un Om care a fost alături de mine în tot ceea ce am realizat, chiar și atunci când totul mi se părea fără ieșire și care mi-a îndrumat pașii pe drumul corect al dezvoltării unor idei de calitate. Țin să mulțumesc și pe această cale Omului, Prof. Dr. Ing. Victor Cristea.

Niciodată, nu se vor șterge din amintirile mele, ecourile îndemnurilor „Tinerete, hai!” pe care domnul Rector, Prof. Dr. Ing. Gabriel-Iulian Bârsan mi le adresa, de fiecare dată când mă vedea pe holurile Universității. Îi mulțumesc încă o dată și de fiecare dată, când va fi greu, mă vor mobiliza aceste cuvinte.

Chiar dacă timpul, ca unitate de măsură, nu a fost întotdeauna de partea mea, întotdeauna am găsit înțelegere din partea domnului Prof. Dr. Fiz. Adrian Cîrciumaru care m-a sprijinit atunci când lucrurile aveau o întorsătură neașteptată și îi mulțumesc pentru tot sprijinul oferit.

Cuvintele vor fi de prisos în a mulțumi doamnelor Conf. Dr. Ing. Iulia Grecu și Conf. Dr. Ing. Lorena Dediu pentru faptul că au acceptat invitația de a participa ca membri în comisia de îndrumare a acestei teze.

De asemenea, țin să mulțumesc din suflet membrilor comisiei de susținere publică a acestei teze, președinte Prof. Dr. Ing. Petru Alexe, Prof. Dr. Ing. Neculai Patriche, Cercet. Șt. Gr I. Dr. Ing. Mioara Costache și Prof. Dr. Fiz. Adrian Cîrciumaru.

Cu adâncă recunoștință, îndrept mulțumirile mele tuturor colegilor mei din cadrul departamentelor de Acvacultură, Știința Mediului și Cadastru și Științe Generale, cu precădere către Ș.L. Dr. Ing. Marius Bodor, Ș.L. Dr. Ing. Claudia Ungureanu, Dr. Ing. Marian Tiberiu Coadă, Dr. Ing. Ștefan Mihai Petre care au fost alături de mine cu sfaturi și îndemnuri de a continua activitatea.

Mulțumesc familiei mele și, în special, părinților mei care m-au iertat și m-au înțeles pentru toate acele zile în care nu am reușit să ajung să-i vizitez, fiind prins în activitățile de cercetare aferente acestor lucrări.

Nu în ultimul rând, țin să mulțumesc și soției mele, Tatiana-Ioana, pentru toate acele zile în care nu am reușit să mergem împreună acolo unde ne-am propus și pentru faptul că mi-a înțeles stările în care nemulțumirile mele erau la cote maxime din cauza faptului că anumite lucruri din aceste cercetări nu mergeau așa cum îmi doream și a „ocolit cu grijă” modulele, piesele și cablurile întinse prin casă.

Ing. Inf. Geod. Ciprian-Mugurel Enache

Galați, iulie 2016

CUVINTE CHEIE:

- acvacultură
- sisteme recirculante
- creștere intensivă a peștilor
- parametrii de calitate ai apei
- sisteme automate
- monitorizarea parametrilor de calitate ai apei
- interfață directă
- interfață la distanță
- SMS
- GSM
- EEPROM
- calibrare
- microcontroller
- ATMEGA32
- ceas timp real (RTC)
- alarmare
- circuite imprimate

CUPRINS:

CAPITOLUL 1 - Stadiul actual al dezvoltării sistemelor recirculante.....	-	5
1.1 Scurt istoric.....	-	5
1.2 Scurtă prezentare a sistemelor recirculante din acvacultură.....	-	10
1.3. Obiectivele propuse.....	-	14
CAPITOLUL 2 - Importanța monitorizării parametrilor de calitate ai apei din sistemele recirculante.....	-	17
2.1. Parametri fizici ai apei de cultură.....	-	17
2.1.1. Nivelurile de apă.....	-	17
2.1.2. Temperatura apei.....	-	18
2.1.3. Turbiditatea apei.....	-	20
2.1.4. Culoarea apei.....	-	21
2.1.5. Conductivitatea electrică.....	-	21
2.1.6. Duritatea totală a apei.....	-	22
2.2 Parametri chimici ai apei de cultură.....	-	22
2.2.1. Oxigenul dizolvat în apă (DO).....	-	23
2.2.2. pH-ul apei.....	-	24
2.2.3. Concentrația de dioxid de carbon (CO ₂).....	-	25
2.2.4. Azotul.....	-	27
2.2.5. Amoniacul.....	-	27
2.2.6. Fotosinteza.....	-	28
2.2.7. Alte metale și substanțe.....	-	29
CAPITOLUL 3 - Aspecte ale proiectării sistemului automat de monitorizare.....	9	31
3.1. Sisteme de reglare automată (SRA).....	-	31
3.2. Proiectarea sistemului automat de supraveghere a sistemelor recirculante din acvacultură.....	9	34
3.3. Avantajele utilizării microcontrollerelor în conducerea proceselor tehnologice.....	-	40
3.4. Microcontrollerul ATMEGA32.....	10	45
3.5. Blocurile funcționale ale sistemului proiectat.....	11	62
3.6. Proiectarea schemei electronice a plăcii logice din cadrul sistemului de conducere.....	13	64
3.7. Traductorii de tensiune pentru monitorizarea rețelei electrice.....	-	73
3.8. Senzorul de pH al apei și amplificatorul semnalului acestuia.....	-	75
3.9. Senzorul de conductivitate al apei și amplificatorul semnalului acestuia.....	16	78
3.10. Senzorul de umiditate relativă și amplificatorul semnalului acestuia.....	-	81

3.11. Senzorul de intensitate luminoasă și amplificatorul semnalului acestuia.....	-	82
3.12. Senzorul de temperatură al apei	-	87
3.13. Interfața GSM.....	-	88
3.14. Blocul de alimentare.....	-	90
3.15. Proiectarea algoritmului software-ului de monitorizare.....	19	93
3.16. Programarea în C++.....	-	104
3.17. Configurarea aplicației CodeVisionAVR pentru cazul de față.....	20	107
CAPITOLUL 4 - Punerea în funcțiune a sistemului automat. Date experimentale.....	22	134
4.1. Calibrarea ceasului de timp real (RTC).....	22	134
4.2. Calibrarea senzorilor pentru tensiunile de la rețeaua electrică.....	23	135
4.3. Calibrarea senzorului tensiunii de pe acumulator	-	136
4.4. Calibrarea senzorului de pH.....	23	137
4.5 Calibrarea senzorului de conductivitate al apei.....	-	140
4.6. Calibrarea senzorului de umiditate relativă.....	-	143
4.7. Calibrarea senzorului de intensitate luminoasă.....	-	144
4.8. Instalarea cartelei SIM.....	25	146
4.9. Instalarea automatului în cadrul sistemului recirculant de acvacultură.....	-	148
4.10. Prezentarea meniului interfeței directe.....	-	150
4.11. Culegerea datelor.....	25	154
CAPITOLUL 5 - Concluzii generale, contribuții originale și perspective.....	33	163
Listă lucrări	37	169
Bibliografie.....	39	171
Anexe.....	-	177
Curriculum vitae.....	-	215

STRUCTURA TEZEI DE DOCTORAT:

Teza de doctorat cuprinde 210 pagini, din care, partea de documentare este de 25 de pagini iar partea experimentală are 144 de pagini. Lucrarea de față conține 105 figuri și grafice precum și 9 tabele. În elaborarea tezei s-au folosit 87 referințe bibliografice.

INTRODUCERE

În perioada actuală, în care situația administrativă din țara noastră face ca statutul terenurilor să aibă un statut incert, din cauza revendicărilor repetate, indiferent de forma acestora, de luciu de ape sau terenuri agricole dar și din cauza degradărilor provocate de lipsa lucrărilor de îmbunătățiri funciare, acvacultura caută alte soluții alternative pentru dezvoltarea sa, necesară în vederea asigurării necesarului de hrană pentru o populație aflată (la nivel global) într-o continuă creștere demografică.

În același timp, tehnologia bazată pe știința sistemelor și a calculatoarelor este într-o continuă dezvoltare iar implicarea acestora în viața cotidiană este din ce în ce mai mare, în defavoarea metodelor tradiționale. Aceasta aduce un plus de siguranță, o rapiditate în luarea unor decizii lucruri ce se traduc prin optimizarea scopurilor proceselor conduse și economii în costurile de materii prime implicate.

Tema tezei de doctorat prezentate aici, intitulată „Cercetări privind elaborarea de software specializat în proiectarea amenajărilor piscicole” este una interdisciplinară și a pornit de la ideea aplicării avantajelor oferite de tehnologia modernă în sistemele de creștere intensivă a peștilor, sisteme specifice acvaculturii moderne.

Lucrarea are ca obiectiv principal principal, proiectare din punctele de vedere funcțional, hardware și software a unui dispozitiv automat care să monitorizeze parametrii de calitate ai apei din sistemele recirculante dar și a altor parametri externi sistemului care influențează major activitatea acestuia, cum ar fi tensiunea de alimentare sau umiditatea relativă a aerului din încăperile cu bazinele de cultură.

Elementele de originalitate ale lucrării prezentate aici sunt contituite de personalizarea parametrilor monitorizati, după cererea beneficiarului, posibilitatea de a verifica și controla de la distanță acești parametri, realizarea practică a acestui sistem automat cu ajutorul unor elemente de tehnologie puțin costisitoare în condițiile în care se păstrează rigurozitatea măsurătorilor și siguranța în exploatare.

Cercetările s-au desfășurat în laboratoarele departamentelor de Acvacultură, Știința Mediului și Cadastru (Facultatea de Știința și Ingineria Alimentelor) și de Științe Generale (Facultatea Transfrontalieră de Științe Umaniste, Economice și Inginerești), ambele din cadrul Universității „Dunărea de Jos” din Galați dar și în regie proprie.

Lucrarea este structurată în cinci capitole principale, după cum urmează:

-Primul capitol este dedicat studiului importanței produselor piscicole în hrănirea populației globului pământesc și utilizarea acestor produse în economia non alimentară, a modului în care omenirea a asigurat de-a lungul timpului aceste produse, avantajele utilizării sistemelor recirculante din acvacultură în aceste scopuri contribuția lor în cantitatea totală de produse piscicole, la nivel mondial. În același timp, se face o prezentare a acestora, cu starea actuală de dezvoltare a acestora.

-Cel de-al doilea capitol reprezintă o sinteză a parametrilor fizici, chimici și biologici ai apei din bazinele de cultură împreună cu importanța monitorizării acestora. Sunt prezentate influențele acestora asupra ratei de creștere a peștilor, a sănătății acestora, modul de manifestare al peștilor în condițiile în care nu sunt respectate valorile optime ale acestora, limitele de minim și maxim a lor, funcție de cerințele unor specii de cultură. Pentru fiecare parametru de calitate al apei, este prezentată posibila sursă de apariție a acestuia în apa bazinelor de cultură dar și modul de revenire la valorile optime. O astfel de cercetare este absolut necesară pentru a înțelege nevoia rigurozității în menținerea calității apei.

Partea experimentală a acestei teze este împărțită în două mari etape, reprezentate de capitolele trei și patru.

-Capitolul trei al prezentei teze de doctorat conține elementele principale ale cercetărilor făcute în vederea dezvoltării fizice a sistemului automat. În prima fază, este descris modul de proiectare al sistemului automat, plecând de la principiile clasice ale proceselor automatizate, descrierea blocurilor funcționale ale acestuia, studiul pieței de microcontrollere și alegerea modelului de microcontroller care să fie capabil să asigure îndeplinirea scopurilor propuse. În același timp, s-a pus accent pe proiectarea celorlalte blocuri funcționale ale sistemului automat, în raport cu scopul acestora dar și a realizării practice a tuturor modulelor, de la proiectarea cablajelor imprimate, trecând prin realizarea lor și terminând cu plantarea componentelor și asamblarea cutiilor de protecție ale acestora. Tot în capitolul trei sunt prezentate modul de proiectare al meniului interfeței directe, proiectarea algoritmului software și realizarea practică a codului sursă care, compilat, a dus la dezvoltarea codului mașină pentru microcontroller.

-Capitolul patru al tezei prezintă modul în care sistemul automat a fost pus în funcțiune și instalat în cadrul sistemului recirculat al apei. În cadrul lui, sunt prezentate realizările calibrărilor necesare dar și culegerea datelor din experiment. Evoluția parametrilor calității apei de cultură din bazinele de cultură este prezentată pentru o perioadă experimentală de o lună, împreună cu graficele aferente pentru toți parametrii monitorizați prin interogarea de la distanță, de trei ori, în fiecare zi. Tot în capitolul patru al tezei, este prezentat detaliat și meniul interfeței directe a sistemului automat cu funcțiile sale și modul de operare.

-Ultimul capitol al tezei are în componență concluziile finale elaborate după proiectarea, realizarea și implementarea sistemului automat, cu prezentarea obiectivelor atinse ale tezei precum și a celor care nu au putut fi îndeplinite în totalitate. Tot aici, sunt enumerate și câteva din posibilele direcții de dezvoltare ulterioare ale sistemului.

Proiectarea și realizarea sistemului automat de conducere a proceselor de monitorizare și menținere a parametrilor de calitate ai apei din sistemele recirculante au fost realizate într-o manieră originală, bine documentată.

CAPITOLUL 3

ASPECTE ALE PROIECTĂRII SISTEMULUI AUTOMAT DE MONITORIZARE

Având în vedere importanța majoră a menținerii parametrilor apei de cultură în zona de confort pentru speciile de pești crescute intensiv în cadrul lor, dar și dorința de a monitoriza automat acești factori în scopul de a reduce cheltuielile cu personalul și maximizarea rigurozității cu care se fac măsurătorile, sistemul de comandă al sistemului recirculant devine una din cele mai importante părți ale acestuia. De aceea, el trebuie să devină fiabil, să aibă momente de „down-time” (nefuncționare) cât mai reduse.

3.2. Proiectarea sistemului automat de supraveghere a sistemelor recirculante din acvacultură

În proiectarea sistemului de supraveghere din acest material, s-a plecat, pe baza discuțiilor cu specialiștii în piscicultură, de la monitorizarea tensiunii electrice pe cele trei faze ale rețelei (R, S și T), deoarece pompele de recirculare sunt alimentate trifazat, monitorizarea temperaturii apei, a pH-ului, a conductivității electrice a apei, a temperaturii acesteia, a intensității luminoase din zona bazinelor de cultură și umidității relative din încăperea unde se află acestea. La acești parametri se mai adaugă și monitorizarea acumulatorului destinat menținerii funcționării sistemului în perioada lipsei de energie electrică de la rețeaua electrică.

O diagramă bloc a sistemului poate fi consultată în figura 3.5. Semnalale captate de senzorii aflați în procesul tehnologic de acvacultură sunt trimise pentru amplificare și linearizare într-un amplificator. Acesta are rolul de a aduce în plaja standard de 0..5V aceste semnale păstrând, pe cât posibil, o caracteristică liniară cu răspunsul acestora. Acestea sunt preluate, mai departe de convertorii analog-digital (ADC) ai unității logice de comandă și analizați în vederea luării de decizii. Unitatea logică are, de asemenea, o interfață de comunicare cu utilizatorul. Prin intermediul acesteia, se pot monitoriza manual parametrii sistemului, la un anumit moment de timp dar și se poate face și reglarea plajelor valorilor optime. Acest lucru permite oricui, chiar fără studii de specialitate să poată regla acești parametri.

Tot la unitatea logică este legată prin porturile de comunicație o unitate de telecomunicații care să permită vizualizarea parametrilor de la distanță, dar și alarmarea utilizatorilor atunci când este necesară intervenția acestora. Transmitia parametrilor la distanță se poate face prin comunicație GSM, sub forma unor SMS-uri sau transmisie de date, via internet, GPRS, 3G sau 4G. Dacă se optează pentru transmisie de date, acestea se pot face și direct internet, fără necesitatea apelării la rețelele de telefonie mobilă.

Pentru păstrarea unei unei valori a timpului real cât mai fidelă, unitatea logică citește acest lucru de la un circuit dedicat, pilotat cu cuarț, cu o precizie ridicată. Cunoașterea cu exactitate a momentului de timp, permite unității logice să facă o analiză cât mai bună a

parametrilor de intrare în timp, menținerea unei valori exacte a timpului cât mai mult timp fără intervenția utilizatorului dar și luarea unor decizii la anumite momente de timp, cât mai exacte (hrănirea peștilor, de exemplu).

