



**UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI**

**ELABORAREA MODULULUI DE CERCETARE  
A NANOSENZORILOR DE RADIATIE ȘI  
SOFTULUI DE ACHIZIȚIE DATE PENTRU  
REALIZAREA MISIUNILOR  
NANOSATELITULUI “TUMnanoSAT”**

**Student:**

**Baranețchi Anatoli**

**Conducător:**

**conf. univ., dr.  
Secrieru Nicolae**

**Chișinău 2020**

**Ministerul Educației, Culturii și Cercetării al Republicii Moldova**  
**Universitatea Tehnică a Moldovei**  
**Facultatea Electronică și Telecomunicații**  
**Programul de masterat “Sisteme și Comunicații Electronice”**

**Admis la susținere**  
**Șef departament TSE:**  
**conf.univ.dr. Sava L.**

---

„\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2020

**ELABORAREA MODULULUI DE CERCETARE A  
NANOSENZORILOR DE RADIAȚIE ȘI SOFTULUI  
DE ACHIZIȚIE DATE PENTRU REALIZAREA  
MISIUNILOR NANOSATELITULUI “TUMnanoSAT”**

**Teză de master**

**Student:** \_\_\_\_\_ **Baranețchi Anatoli**

**Conducător:** \_\_\_\_\_ **conf. univ., dr.,  
Secrieru Nicolae**

**Chișinău 2020**

# REZUMAT

**Baranetchi Anatoli**

**Tema:** ELABORAREA MODULULUI DE CERCETARE A NANOSENZORILOR DE RADIATIE ȘI SOFTULUI DE ACHIZIȚIE DATE PENTRU REALIZAREA MISIUNILOR NANOSATELITULUI “TUMnanoSAT”

**Structura lucrării:** Introducere; Capitolul 1: CERCETAREA RADIATIEI SPAȚIALE ȘI INFLUENȚA ASUPRA DISPOZITIVELOR ELECTRONICE; Capitolul 2: ELABORAREA MODULULUI DE CERCETARE A NANOSENZORILOR DE RADIATIE ȘI SOFTULUI DE ACHIZIȚIE DATE; Capitolul 3: ELABORAREA ȘI IMPLEMENTAREA MODULULUI DE TESTARE A RADIATIEI SPAȚIALE; Concluzii; Bibliografia; Anexa; 1 tabel; 50 figuri.

**Cuvintele-Cheie:** Radiație, Absorbție, Date, Nanaosenzor, Nanosatelit.

**Scopul lucrării:** Elaborarea modului de nanosenzori care monitorizează constant nivelurile de radiație absorbită de electronica nanosatelitului “TUMnanoSAT”.

## **Obiectivele:**

1. Determinarea cerințelor pentru măsurarea radiației;
2. Cercetarea senzorilor pentru măsurarea radiației spațiale;
3. Cercetarea caracteristicilor convertoarelor ADC pentru măsurarea radiației spațiale;
4. Elaborarea schemei funcționale și principiale a modului de măsurare a radiației spațiale;
5. Proiectarea constructivă a modului de achiziție datelor a radiației spațiale;
6. Elaborarea algoritmului și softului de achiziție și stocare a datelor;

## **Metodele aplicate:**

- Metoda de analiză a materialelor semiconductoare;
- Metoda de elaborare a algoritmilor;
- Metoda de programare;
- Metoda de măsurărilor automate.

## **Rezultatele obținute:**

1. S-a cercetat și s-a determinat cerințele pentru măsurarea radiației;
2. S-a cercetat senzori pentru măsurarea radiației spațiale;
3. S-a cercetat convertor ADC-uri pentru măsurarea radiației spațiale după care s-a implementat ADC-ul ADS1115 ;
4. S-a elaborat schema funcțională și principială a modului de măsurare a radiației spațiale;
5. S-a efectuat proiectarea constructivă a modului de achiziție datelor a radiației spațiale;
6. S-a elaborat algoritmul și softul de achiziție și stocare a datelor.

