

Ministerul Educației, Culturii și Cercetării al Republicii Moldova

**Universitatea Tehnică a Moldovei
Facultatea Calculatoare, Informatică și Microelectronică
Departamentul Microelectronică și Inginerie Biomedicală**

**Aprob
Șef departament MIB
Lupan Oleg, prof.univ., dr. hab.**

_____ 2020

Elaborarea sistemului de monitorizare a calității apei

Teză de master

Student:

Gîsca Mihai, grupa IBM-191M

Coordonator:

**Iavorschi Anatolie, lector
universitar**

Chișinău – 2020

REZUMAT

la teza de master a studentului Gîsca Mihai
tema „Elaborarea sistemului de monitorizare a calității apei”

Lucrarea cuprinde: 3 capitole, 44 figuri, 11 tabele și 36 surse bibliografice.

Cuvinte-cheie: monitorizare, sistem, apă, nitrați, senzori.

Scopul lucrării constă în proiectarea și elaborarea unui sistem de monitorizare a calității apei.

Obiectivele generale – analiza bibliografică în domeniu, proiectarea și elaborarea plăcii de bază, elaborarea software-ului pentru placa de bază, elaborarea software-ului pentru aplicația de smartphone Android, configurarea unui server FTP.

Domeniul de cercetare îl constituie aspectele teoretice și practice de elaborare a unui sistem de monitorizare a calității apei, programarea unui microcontrolor care va realiza comunicația prin protocolul Modbus RTU, transmiterea datelor de măsurare către aplicația de smartphone Android, afișarea și stocarea datelor de măsurare și localizare, transmiterea datelor către un server FTP.

Originalitate științifică, comunicația dintre placa de bază și smartphone se bazează pe un principiu dinamic de stabilire a conexiunii Bluetooth, care permite conectarea automată dintre aplicație și placă atunci când acestea sunt în raza de comunicare. Aplicația de smartphone prezintă servicii care rulează în prim plan, ceea ce permite menținerea lor în stare de funcționare chiar dacă aplicația a fost transmisă pe fundal. Pentru sistemele de operare de la Android 8 în sus, serviciile în prim plan vor rula chiar dacă aplicația va fi eliminată complet din memorie, ceea ce permite funcționarea aplicației în situații extreme, astfel asigurând o monitorizare fiabilă a calității apei.

Teza cuprinde în sine introducere, trei capitole, concluzii și bibliografie.

Capitolul 1 conține descrierea aspectelor teoretice despre principalii parametri ai apei care pot fi monitorizați, descrierea sondei TriOS OPUS care este utilizată atât pentru măsurarea nivelurilor de nitriți și nitrați în apă, dar și a altor parametrii, precum și abordarea protocolului de comunicare Modbus RTU prin care se va realiza comunicația cu sonda.

Al doilea capitol conține cerințele pentru elaborarea plăcii de bază, descrierea componentelor utilizate pentru proiectarea plăcii de bază, lista de materiale, schema electrică și a cablajului imprimat, poze demonstrative ale realizării plăcii de bază.

Capitolul 3 conține cerințele pentru elaborarea software-urilor pentru placa de bază și a aplicației de smartphone Android, implementarea comunicației wireless dintre aplicația de smartphone și placa de bază prin modulul Bluetooth HC-06 și comunicației dintre placa de bază și sondă prin protocolul Modbus RTU, interfața cu utilizatorul al aplicației de smartphone,

implementarea serviciilor în prim plan pentru comunicația Bluetooth și obținerea coordonatelor de localizare, realizarea transmiterii și stocării datelor de măsurare și localizare pe un server FTP.

În concluzie se remarcă că scopul principal al proiectului s-a atins, placa de bază a fost proiectată și realizată, s-au implementat funcțiile de solicitare a datelor de la sondă, s-au implementat funcțiile de comunicare cu aplicația de smartphone, s-a elaborat interfața grafică cu utilizatorul, s-au elaborate serviciile de comunicare prin Bluetooth și de obținere a coordonatelor de localizare, s-au stocat local datele la anumite intervale de timp și s-au transmis și stocat la distanță datele la anumite intervale de timp.

ANNOTATION

to the Master thesis of student Gisca Mihai
theme "The development of the monitoring system of water quality parameters"

The thesis includes: 3 chapters, 44 figures, 11 tables and 36 bibliographic sources.

Keywords: monitoring, system, water, nitrates, sensors.

The purpose of the thesis is to design and develop a monitoring system of water quality parameters.

