

TAK I NIE - KLUCZ DO MINIKOMPUTERA

(Część IV)

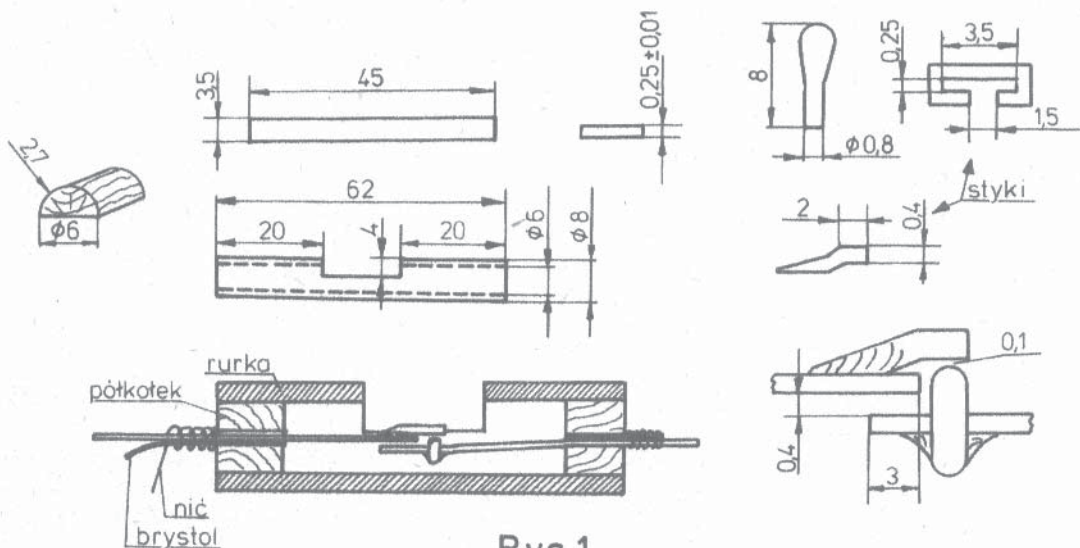
Przełączniki w wykonaniu amatorskim

Przełączniki, których konstrukcję opiszemy, mogą znaleźć zastosowanie w różnych konstrukcjach amatorskich.

Budowa przełączników jest wzorowana na konstrukcji kontaktronów (jeszcze raz polecamy arty-

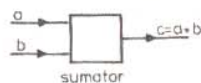
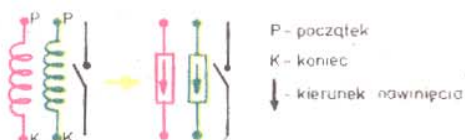
kuł „Kontaktrony na warsztacie młodego technika”, zamieszczony w nrach 9 i 10 „M.T.” z 1973 r.).

Na rys. 1 przedstawiono wszystkie elementy przełącznika. Styki przełącznika wykonuje się ze srebrzonych końcówek oporników metalizowanych. Ścięcie końcówki (około 10 mm) nie ma

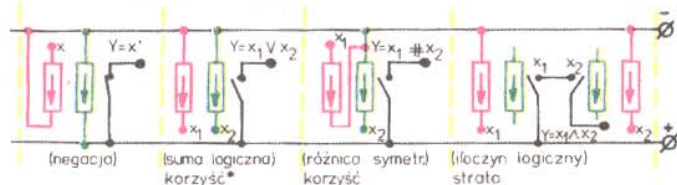


Rys.1.

Rys.2.



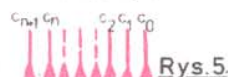
Rys.3.



*-w porównaniu z przekąźnikami jednoczwojenowymi o jednej parze styków

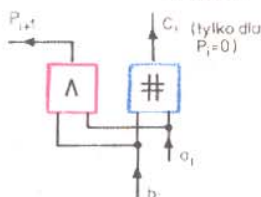
a_i	b_i	$a_i + b_i = c_i$	P_{i+1}
0	0	0+0=0	0
1	0	1+0=1	0
0	1	0+1=1	0
1	1	1+1=1	0

Rys.4.



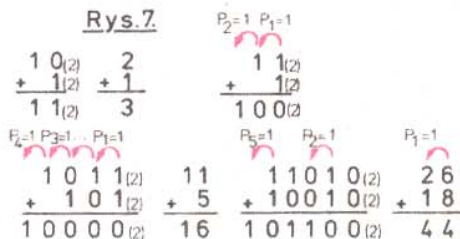
Rys.5.

