

WOJSKOWA AKADEMIA TECHNICZNA

IM. JAROSŁAWA DĄBROWSKIEGO

DOKUMENTACJA
PRZEKAŹNIKOWEJ MASZYNY
CYFROWEJ

Opracował:
kpt. mgr inż. Stanisław JAROSIŃSKI

WARSZAWA – BEMOWO

1959

WOJSKOWA AKADEMIA TECHNICZNA
IM. JAROSŁAWA DĄBROWSKIEGO

DOKUMENTACJA
PRZEKAŹNIKOWEJ MASZYN
CYFROWEJ

Opracował:
kpt. mgr inż. Stanisław JAROSIŃSKI

WARSZAWA – BEMOWO

1 9 5 9

1. WIADOMOŚCI WSTĘPNE

=====

Przełącznikowa maszyna cyfrowa skonstruowana została w WAT dla celów dydaktycznych. Ma ona na celu zapoznanie słuchaczy z zasadami pracy maszyn cyfrowych w sposób możliwie jasny i mało skomplikowany. Dlatego też budowa jej jest jaknajbardziej uproszczona, jednakże sposób liczenia jest analogiczny do sposobu liczenia elektronicznych maszyn cyfrowych.

Sam pomysł zbudowania maszyny cyfrowej na przełącznikach nie jest dziełem konstruktora. Podobne maszyny istnieją w NRD /w Instytucie Zastosowań Matematyki Wyższej Szkoły Technicznej w Darmstadt/ i przy konstruowaniu maszyny przełącznikowej w WAT wzorowano się częściowo na niektórych rozwiązaniach maszyny niemieckiej. Ponieważ jednak detale dostępne na rynku krajowym nie odpowiadały niektórym, trzeba było cały układ elektryczny i konstrukcję mechaniczną gruntownie zmienić, stąd też obecne rozwiązanie jest zupełnie nowe i w pełni oryginalne.

Maszyna pracuje w dwójkowym systemie liczenia. Odejmowanie realizuje w kodzie uzupełniającym. Podstawowymi elementami, z których wykonana jest maszyna, są typowe przełączniki elektromagnetyczne /60 szt./ i wybieraki /6 szt./ stosowane w telefonii.

Uproszczenia, które konieczne były dla prostoty układu, pozwalają na wykonywanie na maszynie tylko czterech podstawowych działań arytmetycznych^{II/}, a mianowicie: dodawanie, odejmowanie, mnożenie i dzielenie. Maksymalna liczba jaką można otrzymać w wyniku, wynosi w przeliczeniu na system dziesiętny 2047 /wynik zawiera 41 bitów w systemie dwójkowym/. Ograniczone /bezładnościami przełączników i wybieraków/ jest również szybkość pracy maszyny. Czasy wykonywania poszczególnych operacji są następujące:

dodawanie 7 sek

^{II/} W odróżnieniu od maszyn elektronicznych maszyna ta nie pozwala na realizowanie programu obliczeń.

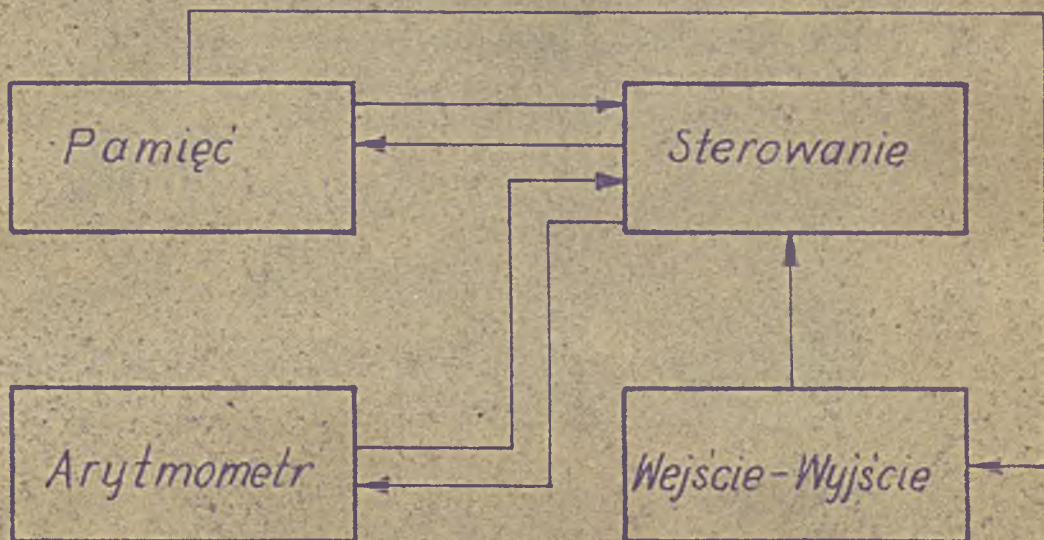
odejmowanie	7 sek
mnożenie	35 sek
dzielenie	42 sek.

Pomiarze szybkości pracy są tzw. szybkościami bezpiecznymi. Maszyna może wykonać powyższe operacje w czasie nawet o połowę krótszym, jednakże pewność jej pracy będzie wówczas mniejsza i mogą zdarzyć się pomyłki. Natomiast zmniejszenie szybkości pracy maszyny można dowolnie /np. dodawanie przedłużyć do 1 min./ bez obawy otrzymania nieprawidłowych wyników.

2. OPIS OGÓLNY MASZYNY

=====

Przebieżnikowa maszyna cyfrowa, podobnie jak i elektroniczne maszyny cyfrowe, składa się z czterech podstawowych bloków przedstawionych na rys.1.



Rys.1. Schemat blokowy przebieżnikowej maszyny cyfrowej.

1. Blok WEJŚCIE-WYJŚCIE służy do:

a/ wprowadzenia dwóch liczb / w systemie dwójkowym/, na których chcemy wykonać jedno z czterech działań arytmetycznych.

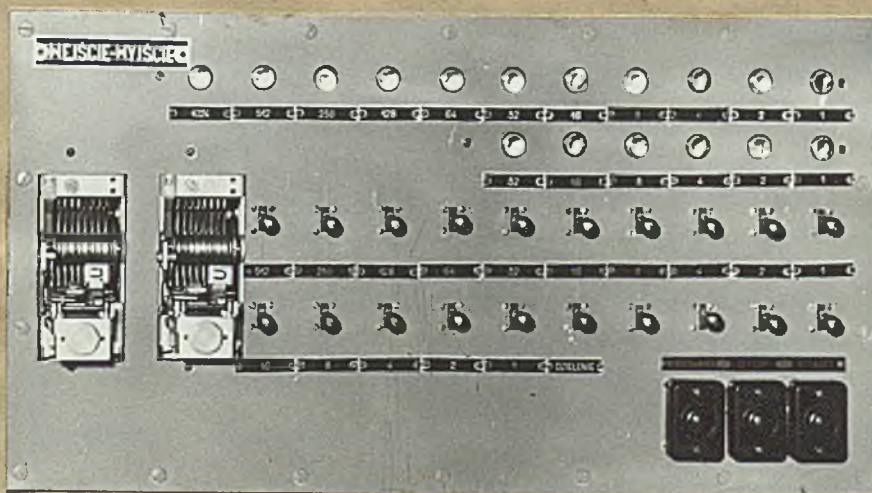
b/ odczytywanie ostatecznego wyniku dzielenia /również w systemie dwójkowym/.

Przewodzenie obu liczb odbywa się ręcznie za pomocą przełączników przechyłnych /kellogów/. Naciśnięcie przełącznika w dół oznacza wprowadzenie jedynki na danej pozycji. Rozstawienie przełącznika w pozycji początkowej /poziomej/ oznacza zero na tej pozycji. W maszynie znajdują się dwa rzędy przełączników przechyłnych, po 10 sztuk w każdym rzędzie.

Odczytywanie ostatecznego wyniku działania odbywa się na lampkach neonowych. Dla ułatwienia, zarówno pod lampkami, jak i pod kellogami znajdują się odpowiedniki liczb w systemie dziesiętnym.

Reszta części składowe bloku to: dwa wybieraki, z których każdy współpracuje z jednym rzędem przełączników przechyłnych i jest rejestrem wejściowym maszyny oraz 3 przyciski: START, STOP i WYKONANIE.

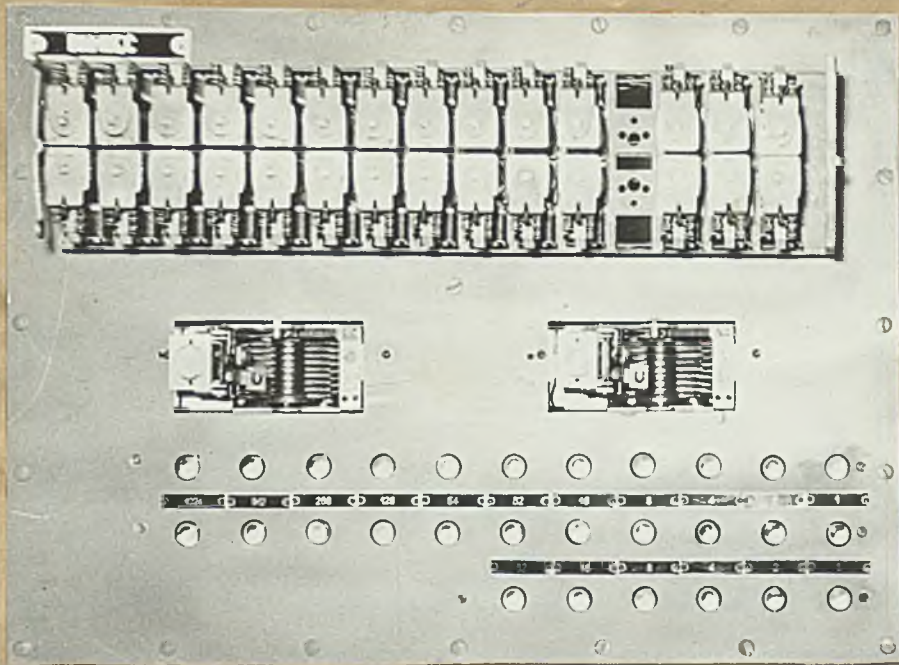
Widok bloku przedstawiany jest na rys.2.



Rys.2. Widok zewnętrzny bloku WEJŚCIE-WYŚCIE.

2. Blok WYKONANIE służy do sterowania pracą maszyny zgodnie z wykonywanym działaniem.

Składa się on z 23 przełączników, 2 wybieraków i czteropozycyjnego przełącznika, który służy do ustawiania rodzaju działania /dodawania, odejmowania, mnożenia i dzielenia/. Widok ogólny bloku przedstawia rys.3.

