

**UNIVERSITATEA TEHNICĂ
"GHEORGHE ASACHI" DIN IAȘI**

**Facultatea de Electronică,
Telecomunicații și Tehnologia Informației**



**CONTRIBUȚII CU PRIVIRE LA
DEZVOLTAREA DE NOI ALGORITMI ȘI
IMPLEMENTĂRI EFICIENTE ÎN TIMP
REAL PENTRU MODULE CHEIE DIN
DOMENIUL MEDICINEI
-REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT-**

Doctorand:

Bioing. Laura-Teodora COTOROBAI

Conducător de doctorat :

Prof.Univ.Dr.Ing. Doru- Florin CHIPER

IAȘI - 2024

UNIVERSITATEA TEHNICĂ “GHEORGHE ASACHI” DIN IAȘI
R E C T O R A T U L

Către

Vă facem cunoscut că, în ziua de **05.09.2024** la ora **10:00** în **Sala de Consiliu a Facultății de Electronică, Telecomunicații și Tehnologia Informației**, va avea loc susținerea publică a tezei de doctorat intitulată:

**“CONTRIBUȚII CU PRIVIRE LA DEZVOLTAREA DE NOI ALGORITMI ȘI
IMPLEMENTĂRI EFICIENTE ÎN TIMP REAL PENTRU MODULE CHEIE DIN
DOMENIUL MEDICINEI”**

elaborate de doamna **LAURA-TEODORA COTOROBAI** în vederea conferirii titlului științific de doctor.

Comisia de doctorat este alcătuită din:

- | | |
|--|------------------|
| 1. Prof. Univ. Dr. Ing. Tărniceriu Daniela | președinte |
| Universitatea Tehnică “Gheorghe Asachi” din Iași | |
| 2. Prof. Univ. Dr. Ing. Chiper Doru-Florin | conducător de |
| doctorat | |
| Universitatea Tehnică “Gheorghe Asachi” din Iași | |
| 3. Prof. Univ. Dr. Ing. Goraș Liviu | referent oficial |
| Universitatea Tehnică “Gheorghe Asachi” din Iași | |
| 4. Prof. Univ. Dr. Ing. Paleologu Constantin | referent oficial |
| Universitatea Națională de Știință și Tehnologie “Politehnica” din București | |
| 5. Prof. Univ. Dr. Ing. Rusu Corneliu | referent oficial |
| Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca | |

Cu această ocazie vă invităm să participați la susținerea publică a tezei de doctorat.

RECTOR,
Prof.univ.dr.ing. Dan Cascaval

Secretar universitate,
Ing. Cristina Nagit

CAPITOLUL 1. INTRODUCERE	1
1.1 Aspecte generale	1
1.2 Motivația și obiectivele tezei de doctorat.....	1
1.3 Conținutul tezei de doctorat	2
CAPITOLUL 2. ASPECTE GENERALE - TELEMEDICINĂ ȘI CONTEXTUL ACTUAL AL TEHNOLOGIEI FOLOSITE ÎN APLICAȚII ÎN TIMP REAL ÎN MEDICINĂ.....	4
2.1 Evoluția tehnologiei în timp real în telemedicină	4
2.2 Componentele cheie ale aplicațiilor în timp real în telemedicină.....	4
2.3 Algoritmi folosiți în aplicații în timp real în telemedicină	5
2.4 Implementarea VLSI pentru aplicații în timp real telemedicină.....	5
2.5 Impactul pandemiei COVID-19 asupra telemedicină	5
2.6 Provocări și direcții viitoare în domeniul telemedicină	5
CAPITOLUL 3. ASPECTE GENERALE - COMPRESIA DE DATE.....	6
3.1 Compresia de date folosind codarea de tip <i>lossless</i>	6
3.1.1 Codarea Huffman	6
3.2 Compresia de date folosind codarea de tip <i>lossy</i>	6
3.3 Fundamente teoretice pentru compresia de date	7
3.4 Machine Learning	7
3.5 Diferențierea datelor	7
CAPITOLUL 4. ASPECTE GENERALE – TRANSFORMATELE DST ȘI DCT	8
4.1 Introducere	8
4.2 Compresia Datelor și Aplicațiile Medicale.....	8
4.3 Transformata Sinus Discretă (DST)	8
4.3.1 Fundamentul matematic al Transformatei Sinus Discrete DST.....	8
4.3.2 Tipuri de Transformate DST.....	8
4.3.3 Aplicații ale Transformatei DST	9
4.3.4 Avantajele Transformatei DST	9
4.3.5 Implementarea VLSI a Transformatei DST.....	9
4.4 Transformata Cosinus discretă (DCT)	9
4.4.1 Fundamentul matematic al Transformatei Cosinus Discrete (DCT)	9
4.4.2 Tipuri de Transformate DCT	9
4.4.3 Aplicații ale Transformatei DCT	10
4.4.4 Avantajele Transformatei DCT	10
4.4.5 Implementarea VLSI a Transformatei DCT	10

4.5 Analiză Comparativă a Transformatelor DCT și DST în Termeni de Eficiență în Implementarea VLSI și Compresia Datelor	10
4.5.1 Complexitatea Computațională a Transformatei DCT:	11
4.5.2 Complexitatea Computațională a Transformatei DST:.....	11
4.5.3 Eficiența consumului de Energie	11
4.5.4 Cerințe Hardware pentru Implementarea VLSI.....	11
4.5.5 Fezabilitatea utilizării în Aplicații.....	11
CAPITOLUL 5. NOTIUNI INTRODUCTIVE: JPEG IN CONTEXTUAL DICOM.....	13
CAPITOLUL 6. ALGORITMI EFICIENȚI ȘI IMPLEMENTAREA VLSI PENTRU APLICAȚII MEDICALE ÎN TIMP REAL	14
6.1 Aspecte teoretice - Tehnologia VLSI.....	14
6.2 Aplicațiile Tehnologiei VLSI în Medicina în Timp Real	14
6.3 Stadiul Actual al Tehnologiei în Timp Real Utilizată în Telemedicină.....	14
CAPITOLUL 7. SECURITATEA HARDWARE	15
7.1 Tehnici de Securitate Hardware	15
CAPITOLUL 8. STADIUL ACTUAL	16
8.1 Metodologii de Cercetare	16
8.2 Descoperiri cheie	17
8.3 Concluzii parțiale	17
CAPITOLUL 9. O ARHITECTURĂ VLSI UNIFICATĂ PENTRU 1-D IDCT ȘI IDST BAZATĂ PE STRUCTURE DE TIP <i>PSEUDO-BAND CORRELATIONS</i>	18
9.1 Metodologiile utilizate	18
9.2 Prezentarea rezultatelor	18
9.3 Interpretarea rezultatelor	19
CAPITOLUL 10. UN ALGORITM DE COMPLEXITATE REDUSĂ PENTRU IMPLEMENTAREA VLSI A DST BAZAT PE STRUCTURI DE TIP <i>BAND-CORRELATIONS</i>	20
10.1 Metodologiile utilizate	20
10.2 Prezentarea rezultatelor	20
10.3 Interpretarea rezultatelor	21
CAPITOLUL 11. UN NOU ALGORITM VLSI PENTRU O IMPLEMENTARE EFICIENTĂ VLSI A DST IV BAZAT PE STRUCTURI DE TIP <i>SHORT-BAND CORRELATIONS</i>	22
11.1 Metodologiile utilizate	22
11.2 Prezentarea rezultatelor	22
11.3 Interpretarea rezultatelor	23

CAPITOLUL 12. UN NOU ALGORITM VLSI PENTRU DCT - IV PENTRU O IMPLEMENTARE EFICIENTĂ A TEHNICII DE OBFUSCARE.....	24
12.1 Metodologiile utilizate	24
12.2 Prezentarea rezultatelor	24
12.3 Interpretarea rezultatelor	25
CAPITOLUL 13. UN NOU ALGORITM VLSI PENTRU O IMPLEMENTARE VLSI CU COMPLEXITATE REDUSĂ A DCT BAZATĂ PE STRUCTURI DE TIP PSEUDO CIRCULAR CORRELATION	26
13.1 Metodologiile utilizate	26
13.2 Prezentarea rezultatelor	26
13.3 Interpretarea rezultatelor	27
CAPITOLUL 14. UN ALGORITM EFICIENT PENTRU IMPLEMENTAREA VLSI A DCT INVERSE BAZAT PE STRUCTURI DE TIP <i>QUASI-CIRCULAR CORRELATION</i>.....	28
14.1 Metodologiile utilizate	28
14.2 Prezentarea rezultatelor	28
14.3 Interpretarea rezultatelor	29
CAPITOLUL 15. O NOUĂ ABORDARE PENTRU O ARHITECTURĂ UNIFICATĂ PENTRU DCT/DST DE TIP IV CU INTEGRAREA EFICIENTĂ A TEHNICII DE OFUSCARE	30
15.1 Metodologiile utilizate	30
15.2 Prezentarea rezultatelor	30
15.3 Interpretarea rezultatelor	31
CAPITOLUL 16. UN ALGORITM ÎMBUNĂTĂȚIT PENTRU O IMPLEMENTARE VLSI EFICIENTĂ A DST - IV UTILIZÂND STRUCTURI DE TIP <i>SHORT QUASI-BAND CORRELATION</i>.....	32
16.1 Metodologiile utilizate	32
16.2 Prezentarea rezultatelor	32
16.3 Interpretarea rezultatelor	33
CAPITOLUL 17. UN ALGORITM ȘI O ARHITECTURĂ EFICIENTE PENTRU IMPLEMENTAREA VLSI A DST - IV FOLOSIND STRUCTURI DE TIP <i>SHORT QUASI-BAND CORRELATION</i>, PERMIȚÂND INTEGRAREA EFICIENTĂ A TEHNICILOR UTILIZATE PENTRU SECURITATEA HARDWARE	34
17.1 Metodologiile utilizate	34
17.2 Prezentarea rezultatelor	34
17.3 Interpretarea rezultatelor	35
CAPITOLUL 18. CONCLUZII PARȚIALE	36
18.1 Metodologii utilizate	36
18.2 Prezentarea rezultatelor	36
18.3 Interpretarea rezultatelor	36

CAPITOLUL 19. CONCLUZII GENERALE, CONTRIBUȚII PERSONALE ȘI VALORIFICAREA REZULTATELOR	38
19.1 Concluzii generale	38
19.2 Contribuții personale.....	38
19.3 Valorificare rezultatelor	40
Bibliografie	42

CAPITOLUL 1. INTRODUCERE

1.1 Aspecte generale

Acest capitol oferă o sinteză a aspectelor generale abordate în cadrul tezei, subliniind contextul tehnologic și relevanța cercetării în dezvoltarea de algoritmi eficienți pentru implementări VLSI în domeniul medical. Progresele rapide din tehnologia medicală au impus nevoia unor soluții avansate de procesare în timp real și compresie a datelor, esențiale pentru gestionarea volumelor mari de informații generate de echipamentele de imagistică, precum MRI și scanerele CT. În acest context, utilizarea transformărilor matematice, precum DCT și DST, și a variantelor lor, devine crucială pentru optimizarea performanței și fiabilității dispozitivelor medicale. [1]–[6]

Capitolul reflectă importanța tehnologiei VLSI în integrarea unui număr mare de tranzistoare pe un singur cip, facilitând astfel dezvoltarea de dispozitive medicale compacte și eficiente. Aceste soluții sunt fundamentale pentru aplicațiile de telemedicină, unde transmisia și procesarea rapidă a datelor medicale sunt critice pentru monitorizarea continuă a pacienților și intervențiile rapide în situații de urgență. [5]

De asemenea, capitolul subliniază importanța securității hardware în arhitecturile VLSI, aspect esențial pentru protecția datelor sensibile ale pacienților împotriva accesului neautorizat și atacurilor cibernetice. Măsurile precum criptarea datelor, autentificarea sigură și monitorizarea continuă a integrității sistemelor sunt integrate pentru a asigura un nivel crescut de încredere și fiabilitate al dispozitivelor medicale. [5]–[6]

1.2 Motivația și obiectivele tezei de doctorat

În ultimele două decenii, telemedicina a cunoscut o creștere semnificativă, devenind un domeniu de mare interes, datorită îmbinării dintre matematică, electronică și medicină pentru dezvoltarea de algoritmi care simplifică și îmbunătățesc atât diagnosticul, cât și compresia datelor. Evoluția rapidă a tehnologiilor informaționale și de comunicații a adus multiple oportunități în medicina la distanță, crescând calitatea vieții și eficiența serviciilor medicale. Cu toate acestea, telemedicina impune cerințe ridicate de performanță, necesită un consum energetic redus și impune asigurarea securității datelor pacienților.

Cercetările recente s-au concentrat pe dezvoltarea de metode inovatoare și arhitecturi eficiente, capabile să gestioneze fluxuri mari de date și să mențină un echilibru între calitatea informației, securitatea acesteia și eficiența energetică. Sistemele embedded au devenit esențiale în acest context, iar domeniul a înregistrat o creștere rapidă, în special în aplicațiile medicale. Aceste sisteme, prin designul și arhitectura lor, sunt optimizate pentru a asigura o procesare rapidă a datelor, păstrând totodată un consum scăzut de energie.

Teza de față se concentrează pe evaluarea și optimizarea algoritmilor folosiți în compresia datelor cu aplicabilitate în domeniul medicinei în timp real, situându-se la intersecția dintre telemedicină,

electronică și securitatea hardware. Cercetarea explorează eficiența, complexitatea computațională, securitatea și provocările practice ale implementării VLSI, contribuind astfel la viitoare dezvoltări a unor dispozitive medicale mai eficiente și mai fiabile în contextul telemedicinii.

1.3 Conținutul tezei de doctorat

Teza de față, intitulată „Contribuții privind dezvoltarea de noi algoritmi și implementări eficiente în timp real pentru module cheie din domeniul medicinei,” este organizată în 19 capitole, fiecare explorând aspecte cruciale ale temei de cercetare. Structura tezei cuprinde o introducere, o analiză detaliată a literaturii de specialitate, prezentarea metodologiei utilizate, rezultatele experimentale obținute, discuții și interpretări ale acestora, precum și concluzii și contribuții personale ale autorului.

Capitolul 1 prezintă tema cercetării, subliniind importanța dezvoltării algoritmilor eficienți pentru aplicații medicale în timp real, cu un accent deosebit pe telemedicină și compresia datelor. Sunt expuse obiectivele tezei și structura acesteia, evidențiind necesitatea optimizării implementărilor VLSI pentru a spori performanța și fiabilitatea dispozitivelor medicale.

Capitolul 2 furnizează o revizuire detaliată a telemedicinii, acoperind evoluția sa istorică, componentele esențiale ale aplicațiilor în timp real și impactul pe care pandemia COVID-19 l-a avut asupra adoptării accelerate a acestei tehnologii. De asemenea, sunt discutate provocările curente și direcțiile viitoare, evidențiind necesitatea unor soluții inovatoare pentru a îmbunătăți accesul la servicii medicale de calitate.

În **Capitolul 3** se prezintă diversele metode de compresie a datelor, incluzând atât tehnici fără pierderi (lossless), cât și cu pierderi (lossy). Sunt explorate fundamentele teoretice ale compresiei și rolul esențial pe care aceasta îl joacă în reducerea cerințelor de stocare și transmitere în aplicațiile medicale. De asemenea, capitolul discută utilizarea tehnicilor de învățare automată pentru optimizarea procesului de compresie a datelor.

Capitolul 4 oferă o descriere detaliată a transformatelor Sinus Discretă (DST) și Cosinus Discretă (DCT), expunând fundamentele matematice, tipurile existente și aplicațiile specifice ale acestora. Sunt discutate avantajele utilizării DST și DCT în compresia datelor, precum și implementarea lor eficientă în VLSI, cu accent pe aplicațiile medicale în timp real.

În **Capitolul 5** se detaliază integrarea standardului JPEG în cadrul DICOM, evidențiind importanța unei compresii eficiente a datelor pentru imagistica medicală. De asemenea, sunt analizate provocările tehnice și soluțiile implementate pentru a asigura compatibilitatea și menținerea calității datelor în procesul de imagistică medicală.

Capitolul 6 se axează pe tehnologia VLSI și aplicabilitatea acesteia în telemedicină, abordând proiectarea și implementarea algoritmilor eficienți pentru procesarea datelor în timp real. Sunt analizate provocările tehnologice și soluțiile inovatoare dezvoltate pentru a optimiza performanța și eficiența energetică a acestor sisteme.

Capitolul 7 analizează tehnicile de securitate hardware esențiale pentru protecția datelor medicale sensibile, discutând măsuri precum criptarea datelor, autentificarea sigură, securizarea cipului și monitorizarea integrității sistemelor. Este evidențiată importanța acestor măsuri pentru asigurarea confidențialității și integrității datelor pacienților.

