

JERZY MIKULSKI

Katedra Automatykacji
Procesów Przemysłowych

REALIZACJA FUNKCJI LOGICZNYCH PRZY UŻYCIU ELEMENTÓW FERRYTOWYCH

Streszczenie. Realizacja funkcji logicznych przy użyciu elementów ferrytowych. W artykule omówiono zasadę działania elementów ferrytowo - diodowych. Zwrócono uwagę na prostotę konstrukcji i możliwości realizacji różnych funkcji logicznych na jednym elemencie w zależności od ilości zwojów uzwojeń wejściowych i sposobu ich nawinięcia. Istotną zaletą tych elementów jest również możliwość użycia ich jako elementów progowych.

Projektując układy logiczne coraz częściej wykorzystuje się elementy wykonane z materiałów ferromagnetycznych o prostokątnej pętli histerezy jako jedne z najbardziej pewnych spośród bezstykowych elementów logicznych. Możliwość stosowania ich do realizacji funkcji logicznych wynika stąd, że posiadają one dwa stabilne stany namagnesowania, a właściwości pamięciowe rdzeni magnetycznych polegają na zdolności zachowania stanu namagnesowania, bez konieczności przepływu prądu.

W zależności od konstrukcji i zasady działania przy użyciu magnetycznych elementów logicznych można realizować różne funkcje przełączające. Istnieje kilka zestawów elementów ferrytowych pozwalających realizować funkcjonalnie pełne systemy funkcji logicznych. Dowloną funkcję logiczną zazwyczaj realizuje się wielopoziomowo, przesyłając sygnały przez łańcuchy prostych układów, takich jak bramki "lub", "i", negacja itp. lub wykorzystując układy wielowejsciowe. Dzięki temu, że w zestawie takim znajduje się również element pamięci - przerzutnik, w oparciu o technikę magnetyczną można projektować dowolne jedno i wielotaktowe układy sterowania.

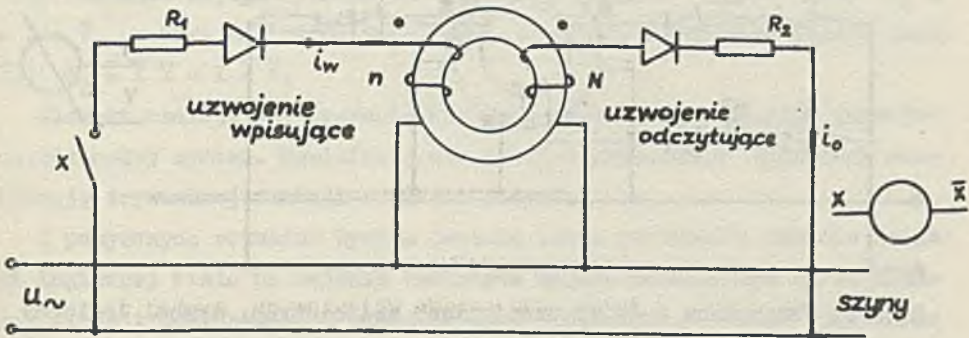
Elementy ferrytowe posiadają wiele zalet. Do najważniejszych należą: duża niezawodność działania nawet w trudnych warunkach pracy, małe wymiary, prosta konstrukcja i niski koszt produkcji, stosunkowo duża szybkość działania i odporność na zakłócenia elektro-magnetyczne.

Układy przełączające z elementami magnetycznymi mogą być różnorodnie wykonane, gdyż różna może być sama konstrukcja, jak i sposób stosowania elementu magnetycznego. Konieczne jest przy tym posiadanie dostatecznie dużej swobody łączenia tych elementów, jak i spełnienie warunków kierunkowości przesyłania informacji. Realizacja tego wymaga stosowania kombinacji elementów ferrytowych i półprzewodnikowych.

