

UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI

Cu titlu de manuscris

C.Z.U.: 004.2/004.3

SECRIERU VITALIE

**DISPOZITIVE ELECTRONICE ÎNCORPORATE PENTRU INDUSTRIE,
MEDICINĂ ȘI SFERĂ SOCIALĂ**

**232.01 – SISTEME DE CONDUCERE, CALCULATOARE ȘI REȚELE
INFORMAȚIONALE**

Autoreferatul tezei de doctor în științe tehnice

CHIȘINĂU, 2016

Teza a fost elaborată în cadrul laboratorului de Micro-Optoelectronică al UTM.

Conducător științific:

Dorogan Valerian, doctor habilitat în științe tehnice, profesor universitar, UTM.

Consultant științific:

Sergiu Zaporojan, doctor în științe tehnice, conferențiar universitar, UTM.

Referenți oficiali:

Sidorenco Anatol, m.c. AȘM, dr. hab., prof. univ., Institutul de Inginerie Electronică și Nanotehnologii “D. Ghițu”, director.

Valentin Negură, doctor în științe tehnice, conferențiar universitar, UTM.

Componența Consiliului Științific Specializat:

Guțuleac Emilian, **președinte,** doctor habilitat în științe tehnice, profesor universitar, Universitatea Tehnică a Moldovei.

Railean Sergiu, **secretar științific,** doctor în științe tehnice, conferențiar universitar, Universitatea Tehnică a Moldovei.

Bolun Ion, doctor habilitat în științe tehnice, profesor universitar, Academia de Studii Economice a Moldovei.

Rusu Emil, doctor habilitat în științe tehnice, Academia de Științe a Moldovei.

Izvoreanu Bartolomeu, doctor în științe tehnice, conferențiar universitar, Universitatea Tehnică a Moldovei.

Secrieru Nicolae, doctor în științe tehnice, conferențiar universitar, Universitatea Tehnică a Moldovei.

Cheibaș Victor, doctor în științe tehnice, conferențiar cercetător, director Informinstrument S.A.

Susținerea va avea loc la 28.05.2016, ora 10⁰⁰, în Ședința Consiliului Științific Specializat D 31.232.01-01 din cadrul Universității Tehnice a Moldovei pe adresa: bul. Ștefan cel Mare 168, sala Senatului, aud. 205, MD 2004, Chișinău, Republica Moldova.

Teza de doctor și autoreferatul pot fi consultate la Biblioteca tehnico-științifică a Universității Tehnice a Moldovei și pagina web a CNAA (www.cnaa.md).

Autoreferatul a fost expediat la „_____” _____ 2016

Secretar științific al Consiliului Științific Specializat,

Railean Sergiu, dr. în șt. tehnice, conf. univ.,

Conducător științific,

Dorogan Valerian, dr.hab., prof. univ.

Consultant științific,

Zaporojan Sergiu, dr. în șt. tehnice, conf. univ.

Autor

Secrieru Vitalie

Repere conceptuale ale cercetării

Actualitatea temei. Majoritatea aspectelor ce țin de progresul tehnico-științific și de modernizare așa cum: dotarea cu caracteristici de performanță, automatizarea diferitor procese tehnologice, precum și gestionarea în timp real a multiplelor operații tehnologice sofisticate - pot fi soluționate prin utilizarea tehnicii de calcul moderne. Legătura între calculator - nucleul de colectare a informației, prelucrare și generare a semnalelor de decizie, trebuie să o efectueze o schemă intermediară. În cazul soluționării problemelor minore care nu necesită un volum mare de calcule, este mult mai simplu și mai rentabil de utilizat un dispozitiv independent care are un set de posibilități reduse însă satisface integral tuturor cerințelor sistemului. Ca rezultat a apărut o așa noțiune ca „sisteme încorporate” [1,2] - sisteme de calcul care sunt părți componente a unor dispozitive speciale: sistemele robotizate, senzorii și echipamente de percepție digitală, achiziția și prelucrarea numerică a semnalelor și imaginilor, domenii de interes major în preocupările actuale ale comunității academice și industriale [3-6]. Dispozitivele electronice încorporate sunt proiectate pentru o clasă particulară de aplicații, în prim plan sunt puse considerente de cost și consum, ca fiind de importanță majoră pentru aplicații [7-9].

Caracteristicile de bază ale EmS ce pun în evidență toate părțile lor forte și au determinat utilizarea lor pe larg sunt: demne de încredere în siguranță, susținere, disponibilitate, protecție, securitate. Eficiente din punct de vedere al consumului de energie, dimensiunii programului de conducere, operării în timp-real, al greutateii, al costului de producție. Dedicat spre o aplicație concretă pot fi utilizate pentru minimizarea resurselor, respectiv maximizarea robusteții EmS.

În general, în proiectarea sistemelor încorporate trebuie ținut cont de diversitatea arhitectural-funcțională a sistemelor încorporate [5], deoarece există o varietate largă de abordări și soluții în spațiul respectiv de proiectare.

În particular, se impune necesitatea de structurare a diverselor abordări în spațiul de proiectare a aplicațiilor încorporate de volum mediu sau redus, dar și în cazul aplicațiilor EmS pe nișe înguste și foarte specifice. Importanța studiilor de acest gen rezultă din necesitatea alegerii variantei de implementare hardware, problemă ce trebuie rezolvată rapid și corect la etapa de proiectare a unui sistem EmS.

Pe de altă parte, proiectanții de sisteme EmS au nevoie de mecanisme simple de estimare a costurilor hardware pentru arhitecturi de alternativă, fiind de dorit și estimarea preventivă a dimensiunilor fizice. Importanța analizei factorilor de cost și performanță a sistemelor EmS crește ca urmare a unor constrângeri și presiuni tot mai accentuate impuse de piață [4, 5].

Totodată, în condițiile actuale există necesitatea de a elabora și implementa sisteme electronice încorporate eficiente pentru aplicații în medicină, industrie și sfera socială, care sunt cerute pe segmentul de nivel mediu sau redus ca complexitate și volum de realizare.

Descrierea situației în domeniul de cercetare. Domeniul de cercetare include studiul aspectelor teoretice și practice ale proiectării sistemelor încorporate în bază de microcontrolere și/sau dispozitive programabile pentru aplicații specifice și analiza comparată a soluțiilor arhitectural-structurale posibile după criteriile de cost și performanță.

Scopul lucrării constă în sporirea calității dispozitivelor încorporate și reducerea timpului de proiectare-dezvoltare în spațiul aplicațiilor încorporate de nivel mediu sau redus atât ca complexitate cât și ca volum de realizare, scop atins prin următoarele obiective:

- Analiza opțiunilor pentru alegerea platformei tehnologice în proiectarea EmS.
- Structurarea abordărilor arhitecturale posibile în spațiul de proiectare a aplicațiilor încorporate.
- Analiza factorilor de cost-performanță pentru aplicații încorporate de nivel mediu sau redus.
- Cercetarea variației costurilor cablajului imprimat și analiza comparată a realizărilor hardware de alternativă.
- Proiectarea și elaborarea sistemelor și dispozitivelor încorporate pentru aplicații în medicină, industrie și sfera socială.

Metodologia cercetării științifice se bazează pe analiza matematică, teoria algoritmilor, comparare între modele, teoria circuitelor, sisteme de elaborare automate și semiautomate.

Noutatea și originalitatea științifică constă în propunerea unei clasificări a arhitecturilor dispozitivelor încorporate, ținând cont de constrângerile structural-funcționale și non-funcționale caracteristice pentru spațiul de proiectare low-end/low-cost cu volum redus de producere. Pornind de la sistematizarea arhitectural-funcțională efectuată, se propune un nou model parametric de estimare timpurie a costului hardware, inclusiv a cablajului imprimat pentru dispozitive electronice încorporate pe bază de MCU și FPGA într-un spațiu de intrare/ieșire extins și o metodologie inedită de analiză multicriterială a arhitecturilor de alternativă, care permite alegerea optimală a platformei tehnologice pentru realizarea dispozitivului încorporat în faza de analiză timpurie a aplicației prin estimarea numerică a unui factor de câștig/pierdere în calitate raportat la platformele tehnologice în spațiul de proiectare considerat.

Problema științifică soluționată constă în elaborarea unei metodologii privind estimarea costurilor componente hardware și cablajului imprimat, fapt care a condus la posibilitatea evaluării costurilor pentru diferite volume de producție și dimensiunea intrărilor/ieșirilor, ceea ce a permis determinarea cu o acuratețe satisfăcătoare a dimensiunilor fizice a dispozitivului la etapa de proiectare timpurie și plasarea rapidă a produsului pe piață.

Semnificația teoretică a lucrării o constituie propunerea unor noi modele și metode eficiente de alegere a soluției optime a arhitecturii sistemului încorporat prin estimarea costurilor

sistemului în funcție de spațiul de intrare/ieșire și volumul de producție succedată de analiza calității pe baza criteriului cost-performanță. S-a demonstrat câștigul de calitate ce îl asigură microcontrolerele moderne pentru un spectru larg de aplicații încorporate, inclusiv în domeniul elaborării dispozitivelor cu destinație specială: medicină, industrie și sfera socială. În baza rezultatelor obținute se poate afirma că modernizarea utilajului electronic existent poate fi efectuată cu resurse materiale minime: în procesul de elaborare, echipa de ingineri asigură toate cerințele funcționale și parametrii de lucru ai dispozitivului necesari și prevede o rezervă schemotehnică, care permite dotarea ulterioară a dispozitivului încorporat cu noi funcții prin re-proiectarea programului aplicației, partea electronică fiind invariantă sau schimbată neesențial.

Valoarea aplicativă. Modelul parametric elaborat în cadrul tezei permite estimarea costului hardware a sistemului încorporat în spațiul de intrare/ieșire extins la etapa de proiectare timpurie a aplicației încorporate. Metodologia de analiză a calității elaborărilor de alternativă permite alegerea argumentată a platformei tehnologice pentru realizarea nucleului dispozitivului încorporat. Rezultatele cercetării reprezintă un instrument util pentru elaborarea sistemelor încorporate fapt dovedit prin exemple funcționale reale ale dispozitivelor, care au fost expuse în cadrul multiplelor foruri, expoziții, prezentări și au cucerit distincții de valoare.

Rezultatele științifice înaintate spre susținere:

1. Clasificarea arhitectural-structurală a soluțiilor de alternativă pe bază de microcontrolere și dispozitive logice programabile în proiectarea și elaborarea sistemelor încorporate.

2. Model parametric de estimare a costului hardware și dimensiunilor fizice a dispozitivelor încorporate pentru aplicații de nivel mediu sau redus ca complexitate și volum de realizare cu spațiu de intrare/ieșire extins.

3. Metodă de estimare a câștigului/pierderii de calitate a arhitecturilor de alternativă și alegere a platformei tehnologice pentru realizarea nucleului dispozitivului încorporat.

4. Mostre funcționale de dispozitive cu destinație medicală: dozimetru de radiație UV, serie de ionizoare de aer, dispozitive de tratament cuantic.

5. Mostre funcționale de dispozitive pentru aplicații în industrie și sfera socială: dispozitiv de măsurare a turațiilor motoarelor pompelor electrice ermetice, bloc de dirijare și control a temperaturii pentru sisteme autonome de încălzire, panou de indicare pentru jocul de baschet, sistem micro-optoelectronic pentru iluminarea fațadelor.

