



# AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO WP

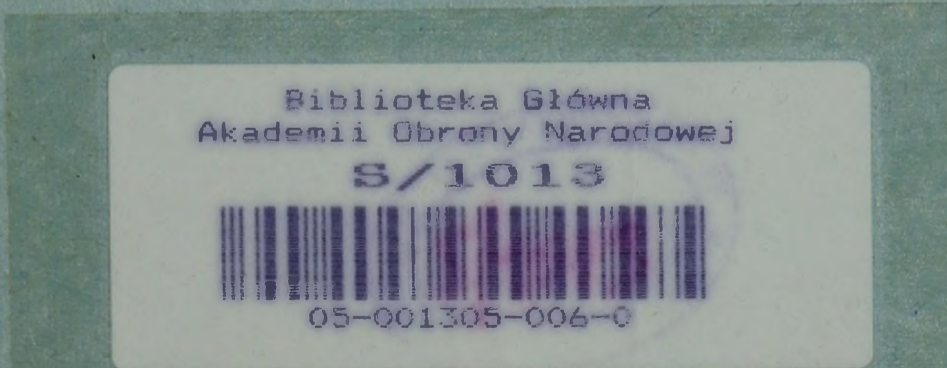
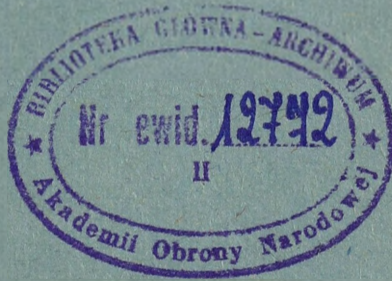
INSTYTUT BADAŃ STRATEGICZNO-OBRONNYCH

ASG WP wewn. 4080/87

Egz. nr 25

## BUDOWA I ZASADY DZIAŁANIA SYSTEMÓW KOMPUTEROWYCH

SKRYPT



WARSZAWA

1987

12772



# AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO WP

INSTYTUT BADAŃ STRATEGICZNO-OBRONNYCH

ASG WP wewn. 4080/87

Egz. nr...25

## BUDOWA I ZASADY DZIAŁANIA SYSTEMÓW KOMPUTEROWYCH

SKRYPT



Biblioteka Główna  
Akademii Obrony Narodowej

S/1013



05-001305-006-0

WARSZAWA

1987

12772

AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO WP

INSTYTUT BADAŃ STRATEGICZNO-OBRONNYCH

ASG WP wewn. 4080/87

100 25  
Egz. nr ...



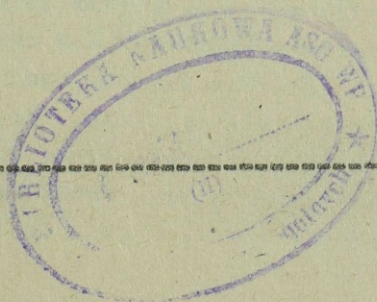
BUDOWA

I ZASADY DZIAŁANIA SYSTEMÓW KOMPUTEROWYCH

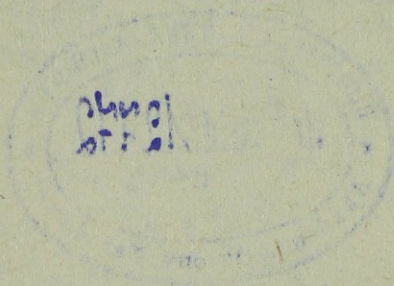
Skrypt

S/1013

WARSZAWA



1987



## SPIS TREŚCI

	Str.
1. WPROWADZENIE .....	5
2. ARYTMETYKA I LOGIKA KOMPUTERÓW .....	9
2.1. Arytmetyka komputerów .....	9
2.2. Elementy algebry logiki - algebra Boole'a .....	13
2.3. Zapisywanie liczb w komputerze .....	16
3. ELEMENTY FUNKCJONALNE KOMPUTERÓW .....	17
3.1. Uwagi ogólne .....	17
3.2. Przerzutniki .....	18
3.3. Rejestry .....	19
3.4. Liczniki .....	20
3.5. Sumatory .....	21
4. STRUKTURA I ORGANIZACJA KOMPUTERA .....	22
4.1. Zasada działania komputera .....	22
4.2. Urządzenia sterowania i kontroli .....	24
4.3. Organizacja współczesnych komputerów .....	25
5. URZĄDZENIA PAMIĘCIOWE .....	28
5.1. Definicje podatawowe .....	28
5.2. Organizacja i metody wybierania .....	30
5.3. Pamięć operacyjna .....	31
5.4. Pamięć stała .....	32
5.5. Pamięci zewnętrzne .....	33
5.5.1. Pamięci bębnowe .....	34
5.5.2. Pamięci taśmowe .....	35
5.5.3. Pamięci dyskowe .....	37
6. URZĄDZENIA WEJŚCIA-WYJŚCIA .....	39
6.1. Uwagi ogólne .....	39
6.2. Czytniki i dziurkarki taśmy papierowej .....	40
6.2.1. Czytniki taśmy dziurkowanej .....	41
6.2.2. Dziurkarki taśmy papierowej .....	41
6.3. Czytniki i dziurkarki kart .....	41
6.3.1. Czytniki kart dziurkowanych .....	41
6.3.2. Dziurkarki kart .....	42
6.4. Urządzenia drukujące .....	42
6.4.1. Drukarki wierazowe .....	43
6.4.2. Drukarki mozaikowe .....	43
6.5. Monitory ekranowe .....	44

	Str.
7. URZĄDZENIA TRANSMISJI DANYCH .....	45
7.1. Podział urządzeń transmisji danych .....	45
7.2. Urządzenia zakończenia linii /modem/ .....	45
7.3. Urządzenia zwielokrotniające i koncentrujące .....	46
7.4. Procesory /komputery/ komunikacyjne .....	49
7.5. Techniki transmisji .....	50

## 1. WPROWADZENIE

Rozwój informatyki osiągnął obecnie fazę, którą można uznać za przełomową. Podstawą do takiego stwierdzenia jest coraz bardziej widoczne zwiększenie się roli i zakresu funkcji systemów komputerowych. Przez system komputerowy należy rozumieć zespół środków technicznych: sprzętu w części centralnej, części zewnętrznej, programów podstawowych i pomocniczych. Część centralna systemu komputerowego obejmuje zestaw urządzeń i programów, który znajduje się stale w ośrodku obliczeniowym, a więc procesor, urządzenia zewnętrzne, pomocnicze i transmisji danych oraz oprogramowanie służące realizacji funkcji tych urządzeń. Pojęcie "część centralna" utożsamiać można zatem z pojęciem maszyny cyfrowej, czyli komputera. Część zewnętrzną systemu stanowi sieć łączności, urządzenia końcowe, urządzenia pomocnicze lokalne oraz lokalne urządzenia transmisji /jako stacja abonencka/ i oprogramowanie użytkowe. Można więc założyć tożsamość pojęcia "część zewnętrzna systemu" z pojęciem stacji abonenckiej.

Stosowane niekiedy terminy związane z elementami takich pojęć, jak "system komputerowy" i "system cyfrowy" mogą być umownie traktowane jako synonimy i używane zamiennie. Podobnie za synonimy uważać należy określenia:

- jednostka centralna z pamięciami, procesor /bez urządzeń we/wy/;
- stacja abonencka, terminal i urządzenia końcowe;
- oprogramowanie podstawowe i programy systemowe;
- języki programowania i języki algorytmiczne.

Podstawę systemu komputerowego jest komputer, który stanowi jedną z dwóch klas maszyn liczących. Drugą klasę stanowią maszyny analogowe.

Maszyny analogowe dzielą się na dwie grupy:

- maszyny analogowe ogólnego przeznaczenia jako analizatory równań algebraicznych i różniczkowych;

- maszyny analogowe specjalistyczne związane ściśle z określonymi zadaniami.

Budowa maszyn analogowych opiera się na stosowaniu tzw. zasady realizacji elektrycznej, polegającej na wykorzystaniu możliwości wyrażania za pomocą obwodów elektrycznych dowolnych wyrażeń matematycznych. Wykorzystano tu prawo fizyczne, że każdemu zjawisku fizycznemu można nadać postać równania matematycznego przy pomocy odpowiedniego przebiegu prądów i napięć w odpowiednio zbudowanym obwodzie elektrycznym.

Maszyny cyfrowe, czyli komputery są to urządzenia służące do automatycznego przetwarzania informacji dykretnej poprzez dokonywanie na niej operacji o charakterze dykretnym. Operacjami tymi są najczęściej działania arytmetyczne na liczbach lub podstawowe działania logiczne. Działanie komputerów polega na wykonywaniu obliczeń lub ogólniej, przetwarzaniu danych wejściowych w wyniki. Sposób tego przetworzenia określony jest programem działania komputera i zależy on przede wszystkim od rodzaju wykonywanego obliczenia.

Z punktu widzenia użytych elementów komputery podzielono na kolejne generacje począwszy od zerowej.

Do generacji zerowej zaliczono komputery budowane na przekaźnikach. Generacja pierwsza obejmuje komputery zbudowane na lampach elektronowych. Drugą generację stanowią komputery zbudowane na tranzystorach. Pojawienie się pierwszych komputerów tego typu w roku 1958 zapoczątkowało żywiołowy rozwój techniki komputerowej, w tym również urządzeń perifereryjnych, np. różnego rodzaju wyspecjalizowanych urządzeń wejścia i wyjścia, pozwalających na łatwe i sprawne porozumiewanie się użytkownika z komputerem. Oprócz języków algorytmicznych powstaje cały szereg ukierunkowanych języków specjalistycznych o charakterze konwersacyjnym oraz cała gama języków symulacyjnych.

Trzecią generację stanowią komputery zbudowane na obwodach scalonych, będących elementami mikroelektronicznymi. W rezultacie uzyskano miniaturyzację jednostek centralnych przy wzroście niezawodności ich działania. Pierwsze komputery tego typu pojawiły się w 1964 r.

Pojawiły się również komputery czwartej generacji budowane na obwodach scalonych wielkiej integracji.

Obecnie są prowadzone przygotowania do produkcji komputerów piątej generacji, których działanie ma być oparte na zjawiskach elektroniki molekularnej i efektach kwantowo-mechanicznych.

W rozwoju współczesnej techniki obliczeniowej wyróżnia się następujące główne kierunki:

- doskonalenie logicznej struktury komputerów, metod programowania,

wprowadzania i wyprowadzania informacji:

- doskonalenie charakterystyk technicznych elementów i zespołów funkcjonalnych komputerów /zwiększenie szybkości działania, miniaturyzacja, zmniejszenie poboru mocy, zwiększenie niezawodności/;
- doskonalenie urządzeń technicznych służących do komunikacji człowieka z komputerem;
- skracanie czasów projektowania, wykonania i uruchamiania komputerów.

Wydajność komputera, tj. czas rozwiązywania określonego rodzaju zadań, określona jest nie tylko szybkością pracy jego elementów, lecz również organizacją obliczeń oraz sposobem przygotowania zadań do rozwiązania /programowanie, wprowadzanie danych itp./.

Współczesne poszukiwanie nowych zasad konstruowania elementów komputerów obejmuje bardzo szeroki zakres nauki, wiążąc technikę obliczeniową z szeregiem różnych dziedzin nauki i techniki, jak np. z mechaniką kwantową, radiofizyką, optyką, radiotechniką wielkiej częstotliwości itp. i w rezultacie powstają nowe technologie wytwarzania elementów sprzętu komputerowego.

Ze względu na zastosowanie i budowę konstrukcyjną dzielimy komputery na trzy podgrupy:

1. Komputery do obliczeń naukowo-technicznych charakteryzujące się dużą szybkością wykonywania operacji arytmetycznych. Do komputerów tych z reguły wprowadza się małą ilość danych wejściowych i przetwarza je wykonując olbrzymią ilość obliczeń, po czym przesyła także ograniczoną ilość wyników na zewnątrz. Wymagania co do pojemności pamięci nie są zbyt duże.

2. Komputery uniwersalne przeznaczone do przetwarzania informacji. Są one przystosowane do przyjmowania na wejściu w sposób ciągły dużej ilości danych wejściowych. Dane te są następnie przetwarzane przy pomocy prostych działań arytmetycznych i logicznych. Po przetworzeniu znowu duża ilość wyników przekazywana jest na zewnątrz.

3. Komputery specjalistyczne budowane dla określonych wyraźnych zastosowań, potrzeb i warunków pracy. Zalicza się do nich komputery do sterowania procesami technologicznymi.

Według wielkości rozróżnia się: makrokomputery, mikrokomputery oraz komputery małe, średnie i duże.

Na temat komputerów istnieje bogata literatura fachowa obejmująca tysiące pozycji, dynamiczny zaś ich rozwój powoduje pojawianie się coraz nowych opracowań.

W skrypcie starano się przedstawić elementarne wiadomości z podatak

techniki komputerowej oraz opisano budowę i zasadę działania urządzeń wchodzących w skład systemu komputerowego. Opis ten dotyczy przede wszystkim sprzętu, w który obecnie wyposażona jest większość ośrodków obliczeniowych w Polsce. Ze względu na ograniczoną objętość skryptu pominięto sprzęt najnowszy, który jest bądź to wprowadzany w krajach przodujących w rozwoju techniki komputerowej, bądź znajduje się w fazie doświadczalnej.

Niniejszy skrypt przeznaczony jest głównie dla słuchaczy i oficerów kadry, którzy chcieliby zdobyć podstawowe wiadomości związane z budową i działaniem systemów komputerowych. Materiał wyłożony w skrypcie może stanowić podstawę do studiowania innych, bardziej specjalistycznych i dogłębnych publikacji z omawianej dziedziny.

## 2. ARYTMETYKA I LOGIKA KOMPUTERÓW

### 2.1. Arytmetyka komputerów

Dla komputera przedmiotem działania są liczby tłumaczone na język przez niego zrozumiały. Zatem dla zrozumienia zasady działania komputera należy zapoznać się bliżej ze sposobem liczenia, przedstawiania liczb oraz zasadami stosowanej w nim arytmetyki.

