

CYFROWY INTERFEJS CZUJNIKA KOŁA DO UKŁADÓW LICZNIKÓW OSI

Streszczenie

W artykule omówiony został opracowany przez autora układ interfejsu do układów zliczania osi pojazdu. Obecnie realizowane systemy wykorzystują technikę mikroprocesorową. Zaproponowany układ pozwala na zwiększenie niezawodności działania poprawę bezpieczeństwa systemów SRK, wykorzystujących układy liczników osi.

WSTĘP

Przeznaczeniem systemu sterowania ruchem kolejowym (SRK) jest zapewnienie bezpieczeństwa przemieszczania pojazdów po sieci kolejowej i wymaganej sprawności w sposób uzasadniony technicznie i ekonomicznie.

W systemach SRK, ze względu na bezpieczeństwo poruszających się pociągów po sieci kolejowej, konieczna jest kontrola niezajętości poszczególnych odcinków obszaru torów, na których prowadzony jest ruch pociągów. Tor, na który wyprawiony ma być pojazd szynowy powinien być niezajęty.

Istnieje wiele sposobów kontroli niezajętości torów i rozjazdów. Najprostsza klasyfikacja metod stwierdzania niezajętości obejmuje:

- kontrolę bezpośrednią,
- kontrolę układową.

Kontrola bezpośrednia polega na sprawdzeniu wzrokowym przez upoważniony personel stanu torów. Kontrolę bezpośrednią stosuje się na posterunkach ruchu wyposażonych w mechaniczne urządzenia SRK, jak również w przypadkach usterek urządzeń kontroli układowej (w sytuacjach awaryjnych). Może być ona stosowana także na posterunkach ruchu wyposażonych w urządzenia elektryczne suwakowe. Granice okręgów nastawczych i lokalizacje posterunków ustala się tak, aby zapewnić personelowi obsługi możliwość bezpośredniej obserwacji wszystkich torów i rozjazdów w danym okręgu..

1. WYKORZYSTANIE LOGIKI PROGRAMOWALNEJ W SYSTEMACH SRK

Rozproszenie geograficzne systemów sterowania ruchem kolejowym powoduje, że stawia się coraz większe wymagania w stosunku do lokalnych urządzeń sterujących w zakresie realizowanych algorytmów sterowania, przetwarzania informacji oraz pewności i szybkości transmisji danych. W latach 70 ubiegłego wieku do sterowania ruchem na kolei (urządzenia SRK) zaczęto wykorzystywać układy elektroniczne. Układy elektroniczne, a w szczególności systemy cyfrowe zaczęły wypierać, stosowane wcześniej systemy kluczowe i przekaźnikowe. Zwiększenie stopnia integracji w układach scalonych pozwoliło na budowę urządzeń SRK realizujących coraz bardziej rozbudowane funkcje. Pojawienie się sterowników przemysłowych i przemysłowych wersji komputera PC (wraz z wykorzystaniem systemów operacyjnych czasu rzeczywistego) pozwoliło na zastosowanie rozwiązań programowych do realizacji algorytmów działania urządzeń SRK. We współczesnych, cyfrowych systemach SRK algorytmy sterowania, przetwarzania i przechowywania danych są realizowane głównie w sposób programowy, zwykle w układach mikroprocesorowych, w których realizacja zadanego algorytmu odbywa się zgodnie z przechowywanym w pamięci programem.