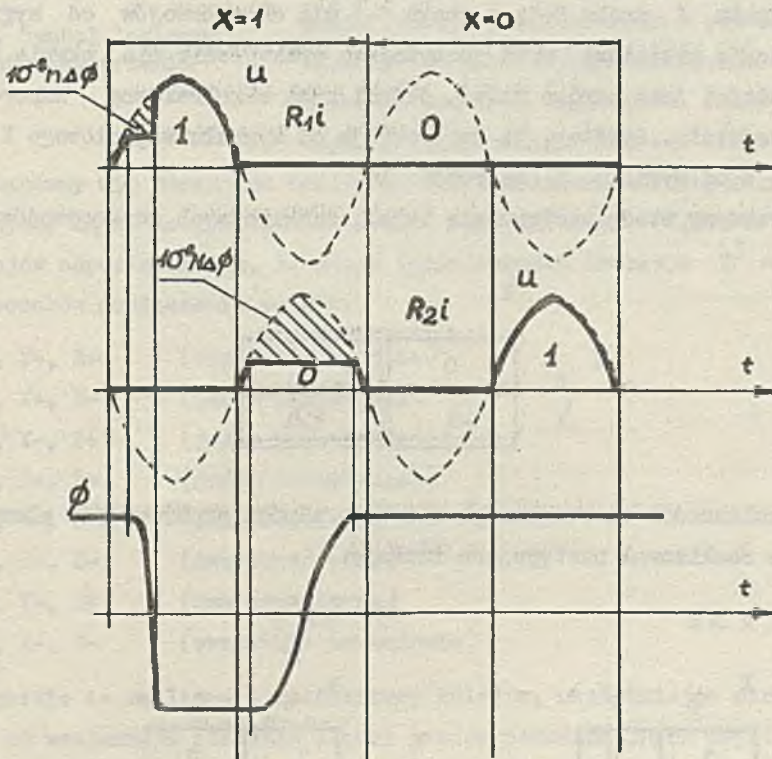
Niżej omówione zostaną układy ferrytowo-diodowe.

Układy tego typu zostały zapoczątkowane przez układ wzmacniacza magnetycznego Ramey'a. Przeanalizujemy pracę układu przedstawionego na rys. 1. Na rdzeniu nawinięte są dwie cewki: uzwojenie wpisujące (posiadające n zwojów) i odczytujące (o N zwojach, przy czym $N > n$). Dzięki obecności prostowników w uzwojeniu wpisującym, prąd płynie podczas jednego półokresu sinusoidalnie zmiennego napięcia zasilającego, a w uzwojeniu odczytującym podczas drugiego. Ilości amperozwojów obu uzwojeń doбира się tak, aby każda z cewek mogła całkowicie przemagnesować rdzeń. Zatem przy przepływie prądu przez obie cewki rdzeń zostaje cyklicznie przemagnesowywany, przy czym dzięki dobraniu odpowiedniej ilości zwojów w czasie taktu odczytującego całkowite przemagnesowanie rdzenia jest osiągnięte pod koniec półokresu. W związku z tym w uzwojeniu odczytującym płynie mały prąd przemagnesowujący, dalej przyjmowany za "0" logiczne. Jeżeli w czasie półokresu wpisującego obwód cewki wejściowej jest otwarty (wskutek otwarcia styku X), wówczas rdzeń pozostaje namagnesowany, gdyż prąd w obwodzie wpisującym nie płynie. W trakcie następnego półokresu, przez uzwojenie odczytujące popłynie duży prąd, na skutek stałości strumienia ograniczony tylko oporem R_2 . Tak więc od stanu obwodu wejściowego zależy wartość prądu wyjściowego:

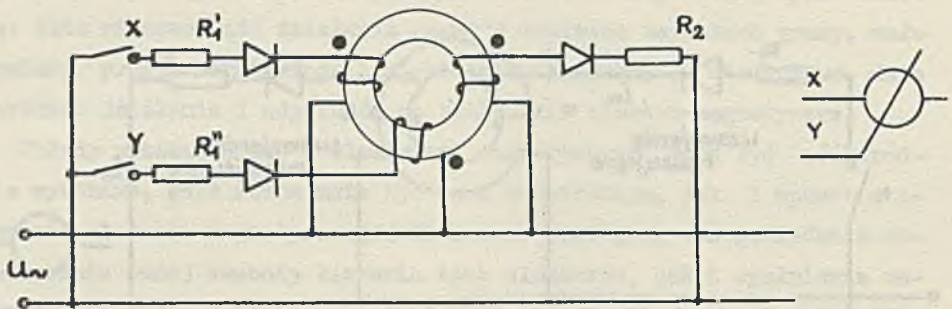
- dla $X = 1$ (styk zwarty) prąd wyjściowy mały ($Y = 0$)
- dla $X = 0$ (styk rozwarty) duży prąd wyjściowy ($Y = 1$).



