

## TAK I NIE – KLUCZ DO MINIKOMPUTERA

(część III)

### Elementarne układy maszyn matematycznych

W dwóch poprzednich odcinkach artykułu zajmowaliśmy się problematyką o charakterze raczej teoretycznym. Wiadomości, które podaliśmy, powinny stanowić podbudowę do działalności praktycznej. Nie znaczy to, że będziemy od tej chwili unikać rozważań bardziej uogólnionych, jednakże bardziej teraz zbliżymy się do konkretności. Chcielibyśmy przedstawić Czytelnikom kilka propozycji konstrukcji możliwie uproszczonych układów maszyn liczących i omówić zasady tworzenia z takich elementarnych układów – szerszych całości funkcjonalnych. Zadaniem Czytelników będzie wybór układów i samodzielna, twórcza praca, związana z wykonywaniem urządzeń pełniących wybrane funkcje. Tego rodzaju praca jest niezwykle interesująca i może przynieść nie mniejszą satysfakcję niż pierwsze konstrukcje radioamatorskie czy modelarskie.

\* \* \*

Przed przystąpieniem do dalszej pracy należy poczynić pewne przygotowania. Naczelnym zadaniem, jakie teraz przed nami stoi, jest zebranie podstawowych elementów i materiałów montażowych.

Podstawowymi elementami budowanych układów będą przekaźniki. Typ przekaźnika nie odgrywa zasadniczej roli. Ważne jest jednak, by gromadzone przekaźniki działały pewnie i pobierały niewiele energii. Korzystnie jest zbierać przekaźniki o możliwie małych wymiarach. Najodpowiedniejsze do naszych celów będą przekaźniki zwane kontaktronowymi oraz masowo produkowane w kraju przekaźniki typu MT-6. Można też zastosować przekaźniki telefoniczne. Szczegółowe informacje o kontaktronach i przekaźnikach kontaktronowych zamieszczone były w nrach 9 i 10 „Młodego Technika” z 1973 roku.

Przekaźniki typu MT-6 mają dwa zespoły styków przełącznych, a napięcie pracy tych przekaźników może wynosić, w zależności od wykonania, 6 V, 12 V albo 24 V.

Przekaźniki telefoniczne są przeważnie wielostykowe, występują w nich styki zwierne obok roz-

wiernych czy przełącznych. Napięcie pracy przekładników telefonicznych może wynosić 60 V i więcej. Ponieważ praca przy napięciach wyższych od 24 V **jest niebezpieczna**, to, w przypadku użycia przekładników telefonicznych, najczęściej zachodzi konieczność przezwojenia ich cewek. Podczas przewijania cewek należy zachować **tę samą ilość amperozwojów**. Ilość amperozwojów określa się przez iloczyn natężenia prądu pobieranego przez przekładnik i ilość zwojów, jaką ma cewka przekładnika. Tak więc przekładniki przezwojone na niższe napięcie pracy będą miały mniejszą ilość zwojów, ale przez ich uzwojenia będą przepływały większe prądy. W związku z tym średnicę drutu nawojowego trzeba zwiększyć na tyle, by cewki przekładników zbyt nie nagrzewały – najwyżej do 40°C. Dopuszczalne natężenie prądu na 1 mm<sup>2</sup> przekroju poprzecznego przewodnika z miedzi, izolowanego emalią, wynosi najczęściej 2,5–4 A.

Najmniej kłopotliwe w użyciu będą przekładniki z jednym zespołem styków przełącznych. Większa liczba styków byłaby też nieuzasadniona ekonomicznie. Dopuszczalne obciążenie prądowe styków gromadzonych przekładników powinno być nie mniejsze niż 150–200 mA.

Ale tutaj uwaga! Przekładniki kontaktronowe zle znoszą wszelkie przeciążenia styków. W przypadku stosowania takich przekładników lepiej wybrać typy, dla których jest dopuszczalne większe niż potrzeba, obciążenie prądowe połączeń stykowych. Ważne jest też, żeby prąd sterujący pracą przekładnika był co najmniej trzykrotnie mniejszy od dopuszczalnego prądu dla połączeń stykowych przekładnika.

Jeżeli mamy przekładniki różnych typów, ale o zbliżonych parametrach technicznych, to nic nie stoi na przeszkodzie, by zastosować takie przekładniki do pracy we wspólnych układach.

