ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1969
Seria: AUTOMATYKA z. 12 Nr kol. 244

ANDRZEJ HŁAWICZKA
Bipromog Gliwice

REWERSYJNY LICZNIK DWU-PIĄTKOWY

Streszczenie. W niniejszej pracy rozpatrzono licznik impulsów pracujący wprzód i wstecz, zbudowany w oparciu o elementarne układy sekwencyjne, takie jak: bramka dynamiczna i przerzutnik pobudzany impulsowo. Przeprowadzono syntezę układu logicznego działania, zapewniającego poprawną pracę licznika. Równania logiczne układu zostały przedstawione w postaci przydatnej do realizacji urządzenia na elementach systemu "Logister". Przedstawiono logiczny schemat całego licznika. Omówiono możliwości zastosowań, oraz niektóre zalety opracowanego urządzenia.

1. Wstęp

Przy obecnym stanie i rozwoju techniki, problem cyfrowego przedstawienia mierzonych wielkości (długość przesunięcia, kąt obrotu wału itp.) nabiera coraz większego znaczenia. Automatyzację różnych procesów przemysłowych, jak np. obróbkę metalu czy też nastawę walców, realizuje się w oparciu o technikę cyfrową, gdyż układy cyfrowe są szczególnie dobrze przystosowane do kontroli i regulacji położenia urządzeń i mechanizmów. Istotne znaczenie ma fakt, że jedynie na drodze cyfrowej można uzyskać wymagane czasem bardzo wysokie dokładności. Osiągnięcie dużej dokładności za pomocą układów analogowych jest w warunkach przemysłowych praktycznie niemożliwe. Natomiast w przypadku prawidłowo skonstruowanych układów cyfrowych o dokładności decyduje wielkość odcinka odpowiadającego jednostce cyfrowej. Jednym z najważniejszych członów urządzeń cyfrowych jest niewątpliwie rewersyjny licznik, który potrafi do swego aktualnego stanu zarówno dodawać, jak i odejmować kolejno szeregowo nadchodzące impulsy. W zależności od wymogów stawianych układom,

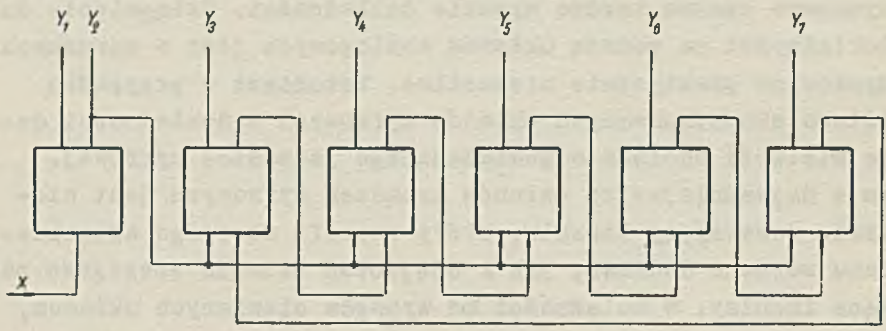
licznik taki musi spełniać różne warunki, z których najważniejszymi są:

- szybkość działania
- kierunek zliczania
- pojemność
- pewność działania.

Obecnie buduje się dwa rodzaje liczników: szeregowe i równoległe o większej od szeregowego szybkości zliczania impulsów. W przemysłowych przytoczonych wyżej zastosowaniach szybkość nie ma takiego znaczenia i zwykle nie przekracza częstotliwości 30kHz. Decydujące znaczenie ma tutaj prostota układu i taniość układu. Szczególnie ważki staje się ten problem przy deszyfracji stanu licznika czyli wówczas, gdy chcemy wyświetlić przy pomocy cyfrowych wskaźników aktualne przesunięcie czy też obrót wału. Praca ta poświęcona jest właśnie temu problemowi, opracowaniu prostego i taniego licznika rewersyjnego z prostym układem deszyfrującym.

2. Wybór rodzaju dekady

Spośród wielu liczników na szczególną uwagę zasługuje licznik dziesiętny (dekada) dwu-piątkowy. Jest to licznik, w którym stan 10 jest reprezentowany przez iloczyn 2·5. Schemat blokowy takiego licznika przedstawia rys. 1 (poz. 1). Składa się on z dwójki liczącej pobudzanej impulsami wejściowymi x i pięciu prze-



Rys. 1. Schemat blokowy dekady dwu-piątkowej

Im-puls wej-ściowy \ Wyj-ścia	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Y_6	Y_7
0	0	1	0	1	1	1	1
1	1	0	1	0	1	1	1
2	0	1	1	0	1	1	1
3	1	0	1	1	0	1	1
4	0	1	1	1	0	1	1
5	1	0	1	1	1	0	1
6	0	1	1	1	1	0	1
7	1	0	1	1	1	1	0
8	0	1	1	1	1	1	0
9	1	0	0	1	1	1	1
10	0	1	0	1	1	1	1