Rys. 1. Wzmacniacz magnetyczny jako element negacji, symbol logiczny



Rys. 2. Przebieg sygnałów w układzie jak na rys. 1



Rys. 3. Wzmacniacz o dwóch uzwojeniach wejściowych, symbol logiczny

Tak zbudowany wzmacniacz realizuje więc funkcję logiczną negacji. Dla zbudowania funkcjonalnie pełnego systemu funkcji logicznych stosuje się wzmacniacz Ramey'a o dwóch uzwojeniach wpisujących - jedno nawinięte zgodnie, drugie przeciwnie. Przy założeniu dla amperozwojów od sygnału X znaku "+", a znaku "-" dla amperozwojów od sygnału Y (uzwojenie przeciwne) prąd odczytujący praktycznie nie płynie (w rzeczywistości jest bardzo mały), jeżeli suma algebraiczna amperozwojów jest dodatnia. Załóżmy, że amperozwoje od sygnału wejściowego X są równe k , a od sygnału Y są równe 1.

Otrzymamy wtedy następującą tabelę sumarycznych amperozwojów:

		X	
		0	1
Y	0	0	k
	1	-1	$k-1$

W zależności od wzajemnego stosunku ilości amperozwojów element ten będzie realizował następujące funkcje:

1) $k > 1$

2) $k \leq 1$

		X	
		0	1
Y	0	1	0
	1	1	0

$$f = \bar{X}$$

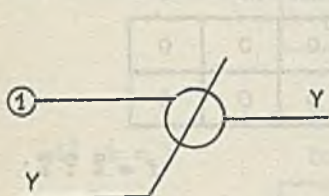
		X	
		0	1
Y	0	1	0
	1	1	1

$$f = \bar{X} + Y$$

Przy zamianie wejść, element ten realizuje funkcję $f_1 = \bar{Y}$ lub $f_1 = X + \bar{Y}$, a przy nawinięciu obu uzwojeń zgodnie realizować będzie funkcję $f_2 = \bar{X} \bar{Y} = \overline{X + Y}$.

Element realizujący operację Pierce'a stanowi sam w sobie funkcjonalnie pełny system. Nawinięcie obu uzwojeń przeciwnie spowoduje realizację trywialnej funkcji - "stażą jeden".

Z powyższych rozważań wynika jeszcze jedna możliwość: podanie jedynki logicznej stale na wejście nawinięte wprost pozwoli nam na realizację funkcji powtórzenia z opóźnieniem o jeden takt. Przy opisywaniu



Rys. 4. Symbol logiczny elementu powtórzenia

działania układów logicznych opóźnianie sygnałów nie ma z punktu widzenia wykonywanych operacji zasadniczego znaczenia.

Jednak wskutek technicznych własności logicznych elementów ferrytowych (realizacja funkcji z opóźnieniem o pół okresu) element ten dla zsynchronizowania wykonywanych operacji logicznych należy włączyć do funkcjonalnie pełnego zestawu.

Zastanówmy się teraz nad możliwościami realizowania różnych funkcji logicznych, mając do dyspozycji element trzywejściowy (X, Y, Z o ilości zwojów odpowiednio k, l, m). W takim wypadku istnieje $2^3 = 8$ różnych sposobów podłączenia wejść:

- 1) $X+, Y+, Z+$ (wszystkie zgodnie)
- 2) $X+, Y+, Z-$ (jedno przeciwnie)
- 3) $X+, Y-, Z+$ (jedno przeciwnie)
- 4) $X-, Y+, Z+$ (jedno przeciwnie)
- 5) $X+, Y-, Z-$ (dwa przeciwnie)
- 6) $X-, Y+, Z-$ (dwa przeciwnie)
- 7) $X-, Y-, Z+$ (dwa przeciwnie)
- 8) $X-, Y-, Z-$ (wszystkie przeciwnie)

