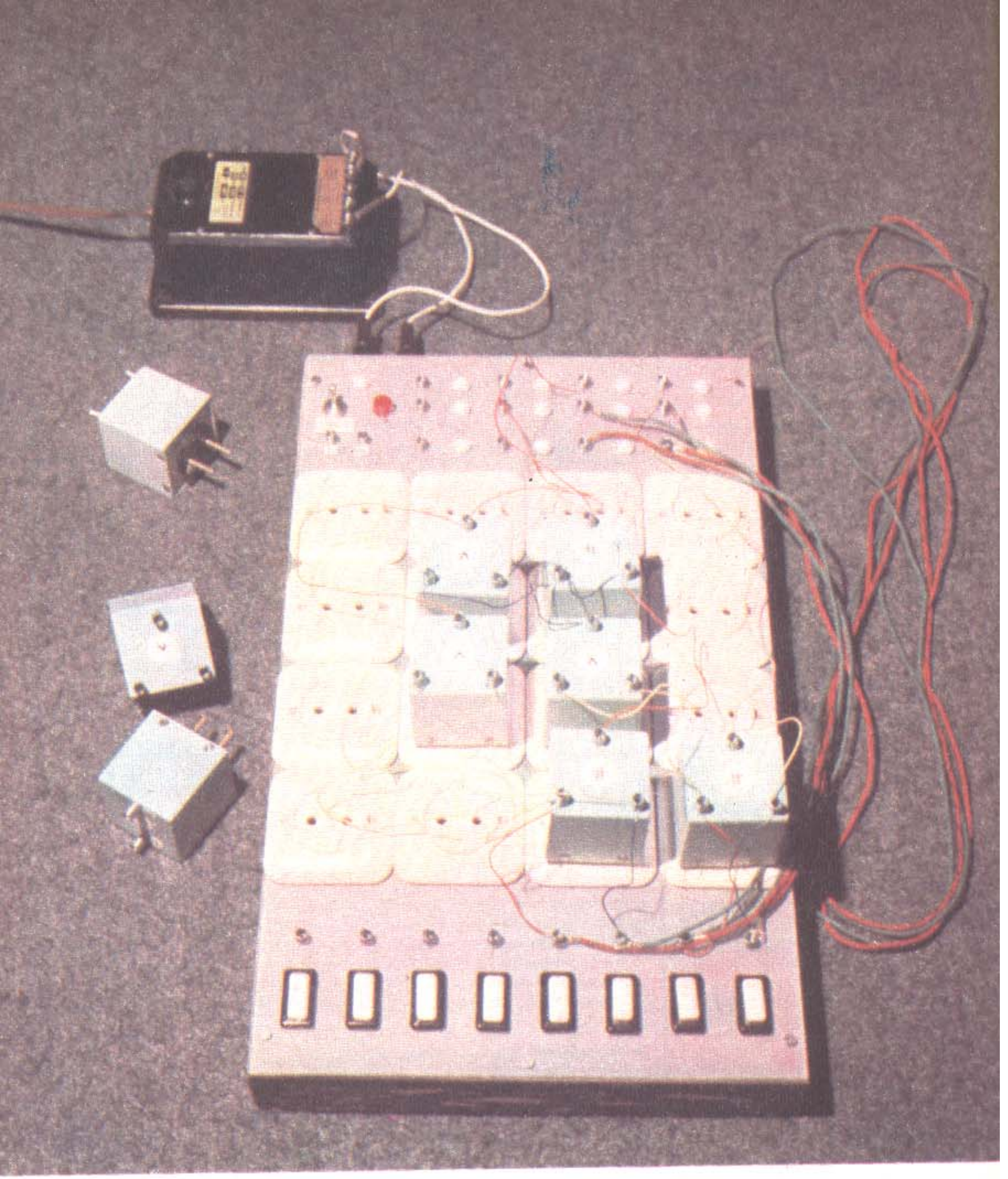


Przedstawione na fotografii urządzenie jest specjalnym zestawem automatów realizujących podstawowe funkcje logiczne, przeznaczonym dla celów dydaktycznych. Zestaw został zaprojektowany i wykonany w Instytucie Matematyki Uniwersytetu Warszawskiego przez doc. dr Lesława Szczerbę i autora artykułu zamieszczonego na sąsiedniej stronie. Za pomocą przedstawionego zestawu można budować różnorodne układy logiczne modelujące pracę podzespołów maszyn cyfrowych, sprawdzać definicje funkcji oraz podstawowe prawa logiki, a nawet montować sieci logiczne zastępujące partnera w prostych grach liczbowych lub sterujące wybrane procesy. Dowolny układ logiczny buduje się przez składanie z elementarnych klocków-modułów i odpowiednie łączenie modułów w sieć logiczną.
Moduły, umieszczone na postumencie operacyjnym zestawu, połączone są w sieć logiczną modelującą pracę sumatora binarnego o dwóch pozycjach.
Wszystkich Czytelników, którzy chcieliby zbudować wybrany układ lub model minikomputera czy też wykorzystać w innym celu podane w artykule wiadomości, zapraszamy do wspólnych rozważań nad zasadami działania podstawowych elementów maszyny cyfrowej.