# SUMMARY

**Baranęchi Anatoli**

**Title:** Elaboration of the research module of radiation nanosensors and data acquisition software for accomplishing the missions of the nanosatellite "TUMnanoSAT"

**Thesis structure:** Introduction; Chapter 1: SPATIAL RADIATION RESEARCH AND INFLUENCE ON ELECTRONIC DEVICES; Chapter 2: DEVELOPMENT OF THE RESEARCH MODULE FOR RADIATION NANOSENSORS AND DATA ACQUISITION SOFTWARE; Chapter 3: DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF THE SPATIAL RADIATION TEST MODULE; Conclusion; Bibliography; Annexes;1 tableles; 50 figure.

**Keywords:** Radiation, Absorption, Data, Nanaosensor, Nanosatellite.

**Thesis purpose:** Elaboration of the nanosensor module that constantly monitors the levels of radiation absorbed by the electronics of the nanosatellite "TUMnanoSAT".

## **Objectives:**

1. Determining the requirements for measuring radiation;
2. Research of sensors for measuring space radiation;
3. Research the characteristics of ADC converters for measuring space radiation;
4. Elaboration of the functional and principled scheme of the space radiation measurement module;
5. Constructive design of the data acquisition mode of space radiation;
6. Elaboration of the algorithm and software for data acquisition and storage;

## **Applied methods:**

- Method of analysis of semiconductor materials;
- Method of elaboration of algorithms;
- Programming method;
- Automatic measurement method.

## **The Obtained Results:**

1. Have been researched and determined requirements for measurement radiation;
2. Sensors for measuring space radiation were researched;
3. ADC converter was researched for measuring space radiation after which ADC1115 ADC was implemented;
4. Was elaborated principled and functional scheme for the module of measurement space radiation;
5. Was performed constructive design of the data acquisition module of space radiation;
6. The algorithm and software for data acquisition and storage have been elaborated.

## CUPRINS

<b>INTRODUCERE .....</b>	<b>9</b>
<b>1 CERCETAREA RADIAȚIEI SPAȚIALE ȘI INFLUENȚA ASUPRA DISPOZITIVELOR ELECTRONICE .....</b>	<b>11</b>
1.1 Fenomenul radiației spațiale.....	11
1.2 Analiza influenței radiației asupra modulelor electronice.....	17
1.2.1 Efecte de Eveniment Unic (Single Event Effects).....	19
1.2.2 SEU-uri și proiectarea circuitelor.....	21
1.3 Sateliți educaționali și cercetare tip CubeSat.....	23
1.4 Proiectele KiBoCUBE și TUMnanoSAT.....	25
1.5 Formularea problemelor de cercetare.....	28
<b>2 ELABORAREA MODULULI DE CERCETARE A NANOSENZORILOR DE RADIAȚIE ȘI SOFTULUI DE ACHIZIȚIE DATE.....</b>	<b>29</b>
2.1 Analiza misiunelor nanosatelitului “TUMnanoSAT”.....	29
2.2 Cercetarea senzorilor de radiație spațială.....	30
2.3 Nanosenzor pentru percepția radiației.....	41
2.4 Concluzii.....	50
<b>3 ELABORAREA ȘI IMPLEMENTAREA MODULULUI DE TESTARE A RADIAȚIEI SPAȚIALE.....</b>	<b>51</b>
3.1 Elaborarea schemei de măsurare RADFET în calitate de etalon .....	51
3.2 Elaborarea schemei de măsurare a modului cu nanosenzori .....	55
3.2.1 Măsurarea a parametrilor nanosenzorilor pe baza de oxizi nanostructurați.....	55
3.2.2 Dispozitivul de măsurare a parametrilor nanostructurilor în diapazonul micro-curenților.....	58
3.2.3 Analog-digital convertor al dispozitivul de măsurare a parametrilor nanostructurilor .....	60
3.3 Structura generală a softului OBC-ului .....	62
3.4 Algoritmul procesului de achiziție date .....	71
3.5 Algoritmul de procesare a măsurării valorilor .....	76
3.6 Procesul de comprimare/arhivare a datelor .....	80
<b>CONCLUZII .....</b>	<b>82</b>
<b>BIBLIOGRAFIE .....</b>	<b>83</b>
<b>ANEXE .....</b>	<b>85</b>

## INTRODUCERE

Radiațiile ionizante sunt una dintre preocupările majore în timpul dezvoltării misiunii spațiale, atât echipate cât și fără pilot. La fel cum corpul uman este afectat de radiații, la fel sunt și componentele electronice, care vor eșua sub anumite condiții.