Tot direct cu unitatea logică, este conectată și o memorie tip EEPROM ce permite stocarea tuturor parametrilor de care are nevoie unitatea de comandă în luarea deciziilor. Aici sunt stocate plajele de optim ale parametrilor, setările necesare pentru funcționarea sistemului dar se pot stoca și evenimentele neprevăzute apărute.

Comenzile adoptate în funcție de deciziile adoptate sunt transmise, în format digital, logică booleană - ON/OFF, Pulse Width Modulation - PWM, sau chiar analog, prin intermediul unui convertor Digital-Analog (DAC).

Rolul unității centrale logice de comandă poate fi îndeplinit fie de un sistem de calcul sub formă de desktop sau laptop, de un microcontroller sau de un automat programabil de tip PLC, cu mici modificări de la schema propusă. Utilizarea unui sistem de calcul implică cheltuieli mai mari, legate de arhitectura hardware a sistemului respectiv, a plăcilor de achiziție de date dar și asigurarea unor condiții climatice optime de funcționare. Se știe faptul că în vecinătatea bazinelor de cultură umiditatea relativă a aerului este ridicată ceea ce presupune ca aerul din încăperea unde se află sistemul de calcul ar trebui să fie dezumidificat pentru evitarea oxidării elementelor de siguranță ale sistemului de calcul.

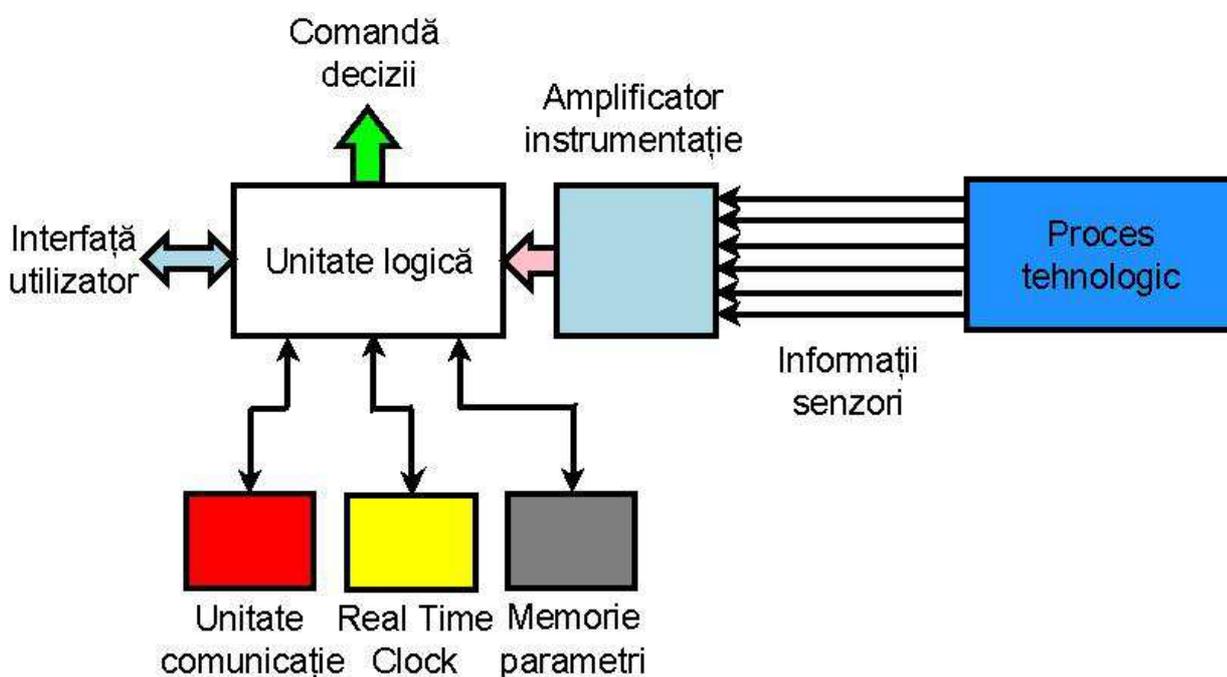


Figura 3.5. Diagrama bloc a sistemului de conducere automată a procesului tehnologic.

3.4. Microcontrollerul ATMEGA32

În urma discuțiilor avute cu colegii specialiști în acvacultură din cadrul departamentului Acvacultură, Știința mediului și Cadastru de la Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați, s-a ajuns la concluzia de a se monitoriza, prin intermediul acestui proiect, următorii parametri:

- tensiunea electrică de la rețea
- nivelul de temperatură al apei

- nivelul pH-ului din apă
- conductivitatea electrică a apei
- cantitatea de lumină din apropierea bazinelor de cultură
- umiditatea relativă a aerului pentru dezvoltarea ulterioară a unor proiecte de acvaponie.

Aceste informații au fost definatorii în alegerea variantei optime de microcontroller în raport cu prețul acestuia. Inițial, s-a optat pentru microcontrollerul ATMEGA16 numai că în urma dezvoltării aplicației, prin complexitatea acesteia, a numărului mare de calcule aritmetice și a numărului mare de variabile ce trebuie utilizate s-a constatat depășirea capacității memoriei flash în care era stocat programul (107%) și depășirea memoriei SRAM.

Pentru că este asemănător ca arhitectură și mod de funcționare, dar cu o capacitate dublă a memoriei flash, s-a ales pentru implementare microcontrollerul din aceeași familie, ATMEGA 32.

Conform foii de catalog prezentate de producătorul acestuia, Atmel, el are următoarele proprietăți:

- arhitectură RISC (număr redus de instrucțiuni cod mașină) ceea ce înseamnă că instrucțiunile scrise în cod mașină sunt direct executate fără a mai fi descompuse în microinstrucțiuni, așa cum se procedează în cazul arhitecturii CISC);

- un set de 131 de instrucțiuni cod mașina, majoritatea executabile dintr-un singur ciclu de ceas;

- 32 de registre pe 8 biți, registre cu utilizare generală;

- operare statică, în sensul în care nu există părți mobile în partea constructivă a acestuia;

- o frecvență de tact de până la 16MHz, ceea ce implică executia de până la 16 milioane de instrucțiuni pe secundă (16MIPS)

- posibilitatea introducerii unui multiplicator de tact de 2x (dublare).

Zona de memorie a microcontrollerului implică segmente de memorie non-volatilă cu o înaltă anduranță, organizată astfel:

- 32 KB memorie flash în care este stocat programul cu instrucțiunile aferente;

- 1024 KB memorie EEPROM;

- memoria RAM este de 2KB (este singura zonă volatilă);

- memoria flash permite garantat 10000 de cicluri de ștergere/scriere în timp ce memoria FLASH permite aproximativ 100 000 astfel de cicluri;

- informațiile din acestea pot fi reținute 20 de ani la o temperatură de 85°C și de 100 de ani la o temperatură de 25°C;

- o zonă opțională de Boot Code Section cu posibilitatea de protecție a datelor prin intermediul a Fuse Bits Lock Bits;

Alegerea microcontrollerului potrivit pentru aplicația propusă este în strânsă legătură cu cunoașterea funcționalității pinilor acestuia.

3.5. Blocurile funcționale ale sistemului proiectat

Din punct de vedere funcțional, sistemul a fost gândit pentru preluarea informațiilor provenite de la o varietate de senzori, cu transmisie analog sau digitală în vederea prelucrării

acestora de către unitatea de logică de control reprezentată de placa cu microcontrollerul ATMEGA32. Pentru că informațiile provenite de la senzorii analog sunt diferite ca nivele de tensiune iar microcontrollerul acceptă o plajă de tensiune pentru convertorii analog digitali ai săi de 0 - 5 V este necesară intercalarea în acest lanț a unui amplificator de instrumentație. Acesta, pe lângă rolul de a translața plaja tensiunilor pentru fiecare senzor în parte în domeniul acceptat de microcontroller are și menirea de a păstra linearitatea informațiilor provenite de la aceștia dar și de a corecta eventualele abateri de la aceasta. Corecția acestor nelinearități ale senzorilor poate fi făcută și prin calcule aritmetice efectuate de microcontroller cu datele provenite de la citirea valorilor celor opt convertori analog-digitali ai săi.

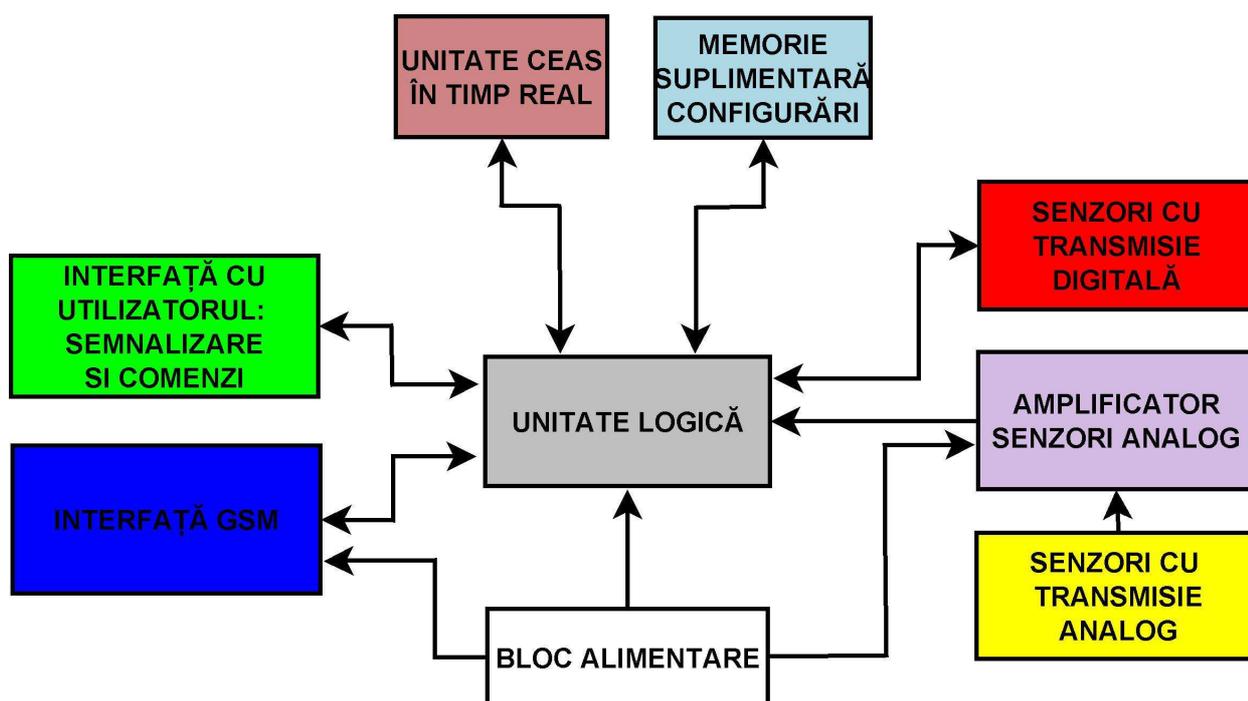


Figura 3.25. Diagrama proiectată, cu blocurile funcționale ale sistemului automat de conducere

Senzorii care furnizează informația citită în mod digital au, de regulă, încorporat în firmware-ul propriu toate informațiile legate de calibrare și de eventualele corecții ale abaterii de la linearitate. Datorită compatibilității cu protocolul TTL ei pot fi interogați direct de către microcontroller, de aceea comunicația cu acestea a fost marcată ca fiind bidirecțională.

Interfețele de comunicare cu utilizatorul sunt de două feluri:

- **interfață directă** compusă dintr-un display LCD pe care pot fi citite stările sistemului și se pot face ajustările acestuia, butoane de comandă pentru acest lucru și led-uri pentru semnalizarea alarmelor. Acestea din urmă sunt mult mai vizibile de la distanță;

- **interfață de comunicație la distanță** cu utilizatorul. Aceasta permite ca beneficiarul să monitorizeze de la distanță activitatea sistemului și să fie alarmat în situația în care lucrurile ies de sub controlul microprocesorului sau este nevoie de o intervenție externă asupra lui. Comunicarea cu utilizatorul se poate face fie via internet, cu ajutorul protocolului GPRS, specific telefoniei mobile fie prin intermediul unor SMS-uri trimise. Cea de-a doua variantă este mult mai facilă atât din punctul de vedere al costurilor abonamentelor de telefonie mobilă cât și prin

prisma faptului că utilizatorul ce dorește să comunice cu sistemul ar trebui să fie dotat cu un dispozitiv inteligent de comunicare, smartphone, tabletă, sistem de calcul etc.

Pentru o mai bună monitorizare a parametrilor în timp, precum și pentru luarea unor decizii privind hrănirea automată a peștilor după un anumit grafic, de exemplu, sistemul are nevoie de cunoașterea exactă a momentului de timp în care are loc un eveniment. Pentru că intervențiile multiple în activitatea procesului condus ar putea provoca întârzieri în cronometrarea timpului și pentru a evita supraaglomerarea procesorului și cu această funcție, s-a optat pentru includerea în această diagramă a unei surse externe de furnizare a unității de timp. Aceasta poate comunica bidirecțional cu unitatea centrală prin protocolul I2C. Comunicația este bidirecțională întrucât unitatea RTC este interogată asupra momentului de timp iar ajustarea timpului se face prin scrierea în acesta a valorilor de timp din momentul ajustării. RTC-ul mai prezintă și avantajul unui calendar perpetuu, util în calculul perioadelor de timp dintre evenimentele nedorite, de exemplu.

Chiar dacă microcontrollerul pune la dispoziție o memorie nonvolatilă, de tip EEPROM, aceasta are o capacitate de numai 1 KB, insuficientă pentru complexitatea parametrilor reținuți iar accesul la acesta este dificil din cauza timpilor de întârziere în lucrul cu aceasta. Pentru a remedia această situație, în cadrul sistemului a fost implementată o memorie EEPROM externă, cu rolul de a păstra informațiile vitale pentru sistem, a parametrilor inițiali și de configurare. În cazul întreruperii accidentale a alimentării microcontrollerului, la revenirea acesteia și inițializarea programului informațiile aferente ultimei stări ale acestuia precum și parametrii de configurare sunt reîncarcați în memoria internă a acestuia, fără a se pierde. Comunicația bidirecțională cu memoria se face tot prin intermediul magistralei I2C, memoria și unitatea de ceas în timp real având adrese diferite. Acestea sunt specifice fiecărui tip de componentă în parte și, în cazul existenței pe magistrală a mai multor componente de același tip, se poate stabili hardware prin punerea la masă sau la Vcc a unor pini de configurare ai acestora.

În continuare, sunt tratate problemele de proiectare pentru fiecare bloc funcțional în parte din punct de vedere hardware.

3.6. Proiectarea schemei electronice a plăcii logice din cadrul sistemului de conducere

În prezentul proiect, întregului port A al microcontrollerului ATMEGA32 îi revine misiunea de a citi valorile analogice de la senzori. Repartizarea acestora pe biți este următoarea:

- PA0 - tensiune rețea faza R;
- PA1 - tensiune rețea faza S;
- PA2 - tensiune rețea faza T;
- PA3 - tensiunea acumulatorului de back-up în cazul căderii alimentării cu tensiune a sistemului;
- PA4 - pH-ul apei;
- PA5 - conductivitatea electrică a apei;
- PA6 - umiditatea relativă a aerului;
- PA7 - intensitatea luminoasă în zona bazinelor de cultură.

Intrările portului A al microcontrollerului sunt protejate suplimentar prin introducerea între acestea și masă a unor diode Zenner 5V6, cu rolul de a se deschide în cazul în care tensiunea depășește această valoare iar căderea de tensiune, în acest caz, se face prin semireglabilii RV1-RV8. Aceștia au și rolul de divizori rezistivi pentru a putea ajusta valoarea tensiunii pe portul A în timpul calibrării. De exemplu, tensiunile provenite de la senzorii de tensiune ai rețelei trifazate pot avea o valoare de maxim 8 V. Prin divizorul rezistiv creat astfel, tensiunile care vor ajunge pe intrările microcontrollerului nu vor depăși valoarea de 4,5 V.

Portul B al microcontrollerului este dedicat comunicației cu display-ul LCD, comanda iluminării acestuia și pe baza funcțiilor alternative ale acestuia se poate face și programarea microcontrollerului prin ISP (In System Programming). Display-ul LCD, de tip HD44780 este un afișaj alfanumeric, pe două rânduri cu 16 caractere pe rând. Pentru funcționarea acestuia, sunt necesare șase conexiuni plus una pentru comanda retroiluminării.

Pinii PC0 și PC1 din portul C al microcontrollerului ATMEGA32 sunt utilizați în această aplicație prin funcțiile lor alternative și anume comunicație TWI, ei jucând rolul de SCL și SDA în acest tip de comunicație. Ei comunică cu două dispozitive, PCF8583 (Real Time Clock) și o memorie 24LC256.

