



Digitally signed by
Technical Scientific
Library, TUM
Reason: I attest to the
accuracy and integrity of
this document

UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI

FACULTATEA ELECTRONICĂ ȘI TELECOMUNICAȚII DEPARTAMENTUL TELECOMUNICAȚII ȘI SISTEME ELECTRONICE

ELECTRONICA DIGITALĂ

Note de curs



2026

CZU 621.38.037.37(075.8)

A 40

Lucrarea a fost discutată și aprobată pentru editare la ședința Consiliului Facultății Electronică și Telecomunicații, proces-verbal nr. 6 din 13.02.2026.

Notele de curs la *Electronica digitală* sunt destinate studenților anului II universitar învățământ cu frecvență la zi și anului III universitar cu frecvență redusă la programele de studii: *0714.1 Tehnologii și software în rețelele de comunicații*, *0714.6 Securitatea comunicațiilor electronice*, *0710.1 Inginerie și management în comunicațiile electronice*.

Notele de curs inserează cunoștințe teoretice din electronica digitală: funcțiile, axiomele și teoremele algebrei booleene, tehnologiile de fabricare ale porților logice, circuitele combinaționale, secvențiale și sinteza lor. Fiecare secțiune se încheie cu o listă de întrebări pentru a consolida înțelegerea materialului.

Autor: lector univ. Anatolie ALEXEI

Recenzent: conf. univ., dr. Pavel NISTIRIUC

DESCRIEREA CIP A CAMEREI NAȚIONALE A CĂRȚII DIN RM

Alexei, Anatolie.

Electronica digitală: Note de curs / Anatolie Alexei; Universitatea Tehnică a Moldovei, Facultatea Electronică și Telecomunicații, Departamentul Telecomunicații și Sisteme Electronice. – Chișinău: Tehnica-UTM, 2026. – 111 p.: fig., tab.

Aut. indicat pe verso p. de tit. – Ref. bibliogr.: p. 111. – 30 ex.

ISBN 978-9975-64-683-3.

Text: nemediat.

621.38.037.37(075.8)

A 40

ISBN 978-9975-64-683-3

© UTM, 2026

CUPRINS

INTRODUCERE	5
1. SISTEME NUMERICE UTILIZATE ÎN ELECTRONICA DIGITALĂ	10
2. FUNCȚII LOGICE ȘI PROPRIETĂȚI ALE OPERAȚIILOR LOGICE	21
2.1. Funcții logice elementare	23
2.2. Proprietățile operațiilor logice	24
2.3. Formele canonice ale funcțiilor logice	26
2.4. Simplificarea circuitelor logice combinaționale	27
3. PORȚI LOGICE	31
3.1. Clasificarea familiilor de porți logice	31
3.2. Logica de tip TTL și TTLȘ	31
3.3. Logica de tip CMOS	34
3.4. Logica de tip ECL	36
3.5. Logica de tip I ² L	37
4. CIRCUITE LOGICE COMBINAȚIONALE	40
4.1. Codificarea informației	40
4.2. Codificatoare	46
4.3. Decodificatoare	49
4.4. Multiplexoare	52
4.5. Demultiplexoare	54
4.6. Circuite aritmetice: comparatoare și sumatoare	56

4.7. Convertor digital-analogic	62
4.8. Convertor analogic-digital	64
5. CIRCUITE LOGICE SECVENȚIALE	67
5.1. Circuite bistabile. Noțiuni generale, clasificarea	67
5.2. Bistabile RS	69
5.3. Bistabilul de tip D (Delay)	73
5.4. Bistabilul de tip T (Toggle) asincron	74
5.5. Registre	78
5.6. Numărătoare de impulsuri	84
6. CIRCUITE DE FORMARE ȘI GENERARE A SEMNALELOR NUMERICE	92
6.1. Circuite de formare a nivelelor logice	92
6.2. Generatoare de impulsuri	94
7. MEMORII SEMICONDUCTOARE	96
7.1. Clasificarea memoriei semiconductoare	97
7.2. Memoria operativă RAM	104
7.3. Memoria permanentă ROM	106
REFERINȚE BIBLIOGRAFICE	111

