

## 4. ELEMENTY I UKŁADY PAMIĘCIOWE

### 40. Wstęp

401. Pojęcia ogólne. Każdy zespół maszyny cyfrowej, który w toku swej pracy magazynuje, czyli rejestruje informacje, wytwarzane przez siebie lub otrzymywane z zewnątrz, będziemy nazywali rejestrem. Ponieważ w maszynie cyfrowej istnieje wiele takich zespołów, których głównym lub ubocznym zadaniem jest magazynowanie informacji, istnieje zatem wiele rejestrów. Rejestrami są m.in. urządzenia wejścia i wyjścia maszyny. Każde z nich wykonuje w gruncie rzeczy tylko dwie czynności, mianowicie rejestrację informacji oraz zmianę sposobu ich przedstawienia. Wejście rejestruje dane liczbowe stanowiące podstawę obliczeń oraz informacje o sposobie wykonywania obliczeń i przekształca je na odpowiednie sygnały elektryczne. Wyjście rejestruje wyniki obliczeń otrzymane w postaci sygnałów elektrycznych i przekształca je na postać bardziej dogodną, np. na druk.

Również w urządzeniu sterującym rejestracja informacji jest jedną z zasadniczych czynności. Organem, którego wyłącznym zadaniem jest rejestracja informacji, jest pamięć. Poza pamięcią bywają stosowane do specjalnych zadań inne rejestry nie wykonujące żadnych czynności poza rejestracją informacji. Typowym przykładem jest tu tzw. rejestr mnożenia w arytmometrze.

W toku pracy maszyny operujemy informacjami dwójakiego rodzaju: liczbami i rozkazami. Z punktu widzenia elektrycznego rozkaz nie różni się niczym od liczby, ponieważ rozkazy są formułowane w maszynie za pomocą kodu liczbowego. Wobec tego, z punktu widzenia budowy i działania rejestrów, możemy mówić ogólnie o rejestracji liczb niezależnie od tego, czy liczby te wchodziły w obliczenia czy też służą do przedstawiania innych informacji.

Zasadniczą wielkością charakteryzującą rejestr jest jego pojemność. Znaczna większość urządzeń rejestrów dopuszcza tylko dwa odmienne stany swoich podstawowych samodzielnych elementów lub też obszarów materiału, w którym odbywa się rejestracja. Takim podstawowym elementem może być np. przekaźnik lub przerzutnik lampowy. Jeśli jeden z tych stanów przyporządkujemy liczbie 0, drugi zaś liczbie 1, to element taki może służyć do rejestracji jednego binu\*).

Jest rzeczą naturalną, jako jednostkę pojemności rejestru przyjąć liczbę binów, jaką można w tym rejestrze zanotować. Jeśli mówimy np., że pojemność rejestru jest 1000 binów, oznacza to, że w tym rejestrze możemy zanotować co najwyżej 1000 binów. W ten sposób wyraz "bin" zyskuje nowe znaczenie, odmienne od nadanego mu poprzednio. Nie wydaje się jednakże, aby ta dwuznaczność mogła prowadzić do nieporozumień.

Istnieją dwie zasadnicze czynności związane z użytkowaniem rejestrów: wpisywanie informacji i odczytywanie informacji. Informację tkwiącą w rejestrze lub mającą być zarejestrowaną będziemy nazywali zapisem. W niektórych systemach przed wpisaniem informacji do rejestru konieczne jest starcie czy też skasowanie zapisu poprzedniego. W innych przypadkach odczytanie zapisu powoduje jego starcie a tym samym konieczność dokonania ponownego wpisu.

Każda z wymienionych czynności wymaga pewnego czasu, który można z kolei podzielić na czasy potrzebne na wykonywanie określonych prostszych czynności, jak np. czas odnalezienia miejsca przeznaczonego na zapis, czas przerzutu elementu przyjmującego zapis, czas przyjęcia stanu zapisu, ewentualne powtórne wpisanie itp. Czasy te zależne są zarówno od fizycznej zasady działania rejestru, jak i od szczegółów rozwiązania konstrukcyjnego. W wielu przypadkach jeden z czasów składowych jest znacznie większy od pozostałych, wobec czego zbyt dokładne obliczanie czasu wpisywania lub czasu odczytywania mija się na ogół z celem. Rejestr charakteryzujemy przeważnie za pomocą tzw. czasu oczekiwania, który

\*) W tym samym znaczeniu bywa u nas używany zapożyczony z angielskiego termin "bit".

jest przybliżoną wartością tego z czasów wpisywania lub odczytywania, który jest większy.

