

Jacek TKACZ, Marian ADAMSKI

UNIWERSYTET ZIELONOGÓRSKI, WYDZIAŁ ELEKTROTECHNIKI, INFORMATYKI I TELEKOMUNIKACJI, INSTYTUT INFORMATYKI I ELEKTRONIKI,
ul. Podgórna 50, 65-246 Zielona Góra

Wyznaczanie SM - pokrycia bezpiecznej sieci Petriego metodą komputerowego wnioskowania

Dr inż. Jacek TKACZ

Absolwent Uniwersytetu Zielonogórskiego. Od 2009 roku pracownik zatrudniony na stanowisku adiunkta w Zakładzie Inżynierii Komputerowej. Prowadzi badania nad symboliczną metodą dowodzenia twierdzeń i jej praktycznymi zastosowaniami w informatyce oraz elektronice. Interesuje się nowoczesnymi technologiami projektowania i wytwarzania aplikacji, w tym aplikacji mobilnych. W latach 1997-2005 zajmował się projektowaniem i rozwojem oprogramowania dla polskich bibliotek (PROLIB).



e-mail: J.Tkacz@iie.uz.zgora.pl

Prof. dr hab. inż. Marian ADAMSKI

Profesor zwyczajny. Dyrektor Instytutu Informatyki i Elektroniki Uniwersytetu Zielonogórskiego. Zainteresowania badawcze obejmują projektowanie systemów cyfrowych realizowanych w postaci mikrosystemów cyfrowych oraz formalnych metod programowania sterowników logicznych. Członek IEEE, IEE, ACM, Polskiego Towarzystwa Elektrotechniki Teoretycznej i Stosowanej oraz Polskiego Towarzystwa Informatycznego.



e-mail: M.Adamski@iie.uz.zgora.pl

Streszczenie

W artykule przedstawiono nowy sposób pokrywania bezpiecznej sieci Petriego minimalną liczbą podsieci automatowych. Metoda symboliczna polega na wczesnej selekcji odpowiednich transversali, stopniowo wyznaczanych dla rodziny maksymalnych podzbiorów współbieżnych miejsc sieci. W przypadku bezpiecznej sterującej sieci Petriego, miejsca traktowane są jako stany lokalne, natomiast ich dopuszczalne konfiguracje określają jej stany globalne. Transwersale wyróżniają podzbiory miejsc niewspółbieżnych, przypisanych do odpowiednich SM-podsieci. Komputerowe wnioskowanie odbywa się w monotonicznym rachunku sekwentów Gentzena. Rezultaty wykorzystywane są podczas syntezy cyfrowych, skonfigurowanych sterowników logicznych z zastosowaniem komercyjnego oprogramowania i języków opisu sprzętu.

Słowa kluczowe: przestrzeń stanów lokalnych i globalnych sieci Petriego, transversale, podsieci automatowe SM, logika sekwentów Gentzena.

Calculation of State Machine cover of safe Petri net by means of computer based reasoning

Abstract

The paper presents a way of finding a suitable Petri net cover by means of a minimal number of maximal State Machine subnets (SM-components). A new symbolic method of Petri net parallel decomposition is based on early selection of proper minimal transversals, taken from family of all global Petri net states. Global states are given in advance as maximal subsets, formed from mutually concurrent places. They can be found as reachable global states of Petri net. During digital design of a logic controller, the places of the safe Petri net are treated as local internal states of Concurrent State Machine, implemented in a reconfigurable logic device (FPGA). The minimal number of selected transversals, which characterizes subsets of sequentially related places, is assigned to separate State Machine subnets. The computer based reasoning is searching a logic expression describing transversals in Gentzen sequent logic. The obtained decomposition (or cover) is used for state encoding of configurable array-based embedded logic controllers, implemented as microsystems.

Keywords: Petri net state space, transversal, formal reasoning, State Machine subnets, configurable logic controllers.