Alternatywą dla rozwiązań komputerowych może być powrót do rozwiązań sprzętowych (elektronicznych), bądź sprzętowo-programowych (układy SOC – System On Chip), uwzględniających rozwój technologii specjalizowanych układów scalonych. We współczesnych systemach automatyki kolejowej (SRK) coraz powszechniej stosowane są specjalizowane układy cyfrowe. Nadrzędnym celem układów SRK jest zapewnienie bezpieczeństwa. Dlatego metody projektowania tych systemów odbiegają od powszechnie stosowanej metodologii syntezy systemów cyfrowych. Przy projektowaniu układów cyfrowych największy nacisk kładzie się na minimalizację funkcji logicznych, opisujących system. W przypadku systemów SRK najistotniejszym jest określenie sposobu działania układu w sposób zdeterminowany, projektant powinien przewidzieć jak zadziała układ w każdej, możliwej sytuacji. Funkcje realizowane przez układ cyfrowy można zawsze zweryfikować (także w układzie docelowym) przy wykorzystaniu, opisanych w pracy [8] metod testowania. Istotnym problemem jest niezdeterminowane zachowanie układu wskutek, występujących w układzie zjawisk szkodliwych:

- wyścigów
- hazardów

Zjawiska te są trudne do uchwycenia w układzie docelowym, ponieważ ich wystąpienie jest uzależnione od czasów propagacji sygnału cyfrowego przez poszczególne elementy. Zmiana parametrów czasowych bramek, spowodowana starzeniem układu (redystrybucja domieszek czy migracja jonów w warstwie metalizacji w układzie scalonym), zmianami temperatury może spowodować pojawienie się zjawisk szkodliwych w bezbłędnie funkcjonującym układzie. Dlatego dla zapewnienia bezpieczeństwa systemów cyfrowych SRK niezbędne jest wykrywanie potencjalnych zagrożeń na etapie projektowania i wdrażania systemu.

Niezależnie od sposobu realizacji algorytmów sterowania, współczesne urządzenia i systemy SRK muszą spełniać odpowiednie normy bezpieczeństwa. Dla nowych systemów SRK muszą być spełnione wymagania ujęte w następujących normach:

- 1) PN-EN50126: Zastosowania kolejowe - Specyfikacja niezawodności, dostępności, podatności utrzymaniowej i bezpieczeństwa;
- 2) PN-EN50128: Zastosowania kolejowe - Łączność, sygnalizacja i systemy sterowania - Programy dla kolejowych systemów sterowania i zabezpieczeń;
- 3) PN-EN50129: Zastosowania kolejowe - Łączność, sygnalizacja i systemy sterowania - elektroniczne systemy sygnalizacji związane z bezpieczeństwem.

Normy te definiują większość wymagań w stosunku do rozwiązań sprzętowych, programowych i sprzętowo-programowych. I tak sprzęt stosowany w urządzeniach i systemach SRK powinien spełniać wymagania norm PN-EN50126 i PN-EN50129, natomiast programy realizujące funkcje sterowania powinny być zgodne z wymaganiami normy PN-EN50128.

W przytoczonych normach nie przedstawiono wymagań dotyczących wspomaganego komputerowo procesu specyfikacji bądź wytwarzania układów scalonych, przeznaczonych do systemów SRK.

Algorytmy realizowane w wielu urządzeniach SRK składają się głównie z funkcji sterujących oraz z prostych operacji przetwarzania i przechowywania danych, a więc szczególnie nadają się one do efektywnej realizacji sprzętowej. Taka budowa układów sterowania zapewnia szybką realizację zadanych algorytmów sterowania, nie wymaga tworzenia oprogramowania narzędziowego, a dodatkowo zaimplementowanie tych algorytmów w jednym układzie scalonym umożliwia uzyskanie znacznie lepszych wskaźników niezawodnościowych w porównaniu z układami mikroprocesorowymi, realizującymi analogiczne algorytmy sterowania.

W pacach [6,7] pokazano oszacowania podstawowych parametrów niezawodnościowych dla samoczynnej sygnalizacji przejazdowej przy różnych sposobach jej realizacji:

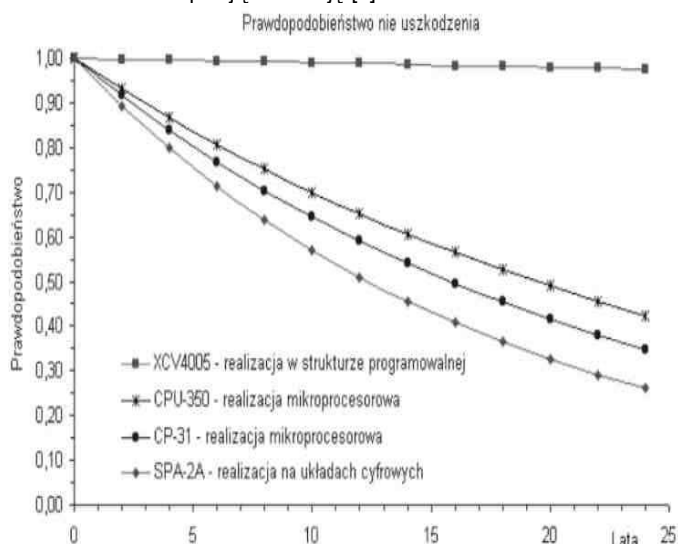
- sprzętowej realizacji ze standardowych układów cyfrowych,
- programowej realizacji na sterownikach PLC,
- sprzętowej realizacji w programowalnych strukturach logicznych.

Pierwsze dwie realizacje są stosowane na kolejach w Polsce, a trzecie rozwiązanie z zastosowaniem układów FPGA zostało opracowane na Wydziale Transportu PW.

Przy porównywaniu poszczególnych rozwiązań przyjęto następujące założenia:

- porównywane są układy realizujące funkcje sterujące,
- porównywane będą pojedyncze kanały sterowania ssp dla typowego rozwiązania zastosowanego na linii dwutorowej,
- w sensie niezawodnościowym przyjęto dla elementów kanału szeregową strukturę elementów sprzętu oraz oprogramowania,
- dla wszystkich realizacji występują jednakowe warunki środowiskowe,
- wszystkie układy scalone zostały wyprodukowane według takich samych norm produkcyjnych.

Wskaźnikiem charakteryzującym niezawodność jest intensywność uszkodzeń opisująca funkcję [6].



Rys. 1 Prawdopodobieństwo poprawnej realizacji funkcji [6]

1.1. Technika asynchroniczna w systemach cyfrowych

Do zalet automatów asynchronicznych w stosunku do techniki synchronicznej należy zaliczyć:

- Brak zegara systemowego pozwala na uniknięcie błędów związanych z niejednoczesnością sygnału zegara dla poszczególnych (często dość odległych modułów) tzw. „jitter”.

- Mniejsze, około 50% straty mocy
- Większa częstotliwość pracy
- Szybka odpowiedź bez czekania na zegar
- Większa odporność układu (ang. Robust)
- Możliwość tworzenia systemów modułowych
- Możliwość połączenia wielu systemów z własnymi niezależnymi zegarami

Do podstawowych wad systemów asynchronicznych należy zaliczyć:

- Brak narzędzi (EDA tools) do wspomaganie projektowania automatów synchronicznych
- Brak jednoznacznej metodologii projektowania systemów
- Trudności w weryfikacji projektów

Ze względu na trudności związane z syntezą automatów asynchronicznych układy cyfrowe w takiej postaci nie są stosowane w systemach SRK (autorowi nie są znane żadne rozwiązania), mimo tego, że układy przekaźnikowe, stosowane przez wiele lat w systemach automatyki kolejowej były (pod względem realizowanej logiki) automatami asynchronicznymi. Kolejnym problemem, podnoszonym przez projektantów systemów SRK, jest brak odpowiednich certyfikatów dla kompilatorów języków HDL. Norma PN-EN50128 przewiduje wykorzystanie certyfikowanych kompilatorów przy konstrukcji komputerowych systemów automatyki jednak dla języków opisu struktur brak jakichkolwiek unormowań, wymaga się jedynie aby układy konstruowano zgodnie z normami PN-EN50126 i PN-EN50129, przewidzianymi dla układów elektronicznych