Najkrótszy czas oczekiwania jest rzędu wielkości kilku mikrosekund. Rejestry o czasie oczekiwania rzędu kilkudziesięciu lub paruset mikrosekund będziemy nazywali szybkimi. Rejestry szybkie nadają się do budowy pamięci bezpośrednio współpracujących z arytmometrami lampowych maszyn cyfrowych.

Rejestry o przeciętnym czasie oczekiwania rzędu dziesiątków lub setek milisekund będziemy nazywali średnio szybkimi. Użycie ich do budowy jedynej pamięci obsługującej arytmometr powodowałoby znaczne zmniejszenie szybkości pracy. Pamięć średnio szybka może obsługiwać arytmometr obok pamięci szybkiej. W pamięci średnio szybkiej lokuje się dane, które są stosunkowo rzadko potrzebne w toku obliczeń oraz dane przeznaczone do późniejszego przeniesienia do innego organu maszyny.

Pożądany czas oczekiwania rejestru powinien znajdować się w jakimś rozsądnym stosunku do czasu działania organu maszyny współpracującej z rejestrem. Jeśli organem tym będzie sumator, zaś czas oczekiwania rejestru będzie znacznie większy od czasu działania sumatora, to przeciętna użytkowa szybkość działania sumatora będzie znacznie mniejsza od jego szybkości chwilowej i ta ostatnia będzie mało wyzyskana.

Zbudowanie rejestru o małym czasie oczekiwania i o małej pojemności jest łatwe. Za idealny rejestr tego rodzaju można uważać rejestr zbudowany z przerzutników lampowych. Istotna trudność polega na tym, że do budowy maszyn cyfrowych, ściślej mówiąc, do budowy pamięci, potrzebne są rejestry nie tylko o małym czasie oczekiwania, ale i o dużej pojemności.

Ważną cechą rejestrów jest charakter trwałości zapisu. W niektórych systemach zapis jest bezwzględnie trwały, tzn., że może on pozostawać w rejestrze przez czas dowolnie długi bez żadnych specjalnych zabiegów. W innych systemach zapis ginie z chwilą przerwy w dopływie prądu. Systemy takie będziemy nazywali półtrwałymi. Należą do nich m.in. wszystkie systemy oparte na takich zasadach fizycznych, że pozostawiony sam sobie zapis raptownie lub stopniowo zanika. Utrwalenie osiąga się w takich przypadkach przez odczytywanie istniejącego zapisu i ponowne jego samoczynne wpisywanie. Zabieg taki nazywa się regeneracją zapisu.

402. Klasyfikacja rejestrów. Wpisanie binu w materiał użyty do rejestracji powoduje w niektórych systemach zmianę nieodwracalną, w niektórych zaś - odwracalną. Przykładem rejestracji nieodwracalnej jest wybite otworu w karcie maszyny statystycznej, przykładem zaś rejestracji odwracalnej - namagnesowanie odcinka drutu stalowego w magnetofonie. Jeśli rejestracja powoduje zmiany nieodwracalne, to rejestr nazywamy jednokrotnym, jeśli zmian takich nie powoduje - wielokrotnym.

Rejestry wielokrotne można z kolei podzielić na trzy typy, mianowicie na rejestry statyczne, rejestry kinetyczne i rejestry falowe. Cechą charakterystyczną rejestrów statycznych jest to, że materiał lub urządzenie, w którym następuje rejestracja, jest nieruchome względem reszty maszyny. Poza tym prawie we wszystkich rejestrach statycznych do rejestracji każdego binu służy odrębny element - pewne urządzenie lub wydzielona objętość pewnego materiału - i nie jest rzeczą możliwą zarejestrowanie tego samego binu częściowo w jednym elemencie, częściowo zaś w innym. Typowym elementem rejestru statycznego jest przekaźnik.

Cechą charakterystyczną rejestrów kinetycznych jest to, że materiał, w którym dokonuje się rejestracji, podczas pracy rejestru znajduje się w ruchu. Jako przykład mogą służyć rejestry magnetofonowe, w których na drucie lub na taśmie rejestruje się biny w sposób podobny do znanego sposobu rejestracji dźwięku.

W rejestrach falowych - w pewnym przeciwieństwie do rejestrów kinetycznych - użyty do rejestracji ośrodek jest nieruchomy, do potrzeb zaś rejestracji wykorzystuje się rozchodzenie się w tym ośrodku zaburzenia o charakterze mechanicznym lub elektromagnetycznym.

#### 41. Rejestry jednokrotne

Najważniejszym systemem rejestrów jednokrotnych są tzw. karty dziurkowane. Są one stosowane od dawna, jako środek wprowadzania danych do maszyn statystycznych, zwanych również maszynami analitycznymi.

