ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1980

Seria: AUTOMATYKA z. 56 Nr kol. 652

Zbigniew Banaszak,
Stanisław Bulandra
Politechnika Wrocławska

KONCEPCJA SYNTEZY HARDWARE'OWEGO ELEMENTU DECYZYJNEGO DLA POTRZEB STEROWANIA DYSKRETNYM PROCESEM PRODUKCYJNYM

Streszczenie. W pracy przedstawiono procedurę syntezy hardware'owego elementu decyzyjnego realizującego zadany zbiór algorytmów dla potrzeb sterowania dyskretnym procesem produkcyjnym. Przedstawiona procedura przewiduje możliwość reprogramowania elementu osiąganą przez zmianę struktury połączeń sieci logicznej. Ponadto, mimo że syntetyzowany element realizuje działanie automatu sekwencyjnego, proces jego syntezy sprowadza się do syntezy dwóch układów kombinacyjnych. Oznacza to możliwość budowy sterowników logicznych, których reprogramowanie działania odbywa się poprzez wymianę jednego ze standardowych modułów.

1. Wstęp

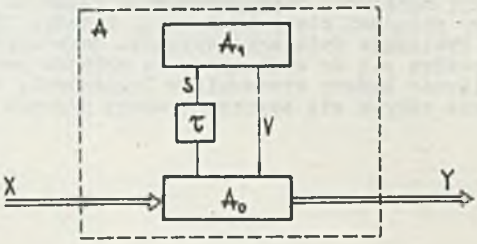
Stosowane w praktyce przemysłowej układy sterowania dyskretnymi procesami technologicznymi /np. układy sterowania obrabiarek, centrów obróbczych, robotów przemysłowych itp./ wykorzystują technikę sterowania numerycznego. Oznacza to, że proces sterowania jest realizowany w oparciu o pewien zbiór programów komputerowych. Wykorzystywane środki i metody pozwalają realizować złożone algorytmy sterowania bez potrzeby przebudowy układu sterującego. Oprócz tej podstawowej zalety, przy stosowaniu techniki sterowania numerycznego występują problemy związane m.in. z programowaniem /jest ono czasochłonne, wymaga wprowadzania systemów automatycznego programowania np. typu EXAPT/, niezawodnością działania /warunki przemysłowe implikują wysoką odporność na zakłócenia elementów elektronicznych/, zwiększeniem szybkości przetwarzania informacji /wymóg sterowania w czasie rzeczywistym procesem o dużej liczbie parametrów/.

Konkurencyjnymi dla wymienionych rozwiązań układów sterowania mogą być hardware'owe konstrukcje elementów decyzyjnych. Podstawowa zaleta tego typu elementów wynika z możliwości zrównoleglania procesów przetwarzania informacji decyzyjnych, a tym samym przyspieszania ich realizacji. Ponadto możliwe jest wprowadzenie daleko idącej miniaturyzacji i specjalizacji urządzeń sterujących, co nie oznacza braku możliwości programowania. Programowanie hardware'owych elementów decyzyjnych o strukturze modułowej może zachodzić np. na drodze wymiany standardowych modułów. Wydaje się, że realizację tego typu elementów decyzyjnych można uzyskać w oparciu o propozycje rozwiązań, jakie stwarzają neuropodobne, samoorganizujące się sieci

przełączające.

2. Struktura elementu decyzyjnego.

Dobór metody syntezy uwarunkowany jest ograniczeniami związanymi z funkcjonowaniem, zakresem i sposobem wykorzystania syntetyzowanego układu. W rozważanym przypadku ograniczeniami tymi są modułowość, redundancja funkcjonalna modułów oraz wariantowanie zestawu modułów dla określonych zastosowań. Zasadnicze rozważania skoncentrowane zostaną na syntezie elementu decyzyjnego o strukturze blokowej jak na poniższym rysunku /rys.1./:



gdzie: A, A_1, A_0 - odpowiednio: element decyzyjny, kombinacyjny układ programujący, kombinacyjny układ programowany,

τ - układ opóźniający,

x,y,v,s - odpowiednio wektory sygnałów: wejściowych, wyjściowych, programujących i sterujących.

