

**Ministerul Educației al Republicii Moldova**  
**Universitatea Tehnică a Moldovei**  
**Programul de masterat „Microelectronica și Nanotehnologii”**

**Admis la susținere**  
**Șef Departament MIB:**  
**prof.univ.dr. Șontea Victor**

**„10” ianuarie 2018**

# **Analizator de frecvență**

## **Teză de master**

**Masterand: \_\_\_\_\_ Reu Constantin**

**Conducător: \_\_\_\_\_ Lect. sup. Andrei Bragarenco**

**Chișinău – 2018**

Ministerul Educației, Culturii și Cercetării al Republicii Moldova  
Universitatea Tehnică a Moldovei  
Programul de masterat „Microelectronica și Nanotehnologii”

Admis la susținere  
Șef Departament MIB:  
prof.univ.dr. Șontea Victor

„17” ianuarie 2018



## Elaborarea analizatorului de frecvență

Teză de master

Masterand: Reu Constantin

Conducător: Lect. sup. Andrei Bragarenco

Chișinău – 2018

## ADNOTARE

la teza de master cu tema “Analizator de frecvență”,

Teza cuprinde introducerea, trei capitole, concluzii, bibliografia din 21 titluri, 4 anexă, 53 pagini text de bază, inclusiv 37 figuri și 1 tabelă.

**Cuvinte cheie:** analizator de spectru, frecvență, modulație, algoritm, regiștri, limbaj de programare, RF, RSSI, schema electrică, circuit electronic, interfețe de comunicare.

**Domeniul de cercetare** îl constituie aspectele teoretice și practice ale modelării și verificării funcționale a semnalelor generate de diverse aparate radio.

**Scopul lucrării** constă în elaborarea unui dispozitiv și a unui algoritm care va fi ieftin de implementat și va ajuta la determinarea puterii unui semnal generat de la un oarecare dispozitiv radio.

**Noutatea și originalitatea** crearea unui algoritm simplu și efectiv de colectare a semnalului generat de un oarecare dispozitiv radio și salvarea acestuia la o interfață grafică; proiectarea algoritmului de vizualizare grafică a rezultatelor obținute și startul dispozitivului cu ajutorul unui protocol de comunicare.

**Semnificația teoretică** a lucrării o constituie elaborarea algoritmului de analiză și colectare a datelor din registrul RSSI și elaborarea algoritmului de afișare a semnalului în dB.

**Valoarea aplicativă a lucrării** constă în posibilitatea de a analiza semnale la anumite frecvențe radio cu un dispozitiv ușor de utilizat cu un algoritm bine pus la punct, cu o interfață grafică care permite pe puncte să analizez semnalul să îl salvez și să schimb diferite parametri cum ar fi banda, frecvența, numărul canalului și mulți alții.

## ANNOTATION

to the master thesis with the topic "Analyzer of Fregvency".

The thesis includes the introduction, three chapters, conclusions, the bibliography of 21 titles, 4 annex, 53 basic text pages, including 37 figures and 1 table.

**Keywords:** spectrum analyzer, fregvency, modulation, algorithm, registers, programming language, RF, RSSI, electrical scheme, electronic circuit, communication interfaces.

**The field of research** is the theoretical and practical aspects of modeling and functional verification of the signals generated by various radio apparatuses.

**The purpose of the paper** is to develop a device and an algorithm that will be cheap to implement and will help determine the power of a signal generated by some radio device.

**The novelty and originality** of creating a simple and effective algorithm for collecting the signal generated by a certain radio device and saving it to a graphical interface; designing the algorithm to graphically visualize the results obtained and start the device using a communication protocol.

**The theoretical significance** of the work is the elaboration of the algorithm for analyzing and collecting the data from the RSSI register and the elaboration of the signal display algorithm in dB.

**The applicative value of the paper** is the ability to analyze signals at certain radio frequencies with an easy-to-use device with a well-placed algorithm, with a graphical interface that allows points to analyze the signal to save and change different parameters such as be the band, the frenzy, the channel number and many others.

