ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1980

Seria: AUTOMATYKA z. 50 Nr kol. 626

Marian BUDKA

O PEWNEJ METODZIE PRZYDZIAŁU ELEMENTÓW FUNKCJONALNYCH MODUŁOM W UKŁADACH CYFROWYCH

Streszczenie. W artykule dyskutowany jest problem przydziału elementów funkcjonalnych do modułów z uwzględnieniem właściwości diagnostycznej otrzymanej w wyniku tego podziału, struktury modułowej układu cyfrowego.

Przedstawiono metodę przydziału elementów funkcjonalnych do modułów, zapewniającego uzyskanie modułowych struktur o minimalnym lub prawie minimalnym koszcie diagnozy związanym z ilością dodatkowych punktów kontrolnych i testów diagnostycznych niezbędnych do zlokalizowania uszkodzenia z dokładnością do modułu.

1. Wprowadzenie

Modułowość nowoczesnych rozwiązań urządzeń cyfrowych powoduje, że praktycznie żąda się w przypadku awarii urządzenia wskazania uszkodzenia z dokładnością do wymienialnego podzespołu - modułu. Pod pojęciem modułu rozumiany może być blok funkcjonalny systemu komputerowego, pakiet stanowiący część bloku lub układ scalony (kostka) będący podzespołem znajdującym się na płytce (karcie).

Złożoność procesu diagnozy w tych przypadkach zależy głównie od struktury funkcjonalnej (logicznej) układu lub urządzenia, zbioru dopuszczalnych wejść i obserwowalnych wyjść układu, zbioru typowych prawdopodobnych uszkodzeń występujących w układzie i techniki testowania. Złożoność procedur lokalizujących uszkodzony moduł (podzespół) zależy obok wymienionych wyżej czynników od modułowej struktury układu cyfrowego, tzn. od sposobu przydziału elementów funkcjonalnych (bramek, multiplekserów, dekoderów itp.) modułom - układom scalonym.

Znane są metody wyboru minimalnych lub prawie minimalnych zbiorów testów diagnostycznych pozwalających na zlokalizowanie uszkodzenia z dokładnością do modułu przy zadanej strukturze modułowej układów, brak jest natomiast efektywnych metod syntezy struktur modułowych o żądanych lub optymalnych właściwościach diagnostycznych.

Niniejsza praca stanowi jedną z prób stworzenia podstaw teoretycznych metody podziału sieci logicznej na moduły ze zbioru modułów przeznaczonych do technicznej realizacji układu. Stanowi ona kontynuację szeregu prac autora na tematy syntezy łatwo diagnozowalnych modułowych struktur.

2. Podstawowe określenia

Dla zwięzłego przedstawiania teoretycznych podstaw metody oraz same procedury wprowadzony zostanie zestaw podstawowych określeń.

Zbiorem uszkodzeń F nazwijmy zbiór logicznych, trwałych i pojedynczych defektów jakie mogą wystąpić w układzie cyfrowym.

Dopuszczalnym zbiorem testów T nazwijmy zbiór testów, które mogą być podawane na wejścia badanego układu w procesie diagnozy.

Dopuszczalnym zbiorem punktów kontrolnych P nazwijmy zbiór węzłów(punktów) sieci logicznej, w których mogą być obserwowane wartości logiczne sygnałów w procesie diagnozy.

Procedurą π przydziału elementów funkcjonalnych modułom nazwijmy iteracyjną procedurę prowadzącą do określenia łatwo diagnozowalnych modułowych struktur, której kolejne etapy (kroki) zdeterminowane są wybraną parą "test-punkt kontrolny".

Zbiorem testów T_k nazwiemy podzbiór testów zbioru T wybranych w etapach procedury π od pierwszego do k-tego włącznie. Liczność zbioru T_k jest mniejsza lub równa k.

Zbiorem punktów kontrolnych P_k nazwiemy podzbiór zbioru P zawierający punkty kontrolne wybrane w etapach procedury π od pierwszego do k-tego włącznie. Liczność zbioru P_k jest mniejsza lub równa k.

Blok F_i jest to każdy z podzbiorów zbioru F, który można jednoznacznie rozróżnić w oparciu o testy ze zbioru T_k i punkty kontrolne P_k.