Wszystkie te możliwości rozpatrzemy kolejno, uzależniając otrzymane wyniki od wzajemnego stosunku ilości zwojów poszczególnych wejść w odniesieniu do liczby zwojów k uzwojenia wejściowego X . Założenie to

uprości kolosalnie przeprowadzenie tej analizy. Wystarczającym okaże się przeanalizowanie czterech przypadków (1, 4, 5 i 8), a otrzymane równania logiczne są ważne dla pozostałych przypadków (4 odpowiada 2 i 3, 5 odpowiada 6 i 7) pod warunkiem zamiany wejść miejscami.

ad 1) Nawinięcie wszystkich uzwojeń zgodnie pozwoli nam na zrealizowanie funkcji

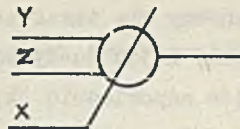
		XY			
		00	01	11	10
Z	0	0	1	k+1	k
	1	m	l+m	k+l+m	k+m

		XY			
		00	01	11	10
Z	0	1	0	0	0
	1	0	0	0	0

$$f = \bar{X} \bar{Y} \bar{Z}$$

ad 4) W tym przypadku otrzymamy następujące kombinacje

		XY			
		00	01	11	10
Z	0	0	1	-k+1	-k
	1	m	l+m	-k+l+m	-k+m



a) $k > 1$

$k > m$

$k > l+m$

		XY			
		00	01	11	10
Z	0	1	0	1	1
	1	0	0	1	1

$$f = X + \bar{Z} \bar{Y}$$

b) $k \geq 1$

		XY			
		00	01	11	11
$k \geq m$	Z 0	1	0	1	1
$k < l+m$	1	0	0	0	1

$f = X\bar{Y} + \bar{Z}(Y + X)$

c) $k = m$
 $l = 0$

		XY			
		00	01	11	10
	Z 0	1	1	1	1
	1	0	0	1	1

$f = X + \bar{Z}$

d) $k = 1$
 $m = 0$

		XY			
		00	01	11	10
	Z 0	1	0	1	1
	1	1	0	1	1

$f = X + \bar{Y}$

e) $k < 1$
 $k < m$
 $k < l+m$

		XY			
		00	01	11	10
	Z 0	1	0	0	1
	1	0	0	0	0

$f = \bar{Y}\bar{Z}$

f) $k \geq 1$
 $k < m$
 $k < l+m$

		XY			
		00	01	11	10
	Z 0	1	0	1	1
	1	0	0	0	0

$f = \bar{Z}(X + \bar{Y})$

g) $k \geq m$

		XY				
		00	01	11	10	
$k < 1$	Z 0	1	0	0	1	$f = \bar{Y} (X + \bar{Z})$
$k < 1+m$	1	0	0	0	1	

h) $k = 0$

		XY				
		00	01	11	10	
$l = 0$	Z 0	1	1	1	1	$f = \bar{Z}$
	1	0	0	0	0	

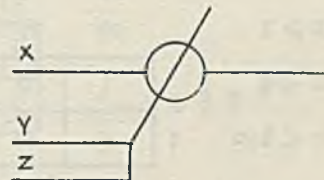
i) $k = 0$

		XY				
		00	01	11	10	
$m = 0$	Z 0	1	0	0	1	$f = \bar{Y}$
	1	1	0	0	1	

j) $l = 0$
 $m = 0$ trywialna funkcja "stała jeden"

ad 5) Nawinięcie uzwojenia X zgodnie, a uzwojeń Y i Z przeciwnie spowoduje otrzymanie następujących kombinacji:

		XY			
		00	01	11	10
Z 0	0	-1	k-1	k	
1	-m	-1-m	k-1-m	k-m	



a) $k > l$

		XY			
		00	01	11	10
$k > m$	Z 0	1	1	0	0
$k > l+m$	1	1	1	0	0

$$f = \bar{X}$$

w tym również $l = 0$

$$m = 0$$

b) $k > l$

		XY			
		00	01	11	10
$k > m$	Z 0	1	1	0	0
$k \leq l+m$	1	1	1	1	0

$$f = \bar{X} + ZY$$

c) $k > l$

		XY			
		00	01	11	10
$k \leq m$	Z 0	1	1	0	0
$k < l+m$	1	1	1	1	1

$$f = \bar{X} + Z$$

w tym również $l = 0$

d) $k \leq l$

		XY			
		00	01	11	10
$k > m$	Z 0	1	1	1	0
$k < l+m$	1	1	1	1	0

$$f = \bar{X} + Y$$

w tym również $m = 0$

e) $k \leq l$

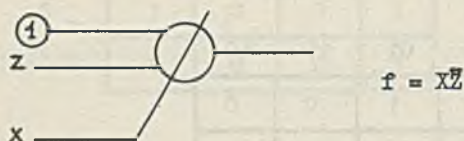
		XY			
		00	01	11	10
$k \leq m$	Z 0	1	1	1	0
$k < l+m$	1	1	1	1	1

$$f = \bar{X} + Y + Z$$

f) $k = 0$ $k = 0$
 i trywialna funkcja "stała jeden"
 $l = 0$ $m = 0$

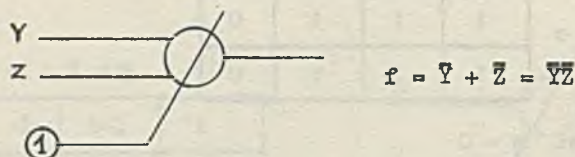
ad 8) Przeciwnie nawinięcie wszystkich uzwojeń wejściowych daje również rozwiązanie trywialne - funkcję "stała jeden"

Oczywiście dla takich samych funkcji realizowanych przy pomocy elementu ferrytowego o różnych ilościach zwojów interesują nas rozwiązania o wartościach k, l i m całkowitych i minimalnych. Z powyższego warunku wynika również, że pewne funkcje trójargumentowe można realizować przy użyciu elementu dwu lub jednowejściowego. Interesujące kombinacje daje podawanie stałego sygnału odpowiadającego stanowi "jedynki logicznej" na jedno z wejść. I tak w przypadku 4 b) na wejście Y lub Z



Jest to dość często wykorzystywana funkcja zakazu. Jej realizacja jest spełniona dla równej ilości zwojów $k = l = m \neq 0$.

W wypadku podania w tym elemencie "jedynki" na wejście X otrzymamy

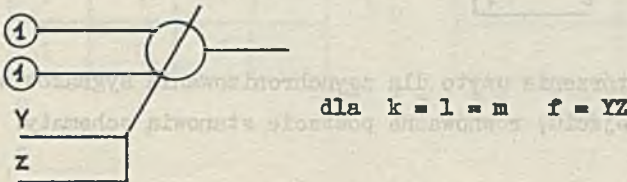


uniwersalną funkcję "operacja Shaeffera", tworzącą funkcjonalnie pełny system. Również dla $k = l = m \neq 0$.

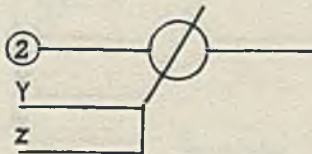
Przy podaniu "jedynki" w przypadku 5 b) na wejście X dla minimalnej ilości zwojów równej $l = m$, $k = l + 1$ otrzymamy element realizu-



jący funkcję logiczną iloczynu. Iloczyn logiczny można zrealizować w ramach innej konstrukcji elementu ferrytowego:



Schematem równoważnym powyższemu jest schemat, przy czym znak ② należy rozumieć jako podanie stałego sygnału "jeden" poprzez dwa razy mniejszy opór (patrz rys. 3 - $R_1' = \frac{R_1}{2}$)

