

TAK INIE – KLUCZ DO MINIKOMPUTERA

(Część VII)

Maszyna szeregową

Na podstawie informacji podanych w poprzednich odcinkach cyklu poznaliśmy zasady działania maszyny równoległej. Nietrudno było spostrzec, że taka maszyna składa się z wielu jednolitych konstrukcyjnie układów, wykonujących określone i jednakowe czynności, np. w n -pozycyjnym sumatorze równoległym pracuje n sumatorów jednopozycyjnych. Chociaż nasze konstrukcje były niezmiernie proste, to rozpatrując je można na podstawie analizy wyciągnąć nieco dalej idące wnioski, dotyczące zasad funkcjonowania układów równoległych.

Jeżeli pominiemy pewne szczegóły, to możemy powiedzieć, że istotą maszyny równoległej jest jednoczesne wykonywanie elementarnych czynności operacyjnych, co prowadzi bezpośrednio do uzyskania oczekiwanego efektu. Tak więc cały proces obliczeniowy odbywa się w jednym kroku (jednym cyklu pracy), a czas wykonywania obliczeń zależy głównie od czasu zadziałania elementów danego układu. Powyższego sformułowania nie należy jednak traktować zbyt ściśle, ponieważ wykonanie skomplikowanych operacji tylko w jednym cyklu pracy maszyny nie zawsze jest możliwe i w przypadku maszyn o praktycznym przeznaczeniu, następcza wiele trudności oraz przysparza szalonych kosztów. Tym niemniej buduje się maszyny pracujące w sposób równoległy, przeznaczone do celów militarnych, gdyż koszty nie odgrywają tam większej roli.

Obok maszyn równoległych buduje się również maszyny pracujące w sposób szeregowy. Dla wyjaśnienia zasady funkcjonowania maszyny szeregowej, posłużymy się przykładem.

Jeśli uważnie prześledzimy „pisemny” sposób sumowania liczb, którym zazwyczaj się posługujemy, to zauważymy, że wykonujemy następujące czynności:

- 1) zapisujemy liczby, które chcemy sumować, odpowiednio jedną pod drugą,
- 2) sumujemy cyfry pierwszej pozycji, począwszy od prawych skrajnych cyfr,
- 3) zapisujemy wynik sumowania cyfr,
- 4) zapisujemy (w pamięci) cyfrę przeniesienia na pozycję następną,
- 5) sumujemy cyfry następnej pozycji wraz z cyfrą przeniesienia na tę pozycję,

- 6) powtarzamy czynności jak w punkcie 3,
 - 7) powtarzamy czynności jak w punkcie 4,
 - 8) powtarzamy czynności jak w punkcie 5 (czyli przechodzimy do pozycji wyższej od poprzedniej o 1),
 - 9) powtarzamy czynności jak w punkcie 3,
 - 10) powtarzamy czynności jak w punkcie 4 itd.
- W powyższy sposób postępujemy aż do ostatniej pozycji sumowanych liczb.

Nietrudno zauważyć, że całą operację sumowania rozdzielamy na szereg elementarnych kroków, których liczba zależy od ilości pozycji sumowanych liczb. W każdym kroku powtarzamy tę samą czynność. Jeśli potrafimy zbudować urządzenia postępujące analogicznie jak w podanym przykładzie, to otrzymamy maszynę szeregową. Idea takiej maszyny jest zatem dość prosta – maszyna szeregową wykonuje obliczenia w wielu krokach, a w każdym z nich powtarza jednakowe, elementarne czynności, co w efekcie prowadzi do oczekiwanego wyniku.

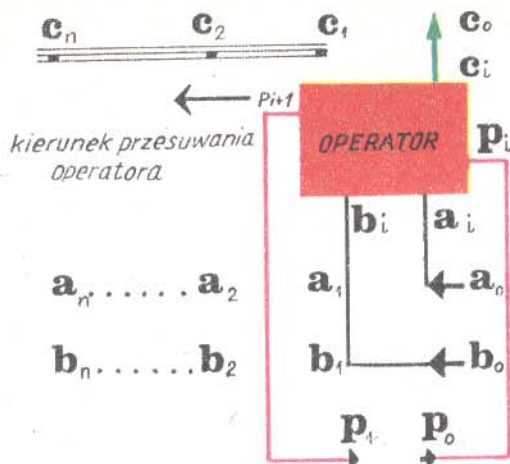
Czas wykonania pełnego obliczenia przez maszynę szeregową jest więc zależny od liczby kroków elementarnych, potrzebnych do przeprowadzenia danego obliczenia, i wzrasta w miarę komplikacji obliczeń. Kosztem tego czasu uzyskuje się jednak znaczne ograniczenie liczby elementów maszyny szeregowej, w porównaniu z maszyną równoległą.