Napięcie pracy przekładników należy ustalić na 6, 12 lub 24 V.

Do naszych celów wystarczy zgromadzić 20–25 przekładników.

Drugą grupę potrzebnych elementów stanowią żarówki. Napięcie pracy żarówek powinno odpowiadać napięciu pracy wybranemu dla przekładników. Moc żarówek, które zgromadzimy, powinna być możliwie mała. Doskonale byłyby żarówki telefoniczne o poborze prądu 20 lub 50 mA, ale nawet żarówki o poborze prądu 100 mA nie będą złe.

Żarówki o małym poborze prądu stosuje się jako wskaźniki w urządzeniach tranzystorowych, zabawkach elektrycznych itp. Jeżeli możemy zdobyć żarówki o napięciu wyższym, w granicach 10–15% od przewidywanego, to również spełnią one swoją rolę. Wystarczy nam 16–20 żarówek.

Trzecią grupą istotnych elementów są wyłączniki dwustanowe. Wyłączniki powinny mieć możliwie niewielkie rozmiary. Typy wyłączników dowolne. W najprostszym przypadku wyłącznik może stanowić gniazdo radiowe razem z wtykiem bananowym. Bardzo dobre dla naszych celów będą przełączniki typu „Isostat” lub wyłączniki od odkurzaczy. Na początek zaspokoimy nasze potrzeby 8–10 wyłączników.

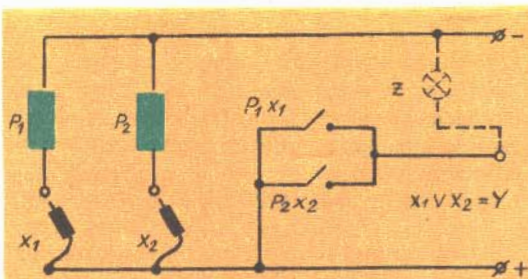
Do montażu obwodów elektrycznych przydatny będzie przewodnik w miękkiej izolacji. Do połączeń ruchomych natomiast miękka, izolowana linka miedziana o małym przekroju. Większość połączeń elektrycznych będziemy wykonywać za pomocą lutowania. Pozostałe, bardziej szczegółowe uwagi podamy odpowiednio podczas omawiania poszczególnych konstrukcji.

I jeszcze kilka słów o samej pracy. Naszym zdaniem najbardziej efektywnie pracuje się w zorganizowanych grupach majsterkowiczów. Dobrze jest nawiązać kontakt z nauczycielem prowadzącym w szkole zajęcia techniczne. Budowane układy znajdą zastosowanie na lekcjach matematyki, a w starszych klasach szkoły średniej – podczas lekcji z informatyki. Jeszcze szerzej można będzie wykorzystać budowane układy w szkołach zawodowych.

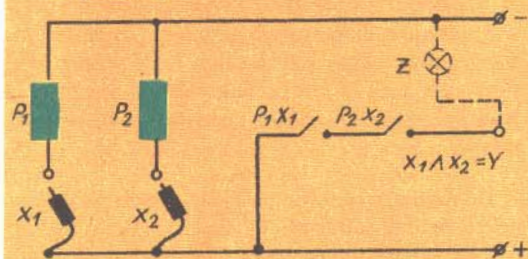
Wszelka zorganizowana praca prowadzona pod kierunkiem szkoły lub organizacji młodzieżowej stworzy bazę warsztatową i materiałową oraz, rzecz niebagatelna, umożliwi niejednokrotnie dofinansowanie działalności majsterkowiczów, oczywiście pod warunkiem, że plan działania danej grupy młodzieży zapewni przygotowanie odpowiednich pomocy dydaktycznych dla szkoły, będących ekwiwalentem za poniesione nakłady.