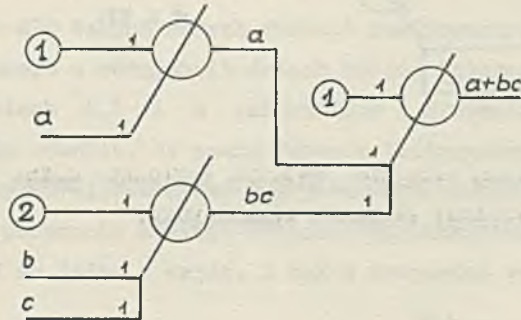


Element realizujący funkcję logiczną sumy otrzymamy podając w przypadku 5 e) jedynkę na wejście X ($k = l = m$)

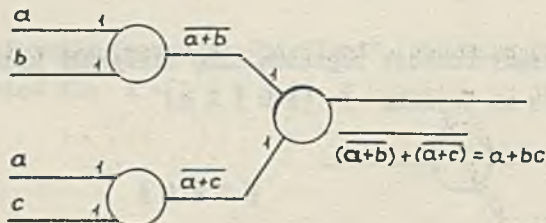
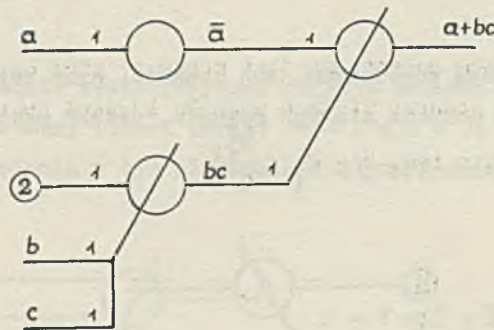


Przykład 1

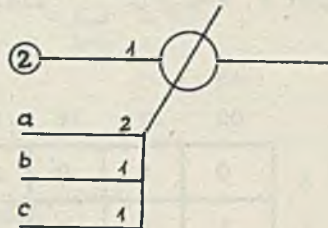
Zrealizować na elementach ferrytowych funkcję $f = a + bc$. Cyfry na wejściach wskazują wzajemny stosunek ilości zwojów.



Element powtórzenia użyto dla zsynchronizowania sygnałów w czasie. Przy innym podejściu, równoważne postacie stanowią schematy:



Funkcję tę można zrealizować również na jednym rdzeniu



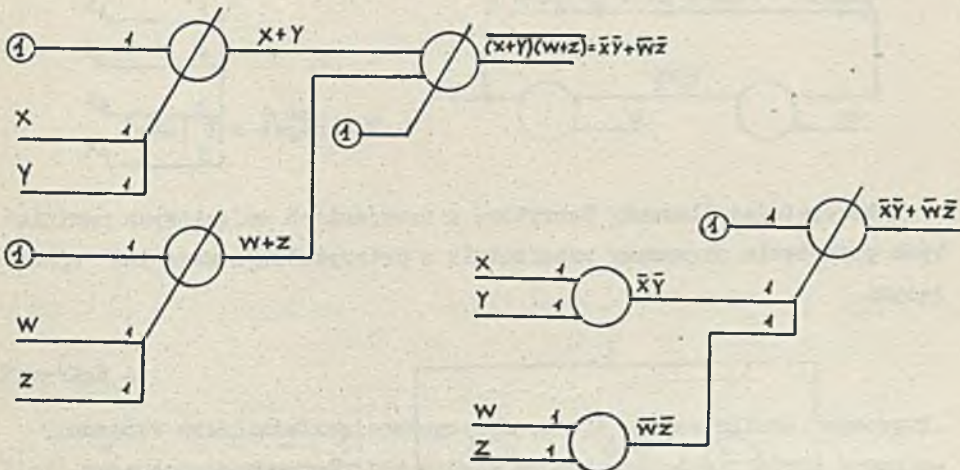
		ab			
		00	01	11	10
c	0	2	1	-1	0
	1	1	0	-2	-1