Sumą bloków $(\Sigma F)_p$ pewnej liczby bloków F_i wybranych z bloków $F_1, F_2, F_3, \ldots, F_r$, przy czym $F_1 \cup F_2 \ldots \cup F_r = F$, jest zbiór będący sumą tych zbiorów F_i z tym, że uszkodzenia żadnego z elementów funkcjonalnych, których niesprawności są zgrupowane w wybranych blokach F_i nie występują w żadnym z pozostałych bloków.

Wielkością określającą jakościowo i ilościowo sumę bloków jest cecha sumy bloków zdefiniowana poniżej.

Cecha sumy bloków $C_p^{\Sigma F}$ jest to zbiór par liczb określających ilość i rodzaj elementów funkcjonalnych, których uszkodzenia tworzą sumę bloków $(\Sigma F)_p$, przy czym pierwsza liczba określa typ elementu, a druga ilość elementów tego rodzaju.

Podobnie zdefiniowana jest cecha modułu C_u^m określająca rodzaj i ilość elementów funkcjonalnych w poszczególnych modułach M_u należących do zbioru dopuszczalnych modułów M.

Poniżej zdefiniowane zostaną podobnie jak w [6] podstawowe operacje stanowiące elementy procedury π.

Γ - operacja na zbiorze F względem P_k i T_k oznaczona przez $\Gamma(F)$ jest to rozbicie F na bloki F_i.

Ω - operacja jest to określenie sumy boków $(\Sigma F)_p$ z minimalnej liczby bloków F_i. Dokonuje się tego w oparciu o tzw. "lawinowe" określenie sumy bloków szczegółowo opisane w [6].

Λ - operacja - jest to przyporządkowanie elementów funkcjonalnych modułom $M_u \in M$.

Prostą sumą bloków $(\sum F)^*_p$ jest każda suma bloków, która po usunięciu z niej dowolnego bloku przestaje być sumą bloków. Jak łatwo zauważyć prosta suma bloków zawiera minimalną liczbę bloków oraz, że suma bloków uzyskana drogą lawinowego określania jest zawsze prostą sumą bloków.

Bazując na zdefiniowanych określeniach w dalszej części pracy sformułowane będą podstawy teoretyczne iteracyjnej procedury syntezy łatwo diagnozowalnych modułowych struktur.

3. Teoretyczne podstawy metody przydziału elementów funkcjonalnych modułom

Problem przedstawiony w niniejszej pracy jest następujący - dla zadanej struktury funkcjonalnej układu cyfrowego, zadanej klasy pojedynczych, trwałych, logicznych uszkodzeń przypisanych poszczególnym elementom funkcjonalnym należy określić sposób przydziału elementów funkcjonalnych modułom ze zbioru modułów przeznaczonych do technicznej realizacji układu, związany z minimalnym lub zbliżonym do minimalnego kosztem diagnozy układu przeprowadzonej z dokładnością do modułu. Koszt diagnozy określany jest następującą zależnością:

$$K = \omega_1 \cdot n + \omega_2 \cdot m$$

gdzie:

- n - ilość testów procedury diagnostycznej lokalizującej uszkodzony moduł,
- m - ilość punktów kontrolnych niezbędnych dla zlokalizowania uszkodzonych modułów za pomocą n testów,

ω_1 i ω_2 - wagi (koszt jednostkowy) odpowiednio testu i punktu kontrolnego.

W ogólnym przypadku koszt diagnozy dla danej struktury modułowej S_i określony jest zależnością:

$$K_i = \sum_{j=1}^{p} \omega_j \; r_{ji}$$

gdzie:

r_{ji} - wielkość ujmująca ilościowo proste właściwości diagnostyczne jak ilość testów procedury diagnostycznej, ilość dodatkowych punktów kontrolnych, ilość modułów sztucznej redundancji modułowej itp.

Dla rozwiązania postawionego powyżej problemu proponuje się procedurę π iteracyjną, w której w poszczególnych krokach dokonuje się w oparciu o wybrane zbiory P_k i T_k operacji $\Gamma(F)\Big|^{T_k}_{P_k}$ prowadzącej do rozbicia zbioru F na bloki F_i oraz operacji Ω tworzenia drogą "lawinowego" określania sum bloków $(\sum F)_p$. W oparciu o określone w ten sposób sumy bloków i ich kombinacje dokonuje się, jeżeli to jest możliwe, operacji Λ czyli przydziału elementów funkcjonalnym modułom.

