

III. FIZIKALNI PRINCIPI RADA ELEKTRONSKIH RAČUNSKIH STROJEVA

MIRKO BRUKNER dipl. inž. — Zagreb

1. PRIKAZ BROJEVA U RAČUNSKOM AUTOMATU

U elektronskim računskim automatima pojedine se binarne cifre kao sastavni dio jedne »riječi« mogu promatrati u dva različita stanja: statičkom, tj. stanju mirovanja, i dinamičkom, tj. stanju kretanja.

Binarne cifre nalaze se u stanju mirovanja u ćelijama pamćenja odn. registrima. U tom ih je slučaju najjednostavnije realizirati magnetiziranjem. Svakoj cifri odn. simbolu odgovara jedno malo polje, metalni prstenčić ili sl., koji mogu primiti magnetizam jednog pola. Time je tom elementu dodijeljena binarna vrijednost I ili O, odn. smisao + ili —, ili značenje »da« ili »ne«.

Binarne cifre su u stanju kretanja kada se transportiraju od jedne jedinice do druge jedinice računskog automata i od jednog do drugog uređaja unutar same jedinice. U tom dinamičnom stanju cifre su realizirane postojanjem ili nepostojanjem elektriciteta odn. električnih impulsa, ili njihovim smjerom. Ova dva različita stanja, postojanje i nepostojanje elektriciteta, predstavljaju binarne cifre I i O.

U oba slučaja, statičkom i dinamičkom, uočljiv je binarni karakter magnetizma i elektriciteta, te su oni iskorišteni kao osnova kod automata, bilo da je primjenjen čisti binarni sistem, bilo da se koristi kombinirani decimalno-binarni sistem. Kako je pretvaranje električne energije u magnetizam i obratno zasnovano na relativno jednostavnim fizikalnim principima, to je i binarne cifre relativno jednostavno pretvarati iz jednog stanja u drugo.

Kod stanja mirovanja neka je binarna cifra pohranjena tj. »zapamćena«. Kod stanja kretanja s tom se cifrom ili nizom cifara vrši neka određena operacija ili ih se premješta i pohranjuje na drugom mjestu. Kombiniranjem ovakvih operacija postižu se efekti koji odgovaraju zahtjevima što ih postavljamo na elektronske računске strojeve.

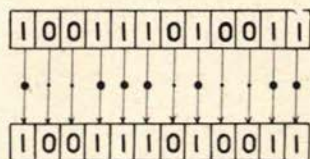
2. PARALELNI I SERIJSKI TRANSPORT BROJEVA

U radu elektronskih računskih automata transport brojeva, odn. općenito riječi, igra presudnu ulogu. Sve operacije koje se u automatu odigravaju: računanje, ispisivanje, upravljanje itd. mogu se u krajnjoj liniji svesti na trans-

porte brojeva i naređenja (električnih impulsa) od jednog uređaja do drugog odn. kroz njih.

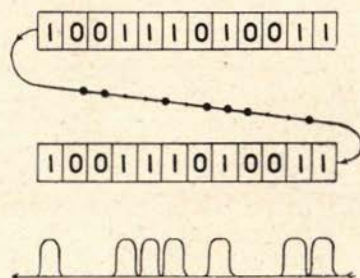
Cifre odn. električni impulsi se kod toga mogu transportirati paralelno ili serijski.

Kod paralelnog transporta broja iz registra u registar ili ćeliju pamćenja, svaka se binarna cifra kao električni impuls vodi preko zasebnog vodiča (sl. 1). Time se istovremeno transportira cijeli broj od jednom.



Sl. 1

Kod serijskog transporta, riječ se transportira preko samo jednog vodiča. Binarnе cifre 1 su kod toga realizirane kao električni impulsi određene jačine i dužine trajanja, dok na mjestima binarnih cifara 0 takvi impulsi manjkaju (sl. 2). U drugom registru ili ćeliji pamćenja binarne cifre zauzimaju ista mjesta, koja su imala u prethodnom registru.



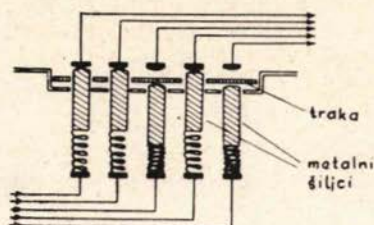
Sl. 2

Različiti tipovi automata primjenjuju jedan ili drugi način transporta. Transport može i u raznim uređajima istoga automata biti različit. Serijski transport kod toga zahtijeva mnogo manje vodiča, te se sve više primjenjuje. Kod automata koji koriste kombinirani decimalno-binarni sistem brojeva, transport se brojeva vrši također kombiniranim paralelno-serijskim načinom.

3. UREĐAJ ZA ČITANJE PERFORIRANIH TRAKA I KARTICA

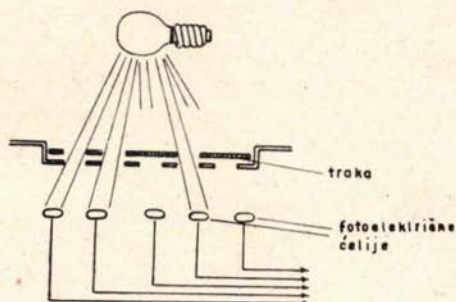
Uređaj za čitanje ima zadatak da perforacije na trakama ili karticama pretvori u električne impulse, da ove pošalje u automat u kojem se nakon dešifriranja pohranjuju u akumulatoru ili ćelijama pamćenja. Pretvaranje rupica na traci ili kartici u električne impulse može uslijediti na razne načine.

Kod mehaničkog se načina pomoću metalnih šiljaka ili četkica, koje prodiru kroz perforacije na papiru, uspostavljaju kratkotrajni električni kontakti, kojima se impulsi odvođe u automat.