Capitolul 8 expune metodologiile de cercetare utilizate și descoperirile esențiale obținute, oferind o analiză aprofundată a stadiului actual al tehnologiei în domeniul telemedicinii și compresiei

datelor. De asemenea, sunt discutate provocările curente și soluțiile potențiale pentru optimizarea sistemelor existente.

Capitolele 9-17 reprezintă contribuțiile originale ale tezei, detaliind dezvoltarea și implementarea unor algoritmi și arhitecturi VLSI inovatoare pentru transformatele DST, DCT și variantele acestora. Aceste capitole explorează soluții menite să optimizeze eficiența procesării rapide și securitatea hardware, utilizând structuri de corelație și arhitecturi sistolice pentru a simplifica calculul și a reduce complexitatea hardware, asigurând totodată performanțe superioare și protecția circuitelor.

Fiecare capitol explorează metodologiile utilizate, prezentarea și interpretarea rezultatelor experimentale, evidențiind inovațiile introduse și impactul acestora asupra eficienței și performanței, cu aplicabilitate potențială în sistemele medicale. Motivația cercetărilor este introdusă de necesitatea unor soluții eficiente pentru aplicațiile medicale în timp real, cum ar fi telemedicina și imagistica medicală, care necesită procesare rapidă și protecția datelor.

Algoritmii dezvoltați au integrat diverse structuri de tip corelație (band correlation, quasi-circular, pseudo-circular și quasi-band correlation) pentru a simplifica calculele și a diminua complexitatea hardware. Implementarea acestora s-a realizat prin utilizarea de arhitecturi sistolice liniare, care au facilitat o procesare paralelă eficientă și au contribuit la reducerea costurilor hardware. De asemenea, au fost integrate tehnici de securitate hardware, inclusiv obfuscarea, pentru a asigura protecția cipului.

Algoritmii dezvoltați pentru transformatele DST, DCT și variantele acestora au arătat o eficiență remarcabilă, ceea ce a dus la simplificarea structurilor de calcul și la scăderea costurilor hardware și de I/O (intrare/ieșire). Arhitecturile VLSI propuse sunt caracterizate de modularitate și eficiență, oferind performanțe de procesare superioare. De asemenea, s-a demonstrat că tehnicile de securitate hardware pot fi integrate eficient pentru protecția cipului, necesitând doar modificări minime ale hardware-ului.

Eficiența și performanța superioară ale arhitecturilor VLSI dezvoltate sunt date de simplificarea hardware-ului și reducerea costurilor asociate cu canalele I/O (intrare/ieșire). Integrarea tehnicilor de securitate hardware a fost crucială pentru protejarea împotriva pirateriei și atacurilor, demonstrându-și eficacitatea în capitolele [12], [14], [15] și [17]. Aceste soluții se dovedesc a fi aplicabile într-o varietate de aplicații medicale în timp real, asigurând atât eficiență, cât și o securitate robustă.

Această abordare integrată a evidențiat inovația și importanța soluțiilor VLSI în domeniul medical, subliniind îmbunătățirile semnificative aduse în eficiența și securitatea procesării datelor medicale. În esență, algoritmii dezvoltați se disting prin eficiență ridicată, o structură de calcul simplificată și costuri hardware reduse, în timp ce arhitecturile VLSI rezultate sunt modulare, cu o structură regulată care facilitează implementarea eficientă și asigură performanțe superioare în procesare, alături de o securitate hardware robustă.

Capitolul 18 prezintă concluziile parțiale, sintetizează metodologiile și rezultatele discutate în capitolele precedente, furnizând interpretări și concluzii semnificative pentru studiile realizate. Este accentuată importanța contribuțiilor oferite și sunt sugerate direcții de cercetare pentru viitor.

Capitolul 19 rezumă concluziile generale ale tezei, subliniind contribuțiile personale în crearea și implementarea algoritmilor și arhitecturilor VLSI. De asemenea, se analizează modul în care rezultatele cercetării pot fi valorificate și aplicate în viitor.

CAPITOLUL 2. ASPECTE GENERALE - TELEMEDICINĂ ȘI CONTEXTUL ACTUAL AL TEHNOLOGIEI FOLOSITE ÎN APLICAȚII ÎN TIMP REAL ÎN MEDICINĂ

Capitolul prezintă diverse definiții ale termenului "telemedicină," evidențiind modul în care acesta este înțeles în diferite contexte, de la utilizarea tehnologiei pentru diagnosticare și tratament la distanță, la utilizarea comunicațiilor electronice pentru îngrijirea sănătății. În ultimii 20 de ani, telemedicina a cunoscut o dezvoltare semnificativă, datorită progreselor în tehnologia de procesare în timp real, care a permis o comunicare interactivă și imediată între pacienți și medici. Creșterea cererii pentru servicii medicale accesibile, în special în zonele defavorizate, a impulsionat inovațiile în acest domeniu. [7]-[11]

Capitolul subliniază importanța securității datelor și a integrității imaginilor medicale în contextul telemedicinii, unde accesul la dosarele pacienților și transmiterea datelor sunt esențiale. În plus, se discută despre necesitatea unor sisteme performante, cu consum energetic scăzut, pentru a răspunde cerințelor medicale. Cercetările recente s-au concentrat pe dezvoltarea de arhitecturi și algoritmi eficienți, capabili să mențină calitatea informațiilor, să asigure securitatea acestora și să optimizeze consumul de energie.

De asemenea, se evidențiază creșterea rapidă a domeniului sistemelor embedded, în special în aplicațiile medicale, unde performanțele ridicate și consumul redus de energie sunt esențiale. Astfel, focusul actual este pe dezvoltarea unor soluții care să asigure atât eficiența procesării datelor, cât și securitatea acestora, în timp ce reduc complexitatea computațională și costurile asociate.[10]-[11]

2.1 Evoluția tehnologiei în timp real în telemedicină

În stadiile incipiente, telemedicina se baza pe metode de comunicare asincrone, precum e-mailul și videoclipurile înregistrate, care limitau îngrijirea imediată a pacientului. Odată cu avansul tehnologiei în timp real, telemedicina a evoluat pentru a include consultații video live, monitorizare de la distanță și transmisie instantanee de date, aspecte esențiale pentru evaluarea, diagnosticarea și tratamentul eficient, mai ales în cazuri medicale de urgență.[12]-[13]

2.2 Componentele cheie ale aplicațiilor în timp real în telemedicinii

Telemedicina modernă se bazează pe mai multe tehnologii cheie: videoconferințele de înaltă definiție permit interacțiuni față în față în timp real între pacienți și furnizorii de servicii medicale; dispozitivele de monitorizare la distanță colectează și transmit date vitale ale pacienților, precum ritmul cardiac și tensiunea arterială, către medicii lor; aplicațiile mobile de sănătate oferă pacienților acces la servicii medicale, programări și comunicare cu profesioniștii din domeniu; iar integrarea dosarelor

electronice de sănătate (EHR) cu platformele de telemedicină asigură accesul rapid la istoricul medical și datele pacientului în timpul consultațiilor la distanță [11]-[12], [14].

2.3 Algoritmi folosiți în aplicații în timp real în telemedicină

Algoritmii eficienți sunt esențiali în telemedicină pentru procesarea și analiza rapidă a volumelor mari de date generate în timp real, facilitând diagnostice precise, analize predictive și planuri de tratament personalizate. Acești algoritmi sunt utilizați în diverse domenii, cum ar fi procesarea imaginilor și a semnalelor, comprimarea datelor și învățarea automată (AI). De exemplu, în telemedicină, datele biometrice și clinice sunt colectate prin dispozitive de monitorizare la distanță, comprese pentru a menține integritatea informațiilor, criptate pentru a asigura securitatea și transmise prin rețele securizate. Aceste date sunt apoi integrate în dosarele electronice de sănătate (EHR), asigurând accesul sigur și conform cu reglementările internaționale, precum GDPR și HIPAA. Algoritmii avansați permit ajustarea în timp real a tratamentelor, demonstrând eficiența analizei datelor în îmbunătățirea intervențiilor clinice [1]-[3], [6], [8], [9], [10], [12]-[15].

2.4 Implementarea VLSI pentru aplicații în timp real telemedicină

Tehnologia Very Large Scale Integration (VLSI) joacă un rol crucial în dezvoltarea hardware pentru telemedicină, fiind esențială pentru dispozitivele medicale portabile. Cipurile VLSI sunt proiectate pentru a efectua calcule complexe la viteze mari, cu un consum minim de energie, permițând gestionarea eficientă a procesării datelor în timp real și asigurând soluții medicale precise și rapide [13], [16].

2.5 Impactul pandemiei COVID-19 asupra telemedicinii

Pandemia COVID-19 a accelerat semnificativ adoptarea telemedicinii, determinând schimbări majore și progrese în acest domeniu. Printre acestea se numără modificările de reglementare, care au facilitat implementarea serviciilor de telemedicină, precum și creșterea adoptării și utilizării acestor soluții de către furnizorii de asistență medicală și pacienți. De asemenea, pandemia a stimulat investițiile în infrastructura tehnologică, îmbunătățind lățimea de bandă a rețelelor și dezvoltând platforme de telesănătate mai eficiente. Integrarea inteligenței artificiale și a analizei datelor a devenit esențială pentru monitorizarea sănătății și gestionarea resurselor, iar percepția publicului și a furnizorilor de servicii medicale a evoluat pozitiv, cu o acceptare sporită a telemedicinii ca metodă eficientă și convenabilă de îngrijire a pacienților [12], [16]-[18].

2.6 Provocări și direcții viitoare în domeniul telemedicinii

Deși telemedicina în timp real a făcut progrese semnificative, persistă provocări precum securitatea și confidențialitatea datelor pacienților, interoperabilitatea între diverse sisteme și dispozitive, și conformitatea cu reglementările regionale. Cercetările viitoare se vor concentra pe îmbunătățirea scalabilității, robusteții și securității acestor sisteme, iar inovațiile în algoritmi, tehnologia VLSI și inteligența artificială sunt așteptate să impulsioneze noi progrese, făcând telemedicina mai accesibilă și eficientă în diverse aplicații medicale [12]-[14], [17].

CAPITOLUL 3. ASPECTE GENERALE -

COMPRESIA DE DATE

În teoria informației, compresia datelor, cunoscută și sub denumirea de codare source coding, este procesul de reducere a numărului de biți necesari pentru a reprezenta informațiile, fie prin eliminarea redundanței (compresie fără pierderi), fie prin eliminarea informațiilor mai puțin importante (compresie cu pierderi). Compresia este esențială pentru reducerea resurselor necesare stocării și transmiterii datelor, însă implică un compromis între gradul de compresie, distorsiunea datelor și resursele de calcul necesare pentru comprimare și decompresie. Proiectarea schemelor de compresie necesită echilibrarea acestor factori pentru a optimiza performanța [19]-[23].

3.1 Compresia de date folosind codarea de tip *lossless*

Algoritmii de compresie *lossless* exploatează redundanța statistică pentru a reduce dimensiunea datelor fără a pierde informații, fiind utilizate în multe aplicații datorită caracterului lor reversibil. Printre cei mai cunoscuți algoritmi se numără metodele Lempel–Ziv (LZ) și derivatul DEFLATE, care optimizează viteza de decompresie și raportul de compresie. Alte tehnici avansate includ codarea aritmetică, care oferă o compresie superioară prin modelarea probabilistică a datelor, fiind utilizată în standarde precum JPEG și H.264. Software-ul de arhivare permite ajustarea dimensiunii dicționarului pentru a echilibra necesarul de memorie și eficiența compresiei, optimizând astfel performanța în funcție de tiparul datelor [24]-[31].

3.1.1 Codarea Huffman

Codarea Huffman este o tehnică de codare cu lungime variabilă care reduce redundanța codificării prin alocarea unui număr mai mic de biți caracterelor care apar frecvent. Aceasta se realizează prin crearea unui arbore binar, în care nodurile frunză reprezintă caracterele, iar nodurile interne sunt construite pe baza frecvenței caracterelor. Procesul implică eliminarea celor două noduri cu cea mai mică frecvență și combinarea lor într-un nod intern, repetându-se până la formarea unui arbore complet, cu un singur nod rădăcină. Astfel, codul Huffman rezultat asigură o reprezentare optimizată a datelor, respectând regula prefixului pentru fiecare caracter [32].

3.2 Compresia de date folosind codarea de tip *lossy*

La sfârșitul anilor 1980 și începutul anilor 1990, compresia de date folosind codarea de tip *lossy* a devenit populară datorită creșterii utilizării imaginilor digitale. Această metodă permite economisirea spațiului de stocare prin acceptarea unui anumit nivel de pierdere a informațiilor, eliminând detaliile neesențiale pe care oamenii nu le percep ușor. Transformata Cosinus Discretă (DCT) este cea mai utilizată tehnică în compresia *lossy*, fiind folosită în formate multimedia pentru imagini (JPEG), video (MPEG) și audio (MP3). Compresia *lossy* este omniprezentă în camerele digitale, DVD-uri, streaming

video și codificarea audio, unde psihoacustica joacă un rol important în eliminarea componentelor non-audibile ale semnalului audio [33]-[38].

3.3 Fundamente teoretice pentru compresia de date

Secțiunea 3.3 explorează fundamentele teoretice ale compresiei de date, oferind o bază conceptuală pentru înțelegerea tehnicilor și algoritmilor utilizați în reducerea dimensiunii fișierelor fără a compromite semnificativ calitatea informațiilor. Aceasta include o discuție despre principiile de bază ale compresiei, diferențele dintre compresia lossless și lossy, și modul în care aceste tehnici optimizează stocarea și transmiterea datelor [39].

3.4 Machine Learning

Această secțiune explorează legătura strânsă între învățarea automată și compresia datelor, evidențiind modul în care algoritmi de predicție și compresie pot fi utilizați interschimbabil pentru optimizarea stocării și transmiterii datelor. Exemple de software alimentat de AI pentru compresie audio/video și imagine includ VP9, NVIDIA Maxine, și OpenCV. Tehnici precum K-means clustering, utilizate în învățarea automată nesupravegheată, ajută la reducerea dimensiunii datelor prin gruparea punctelor similare, fiind deosebit de utile în procesarea imaginilor și a semnalelor. Modelele de limbaj mari, precum Chinchilla 70B de la DeepMind, demonstrează capacitatea de comprimare a datelor fără pierderi, depășind metodele convenționale [40]-[49].

3.5 Diferențierea datelor

Comprimarea datelor poate fi interpretată ca o formă specială de diferențiere a datelor, unde se generează o „diferență” (sau patch) între o sursă și o țintă pentru a reproduce ținta. În contextul compresiei, această diferență este calculată față de o sursă goală, astfel încât fișierul comprimat reprezintă diferența față de nimic. Aceasta echivalează cu tratarea entropiei absolute în compresie ca un caz special al entropiei relative, fără date inițiale [50].

CAPITOLUL 4. ASPECTE GENERALE – TRANSFORMATELE DST ȘI DCT

4.1 Introducere

Progresele rapide în tehnologia medicală au impus dezvoltarea unor algoritmi eficienți pentru procesare în timp real și compresie a datelor, esențiali în implementările VLSI, unde eficiența algoritmului influențează direct performanța și fiabilitatea dispozitivelor medicale. Teza se concentrează pe dezvoltarea și implementarea unor algoritmi optimizați pentru aplicații medicale în timp real, utilizând transformate matematice precum DCT, DST, IDCT, IDST și variantele de tip IV ale acestora pentru a îmbunătăți compresia datelor.

4.2 Compresia Datelor și Aplicațiile Medicale

Compresia datelor este esențială în aplicațiile medicale pentru gestionarea volumelor mari de date produse de echipamentele de imagistică, precum MRI și CT. O compresie eficientă reduce cerințele de stocare și transmitere, menținând totodată calitatea informațiilor diagnostice. Alegerea corectă a transformatei utilizate în compresie este crucială pentru eficiența și eficacitatea algoritmului de compresie. [3] – [5], [51]-[52]

4.3 Transformata Sinus Discretă (DST)

Secțiunea 4.3 explorează Transformata Sinus Discretă (DST), o transformată matematică utilizată în compresia datelor și procesarea semnalelor. DST este aplicată în diverse domenii, inclusiv în compresia imaginilor și a semnalelor medicale, datorită capacității sale de a concentra informația esențială și de a facilita o reprezentare eficientă a datelor.