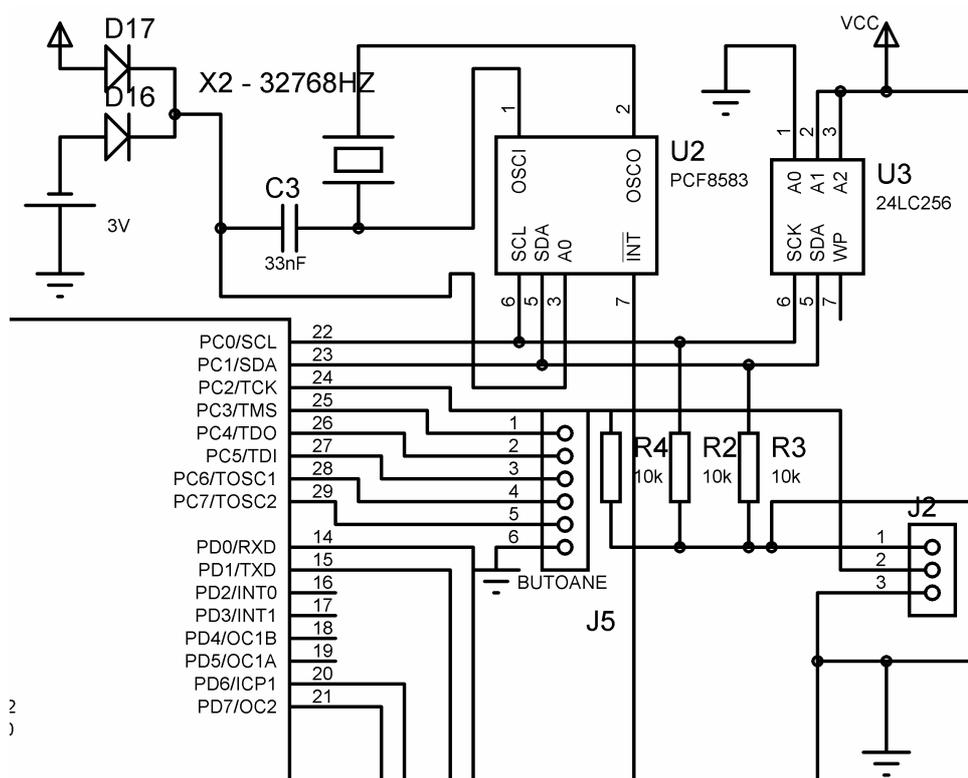


Figura 3.30. Extras din schema electronică a plăcii logice cu conexiunile portului C al microcontrollerului.

Funcțiile alternative ale pinilor PD0 și PD1, ai portului D al microcontrollerului au fost prezentate anterior ca fiind de comunicație USART. În acest caz, prin intermediul acestor pini (RXD și TXD) microprocesorul va comunica cu interfața GSM. Aceasta deține un port de comunicație serială RS232 pentru a primi și trimite comenzi de tip AT, valori etc.

Pinii PD2-PD5 ai microcontrollerului au fost gândiți ca porturi de ieșire, pentru aplicarea de decizii în dezvoltările ulterioare ale sistemului.

Schema electronică integrală a plăcii de comandă poate consultată în Anexa1 a acestei lucrări.

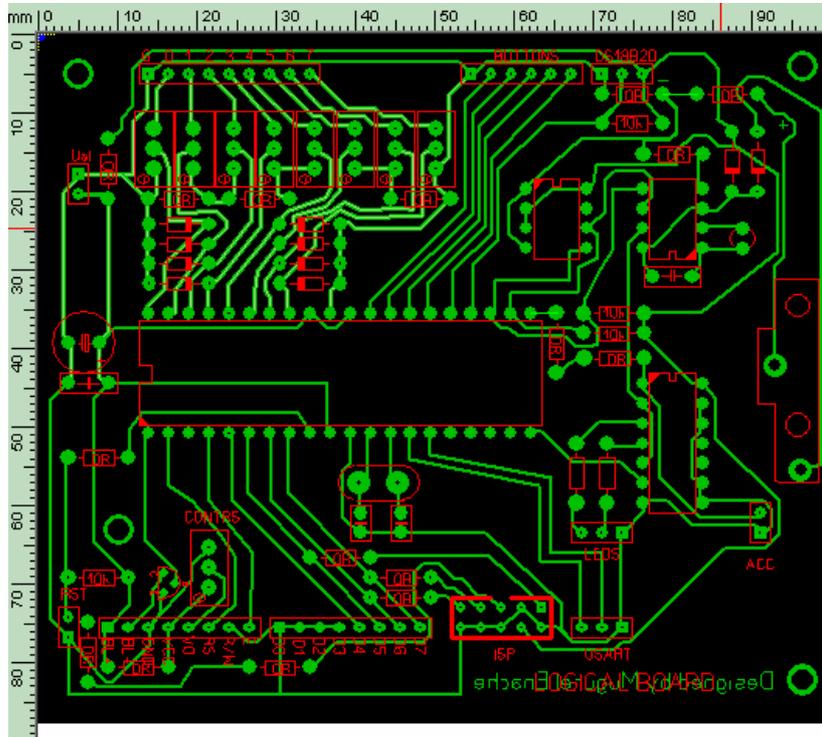


Figura 3.34. Cablajul imprimat al unității logice în faza de proiectare. Captură de ecran.

Rezultatul final al proiectării și realizării practice poate fi observat în figura de mai jos.

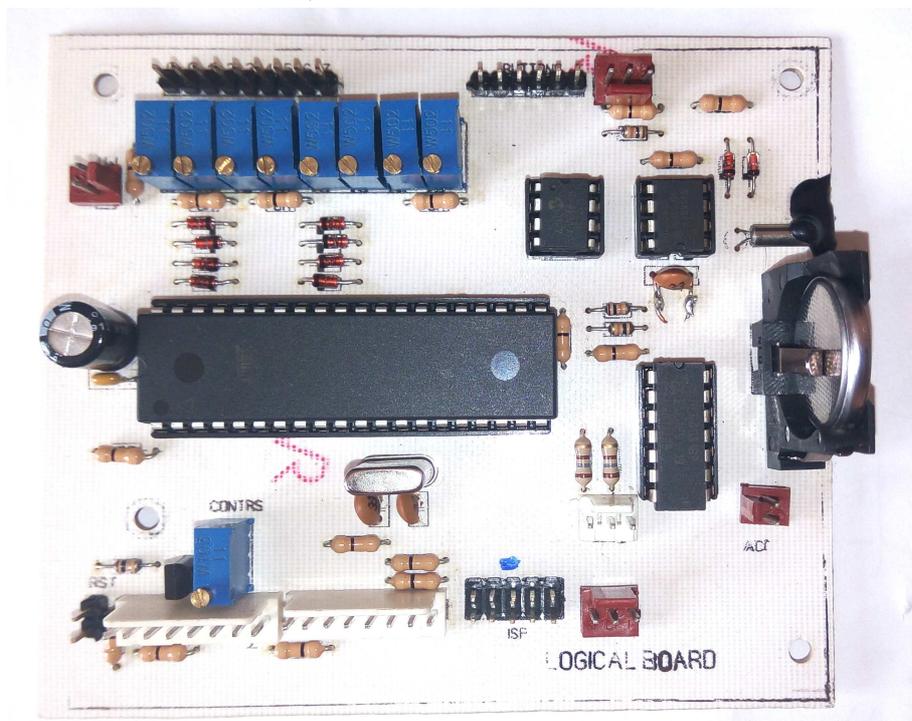


Figura 3.35. Placa logică a microcontrollerului cu toate componentele implementate.

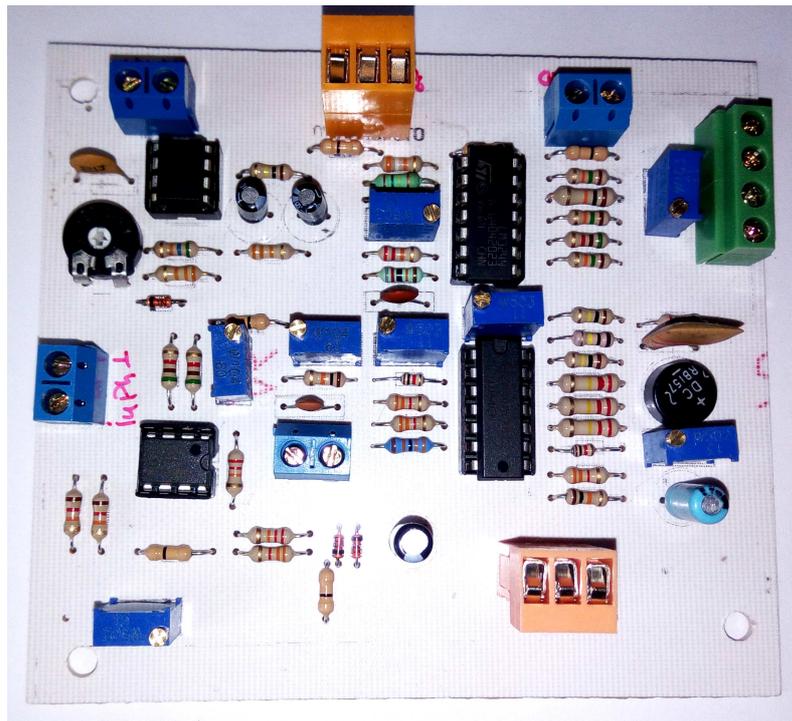


Figura 3.49. Placa amplificatorului de instrumentație după realizare și plantarea componentelor

Interfața GSM este asamblată împreună cu placa logică pe care se află microcontrollerul și anexele sale într-o cutie din ABS, prevăzută cu fante de răcire (fig. 3.55) pe a cărei față se află amplasate elementele de interfață directă (butoane și display)(figura 3.56). Pentru a nu interfera cu activitatea microcontrollerului, interfața GSM are instalată o antenă externă.

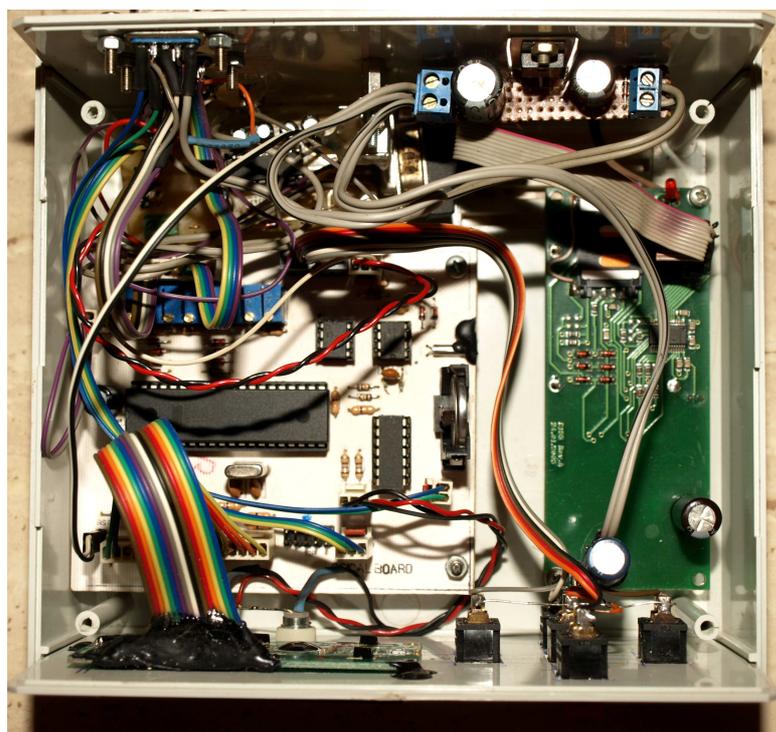


Figura 3.55. Cutia cu placa logică, interfața GSM și anexe montate



Figura 3.56. Partea frontală a carcasei cu elementele de interfață directă instalate.

3.15. Proiectarea algoritmului software-ului de monitorizare

După cunoașterea și aprofundarea hardware-ului microcontrollerului ales, în primă fază, ca model pentru îndeplinirea obiectivelor primare propuse, și după proiectarea tuturor extensiilor acestuia se poate trece la proiectarea software propriuzisă.

Un algoritm trebuie să respecte trei reguli principale:

- generalitatea
- finitudinea
- unicitatea

În cazul sistemului automat prezentat mai jos, algoritmul software trebuie să cuprindă următoarele probleme:

- citirea valorilor provenite de la senzori;
- integrarea acestora, dacă e cazul și calculul valorilor reale ale mărimilor măsurate;
- compararea valorilor citite cu limitele de minim și maxim impuse prin intermediul interfeței directe;
- declanșarea alarmei, dacă este cazul;
- trimiterea de sms-uri persoanelor autorizate din listă;
- luarea de decizii de corectare a parametrilor care au ieșit din plaja de măsurare;
- tratarea interogărilor provenite prin interfața GSM prin apelare;
- dacă acestea provin de la numere autorizate, se răspunde cu mesajul SMS de verificare;
- dacă apelul provine de la numere ce nu se află în lista celor autorizate, acesta este ignorat;
- tratarea intreruperilor ce au ca sursă apăsarea unor butoane de pe interfața directă;
- afișarea meniurilor corespunzătoare cererii de pe interfața directă pe display-ul LCD;
- pornirea secvenței de testare a acumulatorului atunci când este parcurs intervalul de timp dedicat pentru acest lucru;
- gestionarea parametrilor de configurare;
- stocarea parametrilor de configurare în memoria EEPROM și citirea acestora la reinițializarea de după un reset sau la revenirea tensiunii de alimentare;
- stocarea log-urilor în memoria EEPROM.

Implementarea acestor funcții în cadrul microcontrollerului se face ținând cont de capacitatea sa de memorie, de componentele incluse în cadrul acestuia și de conexiunile externe ale acestuia, conexiuni tratate pe larg în subcapitolele anterioare. Fiind un dispozitiv cu capacități miniaturizate, memoria flash destinată stocării are o capacitate redusă. Capacitatea de memorie ocupată nu poate fi estimată ci poate fi determinată doar experimental. Inițial, în realizarea acestui proiect, s-a optat pentru ATMEGA16, din aceeași familie cu ATMEGA32 dar, doar cu jumătate de memorie. După compilarea aplicației, s-a constatat că se depășea capacitatea acestuia cu aproximativ 14%, fapt ce nu lăsa spațiu și pentru dezvoltările ulterioare.

3.17. Configurarea aplicației CodeVisionAVR pentru cazul de față

Prin intermediul unelei CodeWizardAVR din cadrul CodeVisionAVR s-a procedat la configurarea următorilor parametri ai microcontrollerului utilizat (figura 3.62):

- Microcontroller utilizat: ATMEGA32
- Frecvența de tact: furnizată din exterior, prin intermediul unui cristal de cuarț de 16MHz
- Tipul de compilare: aplicație.
- Configurarea direcției pinilor porturilor A, B, C și D ale microcontrollerului s-a făcut prin parcurgerea etapei următoare, Ports, așa cum se poate observa în figura 3.63:

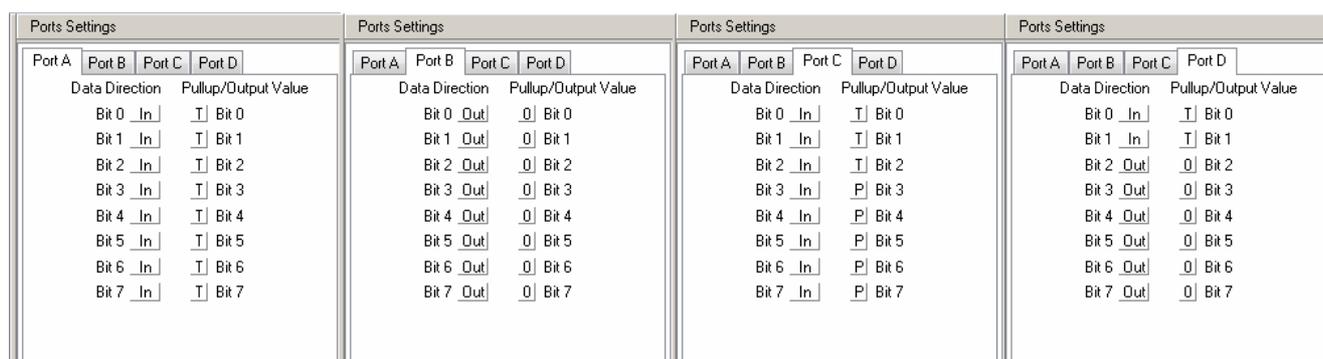


Figura 3.63. Capturi de ecran din CodeWizardAVR din momentul configurării porturilor de intrare/ieșire ai microcontrollerului.

