

ARHITECTURA ȘI ORGANIZAREA CALCULATORULUI

NOTE DE CURS

Autor: Eugeniu Plohotniuc

Bălți - 2020

CUPRINS

INTRODUCERE	
1. ALGEBRA LOGICII	
1.1. Variabile și funcții ale algebrei logicii	
1.2. Axiomele și teoremele principale ale algebrei logicii	
1.3. Familii de funcții logice fundamentale echivalente	
1.4. Metodele de prezentare a funcțiilor logice	
1.5. Minimizarea funcțiilor logice	
2. BISTABILI, REGISTRE ȘI CONTOARE	
2.1. Clasificarea bistabililor	
2.2. Bistabili cu o treaptă RS-asincron, RS-sincron și de tip D	
2.2.1. Bistabilul RS-asincron	
2.2.2. Bistabilul RS-sincron	
2.2.3. Bistabilul de tip D	
2.2.4. Divizor al frecvenței semnalului drepunghiular	
2.3. Bistabili cu două trepte MS, DV și JK	
2.3.1. Bistabilul de tip MS	
2.3.2. Bistabilul de tip DV	
2.3.3. Bistabilul de tip JK	
2.4. Registre	
2.4.1. Definirea și clasificarea registrelor	
2.4.2. Registru de tip paralel	
2.4.3. Registru consecutiv cu deplasare directă	
2.4.4. Registru consecutiv cu deplasare inversă	
2.4.5. Registru ciclic	
2.4.6. Registru cu intrare paralel-consecutivă	
2.4.7. Registru universal	
2.5. Contoare	
2.5.1. Definirea și clasificarea contoarelor	
2.5.2. Contor asincron sumativ	
2.5.3. Contor asincron cu numărare inversă	
2.5.4. Contor asincron reversibil	
2.5.5. Contor asincron cu modul de numărare	
2.5.6. Contor sincron	
3. DISPOZITIVE COMBINAȚIONALE	
3.1. Decoder	
3.2. Coder	
3.3. Translator de cod	
3.4. Multiplexor	

	3.5. Multiplexor generator	
	3.6. Demultiplexor	
	3.7. Comparator	
	3.8. Definirea și clasificarea sumatorilor	
	3.9. Semisumator	
	3.10. Sumator complet	
	3.11. Sumator consecutiv	
	3.12. Sumator paralel cu transfer consecutiv al depășirilor	
	3.13. Sumator paralel cu transfer paralel al depășirilor	
	3.14. Unitatea de scădere	
	3.14.1. Unitatea de scădere pentru $D(d_{n-1}, \dots, d_1, d_0) \geq 0$	
	3.14.2. Unitatea de scădere pentru $D(d_{n-1}, \dots, d_1, d_0) < 0$	
	3.15. Unitatea de sumare a numerelor cu semn	
	3.16. Unitatea de înmulțire	
	4. MEMORIA CALCULATORULUI	
	4.1. Structura ierarhică a memoriei calculatorului	
	4.1.1. Memoria internă a calculatorului	
	4.1.2. Memoria externă a calculatorului	
	4.2. Unitatea de memorie permanentă	
	4.3. Unitatea de memorie SRAM	
	4.4. Structura mono-, bi- și tridimensională a memoriei SRAM	
	4.5. Evoluția memoriei DRAM	
	4.6. Realizarea constructivă a memoriei DRAM	
	4.7. Schema electrică și principiul de funcționare ale elementelor memoriei DRAM	
	4.8. Configurarea modulelor din microcircuite ale memoriei DRAM	
	5. DISPOZITIVE RESPONSABILE DE OPERAȚII ELEMENTARE	
	5.1. Transferul datelor	
	5.1.1. Transferul datelor de pe magistrala de date în registru	
	5.1.2. Transferul datelor dintr-un registru în alt registru	
	5.1.3. Transferul datelor din registru pe magistrala de date	
	5.2. Transfer cu inversarea datelor	
	5.3. Transfer cu deplasarea datelor	
	5.4. Registru multioperațional	
	5.5. Unitatea aritmetică	
	6. STRUCTURA CALCULATORULUI	
	(în proces de redactare)	
	BIBLIOGRAFIE	

INTRODUCERE

Calculatorul/computerul reprezintă un dispozitiv sau un sistem capabil să execute aplicații de program clar definite, drept exemplu, aplicații de calcul numeric, de prelucrare sau/și introducere/transfer a informației (text, sunet, imagini etc).