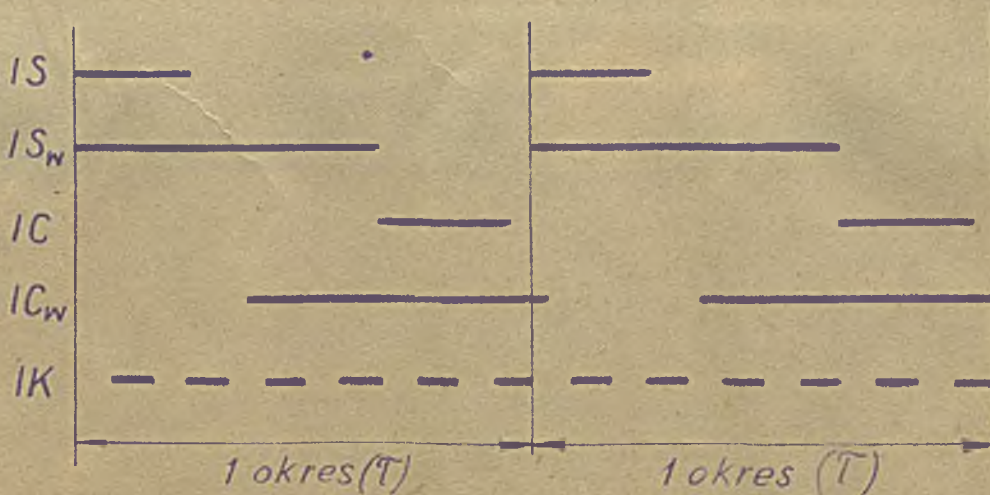


Rys. 5. Widok zewnętrzny bloku KAMI,OT

Poza omówionymi głównymi blokami maszyny w skład jej wyposażenia wchodzi jeszcze mechaniczny nadajnik impulsów służący jako zegar maszyny oraz sesilca.

Nadajnik impulsów posiada 5 różnych krzywek, za pomocą których wytwarza on 5 rodzajów impulsów. Mechanizm krzywek napędzany jest bocznikowym silnikiem prądu stałego z niezależnym włączeniem, dzięki czemu możliwe jest w dużych granicach regulacja czasu trwania poszczególnych impulsów, a tym samym może być zmieniana szybkość pracy maszyny.

Impulsy te w skali czasowej mają postać następującą /rys. 5/

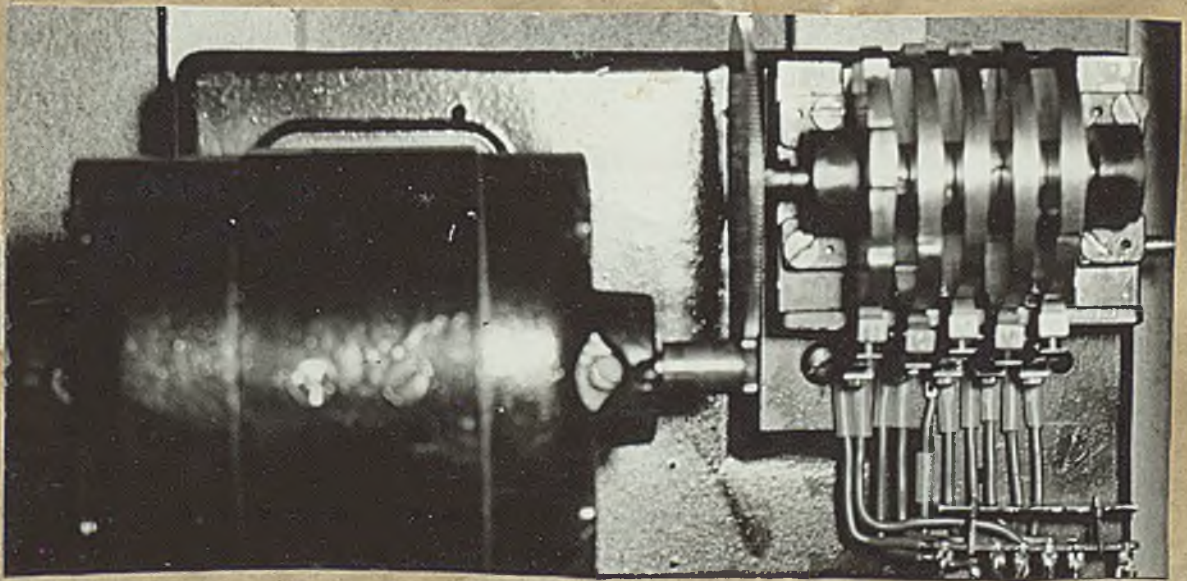


Rys. 6. Impulsy nadajnika w skali czasowej.

Impulsy cyfrowe [IC] są z reguły wykorzystywane do przedstawiania liczb. Impulsy sterujące [IS] podawane są w przerwach między kolejnymi impulsami cyfrowymi i służą do sterowania impulsami cyfrowymi. Impulsy IC_w i IS_w wykorzystywane są wyłącznie do realizacji przeniesienia /poprzez odpowiednie opóźnienie impulsów/. Impulsy kasujące /zerujące/ [IK] służą do ustawienia wybieraków w położenie początkowe. Naciśnięcie przycisku KASOWANIE powoduje podanie impulsów kasujących [IK] kolejno na wszystkie wybieraki oraz równoczesne zwalnienie wszystkich przełączników, z tym samym zgaszenie neonówek.

Nadajnik impulsów uruchamia poszczególne wybieraki. Współdziałanie nadajnika z wybierakami należy rozumieć w ten sposób, że nadajnik nadaje maszynie tempo pracy - jest zegarem maszyny - natomiast wybieraki wybierają poszczególne cyfry wg tego tempa.

Nadajnik stanowi z maszyną jedną całość /rys. 7/.



Rys. 7. Widok nadajnika impulsów na tle maszyny /widok od tyłu/.

Maszyna wymaga dwóch rodzajów napięć zasilających:

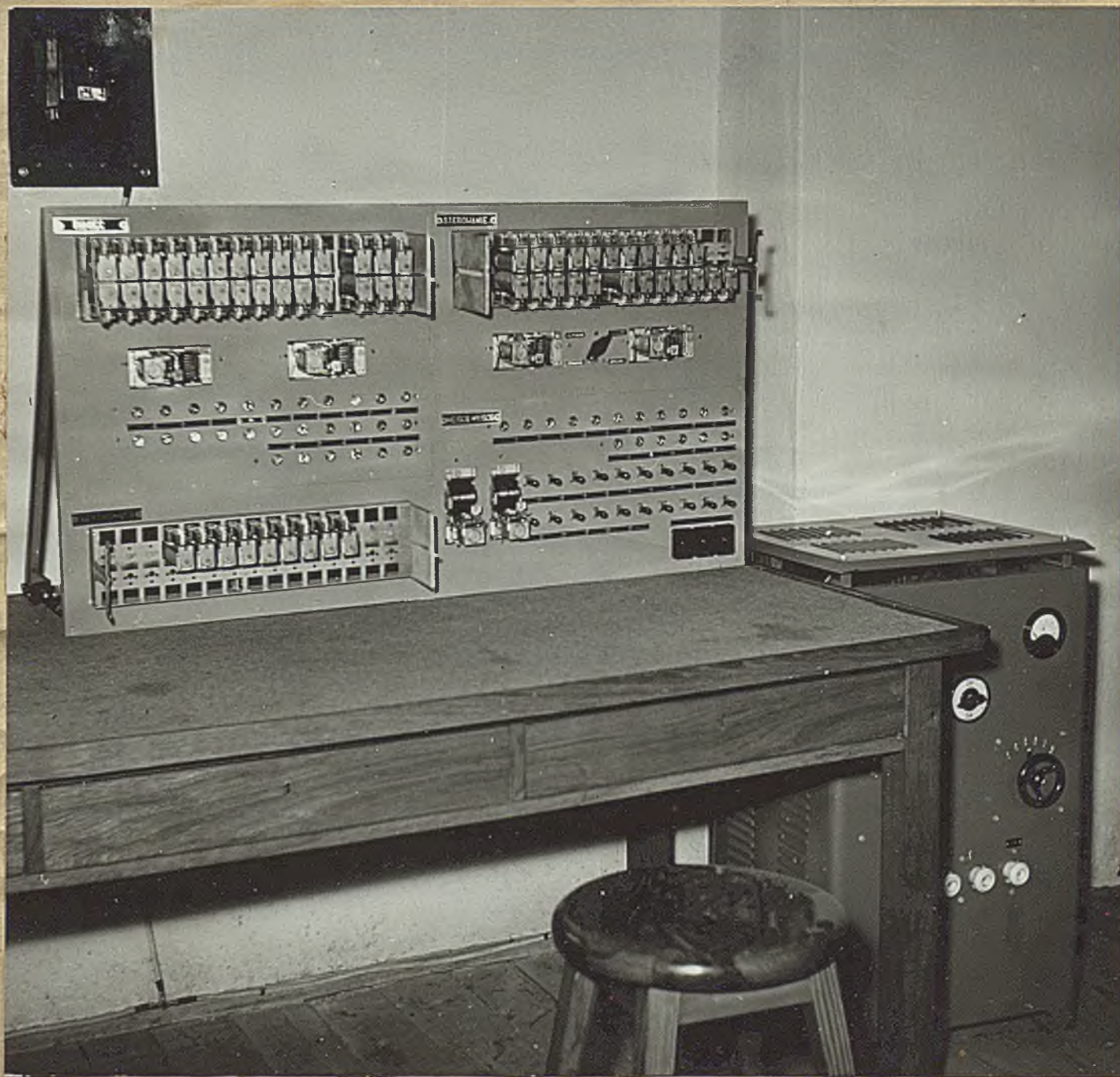
220V ~ /lampki neonowe/

50V = /wybieraki, przełączniki, nadajnik impulsów/

Pierwsze z tych napięć doprowadzone jest do maszyny bezpośrednio z sieci.

Jako źródło napięcia stałego 60V służy typowy prostownik selenowy 60V:20 A /pobór mocy przez maszynę wynosi do 300 W/. Ponieważ rozmiary prostownika są dość duże stanowi on oddzielną przystawkę maszyny.

Całość przekaźnikowej maszyny cyfrowej wraz z zasilaczem przedstawiona jest na rys.8.



Rys.9. Przekaźnikowa maszyna cyfrowa z zasilaczem.

3. REALIZACJA PODSTAWOWYCH ELEMENTÓW LOGICZNYCH

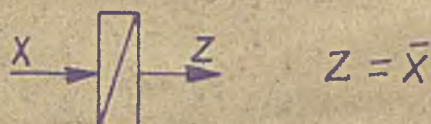
=====

Trzy zasadnicze związki logiczne /zwane w logice matematycznej podstawowymi funktorami logicznymi/ zostały w maszynie zrealizowane na przekaźnikach w następujący sposób.

1. Negacja

Negacja jest związkiem logicznym jednoargumentowym /tj. takim, w którym występuje tylko jedno zdanie/. Negację zdania x oznacza się symbolem \bar{x} /czyta się "nie x "/ i wyraża ona zdanie prawdziwe wówczas kiedy x jest fałszywe, lub zdanie fałszywe - wtedy gdy x jest prawdziwe.

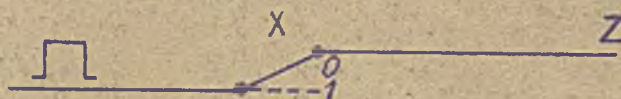
Schemat logiczny negacji wygląda następująco:



Negację ilustruje następująca tabelka

X	Z
0	1
1	0

Realizacja przekaźnikowa negacji /dla uproszczenia uwidocznione są tylko styki przekaźnika/ ma postać



2. Suma logiczna

Operacja ta ma symbol \vee /czyta się "lub"/. Wyrażenie $x \vee y$ /czyta się "x lub y"/ oznacza zdanie fałszywe wtedy i tylko wtedy kiedy jednocześnie obie składowe są fałszywe; w pozostałych przypadkach jest prawdziwe.