Rys. 2. Kod dwu-piątkowy

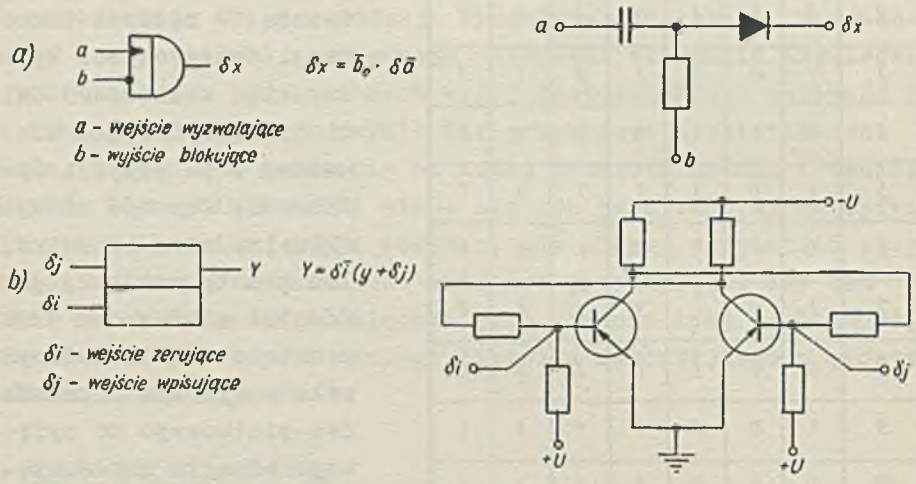
rzutników pobudzanych symetrycznie i powiązanych ze sobą sprzężeniami aktywnymi. Wyjścia Y określone są w tabeli na rys. 2. Łatwo można z niej zauważyć, że stany wyjść Y tworzą 10 różnych kombinacji dwuzerowych. Wystarczy więc zastosować dwie diody deszyfrujące dla każdej z 10 pozycji cyfrowych, aby móc odczytać aktualny stan licznika. Ten prosty wniosek, jak również stosunkowo duża prostota układu zadecydowała o wyborze licznika dwu-piątkowego do cyfrowego odczytu przesunięcia.

3. Synteza rewersyjnej dekady dwu-piątkowej

Każdą dekadę rewersyjną można realizować dwoma drogami. Pierwsza z nich, gdy impulsy wchodzą do dekady dwoma oddzielnymi wejściami polega na tym, że licznik dodaje gdy impulsy wchodzą jednym wejściem, a odejmuje gdy impulsy wchodzą drugim wejściem. Wreszcie druga, gdy impulsy zliczane wchodzą do dekady jednym wejściem. O kierunku zliczania decyduje tutaj dodatkowy sygnał "s", który jest zwykle rozdzielany na dwa: dodawania "p" i odejmowania "m" w ten sposób, że:

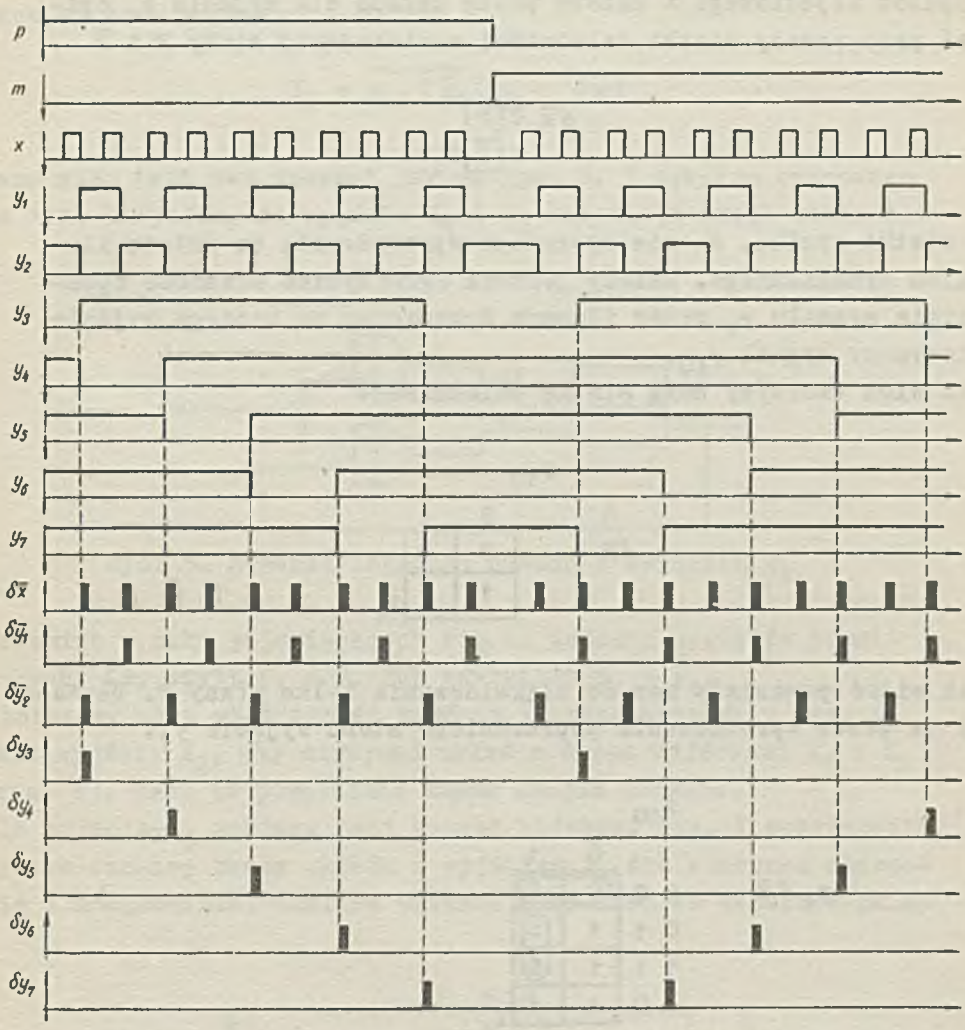
$$p = \bar{m} = s \quad \text{lub} \quad \bar{p} = m = s$$