Sl. 3

Na sl. 3 prikazan je poprečni presjek uređaja za čitanje petkanalne trake. Na perforiranim mjestima trake, šiljci potisnuti oprugama uspostavljaju kontakt s vodičima na gornjoj strani trake. Kako se traka kreće kroz uređaj za očitavanje, to ovi kontakti traju samo kratko vrijeme, te izazivaju električne impulse.



Sl. 4

Na sl. 4 prikazan je uređaj za čitanje na fotoelektričnom principu. Iz žarulje pada svjetlo na perforiranu traku i masku ispod ove. Kroz perforacije na traci i maski svjetlo pada na fotoelektrične ćelije iz kojih se električni impulsi šalju u automat. Ovaj uređaj omogućuje veću brzinu učitavanja (kretanja trake), jer nije vezan uz mehaničke radnje.

Neki noviji uređaji za očitavanje traka koriste se principom stupnja električne vodljivosti papira i zraka na mjestima perforacija.

Magnetske trake, koje mogu služiti kao nosilac podataka i programa, očitavaju se pomoću posebnih glava za očitavanje. Magnetska polja na traci induciraju u glavi za čitanje struju, koju u obliku impulsa odašilju u automat.

4. UREĐAJI ZA IZDAVANJE REZULTATA

Uređaji za izdavanje rezultata su električno upravljani pisači strojevi. Oni se međusobno razlikuju po primjenjenom principu i brzini.

Kod teleprinter kombinacija električnih impulsa, koji dolaze iz automata preko pet vodiča, izaziva aktiviranje pojedinih tipki pisačkog stroja, koje na taj način pišu na uloženi papir, odn. traku papira. Osim simbola (slova, cifara i znakova) tu su uključeni i pogonski znakovi kao što su: međuprostori, povrat valjka pisačkog stroja, pomak retka i prebacivanje s područja slova na područje brojeva i obrnuto.

Brži su uređaji za izdavanje kod kojih su simboli nanešeni na prstenima. Broj prstena odgovara broju mjesta u retku, a na svakom su prstenu svi predviđeni simboli. Ovdje je valjak pisačkog stroja nepomičan. Kod ispisivanja se istovremeno otiskuje cijeli redak, s time da se predhodno svaki prsten zaokrenuo u odgovarajući položaj. Zaokretanje prstena je upravljano od automata pomoću odgovarajuće kombinacije električnih impulsa. Ovi pisači strojevi su daleko brži, te mogu ispisati i preko 10 redaka u sekundi.

Na sličnom su principu izrađeni uređaji za ispisivanje cijelog retka, kod kojih međutim nema prstena sa simbolima, već svakom simbolu u retku odgovara jedno polje šiljaka. Svaki šiljak ispisuje na papir jednu tačku. Aktiviranjem određenih šiljaka dobiva se tačkasto ispisano određeno slovo, cifra ili znak, a aktiviranjem svih polja šiljaka dobiva se ispisán cijeli redak.

U uređaje za izdavanje spadaju i oni koji izdaju rezultate na trake ili kartice. Ovdje električni impulsi aktiviraju šiljke koji perforiraju trake ili kartice. Izdavanje na magnetske trake sastoji se u tome da jedna glava za pisanje pretvara električne impulse u malena magnetska polja.

5. LOGIČNI ODNOSI, VARIJABLE I FUNKCIJE

Algebra logike je grana formalne ili čiste logike. Ona se po George Boole-u naziva i »Boolean algebra«. Prema ovoj logici postoje uvijek samo dva oprečna rješenja, tj. npr. jedan je uvjet ispunjen ili ne, te je s tim povezano rješenje. Ova dva rješenja mogu se poistovjetiti s binarnim ciframa, koje imaju značenje: 0 = ne i 1 = da.

Veličina koja može imati jednu ili drugu vrijednost odn. značenje, naziva se logičnom varijablom. Logična varijabla u binarnom smislu može dakle imati vrijednost 0 ili 1.

Logična funkcija je funkcija takvih logičnih varijabli. Ona može biti funkcija jedne ili više logičnih varijabli.

Logična funkcija jedne varijable može imati četiri različite vrijednosti:

1. $y = 0$ Funkcija ima konstantnu vrijednost 0
2. $y = a$ Funkcija je identična logičnoj varijabli a
3. $y = \bar{a}$ Funkcija je negacija logične varijable a
4. $y = I$ Funkcija je konstatne vrijednosti 1

Kod funkcije $y = a$ imamo da je:

$y = I$ ako je $a = I$ i

$y = 0$ ako je $a = 0$

Kod negacije $y = \bar{a}$ imamo da je:

$$y = I \text{ ako je } a = O$$

$$y = O \text{ ako je } a = I$$

Logična funkcija dviju logičnih varijabli može imati 16 različitih vrijednosti, od kojih su dvije od naročito značenja, tj. konjunkcija i disjunkcija.

Kod konjunkcije (operacije »i«) logična funkcija ima oblik:

$$y = a \wedge b \quad \text{a njeno fizikalno značenje prikazano je na sl. 6.}$$

Vrijednost funkcije će tada biti:

$$y = O \wedge O = O$$

$$y = O \wedge I = I$$

$$y = I \wedge O = O$$

$y = I \wedge I = I$ tj. funkcija će imati vrijednost I, ako je varijabla $a = I$ »i« varijabla $b = I$, dok će u svim ostalim slučajevima imati vrijednost O.

Primjer konjunkcije dvaju binarnih brojeva:

$$a = 100101110$$

$$b = 110110100$$

$$y = 100100100$$

Kod disjunkcije (operacije »ili«) logična funkcija ima oblik:
 $y = a \vee b$, a njeno fizikalno značenje prikazano je na sl. 7.

Vrijednost funkcije će tada biti:

$$y = O \vee O = O$$

$$y = O \vee I = I$$

$$y = I \vee O = I$$

$y = I \vee I = I$ tj. funkcija će imati vrijednost I, ako varijabla a »ili« varijabla b ima vrijednost I.