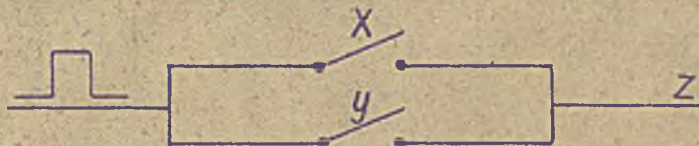
Schemat logiczny sumy wygląda następująco



a odpowiednia tabelka

X	y	z
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Realizacja przekąźnikowa sumy logicznej ma postać



3. Iloczyn logiczny

Operacja ta ma symbol \wedge /symbol ten czyta się jako związek "i"/. Zdanie $x \wedge y$ /czyta się "x i y"/ jest prawdziwe wtedy i tylko wtedy, gdy jednocześnie x i y są prawdziwe, w pozostałych zaś przypadkach - fałszywe.

Schemat logiczny iloczynu wygląda następująco



Odpowiednia tabelka ma postać

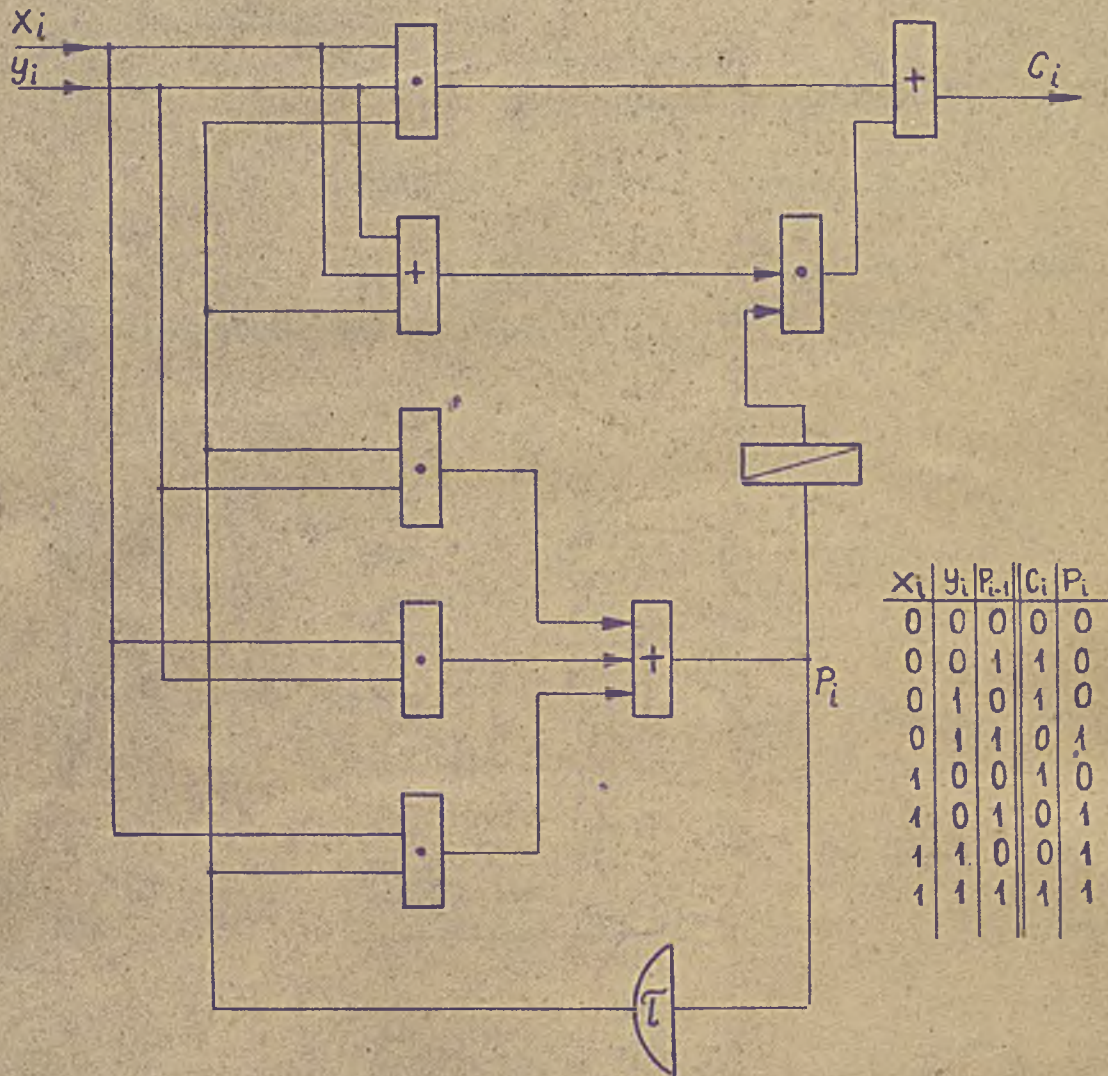
X	y	z
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Realizacja przekąźnikowa iloczynu logicznego wygląda następująco:



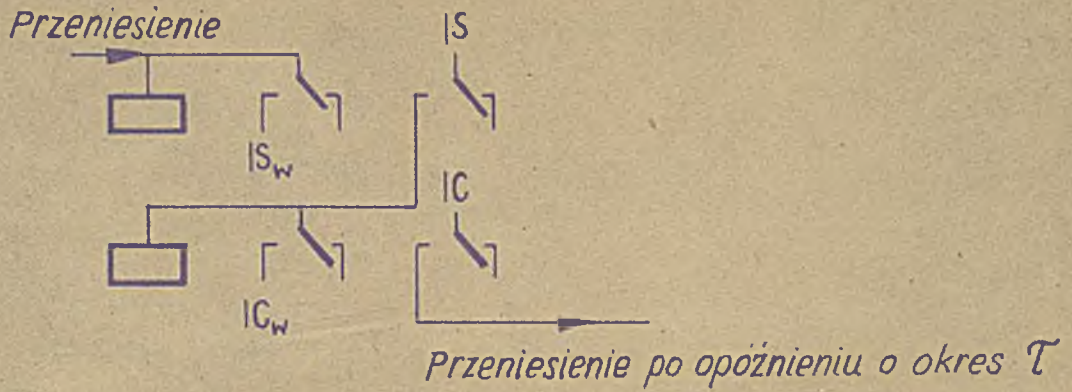
Za pomocą powyższych trzech podstawowych związków logicznych można otrzymać każde zdanie złożone ze zdań prostych /poprzez działania logiczne: negację, dodawanie i mnożenie/. Istnieje na to dowód w logice matematycznej.

Z tych też elementów składa się zasadniczy układ maszyny - sumator. Dokonuje się w nim operacja sumowania zgodnie z podaną obok tabelką /rys.10/



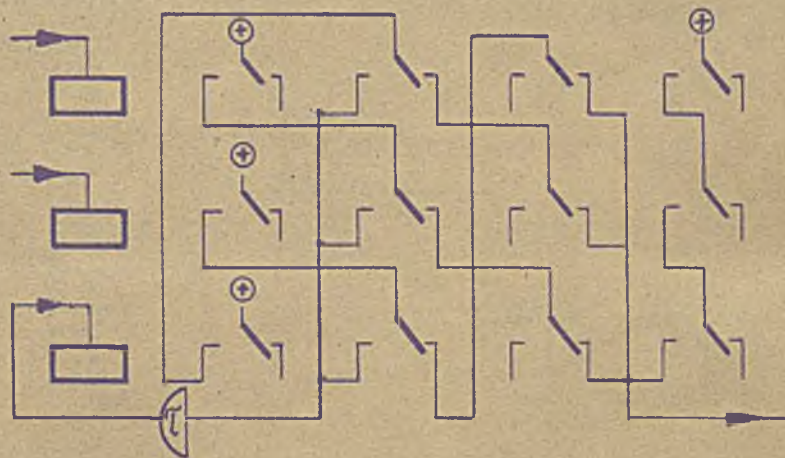
Rys.10. Schemat logiczny sumatora.

Nowym elementem schematu logicznego jest τ . Symbol ten oznacza element opóźniający, który wprowadza opóźnienie równe okresowi powtarzania impulsów (τ). Realizację opóźnienia o 1 okres (τ) ilustruje rys.11.



Rys.11. Realizacja opóźnienia o 1 okres T .

Realizacja przekąźnikowa sumatora /którego schemat logiczny podany był na rys.10/ ma postać /rys.12/



Rys.12. Realizacja przekąźnikowa sumatora.

4. SPOSÓB PRACY MASZINY

=====

Dodawanie

Maszyna pozwala na dodawanie dwóch dziesięciobitowych liczb dwójkowych, wynik może więc być maksymalnie jedenasto-bitowy. Sposób dodawania ilustruje poniższy przykład.

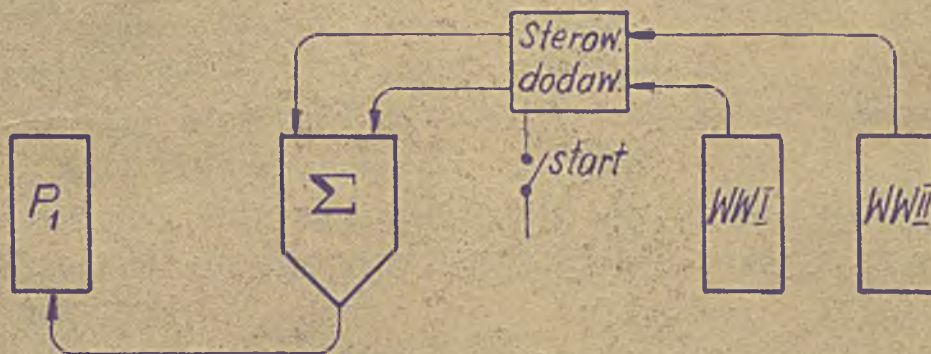
System dziesiętny

$$\begin{array}{r} 721 \\ + 276 \\ \hline 997 \end{array}$$

System dwójkowy

$$\begin{array}{r} 1011010001 \\ 0100010100 \\ \hline 1111100101 \end{array}$$

W maszynie działanie to zrealizowane jest następująco /rys.13/



Rys.13. Funkcjonalny schemat blokowy dodawania.

Oznaczenia:

- WWI - rejestr pierwszego składnika sumy /wybierak WWI/
- WWII - rejestr drugiego składnika sumy /wybierak WWII/
- P₁ - rejestr akumulatora, pierwsza komórka pamięci /przełączniki PFI - PP XI/
- Σ - sumator /przełączniki PAI - PA IX/.

Dodawanie przebiega następująco.

Po ustawieniu obu składników sumy w rejestrach WWI i WWII nastawia się maszynę na DODAWANIE i naciska przycisk START.

Oba składniki sumy z rejestrów wejściowych WWI i WWII podawane są wówczas do sumatora, a wynik zostaje zapisany w pierwszej komórce rejestru akumulatora /P₁/.

Dokładnie /patrz schemat ideowy/ przedstawia się dodawanie jak następuje.