TAK I NIE – KLUCZ DO MINIKOMPUTERA

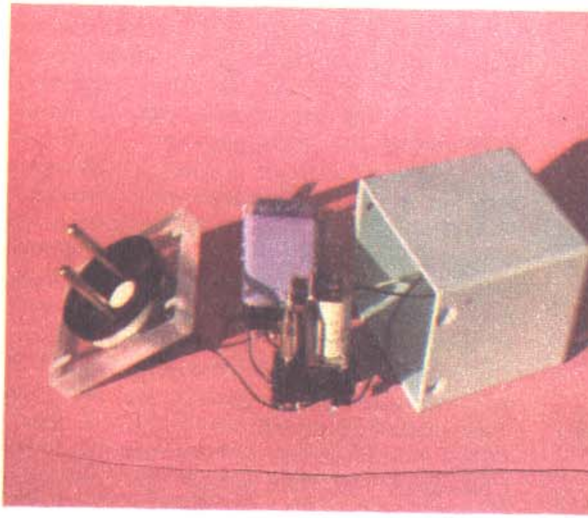
W ostatnim czasie na rynek światowy zaczęła się prawdziwa inwazja miniaturowych maszyn matematycznych, potocznie zwanych minikomputerami. Wprowadzono całą masę różnego rodzaju i o różnym przeznaczeniu minikomputerów, służących niemal w każdej dziedzinie życia, poczynając od domowej kuchni, a skończywszy na instytucie naukowym.

Niewielkie rozmiary, błyskawiczne wykonywanie operacji wielokrotnie przewyższające możliwości człowieka, wysoki poziom estetyczny obudowy i niewątpliwa przydatność praktyczna powodują, że minikomputery są towarem cenionym i chętnie nabywanym, chociaż nie zawsze jest to spowodowane rzeczywistymi potrzebami użytkowników. W niektórych krajach minikomputer, obok szerokiego zastosowania praktycznego, pełni uboczną rolę zabawki dla dzieci.

Dzieje maszyn matematycznych, a zatem i minikomputerów, sięgają starożytności. Minikomputer, nazywany też kalkulatorem, nie różni się w swej istocie od popularnego arytmometru mechanicznego czy najzwyklejszych w świecie liczydeł. Swoją współczesną postać minikomputer zawdzięcza najnowszym osiągnięciom techniki – w szczególności rozwojowi elektroniki i technologii półprzewodników. Jednak zasada działania tej maszyny opiera się na znanych od dawna podstawach matematycznych.

Tak więc matematyka, elektronika i miniaturyzacja, wczarowane w pudełeczko z łatwością mieszczące się na dłoni, czynią z nieporęcznych liczydeł wspaniały, nieoceniony wprost instrument pod warunkiem, że tą dłonią kieruje odpowiedni umysł. Niestety, zdarzają się też i ignoranci, którzy urządzają próby wyścigów w liczeniu z maszynami matematycznymi. Próba prześcignięcia w liczeniu minikomputera, o ile nie zna się szczegółów konstrukcyjnych urządzenia, najczęściej przynosi wiadomy i smutny rezultat. Urządzane jeszcze od czasu do czasu zawody szachowe człowiek – maszyna, jeżeli nie służą celom badawczym (ale czy mogą, jeśli są to zawody?) są chybione w samym założeniu. Mistrzowie szachowi niechętnie poddają się takim próbom, ponieważ doskonale o tym wiedzą, że kiedyś maszyna musi wygrać. Jest to tylko kwestia odpowiedniego programu dla odpowiedniej maszyny. Co innego, jeżeli na polu szachowym jako partnerzy do gry potykają się dwie, różne w konstrukcji, maszyny. Bo pomyślmy, czy warto urządzać wyścigi ze sprawnym samochodem na autostradzie albo też czy konkurs siłowy człowiek – dźwig może być zajmującym zajęciem? Niewątpliwie jednak gra z maszyną dostarcza wiele emocji, podobnie jak przypatrywanie się sztuczkom zręcznego iluzjonisty. Kiedy jednak jakiś bystry obserwator spostrzeże istotne momenty, natychmiast czarodziejski kapelusz iluzjonisty zamienia się w schowek, a lśniące rękawy fraka stają się pełne piłeczek, kolorowych chustek i tuzina innych

Wnętrze elementarnego klocka-modułu, który jest jednym z elementów urządzenia realizującego podstawowe funkcje logiczne (patrz fot. na sąsiedniej stronie)



przedmiotów. Podobnie w automatach do gier i w innych maszynach znajdują się zaszyfrowane przepisy postępowania, zwane algorytmami, których nieznajomość jest głównym źródłem wszelkiego rodzaju emocji.

Tych kilka słów wstępu ma na celu umocnienie Czytelnika w przekonaniu, że jak dotychczas, żadna maszyna nie jest niczym innym, jak tylko maszyną w pełnym tego słowa znaczeniu, nawet jeśli to jest maszyna matematyczna.

Minikomputer jest znacznie mniej skomplikowany od przeciętnej, stacjonarnej maszyny cyfrowej, jest właściwie mało rozbudowanym arytmometrem maszynowym, który wymaga sterowania ręcznego. Samodzielna budowa minikomputera odpowiadającego klasą konstrukcjom fabrycznym jest praktycznie nieopłacalna, chyba że dysponuje się gotowymi podzespołami. Można jednak z powodzeniem wykonać (i to z pełnym zrozumieniem) uproszczony model minikomputera wykonującego operacje na liczbach naturalnych. Czytelnicy, których zainteresuje ten artykuł, będą mieli okazję przypomnieć sobie niektóre pojęcia matematyczne i sporo pomajsterkować podczas przetwarzania tych pojęć w działanie elementów maszyn cyfrowych.