INTRODUCERE

Trei principii de bază ale electronicii digitale

Informatizarea modernă a vieții sociale a fost realizată în mare parte prin dezvoltarea rapidă a tehnologiei digitale și a electronicii, care oferă cele mai avansate principii, tehnologii și mijloace de interacțiune umană cu lumea exterioară atât în știință și producție, cât și în viața de zi cu zi. Au apărut noi tehnologii informaționale și domenii de aplicare a acestora: comunicații digitale, televiziune digitală, radar și navigație digitală etc. În comparație cu sistemele analogice, utilizarea tehnologiilor digitale oferă o acuratețe, fiabilitate și viteză ridicate, de neatins până atunci. În prezent, marea majoritate a tuturor dispozitivelor tehnice dezvoltate sunt dispozitive și sisteme digitale. Tehnologia digitală și tehnologiile digitale sunt utilizate într-o varietate de domenii ale științei, tehnologiei, producției și în viața de zi cu zi. De exemplu, dispozitivele digitale (microcontrolere) formează baza gadgeturilor moderne și a diverselor aparate de uz casnic, oferindu-le calități și funcționalități complet noi.

Scopul cursului *Electronică digitală* constă în familiarizarea cu elementele de bază ale electronicii digitale și cu principiile construcției dispozitivelor digitale. Fără a dobândi cunoștințe despre elementele de bază ale electronicii digitale este imposibilă stăpânirea disciplinelor speciale al căror conținut este asociat cu utilizarea pe scară largă în dispozitivele radio-electronice moderne și mijloacele tehnice de securitate a informațiilor unor astfel de componente și sisteme digitale ca microcontrolerele, procesoarele de semnal digital (un microprocesor specializat conceput pentru procesarea semnalului digital în timp real), FPGA (circuite integrate cu logica programabilă) etc.

Putem distinge trei componente principale sau secțiuni (în sens figurat, „trei piloni”) pe care se sprijină electronica digitală:

- teorema Kotelnikov-Nyquist;
- algebră booleană;
- tehnologia impulsurilor.

Teorema *Kotelnikov-Nyquist* fundamentează posibilitatea obținerii unui echivalent digital complet al unui semnal analogic: un semnal arbitrar cu spectru limitat (cu frecvență limită superioară f_m) este determinat în mod unic de valorile sale discrete, selectate la intervale regulate Δt , care trebuie să îndeplinească condiția (1):

$$\Delta t \leq \frac{1}{2f_m} \quad (1)$$

Valoarea Δt se numește *pas de eșantionare sau interval*. În consecință, *frecvența de eșantionare* f_e (inversă lui Δt) trebuie să îndeplinească condiția (2):

$$f_e \geq 2f_m \quad (2)$$

Dacă sunt îndeplinite condițiile teoremei lui Kotelnikov, este posibilă *restabilirea completă* a unui semnal analogic dintr-o secvență a valorilor sale discrete.

Fundamentul matematic al electronicii digitale este algebra logicii sau algebra booleană. *Algebra booleană* a făcut posibilă punerea analizei și sintezei sistemelor digitale pe o bază matematică strictă.

Multe realizări ale tehnologiei impulsurilor și-au găsit aplicarea și dezvoltarea în electronica digitală. Tehnologia impulsurilor este un domeniu al electronicii al cărui subiect este dezvoltarea fundamentelor teoretice, a metodelor practice și a mijloacelor tehnice de generare (formare), conversie și măsurare a parametrilor impulsurilor electrice (care și-au găsit o largă aplicație, în special în dispozitivele de automatizare, tehnologia informației etc.).

Semnale digitale și analogice

Din punct de vedere al electronicii digitale, principala diferență dintre un semnal digital și unul analogic este: un semnal analogic poate primi *un număr infinit de valori* spre deosebire de un semnal digital, care poate *primi un număr finit de valori*.