Współczesne maszyny cyfrowe wykonuje się jako szeregowo-równoległe. Ich konstrukcja jest wynikiem kompromisu między kosztami i czasem pracy. (Np. sumowanie sposobem szeregowo-równoległym polega na wykonywaniu operacji elementarnych jednocześnie na kilku pozycjach, co w wyniku prowadzi do zmniejszenia liczby niezbędnych kroków).

Podczas konstruowania maszyn szeregowych pojawiają się istotne problemy dotyczące sterowania i synchronizacji pracy poszczególnych podzespołów maszyny, które w warunkach amatorskich są trudne do rozwiązania. Lepiej więc poprzestać na prostych układach niż narażać się na rozczarowanie.

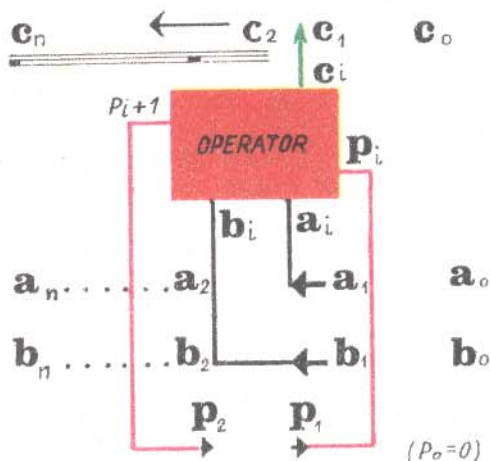
Model maszyny szeregowej

Schemat blokowy maszyny przedstawiliśmy na rys. 1. Zasadniczym elementem maszyny jest operator, który przesuwając się względem kolejnych pozycji liczb wykonuje czynności wymienione wyżej w punktach. W położeniu z rys. 1 operator wykonuje pierwszy krok, to znaczy sumuje cyfry, a_0, b_0, p_0 , zapisuje wynik sumowania c_0 oraz wpisuje na drugiej pozycji przeniesienie p_1 . Na rys. 2 pokazany został operator w drugim kroku.



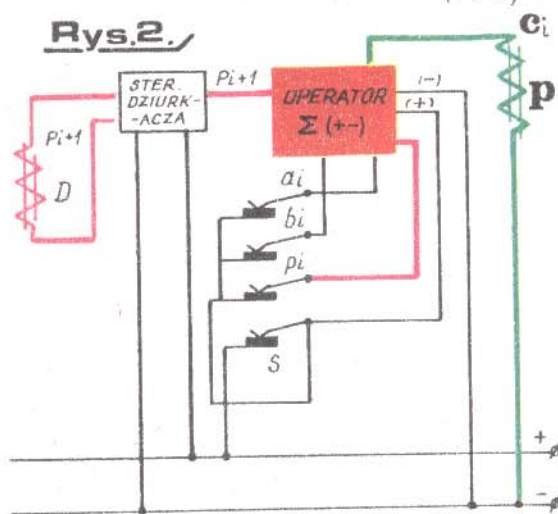
Rys.1.

($p_0=0$)



Rys.2.

($p_0=0$)



Rys.3.

Schemat elektryczny maszyny przedstawiono na rys. 3. Funkcje operatora pełni tu jednopozycyjny sumator uniwersalny, uzupełniony urządzeniem notującym wyniki c_i oraz urządzeniem notującym przeniesienia p_{i+1} .