Do syntezy dwu-piątkowej dekady rewersyjnej wybrano drogę drugą w oparciu o elementarne układy sekwencyjne takie jak bramka dynamiczna (iloczyn dynamiczny) (rys. 3a) i przerzutnik pobudzany impulsowo (rys. 3b) [poz. 2]. Wykres czasowy obrazujący rewersyjną pracę takiej dekady przedstawia rys.4. Nie uwzględniono na nim



Rys. 3. Elementarne układy sekwencyjne a) iloczyn dynamiczny, b) przerzutnik pobudzany impulsowo

opóźnień impulsów w sprzężaniach zwrotnych, względem wywołujących je impulsów wejściowych. Na podstawie tego wykresu łatwo można stwierdzić, że mamy do czynienia ze złożonym układem sekwencyjnym. Zanim jednak przystąpimy do konkretnej syntezy układu należy uczynić pewne założenia. Przyjmujemy, że zmiana sygnału wyjściowego nastąpi równocześnie ze zmianą odpowiedniego sygnału wejściowego. Poza tym dla uproszczenia syntezy będziemy rozpatrywać osobno dodawanie impulsów i osobno odejmowanie impulsów za wyjątkiem dwóch pierwszych wyjść Y_1 i Y_2, których stany jak można zauważyć nie zależą od sygnałów p i m, a jedynie od impulsów wejściowych x. Wprowadzając sygnał impulsowy $\delta\bar{x}$ otrzymany w wyniku zróżniczkowania tylnego zbocza



Rys. 4. Wykres czasowy pracy rewersyjnej dekady dwu-piątkowej

impulsu wejściowego x możemy pracę układu dla wyjścia Y_1 opisać przy pomocy siatki zależności zawierającej stany P i $\overline{P}$

$\delta\overline{x}$ 0	P	
1	$\overline{P}$	Y_1

Z siatki wynika, że nie wystarcza wprowadzenie do układu iloczynu dynamicznego. Należy jeszcze wykorzystać własność opóźniania sygnału y_1 przez iloczyn dynamiczny na którego wyjściu otrzymamy sygnał y_{10}.
Tak więc tworzymy nową siatkę zależności:

	y_{10} 0	1	
$\delta\overline{x}$ 0	P	P	
1	1	0	Y_1

Jak widać pozostały nam do zlikwidowania tylko stany P. Usuwamy je przez wprowadzenie poprzedniego stanu wyjścia y_1.

		y_{10} 0	1	
y_1 $\delta\overline{x}$	0 0	0	0	
	0 1	1	0	
	1 1	1	0	
	1 0	1	1	Y_1

A stąd mamy

$$Y_1 = (\overline{y}_{10} + \overline{\delta}\,\overline{x})(y_1 + \delta\overline{x})$$

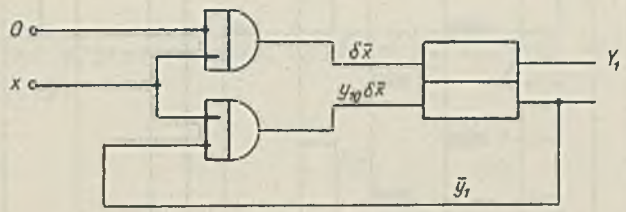
$$Y_1 = (\overline{y_{10}\,\delta\overline{x}})(y_1 + \delta\overline{x})$$

co odpowiada schematowi z rys. 5.

Przeprowadzając taką samą analizę dla wyjścia Y_2 otrzymamy siatkę zależności identyczną z siatką dla wyjścia Y_1. Można więc od razu napisać

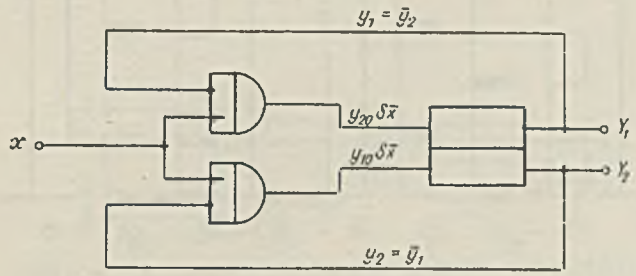
$$Y_2 = \overline{y_{20}\,\delta\bar{x}}.(y_2 + \delta\bar{x})$$

Mamy więc taki sam schemat jak na rys. 5. Z wykresu czasowego na rys. 4 wynika, że wyjścia Y_1 i Y_2 zmieniają swoje stany na

