

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

” 9 ” 01 2019

ELABORAREA ȘI INTEGRAREA DISPOZITIVELOR PORTABILE CU MICRO NANO-SENZORI ÎN IOT

Teză de master

Masterand:  (Maimescu Ștefan)

Conducător:  (Lupan Oleg)

Chișinău – 2019

ADNOTARE

la teza de master cu tema „Elaborarea și integrarea dispozitivelor portabile cu micro-nano senzori de gaz in IoT”

Lucrarea cuprinde introducerea, 3 capitole, 56 figuri, 26 surse bibliografice și 6 anexe.

Scopul lucrării constă în proiectarea și realizarea unui dispozitiv portabil pentru măsurarea proprietăților senzorilor pe bază de un singur nano fir cu posibilitatea integrării acestuia în sisteme IoT.

Domeniul de cercetare îl constituie aspectele teoretice și practice de realizare a surselor de curent controlate digital care debitează un curent de ordinul nano amperilor și integrarea acestora în un dispozitiv portabil care va lucra concomitent cu patru senzori.

Originalitate științifică, sursele de curent sunt proiectate pe baza amplificatoarelor operaționale iar ieșirea de la senzorul de gaz este filtrată utilizând un filtru trece jos de tipul Butterworth, cu patru ordine în topologia Sallen Key care are o frecvență de tăiere de 10Hz și frecvența de stopare completă de 50Hz.

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

Capitolul 1 descrie aspecte teoretice despre senzorii de gaz pe bază de nano structuri, metode de măsurare și aspecte cheie a altor dispozitive existente pe piață.

Al doilea capitol conține modul de realizare practic a surselor de curent și a circuitului pentru colectare și transmitere a datelor.

Capitolul 3 conține exemple de testare a funcționalității surselor de curent, filtrelor și dispozitivului.

În concluzie se remarcă că scopul principal al proiectului s-a atins, sursele de curent sunt funcționale și se pot prelua datele de la senzori. La fel datele sunt transmise și stocate în baza de date și ulterior sunt afișate întrun mod citabil pentru utilizator.

În anexa 1 sunt prezentate schemele electrice principiale a surselor de curent, filtrelor analogice și a întregului sistem proiectat.

ANNOTATION

to the graduation thesis with the theme “Development and integration of micro-nano gas sensors in IoT”

The purpose of the paper is to describe the development process of portable gas detectors based on single nano rod gas sensor.

The research field approached in that work is the theoretical and practical aspects of digitally controlled current sources development wich achieve nano-ampere current and integration of it in a portable device that will work up to four sensors.

The scientific innovation of that work is using of digitally controlled nano-ampere current source based on operational amplifiers. The second part of this paper describes the techniques of analogical filtering using an active op-amp based Butterwort low pass filter with four stages and with Sallen Key topology.

The thesis contains introduction, four chapters, conclusions, a bibliography list and an annex.

The first chapter contains theoretical aspects about nano-structure based gas sensors, methods of measuring sensor parameters and another existing devices on this market.

The second chapter contains the practical way of implementing digitally controlled nano-ampere current sources and analogical filtering method.

The third chapter contains some examples of functionality testing, obtained results and sensor response when applying gas.

Annex 1 presentes the electrical schematics of main device and device used for collecting data over wireless conection.

Thus, the thesis contains three chapters, 56 figures, 26 bibliographic sources and one annex.

In conclusion, the main purpose of the project was achieved. Digitally controlled nano-ampere current sources were tested and are fully working with gas nanosensors. This device can be used as a measuring tool because it has an analogical part of signal processing and all data are noise free.

CUPRINS

CUPRINS	1
INTRODUCERE.....	7
I. METODE ȘI TEHNICI DE DETECTARE A GAZELOR	8
1.1 Actualitate și aplicații	8
1.2 Structuri de senzori din Rețele 3D de nano-micro-materiale	10
1.3 Structuri de micro și nano senzori în bază de structuri individuale.....	13
1.4 Integrarea senzorilor pe Chip și în Circuite.....	15
1.5 Sisteme de măsurare	17
1.6 Detectoare de gaz portabile existente pe piață.....	20
1.7 Ideile ce stau la baza elaborării dispozitivului.....	22
1.8 Internetul Lucrurilor IoT	24
1.9 Protocolul MQTT	25
1.10 Vizualizarea datelor colectate.....	26
II. PROIECTAREA DISPOZITIVULUI CU NANOSENZORI PENTRU DETECȚIA GAZELOR	27
2.1 Elaborarea schemei bloc a dispozitivului	27
2.2 Elaborarea algoritmului de măsurare.....	31
2.3 Extindere autonomie dispozitiv	33
2.4 Măsurarea Temperaturii și Umidității relative a aerului	33
2.5 Elaborarea sursei de curent.....	35
2.6 Elaborarea filtrului analogic activ	38
2.7 Integrarea sistemului cu microcontroller.....	47
2.8 Utilizarea Convertorului Digital Analogic Multicanal	49