Zasadniczym problemem jaki tutaj występuje jest zagadnienie ustalenia kryterium wyboru testów do zbioru T_k i dodatkowych punktów kontrolnych P_k dla dokonywania operacji Γ.

W niniejszej pracy proponuje się następujące podejście: w k-tym kroku procedury π wybiera się parę "test-punkt kontrolny" o maksymalnej wartości wskaźnika jakości.

Zważywszy na fakt, że największe prawdopodobieństwo rozbicia na bloki F_i zbioru F, tworzące sumy $(\Sigma F)_p$ dogodne do kojarzenia elementów funkcjonalnych z modułami $M_u \in M$ uzyskuje się w przypadku symetrycznych rozbić bloków F_i z pierwotnych (k-1) iteracji, preferowany jest wskaźnik jakości, którego wartość rośnie wraz ze wzrostem liczby par uszkodzeń nie związanych z tymi samymi elementami funkcjonalnymi rozróżnianych w oparciu o P_k i T_k oraz którego wartość maleje ze wzrostem kosztu wybieranej pary "test-punkt kontrolny".

$$J_k = \frac{\Delta n_k(t_l, p_r)}{\omega_1(t_l)_k + \omega_2(p_r)_k}$$

gdzie:

$\Delta n_k(t_l, p_r)$ - przyrost ilości par uszkodzeń rozróżnianych w k-tym kroku procedury π nie związanych z tymi samymi elementami funkcjonalnymi

gdzie:

t_l - test wybierany w k-tym kroku procedury, $t_l \in T_k$,

p_r - punkt kontrolny wybierany w k-tym kroku procedury, $p_r \in P_k$,

$$\omega_1(t_l)_k = \begin{cases} \omega_1, & \text{gdy } t_l \notin T_{k-1} \\ 0, & \text{gdy } t_l \in T_{k-1} \end{cases}$$

$$\omega_2(p_r)_k = \begin{cases} \omega_2, & \text{gdy } t_l \notin P_{k-1} \\ 0, & \text{gdy } t_l \notin P_{k-1} \end{cases}$$

Ilość par uszkodzeń rozróżnionych w k-tym kroku procedury $\Delta n_k(t_l, p_r)$ można obliczyć jako różnicę ilości par uszkodzeń koniecznych do rozróżnienia w(k-1) i w k-tym kroku procedury. Oznaczając te ilości odpowiednio przez $n_{(k-1)}(t_w, p_m)$ oraz $n_k(t_l, p_r)$ otrzymuje się:

$$\Delta n_k(t_l, p_r) = n_{(k-1)}(t_w, p_m) - n_k(t_l, p_r)$$

Z kolei wartość $n_k(t_l, p_r)$ i analogicznie $n_{(k-1)}(t_w, p_m)$ określa się wzorem:

$$n_k(t_l, p_r) = \sum_{i=1}^{ii} \left[\binom{n_i}{2} - \sum_{v=1}^{vv} \binom{n_i^v}{2} \right]$$

gdzie:

n_i - liczność i-tego bloku F_i, i=1,2,...,ii

n_i^v - ilość uszkodzeń z F_i związanych z v-tym elementem funkcjonalnym.

W poszczególnych krokach procedury wybrana może być jedna z par:

para 1 typu - "nowy test - nowy punkt kontrolny"
para 2 typu - "nowy test - bez nowego punktu kontrolnego"
para 3 typu - "bez nowego testu - nowy punkt kontrolny"

Poniżej przedstawiono dwa twierdzenia. Tw. 1 uzasadnia uwzględnianie w procedurze π jedynie prostych sum bloków i sum będących ich kombinacjami, zaś twierdzenie 2 mówi o możliwościach wykorzystania zbiorów P_k i T_k utworzonych w procedurze π, dla diagnostyki rozpatrywanego układu przeprowadzanej z dokładnością do modułu.