We wszelkiej działalności ludzkiej przyjęł się na ogół dziesiętny system liczenia, w którym rozróżniamy dziesięć cyfr 0,1,2,...9. Ze względu na jego powszechność należałoby przyjąć i dla komputerów dziesiętny system liczenia. Napotkano tu jednak na duże trudności w sposobie przedstawiania poszczególnych cyfr w komputerze, ponieważ muszą one być w nim przedstawione w postaci prądów lub napięć. Dla przedstawienia dziesięciu cyfr należałoby dysponować 10 różnymi stabilnymi stanami elektrycznymi. Ze względu na znaczne trudności w utrzymaniu stałości poszczególnych poziomów napięć niezawodność pracy takiego komputera byłaby znikoma. Ponadto wymagałoby to użycia bardzo dużej ilości elementów elektrycznych.

W wielu układach elektrycznych oraz magnetycznych można uzyskać dwa wyróżniające się stany o dużej stabilności, tj. np. występowanie wysokiej lub niskiej wartości napięcia albo namagniezowania lub nienamagniezowania materiału ferromagnetycznego. Tak więc dla komputerów najbardziej odpowiedni jest pozycyjny system liczenia o podstawie 2, przybierający dwie wartości 1 lub 0 /nazywany systemem dwójkowym lub binarnym/.

Każdą liczbę w dowolnym systemie pozycyjnym można przedstawić jako

$$L = a_{n-1} a_{n-2} \dots a_1 a_0 \cdot a_{-1} a_{-2} \dots a_{1-m} a_{-m}$$

przy czym:  $a_i$  oznacza jedną z cyfr danego systemu;  
 $n$  - liczbę cyfr całkowitych;  
 $m$  - liczbę cyfr ułamkowych.

Ta sama liczba może być przedstawiona inaczej:

$$L = a_{n-1} p^{n-1} + a_{n-2} p^{n-2} + \dots + a_1 p^1 + a_0 p^0 + a_{-1} p^{-1} + \dots + a_{1-m} p^{1-m} + a_{-m} p^{-m}$$

przy czym  $p$  nazywa się podstawą systemu

Liczbę w systemie dwójkowym można przedstawić jako:

$$a_{n-1} 2^{n-1} + a_{n-2} 2^{n-2} + \dots + a_1 2^1 + a_0 2^0 + a_{-1} 2^{-1} + \dots + a_{1-m} 2^{1-m} + a_{-m} 2^{-m}$$

gdzie:  $a_{n-1} \dots a_{-m}$  mogą przyjmować wartości 0 lub 1.

Posługując się powyższym wzorem możemy z liczby zapisanej w systemie dwójkowym obliczyć liczbę zapisaną w systemie dziesiętnym.

Jeżeli jakąś liczbę w systemie dwójkowym /np. 101001/ przedstawimy wg powyższego wzoru:

$$L = 1 \cdot 2^5 + 0 \cdot 2^4 + 1 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 41,$$

to z łatwością stwierdzimy, że odpowiadać ona będzie w systemie dziesiętnym liczbie 41.

Działania arytmetyczne na liczbach dwójkowych wykonuje się w sposób analogiczny do działań na liczbach dziesiętnych. Reguły dodawania, odejmowania i mnożenia cyfr dwójkowych przedstawiono w tabelicy 1.

Tablica 1

Arytmetyka cyfr dwójkowych

Cyfry argumentów		0	1	0	1
		0	0	1	1
Dodawanie	Suma	0	1	1	0
	Przeniesienie	0	0	0	1
Odejmowanie	Różnica	0	1	1	0
	Pożyczka	0	0	1	0
Mnożenie	Iloczyn	0	0	0	1

Rozpatrzmy przykłady ilustrujące dodawanie, odejmowanie, mnożenie i dzielenie w systemie dwójkowym

Dodawanie /13+12=25/

$$\begin{array}{r} 1101 \\ 1100 \\ \hline 11001 \end{array}$$

Mnożenie /27·5 = 135/

$$\begin{array}{r} 11011 \\ 101 \\ \hline 11011 \\ 11011 \\ \hline 10000111 \end{array}$$

Odejmowanie /45-26=19/

$$\begin{array}{r} 101101 \\ 11010 \\ \hline 10011 \end{array}$$

Dzielenie /165:5 = 33/

$$\begin{array}{r} 10100101:101=100001 \\ 101 \\ \hline 000101 \\ 101 \\ \hline 0 \end{array}$$

Szczególnie łatwe jest w arytmetyce dwójkowej mnożenie przez 2. Sprowadza się ono bowiem do przesunięcia położenia przeciwnika o jedną pozycję w prawo. Jest to przypadek analogiczny do mnożenia przez 10 w arytmetyce dziesiętnej.

Przy dzieleniu dwójkowym zamiast znajdowania, ile razy dzielnik mieści się w bardziej znaczącej części dzielnej, stwierdzamy tylko, czy jest on mniejszy /równy/, czy większy od niej; w pierwszym przypadku cyfra ilorazu wynosi 1, a w drugim 0. Porównanie dwóch liczb w celu stwierdzenia, która z nich jest większa wykonuje się znajdując najbardziej znaczącą pozycję, na której bity tych liczb są różne. Ta z liczb, która ma na tej pozycji 1 jest większa.

Dzielenie liczby dwójkowej przez 2 sprowadza się do przesunięcia położenia przecinka o jedną pozycję w lewo.

Liczby dwójkowe występujące w komputerze składają się z wielu cyfr /zer i jedynek/ i wskutek tego są niewygodne do odczytywania. Często stosuje się więc przy ich wyświetlaniu, odczytywaniu i zapisywaniu, obok systemu dziesiętnego, ósemkowy /oktalny/ system zapisu. System ósemkowy ma tę przewagę nad systemem dziesiętnym, że przechodzenie z postaci dwójkowej na postać ósemkową i odwrotnie jest znacznie prostsze niż przechodzenie z postaci dwójkowej na dziesiętną i odwrotnie. System ósemkowy jest to system pozycyjny o podstawie 8 i występują w nim cyfry 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7. Cyfry od 0 do 7 przedstawia się w systemie dwójkowym za pomocą trzech bitów następująco:

0 - 000	3 - 011	6 - 110
1 - 001	4 - 100	7 - 111
2 - 010	5 - 101	

Przejęcie z systemu dwójkowego na ósemkowy polega na podzieleniu liczby dwójkowej na grupy trzybitowe na prawo i na lewo od przecinka

1 zamianie każdej z tych grup na jedną cyfrę ósemkową, np.  $110010100101011001_2$  przedstawione w zapisie ósemkowym daje  $624531_8$ . Przejście odwrotne to po prostu kolejne zapisanie cyfr ósemkowych w postaci 3-bitowych grup dwójkowych. Należy zaznaczyć, że system ósemkowy nie jest stosowany w komputerze do przedstawiania liczb, a tylko używany przez człowieka dla łatwiejszego operowania liczbami dwójkowymi.

W niektórych przypadkach stosowany jest system dziesiętny kodowany dwójkowo, polegający na zachowaniu cech systemu dziesiętnego przy wykorzystaniu układów zerojedynkowych. W systemie tym każda cyfra dziesiętna liczby jest reprezentowana za pomocą grupy czterech bitów zwanych tetradą. Przykładowo liczba 193 może być zapisana następująco:

0001	1001	0011
1	9	3

Wezysatko to, co powiedziano dotychczas odnośnie liczb w postaci dwójkowej, obajnowało jedynie liczby bez znaku /dodatnie/. Oczywiście w komputerze muszą być przedstawione zarówno liczby dodatnie, jak też ujemne, czyli musi być przewidziany sposób przedstawiania znaku liczby. Otóż znak liczby zapisany jest najczęściej na najbardziej znaczącej pozycji słowa.

Jeśli słowo zawiera  $n$  bitów oznaczonych  $a_0, a_1, \dots, a_{n-1}$  /począwszy od lewego najbardziej znaczącego bitu/, to bit  $a_0$  równy 0 oznacza, że liczba jest dodatnia, a natomiast bit  $a_0$  równy 1 oznacza, że liczba jest ujemna. Bity  $a_1, a_2, \dots, a_{n-1}$  są bitami znaczącymi, reprezentującymi wartość bezwzględną liczby.

W ramach podanej zasady stosuje się zwykle w komputerach trzy różne systemy zapisu liczb:

- system znaku-modułu;
- system nęjacji /lub uzupełnień do 1/;
- system uzupełnieniowy /lub uzupełnień do 2/.

We wszystkich tych systemach liczby dodatnie przedstawiane są w ten sam sposób, natomiast liczby ujemne przedstawiane są w każdym z trzech wymienionych systemów inaczej.

Rodzaj przyjętego w komputerze systemu zapisu liczb ujemnych ma istotny wpływ na algorytmy wykonywania na tych liczbach działań arytmetycznych. Problem ten nie będzie tu omawiany, ale należy stwierdzić, że każdy z wymienionych systemów ma swoje zalety i wady i wiele czynników decyduje o wyborze danego systemu.

## 2.2. Elementy algebry logiki - algebra Boole'a

Komputer oprócz operacji arytmetycznych wykonuje również szereg operacji logicznych. Każdy algorytm realizacji poszczególnych operacji arytmetycznych można przedstawić za pomocą odpowiednich operacji logicznych. W komputerach są układy, które realizują podstawowe funkcje logiczne oraz arytmetyczne.

Przy opisie tych układów korzystamy z algebry logiki zwanej też algebrą Boole'a. W algebrze logiki dowolne zmienne mogą osiągać tylko dwa stany "tak" lub "nie" przybierając wartości 1 i 0. Na elementach tych można wykonywać operacje negacji oraz dodawania i mnożenia logicznego.

W algebrze logiki zdanie, twierdzenie lub stan oznaczamy literami alfabetu. Jeżeli zdanie, twierdzenie lub stan będą prawdziwe, oznaczamy je przez  $A=1$ , jeżeli fałszywe, to  $A=0$ .

Rozpatrzmy przykładowo podstawowe operacje logiczne.

Mnożenie logiczne albo koniunkcja realizuje związek logiczny "i". Twierdzenie "A i B są prawdziwe" jest prawdziwe tylko wtedy, gdy A jest prawdziwe i jednocześnie B jest prawdziwe tzn. gdy  $A=1$  i  $B=1$ . Jeżeli  $A=1$ , a  $B=0$ , to twierdzenie nie będzie prawdziwe /tablica 2/.

Operacje iloczynu logicznego

Tablica 2

A	B	A i B
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1

Sumowanie logiczne albo alternatywa realizuje zależność "lub". Twierdzenie "A lub B są prawdziwe" jest słuszne, gdy choć jedno ze zdań A lub B jest prawdziwe albo oczywiście, gdy oba są prawdziwe /tablica 3/.

Tablica 3

Operacje sumy logicznej

A	B	A lub B
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	1

Trzecią operacją logiczną jest negacja; jej działanie oznacza się za pomocą kreski poziomej nad zmienną, a więc "negacja zmiennej A" /lub krótko "nie A"/ pisze się jako  $\bar{A}$ . Negacja zmiennej A jest prawdziwa, gdy A jest fałszywe i odwrotnie /tablica 4/.

Tablica 4

Operacje negacji

A	$\bar{A}$
0	1
1	0

Dla odróżnienia operacji logicznych od arytmetycznych w algebrze logiki zamiast znaku „+” używa się znaku  $\vee$  lub  $\cup$ , a zamiast znaku „-” - znak  $\wedge$  lub  $\cap$ .

Używając funkcji logicznych sumy, iloczynu i negacji można tworzyć dowolne złożone wyrażenia logiczne. Inne ważne funkcje boolowskie dwóch zmiennych to:

- negacja iloczynu /NAND/  $\overline{A \wedge B}$
- negacja sumy /NOR/  $\overline{A \vee B}$
- różnica symetryczna lub inaczej suma modulo 2  $\bar{A} \wedge B \vee A \wedge \bar{B}$
- tożsamość  $A \wedge B \vee \bar{A} \wedge \bar{B}$

Różnica symetryczna dwóch zmiennych daje logiczne 1, gdy zmienne są różne od siebie /0 i 1 lub 1 i 0/. Funkcja tożsamości jest negacją różnicy symetrycznej.

Podobnie jak wyrażenia matematyczne, wyrażenia boolowskie można przekształcać i upraszczać, stosując oprócz podanych wyżej tożsamości następujące twierdzenia:

- twierdzenie o podwójnej negacji  $\bar{\bar{A}} \iff A$
- twierdzenie o przemienności  $A \vee B \iff B \vee A$   
 $A \wedge B \iff B \wedge A$
- twierdzenie o łączności  $A \vee (B \vee C) \iff (A \vee B) \vee C$   
 $A \wedge (B \wedge C) \iff (A \wedge B) \wedge C$
- twierdzenie o rozdzielności  $A \wedge (B \vee C) \iff (A \wedge B) \vee (A \wedge C)$   
 $A \vee (B \wedge C) \iff (A \vee B) \wedge (A \vee C)$

- twierdzenie o absorpcji

$$A \vee A \wedge B \iff A$$

$$A \wedge (A \vee B) \iff A$$

- twierdzenie de Morgana

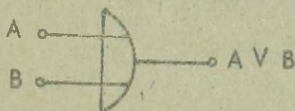
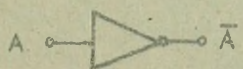
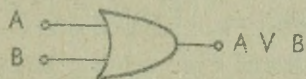
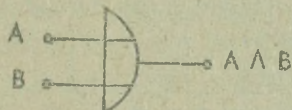
$$\overline{A \vee B} \iff \bar{A} \wedge \bar{B}$$

$$\overline{A \wedge B} \iff \bar{A} \vee \bar{B}$$

Każda funkcja logiczna może być przedstawiona w bardzo przejrzystej formie za pomocą tzw. schematów logicznych, zwanych też schematami blokowymi.

Każdej operacji logicznej przyporządkowuje się jeden symbol graficzny, zwany blokiem lub funktorem, z zaznaczoną pewną ilością wejść i wyjść. Argumentem operacji odpowiadają wielkości wejściowe, wynikowi operacji - wielkość wyjściowa; wielkości te można nazywać sygnałami. Łącząc ze sobą poszczególne bloki, otrzymać można schematy logiczne odpowiadające określonym funkcjom logicznym.

Istnieje stosunkowo duża dowolność, jeśli chodzi o symbolikę stosowaną w schematach logicznych. Na rys. 1 przedstawione są niektóre symbole graficzne elementów realizujących podstawowe operacje logiczne.

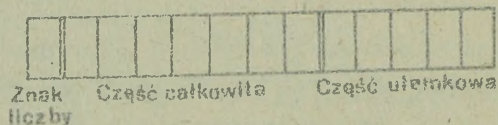


Rys. 1. Symbole graficzne elementów realizujących podstawowe operacje logiczne

### 2.3. Zapisywanie liczb w komputerze

W komputerach stosuje się dwa sposoby przedstawiania liczb: ze stałym i ze zmiennym przecinkiem.