1. Wprowadzenie

Współbieżne maszyny stanów, opisane sterującymi sieciami Petriego [9] mogą być realizowane sprzętowo, jako równoległe połączenie odrębnych jednostek sterujących, zaimplementowanych w postaci kilku rozproszonych, ale skoordynowanych układów sekwencyjnych. Alternatywnym sposobem implementacji współbieżnego sterownika logicznego jest jego monolityczna realizacja i jej osadzenie wewnątrz, matrycowego, konfigurowalnego układu scalonego FPGA [7]. W przypadku układu cyfrowego z współdzielonymi współbieżnymi stanami lokalnymi [1, 4, 12, 14], jest wymagane takie zakodowanie stanów lokalnych sterownika,

aby ich konfiguracja prawidłowo odzwierciedlała jego stany globalne. Jednym ze sposobów prowadzących do tego celu jest pokrycie współbieżnej, sterującej sieci Petriego wyodrębnionymi podsieciami typu automatowego (SM-subnets). Poszczególne podsieci mogą być odróżniane od siebie kolorami (cechami), przypisanymi do każdej z nich, przy czym niektóre miejsca sieci mogą przynależeć naraz do kilku współbieżnych podsieci [1,4,14]. Po usunięciu tego rodzaju nadmiarowości oraz wprowadzenie do każdej z podsieci miejsc spoczynkowych, zawarte w nich stany lokalne mogą być efektywnie kodowane ogólnymi metodami, znanymi z teorii układów logicznych, z wykorzystaniem profesjonalnych systemów CAD. Szczególnie istotną rolę w procesie projektowania odgrywają języki opisu sprzętu, takie jak VHDL lub Verilog [4].

W artykule zaproponowano wykorzystanie komputerowego wnioskowania w logice sekwentów Gentzena [3, 9, 11] do rozwiązywania problemów kombinatorycznych, występujących podczas dekompozycji współbieżnej sieci Petriego na jej podsieci automatowe [4, 7, 10, 14]. Wyznaczanie podsieci odbywa się poprzez obliczanie i selekcję transversali [16].

2. Wyznaczanie pokrycia sterującej sieci Petriego podsieciami typu SM

Wyznaczanie pokrycia sterującej sieci Petriego podsieciami typu SM jest jedną z najczęściej stosowanych procedur poprzedzających kodowanie jej stanów lokalnych (miejsc). Jeden ze sposobów kodowania opiera się na analizie relacji współbieżności między miejscami w sterującej sieci Petriego [4]. Dyskretna przestrzeń stanów, dzielona jest na maksymalne podzbiory współbieżnych stanów lokalnych, odpowiadające poszczególnym wierzchołkom grafu znakowań osiągalnych (rys. 2) i przedstawiającego jej stany globalne. Do tego celu wykorzystuje teorię grafów nieskierowanych, a w szczególności metody kolorowania grafów i hipergrafów.

Znaczna część metod opiera się na kolorowaniu grafu współbieżności miejsc lub makromiejsc sieci Petriego. Alternatywnym sposobem postępowania jest dualna metoda polegająca na pokryciu grafu niewspółbieżności (sekwencyjności) maksymalnymi klikami. Obok wcześniejszych metod algebraicznych pojawiły się alternatywne propozycje wyznaczania kolorowania lub pokrycia klikowego metodami symbolicznego wnioskowania z wykorzystaniem logiki sekwentów Gentzena.

Nowa metoda zaproponowana w artykule opiera się na symbolicznym wyznaczeniu transversali maksymalnych zbiorów lokalnych stanów współbieżnych, opisujących poszczególne stany globalne, potrzebnych do pełnego pokrycia sieci [16]. W przypadku, kiedy liczba transversali przekracza moc największego zbioru współbieżnych stanów lokalnych (maksymalną liczbę równocześnie oznakowanych miejsc) następuje redukcja zbioru transversali metodą wyznaczania minimalnego pokrycia metodą heurystyczną.

W proponowanym podejściu zastąpiono algebraiczne metody wyznaczania transwersali metodami symbolicznymi, przeprowadzającymi z wykorzystaniem komputerowego systemu wnioskowania w monotonicznej logice sekwentów Gentzena [6, 9].