	NR										SL. 4									
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
43	44	45																		

Rys. 4-1. Karta dziurkowana czterdziestopięcio-  
cyfrowa



Karty dziurkowane wykonywane są z cienkiego kartonu. Oznaczenia liczby na karcie następują przez wybicie otworów w odpowiednich miejscach karty. Na rysunku 4-1 podany jest układ karty czterdziestopięcio cyfrowej. Stosowane są również karty osiemdziesięcio cyfrowe. Odczyt zarejestrowanych w karcie danych odbywa się w ten sposób, że karta przesuwana się na podłożu metalowym wzdłuż swego boku a szczotki umieszczone w położeniach odpowiadających poszczególnym wierszom lub kolumnom dociskają ją do podłoża. Przy natrafieniu na otwór w karcie szczotka daje krótkotrwały styk z podłożem, powstający zaś przy tym impuls prądu zostaje zarejestrowany elektrycznie.

Znaczenie kart dziurkowanych, jako środka wprowadzenia danych do elektronowych maszyn cyfrowych i otrzymywania wyników obliczeń na tych kartach, wynika z uzyskiwanej na tej drodze łatwości współpracy maszyn cyfrowych z analityczno-liczącymi oraz możliwości korzystania z różnego rodzaju istniejących już maszyn pomocniczych, jak dziurkarki, dziurkarki kontrolne itd.

Drugim ważnym systemem rejestrów jednokrotnych są taśmy dziurkowane, z reguły taśmy papierowe. Rejestracja odbywa się tu, podobnie jak na kartach dziurkowanych, przez wybijanie otworów. Odczyt odbywa się drogą elektryczną w sposób podobny, jak przy kartach dziurkowanych. Praktyczne znaczenie taśm dziurkowanych, jako środka wprowadzania danych do maszyn cyfrowych wynika z możliwości wykorzystywania techniki dalekopisowej, a więc samych dalekopisów oraz maszyn pomocniczych, przede wszystkim perforatorów i reperforatorów.

Trzecim środkiem rejestracji trwałej jest taśma fotograficzna. Szybkość rejestracji jest tu oczywiście mała i czas oczekiwania duży. Odczyt odbywa się na drodze fotoelektrycznej. Znaczenie praktyczne tego systemu polega na taniości rejestracji oraz małej objętości rejestru. Przy użyciu taśmy kinematograficznej i zapisie jednego bina na powierzchni o wymiarach 0,25x0,5 mm można zarejestrować około dwudziestu pięciu milionów binów na decymetr sześcienny. Rejestracja fotograficzna nadaje się do stosowania na wyjściu z maszyn cyfrowych.

## 42. Tory opóźniające i rejestry falowe

420. Zasady ogólne. Zasadniczą częścią każdego rejestru falowego jest tor opóźniający, tzn. taki element, że sygnał przyłożony na jego wejściu ukazuje się na wyjściu dopiero po upływie pewnego czasu. Czas ten będziemy nazywali opóźnieniem toru. Jeśli zaopatrzymy tor opóźniający w urządzenie, które będzie wzmacniało sygnał otrzymany na wyjściu z toru, a następnie wprowadzało go ponownie na wejście, to otrzymamy w ten sposób rejestr półtrwały.

W zasadzie zatem każdy tor opóźniający może być podstawą do budowy rejestru falowego. W praktyce znalazły zastosowanie dwa rodzaje torów opóźniających: elektromagnetyczne i ultradźwiękowe. Tory elektromagnetyczne są stosowane same przez się, tzn. jako elementy opóźniające, tory ultradźwiękowe zaś, jako składniki rejestrów falowych.

421. Elektromagnetyczne tory opóźniające. Dla zapewnienia prawidłowej pracy maszyny cyfrowej oraz jej ekonomicznej konstrukcji pożądane jest, aby tory opóźniające czyniły zadość wymaganiom następującym:

- a. mała szybkość rozchodzenia się fali,
- b. małe tłumienie,
- c. małe zniekształcenia amplitudowe,
- d. małe zniekształcenia fazowe.

Istnieją trzy rodzaje możliwych rozwiązań elektromagnetycznych torów opóźniających, mianowicie: układy łańcuchowe, tory elektrycznie długie oraz prowadnice falowe.

Prowadnice falowe, ze względu na dużą szybkość rozchodzenia się w nich zaburzeń, nastroczą znaczne i łatwe zresztą do przewidzenia komplikacje konstrukcyjne. Jeśli chodzi o tory długie, to dla uzyskania małej szybkości buduje się z reguły, jako tzw. tory spiralne, tzn. takie, w których jeden z przewodów ma kształt spirali. Jeśli spiralą jest przewód wewnętrzny, to przewód zewnętrzny wykonuje się w postaci opłotu.