W odróżnieniu od automatów synchronicznych kodowanie automatów asynchronicznych jest bardzo ważnym i krytycznym etapem syntezy, gdyż wybór niewłaściwego kodu może prowadzić do występowania zjawiska tzw. wyścigów, wynikającego z różnic opóźnień w elementach pamięciowych. Zjawisko wyścigu może wystąpić we wszystkich układach sekwencyjnych (synchronicznych i asynchronicznych). W układach synchronicznych wyścig może przyczyną chwilowych przekłamań stanu wyjść. Stan nieustalony, spowodowany zjawiskiem musi się zakończyć przed następnym impulsem zegara sterującego, dzięki temu nie wpływa na następny stan układu. Rozróżnia się dwa rodzaje wyścigu:

Niekrytyczny – jeżeli zmiany stanów spowodowane wyścigiem prowadzą, ostatecznie do zgodnego z programem stanu stabilnego

Krytyczny – co najmniej jedna z dróg prowadzi do niezgodnego z założeniami stanu stabilnego lub oscyluje pomiędzy dwoma stanami

Skutkami wyścigu krytycznego może być przejście do błędnego stanu stabilnego lub oscylacja między stanem (niestabilnym) poprawnym i błędnym. W odróżnieniu od automatów synchronicznych kodowanie automatów asynchronicznych jest bardzo ważnym i krytycznym etapem syntezy, gdyż wybór niewłaściwego kodu może prowadzić do występowania zjawiska tzw. wyścigów, wynikającego z różnic opóźnień w elementach pamięciowych. Zjawisko wyścigu może wystąpić we wszystkich układach sekwencyjnych (synchronicznych i asynchronicznych). W układach synchronicznych wyścig może przyczyną chwilowych przekłamań stanu wyjść. Stan nieustalony, spowodowany zjawiskiem musi się zakończyć przed następnym impulsem zegara sterującego, dzięki temu nie wpływa na następny stan układu. Rozróżnia się dwa rodzaje wyścigu:

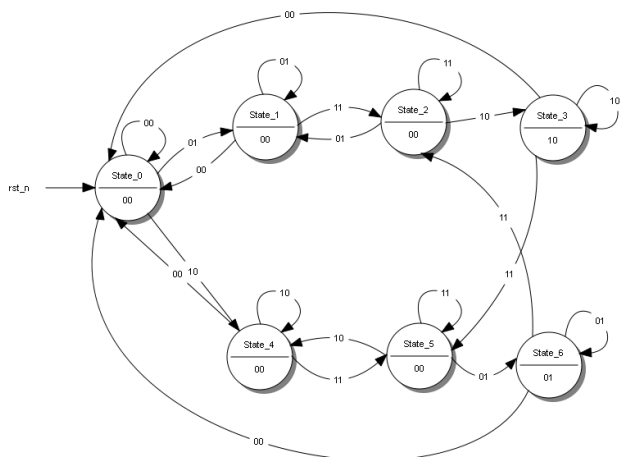
Niekrytyczny – jeżeli zmiany stanów spowodowane wyścigiem prowadzą, ostatecznie do zgodnego z programem stanu stabilnego

Krytyczny – co najmniej jedna z dróg prowadzi do niezgodnego z założeniami stanu stabilnego lub oscyluje pomiędzy dwoma stanami

Skutkami wyścigu krytycznego może być przejście do błędnego stanu stabilnego lub oscylacja między stanem (niestabilnym) poprawnym i błędnym.

2. REALIZACJA INTERFEJSU

W przypadku realizacji mikroprocesorowej (karta wartościująca) analiza zmian sygnałów z czujników jest realizowana przez stosunkowo rozbudowany algorytm. W przypadku realizacji tego algorytmu w sekwencyjnym układzie cyfrowym, działanie takiego automatu ilustruje graf przejść przedstawiony na rys.xx. Wartości 00,01,10,11, przy poszczególnych transakcjach określane są przez sygnały uzyskiwane z czujników. Działanie automatu zostało zweryfikowane przy wykorzystaniu symulatora Qfsm. Sprawdzono funkcjonowanie i poprawność algorytmu we wszystkich możliwych przypadkach, związanych z wielokrotną zmianą kierunku ruchu koła w obszarze czujników.