Pozycyjne układy liczenia

Wszyscy znamy dziesiątkowy układ liczenia, którym posługujemy się w życiu codziennym. Układ dziesiątkowy, nazywany też systemem dziesiątkowym, ma dziesięć znaków do zapisywania liczb, mianowiecie: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9. Liczby zapisane w systemie dziesiątkowym mają charakterystyczny podział na pozycje, zwane też rzędami, np. liczba 101 ma trzy rzędy: rząd jedności, rząd dziesiątek i rząd setek. Każda liczba w tym systemie liczenia daje się zapisać w postaci odpowiedniego ciągu znaków, z których każdy zajmuje odpowiednią pozycję, przy czym dziesięć jednostek niższej pozycji (rzędu) daje jedną jednostkę pozycji bezpośrednio wyższej. Ogólnie przyjęty sposób zapisu liczb w pozycyjnym, dziesiątkowym układzie liczenia ustala, że rząd jedności znajduje się z prawej, skrajnej strony ciągu znaków (cyfr) reprezentujących daną liczbę, rząd dziesiątek – na lewo od rzędu jedności, bezpośrednio po nim, rząd setek – na lewo od rzędu dziesiątek bezpośrednio po nim itd. ....

Cyfry są to symbole graficzne, znaki, służące do przedstawiania liczb i w żadnym razie nie należy utożsamiać cyfry z liczbą.

Liczba jest pojęciem czysto abstrakcyjnym!

Następujący przykład pozwoli lepiej zrozumieć tę subtelność, szczególnie złudną dla układu dziesiątkowego.

Zapiszemy ciąg cyfr przedstawiających liczbę – 234. Umówmy się teraz, że zmieniamy symbole graficzne cyfr. Niech cyfrę 2 zastąpi znak ★ (gwiazdka), niech cyfrą 3 będzie ○ (kółko) i odpowiednio cyfrą 4 – cyfra 1. Jeżeli zapiszemy liczbę 234 w nowym systemie znakowania, to graficznie przedstawi się ona w zupełnie innej postaci, a mianowicie ★ ○ 1. Rozumiemy jednak, że chodzi dokłanie o tę samą liczbę. Innym przykładem może być słowny zapis tej liczby – dwieście trzydzieści cztery. Znowu mamy do czynienia z tą samą liczbą, chociaż jej zapis wygląda zupełnie inaczej.

Mówiąc niezbyt precyzyjnie: liczba jest pojęciem, które powstaje i jest w naszym umyśle, natomiast to, co zapisujemy na tablicy czy na papierze, to nic innego jak trochę kredy czy tuszu ukształtowane według jakiejś umowy i wywołujące w naszej wyobraźni pojęcie liczby.

Oprócz dziesiątkowego, pozycyjnego układu liczenia stosuje się jeszcze inne pozycyjne układy liczenia. Dla maszyn matematycznych najbardziej odpowiednim układem liczenia okazał się pozycyjny układ liczenia o podstawie dwa, zwany krótko układem dwójkowym lub binarnym. Zanim jednak przejdziemy do układu dwójkowego, poznajmy jeszcze inny sposób zapisu liczby.

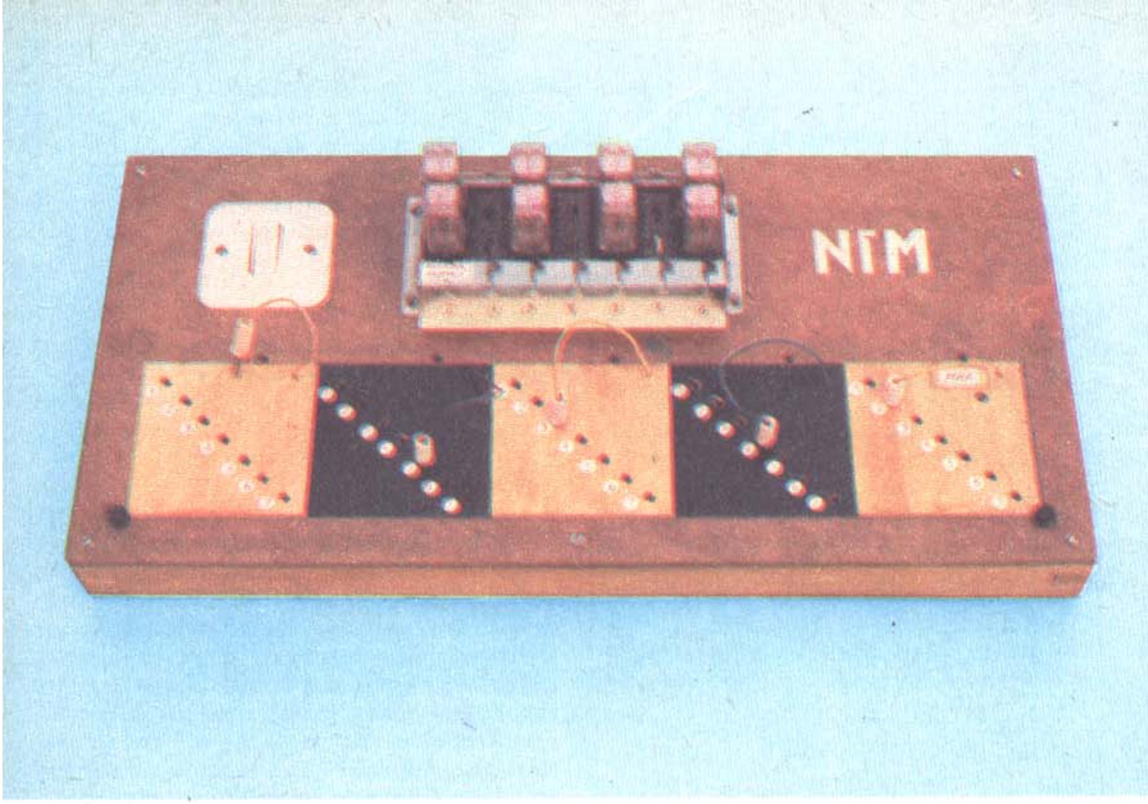
Weźmy liczbę 325. Przedstawmy tę liczbę w postaci sumy 300 + 20 + 5, a następnie w postaci $3 \cdot 10^2 + 2 \cdot 10^1 + 5 \cdot 10^0$. W podobny sposób można przedstawić dowolną liczbę np. 3241.