The general objectives - the bibliographic analysis in the field, hardware design and development of the main board, the software development for the main board, the software development of the Android mobile application, configuration of an FTP server.

The research field consists of theoretical and practical aspects of the design and development of a water quality monitoring system, programming of a microcontroller that will perform the communication via Modbus RTU communication protocol, the transmission of acquisitioned data to an Android mobile application, displaying and storing acquisitioned and location data, transmission of data to an FTP server.

Scientific originality, the communication between main board and Android mobile application is based on a dynamic principle of establishing a Bluetooth connection, that allows the automatic connection between the application and the board when they are in the communication radius. Mobile application provides services that do their work in foreground, which allows them to continue working even when the application was sent to the background. For Android 8 operating systems and above, the foreground services will continue working even if the application was removed completely from the memory, allowing the application to work in severe conditions and providing a reliable monitoring of water quality.

Thesis contains introduction, three chapters, conclusions and bibliography.

Chapter one contains the description of the theoretical aspects of the basic water parameters that can be monitored, the description of the TriOS OPUS sensor that is used for measurement of nitrates and nitrites levels, and other parameters, and an approach of the Modbus RTU communication protocol that will be used to implement communication with sensor.

The second chapter contains the requirements for design and development of the main board, the description of components used to design the main board, the bill of materials, the wiring diagram, the printed circuit diagram, and images of the developed main board.

The third chapter contains requirements for software development for main board and Android mobile application, the implementation of wireless communication between mobile application and main board via HC-06 Bluetooth module and the communication between main board and sensor via Modbus RTU protocol, definition of mobile application user interface, implementation of foreground services for Bluetooth communication and obtaining of location

data, implementation of transmission and storing of acquisitioned and location data to an FTP server.

In conclusion is noted that the main purpose of the project was achieved, the main board was designed and developed, functions for sensor data acquisition were implemented, functions for mobile application communication were implemented, the mobile application user interface was developed, were implemented the foreground services for Bluetooth communication and for obtaining of location coordinates, the data were stored locally at defined periods of time, the data were transmitted and stored remotely a defined periods of time.

CUPRINS

INTRODUCERE	12
I. STUDIUL BIBLIOGRAFIC	14
1.1. Măsurarea calității apei	14
1.1.1. CDOM (materie organică dizolvată colorată)	14
1.1.2. Analiza fluorescenței clorofilei	16
1.1.3. Conductivitate, salinitate și solidele dizolvate total (TDS)	18
1.1.4. Temperatura	20
1.1.5. Nivelurile de oxigen dizolvat (DO)	21
1.1.6. pH	22
1.1.7. Turbiditatea	23
1.1.8. Azot și fosfor	24
1.2. Sonda de măsurare a nitratului	25
1.3. Protocolul Modbus RTU	27
II. ELABORAREA SISTEMULUI DE MONITORIZARE A CALITĂȚII APEI	29
2.1 Elaborarea schemei bloc a sistemului de monitorizare a calității apei	29
2.2 Elaborarea schemei bloc a plăcii de bază a sistemului de monitorizare	30
2.2.1 Unitatea de control	30
2.2.2 USART	32
2.2.3 SPI	33
2.2.4 TWI	35
2.3 Elaborarea circuitului de comunicare cu sonda	38
2.4 Modulul de comunicare prin Bluetooth	40
2.5 Semnalele de Intrare și Ieșire	41
2.5.1 Optocuploarele	41
2.5.2 Releele	42
2.6 Circuitul ceasului în timp real	42
2.7 Elaborarea circuitului de gestionare a alimentării	45
2.7.1 Regulatorul de tensiune 5V	45
2.7.2 Regulatorul de tensiune 3.3V	46
2.8 Elaborarea schemei electrice a plăcii de bază	47
2.9 Elaborarea plăcii cu cablaj imprimat	48
2.10 Elaborarea listei de componente pentru asamblarea plăcii de bază	49
2.11 Asamblarea plăcii de bază a sistemului de monitorizare a calității apei	50
2.12 Alimentarea plăcii de bază a sistemului de monitorizare a calității apei	50
III. ELABORAREA METODELOR DE MĂSURARE ȘI MONITORIZARE A PARAMETRILOR DE CALITATE A APEI	51
3.1 Elaborarea schemei bloc a funcționării sistemului de monitorizare	52