- Configurarea watch-dog-ului;
- Configurarea porturilor de comunicație USART, I2C și 1Wire;
- Configurarea întreruperilor;
- Configurarea convertorilor ADC;

O secțiune foarte importantă în acest capitol este reprezentată de citirea din memoria EEPROM externă a vectorului corespunzător persoanelor ce urmează a fi alarmate în cazul unei avarii. Ca și în cazul mesajelor text corespunzătoare meniurilor interfeței directe, pentru economisirea memoriei flash a microcontrollerului, s-a procedat la scrierea tuturor șirurilor textuale în memoria externă EEPROM, șiruri apelate prin adresa acestora. În aceeași situație se încadrează și comenzile textuale pe care interfața GSM le primește prin intermediul portului USART după situație. Reținerea acestor șiruri se face caracter cu caracter, a valorii ASCII a fiecărui caracter scrisă în bază 16 (hexa).

O astfel de alocare a valorilor poate fi observată mai jos, cu explicația că prima coloană reprezintă adresa de memorie a locației, următoarele 8 sunt valorile propriu zise scrise în bază 16 iar ultima coloană reprezintă „traducerea” valorilor în codul ASCII.

```

0000: 0030 0031 002E 0053 0065 0074 0061 0072 01.Setar
0008: 0065 0020 0074 0069 006D 0070 003A 0020 e.timp:.
0010: 0030 0032 002E 004E 0075 006D 0061 0072 02.Numar
0018: 0020 0070 0072 006F 0070 0072 0069 0075 .propriu
0020: 0030 0033 002E 0043 0072 0065 0064 0069 03.Credi
0028: 0074 0020 0063 0061 0072 0074 002E 003A t.cart.:
.....
0120: 0031 0039 002E 0056 0065 0072 0069 0066 19.Verif
0128: 002E 0052 0065 006C 0048 0075 006D 003A .RelHum:
0130: 0032 0030 002E 0056 0065 0072 0069 0066 20.Verif
0138: 002E 0049 002E 004C 0075 006D 002E 003A .I.Lum.:
0140: 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 .....
0148: 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 .....
0150: 0041 0054 002B 0043 0050 0042 0052 003D AT+CPBR=
0158: 0031 0031 002C 0031 0031 000D 00FF 00FF 11,11.ÿÿ
0160: 0041 0054 002B 0043 0043 0049 0044 000D AT+CCID.
.....
01C8: 0061 006C 006C 0069 006E 0067 0043 0061 allingCa
01D0: 006C 006C 0020 0069 006E 0020 0070 0072 ll.in.pr
01D8: 006F 0067 0072 0065 0073 0073 0053 006C ogressSl
01E0: 0065 0065 0070 0069 006E 0067 004E 0065 eepingNe
01E8: 0069 006E 0072 0065 0067 0069 0073 0074 inregist
01F0: 0072 0061 0074 0021 0049 006E 0072 0065 rat!Inre
01F8: 0067 002E 0072 0065 0074 0065 0061 00FF g.reteaÿ
.....
0228: 0063 0069 0074 0069 0074 0061 0044 006F cititaDo
0230: 0061 0072 0020 0061 0070 0065 006C 0020 ar.apel.
0238: 0075 0072 0067 002E 004C 0069 0070 0073 urg.Lips
0240: 0061 0020 0073 0065 006D 006E 0061 006C a.semnal
0248: 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 .....
0250: 004D 0055 0047 0055 0052 0045 004C 0031 MUGUREL1
0258: 0020 0020 0020 0020 0020 0020 0020 0020 .....
0260: 0043 004C 0049 0045 004E 0054 0020 0032 CLIENT.2
0268: 0020 0020 0020 0020 0020 0020 0020 0020 .....
.....
0350: 0030 0037 0030 0030 0030 0030 0030 0030 07000000
0358: 0030 0030 0000 0000 0000 0000 0000 0000 00.....
0360: 0030 0037 0030 0030 0030 0030 0030 0030 07000000
0368: 0030 0030 0000 0000 0000 0000 0000 0000 00.....

```

Alocarea adreselor de memorie s-a făcut în ordinea implementării lor în cadrul codului sursă. Între adresele 0000h-0138h sunt reținute, pe câte două rânduri (16 caractere) mesajele afișate pe un rând al displayului în cazul intrării în meniul interfeței directe.

Parametrii de configurare ai alarmelor sunt reținuți în zona 0500h-0540h a memoriei EEPROM, după cum este arătat în tabelul 3.2.

Tabelul 3.2. Organizarea în memoria EEPROM a parametrilor de configurare ai alarmelor și valorile inițiale ale acestora

Parametrul	Adresa memorie Alarmă DA/NU	Valoare minimă		Valoarea maximă	
		Adresă	Valoare inițială	Adresă	Valoare inițială
Faza R	0510h	0520h	AFh=175V	0530h	F5h=245V
Faza S	0511h	0521h	AFh=175V	0531h	F5h=245V
Faza T	0512h	0522h	AFh=175V	0532h	F5h=245V
U acumulator	0513h	0523h	50h=8,0V	0533h	96h=15,0V
pH	0514h	0524h	41h=6,5	0534h	5Dh=9,3
TDS	0515h	0525h	0h=0	0535h	C8h=800
RH	0516h	0526h	0h=0%	0536h	64h=100%
I lumină	0517h	0527h	0h=0luxi	0537h	78=1200luxi
Temperatura apei	0518h	0528h	11h=17°C	0538h	20h=32°C

CAPITOLUL 4

PUNEREA ÎN FUNCȚIUNE A SISTEMULUI AUTOMAT. DATE EXPERIMENTALE

4.1. Calibrarea ceasului de timp real (RTC)

În funcționarea sa, circuitul de ceas în timp real, PCF8583, are nevoie de un semnal de tact care să păstreze o anumită bază de timp. Acest semnal poate proveni din intercalarea în bucla oscilatorului a unui cristal de cuarț cu frecvența de 32768 Hz sau aplicarea pe intrarea oscilatorului a unui semnal cu frecvența de 50 Hz (de cele mai multe ori, acesta este furnizat de rețeaua electrică). În interiorul său, circuitul integrat divizează acest semnal cu 2^{16} (65536) în primul caz sau îl divide cu 10, pentru cel de-al doilea caz.

Pentru a putea face corecțiile necesare și a măsura baza de timp, s-a conectat la pinul 7 (INT) al circuitului integrat un osciloscop digital, marca Velleman Instruments, modelul PCS-100A și s-a măsurat forma de undă de la ieșirea acestuia (figura 4.1.)

Ajustarea valorii frecvenței oscilatorului bazat pe cristal de cuarț s-a făcut prin tatonarea valorilor condensatorului C3 din schema plăcii logice. S-a plecat de la o valoare de 1 nF iar o formă de undă care să aibe cât mai exact 500 ms între impulsurile sale (ca în figura 4.1.) a fost obținută în cazul valorii de 33 nF a condensatorului mai sus amintit. Abaterile ceasului, a cărui frecvență a fost stabilită astfel, au fost de -23 secunde în 30 de zile de funcționare continuă, abatere considerată acceptabilă.

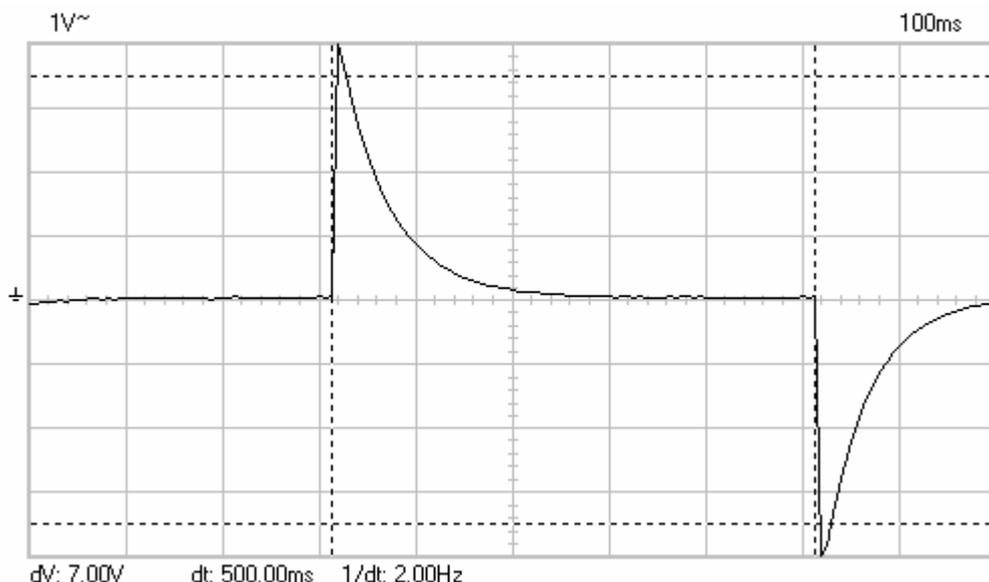


Figura 4.1. Vizualizarea pe osciloscop a formei de undă de la ieșirea INT a PCF8583.

4.2. Calibrarea senzorilor pentru tensiunile de la rețeaua electrică

Întrucât măsoară tensiuni electrice mari ce pot produce electrocutarea, pentru măsurarea tensiunii pe cele trei faze ale rețelei electrice s-a optat pentru varianta prin transformatoare de tensiune. Acestea păstrează proporția între tensiunea din primar și secundarul lor prin raportul dat de numărul de spire ale transformatorului care este o valoare constantă.

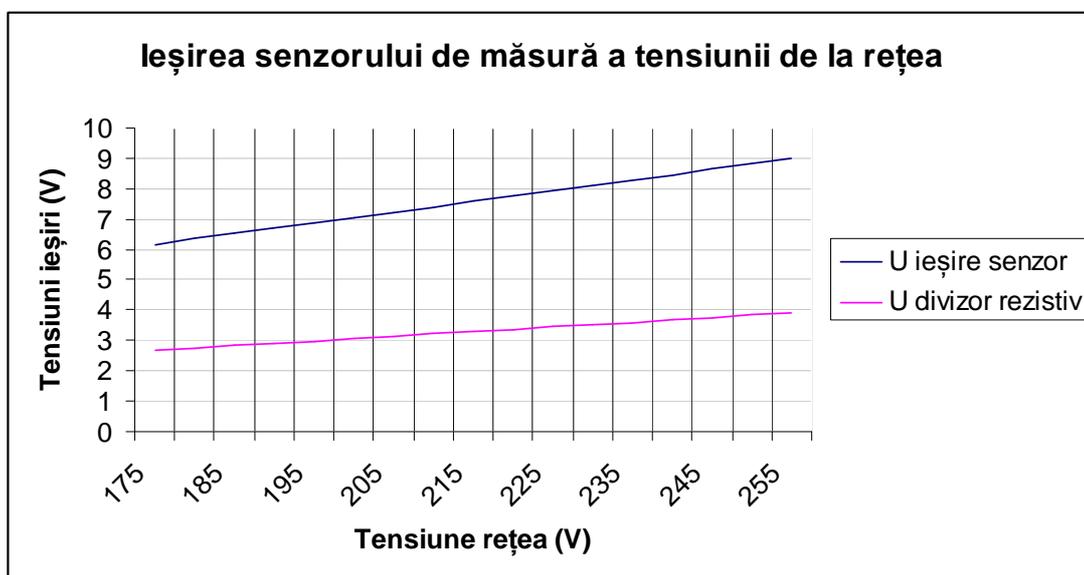


Figura 4.2. Graficul valorilor de la ieșirea senzorilor de tensiune ai rețelei electrice.

4.4. Calibrarea senzorului de pH

Pentru a putea efectua aceste teste, în vederea calibrării, s-au procurat trei recipiente cu soluții etalon de 4, 7 și 10 unități pH, care reprezintă limitele de maxim ale acidității/alcalinității pentru aplicația de față și, respectiv, valoarea neutră, 7. Pentru a putea efectua teste repetate, fără a dăuna valorilor soluțiilor etalon, pentru spălarea sondei senzorului de pH în trecerea de la

valoare la alta, s-a utilizat un recipient cu un litru de apă distilată în care s-a clătit sonda și mai apoi a fost stearsă cu hârtie absorbantă. În paralel, s-a folosit ca martor și un pH-metru digital, produs de WTW, model WTW, model pH 340.

În urma testelor repetate, s-au considerat optime următoarele valori obținute la ieșirea amplificatorului (intrarea analogică a microcontrollerului):

-pentru un pH=4, $U_{out}=0,730$ V;

-pentru un pH=7, $U_{out}=2,406$ V;

-pentru un pH=10, $U_{out}=4,08$ V.

Raportate pe un grafic, valorile subliniază liniaritatea răspunsului amplificatorului pe intervalul de pH măsurat cuprins între 4 și 10.

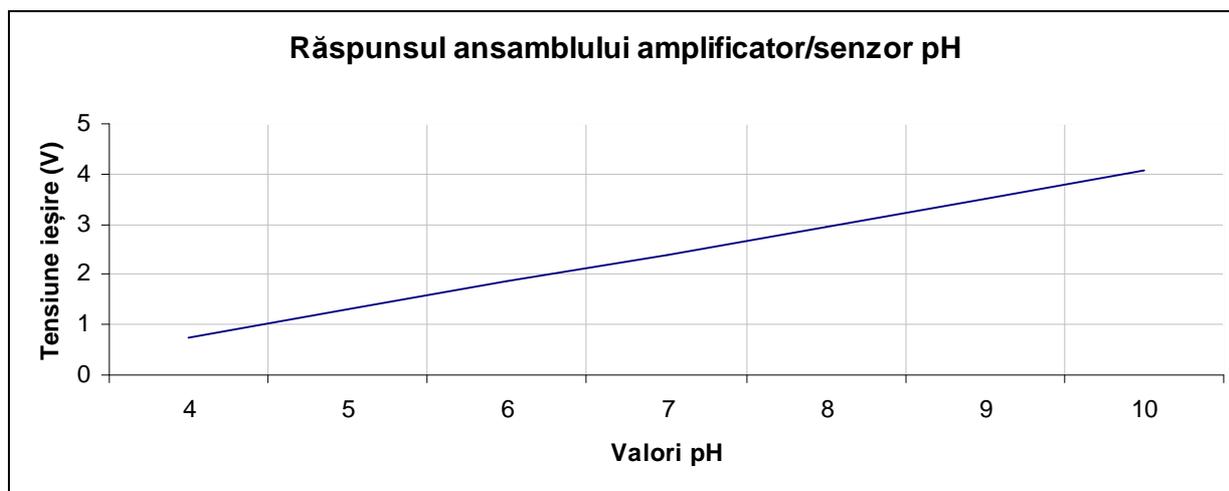


Figura 4.6. Răspunsul în tensiune al ansamblului sondă-amplificator în măsurarea pH-ului

Pentru ca în cadrul microcontrollerului să se poată calcula valorile reale ale pH-ului pe baza tensiunii furnizate la intrare, se calculează doi coeficienți, de amplificare și de offset pe baza cărora rezultă valoarea reală din valoarea citită:

$$\text{Valoare reală} = \text{ADC} * x + y,$$

unde ADC este valoarea citită de convertorul analog-digital, x este coeficientul de scalare iar y este coeficientul de offset.

Având în vedere valorile experimentale obținute la calibrare, se poate scrie sistemul ecuații în vederea aflării coeficienților x și y:

$$\begin{cases} 0,730 * x + y = 4 \\ 2,406 * x + y = 7 \\ 4,08 * x + y = 10 \end{cases}$$

Prin rezolvarea sistemului, luând două câte două ecuațiile și medierea rezultatelor obținute, se obțin cele două valori ale coeficienților, $x=1,791$ și $y=2,6925$. Aici se mai ține cont de faptul că valoarea citită de convertorul ADC este cuprinsă în intervalul 0...1023 unități pentru o tensiuni de intrare cuprinse între 0 și 5 V iar valorile x și y utilizate în final sunt înmulțite cu raportul 5/1024, adică 0,004941.

4.8. Instalarea cartelei SIM

Prin intermediul interfeței directe, s-a introdus numărul de telefon al autorului în lista de numere autorizate și s-au efectuat primele teste, interogând sistemul asupra valorilor parametrilor.