Implementarea rezultatelor științifice. Mostrele funcționale ale dispozitivelor proiectate și confecționate au fost implementate în cadrul „ELIRI-INC” S.A., Institutului de Fizică Aplicată, clubul sportiv “IUNOSTI”, firma “IDEAL-STIL SRL”, SC “ECOLUX” SRL, căminul 12 UTM.

Aprobarea rezultatelor cercetărilor. Rezultatele tezei au fost validate în cadrul lucrărilor publicate în reviste internaționale și naționale:

- „Радио”, Moscova, Nr. 1, 2004; Nr. 1, 2005; Nr. 5 – 2008. „Meridian ingineresc”, UTM-AIM, nr.1, 2003; Nr.1, 2012; Nr. 2, 2012; Nr. 1, 2014.

Rezultatele principale ale lucrării au fost prezentate la 19 foruri științifice din care vom menționa:

- Expoziția Internațională Specializată “INFOINVENT-2001”, 2001, 2009. Catalog oficial, Editura AGEPI; 50th World Exhibition of Innovation, Research and New Technology “BRUSSELS EUREKA 2001”; 1st International Conference on INFORMATION TECHNOLOGIES. 2001, 2002, 2012; Proceedings of the 3rd International Conference on “Microelectronics and Computer Science” (ICMCS-02). 2002, 2007, Technical University of Moldova, Chisinau, Moldova; 4th International Conference on Electromechanical and Power Systems „SIELMEN 2003”, 2003, Chișinău; IX Международная Научно-Практическая Конференция «Современные информационные и электронные технологии», 2008 г, Одесса; International Exhibition of Inventions, Research and Technological Transfer, INVENTICA'2008. 2008, 2009, 2011, 2012, Iași, ROMANIA; 6th International Exhibition of Invention – China. 2008, Suzhou, China; European Exhibition of Creativity and Innovation “EUROINVENT-2010”, 2010, 2011, 2012, Iasi, Romania; Proceedings of Inter. Conf. on Nanotechnologies and Biomedical Engineering (ICNBME-2011). 2011, Chisinau, Moldova; 4th International Conference “Telecommunications, Electronics and Informatics” ICTEI. 2012, Chișinău, Republica Moldova.

Publicații la tema tezei. La tema tezei au fost publicate 58 lucrări științifice (dintre care 3 fără coautori) cu un volum total de 4.1279 coli de tipar, inclusiv 7 articole recenzate publicate în reviste. Au fost obținute 10 diplome, 4 cupe, 13 medalii de aur, 10 medalii argint, 4 medalii bronz, 7 acte de implementare.

Volumul și structura tezei. Conținutul de bază a tezei este expus în 144 de pagini și inserează 72 de figuri și 5 tabele. Teza este compusă din introducere, patru capitole, concluzii generale, bibliografie (135 titluri) și 3 anexe.

Cuvinte-cheie: sistem de calcul, sistem încorporat, metrica calității, cost hardware, analiză cantitativă, microcontroler, dispozitiv logic programabil.

CONȚINUTUL TEZEI

În **Introducere** sunt prezentate actualitatea și importanța temei de cercetare, scopul și obiectivele lucrării, este argumentată noutatea științifică și valoarea practică a lucrării.

Primul capitol, *Analiza situației în domeniul dispozitivelor electronice încorporate*, prezintă o trecere în revistă a noțiunii de sistem încorporat [1-3], locul și rolul sistemelor încorporate în electronica modernă, domeniile principale de aplicații ale EmS în prezent și direcțiile de perspectivă în dezvoltare ulterioară. De asemenea, au fost nominalizați factorii ce determină performanța dispozitivelor și sistemelor încorporate precum și metodele de optimizare a acestora cu elemente de analiză.

Analiza comparativă a platformelor hardware determină necesitatea analizei tehnologiilor disponibile, deoarece în funcție de aplicațiile încorporate proiectanții trebuie să ia în considerare constrângerile de proiectare și trebuie să găsească cea mai bună soluție care se potrivește aplicației. Să efectueze mixarea soluțiilor tehnice potrivite și a cerințelor de piață, în așa fel ca tehnicile utilizate să includă indicatori de design și performanță [4, 5], totodată să ia în considerație cerințele de piață care stipulează de regulă volumul de producție, prețul elaborării, resursele ingineresti necesare de implicat, analiza de risc.

În conformitate cu problematica formulată alegerea corectă a unității centrale de prelucrare este foarte importantă, aceasta fiind utilizată pentru controlul algoritmic și de procesare a datelor [3]. Pentru realizarea unității centrale (UC) pot fi utilizate platforme precum: Microprocesoare (MPU), procesoare numerice de semnal (DSP), dispozitive logice pe bază de arii de obiecte programabile (FPGA) și circuite integrate orientate spre aplicații specifice (ASIC) – toate fiind de uz general sau pentru aplicații foarte specifice. Microcontrolerele (MCU) fiind ieftine și accesibile devin un candidat bun pentru realizarea UC. Pe de altă parte dispozitive logice programabile FPGA/CPLD figura 1, având un grad înalt de flexibilitate și inclusiv reconfigurabilitate de asemenea pot acoperi segmentul low-cost cu un volum de producție mic sau mijlociu.

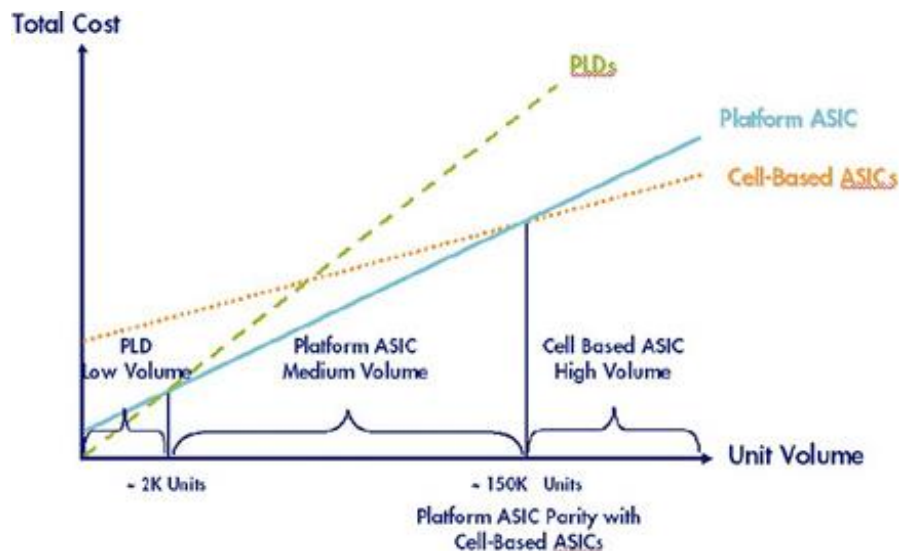


Fig. 1. Costul total în funcție de volumul de producție.

Alegerea unui microcontroler pentru realizarea unității centrale de prelucrare pare indiscutabilă pentru majoritatea aplicațiilor low-end. În foarte multe cazuri este o alegere corectă și potrivită sub toate aspectele: cost, viteză de lucru, consum de putere [5, 6, 9]. Dacă ținem cont că intrările-ieșirile sunt diverse și numeroase în cazul sistemelor încorporate, atunci alegerea unui microcontroler putea fi uneori mai puțin potrivită ori inacceptabilă. Prin aceasta se explică popularitatea structurilor combinate de tip FPGA/CPLD sau MCU-FPGA/CPLD.

În capitolul doi, *Analiza cost-performanță în spațiul de proiectare a dispozitivelor încorporate*, este propusă o structurare a soluțiilor arhitecturale posibile în spațiul de proiectare a aplicațiilor încorporate, este elaborat un model parametric de estimare a costului hardware, inclusiv a costului cablajului imprimat pentru arhitecturi EmS generice în bază de MCU și FPGA(CPLD) într-un spațiu de intrare/ieșire extins pentru aplicații încorporate pe segmentul aplicațiilor de nivel mediu, atât ca complexitate, cât și ca volum de realizare. Este propusă o metoda de alegere argumentată a platformei tehnologice pentru realizarea unității centrale a sistemului încorporat, care se bazează pe modelul elaborat.

În calitate de abordări de alternativă considerăm două arhitecturi: pe bază de microcontroler figura 2, respectiv dispozitiv (re)configurabil figura 3.

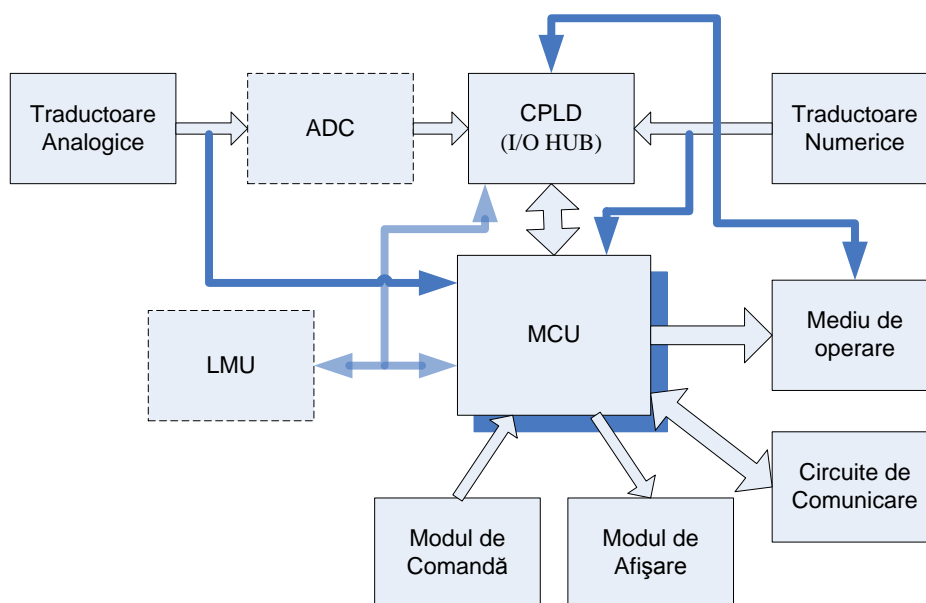


Fig. 2. Sistem încorporat pe bază de microcontroler

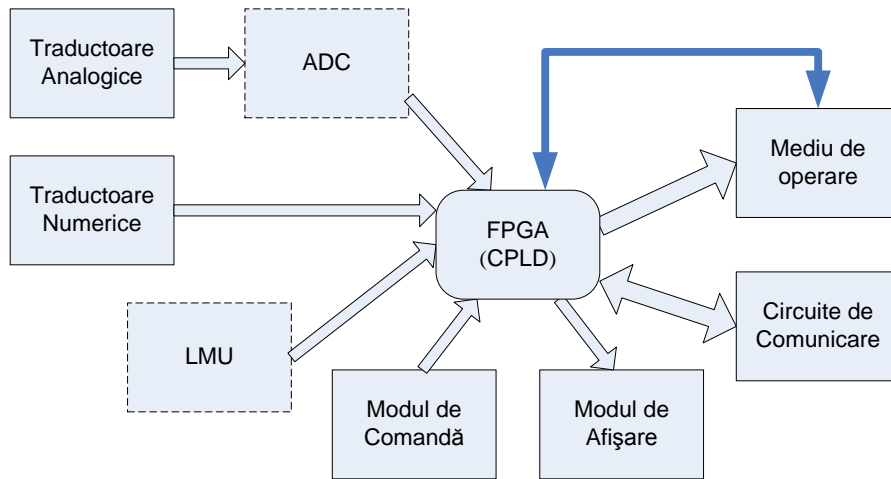


Fig.3. Sistem încorporat pe bază de dispozitiv (re)configurabil

Astfel costurile unui sistem încorporat pot fi exprimate:

$$C_{EmS} = C_{proiectare} + C_H + C_P,$$

Presupunând că suma costurilor $C_{proiectare}$ și C_P este aproximativ identică pentru ambele arhitecturi luate în considerație [10], vom pune accent pe componenta de cost hardware C_H :

$$C_H = C_H^{fix} + C_H^{var},$$

Costul componentelor hardware comun pentru ambele realizări arhitecturale se exprimă:

$$C_H^{fix} = C_{TA} + C_{TN} + C_{COM} + C_{panou} + C_{CAB},$$

Costul componentelor hardware ce diferă de la o arhitectură la alta poate fi specificat astfel:

$$C_H^{var} = C_{UC} + C_{CONV} + C_{MEM} + C_{I/O} + C_{PCB},$$

Pentru un sistem încorporat construit pe bază de microcontroler putem scrie expresia:

$$C_H^{var} = C_{MCU} + k_1 C_{CONV} + k_2 C_{MEM} + C_{CPLD} + C_{PCB},$$

iar pentru un sistem încorporat construit pe bază de dispozitiv (re)configurabil:

$$C_H^{var} = C_{FPGA/CPLD} + k_1^1 C_{CONV} + k_2 C_{MEM} + C_{PCB},$$

coeficienții k_1 , k_1^1 și k_2 au următoarea semnificație:

$$k_1 = \begin{cases} 0, & \text{daca conversia este incorporata sau lipseste} \\ 1, \max & 1 - \text{convertor extern} \\ & \max - \text{este functie de numarul de biti; rata de conversie} \end{cases}$$

$$k_2 = \begin{cases} 0, & \text{daca memoria este incorporata sau lipseste} \\ 1, \max & 1 - \text{memoria este externa} \\ & \max - \text{este functie de dimensiunea problemei} \end{cases}$$

$$k_1^1 = \begin{cases} 0, & \text{daca conversia lipseste} \\ 1, \max & 1 - \text{convertor extern} \\ & \max - \text{este functie de numarul de biti; rata de conversie} \end{cases}$$

Valoarea numerică a costurilor de bază $C_{FPGA/CPLD}$, C_{MCU} , C_{CONV} , și C_{MEM} poate fi luată din lista de prețuri a producătorilor de circuite integrate, iar diapazonul de variație a coeficienților k_1 , k_1^1 și k_2 poate fi estimat, reieșind din clasa particulară de aplicații.

Costul cablajului imprimat pe fiecare unitate EmS poate fi exprimat ca produsul dintre suprafața cablajului imprimat și costul unui dm^2 de cablaj:

$$C_{PCB} = c \cdot S_{PCB},$$

unde $c = f(S_{Total})$ costul unui dm^2 de cablaj imprimat funcție de suprafața totală a comenzii, iar S_{PCB} reprezintă aria suprafeței cablajului imprimat pe fiecare unitate de produs. Suprafața totală a comenzii se obține prin înmulțirea ariei suprafeței cablajului imprimat pe unitate de produs cu numărul V_{un} de unități fabricate:

$$S_{Total} = S_{PCB} \cdot V_{un},$$

Notând cu S_{min} suprafața cablajului imprimat indispensabilă pentru realizarea arhitecturii EmS în configurație minimală, și ținând cont de limitarea spațiului I/O în varianta minimală, se poate scrie pentru aria suprafeței cablajului imprimat:

$$S_{PCB} = S_{min} + S_{I/O},$$

unde $S_{I/O}$ reprezintă suprafața cablajului imprimat destinată extinderii spațiului de intrare/ieșire al sistemului încorporat.

$$S_{I/O} = r \cdot S_{CPLD},$$

unde r este un coeficient de rutare, care poate fi determinat din considerente practice.

$$S_{CPLD} = L_{CPLD}^2,$$

în care L_{CPLD} este lungimea laturii capsulei dispozitivului. Pentru a estima lungimea laturii se recurge la expresia:

$$L_{CPLD} = \sqrt{\frac{D_{I/O}}{D_{I/O \text{ Baza}}}} \cdot L_{baza},$$

În final pentru suprafața cablajului imprimat se obține expresia:

$$S_{PCB} = S_{min} + r \cdot \frac{D_{I/O}}{D_{I/O \text{ Baza}}} \cdot L_{baza}^2,$$

Atribuind valori argumentate pentru coeficienții k_1 , k_1^1 și k_2 , S_{min} , $D_{I/O \text{ Baza}}$ și L_{baza} , poate fi efectuată analiza variației costurilor respective funcție de dimensiunea $D_{I/O}$ a spațiului de intrare/ieșire, coeficientul de rutare r și numărul V_{un} de unități EmS fabricate [11].

Pentru a cerceta variația costurilor cablajului imprimat au fost atribuite următoarele valori:

- $S_{min} = 0,25 \text{ dm}^2$ pentru $k_1 = k_2 = k_1^1 = 0$ și $D_{I/O} < 80$;
- $S_{min} = 0,1 \text{ dm}^2$ pentru $k_1 = k_2 = k_1^1 = 0$ și $D_{I/O} \geq 80$;
- $S_{min} = 0,5 \text{ dm}^2$ pentru $k_1 \neq 0$, $k_1^1 \neq 0$ și $k_2 \neq 0$;

$$\triangleright D_{I/O\text{Baza}}=80;$$

$$\triangleright L_{\text{baza}}=11\text{mm}.$$

Valorile reale ale laturii și dimensiunii spațiului I/O de bază au fost stabilite cu referință la dispozitivul real din familia Altera în capsulă de tip FBGA cu 100 de pini.

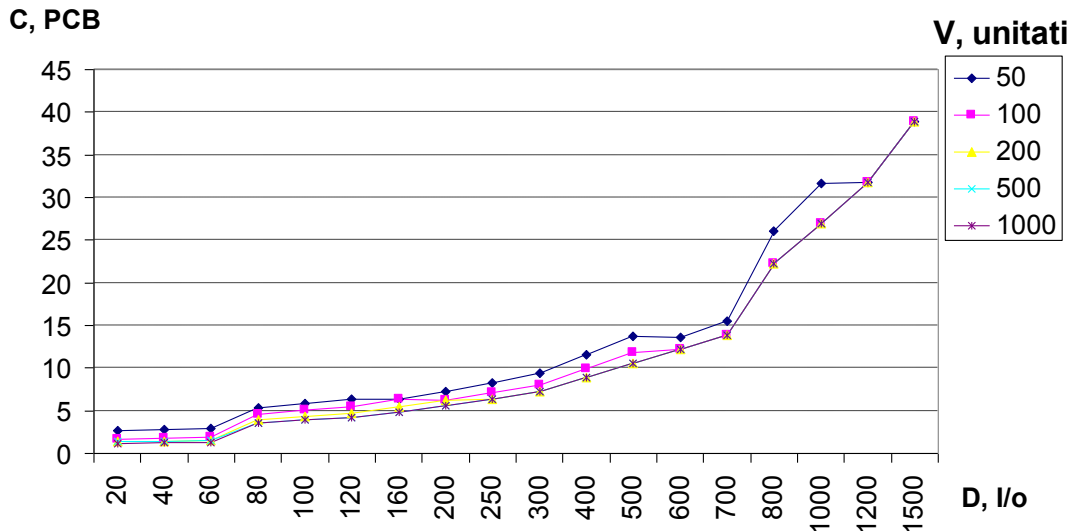


Fig.4. Variația costurilor cablajului imprimat în gama extinsă al spațiului I/O, $r=5$.

Variația costurilor figura 4, este data în special de numărul de intrări/ieșiri și de structura EmS utilizată. Ca rezultat pot fi puse în evidență trei diapazoane de I/O:

1. 20-60 intrări/ieșiri. Deoarece avem un număr mic de intrări/ieșiri poate fi ușor folosită structura EmS în bază de MCU, cu numărul de straturi PCB 1-2 și $S_{\min}=0.25\text{dm}^2$.
2. 80-700 intrări/ieșiri. Odată cu creșterea numărului intrărilor/ieșirilor este necesar de utilizat structura EmS în baza FPGA(CPLD), cu numărul de straturi 2-4 și $S_{\min}=0.1\text{dm}^2$.
3. 800-1500 intrări/ieșiri. Creșterea semnificativă a I/O impune utilizarea FPGA(CPLD) și a unui număr de straturi ≥ 6 și $S_{\min}=0.5\text{dm}^2$.

Zona intermediară 60-80 intrări/ieșiri permite: utilizarea numărului de straturi PCB 1-2, $S_{\min}=0.25\text{dm}^2$ (diapazonul 1) sau numărul de straturi 2-4 și $S_{\min}=0.1\text{dm}^2$ (diapazonul 2) la alegerea proiectantului. Creșterea semnificativă a costurilor se observă la trecerea de la o structură EmS la alta și anume când numărul intrări/ieșiri devine >80 ca rezultat are loc trecerea de la 1-2 straturi la 4-6. Creșterea lentă a costurilor în interiorul acestui diapazon la faza incipientă este dată de micșorarea S_{\min} de la 0.25dm^2 la 0.1dm^2 . Spațiul de intrări/ieșiri 80-700 poate fi utilizat și pentru structurile în bază de MCU (fig. 2.13a, 2.14a și 2.15a) cu condiția că poate fi acoperită dimensiunea I/O. Zona intermediară 700-800 intrări/ieșiri de asemenea poate fi utilizată cu parametrii: numărul de straturi 2-4, $S_{\min}=0.1\text{dm}^2$ (diapazonul 2) sau număr de straturi ≥ 6 și $S_{\min}=0.5\text{dm}^2$ (diapazonul 3). De asemenea o trecere brusca se vede pentru un număr de intrări/ieșiri ≥ 800 și se datorează factorilor: crește numărul straturilor și S_{\min} devine $S_{\min}=0.5\text{dm}^2$.

O comparație a costurilor celor două arhitecturi hardware considerate este prezentată în figura 5. Se poate observa că aplicația în baza FPGA/CPLD are avantaj față de o arhitectură bazată pe MCU atunci când spațiul I/O este mediu sau mare. Pe de altă parte, pentru numărul intrări/ieșiri mic abordarea bazată pe MCU reprezintă o alternativă mai puțin costisitoare. În cele din urmă, o combinație de MCU-plus-CPLD reprezintă structura cea mai potrivită pentru performanță medie și spațiu I/O mare.