4.3.1 Fundamentul matematic al Transformatei Sinus Discrete DST

Transformata Sinus Discretă (DST) convertește o secvență de date de lungime N într-un set de componente de frecvență, reprezentate de $X(k)$. Aceasta utilizează funcții sinus cu proprietăți specifice care o fac eficientă pentru procesarea anumitor tipuri de date, facilitând astfel analiza și compresia datelor. [3]

4.3.2 Tipuri de Transformate DST

Există mai multe tipuri de Transformate DST, fiecare având proprietăți și aplicații specifice. DST-I este utilizată în metodele spectrale pentru rezolvarea ecuațiilor diferențiale parțiale, DST-II este frecvent aplicată în procesarea imaginilor și a semnalului, DST-III este inversul DST-II și se folosește pentru reconstrucția datelor originale, iar DST-IV este folosită în special în procesarea audio și a vorbirii, oferind avantaje în aceste domenii. [3]

4.3.3 Aplicații ale Transformatei DST

Transformata DST este utilă în aplicațiile de procesare a semnalului, în special atunci când datele au simetrie impară sau condițiile la limită favorizează transformarea sinusoidală. Aplicațiile includ prelucrarea semnalului și a imaginii, codificarea audio și a vorbirii (în special DST-IV), și rezolvarea ecuațiilor diferențiale parțiale, unde DST gestionează eficient condițiile la limită impar-simetrice [3], [51].

4.3.4 Avantajele Transformatei DST

Transformata DST este eficientă în compactarea energiei semnalului în doar câțiva coeficienți, fiind utilă în aplicațiile de compresie. Aceasta se potrivește bine cu condițiile de limită impar-simetrice, fiind avantajoasă în anumite contexte. De asemenea, algoritmi rapizi similari cu Transformata Fourier rapidă (FFT) o fac eficientă din punct de vedere computațional, ceea ce o face potrivită pentru aplicații în timp real [3], [5].

4.3.5 Implementarea VLSI a Transformatei DST

Implementarea eficientă VLSI a transformatei DST necesită o analiză detaliată a algoritmului și arhitecturii hardware. Factorii cheie includ exploatarea paralelismului pentru a accelera calculul, utilizarea tehnicilor de pipelining pentru a îmbunătăți eficiența și viteza, și echilibrarea resurselor hardware cu performanța, esențială pentru aplicațiile medicale în timp real. [52]

4.4 Transformata Cosinus discretă (DCT)

Transformata Cosinus Discretă (DCT) este esențială în compresia datelor, oferind eficiență energetică și de calcul ridicată. Implementarea sa VLSI în aplicații medicale în timp real poate îmbunătăți performanța și fiabilitatea dispozitivelor de diagnostic și monitorizare. DCT reduce redundanța datelor, menținând fidelitatea ridicată, fiind indispensabilă în procesarea modernă a semnalului digital, în special pentru compresia imaginilor și video.[1]

4.4.1 Fundamentul matematic al Transformatei Cosinus Discrete (DCT)

Transformata Cosinus Discretă (DCT) convertește o secvență de date de lungime N într-un set de componente de frecvență, reprezentate de $X(k)$. Funcțiile cosinus utilizate în DCT au proprietăți care o fac extrem de eficientă pentru compactarea energiei semnalului, optimizând astfel procesarea datelor.[1]

4.4.2 Tipuri de Transformate DCT

Există mai multe tipuri de Transformate Cosinus Discretă (DCT), fiecare având proprietăți și aplicații specifice. DCT-I este rar utilizată din cauza condițiilor la limită mai puțin convenabile. DCT-II este cea mai frecvent utilizată, fiind esențială în compresia imaginilor și video datorită eficienței sale în

compactarea energiei. DCT-III, inversul DCT-II, este folosită pentru reconstrucția semnalului, iar DCT-IV oferă avantaje unice în procesarea audio și anumite aplicații de imagine. [1]-[3]

4.4.3 Aplicații ale Transformatei DCT

Transformata DCT este esențială pentru compresia eficientă a datelor, permițând reprezentarea acestora cu un număr redus de coeficienți. Aplicațiile notabile includ comprimarea imaginilor (ca în standardul JPEG), comprimarea video (utilizată în MPEG pentru a reduce redundanțele), comprimarea audio (prin transformata DCT modificată, MDCT, utilizată în MP3 și AAC) și transmiterea eficientă a datelor în comunicațiile digitale, reducând lățimea de bandă necesară. [2]-[4]

4.4.4 Avantajele Transformatei DCT

Transformata DCT este extrem de eficientă în compactarea energiei semnalului în câțiva coeficienți, ceea ce o face ideală pentru compresie. Funcțiile cosinus utilizate sunt ortogonale, asigurând o transformare stabilă și eficientă. În plus, algoritmi rapizi, similari cu Transformata Fourier rapidă (FFT), fac DCT eficientă din punct de vedere computațional, fiind potrivită pentru aplicații în timp real.[1], [2]

4.4.5 Implementarea VLSI a Transformatei DCT

Implementarea eficientă VLSI a transformatei DCT necesită optimizarea algoritmului, utilizarea procesării paralele și a tehnicilor de pipelining, precum și gestionarea atentă a resurselor hardware pentru a asigura un design performant. O analiză comparativă a transformatelor DCT și DST evidențiază că fiecare are avantaje specifice în funcție de aplicație, cu DCT excelând în compresia imaginilor și DST fiind mai potrivită pentru anumite sarcini de procesare a semnalelor. Variantele de tip IV pot oferi beneficii unice în anumite scenarii, mai ales în contextul implementărilor eficiente în VLSI. Aceste implementări sunt deosebit de valoroase în aplicațiile medicale, cum ar fi tomografia computerizată, rezonanța magnetică și ecografia, unde este esențială procesarea rapidă și eficientă a datelor pentru a obține imagini de înaltă calitate în timp real. [2], [3], [5]

4.5 Analiză Comparativă a Transformatelor DCT și DST în Termeni de Eficiență în Implementarea VLSI și Compresia Datelor

Compararea Transformatei Cosinus Discretă (DCT) și Transformatei Sinus Discretă (DST) în contextul implementării VLSI și compresiei datelor implică evaluarea mai multor factori cheie, cum ar fi complexitatea computațională, eficiența energetică, cerințele hardware și aplicabilitatea în diverse scenarii. Acești factori determină care transformare este mai eficientă și potrivită pentru anumite aplicații.

4.5.1 Complexitatea Compuțională a Transformatei DCT:

DCT-II este cel mai utilizat tip de transformare datorită eficienței sale în compactarea energiei și aplicabilității în standarde precum JPEG și MPEG. Complexitatea compuțională a DCT-II poate fi redusă semnificativ prin algoritmi rapizi, cum ar fi cei bazați pe Transformata Fourier Rapidă (FFT). Aceasta necesită $O(N \log N)$ operații pentru o secvență de lungime N , ceea ce o face eficientă din punct de vedere compuțional. [2]-[3]

4.5.2 Complexitatea Compuțională a Transformatei DST:

Transformatele DST-II și DST-IV sunt frecvent utilizate datorită condițiilor de limită și proprietăților lor specifice, având o complexitate similară cu cea a DCT, cu algoritmi eficienți care ating o complexitate de $O(N \log N)$. Totuși, alegerea variantei DST poate influența ușor complexitatea, deoarece anumite tipuri pot necesita calcule suplimentare în funcție de aplicație.[3]

4.5.3 Eficiența consumului de Energie

4.5.3.1 Transformata DCT:

Transformata DCT este foarte eficientă în concentrarea energiei semnalului în câțiva coeficienți de frecvență joasă, ceea ce o face ideală pentru compresia imaginilor și video. Această proprietate permite reducerea semnificativă a datelor fără pierderi substanțiale de calitate.[1], [2]

4.5.3.2 Transformata DST:

Deși considerată ușor mai puțin eficientă decât DCT pentru datele tipice de imagini și video, DST este mai potrivită pentru semnale cu condiții de limită simetrice impare. În astfel de cazuri, DST poate oferi o eficiență energetică superioară.[3]

4.5.4 Cerințe Hardware pentru Implementarea VLSI

4.5.4.1 Transformata DCT:

Algoritmii DCT pot fi implementați eficient în VLSI folosind tehnici de procesare în pipeline și paralelă. Aceștia necesită mai puține înmulțiri comparativ cu Transformata Fourier, simplificând designul hardware. Fluxul de date regulat și mecanismele simple de control fac implementarea pe hardware mai ușoară și eficientă.[2], [3], [5]

4.5.4.2 Transformata DST:

Implementările DST pot beneficia de procesarea paralelă și pipeline pentru eficiență crescută. Deși DST necesită un design hardware mai complex din cauza funcțiilor sinusoidale și a condițiilor de limită, diferența în complexitatea hardware între DST și DCT este minimă atunci când se folosesc tehnici avansate de VLSI.[3], [5]

4.5.5 Fezabilitatea utilizării în Aplicații

4.5.5.1 Transformata DCT:

Transformata DCT este utilizată pe scară largă în standardele de compresie a imaginilor și video, precum JPEG și MPEG, datorită eficienței sale în compactarea energiei și a computației. Este preferată în aplicațiile cu date care prezintă condiții de limită simetrice pare.[1], [2]

4.5.5.2 Transformata DST:

Transformata DST este utilizată în aplicații specializate unde condițiile de limită sunt simetrice impare sau când proprietățile DST se potrivesc mai bine caracteristicilor semnalului, fiind mai puțin comună în compresia mainstream a imaginilor și video. [3]

Atât DST, cât și DCT sunt eficiente pentru compresia datelor și pot fi implementate eficient în sistemele VLSI. DCT este preferată pentru compresia imaginii și video datorită eficienței sale ridicate în compactarea energiei, în timp ce DST este utilă în sarcini de procesare a semnalului specifice. Tehnicile avansate VLSI pot reduce diferențele de complexitate hardware, făcând ambele transformate viabile pentru aplicații în timp real în medicină ce necesită compresie eficientă a datelor.[1], [3]

CAPITOLUL 5. NOTIUNI INTRODUCTIVE: JPEG IN CONTEXTUAL DICOM

Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) este standardul principal pentru comunicarea și gestionarea informațiilor de imagistică medicală. Folosit pentru stocarea și transmiterea imaginilor medicale, DICOM permite integrarea echipamentelor de imagistică de la diferiți producători, inclusiv scanere, servere, stații de lucru și sisteme PACS. DICOM nu încapsulează formate de fișiere, ci comprimă bitstreams, iar fișierele DICOM sunt structurate în antet și seturi de date imagine. Antetul conține informații esențiale precum datele pacientului și parametrii de achiziție, în timp ce datele de imagine sunt stocate separat. DICOM sprijină multiple scheme de compresie, inclusiv JPEG și JPEG 2000, și include funcționalități suplimentare pentru gestionarea imagisticii, criptare, și manipularea metadatelor. Comparativ cu formatele precum JPEG, DICOM oferă un set de informații meta extensiv, esențial pentru contextul medical. [53]-[60]

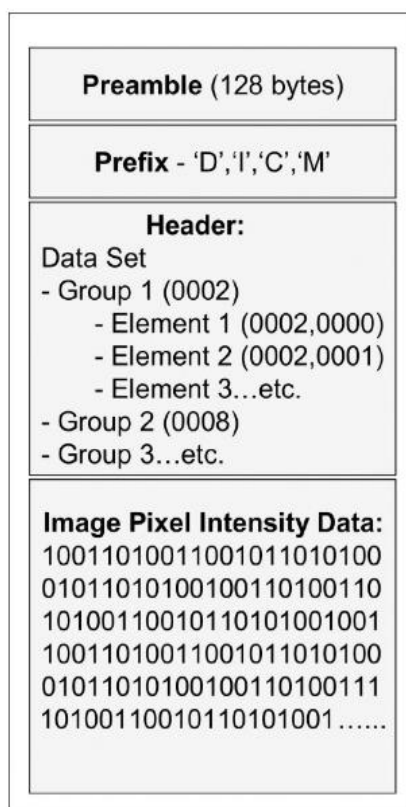


Figura 5.1 Structura unei imagini DICOM, [59]

CAPITOLUL 6. ALGORITMI EFICIENȚI ȘI IMPLEMENTAREA VLSI PENTRU APLICAȚII MEDICALE ÎN TIMP REAL

Progresul tehnologic a revoluționat domeniul medical, în special prin implementarea algoritmilor eficienți pe circuite VLSI (Very Large Scale Integration). Aceste inovații permit dezvoltarea de aplicații medicale în timp real, avansând semnificativ diagnosticarea și tratamentul pacienților.

6.1 Aspecte teoretice - Tehnologia VLSI

Tehnologia VLSI (Very Large Scale Integration) permite integrarea a milioane de tranzistori pe un singur cip semiconductor, facilitând proiectarea de circuite complexe și compacte. Evoluând de la SSI (Small Scale Integration) și MSI (Medium Scale Integration) la LSI (Large Scale Integration) și VLSI, proiectarea VLSI implică etape complexe precum specificarea cerințelor, sinteza logică, proiectarea fizică și verificarea. O provocare majoră este gestionarea consumului de putere și disiparea căldurii; algoritmi eficienți pot reduce aceste probleme și îmbunătăți performanța, fiind esențiali în aplicațiile medicale în timp real, unde precizia și fiabilitatea sunt cruciale.[61]-[62]

6.2 Aplicațiile Tehnologiei VLSI în Medicina în Timp Real

Aplicarea tehnologiei VLSI în domeniul medical a permis dezvoltarea dispozitivelor avansate de diagnosticare și monitorizare, precum electrocardiografele portabile, monitoarele de glucoză și echipamentele de imagistică medicală. Aceste dispozitive beneficiază de procesarea rapidă și precisă a datelor, realizată prin circuite integrate VLSI optimizate. De exemplu, algoritmi de procesare a semnalelor pe circuite VLSI sunt utilizați pentru analiza electrocardiogramelor (ECG), permițând detectarea anomaliilor cardiace în timp real și reducând astfel timpul de diagnosticare și intervenție. [63]-[64]

6.3 Stadiul Actual al Tehnologiei în Timp Real Utilizată în Telemedicină

Telemedicina beneficiază de tehnologia VLSI pentru monitorizarea continuă a pacienților, transmiterea datelor în timp real și consultanță medicală la distanță. Dispozitivele de telemedicină folosesc algoritmi de compresie și criptare pe circuite VLSI pentru a asigura confidențialitatea și integritatea datelor, fără întârzieri semnificative. În imagistica medicală, VLSI permite procesarea rapidă a datelor pentru CT, MRI și ecografie, fiind esențială și pentru monitorizarea în timp real a semnalelor cardiace și cerebrale, contribuind astfel la diagnostice precise și intervenții rapide. [65]-[72]

CAPITOLUL 7. SECURITATEA HARDWARE

În era digitală, securitatea hardware-ului este crucială pentru aplicațiile în timp real, în special în domeniul medical. Implementarea algoritmilor de securitate pe circuite VLSI asigură protecția datelor și integritatea sistemelor critice. Această lucrare analizează tehnologia actuală care integrează securitatea hardware și propune soluții eficiente pentru aplicarea acestora pe VLSI.

7.1 Tehnici de Securitate Hardware

Pentru protejarea sistemelor VLSI, se utilizează diverse tehnici de securitate hardware, fiecare cu avantajele și dezavantajele sale [73]-[85]. Printre acestea se numără:

- **Criptografia pe Hardware:** Folosește module hardware dedicate, cum ar fi AES și RSA, pentru criptare și decriptare eficientă [73].
- **Generatoare de Numere Aleatoare (RNG):** Asigură chei criptografice imprevizibile prin tehnici precum zgomotul termic [74].
- **Controlul Accesului la Memorie (MAC):** Protejează datele sensibile împotriva accesului neautorizat și atacurilor de tip buffer overflow [75].
- **Detectarea și Prevenirea Atacurilor:** Incluzând tehnologii pentru identificarea și prevenirea atacurilor de canal lateral și manipulări fizice [76].
- **Protecția împotriva Atacurilor de Canal Lateral:** Utilizează tehnici de atenuare a emanațiilor fizice, cum ar fi dublarea logicii [77], [83].
- **Identificarea prin Funcții Fizice Neclonabile (PUF):** Creează amprente hardware unice pentru autentificare și generare de chei [78].
- **Detectarea și Răspunsul la Manipulare:** Integrează senzori pentru a detecta manipulările fizice și a răspunde în consecință [79].
- **Secure Boot:** Asigură integritatea firmware-ului și software-ului în timpul secvenței de boot [80].
- **Criptarea Hardware:** Integrează algoritmi de criptare direct în componentele hardware [81].
- **Obfuscarea:** Maschează funcționalitatea reală a circuitelor pentru a preveni ingineria inversă [82].
- **Redundanța și Toleranța la Defecțiuni:** Utilizează componente redundante pentru a menține funcționarea în cazul defecțiunilor [84].
- **Controlul Accesului și Autentificarea:** Asigură accesul autorizat prin chei criptografice, protocoale securizate sau verificare biometrică [85].