Twierdzenie 1

Jeżeli nie jest możliwe wykonanie Λ-operacji w oparciu o proste sumy bloków $(\sum F)_p^*$ w h-tym kroku procedury π oraz w oparciu o kombinacje tych sum, to nie jest możliwe wykonanie Λ-operacji w tym kroku w oparciu o rozbicia $\Gamma(F)\Big|_{P_k}^{T_k}$.

Dowód

Z niewykonalności operacji Λ zgodnie z założeniem wynika, że dla poszczególnych prostych sum bloków zawierających minimalne ilości bloków F_i cechy tych sum $C_p^{\sum F^*}$ są różne od cech C_u^m modułów $M_u \in M$.

Nie można utworzyć sum bloków $(\sum F)_p$ związanych z mniejszą liczbą elementów funkcjonalnych niż proste sumy bloków w h-tym rozważanym kroku procedury π. Wynika to z definicji prostych sum bloków.

Sumy bloków związane z większą liczbą elementów funkcjonalnych można uzyskać jedynie drogą sumowania dowolnych kombinacji prostych sum bloków. Skoro jednak zgodnie z założeniem, cechy sum bloków uzyskanych w wyżej opisany sposób nie są równe cechom modułów $M_u \in M$, to ponieważ w h-tym kroku procedury π nie ma możliwości utworzenia innych sum bloków, wykonanie Λ-operacji nie jest możliwe. Zatem rozbicie $\Gamma(F)\Big|_{P_k}^{T_k}$ w oparciu o które utworzono rozpatrywane powyżej proste sumy bloków $(\sum F)_p^*$, jest niewystarczające do zakończenia Λ-operacją procedury π.

cbdo

Twierdzenie 2

Niezależnie od sposobu wybrania zbiorów P_k i T_k takich, że $\Gamma(F)\Big|_{P_k}^{T_k}$ umożliwia wykonanie Λ-operacji możliwe jest przeprowadzenie diagnozy w oparciu o zbiory T_k i P_k z dokładnością do uszkodzonego modułu w układzie cyfrowym o strukturze modułowej uzyskanej drogą Λ-operacji w procedurze π.

Dowód

Jeżeli w oparciu o $\Gamma(F)\Big|_{P_k}^{T_k}$ możliwe jest wykonanie Λ-operacji to sumy bloków, których cechy $C_p^{\sum F}$ są równe odpowiednim cechom C_u^m modułów

$M_u \in M$ i łączą one w blokach uszkodzenia związane z pojedynczymi, określonymi przez procedurę π modułami. Zatem uszkodzenia elementów funkcjonalnych zgrupowanych w modułach $M_u \in M$, tworzące bloki F_i wykorzystane do kojarzenia mogą być odróżnione od uszkodzeń innych modułów. Oznacza to, że dla uzyskanej drogą procedury modułowej struktury układu cyfrowego zbiór T_k i P_k umożliwia lokalizację uszkodzonego modułu. Zatem w oparciu o zbiory T_k i P_k możliwe jest przeprowadzenie diagnozy z dokładnością do modułu układu cyfrowego o strukturze modułowej określonej przez procedurę π.

c.b.d.o.

4. Procedura π

Procedura π umożliwia określenie modułowej struktury rozpatrywanego układu cyfrowego o minimalnym lub prawie minimalnym koszcie diagnozy przeprowadzanej z dokładnością do modułu. Jednocześnie ustalany jest zbiór dodatkowych punktów kontrolnych i testów (por. tw. 2) wymagany dla przeprowadzenia procedury diagnostycznej.

Opis procedury

Dane wejściowe: tablica uszkodzeń F dla wyjść i punktów wewnętrznych $M(C_u^m, M_u \in M)$, rodzaje elementów funkcjonalnych w układzie cyfrowym