Trebuie implementată o metodologie specială de proiectare, întărirea la radiații, pentru toate componentele satelitului, ceea ce crește dramatic costurile misiunii. Unele presupuneri sunt făcute în timpul planificării prin satelit, precum toleranța la radiații, peste care misiunea poate eșua. Doza absorbită poate fi prezisă prin simulări, dar evenimentele neobișnuite, cum ar fi erupțiile solare, pot modifica predicțiile la niveluri inacceptabile. Pentru monitorizare doza absorbită, majoritatea sateliților au la bord senzori de doză totală ionizantă (TID), care permit deorbitarea sau mutați satelitul pe orbita cimitirului înainte de a eșua.

De obicei, acești senzori sunt foarte scumpi și este greu să reduceți costurile datorită designului ASIC personalizat. De asemenea, sunt mari și necesită multă putere pentru a funcționa. Cu toate acestea, publicațiile recente sugerează că Tranzistoarele comerciale off-the-Shelf (COTS) pot fi utilizate pentru a asambla un senzor de doză absorbită.

Până în prezent, foarte puțini mici sateliți studenți (de exemplu, CubeSats) au senzori TID la bord. Aceasta este în principal datorită costului acestora, dar și resurselor limitate de timp, spațiu și energie. În prezent, acest senzor nu este critic în Orbita Pământului Scăzut (LEO), când, în urma eșecului, un satelit se va deorbita prin intermediul atmosferei trage. În viitorul apropiat, ca o consecință a extinderii pieței CubeSat dincolo de LEO, posibilitatea coliziilor prin satelit se așteaptă să crească semnificativ. Acest lucru va forța CubeSats să înceapă să implementeze mai multe tehnici de întărire a radiațiilor, care, pe pico- și nano-sateliți, constă în principal din componente COTS screening, teste de radiații și monitorizare în timp real a funcționării. Acest lucru deschide nevoia de CubeSat TID senzori, care în prezent nu sunt disponibili pe piață.

În această teză, este prezentat proiectarea unui modul de sarcină utilă a nanosatelitului TUMnanoSAT cu senzor de doză absorbită. Teza vizează prezentarea cerințe și soluții de proiectare, împreună cu simulări și teste preliminare. Senzorul prezentat este planificat să fie pilotat la bordul nanosatelitului "TUMnanoSAT

Pentru a atinge scopul tezei, s-au stabilit următoarele obiective:

- Determinarea cerințelor pentru măsurarea radiației;
- Cercetarea senzorilor pentru măsurarea radiației spațiale;
- Cercetarea caracteristicilor convertoarelor ADC pentru măsurarea radiației spațiale;
- Elaborarea schemei funcționale și principiale a modulului de măsurare a radiației spațiale;

- Proiectarea constructivă a modului de achiziție datelor a radiației spațiale;
- Elaborarea algoritmului și softului de achiziție și stocare a datelor;

În rezultat s-a obținut:

- S-a cercetat fenomenele radiației spațiale și influența ei asupra nanosenzorilor;
- S-a elaborat schemei de masurare RADFET în calitate de etalon;
- S-a elaborat schemei modulului cu dispozitivul de masurare a parametrilor nanosenzorilor care include în el un convertor analog;
- S-a elaborat algoritmul procesului de achiziție date, de procesare a măsurării valorilor și de comprimare/arhivare a datelor obținute.