3.2	Elaborarea programului microprocesorului plăcii de bază a sistemului	53
3.2.1	Elaborarea schemei bloc a programului microprocesorului	53
3.2.2	Elaborarea algoritmului și funcțiilor de comunicare între placa de bază și smartphone	55
3.2.3	Elaborarea funcțiilor de comunicare cu sonda	57
3.2.4	Elaborarea funcțiilor de comunicare cu circuitului ceasului în timp real	58
3.3	Elaborarea programului al aplicației Android	60
3.3.1	Elaborarea schemei bloc a aplicației pentru Smartphone	60
3.3.2	Elaborarea serviciilor de bază ale sistemului	61
3.3.3	Elaborarea funcțiilor de citire a coordonatelor de localizare a Smartphone-ului	62
3.3.4	Implementarea algoritmului de comunicare cu placa de bază prin interfața Bluetooth	63
3.3.5	Elaborarea interfeței de reprezentare a datelor măsurate de la sondă	63
3.3.6	Elaborarea funcțiilor de stocare a datelor citite de la placa de bază într-un fișier txt	64
3.3.7	Elaborarea metodelor de încărcare a datelor măsurate pe un server FTP în mod automat	64
3.4	Testarea sistemului în condiții de laborator	65
3.5	Testarea sistemului de monitorizare în condiții reale	65
	CONCLUZII	66
	BIBLIOGRAFIE	67

INTRODUCERE

„Este responsabilitatea noastră individuală și colectivă ... de a conserva și îngriji lumea în care noi toți trăim.” Dalai Lama

Începând cu sfârșitul secolului XVIII în Anglia și continuând până la sfârșitul secolului XIX în întreaga lume, revoluția industrială a pus bazele unui nou nivel de exploatare a resurselor și consum în toate păturile sociale.

Secolul XX a fost un secol devastator atât din punct de vedere social, cât și din cel al mediului. Accidente naturale, petroliere și nucleare, defrișări în exces, incendii gigantice, emisii uriașe de CO₂ și mulți alți factori au stat la baza unor schimbări ecologice și climatice care au afectat natura, sute de milioane de vieți omenești și care au schimbat cursul climatelor pe întreg glob pentru sute de ani înainte.

Aflându-ne abia la începutul secolului XXI, deja am reușit să fim martorii unor accidente naturale, nucleare și petroliere devastatoare, incendii masive și chiar a unei pandemii (care de fapt a redus emisiile de CO₂ cu prețul destabilizărilor sociale).

Toate aceste aspecte au avut și continuă să aibă un impact devastator asupra Pământului. Majoritatea factorilor fiind antropici face ca anume omenirea să fie responsabilă de situația actuală și de a o îmbunătăți pe cât de mult e posibil.

În această ordine de idei, mai multe țări ale lumii, care deja fac parte din anumite organizații interstatale și/sau care aderă la/crează organizații interstatale noi, încearcă să ajungă la un consens în menținerea normelor ecologice și să adopte noi legi pentru a diminua factorii cu impact negativ, aceste metode reprezentând acțiuni internaționale de comun acord de remediere a situației ecologice.

Pe lângă acestea, fiecare țară, care are ca scop îmbunătățirea calității vieții cetățenilor săi, își creează planuri de diminuare a factorilor de risc ecologic pentru a preveni dezastrele la nivel național și a contribui la obiectivele comune ale organizațiilor din care țara face parte.

Deasemenea, persoane și/sau organizații din cadrul unei sau mai multor țări, interesate în îmbunătățirea calității vieții prin monitorizarea mediului și rezolvarea neregularităților legate de acesta, se întrunesc pentru a adopta și implementa un plan de acțiuni pentru a realiza obiectivele propuse. Prin implicarea specialiștilor din diverse domenii și a celor care au pură dorință de a da o mână de ajutor, se pot rezolva probleme de ordin local cu mai multă eficacitate și care să aibă

un impact pozitiv atât asupra mediului, cât și asupra ființelor care viețuiesc în zona de interes, fie umane sau nu.

