



Digitally signed by
Technical Scientific Library,
TUM

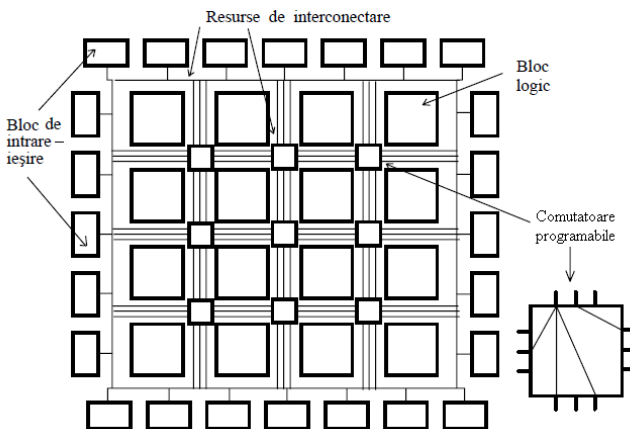
Reason: I attest to the
accuracy and integrity of
this document

UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI

**Viorica SUDACEVSCHI Viorel CĂRBUNE
Igor CALMÎCOV**

PROIECTAREA CU DISPOZITIVE PROGRAMABILE

Note de curs



**Chișinău
2022**

UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI
FACULTATEA CALCULATOARE, INFORMATICĂ ȘI
MICROELECTRONICĂ
DEPARTAMENTUL INFORMATICĂ
ȘI INGINERIA SISTEMELOR

PROIECTAREA CU
DISPOZITIVE PROGRAMABILE

Note de curs

Chișinău
Editura „Tehnica-UTM”
2022

CZU 004.31:004.436(075.8)

S 94

Lucrarea a fost discutată și aprobată pentru editare la ședința Consiliului Facultății Calculatoare, Informatică și Microelectronică, proces-verbal nr.5 din 14.04.22.

Lucrarea include descrieri teoretice din disciplina *Proiectarea cu dispozitive programabile*. De asemenea, acest material servește drept suport pentru îndeplinirea lucrărilor de laborator la disciplina menționată.

Lucrarea este destinată studenților anului III, programele de studii superioare de licență *Calculatoare și rețele și Robotică și mecatronică*, Facultatea Calculatoare, Informatică și Microelectronică, pentru a fi utilizată la studierea disciplinei *Proiectarea cu dispozitive programabile*.

Prin problematica pe care o tratează, lucrarea poate fi utilizată și de studenții altor specializări, care studiază circuitele numerice și metodele de proiectare a circuitelor logice programabile.

Autori: conf. univ., dr. Viorica Sudacevschi

lect. univ., dr. Viorel Cărbune

conf. univ., dr. Igor Calmîcov

Redactor responsabil: asist. univ. Silvia Munteanu

Recenzent: conf. univ., dr. Victor Ababii

DESCRIEREA CIP A CAMEREI NAȚIONALE A CĂRȚII DIN RM

Sudacevschi, Viorica.

Proiectarea cu dispozitive programabile: Note de curs / Viorica Sudacevschi, Viorel Cărbune, Igor Calmîcov; redactor responsabil: Silvia Munteanu; Universitatea Tehnică a Moldovei, Facultatea Calculatoare, Informatică și Microelectronică, Departamentul Informatică și Ingineria Sistemelor.

– Chișinău: Tehnica-UTM, 2022. – 124 p.: fig., tab.

Aut. indicați pe vs. f. de tit. – Bibliogr.: p. 124 (9 tit.). – 50 ex.