Disjunkcijom brojeva iz gornjeg primjera dobit će se rezultat:

$$y = 110111110$$

Kod logičnih funkcija većeg broja varijabli broj oblika je daleko veći, ali su i ovdje posebno značajni odnosi konjunkcije i disjunkcije. Za logične operacije konjunkcije i disjunkcije vrijede pravila algebre:

1. Pravilo komutacije:

$$a \wedge b = b \wedge a$$

$$a \vee b = b \vee a$$

2. Pravilo asocijacije:

$$(a \wedge b) \wedge c = a \wedge (b \wedge c)$$

$$(a \vee b) \vee c = a \vee (b \vee c)$$

3. Pravilo distribucije:

$$a \wedge (b \vee c) = (a \wedge b) \vee (a \wedge c)$$

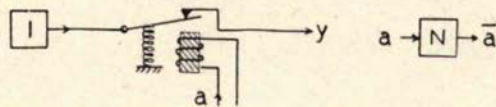
$$a \vee (b \wedge c) = (a \vee b) \wedge (a \vee c)$$

Nadalje je potrebno naglasiti da negacija od negacije daje prvobitnu vrijednost funkcije:

$$(\bar{\bar{a}}) = a$$

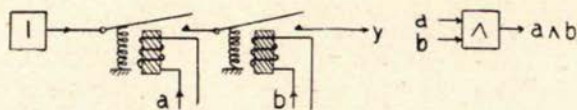
6. ALGEBRA SKLOPKI

Logične funkcije se mogu izraziti sistemom prekidača. Sistem prekidača i njihov logični učinak, te algebarski učinak kod binarnih cifara, naziva se algebrom prekidača. Ulogu prekidača ili njihov kombinirani učinak, može se postići elektromagnetom, elektronskim cijevima (diodama, triodama) i dr.



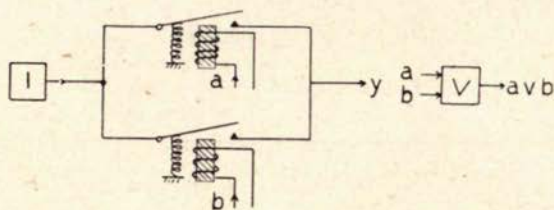
Sl. 5

Na sl. 5 je prikazan logični učinak negacije. I je izvor jednosmjerne električne struje, koja teče prema y . Ako iz vodiča a dolazi električni impuls na navojnicu, magnetizirat će željeznu jezgru, privući polugu i prekinuti tok struje prema y . y je prema tome negacija od a , a simbolično je prikazana na sl. 5 desno.



Sl. 6

Na sl. 6 je prikazan sistem prekidača, koji kao rezultat daje konjunkciju. Iz izvora struje teći će struja (impuls) prema y samo u slučaju da su aktivirani elektromagneti u a i b , tj. ako iz vodiča a i b dolaze električni impulsi.

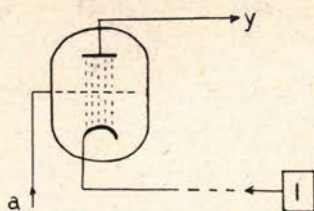


Sl. 7

Na sl. 7 prikazan je sistem prekidača, s kojim se postiže efekat disjunkcije. Iz I će poteći impuls prema y , ako je aktiviran elektromagnet a ili b , tj. ako iz a ili b dolazi impuls.

U svim ovim slučajevima se umjesto elektromagneta može zamisliti elektronska cijev (sl. 8). Struja iona će poteći od anode prema katodi samo onda i samo u tom kratkom vremenskom razmaku, u kojem je upravlja-

juća rešetka aktivirana impulsom iz **a** odn. **b**. Ako takav impuls izostane, izostat će impuls, koji bi katoda dalje prosljedila.



Sl. 8

7. ELEMENTARNO ZBRAJANJE BINARNIH CIFARA

Rezultat zbrajanja dviju binarnih cifara dan je pravilom kako slijedi:

$0 + 0 = 0$ i prenos 0

$0 + 1 = 1$ i prenos 0

$1 + 0 = 1$ i prenos 0

$1 + 1 = 0$ i prenos 1

Ako sumande označimo s **a** i **b**, rezultirajuću cifru sume sa **s**, a cifru prenosa sa **p**, tada se gornje pravilo zbrajanja može dati u obliku tablice:

a	b	s	p
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

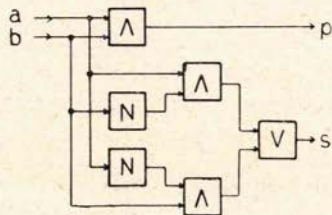
U ovom su slučaju s i p logične funkcije varijabli a i b, koje se mogu prikazati izrazima:

$$s = (a \wedge \bar{b}) \vee (\bar{a} \wedge b) \quad (1)$$

$$p = a \wedge b \quad (2)$$

Cifra sume će dakle biti 1, ako je $a = 1 \gg b = 0$ ili $a = 0 \gg b = 1$.
Cifra prenosa će biti 1, ako je $a = 1 \gg b = 1$.

Ovim logičnim funkcijama će odgovarati šema prekidača (sl. 9).

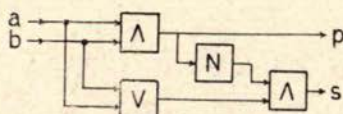


Sl. 9

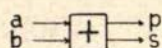
Međutim, ako izraz (1) preuredimo po pravilima algebre (čl. 5), dobit će se pojednostavljeni oblik funkcije s:

$$\begin{aligned}
 s &= (a \wedge \bar{b}) \vee (\bar{a} \wedge b) = (a \vee \bar{a}) \wedge (a \vee b) \wedge (\bar{b} \vee \bar{a}) \wedge (\bar{b} \vee b) = \\
 &= I \wedge (a \vee b) \wedge (\bar{a} \vee \bar{b}) \wedge I = \\
 &= (a \vee b) \wedge (\bar{a} \vee \bar{b}) = \\
 &= (a \vee b) \wedge (\overline{a \vee b}) = \\
 &= (a \vee b) \wedge \bar{p}
 \end{aligned}$$

Ovom obliku logične funkcije odgovarat će i jednostavnija šema prekidača (sl. 10).