Po naciśnięciu przycisku START zadziała przełącznik PSIV /uruchamiający silnik nadajnika impulsów/ oraz przełącznik PSV. Oba te przełączniki wykonują czynności przygotowawcze i służą do tego, aby maszyna rozpoczynała pracę od początku okresu. W związku z tym, przełącznik PSV włącza następne przełączniki: PS VI, PS VII i PS VIII - umożliwiające wykonanie właściwego dodawania - dopiero w momencie pojawienia się impulsu IS. Po zadziałaniu trzech wymienionych przełączników, pierwsze dwa /PSIV i PSV/ uruchomione przyciskiem START w kroku przygotowawczym zostają zwolnione.

Praca przełączników PSVI, PS VII i PS VIII jest następująca.

Przełącznik PS VI podaje impulsy sterujące IS z nadajnika impulsów na ruchome styki wybieraka WS I, natomiast przełącznik PS VII podaje na uzwojenie wybieraka WSI, oraz na ruchome styki wybieraków WWI i WWII impulsy cyfrowe IC.

Impulsy sterujące z WS I podawane są na uzwojenia wybieraków WWI i WWII /będących rejestrami wejściowymi obu składników sumy/ oraz na uzwojenie wybieraka WPI /który jest układem zapisu sumy w rejestrze akumulatora/. Impulsy te podawane są przez przełącznik PS VIII.

Samo dodawanie przebiega następująco.

Nastawione uprzednio na przełącznikach przechylnych oba składniki sumy, w pozycjach jedynek umożliwiają przejście impulsom cyfrowym IC do sumatora. Impulsy sterujące IS powodują ruch wybieraków WWI i WWII jednocześnie. W przerwach między impulsami IS /wtedy kiedy wybieraki są nieruchome/ poszczególne impulsy cyfrowe z ruchomych styków wybieraków przechodzą do sumatora /na pozycjach które są jedynkami/. Powstają w ten sposób dwa ciągi impulsów przedstawiające oba składniki sumy, z których jeden wprowadzony zostaje na uzwojenie przełączników PA VI i PA VII /jedno wejście sumatora/, drugi - na uzwojenia przełączników PA VIII i PA IX /drugie wejście sumatora/. Z wyjścia sumatora którym jest skrajny styk roboczy przełącznika PA IV,

suma poprzez blok STEROWANIE /przełącznik PS XIII/ przechodzi poprzez wybierak WP I do pierwszej komórki pamięci /przełączniki PP I do PP XI/. Wybierak WPI działa analogicznie jak wybieraki wejściowe WWI i WWII z tym, że na jeden z jego styków ruchomych wchodzi impulsy cyfrowe z sumatora. Powoduje on kolejne wpisywanie cyfr sumy do rejestru akumulatora. Stan PAMIĘCI /sumę/ widać bezpośrednio na lampkach neonowych w tym bloku, a po samoczynnym zatrzymaniu się maszyny /co ma miejsce po wykonaniu działania/ suma ostateczna jest uwidoczniła na lampkach neonowych w bloku WEJSCIE-WYJSCIE.

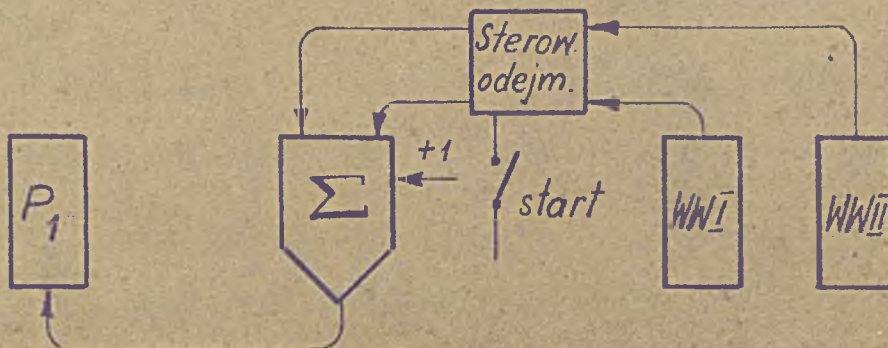
Samoczynne zatrzymanie się maszyny po wykonaniu działania zapewnia wybierak WSI. W 14-tym skoku roboczym podaje on impuls sterujący IS na wybierak WP II i stąd na przełącznik PS I, a ten odłącza zasadnicze zasilanie maszyny.

Maszynę można również zatrzymać w dowolnym momencie jej pracy. Służy do tego przycisk STOP, który również połączony jest z przełącznikiem PSI.

Po odczytaniu wyniku można go skasować. Służy do tego przycisk KASOWANIE. Jego naciśnięcie powoduje uruchomienie przełączników PS II i PS III. Pierwszy z nich zaczyna wówczas podawać poprzez skrajny układ styków impulsy kasujące I K. Powodują one powrót do pozycji wyjściowej wszystkich trzech wybieraków biorących udział w dodawaniu. Kolejność kasowania wybieraków jest następująca: WSI, WWI, WWII, WPI. Równocześnie zwalniają wszystkie przełączniki/PS II i PS III na końcu/ a przełącznik PS III przerywa zasilanie neonówek /220 V \sim /.

Odejmowanie

Odejmowanie zrealizowane jest w maszynie następująco /rys.14/



Rys.14. Funkcjonalny schemat blokowy odejmowania.

Maszyna wykonuje odejmowanie za pomocą dodawania, z tym że odjemnik maszyna sama przedstawia w kodzie uzupełniającym. Polega to na zamianie w odjemniku jedynek zerami a zer jedynekami /co realizuje w maszynie przełącznik PS XIX/ i na dodaniu do tak zamienionej liczby jedynki na najmniej znaczącej pozycji /wykonuje to przełącznik PS XX/.

Sposób odejmowania w maszynie ilustrują przykłady.

A. Wynik odejmowania dodatni.

System dziesiętny	System dwójkowy
788	01100010100
<u>- 355</u>	<u>-00101100011</u>
433	00110110001

Maszyna zastępuje powyższe odejmowanie następującym dodawaniem.

788	01100010100
<u>+ 645</u>	<u>+ 11010011101</u>
433	④ 00110110001

B. Wynik odejmowania ujemny

355	00101100011
<u>+ 788</u>	<u>- 01100010100</u>
- 433	11001001111

Maszyna zastępuje powyższe odejmowanie następującym dodawaniem.

355	00101100011
<u>+ 212</u>	<u>+ 10011101100</u>
567	11001001111

Uwaga: Jedynek ujętych w ramkach maszyna nie rejestruje.

Dokładnie/patrz schemat ideowy/ odejmowanie przedstawia się następująco.

Po naciśnięciu przycisku START poprzez styki 3 przełącznika działania PD zostają uruchomione przełączniki PS XVII i PS XVIII.

Pierwszy z nich powoduje uruchomienie maszyny i wprowadzenie odjemnej do sumatora /tak samo jak przy dodawaniu/ drugi wraz z PS XIX neguje odjemnik zamieniając w nim zera jedynkami i jedynki zerami a następnie również wprowadza go do sumatora. Dodatkowo jedynki na najmniej znaczącej pozycji i wprowadzenie jej do sumatora realizuje przekaźnik PS XX.

Dalszy przebieg pracy maszyny nie różni się niczym od dodawania. Należy jedynie pamiętać o możliwych przypadkach odejmowania /np. wynik ujemny/.

Ponieważ odejmuje się liczby co najmniej dziesięcio-bitowe /tyle przełączników przechylnych ma rejestr odjemnej i odjemnika/, wynik odejmowania może być najwyżej również dziesięcio-bitowy. Jedenasta pozycja jest pozycją znaku liczby w kodzie uzupełniającym. Jeżeli jedenasta lampka nie pali się - oznacza to, że różnica jest dodatnia i odczytuje się ją normalnie. Jeżeli natomiast wynik odejmowania jest ujemny - sygnalizuje to zapalona wówczas jedenasta lampka. W tym przypadku odczytywanie wyniku odbywa się wg. następującej reguły.

Odczytując wynik od prawej ręki do lewej odczytuje się normalnie poszczególne pozycje aż do pierwszej napotkanej jedynki włącznie. Wszystkie następne pozycje zmienia się na przeciwne, czyli jedynki zastępuje zerami, a zera jedynkami.

Mnożenie

Mnożenie sprowadza się do wielokrotnego dodawania mnożnej z jednoczesnym przesuwaniem jej w lewo. Jeśli mianowicie dana pozycja mnożnika jest jedynką - mnożna jest odpowiednio dodawana do sumy częściowej, jeśli jest ona zerem - mnożna nie jest dodawana. Przed każdym kolejnym dodawaniem mnożna przesuwana jest o jedno miejsce w lewo, co odbywa się drogą opóźnienia całej mnożnej o jeden okres T . Wyniki sum częściowych są przechowywane w rejestrze akumulatora /w pierwszej lub drugiej komórce pamięci, przekaźniki PPI - PFXIII/.

Mnożenie ilustruje poniższy przykład.

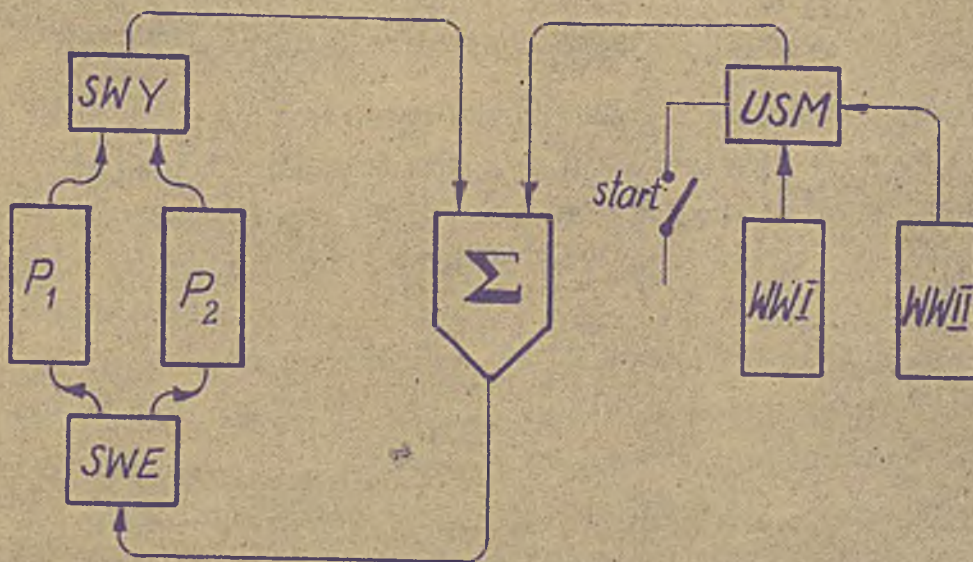
System dziesiętny

$$\begin{array}{r} 61 \\ \times 27 \\ \hline 427 \\ + 122 \\ \hline 1647 \end{array}$$

System dwójkowy

$$\begin{array}{r} 111101 \\ \times 11011 \\ \hline 0000000000 \\ + 111101 \\ \hline 111101 \\ + 111101 \\ \hline 10110111 \\ + 000000 \\ \hline 10110111 \\ + 111101 \\ \hline 101001111 \\ + 111101 \\ \hline 1100110111 \end{array}$$

W maszynie mnożenia wygląda następująco /rys.15/



Rys.15. Funkcjonalny schemat mnożenia.