Rys.6.

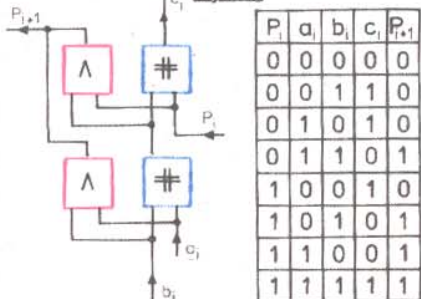


a_i	b_i	c_i	P_{i+1}
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

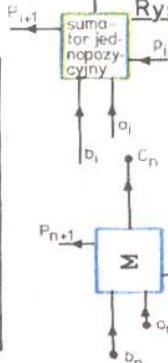
Rys.7.



Rys.8.

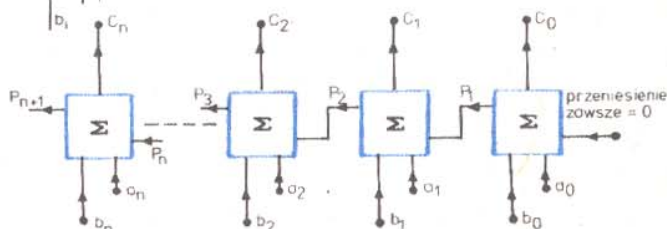


Rys.9.



Rys.10.