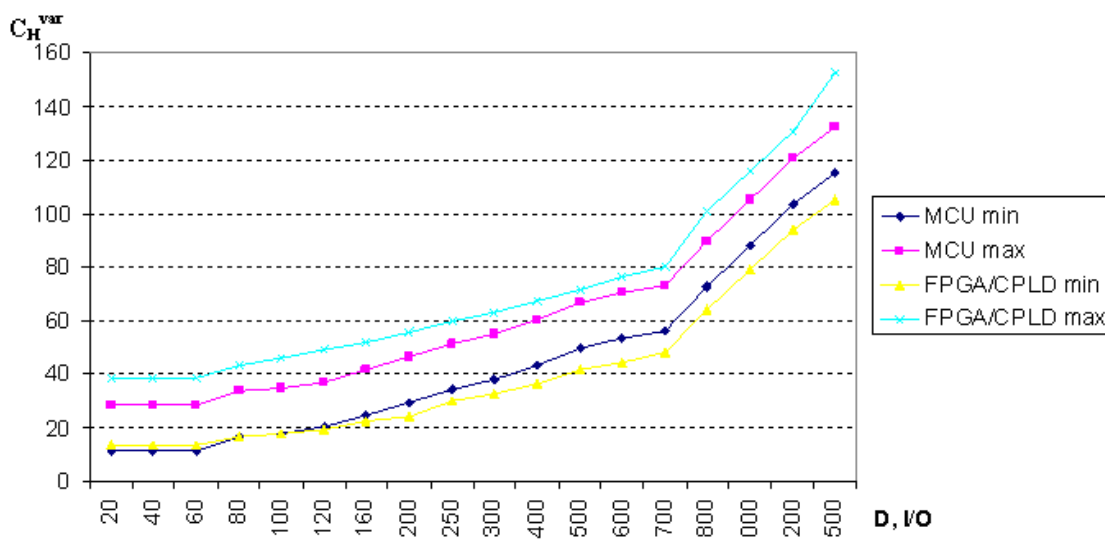


Fig. 5. Costul hardware comparativ

În capitolul trei, *Elaborarea dispozitivelor încorporate pentru medicină*, este efectuată analiza calității EmS pe baza criteriului cost-performanță și sunt prezentate o serie de dispozitive medicale elaborate în baza modelelor și metodologiei propuse.

Soluția optimă pentru aplicația încorporată analizată se consideră a fi arhitectura ce oferă un indicator al calității mai înalt.

Definiție. Fie o aplicație încorporată $APP(A, C, P)$ și un set S de arhitecturi care asigură implementarea algoritmului aplicativ A și satisfac cerințelor de cost C și de performanță P impuse. Fie în continuare două arhitecturi de alternativă $\{EmS_i, EmS_j\} \in S$, care permit realizarea aplicației, asigurând calitatea Q_{EmS_i} , respectiv Q_{EmS_j} . Atunci raportul $F_Q = \frac{Q_{EmS_i}}{Q_{EmS_j}}$ reprezintă câștigul/pierderea de calitate a arhitecturii EmS_i comparativ cu arhitectura EmS_j .

Conform definiției arhitectura EmS_i reprezintă soluția optimă pentru aplicația proiectată dacă $F_Q > 1$. În caz contrar $F_Q < 1$ soluția optimă ține de arhitectura EmS_j . Evident, pentru cazul $F_Q = 1$ rezultă echivalența de calitate a arhitecturilor comparate. În acest caz soluția optimă va ține cont de valoarea factorului de ponderare q . Dacă ponderea costului domină atunci arhitectura cu cost mai mic va fi considerată optimă.

Metrica calității (factorul de calitate a sistemului încorporat) reprezintă o mărime ponderată a performanței P și costului C . Expresia matematică a acesteia fiind:

$$Q = P^{1-q} / C^q,$$

Parametrul de ponderare $q \in [0,1]$ determină dacă costul ori performanța are un impact mai mare asupra calității. Considerînd parametrul de ponderare $q=1$ putem scrie:

$$Q_{EmS} = \frac{1}{C_{proiect} + C_S + C_H^{FIX} + C_H^{VAR}},$$

Considerînd doar costul hardware obținem:

$$Q_{EmS}^H = \frac{1}{C_H^{FIX} + C_H^{VAR}},$$

unde prin Q_{EmS}^H s-a notat calitatea sistemului încorporat prin prisma costului componente hardware variabil. Pentru realizarea arhitecturală în bază de MCU poate fi scrisă expresia:

$$Q_{EmS}^{MCU} = \frac{1}{C_{MCU} + k_1 C_{CONV} + k_2 C_{MEM} + C_{CPLD} + c \cdot (S_{min} + r \cdot \frac{D_{I/O}}{D_{I/O \text{ Baza}}} \cdot L_{baza}^2) + C_H^{FIX}},$$

respectiv pentru dispozitiv (re)configurabil:

$$Q_{EmS}^{FPGA} = \frac{1}{C_{FPGA} + k_1 C_{CONV} + k_2 C_{MEM} + c \cdot (S_{min} + r \cdot \frac{D_{I/O}}{D_{I/O \text{ Baza}}} \cdot L_{baza}^2) + C_H^{FIX}},$$

În figura 6.a este prezentată diagrama comparativă a factorului de calitate a EmS în bază de MCU în raport cu factorul de calitate a EmS în bază de FPGA/CPLD în configurație minimă, figura 6.b în configurație maximă.

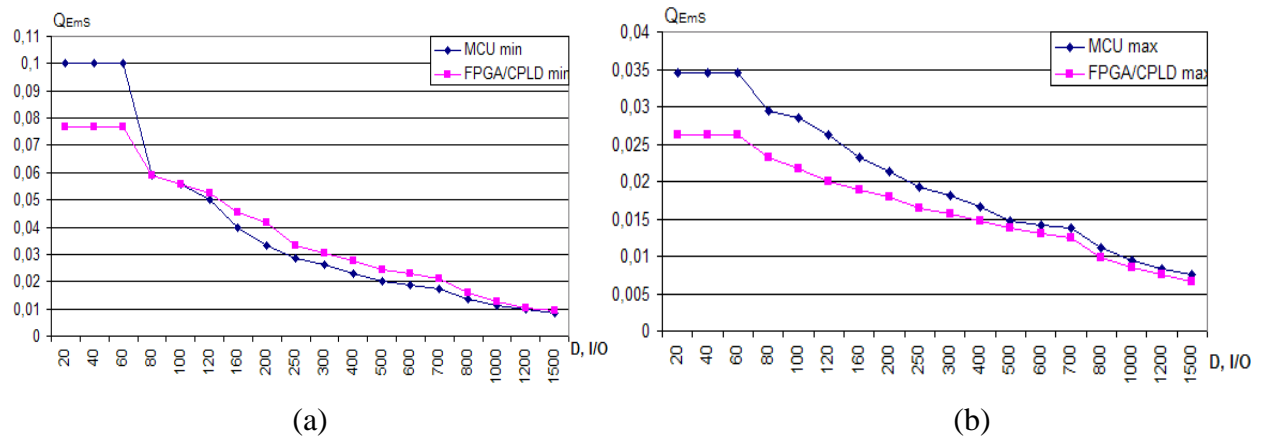


Fig.6. Factorul de calitate pentru arhitecturi de alternativă, (a) - configurație minimă, (b) - configurație maximă.

Se pot observa trei segmente distincte pentru factorul de calitate: 20-80; 80-700; 700-1500.

După cum se vede din figura 6.a câștigul $F_Q = \frac{Q_{EmS}^{MCU}}{Q_{EmS}^{FPGA}} > 1$ în diapazonul de intrări/ieșiri 20-80,

de unde rezultă alegerea în calitate de soluție optimală a arhitecturii pe bază de microcontroler. Pentru spațiu de intrare/ieșire mai mare de 100 $F_Q < 1$, arhitectura pe bază de FPGA/CPLD fiind mai avantajoasă în raport cu realizarea în bază de MCU. Din figura 6.b se observa că $F_Q > 1$ pe intervalul de intrări/ieșiri de pînă la aproximativ 500, soluția optimală fiind oferită de realizarea aplicației cu microcontroler. Acest fapt se datorează costului înalt al componentei FPGA/CPLD dar și a costului suplimentar a componentelor pentru realizarea conversiei și eventual a memoriei locale în configurație maximă.

Pentru a da pondere performanței sistemului încorporat trebuie luat în considerație un parametru de ponderare $q < 1$. Considerînd că performanța P a nucleului EmS este atinsă cu un cost variabil C_H^{VAR} , putem scrie:

$$Q_{EmS}^{MCU} = \frac{P_{MCU}^{1-q}}{(C_{MCU} + k_1 C_{CONV} + k_2 C_{MEM} + C_{CPLD} + c \cdot (S_{min} + r \cdot \frac{D_{I/O}}{D_{I/O \text{ Baza}}} \cdot L_{baza}^2) + C_H^{FIX})^q},$$

respectiv

$$Q_{EmS}^{FPGA} = \frac{P_{FPGA}^{1-q}}{(C_{FPGA} + k_1 C_{CONV} + k_2 C_{MEM} + c \cdot (S_{min} + r \cdot \frac{D_{I/O}}{D_{I/O \text{ Baza}}} \cdot L_{baza}^2) + C_H^{FIX})^q},$$

unde au fost introduse notațiile:

P_{MCU} - performanța arhitecturii EmS pe bază de microcontroler;

P_{FPGA} - performanța arhitecturii EmS pe bază de dispozitiv logic programabil.

Într-un context mai larg performanța sistemului este o metrică extrem de complexă și se caracterizează prin viteza de execuție, fiabilitate, consum de energie, flexibilitate, etc. În contextul cercetărilor efectuate performanța sistemului încorporat este interpretată în sensul vitezei de execuție. Pentru a putea caracteriza cantitativ calitatea sistemului este necesară evaluarea vitezei de execuție a algoritmului aplicativ la rularea acestuia pe arhitecturi de alternativă.

Pentru realizările în bază de microcontroler putem identifica trei soluții de estimare a performanței sistemului:

$$P_{MCU} = MIPS_{rate},$$

$MIPS_{rate}$ - parametru care indică numărul de instrucțiuni pe secundă $\times 10^6$.

$$P_{MCU} = 1 / MCU_{time},$$

MCU_{time} - timpul de execuție a unității centrale de procesare și poate fi determinat prin rularea codului executabil în regim de simulare $MCU_{time} = T_{sim}$; sau reieșind din caracteristicile exacte ale codului executabil și parametrilor arhitecturii cercetate $MCU_{time} = I_C \cdot CPI / f$.

În cazul proiectării cu dispozitiv logic programabil performanța P_{FPGA} poate fi luată în calcul prin timpul de execuție a algoritmului aplicației încorporate pe dispozitiv logic programabil.

$$P_{FPGA} = 1 / FPGA_{time},$$

$FPGA_{time}$ - poate fi estimat din analiza diagramelor de timp generate în regim de simulare cu ajutorul unui mediu de proiectare corespunzător (de exemplu Quartus).