Oznaczenia:

WWI - rejestr mnożnej /wybierak WWI/

WWII- rejestr mnożnika /wybierak WWII/

USM - układ sterowania mnożeniem /przełącznik

PS XII/

SWE - sterowanie wejściem do pamięci /przełącznik PS XIII/

SWY - sterowanie wyjściem z pamięci /przełącznik PS XIV/.

P_1, P_2 - rejestr akumulatora przy mnożeniu, komórki pamięci /przełączniki PPI - PFXI - pierwsza, i PP XII - PP XXII - druga/.

Szczegółowo wygląda to następująco /patrz schemat ideowy/.

Po naciśnięciu przycisku START poprzez styk 4 przełącznika działania PD zostają uruchomione przełączniki PS IX, PS X i PS XI.

Przełącznik PS IX, włącza przełączniki PS IV i PS V /omówione szczegółowo przy dodawaniu/ oraz podaje z ruchomego styku wybieraka WS I impulsy sterujące na uzwojenie wybieraka WW I /rejestru mnożnej/. Impulsy te podawane są równomiernie w ciągu całego cyklu z jedną przerwą / o czasie trwania τ /. W ten sposób osiąga się opóźnienie mnożnej o jeden okres po każdym cyklu, bowiem wyberak WWI zatrzymuje się w pewnej chwili na 1 okres τ przesuwając w ten sposób całą mnożną o jedno miejsce w lewo.

Przełącznik PS X spełnia następujące funkcje:

- a/ zasilają uzwojenie wybieraka WW II /rejestru mnożników/ impulsami sterującymi z ruchomego styku wybieraka WS I.
- b/ podaje napięcie dodatnie na styk ruchomy wybieraka WW II.
- c/ uniemożliwia zatrzymanie się maszyny po jednym cyklu dodawania.

Zasilanie wybieraka WW II powoduje przesuwanie się jego ruchomych styków po każdym cyklu o jedną pozycję. Jeśli pozycja ta jest jedynką, wówczas mnożna wprowadzana jest do sumatora, jeśli zaś zerem - zatrzymywana. Praktycznie odbywa się to w ten sposób, że jedynka mnożnika powoduje podanie napięcia dodatniego na przełącznik sumatora. Zero nie powoduje zadziałania przełącznika PS XII.

Przełącznik PS XI pośredniczy w uruchamianiu wybieraka WS II, który steruje wprowadzeniem poszczególnych sum częściowych do jednej lub drugiej komórki rejestru akumulatora / P_1 lub P_2 /. Podczas gdy nowa suma częściowa jest wprowadzana do jednej komórki - druga komórka przekazuje poprzednią do sumatora

Suma ta po wykorzystaniu w sumatorze zostaje automatycznie skasowana. Przekładnik PC II umożliwia ponadto przesłanie mnożnej do sumatora.

Po pięciokrotnym wykonaniu operacji sumowania maszyna zatrzymuje się i uwidacznia wynik w bloku WEJŚCIE - WYJŚCIE. Zatrzymanie się maszyny realizuje wybierak XVII.

Ponieważ w każdej z komórek PAMIEĆI / P_1 lub P_2 / może być zapamiętana co najwyżej liczba jedenasto-bitowa wobec tego suma bitów mnożnej i mnożnika nie może być większa niż jedenaście. Uwaga: czynnik większy należy zawsze ustawić na górnym rzędzie przełączników przechyłnych. Mnożnik ze względów technicznych nie może przekraczać 5 bitów.

Dzielenie

Dzielenie sprowadza się do wielokrotnego odejmowania dzielnika z jednoczesnym przesuwaniem jego w prawo. Przesunięcie to realizuje wybierak XVII /rejestr dzielnika/, który po każdym cyklu robi jeden dodatkowy krok aby dzielnik przesunąć o jedno miejsce w prawo /odwrotnie niż przy mnożeniu/

Ilustruje to najlepiej przykład

System dziesiętny

```

  21
  ---
209 : 29
-58
---
 29
-29
---
  00

```

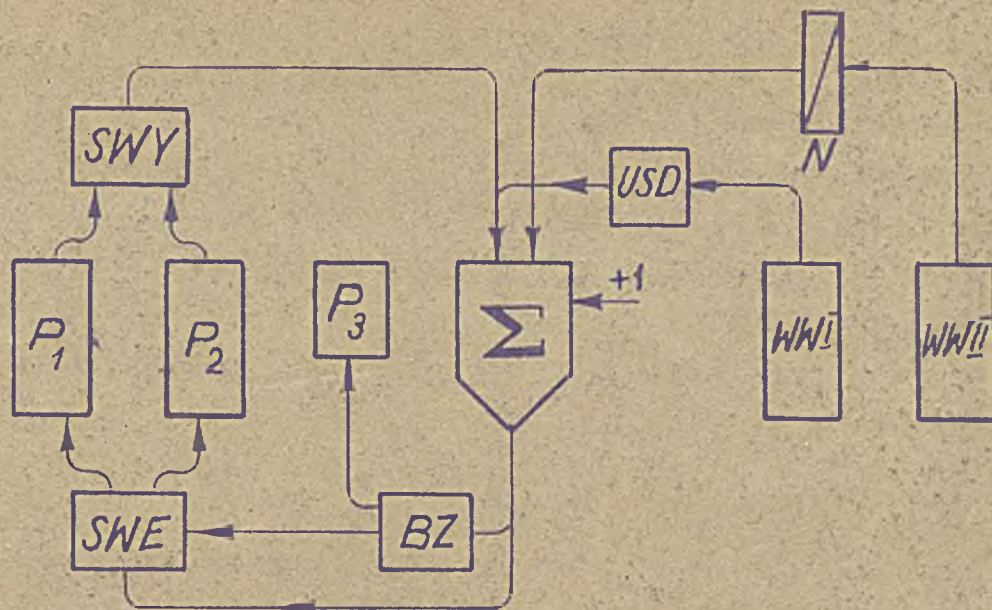
System dwójkowy

```

      010101
      -----
1001100001 : 11101
- 11101
-----
1101100001
- 11101
-----
00010010001
- 11101
-----
11110101001
- 11101
-----
00000011101
- 11101
-----
11111100011
  11101
-----
00000000000

```

Maszyna przeprowadza dzielenie wg. schematu przedstawionego na rys. 16.



Rys.16. Funkcjonalny schemat blokowy dzielenia.

Oznaczenia:

- WW I - rejestr ^(dzielnej) /wybierak WW I/
- WWII - rejestr dzielnika /wybierak WWII/
- USD - układ sterowania dzielną /przełącznik PA III, oraz wybieraki WS II i WW I/.
- BZ - badanie znaku /przełącznik PA III/
- SWE - sterowanie wejściem do pamięci /przełącznik PS XIII/.
- SWY - sterowanie wyjściem z pamięci /przełącznik PS XIV/.
- P_1, P_2 - rejestr wyników pośrednich /przełączniki PP I - PP XXII/
- P_3 - rejestr ilorazu /przełączniki PP XXIII - PP XXVIII/
- N - negacja dzielnika /przełącznik PS XIX/.

Praca maszyny wygląda szczegółowo następująco /patrz schemat ideowy/.

Po naciśnięciu przycisku START poprzez styk 5 przełącznika działania PD uruchomione zostają przełączniki PS XXI i PS XXII. Oba one powodują zadziałanie układu odejmowania /przełączników PS XVII - PS XY/ a ten skolei wprawia w ruch omówiony poprzednio układ przygotowawczy /przełączniki PS IV - PS VIII/.

Dzielną z rejestru WWI w znany sposób wprowadzona zostaje do sumatora, a dzielnik po odpowiednich przekształceniach /opisanych przy odejmowaniu/, również jako odjemnik dostaje się do sumatora. Jeśli wynik działania jest dodatni /co sygnalizuje układ BZ/ wówczas w trzeciej komórce pamięci / rejestrze ilorazu, przekaźniki IP XXIII - IPXXVIII/ pojawia się na odpowiedniej pozycji jedynka, a pozostała różnica zmagazynowana zostaje w 1-szej lub 2-giej komórce pamięci.

Jeśli wynik działania jest ujemny /co sygnalizuje paląca się jedenastka lampka w komórce P_1 lub P_2 / zostaje on przez maszynę automatycznie skasowany i operacja powtarza się po przesunięciu dzielnika o jedno miejsce w prawo. Przesuwanie dzielnika realizuje przekaźnik PS XXIII, który po każdym cyklu przyspiesza wybierak WW II o jedno miejsce podając mu dodatkowo jeden impuls IC /normalnie wybierak ten pracuje na impulsach IS/. Cała operacja powtarza się sześciokrotnie, kiedy to określonych jest 6 miejsc znaczących ilorazu i ewentualnie reszta.

Podobnie jak przy mnożeniu również i tu kolejne różnice podawane są naprzemian do 1-szej i 2-giej komórki pamięci. W ten sposób zawsze jedna z komórek przyjmuje nową różnicę, podczas gdy druga oddaje poprzednią różnicę do sumatora.

Komórka P_3 w której przechowuje się wynik dzielenia jest sześć-bitowa. Stąd też dzielenie możliwe jest maksymalnie dla dziesięcio-bitowej dzielnej i pięć-bitowego dzielnika. Przy dziesięciobitowej dzielnej i mniejszym dzielniku, ilorazów o większej ilości pozycji niż 6 - maszyna nie jest w stanie zarejestrować.

Zatrzymanie maszyny dokonuje się poprzez wybierak WP II. Wyberak ten bierze udział tylko przy dzieleniu sterując wprowadzeniem poszczególnych pozycji wyniku do rejestru ilorazu.

Często zachodzi przypadek, że przy małych wartościach dzielnej otrzymuje się w ilorazie niewiele miejsc znaczących. Aby maszynę maksymalnie wykorzystać można przesunąć całą dzielną i dzielnik jak najdalej w lewo. Należy wówczas jedynie pamiętać o następującej regule.

Jeżeli dzielną przesuniemy z jej normalnego położenia o n miejsc w lewo, a dzielnik o m miejsc w lewo, wówczas

w ilorazie należy postawić przecinek na /n-m/-tym miejscu licząc od prawej strony, natomiast w reszcie na n-tym miejscu od prawej strony. Ilustruje to przykład.

$$\begin{array}{r} 1010000000 : 01100 = 110101 \\ \underline{-011000} \\ 0010000000 \\ \underline{-01100} \\ 0000100000 \\ \underline{-01100} \\ 11111100000 \\ \underline{-01100} \\ 00000010000 \\ \underline{-01100} \\ 1111111000 \\ \underline{-01100} \\ 00000000100 \end{array}$$

Iloraz 11,0101 oznacza

$$1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 + 0 \cdot 2^{-1} + 1 \cdot 2^{-2} + 0 \cdot 2^{-3} + 1 \cdot 2^{-4} = 35/16.$$

Reszta 0,0001 oznacza

$$0 \cdot 2^0 + 0 \cdot 2^{-1} + 0 \cdot 2^{-2} + 0 \cdot 2^{-3} + 1 \cdot 2^{-4} = 1/16.$$

5. KRÓTKA INSTRUKCJA OBSŁUGI

Czynności niezbędne dla prawidłowego wykonania jednego z czterech podstawowych działań arytmetycznych są następujące:

1. Włączyć zasilanie maszyny.
2. Naciśnąć przycisk KASOWANIE w celu sprawdzenia, czy maszyna posiada skasowany poprzedni wynik.
3. Na przełącznikach przechylnych ustawić wartości liczb /w systemie dwójkowym/ biorących udział w danej operacji arytmetycznej. W górnym rzędzie ustawia się: składnik sumy, odjemną, mnożną lub dzielną. W dolnym rzędzie: drugi składnik sumy, odjemnik, mnożnik lub dzielnik. Uwaga: dzielnik ustawia się inaczej niż trzy poprzednie liczby. Wskazuje to tabliczka z napisem DZIELNIE. Nie należy przy tym naciskać przełącznika znajdującego się pod tą tabliczką.