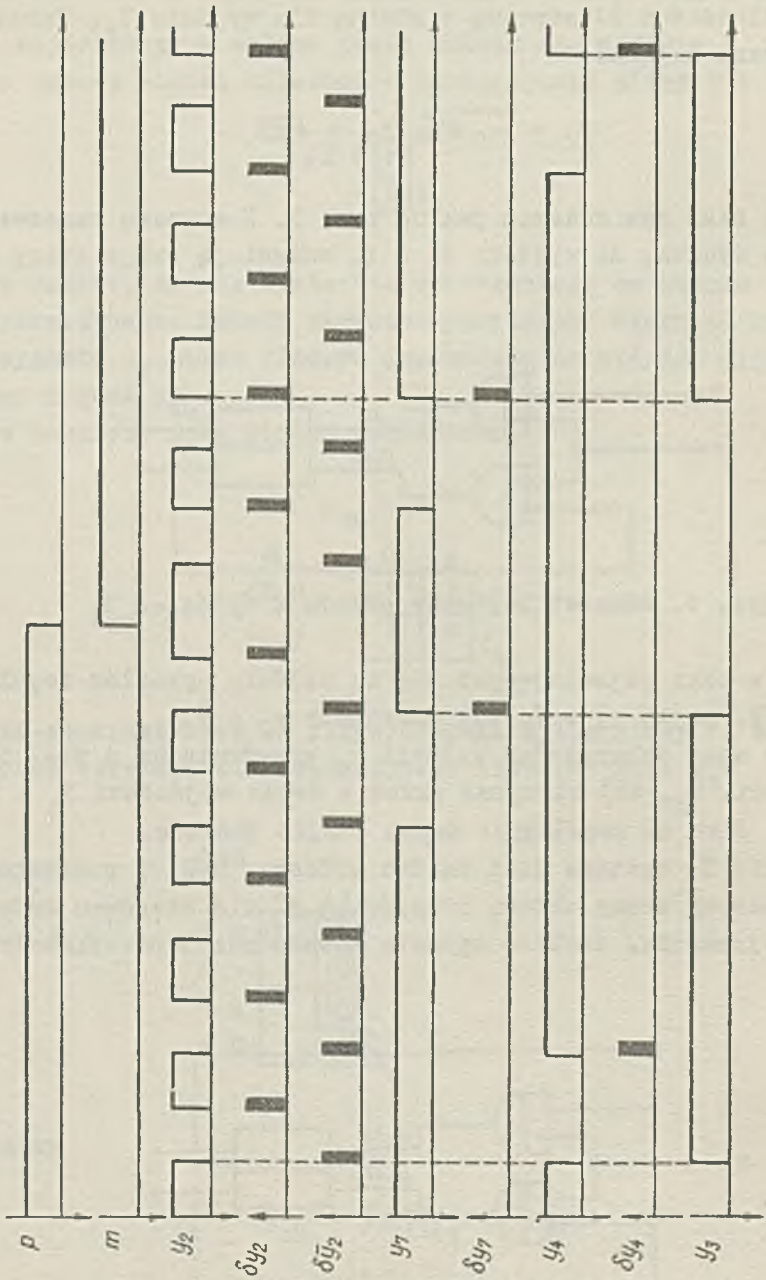


Rys. 5. Schemat logiczny układu z wyjściem Y_1

przemian w takt pojawiających się na wejściu sygnałów impulsowych $\delta\bar{x}$, czyli $y_1 = \bar{y}_2$ lub odwrotnie $y_2 = \bar{y}_1$.
Wystarczy więc wykorzystać wyjście $\bar{Y}_1$ przerzutnika z rys. 5 jako wyjście Y_2, aby otrzymać układ z dwoma wyjściami Y_1 i Y_2 (rys. 6). Jest to popularnie zwana dwójka licząca.
Dla wyjścia Y_3 synteza jest bardzo podobna. Rys. 7 przedstawia wykres czasowy pracy układu z wyjściem Y_3 dla kierunku dodawania i odejmowania. Analizę zgodnie z założeniem przeprowadzimy



Rys. 6. Schemat logiczny dwójki liczącej (wyjścia Y_1, Y_2)



Rys. 7. Wykres czasowy pracy układu z wyjściem Y_3

najpierw dla kierunku dodawania, a później odejmowania. Wprowadzając sygnały impulsowe $\delta\bar{y}_2$ i δy_7 otrzymane po zróżniczkowaniu tylnego zbocza sygnału y_2 i przedniego zbocza sygnału y_7, mamy następującą siatkę zależności dla p = 1.

$\delta\bar{y}_2$ \ δy_7	0	1
0	P	Ø
1	1	0

Y_3

Wprowadzając poprzedni stan wyjścia y_3 usuwamy stan P z siatki i otrzymujemy:

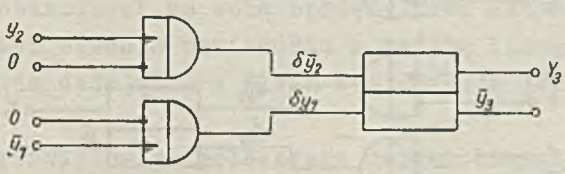
y_3	$\delta\bar{y}_2$	δy_7 \	0	1
0	0		0	Ø
0	1		1	0
1	1		1	0
1	0		1	Ø

Y_3

A stąd mamy następującą zależność:

$$Y_3 = \bar{\delta}y_7(y_3 + \delta\bar{y}_2)$$

której odpowiada następujący schemat logiczny (rys. 8).