$3241 = 3000 + 200 + 40 + 1 = 3 \cdot 10^3 + 2 \cdot 10^2 + + 4 \cdot 10^1 + 1 \cdot 10^0$. Jak widzimy, takie rozwinięcie liczby wymaga wypisania kolejnych potęg podstawy liczenia, począwszy od potęgi zerowej, wymnożenia tych potęg odpowiednio przez liczbę jedności, dziesiątek, setek itd. i następnego zsumowania powstałych iloczynów. Powyższy sposób zapisu znakomicie ułatwia tabelka:

10^3	10^2	10^1	10^0
liczba tysięcy	liczba setek	liczba dziesiątek	liczba jedności
IV	III	II	I

pozycje (rzędy)

Nad każdym polem znajdują się kolejno wzrastające potęgi podstawy liczenia, począwszy od prawej strony. Jeżeli teraz wpiszemy daną liczbę w pola,



Maszyna do gry „NIM". Wkładając wtyczki maszyny w odpowiednie gniazda można uzyskać zapis liczby w dowolnym układzie liczenia

umieszczając cyfry na odpowiednich pozycjach, to z łatwością dokonamy rozwinięcia:

10^2	10^1	10^0
2	3	4

$$2 \cdot 10^2 + 3 \cdot 10^1 + 4 \cdot 10^0 = 200 + 30 + 4 = 234$$

Możemy też posłużyć się innymi cyframi, z przytoczonego wyżej przykładu, wpisując nowe symbole cyfr w odpowiednie pola i pozostawiając normalne znakowanie potęg:

10^2	10^1	10^0
★	○	1

$$★ \cdot 10^2 + ○ \cdot 10^1 + 1 \cdot 10^0 = ★○1 = 234$$

$$★ \leftrightarrows 2;\ ○ \leftrightarrows 3;\ 1 \leftrightarrows 4$$

Zajmijmy się teraz wspomnianym układem dwójkowym. Narysujmy tabelkę i nad każdym z jej pól umieśćmy odpowiednio kolejne potęgi liczby dwa:

2^4	2^3	2^2	2^1	2^0

Zauważymy, że $2^0 = 1$ i odpowiednio $2^1 = 2$, $2^2 = 4$, $2^3 = 8$ itd.

W układzie dwójkowym stosuje się tylko dwie cyfry, cyfrę 1 i cyfrę 0, których używa się w takim samym znaczeniu, jak w układzie dziesiątkowym.

Zapiszmy liczbę ,,jeden" w układzie dwójkowym:

2^2	2^1	2^0
		1

$$1 \cdot 2^0 = 1 \cdot 1 = 1$$

Zapiszmy teraz liczbę ,,dwa" w układzie dwójkowym.

2^2	2^1	2^0
	1	0

$$1 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0 = 1 \cdot 2 + 0 \cdot 1 = 2$$

Czyli zapis 10 w układzie dwójkowym jest równoważny zapisowi 2 w układzie dziesiątkowym.

10 (dwójkowo) = 2 (dziesiątkowo)

Zanim przystąpimy do zapisywania innych liczb w układzie dwójkowym, umówmy się, że każdą liczbę zapisaną w tym układzie będziemy, przynajmniej początkowo, oznaczać indeksem:

$10_{(2)} = 2$

gdzie (2) indeks oznaczający układ liczenia.

Liczba zapisana bez indeksu jest liczbą zapisaną dziesiątkowo!

Zapiszmy liczbę trzy w układzie dwójkowym.

$11_{(2)} = 3$

$2^2 \quad 2^1 \quad 2^0$

	1	1

$1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 1 \cdot 2 + 1 \cdot 1 = 3$

Podobnie zapiszemy liczbę cztery.

$100_{(2)} = 4 \qquad 1 \quad 0 \quad 0 \qquad 2^2\, 2^1\, 2^0$

$1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0 = 1 \cdot 4 + 0 \cdot 2 + 0 \cdot 1 = 4$

Oto liczby od zera do dziesięciu zapisane w układzie dwójkowym i dziesiątkowym:

$0_{(2)} = 0$	$100_{(2)} = 4$	
$1_{(2)} = 1$	$101_{(2)} = 5$	$1000_{(2)} = 8$
$10_{(2)} = 2$	$110_{(2)} = 6$	$1001_{(2)} = 9$
$11_{(2)} = 3$	$111_{(2)} = 7$	$1010_{(2)} = 10$

Dla wprawy zapiszmy kilka liczb w trójkowym układzie liczenia, gdzie używamy trzech cyfr: 0, 1, 2.