În domeniul medical, aceste tehnici sunt esențiale pentru protejarea datelor sensibile ale pacienților și asigurarea funcționării corecte a dispozitivelor critice. Criptografia pe hardware și RNG-urile sunt cruciale pentru securizarea comunicațiilor, iar controlul accesului, detectarea atacurilor și protecția împotriva canalelor laterale sunt esențiale pentru integritatea și securitatea sistemelor medicale. [86]-[89].

CAPITOLUL 8. STADIUL ACTUAL

Stadiul actual al literaturii subliniază progresele semnificative în implementările VLSI pentru transformatele discrete, punând accent pe eficiența computațională și optimizarea hardware. Arhitecturile unificate, ariile sistolice, aritmetica distribuită și design-urile bazate pe memorie oferă soluții unice pentru diverse provocări de design VLSI și contribuie la dezvoltarea sistemelor cu throughput ridicat, potrivite pentru aplicații în timp real. Deși literatura nu detaliază explicit utilizarea acestor tehnologii în domeniul medical, performanțele optime și eficiența ridicată ale algoritmilor pentru transformate discrete (DCT, DST, DFT) sunt relevante pentru aplicațiile medicale în timp real. Analiza din capitol examinează metodologiile și descoperirile recente legate de algoritmi eficienți și implementări VLSI pentru aceste transformate și operațiunile lor inverse.

8.1 Metodologii de Cercetare

Literatura actuală subliniază progresele în implementările VLSI pentru transformatele discrete, concentrându-se pe reducerea complexității hardware și optimizarea performanței. Metodologiile principale includ:

- ✓ **Reformularea Algoritmilor:** Algoritmii pentru DCT, DST și DFT sunt simplificați prin structuri de tip cyclic convolutions și correlations, facilitând implementarea eficientă în VLSI și procesarea paralelă [90]-[124].
- ✓ **Design-ul Array-urilor Sistolice:** Aceste arhitecturi, cunoscute pentru regularitatea și modularitatea lor, sunt ideale pentru implementările VLSI, maximizând throughput-ul și minimizând latența [90], [93], [97], [99], [102], [116], [117].
- ✓ **Aritmetica Distribuită (DA):** DA înlocuiește multiplexorii cu tabele de căutare pre-compute, reducând complexitatea hardware și accelerând calculul [94], [124], [122].
- ✓ **Tehnici Bazate pe Memorie:** Utilizarea multiplexorilor bazați pe ROM și DA optimizează eficiența hardware și viteza de procesare [92], [106], [108].
- ✓ **Arhitecturi Flexibile de tip Pipeline:** Aceste arhitecturi îmbunătățesc performanța și flexibilitatea designurilor VLSI [111], [112], [121].
- ✓ **Integrarea Securității Hardware:** Tehnicile de obfuscarea și criptarea sunt explorate pentru a proteja datele și proprietatea intelectuală, deși acest domeniu este mai puțin dezvoltat în literatura actuală [104], [105], [109].

Aceste abordări contribuie la dezvoltarea sistemelor VLSI eficiente și performante, esențiale pentru aplicații în timp real.

8.2 Descoperiri cheie

Implementările VLSI pentru transformatele discrete (DCT, DST, DFT) au avansat semnificativ, aducând îmbunătățiri importante în performanță și eficiență hardware:

- ✓ **Implementările VLSI ale Transformatelor Discrete:** Utilizarea ariilor sistolice și a algoritmilor unificați a condus la un throughput ridicat și la reducerea complexității hardware. Reformularea transformatelor în structuri de convoluție simplifică calculul și permite procesarea paralelă eficientă [90], [94], [99], [116], [117], [118], [119].
- ✓ **Algoritmi Bazati pe Memorie și Aritmetică Distribuită:** Structurile bazate pe memorie și aritmetica distribuită reduc complexitatea hardware și îmbunătățesc eficiența calculului, optimizând performanța și reducând costurile [92], [106], [108], [123], [124].
- ✓ **Algoritmi pentru Arhitecturi Sistolice:** Arhitecturile sistolice optimizează performanța și eficiența hardware, oferind o structură regulată care facilitează implementarea scalabilă și eficientă a VLSI [93], [97], [98], [100], [101], [103].
- ✓ **Algoritmi Unificați pentru Transformate Multiple:** Arhitecturile unificate permit gestionarea mai multor transformate discrete într-un singur design, îmbunătățind eficiența și scalabilitatea implementărilor VLSI [102], [107], [121].
- ✓ **Convoluții Ciclice și Pseudo-Ciclice:** Reformularea transformatelor în structuri de convoluție ciclică și pseudo-ciclică simplifică designul și reduce complexitatea hardware, optimizând performanța [91], [96], [115], [113].
- ✓ **Utilizarea Algoritmilor pentru Transformatele Inverse (IDCT, IDST):** Algoritmii pentru transformatele inverse, utilizând structuri de tip quasi-circular correlation și tehnici de obfuscare, îmbunătățesc eficiența și integrarea securității în implementările VLSI [96], [109].
- ✓ **Arhitecturi Flexibile de tip Pipeline:** Aceste arhitecturi optimizează throughput-ul și latența, oferind flexibilitate și eficiență în designurile VLSI [111], [112], [121].
- ✓ **Tehnici de Securitate Hardware:** Integrarea tehnicilor de obfuscare și criptare îmbunătățește securitatea implementărilor VLSI, protejând datele și proprietatea intelectuală fără a compromite performanța [104], [105], [109].

Aceste metodologii contribuie la dezvoltarea de sisteme VLSI eficiente, performante și sigure, esențiale pentru aplicații în timp real.

8.3 Concluzii parțiale

Literatura actuală evidențiază progresele în implementările VLSI pentru transformate discrete, concentrându-se pe eficiența computațională și optimizarea hardware. Metodologii precum arhitecturile unificate, ariile sistolice și design-urile bazate pe memorie oferă soluții eficiente pentru provocările VLSI, îmbunătățind throughput-ul pentru aplicații în timp real. Totuși, aplicabilitatea sau fezabilitatea acestor soluții în domeniul medical nu este explorată în mod specific.

CAPITOLUL 9. O ARHITECTURĂ VLSI UNIFICATĂ PENTRU 1-D IDCT ȘI IDST BAZATĂ PE STRUCTURE DE TIP *PSEUDO- BAND CORRELATIONS*

9.1 Metodologiile utilizate

Acest capitol propune o arhitectură VLSI unificată și eficientă pentru calculul transformatei cosinusului discrete inverse (IDCT) și al transformatei sinusului inverse (IDST), utilizând structuri de tip pseudo-band correlation. Reformularea algoritmilor pentru IDCT și IDST a permis implementarea acestora pe aceeași structură hardware, cu modificări minime, ceea ce a favorizat o utilizare comună și eficientă a resurselor hardware. Arhitectura propusă se bazează pe arii sistolice, recunoscute pentru complexitatea hardware redusă și numărul scăzut de canale de intrare/ieșire (I/O), acestea fiind amplasate strategic la cele două capete ale matricei liniare, optimizând astfel performanța și eficiența implementării VLSI.

9.2 Prezentarea rezultatelor

Arhitectura propusă a demonstrat o eficiență remarcabilă în implementarea VLSI pentru ambele transformate, IDCT și IDST. Datorită structurii modulare și regulate, această arhitectură oferă performanțe superioare în aplicațiile de procesare a semnalelor digitale.

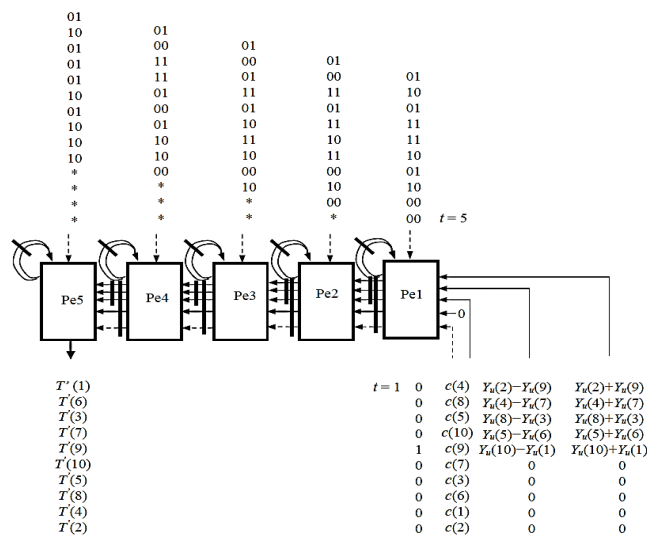


Figura 9.1 Nucleul hardware al arhitecturii VLSI unificate pentru IDCT și IDST [125]

Algoritmul unificat a reușit să reducă semnificativ complexitatea hardware, utilizând o structură sistolică liniară și un număr redus de canale I/O, amplasate strategic la capetele matricei.

Prin optimizarea arhitecturii sistolice, frecvența maximă de operare a fost crescută, iar consumul de energie a fost redus în comparație cu arhitecturile tradiționale, oferind astfel o soluție mai eficientă din punct de vedere energetic.

9.3 Interpretarea rezultatelor

Rezultatele obținute sugerează că abordarea unificată propusă pentru implementarea transformatei IDCT și a transformatei IDST prezintă avantaje semnificative în eficiența hardware și performanța generală, comparativ cu soluțiile tradiționale care implementează aceste transformate separat. Utilizarea structurilor de tip *pseudo-band correlation* reduce complexitatea comunicării în cadrul arhitecturilor VLSI, ceea ce contribuie la creșterea eficienței energetice și a vitezei de transmisie.

Arhitectura modulară și regulată adoptată facilitează scalabilitatea și adaptabilitatea în diverse aplicații medicale în timp real. Reformularea calculului transformatei 1-D IDST și IDCT, conform ecuațiilor specifice, permite obținerea unui algoritm unificat care optimizează resursele hardware.

Ecuația (9.1) prezintă algoritmul unificat pentru calculul transformatelor IDCT și IDST

$$\begin{bmatrix} T_u(2) \\ T_u(4) \\ T_u(8) \\ T_u(5) \\ T_u(10) \\ T_u(9) \\ T_u(7) \\ T_u(3) \\ T_u(6) \\ T_u(1) \end{bmatrix} = C \cdot \begin{bmatrix} \pm[Y_u(2) \pm Y_u(9)] \\ \pm[Y_u(4) \pm Y_u(7)] \\ \pm[Y_u(8) \pm Y_u(3)] \\ \pm[Y_u(5) \pm Y_u(6)] \\ \pm[Y_u(10) \pm Y_u(1)] \end{bmatrix} \quad (9.1)$$

unde secvența auxiliară de intrare este calculată astfel:

$$Y_u(i) = \begin{cases} Y(i) \cdot \cos(i\alpha) & \text{for IDCT} \\ Y(i) \cdot \sin(i\alpha) & \text{for IDST} \end{cases} \quad (9.2)$$

Se pot calcula în mod eficient transformatele IDCT și IDST folosind tehnici de tip *pseudo-band correlation*. Această abordare permite integrarea eficientă a algoritmilor pentru IDCT și IDST într-o singură arhitectură VLSI, reducând complexitatea și costurile, și îmbunătățind performanța generală a sistemului, după cum se poate vedea în ecuația (9.1)

În concluzie, această metodă unificată oferă o soluție eficientă și scalabilă pentru aplicațiile medicale în timp real, îmbunătățind eficiența energetică și viteza de procesare, și având un impact semnificativ asupra performanței hardware.

CAPITOLUL 10. UN ALGORITM DE COMPLEXITATE REDUSĂ PENTRU IMPLEMENTAREA VLSI A DST BAZAT PE STRUCTURI DE TIP *BAND-CORRELATIONS*

10.1 Metodologiile utilizate

În acest capitol, este introdus algoritmul cu complexitate redusă dezvoltat pentru implementarea transformatei DST utilizând structuri de tip *band correlation*. Algoritmul propus se remarcă prin reducerea semnificativă a complexității aritmetice și, implicit, a complexității hardware. Folosind structura computațională de tip *band correlation*, algoritmul optimizează costurile hardware și I/O (intrare/ieșire), necesită doar patru elemente de procesare și asigură performanțe ridicate. Această abordare contribuie la eficientizarea implementărilor VLSI, oferind o soluție cost-eficientă și performantă pentru calculul DST.

10.2 Prezentarea rezultatelor

Arhitectura propusă a demonstrat o eficiență remarcabilă în implementarea algoritmului pentru transformata DST. În comparație cu soluțiile anterioare, numărul de multiplexori a fost redus semnificativ de la 64 la doar 7, ceea ce contribuie la o complexitate redusă și un cost scăzut. De asemenea, numărul de sumatori a fost optimizat prin partajarea sub-expresiilor, îmbunătățind astfel eficiența globală a arhitecturii. Utilizarea tehnicilor de pipelining și paralelism a permis obținerea unei viteze de procesare ridicate și a unui cost I/O scăzut. Arhitectura include structuri avansate, cum ar fi structura computațională de tip *band correlation* și arii sistolice liniare cu două și patru elemente de procesare, fiecare demonstrând îmbunătățiri semnificative în funcționalitate și performanță.

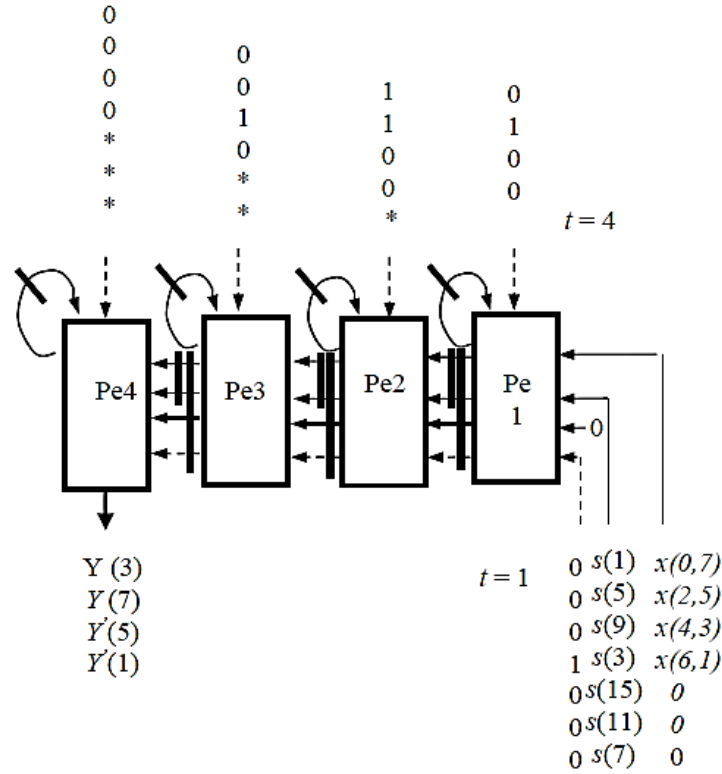


Figura 10.1 Arhitectura ariei sistolice liniară a nucleului hardware pentru DST cu 4 elemente de procesare [126]

10.3 Interpretarea rezultatelor

În această lucrare, a fost dezvoltat un algoritm eficient pentru transformata sinus discretă (DST), implementat pe arhitectură VLSI utilizând structuri de tip *band-correlation*. Algoritmul propus oferă multiple avantaje, printre care reducerea semnificativă a numărului de multiplexori și sumatori, ceea ce duce la o complexitate hardware mai mică și o implementare modulară. Arhitectura rezultată beneficiază de costuri reduse I/O și o viteză de procesare ridicată, datorită utilizării tehnicilor de pipelining și paralelism.

