

Symulacja układów cyfrowych

Zastosowanie pakietu Multisim 10

Trudno sobie dziś wyobrazić projektowanie skomplikowanych systemów analogowych, cyfrowych lub mieszanych bez wsparcia ze strony komputerowych systemów projektowania EDA czy CAD. Ale również niewielkie projekty, czy wręcz zadania szkolne, które kiedyś rozwiązywało się ręcznie, można teraz analizować posługując się komputerem. W tym artykule prezentujemy jeden z dostępnych i niezbyt drogich programów symulacyjnych MULTISIM 10, a także dokonujemy jego oceny w odniesieniu do symulacji układów cyfrowych.

Obecnie zakres zastosowań techniki cyfrowej jest coraz większy. Dlatego też istnieje spore zainteresowanie tymi zagadnieniami zarówno ze strony osób zajmujących się techniką cyfrową profesjonalnie oraz w ramach hobby. W fazie projektowania oraz nauki coraz częściej sięgamy do układów wirtualnych, wynika to przede wszystkim ze względów ekonomicznych. Wirtualne układy cyfrowe można sprawdzać między innymi na bazie oprogramowania Multisim 10. Program ten jest kolejną wersją pakietu Electronics Workbench EWB 4.0 i EWB 5.12 firmy Interactive Image Technologies i kontynuacją programów Multisim 2001, Multisim 7, Multisim 8, Multisim 9. Obecnie producentem programu Multisim jest korporacja National Instruments. Pakiet Multisim 10 jest wirtualnym narzędziem umożliwiającym budowę i symulację obwodów elektrycznych, elektronicznych, służy do komputerowej analizy nie tylko układów cyfrowych, ale także analogowych. Jest doskonałym narzędziem do wspomagania dydaktyki w szkołach średnich oraz wyższych o profilu elektrycznym i elektronicznym. Duże możliwości analizy, prosty interaktywny sposób obsługi, a przede wszystkim niska cena są głównymi czynnikami, które powinny decydować o wyborze tego pakietu. Pod koniec lutego 2009 roku cena wersji edukacyjnej na jedno stanowisko wynosiła około 1899 zł, a na 10 stanowisk 10849 zł.

W zależności od potrzeb użytkownika są dostępne trzy profesjonalne wersje programu Multisim 10 różniące się między innymi ilością dostępnych elementów: Base – 11000 podzespołów (wersja ta jest najuboższa również ze względu na oferowany zakres możliwych do wykonania pomiarów, testów i analiz), Full – 12000 elementów i Power Pro – 16000 elementów. Dostępne są także dwie wersje edukacyjne: Education Edition (około 14000 elementów), która służy do pojedynczych instalacji oraz wersja Student Edition przeznaczona do użytku domowego [4]. W wersji studenckiej niektóre funkcje i typy analiz nie są dostępne. Wszystkie wyżej wymienione wersje pakietu można pobrać ze strony internetowej producenta w postaci 30-dniowej bezpłatnej wersji ewaluacyjnej [4].

Program Multisim umożliwia rysowanie schematów logicznych, do których można podłączyć różne przyrządy pomiarowe, np. dwukanałowy i czterokanałowy oscyloskop, 16-kanałowy analizator lo-

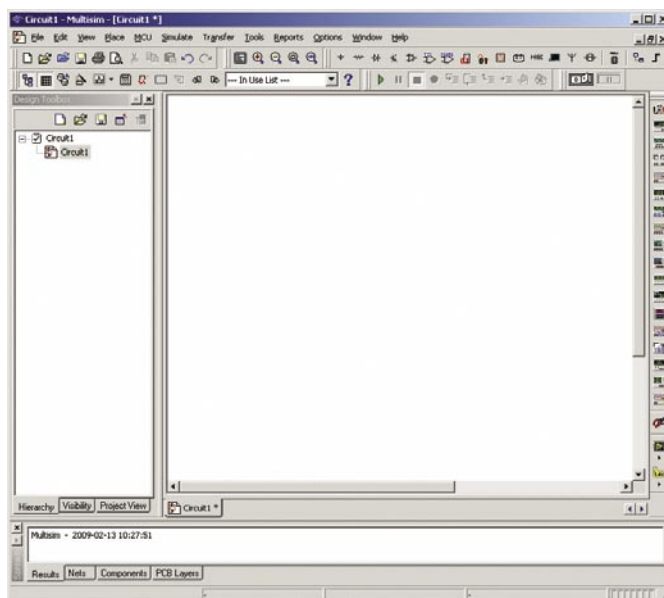
giczny, woltomierz, amperomierz, cyfrowy multimetr, 32-bitowy generator słów logicznych, generator fali prostokątnej, sinusoidalnej, trójkątnej, watomierz, ploter Bode'a. Obsługa tych przyrządów jest zbliżona do obsługi instrumentów rzeczywistych. Cechą istotną jest to, że wszystkie przyrządy można wykorzystać wielokrotnie. Ponadto pakiet posiada bogatą bibliotekę modeli elementów.