3. Symboliczna metoda wyznaczania transwersali

Przyjmując, że E jest niepustym zbiorem skończonym, a $F = (S_1, \dots, S_i, \dots, S_m)$ jest rodziną niepustych podzbiorów E (niekoniecznie różnych), to pod pojęciem transwersali rodziny F rozumie się podzbiór elementów zbioru E , wybranych z każdego podzbioru S_i . Transwersala jest minimalna, jeśli nie jest podzbiorem innej transwersali. Jeśli E jest niepustym zbiorem skończonym, a $F = (S_1, \dots, S_m)$ i $G = (T_1, \dots, T_m)$ dwiema rodzinami podzbiorów zbioru E , to transwersalą wspólną rodzin F i G nazywamy podzbiór elementów zbioru E , będących transwersalą dla obu tych rodzin [15].

Klasyczna metoda symboliczna wyznaczania transwersali polega na przekształcaniu monotonicznych wyrażeń logicznych opisujących poszczególne podzbiory danego zbioru elementów z postaci dysjunkcyjnej na postać koniunkcyjną [8].

Przykład 1. Dany jest zbiór elementów $\{P1, P2, P3, P4, P5, P6\}$. Zbiór podzielono na podzbiory $\{P1\}$, $\{P2, P3, P4\}$, $\{P2, P6\}$, $\{P4, P5\}$. Transwersale podanych podzbiorów oblicza się przekształcając koniunkcyjne wyrażenie logiczne opisujące poszczególne podzbiory:

$$(P1) * (P2+P3+P4) * (P2+P6) * (P4+P5)$$

na dualne wyrażenie dysjunkcyjne, określające transwersale tych podzbiorów:

$$(P1*P2*P5) + (P1*P3*P5*P6) + (P1*P2*P4) + (P1*P4*P6).$$

Przedstawione w literaturze metody symboliczne przekształcania są stosunkowo żmudne i nieprzejrzyste. Zasadniczą ich wadą jest konieczność wyznaczenia wszystkich transwersali, a dopiero później ich właściwa selekcja [8]. Spis transwersali wyznaczonych proponowaną alternatywną metodą symbolicznego wnioskowania zamieszczono w rozdziale 4.

Warto zwrócić uwagę, że zbiór miejsc $E = \{P1 - P6\}$ oraz można podzielić na dwie niezależne rodziny $F = \{P1\}$ oraz $G = \{P2, P3, P4, P5, P6\}$, następnie wyznaczając w prostszy sposób ich wspólne transwersale jako konkatencje transwersali rodziny F i rodziny G .

4. Wyznaczanie pokrycia sieci metodą wnioskowania

Na rysunku 1 przedstawiono sieć Petriego z pominięciem jej interpretacji jako sieci sterującej [5]. Na podstawie grafu znakowań osiągalnych (rys. 2) określono następujące zbiory miejsc współbieżnych:

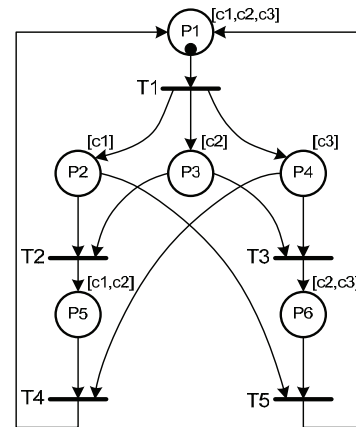
$$M1 = \{P1\}; M2 = \{P2, P3, P4\}; M3 = \{P2, P6\}; M4 = \{P4, P5\};$$

Transwersale podzbiorów M1-M4 określone są sekwentem Gentzena:

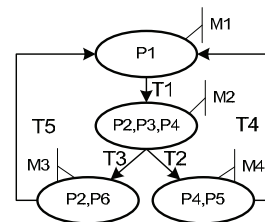
$$P1, P2+P3+P4, P2+P6, P4+P5|-;$$

Drzewo komputerowego wnioskowania zawiera 18 węzłów. W rezultacie otrzymano sekwenty proste:

$$\begin{array}{ll} P1, P2, P5|-; & [c1] \\ P1, P3, P5, P6|-; & [c2] \\ P1, P4, P6|-; & [c3] \\ P1, P2, P4|-; & [c4] \end{array}$$