Transformata 1-D DST a fost reformulată utilizând structuri de tip *band-correlation*, demonstrând astfel o implementare VLSI optimă. Ecuația (10.1) ilustrează cum transformata DST poate fi reformulată într-o formă de matrice vectorială pentru a simplifica implementarea. Acest nou algoritm eficient evidențiază cum structurile de tip *band-correlation* pot reduce complexitatea și îmbunătăți performanța sistemelor VLSI, făcându-l ideal pentru aplicații ce necesită procesare rapidă și eficientă a semnalelor digitale.

$$\begin{bmatrix} Y(1) \\ Y(5) \\ Y(7) \\ Y(3) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sin(\alpha) & \sin(5\alpha) & \sin(9\alpha) & \sin(3\alpha) \\ \sin(5\alpha) & -\sin(9\alpha) & \sin(3\alpha) & \sin(15\alpha) \\ \sin(9\alpha) & \sin(3\alpha) & -\sin(15\alpha) & -\sin(11\alpha) \\ \sin(3\alpha) & \sin(15\alpha) & -\sin(11\alpha) & \sin(7\alpha) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x(0) + x(7) \\ x(2) + x(5) \\ x(4) + x(3) \\ x(6) + x(1) \end{bmatrix} \quad (10.1)$$

CAPITOLUL 11. UN NOU ALGORITM VLSI PENTRU O IMPLEMENTARE EFICIENTĂ VLSI A DST IV BAZAT PE STRUCTURI DE TIP *SHORT-BAND CORRELATIONS*

11.1 Metodologiile utilizate

În această lucrare, a fost dezvoltat un algoritm VLSI inovator pentru transformata DST-IV, bazat pe structuri de tip *short-band correlation*. Algoritmul propus optimizează implementarea pe matrici sistolice liniare, beneficiind de un număr redus de canale I/O și de o lățime de bandă I/O scăzută. Utilizarea structurilor de tip *short-band correlation*, asemănătoare cu cele de *cyclic convolution* și *circular correlation*, asigură regularitate, modularitate și interconectări scurte, îmbunătățind eficiența generală a sistemului. Acest algoritm facilitează o implementare VLSI eficientă, fiind ideal pentru aplicații care necesită procesare rapidă și eficientă a transformatei DST-IV.

11.2 Prezentarea rezultatelor

Arhitectura propusă a demonstrat eficiența algoritmului prin utilizarea a doar opt structuri de tip *short-band correlation* pentru o transformare de lungime primă. Această abordare a condus la o reducere semnificativă a complexității hardware. Performanța arhitecturii a fost comparabilă cu cea obținută cu structuri de tip *cyclic convolution* și *circular correlation*, oferind în același timp un cost redus al I/O și o viteză de procesare ridicată. Figura 11.1 ilustrează arhitectura VLSI a nucleului hardware.

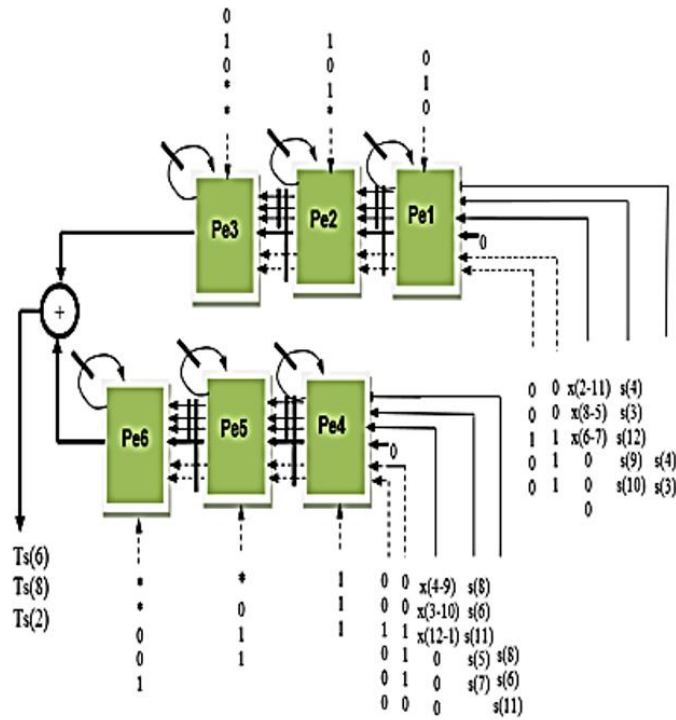


Figura 11.1 Arie sistolică cu 6 elemente de procesare ce implemeneză ecuația (11.1) [127]

11.3 Interpretarea rezultatelor

Algoritmul propus și arhitectura VLSI asociată oferă avantaje notabile în eficiența hardware și performanță, comparativ cu soluțiile tradiționale. Utilizarea structurilor de tip short band correlation contribuie la reducerea complexității comunicației în implementarea VLSI, esențială pentru aplicații eficiente energetic și cu viteză mare. Arhitectura modulară și regulată permite scalabilitate și adaptabilitate în aplicații medicale în timp real.

Algoritmul pentru transformata DST-IV a fost reformulat pentru a optimiza implementarea VLSI. Secvența de ieșire este calculată recursiv și poate fi procesată în paralel folosind structuri de tip short band correlation, în special pentru lungimi de transformare primă, precum $N=17$.

$$\begin{bmatrix} T_s(2) \\ T_s(8) \\ T_s(6) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} s(4) & -s(3) & s(12) \\ -s(3) & s(12) & -s(9) \\ s(12) & -s(9) & s(10) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x(2-11) \\ x(8-5) \\ x(6-7) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} s(8) & s(6) & -s(11) \\ s(6) & -s(11) & -s(5) \\ -s(11) & -s(5) & -s(7) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x(4-9) \\ x(3-10) \\ x(12-1) \end{bmatrix} \quad (11.1)$$

Procesul include utilizarea de permutații pentru ordonarea rezultatelor și aplicarea unor secvențe auxiliare de intrare și ieșire pentru a îmbunătăți performanța. Algoritmii descriși demonstrează că transformata DST-IV poate fi implementată eficient utilizând aceste structuri avansate.

CAPITOLUL 13. UN NOU ALGORITM VLSI PENTRU O IMPLEMENTARE VLSI CU COMPLEXITATE REDUSĂ A DCT BAZATĂ PE STRUCTURI DE TIP PSEUDO CIRCULAR CORRELATION

13.1 Metodologiile utilizate

În această lucrare, a fost dezvoltat un algoritm VLSI inovator pentru implementarea eficientă a transformatei DCT utilizând structuri de tip *pseudo circular correlation*. Algoritmul propus se caracterizează printr-o complexitate redusă a hardware-ului datorită structurii computaționale simplificate. Folosind matrici sistolice, algoritmul permite paralelizarea procesării datelor, ceea ce îmbunătățește eficiența și scalabilitatea arhitecturii. Această abordare oferă avantaje semnificative în ceea ce privește regularitatea și eficiența generală a implementării VLSI.

13.2 Prezentarea rezultatelor

Arhitectura propusă a demonstrat eficiență în implementarea transformatei DCT prin utilizarea a doar opt structuri de tip *pseudo circular correlation* pentru o lungime primă a transformatei. Comparativ cu soluțiile bazate pe structuri de tip *cyclic convolution* și *circular correlation*, arhitectura a menținut un cost redus al I/O și o viteză ridicată de procesare. Reducerea complexității aritmetice și hardware a fost realizată eficient prin reformularea DCT-ului în termenii unei structuri de tip *pseudo circular correlation*. Această abordare a permis realizarea unei arhitecturi sistolice cu performanțe comparabile, dar cu o complexitate hardware semnificativ mai mică.

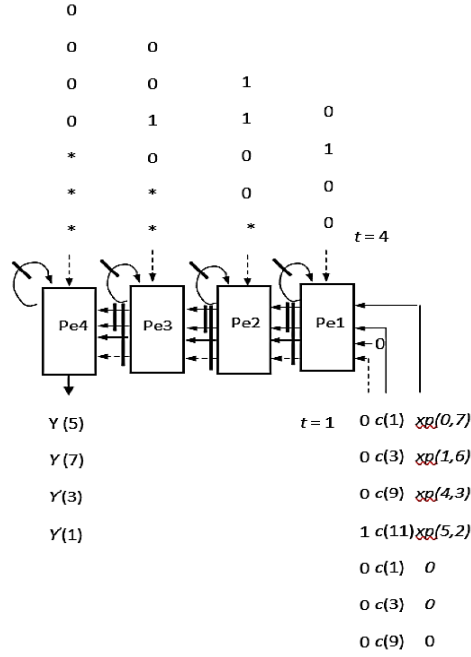


Figura 13.1 Arhitectura sistolică a nucleului hardware pentru DCT, cu 4 elemente de procesare pentru implementarea ecuației (13.1) [129]

13.3 Interpretarea rezultatelor

Algoritmul propus optimizează complexitatea hardware-ului și permite o implementare eficientă pe matrici sistolice, facilitând procesarea paralelă a datelor. Structura *pseudo-circular correlation*, utilizată în locul celor tradiționale *cyclic convolution* sau *circular correlation*, reduce complexitatea comunicației și îmbunătățește eficiența energetică și viteza de procesare.

Algoritmul utilizează doar opt structuri *pseudo-circular correlation* pentru o lungime primă a transformatei, menținând un cost redus al I/O și o performanță comparabilă cu soluțiile existente. Reformularea DCT-ului în termenii structurilor *pseudo-circular correlation* contribuie la scăderea complexității aritmetice și hardware.

$$\begin{bmatrix} Y(1) \\ Y(3) \\ Y(7) \\ Y(5) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\alpha) & \cos(3\alpha) & \cos(9\alpha) & \cos(11\alpha) \\ \cos(3\alpha) & \cos(9\alpha) & -\cos(11\alpha) & \cos(1\alpha) \\ -\cos(9\alpha) & \cos(11\alpha) & \cos(1\alpha) & -\cos(3\alpha) \\ -\cos(11\alpha) & -\cos(1\alpha) & -\cos(3\alpha) & \cos(9\alpha) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x(0) - x(7) \\ x(1) - x(6) \\ x(4) - x(3) \\ x(5) - x(2) \end{bmatrix} \quad (13.1)$$

Arhitectura modulară și regulată oferă scalabilitate și adaptabilitate, fiind ideală pentru aplicații medicale în timp real.

Algoritmii descriși demonstrează că implementarea VLSI a DCT utilizând structuri *pseudo-circular correlation* este eficientă și poate fi realizată cu succes, oferind o soluție inovatoare pentru procesarea rapidă și eficientă a semnalelor.

CAPITOLUL 14. UN ALGORITM EFICIENT PENTRU IMPLEMENTAREA VLSI A DCT INVERSE BAZAT PE STRUCTURI DE TIP *QUASI-CIRCULAR CORRELATION*

14.1 Metodologiile utilizate

În această lucrare, am dezvoltat un algoritm VLSI eficient pentru implementarea transformatei IDCT, utilizând structuri de tip *quasi-circular correlation*. Algoritmul propus optimizează procesul printr-o structură computațională modulară și regulată, facilitând implementarea eficientă pe matrici sistolice liniare. Această abordare reduce semnificativ numărul de canale I/O și lățimea de bandă I/O necesară. În plus, metoda încorporează tehnici de obfuscare variabilă în timp, care adaugă un strat suplimentar de securitate hardware. Această combinație de eficiență și securitate face ca algoritmul să fie potrivit pentru aplicații care necesită performanță și protecție avansată.

14.2 Prezentarea rezultatelor

Arhitectura propusă pentru algoritmul VLSI de transformare IDCT a demonstrat eficiență remarcabilă. Algoritmul folosește structuri de tip *quasi-circular correlation*, care facilitează o implementare eficientă a transformatei IDCT. Performanța arhitecturii este comparabilă cu soluțiile bazate pe structuri de tip *cyclic convolution* și *circular correlation*, dar cu un cost redus al I/O și o viteză de procesare superioară.

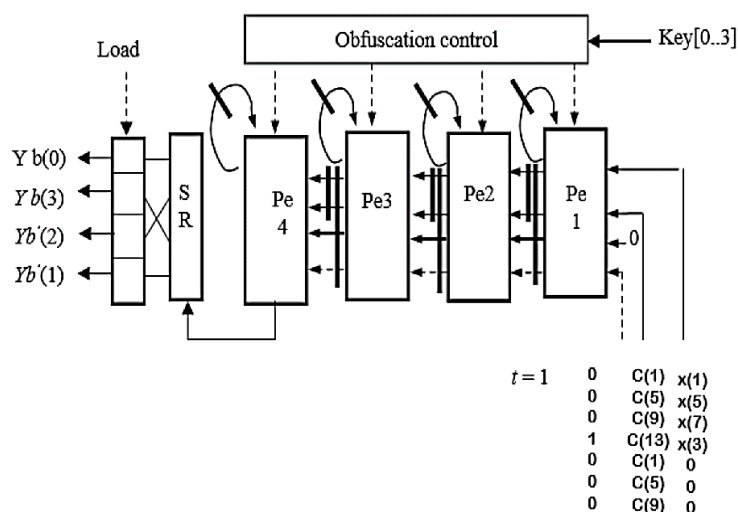


Figura 14.1 Arhitectura Ariei sistolice SA1 cu 4 elemente de procesare [130]

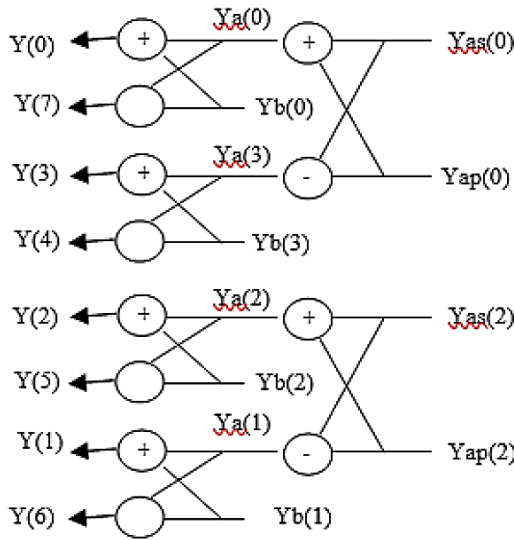


Figura 14.2 Structura Etapei de post-procesare [130]

Reducerea semnificativă a complexității hardware a fost realizată prin utilizarea unui număr minim de multiplexoare și printr-o arhitectură sistolică eficientă.

14.3 Interpretarea rezultatelor

Algoritmul propus pentru implementarea VLSI a transformatei IDCT utilizează structuri de tip *quasi-circular correlation*, oferind avantaje semnificative în termeni de eficiență hardware și performanță comparativ cu soluțiile tradiționale. Această abordare reduce complexitatea comunicației în cadrul implementării VLSI, ceea ce este esențial pentru aplicații eficiente energetic și rapide. Arhitectura modulară și regulată facilitează scalabilitatea și adaptabilitatea în aplicații medicale în timp real.

Algoritmul reformulează transformata IDCT într-o formă matricială și o adaptează utilizând structuri *quasi-circular correlation* (14.1). Aceste structuri sunt o generalizare a structurilor de tip *circular correlation*, cu linii paralele identice și ultimele elemente ale liniilor având același semn ca primele elemente ale liniei superioare.

$$\begin{bmatrix} Y(0) \\ Y(2) \\ Y(3) \\ Y(1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_b(0) \\ Y_b(2) \\ Y_b(3) \\ Y_b(1) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Y_a(0) \\ Y_a(2) \\ Y_a(3) \\ Y_a(1) \end{bmatrix} \quad (14.1)$$

Secvențele auxiliare introduse permit o decompoziție paralelă a algoritmului, generând secvența de ieșire finală. Algoritmul descris demonstrează că structurile *quasi-circular correlation* permit o implementare VLSI eficientă a transformatei IDCT, integrând și tehnici de securitate hardware prin obfuscare.

CAPITOLUL 15. O NOUĂ ABORDARE PENTRU O ARHITECTURĂ UNIFICATĂ PENTRU DCT/DST DE TIP IV CU INTEGRAREA EFICIENTĂ A TEHNICII DE OFUSCARE

15.1 Metodologiile utilizate

În această lucrare, a fost dezvoltată o arhitectură unificată VLSI pentru implementarea eficientă a transformatei unificate DCT-IV și DST-IV, integrând tehnici de obfuscare pentru securitate. Algoritmii pentru aceste transformate au fost restructurați pentru a utiliza structuri similare, permițând astfel implementarea pe același cip VLSI cu modificări minime. Structura computațională folosită este de tip *quasi-band correlation*, iar arhitectura se bazează pe paradigma ariilor sistolice, optimizând astfel eficiența și scalabilitatea implementării.

15.2 Prezentarea rezultatelor

Arhitectura VLSI propusă a demonstrat eficiență remarcabilă prin unificarea implementării transformatei DCT-IV și DST-IV pe același hardware. Algoritmul dezvoltat permite integrarea celor două transformate cu modificări minime în etapele de pre-procesare și post-procesare. De asemenea, tehnica de obfuscare a fost implementată eficient, menținând performanțe ridicate și complexitate hardware scăzută.