W maszynie równoległej do wprowadzania danych stosowaliśmy wyłączniki, a do ich wyprowadzania żarówki. W maszynie szeregowej posłużył się taśmą papierową (np. od maszyny kasowej), będzie ona pełniła funkcję pamięci. Na rys. 4 pokazano przykład kodowania taśmy. Taśmę koduje się ręcznie, np. za pomocą biurowego dziurkacza. Na taśmie zakodowano w systemie dwójkowym liczby $a = 13$ i $b = 11$. Na rys. 5 pokazano ten sam fragment taśmy po wykonaniu operacji sumowania. Kreski, zaznaczone przez urządzenie notujące wyniki (pisak P na rys. 3), oznaczają sumę liczb a i b ($a + b = 24$), natomiast otworki, oznaczone kolorem czerwonym, odpowiadają przeniesieniom, które w czasie przesuwania taśmy względem operatora wykonało urządzenie notujące przeniesienia (dziurkacz D na rys. 3). Rys. 6 przedstawia szkic stolika do prowadzenia taśmy z orientacyjnym rozmieszczeniem elementów. Ze wszystkimi otworkami w taśmie współpracują sprężyste styki, odpowiadające cyfrom a_i , b_i , p_i . Styki oznaczone symbolem s sterują pracą maszyny. Średnica otworów w taśmie, wchodzących pod styki s , jest nieco mniejsza od średnicy pozostałych otworów w taśmie. Wskutek tego zamknięcie styków s następuje dopiero po ewentualnym zamknięciu innych styków, a ich otwarcie przed otwarciem innych styków. Zauważmy, że otwory s znajdują się na każdej pozycji, niezależnie od wartości cyfr na pozycjach. Styki s pełnią więc funkcje zegara włączającego i wyłączającego (sterującego) w odpowiednich momentach operatora.

Taśmę przesuwamy ręcznie lub używając silnika. Ważne jest, żeby otworki w taśmie były wykonane dokładnie i odpowiadały położeniu styków, w przeciwnym razie maszyna będzie funkcjonowała wadliwie.

Taśmę należy prowadzić w wyprofilowanej rynience, umocowanej na stoliku zaopatrzonej w zespół styków, pisak oraz dziurkacz.

Pisak wykonujemy z elektromagnesu wyposażonego w sprężystą zworę połączoną z ołówkiem. Dziurkacz, wybijający otwory dla przeniesień, można wykonać z solenoidu, wciągającego miękkie rdzeń stalowy zakończony stempelkiem. Stempel, o średnicy 2-3 mm, powinien współpracować suwliwie z otworkiem wykonanym w stoliku. Końiec stempelka musi mieć ostre krawędzie i lekkie pochylenie płaszczyzny tnącej w stosunku do powierzchni taśmy.

2^7 2^6 2^5 2^4 2^3 2^2 2^1 2^0

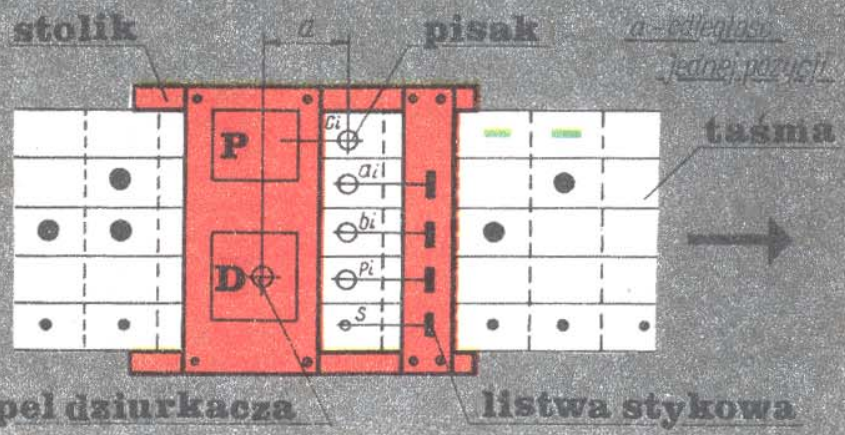
										wynik
								●	●	liczba a
								●	●	liczba b
										przeniesienia
●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	sterowanie