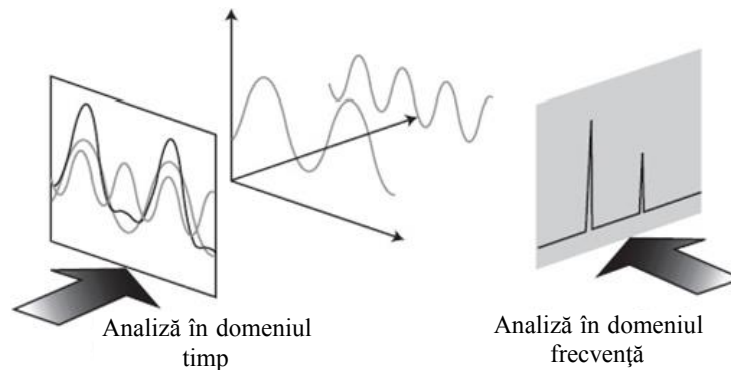
## CUPRINS

INTRODUCERE.....	4
I. ANALIZA SPECTRALĂ A SEMNALELOR.....	6
1.1. Caracteristici generale ale semnalelor .....	6
1.2. Tipuri de semnale electrice .....	9
1.3. Reprezentarea semnalelor în domeniul timp și în domeniul frecvență .....	10
1.4. Analizorul de spectru clasic .....	11
1.5. Elemente unui analizator de spectru de măsurare.....	13
1.6. Frecvență acoperire.....	16
1.7. Precizia amplitudinii .....	16
1.7.1. Specificarea acurateții frecvenței .....	17
1.7.2. Analizor de sensibilitate pentru analizorul de spectru .....	17
1.7.3. Specificația zgomotului de fază .....	17
1.7.4. Spectrometru de analiză spectrală.....	18
1.7.5. Ajustarea câștigului.....	18
1.7.6. Rata de scanare.....	19
1.8. Zgomot de fază .....	19
1.8.1. Rezolvarea fazelor de bază.....	20
1.8.2. Analiza spectrului de frecvențe de semnal puls.....	21
1.9. Descrierea RF cipului CC1200.....	23
1.9.1. Performanță RF .....	24
1.9.2. Caracteristici analogice .....	24
1.9.3. Caracteristici digitale .....	24
1.9.4. Funcții low-power .....	25
1.10. Descrierea circuitului CC1200.....	25
1.10.1. Comenzile Strobes .....	26
1.10.2. RSSI .....	27
1.10.3. Detectarea coliziunii .....	29
II. IMPLEMENTAREA ANALIZATORULUI DE FRECVENȚĂ.....	30
2.1. Implimentarea modulului RF.....	30
2.2. Componentele de bază a analizatorului de frecvență .....	31
2.3. Modul de configurare a regiștrilor .....	34
2.4. Proiectarea PCB pentru modulului RF .....	37

2.5. Dispozitivul real.....	39
III. PROIECTAREA ALGORITMULUI DE CALCUL A MODULULUI RF .....	40
3.1. Platforma software pentru scrierea codului .....	40
3.2. Proiectarea structurii softului.....	41
3.3. Interfața grafică.....	44
3.4. Pachetul de date de la programul “RF 430Mhz frequency diagram.exe” .....	47
3.5. Modul de lucru cu cipul CC1200.....	48
3.6. Rezultatele obținute .....	50
CONCLUZII .....	52
BIBLIOGRAFIE .....	53
ANEXA .....	54

## INTRODUCERE

Așa cum se cunoaște, orice semnal electric poate fi caracterizat, în mod univoc, prin două reprezentări: în domeniul timp și în domeniul frecvență (fig.1). Dacă anumite proprietăți ale semnalelor sunt mai relevante sau pot fi măsurate numai în domeniul timp (de exemplu, timpii de creștere și de cădere ai semnalelor de tip impuls), altele sunt mai concludente sau pot fi măsurate numai în domeniul frecvență (de exemplu, lățimea de bandă ocupată de un semnal modulat).



**Figura 1.1.** Exemplu de semnal complex, reprezentat în domeniul timp și în domeniul frecvență.

*Analizoarele de spectru* sunt instrumente care servesc la determinarea conținutului în armonici al semnalelor sau măsurarea puterii fiecărei componente spectrale. Ele afișează amplitudinea semnalelor în funcție de frecvență (măsurări în domeniul frecvență), fiind complementare osciloscopelor, care afișează amplitudinea semnalelor în funcție de timp.