Szybkość rozchodzenia się fali wzdłuż osi toru spiralnego może być obliczona z tego, że w ośrodku o stałej dielektrycznej równej jedności szybkość

rozchodzenia się wzdłuż przewodu jest dość dokładnie równa szybkości światła. Teoretycznym ograniczeniem zakresu przenoszenia toru spiralnego jest taka częstotliwość, przy której na jednym zwoju mieści się pół długości fali. Praktycznie użyteczny zakres przenoszenia jest znacznie mniejszy ze względu na szybki wzrost tłumienia wraz z częstotliwością; nie przekracza on na ogół kilkudziesięciu Mc/s.

W pewnym typie toru spiralnego średnica rury izolacyjnej z saranu, na której jest nawinięty przewód wewnętrzny, jest 4,8 mm, średnica tego przewodu jest 0,09 mm, gęstość nawinięcia - 109 zw/cm, warstwa izolacyjna wykonana z acetobutyratu celulozy ma grubość 40 mikronów, przewód zewnętrzny jest wykonany jako opłot z drutów emaliowanych o średnicy 0,12 mm. Indukcyjność jednostkowa jest około 20  $\mu\text{H}/\text{cm}$ , pojemność - około 16  $\mu\text{F}/\text{cm}$ , opór falowy - około 1100  $\Omega$ , szybkość rozchodzenia się - około 550 km/s, zatem długość toru na jeden bin przy impulsach następujących po sobie w odstępach jednej mikrosekundy jest 55 cm.

Układy łańcuchowe są z punktu widzenia schematowego wielosekcyjnymi filtrami dolnoprzepustowymi. Opóźnienie w sekundach na jedną sekcję filtru typu podstawowego jest  $\sqrt{LC}$ , gdzie L jest całkowitą indukcyjnością, a C - całkowitą pojemnością sekcji. W filtrach tego typu zachodzi duża dyspersja częstotliwości i spowodowane przez nią zniekształcenia impulsów. Z tego względu korzystne jest stosowanie dolnoprzepustowych filtrów m-pochodnych, w których można uzyskać w pewnej części pasma przepuszczanego nieznaczną tylko zależność opóźnienia od częstotliwości. Przy stosowaniu elementów o dostatecznie małych wymiarach można zredukować szybkość rozchodzenia się zaburzenia wzdłuż filtru do około jednej dziesięciotysięcznej części szybkości światła.

Praktyczny zakres zastosowań elektromagnetycznych torów opóźniających ogranicza się do uzyskiwania opóźnień rzędu kilku mikrosekund. Jest to w znacznej mierze spowodowane stosunkowo dużym tłumieniem, które dla torów spiralnych wynosi w najlepszym przypadku około trzech decybeli na mikrosekundę, dla układów zaś łańcuchowych niewiele mniej.

422. Rejestry ultradźwiękowe. Elementami opóźniającymi rejestrów ultradźwiękowych są tory, w któ-



rych rozchodzą się impulsy ultradźwiękowe. Koniecznymi elementami uzupełniającymi są: modulowany generator częstotliwości nośnej, przetworniki elektroakustyczne nadawczy i odbiorczy, detektor, wzmacniacz i kilka bramek. Sygnałem modulującym jest tu impuls podlegający rejestracji. Przy rejestracji cyfry "1", podczas trwania impulsu generatora sterującego, generator modulowany wysyła na tor sygnał, składający się z kilku okresów częstotliwości nośnej o obwiedni ustalonej przez kształt impulsu generatora sterującego. W przerwie między impulsami energia na tor opóźniający nie jest wysyłana. Znak "0" może być rejestrowany w dwojaki sposób. Można w ogóle nie wysyłać impulsu lub też zmieniać nieco częstotliwość generatora modulowanego.

Opóźniający tor ultradźwiękowy powinien mieć właściwości następujące:

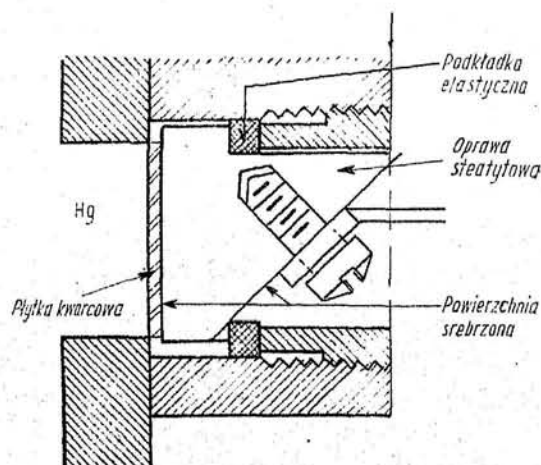
- a. małe strumienie,
- b. małe zniekształcenia amplitudowe,
- c. małe zniekształcenia fazowe,
- d. możliwie dobre dopasowanie przetwornika do ośrodka przenoszącego impulsy,
- e. mała zależność szybkości rozchodzenia się od temperatury.