Rys. 1. Sterująca sieć Petriego
Fig. 1. Control Petri net



Rys. 2. Graf znakowań
Fig. 2. Reachability graph

Naturalnym sposobem zdefiniowania transwersali na podstawie rysunku 2 jest również sekwent:

$$|- P1, P2*P3*P4, P2*P6, P4*P5;$$

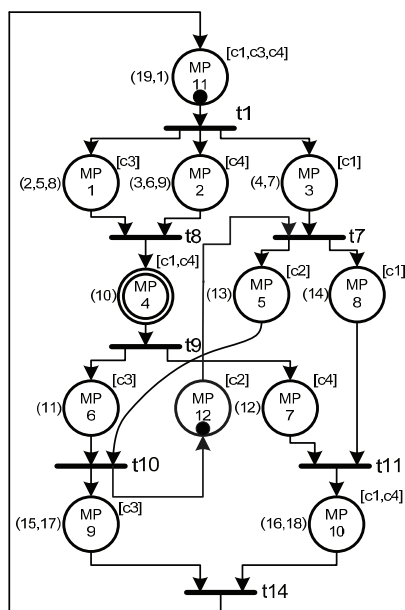
Ponieważ moc największego z podzbiorów M2 (rys. 2) jest równa 3, do pokrycia wszystkich miejsc sieci potrzeba tylko trzech składowych automatów. Jak potwierdzono w pracy [16] wyznaczając pokrycie należy odrzucić transwersale zawierające choćby jedną parę wierzchołków współbieżnych. Transwersala [c4] nie opisuje więc podsieci automatowej, gdyż miejsca P2 i P4 są współbieżne, jako występujące razem w podzbiorku M2 (rys. 2) Rozpatrywana sieć pokryta jest trzema składowymi automatami:

$$\begin{array}{ll} SM1 = \{P1, P2, P5\} & [c1] \\ SM2 = \{P1, P3, P5, P6\} & [c2] \\ SM3 = \{P1, P4, P6\} & [c3] \end{array}$$

Kolorowana automatowo sieć Petriego jest cechowana poprzez przypisanie miejsc, łukom i tranzycjom kolorów podsieci ją pokrywających. W praktyce wystarczy przypisanie kolorów tylko miejsc. Odpowiednie kolory c1, c2, c3 dla podsieci SM1, SM2, SM3 naniesiono na rysunku 1.

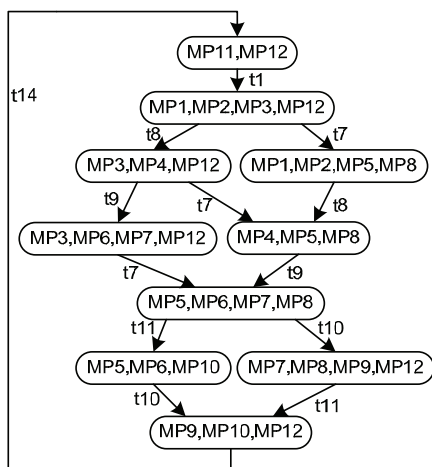
5. Dekompozycja równoległa sterującej sieci Petriego metodą symbolicznego wnioskowania

Dana jest makrosieć sporządzona na podstawie sterującej sieci Petriego specyfikującej funkcjonowanie sterownika logicznego inspirowanej pracą [13]. Zadaniem projektowym jest znalezienie minimalnej liczby podsieci automatowych poprzez wyznaczenie i selekcję transwersali. Rezultatem pośrednim umożliwiającym zakodowanie miejsc są podzbiory stanów lokalnych należących do poszczególnych podsieci. Dzięki pokryciu miejsc sieci rozpatrywana makrosieć zostaje przekształcona na kolorowaną automatowo makrosieć Petriego.



Rys. 3. Makrosieć Petriego
Fig. 3. Petri macronet

Makrosieci Petriego odpowiada graf znakowań osiągalnych dla znakowania początkowego MP1, MP12 zamieszczony na rysunku 4.