Rys. 8. Schemat logiczny układu z wyjściem Y_3

Przeprowadzając wg rys. 4. taką samą analizę dla pozostałych wyjść otrzymamy następujące zależności i odpowiadające im schematy logiczne (rys. 9)

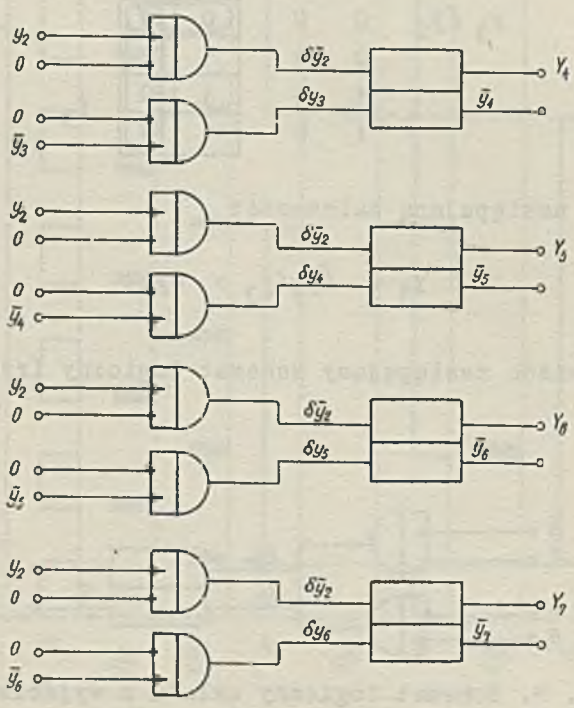
$$Y_4 = \overline{\delta y_3} \cdot (y_4 + \delta \bar{y}_2)$$

$$Y_5 = \overline{\delta y_4} \cdot (y_5 + \delta \bar{y}_2)$$

$$Y_6 = \overline{\delta y_5} \cdot (y_6 + \delta \bar{y}_2)$$

$$Y_7 = \overline{\delta y_6} \cdot (y_7 + \delta \bar{y}_2)$$

Przeprowadzimy teraz podobną analizę dla wyjścia Y_3 przy m = 1, czyli odejmowaniu impulsów. Wprowadzając do analizy sygnał im-



Rys. 9. Schematy logiczne układów z wyjściem Y_4, Y_5, Y_6, Y_7

pulsowy δy_2 zauważymy, że odpowiada mu czasowo na wykresie pracy (rys. 4) sygnał impulsowy $\delta \bar{y}_1$. Zastąpmy więc go tym sygnałem co nam jak się później okaże uprości schemat dekady rewersyjnej. Równolegle wprowadzamy również do analizy sygnał δy_4. Jak zauważamy przeprowadzenie syntezy i w tym przypadku jest identyczne jak przy dodawaniu impulsów. Wypiszmy więc z góry wszystkie funkcje logiczne dla każdego wyjścia Y przy m = 1.

$$Y_3 = \bar{\delta} y_4 \cdot (y_3 + \delta \bar{y}_1)$$

$$Y_4 = \bar{\delta} y_5 \cdot (y_4 + \delta \bar{y}_1)$$

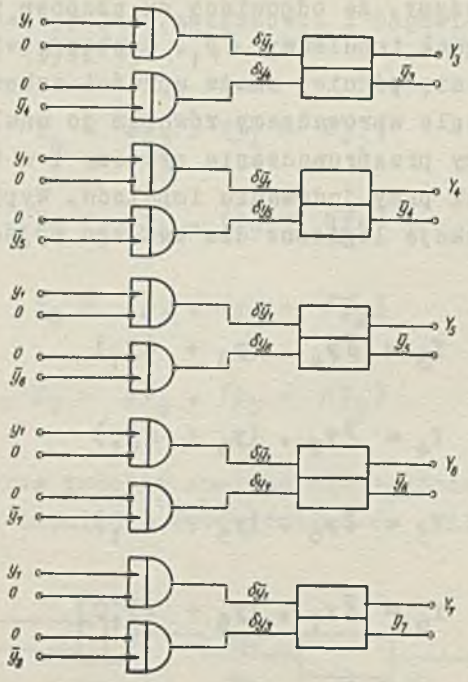
$$Y_5 = \bar{\delta} y_6 \cdot (y_5 + \delta \bar{y}_1)$$

$$Y_6 = \bar{\delta} y_7 \cdot (y_6 + \delta \bar{y}_1)$$

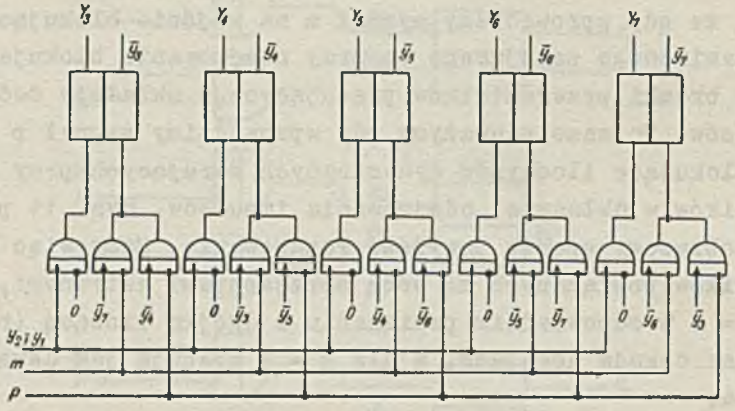
$$Y_7 = \bar{\delta} y_3 \cdot (y_7 + \delta \bar{y}_1)$$