2.9	Elaborarea circuitului de alimentare și încărcare a bateriei.....	50
2.10	Proiectarea schemei electrice	52
2.11	Proiectarea cablajului imprimat a circuitului dotat cu senzori	54
2.12	Dezvoltarea bazei de date.....	55
2.13	Dezvoltarea interfeței cu utilizatorul	57
III. REALIZAREA ȘI TESTAREA DISPOZITIVULUI CU NANOSENZORI PENTRU DETECTAREA GAZELOR.....		58
3.1	Realizarea prototipului	58
3.2	Testarea prototipului.....	59
3.3	Proiectarea dispozitivului final	60
3.4	Realizarea cablajului imprimat.....	62
3.5	Confecționarea unei mostre.....	63
3.6	Parametrii tehnici a dispozitivului.....	65
CONCLUZII		66
BIBLIOGRAFIE		67
ANEXE		70

INTRODUCERE

„Detectorul de gaze” definește un aparat dotat cu senzori specifici pentru detectarea prezenței unor gaze în mediul ambiant. De obicei, acesta se înregistrează în lista echipamentului de siguranță, întru scopul de a înregistra scurgerile de gaze toxice, inflamabile, pentru a preveni un eventual pericol, care ar atenta asupra sănătății unui individ.

Un detector de gaze se proiectează în conformitate cu parametrii senzorilor. Luând în considerare dimensiunile senzorilor care sunt la nivelul nano metrilor este nevoie de a dirija cu curenți, de asemenea, de ordinul nano amperilor.

Dezvoltarea nanotehnologiilor devine inutilă odată cu absența circuitelor capabile să opereze la curenți de ordinul nano-amperilor, de aceea circuitele de măsură a parametrilor nanosenzorilor au o importanță foarte mare pentru a fi introduși nanosenzori în industrie, dar și în casele oamenilor. O atenție deosebită se acordă senzorilor sensibili la gazele nocive.

Un alt aspect al detectoarelor de gaze este portabilitatea dispozitivelor de acest gen, un asemenea dispozitiv trebuie să facă față mai multor cerințe ca și:

- Dimensiune redusă;
- Consum de energie scăzut;
- Viteză de detectare înaltă;
- Stabilitate la temperaturi diferite;
- Stabilitate la umeditate;
- Semnalizarea prezenței gazului nociv la un nivel care nu dăunează individului;
- Posibilitatea de măsurare la distanță, sondă mobilă.

Cele menționate mai sus sunt doar câteva din cerințele puse unui detector de gaze portabil. Viteza de detectare este un parametru foarte important în acest caz, deoarece acest dispozitiv se află nemijlocit pe individul care intră în atmosferă de gaz nociv, și aceasta înseamnă că dispozitivul trebuie să semnalizeze prezența gazului înainte ca individul să aibă de suferit, inhalând acel gaz sau provocând inflamația gazului în cazul când gazul e inflamabil. La acest aspect contribuie și, în mare parte, senzorul instalat pe dispozitiv, care, de asemenea, trebuie să aiba o capacitate de absorbție selectivă a gazului și o sensibilitate ridicată.

Luând în considerare că acești senzori, cât și dispozitivele sunt elaborate ca fiind pentru detectarea gazelor, nu se pune o cerință primordială asupra determinării concentrației gazului, dar asupra detectării prezenței acestuia în cantități cât mai mici posibile.