		ab			
		00	01	11	10
c	0	0	0	1	1
	1	0	1	1	1

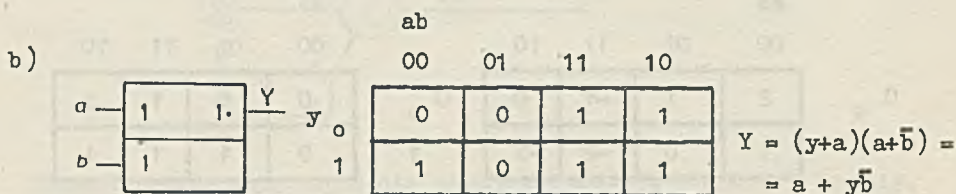
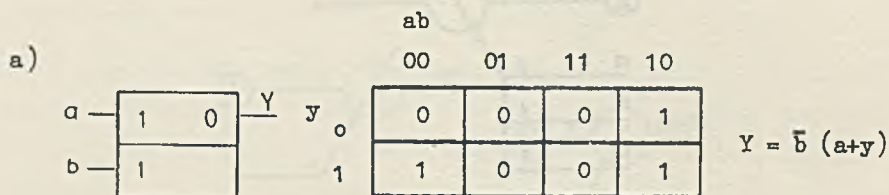
$f = a + bc$

Przykład 2

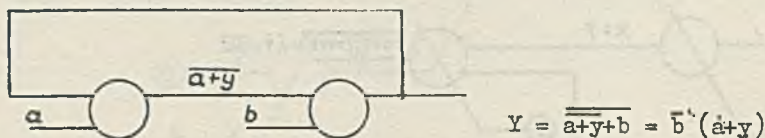
Zrealizować funkcję $f = \bar{X}\bar{Y} + \bar{W}\bar{Z}$ na elementach ferrytowych



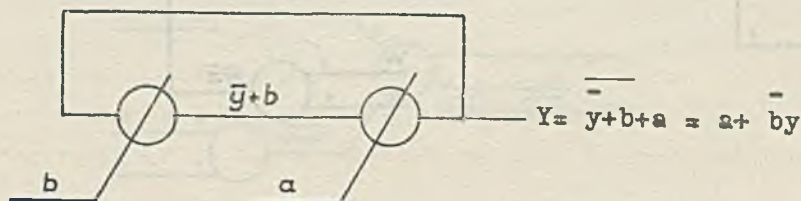
Za pomocą magnetycznych elementów logicznych można również zbudować przerzutnik - spełniający rolę elementu pamięci w układach wielotaktowych.



Przerzutnik z priorytetowym wejściem zerującym można zrealizować zachowując całkowite podobieństwo do schematu przerzutnika budowanego na tranzystorach



Wykorzystując elementy ferrytowe o uzwojeniach wejściowych nawiniętych przeciwnie otrzymamy przerzutnik z priorytetowym wejściem wpisuującym.



Elementy magnetyczne mogą być wykorzystane jako progowe elementy przełączające. Przy takim zastosowaniu sygnał wyjściowy Y przyjmuje wartość równą jeden jeżeli $\sum_{i=1}^n X_i W_i > T$ i równą zero gdy $\sum_{i=1}^n X_i W_i < T$

gdzie:

T - próg

W_i ($i = 1, 2, \dots, n$) wagi

X_i - poszczególne wejścia.

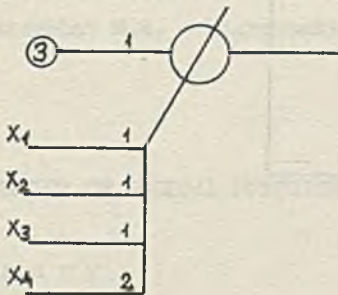
Przykład 3

Zrealizować na elementach ferrytowych funkcję progową

$$Y = f(X_1, X_2, X_3, X_4) = \begin{cases} 1 & \text{gdy } \sum X_i W_i > 3 \\ 0 & \text{gdy } \sum X_i W_i < 3 \end{cases}$$