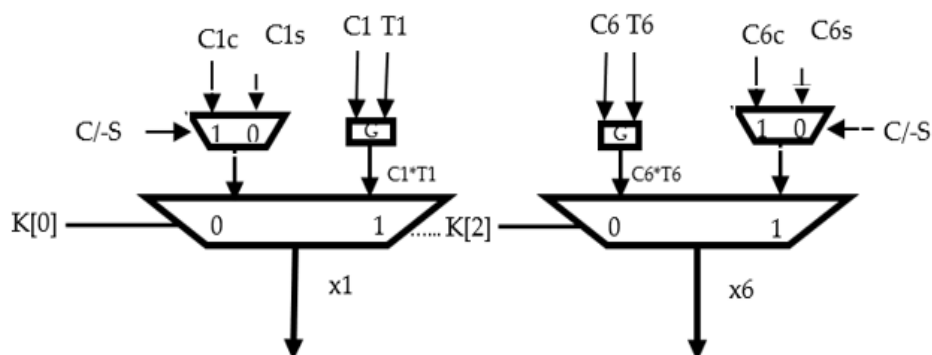


Figura 15.1 Obfuscarea variabilă în timp [131]

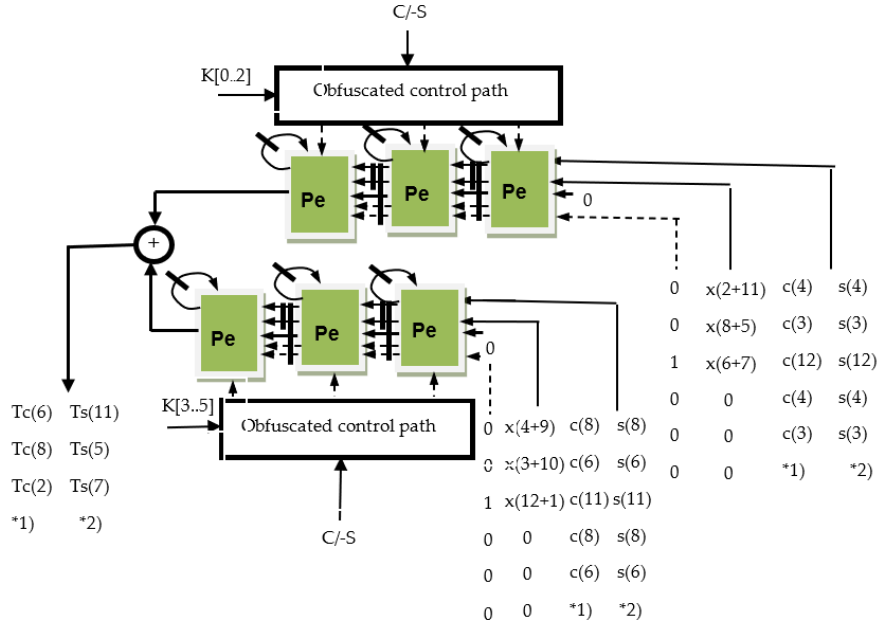


Figura 15.2 Arhitectura VLSI unificată pentru DCT/DST – IV pentru ecuațiile (12.9) și (15.9) având la bază un algoritm unificat, unde *1) reprezintă intrarea Cosinus ce e paralelă cu *2) intrarea Sinus; intrarea corectă este selectată în funcție de etapa de pre-procesare pentru calcularea transformatei necesare (DCT – IV sau DST – IV) [131]

Performanța arhitecturii este comparabilă cu cea obținută prin structuri de tip *cyclic correlation*, având totodată un cost redus al I/O și o viteză de procesare ridicată.

15.3 Interpretarea rezultatelor

Rezultatele studiului confirmă eficiența abordării propuse pentru arhitectura VLSI, care integrează atât transformata DCT-IV, cât și DST-IV, cu o tehnică de obfuscare eficientă. Abordarea propusă utilizează structuri de tip *quasi-correlation* pentru a reduce complexitatea comunicației și a optimiza performanța hardware. Această arhitectură modulară și regulată facilitează scalabilitatea și adaptabilitatea în aplicații medicale în timp real. Algoritmii dezvoltați pentru DCT-IV și DST-IV sunt restructurați pentru a fi compatibili, permitând implementarea unificată pe același hardware. Reformularea algoritmilor pentru DST-IV include secvențe auxiliare de intrare și recurențe, iar structurile computaționale sunt similare cu cele pentru DCT-IV, ceea ce simplifică integrarea acestora.

$$\begin{bmatrix} T_s(11) \\ T_s(5) \\ T_s(7) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -s(4) & s(3) & -s(12) \\ s(3) & -s(12) & s(4) \\ -s(12) & s(4) & -s(3) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x(2+11) \\ x(8+5) \\ x(6+7) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -s(8) & s(6) & s(11) \\ -s(6) & -s(11) & s(8) \\ s(11) & -s(8) & s(6) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x(4+9) \\ x(3+10) \\ x(12+1) \end{bmatrix} \quad (15.11)$$

În concluzie, arhitectura VLSI propusă demonstrează că poate eficientiza procesarea DCT-IV și DST-IV folosind tehnici avansate de tip *quasi-circular correlation*.

CAPITOLUL 16. UN ALGORITM ÎMBUNĂTĂȚIT PENTRU O IMPLEMENTARE VLSI EFICIENTĂ A DST - IV UTILIZÂND STRUCTURI DE TIP *SHORT QUASI-BAND* *CORRELATION*

16.1 Metodologiile utilizate

În această lucrare, am dezvoltat un algoritm VLSI avansat pentru implementarea transformatei DST-IV, folosind structuri de tip *short quasi-band correlation*. Noua metodă permite o implementare eficientă pe matrici sistolice liniare, beneficiind de un număr redus de canale I/O și o lățime de bandă I/O mică. Algoritmul propus utilizează doar 6 structuri de tip *short quasi-band correlation*, comparativ cu cele 8 structuri utilizate anterior, ceea ce conduce la o reducere semnificativă a complexității hardware. Acest lucru îmbunătățește eficiența și reduce costurile de implementare.

16.2 Prezentarea rezultatelor

Arhitectura propusă a demonstrat eficiență semnificativă în implementarea algoritmului pentru transformata DST-IV. Utilizând doar 6 structuri de tip *short quasi-band correlation*, față de 8 structuri utilizate anterior, s-a redus complexitatea hardware cu 25%.

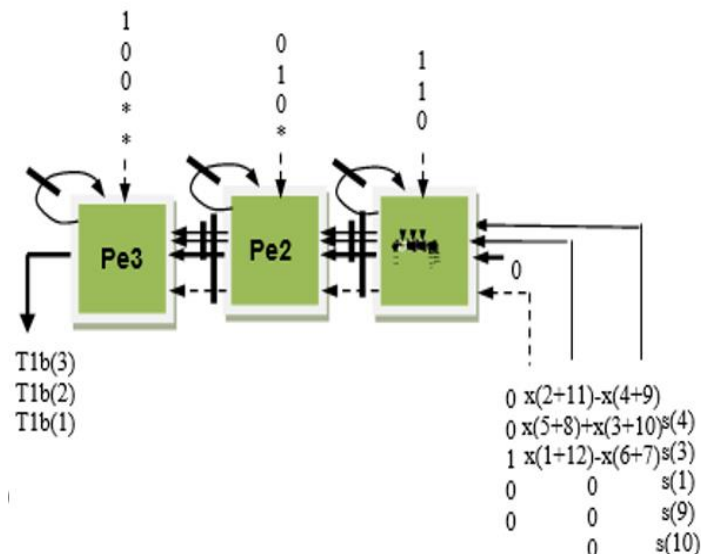


Figura 16.1 Aria sistolică pentru nucleul hardware din implementarea VLSI a transformatei DST – IV ce implementează ecuația (16.1) [132]

Performanța arhitecturii este comparabilă cu soluțiile bazate pe structuri de tip *cyclic convolution*, menținând în același timp un cost redus al I/O și o viteză de procesare ridicată. Algoritmul permite o implementare eficientă pe matrici sistolice liniare, oferind regularitate, modularitate și interconectări scurte, aspecte care contribuie la o topologie arhitecturală eficientă.

16.3 Interpretarea rezultatelor

În această lucrare, a fost dezvoltat un algoritm VLSI eficient pentru implementarea transformatei DST-IV, utilizând structuri de tip *short quasi-band correlation*. Această abordare aduce avantaje semnificative în ceea ce privește eficiența hardware și performanța, comparativ cu soluțiile tradiționale. Algoritmul reduce complexitatea comunicației, esențială pentru realizarea unor aplicații rapide și eficiente din punct de vedere energetic.

Arhitectura modulară și regulată facilitează scalabilitatea și adaptabilitatea în diverse aplicații, inclusiv în domeniul medical în timp real. Algoritmul propus permite calculul transformatei DST-IV folosind doar 6 structuri de tip *short quasi-band correlation*, față de numărul mai mare de structuri necesare în metodele anterioare, reducând astfel complexitatea hardware.

Procesul începe cu eliminarea coeficientului din ecuația DST-IV și adăugarea unui multiplicator pentru scalarea secvenței de ieșire. Secvențele de intrare și ieșire sunt reformulate pentru a obține o decompoziție paralelă, și se utilizează permutări pentru a calcula secvența auxiliară de ieșire. Algoritmul permite calculul paralel al secvenței de ieșire, folosind structuri de tip *short quasi-band correlation*, și este adaptabil pentru lungimi de transformate N prime, inclusiv N=13.

$$T_{1b} = \begin{bmatrix} s(4) & s(3) & s(1) \\ s(3) & -s(1) & -s(9) \\ -s(1) & s(9) & -s(10) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x(2+11) - x(4+9) \\ x(5+8) + x(3+10) \\ x(1+12) - x(6+7) \end{bmatrix} \quad (16.1)$$

În concluzie, această abordare demonstrează eficiența unei implementări VLSI pentru transformata DST-IV, folosind structuri optimizate pentru a reduce complexitatea și a îmbunătăți performanța.

CAPITOLUL 17. UN ALGORITM ȘI O ARHITECTURĂ EFICIENTE PENTRU IMPLEMENTAREA VLSI A DST - IV FOLOSIND STRUCTURI DE TIP *SHORT QUASI-BAND CORRELATION*, PERMIȚÂND INTEGRAREA EFICIENTĂ A TEHNICILOR UTILIZATE PENTRU SECURITATEA HARDWARE

17.1 Metodologiile utilizate

În această lucrare, a fost dezvoltat un algoritm VLSI eficient pentru implementarea transformatei DST-IV, folosind structuri de tip *short quasi-band correlation*. Acest algoritm integrează tehnici de securitate hardware fără a necesita resurse suplimentare semnificative, asigurând astfel securitatea și integritatea implementării VLSI. Utilizarea structurilor de tip *short quasi-band correlation* și a paradigmei ariilor sistolice permite obținerea unor performanțe ridicate și o complexitate hardware redusă, combinând eficient performanța cu protecția împotriva atacurilor.

17.2 Prezentarea rezultatelor

Arhitectura propusă pentru implementarea transformatei DST-IV a demonstrat eficiență și performanță ridicată. Algoritmul utilizează 6 structuri de tip *short quasi-band correlation*, permițând o implementare eficientă.

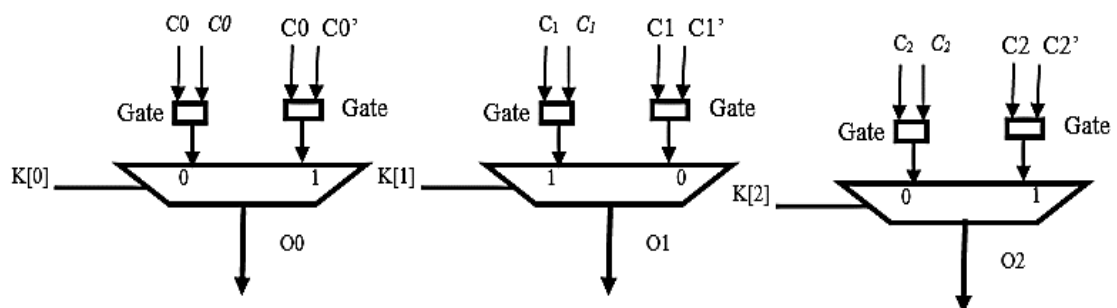


Figura 17.2 Circuitul de control pentru tehnica de obfuscare a primei arii sistolice [133]

CAPITOLUL 18. CONCLUZII PARȚIALE

18.1 Metodologii utilizate

Analiza cerințelor aplicațiilor medicale în cadrul studiilor introduce, a evidențiat necesitatea unei procesări eficiente a datelor în timp real, în special pentru telemedicină și imagistica medicală, unde eficiența algoritmilor și securitatea datelor sunt cruciale. Studiile au abordat aceste cerințe prin dezvoltarea și reformularea algoritmilor de transformare, inclusiv DCT și DST, utilizând structuri de tip *correlation* pentru a simplifica și eficientiza implementările VLSI. Structurile de tip *band correlation*, *quasi-circular* și *pseudo-circular* au fost aplicate pentru a reduce complexitatea hardware și costurile de I/O, în timp ce arhitecturile sistolice au asigurat procesare paralelă eficientă și performanță ridicată. În plus, tehnicile de securitate hardware, precum obfuscarea, au fost integrate pentru a proteja confidențialitatea și integritatea datelor. Studiile demonstrează că o abordare integrată care combină eficiența algoritmică, optimizarea hardware-ului și securitatea robustă este esențială pentru a răspunde cerințelor stricte ale aplicațiilor medicale în timp real.[125]-[133]

18.2 Prezentarea rezultatelor

Studiile au demonstrat progrese semnificative în eficiența și costurile implementărilor VLSI pentru transformatele DST, DCT și derivatele lor. Reformularea algoritmilor utilizând structurilor de tip *correlation*, precum *band correlation* și *short band correlation*, a condus la simplificarea calculului și reducerea complexității hardware. Arhitecturile VLSI dezvoltate, bazate pe structuri de tip *pseudo-circular* și *quasi-circular correlation*, au oferit performanță înaltă și costuri reduse, diminuând numărul de multiplexori și crescând viteza de procesare. Tehnicile de securitate hardware, inclusiv obfuscare, au fost integrate eficient în implementări pentru protejarea securității cip-urilor, introducând protecție sporită împotriva atacurilor. Comparativ, studiile au subliniat că diverse structuri de *correlation* și arhitecturi sistolice liniare au permis soluții VLSI eficiente și scalabile, cu un accent pe reducerea complexității hardware și îmbunătățirea securității. [125]-[133]

18.3 Interpretarea rezultatelor

Rezultatele studiilor dezvoltate în cadrul acestei teze, demonstrează eficiența remarcabilă a algoritmilor și arhitecturilor VLSI dezvoltate pentru transformatele DST, DCT și derivatele lor. Utilizarea structurilor de tip *correlation*, cum ar fi *band correlation* și *short band correlation*, a condus la simplificarea calculului și reducerea complexității hardware, obținând astfel costuri de hardware și I/O mai scăzute. Arhitecturile VLSI, au oferit performanțe ridicate și reducerea complexității, menținând costuri reduse.

Un aspect esențial a fost integrarea tehnicilor de securitate hardware, cum ar fi obfuscare, pentru protejarea datelor, demonstrând eficiență în asigurarea integrității și confidențialității asupra design-ului cip-ului. Studiile au arătat că arhitecturile sistolice liniare sunt deosebit de eficiente, oferind performanță înaltă și reducând complexitatea. Rezultatele sugerează că abordările inovatoare propuse sunt aplicabile în diverse aplicații medicale în timp real, de la telemedicină la imagistica medicală, asigurând atât performanțe excelente, cât și securitate robustă.

Inovațiile recente în implementările VLSI, inclusiv integrarea tehnicilor de securitate hardware și utilizarea structurilor avansate de tip *correlation*, extind considerabil aplicabilitatea algoritmilor VLSI, făcându-i potriviți pentru o gamă variată de aplicații în timp real, inclusiv în domeniul medical. [125]-[133]

CAPITOLUL 19. CONCLUZII GENERALE, CONTRIBUȚII PERSONALE ȘI VALORIFICAREA REZULTATELOR

19.1 Concluzii generale

Tema tezei de doctorat, „Contribuții cu privire la dezvoltarea de noi algoritmi și implementări eficiente în timp real pentru module cheie din domeniul medicinei,” se axează pe crearea de soluții inovatoare și eficiente pentru provocările computaționale din aplicațiile medicale, precum imagistica medicală. Aceste aplicații necesită procesare intensivă, consum redus de energie și viteze mari de transmitere a datelor, accentuând nevoia de algoritmi și arhitecturi hardware avansate.

Studiul a fost motivat de cerințele crescute ale pieței pentru soluții care să ofere performanțe ridicate, consum redus de energie și stocare eficientă, acestea fiind exacerbate de impactul pandemiei COVID-19. Lucrarea a explorat dezvoltarea și implementarea unor soluții inovatoare utilizând tehnologia VLSI, cu un accent pe optimizarea algoritmilor și arhitecturilor pentru aplicații medicale în timp real. Algoritmii au fost reformulați pentru a include tehnici de securitate hardware, reducând în același timp numărul de canale I/O și consumul energetic, oferind soluții ideale pentru aceste aplicații critice.