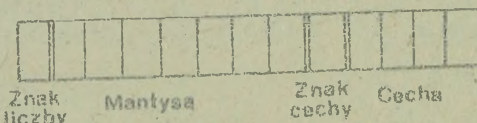
Przy pierwszym sposobie komórka pamięci jest podzielona na trzy części /rys. 2/.



Rys. 2. Komórka pamięci ze stałym przecinkiem

Dla uzyskania większego zakresu liczb przy danej długości słowa i uniemożliwienia wykonywania obliczeń z większą dokładnością stosuje się zapis zmiennoprzecinkowy. W zapisie tym liczba  $L$  jest przedstawiana przy użyciu pary liczb: mantysy  $M$  i cechy  $C$  i jest ona równa liczbie  $L = M \cdot P^C$ , przy czym  $P$  stanowi podstawę systemu, w którym przedstawione są liczby  $M$  i  $C$ .

Zapis liczby zmiennoprzecinkowej w komórce jest następujący: pierwszy bit jest przeznaczony na znak mantysy, część następnych kolejnych bitów na mantysę, jeden bit na znak cechy, a pozostałe na cechę /rys. 3/.



Rys. 3. Komórka pamięci ze zmiennym przecinkiem

W zapisie zmiennoprzecinkowym przyjmuje się zwykle, że wartość bezwzględna mantysy powinna spełniać warunek  $\frac{1}{2} \leq [M] < 1$ , czyli mieć bit najbardziej znaczący równy 1 przy przecinku umieszczonym na lewo od liczby. O liczbie, której mantysa spełnia ten warunek mówi się, że jest znormalizowana.

Mantysa i cecha liczby są przedstawiane w jednym lub czasem dwóch słowach komputera.

### 3. ELEMENTY FUNKCJONALNE KOMPUTERÓW

#### 3.1. Uwagi ogólne

Podstawową część komputerów stanowią układy logiczne, czyli takie układy, które realizują funkcje logiczne. Oprócz układów logicznych występują też w komputerze różne inne układy elektroniczne, jak: wzmacniacze, układy formujące, zasilające itp.

W większości praktycznie spotykanych przypadków sygnałom logicznym przyporządkowuje się napięcie elektryczne. Można się spotkać z dwiema możliwościami: wartościom logicznym przyporządkowuje się albo różne poziomy napięcie, albo rodzaje impulsów napięciowych. W pierwszym przypadku wartości logicznej 0 przyporządkowany jest jeden poziom napięcia, wartości 1 - inny. W przypadku drugim wartościom logicznym odpowiadają różne biegunowości impulsów, względnie istnienie oraz brak impulsów.

Kiedy stosowana jest technika impulsowa, wymagany jest ściśle określony rytm pojawiania się poszczególnych impulsów. Użykuje się go dzięki stosowaniu tzw. zegara, czyli generatora taktu, którego sygnały wymuszają powstawanie impulsów odpowiadających sygnałom logicznym, w ściśle określonych momentach czasu.

Zegar w komputerze ma szczególne znaczenie wtedy, gdy praca jego odbywa się w sposób synchroniczny. Każda operacja przebiega wtedy pod kontrolą zegara. Tworzony jest w tym systemie stały cykl wykonywania operacji. Czas takiego cyklu jest zwykle równy czasowi potrzebnemu na wykonanie najdłuższej trwającej operacji. System synchroniczny pracy ma więc tę wadę, że czasy trwania wszystkich operacji są takie same, chociaż niektóre operacje mogłyby się zakończyć szybciej. Wady tej nie ma asynchroniczny system pracy, który polega na tym, że po zakończeniu każdej operacji wytwarzany jest sygnał końca, który inicjuje operację następną. Każda operacja zajmuje się tylko tyle czasu, ile naprawdę

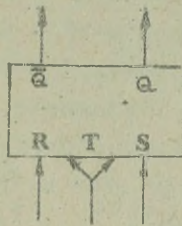
potrzeba dla jej wykonania. Dzięki temu komputer w systemie asynchronicznym pracuje szybciej niż w systemie synchronicznym.

W obecnie produkowanych komputerach do realizacji funkcji logicznych stosuje się głównie układy scalone. Z punktu widzenia układowego są to również układy tranzystorowe. W jednej obudowie mieszczą one jednak wszystkie elementy danego układu /tranzystory, diody, rezystory/ i charakteryzują się małymi wymiarami, dużą szybkością, małym poborem mocy i dużą niezawodnością. W zależności od stopnia upakowania, czyli liczby elementów funkcjonalnych w jednym układzie, rozróżnia się układy scalone małej, średniej, dużej i bardzo dużej skali integracji /SSI, MSI, LSI, VLSI/. W przypadku układów scalonych wartości logiczne 0 i 1 reprezentowane są również przez poziomy napięcia. Istnieje wiele różnych rodzin układów scalonych, różniących się rozwiązaniami układowymi, parametrami i typami obudów.

Układy elektroniczne komputera montowane są na płytkach z obwodami drukowanymi. Płytki te, czyli tzw. pakiety zaopatrzone są w wielostykowe złącza, co umożliwia łatwe ich wyjmowanie w celu sprawdzenia lub zamiany. Pakiety są umieszczone w kasach, a te z kolei w wychylnych ramach lub wysuwanych szufladach. Połączenia pomiędzy pakietami w kasecie wykonywane są techniką lutowania lub owijania. W tym ostatnim przypadku połączenie elektryczne uzyskane jest przez styk mechaniczny kilku zwojów przewodu z krawędziami końcówki złącza. Owijanie wykonuje się za pomocą specjalnego przyrządu i wymaga stosowania przewodów o specjalnych właściwościach mechanicznych. Wszystkie kasey i ramy znajdujące się w jednym urządzeniu mają zwykle wspólny zasilacz. Taka modułowa konstrukcja komputera jest bardzo dogodna z punktu widzenia konserwacji i napraw układów elektronicznych.

### 3.2. Przerzutniki

Przerzutnik jest elementem łączącym funkcje logiczne i pamięciowe. Za pomocą sygnałów sterujących można go ustawić w stanie „0” lub w stanie „1”; po ich zniknięciu utrzymuje nadal stan, jaki mu nadano. W zależności od sposobu sterowania przerzutnika rozróżnia się kilka ich typów. Jednym z nich jest przerzutnik typu R-S-T /rys. 4/. Przerzutnik ten posiada trzy wejścia, oznaczone odpowiednio literami R, S, T oraz dwa wyjścia, oznaczone jako Q i  $\bar{Q}$ . Mówi się, że przerzutnik jest w stanie „1”, kiedy na jego wyjściu Q będzie sygnał 1 /na wyjściu zanegowanym  $\bar{Q}$  będzie wtedy 0/ oraz, że przerzutnik jest w stanie „0”, kiedy Q = 0 a  $\bar{Q}$  = 1. Wejście S służy do ustawienia przerzutnika w stan „1”. Po

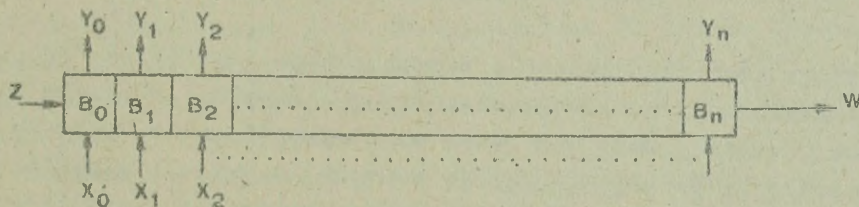


Rys. 4. Symbol przerzutnika R-S-T

podaniu sygnału 1 na to wejście przerzutnik przestawia się w stan  $Q=1$  niezależnie od tego, w jakim stanie był poprzednio. Wejście R służy do zerowania przerzutnika. Wejście T jest nazywane wejściem liczącym. Każdorazowe podanie sygnału na to wejście powoduje, że przerzutnik zmienia stan na przeciwny, to znaczy, że jeśli w chwili podania sygnału  $T=1$  przerzutnik był w stanie  $Q=0$ , to po dodaniu sygnału znajdzie się w stanie  $Q=1$ , a gdy teraz w tym stanie z kolei otrzyma sygnał  $T=1$ , zmieni stan na  $Q=0$  itd.

### 3.3. Rejestry

Zadaniem rejestru jest przechowywanie informacji binarnej i ewentualnie dokonywanie na tej informacji najprostszych przekształceń /np. przesunięć/. Najczęściej występują w komputerze rejestry o długości odpowiadającej długości słowa. Służą one np. do przechowywania przez wymagany czas argumentów i wyników w erytmetrze lub też rozkazów w układzie sterowania. Uproszczoną strukturę rejestru przedstawia rys.5.



Rys. 5. Rejestr

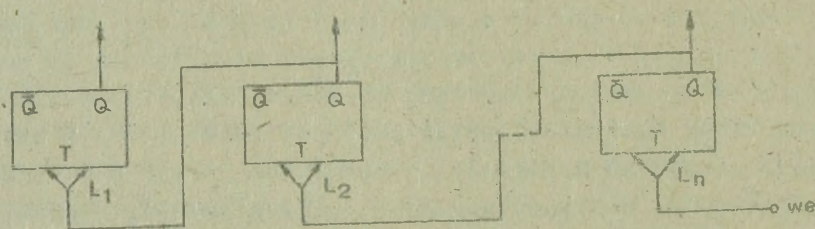
Poszczególne pozycje rejestru, zwane bitami /na rys. oznaczone  $B_0, B_1, \dots, B_n$ /, służą do zapamiętywania poszczególnych bitów słowa. W praktycznej realizacji mogą to być przerzutniki R-S-T. Zapis informacji do rejestru może się odbywać w sposób szeregowy lub równoległy. Do zapisu równoległego wykorzystuje się wejścia  $x_0, x_1, \dots, x_n$ , połączone z wejściami S poszczególnych przerzutników. Zapis równoległy polega na równoczesnym po-

daniu na wszystkie wejścia rejestru odpowiednich sygnałów /0 lub 1/. W ten sposób zostaje zapisany w jednej chwili czasowej cały rejestr. Warunkiem poprawnego wykonania tej operacji jest uprzednie wyzerowanie rejestru za pomocą szyny zerowania, dołączonej do wejść R wszystkich przerzutników.

Przy zapisie szeregowym informacja jest wpisywana bit po bicie na pozycję  $B_0$  i odczytywana z pozycji  $B_n$ .

### 3.4. L i c z n i k i

Liczniki są układami, które pozwalają na rejestrowanie liczby sygnałów binarnych, które pojawiają się na wejściach tych układów. Ponieważ każdy impuls może wiązać się z określonym wydarzeniem /np. kolejnym wykonanym rozkazem/, więc licznik może być użyty do określania liczby zaistniałych zdarzeń. Podstawowym elementem używanym przy budowie licznika jest przerzutnik, z tym że budując licznik wykorzystuje się głównie jego wejście T. Najprostszą strukturę licznika przedstawia rys. 6.



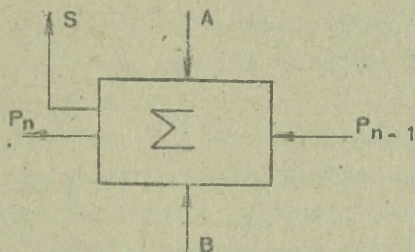
Rys. 6. Licznik

Jeżeli licznik jest zbudowany z  $n$  przerzutników, to liczba różnych stanów  $T$  tego licznika jest nie większa niż  $2^n$ . Liczba  $T$  nazywana jest zwykle okresem licznika. Jest ona równa minimalnej liczbie sygnałów o wartości logicznej 1, po pojawieniu się których na wejściu licznik wraca do stanu początkowego. Licznik o okresie  $T$  nazywa się licznikiem modulo  $T$ . Maksymalna liczba sygnałów, które mogą być zarejestrowane przez ten licznik nazywa się pojemnością licznika i wynosi  $T-1$ .

Jeżeli stan licznika po każdym sygnale wejściowym zwiększa się o jeden, to licznik taki nazywa się dodającym, gdy zaś zmniejsza się o jeden - odejmującym. Istnieją liczniki, które wykonywać mogą zarówno operację dodawania kolejnych sygnałów, jak i odejmowania. Tego rodzaju liczniki nazywają się rewersyjnymi.

### 3.5. Sumatory

Sumator jest układem realizującym dodawanie dwóch liczb binarnych z uwzględnieniem prawideł arytmetyki dwójkowej. Na rys. 7 przedstawiony jest schemat sumatora jednobitowego.



Rys. 7. Sumator jednobitowy

Sumator jednobitowy dodaje do siebie dwie jednocyfrowe liczby dwójkowe z dodatkowym uwzględnieniem ewentualnego przeniesienia z poprzedzającej pozycji. Przeniesienie to wynika z faktu, że  $1+1=10$  /w systemie dwójkowym/. Na rys. 7 A i B oznaczają podlegające sumowaniu cyfry dwójkowe,  $P_{n-1}$  oznacza przeniesienie z poprzedniej pozycji, a  $P_n$  - przeniesienie wypracowane przez dany sumator jednobitowy, które jest podawane do kolejnej następnej pozycji. S oznacza poszukiwaną sumę na danej pozycji.

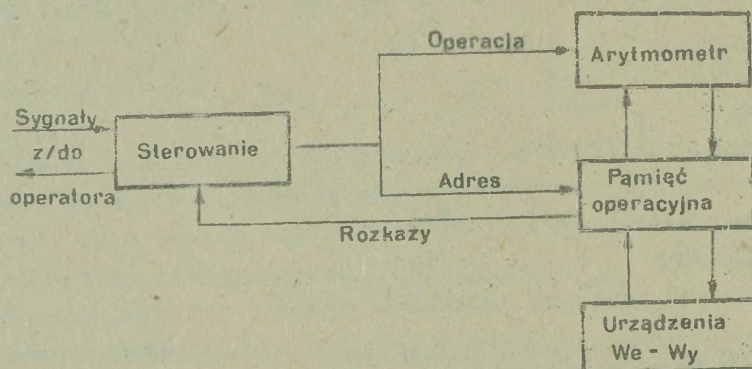
Dysponując sumatorem jednobitowym można zbudować sumator liczb binarnych, jeżeli kolejne bity dodanej i dodajnika podawane będą na wejścia sumatora w kolejnych chwilach czasowych. Taki sumator nazywa się sumatorem szeregowym. Jest on w przypadku dodawania długich liczb stosunkowo wolny. Zmniejszenie czasu sumowania liczb można uzyskać stosując sumator dodający równocześnie wszystkie bity dodanej i dodajnika, czyli sumator równoległy.