Primele calculatoare erau sisteme complet mecanice. Drept exemplu pot fi menționate:

- dispozitivul Pascaline, elaborat în anul 1642 de către Blaise Pascal care efectua operații de adunare și scădere a numerelor zecimale din cinci cifre. Pascal a realizat mai mult de zece astfel de calculatoare, iar ultimele modele au funcționat cu numere cu opt zecimale;

- mașina care efectua înmulțirea, divizarea, adunarea și scăderea, construită în anul 1673 de către celebrul filozof și matematician german Gottfried Wilhelm Leibniz.

Odată cu apariția, în anii 1930-1940, a componentelor electrice noi (relee, tuburi cu vid)), a apărut posibilitatea construirii calculatoarelor electronice. Primul calculator programabil cu adevărat funcțional, cunoscut sub numele Z3, a fost elaborat în anul 1941 de către inginerul dr. Konrad Ernst Otto Zuse..

În anii 1950 și 1960, tranzistoarele au înlocuit tuburile cu vid, iar la sfârșitul anilor 1960 și începutul anilor 1970, calculatoarele au început să fie construite pe baza tranzistorilor și microcircuitelor care sunt utilizate și în prezent.

În diferite perioade ale istoriei, a fost studiată posibilitatea de a crea calculatoare pe baza multor alte tehnologii, acum uitate și uneori foarte exotice. De exemplu, au existat proiecte de creare a calculatoarelor hidraulice și pneumatice, iar între 1903 și 1909, inginerul Percy I. Ludget a dezvoltat chiar și un proiect pentru o mașină analitică programabilă care trebuia să funcționeze pe baza mecanismelor mașinei de cusut.

În prezent, se lucrează intens la crearea calculatoarelor optice care utilizează semnale de lumină în loc de electricitate tradițională. O altă direcție promițătoare implică utilizarea progreselor atinse în biologia moleculară și cercetarea ADN-ului. În cele din urmă, una dintre cele mai noi abordări care poate duce la schimbări extraordinare în domeniul sistemelor informaționale se bazează pe dezvoltarea calculatoarelor cuantice. Deasemenea nanotehnologia ar putea duce la elaborarea unor calculatoare de tip nou. În așa calculatoare informația poate fi stocată și procesată digital la nivel de molecule individuale sau grupuri mici de molecule. Un număr surprinzător de elemente de calcul molecular s-ar încadra într-un spațiu relativ mic. Aceasta poate duce la o creștere esențială a vitezei de lucru a calculatoarelor numerice. În prezent există numai modele extrem de specializate sau experimentale.

În procesul proiectării calculatoarelor una din deciziile fundamentale este de a alege dacă calculatorul v-a fi un sistem logic (digital/numeric) sau analogic, deoarece aceste sisteme diferă mult una de alta. Mai jos sunt prezentate diferențele principale dintre calculatoarele numerice și analogice.