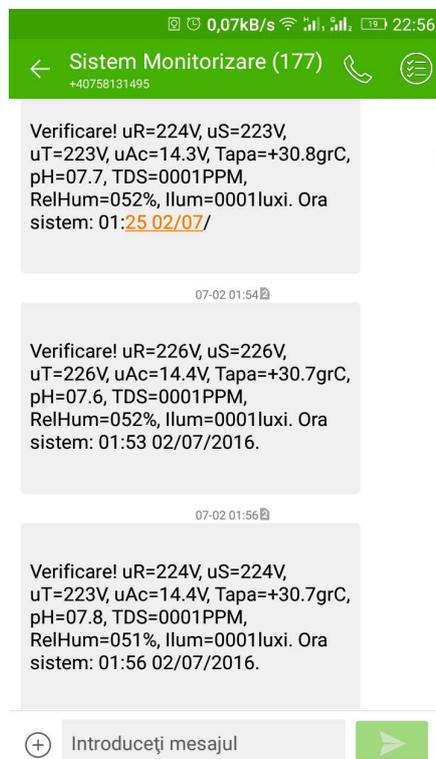


Figura 4.14. Captură de ecran de pe telefonul mobil cu SMS-urile primite de la interfața GSM a sistemului.

4.11. Culegerea datelor

Verificările experimentale s-au desfășurat pe timp de o lună calendaristică, timp în care sistemul a funcționat neîntrerupt și fără a avea nevoie de vreo intervenție asupra sa sau vreo reinițializare. Acest lucru a confirmat și demonstrat fiabilitatea precum și siguranța sa în exploatare, răspunzând pozitiv uneia dintre cerințele de proiectare.

Monitorizarea parametrilor s-a făcut de la distanță iar rezultatele au fost trecute într-o bază de date, zilnic, la orele 8:00, 16:00 și 22:00. Rezultatele pot fi observate în graficele din figurile 4.19 - 4.24 pentru fiecare parametru în parte.

Tabelul 4.1. Valorile pragurilor de minim și maxim stabilite experimental

Parametrul	Alarmă activă?	Valoare minimă	Valoare maximă
Tensiune rețea faza R	DA	175 V	245 V
Tensiune rețea faza S	DA	175 V	245 V
Tensiune rețea faza T	DA	175 V	245 V
Tensiune acumulator	DA	11,0 V	14,8 V
Temperatură apă	DA	20 °C	28 °C
pH apă	DA	6,5	9,4

Conductivitate TDS apă	DA	0ppm	850 ppm
Umiditatea relativă a aerului	DA	40%	65%
Intensitatea luminoasă	NU	-	-

În cazul tensiunilor de la rețeaua de alimentare cu curent electric, s-au remarcat variații mari între momentele de timp zi-noapte iar seara, creșterea acestora peste pragul maxim de 245 V a determinat alarmări repetate. Tensiunea rețelei a fost singurul parametru care a declanșat alarmări repetate în toată această perioadă iar valorile relativ mari ale acesteia au dus la defectarea instalației de climatizare precum și decuplări repetate ale siguranțelor din tabloul electric.

Temperatura apei a avut valori relativ constante, în jurul valorii de 25,5°C, cu valori mai ridicate în timpul zilei și scăzute noaptea din cauza lipsei funcționării instalației de climatizare. În fapt, pornirea acesteia în data de 25.06 a determinat, așa cum se poate vedea din grafic, scăderea cu aproape 2,5°C a acesteia și revenirea la valori mai ridicate după ce a fost reglată temperatura termostatului la o valoare superioară. Acest lucru a fost făcut în urma analizei datelor culese de sistemul automat.

Evoluția valorilor pH-ului din apa provenită din bazinele de cultură a fost una relativ constantă, cu variații mici (creșteri de 0,1-0,2 unități) la 2-3 ore după masa peștilor iar scăderile sunt date de înlocuiri de cantități mici de apă sau scăderea temperaturii. Nu s-au semnalat alarme din cauza ieșirii din limite a acestui parametru.

Nici evoluția valorilor conductivității totale a apei nu a avut variații foarte mari, o valoare medie a acestuia fiind 650ppm. S-au constatat variații mici ale acestuia în momentele completării apei din sistem și creșteri după servirea hranei peștilor.

Umiditatea relativă a aerului din încăperea bazinelor recirculante a fost în jurul a 50%, și nu a declanșat nicio alarmare. S-au constatat o creștere a acesteia până la un vârf de 62% în condițiile în care au fost închise geamurile și ușa încăperii iar instalația de ventilație/climatizare nu a funcționat, în data de 22.06.2016. Pornirea climatizării a dus la deumidificarea aerului, în data de 28.06, lucru semnalat prin scăderea umidității relative a aerului până la 44%.

Intensitatea luminoasă din preajma bazinelor de cultură a cunoscut cicluri zilnice de la 0 luxi noaptea până la 1000-1100 luxi la amiază, când soarele pătrunde pe ferestrele încăperii. Funcție de starea meteo a zilei respective, valorile de vârf din ziua respectivă oscilează între 800 și 1100 de luxi. Prin suprapunerea graficelor, nu s-au constatat modificări semnificative ale pH-ului sau TDS-ului apei în legătură cu intensitatea luminoasă ceea ce confirmă că nivelul algelor din bazine este foarte mic.

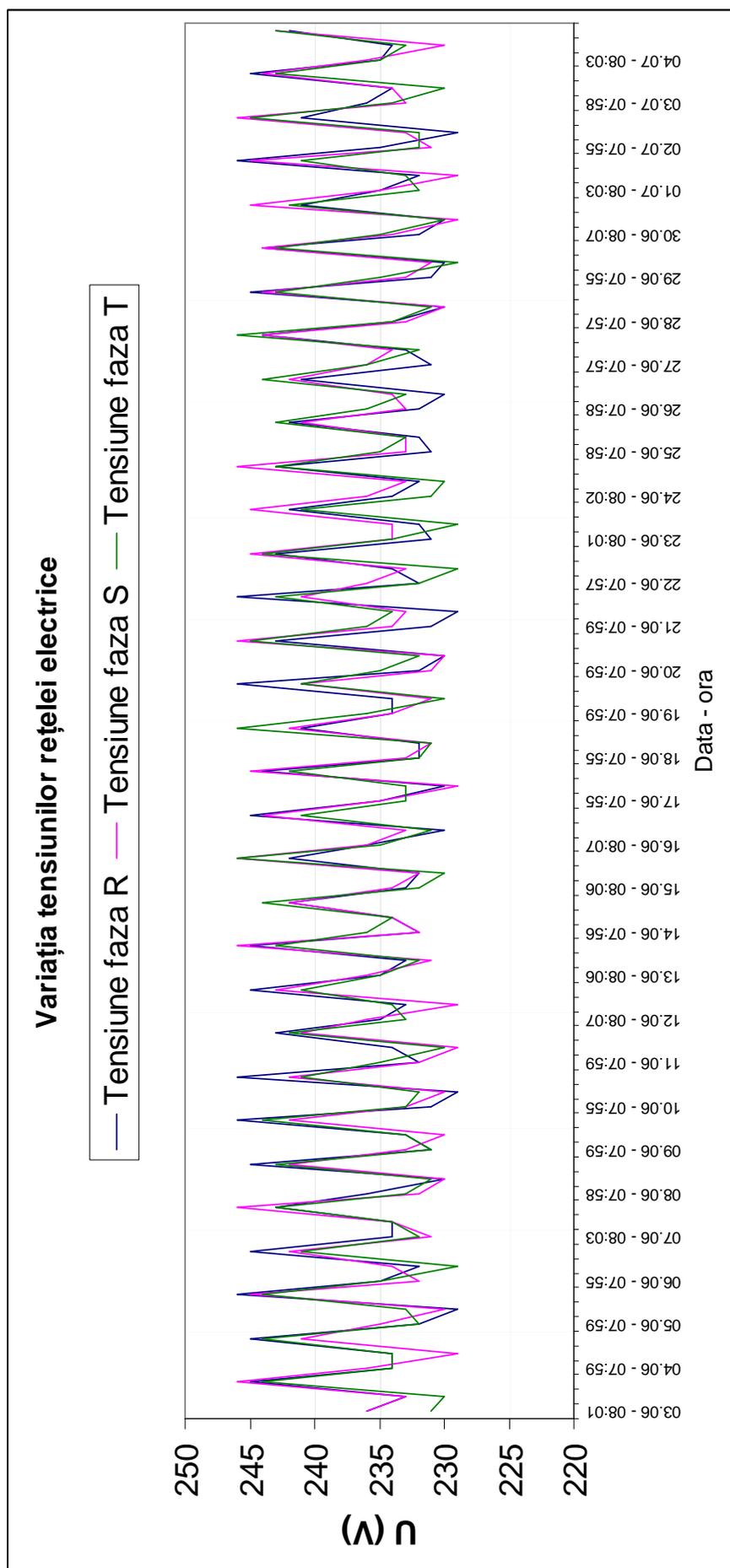


Figura 4.19. Graficul evoluției tensiunilor de alimentare de la rețeaua electrică, timp de o lună pe baza datelor culese de sistemul automat.

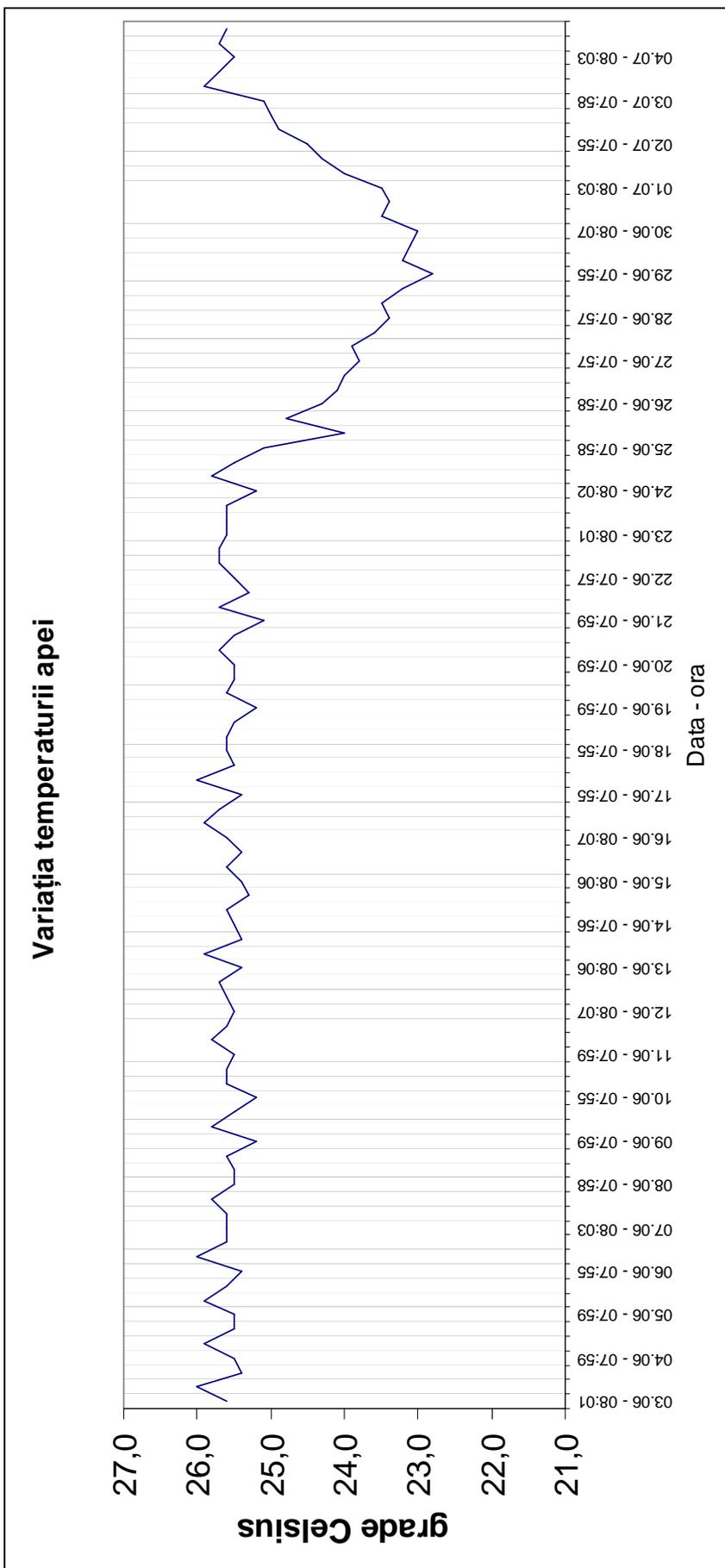


Figura 4.20. Graficul evoluției temperaturii apei, timp de o lună pe baza datelor culese de sistemul automat.

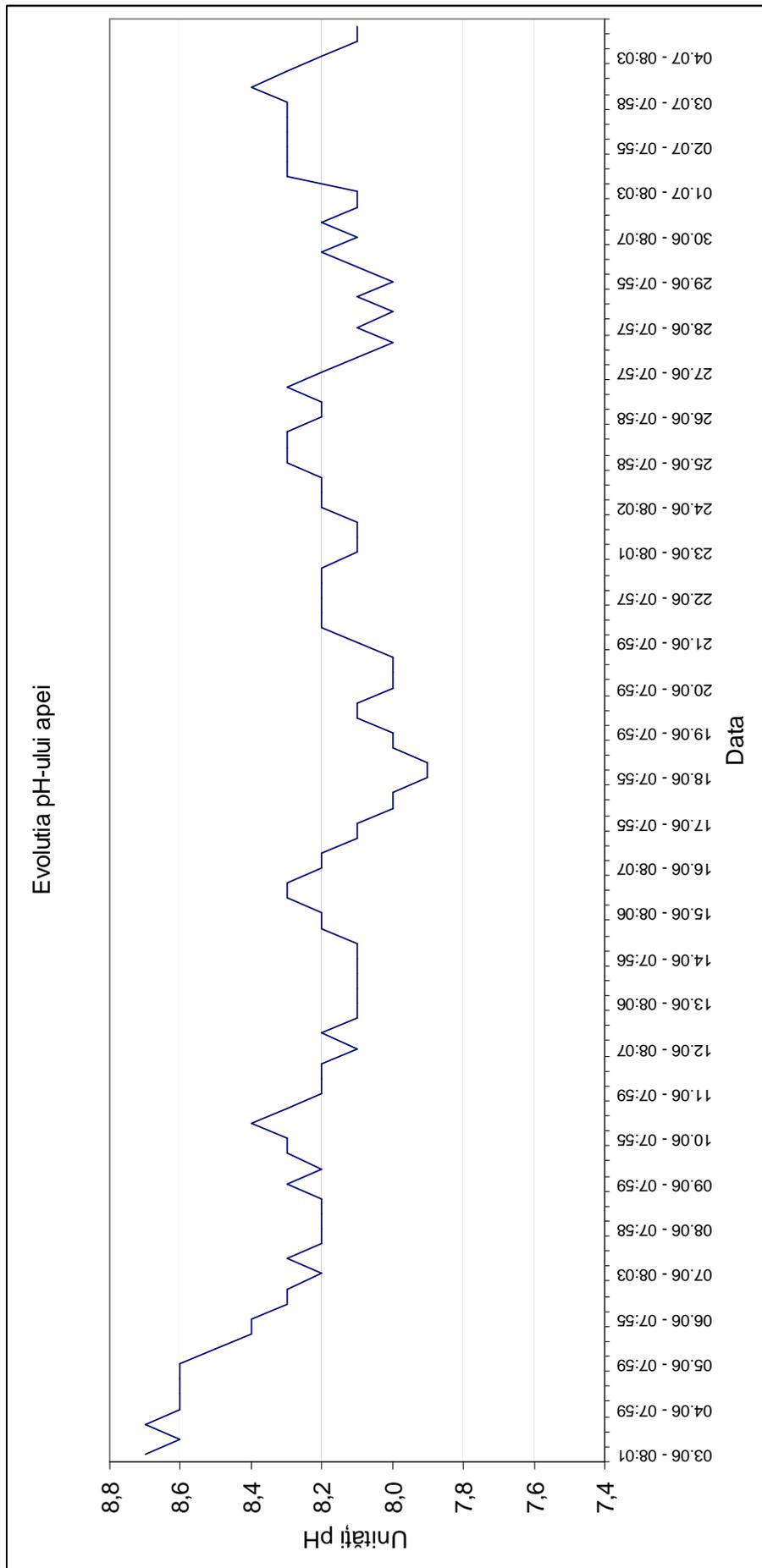


Figura 4.21. Graficul evoluției pH-ului apei, timp de o lună pe baza datelor culese de sistemul automat.