Ponieważ operacje sumowania są wykonywane w komputerze niezwykłe często, to szybkość działania sumatora jest czynnikiem istotnym dla szybkości działania komputera. W praktyce są stosowane bardzo rozbudowane sumatory o złożonej strukturze logicznej, pozwalające maksymalnie skrócić czas dodawania. Zwykle sumator rozbudowany jest również o układy, pozwalające realizować w nim też inne działania arytmetyczne /np. odejmowanie/ i logiczne /dodawanie, mnożenie itp./. Operacje mnożenia i dzielenia liczb dwójkowych realizowane są za pomocą sumatora poprzez wielokrotne dodawania lub odejmowania, a konieczne przy tym przesunięcia argumentów wykonywane są w pomocniczych rejestrach arytmometru.

#### 4. STRUKTURA I ORGANIZACJA KOMPUTERA

##### 4.1. Zasada działania komputera

Uproszczony schemat komputera jest przedstawiony na rys. 8.



Rys. 8. Uproszczony schemat blokowy komputera

Komputer składa się z następujących układów:

- sterowania;
- arytmometru;
- pamięci operacyjnej;
- urządzeń wejścia-wyjścia

Pamięć operacyjna, arytmometr i sterowanie stanowią najistotniejszą część systemu komputerowego, tzw. jednostkę centralną /zwaną często procesorem centralnym/.

Zadaniem układu sterowania jest kierowanie pracą komputera i zrealizowanie umieszczonego w jego pamięci programu. Istotną część układu sterowania stanowią dwa rejestry: rejestr licznika rozkazów i rejestr rozkazów.

Arytmometr służy do realizacji wszystkich operacji logicznych, arytmetycznych i organizacyjnych wykonywanych przez komputer na zapisanych w jego pamięci danych.

Zadaniem pamięci operacyjnej jest zapis aktualnie realizowanego przez komputer programu oraz okresowe przechowywanie danych, które są w tym czasie przedmiotem przetwarzania.

Urządzenia wejścia-wyjścia służą do wprowadzania do komputera progra-

mów i danych liczbowych będących punktem wyjścia do obliczeń oraz wyprowadzenia z niego wyników liczbowych oraz informacji tekstowych, a niekiedy rysunkowych.

Komputer może prowadzić obliczenia według jakiegoś programu, tylko wtedy, gdy rozkazy tego programu są zapisane w odpowiednich komórkach pamięci operacyjnej.

Typowy rozkaz komputera składa się z dwóch części, pierwsza część określa operację, a druga - adres /numer/ komórki pamięci, na zawartości której wykonuje się tę operację.

Praca komputera, polegająca na realizowaniu kolejnych rozkazów programu, obejmuje po sobie występujące cykle. Jeden cykl pracy komputera odpowiada realizacji jednego rozkazu i ustaleniu, który rozkaz ma być wykonany jako następny. Wykonuje to określony układ sterujący, który generuje odpowiednie sygnały.

Zakładamy, że program jest umieszczony w pamięci operacyjnej. Przed rozpoczęciem obliczeń podaje się komputerowi adres rozkazu w pamięci operacyjnej, który ma być wykonany jako pierwszy. W chwili rozpoczęcia realizacji rozkazu w liczniku rozkazów zostanie zapisany adres pierwszego rozkazu. Cykl pracy komputera jest następujący:

1. Odczytanie rozkazu.

Słowo zapisane w pamięci pod adresem pierwszego rozkazu zostaje przesłane do rejestru rozkazów urządzenia sterującego, gdzie zostaje rozpoznany rodzaj operacji oraz następuje określenie argumentu /argumentów/ tej operacji.

2. Wykonanie odczytanego rozkazu.

3. Przygotowanie następnego rozkazu do odczytania. Jeżeli wykonany rozkaz był rozkazem skoku, to w liczniku rozkazów zostanie zapisany adres następnego rozkazu do wykonania, podany w części adresowej zrealizowanego rozkazu. W przeciwnym przypadku poprzednia zawartość licznika rozkazów zostanie zwiększona o jeden.

4. Sprawdzenie, czy jest to rozkaz stopu.

Jeśli tak, to następuje zakończenie pracy komputera, jeśli nie - następuje powtórzenie wymienionego ciągu czynności.

Większość operacji w komputerze jest wykonywana na dwóch liczbach /dodawanie, odejmowanie, mnożenie, dzielenie/. Jako jednego argumentu tych operacji używa komputer jednoadresowy zawartości rejestru arytmometru, a drugi jest pobierany z komórki, której adres występuje w rozkazie nakazującym wykonanie tej operacji. Stąd w jednoadresowym komputerze często jednym rozkazem wprowadza się do rejestru arytmometru jeden argument, a następnym nakazuje wykonanie odpowiedniej operacji.

Komputery, w których rozkazy mogą zawierać dwa adresy nazywa się dwuadresowymi.

W niektórych komputerach dwuadresowych jeden z adresów określa adres komórki, z której ma być pobrany jeden argument operacji określonej częścią operacyjną tego rozkazu, a drugi adres określa adres komórki, z której będzie pobrany następny rozkaz do wykonania. Drugim argumentem operacji tego typu komputerów jest zawartość rejestru arytmetycznego.

W innych komputerach dwuadresowych jeden adres wskazuje miejsce, z którego ma być pobrany jeden argument operacji, a drugi - miejsce, z którego ma być pobrany drugi argument i w którym jednocześnie ma być zaplany wynik.

Komputery, w rozkazach których mogą występować trzy adresy, nazywane trójadresowymi. Dwa z tych adresów określają adresy komórek, z których pobierane są argumenty operacji określonej częścią operacyjną rozkazu, a trzeci - adres komórki, w której jest umieszczany wynik operacji.

Istnieją również komputery, których rozkazy mogą zawierać do czterech adresów. Dwa spośród nich określają adresy komórek, na zawartościach których wykonuje się określoną w rozkazie operację, trzeci określa adres komórki, w której ma być umieszczony wynik, czwarty zaś wskazuje adres komórki, z której ma być pobrany do wykonania następny rozkaz.

Komputery trójadresowe i drugi z opisanych typów komputerów dwuadresowych są wyposażone w rejestr licznika rozkazów i realizują autonomiczny cykl pracy komputera w ten sam sposób, co komputery jednoadresowe.

Komputery więcej niż dwuadresowe są obecnie konstruowane bardzo rzadko, ponieważ są one nieproporcjonalnie kosztowne w stosunku do swych zalet. Największe praktyczne zastosowanie znalazły komputery jednoadresowe, które zapewniają najbardziej ekonomiczne wykorzystanie pamięci, wymagają niezbyt skomplikowanego urządzenia sterującego i tylko niewiele ustępują komputerom wieloadresowym w szybkości działania.

#### 4.2. Urządzenia sterowania i kontroli

Każdy komputer jest wyposażony w pulpit sterujący, zawierający elementy ręcznego sterowania i sygnalizacji /przyciski, przełączniki, lampki/. Elektronika pulpitu sterującego połączona jest bezpośrednio z procesorem komputera i umożliwia wykonanie następujących podstawowych operacji:

- ładowanie informacji binarnej nastawianej na przełącznikach do głównych rejestrów procesora;

- wyświetlanie zawartości rejestrów procesora;
- ładowanie informacji nastawianej na przełącznikach do wybranych komórek pamięci operacyjnej;
- uruchamianie i zatrzymanie pracy komputera;
- nastawianie wstępne /zerowanie/ wszystkich układów sterujących komputerem np. po wystąpieniu błędu lub przed uruchomieniem komputera;
- wyświetlanie wskaźników aktualnego stanu komputera;
- sygnalizacja automatycznie wykrywanych błędów w pracy komputera /np. błędów parzystości, zaniku jakiegoś napięcia itp./.

Pulpit sterujący spełnia też ważną rolę jako urządzenie ułatwiające wykrywanie i lokalizowanie uszkodzeń układów logicznych komputera. W trakcie wykonywania przez komputer programów użytkowych operator steruje komputerem i kontroluje przebieg wykonywania programów za pośrednictwem tzw. monitora. Jest to zwykle elektryczna maszyna do pisania lub monitor ekranowy z klawiaturą. Monitor jest obsługiwany przez program standardowy będący częścią systemu operacyjnego komputera.

#### 4.3. Organizacja współczesnych komputerów

- W opisanym uprzednio prostym komputerze rozwiązanie każdego zadania składa się z kolejno przebiegających po sobie etapów:

- wprowadzenie programu i danych do pamięci operacyjnej;
- wykonanie programu;
- wyprowadzenie wyników.

W czasie trwania pierwszego i ostatniego etapu procesor komputera jest właściwie niewykorzystany; pośredniczy on tylko w przekazywaniu informacji pomiędzy pamięcią a urządzeniami zewnętrznymi. Równocześnie czas trwania tych etapów jest zwykle dłuższy od czasu właściwego wykonywania obliczeń ze względu na dyseproporcje między szybkością działania procesora a szybkością pracy urządzeń zewnętrznych. Taka struktura komputera ogranicza więc znacznie przepustowość systemu liczącego. Dlatego też w większości średnich i dużych komputerów stosowana jest bardziej złożona organizacja prowadząca do jak najefektywniejszego wykorzystania możliwości obliczeniowych komputera.

Organizację współczesnych komputerów charakteryzują następujące cechy:

- blokowa budowa pamięci operacyjnej, w której każdy blok pamięci ma własny rejestr adresowy, rejestr danych oraz układy odczytu-zapisu;
- wieloakumulatorowy procesor ściśle sekwencyjny z układami ochrony

pamięci, niezbędnymi do pracy wieloprogramowej:

- wydzielone autonomiczne układy do sterowania przesyłaniem danych między pamięcią operacyjną a urządzeniami zewnętrznymi, nazywane kanałami zewnętrznymi;
- wydzielony układ koordynujący dostęp do pamięci operacyjnej zarówno ze strony procesora, jak i kanałów zewnętrznych;
- istnienie układów tzw. przerwań, umożliwiających pracę wieloprogramową oraz synchronizację operacji wejścia-wyjścia i procesów obliczeniowych.

Urządzenia zewnętrzne dołączane są do jednostki centralnej poprzez jednostki sterujące oraz kanały typu multipleksaer lub selektor.

Kanał jest to urządzenie przeznaczone do przesyłania danych między urządzeniami zewnętrznymi komputera a jednostką centralną, niezależnie od działania innych modułów lub układów komputera.

Kanał multipleksorowy jest to kanał przeznaczony do jednoczesnej wymiany danych z kilkoma stosunkowo wolno działającymi urządzeniami zewnętrznymi /np. czytniki kart, drukarki wierszowe itp./. Do kanału multipleksorowego można podłączyć - w zależności od typu i modelu komputera - od kilku do kilkuset urządzeń zewnętrznych.

Kanał selektorowy jest to kanał przeznaczony z reguły do współpracy jednostki centralnej z urządzeniami zewnętrznymi, mającymi możliwość przyjmowania i przekazywania danych z dużą szybkością. Takimi urządzeniami są pamięci dyskowe i pamięci taśmowe. W zależności od typu i modelu komputera do kanału selektorowego można podłączyć kilka jednostek sterujących obsługujących kilka lub kilkanaście jednostek pamięci taśmowej lub dyskowej. Liczba kanałów selektorowych, w które wyposaża się komputery, wynosi od kilku do kilkudziesięciu. Cechą charakterystyczną kanału selektorowego jest to, że w danym czasie kanał może przesyłać dane tylko z jednej jednostki, w innych natomiast mogą być wykonywane czynności pomocnicze /np. przewijanie taśmy magnetycznej/.

Wszystkie kanały dołączone do jednostki centralnej mogą pracować równolegle i umożliwiają jednoczesne przesyłanie danych do lub z pamięci operacyjnej z obliczeniami realizowanymi w jednostce centralnej. Dzięki kanałom procesor komputera uwolniony jest od sterowania przesyłaniem danych pomiędzy pamięcią a urządzeniami wejścia-wyjścia i jego rola ogranicza się tylko do inicjowania operacji wejścia-wyjścia.

Połączenie obu typów kanałów z urządzeniami wejścia-wyjścia jest ujednoczone zarówno pod względem logicznym, jak też elektrycznym i nazywa się interfejsem. Rolę układu dopasowującego specyficzne wymagania różnych urządzeń zewnętrznych do interfejsu spełniają jednostki steru-

jące. Jednostka sterująca może być niezależnym urządzeniem lub też może stanowić elektronikę wbudowaną do danego urządzenia.

Współczesne komputery wyposażone są w system przerwania, który pozwala procesorowi na zmianę jego stanu w wyniku np. zakończenia uprzednio zainicjowanej operacji wejścia-wyjścia lub wystąpienia innych nietypowych sytuacji, jak np. wykrycie błędu w pracy komputera lub też interwencja operatora. Po wystąpieniu przerwania następuje zawieszenie wykonywania programu bieżącego i przejście do programu analizującego przerwanie, znajdującego się przez cały czas w pamięci operacyjnej, który zadecyduje o dalszej akcji komputera.

Inną cechą współczesnych komputerów jest praca wieloprogramowa, która polega na tym, że komputer może równocześnie wykonywać nie jeden, lecz kilka niezależnych programów. W czasie, gdy jeden z nich jest wykonywany w procesorze, odbywać się może np. wczytywanie danych do pamięci operacyjnej dla programu drugiego i drukowanie wyników dla jeszcze innego programu.

Niektóre współczesne komputery są przystosowane do realizacji przetwarzania wielodozobnego, które polega na tym, że wielu użytkowników równocześnie komunikuje się z systemem za pomocą własnych urządzeń /terminali/, korzystając ze wszystkich możliwości systemu. Terminale są połączone z jednostką centralną liniami transmisji danych, a ponieważ szybkość przesyłania danych jest zwykle mała w stosunku do szybkości procesora, wszyscy użytkownicy obsługiwani są równocześnie, czyli jak gdyby każdy sam dysponował komputerem.