$102_{(3)} = 11$

$3^3 \quad 3^2 \quad 3^1 \quad 3^0$

	1	0	2

$1 \cdot 3^2 + 0 \cdot 3^1 + 2 \cdot 3^0 = 1 \cdot 9 + 0 \cdot 3 + 2 \cdot 1 = 11$

Liczby od zera do dziesięciu zapisane w układzie dwójkowym, trójkowym i dziesiątkowym:

$0_{(2)} = 0_{(3)} = 0$	
$1_{(2)} = 1_{(3)} = 1$	$110_{(2)} = 20_{(3)} = 6$
$10_{(2)} = 2_{(3)} = 2$	$111_{(2)} = 21_{(3)} = 7$
$11_{(2)} = 10_{(3)} = 3$	$1000_{(2)} = 22_{(3)} = 8$
$100_{(2)} = 11_{(3)} = 4$	$1001_{(2)} = 100_{(3)} = 9$
$101_{(2)} = 12_{(3)} = 5$	$1010_{(2)} = 101_{(3)} = 10$

Rozwińmy jedną z liczb, np. dziewięć w układzie dwójkowym, trójkowym i dziesiątkowym.

$$1 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0$$
$$= 1 \cdot 3^2 + 0 \cdot 3^1 + 0 \cdot 3^0 =$$
$$9 \cdot 10^0 = 9$$

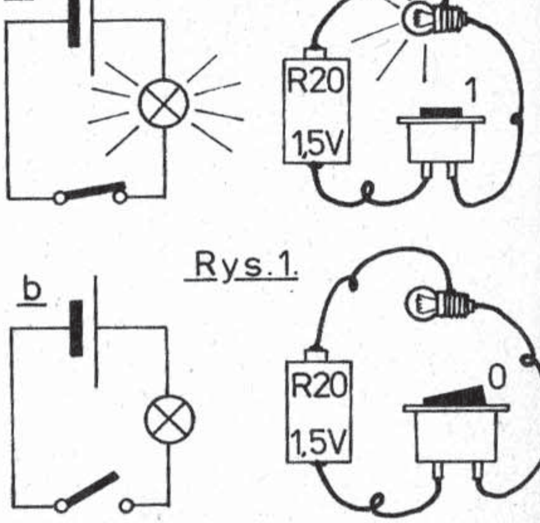
dwójkowe trójkowe dziesiątkowe

Konstruktorzy maszyn matematycznych wybrali dwójkowy układ liczenia ze wzlgędów czysto praktycznych. Próby zbudowania maszyn cyfrowych pracujących w układzie dziesiątkowym wykazały niemal zupełną nieprzydatność tego systemu liczenia dla operacji maszynowych. Właśnie ta przyczyna, a nie chęć „zanudzenia" zapalonych majsterkowiczów skłoniła nas do skrótowego ujęcia ogólnych zasad liczenia. Czytelnicy, którzy chcą nieco szerzej spojrzeć na układy liczenia, powinni przeczytać artykuł „Systemy liczbowe" zamieszczony w numerze 12 „MT" z ubiegłego roku. Równocześnie zwracamy uwagę tych Czytelników, którzy pierwszy raz zetknęli się z układem dwójkowym, że wskutek długotrwałego używania układu dziesiątkowego występują początkowo pewne trudności w przyjęciu nowego systemu liczenia. Najlepszym sposobem pokonania ewentualnych trudności jest konstruowanie dowolnych układów liczenia, np. jedenastkowego – przy czym trzeba wynaleźć nową cyfrę oznaczającą liczbę 10.

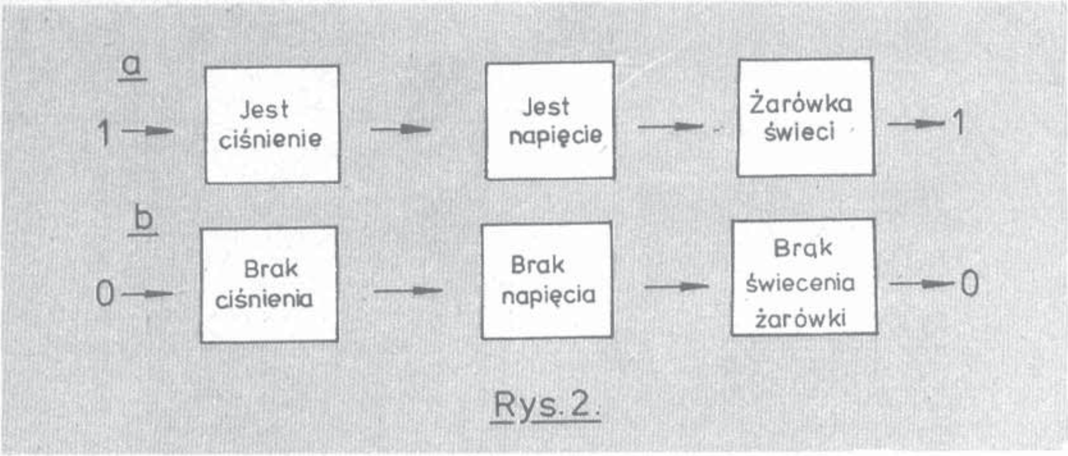
Powodem szerokiego zastosowania w maszynach matematycznych dwójkowego systemu liczenia jest łatwy sposób przedstawiania liczby przez sygnały elektryczne. Cyfrze 1 odpowiadać może np. występowanie określonego napięcia, cyfrze zero – brak napięcia.