CUPRINS

LISTA ABREVIERILOR	5
PREFAȚĂ	6
1. CIRCUITE LOGICE PROGRAMABILE	9
1.1. Clasificarea circuitelor integrate	10
1.2. Clasificarea circuitelor logice programabile	11
1.3. Circuite logice programabile simple (SPLD)	13
1.3.2. Circuite PLA	15
1.3.3. Circuite PAL	16
1.4. Dispozitive logice programabile complexe (CPLD)	18
1.5. Circuite FPGA	21
1.6. Etapele de proiectare cu circuite programabile	23
Subiecte pentru verificarea cunoștințelor	27
2. LIMBAJUL VHDL	28
2.1. Generalități	29
2.2. Structura unui cod VHDL	31
2.2.1. Entități și arhitecturi	31
2.2.2. Biblioteci și pachete	33
2.2.3. Funcții și proceduri	35
2.3. Elemente lexicale ale limbajului VHDL	36
2.4. Tipuri de date	39
2.5. Operatori VHDL	44
2.6. Stiluri de proiectare și descriere a circuitelor	45
2.6.1. Proiectare structurală	45
2.6.2. Proiectare de tip flux de date	52
2.6.3. Proiectare comportamentală (secvențială)	55
2.7. Sinteza circuitelor modelate cu limbajul VHDL	65
2.8. Definierea întârzierilor	66
Subiecte pentru verificarea cunoștințelor	67
3. DESCRIEREA CLC ÎN VHDL	68
3.1. Multiplexoare în VHDL	69
3.2. Decodificatoare în VHDL	73
3.3. Codificatoare în VHDL	78

3.4. Sumatoare binare	82
3.4.1. Sumator cu transport succesiv pe 8 biți.	82
Subiecte pentru verificarea cunoștințelor	86
4. DESCRIEREA CLS ÎN VHDL	88
4.1 Generalități	89
4.2. Bistabile	89
4.3. Registre	96
4.3.1. Registre paralele	97
4.3.2. Registre de deplasare	98
4.4. Numărătoare	100
Subiecte pentru verificarea cunoștințelor	106
5. AUTOMATE DE STARE ÎN VHDL	107
5.1. Generalități	108
5.2. Implementarea automatelor in VHDL	109
5.2.1. Inițializare sincronă și asincronă	110
5.3. Reprezentarea automatelor finite	111
5.4. Exemple de automate.	113
5.6. Toleranța la defecte a automatelor de stare	120
Subiecte pentru verificarea cunoștințelor	122
BIBLIOGRAFIE	123
ANEXĂ	124

LISTA ABREVIERILOR

ABEL	Advanced Boolean Expression Language
AHDL	Altera Hardware Description Language
AMD	Advanced Micro Devices
ASIC	Application Specific Integration Circuit
BDF	Block Diagram File
CAD	Computer Aided Design
CI	Circuit integrat
CLB	Congigurable Logic Block
CLC	Circuite Logice Combinaționale
CLS	Circuie Logice Secvențiale
CPLD	Complex Programable Logic Device
EDA	Electronic Design Automation
EEPROM	Electrically Erasable PROM
EPROM	Erasable PROM
FPGA	Field Programmable Gate Array
HDL	Hardware Description Language
JTAG	Joint Test Advisory Group
LSI	Large Scale Integration
MOS	Metal Oxid Semiconductor
MSI	Medium Scale Integration
PAL	Programmable Array Logic
PLA	Programmable Logic Array
PLD	Programmable Logic Devices
PROM	Programable Read-Only Memory
PROM	Programable Read Only Memory
RTL	Register Transfer Level
SOF	SRAM Object File
SRAM	Static Random Access Memory
SSI	Small Scale Integration
ULSI	Ultra Large Scale Integration
Verilog	Verifying Logic
VHDL	Very High Speed Integrated Circuit Hardware Description Language
VLSI	Very Large Scale Integration

PREFAȚĂ

În ultimele decenii varietatea și complexitatea circuitelor logice a crescut considerabil, a apărut o multitudine de noi produse și tehnologii care sunt din ce în ce mai „inteligente”, rapide, miniaturizate și cu posibilități de interconectare sporite. În această categorie pot fi incluse și circuitele logice programabile. Circuitele logice programabile sunt circuite integrate care conțin un număr mare de porți sau celule a căror interconexiune poate fi configurată sau “programată” pentru a implementa orice funcție combinațională sau secvențială dorită. Multe circuite de acest fel pot fi reprogramate de utilizator de mai multe ori, motiv pentru care ele sunt avantajoase pentru realizarea prototipurilor unui nou produs. Una dintre cele mai eficiente metode de proiectare a sistemelor digitale cu circuite programabile este utilizarea limbajelor de descriere hardware care oferă metode consistente și eficiente de proiectare și sinteză a circuitelor logice. Principala caracteristică a limbajelor HDL (Hardware Description Language) este posibilitatea de descriere a comportamentului circuitelor hardware independent de modul în care acestea sunt implementate.