Warunki b i d są zgodne. Wynika to z okoliczności, że przy dobrym dopasowaniu przetwornika do ośrodka przenoszącego tłumienie przetwornika jest duże, a tym samym przetwarzanie różnych częstotliwości mniej więcej równomierne. Ponieważ nierównomierne przetwarzanie jest źródłem poważnych zniekształceń amplitudowych toru jako całości, usunięcie tych zniekształceń ułatwia spełnienie warunku b.

O dopasowaniu ośrodka do przetwornika decyduje stosunek tzw. impedancji ośrodków, z których każda jest iloczynem  $\rho v$ , gdzie  $\rho$  oznacza gęstość,  $v$  - szybkość rozchodzenia się fali. Gazy pod normalnym ciśnieniem są dopasowane bardzo źle do wszelkich materiałów nadających się na przetworniki elektroakustyczne. Poza tym tłumienie fal dźwiękowych w gazach w interesującym nas zakresie częstotliwości jest bardzo duże, wobec czego nie jest możliwe spełnienie warunku a. Użycie ciała stałego, jako ośrodka przenoszącego, jest zawsze związane z obawą powstawania drgań innego

rodzaju niż podłużnych. Nie jest to trudność zasadnicza, ale wynika z tego, że najlepiej na ośrodek przenoszący nadają się płyny. Konkretny dobór musi opierać się na przyjętym materiale przetwornika. Przy kwarcu najlepsze dopasowanie zapewnia użycie rtęci.

Szybkość rozchodzenia się dźwięku w rtęci jest  $1,45 \cdot 10^5$  cm/s i nie zależy w sposób dostrzegalny od częstotliwości. Jeżeli częstotliwość generatora sterującego jest 1 Mc/s, to długość drogi przebywanej przez impuls w ciągu jednego okresu jest 0,145 cm, zatem na drodze 75 cm można zmieścić około 500 impulsów.



Rys. 4-2. Przekrój uchwyty rury w rejestrze ultradźwiękowym.

Płytki kwarcowe powinny być cięte w taki sposób, aby wszystkie punkty powierzchni stykającej się z rtęcią drgały z tą samą fazą. Zazwyczaj jest tu używane cięcie X. Płytki po stronie nadawczej i odbiorczej powinny być do siebie możliwie dokładnie równoległe.

Tor opóźniający, jako całość, ma kształt napełnionej rtęcią rury, po obu stronach której są umieszczone płytki kwarcowe. Dla uniknięcia interferencji z falami, promieniowanymi przez tylne strony płytek kwarcowych, konstrukcyjne zakończenia rury otrzymują kształt ścięty pod kątem  $45^\circ$  (rys. 4-2).

Częstotliwość fali nośnej jest zazwyczaj kilka do kilkunastu razy większa od częstotliwości generatora sterującego. Tłumienie jest proporcjonalne do kwadratu częstotliwości i dla 10 Mc/s wynosi 5 db/ms opóźnienia.