Powyższym zależnościom odpowiadają schematy logiczne z rys. 10. Zauważmy, że gdy wprowadzamy sygnał m na wejście blokujące iloczynu dynamicznego zerującego to przy odejmowaniu blokujemy wszystkie bramki przerzutników pracujących w układzie dodawania impulsów. To samo zauważymy gdy wprowadzimy sygnał p na wejścia blokujące iloczynów dynamicznych zerujących przy pracy przerzutników w układzie odejmowania impulsów. Rys. 11 przedstawia w obrazowy sposób powyższe rozumowanie. Mamy więc pięć przerzutników powiązanych ze sobą sprzężeniami aktywnymi, które dla p = 1 w odpowiednim powiązaniu z dwójką liczącą (rys. 6) pracują jak dekada dodająca, a dla m = 1 pracują jak dekada odejmująca.

Dla otrzymania prawidłowego połączenia dwójki liczącej z resztą dekady tzn. uzyskania takiego układu przekształcającego, który dla p = 1 przepuszcza tylko sygnały y_2, a dla p = 0 przepuszcza tylko sygnały y_1 (zgodnie z naszym poprzednim rozumowaniem) na-



Rys. 10. Schematy logiczne układów z wyjściem Y_3, Y_4, Y_5, Y_6, Y_7 dla m = 1



Rys. 11. Schemat logiczny części dekady dwupiątkowej w połączeniu z liniami sygnałowymi p i m

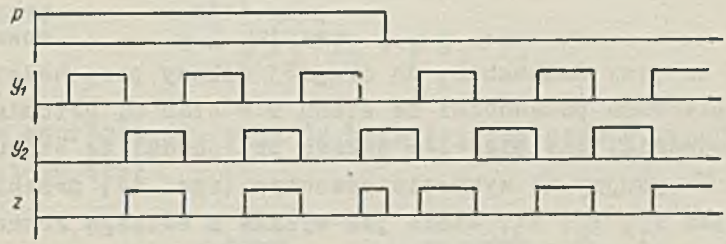
leży przeprowadzić syntezę na podstawie rys. 12 przedstawiającego wykresy czasowe pracy takiego układu.
Tworzymy więc siatkę zależności

y_2 \ p	0	1
0	1	(0)
1	(0)	1

Z

na podstawie, której otrzymujemy następującą funkcję logiczną

$$Z = (\bar{y}_2 + p) \cdot (y_2 + \bar{p})$$



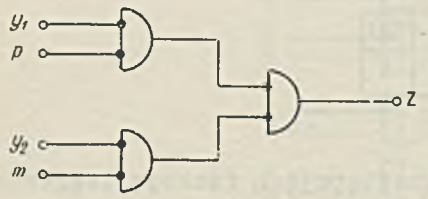
Rys. 12. Wykres czasowy pracy układu z wyjściem Z

Doprowadzając tą funkcję do postaci dogodnej do realizacji na elementach NOR otrzymujemy:

$$Z = \overline{\overline{(\bar{y}_2 + p)} + \overline{(y_2 + \bar{p})}}$$

której te funkcji wiedząc, że $\bar{y}_2 = y_1$ i $\bar{p} = m$ odpowiada schemat logiczny na rys. 13.

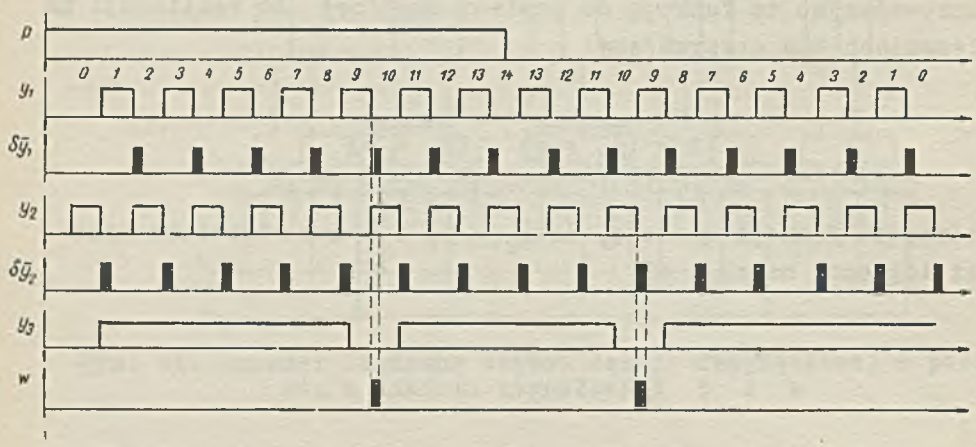
Rozpatrzmy teraz w jaki sposób zrealizować wysyłanie impulsu do następnej dekady. Gdy zestawimy licznik z dwóch dekad, kolejność liczenia jest następująca:



Rys. 13. Schemat logiczny układu z wyjściem Z

D_2	D_1	D_2	D_1
0	0	1	2
0	1	1	1
0	2	1	0
.	.	0	9
.	.	.	.
.	.	.	.
0	9	.	.
1	0	0	2
1	1	0	1
1	2	0	0
przy dodawaniu		przy odejmowaniu	

Zauważmy, że przy dodawaniu, do drugiej dekady przechodzi impuls gdy pierwsza przechodzi ze stanu 9 w stan 0. Natomiast przy odejmowaniu, gdy pierwsza dekada przechodzi ze stanu 0 w stan 9. Narysujmy na wykresie czasowym (rys. 14) przebieg stanów wyjść Y_1, Y_2, Y_3, które jak wynika z naszego rozumowania (rys. 2) decydują o wysłaniu impulsu do następnej dekady.



Rys. 14. Wykres czasowy pracy układu z wyjściem W

Wykres ten uwzględnia opóźnienia czasowe sprzężeń zwrotnych względem wywołujących je impulsów wejściowych (sygnał y_3). Wprowadzając sygnał impulsowy $\delta\bar{y}_1$ i $\delta\bar{y}_2$ otrzymamy siatkę zależności opisującą pracę układu z wyjściem W.

$\delta\bar{y}_1$	$\delta\bar{y}_2$	p y_3: 0 0	0 1	1 1	1 0
0	0	0	0	0	0
0	1	1	0	0	∅
1	1	∅	∅	∅	∅
1	0	∅	0	0	1

W

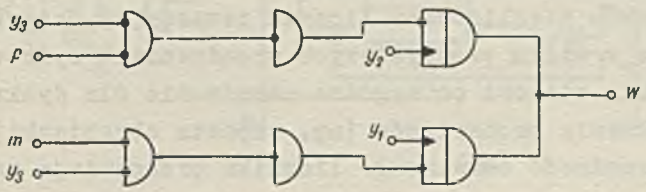
Po wybraniu podgrup jedynkowych możemy napisać następującą funkcję logiczną:

$$W = \bar{p}\,\bar{y}_3\,\delta\bar{y}_2 + p\,\bar{y}_3\,\delta\bar{y}_1$$

którą po skorzystaniu praw de Morgana ostatecznie przedstawimy następująco:

$$W = (\overline{\overline{p + y_3}})\,\delta\bar{y}_2 + (\overline{\overline{\bar{p} + y_3}})\,\delta\bar{y}_1$$

Takiej postaci odpowiada schemat logiczny na rys. 15.
W celu uformowania impulsów dodatnich otrzymywanych za iloczynami dynamicznymi w ujemne, należy na wyjściu układu włączyć klucz tranzystorowy z odpowiednio spolaryzowaną bazą.