Rys.4

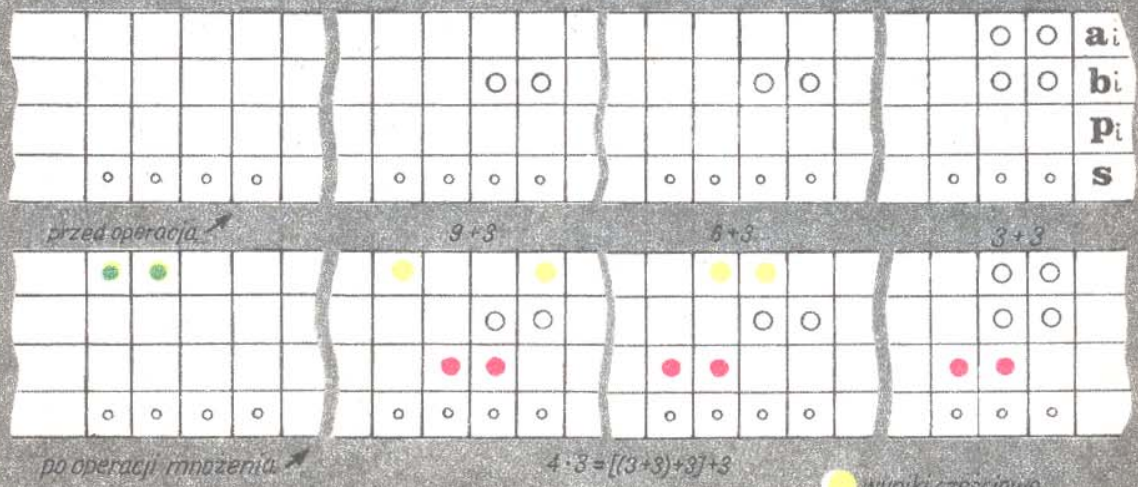
2^7 2^6 2^5 2^4 2^3 2^2 2^1 2^0

										wynik
								●	●	liczba a
								●	●	liczba b
								●	●	przeniesienia
●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	sterowanie

Rys.5



Rys.6



Rys.7

● wyniki czesciowe
● wynik koncowy
● przeniesienia

Do cewki (solenoidu) dziurkacza należy doprowadzić krótki impuls prądowy, powodujący gwałtowny skok stempli. Zbyt długi impuls spowoduje zablokowanie ruchu taśmy. Na ogół solenoid dziurkacza nie daje się sterować bezpośrednio sygnałem przeniesienia i powstaje konieczność stosowania dodatkowego przekaźnika. Ten dodatkowy przekaźnik wyzwala się sygnałem przeniesienia. Taka metoda daje możliwość zasilania solenoidu z osobnego źródła o odpowiedniej mocy i umożliwia uformowanie krótkiego impulsu, np. w układzie z kondensatorem. Ostateczne rozwiązanie pozostawiamy Czytelnikom. Ogólnie rzecz biorąc wykonanie dziurkacza nie jest łatwym zadaniem. Zamiast dziurkacza można zastosować pisak stawiający grube, czarne kreski i wykonać układ odczytywania przeniesień p_i w postaci przełącznika fotoelektrycznego. Majsterkowicze posiadający odpowiednie elementy mogą wykonać nawet wszystkie kontakty na przełącznikach fotoelektrycznych. W ten sposób uzyskuje się niekłopotliwe wpisywanie danych na taśmę i cichą, szybką pracę maszyny.

Opisana maszyna może wykonywać operacje sumowania i odejmowania liczb zapisanych w systemie dwójkowym. Liczby mogą być dowolnie duże, ograniczone jedynie długością taśmy.

Istnieje wiele możliwości modyfikacji i udoskonalenia opisanej maszyny. Jak wiadomo z arytmetyki, za pomocą sumowania można wykonywać wiele innych operacji. Warto więc przystosować nasz model do wykonywania np. mnożenia. W tym celu wystarczy zastąpić pisak wyników c_i dziurkaczem lub pisakiem i przełącznikiem fotoelektrycznym i przesunąć go o kilka pozycji w lewo, tak by wyniki były wybijane na linii liczby a . Wtedy wynik operacji sumowania (odejmowania) może służyć jako wynik częściowy do następnej operacji. Oczywiście, stolik maszyny musi być wtedy odpowiednio dłuższy. Na rys. 7 zamieszczono przykład kodowania taśmy dla mnożenia liczb $(4 \cdot 3)$ w systemie dwójkowym.

Zastosowanie dodatkowych ścieżek na taśmie i styków uruchamiających sterowanie rozkazami np. start, stop, +, -, przepisuj liczbę a , przepisuj liczbę b i innych, na tyle urozmaici funkcjonowanie maszyny, że posłuży ona z powodzeniem do nauki zasad programowania. Można też będzie wykonywać za pomocą modelu maszyny złożone operacje arytmetyczne, np. typu $[(a + b - c) \cdot d]^n$. Można też przyjąć zupełnie odmienne rozwiązanie pamięci np. tarcze lub walce z kołeczkami, obrotowe wybieraki telefoniczne z pamięcią na przekaźnikach, a nawet taśmę magnetyczną.

Włodzimierz Augustyniak