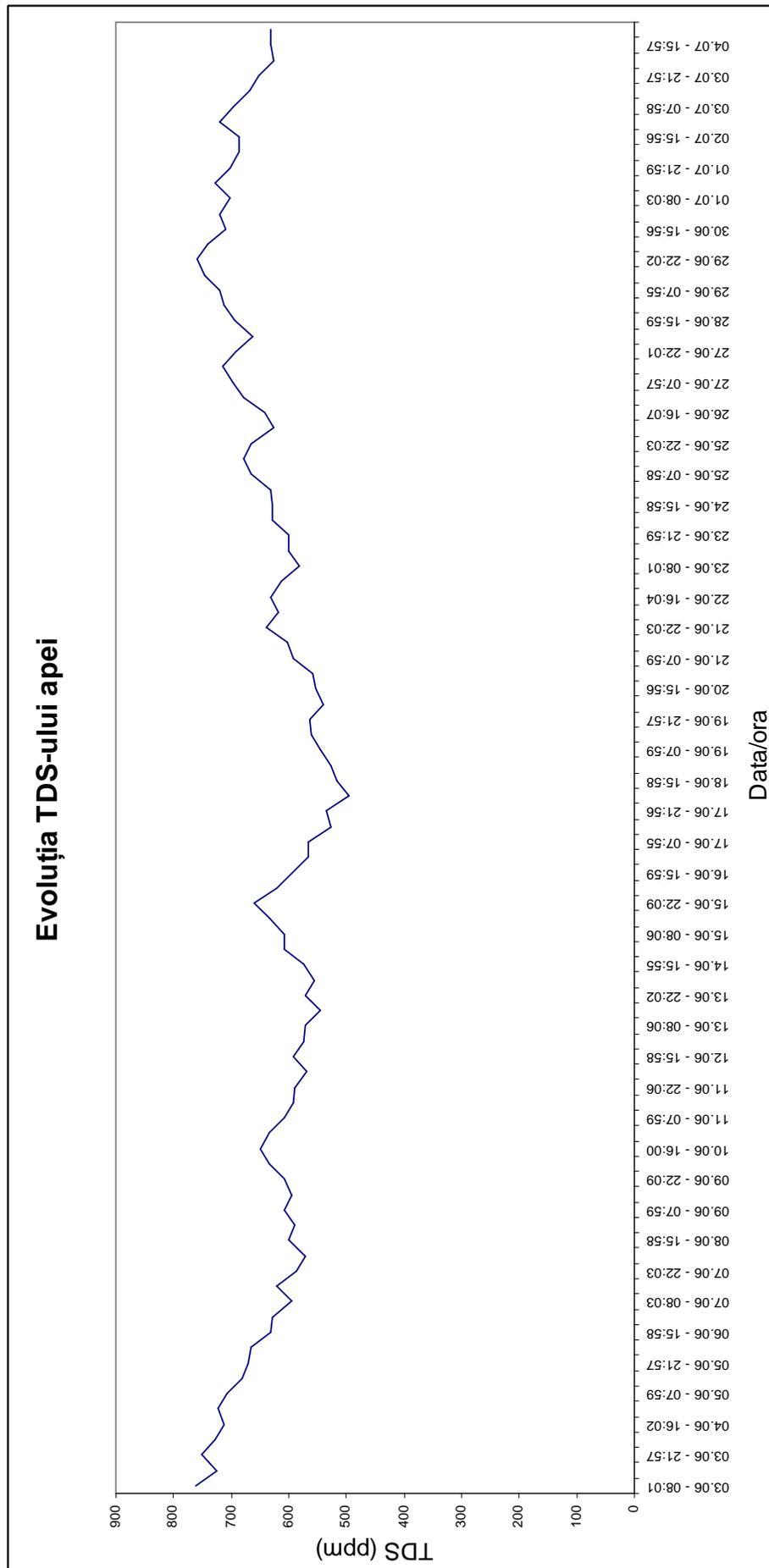


Figura 4.22. Graficul evoluției conductivității totale a apei, timp de o lună pe baza datelor culese de sistemul automat.

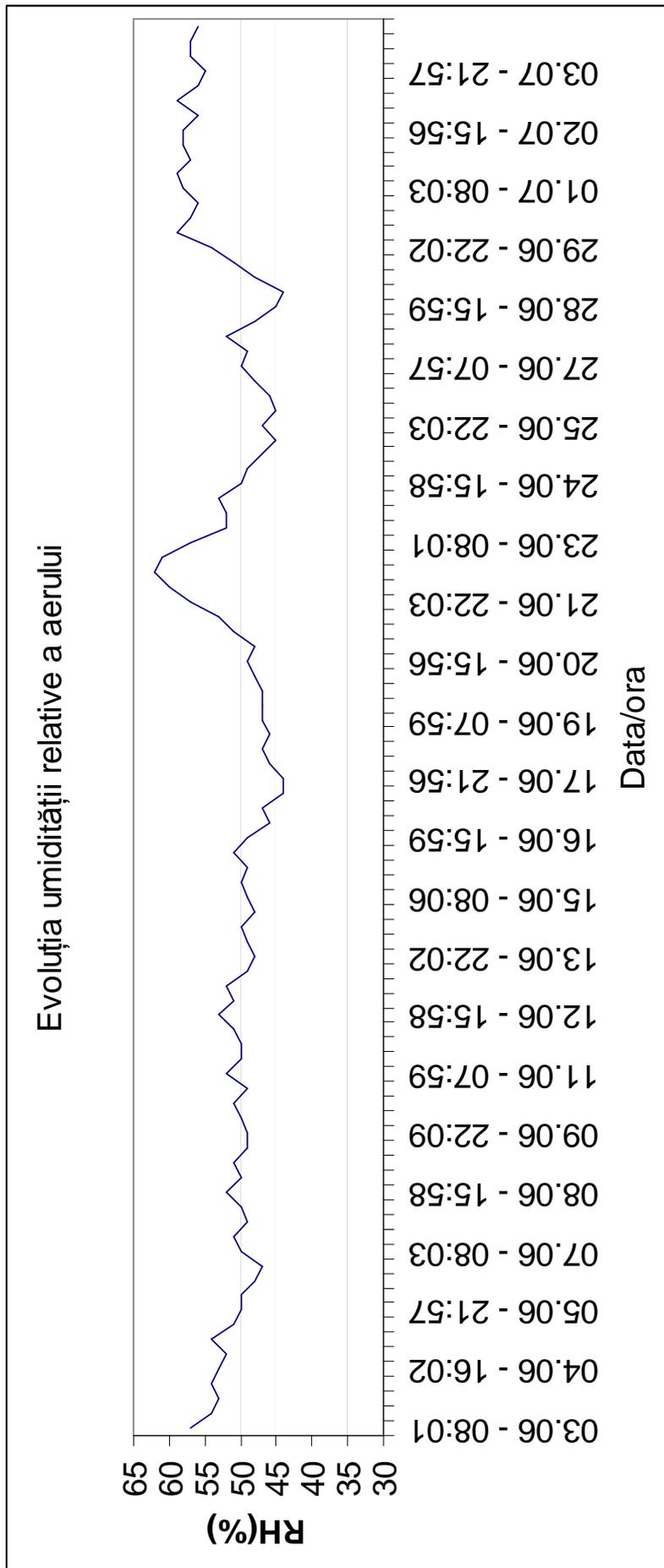


Figura 4.23. Graficul evoluției umidității relative a aerului din încăperea cu bazine de cultură, timp de o lună pe baza datelor culese de sistemul automat.

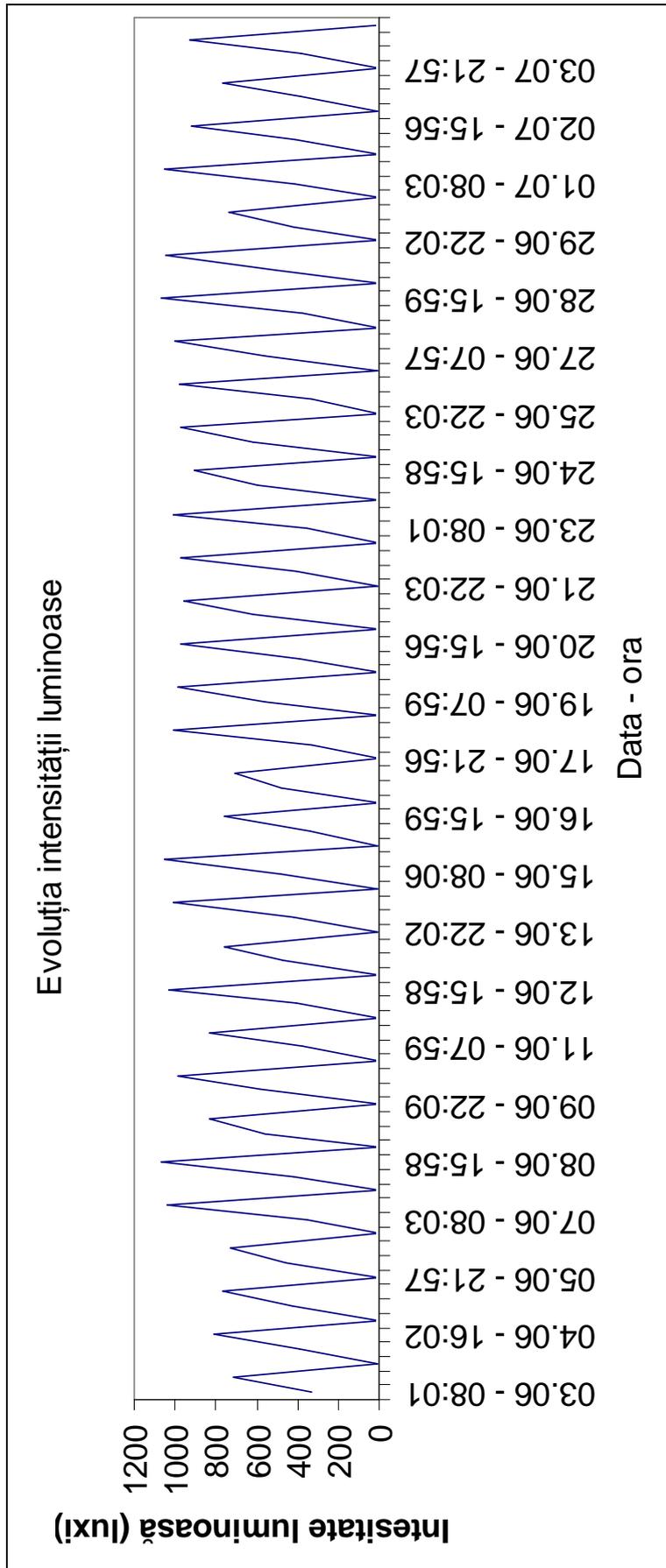


Figura 4.24. Graficul evoluției intensității luminoase în preajma bazinelor de cultură, timp de o lună pe baza datelor culese de sistemul automat.

CAPITOLUL 5

CONCLUZII GENERALE, CONTRIBUȚII ORIGINALE ȘI PERSPECTIVE

Principalele obiective propuse al prezentei teze de doctorat au fost de natură multidisciplinară, de a cunoaște mecanismul de control al calității apei în sistemele recirculante, a principalilor parametri fizico-chimici și biologici ai apei, influența lor asupra calității vieții organismelor acvatice, de proiecta un sistem automat complet care să monitorizeze acești parametri și care să ia deciziile necesare, atunci când este necesar.

Un sistem automat aduce o multitudine de beneficii, prin faptul că execută o monitorizare continuă a parametrilor, semnalizând instantaneu orice abatere a acestora de la limitele considerate normale dar și reducerea numărului personalului specializat, personal ce implică costuri financiare mari. Corectarea imediată a abaterilor de la normal a parametrilor de calitate ai apei contribuie la reducerea stresului asupra materialului biologic și, implicit, duce la creșterea eficienței producției. Un sistem automat are un timp de reacție mult mai bun decât factorul uman iar acest lucru este confirmat și de faptul că se face analiza continuă a parametrilor de calitate ai apei, spre deosebire de testele periodice, efectuate de operatori care unori mai sunt și omise sau efectuate incorect.

De asemenea, costurile măsurătorilor electronice ale parametrilor sunt mult mai mici decât cele clasice care impun reactivi și soluții de titrare scumpe, care expiră etc, iar dezvoltarea actuală și viitoare a tehnicii aduce, după sine, costuri tot mai mici pentru o categorie tot mai mare de senzori.

Cercetările efectuate în vederea elaborării acestui sistem automat au fost efectuate în mai multe etape, după cum urmează:

- aprofundarea și studiul literaturii de specialitate în vederea identificării problemelor cu care se confruntă sistemele recirculante din acvacultură, a principalilor parametri de calitate ai apei care sunt cei mai importanți, influența lor asupra populației piscicole crescute în bazinele de cultură dar și modul de menținere a lor (fizic, chimic și biologic) în limitele admise și limitele optime pentru specia de cultură respectivă;

- studiul pieței de profil cu echipamente de automatizare dedicate acvaculturii în sisteme recirculante și constatarea lipsurilor acestora în raport cu necesitățile reale ale fermierilor precum și determinarea punctelor critice ale acestora;

- stabilirea unor obiectivelor pe care sistemul ce va fi proiectat va încerca să le rezolve într-un mod cât mai corect, cu puțință, prin implementarea lui în cadrul unui sistem recirculant de acvacultură;

- analiza pieței existente în domeniul microcontrollerelor, în vederea alegerii unui model care să se plieze cât mai bine pe necesitățile și punctele cheie ale unui sistem recirculant, în raport cu un cost cât mai mic al acestuia și al componentelor aferente;

- proiectarea unui algoritm software care să răspundă cerințelor de exploatare și care să fie în deplină concordanță cu capacitățile hardware ale microcontrollerului selectat;

- stabilirea și proiectarea celorlalte componente hardware care vin în întâmpinarea scopului propus, de la memorii externe, la unitatea de ceas în timp real, interfațarea cu utilizatorul și amplificatoarele semnalelor provenite de la senzori;

-asigurarea unui fiabilități și siguranțe în exploatare prin identificarea tuturor problemelor ce pot interveni în buna funcționare a sistemului și prevenirea acestora;

-realizarea practică a modulelor funcționale ale sistemului pornind de la proiectarea cablajelor imprimate și terminând cu asamblarea acestora, cu componentele plantate în cutii de protecție;

-elaborarea unui meniu pentru interfața directă care să ajute utilizatorul final în depănarea unor probleme de funcționare și ajustarea tuturor parametrilor necesari;

-scrierea codului sursă necesar compilării și elaborării software-ului necesar bunei funcționări a microcontrollerului ținând cont de algoritmul proiectat;

-calibrarea măsurătorilor efectuate de senzori pentru a putea face citiri cât mai corecte a valorilor parametrilor de calitate ai apei și ai altor parametri vitali pentru sistem.

Cercetările au fost desfășurate în laboratoarele Departamentului de Acvacultură, Știința Mediului și Cadastru, din cadrul Universității „Dunărea de Jos” din Galați și în regie proprie, în realizarea practică a montajelor și asamblarea sistemului automat. Instalarea sistemului s-a făcut în cadrul unui sistem recirculant de acvacultură din sala Q07 din cadrul aceluiași departament.

Cu acest prilej, în perioada experimentală, s-a constatat importanța monitorizării și a altor factori, cum ar fi tensiunea rețelei electrice de unde se alimentează pompele sistemului recirculant dar și echipamentele anexe. S-au constatat creșteri ale tensiunii pe perioada serii/noapții, creșteri care contribuit la defectarea unor echipamente. În privința parametrilor de calitate monitorizați ai apei, nu s-au constatat oscilații mari ale valorilor acestora, ele încadrându-se în limitele normale.

Asocierea evoluției parametrilor cu măsurarea riguroasă a momentului de timp real în care execută măsurătoarea poate aduce informații prețioase asupra unor evenimente ciclice care se petrec, așa cum s-a întâmplat în cazul tesionilor electrice de alimentare.

Rezultatele din prezenta teză de doctorat reprezintă, pe de o parte, rodul îmbinării unor informații de bază, existente, din domeniile acvaculturii, electronicii, automaticii și informaticii, contribuțiile personale fiind din acest punct de vedere, îmbinarea armonioasă a lor în scopul atingerii obiectivelor propuse. Un alt aspect al contribuțiilor personale, îl constituie studiul piețelor de componente electronice destinate automatizărilor (microcontrolere), a senzorilor precum și a datelor tehnice și a caracteristicilor acestora din cataloagele producătorilor, în scopul de a alege variantele optime precum și compatibilitățile acestora. Documentarea în această privință reprezintă un punct critic în proiectarea sistemelor automate întrucât dinamica dezvoltării componentelor specifice a cunoscut o aploare ridicată în ultima perioadă.