Dispozitivul de înregistrare și indicare a radiației UV este realizat conform structurii virtuale III cărei îi corespunde realizarea fizică structura III. În elaborarea acestui dispozitiv a fost pus accentul pe costul minim de realizare. Calitatea dispozitivului a fost analizată sub aspect de cost, deci $q=1$ și expresia (2.1) ea forma: $Q = 1/C$. unde C_1 - costul dispozitivului în care UC a fost realizată pe componente discrete, C_2 - în bază de microcontroler.

$$F_Q = \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{C_2}{C_1} = \frac{14}{13} = 1,077, \text{ costul a fost exprimat în unități convenționale. Reieșind din câștig}$$

și ținând cont de simplitatea relativă a dispozitivului necesar de elaborat a fost aleasă varianta realizării UC în bază de elemente discrete.

Au fost propuse trei variante de realizare a *dispozitivului de aeroionizare artificială*:

1. Unitatea centrală realizată pe bază de componente discrete, cu un număr minim de funcții.
2. Unitatea centrală realizată pe microcontroler cu șase regimuri de lucru și indicare simbolică cu ajutorul indicatoarelor α -numerice.
3. Unitatea centrală realizată pe microcontroler cu nouă regimuri de lucru și indicare simbolică cu ajutorul unui ecran LCD 16x2.

În mod sigur prima variantă are calitatea maximă, fiind cea mai ieftină (calitatea este analizată numai sub aspect de cost $q=1$). Prin urmare au fost analizate minuțios variantele doi și trei (în ambele realizări în calitate de UC a fost propus spre utilizare microcontrolerul PIC16F628). Analiza calității a fost efectuată numai pentru blocul de comandă și control a tensiunii, deoarece blocul de multiplicare a tensiunii este invariant pentru toate realizările.

$$F_Q = \frac{Q_2}{Q_3} = \frac{C_3}{C_2} = \frac{20.5}{15.5} = 1,323 \text{ Deoarece câștigul } F > 1 \text{ rezultă că soluția optimală este oferită de}$$

realizarea aplicației cu microcontroler conform variantei doi. Totuși a fost realizată și varianta trei deoarece poate fi simplificat blocul de alimentare, oferă comoditate în navigare iar indicarea cu ajutorul unui ecran simbolic 16x2 este mai informativă.

Dispozitivul de tratament cuantic Teralaser D este elaborat conform structurii virtuale III și structurii fizice III. Dispozitivul dat are un singur canal și nu poate fi utilizat în regim autonom, de asemenea nu este prevăzută o listă de pacienți și memorizarea parametrilor de lucru pentru fiecare pacient în parte.

Pentru a înlătura neajunsurile primei versiuni a dispozitivului de tratament cuantic a fost realizat dispozitivul *Teralaser MF*. Trebuie elaborat conform structurii virtuale VI și structura fizică Va. Cu toate acestea calculele arată ca spațiul de intrare/ieșire necesar pentru realizarea tuturor funcțiilor preconizate este mai mic de 80 pini și de aceea am decis utilizarea unui MCU mai performant din familia de microcontrolere PIC18 cu executarea conform structurii virtuale III și structura fizică III. Dispozitivul dat îmbină în sine toate prioritățile celui precedent, posedă două canale independente, poate stoca informația referitoare la modelele de tratament a 20 pacienți, lucrează pînă la 10 ore în regim autonom.

În cel de-al **patrulea capitol** al lucrării, *Elaborarea dispozitivelor electronice pentru industrie și sfera socială*, sunt prezentate dispozitivele elaborate și implementate pentru industrie și sferă socială.

Dispozitiv de măsurare a turațiilor motoarelor pompelor electrice ermetice este executat conform structurii virtuale III și structura fizică III. Conține un număr mic de blocuri componente însă perfect se încadrează în structurile de tip EMS. Frecvența de rotire a rotorului se determină conform expresiei [12]:

$$n = \frac{60}{p}(f - f_c) \text{ rpm.}$$

unde p reprezintă numărul de perechi de poli a electromotorului.

Autorii [13, 14], la construirea tahometrelor au utilizat metodici și componente moral învechite. De aceea a fost proiectat un bloc de măsurare și indicare – portabil cu consum minim de energie ceea ce permite funcționarea în stare autonomă nu mai puțin de 4 ore, dotat cu bloc de încărcare a acumulatorului încorporat. Toată informația: numărul de turații, frecvența rețelei de alimentare, frecvența plutitoare, numărul de perechi de poli etc. se afișează la ecran, structura meniului de comandă și dirijarea cu dispozitivul foarte simplă. Dispozitivul posedă act de implementare a elaborării tehnico-științifice.

Blocul de comandă și control a temperaturii pentru sisteme autonome de încălzire este executat conform structurii virtuale IV și structurii fizice IVa. Conține senzor de temperatură analogic și respectiv un convertor analog/digital, aplicația nu necesită performanță sporite de aceea este realizat soft și încorporat în MCU. Dispozitivul poate fi conectat la rețea de curent monofazat sau trifazat, urmărește prezența fazelor, afișează temperatura curentă și intervalului temperaturilor de lucru, poate capta semnale de la mai multe tipuri de senzori, posedă act de implementare a elaborării tehnico-științifice.

Panoul de indicare pentru jocul de baschet este construit conform structurii virtuale II și blocuri suplimentare precum blocul de comunicare și panou de comandă de la distanță din structura virtuală VII. Realizarea fizică poate fi efectuată conform structurii fizice II însă conține elemente din structura fizică IVa. Dispozitivul dat are nevoie de un spațiu larg de I/O (circa 100

intrări/ieșiri) necesar pentru afișarea informației: selectarea cifrei pentru indicare, segmentele cifrei de indicat, selectarea rîndului de faulturi și a faulturilor în parte pentru fiecare jucător. Pentru a asigura numărul necesar de I/O, pot fi propuse două variante de realizare:

1. Unitatea centrală în bază de MCU cu circuite de multiplexare, $D_{I/O}=80$;
2. UC în bază de MCU cu extinderea I/O prin intermediul CPLD, $D_{I/O}=100$.

În ambele variante poate fi utilizat același tip de microcontroler $MIPS_{rate1} = MIPS_{rate2}$. Pentru aplicația dată trebuie luată în calcul performanța, în acest caz parametru de ponderare $q=0.9$ (este necesar de indicat un masiv mare de date pe panoul principal și de efectuat comunicația între panoul principal și cele două secundare). Atunci, calitatea sistemului se va determina cu relația:

$$Q_{EmS}^{MCU} = \frac{(MIPS_{rate})^{1-q}}{(C_{MCU} + k_1 C_{CONV} + k_2 C_{MEM} + C_{CPLD} + c \cdot (S_{min} + r \cdot \frac{D_{I/O}}{D_{I/O \text{ Baza}}} \cdot L_{baza}^2) + C_H^{FIX})^q},$$

iar câștigul/pierderea conform expresiei: $F_Q = \frac{Q_{EmS_1}}{Q_{EmS_2}}$, relația desfășurată este:

$$F_Q = \frac{(MIPS_{rate1})^{1-q}}{(MIPS_{rate2})^{1-q}} \cdot \frac{(C_{MCU2} + k_1 C_{CONV} + k_2 C_{MEM} + C_{CPLD} + c \cdot (S_{min} + r \cdot \frac{D_{I/O}}{D_{I/O \text{ Baza}}} \cdot L_{baza}^2) + C_H^{FIX})^q}{(C_{MCU1} + k_1 C_{CONV} + k_2 C_{MEM} + c \cdot (S_{min} + r \cdot \frac{D_{I/O}}{D_{I/O \text{ Baza}}} \cdot L_{baza}^2) + C_H^{FIX})^q}$$

Ca rezultat obținem $F_Q = 1,022$. Luînd în considerație rezultatele obținute pentru elaborarea acestui dispozitiv a fost utilizată prima varianta. Aceasta a permis reducerea costurilor, respectiv sporirea calității. Dispozitivul posedă act de implementare a elaborării tehnico-științifice.

Schema bloc a sistemului micro-optoelectronic pentru iluminarea fațadelor [15], este realizată conform structurii virtuale III și structurii fizice III. Utilizarea blocului electronic de comandă elaborat și confecționat și seriei de module LED reduce consumul de energie electrică pentru iluminare. Permite conectarea/deconectarea iluminării în dependență de nivelul de iluminare natural (este dotat cu senzor de radiație optică), efectuează protecția emițătoarelor de supratensiune și scurtcircuit, are gabarite și masă reduse. În așa mod pot fi acoperite următoarele domenii de utilizare: iluminarea stradală, fațadelor caselor de locuit, oficiilor, teraselor, centrelor de divertisment, parcurilor, panourilor publicitare, scărilor, ascensoarelor, etc. Sistemul posedă act de implementare a elaborării tehnico-științifice.

Concluzii generale și recomandări

Lucrarea conține contribuții originale ce include: o clasificare arhitectural-structurală, model parametric de calcul a costului hardware care permite estimarea costului EmS în spațiu de intrare/ieșire extins, metodologie de analiză comparată a costului și de determinare a calității arhitecturilor de alternativă. Aplicarea rezultatelor obținute permite estimarea calității sistemului, respectiv câștigului/pierderii de calitate a abordărilor de alternativă și poate contribui per ansamblu la reducerea timpului de proiectare și implementare pe piață. De asemenea, metodologia propusă a fost aplicată în proiectarea, elaborarea și implementarea unei serii de mostre funcționale ale dispozitivelor cu destinație medicală, aplicații în industrie și sfera socială.

Sintetizând rezultatele obținute, rezultă următoarele concluzii:

1. A fost efectuată analiza calitativă a soluțiilor de alternativă pe bază de microcontrolere și dispozitive logice programabile în proiectarea dispozitivelor încorporate, care a permis realizarea unei clasificări arhitectural-structurale pe 8 sisteme tipice.

2. Clasificarea propusă permite trecerea rapidă de la funcție la arhitectură, respectiv de la organizare la structura sistemului proiectat.

3. A fost elaborat un model parametric de calcul a costului hardware care permite estimarea costului EmS în spațiu de I/O extins până la 1500 de intrări/ieșiri la etapa de proiectare timpurie a sistemului încorporat.

4. În baza modelului propus a fost efectuată cercetarea variației costului cablajului imprimat în funcție de spațiul de intrare/ieșire al aplicației încorporate și volum de producție redus, care a permis identificarea a trei zone distincte ca cost în spațiul de intrare/ieșire extins.

5. Cercetarea efectuată și identificarea celor trei zone distincte arată necesitatea reducerii numărului de intrări/ieșiri în spațiul aplicației încorporate, în special dacă spațiul necesar este inițial la granița dintre zonele 2-1 sau 3-2.

6. Aplicarea modelului elaborat permite determinarea dimensiunilor fizice ale dispozitivului proiectat în limitele de eroare ($\pm 3,3\%$) ale modelului parametric propus.

7. A fost elaborată o metodologie de analiză comparată a costului și de determinare a calității arhitecturilor EmS de alternativă care permite estimarea câștigului/pierderii de calitate și alegerea platformei tehnologice pentru realizarea nucleului dispozitivului încorporat.

8. Aplicarea rezultatelor obținute la nivel de clasificare, model și metodologie elaborate poate contribui per ansamblu la reducerea timpului de proiectare și implementare pe piață (time-to-market) a sistemelor încorporate de nivel mediu sau redus ca complexitate și volum de producție.

9. A fost proiectat un dispozitiv de înregistrare și indicare a radiației UV în baza unui senzor de radiație UV-diferențial confecționat în cadrul Laboratorului de Micro-Optoelectronică al UTM.