Rys. 1. Struktura blokowa elementu decyzyjnego.

O działaniu elementu A zakłada się, co następuje:

- układ zapewnia realizację określonego zbioru wektorowych funkcji przełączających, sterujących poprzez wektor y procesem produkcyjnym,
- zmiana realizowanej funkcji przełączającej następuje w chwili wykrycia określonej sekwencji wektorów wejściowych.

Tym samym element A realizuje pewne odwzorowanie ciągów wartości wektora sygnałów wejściowych w ciągi wartości wektora sygnałów wyjściowych. Działanie takie odpowiada działaniu automatu skończonego.

Realizacja zadań stawianych przed elementem A dekomponowana jest /poprzez zastosowanie procedury syntezy/ na podzadania realizowane przez jego moduły składowe:

- kombinacyjny układ programowany A_0 realizujący odwzorowanie o postaci:

$$h : X \times V \longrightarrow Y \times S$$

- kombinacyjny układ programujący A_1 realizujący odwzorowanie:

$$u : S \longrightarrow V$$

gdzie: X, Y, S, V - zbiory wartości wektorów: x, y, s, v.

Przyjęta struktura układu pozwala na realizację następującego działania: Wartość asynchronicznego sygnału wejściowego x w oparciu o ustaloną w poprzednim kroku /przez wartość wekt. programującego v/ strukturę połączeń sieci logicznej układu A_0 przekształcana jest na wartość wektora sygnału wyjściowego y oraz wartość sygnału sterującego s. W chwili zmiany wartości wektora wejściowego x wartość wektora s odwzorowywana jest przez układ A_1 w zbiór wartości wektora programującego v, co ustala nową strukturę sieci logicznej układu A_0.

Przedstawione działanie układu zilustrować można następującym schematem:

$$t_1:\ s(t_0) \longmapsto v(t_1)\ ,\ \langle x(t_1),\ v(t_1)\rangle \longmapsto \langle y(t_1),\ s(t_1)\rangle$$

$$t_2:\ s(t_1) \longmapsto v(t_2)\ ,\ \langle x(t_2),\ v(t_2)\rangle \longmapsto \langle y(t_2),\ s(t_2)\rangle$$

$$t_3:\ s(t_2) \longmapsto v(t_3)\ ,\ \langle x(t_3),\ v(t_3)\rangle \longmapsto \langle y(t_3),\ s(t_3)\rangle$$

. . .

gdzie: $\cdot(t_i)$ - wartość odpowiedniego sygnału w chwili t_i.

3. Procedura syntezy elementu decyzyjnego.

Rozwiązanie zadania syntezy elementu decyzyjnego, zgodnie z przyjętym na wstępie założeniem, prowadzi do realizacji działania opisanego wyrażeniem:

$$f:\ X \times Q \longrightarrow Q$$

$$g:\ X \times Q \longrightarrow Y$$

gdzie: Q - zbiór stanów automatu skończonego określającego zadane działanie elementu decyzyjnego.

Na rozwiązanie zadania syntezy składają się rozwiązania zadań syntezy jego elementów składowych, tzn. układów A_0 i A_1.

Zadanie syntezy układu A_0 realizowane jest przy założeniu, że konstruowany układ jest siecią zbudowaną z programowanych elementów logicznych. Dobór typu wykorzystywanych elementów ogranicza klasę funkcji logicznych realizowanych przez dany typ elementu. Przykładem programowanych elementów logicznych mogą być programowane elementy progowe [3]. Rozwiązaniem postawionego na wstępie zadania syntezy układu A_0 jest zbiór wektorów V, charakteryzujących poszczególne struktury sieci A_0 realizujące określone przez postać algorytmu sterowania, wektorowe funkcje przełączające. Współrzędne wektora $v \in V$ określają funkcje logiczne realizowane przez poszczególne elementy sieci. Synteza sieci A_0, realizującej zadane działanie sterujące procesem dyskretnym, przebiega jak następuje:

- Zbiór stanów $q \in Q$ odwzorowywany jest poprzez wzajemnie jednoznaczne przyporządkowanie w zbiór wartości wektora s:

$$k:\ Q \longrightarrow S$$

Minimalna długość wektora s określona jest zależnością:

$$l(s) = \left]\lg_2 Q\right[$$

gdzie: $]\cdot[$ jest najmniejszą liczbą całkowitą, ograniczającą liczbę z góry.