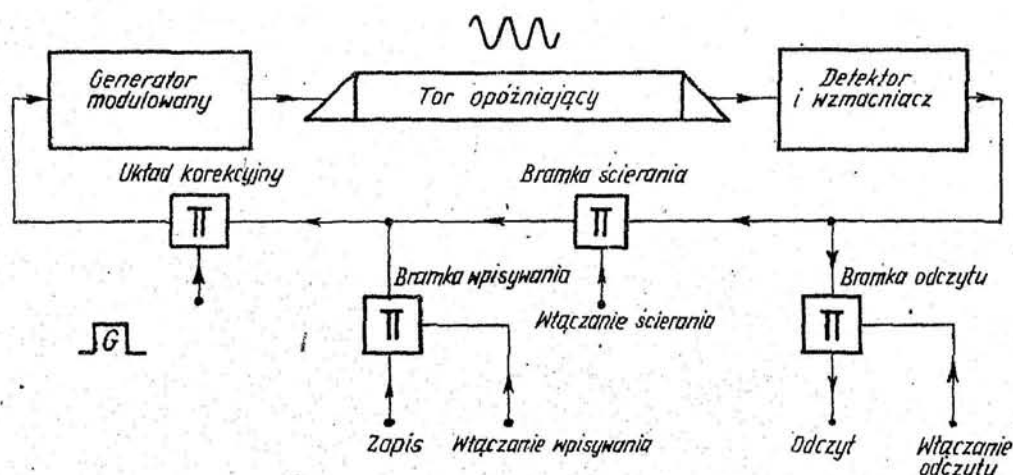
Jedną z znacznych trudności, która powstaje przy realizacji rejestru ultradźwiękowego, wynika ze stosunkowo dużej zależności szybkości fali dźwiękowej w rtęci od temperatury. Współczynnik cieplny szybkości wynosi mianowicie około  $-0,000296/^{\circ}\text{C}$ . Przypuśćmy, że w torze mieści się 500 impulsów. Ponieważ wszystkie przebiegi w maszynie odbywają się w rytmie impulsów generatora sterującego, to czas przejścia impulsów przez tor ultradźwiękowy powinien być wielokrotnością okresu tego generatora, np. wyrażać się w całych mikrosekundach, a to w tym celu, aby impulsy wychodzące zjawiały się synchronicznie z impulsami generatora sterującego. Przypuśćmy, że temperatura toru wzrosła o  $3^{\circ}\text{C}$ . Impulsy zaczną opóźniać się wówczas o mniej więcej pół mikrosekundy, czyli będą trafiały między impulsy generatora sterującego, co oczywiście całkowicie uniemożliwi pracę maszyny. Z tego względu należy utrzymywać temperaturę rtęci o tyle stałą, aby wahania czasu przejścia impulsów przez tor nie przekraczały ułamka czasu trwania pojedynczego impulsu. Jeśli wszystkie tory opóźniające maszyny znajdują się we wspólnym termostacie, to czas przejścia impulsu przez rtęć może być wykorzystywany do regulacji częstotliwości generatora sterującego w taki sposób, aby zapewnić potrzebny synchronizm.

Kierunkowość promieniowania energii ultradźwiękowej przez kwarc jest bardzo duża. Przy średnicy płytki kwarcowej 0,75 cm i częstotliwości nośnej równej 15 Mc/s połowa kąta wierzchołkowego stożka przechodzącego przez pierwsze minimum charakterystyki przestrzennej promieniowania jest zaledwie  $0,9^{\circ}$ . Pozwala to na umieszczanie większej liczby torów - rzędu kilkunastu - we wspólnym naczyniu z rtęcią. Zaletą takiej konstrukcji jest m.in. zmniejszenie tłumienia wprowadzanego przez ścianki naczynia.

Schemat blokowy wykorzystania toru opóźniającego jest pokazany na rys. 4-3. Działanie tego układu jest następujące. Impulsy, które reprezentują cyfry,



są przykładane do zacisku "Zapis" i przechodzą przez bramkę zapisu do spójnika "i", którego zadaniem jest korygowanie tych impulsów przez impulsy generatora sterującego. Skorygowane impulsy moduluje generator, którego częstotliwość nośna jest mniej więcej równa częstotliwości rezonansowej kwarcu. Po przetworzeniu przez kwarc nadawczy, impulsy wędrują przez rtec, na końcu toru zostają przetworzone przez kwarc odbiorczy, ulegają detekcji i wzmocnieniu, wreszcie dostają się na wejście bramki ścierania. Jeśli potencjał kontrolujący tę bramkę pozostawia ją otwartą, to impulsy ponownie dochodzą na wejście układu korekcyjnego i obieg ich powtarza się.



Rys. 4-3. Schemat blokowy rejestru falowego

Zapis obiegający tor może być odczytany na wyjściu ze wzmacniacza, jeśli potencjał na zacisk "Włączanie odczytu" otworzy bramkę odczytu. Wykonanie odczytu nie zmienia stanu zapisu. Jeśli natomiast bramka ścierania zostanie zamknięta przez potencjał przyłożony na zacisk "Ścieranie", to obieg zapisu zostanie przerwany i cały zapis lub jego część - zależnie od czasu trwania tej przerwy - zostanie skreślony i jego miejsce zwolnione dla innego zapisu.

Czas oczekiwania rejestru ultradźwiękowego jest zmienną losową o rozkładzie równomiernym. Jest on sumą dwóch czasów, z których jeden jest stały, drugi, jest zmienny, przy czym prawdopodobieństwo przyjęcia przezeń jakiegokolwiek wartości, leżącej w przedziale od zera do wartości największej, równej opóź-



nieniu toru, jest stałe. Przeciętny czas oczekiwania, wobec tego, że stały składnik jest niewielki, jest tylko nieco większy od połowy opóźnienia toru. Wzrost pojemności jednostki rejestru ultradźwiękowego, tzn. kompletu zawierającego tor opóźniający, generator, wzmacniacz i inne urządzenia pomocnicze, powoduje proporcjonalny wzrost przeciętnego czasu oczekiwania.