În etapa actuală, metodele și tehnicile ce țin de proiectarea circuitelor programabile reprezintă o importantă direcție pentru cercetare și implementare practică. Prin urmare, fiecare specialist în electronică trebuie să aibă pregătirea teoretică respectivă și să dispună de deprinderile practice necesare în domeniul proiectării și aplicării în producție a acestor metode și tehnici.

Lucrarea de față conține materialul teoretic referitor la circuitele logice programabile și proiectarea acestor circuite prin intermediul limbajelor de programare hardware HDL. În capitolul 1 sunt expuse noțiunile, clasificarea și descrierea circuitelor logice programabile. Capitolul 2 este destinat abordării principalelor aspecte ale limbajelor de programare hardware. Este prezentată o descriere succintă a limbajului VHDL (Very High Speed Integrated Circuit **H**ardware **D**escription **L**anguage), și anume, modelul unui program VHDL complet, structura unui cod VHDL, bibliotecile și pachetele utilizate, tipurile de date, elementele lexicale, stilurile de

proiectare în baza unor exemple concrete. În capitolul 3 sunt descrise diverse circuite combinaționale în limbajul VHDL, realizate și simulate în mediul de proiectare hardware Quartus II, Altera. În capitolul 4 sunt abordate unele aspecte de descriere în limbajul VHDL a circuitelor secvențiale realizate și simulate în mediul de proiectare hardware Quartus II. Capitolul 5 este destinat aspectelor de proiectare a automatelor de stare în limbajul VHDL.

Materialul teoretic expus în cele 5 capitole este necesar la studierea disciplinei *Proiectarea dispozitivelor programabile*, inclusă în planurile de învățământ pentru programele de studii superioare de licență **Calculatoare și rețele** și **Robotică și mecatronică**, Facultatea Calculatoare, Informatică și Microelectronică, UTM. De asemenea, acest material servește drept suport la îndeplinirea lucrărilor de laborator la disciplina menționată.

Scopul cursului este însușirea de către studenți a principiilor de proiectare și verificare a circuitelor digitale, folosind limbaje de descriere hardware, precum și a tehnicilor de implementare și optimizare în structuri logice programabile actuale: CPLD și FPGA.

Obiectivele principale ale cursului *Proiectarea cu dispozitive programabile* reprezintă formarea la studenți a următoarelor abilități:

- cunoașterea și înțelegerea particularităților circuitelor programabile și a procesului de proiectare cu circuite CPLD și FPGA;
- dezvoltarea abilităților de utilizare a unor metode noi de descriere a circuitelor digitale;
- utilizarea limbajului de descriere hardware VHDL pentru descrierea la nivel algoritmic și RTL a diverselor categorii de circuite și sisteme digitale în vederea sintezei și implementării acestora în circuite programabile;
- utilizarea mediilor dedicate de asistare a proiectării circuitelor digitale;
- aplicarea tehnicilor de simulare și verificare funcțională a sistemelor digitale cu ajutorul limbajelor de descriere hardware;

- proiectarea, modelarea și simularea unor circuite combinaționale și secvențiale, folosind diverse medii software;
- dezvoltarea interesului față de cercetarea în domeniul circuitelor digitale.

BIBLIOGRAFIE

1. D. Nicula, Gh. Toacse. Electronica digitală. Vol.II. Ed. Tehnica, 2005.
2. J.F. Wakerly. Circuite digitale, principiile și practicile folosite în proiectare. Ed. Teora, 2002.
3. D. Nicula. Proiectarea sistemelor digitale implementate cu dispozitive programabile. Ed.Tehnica, 2000.
4. S.Brown, Z.Vranesic. Fundamentals of Digital Logic with VHDL Design. McGraw-Hill, 2000.
5. Haba Cristian-Gyozo. Elemente de proiectare cu circuite numerice programabile. Iași: Politehnum, 2005.
6. Haba Cristian-Gyozo. Proiectarea avansată cu circuite integrate programabile și limbaje de descriere a componentelor hardware. Iași: Politehnum, 2008.
7. Douglas L. Perry. VHDL: Programming by example. McGraw Hill, 2002.
8. Bryan Mealy. Free Range VHDL, 2012.
9. M. Cîrstea, A. Dinu, D. Nicula. A Practical Guide to VHDL Design. București: Editura Tehnică, 2000. ISBN 973-31-1539-8.