- Na podstawie funkcji f i g określa się zbiór funkcji przełączających F_p realizowanych przez układ $A_{0|}$ o postaci:

$$F_p = \{f_q : X \longrightarrow S \times Y \wedge f_q(x) = \langle s,y\rangle \Longleftrightarrow (s=k(f(x,q)) \wedge y=g(x,q))\}.$$

- Każdemu elementowi zbioru F_p przyporządkowuje się element zbioru V. Odwzorowanie to jest określone przez zależność:

$$w(f_q) = v \Longrightarrow (\forall x \in X)\ (h(x,v) = f_q(x))$$

gdzie: h - odwzorowanie realizowane przez układ $A_{0|}$.

Tym samym zostaje określony zbiór wektorów programujących niezbędnych dla realizacji zadanego działania układu A.

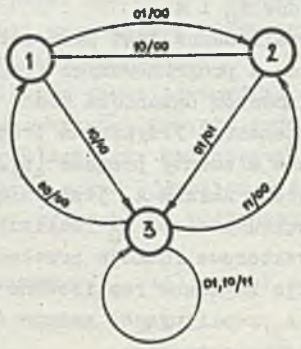
Zadanie syntezy układu A_1 polega na określeniu odwzorowania wiążącego sygnały sterujące s, będące wartościami odwzorowania k, z wartościami odwzorowania w, tzn. wartościami wektora programującego v, określonymi dla tych samych stanów $q \in Q$. Oznacza to, że układ A_1 realizuje odwzorowanie $u: S \longrightarrow V$ określone zależnością:

$$u(s) = v \Longleftrightarrow s = k(q) \wedge v = w(f_q).$$

Tak określone działanie układu A_1 realizowane jest przez układ dekodera.

Zgodnie z przyjętym na wstępie założeniem o strukturze elementu decyzyjnego A, sygnał sterujący s jest opóźniany przez układ opóźniający τ.

Dla ilustracji przedstawionego schematu syntezy przeprowadzona zostanie synteza prostego układu sekwencyjnego. Działanie przykładowego układu określa graf na rys. 2.



Rys. 2. Graf układu sekwencyjnego

Odwzorowanie k, przyjęte dla syntezy powyższego układu, przedstawia tabela 1.

Tabela 1. Odwzorowanie k dla przyjętego zadania syntezy

q	s_1	s_2
1	0	0
2	0	1
3	1	0

Zbiór F_p, zadany przez graf działania i przyjęte odwzorowanie, k ma postać:

$$F_p = \left\{ f_1(x) = \begin{bmatrix} x_1 \\ 0 \\ x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}, \; f_2(x) = \begin{bmatrix} 0 \\ x_2 \\ \bar{x}_1 \\ 0 \end{bmatrix}, \; f_3(x) = \begin{bmatrix} x_1\bar{x}_2 \vee \bar{x}_1 x_2 \\ x_1\bar{x}_2 \vee \bar{x}_1 x_2 \\ x_1\bar{x}_2 \vee \bar{x}_1 x_2 \\ x_1 x_2 \end{bmatrix} \right\}$$

gdzie kolejne składowe funkcji określają odpowiednio: y_1, y_2, s_1, s_2. Funkcje ze zbioru F_p realizowane są przez układ A_0 przedstawiony na rys. 3 przy ustaleniu następującego odwzorowania w /przedstawionego tabelarycznie - tabela 2/.