Această lucrare are ca scop studiul metodelor de monitorizare a calității apei și anume în regiunea Bazinului Inferior al Dunării prin măsurarea periodică a nivelelor de nitrați, turbidității și substanțelor organice. Datele de măsurare vor fi citite, procesate, transmise și stocate pe un server al Institutul Național Delta Dunării. [1]

Din start se cunosc anumite detalii tehnice. Se va considera:

- montarea unui senzor fotometric de achiziție a parametrilor apei, obținut în baza unui proiect;
- dezvoltarea unui sistem de
 - citire a datelor din senzor,
 - stocare a datelor citite,
 - transmitere a datelor către un telefon;
- dezvoltarea unei aplicații de telefon care va încărca datele de senzor pe server;
- server pe care vor fi stocate datele de senzor.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Cretescu I, Kovács Z, Cimpeanu SM, *Monitoring of Surface Water Status in the Lower Danube Basin*, IntechOpen, © 2020. DOI: 10.5772/64399. [accesat la 20.12.2020]. Disponibil: <https://www.intechopen.com/books/river-basin-management/monitoring-of-surface-water-status-in-the-lower-danube-basin>
- [2] *Fondriest Environmental Learning Center: Chromophoric Dissolved Organic Matter*. Fondriest Environmental, Inc., © 2020. [accesat la 20.12.2020]. Disponibil: <https://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/chromophoric-dissolved-organic-matter/>
- [3] *Wikipedia: Colored dissolved organic matter*. Wikimedia Foundation, Inc. [accesat la 20.12.2020]. Disponibil: https://en.wikipedia.org/wiki/Colored_dissolved_organic_matter
- [4] Mark Altaweel, *GIS Lounge: Monitoring Lakes Using Remote Sensing Data*. GIS Lounge, © 2020. [accesat la 20.12.2020]. Disponibil: <https://www.gislounge.com/monitoring-lakes-using-remote-sensing-data/>
- [5] *YSI: The Basics of Chlorophyll Measurement*. YSI Inc. / Xylem Inc., © 2020. [accesat la 20.12.2020]. Disponibil: <https://www.ysi.com/File%20Library/Documents/Technical%20Notes/T606-The-Basics-of-Chlorophyll-Measurement.pdf>
- [6] *Fondriest Environmental Learning Center: Conductivity, Salinity & Total Dissolved Solids*. Fondriest Environmental, Inc., © 2020. [accesat la 20.12.2020]. Disponibil: <https://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/conductivity-salinity-tds/>
- [7] *Fondriest Environmental Learning Center: Water Temperature*. Fondriest Environmental, Inc., © 2020. [accesat la 20.12.2020]. Disponibil: <https://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/water-temperature/>
- [8] U.S. Geological Survey, 2020, Water Science School: Dissolved Oxygen and Water. [accesat la 20.12.2020]. Disponibil: https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/dissolved-oxygen-and-water?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects
- [9] U.S. Geological Survey, 2020, Water Science School: pH and Water. [accesat la 20.12.2020]. Disponibil: https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/ph-and-water?qt-science_center_objects=0#
- [10] U.S. Geological Survey, 2020, Water Science School: Turbidity and Water. [accesat la 20.12.2020]. Disponibil: https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/turbidity-and-water?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects
- [11] Minnesota Pollution Control Agency, *Nutrients: Phosphorus, Nitrogen. Sources, Impact on Water Quality – A General Overview*. [accesat la 20.12.2020]. Disponibil: <https://www.pca.state.mn.us/sites/default/files/wq-iw3-22.pdf>
- [12] Boynton W., *Impact of Phosphorus on Estuarine Water Quality*. [accesat la 20.12.2020]. Disponibil: https://www.youtube.com/watch?v=PkbH_AE5exk&ab_channel=Mid-AtlanticCropSchool