Rys. 2. Graf przejść automatu

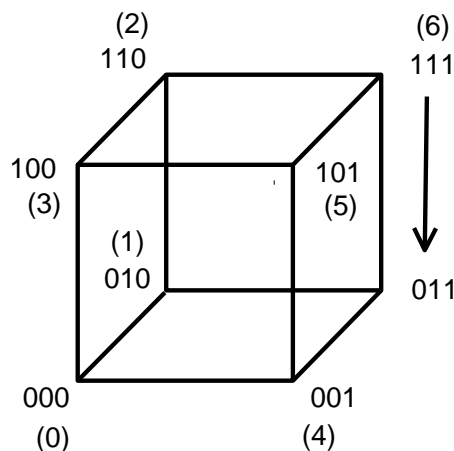
W tabeli 1. przedstawiono tabelę przejść automatu cyfrowego, odpowiadającą przedstawionemu na rys.2 grafowi przejść. Tabela ta może być podstawą do praktycznej realizacji układu jako automatu synchronicznego w strukturach programowalnych PLD.

Tab. 1. Tabela przejść automatu

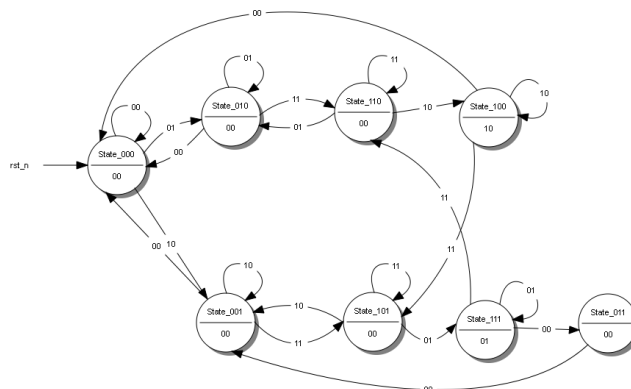
States	Events			
	00	01	10	11
State_0	State_0	State_1	State_4	-
State_1	State_0	State_1	-	State_2
State_2	-	State_1	State_3	State_2
State_3	State_0	-	State_3	State_5
State_4	State_0	-	State_4	State_5
State_5	-	State_6	State_4	State_5
State_6	State_0	State_6	-	State_2

W przypadku asynchronicznej realizacji układu konieczne jest zakodowanie stanów zapewniające eliminację wyścigów krytycznych. Na rys.3. pokazano sposób przyporządkowania stanów zapewniający poprawną pracę układu [8]. Na przedstawionym diagramie w nawiasach umieszczono numery stanów automatu z rys.2. Jak wynika z przedstawionego diagramu do poprawnej pracy układu (bez wyścigów krytycznych) konieczne jest wymuszenie przejścia

ze stanu 6 (111) do stanu 0 (000) poprzez dwa stany pośrednie : 011 i 001. Stan 011 nie został użyty w grafie przedstawionym na rys.2 i może być wykorzystany do pośredniego przejścia. Zgodnie z grafem ze stanu 001 (4) automat dla wejść 00 przechodzi do stanu 0.. Na rys.4. oraz w tabeli Tab.2.pokazano zmodyfikowany automat bez wyścigów krytycznych.



Rys. 3. Kodowanie stanów



Rys. 4. Zmodyfikowany graf przejść

Tab. 2. Zakodowana tabela przejść

States	Events			
	00	01	10	11
State_000	State_000	State_010	State_001	-
State_010	State_000	State_010	-	State_110
State_110	-	State_010	State_100	State_110
State_100	State_000	-	State_100	State_101
State_001	State_000	-	State_001	State_101
State_101	-	State_111	State_001	State_101
State_111	State_011	State_111	-	State_110
State_011	State_001	-	-	-

PODSUMOWANIE

Współczesne kolejowe systemy liczące osie w chwili znajdowania się pociągu w kontrolowanym obszarze wykorzystują sygnały z czujników koła, które generują informacje o przemieszczaniu się osi pojazdów szynowych.