Semnalele digitale sunt împărțite în două tipuri (fig. 1.):

1. Echivalentul digital al unui semnal analogic;
2. Semnale logice.

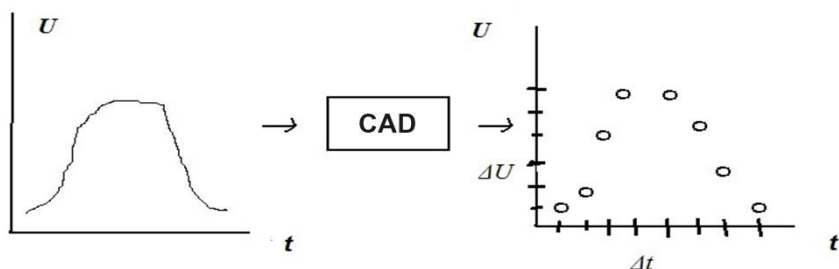


Fig. 1. Procesul de digitalizare a unui semnal analogic

Primul tip de semnal digital este rezultatul eșantionării în timp și al cuantizării prin nivel a semnalului analogic (fig. 1.). Această conversie este efectuată de un dispozitiv special numit CAD - convertor analog-digital (în terminologia engleză, *ADC - analog digital converter*). Ieșirea CAD produce un echivalent digital al semnalului analogic - o secvență a mostrelor sale discrete:

$$x(t) \rightarrow (x_0, x_1, x_2, \dots).$$

Din punct de vedere matematic, primul tip de semnal digital este o serie temporală (secvență de numere).

Din punct de vedere tehnic, mostrele (samples) individuale ale unei secvențe discrete (semnale digitale) sunt *cod binar*, adică succesiune de biți. De exemplu, fișierele de sunet sunt o secvență de mostre pe 16 biți.

Semnalele digitale sunt convertite în sisteme *de procesare a semnalelor digitale* (DSP - digital signal processing). Sistemele DSP moderne sunt implementate în software fie prin microprocesoare (procesoare de semnal digital) fie direct în computere, folosind software-ul corespunzător.

Semnalele digitale de tipul doi - semnalele logice. *Semnale logice* asociate cu apariția sau neapariția unui sau altui eveniment.

Un astfel de eveniment, de exemplu, poate fi prezența sau absența tensiunii (curentului) la ieșirea unui circuit electric sau a unei linii de comunicație. În electronica digitală, astfel de evenimente sunt numite, respectiv, unul logic ("1") și zero logic ("0").

Notă. Semnalele care pot lua doar două valori posibile se numesc *semnale binare*. Scopul principal al semnalelor binare este de a codifica biții de informații (0 sau 1).

Unitățile logice și zerourile logice pot fi codificate prin diferențele de potențial de tensiune U în diferite moduri, de exemplu:

U^1 – nivelul înalt de tensiune corespunde „1” logic (nivel H (High));

U^0 – nivelul jos de tensiune corespunde „0” logic (nivel L (Low)).

Această codificare se numește „logică pozitivă”. În consecință, în „logica negativă” codificarea se face invers:

- nivelul înalt de tensiune U^1 corespunde „0” logic;
- nivelul jos de tensiune U^0 corespunde „1” logic.

Termenul „nivel înalt” corespunde de obicei unei tensiuni de 5 V (mai precis, acesta este intervalul de tensiune de la 2,5 la 5 V) și „nivel jos” – 0 V (interval de tensiune de la 0 la 0,5 V). Codificarea cu astfel de valori potențiale corespunde așa-numitei „logicii TTL” (logica tranzistor-tranzistor). Logica TTL a fost utilizată pe scară largă, fiind utilizată și în prezent, devenind unul dintre standardele principale ale electronicii digitale. De exemplu, potențialele corespunzătoare logicii TTL codifică biții în interfața unui port USB standard. Acest standard presupune o sursă de alimentare de +5 V pentru circuitele electronice digitale. Dacă se utilizează o sursă de alimentare redusă pentru circuitele electronice, intervalele de tensiune pentru codificarea biților vor fi, de asemenea, reduse corespunzător.