- [13] *TriOS Optical Sensors: OPUS Operating Instructions*. Hydrotech ZS Consulting, © 2016. [accesat la 20.12.2020]. Disponibil: <https://www.hydrotechzs.com/downloads/opus-manual.pdf>
- [14] *Real Time Automation: MODBUS RTU*. Real Time Automation, © 2020. [accesat la 20.12.2020]. Disponibil: <https://www.rtautomation.com/technologies/modbus-rtu/>
- [15] Microchip, „8-bit Atmel Microcontroller with 128KBytes In-System Programmable Flash”, ATmega128/ATmega128L Datasheet, Rev. 2467X–AVR–06/11. [accesat la 20.12.2020]. Disponibil: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/doc2467.pdf>
- [16] Maxim Integrated, „Low-Power, Slew-Rate-Limited RS-485/RS-422 Transceivers”, MAX491 Datasheet, Rev 10; 9/14. [accesat la 20.12.2020]. Disponibil: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX1487-MAX491.pdf>
- [17] *Components101: HC-06 Bluetooth Module*. Components101, © 2020. [accesat la 20.12.2020]. Disponibil: <https://components101.com/wireless/hc-06-bluetooth-module-pinout-datasheet>
- [18] SHARP, „High Density Mounting Type Photocoupler”, PC817 Datasheet. [accesat la 20.12.2020]. Disponibil: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/43370/SHARP/PC817A.html>
- [19] Tianbo Relay, „Power Relay”, HJR-3FF Datasheet. [accesat la 20.12.2020]. Disponibil: <https://asset.conrad.com/media10/add/160267/c1/-/en/001366512DS01/datasheet-1366512-tianbo-electronics-hjr-3ff-s-z-5vdc-pcb-relay-5-v-dc-15-a-1-change-over-1-pcs.pdf>
- [20] Maxim Integrated, „63 x 8, Serial, I2C Real-Time Clock”, DS1307 Datasheet, Rev. 3/15. [accesat la 20.12.2020]. Disponibil: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS1307.pdf>
- [21] STMicroelectronics, „Adjustable and fixed low drop positive voltage regulator”, LD1117 Datasheet, Rev. 37. [accesat la 20.12.2020]. Disponibil: <https://www.st.com/resource/en/datasheet/ld1117.pdf>
- [22] Texas Instruments, „LM317 3-Terminal Adjustable Regulator”, LM317 Datasheet, Rev. 4/2020. [accesat la 20.12.2020]. Disponibil: https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm317.pdf?ts=1599490354316&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.google.com%252F
- [23] HC Huicheng Information, „Bluetooth Serial HC-06”, HC-06 Datasheet, Rev. 2.2. [accesat la 20.12.2020]. Disponibil: <https://www.olimex.com/Products/Components/RF/BLUETOOTH-SERIAL-HC-06/resources/hc06.pdf>
- [24] *MinimalModbus: Serial Communication*. Jonas Berg Rev. 5d6c79bf, © 2019. [accesat la 20.12.2020]. Disponibil: <https://minimalmodbus.readthedocs.io/en/stable/serialcommunication.html>
- [25] *Android Developer: Request location permissions*. Google and Open Handset Alliance n.d. [accesat la 20.12.2020]. Disponibil: <https://developer.android.com/training/location/permissions>
- [26] *Android Developer: Fragments*. Google and Open Handset Alliance n.d. [accesat la 20.12.2020]. Disponibil: <https://developer.android.com/guide/fragments>
- [27] *Android Developer: BottomNavigationView*. Google and Open Handset Alliance n.d. [accesat la 20.12.2020]. Disponibil: <https://developer.android.com/reference/com/google/android/material/bottomnavigation/BottomNavigationView>

mNavigationView

- [28] *Android Developer: Services overview*. Google and Open Handset Alliance n.d. [accesat la 20.12.2020]. Disponibil: <https://developer.android.com/guide/components/services>
- [29] *Android Developer: Request location updates*. Google and Open Handset Alliance n.d. [accesat la 20.12.2020]. Disponibil: <https://developer.android.com/training/location/request-updates>
- [30] *Android Developer: Geocoder*. Google and Open Handset Alliance n.d. [accesat la 20.12.2020]. Disponibil: <https://developer.android.com/reference/android/location/Geocoder>
- [31] *Android Developer: AsyncTask*. Google and Open Handset Alliance n.d. [accesat la 20.12.2020]. Disponibil: <https://developer.android.com/reference/android/os/AsyncTask>
- [32] *Android Developer: Bluetooth overview*. Google and Open Handset Alliance n.d. [accesat la 20.12.2020]. Disponibil: <https://developer.android.com/guide/topics/connectivity/bluetooth>
- [33] *Android Developer: ViewModel overview*. Google and Open Handset Alliance n.d. [accesat la 20.12.2020]. Disponibil: <https://developer.android.com/topic/libraries/architecture/viewmodel>
- [34] *Android Developer: Data Binding Library*. Google and Open Handset Alliance n.d. [accesat la 20.12.2020]. Disponibil: <https://developer.android.com/topic/libraries/data-binding>
- [35] *Android Developer: Context - openFileOutput*. Google and Open Handset Alliance n.d. [accesat la 20.12.2020]. Disponibil: [https://developer.android.com/reference/android/content/Context#openFileOutput\(java.lang.String,%20int\)](https://developer.android.com/reference/android/content/Context#openFileOutput(java.lang.String,%20int))
- [36] *Apache Software Foundation: FTPSClient*. The Apache Software Foundation, © 2001-2017. [accesat la 20.12.2020]. Disponibil: <https://commons.apache.org/proper/commons-net/javadocs/api-3.6/org/apache/commons/net/ftp/FTPSClient.html>