4. Czteropozycyjny przełącznik rodzaju działania znajdujący się w bloku STEROWANIE ustawić na żadaną operację.
5. Nacisnąć przycisk START i czekać aż do zatrzymania się maszyny.
6. Po zatrzymaniu się maszyny odczytać wynik na lampkach neonowych w bloku WEJSCIE-WYJSCIE.
7. W razie potrzeby maszynę można zatrzymać w czasie wykonywania obliczenia przyciskiem STOP. Można następnie dalej kontynuować obliczenia naciskając ponownie na przycisk START.

Uwagi ogólne:

1. Przyciski START, STOP, KASOWANIE naciskać ruchem krótkim, zdecydowanym. Nie przetrzymywać przycisków długo naciśniętych palcem.
2. Wyników na lampkach nie trzymać dłużej niż 3 min. Długotrwałe przetrzymywanie wyników w pamięci maszyny grozi jej uszkodzeniem.

6. UWAGI DOFYCZĄCE SCHEMATU IDEOWEGO

=====

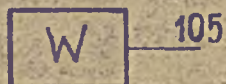
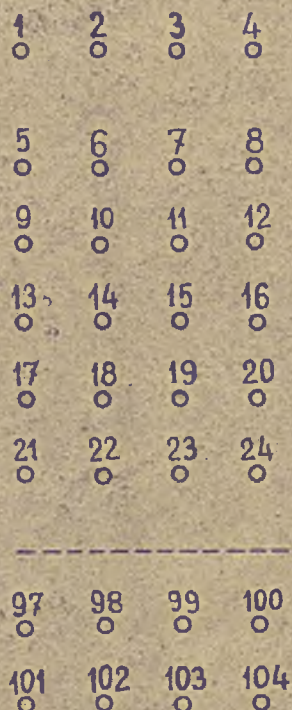
W maszynie zastosowano wybieraki 25-cio skokowe i wykorzystano każdy wybierak dwukrotnie w ciągu pełnego obrotu szczotek o 360°.

Aby nie gmatwać zbytńo schematu umieszczono na nim tylko połówki wybieraków. Z tych samych powodów narysowane na schemacie połówki nie są pełne, lecz zawierają tylko te punkty, które są niezbędne dla zilustrowania pracy maszyny /opuszczono głównie końcówki nie podlutowane, które nie biorą udziału w pracy maszyny/.

Punkty wybieraków zakreskowane czerwono - linią ciągłą należą odpowiednio do 24-go i 25-go skoku danej połówki wybieraka.

Punkty zakreskowane czerwono - linią przerywaną należą do 25-go skoku drugiej połówki danego wybieraka.

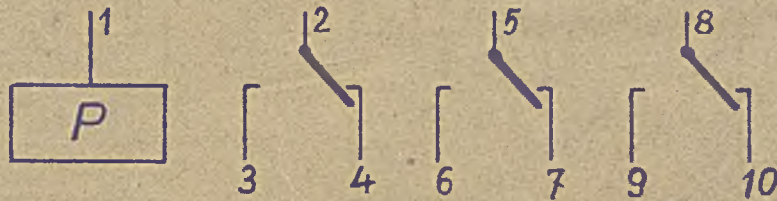
Każda połówka wybieraka posiada analogiczną numerację styków, która wygląda następująco /rys.17/.



Rys. 17. Numeracja styków wybieraka.

Uwaga. Minus uzwojenia wybieraka nie jest na schemacie zaznaczony /dla uproszczenia rysunku/.

Również przekaźniki posiadają numerację styków. Wygląda ona następująco /rys.18/.



Rys. 18. Numeracja styków przekaźnika.

Także i w uzwojeniu przekaźnika pomija się dla uproszczenia schematu minus.

7. WYKAZ ZŁĄCZ POSZCZEGÓLNYCH BLOKÓW MASZINY

Złącza PAMIĘCI

Nr.3	Nr.2	Nr.1	
PP XXIII 6	8 ⊗	4 ⊗	1
PP XXIV 6	7 ⊗	PP IV 6	2
PP XXV 6	9 ⊗	3 ⊗	3
PP I 3	10 ⊗	PP III 6	4
PP I 5	11 ⊗	2 ⊗	5
PP I 8	PP XI 6	PP II 6	6
	PP XXIII 1	1 ⊗	7
	PP XXVI 1	PP I 6	8
	23 ⊗	5 ⊗	9
	24 ⊗	—	10
	25 ⊗	PP I 1	11
	28 ⊗	PP III 1	12
PP XXV 1	PP XI 1	PP XIII 1	13
PP XXIV 1	PP X 1	PP XIV 1	14
	PP IX 1	PP XII 1	15
	PP VII 1	PP IV 1	16
	PP VIII 1	PP II 1	17
PP XXVII 1	PP XIX 1	PP XV 1	18
	PP XVIII 1	PP XVI 1	19
PP XXVIII 1	PP XX 1	PP V 1	20
	PP XXI 1	PP XVII 1	21
	PP XXII 1	PP VI 1	22
	27 ⊗	6 ⊗	23
	26 ⊗	18 ⊗	24
	PP X 6	PP VI 6	25
	PP IX 6	17 ⊗	26
	22 ⊗	PP V 6	27
PP XXIII 3	21 ⊗	16 ⊗	28
PP XII 3	20 ⊗	12 ⊗	29
PP XXVIII 6	PP VIII 6	13 ⊗	30
PP XXVII 6	PP VII 6	14 ⊗	31
PP XXVI 6	19 ⊗	15 ⊗	32

ZŁACZA STEROWANIA

Nr.2

PS XV 5
PS XVI 5
PS XII 6
PS XIII 3
PS XV 5
PS XIII 4
IC
PS XIII 2
PS XIV 6
PS XXII 8
PS IX 8
PS X 10
PS X 3
PS XXI 6
PS XXI 3
—
PS XVII 1
PS XXI 1
PS XXI 8
+
PS XVII 9
PS XX 6
PS XXII 2
PS XXII 9
PS XXII 6
PS XIX 7
PS XVIII 5
PS IV 1
PS XVII 3
PS XVII 6
PS XXII 5
PS XXIII 5

Nr.1

PS XI 2	1
PS XI 10	2
PS X 8	3
PS IX 6	4
PS IX 3	5
PS X 5	6
PS XI 7	7
PS XI 8	8
PS XI 5	9
PS IX 9	10
PS IX 10	11
PS VIII 2	12
PS VIII 3	13
PS VIII 9	14
PS VII 5	15
PS VII 9	16
PS VII 6	17
PS VII 7	18
PS VII 4	19
PS XX 1	20
PS IX 1	21
PS VI 8	22
PS VI 5	23
PS VI 3	24
PS VI 6	25
PS IV 6	26
PS III 7	27
PS IV 3	28
PS V 6	29
PS V 10	30
IS	31
PS VI 7	32

Nr.3

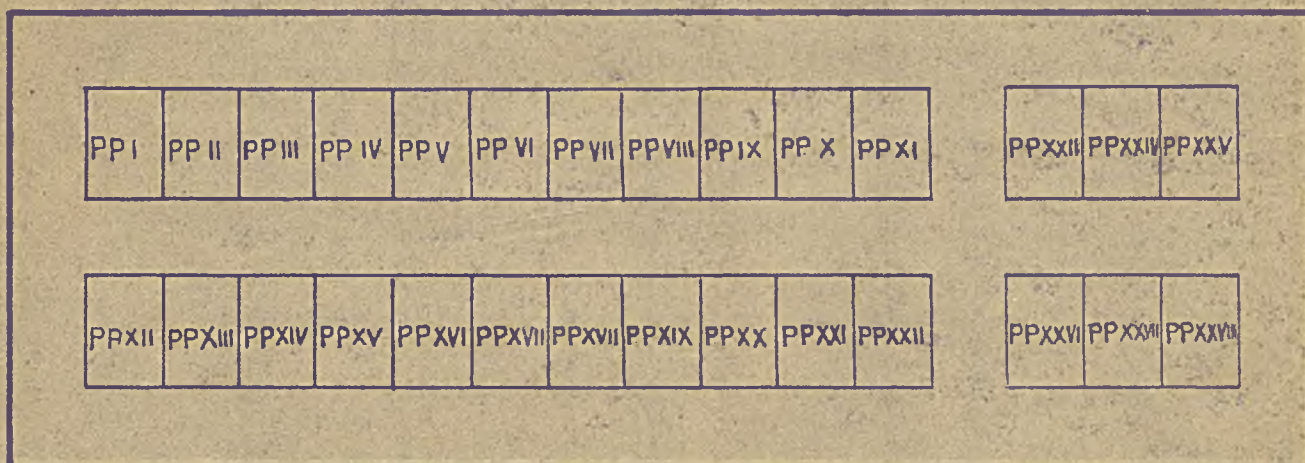
PS VI 9	9
PS VI 1	8
PS XIII 1	7
PS II 9	6
PS I 1	5
PS II 7	4
PS II 3	3
PS II 1	2
PS I 7	1

ZŁĄCZE ARYTMOMETRU

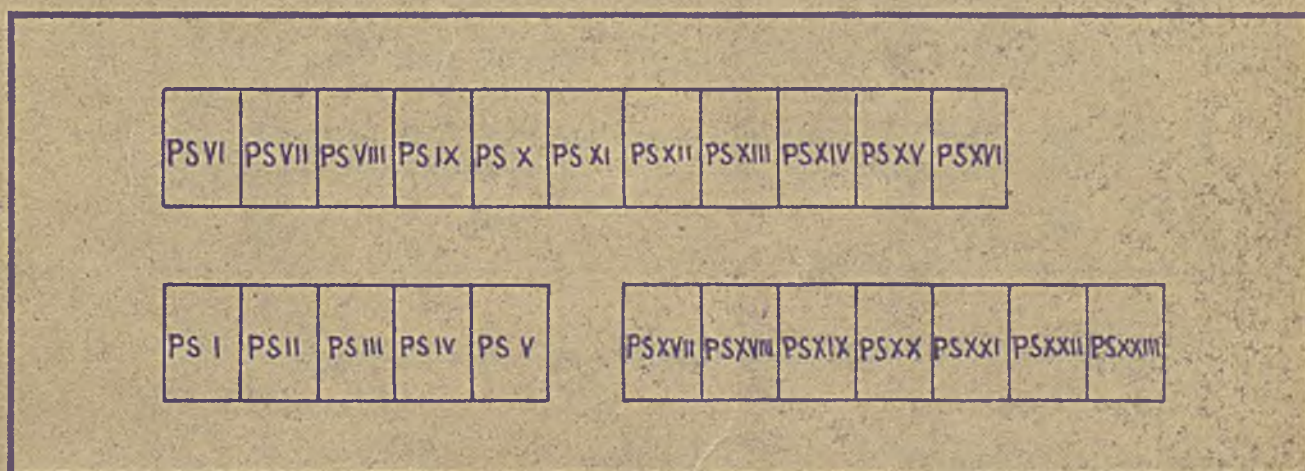
	1
—	2
	3
+	4
	5
IC	6
	7
IS	8
	9
IC _w	10
	11
IS _w	12
	13
PA VI 1	14
	15
PA VIII 1	16
	17
PA I 1	18
	19
PA VIII 10	20
	21
PA III 3	22
	23
PA III 9	24
	25
	26
	27
	28
	29
	30
	31
	32