1° $k=1$, $P_k = \phi$, $T_k = \phi$

2° Wybór pary $\{T_h, P_s\}$ o maksymalnej wartości wskaźnika:

$$J_k = \frac{\Delta n_k(t_l, p_r)}{\omega_1 (t_l)_k + \omega_2 (p_r)_k}$$

$$\omega_1 := \begin{cases} \omega_1, & \text{gdy } t_l \notin T_{k-1} \\ 0, & \text{gdy } t_l \in T_{k-1} \end{cases}$$

$$\omega_2 := \begin{cases} \omega_2, & \text{gdy } t_l \notin P_{k-1} \\ 0, & \text{gdy } t_l \in P_{k-1} \end{cases}$$

$$P_k := P_k + \{P_s\} \qquad T_k := T_k + \{T_h\}$$

$$3^\circ \; \Gamma(F)\Big|_{P_k}^{T_k} \Rightarrow (F_i,\ i=1,2,\ldots,ii)$$

$$4^\circ \; \Omega \Rightarrow ((\Sigma F)_p^*,\ p=1,\ldots,pp)$$

$$5^\circ \left(\bigwedge_{u \in U} \bigwedge_{p \in P} \bigvee_{\{u,p\}} C_u^m = C_p^{\Sigma F^*}\right) \Rightarrow (\text{GOTO } 8)$$

6° Jeżeli 5° jest FALSE, to:

$$(\Sigma F)_c = \bigcup_{p=1}^{pp} (\Sigma F)_p^* \cdot \delta_p$$

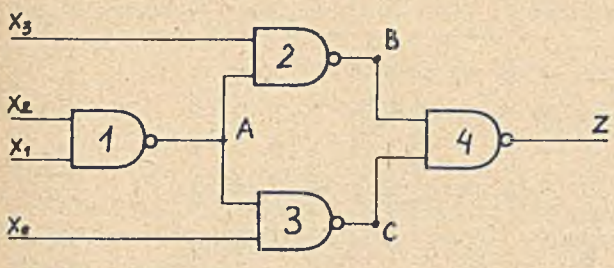
$$\delta_p = \begin{cases} c = 1, & 000\ldots01 \\ c = 2, & 000\ldots10 \\ \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot \\ c = cc, & 111\ldots11 \end{cases}$$

$$7^\circ \ (\bigwedge_{u \in U} \bigwedge_{p \in P} \bigvee_{\{u,p\}} C_u^m = C_p^{\Sigma F}) \Longrightarrow \text{GOTO8, ELSE GOTO } 2^\circ$$

8° STOP.

Tak zorganizowana procedura może być z łatwością wykorzystana w systemie automatycznego projektowania układów cyfrowych dla syntezy modułowych struktur o zadanych właściwościach diagnostycznych.

Poniżej zostanie przedstawiony przykład ilustrujący pewne szczegóły procedury π. Z uwagi na ilość informacji niezbędną dla dokładnego prześledzenia procedury w przykładzie rozważony zostanie bardzo prosty układ cyfrowy składający się z czterech bramek. Przykład ten obrazuje jedynie kolejne mechanizmy procedury i nie jest podawany w celu uwypuklenia właściwości diagnostycznych struktur modułowych uzyskanych drogą syntezy z zastosowaniem procedury π w porównaniu z innymi strukturami.