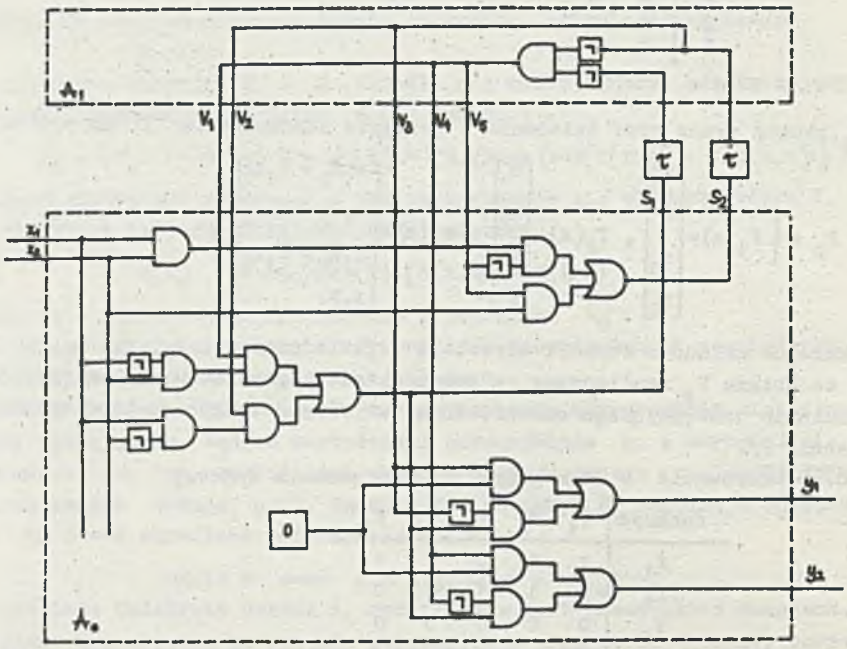
Tabela 2. Odwzorowanie w dla przykładowego zadania syntezy

funkcja	v_1	v_2	v_3	v_4	v_5
f_1	1	0	0	1	1
f_2	0	1	1	0	0
f_3	0	0	0	0	0

Synteza odwzorowania u realizowanego przez układ A_1 polega na przyporządkowaniu kolejnym wartościom sygnału sterującego s /tabela 1/ wartości sygnału programującego v /tabela 2/ i realizowane jest przez układ przedstawiony na rys. 3.

Postać układu A_0 uzyskana została drogą modyfikacji układu zsyntetyzowanego dla jednej z funkcji zbioru F_p zgodnie z metodami syntezy układów kombinacyjnych [2]. Modyfikacje polegały na dobudowywaniu dodatkowych elementów i wejść przełączających /v_1 - v_5/, umożliwiających realizację pozostałych funkcji ze zbioru F_p poprzez ustalenie odpowiednich wartości sygnałów v_1 - v_5.

Pełna algorytmizacja procesu doboru struktury układu A_0, dla realizacji poszczególnych funkcji przełączających, możliwa jest przez zastosowanie standardowych, programowanych sieci logicznych, np. sieci progowych [1]. Realizacja działania układu A_0 w oparciu o warstwową, programowaną sieć progową polega na zaprogramowaniu odpowiednich funkcji przełączających poprzez składowe wektora v /zero-jedynkowe kody funkcji progowych realizowanych przez poszczególne elementy progowe sieci/. Synteza układu A_1 polega w tym przypadku na określaniu odwzorowania przyporządkowującego poszczególnym sygnałom sterującym kody funkcji progowych realizowanych przez elementy sieci progowej realizującej działanie układu A_0.



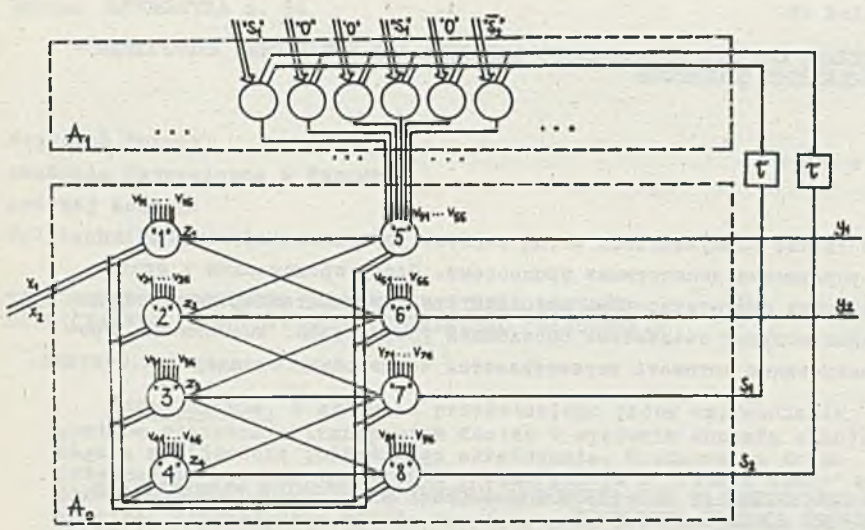
Rys. 3. Schemat układu A - rozwiązanie przykładowego zadania syntezy