10. A fost elaborat și asamblat un ionizator cu trei regimuri de lucru și ajustare fină a tensiunii de ieșire - un model simplu și ieftin, utilizat în profilaxia și tratarea maladiilor respiratorii.

11. Ionizatorul cu șase regimuri de lucru și ajustare fină a tensiunii de ieșire proiectat și confecționat ulterior este un produs intermediar între primul și ultimul dispozitiv din această serie.

12. A fost elaborat și confecționat un ionizator cu nouă regimuri de lucru, permite alegerea individuală a parametrilor și ajustarea fină a tensiunii de ieșire și încheie ciclul de dispozitive de aeroionoterapie.

13. Dispozitivul de tratament cuantic Teralaser D a fost elaborat și confecționat în baza diodelor laser cu maximul de emisie 810, 850, 890, 950 și 980 nm confecționate în cadrul Laboratorului de Micro-Optoelectronică al UTM și este utilizat în fizioterapie pentru stimularea și tratarea neinvazivă a țesuturilor.

14. A fost efectuată modernizarea dispozitivului Teralaser D. Ca rezultat Teralaser MF este dotat cu mai multe regimuri de lucru, poate stoca informația individuală pentru 20 pacienți și este portabil.

15. A fost proiectat, elaborat și implementat un dispozitiv de măsurare a turațiilor motoarelor pompelor electrice ermetice. Poate lucra în regim autonom și are masa și gabarite reduse.

16. A fost proiectat, elaborat și implementat un bloc de dirijare și control a temperaturii pentru sisteme autonome de încălzire. Poate lucra de la rețea de alimentare mono și trifazată. Permite automatizarea reglării temperaturii agentului termic.

17. A fost proiectat, elaborat și implementat un panou de indicare pentru jocul de Baschet. Permite modernizarea și introducerea modificărilor conform noilor reguli de joc introduse de federație la fiecare șase luni.

18. A fost proiectat, elaborat și implementat un Sistem micro-optoelectronic pentru iluminarea fațadelor. Permite utilizarea modulelor LED, are protecție de supratensiune și scurtcircuit, poate conecta/deconecta emițătoarele LED în dependență de nivelul iluminării naturale.

Direcții de cercetare pentru viitor:

1. Dezvoltarea modelului parametric de estimare a costului EmS și a metodologiei de determinare a câștigului/pierderii de calitate prin extinderea factorilor de performanță considerați, inclusiv a factorului de consum energie, pe segmentul de aplicații încorporate low-end cu volum redus sau mediu de realizare.

2. Elaborarea unui sistem informatic, inclusiv a unei baze de date care va permite aplicarea modelului și a metodologiei dezvoltate în vederea generării on-line a soluției optime ca câștig de calitate și timp minim de proiectare-implementare pe piață.

BIBLIOGRAFIE

1. Catsoulis J. Designing Embedded Hardware. O'Reilly, 2nd edition, 2005, 20-45p. ISBN 0596007558.
2. Noergaard T. Embedded Systems Architecture. A Comprehensive Guide for Engineers and Programmers. Elsevier, 2005.
3. Wolf W. Computers as Components. Principles of Embedded computing system design. Morgan Kaufmann Publishers, 2nd edition, 2008.
4. Di Paolo Emilio M., "Embedded Systems Design for High-Speed Data Acquisition and Control". Springer, 2015, 30-36 p.
5. Staunstrup J. and Wolf W. Eds, "Hardware/Software Codesign: Principles and Practice". Springer, 1997, 15-40 p.
6. Valvano J. "Embedded Systems: Introduction to ARM Cortex-M Microcontrollers". CreateSpace Publishing, volume 1, 2015, 25-60 p.
7. D. Ragan, P. Sandborn, and P. Stoaks, "A detailed Cost Model for Concurrent use with Hardware/Software Codesign", Proc. of the 39th IEEE/ACM Design Automation Conference, New Orleans, LA, 2002, 269-274 p.
8. W. Fornaciari, F. Salice, and U. Bondi, "Development Cost and Size Estimation Starting from High-level Specifications". Proc. of the 9th Int. Symp. on Hardware/Software Codesign, Denmark, Copenhagen, 2001, 86-91 p.
9. Matalon S., Klein R., Walls C. Embedded System Power Consumption: A Hardware or Software Issue? <https://www.mentor.com/esl/resources/overview/embedded-system-power-consumption-a-software-or-hardware-issue--374257e7-4a93-4229-84a6-89d855b2443b>.
10. Secrieru V., Zaporozjan S., Dorogan V. Analiza factorilor de cost în spațiul de proiectare a sistemelor încorporate. In: Proceeding of 4th International Conference "Telecommunications, Electronics and Informatics" ICTEI 2012, May 17-20, 2012, Vol.II, P.176-181, Chișinău, Republica Moldova, ISBN 978-9975-45-201-4.
11. Secrieru V., Zaporozjan S., Dorogan V. Cercetarea variației costurilor cablajului imprimat în proiectarea sistemelor încorporate. Meridian Ingineresc. 2012, nr.1, P.28-31. ISSN 1683-853X.
12. <http://www.rza.org.ua/elteh/a-118.html>.
13. <http://www.rlocman.ru/shem/schematics.html?di=34953>.
14. Щербатюк В., Штурбин П. Радиоволновой тахометр. Радиомир 12, стр. 29-33, 2001г.
15. Secrieru V., Munteanu E., Balica St. Bloc de alimentare prin impuls pentru iluminare supraeconomă. Conferința Jubiliară Tehnico-Științifică a Colaboratorilor, Doctoranzilor și Studenților consacrată celei de-a 40-a Aniversare a Doctoranturii UTM, 17-18 noiembrie 2006, Volumul I, P.88-89. ISBN 978-9975-76-025-6.

LISTA LUCRĂRILOR PUBLICATE LA TEMA TEZEI

În reviste din străinătate recunoscute:

1. **V. Секриеру**, E. Muntianu. Автоматизация аэроионизатора. Радио N÷1, Москва, 2004 С. 38-41. ISSN 0033-765X
2. **V. Секриеру**, E. Muntianu. Терморегулятор с трехфазным питанием. Радио N÷1, Москва, 2005 С. 44-46. ISSN 0033-765X
3. **V. Secrieru**, Ș. Balica, E. Munteanu. Прибор управления декоративным светодиодным освещением. Журнал “Радио”, Nr. 5 – 2008, С. 40-42, Москва 2008. ISSN 0033-765X

În reviste din Registrul Național al revistelor de profil, cu indicarea categoriei:

4. V. Dorogan, S. Vieru, A. Căliman, T. Vieru, **V. Secrieru**, E. Munteanu. Aparate medicale pentru terapie cuantică. Meridian ingineresc, 2003, nr.1, P.31-37. Editura ”Tehnica-Info”, Chișinău. ISSN 1683-853X.
5. **Secrieru V.**, Zaporojan S., Dorogan V. Cercetarea variației costurilor cablajului imprimat în proiectarea sistemelor încorporate. Meridian Ingineresc. 2012, nr.1, P.28-31. ISSN 1683-853X.
6. **Secrieru V.**, Zaporojan S., Dorogan V. A cost-performance analysis of embedded systems for low and medium-volumes applications. Meridian Ingineresc. 2012, nr.2, P.28-32. Editura ”Tehnica-Info”, Chișinău. ISSN 1683-853X.
7. **V. Secrieru**. Iluminat eficient bazat pe diode supraluminiscente cu activare automată zi/noapte/zgomot. Meridian Ingineresc, 2014, nr.1, P.54-59. Editura ”Tehnica-Info”, Chișinău. ISSN 1683-853X.

Articole în culegeri internaționale:

8. V. Dorogan, N. Bejan, **V. Secrieru**, E. Munteanu. Power supply for luster Chijevsky. Proceedings of the 3rd International Conference on “Microelectronics and Computer Science” (ICMCS-02), September 26-28, 2002 , Volume II, P.335-338.– Technical University of Moldova, Chisinau.
9. V. Dorogan, S. Vieru, T. Vieru, **V. Secrieru**, A. Dorogan. The Quantum Therapy Device “Teralaser-MF”. Proceedings of the 5-th International Conference on „Microelectronics and Computer Science” (ICMCS-2007). September 19-21, 2007. V.II, P.11-15. Moldova, Chisinau.
10. T. Vieru, **V. Secrieru**, S. Vieru, E. Munteanu, Ș. Balica. Sistem Complex pentru Fizioterapie. The 3rd International Conference on Telecommunications, Electronics and Informatics, May 20-23, 2010, Chisinau. V.II. P.318-322. ISBN 978-9975-45-136-9.
11. V.Dorogan, S. Vieru, T. Vieru, **V. Secrieru**, E. Munteanu, Ș. Balica, E.Gorceac. Bloc de aeroionizare pentru complex fizioterapeutic. Materiale Simpozionului Științific Internațional „Materiale noi multifuncționale și studierea proprietăților fizice și chimice. Ministerul

- Educației al R.Moldova, Universitatea de Stat din Tiraspol. Chișinău 2011. P.59-62. ISBN 978-9975-76-054-6.
12. V.Dorogan, S. Vieru, T. Vieru, **V. Secrieru**, E. Munteanu, Ș. Balica, E.Gorceac. Controlul și dirijarea complexului fizioterapeutic. Materiale Simpozionului Științific Internațional „Materiale noi multifuncționale și studierea proprietăților fizice și chimice. Ministerul Educației al R.Moldova, Universitatea de Stat din Tiraspol. Chișinău 2011. P.66-72. ISBN 978-9975-76-054-6.
 13. **V. Secrieru**, T. Vieru, S. Vieru, A. Dorogan, E. Munteanu, S. Balica. Biomedical Physiotherapeutic Complex. Proceedings of Inter. Conf. on Nanotechnologies and Biomedical Engineering (ICNBME-2011). July 7-8, 2011. P.273-276. Moldova, Chisinau.
 14. **Secrieru V.**, Zaporojan S., Găscă S. Elemente de organizare și funcționare a sistemelor încorporate. In: Proceeding of 4th International Conference “Telecommunications, Electronics and Informatics” ICTEI 2012, May 17-20, 2012, Vol.II, P.170-175, Chișinău, Republica Moldova, ISBN 978-9975-45-201-4.
 15. **Secrieru V.**, Zaporojan S., Dorogan V. Analiza factorilor de cost în spațiul de proiectare a sistemelor încorporate. In: Proceeding of 4th International Conference “Telecommunications, Electronics and Informatics” ICTEI 2012, May 17-20, 2012, Vol.II, P.176-181, Chișinău, Republica Moldova, ISBN 978-9975-45-201-4.