## 5. URZĄDZENIA PAMIĘCIOWE

### 5.1. Definicje podstawowe .

Pamięć systemów komputerowych nazywamy urządzeniami służące do przechowywania informacji, zgodnie z wymaganiami i potrzebami użytkowników, pozwalające na automatyczny dostęp do dowolnych, zapisanych w tym urządzeniu informacji, w celu ich odczytania lub zmiany. Zasada działania większości pamięci opiera się na podziale pamięci na pewne elementarne jednostki, do których sterowanie pamięci może się odwołać poprzez podanie ich numeru. Jednostkę pamięci, w której przechowywane jest pewna informacja i którą identyfikuje się za pomocą podania do sterowania pamięci jej numeru, nazywamy komórką pamięci. Numer zaś, za pomocą którego daną komórkę odszukuje się w zbiorze wszystkich komórek pamięci, nazywamy adresem komórki. W każdej komórce pamięci komputera może się znajdować jeden rozkaz bądź jedna liczba. Zawartość komórki pamięci nazywa się słowem. Często długość słowa liczbowego w komputerze nie jest stała, a czasem też, jak w komputerach Jednolitego Systemu produkowanych w krajach socjalistycznych, zmienna jest nawet długość słowa rozkazowego. Wtedy pamięć może być podzielona na znaki 6- lub 8-bitowe. Znak liczący 8 bitów nazywa się bajtem. Struktura bajtowa pozwala na bardziej ekonomiczne wykorzystanie pamięci.

Pamięć można scharakteryzować za pomocą szeregu parametrów wewnętrznych. Najważniejsze parametry, to pojemność i szybkość działania.

Pojemność pamięci jest parametrem mówiącym o ilości przechowywanej informacji i określa się ją przez podanie liczby komórek pamięci i liczby elementów w komórce. Najczęściej liczbę komórek zastępuje się liczbą słów /bajtów/, a liczbę elementów - liczbą bitów w słowie. I tak np. mówi się o pamięci o pojemności 4096 słów 24-bitowych. Dla pamięci o większych pojemnościach liczby wyrażające

tę pojemność staje się zbyt duża. Ponieważ liczba komórek pamięci jest zazwyczaj potęgą dwójki /podstawa systemu liczenia/, wybrane jako większą jednostkę liczbę  $1024=2^{10}$  jednostek mniejszych i oznaczono ją przez 1K. Pamięć o pojemności 4K słów 24-bitowych jest więc pamięcią zawierającą  $4 \cdot 1024 = 4096$  komórek, z których każda zawiera 24 bity informacji.

Szybkość działania pamięci określa się za pomocą parametrów czasowych. Należą do nich czas dostępu i czas cyklu. Czasem dostępu nazywamy czas, jaki upływa od momentu zainicjowania pracy pamięci do momentu, gdy na wyjściu pojawi się gotowa do wykorzystania odczytana informacja. Czasem cyklu nazywamy czas, jaki upływa od momentu zainicjowania pracy pamięci do momentu, kiedy pamięć jest w stanie przyjąć następny impuls inicjujący jej pracę.

Innym parametrem charakteryzującym pamięć jest tzw. gęstość zapisu. Gęstością zapisu nazywamy liczbę bitów informacji przypadającą na jednostkę /długości, powierzchni, objętości/ użytego na zapis nośnika. Parametr ten jest wyrazem zależności pomiędzy pojemnością pamięci a jej gabarytami. Zależność ta dotyczy jednak nie układów odczytu ani zapisu; ale rozmiarów samego medium, na którym utrwalana jest pamiętana informacja. Medium to nosi nazwę nośnika informacji. W pamięciach stanowiących integralną część komputerów najpopularniejszym nośnikiem informacji jest nośnik magnetyczny pod różnymi postaciami.

Obecnie w technice komputerowej stosuje się wiele różnych rodzajów pamięci. Ze względu na zastosowanie w komputerach na uwagę zasługują następujące rodzaje pamięci: operacyjna, zewnętrzna, buforowa i sterująca.

Biorąc pod uwagę własności pamięci można wyróżnić pamięci zapisywalne RAM i pamięci stałe ROM.

Ze względu na sposób organizacji wybierania adresów rozróżnia się pamięci o dostępie:

- swobodnym, w których czas dostępu jest całkowicie niezależny od miejsca zapisania informacji;

- sekwencyjnym, w których czas dostępu w zasadniczy sposób zależy od miejsca zapisania informacji;

- cyklicznym, w których choć istnieje zależność czasu dostępu od miejsca zapisania informacji, to jednak nie jest ona tak krytyczna, jak w przypadku pamięci o dostępie sekwencyjnym;

- asocjacyjnym, która nie jest pamięcią adresowaną przez wskazanie adresu, lecz jest pamięcią adresowaną zawartością, tzn. informację można wybrać nie tylko przez podanie jej adresu, ale także przez podanie pewnych cech przechowywanej informacji.

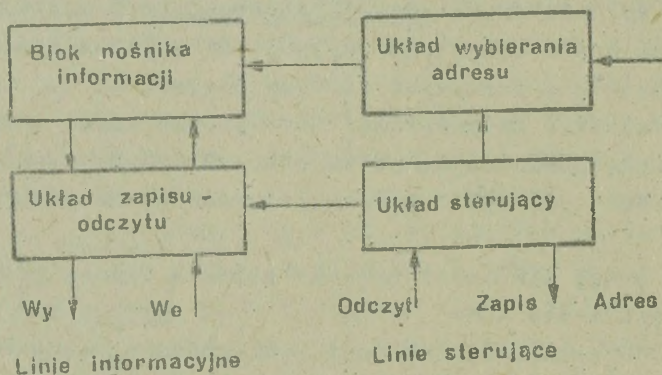
Pamięci z dostępem swobodnym i pamięci z dostępem cyklicznym nazywane są niekiedy pamięciami z dostępem bezpośrednim. Wynika to z faktu, że czas dostępu nie zależy od poprzednio żądanych adresów. Pamięć operacyjna jest przeważnie pamięcią o dostępie swobodnym, natomiast pamięć zewnętrzna jest bądź pamięcią o dostępie sekwencyjnym /np. pamięć taśmowa/, bądź o dostępie cyklicznym /np. pamięć bębnowa/.

## 5.2. Organizacja i metody wybierania

W procesie funkcjonowania każdej pamięci można wyróżnić fazy:

- określenia na podstawie adresu miejsca pamięci, do którego następuje odwołanie - realizowane przez układ wyboru adresu;
- zapis lub odczyt informacji z wybranego miejsca pamięci - realizowany przez układ zapisu-odczytu.

Wymienionymi układami sterują odpowiednie sygnały generowane przez układ sterujący, określające cykle pracy poszczególnych układów pamięci /rys. 9/.



Rys. 9. Ogólny schemat urządzenia pamięciowego

Blok nośnika informacji stanowi układ, w którym są zapisywane i przechowywane informacje, przy czym zapis i odczyt mogą odbywać się przy nieruchomym /stałym/ i ruchomym nośniku. Blok stałego nośnika informacji stanowią przede wszystkim: rdzenie ferrytowe, cienkie warstwy magnetyczne, cienkie warstwy nadprzewodzące lub półprzewodnikowe elementy mikroelektroniczne, natomiast z ruchomym nośnikiem mamy do czynienia, gdy ciągła warstwa magnetyczna umieszczona jest np. na powierzchni wirującego bębna lub dysku albo na ruchomym podłożu takim, jak taśma.

Układ wybierania adresu zawiera dekodery określające współrzędne dowolnego miejsca w bloku nośnika informacji zgodnie z wartością przesłanego adresu. Jeżeli adres zawiera  $n$  bitów, to maksymalna liczba miejsc w pamięci, jaka może być wyznaczona przez dekodery, wynosi  $2^n$ .

Układ zapisu - odczytu służy do umieszczenia informacji w wybranym miejscu pamięci lub pobierania jej z tego miejsca, przy którym są stosowane dwa sposoby wprowadzania i wyprowadzenia informacji: równoległy i szeregowy. Pierwszy sposób polega na tym, że wszystkie bity znaku lub słowa są zapisywane lub odczytywane równocześnie, natomiast w drugim - bity słowa są przesyłane kolejno.

Powyższy typowy schemat pamięci nie dotyczy np. pamięci asocjacyjnych, w których informację można wybrać nie tylko przez podanie jej adresu, ale także przez podanie pewnych cech zawartych w samej informacji. Taki tryb wyszukiwania informacji jest nazywany przepytaniem pamięci, ponieważ każda komórka pamięci jest pytana o zawartość. Stąd też pamięci asocjacyjne nazywa się niekiedy pamięciami adresowanymi zawartością.

Pamięci asocjacyjne najczęściej są stosowane do budowy systemów pamięciowych wykorzystujących szybkie pamięci o niewielkiej pojemności i pamięci wolne, ale o dużej pojemności. Są to tzw. pamięci wirtualne. Pamięć asocjacyjna jest wykorzystywana do sterowania przepływu informacji pomiędzy pamięciami. Informacja jest podzielona na bloki, które są przechowywane w wolnej pamięci o dużej pojemności. Na podstawie zawartości pamięci asocjacyjnej wybierane są odpowiednie bloki, które na czas przetwarzania umieszczane są w szybkiej pamięci.

### 5.3. Pamięć operacyjna

Pamięć operacyjna jest to pamięć bezpośrednio sprzężona z arytmometrem i sterowaniem maszyny cyfrowej. Z pamięcią tą kontaktują się także urządzenia i pamięci zewnętrzne. Zapisane są w niej programy realizowane w danej chwili przez komputer. W pamięci operacyjnej umieszcza się także dane czytane przez urządzenia wejściowe, a arytmometr pobiera z niej argumenty i odesyła do niej wyniki wykonywanych operacji. Pamięć operacyjna kontaktuje się też z pamięciami zewnętrznymi w celu pobrania z nich programów bibliotecznych, zbiorów danych do przetwarzania lub też w celu odesłania do nich nowych zbiorów danych do przyszłego użytku.

Z przedstawionych funkcji pamięci operacyjnej wynika jasno, jaki wpływ ma ta pamięć na szybkość działania komputera.

Jako pamięci operacyjne najczęściej są stosowane pamięci półprzewodnikowe i statyczne pamięci magnetyczne. W pierwszym przypadku elementem pamięci jest przerzutnik lub inny element nieliniowy, a w drugim - rdzeń ferromagnetyczny lub fragment cienkiej warstwy magnetycznej. Pojedynczy element pamięci służy do przechowywania jednego bitu informacji i posiada co najmniej trzy wyprowadzenia: zapisu, odczytu i wybrania danego elementu.

Pamięci magnetyczne były pierwszymi pamięciami, które znalazły powszechne zastosowanie. Z ferrytu - materiału magnetycznego o prostokątnej pętli histerezy - są wykonywane rdzenie toroidalne, które odpowiednio uzwojone mogą stanowić komórkę pamięci, ponieważ ferryt w zależności od poprzednio przyłożonego pola może znajdować się w jednym z dwóch stanów. Są to tzw. stany remanencji lub inaczej pozostałości magnetycznej. Pojemności pamięci ferrytowych dochodzą do  $10^7$  bitów, a czasy cyklu do 100 ns. Najwięcej trudności przysparza prowadzenie uzwojeń, co podnosi koszt wykonania pamięci. Obecnie pamięci ferrytowe są wypierane przez pamięci półprzewodnikowe, których cena jest znacznie niższa, a cecha modularności pozwala na łatwą rozbudowę w zależności od potrzeb użytkowników.

Pamięci półprzewodnikowe są budowane jako układy scalone, zawierające matrycę elementów pamięci, które w tym przypadku są przerzutnikami. Ponadto kostka pamięci scalonej zawiera najczęściej także układy odczytu i zapisu, układy wybierania /dekodowania/ i niekiedy układy sterowania. Elementy pamięci, tzn. przerzutniki budowane są z klasycznych tranzystorów bipolarnych lub też z różnego rodzaju tranzystorów unipolarnych. Ta ostatnia technologia umożliwia znaczne obniżenie kosztów wytwarzania, zwiększenie gęstości upakowania przy jednoczesnym zmniejszeniu pobieranej mocy, co umożliwia wykonywanie pamięci o większych pojemnościach w jednej obudowie. Wadą pamięci unipolarnych jest ich stosunkowo niewielka szybkość działania.

W dalszym ciągu odbywa się burzliwy rozwój pamięci półprzewodnikowych.

#### 5.4. P a m i ę ć   s t a ł a

Pamięć stała jest to pamięć, do której raz wpisana informacja nie może być zmieniona w wyniku działania sygnałów sterujących. Mówi się o takich pamięciach, że są to pamięci typu ROM /angielskie Read Only Memory/, tzn. pamięci, z których można tylko odczytywać informacje uprzednio trwale w nich zapisane. Pamięci takie służą w komputerach do:

- pamiętania różnego typu parametrów i stałych potrzebnych w trakcie realizacji rozkazów;

- pamiętania ciągu elementarnych operacji, tzw. mikrorozkazów, które realizowane w określonej kolejności powodują wykonanie rozkazu komputera, tzw. makrozkazu.

Ponadto pamięci stałe mogą służyć do umieszczania w nich niezmiennych programów działania specjalizowanych automatów cyfrowych, np. analizatorów sieci logicznych, korelatorów cyfrowych itp. Jako pamięci stałe były stosowane pamięci ferrytowe, pamięci reaktancyjne /indukcyjne i pojemnościowe/, pamięci rezystorowe i inne. Obecnie są stosowane prawie wyłącznie scalone pamięci półprzewodnikowe.

### 3.5. Pamięci zewnętrzne

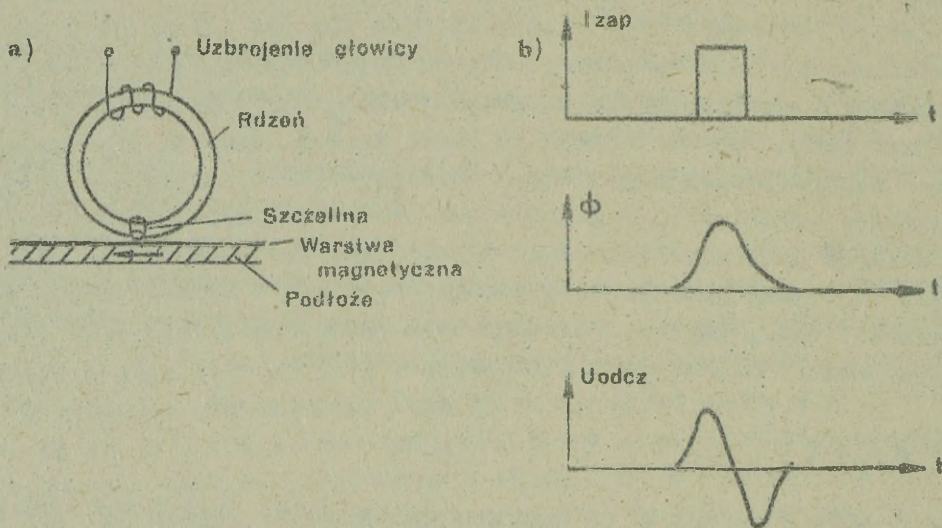
Pamięci zewnętrzne służą do przechowywania dużej ilości informacji w celu późniejszego jej wykorzystania. Pamięć zewnętrzna współpracuje z arytmometrem za pośrednictwem pamięci operacyjnej. W czasie pracy komputer dokonuje ciągłej wymiany informacji między pamięcią operacyjną a zewnętrzną. W celu skrócenia zużywanego czasu na przesłanie informacji między pamięcią operacyjną a zewnętrzną, dane są przenoszone nie przy pomocy pojedynczych słów, lecz blokami składającymi się z wielu słów lub znaków. Pamięci te muszą mieć zdolność pomieszczenia bardzo dużej liczby informacji. Aby uniknąć komplikacji w ich budowie, a w związku z tym dużych kosztów, nie stawia się pamięciom zewnętrznym tak wysokich wymagań odnośnie szybkości działania, jak pamięciom operacyjnym.