Sl. 10



Sl. 11

Sistem prekidača prikazan na sl. 9 i sl. 10, može se dalje preurediti ubacivanjem negacija od negacije i sl., čime se može bolje prilagoditi vrsti elektronskih elemenata, koji se u tu svrhu žele koristiti.

Na sl. 11 prikazan je simbol uređaja za elementarno zbrajanje binarnih cifara, bez obzira na stvarni sistem prekidača, iz kojeg je ovaj uređaj složen.

8. UREĐAJ ZA ZBRAJANJE BINARNIH BROJEVA

Zbrajanje binarnih višeznamenastih brojeva vrši se postupno, mjesto po mjesto, počam od desnog kraja broja. Kod toga se cifra sume dobiva zbrajanjem cifara obih sumanda i cifre prenosa iz operacije zbrajanja prethodnih cifara. Time cifra sume i prenosa postaje logična funkcija triju logičnih varijabli. Vrijednost funkcija s i p dana je u slijedećoj tablici:

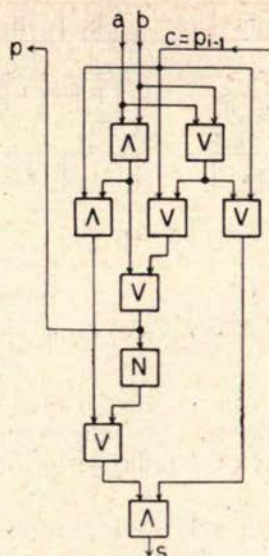
a_i	b_i	$c_i = p_{i-1}$	s_i	p_i
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1

Cifra sume s i prenosa p će biti funkcije oblika:

$$s = \{[(a \wedge b) \wedge c] \vee \bar{p}\} \wedge [(a \vee b) \vee c] \quad (4)$$

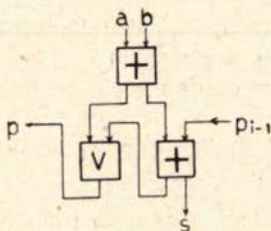
$$p = (a \wedge b) \vee (a \wedge c) \vee (b \wedge c) = (a \wedge b) \vee [(a \vee b) \wedge c] \quad (5)$$

Ovim funkcijama će odgovarati šema prekidača prema sl. 12.

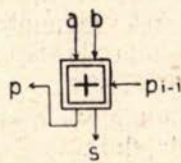


Sl. 12

Ako uvedemo ranije usvojeni simbol za zbrajanje binarnih cifara (sl. 11), dobit ćemo šemu (sl. 13), koja predstavlja jedan element uređaja za zbrajanje, a za koji možemo uvesti simbol (sl. 14).

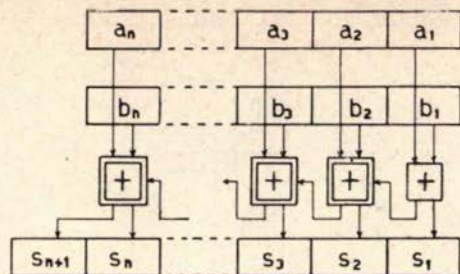


Sl. 13



Sl. 14

Cjelokupni uređaj za zbrajanje sastojat će se u prvom redu iz tri registra. U prva dva će se nalaziti cifre oba sumanda, dok će se u trećem obrazovati cifre sume. Cifre sume (i prenosa) se obrazuju prolazom kroz elemente za zbrajanje simbolično prikazane na slikama 11 i 14. Šematski prikaz uređaja za zbrajanje dan je na sl. 15.



Sl. 15

9. JEDINICA ZA RACUNANJE (ARITMETICKA JEDINICA)

Jedinica za računanje mora u svom sastavu imati u prvom redu uređaj za zbrajanje. Jedna jednostavna konstrukcija uređaja za zbrajanje prikazana je u prethodnom poglavlju. Uređaj je bio prikazan s tri registra i paralelnim transportom cifara.

Uređaj za zbrajanje ima vrlo često samo dva registra. Ovdje jedan registar sadrži prije zbrajanja jedan od sumanada, a nakon zbrajanja sumu. Takav se registar tada naziva akumulator. U tom slučaju biti će i način konstrukcije drukčiji.

Konstrukcija uređaja bit će drukčija i kod automata sa serijskim transportom brojeva. Posebno rješenje zahtijevaju automati s decimalno-binarnim sistemom brojeva.

Konstrukcija je nadalje ovisna i o primjeni elektronskih elemenata: releja, cijevi, tranzistora ili sl.

Osim uređaja za zbrajanje, jedinica za računanje mora imati uređaj za stvaranje komplementa, kako bi se mogla provoditi i operacija odbijanja.

Za operacije množenja i dijeljenja mora postojati mogućnost pomicanja broja ulijevo ili udesno unutar jednog registra. Tada se množenje na pr. dobiva kombiniranim zbrajanjem i pomicanjem, što je dakako složena operacija, koja se provodi u više koraka.

Kod nekih automata postoje uređaji za direktno množenje i dijeljenje samo su oni tada složenije konstrukcije.

Kod većine automata nadalje postoji mogućnost provođenja operacija konjunkcije i disjunkcije. Ona se sada proteže dakako na cijeli broj, a ne samo na pojedine cifre, kako je to bilo spominjano kod konstrukcije uređaja za zbrajanje.

10. JEDINICA ZA PAMĆENJE (MEMORIJA)

Kod raznih vrsta automata korištene su jedinice za pamćenje različite konstrukcije. U većini slučajeva koristi se magnetizam.