8. USYTUOWANIE PRZEKAŹNIKÓW W POSZCZEGÓLNYCH BLOKACH

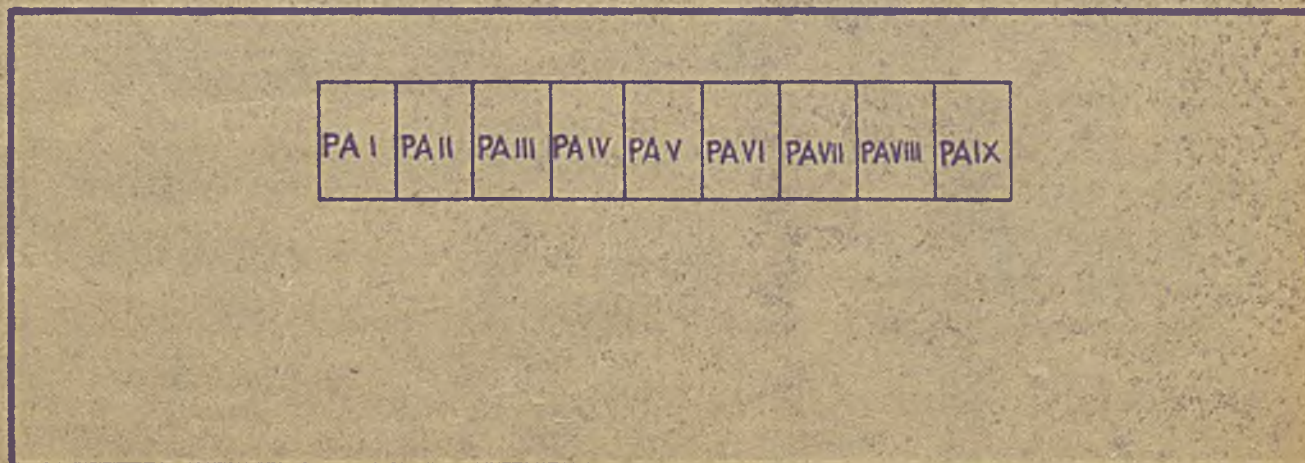
Blok PAMIĘĆ



Blok STEROWANIE



Blok ARYTMOMETR

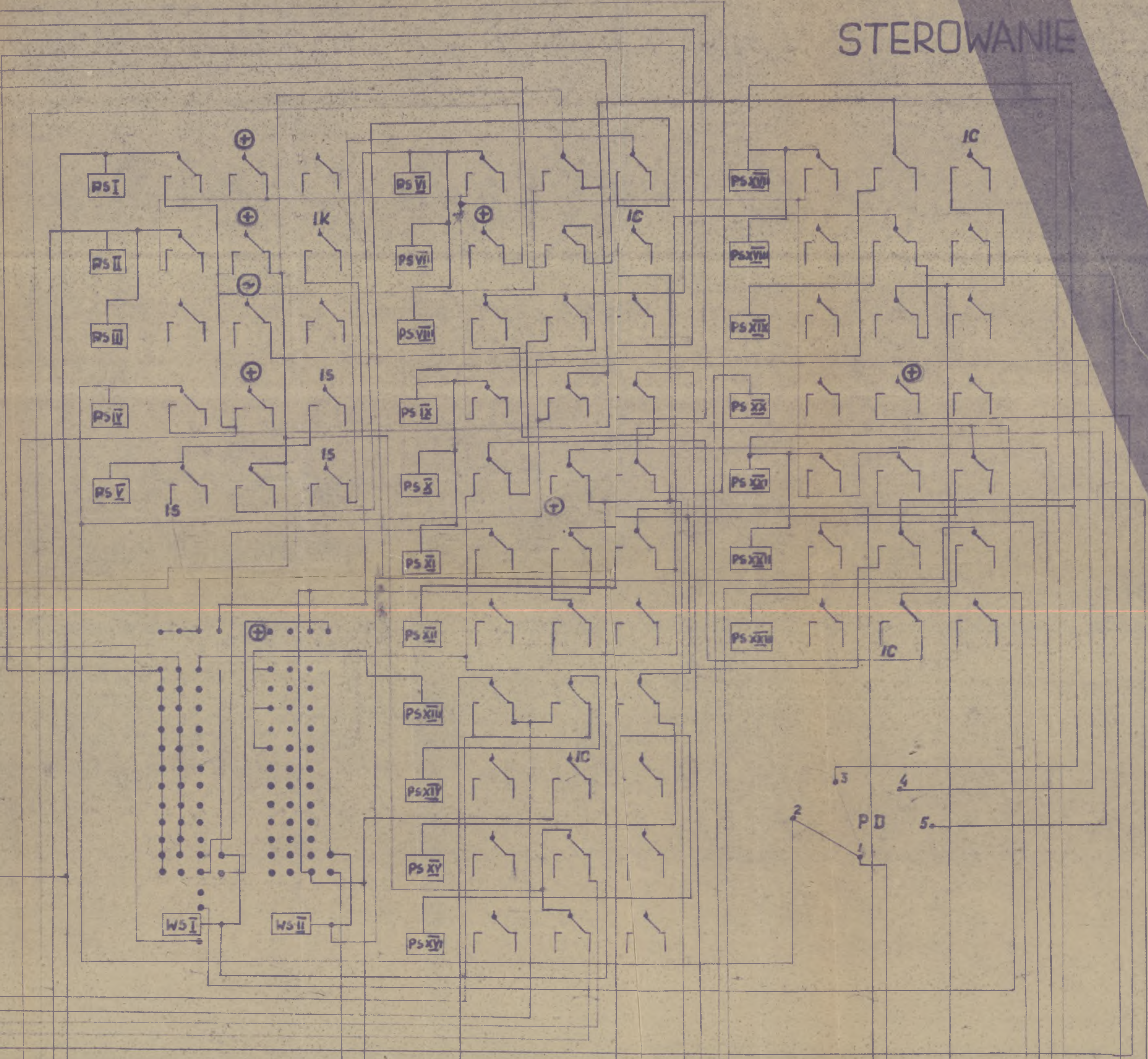
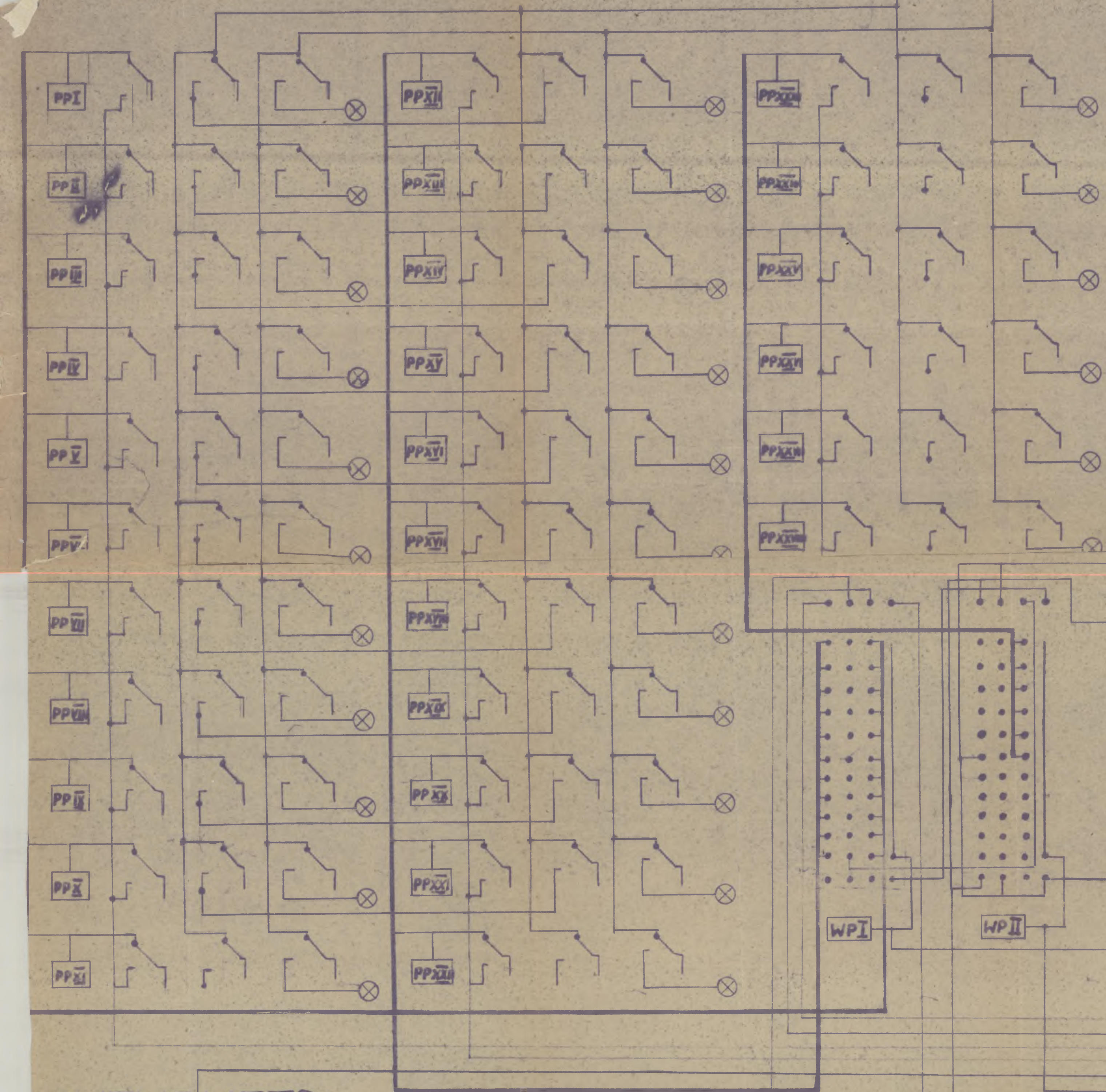


Uwaga. Wszystkie bloki przedstawione są w widoku z przodu.