Rys. 1. Schemat układu logicznego z przykładu

Przykład

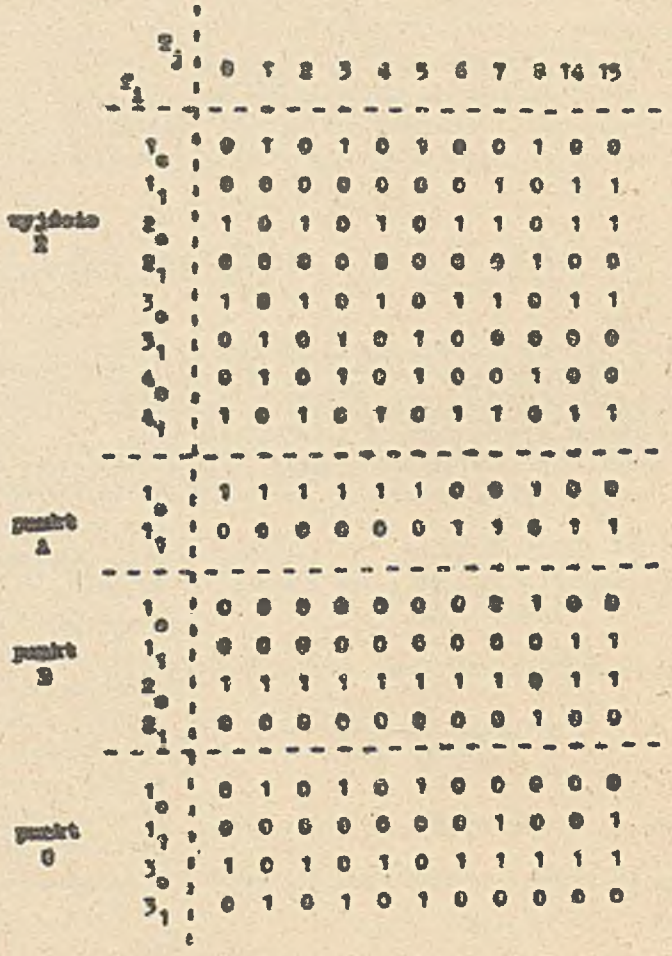
Dla układu cyfrowego z rys. 1 dokonać przydziału elementów funkcjonalnych 1,2,3 i 4 modułom o cechach $C_1^m = (1,2)$ i $C_2^m = (1,2)$ wykorzystując procedurę π. Zbiór punktów kontrolnych $P = \{A,B,C,Z\}$ i dopuszczalny zbiór testów $T = \{0,1,2,3,4,5,6,7,8,14,15\}_{x_3x_2x_1x_0}$. Koszty jednostkowe odpowiednio testu i dodatkowego punktu kontrolnego są równe: $\omega_1 = 2$ i $\omega_2 = 3$.

Przyjąć, że w układzie wystąpić mogą jedynie trwałe logiczne i pojedyncze uszkodzenia typu wyjścia poszczególnych elementów funkcjonalnych s-z-0 i s-z-1.

Tablica uszkodzeń dla rozpatrywanego układu przedstawiona jest na rys.2.

W pierwszym (h=1) kroku procedury wybierany jest test T_{14} (lub T_{15}), który wraz z wyjściem tworzy parę (T_{14},Z) o maksymalnym wskaźniku

$$J_1 = \frac{28-12}{2} = 8$$



Rys. 2. Tablica uszkodzeń układu z przykładu, przy obserwacji wejścia, punktu A, punktu B i punktu C

Koszt jednostkowy ω_2 wyjścia Z przyjęto zero, ponieważ nie jest to dodatkowy punkt kontrolny.

$$(\Gamma(F)\Big|_{P_1}^{T_1};\ T_1 = \{T_{14}\},\quad F_1 = \{Z\}) \Longrightarrow$$

$$(F_1 = \{1_1\ 2_0\ 3_0\ 4_1\} \text{ oraz } F_2 = \{1_0\ 2_1\ 3_1\ 4_0\})$$

$$\Omega, \Sigma F_1^* = F_1 + F_2,\quad C_1^{\Sigma F^*} = \{1,4\}$$

$$C_1^{\Sigma F^*} \neq C_1^m = C_2^m$$

Zatem w pierwszym kroku procedury nie można wykonać operacji Λ. W drugim kroku procedury (h=2) wybierana jest para (T_5, C) o maksymalnym wskaźniku $J_2 = \frac{12-3}{2+3} = \frac{9}{5}$.

$$(\Gamma(F)\Big|_{P_2}^{T_2};\ T_2 = \{T_{14}, T_5\},\ P_2 = \{Z, D\}) \Rightarrow$$

$$(F_1 = \{2_1\},\ F_2 = \{1_0 3_1\},\ F_3 = \{4_0\},\ F_4 = \{1_1 3_0\},\ F_5 = \{2_0 4_1\}$$

$$\text{gdzie } \Sigma F_1^* = F_1 + F_5 + F_3 = \{2_1 2_0 4_1 4_0\}$$

$$\Sigma F_2^* = F_2 + F_4 = \{1_0 3_1\ 1_1 3_0\}$$

$$C_1^{\Sigma F^*} = \{1,2\},\quad C_2^{\Sigma F^*} = \{1,2\}$$

W tym kroku możliwe jest wykonanie Λ-operacji, ponieważ np.

$$C_1^{\Sigma F^*} = \{1,2\} = C_1^m = \{1,2\}$$

$$C_2^{\Sigma F^*} = \{1,2\} = C_2^m = \{1,2\}$$

Zatem otrzymuje się modułową strukturę rozpatrywanego układu:

$$M_1 = \{2,4\} \text{ i } M_2 = \{1,3\}$$

lub

$$M_1 = \{1,3\} \text{ i } M_2 = \{2,4\}$$

Koszt całkowity diagnozy wynosi K = 2.2 + 1.3 = 7. Jest to, jak łatwo sprawdzić, przy warunkach określonych w niniejszym przykładzie optymalna pod względem właściwości diagnostycznych modułowa struktura rozpatrywanego układu cyfrowego.