Calculatoarele numerice au următoarele particularități:

- majoritatea calculatoarelor numerice funcționează cu variabile numerice sau simbolice discrete și utilizează scheme electrice care, în prezent, pot prelucra numai semnale electrice dreptunghiulare cu două stări bine definite (drept exemplu pentru logica pozitivă, dacă este tensiune, atunci așa o stare corespunde variabilei logice 1, iar dacă tensiunea lipsește, atunci așa o stare corespunde variabilei logice 0);
- orice informație supusă prelucrării/stocării este transformată în cod binar;
- informația prelucrată/stocată în calculator este recodificată pentru prezentarea unei ființe umane;
- un calculator numeric poate procesa mai multe aplicații de program care pot fi păstrate în memoria calculatorului fără modificarea componentelor sale fizice sau este universal;
- precizia prelucrării informației este mare și poate fi prezentată în simplă precizie (32 biți), dublă precizie (64 biți), dublă extinsă precizie (96 biți) sau cvadruplă precizie (128 biți).

În fig. 1 este prezentată imaginea unui calculator personal modern.



Fig. 1. Imaginea unui calculator personal modern.

Calculatoarele analogice au următoarele particularități:

- calculatoarele analogice sunt proiectate pentru a procesa fluxuri continue de date și utilizează scheme electrice care pot prelucra semnale electrice de orice formă cu două sau o infinitate de stări (drept exemplu, semnale sinusoidale, triunghiulare, dreptunghiulare și altele);
- informația supusă prelucrării/stocării nu trebuie transformată în cod binar;
- un calculator analogic nu utilizează aplicații de program stocate în memorie și procesul de prelucrare a informației este determinat rigid de dispozitivele fizice interne ale calculatorului (conexiuni, module instalate etc.);
- pentru a procesa o nouă aplicație de program este necesară o restructurare a componentelor fizice interne ale calculatorului;
- aceste calculatoare sunt ideale pentru controlul automat asupra proceselor de producție, deoarece reacționează momentan la diferite modificări/schimbări ale parametrilor proceselor;
- precizia prelucrării informației este relativ mică.

Înainte de apariția calculatoarelor numerice performante, inclusiv până în anii 90 ai secolului precedent, calculatoarele analogice erau utilizate pe scară largă în tehnologia aviației și zborurilor cosmice, pentru prelucrarea operațională a diverselor informații și generarea ulterioară de semnale de control în diferite sisteme automate de control al zborului. Și în prezent tehnologia analogică de calcul este utilizată în domeniul militar, deoarece este extrem de rapidă și, în condiții de bruiaj, performanța mașinii v-a fi restabilită imediat ce bruiajul dispare.

În fig. 2 este prezentată imaginea unui calculator analogic, construit în anul 1953 de către compania Boeing și cunoscut sub denumirea MOHAI.

La momentul dat calculatoarele numerice au o gamă largă de aplicare, iar calculatoarele analogice sunt utilizate numai în anumite scopuri speciale sau pentru controlul automat asupra proceselor de producție.