Rys. 4. Graf znakowań osiągalnych
Fig. 4. Reachability graph

Hipergraf współbieżności [16, 17] zawiera dziesięć krawędzi reprezentowanych podzbiórami wierzchołków przynależnych do nich i odpowiadających poszczególnym wierzchołkom grafu znakowań. Hipergrafowi odpowiada następujący sekwent Gentzena:

$$\begin{aligned} & \{-(MP11*MP12), (MP1*MP2*MP3*MP12), \\ & (MP3*MP4*MP12), (MP1*MP2*MP5*MP8), \\ & (MP3*MP6*MP7*MP12), (MP4*MP5*MP8), \\ & (MP5*MP6*MP7*MP8), (MP7*MP8*MP9*MP12), \\ & (MP5*MP6*MP10), (MP9*MP10*MP12)\}; \end{aligned}$$

Metodą wnioskowania uzyskano następujące transwersale:

$$\begin{aligned} & \{-MP1, MP4, MP6, MP8, MP10, MP11\}; \\ & \{-MP1, MP4, MP6, MP9, MP11\}; \\ & \{-MP1, MP4, MP5, MP7, MP9, MP11\}; \\ & \{-MP1, MP4, MP7, MP10, MP11\}; \end{aligned} \quad \begin{aligned} & (i1) \\ & \\ & \\ & (i2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \{-MP2, MP4, MP6, MP8, MP10, MP11\}; \\ & \{-MP2, MP4, MP6, MP9, MP11\}; \\ & \{-MP2, MP4, MP5, MP7, MP9, MP11\}; \\ & \{-MP2, MP4, MP7, MP10, MP11\}; \\ & \{-MP3, MP5, MP7, MP10, MP11\}; \\ & \{-MP3, MP5, MP9, MP11\}; \\ & \{-MP3, MP6, MP8, MP9, MP11\}; \\ & \{-MP3, MP8, MP10, MP11\}; \\ & \{-MP1, MP4, MP6, MP12\}; \\ & \{-MP1, MP4, MP7, MP10, MP12\}; \\ & \{-MP2, MP4, MP6, MP12\}; \\ & \{-MP2, MP4, MP7, MP10, MP12\}; \\ & \{-MP5, MP12\}; \\ & \{-MP6, MP8, MP12\}; \\ & \{-MP8, MP10, MP12\}; \end{aligned} \quad \begin{aligned} & (i3) \\ & \\ & (i4) \\ & \\ & (i5) \\ & \\ & (i6) \\ & \\ & \\ & \\ & (i7) \end{aligned}$$

Spośród 19 transwersali tylko 7 transwersali właściwych reprezentuje podsieci automatowe. W wykazie transwersali zaznaczono miejsca współbieżne. Obliczenia wykonano na standardowym komputerze klasy PC. Drzewo wnioskowania zawiera 252 węzły, czas obliczeń jest mniejszy niż jedna sekunda. Ze zbioru transwersali odrzucono niewłaściwe, mające więcej niż jednego reprezentanta w wierzchołku grafu znakowań. Inwariant i7 jest inwariantem zasadniczym. Jako jedyny pokrywa makromiejsce MP8. Inwariant i6 jest też inwariantem zasadniczym, pokrywając makromiejsce MP12. Selekcja transwersali prowadzi do uzyskanie dwóch użytecznych pokryć sieci $\{i6, i7, i1, i4\}$, $\{i6, i7, i2, i3\}$. Adaptując klasyczną metodę Petricka, minimalne pokrycia miejsc sieci trzema transwersalami właściwymi uzyskuje się również symbolicznie, wnioskując w systemie Gentzena [2].

Dla pierwszego z uzyskanych pokryć wprowadzono następujące kolorowanie, naniesione na rysunku 3:

$$\begin{aligned} SM1 &= \{MP3, MP8, MP10, MP11\} & [c1] \\ SM2 &= \{MP5, MP12\} & [c2] \\ SM3 &= \{MP1, MP4, MP6, MP9, MP11\} & [c3] \\ SM4 &= \{MP2, MP4, MP7, MP10, MP11\} & [c4] \end{aligned}$$

W ramach badań rozpoczęto wprowadzanie heurystyki, polegającej na odpowiednim uporządkowaniu kolejności w sekwentach analizowanych krawędzi hipergrafu współbieżności. W ten sposób można przyspieszyć uzyskanie pierwszego, trafnego rezultatu i pokryć sieć podsieciami automatowymi, bez konieczności obliczenia i selekcji kolejnych transwersali.