Jednocześnie zbiory testów $T = \{T_{14}, T_5\}$ i punktów kontrolnych $P = \{Z, C\}$ wystarczają do przeprowadzenia diagnozy z dokładnością do uszkodzonego modułu tzn. $M_1 = \{2,4\}$ lub $M_2 = \{1,3\}$.

5. Wnioski i uwagi końcowe

Zaproponowana w niniejszej pracy procedura określania łatwodiagnozowalnych modułowych struktur układów cyfrowych pozwala w oparciu o tablice uszkodzeń rozpatrywanego układu określić przydział elementów funkcjonalnych modułom przeznaczonym do technicznej realizacji tego układu. Uzyskana tą drogą modułowa struktura ma całkowity koszt diagnozy minimalny lub zbliżony do minimalnego.

Opisana powyżej procedura pozwala na optymalizację modułowych struktur również w przypadkach zadanych liczności jednego ze zbiorów, tzn. zbioru testów diagnostycznych lub zbioru dodatkowych punktów kontrolnych.

Uzyskanie bezwzględnie optymalnej, w rozumieniu tej pracy, struktury modułowej układu cyfrowego o zadanej strukturze funkcjonalnej jest możliwe jedynie drogą przeglądnięcia wszystkich możliwych przydziałów, co już w przypadku układów o 20-30 elementach funkcjonalnych i modułów 4-6 elementowych jest praktycznie niewykonalne [6].

LITERATURA

[1] CHANG H.Y.: An Algorithm for Selecting an Optimum Set of Diagnostic Tests. IEEE Trans. on El.Comp. No 5/1965.

[2] CZIPULIS N.P.: Mietody minimalizacji razrieszajuszcziej sposobnosti diagnoza i diagnosticzeskoj informacji. Awtomatika i telemiechanika 2/1973.

[3] MAYEDA W., RAMAMOORTHY C.V.: Distinguishability Criteria in Oriented Graphs and Their Application to Computer Diagnosis - I. IEEE Trans. on Circuit Theory, No 4, 1969.

[4] POWELL T.J.: A procedure for Selecting Diagnostic Tests. IEEE Trans. on Computers, Nr 2, 1969.

[5] BUDKA M.: The method of test set and test points selection for fault diagnosis of digital circuits. International Conference on Fault-Tolerant Systems and Diagnostics FTSD'78. Gdańsk 1978.

[6] BUDKA M.: Podział sieci logicznej na moduły z uwzględnieniem aspektów diagnostyki. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Automatyka, w druku.

О НЕКОТОРОМ МЕТОДЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПО МОДУЛЯМ В ЦИФРОВЫХ СХЕМАХ

Р е з ю м е

В статье обсуждена проблема распределения функциональных элементов по модулям с учетом диагностических свойств полученной в результате этого распределения структуры цифровой схемы. Описан метод распределения функциональных элементов по модулям обеспечивающего получение модульных структур с минимальной или почти минимальной стоимостью диагноза, связанной с количеством добавочных контрольных точек и диагностических тестов необходимых для обнаружения места неисправностей с точностью до модуля.

ON A METHOD OF ASSIGNING FUNCTIONAL ELEMENTS TO MODULES IN DIGITAL CIRCUITS

S u m m a r y

The problem of assignment of functional elements to modules taking into consideration some aspects of diagnostics of the module structure of digital circuits, is under discussion in the paper.

There has been presented method of assignment of functional elements to modules; it ensures attaining the module structures at the minimal or nearly minimal cost of diagnosis, where the cost is connected with the number of additional test points and diagnostic test indispensable for damage localization up to the module level of accuracy.