Contribuțiile principale includ dezvoltarea de noi algoritmi eficienți, arhitecturi VLSI inovatoare și tehnici de ofuscare avansate. Aceste inovații permit realizarea unor soluții scalabile și flexibile pentru implementarea transformatelor discrete (DCT și DST) pe hardware comun, adaptabil la diverse cerințe ale aplicațiilor medicale.

Teza deschide noi direcții de cercetare, cum ar fi evaluarea performanțelor algoritmilor în medii hardware reconfigurabile și compararea acestora cu standardele JPEG din DICOM pentru imagistica medicală. De asemenea, se sugerează optimizarea suplimentară a eficienței energetice și integrarea acestor soluții în sisteme medicale existente. Prin continuarea cercetărilor în aceste direcții, se poate contribui la avansarea tehnologiilor medicale, îmbunătățind calitatea și accesibilitatea serviciilor medicale.

19.2 Contribuții personale

Contribuțiile personale descrise în teza de doctorat se împart în trei mari categorii, fiecare axată pe dezvoltarea de algoritmi și arhitecturi VLSI eficiente pentru aplicații medicale în timp real.

1. **Algoritmi Eficienți Dezvoltați:**
 - **Transformata DST și derivate:**

- **DST:** Crearea unui algoritm bazat pe structuri de tip *band correlation* pentru transformata DST, cu beneficii precum reducerea numărului de canale I/O, scăderea costurilor hardware și I/O, și performanță ridicată.
 - **DST-IV:** Dezvoltarea algoritmilor bazati pe *short-band* și *quasi-band correlation*, care oferă performanță ridicată și costuri I/O reduse, cu avantajele interconectării locale eficiente și a complexității aritmetice reduse.
 - **DST-IV:** Implementarea tehnicii de obfuscare pentru a spori securitatea hardware, fără a afecta performanța și eficiența energetică.
 - **Transformata DCT și derivate:**
 - **DCT:** Algoritm bazat pe *pseudo-circular correlation*, care reduce complexitatea hardware și costurile I/O.
 - **DCT-IV:** Utilizarea structurilor *pseudo-band correlation* pentru îmbunătățirea performanței și reducerea costurilor hardware și I/O.
 - **IDCT:** Integrarea tehnicii de obfuscare pentru a asigura securitatea hardware, reducând în același timp complexitatea și costurile hardware.
 - **Algoritmi Unificați pentru DCT și DST:**
 - Algoritmi unificați pentru transformatele DST-IV și DCT-IV, folosind structuri *quasi-band correlation* pentru a reduce numărul de componente, costurile hardware și I/O, și a optimiza performanța.
2. **Arhitecturi VLSI Eficiente:**
- **Transformata DST și derivate:**
 - Proiectarea arhitecturilor VLSI modulare și eficiente pentru DST și DST-IV, cu reduceri semnificative ale complexității hardware și costurilor I/O, și îmbunătățirea performanței.
 - **Transformata DCT și derivate:**
 - Arhitecturi VLSI pentru DCT și DCT-IV care reduc complexitatea hardware și costurile, și îmbunătățesc performanța. Implementarea tehnicii de obfuscare pentru IDCT pentru a spori securitatea hardware.
 - **Arhitecturi Unificate:**
 - Crearea arhitecturilor VLSI unificate pentru IDCT și IDST, precum și pentru DST-IV și DCT-IV, care reduc numărul de componente și costurile de dezvoltare, îmbunătățind eficiența și performanța.
3. **Introducerea și încorporarea Tehnicilor de Securitate Hardware:**
- **Transformata DCT:** Implementarea tehnicii de obfuscare în arhitecturi VLSI pentru a proteja hardware-ul, asigurând în același timp performanță ridicată și protecție împotriva atacurilor.

- **Transformata DST-IV:** Aplicarea tehnicii de obfuscare pentru a menține performanța și eficiența energetică, îmbunătățind securitatea hardware.
- **DCT/DST-IV Unificat:** Implementarea tehnicii de obfuscare în arhitecturi VLSI unificate pentru DCT-IV și DST-IV, oferind securitate integrată și eficiență energetică fără impact asupra performanței.

Aceste contribuții reprezintă progrese semnificative în domeniul algoritmilor și arhitecturilor VLSI, având un impact considerabil asupra aplicațiilor medicale în timp real. Implementarea tehnicilor de securitate hardware și a structurilor inovatoare extinde domeniul de aplicabilitate al algoritmilor VLSI, oferind soluții eficiente și sigure pentru o varietate de aplicații medicale.

19.3 Valorificare rezultatelor

În cadrul elaborării tezei doctorale, rezultatele au fost valorificate prin publicarea lor. Astfel, lucrările științifice publicate sunt după cum urmează:

Lucrări publicate în reviste cotate ISI

Doru Florin Chiper, and Laura-Teodora Cotorobai. 2021. "A New Approach for a Unified Architecture for Type IV DCT/DST with an Efficient Incorporation of Obfuscation Technique" *Electronics* 10, no. 14: 1656. <https://doi.org/10.3390/electronics10141656>

Lucrări publicate în volume de conferințe indexate ISI

Laura-Teodora Cotorobai, and Doru Florin Chiper. "A New VLSI Algorithm for type IV DCT for an Efficient Implementation of Obfuscation Technique ", *2020 43rd International Conference on Telecommunications and Signal Processing (TSP)*, DOI: 10.1109/TSP49548.2020.9163537 (participare și prezentare lucrare)

Doru Florin Chiper, and Laura-Teodora Cotorobai. "A Unified VLSI architecture for 1D IDCT and IDST based on pseudo-band correlations", *2018 10th International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence (ECAI)*, DOI: 10.1109/ECAI.2018.8679099 (participare și prezentare lucrare)

Doru Florin Chiper, and Laura-Teodora Cotorobai. "A Low Complexity Algorithm for the VLSI Implementation of DST Based on Band-correlation Structures, *2019 International Symposium on Signals, Circuits and Systems (ISSCS)*, DOI: 10.1109/ISSCS.2019.8801792(participare și prezentare lucrare),

Doru Florin Chiper, and Laura-Teodora Cotorobai. "A Novel VLSI Algorithm for a Low Complexity VLSI Implementation of DCT Based on Pseudo Circular Correlation Structures", *2020 International Symposium on Electronics and Telecommunications (ISETC)*, DOI: 10.1109/ISETC50328.2020.9301043 (participare și prezentare lucrare)

Doru Florin Chiper, and Laura-Teodora Cotorobai. "An Improved Algorithm for an Efficient VLSI Implementation of Type IV DST using Short Quasi-Band Correlation Structures", *2022 14th*

International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence (ECAI), DOI: 10.1109/ECAI54874.2022.9847464

Lucrări acceptate pentru publicare în reviste indexate BDI

Laura-Teodora Cotorobai, and Doru Florin Chiper. "An Efficient Algorithm and Architecture for the VLSI Implementation of Type IV DST using Short Quasi-Band Correlation Structures allowing Efficient incorporation of Techniques used for Hardware Security", *Journal of Engineering Sciences and Innovation (JESI)*, 2024 (publicare în nr.3/2024 al revistei)

Lucrări publicate în volume de conferințe indexate BDI

Doru Florin Chiper, and Laura-Teodora Cotorobai. "An Efficient Algorithm for the VLSI Implementation of Inverse DCT Based on Quasi-Circular Correlation Structures", *2021 15th International Conference on Advanced Technologies, Systems and Services in Telecommunications (TELSIKS)*, DOI: 10.1109/TELSIKS52058.2021.9606373 (participare și prezentare lucrare)

Doru Florin Chiper, and Laura-Teodora Cotorobai. "A New VLSI Algorithm for an Efficient VLSI Implementation of Type IV DST based on Short Band- Correlation Structures", *2020 13th International Conference on Communications (COMM)*, DOI: 10.1109/COMM48946.2020.9141980 (participare și prezentare lucrare)

Lucrări publicate în volume de conferințe naționale

Laura-Teodora Cotorobai, Andrei-Alexandru Butuc, Radu Ciorap și Calin Corciova. "Sistem de Sesizare a Oboselii Musculare în Recuperarea Neuromotorie", *Conferința Națională de Bioinginerie Medicală pentru Studenți și Tineri Cercetători*, Ediția a XVI-a, 2013 (participare și prezentare lucrare)

Bibliografie

1. Ahmed, N., Natarajan, T., & Rao, K. R. (1974). Discrete Cosine Transform. IEEE Transactions on Computers, 23(1), 90-93.
2. Rao, K. R., Yip, P., & Yip, P. C. (1990). Discrete Cosine Transform: Algorithms, Advantages, Applications. Academic Press.
3. Britanak, V., Yip, P. C., & Rao, K. R. (2007). Discrete Cosine and Sine Transforms: General Properties, Fast Algorithms and Integer Approximations. Academic Press
4. Malvar, H. S. (1992). Signal Processing with Lapped Transforms. Artech House, Inc
5. Rao, K. R., Kim, J. J., & Hwang, H. J. (2010). Fast Fourier Transform - Algorithms and Applications. Springer
6. Zhang, N., & Tehranipoor, M. (2011). Introduction to Hardware Security and Trust. Springer.
7. <https://www.oxfordreference.com/display/10.1093/oi/authority.20110803102859636>
8. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240059184>
9. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK45440/>.
10. Bashshur, R., Shannon, G., Krupinski, E., & Grigsby, J. (2013). The Empirical Foundations of Telemedicine Interventions for Chronic Disease Management. Telemedicine and e-Health, 19(9), 611-632.
11. Dorsey, E. R., & Topol, E. J. (2016). State of Telehealth. New England Journal of Medicine, 375(2), 154-161.
12. Kvedar, J., Coye, M. J., & Everett, W. (2014). Connected Health: A Review of Technologies and Strategies to Improve Patient Care with Telemedicine and Telehealth. Health Affairs, 33(2), 194-199.
13. Mars, M., & Scott, R. E. (2010). Global E-Health Policy: A Work in Progress. Health Affairs, 29(2), 237-243.
14. Pande, S., & Ardini, M. (2019). Real-Time Health Monitoring and Diagnosis System Using IoT and Machine Learning. Journal of Telemedicine and Telecare, 25(9), 560-567.
15. **Laura-Teodora Cotorobai**, Andrei-Alexandru Butuc, Radu Ciorap and Calin Corciova. "Sistem de Sesizare a Oboselii Musculare în Recuperarea Neuromotorie", Conferința Națională de Bioinginerie Medicală pentru Studenți și Tineri Cercetători, Ediția a XVI-a, 2013
16. Ryu, S. (2012). Telemedicine: Opportunities and Developments in Member States: Report on the Second Global Survey on eHealth 2009 (Global Observatory for eHealth Series, Volume 2). World Health Organization.

17. Smith, A. C., Thomas, E., Snoswell, C. L., Haydon, H., Mehrotra, A., Clemensen, J., & Caffery, L. J. (2020). Telehealth for Global Emergencies: Implications for Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). *Journal of Telemedicine and Telecare*, 26(5), 309-313.
18. Hollander, J. E., & Carr, B. G. (2020). Virtually Perfect? Telemedicine for COVID-19. *New England Journal of Medicine*, 382(18), 1679-1681.
19. Wade, Graham (1994). *Signal coding and processing* (2 ed.). Cambridge University Press. p. 34. ISBN 978-0-521-42336-6.
20. Mahdi, O.A.; Mohammed, M.A.; Mohamed, A.J. (November 2012). "Implementing a Novel Approach an Convert Audio Compression to Text Coding via Hybrid Technique" (PDF). *International Journal of Computer Science Issues*. 9 (6, No. 3): 53–59.
21. Pujar, J.H.; Kadlaskar, L.M. (May 2010). "A New Lossless Method of Image Compression and Decompression Using Huffman Coding Techniques" (PDF). *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*. 15 (1): 18–23.
22. Salomon, David (2008). *A Concise Introduction to Data Compression*. Berlin: Springer. ISBN 9781848000728
23. Tank, M.K. (2011). "Implementation of Lempel-ZIV algorithm for lossless compression using VHDL". *Thinkquest 2010: Proceedings of the First International Conference on Contours of Computing Technology*. Berlin: Springer. pp. 275–283.
24. Navqi, Saud; Naqvi, R.; Riaz, R.A.; Siddiqui, F. (April 2011). "Optimized RTL design and implementation of LZW algorithm for high bandwidth applications" (PDF). *Electrical Review*. 2011 (4): 279–285. Archived (PDF) from the original on 2013-05-20
25. Welch, Terry (1984). "A Technique for High-Performance Data Compression" (PDF). *Computer*. 17 (6): 8–19
26. Stephen, Wolfram (2002). *New Kind of Science*. Champaign, IL. p. 1069. ISBN 1-57955-008-8
27. Larsson, N. J., & Moffat, A. (2000). Off-line dictionary-based compression. *Proceedings of the IEEE*, 88(11), 1722–1732
28. Mahmud, Salauddin (March 2012). "An Improved Data Compression Method for General Data" (PDF). *International Journal of Scientific & Engineering Research*. 3 (3): 2. Archived (PDF) from the original on 2013-11-02. Retrieved 6 March 2013
29. Lane, Tom. "JPEG Image Compression FAQ, Part 1". *Internet FAQ Archives*. Independent JPEG Group. Retrieved 6 March 2013
30. G. J. Sullivan; J.-R. Ohm; W.-J. Han; T. Wiegand (December 2012). "Overview of the High Efficiency Video Coding (HEVC) Standard". *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*. 22 (12). IEEE: 1649–1668
31. https://www.winrar-france.fr/winrar_instructions_for_use/source/html/HELPArcOptimal.htm[[

- <https://web.archive.org/web/20220409225619/https://sevenzip.osdn.jp/chm/cmdline/switches/method.htm>
32. <https://www.techiedelight.com/huffman-coding/>
 33. Wolfram, Stephen (2002). *A New Kind of Science*. Wolfram Media, Inc. p. 1069. ISBN 978-1-57955-008-0
 34. Arcangel, Cory. "On Compression" (PDF). Archived (PDF) from the original on 2013-07-28. Retrieved 6 March 2013.]
 35. Ahmed, Nasir (January 1991). "How I Came Up With the Discrete Cosine Transform". *Digital Signal Processing*. 1 (1): 4–5.
 36. Nasir Ahmed; T. Natarajan; Kamisetty Ramamohan Rao (January 1974). "Discrete Cosine Transform" (PDF). *IEEE Transactions on Computers*. C-23 (1): 90–93
 37. CCITT Study Group VIII und die Joint Photographic Experts Group (JPEG) von ISO/IEC Joint Technical Committee 1/Subcommittee 29/Working Group 10 (1993), "Annex D – Arithmetic coding", Recommendation T.81: Digital Compression and Coding of Continuous-tone Still images – Requirements and guidelines (PDF), pp. 54 ff
 38. Mahmud, Salauddin (March 2012). "An Improved Data Compression Method for General Data" (PDF). *International Journal of Scientific & Engineering Research*.
 39. Marak, Laszlo. "On image compression" (PDF). University of Marne la Vallee. Archived from the original (PDF) on 28 May 2015: https://web.archive.org/web/20150528012028/http://www.ujomro.com/resources/Laszlo_Marak_image_compression.pdf
 40. Mahoney, Matt. "Rationale for a Large Text Compression Benchmark". Florida Institute of Technology. : <https://cs.fit.edu/~mmahoney/compression/rationale.html>
 41. Shmilovici A.; Kahiri Y.; Ben-Gal I.; Hauser S. (2009). "Measuring the Efficiency of the Intraday Forex Market with a Universal Data Compression Algorithm" (PDF). *Computational Economics*. 33 (2): 131–154.
 42. Ben-Gal (2008). "On the Use of Data Compression Measures to Analyze Robust Designs" *IEEE Transactions on Reliability*. 54 (3): 381–388.
 43. D. Scully; Carla E. Brodley (2006). "Compression and Machine Learning: A New Perspective on Feature Space Vectors". *Data Compression Conference (DCC'06)*. p. 332.
 44. Gary Adcock (January 5, 2023). "What Is AI Video Compression?". massive.io. Retrieved 6 April 2023
 45. Mentzer, Fabian; Toderici, George; Tschannen, Michael; Agustsson, Eirikur (2020). "High-Fidelity Generative Image Compression"
 46. What is Unsupervised Learning? | IBM". www.ibm.com. 23 September 2021. Retrieved 2024-02-05
 47. "Differentially private clustering for large-scale datasets".