Skrócenie tego czasu przy niezmienniej pojemności rejestru można osiągnąć tylko przez stosowanie większej liczby jednostek o mniejszej pojemności każda. Wyposażenie jednostki rejestru nie zależy od długości toru. Tym samym nie zależy od długości toru, a zatem i od pojemności jednostki koszt jej wyposażenia, koszt natomiast samego toru opóźniającego rośnie wolniej niż proporcjonalnie do długości. W konsekwencji całkowity koszt rejestru ultradźwiękowego jest prawie dokładnie odwrotnie proporcjonalny do czasu oczekiwania. Ponieważ koszt ten jest znaczny, to przy projektowaniu rejestrów ultradźwiękowych punkt widzenia osiągnięcia dostatecznie małego przeciętnego czasu oczekiwania nie gra większej roli.

### 43. Rejestry kinetyczne

Spośród rejestrów kinetycznych dwa rodzaje mają znaczenie praktyczne: magnetofonowe i bębnowe.

Fizyczna zasada rejestracji w rejestrach magnetofonowych jest ta sama, co w rejestracji dźwięku. Do rejestracji używa się drutu lub taśmy. Materiał magnetyczny, w którym dokonuje się rejestracji, może być masywny lub też stanowić powłokę na rdzeniu niemagnetycznym. Rdzeń bywa wykonywany z metalu lub z materiału syntetycznego.

Szybkość wpisywania lub odczytywania jest kilkaset do kilku tysięcy binów na sekundę. Taśma zawiera kilka ścieżek zapisu i jedną ścieżkę kontrolną. Gęstość zapisu w każdej ścieżce waha się od paru do kilkadziesiątu binów na milimetr. Czas oczekiwania na informację zarejestrowaną na odcinku taśmy bliskim głowicy jest rzędu wielkości sekund, natomiast przeciętny czas oczekiwania jest rzędu minut.

W rejestrach bębnowych materiał magnetyczny, w którym następuje rejestracja, pokrywa powierzchnię

boczną szybko wirującego bębna metalowego. Zarówno średnica, jak i długość tworzącej takiego bębna sięgają w największych urządzeniach prawie jednego metra. Szybkość zapisywania lub odczytywania jest rzędu 100 000 binów/s, zatem magnesowanie poszczególnych obszarów materiału magnetycznego musi odbywać się w ciągu niewielu mikrosekund. Przy tak dużych szybkościach magnesowania prądy wirowe grają dużą rolę. Zwiększają one moc potrzebną do magnesowania oraz ograniczają przenikanie pola magnetycznego w głąb materiału. Z tego względu pożądanym jest materiał o dużym oporze właściwym nakładany w cienkich warstwach. W niektórych konstrukcjach zastosowano w tym celu nikiel, ale przeważnie używa się materiałów ferrytowych. Grubość warstwy waha się od kilku do kilkunastu mikronów. Magnesowanie materiału odbywa się wzdłuż obwodu. Głowice są przeważnie typu toroidalnego wykonane z kilku blach o grubości co najwyżej około 0,1 mm z materiału o dużej przenikalności początkowej. Grubość głowicy razem z obudową nie przekracza 3 mm, średnica jest około 20 mm lub mniej. Uzwojenie zawiera kilkadziesiąt zwojów. Amplituda prądu przy zapisie jest rzędu paruset mA, amplituda napięcia przy odczycie jest rzędu paruset  $\mu$ V czasem więcej, opór pozorny głowicy jest rzędu kilku omów.

Obok czynności wpisywania i odczytywania niektóre systemy zapisu wymagają magnetycznego ścierania istniejącej rejestracji przed wpisaniem nowej.

Dla uzyskania dostatecznie małego czasu oczekiwania szybkość wirowania bębna powinna być odpowiednio duża, co prowadzi z kolei do dużych szybkości obwodowych. W różnych konstrukcjach szybkości te zawierają się przeważnie w granicach od 7,5 do 40 m/s. Przy tak wielkich szybkościach nie można już dopuścić, ze względu na ścieralność, styku między głowicą a bębniem. Z drugiej strony szczelina powietrzna między nimi powinna być możliwie mała przede wszystkim dla otrzymania dostatecznie dużego sygnału przy odczycie. Praktycznie pożądana szczelina jest rzędu 50  $\mu$  lub mniej. W niektórych konstrukcjach osiągnięto szczeliny 10 do 12 mikronów.

Przy tak małych szczelinach wymagana jest dokładność wykonania powierzchni bębna rzędu 2  $\mu$  oraz bardzo staranne zrównoważenie dynamiczne. Są to warunki technologicznie trudne do spełnienia.