Przekształcanie sygnałów

Powiedzieliśmy wcześniej, że znaki w systemie dwójkowym (binarnym) mogą być przedstawiane w maszynie matematycznej przez pewne wartości napięcia. Przystąpmy teraz do zaprojektowania i zbudowania układu zamieniającego znaki (sygnały) czytelne dla maszyny w sygnały czytelne dla człowieka. Zagadnienie można rozwiązać na wiele sposobów. Jednym z nich, który tutaj wykorzystamy, jest zamiana sygnałów napięciowych na sygnały świetlne. Jako źródło napięcia wykorzystamy suche ogniwo. Do podawania napięcia na wskaźnik świetlny posłużą dowolne wyłączniki o dwóch wyraźnie rozróżnialnych położeniach. Wskaźnikami świetlnymi będą zwykłe żaróweczki od latarki kieszonkowej. Elementarny obwód pełniący oczekiwaną funkcję będzie się zatem składać ze źródła prądu,



Rys.1.



Rys. 2.

wyłącznika i żarówki. Schemat elektryczny obwodu przedstawia rys. 1. Jest to nasz „stary znajomy" – podstawowy obwód elektryczny!

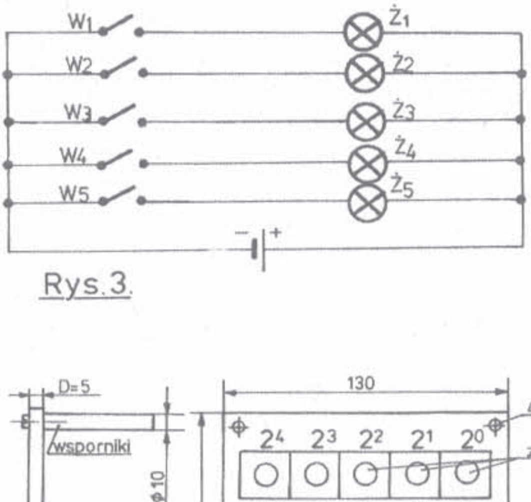
Zaświecenie żarówki (rys. 1a), następujące po zamknięciu obwodu wyłącznikiem, oznaczać będzie cyfrę jeden. Jej zgaszenie (rys. 1b), następujące po otwarciu obwodu, odpowiadać będzie cyfrze zero. (Równie dobrze można przyjąć ustalenie odwrotne – cyfrze jeden odpowiada brak świecenia, a cyfrze zero świecenie żarówki). Kolejność przekształcania sygnału pokazuje rys. 2. Zauważmy, że ciśnienie wywierane na wyłącznik (rys. 2a) jest formą sygnału. Zauważmy też, że zarówno pozycja zero – wyłącznik rozłączony (rys. 2b), jak i pozycja jeden – wyłącznik załączony, są pewnymi stanami, które niosą jakąś informację; o czymś nam mówią.

Sygnały odznaczające się tylko dwoma stanami znaczącymi będziemy nazywać sygnałami binarnymi (dwójkowymi). Jeden ze stanów znaczących oznaczamy najczęściej przez zero, a drugi przez jeden.

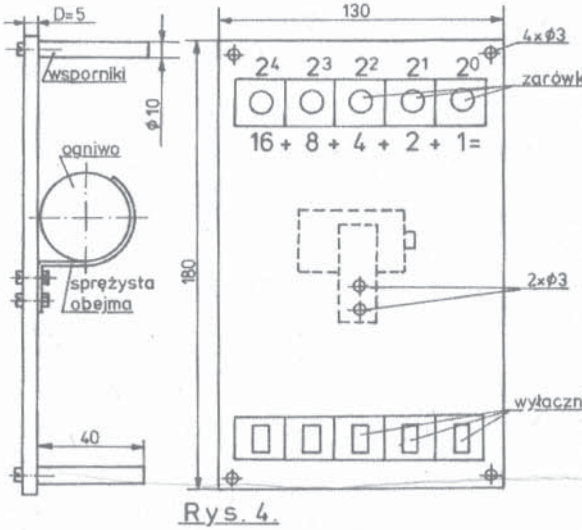
Dla naszych potrzeb wystarczy w zupełności zgrupowanie w układ pięciu obwodów z rys. 1. Schemat takiego układu przedstawia rys. 3. Na rys. 4 widać przykład wykonania płytki dla zamocowania wyłączników i żarówek. Usytuowanie przełączników i żarówek odpowiada stosowanej przez nas tabelce do zapisywania liczb w systemie binarnym. Posługując się własnoręcznie zbudowanym układem możemy dobrze przećwiczyć dwójkowe zapisywanie i odczytywanie liczb.

Przykład:
Zapis liczby 101(2) wykonany na naszym układzie przedstawia rys. 5. Kolorem żółtym oznaczono jedynki – kolorem czarnym oznaczono zera.