## BIBLIOGRAFIE

1. Radiation environment. [Online; accessed 20-Nov-2016]. European Space Agency,
2. ESA-ESTEC. ECSS-Q-ST-60-15C: Radiation hardness assurance - EEE components.
3. Analog Devices. ADG709 datasheet. [http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ADG708\\_709.pdf](http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ADG708_709.pdf). [Online; accessed 20-Nov-2016].
4. Panwar L., Chaudhary H.S., Vaijapurkar S.G., Bohra D., Bhatnagar P.K. "Silicon PIN diode neu-tron dosimetry". IJPAP Vol.48(11) 48 (2010), 813 — 816.
5. Makowski D. The Impact on Electronic Devices with the Special Consideration of Neutron and Gamma Radiation Monitoring. A thesis of Ph.D., Department of Microelectronics and Computer Science, Technical University of Lodz. 2006.
6. Arsalan M., Shamim A., Tarr N.G., Roy L. "Miniaturized, low power FG MOSFET radiation sensor and wireless dosimeter system". Pat. US8519345 B2.
7. S., R. G. "pMOS dosimeters (RADFETs)" (2015). Applied Physics Laboratory, Faculty of Electronic Engineering, University of Nis, Serbia.
8. Wolpert D., Ampadu P. Managing Temperature Effects in Nanoscale Adaptive Systems. 2012.
9. Viorel Bostan, Nicolae Secrieru, Vladimir Melnic, Valentin Ilco, Alexei Martîniuc, Vladimir Vărzaru "TUMnanoSAT Nanosatellite And Kibocube Program" - "The 13th International Conference on Communications", 18-20 iunie, 2020, Universitatea Politehnică, Bucureşti. <https://ieeexplore.ieee.org>
10. Bostan, Ion; Secrieru, Nicolae; Ilco, Valentin; Levineţ, Nicolae; Bostan, Viorel; Candraman, Sergiu; Gîrşcan, Adrian; Margarint, Andrei. "Educational space missions of TUMnanoSat family" - . In: Telecommunications, Electronics and Informatics. 24-27 mai 2018, Chişinău. Tehnica UTM, 2018, pp. 295-302. ISBN 978-9975-45-540-4.
11. CEOS EO handbook – catalogue of satellite missions. –In: <http://database.eohandbook.com/database/missiontable.aspx>
12. World's largest database of nanosatellites, more than 1700 nanosats and CubeSats. – In: <http://www.nanosats.eu/>
13. CubeSat Design Specification (CDS) Rev. 13. The CubeSat Program, Cal Poly SLO, 2013. – In: <http://cubesat.org>



14. California Polytechnic State University, San Luis Obispo. CubeSat Design Specification Rev. 13.2014.
15. ESA. SPace ENVironment Information System. <http://www.spervis.oma.be/>. [Online; accessed 20-Nov-2016]. 1997.
16. ESA. European Cooperation for Space Standardization. <http://ecss.nl/>. [Online; accessed 20-Nov-2016]. 2016.
17. ESA. European Space Components Information Exchange System. <https://escies.org/>. [Online; accessed 20-Nov-2016]. 2016.
18. ESCIES. ESCC Radiation Test Methods and Guidelines - Total Dose Steady-State Irradiation Test Method.
19. ESA-ESTEC. ECSS-E-ST-20-07C: Electromagnetic compatibility.
20. Lupan O., Postica V., Hoppe M., Wolff N., Polonskyi O., Pauporté T., Viana B., Majérus O., Kienle L., Faupel F. and Adelung R. PdO/PdO<sub>2</sub> functionalized ZnO : Pd films for loweroperating temperature H<sub>2</sub> gas sensing *Nanoscale*, 2018, 10, 14107-14127
21. Lupan O. Structuri de dimensiuni reduse în bază de oxizi: Tehnologii, proprietăți și dispozitive Teză de doctor habilitat în tehnică: Universitatea Tehnică a Moldovei; 2011, p.1-335.
22. Lupan O. Tehnologia obținerii oxizilor ZnO, Cu<sub>2</sub>O, SiO<sub>2</sub> cu încălzirea fonică pentru dispozitive cu semiconductori Teză de doctor; Universitatea Tehnică a Moldovei; 2005, p. 1-151.
23. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4672055/>
24. Microcontrolere și micro sisteme de comandă. Curs online. (titular conf. univ. Nicolae Secieru) - In: <http://moodle.utm.md/course/view.php?id=638>