Każda głowica pokrywa swym zasięgiem pas materiału magnetycznego o szerokości około 3 mm. Każdy taki pas nazywa się ścieżką bębna. Liczba głowic zależy od liczby potrzebnych ścieżek i przy największych bębnach jest rzędu dwustu pięćdziesięciu. Optymalne warunki na głowicę zapisującą i na głowicę czytającą są nieco różne, ale ze względu na prostotę konstrukcji stosuje się ten sam typ głowic, po jednej na każdy tor.

Przy maszynie typu równoległego sąsiednie głowice są ustawiane obok siebie, tzn. równolegle do osi bębna. Wówczas zapis cyfr, przedstawiających określoną liczbę, zajmuje obszar materiału magnetycznego rozłożony wzdłuż tworzącej bębna. Zatem zapis jednej liczby zajmuje miejsce w poprzek pewnego zespołu ścieżek. Zespół taki nazywa się grupą ścieżek.

Jest rzeczą wygodną, aby liczba binów mieszczących się w każdym torze, a zatem i liczba liczb mieszczących się w jednej grupie torów była  $2^n$ , gdzie  $n$  jest liczbą naturalną. Położenie każdej liczby zarejestrowanej w pewnej ścieżce określamy za pomocą innej liczby, zwanej adresem wewnętrznym poprzedniej. Adresy wewnętrzne są też zapisane na bębnie. Do zapisu potrzebne są ścieżki pomocnicze, zwane adresowymi, w liczbie  $n$ .

Miejsce zapisu danej liczby na bębnie jest całkowicie określone przez podanie jej adresu wewnętrznego oraz numeru grupy ścieżek; obie te informacje łącznie stanowią adres zewnętrzny lub krócej adres liczby.

Poza ścieżkami rejestrującymi oraz adresowymi potrzebna jest jedna ścieżka do synchronizacji. Wirowanie bębna musi być zsynchronizowane z generatorem sterującym z dokładnością mniej więcej do jednej dziesiątej okresu podstawowego maszyny. Dla osiągnięcia tego celu bądź szybkość wirowania bębna musi być za pośrednictwem odpowiedniego serwo mechanizmu dopasowywana do częstotliwości generatora sterującego, bądź też - co, jak się zdaje, jest stosowane częściej - częstotliwość generatora musi być uzależniona od szybkości obrotowej bębna. Do potrzeb tego lub innego systemu służy właśnie ścieżka synchronizacyjna.

W niektórych rozwiązaniach konstrukcyjnych liczby są rejestrowane wzdłuż ścieżki. Rejestry bębnowe tego typu lepiej nadają się do maszyn typu szeregowego niż równoległego.

Lampowe wyposażenie rejestru bębnowego jest duże; liczba lamp zawiera się - zależnie od wielkości bębna - w granicach mniej więcej od 600 do 1200. Stosunek liczby lamp do pojemności, decydujący o koszcie rejestru, jest jednakże mały. W mniejszych urządzeniach jest on rzędu 10 lamp na 1000 binów, w największych jest on mniej więcej dziesięciokrotnie mniejszy. Dla zmniejszenia wyposażenia lampowego stosuje się przełączniki elektronowe synchroniczne dołączające wzmacniacze do kolejno pracujących grup głowic.

Czas oczekiwania w rejestrach bębnowych - podobnie jak w ultradźwiękowych - jest zmienną losową o rozkładzie równomiernym. Przeciętny czas jest niewiele większy od połowy czasu obrotu bębna.

#### 44. Rejestry statyczne

440. Zasady ogólne. W rejestrach kinetycznych i w rejestrach falowych zasadniczy układ rejestru jest wyznaczony przez jego typ oraz właściwości fizyczne ośrodka użytego do rejestracji. W tych rejestrach statycznych, natomiast, w których mamy do czynienia z oddzielnymi elementami rejestracyjnymi, sposoby wykorzystywania tych elementów, a zatem i układy rejestrów mogą być rozmaite. Można odróżnić co najmniej trzy układy rejestrów statycznych, mianowicie indywidualny, macierzowy i liniowy. Zasadnicze cechy tych trzech układów są w pewnej mierze niezależne od właściwości fizycznych elementów używanych do rejestracji.

W układzie indywidualnym jeden zacisk każdego elementu w rejestrze jest uziemiony, drugi zaś - wyprowadzony indywidualnie (rys. 4-4). W rejestrach o b. małej pojemności - rzędu wielkości dziesiątków lub setek binów - taki układ, ze względu na swą prostotę, może być z korzyścią stosowany. Wraz ze wzrostem pojemności coraz poważniejszy staje się problemat odnajdowania potrzebnego zapisu, problemat