Articole în culegeri naționale:

16. **V. Secrieru**. Sistem electronic de dirijare cu dioda laser utilizată pentru terapia cuantică. Conferința Tehnico-Științifică a Studenților și Doctoranzilor, Resumatele lucrărilor V3, 14-15 noiembrie 2002, P.66-69, Chișinău, R. Moldova.
17. **V. Secrieru**, E. Munteanu, V. Dorogan. Ionizator de aer multifuncțional. Symposia Professorum, ULIM, Seria: Inginerie și informatică, Materialele sesiunii științifice din 11 octombrie 2003, P.80-83, Chișinău, R. Moldova.
18. V. Dorogan, S. Vieru, T. Vieru, E. Munteanu, **V. Secrieru**. Dispozitive terapeutice cuantice. Universitatea Liberă Internațională din Moldova (ULIM), Symposia Professorum. Seria:Inginerie și Informatică. Materialele sesiunii științifice din 11 octombrie 2003, P.105-109, Chișinău, R. Moldova.
19. **V. Secrieru**, E. Munteanu, S. Balica. Temperature guiding and control block for autonomic heat system. Transactions on Metrology and analytical methods of research. Academy of Sciences of Moldova, Institute of Chemistry, Chisinau 2010. P.74-81.
20. V. Dorogan S, Vieru, T. Vieru, **V. Secrieru**, E. Munteanu, Șt. Balica, E. Gorceac. Felinar supraeconom în baza diodelor supraluminiscente cu alimentarea de la rețea 220V, 50Hz și automatizare zi/noapte. Conferința tehnico-științifică a colaboratorilor, doctoranzilor și studenților. 17-19 noiembrie 2010. Vol. I. P.78-82. ISBN 978-9975-45-158-1.

21. V. Dorogan, S. Vieru, T. Vieru, **V. Secrieru**, E. Munteanu, Șt. Balica, E. Gorceac. Blocul de aeroionizare pentru complex fizioterapeutic. Conferința tehnico-științifică a colaboratorilor, doctoranzilor și studenților. 17-19 noiembrie 2010. Vol.I. P.96-99. ISBN 978-9975-45-158-1.
22. **V. Secrieru**, E. Munteanu, Șt. Balica, V. Dorogan, A. Lazari, P. Rusnac, D Gorgan. Felinar supraeconom în baza diodelor supraluminiscente cu conectare automată (zi/noapte/zgomot). Implimentare - căminul 12, utm. Conferința Tehnico-Științifică a Colaboratorilor, Doctoranzilor și Studenților, UTM, Cișinău, 15-17 noiembrie 2012. P.29-32. ISBN 978-9975-45-250-2.

Culegeri de lucrări ale conferințelor internaționale (peste hotare):

23. В. Дороган, С. Виеру, Т. Виеру, **В. Секриеру**. Энергосберегающие системы освещения. IX Международная Научно-Практическая Конференция «Современные информационные и электронные технологии», Одесса, 19-23 мая 2008 г. Т.2, С.85.

Conferințe internaționale în republică:

24. V. Dorogan, **V. Secrieru**. Sursă de tensiune înaltă pentru alimentarea lustrei Cijevski. A treia conferință internațională de sisteme electromecanice și energetice. SIELMEN - 2001. Chișinău 4-6 octombrie 2001. Vol. II. P.217-218.
25. V. Dorogan, **V. Secrieru**, E. Munteanu, T. Vieru. Use and programming of microcontrollers for creation of various operational modes and formation of high-voltage power sources parameters. 2-nd International Conference on Information Technologies BIT+, 10-12 april 2002, Chishinau, Republic of Moldova, P.147
26. V. Dorogan, **V. Secrieru**, E. Munteanu. Utilizarea microcontrolerilor la crearea aeroionizatoarelor cu un larg spectru funcțional. Materialele Colocviului Internațional de Fizică „Evrica”, ediția a IX-a, 2-8 iunie 2002, P.106-107, Chișinău, R.Moldova.
27. V. Dorogan, **V. Secrieru**, E. Munteanu. The device of tracking and adjustment of temperature in systems of independent heating. 4th International Conference on Electromechanical and Power Systems „SIELMEN 2003”, Cișinău, 26th - 27th september 2003, Vol. III, P.23-24.
28. V. Dorogan, **V. Secrieru**, E. Munteanu. High – voltage power sources for air ionization. 4th International Conference on Electromechanical and Power Systems „SIELMEN 2003”, Cișinău, 26th - 27th september 2003, Vol. III, P.209-210.

Conferințe cu participare internațională:

29. V.Dorogan, S. Vieru, T. Vieru, **V. Secrieru**, E. Munteanu, Șt. Balica, A.Dorogan. Complex fizioterapeutic. Conferința fizicienilor din Moldova CFM-2012. Conferința națională cu participare internațională la Fizică în memoriam Mihai Marinciuc. Rezumatele comunicărilor la Conf.șt.naț.cu participare internațională. Bălți, 22-23 Octombrie 2012. Ed. Presa universitară Bălțeană, 2012. P.132-133. ISBN 978-9975-50-087-6.

Conferințe naționale:

30. **V. Secrieru**. Bloc de dirijare și control a temperaturii pentru sisteme autonome de încălzire. Conferința Tehnico-Științifică a Studenților și Doctoranzilor, Resumatele lucrărilor V3, 14-15 noiembrie 2002, P.62-63, Chișinău, R. Moldova.
 31. **V. Secrieru**, E. Munteanu, St. Balica. Bloc de alimentare prin impuls pentru iluminare supraeconomă. Conferința Jubiliară Tehnico-Științifică a Colaboratorilor, Doctoranzilor și Studenților consacrată celei de-a 40-a Aniversare a Doctoranturii UTM, 17-18 noiembrie 2006, Volumul I, P.88-89. ISBN 978-9975-76-025-6.
 32. **V. Secrieru**, E. Munteanu, St. Balica. Iluminare exterioară prin intermediul ledurilor supraluminiscente. Conferința Jubiliară Tehnico-Științifică a Colaboratorilor, Doctoranzilor și Studenților consacrată celei de-a 40-a Aniversare a Doctoranturii UTM, 17-18 noiembrie 2006, Volumul I, P.93- 95. ISBN 978-9975-76-025-6.
 33. V. Dorogan, E. Munteanu, B. Ștefan, **V. Secrieru**. Panou de indicare dinamică universal. Conferința Tehnico-Științifică a Colaboratorilor, Doctoranzilor și Studenților, Chișinău 10-12 decembrie 2009. Vol. I. P.5. ISBN 978-9975-76-142-0.
 34. V. Dorogan, S. Vieru, **V. Secrieru**, T. Vieru, E. Munteanu, A. Dorogan, B. Ștefan. Dispozitive medicale elaborate în laboratorul Micro-Optoelectronică. Conferința Tehnico-Științifică a Colaboratorilor, Doctoranzilor și Studenților, Chișinău 10-12 decembrie 2009. P.9. ISBN 978-9975-76-142-0.
 35. S. Vieru, **V. Secrieru**, T. Vieru, E. Munteanu, Ș. Balica. Bloc de terapie cuantică a complexului fizioterapeutic. Conferința Tehnico-Științifică a Colaboratorilor, Doctoranzilor și Studenților, UTM, Chișinău, 17-19 noiembrie 2010. Vol. I, P.100-101. ISBN 978-9975-76-158-1.
- Brevete de invenții, patente, certificate de înregistrare, materiale la saloanele de invenții:**
36. V. Dorogan, **V. Secrieru**, I. Pocaznoi. Dispozitiv de alimentare de tensiune înaltă pentru lustra Cijevschi. Expoziția Internațională Specializată "INFOINVENT-2001", 3-7 octombrie, 2001. Catalog oficial, Editura AGEPI, Chișinău, 2001, P.65.
 37. V. Dorogan, T. Vieru, **V. Secrieru**, I. Prodan. Senzori de radiație ultravioletă. Expoziția Internațională Specializată "INFOINVENT-2001", 3-7 octombrie, 2001. Catalog oficial, Editura AGEPI, Chișinău, 2001, P.66.
 38. V. Dorogan, S. Vieru, A. Caliman, T.Vieru, **V. Secrieru**, E. Munteanu, A. Dorogan. Aparat pentru terapie cuantică. Brevet de invenție MD 2737 G2 din 2005.02.16, AGEPI, R.Moldova
 39. I. Bostan, V. Dorogan, T. Vieru, **V. Secrieru**, E. Munteanu. Sistem de iluminarea satelor în baza energiei generate de microhidrocentrale. Registrul elaborărilor științifice în domeniul ingineriei electronice, materialelor multifuncționale și mecanicii fine; Agentia pentru Inovare și Transfer Tehnologic, Academia de Științe a Moldovei, septembrie, 2005. P.43.

40. V. Dorogan, S. Vieru, A. Caliman, T. Vieru, **V. Secrieru**, E. Munteanu, A. Dorogan. Aparat pentru terapie cuantică. Registrul elaborărilor științifice în domeniul ingineriei electronice, materialelor multifuncționale și mecanicii fine; Agentia pentru Inovare și Transfer Tehnologic, Academia de Științe a Moldovei, septembrie, 2005. P.44.
41. V. Dorogan, **V. Secrieru**, E. Munteanu. Ionizator de aer. Registrul elaborărilor științifice în domeniul ingineriei electronice, materialelor multifuncționale și mecanicii fine; Agentia pentru Inovare și Transfer Tehnologic, Academia de Științe a Moldovei, septembrie, 2005. P.45.
42. V. Dorogan, S. Vieru, **V. Secrieru**, E. Munteanu. Panou de indicare pentru jocuri baschet. Registrul elaborărilor științifice în domeniul ingineriei electronice, materialelor multifuncționale și mecanicii fine; Agentia pentru Inovare și Transfer Tehnologic, Academia de Științe a Moldovei, septembrie, 2005. P.46.
43. V. Dorogan, S. Sârcu, **V. Secrieru**, E. Munteanu. Tahometru digital. Registrul elaborărilor științifice în domeniul ingineriei electronice, materialelor multifuncționale și mecanicii fine; Agentia pentru Inovare și Transfer Tehnologic, Academia de Științe a Moldovei, septembrie, 2005. P.49.
44. V. Dorogan, S. Vieru, T. Vieru, **V. Secrieru**, A. Dorogan, E. Munteanu. Приборы для квантовой терапии. Online Catalog „MoldMEZIN &MoldDENT 2006”.
<http://www.exponet.ru/exhibitions/online/medizindentkish2006/optoelectronic.ru.html>
45. V. Dorogan, T. Vieru, S. Vieru, **V. Secrieru**, E. Munteanu, A. Dorogan, Ș. Balica. Sisteme inteligente de iluminare ultra economice. Ultra economical intelligent illumination systems. Catalogul Salonului International de Inventica PRO INVENT, editia a VI-a. EXPO TRANSILVANIA, Cluj-Napoca, 1-4 aprilie 2008
46. В. Дороган, С. Виеру, Т. Виеру, **В. Секриеру**, А. Дороган, Е. Мунтяну. Физиотерапевтические квантовые приборы "TERALASER". ИнтелЭкспо: Международный Инновационный Потенциал.
<http://www.intelexpo.ru/index3.php?RUB=20&YR=07&QR>
47. В. Дороган, С. Виеру, Т. Виеру, **В. Секриеру**, А. Дороган, Е. Мунтяну, Ш. Балика. Интеллектуальные экономные системы освещения. ИнтелЭкспо: Международный Инновационный Потенциал.
<http://www.intelexpo.ru/index3.php?RUB=10&YR=08&QR>
48. Дороган В, Виеру С, Виеру Т, **Секриеру В**, Мунтяну Е, Дороган А, Балика Ш. Интеллектуальные экономичные системы освещения. XI Московский Международный Салон Промышленной Собственности «АРХИМЕД», 1-4 апреля 2008г. Каталог С.419-420.
49. V. Dorogan, T. Vieru, S. Vieru, **V. Secrieru**, E. Munteanu, A. Dorogan, Ș. Balica. Ultra economical intelligent illumination systems. International Exhibition of Inventions,