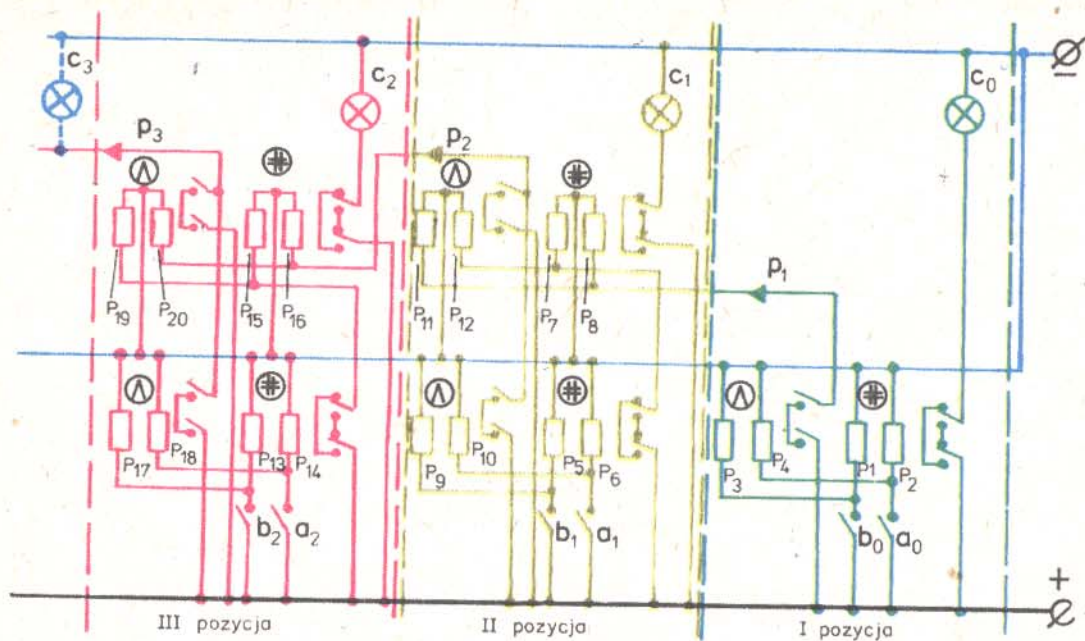
Σ - sumator jednopozycyjny



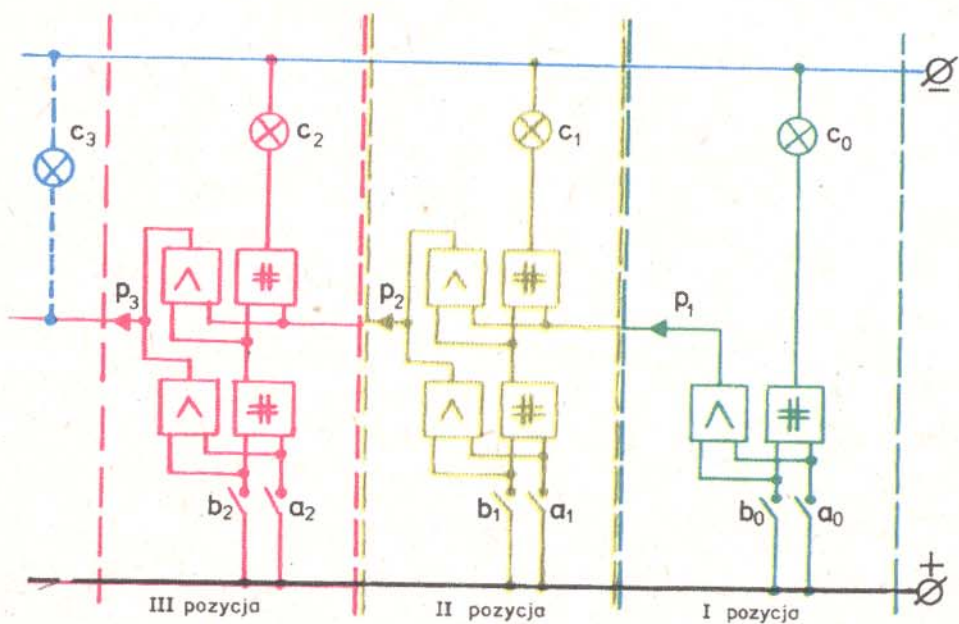
żadnego wpływu na funkcjonowanie opornika. Odpowiednio uformowane styki przylutowujemy do blaszek ferromagnetycznych za pomocą małej lutownicy. Ilość lutu powinna być minimalna, ewentualny jego nadmiar zeszkrobujemy ostrym nożem. Aby styki dobrze przewodziły prąd, warstwa srebra w miejscu ich kontaktowania musi pozostać nieknięta! Blaszki, w formie pasków, wycinamy z puszki po konserwach. Ponieważ wszelkie odkształcenia wpływają niekorzystnie na magnetyczne właściwości blachy, należy unikać zginania wycinanych pasków. W przypadku cięcia blachy nożyczkami dobrze będzie wyciąć paski szerokości 7,5 mm

i następnie ściąć obustronnie ich brzegi po 2 mm, ponieważ taka metoda wycinania zapobiega skręcaniu się blachy. Powstałe nierówności prostujemy drewnianym młotkiem.

Blaszki, z przylutowanymi stykami, pracują w rurce z tworzywa sztucznego. Zużyte mazaki lub długopisy znakomicie posłużą do tego celu. Odpowiednio przyciętą rurkę należy zaopatrzyć w okienko regulacyjne, które umożliwi manipulację podczas ustalania wzajemnego położenia blaszek i styków. Okienko można wyciąć ostrym nożem lub wypilować. Blaszki mocujemy w zakończeniach rurki za pośrednictwem „półkoleczków” i paska



Rys. 11.



Rys. 12.

brystolu. Pasek brystolu powinien mieć szerokość równą wewnętrznej średnicy rurki. Po ściśnięciu zamocowaniu blaszek, przytniemy wystający brystol do ich szerokości i całość owiniemy mocną nicią. Takie zabezpieczenie zapobiega ruchom blaszek wewnątrz rurki. Jednak pasek brystolu nie może wchodzić w rurkę głębiej niż „półkoleczki”.

Posmarowanie wszystkich elementów klejem polistyrenowym, a nawet butaprenem, doskonale usztywni mocowanie. Ważne jest, żeby blaszki były ustawione swą powierzchnią prostopadle do przekroju okienka, co znacznie ułatwia czynności regulacyjne. Obie blaszki muszą zachodzić na siebie 3–4 mm, dokładnie na środku rurki oraz muszą być do siebie równoległe. Szczelina między blaszkami, kiedy one są w spoczynku, wynosi około 0,4 mm; po zamknięciu styków – około 0,1 mm. Szerokość szczeliny spoczynkowej ma zasadnicze znaczenie dla czułości przełącznika, natomiast szczelina pozostająca po zamknięciu styków zapobiega „sklejaniu” blaszek oraz wpływa na docisk styków, a tym samym na tak zwaną oporność przejścia.

Cewkę przełącznika nawijamy drutem w emalii o średnicy 0,08 mm, na korpusie wykonanym z brystolu. Uzwojenie dla 4,5–6 V liczy 2700–2800 zwojów. Końce uzwojenia lutujemy do odcinków cienkiej, izolowanej linki miedzianej i owijamy, wraz z częścią uzwojenia, mocną nicią. Nić mocuje linkę i zapobiega rozsuwaniu się uzwojenia.