Od jedinice za pamćenje zahtijevaju se dva svojstva:

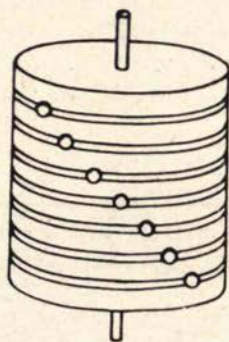
1. da je svaka ćelija pamćenja naznačivanjem adrese dokučiva u bilo kojem momentu, bilo radi očitavanja, bilo radi upisivanja, i

2. da veličina ostane »zapamćena« u jedinici za pamćenje, sve dok se u nju ne upiše nova veličina.

Kod primjene magnetizma svakoj binarnoj cifri odgovara jedan element, koji pokazuje magnetizam određenog pola. Ovdje se može raditi o metalnoj jezgri (prstenčiću), malenom polju na magnetskom sloju ili sl. Magnetski sloj može biti nanešen na traci (poput magnetofonskih), na okruglim pločama (poput gramofonskih), ili na bubnju. Pol magnetizma karakterizira binarne cifre I i O.

Magnetske trake spadaju u spore memorije, i koriste se redovito kao vanjske jedinice za pamćenje. Kako magnetske trake mogu biti duge preko 1 km, to njihovo prematanje traje prilično dugo. Pronalaženje nekog određenog mjesta na traci, radi očitavanja ili upisivanja, može trajati nekoliko minuta. Zato se one većinom koriste za pohranjivanje programa ili velikog kontinuiranog niza podataka, koji se po istom redu unose u automat, tj. njegovu unutarnju (radnu) jedinicu za pamćenje. U tom su pogledu magnetske trake brže i pogodnije od papirnatih traka ili kartica i mogu se za razliku od ovih brisati i ponovo puniti.

Veći broj firmi (npr. Zuse, Siemens i dr.) koristi za svoje automate magnetske bubnjeve. Ovdje je na bubnju nanešen magnetski sloj, koji se može zamisliti podijeljen u horizontalne trake (linije) širine cca. 1 mm. Svakoj traci odgovara jedna glava za očitavanje odn. upisivanje, koje su spiralno smještene oko bubnja, a na udaljenosti od svega 20 μ od sloja bubnja (sl. 16).



Sl. 16

Horizontalne trake na bubnju mogu se zamisliti podijeljene u malena polja, od kojih svako može primiti po 1 bit (binarnu cifru). Grupa tih polja čini jednu ćeliju pamćenja, u koju se može pohraniti jedna »riječ«. Navlaženjem adrese može se doseći svaka ćelija pamćenja. Kod toga se adresa raščlanjuje u dvije komponente: jednu, koja se odnosi na izbor odgovarajuće trake i drugu, vremensku, koja aktivira glavu za očitavanje ili upisivanje u onom momentu, kada je bubanj svojom vrtnjom zauzeo upravo položaj pri kojem adresirana ćelija pamćenja naide pod glavu za očitavanje-upisivanje.

Magnetski se bubanj okreće velikom brzinom od cca 100 okretaja u sekundi. Na taj način srednje vrijeme čekanja da ćelija dospije pod glavu za očitavanje iznosi 5 msek. Sama vrtnja bubnja kod toga upravlja jedan satni mehanizam, s kojim je u skladu vremenska komponenta adrese.

Očitavanje i upisivanje se vrši na relativno jednostavnom fizikalnom principu. Kod očitavanja magnetsko polje, koje je određenog pola, dospije kratkotrajno pod glavu za očitavanje, u kojoj se inducira struja u obliku električnog impulsa, koji se sprovodi u druge jedinice stroja.

Kod upisivanja na magnetski bubanj električni impuls dolazi u glavu za upisivanje, u kojoj se stvara magnetsko polje, koje magnetizira sloj na bubnju.

Sličan princip postoji i kod magnetskih ploča, koji koriste neki računski strojevi (npr. firme IBM).

Kod jedinica za pamćenje s magnetskim jezgrama koriste se metalni prstenčići debljine 0,5 mm, a promjera 1—2 mm, koji su složeni poput članova u jednoj matrici i protkani vodičima uzduž, poprijeko i dijagonalno.

Ova vrst memorije spada u vrlo brze. Očitavanje i upisivanje nije vezano uz nikakve mehaničke kretnje, a vrijeme očitavanja i upisivanja iznosi samo nekoliko mikrosekundi. I usprkos znatno višoj cijeni ovakav se tip memorije sve više primjenjuje, te su kod nekih automata (npr. firme Elliot) ugrađene samo takve ćelije pamćenja, dok se kod mnogih koriste u kombinaciji s bubnjem ili pločama.

11. JEDINICA ZA UPRAVLJANJE

Jedinica za upravljanje upravlja radom automata prilikom računanja, kod čega koristi program odnosno njegova naređenja, koja su u principu pohranjena po redu u jedinici za pamćenje.

Jedinica za upravljanje sastoji se iz dva registra:

1. Registra brojača
2. Registra naređenja

Registar brojač ima zadatak da dovede naređenje u registar naređenja i da evidentira adresu, pod kojom je to naređenje bilo pohranjeno. Nakon što je dotično naređenje izvršeno, povećava se evidentirana adresa brojača za jedinicu i time dovodi slijedeće naređenje u registar naređenja, tj. ono naređenje, koje je pohranjeno pod ovom novom (povećanom) adresom. Na taj način osiguran je automatski neprekinut dovod uvijek slijedećeg naređenja, jer se automatski povećava i evidentirana adresa u registru brojaču. Naređenja iz programa dolaze u registar naređenja prema tome po redu, onako kako su prvobitno bila pisana kod izrade programa, a kako su kasnije pohranjena u jedinici za pamćenje.