Dla przedstawionego wyżej przykładu syntezy przyjęte zostały kody funkcji progowych określone przez tabelę 3. Opis funkcji odpowiada oznaczeniom rys. 4. Realizację działania układu sekwencyjnego, syntetyzowanego w powyższym przykładzie, oparta o standardowe,warstwowe, programowane sieci progowe przedstawia rys. 4. Dla uproszczenia na rysunku pominięto część układu A_1 i połączenia przekazujące sygnały programujące, oprócz tej części, która odpowiedzialna jest za programowanie elementu progowego "5" .

Tabela 3. Wybrane kody funkcji progowych /wykorzystywane w przykładzie/

funkcja progowa	kod
0	0 0 0 0 0 0
x_1	0 0 0 0 0 1
x_2	0 0 0 0 1 0
x_1x_2	0 0 0 0 1 1
$x_1\bar{x}_2$	0 0 0 1 1 0
$\bar{x}_1x_2$ x_2	1 0 0 1 0 1

Przedstawiona na rysunku 4 możliwość zewnętrznego programowania elementów progowych A_1 pozwala automatycznie zmieniać działanie elementu decyzyjnego.



Rys. 4. Schemat układu A - rozwiązanie przy wykorzystaniu sieci progowych

Przedstawiona koncepcja pozwala na osiągnięcie wymienionych na wstępie zalet hardware'owych układów sterowania w połączeniu z zaletami układów komputerowych, takich jak: łatwa i szybka zmiana algorytmu sterowania, możliwość wprowadzenia sekwencyjnego przetwarzania informacji /osiągana przez przetwarzanie tej samej wartości sygnałów wejściowych przez przeprogramowywaną sieć logiczną/, zwiększenie niezawodności układu sterowania drogą automatycznego wykluczania uszkodzonych elementów A_0 przez przeprogramowanie układu; umożliwi to konstrukcję układów sterowania o tzw. łagodnym upadku.

Reasumując, przedstawiona w pracy koncepcja pozwala na budowę złożonych sterowników logicznych w oparciu o standardowe, kombinacyjne sieci logiczne o łatwo wymiennych algorytmach sterowania.

LITERATURA

[1] Banaszak Z., Bulandra S.: An Algorithm of the Programmed Threshold Logic Circuit Repair, RELCOMEX'79, Zamek Książ 1979.

[2] Bromirski J.: Teoria automatów, WNT, Warszawa 1969.

[3] Muroga S.: Threshold Logic and its Application, Wiley - Interscience 1971.

КОНЦЕПЦИЯ СИНТЕЗА УПРАВЛЯЮЩЕГО ЭЛЕМЕНТА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ДИСКРЕТНЫМ ПРОМЫШЛЕННЫМ ПРОЦЕССОМ

Р е з ю м е

В статье формулируется метод синтеза управляющего элемента для управления дискретными процессами. Метод представлен в статье разрешает синтетизировать автоматы при помощи стандартных комбинационных модулей соединенных опоздающим устройством. Возможность программирования автомата осуществляется через обмен стандартных модулей.

THE CONCEPTION OF THE SYNTHESIS METHOD OF DECISION ELEMENTS FOR DISCRETE CONTROL PROCESSES

S u m m a r y

In the paper a conception of the synthesis method of decision elements for discrete control processes is shown. Sequential circuits can be constructed with the aid of this method from two standard combinational modules connected by a retardant circuit. One of these modules is the programmed element and the other is the programable element. A modular construction of the decision element is useful for change of the action of this element. It can be made by the change one of these modules. The decision in the programable element can be obtained by the change of the binar programming vector value too.