### Automat i „czarne pudelko”

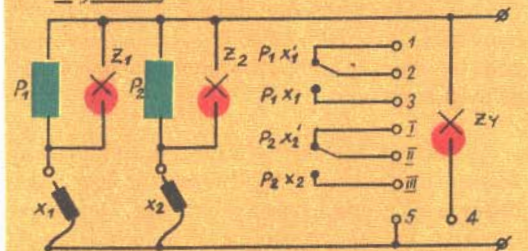
Automatem będziemy nazywali urządzenie, które ma kilka wejść, służących do wprowadzania ciągów sygnałów zero-jedynkowych i kilka wyjść, służących do wyprowadzania innych, odpowiadają-



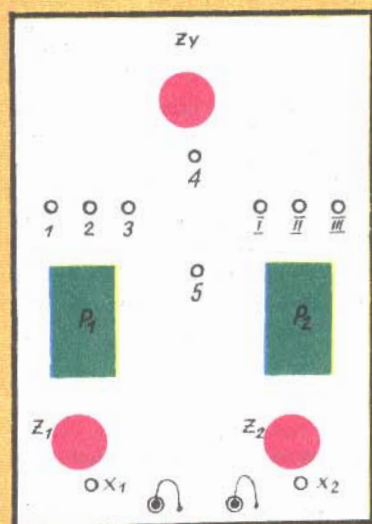
Rys. 1a /



Rys. 1b /



Rys. 2a /



Rys. 2b /

Rys. 3

	X <sub>1</sub>	0	1	0	1	Nazwa operacji (funkcji)	Symbol	Sieć stykowa (przełącznikowa)
Y = 0		0	0	0	0	stała	0	
Y = 1		1	1	1	1	stała	1	
Y = X <sub>1</sub>		0	1	0	1	powtórzenie		
Y = X <sub>2</sub>		0	0	1	1	powtórzenie		
Y = X <sub>1</sub> '		1	0	1	0	nie, negacja, inwersja		
Y = X <sub>2</sub> '		1	1	0	0	j.w.		
Y = X <sub>1</sub> ^ X <sub>2</sub>		0	0	0	1	iloczyn, konjunkcja		
Y = X <sub>1</sub> ' ^ X <sub>2</sub>		0	0	1	0	X <sub>2</sub> i nie X <sub>1</sub>		
Y = X <sub>1</sub> ^ X <sub>2</sub> '		0	1	0	0	X <sub>1</sub> i nie X <sub>2</sub>		
Y = X <sub>1</sub> ' ^ X <sub>2</sub> ' = X <sub>1</sub>   X <sub>2</sub>		1	0	0	0	ani - ani, strzałka Peirce'a		
Y = X <sub>1</sub> v X <sub>2</sub>		0	1	1	1	suma, alternatywa, dysjunkcja		
Y = X <sub>1</sub> ' v X <sub>2</sub>		1	0	1	1	implikacja jeśli - to		
Y = X <sub>1</sub> v X <sub>2</sub> '		1	1	0	1	j.w.		
Y = X <sub>1</sub> ' v X <sub>2</sub> ' = X <sub>1</sub>   X <sub>2</sub>		1	1	1	0	kreska Sheffera		
Y = (X <sub>1</sub> ^ X <sub>2</sub> ) v (X <sub>1</sub> ' ^ X <sub>2</sub> ) = X <sub>1</sub> ≠ X <sub>2</sub>		0	1	1	0	roznica symetryczna, nierównoważność		
Y = (X <sub>1</sub> ^ X <sub>2</sub> ) v (X <sub>1</sub> ' ^ X <sub>2</sub> ') = X <sub>1</sub> ↔ X <sub>2</sub>		1	0	0	1	równoważność		

cych ciągach wejściowych, ciągów sygnałów zero-jedynkowych.

Automat służy do przetwarzania informacji – przetwarza jedne ciągi sygnałów w odpowiednie, inne ciągi sygnałów.

Zasadą przetwarzania informacji w automacie jest ściśle zachowanie odpowiedniości między wchodzącym na wejście ciągiem sygnałów i pojawiającym się na wyjściu ciągiem sygnałów. Inaczej mówiąc, ilekroć na wejściu automatu pojawi się dana kombinacja zero-jedynkowa, to wyjście automatu odpowie odpowiednią i zawsze taką samą dla danej kombinacji wejściowej kombinacją zero-jedynkową. Ujmując rzecz ogólnie, nie jest ważne, jak działa wewnątrz automatu, czy jest on mechaniczny, elektroniczny czy też znajduje się w nim jakiś tajemniczy układ, który w odpowiedzi na kombinację sygnałów wejściowych ustawia kombinacje sy-

gnałów wyjściowych, byle to działanie dało się opisać w sposób dokładnie jednoznaczny. Można więc traktować automat jak „czarne pudełko”, w którym coś się dzieje, nie wiadomo co, tyle jednak, że zewnętrzne efekty tego działania są możliwe do przewidzenia i absolutnie pewne.