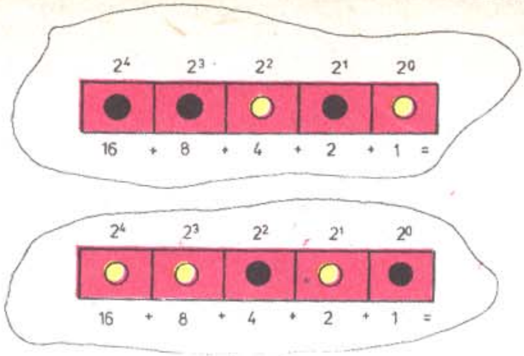
Uwaga: w zastosowanym układzie występują zera także przed zapisaną liczbą, o ile ilość pozycji liczby jest mniejsza od ilości pozycji układu. Nie jest to żadną przeszkodą, ponieważ wiemy, że można wypisać dowolnie dużo zer przed liczbą, a mimo to liczba się nie zmieni, np. 101 = 0101 = 00101 = 000101 itd. Ponadto, jeżeli zastosujemy wyświetlanie jedynek, to odczytując liczby ze wskaźnika świetlnego z przyzwyczajenia odrzucimy wszystkie



Rys. 3.



Rys. 4.



Rys. 5.

zera stojące przed liczbą. Ciemne pole tabelki nie absorbuje naszej uwagi. Pamiętajmy wszakże o tym, żeby nie pomijać zer występujących na prawo od świecących jedynek.

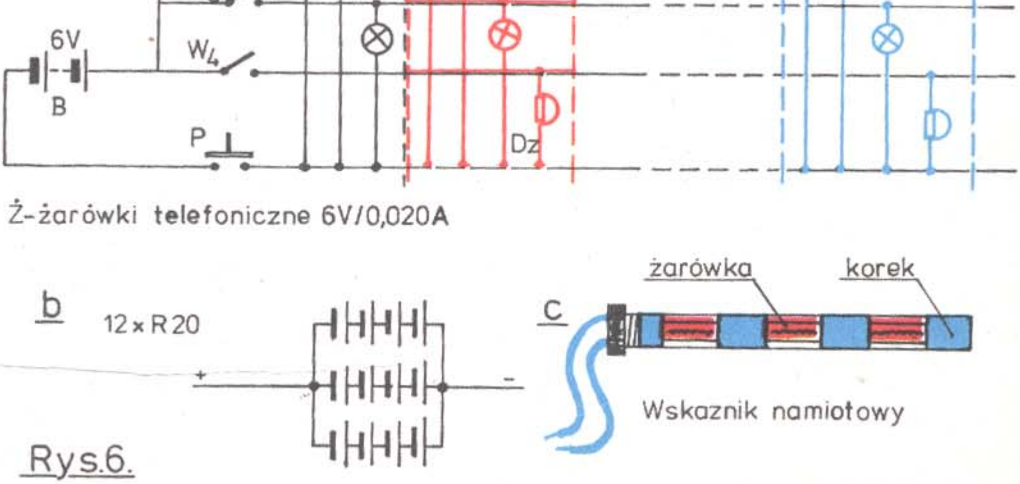
Wprowadźmy teraz pewną modyfikację do naszego układu polegającą na znacznym rozsunięciu wyłączników i żarówek. Zrezygnujemy oczywiście ze wspólnej płytki. W tym celu można przeciąć płytkę na pół i przygotować kabelek połączeniowy skręcony z sześciu drucików o średnicy 0,15–0,20 mm, izolowanych bawełną lub jedwabiem. Długość kabelka może wynosić kilka metrów. Tak przygotowany układ posłuży do przesyłania zaszyfrowanych informacji na odległość ograniczoną długością kabelka połączeniowego. Zanim to jednak nastąpi, musimy najpierw ustalić jakiś szyfr. Nic prostszego, jak przygotować własną koncepcję szyfru.

Dysponując pięcioma pozycjami binarnymi możemy zapisać 32 różniące się wzajemnie od siebie liczby. Dla czterech pozycji otrzymamy 16 możliwości, dla trzech 8, dla dwóch 4 i dla jednej pozycji 2 możliwości.

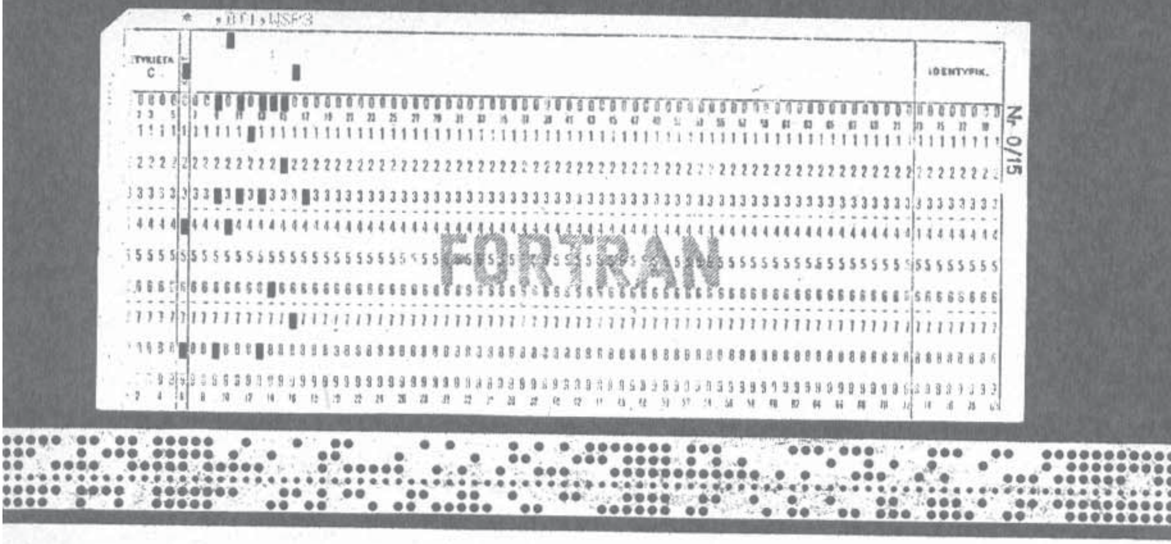
Przyporządkujmy różnym literom alfabetu łacińskiego odpowiednie liczby, tak by dokładnie jednej liczbie odpowiadała dokładnie jedna litera. Właśnie w tym momencie należałoby stosownie pomyśleć nad szyfrem, tzn. przyporządkowaniem. Szyfr nie powinien być łatwy do odczytania dla osób nie znających „klucza", tj. przyporządkowania. Szyfr powinien być także ekonomiczny – niektórych liter używa się znacznie częściej niż innych, stąd wynika oczywisty wniosek dla układającego szyfr. Ułożenie dobrego szyfru może świadczyć o zdolności do efektywnego logicznego rozumowania.