Najbardziej rozpowszechnionymi typami pamięci zewnętrznych są:

- pamięć bębnowa;
- pamięć taśmowa;
- pamięć dyskowa.

W pamięciach tych zapis i odczyt informacji odbywa się na zasadzie oddziaływania pomiędzy poruszającym się nośnikiem magnetycznym, a zespołem głowic czytająco-piszących. Nośnik stanowi cienka warstwa /grubości kilku mikrometrów/ materiału ferromagnetycznego nałożona na powierzchnię bębna, dysku lub taśmy. Rys. 10 przedstawia zasadę zapisu i odczytu informacji na ruchomym nośniku magnetycznym.

Podczas zapisu impuls prądu w uzwojeniu głowicy zapisującej wytwarza w niej strumień magnetyczny, a rozproszone wokół szczeliny pole magnetyczne obejmuje wąski wycinek nośnika i powoduje jego namagnesowanie. Kierunek namagnesowania nośnika zależy od kierunku prądu w uzwoje-



Ryc. 10. Zasada zapisu i odczytu informacji na ruchomym nośniku magnetycznym /a/; przebiegi charakterystyczne dla procesu zapisu i odczytu /b/  
 $I_{zap}$  - prąd zapisu,  $\Phi$  - strumień magnetyczny,  $U_{odcz}$  - napięcie odczytu

nię głowicy. Jeśli pole magnetyczne w szczelinie osiąga wystarczające natężenie, to w nośniku dochodzi do stanu nasycenia /atopień namagnesowania nośnika osiąga maksimum/. Wartościom 0 i 1 bitów informacji przypisane są określone stany namagnesowania nośnika /np. 0  $\rightarrow$  namagnesowanie maksymalne w jednym kierunku, a 1  $\rightarrow$  namagnesowanie maksymalne w przeciwnym kierunku/. Przy ciągłym ruchu nośnika głowica rejestruje informację na wąskim pasku nośnika zwanym ścieżką.

Przy odczycie informacji, nośnik przesuwany jest pod głowicę odczytującą /może to być ta sama głowica, która służy do zapisu/, a zmiany namagnesowania nośnika powodują powstanie w uzwojeniu głowicy zmian napięcia odpowiadających zapisanej uprzednio informacji. W tym przypadku odczyt informacji nie niszczy jej i informacja raz zapisana może być odczytywana wielokrotnie bez potrzeby regeneracji.

#### 5.5.1. Pamięci bębnowe

Pamięci bębnowe są jednym ze starszych typów urządzeń pamięciowych i początkowo w małych komputerach stosowane były jako pamięci operacyjne. Obecnie wykorzystywane są coraz rzadziej; ich miejsce zajmują pamięci dyskowe.

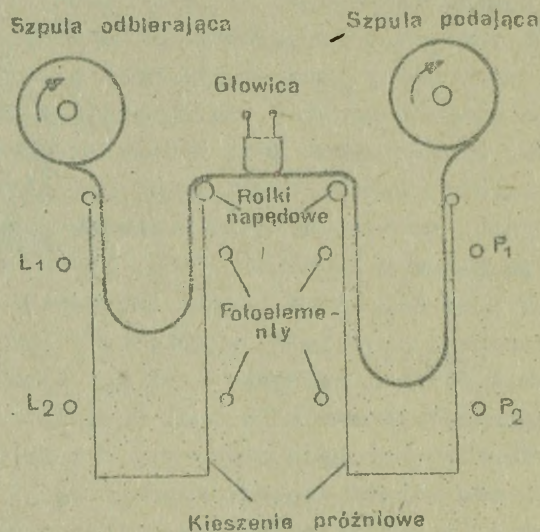
W pamięci bębnowej waretwą nośnika pokryta jest boczna powierzchnia stale obracającego się bębna. Równoległe do powierzchni bębna umieszczone są rzędy głowic do odczytu i zapisywania informacji. Bęben w zależności od konstrukcji podzielony jest na kilkadziesiąt lub kilkaset ścieżek, z których każda stanowi odrębny pas obejmujący obwód całego walca. Dla każdej ścieżki przydzielona jest oddzielna głowica magnetyczna /w większości rozwiązań/. Jeżeli przez uzwojenie głowicy przepuszczony zostanie impuls prądu, to w szczelinie pomiędzy głowicą a powierzchnią bębna powstaje silne pole magnetyczne, które magnesuje pewien odcinek bębna. Odczyt zapisanej na bębnie informacji wymaga znajomości położenia tej informacji na bębnie, w związku z tym układ sterowania zapisem i odczytem w pamięci bębnowej musi być synchronizowany z obrotami bębna. Synchronizację zapewnia na ogół specjalna ścieżka tzw. zegarowa, na której w równych odstępach czasu nagrano impulsy synchronizujące. Prędkości obrotowe bębnowych magnetycznych sięgają 10 tysięcy obrotów na minutę; na ogół są jednak stosowane mniejsze prędkości, np. 3000 obrotów na minutę. Daje to średni czas dostępu rzędu 10 ms. W zależności od prędkości obrotowej bębna oraz od gęstości zapisu szybkość przesyłania informacji kształtuje się w granicach 50 000-300 000 znaków/s.

Ilość słów, jaka może być zapisana na bębnie magnetycznym, waha się w zależności od wielkości bębna od paru set do kilku milionów.

### 5.5.2. Pamięci taśmowe

Pamięć na taśmie magnetycznej jest jedną z najpopularniejszych pamięci zewnętrznych zarówno ze względu na dużą pojemność, która dzięki możliwości wymiany taśm jest teoretycznie nieograniczona, jak i ze względu na stosunkowo niskie koszty eksploatacyjne. Dzięki specjalnym właściwościom, taśma magnetyczna w komputerach spełnia nie tylko rolę pamięci zewnętrznej, ale również nośników informacji. Szerokość taśm magnetycznych waha się w granicach od 6,35 mm do 25,4 mm, z tym że za standardową uważa się taśmę 12,7 mm /1/2"/ o długości na szpuli od 120 do 1000 metrów. Taśma wykonana jest z tworzywa sztucznego pokrytego z jednej strony warstwą magnetyczną. Na rys. 11 przedstawiono schematycznie przykład konstrukcji pamięci taśmowej.

Jednostka pamięci taśmowej składa się z mechanicznego urządzenia do automatycznego przewijania taśmy, głowic czytająco-zapisujących oraz części elektronicznej sterującej pracą całego urządzenia. Do jednostki centralnej komputera podłączyć można od kilku do kilkunastu jednostek pamięci taśmowej.



Rys. 11. Uproszczony schemat budowy pamięci taśmowej

Przed rozpoczęciem zapisu lub odczytu informacji taśma jest rozpędzona do prędkości znamionowej, po czym następuje zapis lub odczyt bloku słów i taśma jest zatrzymywana. Skończony czas rozpędzania i hamowania taśmy powoduje, że pomiędzy blokami danych znajduje się obszar nie zapisany, zwane przerwami międzyblokowymi. Informacja na taśmie zapisana jest równolegle, tzn. jeden rząd w poprzek taśmy zawiera jeden znak. Ciąg znaków wzdłuż taśmy tworzy blok, a te same bity wszystkich znaków bloku tworzą ścieżkę. W celu uzyskania jak najkrótszych czasów rozpędzania i hamowania taśmy stosowane są zwykle pomiędzy szpulami a układem napędowym taśmy dodatkowe pojemniki separujące /kieszenie próżniowe/. Układ napędowy taśmy pokonuje wtedy tylko inercję samej taśmy znajdującej się w pojemniku. Układy napędowe szpul są niezależne i tak sterowane, ażeby w pojemniku ciągle znajdowała się wystarczająca ilość taśmy. Taśma przylega do głowicy odczytująco-piszącej tą stroną, z której znajduje się warstwa o właściwościach ferromagnetycznych. Czas dostępu do żądanego bloku informacji zależy od jego położenia na taśmie i może być nawet rzędu minut, jeśli zachodzi potrzeba przewinięcia całej szpuli, co jest wielką wadą pamięci taśmowych. Wady tej pozbawione są pamięci dyskowe.

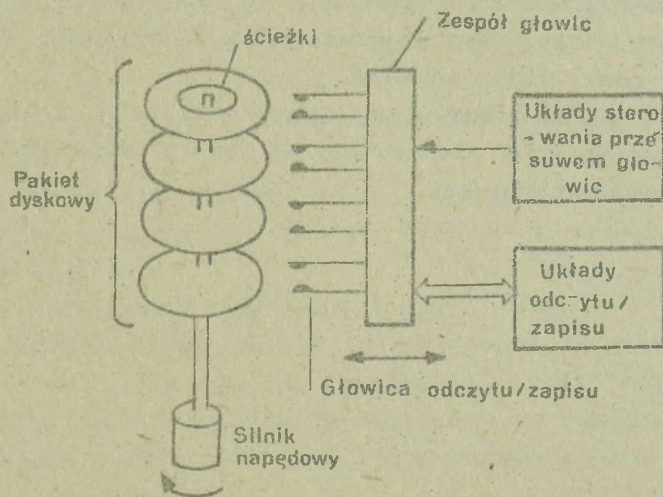
Na jednym krążku taśmy magnetycznej można zapisać wiele milionów znaków. Przy ocenie właściwości eksploatacyjnych jednostek pamięci na taś-

nach magnetycznych bierze się pod uwagę następujące elementy:

- czas rozpisdu mechanizmu przewijającego;
- gęstość zapisu;
- prędkość zapisu;
- prędkość przewijania.

### 5.5.3. Pamięci dyskowe

Nośnikiem informacji w pamięciach dyskowych jest cienka /kilka do kilkunastu mikrometrów/ warstwa magnetyczna naniesiona na podłożu wykonywane w postaci krążka-dysku. Podłożo może być wykonane z materiału sztywnego, jak np. stopy aluminium, i dyski takie nazywane są dyskami sztywnymi, lub może być wykonane z tworzywa sztucznego, wówczas dyski takie są nazywane dyskami elastycznymi. Najczęściej warstwa magnetyczna nanoszona jest dwustronnie na dysk. Zespół dysków zawierający zwykle 4-25 dysków zamocowanych na jednej wspólnej osi stanowi pakiet. Budowę pamięci dyskowej przedstawiono schematycznie na rys. 12.



Rys. 12. Schemat budowy pamięci dyskowej

W większości produkowanych pamięci dyskowych każdy dysk obsługiwany jest przez swoją parę latających głowic czytająco-piszących /jedna dla powierzchni górnej, a druga dla dolnej/. Głowice umieszczone są na długich ramionach i wsuwane są w głąb pakietu dysków. Stosuje się albo

rozwiązania z niezależnym napędem każdej pary głowic, albo też cały zespół głowic przesuwany jest wspólnie. Do napędu głowic stosuje się układy elektromechaniczne lub hydrauliczne.

Informacja zapisywana jest na obu powierzchniach każdego dysku /z wyjątkiem górnej powierzchni pierwszego dysku i dolnej ostatniego w pakiecie/ na ścieżkach tworzących współśrodkowe okręgi. Każda ścieżka ma tę samą pojemność, a ponieważ ścieżki mają różne promienie, to gęstość zapisu dla każdej ścieżki jest inna. Ścieżki na każdej z powierzchni są jednolicie ponumerowane. Zespół odpowiadających sobie ścieżek /o tych samych numerach/ na wszystkich powierzchniach dysków w pakiecie nosi nazwę cylindra. Pakiet dysków można zatem traktować jako zbiór cylindrów, które są umieszczone kolejno jeden wewnątrz drugiego. Wszystkie ścieżki podzielone są na odcinki, które razem tworzą wycinek kołowy powierzchni dysku, czyli tzw. sektor.

Konieczne jest także zorganizowanie rozmieszczenia informacji na dysku, aby zredukować do minimum liczbę ruchów głowic pomiędzy dyskami przy zapisie i odczycie. Z tego względu w zapisywaniu informacji z komputera na dyski oraz w odczytywaniu informacji z dysków do komputera pośredniczy specjalne urządzenie zwane zwykle adapterem. Adapter jest w istocie wyspecjalizowanym minikomputerem wykonującym nieraz dość złożone operacje organizacyjne i logiczne przy przesyłaniu informacji pomiędzy jednostką centralną a dyskami.

Pamięci dyskowe są obecnie najnowocześniejszymi i najdoskonalszymi pamięciami zewnętrznymi komputerów. Na jednym pakiecie dyskowym można zapisać kilkaset megabajtów.

## 6. URZĄDZENIA WEJŚCIA-WYJŚCIA

### 6.1. Uwagi ogólne

Urządzenia wejścia-wyjścia służą do wprowadzania do komputera programów i danych liczbowych będących punktem wyjścia do obliczeń oraz do wyprowadzania z niego wyników liczbowych oraz informacji tekstowych, a niekiedy rysunkowych.

W różnych komputerach stosowane są obecnie bardzo różnorodne urządzenia wejścia-wyjścia zarówno pod względem zasad pracy, jak też rozwiązań konstrukcyjnych. Najogólniejszego podziału urządzeń wejścia-wyjścia dokonuje się według rodzajów nośnika informacji, jakie są stosowane w poszczególnych urządzeniach. I tak podstawowe rodzaje stosowanych urządzeń zewnętrznych, to:

- urządzenia wykorzystujące dziurkowaną taśmę papierową;
- urządzenia wykorzystujące dziurkowane karty papierowe;
- urządzenia drukujące;
- urządzenia ekranowe /alfanumeryczne i graficzne/.