Pojęcie automatu jest niezwykle szerokie. Kalkulator, a nawet dużą maszynę matematyczną można traktować w rozważaniach teoretycznych jako automat. Zauważmy jednak, że nie jest w naszym pojęciu automatem np. „automat” do sprzedaży wody sodowej. W pewnych przypadkach będziemy traktować budowane automaty jako „czarne pudełko”, ale najpierw „zajrzyjmy” do wnętrza automatów zbudowanych z przekaźników.

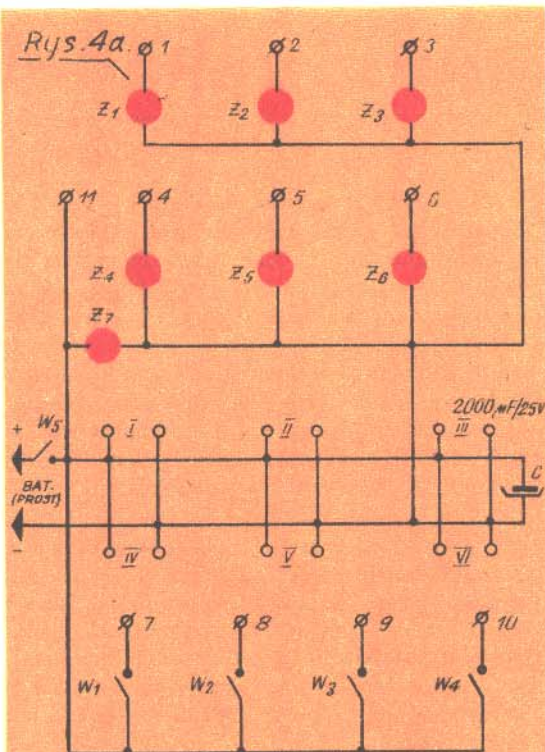
### Automaty realizujące poznane operacje logiczne

Sieci elektryczne, rozważane w drugim odcinku artykułu, dawały możliwość realizować sumę i iloczyn logiczny, wymagały jednak sterowania ręcznego. Kiedy mamy do czynienia z kilkoma wyłącznikami, zadanie takie jest stosunkowo proste; jeżeli wyłączników jest więcej, staje się ono żmudne i męczące, mało ciekawe. Prosty stąd wniosek, że sieci elektryczne powinny być sterowane automatycznie przez wchodzące sygnały. Do budowy automatycznie sterowanych sieci, do budowy automatów realizujących sumę i iloczyn logiczny użyjemy przekaźników ze stykami zwiernymi. Ustalmy, że będziemy używać kontaktronów lub przekaźników typu MT-6. W razie użycia przekaźników typu MT-6 wykorzystamy część zwierną zespołu styków przełącznych. Schematy elektryczne automatów przedstawia rys. 1a, b.

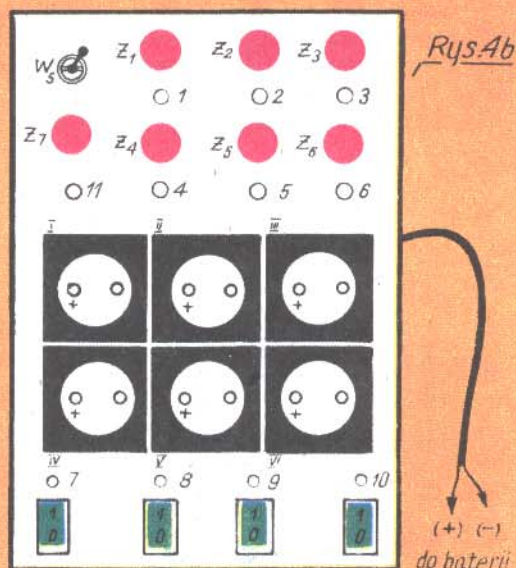
Na rys. 1a widzimy schemat elektryczny automatu realizującego sumę logiczną. Przez  $P_1, P_2$  oznaczono cewki przekaźników. Przez  $P_{1x1}, P_{2x2}$  oznaczono styki zwiernie odpowiednich przekaźników  $P_1, P_2$ . Wtyki bananowe oznaczone przez  $x_1, x_2$  służą do wprowadzania sygnałów o wartości 1 na cewki przekaźników. Jeżeli cewki przekaźników są odłączone od obwodu, to wartość sygnałów na cewkach przekaźników przyjmujemy za zero.