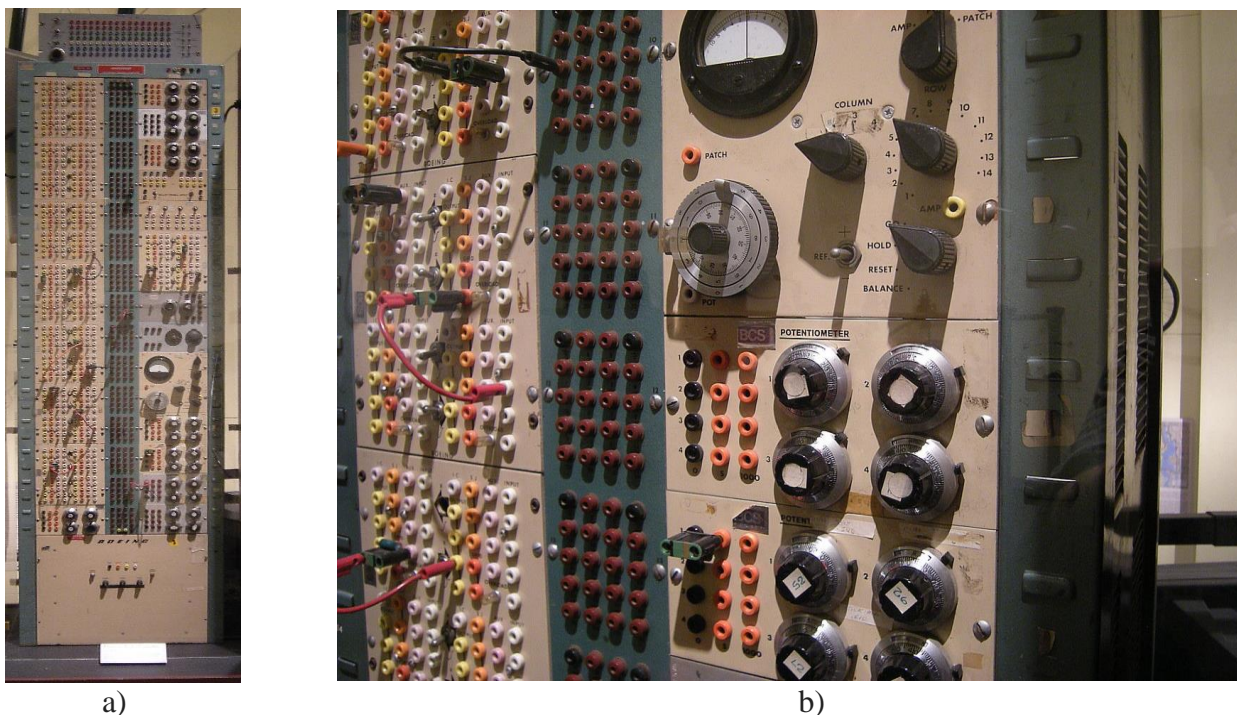


Fig. 2. Imaginea calculatorului analogic MOHAI: a) – imaginea calculatorului; b) – o secvență.

Arhitectura calculatorului numeric descrie modelul general de organizare a calculatorului care poate fi prezentat prin două sau mai multe niveluri:

- nivelul 0 – nivelul logicii numerice/digitale, utilizat pentru descrierea procesului de lucru a elementelor logice, bistabililor, registrelor etc;
- nivelul 1 – nivel microarhitectural, care include interpretarea sau executarea directă a microinstrucțiunilor, dependente de structura fizică a dispozitivelor calculatorului (registrele procesorului, untatea aritmetico-logică, memoria internă etc);
- nivelul 2 – nivelul arhitecturii instrucțiunilor de sistem asamblate din microinstrucțiuni;
- nivelul 3 – nivelul sistemului de operare este un nivel hibrid: o parte a instrucțiunilor este interpretată de sistemul de operare, iar cealaltă - de microinstrucțiuni;
- nivelul 4 – nivelul limbajului Assembler, translare (compilare);
- nivelul 5 – nivelul limbajelor de nivel înalt care nu depinde de structura fizică a calculatorului.

Nivelul cinci și nivelul patru sunt utilizate pentru a scrie programe de aplicații, iar nivelurile de la al treilea la primul pentru a scrie programe de sistem.

Scopul acestui curs este de a prezenta nivelul logicii numerice/digitale, utilizat pentru descrierea procesului de lucru a elementelor logice, bistabililor, registrelor etc, nivelul microarhitectural, care include interpretarea sau executarea directă a microinstrucțiunilor, dependente de structura fizică a dispozitivelor calculatorului (registrele procesorului, untatea aritmetico-logică, memoria internă etc) și nivelul arhitecturii instrucțiunilor executate la nivel de sisteme numerice (controlere, procesoare etc).

Pentru studierea acestui curs sunt necesare cunoștințe care se referă la:

- compartimentul „Electricitatea” din cursul școlar de fizică, în special despre tipuri și parametrii semnalelor electrice (frecvență, perioadă, amplitudine) și elementele electrice principale (rezistor, condensator, diodă, tranzistor, microcircuit);
- metodele de transformare a numerelor zecimale în numere/coduri binare și invers.