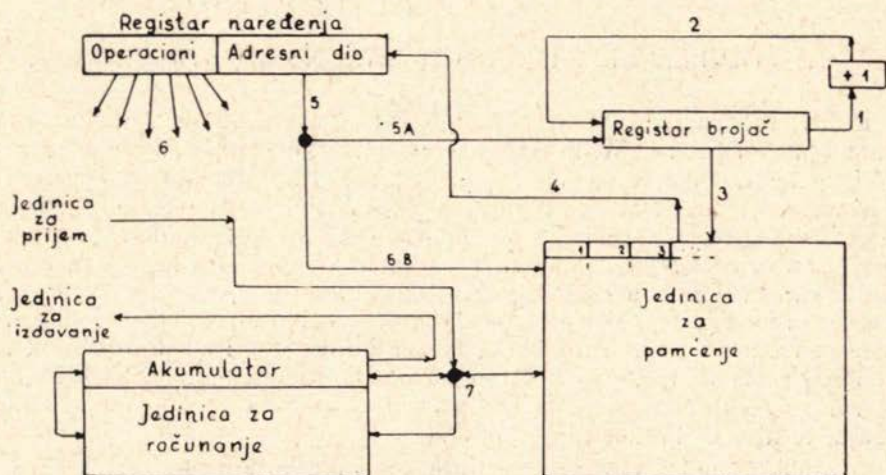
Start računanja sastoji se u tome da se adresa prvog (početnog) naređenja dovede u registar brojač, od kojeg momenta daljnji tok slijedi automatski. Ovaj cikličan rad automata prekida se, kada u registar naređenja dospije naređenje za »skok« ili »stop« (prekid računanja).

Registar naređenja prihvaća naređenja iz jedinice za pamćenje. Ona sadrže operacioni i adresni dio. Operacioni dio naređenja definira prirodu operacije, dok adresni dio definira mjesto u jedinici za pamćenje, na kojem

se nalazi operand, na kojeg se dotična operacija odnosi. Npr. kod transportnih naredenja adresni dio definiira adresu ćelije pamćenja u koju se broj pohranjuje ili u kojoj se broj očitava.

Kod naredenja za skok adresni dio naredenja označava ćeliju pamćenja u kojoj se nalazi nastavak programa, tj. sljedeće naredenje. U ovom slučaju dotična adresa odlazi u registar brojač, koji time ne dovodi naredenje s adresom povećanom za jedinicu, već naredenje koje je pohranjeno pod ovom novom adresom. Daljnji tok naredenja teče od ove nove adrese opet kontinuirano.

Na sl. 17 dan je šematski prikaz elektronskog računskog stroja, u kojem je naglašena jedinica za upravljanje, te tok naredenja i operanada.



Sl. 17

Na slici je: 1. Put adrese, koja se treba povećati za jedinicu. — 2. Povratak povećane adrese u registar brojač. — 3. Adresa sljedećeg naredenja, kojom se naziva dotična ćelija pamćenja. — 4. Put (novog) naredenja u registar naredenja. — 5. Adresni dio naredenja, koji pod: 5A u slučaju skoka odlazi u registar brojač, ili 5B uspostavlja vezu s ćelijom pamćenja, u kojoj je operand. — 6. Impulsi operacionog dijela naredenja, koji određuju vrstu operacije. — 7. Putevi operanada između pojedinih jedinica automata, koji su uslovljeni vrstom operacije.

Adresni dio registra naredenja i registar brojač imaju određeni broj mjesta. Binarnе cifre koje se u njima nalaze predstavljaju jednu cjelinu, tj. broj u binarnom obliku, koji označava adresu. Operacioni dio registra također ima određeni broj mjesta, od kojih svako sadrži jednu binarnu cifru. Ove binarne cifre međutim ne predstavljaju jednu cjelinu. Svako mjesto za sebe ili njihova kombinacija ima svoje posebno značenje i definiira određenu operaciju. Tako npr. pojedina mjesta mogu imati značenja: transportiraj broj iz akumulatora, transportiraj broj u akumulator, pribroji broj (onom u akumulatoru), skoči itd. Ako se na nekom od tih mjesta nalazi binarna cifra 1, tada to znači, da se dotična operacija treba izvršiti.

Samo provođenje operacije u djelo provodi se na principu uspostavljanja spoja (veze). Kod toga binarna cifra 1, kao električni impuls koji izlazi s određenog mjesta operacionog dijela registra, uspostavlja jedan određeni spoj. Adresa iz adresnog dijela registra uspostavlja dalje spoj s dotičnom ćelijom pamćenja. Na taj će način operand kao niz električkih impulsa poteći određenim kanalom i u određenom smjeru ili kroz određeni uređaj, čime je dotična operacija praktički provedena.

Npr. uspostavljanjem veze između ćelije pamćenja i akumulatora, jedinice za računanje ili jedinice za izdavanje, omogućen je put broja u tim smjerovima, što praktički znači operaciju dovođenja broja u akumulator, zbrajanja tog broja s onim u akumulatoru ili izdavanja nekog rezultata.

Na tom su principu zasnovane sve vrsti operacija odn. naređenja.

12. PODJELA ELEKTRONSKIH RAČUNSKIH STROJEVA

Elektronski računski strojevi mogu se podijeliti u dvije osnovne grupe, tj. analogne i digitalne. Među njima je razlika, kao između klasične izmjere zemljišta na terenu i fotogrametrijske izmjere. Kao što kod fotogrametrijske izmjere u instrumentu za restituciju rekonstruiramo model zemljišta, na kojem vršimo izmjeru, tako i analogni računski strojevi simuliraju modele, koji su analogni raznim fizikalnim procesima. Pomoću analognih računskih strojeva vrše se različite operacije kao npr.: sumiranje, diferenciranje, integriranje, prikazivanje funkcija i sl. Mjerne veličine su obično dvodimenzionalne, a tačnost se kreće u granicama od 0,5 do 5%. Kao primjer običnog analognog računala može poslužiti logaritamsko računalo, kod kojeg umjesto brojevima operiramo dužinama. Za geodetske potrebe ovi strojevi nemaju značaja, te nisu ovdje detaljnije opisani.