Cod binar serial și paralel

Semnalele logice digitale pot fi reprezentate în formă serială și paralelă (cod binar serie și, respectiv, paralel). Factorul determinant la alegerea formei unui semnal logic (cod) este numărul de canale de comunicație.

Codul serial este implementat pe un canal de comunicație. Codul paralel are N canale de comunicații, unde N este numărul de biți al codului.

Electronica digitală se bazează pe cel mai puțin redundant alfabet format din doar două caractere: 0 și 1. Acest principiu al

electronicii digitale are o serie de avantaje distincte, care pot fi descrise pe scurt după cum urmează:

1. Imunitate ridicată la zgomot în timpul transmisiei semnalului - receptorul de semnal digital *selectează doar între două stări*. Acest lucru facilitează foarte mult identificarea lor chiar și în condiții de interferență intensă.

2. Nu există acumulare de distorsiuni. Acest lucru permite creșterea gradului de integrare *la 10^9 elemente*.

3. Ușurința de implementare a sistemelor electronice digitale.

4. Realizarea principiului: echivalența dintre „program” și „hardware” (soft and hard):

a) orice program poate fi implementat de hardware (circuit logic);

b) orice hardware poate fi înlocuit folosind executarea programului corespunzător. (Multe funcții ale sistemelor radioelectronice moderne sunt implementate prin software. Această tendință modernă în dezvoltarea ingineriei radioelectronice permite crearea de echipamente radio, a căror funcționalitate este setată și modificată de software).

5. Semnificativ mai ieftin.

6. Progresele în tehnologia de fabricare a microcircuitelor fac posibilă reducerea din ce în ce mai mult a consumului de energie al sistemelor electronice digitale.

Întrebări de control

1. Enumerați trei principii de bază ale electronicii digitale.

2. Formulați teorema Kotelnikov-Nyquist și condiția pentru îndeplinirea acesteia. Ce restricții impune teorema lui Kotelnikov în funcționarea sistemelor digitale de procesare a semnalului?

3. Care este diferența dintre un semnal digital și un semnal analog? Numiți două tipuri de semnale digitale.

4. Explicați termenii „logică pozitivă” și „logică negativă”. Care este principala lor diferență?

5. Enumerați principalele avantaje ale electronicii digitale față de electronica analogică.

6. Enumerați principiile de bază și avantajele electronicii digitale.

REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

Obligatorii

1. Nicula D. Electronica digitala. Carte de învățătură. Brasov: Ed. Universitatii TRANSILVANIA, 2015. ISBN 978-606-19-0563-8.
2. John F. Wakerly. Circuite Digitale. Bucuresti: Editura Teora, 2002.
3. Gh. Toacșe, D. Nicula. Electronica digitală. Vol. 1, 2. București: Ed. Tehnica, 2005.
4. Gabor Csipkes, Doris Csipkes, Sorin Hintea, Mihaela Cîrlugea. "Circuite integrate digitale: culegere de probleme". Editura UT Press 2011.
5. Alexei A. Electronica digitală. Note de curs, suport electronic.
6. Alexei A., Chihai A. Electronica digitală. Îndrumător de laborator. UTM, 2011.

Suplimentare

1. Угрюмов Е. Цифровая схемотехника. Санкт-Петербург, 2004.
2. S. Hintea, Lelia Feștilă, Mihaela Cîrlugea. Circuite integrate digitale. Culegere de probleme. Ed. Casa Cărții de Știință, 1999.
3. S. Hintea, Lelia Feștilă, Mihaela Cîrlugea. Circuite integrate digitale. UT Press, 2005.
4. A.E.A. Almaini. Electronic Logic Systems, Ed. Prentice Hall, 1994.
5. S. Hintea. Proiectarea circuitelor digitale VLSI. Ed. Casa Cărții de Știință, 1997.
6. Rabaey J.M., Chandrakasan A., Nikolic B. Digital Integrated Circuits. A design perspective. Prentice Hall, 2003.