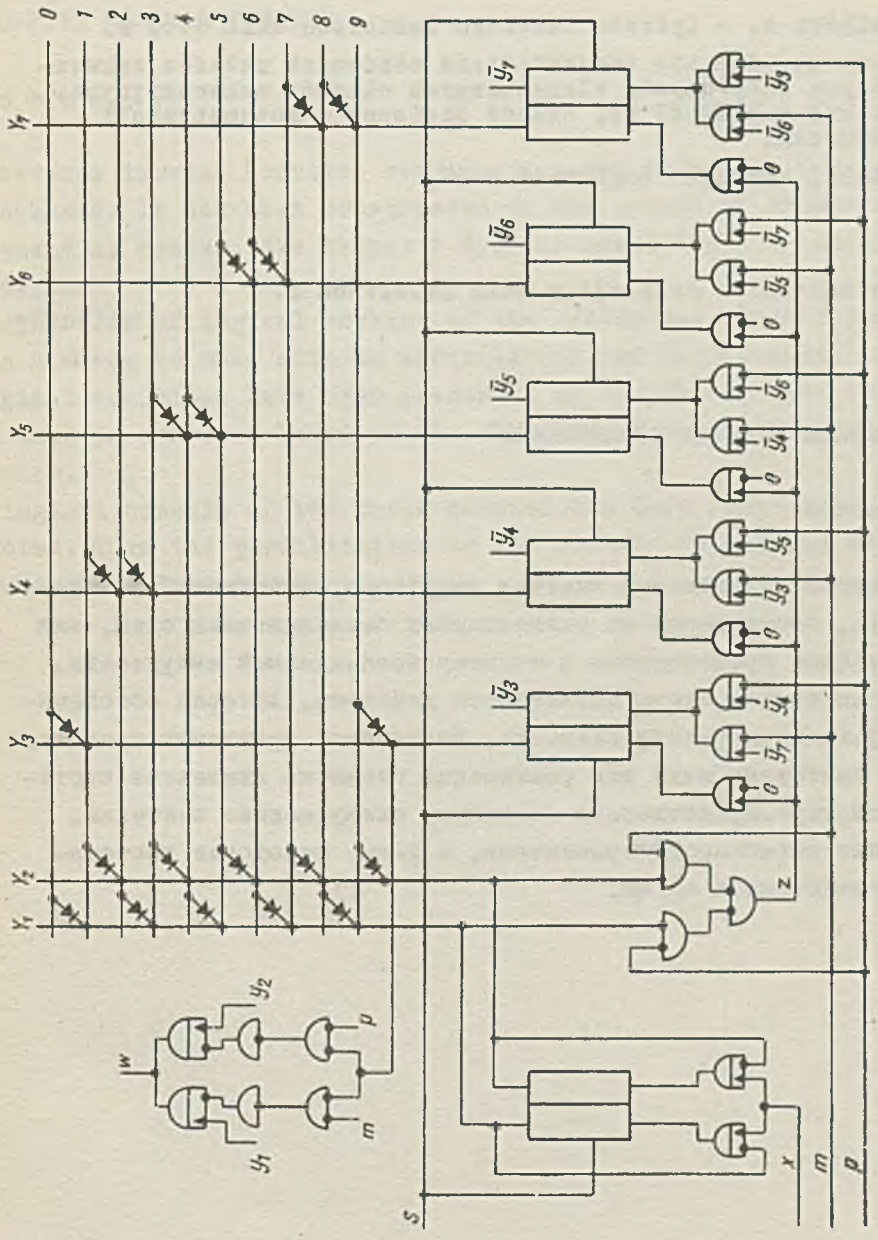


Rys. 15. Schemat logiczny układu z wyjściem W

W ten sposób otrzymywane impulsy wyjściowe wchodzą na wejście (dwójkę liczącą) następnej dekady.
Do rozwiązania pozostał jeszcze problem deszyfracji stanów wyjść Y, który przy wyborze dekady został już właściwie z góry narzucony. Wystarczy więc stworzyć odpowiednią diodową matrycę dla uzyskania jednoznacznych sygnałów wyjściowych za deszyfratorem, uruchamiających cyfrowe wskaźniki.
Matrycę diodową wraz z pozostałym schematem logicznym rewersyjnej dekady dwupiątkowej przedstawia rys. 16. na którym umieszczono również linię sygnałową "s" służącą do wstępnego wyzerowania stanu licznika.

Wnioski

Syntezę dekady przeprowadzono pod kątem możliwości wykorzystania do jej budowy elementów logicznych szeregu "Logister" E-20. Przy realizacji należy więc wykorzystać przerzutnik ET-03 z wyprowadzeniem bazy (możliwość dodatkowego włączenia iloczynu dynamicznego) oraz podstawowy element szeregu ET-01. Jako bramki należy wykorzystać element ET-X. Wreszcie jako klucza tranzystorowego należy wykorzystać element ET-04 z bezpośrednim wejściem na bazę. Do realizacji matrycy deszyfrującej wystarczy zastosować diody DG-20 w połączeniu z elementem syngalizacyjnym ET-12. Jedynym mankamentem otrzymanego układu wydaje się być brak jednolitości konstrukcji. Obok elementów systemu "Logister" układ dekady posiada matrycę w postaci luźnych diod. Jednakże taki układ dekady z deszyfratorem jest bardzo prosty w porównaniu z innymi licznikami rewersyjnymi, budowanymi wyłącznie w oparciu o elementy systemu, co obniża znacznie koszt jej wykonania i zwiększa pewność działania.
W taki sposób zrealizowany licznik rewersyjny może znaleźć zastosowanie w wielu przemysłowych urządzeniach cyfrowych. Przede wszystkim stanowi on wygodne urządzenie dla dyskretnej kontroli położenia mechanizmów (np. suportu obrabiarki). Prostota i niezawodność omawianego licznika przemawiają na korzyść jego zastosowania przy wszelkiego rodzaju cyfrowym przedstawianiu długości przesunięcia czy też kąta.



Rys. 16. Schemat logiczny całej dekady rewersyjnej dwupiątkowej wraz z diodowym deszyfratorem

LITERATURA

[1] Sowiński A. - Cyfrowa Technika Pomiarowa WKiŁ 1967 r.

[2] Pewne zagadnienia projektowania złożonych układów sekwencyjnych przy użyciu elementarnych układów sekwencyjnych. Artykuł z KKNT 67 pt. Układy logiczne w automatyzacji przemysłu.

[3] Katalog szeregu "Logister" E-20.

Rękopis złożono w Redakcji w dniu 24.6.1968 r.

РЕВЕРСИВНЫЙ СЧЁТЧИК ДВУПЯТИЧНЫЙ

Р е з ю м е

Рассмотрено реверсивный счетчик импульсов, работающий в коде два-пять, построенный из элементарных секвенционных схем, как динамическое произведение и триггер возбуждаемый импульсами. Проведено синтез схемы логического действия, которая обеспечивает правильную работу счетчика. Логические уравнения представлены в пригодном виде для реализации схемы из элементов системы "Логистэр".Представлено логичную, схему целово счетчика. Обсуждено возможности применения, а также некоторые достоинства обработанной схемы.

TWO-FIVE REVERSE COUNTER

S u m m a r y

A reverse impulse counter, working in a two-five code has been discussed. It has been constructed on the ground of elementary sequential system like these: a dynamic product and an impulse trigger.
A synthesis of logical working of the system was carried out. Its aim was to make sure an adequate work of the counter. Logical equations have been presented in the shape, that could be used in a system based on the elements of the "Logister" system.
A logical circuit of the whole counter has been further presented. Then the possibilities of its use and advantages of the system have been discussed.