W ten sposób wykonane przełączniki mają nadspodziewanie dobre parametry. Przy napięciu 4,5 V pobierają prąd o natężeniu około 15 mA, a przy napięciu 6 V – około 20 mA. Wytrzymują prądowe obciążenie styków do 250 mA, co umożliwia stosowanie w układach zwykłych żarówek 6 V/0,2 A.

Aby sporządzić przełączniki o stykach rozwierzonych, należy wykonać cewkę o podwójnym uzwojeniu (uzwojenie bifilarne). Uzwojenie bifilarne wykonuje się podobnie jak uzwojenie zwykłe, jednakże nawija się drut podwójnie złożony. Najwygodniej jest przewinać część drutu na drugą szpulkę i nawijać potem cewkę dwoma drutami jednocześnie. Należy koniecznie zadbać, aby obydwa druty miały jednakową średnicę. Liczba zwojów cewki pozostaje bez zmiany, tzn. $2 \times 2700\text{--}2800$ zw. W podobny sposób można wykonać przełączniki o stykach przełącznych. W razie sporządzania takich przełączników jedną z blaszek należy skrócić o jedną trzecią długości, a drugą blaszkę o tyle samo wydłużyć. Pod krótszą blaszkę wmontujemy trzeci styk, kontaktu-

jący ze stykiem przylutowanym do dłuższej blaszki (styki zwierne). Trzeci styk powinien być obojętny magnetycznie (np. mosiężny) wraz ze swym doprowadzeniem. W położeniu spoczynkowym blaszka dłuższa naciska swym stykiem na styk blaszki obojętnej magnetycznie. Po załączeniu cewki przełącznika do źródła prądu, blaszka dłuższa „przerzuca” połączenie na styk przylutowany do blaszki krótszej.

Rys. 2 wyjaśnia zasady łączenia przełączników dwuuzwojeniowych. Zwróćmy uwagę na sposób realizacji sumy logicznej oraz różnicy symetrycznej.

Sumator

Sumatorem nazywamy automat, którego zadaniem jest sumowanie liczb. Liczby sumowane wprowadza się na wejście automatu, wynik sumowania pojawia się na jego wyjściu (rys. 3).

Liczby wygodnie jest przedstawiać w postaci ciągów (jak wspomnieliśmy, zajmujemy się liczbami naturalnymi). W przypadku liczb zapisanych dwójkowo będą to ciągi zero-jedynkowe. Niech liczba $a = a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$ i liczba $b = b_0, b_1, b_2, \dots, b_n$. Wtedy suma liczb $a + b$ będzie równa $c = c_0, c_1, c_2, \dots, c_n, c_{n+1}$. Indeksy oznaczają kolejne pozycje liczby. Jeśli nie wskazujemy konkretnej pozycji liczby, to piszemy a_i, b_i, c_i ; gdzie $i = 0, 1, 2, 3, \dots$. Rozumiemy więc, że rozpatrujemy i -tą pozycję liczby. Przypisując indeksowi „ i ” wartość liczbową, wskazujemy dokładnie na pozycję liczby, np. zapis a_0 – mamy $i = 0$ – odnosi się do pozycji pierwszej, zapis a_1 – mamy $i = 1$ – odnosi się do pozycji drugiej itd. Dla konkretnej liczby, np. $b = = 1011_2$ mamy $b_0 = 1, b_1 = 1, b_2 = 0, b_3 = 1$, czyli cyfry kolejnych pozycji.

Jak sumować liczby zapisane dwójkowo?

Każdy zna przynajmniej jedną z zasad sumowania liczb przedstawionych dwójkowo. Wynika to z faktu, że sumowanie w dowolnym pozycyjnym systemie liczenia jest określone wspólnymi regułami. Liczby zapisane dwójkowo sumujemy w analogiczny sposób jak liczby zapisane dziesiętkowo. Zapisujemy jedną liczbę pod drugą i dodajemy do siebie cyfry poszczególnych pozycji. Wystarczy zatem dokładnie przypomnieć sobie, od dawna przekształcony w nawyk – sposób postępowania stosowany podczas sumowania liczb zapisanych dziesiętkowo. Prosta tabelka z rys. 4 podaje zasadę sumowania cyfr zapisu dwójkowego. W wyniku sumowania cyfr a_i, b_i otrzymujemy cyfrę c_i oraz przeniesienie – p_{i+1} (przeniesienie oznaczamy symbolem p) na pozycję bezpośrednio wyższą.