Rys. 1b przedstawia schemat elektryczny automatu realizującego iloczyn logiczny.

Automat realizujący negację przedstawiono w drugim odcinku artykułu. Automaty realizujące sumę i iloczyn logiczny mają dwa wejścia  $x_1, x_2$  oraz jedno wyjście  $Y$ , czyli przekształcają ciągi zero-jedynkowe o dwóch elementach w ciąg zero-jedynkowy o jednym elemencie (w zero lub w jedynkę).



- $\bar{I} - \bar{VI}$  - gniazda sieciowe (wtyczkowe)
- 1-11 - zaciski sprężynkowe
- $W_1 - W_4$  - wprowadzanie zmiennych (+)
- $Z_1 - Z_6$  - sygnalizacja wartości
- $C$  - elektrolit montażowy (tylko dla prostownika)
- $Z_7$  - sygnalizacja zasilania
- $W_5$  - wyłącznik zasilania



Automat realizujący negację przekształca ciąg o jednym elemencie w inny ciąg, też o jednym elemencie.

Sygnaly wejściowe będziemy nazywać zmiennymi danej operacji, sygnaly wyjściowe – wartościami danej operacji.

Zauważmy, że przyłożenie sygnału na wyjście automatu nie spowoduje pojawienia się sygnału na wejściu automatu. Automaty tego typu nie działają więc zwrotnie, czyli do tyłu. Jest to bardzo ważna cecha rozważanych automatów. Ponadto widać, że nie można łączyć bezpośrednio zacisków wejściowych automatu z zaciskiem wyjściowym; spowodowałoby to bezpośrednie przejście sygnału wejściowego na wyjście automatu. (Istnieją automaty, dla których łączenie wyjścia z wejściem jest możliwe, są to automaty ze sprzężeniem zwrotnym).

W naszych układach napięcie sterujące uzyskujemy z tego samego źródła, może nim być bateria dostosowana do napięcia pracy przekaźników i żarówek. Ustalmy, że w każdym przypadku za wartość 1 będziemy przyjmować przyłożenie dodatniego bieguna źródła na zacisk wejściowy automatu. Jeśli zacisk wejściowy automatu odłączymy całkowicie od źródła, to wystąpi na nim wartość sygnału 0.

Wszystkich operacji logicznych dla dwóch zmiennych  $x_1$  oraz  $x_2$  jest 16, ale każdą poszczególną operację można odwzorować przez odpowiednie łączenie automatów realizujących operację sumy, iloczynu oraz negacji! Powyższy fakt jest szeroko wykorzystywany przy budowie elementów maszyn cyfrowych. W praktyce amatorskiej nie oplaca się stosować takich operacji, ponieważ pociągają one za sobą znaczne zużycie materiałów i elementów. Wykorzystamy możliwość modelowania poszczególnych operacji za pomocą najwyższej dwóch przekaźników mających po jednym zespole styków przełącznych.

## Układ do modelowania operacji logicznych

Układ do modelowania operacji logicznych może być interesującą pomocą dydaktyczną. Same ćwiczenia w modelowaniu poszczególnych operacji mają też zasadnicze znaczenie na etapie przejścia do konstrukcji bardziej złożonych.

Potrzebne elementy:

Przekaźniki o stykach przełącznych – 2 szt.

Żarówki, dostosowane napięciem do przekaźników – 3 szt.

Gniazda radiowe – 10 szt.

Wtyki bananowe – 6 szt.