6. Wnioski

W artykule przedstawiono sposób równoległej dekompozycji bezpiecznej sieci Petriego na jej składowe automatowe, opierający się na wyznaczaniu transwersali podzbiorów miejsc współbieżnych, powiązanych z poszczególnymi stanami globalnymi modelowanego sterownika. Aby uzyskać większą efektywność obliczeń symbolicznych, sugeruje się, podobnie jak w metodach algebraicznych, wstępną redukcję sieci poprzez wprowadzenie do niej makromiejsc.

Nie każda bezpieczna sieć Petriego może być pokryta przez składowe podsieci automatowe. Z przeprowadzonych przez zespół zielonogórski badań naukowych wynika, że każda składowa automatowa jest transwersalą przestrzeni stanów globalnych reprezentowanej maksymalnymi podzbiórmi stanów lokalnych. Twierdzenie odwrotne nie jest prawdziwe [17].

W odróżnieniu od tradycyjnych przekształceń symbolicznych, wykorzystywanych również do wyznaczania transwersali podzbiorów dla podanego zbioru wnioskowanie metodą Gentzena pozwala znacznie szybciej uzyskać pierwsze akceptowalne transwersale, pokrywające wszystkie elementy zbioru. W klasycznym wnioskowaniu boolowskim z wykorzystaniem metody symbolicznej Quine'a dopiero po wyznaczeniu wszystkich możliwych rozwiązań upewnia się, że transwersale są minimalne. Monotoniczny rachunek sekwentów ma wszelkie zalety metody Thelena

i Mathonego, jak również wykorzystuje wyniki badań zaczerpniętych z teorii hipergrafów, rozwijane szczególnie dla potrzeb sztucznej inteligencji [16]. Ważną jego cechą jest możliwość zapisywania formuł i sekwentów z wykorzystaniem z bogatego zestawu spójników logicznych, za wyjątkiem negacji.

Wyniki osiągnięte metodą komputerowego wnioskowania zostały zweryfikowane metodami algebraicznymi opartymi na analizie hipergrafów współbieżności (M. Wisniewska) oraz metodami wykorzystującymi metody programowania liniowego (R. Dylewski). Dokładniejszy opis wnioskowania metodą Gentzena można znaleźć w pracach [2, 11, 12].

Sugestia dotycząca sposobu wcześniejszego odrzucania zbędnych transwersali zawarta jest w artykule [2]. Obiecującą jest połączenie symbolicznych metod wnioskowania z dynamiczną analizą systemów dyskretnych [3, 4, 7, 17].

Praca naukowa finansowana ze środków budżetowych na naukę w latach 2010 - 2013 jako projekt badawczy własny Nr N N516 513939.