Przyjmując powyższe ustalenie możemy nieco dokładniej przedstawić automat sumujący liczby a , b (rys. 5). Wyraźniej teraz widać, że sumator rozpatrywany jako „czarne pudełko” przetwarza ciąg zero-jedynkowy $a_0, b_0, a_1, b_1, a_2, b_2, \dots, a_n, b_n$ wchodzący na wejście, w ciąg zero-jedynkowy $c_0, c_1, c_2, \dots, c_n, c_{n+1}$ pojawiający się na wyjściu.

Co zawiera „czarne pudełko”?

Zbudujemy automat, złożony z automatów realizujących operacje elementarne (patrz część III) i wykonujący sumowanie cyfr. Jeśli przysłonimy przeniesienia w tabelce dodawania (z rys. 4) zauważymy, że cyfrę c_i można otrzymać stosując automat realizujący różnicę symetryczną, natomiast przysłaniając cyfry c_i zauważymy, że realizacja przeniesienia może być dokonana za pomocą automatu spełniającego iloczyn logiczny. Łącząc równoległe wejścia obu automatów elementarnych otrzymamy szerszy automat, sumujący cyfry na i -tej pozycji dwóch liczb i dokonujący przeniesienia na pozycję bezpośrednio wyższą $i+1$ (rys. 6).

Na dowolnej, i -tej pozycji dwóch liczb może pojawiać się przeniesienie z pozycji poprzedzającej równe jeden, które należy zsumować z cyframi tej pozycji, co obrazują przykłady na rys. 7.

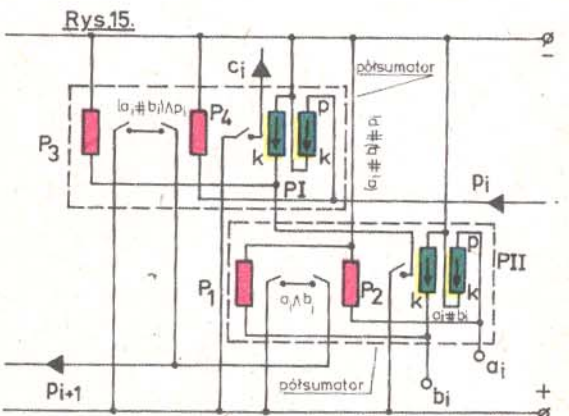
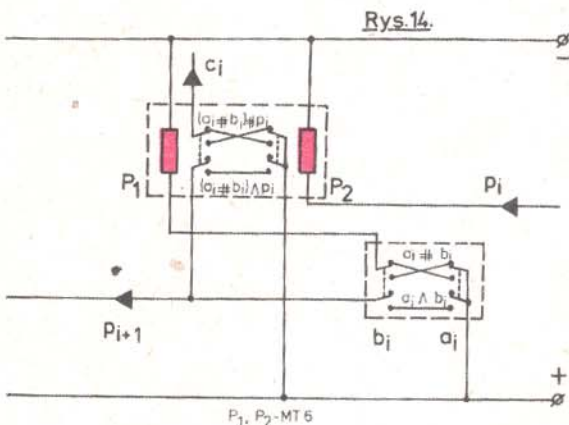
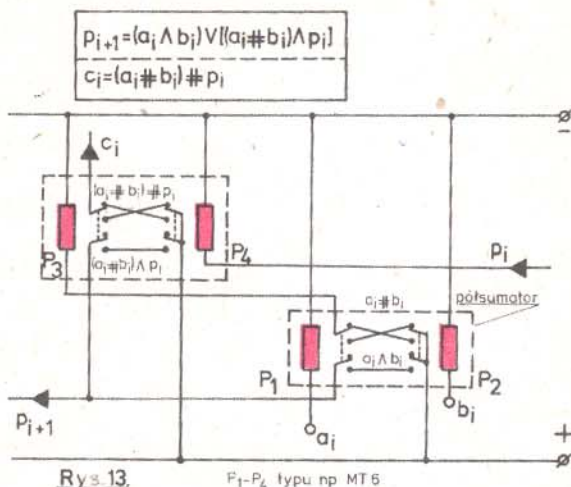
Automat z rys. 6 nie jest przystosowany do wykonania takiej operacji, ponieważ nie ma trzeciego wejścia na wprowadzenie przeniesienia. Umieszczenie takiego automatu na i -tej pozycji sumowanych liczb zapewnia wykonanie operacji sumowania tylko częściowo (tylko wtedy, gdy przeniesienia z pozycji poprzedzającej są równe zero). Dlatego też omówiony automat ma nazwę półsumatora.