Dla przykładu podajemy pewne przyporządkowanie liczbom binarnym wybranych liter alfabetu. Chcemy podkreślić, że szyfr jest przypadkowy, ilustrujący sposób postępowania, i źle zrobi ten Czytelnik, który zechce użyć tego szyfru jako wzoru. Dodamy tylko pewną wskazówkę. Dla zaszyfrowania liter alfabetu, cyfr i innych znaków nie wystarczą 32 kombinacje. Trzeba przewidzieć pewne kombinacje dla sygnalizowania nadawanych znaków, np. 11111 – „teraz nastąpi nadawanie liter", 00000 – „teraz nastąpi nadawanie znaków cyfrowych".

00000 – M	00100 – Y	01000 – H
00001 – Ł	00101 – T	01001 – N
00010 – O	00110 – E	01011 – I
00011 – D	00111 – C	01010 – K



Rys.6.



Rys. 7. Kodowana karta maszyny cyfrowej. Niżej – perforowana taśma stosowana w jednej z pierwszych polskich maszyn matematycznych

Od razu staje się widoczna możliwość przesyłania informacji za pomocą różnych kombinacji sygnałów binarnych. W pewnym sensie nasze urządzenie można traktować jako n–razy zwielokrotniony telegraf Morse'a. Dla prowadzenia łączności dwukierunkowej wystarczy sporządzić dwa identyczne układy.

Innym układem, umożliwiającym usprawnienie organizacji życia np. na obozie harcerskim, jest układ do wysyłania zaszyfrowanych rozkazów.

W namiocie komendanta obozu znajduje się układ, jak na rys. 3, uzupełniony kabelkiem biegnącym przez poszczególne namioty i posterunek wartowniczy. W każdym z namiotów i na posterunku wartowniczym instaluje się żarówki pracujące odpowiednio równolegle z żarówkami nadajnika komendanta obozu. Schemat elektryczny układu przedstawia rys. 6. Dla przesyłania rozkazów wystarczą trzy, najwyżej cztery pozycje binarne. Uzupełnieniem układu powinien być dźwiękowy obwód alarmowy z możliwością uruchamiania przez wartownika lub komendanta. Zasadą jest stosowanie prostych kombinacji sygnałów (mało pozycji) dla szczególnie ważnych rozkazów.

Zainteresowani Czytelnicy z łatwością dostosują urządzenie oraz szyfr do swoich potrzeb.

Wszędzie tam, gdzie występuje konieczność przywoływania określonych osób, można używać podobnych rozwiązań z odpowiednio dostosowanym szyfrem.

W maszynach cyfrowych stosuje się też pewne szyfry, nazywane kodami. Właśnie potrzeba zrodziła mnóstwo wszelkiego rodzaju kodów, w tym kodów stosowanych w maszynach matematycznych. Na rys. 7 widzimy oryginalną kartę z zakodowaną informacją oraz fragment kodowanej taśmy o pięciu pozycjach binarnych, stosowanej w jednej z pierwszych polskich maszyn matematycznych. Otworki o mniejszej średnicy służyły do prowadzenia taśmy.

Do maszyn cyfrowych najczęściej wprowadza się informacje zawarte w tzw. programie, zakodowane na taśmie perforowanej. Maszyna przetwarza te informacje zgodnie z programem i drukuje, a raczej dziurkuje według kodu inną taśmę, z której odczytujemy informacje wyjściowe.

Minikomputer, chociaż jest maszyną matematyczną, nie ma na ogół takich możliwości. Tylko najdroższe modele są wyposażone w specjalne karty z przygotowanym i zakodowanym programem, który jest realizowany automatycznie po wsunięciu karty do specjalnego czytnika. W standardowych rozwiązaniach minikalkulatorów wprowadzanie programu odbywa się ręcznie, przez manipulację odpowiednimi przyciskami. Konstruktorzy zadbali o to, żeby takie ręczne programowanie kalkulatorów było możliwie proste, w miarę możliwości zbliżone do normalnych zapisów poszczególnych operacji matematycznych. Natomiast same obliczenia i związane z nimi operacje logiczne kalkulator wykonuje automatycznie.

W następnym odcinku artykułu zajmiemy się, między innymi, elementami logiki maszyn cyfrowych i ich praktycznymi zastosowaniami.

Włodzimierz Augustyniak