7. Literatura

- [1] Adamski M., Chodań M.: Modelowanie układów sterowania dyskretnego z wykorzystaniem sieci SFC, Wydawnictwo PZ, Zielona Góra, 2000.
- [2] Adamski M., Tkacz J., Wrzesińska B.: Redukcja binarnych tablic decyzyjnych z wykorzystaniem automatycznego wnioskowania, Metody Informatyki Stosowanej .- 2010, nr 3, s. 5-12.
- [3] Adamski M.: Projektowanie układów cyfrowych systematyczną metodą strukturalną. Monografie Nr 49. Wydawnictwo Wyższej Szkoły Inżynierskiej w Zielonej Górze, 1990, ISSN 0239-7390.
- [4] Adamski M., Węgrzyn M.: Petri nets mapping into reconfigurable logic controllers. Electronics and Telecommunications Quarterly, 2009, Vol. 55, no 2, s. 157-182.
- [5] David R., Alla H. D. R.: Petri Nets and Grafcet. Tools for modeling discrete event system. London: Prentice Hall, 1992.
- [6] Atserias, A., Galesi, N., and Pudlák, P.: Monotone simulations of non-monotone proofs. J. Comput. Syst. Sci. 65, 4 (Dec. 2002), 626-638.
- [7] Adamski M., Karatkevich A., Węgrzyn M.: Design of embedded control systems, New York : Springer, 2005, 267 s.
- [8] Eiter T., Gottlob G. and Makino K.: New results on monotone dualization and generating hypergraph transversals. Proc. of the 32th ACM Symp. STOC '02, 14-22, 2002.
- [9] Gallier J.H.: Logic for computer science, Foundations of Automatic Theorem Proving. Harper & Row, (1986).
- [10] Murata T.: Petri Nets: Properties, Analysis and Applications, Proceedings of the IEEE, Vol. 77, No. 4, 1989.
- [11] Tkacz J.: Projektowanie układów sterowania binarnego wspomaganie automatycznym wnioskowaniem Gentzena, Rozprawa doktorska. Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Elektrotechniki, Informatyki i Telekomunikacji, Zielona Góra, 2008.
- [12] Tkacz J., Adamski M.: Projektowanie sekwencyjnych układów cyfrowych z wykorzystaniem logiki sekwentów Gentzena, Przegląd Elektrotechniczny .- 2009, R. 85, nr 7, s. 196-199.
- [13] Valette R.: Etude comparative de deux outils de representation: Grafcet et reseau de Petri, Le Nouvel Automatisme, Decembre 1978, str. 337-382.
- [14] Węgrzyn M., Adamski M.: Wykorzystanie standardowych kompilatorów FPLD do syntezy sterowników logicznych, Kwartalnik Elektroniki i Telekomunikacji .- 1997, T. 43, z. 3, s. 353-372.
- [15] Wilson R. J.: Wprowadzenie do teorii grafów. Wydawnictwo PWN, Warszawa 1998.
- [16] Wiśniewska M., Adamski M.: Zastosowanie dualizmu hipergrafów w dekompozycji równoległej automatów współbieżnych, Przegląd Telekomunikacyjny 6/2008.
- [17] Karatkevich A.: Dynamic Analysis of Petri Net Based Discrete Systems. LNCiS, vol.356, Springer-vErlag, Berlin 2007.

otrzymano / received: 13.07.2011

przyjęto do druku / accepted: 03.10.2011

artykuł recenzowany

INFORMACJE

Szanowni Autorzy artykułów publikowanych w PAK,

W trosce o jak najwyższy poziom punktacji miesięcznika PAK zwracam się z prośbą o cytowanie artykułów opublikowanych w PAK w innych artykułach, zwłaszcza tych publikowanych w czasopismach z listy filadelfijskiej. Ma to bezpośredni wpływ na współczynnik IF (Impact Factor) miesięcznika PAK.

W algorytmach oceny czasopism współczynnik IF ma największą wagę. Na zwiększenie wartości współczynnika IF redakcja czasopisma nie ma żadnego wpływu, ale wszystko zależy od Autorów cytujących. W przypadku miesięcznika PAK aktualnie każde cytowanie zwiększa IF o około 0,002. Oczywiście cytowanie artykułu tylko wtedy jest uzasadnione, jeżeli jest on tematycznie związany z artykułem cytującym, a autor korzystał z niego przy przygotowaniu pracy.

Aby ułatwić Autorom korzystanie z artykułów opublikowanych w PAK (a także możliwość cytowania) została opracowana przez redakcję PAK „Wyszukiwarka”, umożliwiająca wyszukiwanie artykułów według nazwiska autora, słowa tytułu artykułu, albo frazy kluczowej.

Aby skorzystać z „Wyszukiwarki” należy:

- wejść na stronę: www.pak.info.pl
- w menu „Wyszukiwarka” (po lewej stronie ekranu) wybrać „Artykuły”.

Strona zawiera również szereg innych łatwo dostępnych funkcjonalności, m.in. wykazy artykułów opublikowanych w PAK, a cytowanych w artykułach opublikowanych w czasopismach z listy filadelfijskiej.

Zdaję sobie sprawę, że redakcje niektórych czasopism usuwają cytowania artykułów publikowanych w czasopismach spoza listy filadelfijskiej, np. argumentując, że są one mało dostępne. Taka argumentacja będzie mniej uzasadniona, jeżeli tytuł naszego miesięcznika oraz tytuły artykułów będą podane w cytowaniach w języku angielskim. Proszę zauważyć, że oficjalny tytuł anglojęzyczny miesięcznika PAK (występujący na okładce) ma formę: Measurement, Automation and Monitoring (MA&M), a wszystkie artykuły naukowe publikowane w PAK są napisane albo w języku angielskim, albo mają rozszerzone abstrakty w tym języku.