Przewód montażowy – ok. 4 m

Przewód giętki – ok. 2 m

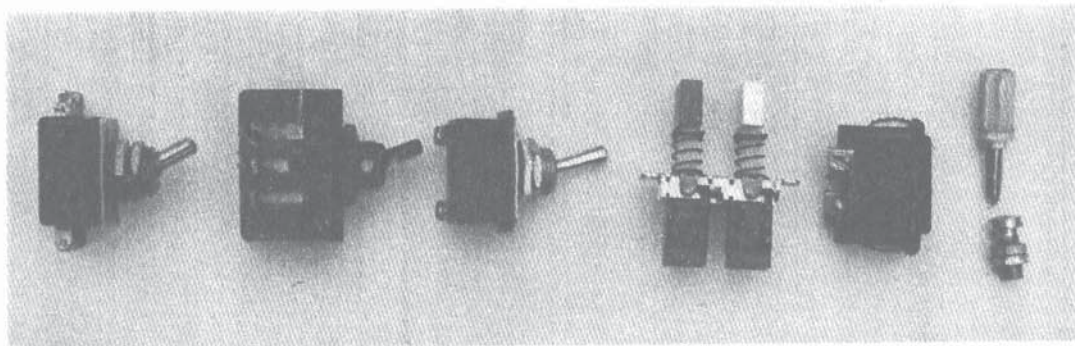
Bateria zasilająca – 1 szt.

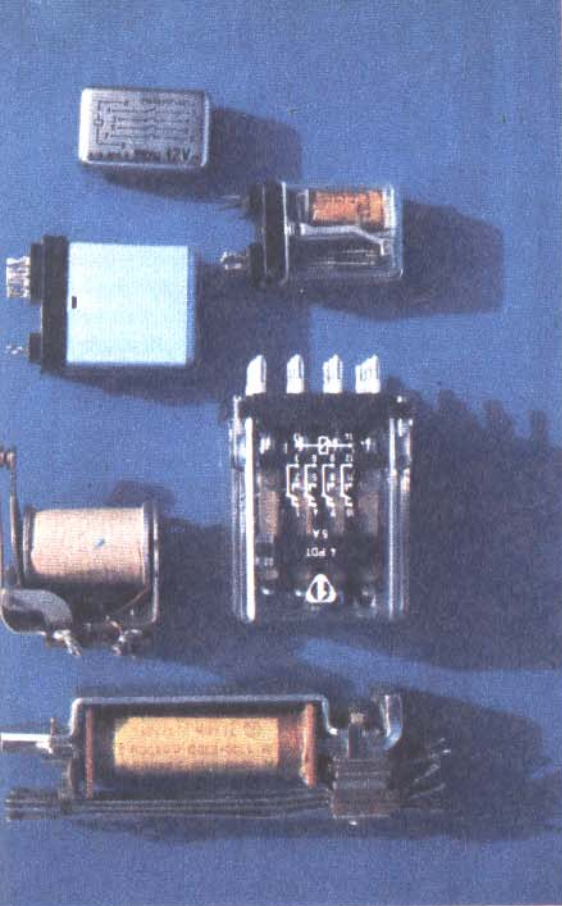
Schemat układu przedstawia rys. 2a, szkic płytki montażowej natomiast rys. 2b. Połączenia, odpowiednie dla danego automatu, wykonujemy między gniazdami połączonymi ze stykami przełącznymi, oznaczonymi przez 1, 2, 3 oraz I, II, III, za pomocą krótkich odcinków giętkiego przewodnika zakończonego wtykami bananowymi. Za pomocą opisanego układu można modelować dowolną z operacji logicznych ujętych w tabelce na rys. 3. Prosimy, by Czytelnicy samodzielnie znaleźli potrzebne połączenia dla każdej z operacji.

Jako przykład podajemy połączenia dla realizacji operacji nazywanej różnicą symetryczną.

Połączyć gniazdo 1 z gniazdem III oraz gniazdo 3 z gniazdem I, następnie połączyć gniazdo 5 z gniazdem 2 oraz gniazdo II z gniazdem 4. Badanie operacji przeprowadzamy po włączeniu układu do baterii zasilającej. Wartości zmiennych wprowadzamy na gniazda połączone z cewkami przekaźników, za pomocą wtyków bananowych oznaczonych przez  $x_1, x_2$ . Żarówki  $Z_1, Z_2$  sygnalizują wartości wprowadzanych zmiennych. Żarówka  $Z_3$  sygnalizuje wartości realizowanej operacji.