O altă parte importantă a contribuției personale în realizarea obiectivelor prezentei teze de doctorat a reprezentat-o concepția meniurilor din interfața directă cu utilizatorul a sistemului automat. Dat fiind faptul că un microcontroller reprezintă un sistem de calcul la scară redusă iar procesul condus de el este de o complexitate covârșitoare, trebuia creat un balans între acestea, pentru a nu-l încărca suplimentar și inutil dar, în același timp, asigurând rezolvarea varietății problemelor pe care le controlează. Interfața cu utilizatorul sau beneficiarul final, trebuie să fie una prietenoasă și facilă, plecându-se de la premiza că acesta nu este specialist în automată sau informatică.

Nu în ultimul rând, o altă contribuție personală o reprezintă proiectarea și concepția software-ului necesar funcționării sistemului. Plecând de la limbajul de programare C++ care permite o largă paletă de facilități, în implementarea algoritmului trebuie ținut cont de toate situațiile ce pot surveni și care, pot determina apariția unor erori ce pot bloca funcționarea sistemului. Acest aspect este unul foarte important, dat fiind faptul că sistemul automat trebuie să fie unul cu o funcționare sigură, orice defecțiune a sa având consecințe grave asupra

materialului biologic din sistemul recirculant. De exemplu, depășirea domeniului unei variabile de tip unsigned char (max. 255), poate duce la alterarea unei zone de memorie vecine, ce corespunde unei alte variabile și atunci sistemul poate interpreta eronat valorile acesteia.

Sistemul a fost proiectat astfel încât să lase locul oricăror dezvoltări ulterioare, cum ar fi, de exemplu, citirea unei palete mai largi de parametri de calitate ai apei, prin adăugarea de senzori suplimentari, dar și multiplicarea acestora, în sensul că se pot citi simultan valorile din fiecare bazin de cultură, de exemplu. O altă dezvoltare posibilă ar putea constitui-o, de exemplu, hrănirea automată a peștilor, la oră fixă și în cantități fixe, pe baza ceasului de timp real. De asemenea, unul din obiectivele propuse la realizarea programului, de a lăsa spațiu acestor dezvoltări, a fost atins, în sensul că tot software-ul necesar funcționării sistemului, în stadiul actual, ocupă doar 62% din memoria flash a microcontrollerului ATMEGA32.

Siguranța în exploatare a sistemului a reprezentat un alt obiectiv atins al prezentei teze. Această condiție este una critică în utilizarea și funcționarea microcontrollerelor care conduc astfel de procese întrucât nefuncționarea sa poate provoca pagube majore. Din acest punct de vedere, sistemul automat conceput aici a trecut cu brio toate testele, funcționând neîntrerupt în testele de laborator timp de cinci luni și instalat în cadrul sistemului timp de o lună și jumătate. În această perioadă, nu a fost necesară nicio resetare a acestuia și nici nu s-a semnalat vreo eroare sau neconcordanță în funcționarea sa.

Acuratețea cât mai mare a valorilor măsurate a fost, de la bun început, un interes al cercetării acestei teze și, de asemenea, a fost un obiectiv atins. După etapa de calibrare efectuată în laborator, s-au efectuat teste paralele pe toți parametrii mășurați în cadrul sistemului recirculant, prin sondaj, cu ajutorul unor aparate de măsură avizate metrologic sau, care s-au dovedit a măsura corect. În acest sens, s-au constatat diferențe de cel mult 3% între valorile măsurate.

Interfața cu sistemul de la distanță a reprezentat un element de noutate al acestor cercetări, el nemaifiind întâlnit de autor la sisteme similare dedicate acvaculturii de pe piață și considerat un lips al acestora. Realizarea acesteia prin intermediul mesajelor scrise (SMS-uri) este un fapt merit să ușureze comunicarea cu beneficiarii, în condițiile în care se poate utiliza orice tip de telefon mobil, fie el clasic sau smartphone.

Deși se putea implementa relativ ușor o comunicare la distanță prin intermediul internetului, nu s-a făcut acest lucru întrucât, la nivelul actual de dezvoltare al rețelelor de telefonie mobilă din România, există multe zone neacoperite de aceste servicii. Interfața GSM aleasă permite comunicarea via internet prin modul GPRS iar implementarea acestui mod de transmisie a datelor, în versiunile următoare, se poate face relativ ușor prin schimbarea comenzilor pe care microcontrollerul le trimite către aceasta.

În fapt, pentru că tehnologia comunicațiilor de internet mobile utilizează IP-uri private sau IP-uri care se schimbă frecvent, este necesară implementarea unui server cu conexiune de internet bazată pe un IP fix, public sau utilizarea unor servicii de DNS. Acest lucru ar fi modificat radical costurile legate de sistemul automat, prin valorile costurilor serverului în sine și abonamentului de internet.

Prin faptul că se utilizează o memorie externă microcontrollerului, ocupată, în acest moment cu doar 24% date, sistemul automat poate accepta o varietate de dezvoltări ulterioare, cum ar fi extinderea numărului de persoane autorizate, extinderea numărului de parametri monitorizați (de calitatea apei din bazinele de cultură), crearea unui log cu un număr din ultimele alarme, un log cu variațiile parametrilor de calitate ai apei monitorizați pe o perioadă de timp restrânsă etc.

Din cauza costurilor ridicate, s-a renunțat la implemenatarea elementelor executante ale sistemului automat. Acestea ar fi avut rolul de a corecta tensiunea de la rețeaua electrică

(regulatoare de tensiune comandate), corectarea pH-ului, corectarea temperaturii. Cu toate acestea, implementarea lor se poate face rapid, prin folosirea celor patru pini ai portului D ai microcontrollerului care, prin intermediul unui decodor, pot asigura 2^4 funcții, adică 16 comenzi suplimentare pentru acestea. Acesta ar fi singurul obiectiv care nu a putut fi atins în totalitate.

Tot din cauza costurilor ridicate, nu s-a putut face implementarea măsurării oxigenului dizolvat din apă (DO). Metoda electronică de măsurare a oxigenului dizolvat din apă presupune utilizarea unor senzori care, în acest moment, au încă prețuri prohibitive. În plus, tehnologia utilizată în construcția acestora are un mare dezavantaj prin utilizarea unor membrane cu permeabilitate selectivă la contactul cu apa, membrane ce își schimbă proprietățile în timp, prin înfundarea cu sedimentele fine aflate în apa de cultură, un fapt care duce la schimbarea lor periodică sau imposibilitatea de a efectua măsurarea continuă a acestui parametru. Totuși, acest parametru ar putea fi determinat indirect, prin intermediul altora, cu o probabilitate destul de bună, așa cum s-a arătat în Capitolul 2 al prezentei teze.

Așa cum s-a afirmat și mai sus, sistemele automate bazate pe microcontrollere pot fi îmbunătățite în permanență, prin adăugarea de noi facilități, prin extinderea celor existente sau prin îmbunătățirea algoritmilor software care stau la baza funcționării lor .

Sistemul automat prezentat aici permite extinderea numărului de persoane autorizate, datele acestora nefiind stocate în programul din memoria flash sau EEPROM ale acestuia ci, în memoria externă. Practic, în orice moment, se pot adăga alte persoane, numărul acestora putându-se ridica chiar și la 50. Prin schimbarea memoriei de 256 kB cu una de capacitate mai mare, upgrade-ul poate fi chiar și mai mare. Din acest punct de vedere, la proiectarea cablajului imprimat și plantarea componentelor, s-a ținut cont de acest lucru și, pentru toate circuitele integrate (microcontroller, memorie EEPROM externă, circuitul de ceas în timp real).

Pe aceeași linie, se pot adăga sistemului automat și monitorizarea altor parametri, cum ar fi nivelele de apă din bazine, tancuri de sedimentare, filtrul biologic etc, interfațarea cu microcontrollerul putându-se face prin magistrala I2C. În momentul de față există pe piața de profil o gamă largă de convertori ADC care pot transforma informația analogică, provenită de la senzori în informații digitale care pot fi transmise către microcontroller prin acest tip de comunicație.

O alternativă în a furniza microcontrollerului mai mult de opt informații analogice este multiplexarea acestora, prin intermediul unor comutatoare digitale bazate pe tehnologie FET, tehnologie ce permite păstrarea acurateții informației transmise și comutate prin cadrul ei.

Un alt aspect care ar putea constitui o dezvoltare ulterioară a sistemului automat de conducere a proceselor de control a calității apei din sistemele recirculante în constituie stocarea datelor citite despre acești parametri pe un card SD sau MMC. Implementarea unui astfel de sistem de „logare” a datelor este o alternativă optimă unui server dedicat. Costul unui astfel de card de o capacitate medie (16Gb) este una sub 100 de RON iar la o frecvență de stocare de o oră, de exemplu, ar putea reține valorile pentru aproape un an de zile. Atât microcontrollerul cât și software-ul utilizat în crearea codului mașină pentru el dețin toate facilitățile pentru acest lucru.

În momentul de față, datele colectate de la sistemul automat prin interogarea via SMS, de trei ori pe zi, au fost stocate într-o bază de date de tip Access. Ca și dezvoltarea ulterioară, sistemului automat i s-ar putea adăga un software dedicat care să permită accesarea cardurilor SD sau MMC și copierea informațiilor din acestea în baze de date. Acest lucru permite stocarea lor pe intervale mult mai mari de timp dar și analize statistice care pot reduce costurile de producție și optimiza creșterile loturilor viitoare de cultură prin asocierea evoluției parametrilor de calitate ai apei cu diferitele operațiuni efectuate, sincronizate pe baza ceasului în timp real.

Actualmente, sistemul alertează toate persoanele autorizate din listă, pentru care s-a activat acest lucru prin intermediul meniului 11 din interfața directă. O posibilă dezvoltare ulterioară a sistemului ar putea constitui-o alertarea selectivă a acestor persoane autorizate. De exemplu, pentru variațiile necorespunzătoare ale tensiunii electrice, ar putea fi avertizat electricianul sistemului, pentru parametrii ce țin de chimia apei ar putea fi „alarmat” doar inginerul chimist ș.a.m.d. În aceeași ordine de idei, se pot face combinații între persoanele care sunt de serviciu, în mod automat, dacă orarul de lucru al acestora ar fi introdus, în prealabil, în memoria sistemului.

O altă dezvoltare ulterioară a sistemului ar putea fi constituită pe baza comenzilor trimise de la distanță, prin intermediul mesajelor scrise sau a tonurilor DTMF ale telefoanelor. Bazate pe un dicționar sau pe coduri foarte bine definite, comenzile venite de la utilizatori ar putea efectua o hrănire suplimentară sau mărirea capacității de aerare, de exemplu.

Un astfel de management, prin intermediul unui sistem automat de conducere a proceselor de calitate a apei din acvacultură s-a dovedit a fi un important instrument dedicat optimizării și ușurării activităților din acest domeniu.

LISTĂ LUCRĂRI PUBLICATE ȘI PREZENTATE:

1. **Mugurel Enache**, Cristian Eni, Marius Bodor, Iulia Graur, Claudia Ungureanu, Livia Pătrașcu, Adrian Cîrciumaru, Nano-sized ceramic powders with n-type semiconducting properties - Obtaining and analysis, Revista de Chimie, nr. 6/2016, ISI, factor de impact 2015 - 0,906
<http://www.revistadechimie.ro/pdf/ENACHI%20M%206%2016.pdf>
2. Arseni Maxim, Georgescu Lucian-Puiu, Cîrciumaru Adrian, **Enache Ciprian-Mugurel**, The influence of the atmospheric temperature value on the accuracy of distance measurement with the surveying total station, Annals of the University Dunarea de Jos of Galati: Fascicle II, Mathematics, Physics, Theoretical Mechanics . 2015, Vol. 38 Issue 1, p20-25. 6p, ISSN 2067 - 2071, B+
http://www.phys.ugal.ro/Annals_Fascicle_2/Year2015/Vol1.htm
3. Maxim Arseni, Lucian Puiu Georgescu, **Enache Ciprian-Mugurel**, Analysis of the influence of relative humidity on the accuracy of distance measurement with total stations, Annals of “Dunărea de Jos” University of Galati, Mathematics, Physics, Theoretical Mechanics Fascicle II, year VII (XXXVIII) 2015, no. 1, ISSN 2067 - 2071, B+
https://www.researchgate.net/profile/Maxim_Arseni/publication/301662044_ANALYSIS_OF_THE_INFLUENCE_OF_RELATIVE_HUMIDITY_ON_THE_ACCURACY_OF_DISTANCE_MEASUREMENT_WITH_TOTAL_STATIONS/links/5720ac1e08aed056fa27d00c.pdf
http://www.phys.ugal.ro/Annals_Fascicle_2/Year2015/Vol1.htm
4. Marius Bodor, **Mugurel Enache**, Ene Antoaneta, Vasile Bria, Alina Slobodeniuc, Cristina Ariton, Sergiu Ciobanu, Adrian Cîrciumaru, Comparative study of noise pollution between Galați city (România) and Cahul city (Republic of Moldova), The third edition of the international conference for young researchers “New trends in environmental and materials engineering” TEME 2015
5. Ștefan Mihai Petrea, Victor Cristea, Lorena Dediu, Maria Contoman, Paul Lupoae, Sandița (Ion) Plăcintă, Marian Tiberiu Coadă, **Mugurel Enache**, A comparison of nitrate level in

spinach grown both under different densities in aquaponic system and under natural growth conditions, The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati Fascicle VI – Food Technology (2013), 37(2), 47-58, B+

http://www.ann.ugal.ro/tpa/ft_2013_no_2.htm

6. Ioan Stângu, Maria Contoman, Alexandrina Zaharia, Octavian Roman, **Mugurel Enache**, Mariana Răvdan, Cadastre – Lasting Development and Environment Protection, FIG Working Week 2004, Athens, Greece, May 22-27, 2004

https://m.fig.net/resources/proceedings/fig_proceedings/athens/papers/ts09/ts09_6_stan_gu_et_al.pdf

7. Ioan Stângu, Maria Contoman, Alexandrina Zaharia, Octavian Roman, **Mugurel Enache**, Cadastru-rol și cerințe în contextul dezvoltării durabile, , Simpozionul „Alimentele și sănătatea la începutul mileniului III, Universitatea „Dunărea de Jos” Galați, noiembrie 2001, pag. 525-531, Editura Academica, ISBN 973-8316-15-4

8. Ioan Stângu, Maria Contoman, Alexandrina Zaharia, Octavian Roman, **Mugurel Enache**, Centru interdisciplinar de învățământ superior și cercetare a resurselor mediului înconjurător din zona transfrontalieră a euroregiunii „Dunărea de Jos”, , Simpozionul „Alimentele și sănătatea la începutul mileniului III, Universitatea „Dunărea de Jos” Galați, noiembrie 2001, pag. 532 - 540, Editura Academica, ISBN 973-8316-15-4

9. **Mugurel Enache**, Ioan Stângu, Maria Contoman, Alexandrina Zaharia, Octavian Roman, Laboratorul de tehnologie didactică și multimedia din cadrul D.C.G.P.M. – realizări și perspective, Simpozionul „Alimentele și sănătatea la începutul mileniului III, Universitatea „Dunărea de Jos” Galați, noiembrie 2001, pag. 541 - 547, Editura Academica, ISBN 973-8316-15-4

10. Alexandrina Zaharia, Ioan Stângu, Maria Contoman, Octavian Roman, **Mugurel Enache**, Dreptul de proprietate asupra terenurilor, în lumina legii 18/1991, republicată, Simpozionul „Alimentele și sănătatea la începutul mileniului III, Universitatea „Dunărea de Jos” Galați, noiembrie 2001, pag. 548 - 553, Editura Academica, ISBN 973-8316-15-4

11. Alexandrina Zaharia, Ioan Stângu, Maria Contoman, Octavian Roman, **Mugurel Enache**, Publicitatea imobiliară, rol, importanță, cerințe, în contextul întocmirii cărților funciare, conform legislației în vigoare, Simpozionul „Alimentele și sănătatea la începutul mileniului III, Universitatea „Dunărea de Jos” Galați, noiembrie 2001, pag. 554 - 559, Editura Academica, ISBN 973-8316-15-4

12. Maria Contoman, Ioan Stângu, Alexandrina Zaharia, Octavian Roman, **Mugurel Enache**, Bonitarea cadastrală a terenurilor, baza evaluării economice a resurselor funciare, , Simpozionul „Alimentele și sănătatea la începutul mileniului III, Universitatea „Dunărea de Jos” Galați, noiembrie 2001, pag. 560 - 564, Editura Academica, ISBN 973-8316-15-4