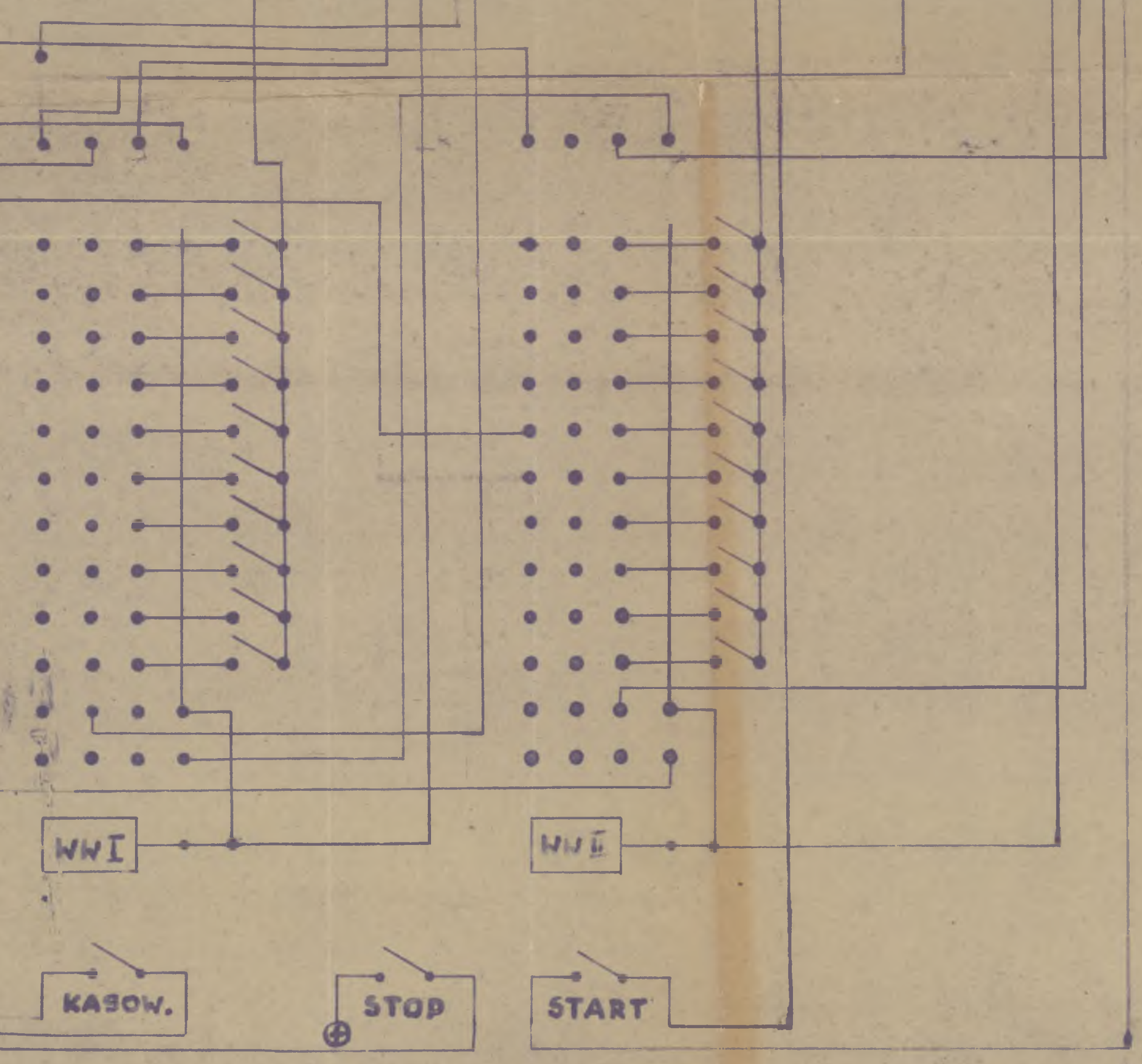
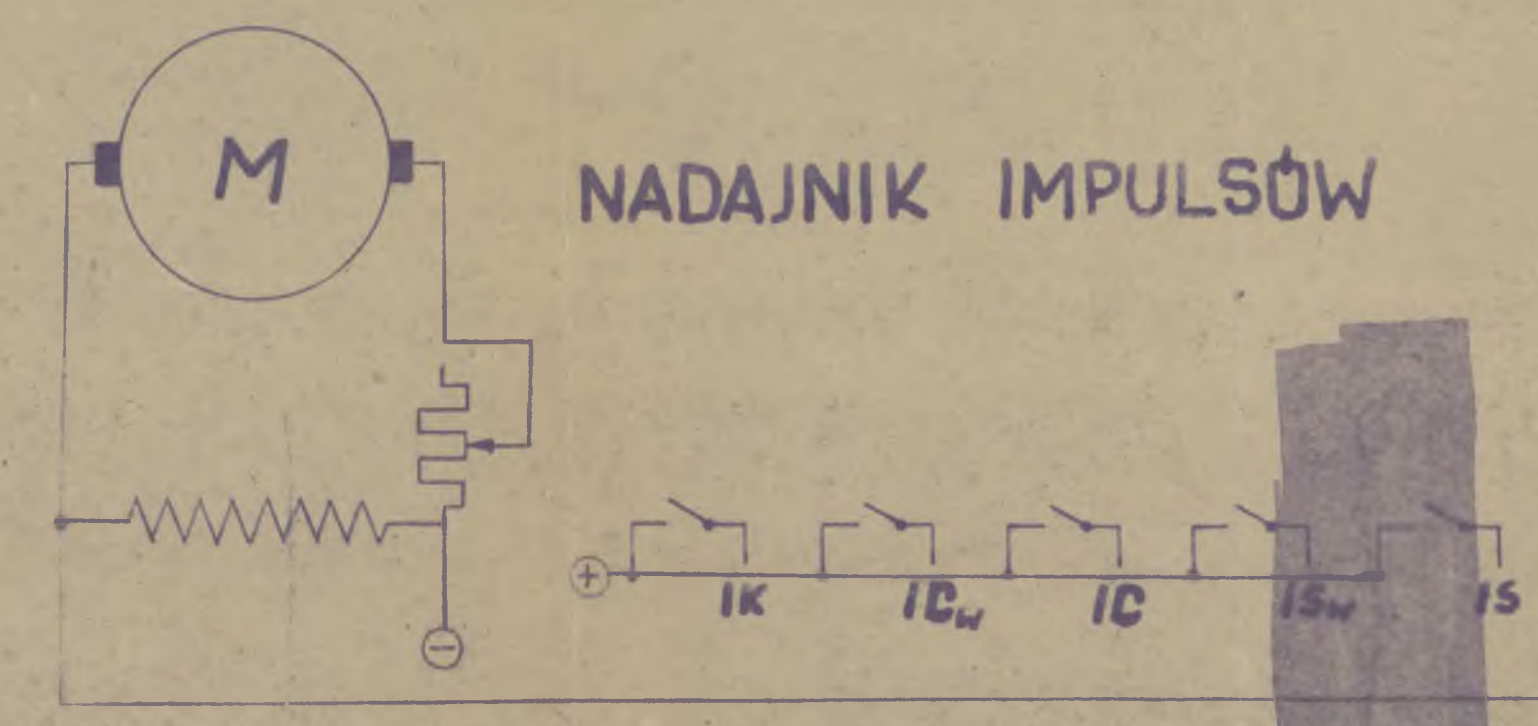
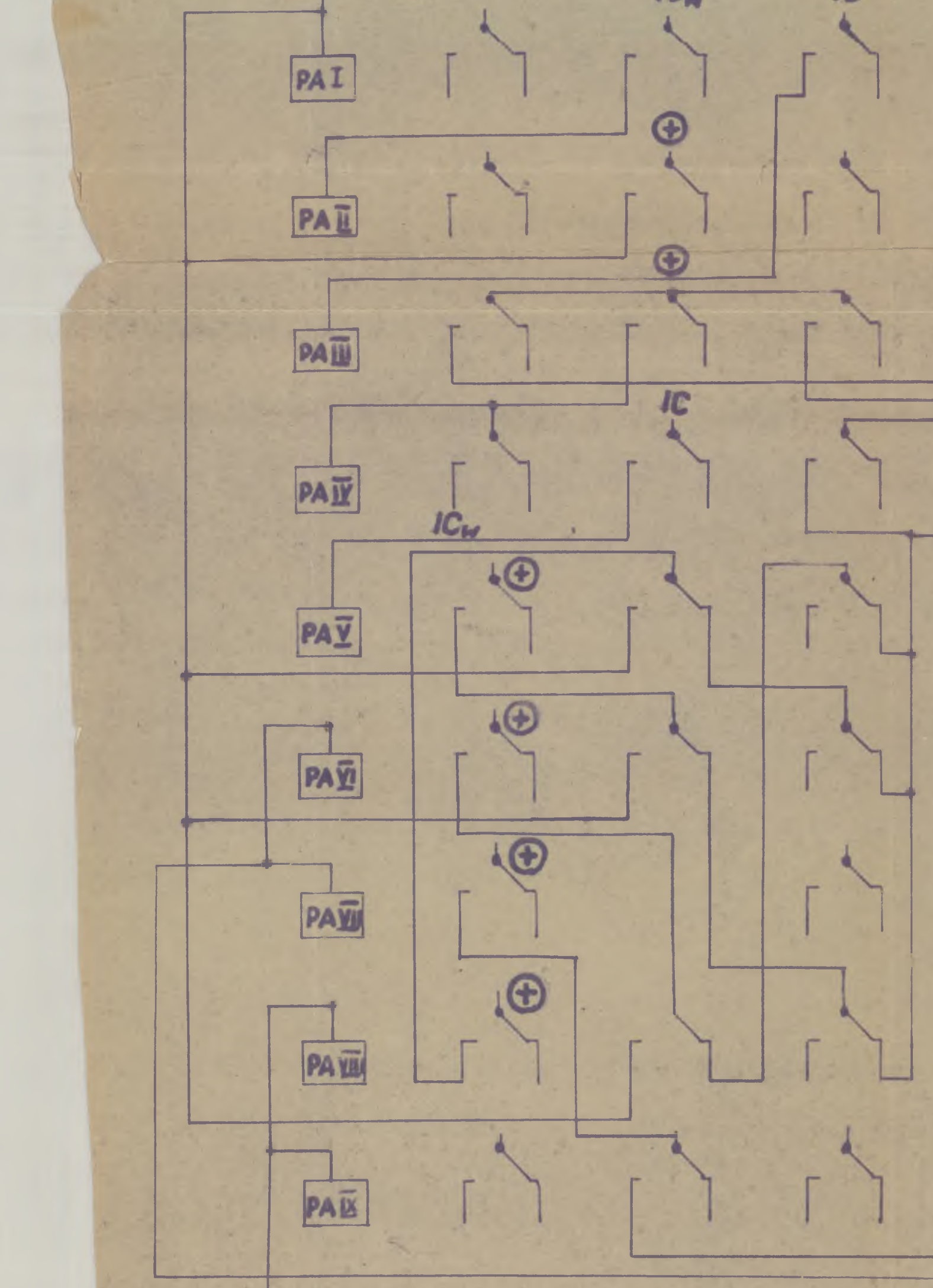
SCHEMAT IDEOWY PRZEKAŹNIKOWEJ MASZYNY CYFROWEJ

STEROWANIE

PAMIĘĆ



ARYTMOMETR



WEJŚCIE - WYJŚCIE