Digitalni računski strojevi operiraju s egzaktnim ciframa, kao i klasični računski strojevi. Kod njih se podaci zadaju, izdaju i obrađuju brojačano, a ne mjereno kao što je to slučaj kod analognih strojeva.

Digitalne računске strojeve možemo podijeliti na razne načine.

Po broju adresa možemo ih podijeliti na jedno-adresne i više-adresne strojeve. Kod prvih svako naređenje sadrži jednu adresu, a kod drugih dvije, ili više. Najznačajnije mjesto međutim zauzimaju jedno-adresni strojevi.

Po načinu transporta brojeva mogu se digitalni strojevi podijeliti u one s paralelnim, serijskim ili paralelno-serijskim transportom brojeva.

Po prikazu brojeva mogu se podijeliti na decimalne i binarne, tj. koji u principu zadržavaju decimalni sistem brojeva ili koriste čisti binarni sistem.

Po konstruktivnim elementima mogu se razlikovati automati koji primjenjuju elektro-magnetske releje, elektronske cijevi, tranzistore itd.

Digitalne elektronske računске strojeve možemo nadalje podijeliti obzirom na njihovu namjenu, veličinu i smještaj programa.

12.1 Podjela elektronskih računskih strojeva obzirom na njihovu namjenu

Š obzirom na namjenu mogu se digitalni računski strojevi podijeliti na one koji služe:

1. komercijalno-statističkim svrhama,
2. naučno-tehničkim potrebama i
3. univerzalne

Kod komercijalnih i statističkih zadataka radi se o velikim količinama podataka s kojima se vrši relativno mali broj računskih operacija. U mnogim slučajevima potrebno je samo zbrajanje podataka po neakvim grupama, računanje postotaka ili sl.

U geodeziji takvu prirodu imaju zadaci u katastru, od kojeg se npr. zahtijevaju podaci o posjedu jednog posjednika, njegovom čistom katastarskom prihodu, o površinama iste kulture i klase i sl.

Strojevi namijenjeni ovim svrhama koriste decimalni sistem brojeva, te perforirane kartice kao nosače podataka. Ove se kartice razlikuju od klasičnih kartica u kartotekama po tome što ih je moguće obrađivati pomoću strojeva. Tu osim računskih strojeva dolaze u obzir i razni pomoćni uređaji, kao npr. za sortiranje kartica, miješanje kartica i dr.

Računski strojevi namijenjeni naučno-tehničkim zadacima redovito koriste binarni sistem brojeva. Nosači podataka mogu biti trake, koje nakon računanja redovito nije potrebno pohranjivati. Programi su ovdje znatno veći i moraju biti smješteni u jedinici za pamćenje, kako bi bilo moguće izvesti sve skokove i alternative zadatka. Podataka računanja ovdje je relativno malo.

Univerzalni računski strojevi prilagođeni su obim područjima djelatnosti npr. koriste decimalni sistem brojeva i perforirane kartice, a inače su po konstrukciji prilagođeni velikim programima.

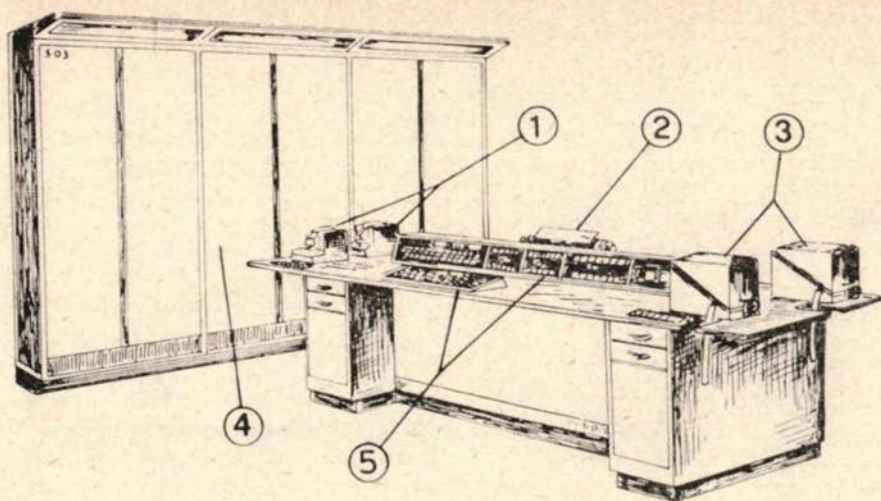
12.2 Podjela računskih strojeva obzirom na veličinu

Pod veličinom računskog stroja redovito se razumijeva kapacitet jedinice za pamćenje, te se mogu podijeliti na: velike, srednje i male. Srednjim se strojevima smatraju oni, koji imaju kapacitet od nekoliko tisuća ili nekoliko desetina tisuća ćelija pamćenja (riječi). Veliki strojevi mogu imati kapacitet od nekoliko stotina tisuća ili milijuna ćelija npr. Siemens 2002, Telefunken TR 4, i dr.

Kod stroja je još važan faktor veličina riječi, tj. broj decimalnih ili binarnih mjesta. Kod automata srednje veličine jedna ćelija pamćenja ima oko 40 bit-a, što odgovara devetero-znamenkastom broju s dvoznamenkastim eksponentom u polulogaritamskom obliku, što uglavnom zadovoljava sva geodetska računanja. Ako broj mjesta ne zadovoljava, potrebno je brojeve pohraniti u dvije ćelije, a kod računanja primijeniti posebnu metodu računanja.

Po vanjskim dimenzijama veličina stroja u mnogome ovisi o primijenjenoj tehnici. Dok su stariji strojevi zauzimali prostor jedne zgrade, današnji su strojevi uz primjenu tranzistora smješteni u jednom ili dva ormara odnosno stola. Dapače već postoje prenosni stolni strojevi, koji su po dimenzijama slični običnim računskim strojevima.