$$W_1 = W_2 = W_3 = \frac{W_4}{2} = 1$$

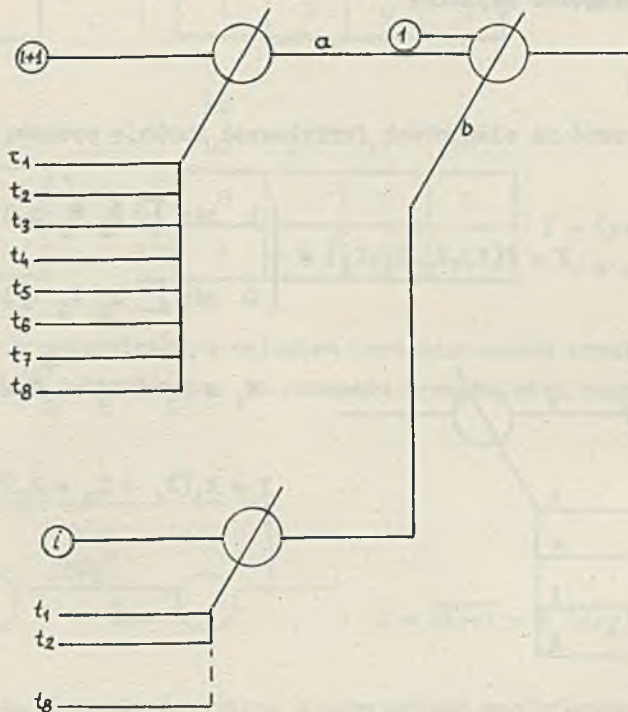
$$Y = X_4(X_1 + X_2 + X_3) + X_1 X_2 X_3$$



Przykład 4

Transport wsadu wielkopiecowego odbywa się przenośnikami taśmowymi. Ilość pracujących przenośników zależy od wydajności aktualnie pracujących wielkich pieców i waha się w granicach od 2 do 8. Zaprojektować

układ sygnalizacji ilości pracujących przonośników - świecenie wskaźnika cyfrowego z cyfrą "i" oznacza pracę "i" dowolnych taśmociągów. Ilość możliwości określa wzór $C_m = \frac{n!}{m!(n-m)!}$ co np. dla 4 przonośników wynosi $C_4 = \frac{8!}{4!4!} = 70$, czemu odpowiada 70 składników normalnej sumy i bardzo skomplikowany układ. Prostą realizację umożliwia zastosowanie ferrytowego elementu progowego, np. dla wskaźnika i-tego



Ten krótki przegląd własności elementów logicznych ferrytowo-diodowych można podsumować następującymi wnioskami:

- logiczne układy sterowania i kontroli lub ich części od której wymaga się dużej niezawodności i odporności na zakłócenia winny być budowane w oparciu o te elementy,

- istnieje możliwość budowy sieci logicznych złożonych z prostych elementów jak i elementów pamięci co pozwala na szerokie zastosowanie,
- realizacja funkcji logicznych w oparciu o ferrytowe elementy progowe bardzo korzystnie upraszcza schematy i zmniejsza ilość użytych elementów.

LITERATURA

- [1] Kiliński A. i inni - Maszyny cyfrowe cz. I. Układy elektroniczne maszyn cyfrowych. Wydawnictwo Pol. Warszawskiej, W-wa 1965 r.
- [2] Naslin P. - Circuits logiques et automatismes a'sequences. Dunod, Paryż 1965 r.
- [3] Siwiński J. - Układy przełączające w automatyce. WNT, Warszawa 1968 r.
- [4] Stupiel F.A. - Magnitnyje logičeskiye elementy awtomatiki. Ener-gia, Moskwa 1965 r.
- [5] Rozenblat M.A. - Magnetonika. Nauka. Moskwa 1967 r.

REALIZATION OF LOGICAL FUNCTIONS USING FERRIT ELEMENTS

S u m m a r y

In the article the ground of operation of diod - ferrit elements is presented. The attention is paid on the simple construction of element and possibility of realization of different logical functions by means of elements with different number and direction of coils. The significant advantage of these elements is the application of them as the thresholds elements.

РЕАЛИЗАЦИЯ ЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ НА ФЕРРИТНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

Резюме

Представлен принцип действия ферритно-диодных элементов. Обращено внимание на простоту конструкции и возможность реализации разных логических функций на одном элементе в зависимости как от количества обмоток входных катушек, так и способов их намотки. Действительным достоинством этих элементов является также возможность применения их как пороговых элементов