Różne przekaźniki i wyłączniki przydatne do budowy układów realizujących funkcje logiczne



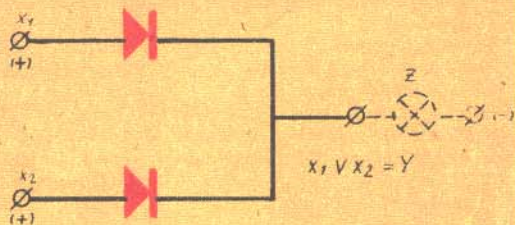


Przełączniki elektromagnetyczne zwykłe i miniaturowe oraz przełącznik kontaktronowy

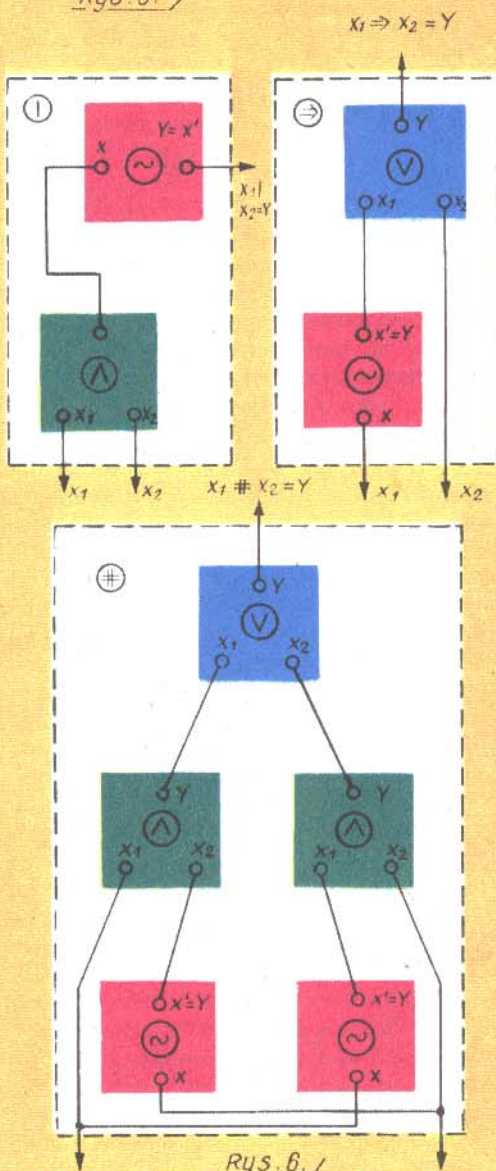
### Zestaw automatów do realizacji operacji logicznych

Operacje, wymienione w tabelce z rys. 3 można, jak się przekonaliśmy, modelować za pomocą powyżej dwóch przełączników ze stykami przełącznymi. Wspomnieliśmy też, że ujęte w tabelce operacje można modelować przez odpowiednie łączenie automatów realizujących sumę, iloczyn i negację. Zwróćmy uwagę na lewą, skrajną kolumnę tabelki. W tej kolumnie znajdują się wzory opisujące poszczególne operacje. Łatwo stwierdzić, że rzeczywistość każda z operacji da się zmodelować za pomocą tylko trzech rodzajów automatów. Choćby będziemy starali się unikać realizacji operacji elementarnych za pomocą więcej niż jednego automatu, to całkowicie nie unikniemy takiej ewentualności. Ponadto musimy zdobyć umiejętność łączenia automatów realizujących operacje elementarne w celu tworzenia z takich automatów, automatów bardziej złożonych. Zdobyta umiejętność umożliwi nam

2 x płytka selenowa - ok 4cm<sup>2</sup> lub  
2 x DZG1 - 7 (BYP 56U . BA 564)



Rys. 5. /



Rys. 6. /

### Elementy i materiały:

1. Gniazda wtykowe (sieciowe, podtynkowe)	- 6 szt.
2. Wtyki sieciowe	- 4 szt.
3. Wyłączniki od odkurzacza	- 4 szt.
4. Pudełka z tworzywa (klocki)	- 6-10 szt.
5. Przekazniki ze stykami rozwiernymi	- 2 szt.
6. Przekazniki ze stykami zwiernymi	- 4 szt.
7. Przekazniki ze stykami zwiernymi	- 4 szt. (4 diody DZG1-7)
8. Żarówki (20-100 mA)	- 7 szt.
9. Wyłącznik	- 1 szt.
10. Zaciski sprężynkowe	- 30 szt.
11. Przewód (cienka linka izolowana)	- ok. 5 m
12. Zaciski krokodylkowe	- 2 szt.
13. Bateria lub prostownik	
14. Ostonki do żarówek	- 7 szt.
15. Płytką czołowa (sklejka, tworzywo)	5 X 300 X 225 mm
16. Przewód montażowy	- ok. 10 m
17. Kondensator elektrolityczny 2000 $\mu$ F/25 V	- 1 szt.