Zaletą zaproponowanej w opracowaniu koncepcji systemu obszarowej kontroli niezajętości torów i rozjazdów kolejowych jest możliwość osiągnięcia jednolitego wysokiego poziomu sprawności i niezawodności elementów tworzących system obszarowej kontroli

niezajętości w strefie objętej działaniem tego systemu. Opracowany układ wykrywania kierunku stanowi wstępny etap do realizacji systemów liczników osi w strukturach FPGA. Rozwiązanie takie zapewnia znaczne zwiększenie niezawodności w stosunku do systemów komputerowych, stosowanych w obecnie wykorzystywanych rozwiązaniach.

BIBLIOGRAFIA

1. ADtranz ZWUS: „Licznikowy system stwierdzania niezajętości odcinków SOL-1”, Dokumentacja Techniczno – Ruchowa, Katowice 1998.
2. Bombardier Transportation (ZWUS) Polska: EBI TRACK 1800. Licznikowy system stwierdzania niezajętości torów i rozjazdów (SOL-21), Dokumentacja Techniczno-Ruchowa, Katowice 2004.
3. Dyduch J., Kornaszewski M.: Komputerowe systemy sterowania ruchem kolejowym. Wydawnictwo UTH Radom, Radom 2014.
4. Dyduch J., Kornaszewski M., Pniewski R.: Nowoczesne laboratorium Systemów Sterowania Ruchem Kolejowym na Politechnice Radomskiej. Czasopismo LOGISTYKA 6/2011 (Płyta CD), XV Międzynarodowa Konferencja Naukowa „TRANSCOMP 2011”, Zakopane 2011
5. Frauscher Sensortechnik: „Instrukcja obsługi systemu liczenia osi AZF”, Dokumentacja Techniczno – Ruchowa, Katowice 2002.
6. Kawalec P., Szydłowski J., Mocki J. Realizacja wybranych algorytmów działania urządzeń srk w programowalnych strukturach logicznych. Międzynarodowa Konferencja Naukowa Transport XXI wieku. Warszawa, 19-21.09.01.
7. Kawalec P. Komputerowe wspomaganie projektowania cyfrowych urządzeń sterowania ruchem z wykorzystaniem grafów przejść automatu skończonego FSM”. Sprawozdanie z realizacji pracy własnej (grantu dziekańskiego). Wydział Transportu PW, Warszawa, 2001
8. Pniewski R.: Metoda oceny bezpieczeństwa cyfrowych systemów automatyki kolejowej. Wydawnictwo UTH, Radom 2013
9. Pniewski R. Układy programowalne w systemach SRK. Materiały VI Konferencji SEMTRAK Zakopane 1994
10. Pniewski R., Pniewska B. Sprzętowa realizacja sztucznej inteligencji. Sprawozdanie z pracy badawczej realizowanej w latach 2009-2011, Politechnika Radomska
11. Pniewski R. Sprzętowa realizacja szyfrowania, Czasopismo Logistyka vol. 2/2010. Poznań 2010. Płyta CD. Artykuł recenzowany. ISSN 1231-5478
12. Tomczyński J., Baier K.: Bezzłączowe obwody torowe SOT-2. Część – Charakterystyka eksploatacyjna, Automatyka Kolejowa 7/1985
13. Zakłady Automatyki KOMBUD S.A.: Licznikowy system kontroli niezajętości typu SKZR-2. Dokumentacja Techniczno – Ruchowa. Radom 2010.

DIGITAL INTERFACE FOR WHEEL AXLE COUNTERS

Abstract

In the article digital interface for vehicle axle counting systems has been presented. Currently implemented systems use microprocessor technology. The proposed system allows you to Enhance ginseng reliability of enhancing the security of ATC systems that use chips axle counters

Autorzy:

dr hab. inż. **Roman Pniewski** prof. nadzw. – Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny w Radomiu