După modul de extragere a armonicilor semnalelor, analizatoarele de spectru pot fi:

- *Seriale* - la care armonicile sunt extrase și afișate succesiv (analizorul superheterodină, analizorul cu filtru acordabil, analizorul cu filtru dispersiv);
- *în timp real* - care permit extragerea și afișarea simultană a tuturor armonicilor (analizorul cu filtre în paralel, analizorul cu compresie de timp, analizorul Fourier). [1]

De obicei, analizoarele seriale se utilizează la frecvențe înalte (radiofrecvență și microunde), iar analizoarele în timp real, mai mult la frecvențe joase (audiofrecvență). În domeniul compatibilității electromagnetice, analizoarele de spectru se utilizează cu predilecție în cadrul testelor de preconformitate, la măsurarea emisiilor radiate și conduse.

Pentru teste de conformitate, acestea trebuie să îndeplinească cerințele specificate în standardele CISPR, însă, chiar și prin utilizarea preselecțiilor, preamplificatoarelor și a software-ului specific, puține analizoare sunt capabile să se conformeze acestor standarde.

A fi capabil să privești semnalele în domeniul timpului oferă multe avantaje și în special pentru aplicațiile RF.

Privind semnalele din domeniul frecvenței cu ajutorul unui analizor de spectru permit aspecte precum conținutul armonic și fals al unui semnal de analizat. De asemenea, lățimea semnalelor când a fost aplicată modularea este importantă.

Aceste aspecte sunt de o importanță deosebită pentru dezvoltarea surselor de semnal RF și, în special, a oricărei forme de transmițător, inclusiv a celor în aplicații celulare, Wi-Fi și alte aplicații radio sau wireless. Radiația semnalelor nedorite va cauza interferențe altor utilizatori ai spectrului radio și, prin urmare, este foarte important să se asigure că toate semnalele nedorite sunt păstrate sub un nivel acceptabil, iar acest lucru poate fi monitorizat cu ajutorul unui analizor de spectru.

Analiza spectrului de frecvențe se utilizează pentru a determina dacă un anumit instrument de testare va fi capabil să îndeplinească cerințele impuse. Există mai multe specificații diferite, fiecare detaliind diferite aspecte ale performanței instrumentului.



## BIBLIOGRAFIE

### Manuale:

Agilent Technologies, *Spectrum Analysis Basics*, Application Note 150, 2004.

Hameg Instruments, *Spectrum Analyzer HM 5014-2*, Manual, 2004.

Cartianu, Gh., Săvescu, M., Constantin, I., Stanomir, D.: *Semnale, circuite și sisteme*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1980.

Dascălu, D., Rusu, A., Profirescu, M., Costea, I.: *Dispozitive și circuite electronice*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1982.

Dănilă, T., Reus, N.: *Dispozitive și circuite electronice*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1982.

Mateescu, A.: *Semnale circuite și sisteme*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1984. Brian W Kernigham, Dennis M Ritchie - *The C Programming Language* Prentice-Hall Software Series, 1978.

Ștefan, A., Strîmbu, C. Dumea, V.: *Semnale și Circuite Electronice Curs, vol I*, Editura Academiei Aviației și Apărării Antiaeriene "Henri Coandă", Brașov, 1999.

Strîmbu, C., Ștefan, A.: *Semnale și Circuite Electronice, Îndrumar de Laborator, vol I, II*, Brașov, Editura Academiei Aviației și Apărării Antiaeriene "Henri Coandă", Brașov, 2000.

Mateescu, A.: *Semnale circuite și sisteme*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1984.

*Limbajul C; manual de programare*, Institutul de tehnică de calcul, Cluj-Napoca 1984.

Herbert Schildt - *Manual C complet*, Editura Teora, 1998.

Marshall Brain - *Introduction to C Programming*.

Steve Summit - *Introductory C Programming Class Notes*.

Steve Summit - *Intermediate C Programming Class Notes*.

Brian Brown - *C Programming*.

Brian Brown - *An Introduction to C Programming*.

### Link-uri:

<http://www.programmingtutorials.com>

<http://devcentral.iftech.com/learning/tutorials/c-cpp/c/>

<http://www.cit.ac.nz/smac/cprogram/onlinet.htm>

<http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5952-0292.pdf>