Podobny, ale powiększony zestaw widoczny jest na fotografii zamieszczonej na str. 56 w „MT” 1/77. Schemat elektryczny postumentu przedstawiony został na rys. 4a, natomiast przykład rozmieszczenia elementów na płycie czołowej – na rys. 4b.

Do modelowania poszczególnych operacji elementarnych wystarczy następujący zbiór automatów: 2 iloczyny, 2 sumy i 2 negacje. Jeżeli zbudujemy dodatkowo 3 automaty realizujące różnicę symetryczną i jeszcze jeden automat realizujący iloczyn, uzyskamy możliwość składania z zestawu między innymi automatów: sumatora liczb zapisanych dwójkowo o dwóch pozycjach oraz sumatora odejmującego liczby zapisane dwójkowo o dwóch pozycjach.

Podczas łączenia przewodów zasilających z wtykami sieciowymi, zamontowanymi w automatach, należy zachować biegunowość tak, by zawsze biegun dodatni i biegun ujemny źródła przypadły odpowiednio na ten sam bolec wtyku. Podobnie zachowujemy biegunowość przy łączeniu gniazd sieciowych zamontowanych w postumencie.

Automaty należy oznakować zgodnie z symboliką podaną w tabelce na rys. 3. Pamiętajmy, że automaty należy wkładać do gniazd zasilających postumentu w ten sposób, aby zmienne wejściowe były skierowane do wyłączników  $W_1, \dots, W_4$ . Obrócenie automatu o  $180^\circ$  może spowodować wadliwą pracę.

Zaciski sprężynkowe wykonujemy ze sprężystego drutu mosiężnego o średnicy ok. 0,5 mm. Sprężynki należy ściśle zwinąć na przecię o średnicy 6-7 mm.

Wtyki sieciowe służą do zasilania automatów za pośrednictwem gniazd na postumencie i jednocześnie mocują automaty na postumencie. Zaciski sprężynkowe służą do zaciskania połączeń między automatami oraz do zaciskania połączeń między żarówkami a wyjściami automatów i między wyłącznikami („zmiennymi”) a wejściami automatów.

**Uwaga:** Do wykonania automatów realizujących sumę można użyć diod półprzewodnikowych, a nawet płytek selenowych (rys. 5). Nie powstaje wtedy konieczność zasilania automatu – wtyk sieciowy i gniazdo postumentu pełnią tylko rolę uchwytu!

Proponujemy Czytelnikom wykonanie większej ilości ćwiczeń w łączeniu automatów elementarnych. Przykłady pokazuje rys. 6.

W następnym odcinku artykułu wykorzystamy nabyte podczas takich ćwiczeń umiejętności do budowania automatów wykonujących operacje arytmetyczne.

Włodzimierz Augustyniak

przejsć do etapu składania z „czarnych pudełek” (automatów elementarnych) innych automatów. Jeżeli automat złożony z automatów elementarnych nie będzie już sam automatem elementarnym, to jednak również możemy traktować go jako „czarne pudełko”, tylko o szerszych możliwościach przetwarzania informacji.

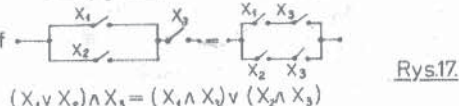
Zestaw składa się z postumentu operacyjnego i zbioru automatów elementarnych oraz baterii zasilającej lub prostownika.

### SPROSTOWANIE

W drugim numerze MT z 1977 r. w artykule pt. „Tak i nie – klucz do minikomputera”, na str. 64, znalazły się trzy błędy. W prawej szpalcie, 18 wiersz od dołu, powinien być następujący wzór:  $(x_1 \wedge x_2') \vee (x_1 \wedge x_2 \wedge x_3)$ . Pozostałe błędy znajdują się na rys. 16 i rys. 17.

Poniżej przedstawiamy poprawione fragmenty tych rysunków.

$$4. X_1 \wedge X_2' \wedge X_3 \wedge X_4 \quad \text{Rys.16.}$$



Za powyższe błędy przepraszamy Autora i Czytelników.