Sl. 18 prikazuje elektronski računski stroj firme Elliot tip 503, koji s kapacitetom od 8192 riječi (isto kao i Zuse Z-22 i Z-23) spada u strojeve srednje veličine.



Sl. 18

1. Uređaji za čitanje perforiranih traka. — 2. Teleprinter. — 3. Uređaji za perforiranje traka. — 4. Ormari s bitnim dijelovima automata. — 5. Kontrolni pult.

12.3 Podjela računskih strojeva obzirom na smještaj programa

Neki elektronski računski strojevi mogu imati čvrsto ugrađene programe, s kojima se mogu računati neki standardni zadaci iz područja neke struke. Time otpada unošenje programa u računski stroj, a preostaje samo zadanje podataka. Ovi strojevi mogu i pored toga računati s drugim programima, kao što su to npr. Zuse Z-11 i Z-25.

Redovito se međutim programi sastavljaju po potrebi i zadaju stroju prije samog računanja. Za vrijeme računanja program može biti smješten:

- a) izvan stroja,
- b) u jedinici za pamćenje,
- c) namješten na komandnoj ploči

Kod nekih starijih računskih strojeva (npr. Zuse Z-11) program se za vrijeme rada nalazi izvan stroja. Uređajem za čitanje očitava se uvijek jedno naređenje i odmah provodi u djelo. Ciklički programi se mogu ostvariti na taj način, da se početak i kraj trake slijepe u zatvoreni krug. Uz pomoć nekoliko uređaja za čitanje mogu se ostvariti i nešto složeniji programi, koji sadrže alternative i skokove.

Kod nekih strojeva namijenjenih nekim komercijalnim zadacima, koji ne zahtijevaju velike programe, programi se nanašaju na komandnoj ploči. Uz pomoć kabela i utikača uspostavljaju se određeni kontakti, koji definiraju pojedina naređenja, koja stroj očitava i izvršava.

Većina novijih automata međutim imaju program smješten u jedinici za pamćenje. Jedino je na taj način moguće koristiti proizvoljno razgranate programe, koji se u nauci i tehnici redovito pojavljuju.

13. STROJEVI ZA OBRADU PERFORIRANIH KARTICA

Od preforiranih kartica najčešće su u upotrebi one s 80 stupaca. Takva kartica ima 12 redaka. Svakom retku odgovara jedna decimalna cifra od 0—9, dok su gornja dva retka s posebnim značenjem, npr. za označavanje slova, koja se obilježavaju sa po dvije rupice u istom stupcu. Kod brojeva rupica označava onu cifru koja pripada dotičnom retku. Stupci se mogu grupirati u grupe s određenim proizvoljnim značenjem, koje se odabire ovisno o namjeni kartice. Sl. 19 prikazuje karticu katastarske čestice u katastru Austrije s odgovarajućom podjelom u grupe.

Vrsta	Kod. općine	Broj kat. čestice	Posjed. broj br.	K. br.	Uložni broj	Broj lista	Kultura	* Površina		Čisti prihod	Vaza kod održav.
								ha	dm		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9

Sl. 19

Kartice se priređuju na posebnom stroju za pisanje i perforiranje kartica. Na posebnoj tastaturi se otipkavaju brojevi ili slova, čime dolazi do odgovarajućeg perforiranja kartice u odgovarajućim stupcima.

Kontrola perforiranih kartica vrši se na drugom stroju tzv. verificirki, na kojem se podaci ponovo otipkavaju. U koliko se kontrolno tipkanje ne podudara s perforacijama na kartici, kartica se odvaja i označava neku pogrešku.

Stroj za udvostručavanje kartica (reproducirka) služi za izradu kartica, koje će se u potpunosti slagati sa prvobitnim, ili će se kopirati samo neki stupci na isto ili drugo mjesto drugih kartica.

Veliku važnost ima stroj za sortiranje kartica (sortirka). U ovom se stroju uložene kartice mogu podijeliti u 13 grupa s ogromnom brzinom od 120.000 kartica na sat (IBM 84). Kartice se sortiraju obzirom na perforacije (cifre) jednog određenog stupca. Time se grupiraju kartice koje imaju istu cifru u dotičnom stupcu. Svaka se grupa naravno može ponovno sortirati obzirom na cifru u slijedećem ili nekom drugom stupcu. Na taj se način u katastru npr. mogu izlučiti kartice kat. čestice iste kulture i klase.

Stroj za mješanje kartica (koletor) služi za spajanje dviju grupa kartica, koje imaju istu perforaciju (cifru) u nekom stupcu. Kod toga se perforacija ne mora odnositi na isti stupac, jer to mogu biti kartice dviju različitih vrsta.

Stroj za opisivanje kartica (interpretor) omogućuje ispisivanje podataka s kartice, tj. prevođenje perforacija u jasno pismo (tekst), koje se otiskuje na proizvoljnom mjestu iste kartice.

Posebni perforatori kartica stoje u vezi s nekim računskim strojem. podaci računanja mogu se perforirati u iste ili posebne sumarne kartice, što je ovisno o postavljenom programu.

Stroj za pisanje tabela (tabelirka) piše podatke s kartica na formulare, i kod toga može vršiti računske operacije, čije rezultate također otiskuje na formular.

Za obradu kartica postoji još niz drugih strojeva, od kojih su najpoznatiji strojevi firme IBM.

Najvažnija korištena literatura:

Güntsche, F. R.: »Einführung in die Programmierung digitaler Rechenautomaten«.

Kämmerer, W.: »Ziffernrechenautomaten«

Müller, H.: »Die elektronische digitale Rechenmaschine und Grundlagen ihrer Anwendbarkeit«.

Thüring, B.: »Die Logik der Programmierung«