13. Maria Contoman, Ioan Stângu, Alexandrina Zaharia, Octavian Roman, **Mugurel Enache**, Agricultură ecologică în contextul dezvoltării durabile din țara noastră, Simpozionul „Alimentele și sănătatea la începutul mileniului III, Universitatea „Dunărea de Jos” Galați, noiembrie 2001, pag. 565 - 567, Editura Academica, ISBN 973-8316-15-4

14. Octavian Roman, Ioan Stângu, **Mugurel Enache**, Metode de integrare a rețelelor de sprijin și ridicare, determinate cu ajutorul stațiilor de poziționare globală (G.P.S.), în sistemul de

referință național, , Simpozionul „Alimentele și sănătatea la începutul mileniului III, Universitatea „Dunărea de Jos” Galați, noiembrie 2001, pag. 578 - 580, Editura Academica, ISBN 973-8316-15-4

BIBLIOGRAFIE:

Cărți:

1. Borza P., Gerigan C., Ogrutan P., Toacșe Ghe. , *Microcontrollere - Aplicații*, Editura Tehnică, București , 2000 , ISBN 973-31-1577-6
2. Cristea V., Grecu I., Ceapă C. , *Ingineria sistemelor recirculante*, Editura Didactică și Pedagogică, București , 2002 , ISBN 973-30-2785-5
3. Deaconu A. , *Programarea în limbajele C/C++ și aplicații* , Editura Albastră, Cluj-Napoca , 2007 , ISBN 978-973-650-211-8
4. Giurescu C.C. , *Istoria pescuitului și a pisciculturii în România* , Editura Academiei Romane , 1964
5. Ignat I., Ignat C.-L. , *Structuri de date și algoritmi* , Editura Albastră, Cluj-Napoca , 2014 , ISBN 978-973-650-298-9
6. Iorga V. , *Programare în C* , Editura Albastră, Cluj-Napoca , 2011 , ISBN 978-973-650-274-3
7. Pașca S., Tomescu N., Sztojanov I. , *Dispozitive și circuite electronice fundamentale* , Editura Albastră, Cluj-Napoca , 2004 , ISBN 973-650-112-4
8. Popa P., Patriche N. , *Chimia mediului acvatic* , Editura Ceres, București , 2001 ,
9. Popa P., Patriche N., Mocanu R., Sârb C. , *Calitatea mediului acvatic* , Editura Ceres, București , 2001 ,
10. Stoilescu D. , *Manual de C/C++* , Editura Radial, București , 1998 , ISBN 973-98337-0-3
11. Sztojanov I., Pașca S., Tomescu N., *Electronică digitală* , Editura Albastră, Cluj-Napoca , 2004 , ISBN 973-650-117-5
12. Timmons M.B., Ebeling J.M., Wheaton F.W., Summerfelt S.T., Vinci B.J., *Recirculating aquaculture systems, 2nd edition* , Northeastern Regional Aquaculture Center , 2005 ,
13. Tomescu N., Sztojanov I., Pașca S. , *Electronică analogică* , Editura Albastră, Cluj-Napoca , 2004 , ISBN 973-650-113-2

Lucrări științifice/articole:

1. Ahmad S.M. Shah F.A, Bhat F.A.,Bhat J.I.A,Balkhi M.H., *Thermal adaptability and disease association in common carp (Cyprinus carpio communis) acclimated to different (four) temperatures*, Vol. Journal of Thermal Biology (36), pp:492–497, 2011
2. Blancheton J.P., *Developments in recirculation systems for mediterranean fish species*, Aquacultural Engineering: p 17-31 : Vol. 22, 2000

3. Blancheton J.P., Coves D., Lemarie G., *Intensive land-based marine fish aquaculture in closed systems, hatchery and on growing units: state of the art prospects*, Journal of Japanese aquaculture societies Suizanzoshoku H9, p 143-149, 1997
4. Bocioc E., Cristea V., Patriche N., Grecu I., (Plăcintă) Ion S., Coadă M.T., Ionescu T., *Water Quality Monitoring Into A Recirculating Aquaculture System For Intensive Rearing Of Carp (Cyprinus Carpio) Juveniles Fed With Probiotics Supplement*, Iasi : Ion Ionescu de la Brad - Vol. Lucrări științifice, seria zootehnie vol 55, (16) pp:289-294., 2011
5. Boyd C.E., *Water quality in ponds for aquaculture*, Alabama agricultural experiment station: Auburn University, AL, 1990
6. Boyd C.E., *Water quality, an introduction*, Kluwer Academic Publishers, Boston, MA, 2000
7. Broekhuizen N., Gurney, W.S.C., Jones, A., Bryant, A.D., *Modelling compensatory growth*, Funct. Eco : Vol. 8: 770–782., 1994
8. Chen G.H., Ozaki H., Terashima Y., *Modeling of simultaneous removal of organic substances and nitrogen in a biofilm*, Water Science Technology, vol 21, p 791 - 804, 1989
9. Chen S., Ling J., Blancheton J., *Nitrification kinetics of biofilm as affected by water quality factors*, Aquacultural Engineering, vol 34, p 179 - 197, 2006
10. Coadă M. T., Cristea V. , Patriche N. , Patriche T., Raduta R, Bocioc E., (Plăcintă) Ion S., *Preliminary Results on Growth of Juvenile Sturgeon (Acipenser gueldenstaedti Brandt & Ratzeburg, 1833) in Open Aquaculture Systems*, Vol. JOURNAL OF ENVIRONMENTAL PROTECTION AND ECOLOGY PROTECTION AND ECOLOGY (JEPE) Vol.12, No4 2011, page 1910 ISSN 1311-5065 <http://www.jepe-journal.info/vol12-no4a>, 2011
11. Coadă M.T. Patriche N., Ion (Plăcintă) S., Cristea V. , Popescu A., Bocioc E., *The influence upon the variation of the main physical-chemical water parameters upon the breeding of the species Polyodon spathula in a recirculating aquaculture system*, Iași: Lucrări științifice, seria zootehnie : Vol. 55(16): 380-384.,, 2011
12. Cristea V., Ceapă C., Răuță M., Ștefănescu V., *Oportunitatea și condițiile introducerii sistemelor superintensive în acvacultura României*, Aquarom 98, Simpozion Galați, 18-22 mai, 1998
13. Cristea V., Sfetcu L., Grecu I., Mihalache A., Vasilean I., *Rearing of different fish species in a experimental recirculating systems* , Buletin USAMV Cluj Napoca, 62/2005, ISSN 1454-2382, 2005
14. Doolan B.J., Booth M.A., Jones P.L., Allan G.I., *Effect of cage colour and light environment on the skin colour of Australian snapper Pagrus auratus (Bloch and Schneider, 1801)*, Vol. Aquaculture Res., 38 pp: 1395-1403, 2007
15. Egna H. S., *History of the pond dynamics/Aquaculture collaborative research support program*, Dynamics of pond aquaculture, CRC Press, 1997
16. Endal H.P., Taranger G.L., Stefansson S.O., Hansen T., *Effects of continuous additional light on growth and sexual maturity in Atlantic salmon, Salmo salar, reared in sea cages*, Vol. Aquaculture, 191, pp: 337-349, 2009

17. Franco-Nava M.A., Blancheton, J.P., Deviller, G., Le-Gall, J.Y., *Organic matter dynamics and transformations in a recirculating aquaculture system: Application of stable isotope tracers in a sea bass rearing*, Vol. Aquacultural Engineering, 2004
18. Ghittino P., *Technology and Pathology in Aquaculture*, Italy (Bono, Turin) : Vol. 1., 1983
19. Goldberg R., Triplett T., *Environmental effects of aquaculture in the United States*, Environmental defence fund, Washington DC, 1997
20. Hagopian D.S., Riley J.G., *A closer look at the bacteriology of nitrification*, Vol. Aquacultural Engineering 18 pp: 223 – 244, 1998
21. Han D., Xie S.H., Lei W., Zhu X., Yang Y., *Effect of light intensity on growth, survival and skin color of juvenile Chinese longsnout catfish (Leiocassis longirostris Günther)*, Vol. Aquaculture 248, pp: 299-306, 1998
22. Hanus F.J., Morita R.Y., *Significance of the temperature characteristics of growth*, Journal of bacteriology, p 736 - 737, 1968
23. Hutchinson W. Jeffrey M. O'Sullivan, D. Casement, Clark, S. , *Recirculating Aquaculture System Minimum Standard for Design, Construction and Management*, Australia Research and Development Institute, 2004
24. Hutchinson W., Jeffrey M., O'Sullivan D, Casement D. , *Recirculating Aquaculture Systems: Minimum Standards for Design, Construction*, Inland Aquaculture Association of South Australia Inc., 2004
25. Ion (Placinta) S, Cristea V., Bocioc E., Ionescu T. I., Coadă M. T., Enache I. , *Monitoring the Water Quality in the Aquaculture Recirculating Systems*, Vol. " JOURNAL OF ENVIRONMENTAL PROTECTION AND ECOLOGY (JEPE) Vol.12, No4 2011, page:1656: ISSN 13., 2011
26. James S.D., Szyper J.P., Batterson T.R., Boyd C.E., Piedrahita R.H., *Water quality in ponds*, Dynamics of pond aquaculture, CRC Press, 1997
27. Kelly A.M., Kohler C.C., *Climate, site and pond design*, Dynamics of pond aquaculture, CRC Press, 1997
28. Kevin J.C., Doroshov S.I. , *Effect of Water Temperature and Formulated Diets on Growth and Survival of Larval Paddlefish.*, Transactions of the American Fisheries Society 121, 1992
29. Knud-Hansen C.F., *Experimental design and analysis in aquaculture*, Dynamics of pond aquaculture, CRC Press, 1997
30. Kroll J.K., Van Eenennaam J.P., Doroshov S.I., Hamilton J.E., Russel T.R., *Effect of water temperature and formulated diets on growth and survival of larval paddlefish*, Vol. Trans Am Fish Soc 121(4) pp:538–543, 1992
31. Léonard N., Blancheton, J.P. and Guirau, J.P., *Populations of heterotrophic bacteria in an experimental recirculating aquaculture system*, Vol. Aquaculture Engineering, 22, pp: 109-120, 2001
32. Lewis W.M. Jr Morris D.P., *Toxicity of nitrite to fish: a review*, Vol. Trans Am Fish Soc 115, pp:183–195., 1986

33. Losordo T. M., *Recirculating aquaculture production systems*, Vol. The status and future Aquaculture Magazine 24(Jan./Febr.): 38-45, Vol. The status and future Aquaculture Magazine 24(Jan./Febr.): 38-45, 1998
34. Losordo T., Masser, M., Rakocy J., *Recirculating aquaculture tank production systems: An overview of critical considerations*, Southern Regional Aquaculture Center Publication 451., 1992
35. Martinsa C.I.M. ,Edinga E.H., Verdegema M.C.J. , Heinsbroeka L.T.N., Schneiderc O., Blanchetond J.P., Roque d'Orbcasteld E., Verreth J.A.J., *New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: A perspective on environmental sustainability*, Aquacultural Engineering, - 3 pp: 83-93 : Vol. 43, 2010
36. Masser M. P, Rakocy J., Losordo T. M., *Recirculating Aquaculture Tanks Production System, Management of Recirculating System*, Vol. Southern Regional Aquaculture Center, SRAC Publication No. 452, 1999
37. Michael P., Masser J.R., Losordo T.M., *Recirculating Aquaculture Tank Production Systems*, SRAC Publication No. 452, 1999
38. Petrea Ş.M., Cristea V., Dediu L., Contoman M., Lupoae P., (Ion) Plăcintă S., Coadă M.T., **Enache M.**, *A comparison of nitrate level in spinach grown both under different densities in aquaponic system and under natural growth conditions*, The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati Fascicle VI – Food Technology (2013), 37(2), 47-58, 2013
39. Piedrahita R.H., Nath S.S., Bolte J., Culberson S.D., Giovannini P., Ernst D.H., *Computer applications in pond aquaculture - modeling and decision support systems*, Dynamics of pond aquaculture, CRC Press, 1997
40. Piedrahita R.H., Seland A., *Calculation of pH in fresh and sea water aquaculture systems*, Vol. Aquacultural engineering 14 (4) pp: 331-346, 1995
41. Pillay T.V.R., Kutty, M.N., *Aquaculture, Principles and Practices*, 2nd Edition 630 p., Ltd, Oxford, UK. : Blackwell Publishing, 2005
42. Russo R., Thurston R., *Toxicity of ammonia, nitrite, and nitrate to fishes*, Vol. Brune DE, Tomasso JR (eds) Aquaculture and Wate Quality. World Aquaculture Society, Baton Rouge LA, pp 58–89, 1991
43. Russo R.C., Thurston R.V., Emerson K., *Acute toxicity of nitrite to rainbow trout (Salmo gairdneri):effects of pH, nitrite species, and anion species*, Can J Fish Aquat Sci : Vol. 38: 387-393, 1981
44. Sadati M. A., Pourkazemi Y. M., Shakurian M., Hasani M. H. S., Pournali H. R., Pourasaadi M., Youse A., *Effects of daily temperature fluctuations on growth and hematology of juvenile Acipenser baeri*, Vol. J. Appl. Ichthyol. 27, pp:591–594, 2011
45. Seim W.K., Boyd C.E., James S.D., *Environmental considerations*, Dynamics of pond aquaculture, CRC Press, 1997
46. Singh S., Ebeling J., Wheaton F. , *Water quality trials in four recirculating aquacultural systems configurations*, Vol. Aquacult. Eng. 20, pp: 75–84, 1999
47. Soderberg R.W., *Factors affecting fish growth and production*, Dynamics of pond aquaculture, CRC Press, 1997

48. Summerfelt R.C., Penne, C.R., *Solids removal in a recirculating aquaculture system where the majority of flow bypasses the microscreen filter*, Vol. Aquaculture Engineering, 33 pp: 214-224, 2005

49. Svobodova Z., Manchova J., Poleszczuk G., Hoda J., *Nitrite Poisoning of Fish in Aquaculture Facilities with Water-recirculating Systems*, Vol. ACTA VET. BRNO 74 pp: 129-137, 2005

50. Veverica K.L., Molnar J.J., *Developing and extending aquaculture technology for producers*, Dynamics of pond aquaculture, CRC Press, 1997

51. Wedemeyer G. A., McLeay D. J. , *Methods for determining the tolerance of fishes to environmental stressors*, New-York : A.D. Pickering Academic Press, 1981. - Vol. Stress and fish, pp. 247–275, 1981

Materiale on-line (link-uri):

1. ***, <http://en.wikipedia.org/wiki/Aquaculture>
2. ***, http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_fishing
3. ***, <http://integrated-aqua.com/wordpress/wp-content/uploads/2011/04/Summerfelt-et-al-2004-UV-destruction-of-ozone.pdf>
4. ***, <http://web.ulbsibiu.ro/laurean.bogdan/html/PLC1.pdf>
5. ***, <http://www.anre.ro/download.php?f=f618ig%3D%3D&t=vdeyut7dlcecrLbbvbY%3D>
6. ***, <http://www.atmel.com/images/doc2503.pdf> ; www.atmel.com
7. ***, <http://www.fao.org/about/en/>
8. ***, <http://www.fao.org/docrep/field/009/ag158e/AG158E01.htm>
9. ***, http://www.fao.org/fishery/static/Yearbook/YB2014_CD_Master/
10. ***, <http://www.hpinfotech.ro/codewizardavr.html>
11. ***, http://www.hpinfotech.ro/cvavr_features.html
12. ***, <http://www.labor-soft.ro/PromovSpecial/pHteorie.htm>
13. ***, <http://www.microchip.com/maps/microcontroller.aspx>
14. ***, <http://www.microchip.com/wwwproducts/en/24LC256>
15. ***, http://www.nxp.com/documents/data_sheet/HEF4081B.pdf
16. ***, http://www.nxp.com/documents/data_sheet/PCF8563.pdf
17. ***, http://www.nxp.com/documents/data_sheet/PCF8583.pdf
18. ***, http://www.sier.ro/Articolul_5_4_2.pdf
19. ***, <http://www.unuftp.is/static/fellows/document/mercedes07prf.pdf>
20. ***, http://www.wavecom.com.au/wcm_customer_support.php
21. ***,
<https://books.google.ro/books?id=q0GUV4TemgcC&pg=PA424&lpq=PA424&dq=Noble+%26+Summerfelt&source=bl&ots=d3qHCjl7La&sig=n2ILjOIQFeNU3ZOWUGY9JfuG5oY&hl=ro&sa=X&ved=0ahUKEwiC9MOIrcDOAhULtBQKHdYwDBcQ6AEIOTAD#v=onepage&q=Noble%20%26%20Summerfelt&f=false>
22. ***, <https://www.microchip.com/selection-tools>
23. ***, <https://www.sierrawireless.com/products-and-solutions/gsmr-solutions/>