Inne, rzadziej stosowane urządzenia, to urządzenia rysujące, umożliwiające kreślenie dowolnych krzywych, urządzenia mikrofilmowe sporządzające mikrofilmy wyjściowych danych alfanumerycznych, lub też czytniki dokumentów odczytujące dokumenty o określonym formacie /drukowane lub nawet czasem wypełniane ręcznie/.

Elektronika urządzeń wejścia-wyjścia jest zwykle znacznie bardziej zróżnicowana niż elektronika jednostki centralnej komputera. Występuje w nich często potrzeba sterowania różnych elementów elektromechanicznych /przekładniki, elektromagnesy, sprzęgła/, dużo jest w nich układów sterowania ręcznego i sygnalizacji, rozmaite są też układy bezpośrednio współpracujące z nośnikiem informacji. Zasady współpracy różnych urządzeń wejścia-wyjścia z komputerem są jednak do siebie zbliżone, a

w ramach jednego komputera najczęściej sąkownie ujednolicone.

W elektronice każdego urządzenia wejścia-wyjścia można wyróżnić następujące podstawowe układy funkcyjne:

- układy przesyłania i pamiętania informacji, zawierające w prostych urządzeniach pojedynczy rejestr informacji, a w większych - szybkie pamięci buforowe, pośredniczące w wymianie danych pomiędzy urządzeniem a komputerem;

- układy przetwarzania informacji z postaci binarnej na postać, w jakiej informacja przedstawiona jest na nośniku lub odwrotnie /układy odczytu, dziurkowania, drukowania, wyświetlania itp./;

- układy sterujące, które synchronizują i kontrolują wszystkie operacje wykonywane w urządzeniu;

- układy zabezpieczeń, sygnalizacji i sterowania ręcznego, umożliwiające łatwą i efektywną obsługę urządzenia.

Współpraca urządzeń wejścia-wyjścia z komputerem jest sterowana programowo, tzn. pobranie informacji z urządzenia wejściowego lub przesłanie informacji do urządzenia wyjściowego następuje w wyniku realizacji przez komputer odpowiednich rozkazów. Wykonanie przez komputer jednego rozkazu może polegać na przesłaniu jednego znaku lub też całego bloku znaków pomiędzy urządzeniem a jednostką centralną komputera.

Przesyłanie informacji pomiędzy urządzeniami zewnętrznymi a komputerem jest zwykle kontrolowane na zasadzie badania parzystości /lub nieparzystości/ kodów przesyłanych znaków.

## 6.2. Czytelniki i dziurkarki taśmy papierowej

Dziurkowana taśma papierowa jest stosowana jako nośnik informacji w urządzeniach wejściowych i wyjściowych wielu komputerów. Urządzenia na taśmę papierową, mimo że stosunkowo wolne, są tanie oraz proste w obsłudze i eksploatacji. Poza tym szereg urządzeń automatyki przemysłowej oraz urządzeń pomiarowych również wykorzystuje taśmę papierową, która z jednej strony może być wydziurkowana pod kontrolą komputera, a z drugiej - wczytana do komputera w celu obróbki zawartych w niej danych.

Taśma dziurkowana ma postać wąskiego paska papieru. Znaki alfanumeryczne tworzą kombinacje okrągłych otworów zapisanych w poprzek taśmy. Kombinacja taka tworzy rzadek, który można interpretować jako liczbę dwójkową w konwencji: otwór - 1, brak otworu 0.

W komputerach najczęściej jest stosowana taśma 5- i 8-szczękowa.

### 6.2.1. Czytniki taśmy dziurkowanej

Czytniki współpracujące z komputerem pracują na zasadzie odczytu fotoelektrycznego odbierającego impulsy od światła przechodzącego przez wyperforowane w taśmie otwory. Urządzenie odczytujące bada strumień świetlny poprzez fotoelement emitujący pod wpływem światła impulsy elektryczne, które po odpowiednim wzmacnieniu wprowadzane są do komputera. Przy użyciu taśmy dziurkowanej można wprowadzać do komputera od 300 do 2000 znaków/s.

### 6.2.2. Dziurkarki taśmy papierowej

Urządzenia te przekształcają otrzymywane informacje z komputera w postaci impulsów na informacje dziurkowane w kodzie na taśmie papierowej. Realizacja ta następuje przy pomocy automatycznego mechanizmu dziurkującego. Szybkość pracy dziurkarek waha się w granicach od 50 do 300 znaków/s.

## 6.3. C z y t n i k i i d z i u r k a r k i k a r t

Karty dziurkowane są najbardziej rozpowszechnionym papierowym nośnikiem informacji. Najczęściej są stosowane karty 80-kolumnowe.

Karta dziurkowana jest wykonana z kartonu o znormalizowanych wymiarach; zapis informacji na niej jest dokonywany przez wycinanie prostokątnych otworów, które rozmieszczone są w punktach przecięcia rzędów pionowych zwanych kolumnami oraz rzędów poziomych zwanych wierszami. W każdej kolumnie można zapisać jeden znak alfanumeryczny. Większość klawiaturowych urządzeń do dziurkowania kart oraz niektóre dziurkarki pracujące z komputerem, są wyposażone w układy opiewające, które równocześnie z dziurkowaniem kodu danego znaku w kolumnie drukują ten znak nad kolumną. Jeden róg karty jest ścięty, co umożliwia jednoznacznie ułożenie kart w pliku i odpowiednie ustawianie plików w pojemnikach urządzeń.

### 6.3.1. Czytniki kart dziurkowanych

Czytniki kart pracują na zasadzie odczytu fotoelektrycznego. Szybkość pracy waha się w granicach od 500 do 2000 kart/min. Plik kart, przeznaczonych do odczytania jest umieszczany najpierw w zasobniku kart, mieszczącym od kilkuset do kilku tysięcy kart. Karty z zasobnika

są wybierane kolejno jedna po drugiej przez mechanizm podający i transportowane za pomocą układu rolek napędowych poprzez układ odczytu. Odczytywanie odbywa się kolumnami, czyli w jednej chwili jest odczytywany kod jednego znaku. Odczytane karty są kierowane do pojemnika odbiorczego.

W większości czytników dokonywana jest automatyczna kontrola poprawności odczytanych kodów albo poprzez badanie poprawności odczytanych kodów, albo przez dwukrotne czytanie każdej kolumny /układ odczytu jest wtedy podwójny/ i sprawdzanie zgodności obydwóch odczytów. W przypadku stwierdzenia zgodności informacja jest wprowadzana do komputera.

#### 6.3.2. Dziurkarki kart

Dziurkarki kart, pracujące jako urządzenia wyjściowe komputerów, służą do dziurkowania na znormalizowanych kartach informacji wysyłanej z komputera. Mechanizm dziurkujący składa się z matrycy oraz ruchomych stempli, sterowanych elektromagnetycznie. W jednych rozwiązaniach karta jest dziurkowana kolumnami, w innych - wierszami, co pozwala skrócić czas dziurkowania karty. Poprawność dziurkowania jest kontrolowana poprzez elektromechaniczny odczyt sprawdzający, następujący bezpośrednio po wydziurkowaniu. Szybkość dziurkowania kart wynosi od 100 do 500 kart/min.

#### 6.4. Urządzenia drukujące

Urządzenia drukujące są podstawowymi urządzeniami wyjściowymi wszytkich komputerów. Dają one wyniki obliczeń wykonanych przez komputer w postaci gotowych wydruków /wykazów, tablic, zestawień/ w jednym lub też kilku egzemplarzach. Jest to więc obok rysunków najbardziej naturalna forma przedstawiania wyników.

Najprostsze urządzenia drukujące stosowane w komputerach, to dalekopisy i elektryczne maszyny do pisania. Należą one do grupy ezaregowych urządzeń drukujących, ponieważ po odebraniu każdego znaku następuje natychmiast jego wydruk. Wyposażone są zwykle w klawiaturę służącą do wprowadzania informacji do komputera. Tego rodzaju urządzenia charakteryzują się wolnym wydrukiem /5 do 50 wierszy na minutę/ i stosowane są najczęściej jako urządzenia służące komunikacji operatora z komputerem jako monitory.

Dużo szybsze i efektywniejsze urządzenia drukujące, pracujące wyłącznie jako urządzenia wyjściowe komputera, to drukarki wierszowe. Obok nich są również stosowane wolniejsze i tańsze drukarki mozaikowe.

#### 6.4.1. Drukarki wierszowe

W drukarkach wierszowych wydruk całego wiersza odbywa się w jednym cyklu drukowania. Zasada działania tego typu drukarki opiera się na szybko wirującym cylindrze, na którym są umieszczone pierścienie odpowiadające ilości miejsc drukarskich w jednym wierszu. Na każdym pierścieniu są wygrawerowane znaki drukarskie. Na przeciwko cylindra znajduje się mechanizm składający się z młoteczków, w ilości odpowiadającej ilości pierścieni. W szczelinie pomiędzy obracającym się walcem a młoteczkami przesuwają się papier oraz taśma barwiąca.

W momencie sformułowania w części elektronicznej drukarki pełnego obrazu wiersza, następuje uruchomienie wybranych młoteczków, które uderzając w papier dociskają go na krótki moment do taśmy barwiącej i pierścieni. W ten sposób po pełnym obrocie cylindra zostaje zakończone drukowanie wszystkich występujących w wierszu znaków alfanumerycznych.

Szybkość pracy drukarek wierszowych zawiera się między 300 a 1500 wierszy/min przy maksymalnej ilości 160 znaków w wierszu.

Poza mechanicznymi urządzeniami drukującymi są też czasem stosowane urządzenia drukujące na zasadzie fotograficznej lub kserograficznej. Pozwalają one uzyskiwać większe szybkości drukowania, ale wymagają z kolei stosowania specjalnego kosztownego papieru i nie są wskutek tego zbyt rozpowszechnione.

#### 6.4.2. Drukarki mozaikowe

W drukarce mozaikowej wykorzystuje się zasadę druku mozaikowego /stąd nazwa tej drukarki/ polegającą na tym, że druk każdego znaku odbywa się dzięki uderzeniu w papier poprzez taśmę barwiącą odpowiedniego zestawu cienkich igieł drukujących. Każda igła drukująca pozostawia na papierze ślad w postaci punktu. Uruchomienie każdej igły drukującej odbywa się za pośrednictwem elektromagnesu. Jeżeli zostaną uruchomione niektóre tylko elektromagnesy, to punkty powstałe na papierze wskutek uderzeń igieł drukujących utworzą zarys określonego znaku.

Drukarki mozaikowe stosowane są w małych komputerach oraz w zestawach komputerowych, których wykorzystanie i przeznaczenie wyklucza możliwość częstego drukowania dużych ilości wyników, a więc głównie w komputerach do sterowania procesów przemysłowych. Wchodzi również w skład tzw. terminali, czyli abonenckich końcówek dwustronnej łączności z dużym komputerem pracującym w reżimie wielodostępu. Ponadto w niektórych komputerach stosowane są jako monitory.

## 6.5. Monitory ekranowe

W systemach komputerowych coraz powszechniej znajdują zastosowanie urządzenia wprowadzania i wyprowadzania informacji w postaci graficznej. Szczególną rolę odgrywają tu monitory ekranowe, używane do przekazywania informacji między człowiekiem a komputerem w trybie konwersyjnym. Podstawowym zadaniem monitorów ekranowych jest przetworzenie wejściowej informacji cyfrowej w postać obrazu, tekstu lub rysunku na ekranie monitora.

Monitory ekranowe w zależności od możliwości graficznego zobrazowania dzielą się na:

1. Urządzenia przystosowane do zobrazowania tekstów alfanumerycznych oraz ich redagowanie za pomocą klawiatury alfanumerycznej; urządzenia te nazywa się alfaoskopami.

2. Urządzenia przystosowane zarówno do zobrazowania rysunków złożonych z punktów i odcinków linii prostej /jest to ich główna funkcja/ oraz do zobrazowania tekstów alfanumerycznych; urządzenia te nazywa się grafoskopami.

W skład monitora ekranowego wchodzi następujące zespoły funkcjonalne:

- klawiatura, poprzez którą użytkownik wprowadza informacje do komputera; informacja wprowadzana jest jednocześnie wyświetlana na ekranie monitora;

- lampa ekranowa wraz z układami sterowania, na której pojawia się tekst zapisany przez użytkownika za pomocą klawiatury lub przesłany z jednostki centralnej w celu wyświetlenia;

- pamięć wewnętrzna, w której pamięta się informacje bieżące, wyświetlaną na ekranie.

Zaletą monitora ekranowego jest możliwość wykrycia i poprawienia błędów w tekście komunikatu, zanim prześle się go systemowi. Końcówki ekranowe charakteryzują się najwyższą szybkością przekazywania informacji w stosunku do innych końcówek stosowanych w systemach wielodostępnych. W celu uzyskania trwałego zapisu informacji wyświetlanych na ekranie monitora stosuje się nieduże, szybkie drukarki sprzężone z pamięcią monitora. Ponadto w systemach komputerowych znalazły zastosowanie monitory ekranowe wyposażone dodatkowo w pióro świetlne, które obok klawiatury służy do wprowadzenia informacji oraz modyfikacji danych zarejestrowanych na ekranie.

## 7. URZĄDZENIA TRANSMISJI DANYCH

### 7.1. Podział urządzeń transmisji danych

Środki techniczne transmisji danych mają szczególne znaczenie w systemach wielodostępnych i sieciach komputerowych. Obejmują one ogół urządzeń umożliwiających i uprawnających transmisję informacji pomiędzy terminalami i procesorami centralnymi.

Ze względu na funkcje, jakie pełnią te urządzenia w procesach transmisji danych, możemy je podzielić na następujące grupy:

- urządzenie zakończenia linii /modemy, LTU/;
- urządzenie zwielokrotniające i koncentrujące /multiplexer, skaner, selektor/;
- procesory /komputery/ komunikacyjne;
- linie transmisyjne.