BIBLIOGRAFIE

1. Gas detector. From Seitron, [online]. Available on: <https://seitron.com>. [Accesat la 08.01.19]
2. SEITRON SPA Innovation Technology [website]. Available on: <http://www.seitron.com> [Accesat la 08.01.19]
3. Dräger. Technology for Life® [website]. Available on: <https://www.draeger.com>. [Accesat la 08.01.19]
4. LUPAN, O.; POSTICA, V.; MECKLENBURG, M.; SCHULTE, K.; MISHRA, Y. K.; FIEDLER, B. and ADELUNGA, R. Low powered, tunable and ultra-light aerographite sensor for climate relevant gas monitoring, *Journal of Materials Chemistry A*, 4(42):16723-16730 · September 2016. DOI: 10.1039/C6TA05347E
5. LUPAN, O.; CRETU, V.; DENG, M.; GEDAMU, D.; PAULOWICZ, I.; KAPS, S.; MISHRA, Y. K.; POLONSKYI, O.; ZAMPONI, C.; KIENLE, L.; TROFIM, V.; TIGINYANU, I. and ADELUNG, R. Versatile Growth of Freestanding Orthorhombic α -Molybdenum Trioxide Nano- and Microstructures by Rapid Thermal Processing for Gas Nanosensors. *J. Phys. Chem. C*, 2014, 118 (27), pp 15068–15078, DOI: 10.1021/jp5038415
6. GEDAMU, D.; PAULOWICZ, I.; KAPS, S.; LUPAN, O.; WILLE, S.; HAIDARSCHIN, G.; MISHRA, Y. K. AND RAINER, A. Rapid Fabrication Technique for Interpenetrated ZnO Nanotetrapod Networks for Fast UV Sensors . *Adv. Mater.* Volume 26, Issue 10, March 12, 2014. Pages 1541–1550. DOI: 10.1002/adma.201304363
7. LUPAN O., POSTICA, V. GRÖTTRUPA, J. MISHRA, A.K., DE LEEUWE, N.H., ADELUNG, R. Enhanced UV and ethanol vapour sensing of a single 3-D ZnO tetrapodalloyed with Fe₂O₃nanoparticles. *Sensors and Actuators B: Chemical*, Volume 245, June 2017, Pages 448–461. DOI: 10.1016/j.snb.2017.01.107
8. Wheatstone bridge. From Wikipedia, the free encyclopedia [online]. Available on: https://en.wikipedia.org/wiki/Wheatstone_bridge [Accesat la 08.01.19]

9. LUPAN, O.; POSTICA, V.; CRETU, V.; WOLFF, N.; DUPPEL, V.; KIENLE, L. AND ADELUNG, R. Single and networked CuO nanowires for highly sensitive p-type semiconductor gas sensor applications. *Physica Status Solidi (RRL) - Rapid Research Letters*. Volume 10, Issue 3, March 2016. Pages 260–266. 10.1002/pssr.201510414
10. Multi Gas Detection Device Dräger X-am® 5000 .specifications [online]. Available on: https://www.draeger.com/en_aunz/Applications/Products/Mobile-Gas-Detection/Multi-Gas-Detection-Devices/X-am-5000 [Accesat la 15.03.17]
11. Calibration gas and accessories. Calibration and Bump Testing [online]. Available on: <https://www.draeger.com/Products/Content/calibration-gas-and-accessories-pi-9071252-en-gb.pdf> [Accesat la 08.01.19]
12. Ilustrație Demonstrativă a IoT [online]. Available on: <https://hackernoon.com/when-iot-meets-blockchain-%EF%B8%8F-892fecdaf00c> [Accesat la 08.01.19]
13. SQL [online]. Available on: <https://ro.wikipedia.org/wiki/SQL> [Accesat la 08.01.19]
14. MQTT Wiki [online]. Available on: <https://github.com/mqtt/mqtt.github.io/wiki/Design-Principles> [Accesat la 08.01.19]
15. Charging lithium-ion batteries [online]. Available on: http://batteryuniversity.com/learn/article/charging_lithium_ion_batteries [Accesat la 08.01.19]
16. AM2320 [online]. Available on: <https://shop.pimoroni.com/products/digital-temperature-and-humidity-sensor> [Accesat la 08.01.19]
17. Current Mirror. From Wikipedia, the free encyclopedia [online]. Available on: https://en.wikipedia.org/wiki/Current_mirror [Accesat la 08.01.19]
18. ISAR, D.; ISAR A. Filtre [online]. Editura Politehnica, Timișoara, 2003. Available on: <http://www.tc.etc.upt.ro/docs/cercetare/carti/Filtre.pdf> [Accesat la 08.01.19]

19. Low-Pass Filter (LPF). High Pass Filter (HPF) [online]. Available on: http://pages.jh.edu/~bmesignals/analysis_of_frequency_space.html [Accesat la 08.01.19]
20. ESP32 Image [online]. Available on: <https://www.hardwire.io/en/iot/datalogger/esp32> [Accesat la 08.01.19]
21. Esp32 Wiki [online]. Available on: <https://en.wikipedia.org/wiki/ESP32> [Accesat la 08.01.19]
22. Successive approximation ADC [online]. Available on: https://en.wikipedia.org/wiki/Successive_approximation_ADC [Accesat la 08.01.19]
23. DAC Essentials: The resistor ladder [online]. Available on: https://e2e.ti.com/blogs_/b/analogwire/archive/2013/05/29/dac-essentials-the-resistor-ladder [Accesat la 08.01.19]
24. MCP4922 Datasheet [online]. Available on: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/22250A.pdf> [Accesat la 08.01.19]
25. Tenting technology image [online]. Available on: https://www.multi-circuit-boards.eu/fileadmin/img/03_Design-Hilfe/via-abdeckung/via_ipc_4761_typ2_tented_covered_b.gif. [Accesat la 08.01.19]
26. USB. From Wikipedia, the free encyclopedia [online]. Available on: <https://en.wikipedia.org/wiki/USB> [Accesat la 08.01.19]