- Research and Technological Transfer, INVENTICA'2008, Iași, ROMANIA,2008, mai 21-24, P.592. Editura "PERFORMANTICA", ISBN: 978-973-730-491-9.
50. Dorogan V, Виеру С, Виеру Т, **Секриеру В**, Дороган А, Мунтяну Е, Балика Ш. Физиотерапевтический комплекс. Международный салон промышленной собственности, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки -Архимед-2009, Россия, Москва, 01.04-03.04.2009. Каталог, часть 2, С.111.
51. В. Дороган, С.Виеру, Т.Виеру, А.Дороган, **В.Секриеру**, Е.Мунтяну, Ш.Балика. Физиотерапевтический комплекс. V Международный Салон Иноваций и Новых Технологий «Новое Время», Севастополь 24-26 сентября 2009.
52. Vieru S, Vieru T, **Secrieru V**, Munteanu E, Dorogan A, Balica Ş. Aparat pentru terapie cuantică. Expoziția Internațională Specializată „Infoinvent-2009”, 24-27 noiembrie. Catalog oficial, P.66.
53. T. Vieru, S. Vieru, **V. Secrieru**, E. Munteanu, Ş. Balica. Integrated physiotherapy system. European Exhibition of Creativity and Innovation “EUROINVENT-2010”, May 7-9, 2010, Iasi, Romania. Catalogue, P.95-96
54. V.Dorogan, S. Vieru, T. Vieru, **V. Secrieru**, E. Munteanu, Ş. Balica. Complex fizioterapeutic computerizat. Catalog Salonul Internațional de Inventică PROINVENT ediția a X-a, 2012, Cluj-Napoca. Editura U.T.PRESS. P.242. ISBN 978-973-662-709-5.
55. V.Dorogan, S. Vieru, T. Vieru, **V. Secrieru**, E. Munteanu, Ş. Balica. Computerized Physiotherapeutic Complex. Catalog of the 4-th European Exhibition of Creativity and Innovation EUROINVENT 2012, 10-12 May 2012. P.86. Iasi, Romania. ISBN 978-973-703-759-6.
56. V. Dorogan, S. Vieru, T. Vieru, A.Dorogan, **V. Secrieru**, E. Munteanu, Ş. Balica. Complex fizioterapeutic computerizat. Computerized physiotherapeutic complex. Catalog of the 16-th International Salon of Research, Innovation and Technological Transfer „INVENTICA 2012”, Iasi-Romania, June 13-15th, 2012. P.686. Ed.Performantica, ISSN:1844-7880.
57. V.Dorogan, S. Vieru, **V. Secrieru**, Ş. Balica, T. Vieru, E. Munteanu. Оптикоэлектронные приборы для физиотерапии. Optoelectronic Physiotherapeutic Complex. Catalog of the VIII International Salon of Inventions and New Technologies „New Time”, September 27-29, 2012. Ukraine,Sevastopol,Ed.Ukrainian Cultural-Informational Centre. P.156-157.
58. V.Dorogan, T. Vieru, **V. Secrieru**, S. Vieru, E. Munteanu, Ş. Balica, A.Dorogan. Computerized Physiotherapeutic Complex. Catalog of VI International Warsaw Invention Show – IWIS 2012, 16-19 October 2012. Waesaw University of Technology. Ed. Association of Polish Inventors and Rationaliters. P.63.

Adnotare

la teza „Dispozitive electronice încorporate pentru industrie, medicină și sferă socială” prezentată de către Secrieru Vitalie pentru conferirea gradului științific de doctor în științe tehnice, Chișinău, 2016.

Structura tezei. Teza de doctor cuprinde introducerea, patru capitole, concluzii, bibliografia cu 135 titluri, 3 anexe, 144 pagini text de bază, inclusiv 72 figuri și 5 tabele. Rezultatele obținute sunt publicate în 58 lucrări științifice.

Cuvinte cheie: sistem de calcul, sistem încorporat, metrica calității, cost hardware, analiză cantitativă, microcontroler, dispozitiv logic programabil.

Domeniul de studiu îl constituie cercetarea aspectelor teoretice și practice ale proiectării sistemelor încorporate în bază de microcontrolere și/sau dispozitive programabile pentru aplicații specifice și analiza comparată a soluțiilor arhitectural-structurale posibile după criterii de cost și performanță.

Scopul lucrării constă în sporirea calității dispozitivelor cu destinație specială și reducerea timpului de proiectare-dezvoltare în spațiul aplicațiilor încorporate de nivel mediu sau redus ca complexitate și volum de realizare.

Noutatea și originalitatea științifică a rezultatelor obținute constă în: structurarea diverselor abordări arhitectural-funcționale în spațiul de proiectare a aplicațiilor încorporate de volum mediu sau redus; elaborarea unui model parametric de estimare a costului hardware, inclusiv a costului cablajului imprimat într-un spațiu de intrare/ieșire extins; elaborarea unei metodologii de analiză comparată a costului și de determinare a calității structurilor încorporate de alternativă.

Problema științifică soluționată constă în elaborarea unei metodologii privind estimarea costurilor hardware, inclusiv a cablajului imprimat, și a calității sistemului încorporat în funcție de dimensiunea spațiului de intrare/ieșire și volumul de producție la etapa timpurie de proiectare.

Semnificația teoretică a lucrării constă în propunerea unor noi modele și metode eficiente de alegere a soluției optime a arhitecturii sistemului încorporat prin estimarea costurilor sistemului în funcție de spațiul de intrare/ieșire și volumul de producție succedată de analiza cantitativă a calității pe baza criteriului cost-performanță.

Valoarea aplicativă a lucrării constă în elaborarea unui model parametric care permite estimarea costului hardware a sistemului încorporat la etapa de proiectare timpurie a aplicației încorporate. Metodologia de analiză cantitativă a calității elaborărilor de alternativă permite alegerea argumentată a platformei tehnologice pentru realizarea nucleului dispozitivului.

Implementarea rezultatelor științifice constă în utilizarea modelelor și metodologiilor prezentate în teză la elaborarea și implementarea unei serii de mostre funcționale ale dispozitivelor cu destinație medicală, aplicații în industrie și sfera socială.

Annotation

for science degree in technics with title “ Embedded electronic devices for industry, medicine and the social sphere”, presented by Vitaly Secrieru for conferring a PhD Degree in technical sciences, Chişinău, 2016.

Thesis structure. The thesis includes introduction, four chapters, conclusions, 135 bibliography references, 3 annexes, 144 sheets of base text, including 72 figures, and 5 tables. The results are published in 58 scientific papers.

Keywords: computer system, embedded system, the quality metrics, hardware cost, quantitative analysis, microcontroller, programmable logic device.

The area of study is researching of theoretical and practical aspects embedded systems design, which includes microcontrollers and/or programmable devices for specific applications, the comparative analysis of architectural and structural solutions by the performance and cost criteria.

The purpose of this thesis is to increase the quality for special purpose devices, to increase the design and development speed in embedded applications for the medium or small production volume and complexity.

Scientific novelty of the results is: structuring of functional/ architectural approaches in the area of embedded applications design for medium and low volume; development of model for parametric cost estimation for hardware, that includes cost of the PCB for extended input/output space; developing of methodology for analysis compared to the cost and quality of others incorporated structures.

The solved scientific issue were to develop a methodology for hardware costs estimation, including PCB and system quality, as reference to the input/output area size and the production volume at the early designing stage.

The theoretical value of the thesis is to propose new models and methods for choice of the optimal system architecture solution, by estimating the cost of the system depending on the input/output area size and production volume, followed by the quantitative analysis of the quality criteria of cost-performance.

The thesis value is to develop a parametric model to estimate cost of embedded hardware in the early designing phase. The methodology for quantitative analysis of others solutions quality allows a well-motivated choice for technology platform to achieve the device engine.

Implementation of scientific results is represented by the use of models and methodology approached in the thesis, by the development and implementation of a series of functional samples of devices for medical applications, industry and the social sphere.

Аннотация

диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук с темой
„Встроенные электронные приборы для промышленности, медицины и социальной сферы ”, автор СЕКРИЕРУ Виталие, Кишинэу 2016

Структура работы. Диссертация состоит из введения, четырёх глав, выводов, библиографии из 135 наименований, 3 - х приложений, 144 страниц основного текста, включая 72 рисунков и 5 таблиц. Полученные результаты опубликованы в 58-и работах.

Ключевые слова: вычислительная система, встроенная система, показатель качества, стоимость оборудования, количественный анализ, микроконтроллер.

Область исследования является изучение теоретических и практических аспектов проектирования встраиваемых систем на микроконтроллере и/или программируемых устройствах для специализированных приложений и сравнительный анализ возможных архитектурно-конструктивных решений по критериям стоимость/производительность.

Цель и задачи работы состоит в повышении качества специализированных устройств и снижении времени разработки и внедрения встраиваемых электронных систем в области средней и малой производительности и объемов производства.

Научная новизна и оригинальность полученных результатов состоит в: структурировании различных архитектурно-функциональных подходов проектирования встроенных систем для среднего и малого объема производства; разработке параметрической модели оценки стоимости оборудования и печатной платы; разработке методологии для количественного анализа стоимости/качества альтернативных систем.

Решённая научная задача заключается в разработке методологии для раннего прогнозирования затрат на детали, включительно печатные платы и качества встраиваемых систем в зависимости от количества входов/выходов, объема производства.

Теоретическое значение заключается в предложении новых моделей и методов оптимального выбора архитектуры встроенной системы путем оценки стоимости системы в зависимости от количества входов/выходов и объема производства с последующим количественным анализом качества на основе критерия стоимость- производительность.

Практическая значимость работы заключается в разработке параметрической модели для оценки стоимости встроенных системы на раннем этапе проектирования. Методология количественного анализа качества альтернативных разработок позволяет произвести мотивированный выбор технологической платформы для ядра устройства.

Научные результаты работы состоят в использовании предложенных моделей и методологии для разработки и реализации ряда функциональных устройств, предназначенных для применения в медицине, промышленности и социальной сфере.

SECRIERU VITALIE

**DISPOZITIVE ELECTRONICE ÎNCORPORATE PENTRU INDUSTRIE, MEDICINĂ
ȘI SFERĂ SOCIALĂ**

**232.01 – SISTEME DE CONDUCERE, CALCULATOARE ȘI REȚELE
INFORMAȚIONALE**

Autoreferatul tezei de doctor în științe tehnice

Aprobat spre tipar: 25.04.2016

Formatul hîrtiei 60x84 1/16

Hîrtie ofset. Tipar RISO

Ttirajul 50 ex

Coli de tipar: 2,0

Comandă nr. 40

UTM, 2016, Chișinău, bd. Ștefan cel Mare, 168

Editura „Tehnică UTM”,

MD 2045, mun. Chișinău, str. Studenților 9/9

@U.T.M. 2016