### 7.2. Urządzenia zakończenia linii /modemy/

Najprostszym sposobem komunikacji między dwoma abonentami jest transmisja generowanych przez nich sygnałów bezpośrednio poprzez łączącą ich linię telekomunikacyjną. Sygnały te jednak mają postać cyfrową, podczas gdy stosowane obecnie łącza telekomunikacyjne /telegraficzne i telefoniczne/ są łączami analogowymi. Ciąg impulsów, przechodząc przez łącze ulega znacznym zniekształceniom. Jeżeli impulsy przesyłane są zbyt szybko lub na zbyt dużą odległość, powstaje zniekształcenie uniemożliwiające praktycznie odtworzenie pierwotnego sygnału w miejscu jego odbioru. Dlatego przed wprowadzeniem sygnału do łącza zachodzi konieczność jego konwersji na postać analogową. Urządzenie dokonujące tej konwersji nosi nazwę modemu. Jeżeli jednak szybkość transmisji nie przekracza 300 bit/s,

a odległość pomiędzy abonentami nie jest większa niż 3 km, stosowanie modemów nie jest konieczne. Powstaje jednak konieczność dostosowania sygnału generowanego do fizycznych właściwości łącza. Rolę tę pełni tzw. układ zakończenia linii - LTU /ang. Line Termination Unit/, który służy do obsługi łącza telegraficznego. Spełnia on następujące funkcje:

- zmienia poziom sygnałów przychodzących z linii telegraficznej na poziom sygnałów logicznych /lub odwrotnie/;
- oddziela urządzenia części centralnej systemu komputerowego od sieci telegraficznej.

Oddzielenie to jest potrzebne ze względu na konieczność zaniesienia wpływu szumu i zniekształceń pochodzących z łącza na pracę urządzeń systemu komputerowego.

W przypadku konieczności zastosowania modemów spełniają one wszystkie wymienione funkcje LTU, a ponadto dokonują konwersji sygnału z postaci cyfrowej na analogową lub odwrotnie. Większość modemów pracuje na zasadzie wysyłania ciągłej fali sinusoidalnej modulowanej ciągłymi impulsami przesyłanego sygnału. Stosuje się trzy rodzaje modulacji: modulację amplitudy, częstotliwości i fazy.

Wybór odpowiedniego typu modemu dla potrzeb transmisji zależy od:

- wymaganej szybkości modulacji;
- stopy błędów /odporności sygnału na zakłócenia/;
- czasu odpowiedzi /czasu odwracania kierunku transmisji przez modem/;
- kosztu modemu.

Stosowane obecnie modemy są przystosowane do współpracy z urządzeniami o następujących szybkościach transmisji:

- dla kanałów telegraficznych 50, 100, 200 bit/s;
- dla kanałów telefonicznych 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200 bit/s.

### 7.3. Urządzenia zwielokrotniujące i koncentrujące

Konsekwencją stałego wzrostu zapotrzebowania na dostęp do zasobów systemów komputerowych jest wzrastająca liczba terminali. Połączenie każdego z tych terminali indywidualnie z procesorem spowodowałoby znaczny wzrost kosztów eksploatacji systemu. Jednocześnie przy takim połączeniu efektywność wykorzystania łącza telekomunikacyjnych byłaby bardzo niska; powstała więc konieczność wprowadzenia technik zwielokrotnienia i koncentracji. Obydwie techniki zmierzają do efektywnego wykorzystania łącza teletransmisyjnego, przy czym pierwsze z nich polega na

efektywnym wykorzystaniu pasma kanałów dostępnych w łączu, natomiast druga na zwiększeniu czasu pracy łącza w przedziale czasu, w którym jest ono dostępna. Obydwie wymienione techniki mogą być stosowane łącznie lub niezależnie od siebie.

Przez zwielokrotnienie rozumie się proces polegający na podziale wykorzystywanego kanału na podkanały, które są na siebie przyporządkowane użytkownikom. Proces zwielokrotnienia realizowany jest przez multiplakser lub skaner.

Multiplakser jest urządzeniem pozwalającym na połączenie pewnej liczby terminali z procesorem poprzez jedno łącze styków. Podstawową funkcją multiplaksora jest umożliwienie praktycznie jednoczesnej współpracy wszystkich połączonych z nim terminali z procesorem. Multiplakser może obsługiwać dużą ilość urządzeń połączonych z nim liniami telegraficznymi i telefonicznymi. Zasada pracy multiplaksora jest następująca: układ śledzący multiplaksora sprawdza kolejno każdy podkanał w celu wykrycia żądania transmisji. Jeżeli takie żądanie zostanie wykryte, następuje przerwanie śledzenia i obsługa danego podkanału /tzn. przesłanie znaku do lub z jednostki centralnej/, po czym śledzenie zostaje wznowione. Ponieważ czas jednego cyklu śledzenia i obsługi terminali jest znacznie krótszy od czasu potrzebnego na przesłanie znaku z terminala do multiplaksora, żądania obsługi wszystkich terminali realizowane są praktycznie równocześnie. Poza obsługą transmisji multiplakser dokonuje również translacji kodu oraz wykrywa i sygnalizuje zmiany statusów.

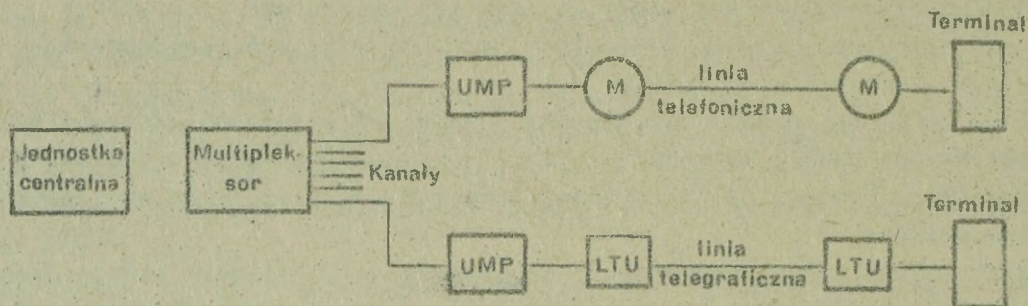
Terminals są połączone z multiplakserem poprzez urządzenie przesyłania danych - DPD, którego zadaniem jest transmitowanie i odbieranie danych z linii telekomunikacyjnej. Do funkcji UPD należy:

- konwersja znaków z postaci szeregowej na równoległą /lub odwrotnie/;
- kontrola lub generacja bitów parzystości;
- kasowanie lub generacja znaków start/stopu.

UPD połączone jest z linią telekomunikacyjną przez modem lub zakończenie linii /LTU/. Schemat blokowy tego rodzaju transmisji jest przedstawiony na rys. 13.

Innym urządzeniem zwielokrotniającym jest skaner. Zasada pracy i podstawowe funkcje skanera są takie same jak multiplaksora, z tym, że funkcjonalnie odpowiada on połączeniu multiplaksora i UPD.

Jeśli pewne terminals charakteryzuje niewielka częstotliwość pracy lub krótkie czasy pracy, to połączenie ich w sposób stały do urządzenia zwielokrotniającego nie jest efektywne. Kilka takich terminali może wspólnie korzystać z tego samego kanału wyjściowego za pośrednictwem



Rys. 13. Transmisja danych w układzie multipleksora

urządzenia zwanego koncentratorom. Zasada pracy koncentratora oparta jest na założeniu, że w danej chwili pracuje tylko część połączonych z nim urządzeń końcowych.

Podstawową funkcją koncentratora jest sterowanie zgłoszeniami terminali. Praca najprostszego koncentratora polega na badaniu aktywności kanałów wejściowych i udostępnianiu im odpowiednich kanałów wyjściowych. W przypadku, gdy terminal dołączony do koncentratora zgłosi żądanie transmisji i jest wolny kanał w łączu wyjściowym, to zostaje mu on przydzielony. W przypadku, gdy wszystkie kanały wyjściowe są zajęte, zostaje wysłany zwrotny sygnał odmowny. Jak widać koncentrator taki pracuje w sposób analogiczny do automatycznej centrali telefonicznej. Najczęściej stosowany koncentrator tego typu dysponuje około 15 kanałami wyjściowymi i może obsłużyć ok. 30 terminali.

Innym typem koncentratora jest tzw. koncentrator buforowany. Do jego funkcji należy zbieranie znaków napływających z poszczególnych terminali i kompletowanie ich w bloki. Ponieważ w blokach transmitowanych od koncentratora do procesora centralnego umieszczone są razem znaki pochodzące z różnych terminali, koncentrator musi zaopatrywać bloki w identyfikatory przynależności znaków do terminala.

Koncentratory buforowane łączone są z procesorem jednym szybkim łączem, zazwyczaj dwupleksowym. Zwiększa to przepustowość łącza i pozwala na zwiększenie liczby terminali dołączonych do koncentratora.

#### 7.4. Procesory /komputery/ komunikacyjne

W dużych systemach wielodostępnych opłacalność rozbudowy jednostki centralnej jest zwykle ograniczona względami ekonomicznymi. Przekroczenie mocy obliczeniowej powyżej pewnej wartości krytycznej zmusza więc do szukania innych rozwiązań zapewniających osiągnięcie wymaganej mocy obliczeniowej systemu wielodostępnego jako całości, przy stałej mocy obliczeniowej procesora centralnego. Jednym z takich rozwiązań jest zastosowanie tzw. komputerów komunikacyjnych, które umożliwia decentralizację mocy systemu cyfrowego wielodostępnego. Rozwiązanie takie nazywane jest rozproszaniem mocy obliczeniowej.

Komputer komunikacyjny może być wykorzystywany do pełnienia rozmaitych funkcji i zadań. Jego typowe zastosowanie w systemach wielodostępnych i sieciach komputerowych to:

- przetwarzanie-wstępne, gdy komputer komunikacyjny wykorzystywany jest do sterowania komunikacją pomiędzy terminalami i procesorem centralnym oraz do realizacji prostszych funkcji przetwarzania. Do procesora centralnego przekazywane są w tym przypadku tylko takie zadania, które nie mogą być zrealizowane w komputerze komunikacyjnym;

- zdalny podział strumieni i koncentracja danych, gdy komputer komunikacyjny wykorzystywany jest jako multipleksor /multipleksacja danych/ dla wielu linii o małych szybkościach transmisji czy też linii o niekiej aktywności w jedną lub kilka linii o dużej szybkości transmisji. Funkcje te mogą być spełniane np. przez multipleksor, jednak dzięki zastosowaniu komputerów komunikacyjnych możliwe jest również wstępne przetwarzanie danych oraz wykorzystanie lokalnej bazy danych dla realizacji zadań lokalnie bez udziału procesora centralnego;

- komutacja informacji, gdzie komputer komunikacyjny zapamiętuje, analizuje, kontroluje i przetwarza informacje przechodzące z terminali, a następnie przesyła je do miejsca przeznaczenia, np. w sieciach teleinformatycznych;

- sterowanie, kontrola i zarządzanie siecią transmisji danych w sieciach komputerowych, gdzie komputer komunikacyjny realizuje kombinacje wymienionych funkcji, a ponadto zarządza pracą całej sieci. Komputer komunikacyjny spełniający wymienione funkcje nosi nazwę węzła komunikacyjnego sieci komputerowej.

Jako komputery komunikacyjne stosuje się mini- i mikrokomputery.

## 7.5. Techniki transmisji

Transmisja danych może odbywać się synchronicznie lub asynchronicznie. Przy transmisji synchronicznej znaki przesyłane są w sposób ciągły. W tym celu strumień znaków dzielony jest na bloki. Kolejne znaki informacji gromadzone są w buforze do czasu skompletowania bloku, a następnie cały blok zostaje nadany z maksymalną szybkością, jaką można uzyskać w łączu przy zastosowanych typach modemów, przy czym wszystkie bity bloku są przesyłane w stałych odstępach czasu. Urządzenia nadawcze i odbiorcze muszą być ze sobą zsynchronizowane na czas przesyłania bloku, tak aby odbiornik po rozpoznaniu pierwszego bitu bloku mógł prawidłowo rozpoznać wszystkie znaki.

Przy transmisji asynchronicznej /start-stopowej/ poszczególne znaki są przesyłane oddzielnie. Każdy znak rozpoczyna się elementem "start" i kończy elementem "stop". Treść znaku tworzą bity zawarte między "startem" i "stopem". Urządzenia nadawcze i odbiorcze startują jednocześnie i utrzymują synchronizm na czas przesyłania jednego znaku. Po odebraniu znaku urządzenie odbiorcze czeka w stanie pasywnym na następny znak.

Transmisja asynchroniczna stosowana jest zazwyczaj przy przesyłaniu danych uzurządzeń klawiaturowych, które nie posiadają pamięci buforowych. W tym przypadku między przesłaniem kolejnych znaków występują przerwy o nieokreślonym czasie trwania. Ponieważ jednak w transmisji asynchronicznej rozpoznawanie znaku zaczyna się od rozpoznania elementu "start", więc przerwy między nadawaniem poszczególnych znaków są dopuszczalne.

Ponieważ urządzenia pracujące arytmicznie /start-stopowo/ są na ogół tańsze od urządzeń synchronicznych, ten rodzaj transmisji stosuje się również w przypadku urządzeń, które przesyłają znaki w sposób ciągły /np. czytnik kart, czytnik taśmy/. Dodatkową zaletą transmisji asynchronicznej jest fakt, że odbiornik jest w stanie prawidłowo rozpoznać bity danych w znaku nawet w przypadku znacznych ich zaniesiatażeń, jeżeli tylko ich przesunięcie w czasie lub skręcenie /wydłużenie/ nie przekroczy połowy czasu trwania jednego elementu.

Transmisja synchroniczna stosowana jest w przypadku, gdy urządzenia współpracujące mogą nadawać i odbierać znaki w sposób ciągły. Transmisja synchroniczna jest szczególnie korzystna w przypadku pracy kilku terminali na jednym łączu, ponieważ pozwala na lepsze wykorzystanie łącza. Urządzenia pracujące synchronicznie są jednak droższe od urządzeń pracujących asynchronicznie, ponieważ muszą posiadać pamięci buforowe.

Przy transmisji synchronicznej istnieje niebezpieczeństwo rozsynchronizowania się nadajnika i odbiornika, co może prowadzić do błędnego odbioru całej informacji. Dlatego w większości urządzeń synchronizacja jest podtrzymywana przez wtrącanie między przesyłane bloki tzw. bloków "synchronizacyjnych". Poza tym na końcu każdego bloku jest przesyłany ciąg kontrolny wybrany w taki sposób, aby dawał możliwie najlepsze zabezpieczenie przed błędami powstającymi przy zakłóceniach w łączu. Dzięki temu transmisja synchroniczna może zapewnić lepsze zabezpieczenie przed błędami. Ten rodzaj transmisji ma szczególne zastosowanie w sieciach komputerowych.

4305