Dopiero odpowiednie połączenie dwóch półsumatorów zapewnia poprawne wykonanie sumowania na i -tej pozycji, to znaczy z uwzględnieniem przypadków, kiedy przeniesienie z pozycji poprzedzającej jest równe jeden.

Na rys. 8 pokazany jest schemat połączeń dwóch półsumatorów w automat mogący pracować na dowolnej, i -tej pozycji oraz tabelkę zawierającą opis pracy takiego automatu.

Automat z rys. 8 nazwiemy sumatorem jednopozycyjnym.

Rys. 9 przedstawia ten automat jako „czarne pudełko”. Zamiast określenia „czarne pudełko” wprowadzimy określenie – blok. Podczas analizowania zawiąanych schematów maszyn cyfrowych, pojęcie bloku staje się niezwykle użyteczne, ponieważ używając go można ograniczyć schematy maszyn do istotnych, na danym etapie analizy, podzespołów – bloków.



Łącząc ze sobą n sumatorów jednopozycyjnych otrzymamy sumator n -pozycyjny (rys. 10). Połączenie polega na takim związaniu przeniesień, by wyjście przeniesienia z pozycji i -tej było połączone z wejściem przeniesienia na pozycję $i + 1$.

Na rys. 11 zamieszczony jest całkowity schemat elektryczny sumatora dla liczb trzycyfrowych, a na rys. 12 ten sam układ przedstawiony w postaci bloków automatów elementarnych zbudowanych na przełącznikach. Rozbudowując układ o dalsze pozycje można uzyskać sumator n -pozycyjny.

Tak zbudowanym sumatorem można wykonywać operację sumowania jednocześnie na wszystkich pozycjach sumowanych liczb – działa on „w jednym kroku” i nosi nazwę sumatora równoległego. Działanie sumatora równoległego jest błyskawiczne i nawet sumator przełącznikowy tego typu sumuje liczby wielocyfrowe w ułamku sekundy.

Na rys. 13, 14 i 15 pokazano przykłady wykonania sumatorów jednopozycyjnych. Zwróćmy uwagę, że w różnych układach elektrycznych sumatorów odwzorowuje się identyczne operacje logiczne, przedstawione za pomocą wzorów zamieszczonych w tabelce na rys. 13.

Sumator z rys. 14 zaprojektowano częściowo na przełącznikach. W razie budowy takiego sumatora należy pamiętać, że te same przełączniki służą zarówno do wprowadzania cyfr, jak też do realizacji operacji logicznych. Odpada więc konieczność stosowania oddzielnych wyłączników do wprowadza-

nia cyfr oraz przełączników pierwszego półsumatora. Zastąpienie przełącznikami przełączników drugiego półsumatora nie jest możliwe, przy zachowaniu założonych warunków pracy, ponieważ wprowadzane na ten półsumator zmienne zależą pośrednio od zmiennych – cyfr, wprowadzonych na pierwszy półsumator, co ilustrują wzory zamieszczone nad sieciami stykowymi. Drugi półsumator realizuje zatem operacje złożone, natomiast pierwszy – operacje elementarne, których wartości są zależne bezpośrednio od wartości zmiennych – a_i , b_i .

Na rys. 15 przedstawiony został jednopozycyjny sumator, którego „różnice symetryczne” zrealizowane są na dwuuzwojeniowych przełącznikach PI, PII.

Istnieje dużo innych możliwości wykonania sumatorów równoległych, radzimy więc spróbować własnych sił. Podczas ewentualnego projektowania szczególnie pomocna może się okazać tabelka elementarnych operacji logicznych (część III), natomiast podczas sprawdzania pracy projektowanego automatu – metoda zero-jedynkowa, która omówiona była w II części artykułu.

Włodzimierz Augustyniak

Uwaga: zestaw automatów realizujących funkcje logiczne, przedstawiony na fotografii w nrze 1/77 MT, na str. 56, jest przedmiotem zgłoszenia w Urzędzie Patentowym PRL na rzecz Uniwersytetu Warszawskiego.