48. Edwards, Benj (2023-09-28). "AI language models can exceed PNG and FLAC in lossless compression, says study". Ars Technica.
49. Korn, D.; et al. (July 2002). "RFC 3284: The VCDIFF Generic Differencing and Compression Data Format". Internet Engineering Task Force. Retrieved 5 March 2013.
50. Korn, D.G.; Vo, K.P. (1995). B. Krishnamurthy (ed.). Vdelta: Differencing and Compression. Practical Reusable Unix Software. New York: John Wiley & Sons, Inc.
51. Wang, Z., & Bovik, A. C. (2002). Modern Image Quality Assessment. Morgan & Claypool Publishers.
52. Jain, A. K. (1989). Fundamentals of Digital Image Processing. Prentice Hall.
53. <https://www.dicomstandard.org>
54. https://dicom.nema.org/medical/dicom/current/output/chtml/part01/chapter_7.html
55. Best, David E.; Horii, Steven C.; Bennett, William C.; Parisot, Charles R. (1 July 1992). Jost, R. Gilbert (ed.). "Update of the ACR-NEMA digital imaging and communications in medicine standard". Medical Imaging VI: Pacs Design and Evaluation. 1654: 356–361
56. https://dicom.nema.org/medical/dicom/current/output/html/part12.html#sect_K.1.2
57. <https://www.dicomstandard.org/current>
58. https://dicom.nema.org/Dicom/2011/11_14pu.pdf
59. Dandu Ravi Varma, Managing DICOM images: Tips and tricks for the radiologist, Indian J Radiol Imaging. 2012 Jan;22(1):4-13
60. <https://dicom.nema.org/dicom/geninfo/Strategy.pdf>
61. Weste, N.H.E., Harris, D.M. (2010). CMOS VLSI Design: A Circuits and Systems Perspective. Addison-Wesley
62. Kang, S.M., Leblebici, Y. (2003). CMOS Digital Integrated Circuits: Analysis and Design. McGraw-Hill
63. Rabaey, J.M., Chandrakasan, A., Nikolic, B. (2002). Digital Integrated Circuits: A Design Perspective. Prentice Hall
64. Meel, K., et al. (2016). "Real-Time ECG Anomaly Detection Using VLSI Architecture." Journal of Medical Systems, 40(12), 281
65. Gatzoulis, L., Iakovidis, I. (2007). "Wearable and Portable eHealth Systems for Personalized Health Management: State of the Art and Future Challenges." IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine, 11(5), 507-511
66. Mukherjee, S., et al. (2011). "Security and Privacy in Remote Healthcare: Issues in Telemedicine and Mobile Health." Journal of Computing Science and Engineering, 5(3), 181-197
67. Bashshur, R., Shannon, G., Krupinski, E., & Grigsby, J. (2013). The Empirical Foundations of Telemedicine Interventions for Chronic Disease Management. Telemedicine and e-Health, 19(9), 611-632.

68. Dorsey, E. R., & Topol, E. J. (2016). State of Telehealth. *New England Journal of Medicine*, 375(2), 154-161
69. Kvedar, J., Coye, M. J., & Everett, W. (2014). Connected Health: A Review of Technologies and Strategies to Improve Patient Care with Telemedicine and Telehealth. *Health Affairs*, 33(2), 194-199
70. Mars, M., & Scott, R. E. (2010). Global E-Health Policy: A Work in Progress. *Health Affairs*, 29(2), 237-243
71. Pande, S., & Ardini, M. (2019). Real-Time Health Monitoring and Diagnosis System Using IoT and Machine Learning. *Journal of Telemedicine and Telecare*, 25(9), 560-567
72. Ryu, S. (2012). Telemedicine: Opportunities and Developments in Member States: Report on the Second Global Survey on eHealth 2009 (Global Observatory for eHealth Series, Volume 2). World Health Organization
73. J. Daemen, V. Rijmen, "The Design of Rijndael: AES - The Advanced Encryption Standard," Springer, 2002.
74. B. Jun, P. Kocher, "The Intel Random Number Generator," Cryptography Research Inc., 1999.
75. J. Rexford, "Principles of Computer System Design: An Introduction," Morgan Kaufmann, 2009.
76. C. Paar, J. Pelzl, "Understanding Cryptography: A Textbook for Students and Practitioners," Springer, 2010.
77. T. S. Messerges, "Using Second-Order Power Analysis to Attack DPA Resistant Software," CHES, 2000.
78. B. Gassend et al., "Silicon Physical Random Functions," CCS, 2002.
79. NIST. "Guidelines for the Integration of Electronic Security into the Design of Intrinsically Safe Mining Equipment". NIST Special Publication. <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/SpecialPublications/NIST.SP.800-52r1.pdf>
80. Trusted Computing Group. "TCG EFI Platform Specification For TPM Family 2.0". <https://trustedcomputinggroup.org/resource/tpm-library-specification/>
81. Katz, J., & Lindell, Y. "Introduction to Modern Cryptography". CRC Press. http://staff.ustc.edu.cn/~mfy/moderncrypto/reading%20materials/Introduction_to_Modern_Cryptography.pdf
82. Barak, B., et al. "On the (Im)possibility of Obfuscating Programs". *Journal of the ACM*. <https://dl.acm.org/doi/10.1145/2160158.2160159>
83. Kocher, P., et al. "Differential Power Analysis". *Proceedings of the 19th Annual International Cryptology Conference*. https://link.springer.com/chapter/10.1007/3-540-48405-1_25

84. Johnson, B.W. "Design and Analysis of Fault-Tolerant Digital Systems". Addison-Wesley.
https://ceidnotes.net/notes/%CE%A3%CF%87%CE%B5%CE%B4%CE%B9%CE%B1%CF%83%CE%BC%CF%8C%CF%82+%CE%A3%CF%85%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BC%CE%AC%CF%84%CF%89%CE%BD+%CE%95%CE%B9%CE%B4%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%8D+%CE%A3%CE%BA%CE%BF%CF%80%CE%BF%CF%8D/ftcs_intro.pdf
85. "Authentication Mechanisms". IEEE Xplore.
<https://ieeexplore.ieee.org/document/485845>
86. M. Wolf, D. Serpanos, "Safe and Secure Transport and Processing of Medical Data," Springer, 2020.
87. K. B. Frikken et al., "Privacy-preserving Set Union," ASIACRYPT, 2002.
88. W. A. Arbaugh, "Windows Memory Protection Mechanisms," IEEE Security & Privacy, 2007.
89. G. Edward Suh, S. Devadas, "Physical Unclonable Functions for Device Authentication and Secret Key Generation," DAC, 2007.
90. P. K. Meher, J. C. Patra and A. P. Vinod. "A 2-D Systolic Array for High-Throughput Computation of 2-D Discrete Fourier Transform". APCCAS 2006 - 2006 IEEE Asia Pacific Conference on Circuits and Systems, 2006.
91. Pramod Kumar Meher, "A New Convolutional Formulation of the DFT and Efficient Systolic Implementation". TENCON 2005 - 2005 IEEE Region 10 Conference, 2005
92. D.F. Chiper. "A New Memory-Based Systolic Algorithm for DST with Low Hardware Complexity". International Symposium on Signals, Circuits and Systems, 2007.
93. D.F. Chiper, M. N. S. Swamy, and M. O. Ahmad. "A New Systolic Array Algorithm for a High Throughput Low Cost VLSI Implementation of DCT". 15th IEEE International Conference on Electronics, Circuits and Systems, 2008.
94. Doru-Florin Chiper. "A New Unified Systolic Array Algorithm for Discrete Cosine and Sine Transforms with Improved Performances". IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS), 1997.
95. D.F. Chiper. "A New VLSI Algorithm for a High-Throughput Implementation of Type IV DCT". International Conference on Communications (COMM), 2016.
96. Doru Florin Chiper, Arcadie Cracan. "A Novel Algorithm and Architecture for a High Throughput Implementation of DST Using Short Pseudo Cycle Convolutions". International Symposium on Signals, Circuits and Systems (ISSCS), 2017.
97. Chao Cheng and Keshab K. Parhi. "A Novel Systolic Array Structure for DCT". IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs, Vol. 52, No. 7, 2005

98. Doru Florin Chiper, " A Parallel VLSI Algorithm for a High Throughput Systolic Array Implementation of Type IV DCT ". International Symposium on Signals, Circuits and Systems, 2009.
99. Krishna Raj, Vedvrat, "A Study of VLSI Architectures for 2-D Discrete Wavelet Transform ". International Conference on Power, Control and Embedded Systems, 2010
100. D.F. Chiper. "A Systolic Array Algorithm Based on Band Convolution Structure for an Efficient VLSI Implementation of the Odd Time Generalized Discrete Hartley Transform". International Symposium on Signals, Circuits and Systems (ISSCS), 2019.
101. D. F. Chiper, M. N. S. Swamy, and M. O. Ahmad. "A Systolic Array Architecture for the Discrete Sine Transform". IEEE Transactions On Signal Processing, Vol. 50, No. 9, September 2002.
102. D.F. Chiper, M. O. Ahmad and M. N. S. Swamy. "A Unified VLSI Algorithm for a High Performance Systolic Array Implementation of Type IV DCT/DST". International Symposium on Signals, Circuits and Systems ISSCS, 2013.
103. D.F. Chiper. "A VLSI Algorithm for a Systolic Array Implementation of Type IV DST based on a Pseudo Band Correlation Structure". ISSCS 2011 - International Symposium on Signals, Circuits and Systems. 2011.
104. Doru Florin Chiper, Arcadie Cracan. "A New Integer Algorithm for a VLSI Implementation of DCT Using Obfuscation Technique". 14th International Conference on Communications (COMM), 2022.
105. Doru Florin Chiper, Arcadie Cracan. "A New VLSI Algorithm for a VLSI Implementation of MDST Using Obfuscation Technique". International Symposium on Electronics and Telecommunications (ISETC), 2022.
106. D.F. Chiper. "An Efficient Algorithm for a Memory-Based Systolic Array VLSI Implementation of Type IV DCT". International Symposium on Signals, Circuits and Systems (ISSCS), 2015.
107. D.F. Chiper., M.N.S. Swamy. "An Efficient Unified Framework for Implementation of a Prime Length DCT-IDCT with High Throughput". IEEE Transactions On Signal Processing, Vol. 55, No. 6, June 2007.
108. Doru-Florin Chiper, Arcadie Cracan. "An Efficient Algorithm for the VLSI Implementation of the Inverse DST Based on Quasi-Band Correlation Structures". IEEE International Symposium on Signals, Circuits and Systems (ISSCS), 2021.
109. Doru Florin Chiper. "An Improved Algorithm for the VLSI Implementation of Type II Generalized DHT that Allows an Efficient Incorporation of Obfuscation Technique". IEEE International Conference on Telecommunications and Signal Processing (TSP), 2022.

110. Hyesook Lim, E.E. Swartzlander. " An Efficient Systolic Array for the Discrete Cosine Transform Based on Prime Factor Decomposition ". Proceedings of ICCD '95 International Conference on Computer Design. VLSI in Computers and Processors , 1995
111. Basant K. Mohanty, Pramod K. Meher. "Bit-Serial Systolic Architecture for 2-D Non-Separable Discrete Wavelet Transform". Proceedings of the 2009 12th International Symposium on Integrated Circuits, 2009
112. Pramod Kumar Meher. " Design of a Fully-Pipelined Systolic Array for Flexible Transposition-Free VLSI of 2-D DFT ". IEEE Transactions On Circuits And Systems—II: Express Briefs , Vol. 52, No. 2, February 2005
113. Pramod Kumar Meher. "Efficient Systolic Implementation of DFT Using a Low-Complexity Convolution-Like Formulation". IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs, Vol. 53, No. 8, 2006.
114. Marco Ferretti, Davide Rizzo. "Handling Borders in Systolic Architectures for 1-D Discrete Wavelet Transform for Perfect Reconstruction". IEEE Transactions On Signal Processing, Vol. 48, No. 5, May 2000.
115. Chao Cheng, Keshab K. Parhi. "Hardware Efficient Fast DCT Based on Novel Cyclic Convolution Structures". IEEE Transactions On Signal Processing, Vol. 54, No. 11, November 2006.
116. Pramod Kumar Meher," Highly Concurrent Reduced-Complexity 2-D Systolic Array for Discrete Fourier Transform ". IEEE Signal Processing Letters, Vol. 13, No. 8, August 2006.
117. Sohil Atul Shah, Preethi Venkatesan, Deepa Sundar and M. Kannan," Low Latency, High Throughput and Less Complex VLSI Architecture for 2-D DFT ". IEEE-International Conference on Signal processing, Communications and Networking, Madras Institute of Technology, Anna University Chennai India, Jan 4-6, 2008. Pp349-353
118. Chao Cheng, Keshab K. Parhi. "Low-Cost Fast VLSI Algorithm for Discrete Fourier Transform". IEEE Transactions On Circuits And Systems—I: Regular Papers, Vol. 54, No. 4, April 2007.
119. Basant K. Mohanty, Pramod K. Meher. "Merged-Cascaded Systolic Array for VLSI Implementation of Discrete Wavelet Transform". IEEE Asia Pacific Conference on Circuits and Systems (APCCAS), 2006.
120. Pramod Kumar Meher and M. N. S. Swamy. "New Systolic Algorithm and Array Architecture for Prime-Length Discrete Sine Transform". IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs, Vol. 54, No. 3, 2007.
121. Pramod Kumar Meher. "Parallel and Pipelined Architectures for Cyclic Convolution by Block Circulant Formulations Using Low Complexity Short Length

- Algorithms". IEEE Transactions On Circuits And Systems For Video Technology, Vol. 18, No. 10, October 2008.
122. P. K. Meher, A. P. Vinod, J. C. Patra, and M. N. S. Swamy. "Reduced-Complexity Concurrent Systolic Implementation of the Discrete Sine Transform". APCCAS 2006 - 2006 IEEE Asia Pacific Conference on Circuits and Systems.
 123. D. F. Chiper, M. N. S. Swamy, and M. O. Ahmad. "Systolic Algorithms and a Memory-Based Design Approach for a Unified Architecture for the Computation of DCT/DST/IDCT/IDST". IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Regular Papers, Vol. 52, No. 6, 2005.
 124. P. K. Meher. "Unified Systolic-Like Architecture for DCT and DST Using Distributed Arithmetic". IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Regular Papers, Vol. 53, No. 12, 2006.
 125. Doru Florin Chiper, and **Laura-Teodora Cotorobai**. "A Unified VLSI architecture for 1D IDCT and IDST based on pseudo-band correlations", 2018 10th International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence (ECAI)
 126. Doru Florin Chiper, and **Laura-Teodora Cotorobai**. "A Low Complexity Algorithm for the VLSI Implementation of DST Based on Band-correlation Structures, 2019 International Symposium on Signals, Circuits and Systems (ISSCS)
 127. Doru Florin Chiper, and **Laura-Teodora Cotorobai**. "A New VLSI Algorithm for an Efficient VLSI Implementation of Type IV DST based on Short Band- Correlation Structures", 2020 13th International Conference on Communications (COMM)
 128. **Laura-Teodora Cotorobai**, and Doru Florin Chiper. "A New VLSI Algorithm for type IV DCT for an Efficient Implementation of Obfuscation Technique ", 2020 43rd International Conference on Telecommunications and Signal Processing (TSP)
 129. Doru Florin Chiper, and **Laura-Teodora Cotorobai**. "A Novel VLSI Algorithm for a Low Complexity VLSI Implementation of DCT Based on Pseudo Circular Correlation Structures", 2020 International Symposium on Electronics and Telecommunications (ISETC)
 130. Doru Florin Chiper, and **Laura-Teodora Cotorobai**. "An Efficient Algorithm for the VLSI Implementation of Inverse DCT Based on Quasi-Circular Correlation Structures", 2021 15th International Conference on Advanced Technologies, Systems and Services in Telecommunications (TELSIKS)
 131. Doru Florin Chiper, and **Laura-Teodora Cotorobai**. 2021. "A New Approach for a Unified Architecture for Type IV DCT/DST with an Efficient Incorporation of Obfuscation Technique" Electronics 10, no. 14: 1656
 132. Doru Florin Chiper, and **Laura-Teodora Cotorobai**. "An Improved Algorithm for an Efficient VLSI Implementation of Type IV DST using Short Quasi-Band

Correlation Structures", 2022 14th International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence (ECAI),

133. **Laura -Teodora Cotorobai**, and Doru Florin Chiper. "An Efficient Algorithm and Architecture for the VLSI Implementation of Type IV DST using Short Quasi-Band Correlation Structures allowing Efficient incorporation of Techniques used for Hardware Security", Journal of Engineering Sciences and Innovation (JESI), 2024