Ważną cechą pakietu Multisim jest także możliwość modyfikowania zdecydowanej większości modeli przez użytkownika zgodnie z własnymi potrzebami. Korzystając z elementów dostępnych w bibliotece użytkownik może utworzyć własny element w postaci podobodu (ang. subcircuit) lub dodać nowy element do bazy użytkownika.

Zasada działania pakietu

Po uruchomieniu pakietu Multisim 10 na ekranie otwiera się główne okno programu (rys. 1) zawierające standardowy pasek tytułowy i menu programu. Ponadto pojawiają się paski zawierające ikony narzędzi najczęściej używanych podczas tworzenia projektu. Są to paski: narzędzi systemowych, projektu, listy używanych elementów, przełącznika symulacji, komponentów projektowanego układu, wyboru instrumentów pomiarowych. Dla wygody użytkownika możliwe jest przesuwanie, łączenie i usuwanie dowolnego paska narzędzi. Główne okno jest polem edycyjnym projektowanego układu.

Wybranie jednej z ikon z paska komponentów spowoduje automatyczne uruchomienie przeglądarki komponentów (ang. Component Browser), w której można wybrać bazę komponentów (wbudowaną – Master lub użytkownika – User), grupę i rodzinę, po czym następuje wybór konkretnego elementu, nawet z uwzględnieniem jego producenta. Wszystkie elementy modelowane są za pomocą sys-



Rys. 1. Główne okno programu Multisim 10

SZABLONY WYCINANE LASEROWO



temu SPICE. Projektanci znający opis elementów w systemie SPICE mogą wprowadzać własne elementy do bazy użytkownika User za pomocą edycji parametrów modelu w tym systemie. Ponadto możliwy jest podgląd i modyfikacja modelu elementu wybranego z głównej bazy (Master). Dostępne są również elementy modelowane jako idealne – do ich nazwy dodawany jest człon „virtual”, a nazwa producenta została zastąpiona słowem „generic”. EWB zawierał bardzo niewiele modeli elementów rzeczywistych i ich użycie znacznie pogarszało jakość symulacji. Poprawnie działały tylko symulacje przeprowadzane dla układów idealnych w stanie ustalonym. Natomiast do Multisima wprowadzono nową jakość oferując głównie modele elementów rzeczywistych i symulację układów w stanach przejściowych. W pakiecie został użyty symulator A/Dspice/Xspice, co zwiększyło wiarygodność otrzymywanych wyników kosztem bardzo wolnej analizy układów.

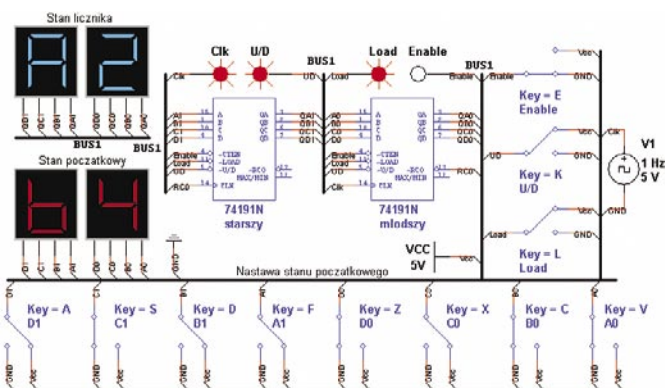
Budowa układu i symulacja

Przed przystąpieniem do tworzenia wybranego projektu, użytkownik powinien poczynić założenie: czy korzystać z elementów modelowanych jako rzeczywiste, czy jako idealne. Wybór ten będzie miał istotne konsekwencje podczas symulacji. Modelowanie elementów rzeczywistych znacznie wydłuża symulację i wprowadza stany przejściowe, które w fizycznych układach są silnie tłumione lub nie mają istotnego znaczenia. Efekt ten jest bardzo wyraźny w trakcie symulacji sekwencyjnych układów cyfrowych, do których symulator wprowadza wyraźnie widoczne i długotrwałe (rzędu milisekund) stany przejściowe, które w układach fizycznych są nieznaczne i bardzo krótkie (rzędu nanosekund). Z kolei wybór elementów idealnych jest ograniczony przez ilość dostępnych w bibliotece układów. Zawarte w niej elementy nie zawsze mają swoje rzeczywiste odpowiedniki o takim samym sposobie pracy np. wirtualne liczniki scalone i przerzutniki monostabilne. Nie zawsze jest to jednak regułą, np. brak jest w bibliotece układów rzeczywistych standardowych trójwejściowych bramek iloczynu (układ UCY 7411), podczas gdy są one dostępne jako elementy idealne oraz jako układy z serii 74S, 74LS czy 74ALS.

Jak już wcześniej wspomniano, znalezienie i wprowadzenie pożądanego elementu do projektu polega na przejściu przez minimum dwa poziomy hierarchii i nie jest zbyt szybkie, jednak sposób grupowania elementów jest przejrzysty i łatwy do zapamiętania. Gdy projektant wybierze i rozmieści wszystkie potrzebne elementy układu może przystąpić do ich łączenia. Łączenie elementów jest bardzo wygodne, wystarczy ustawić kursor myszy nad wybranym wyprowadzaniem elementu, kliknąć, przesunąć kursor nad kolejne wyprowadzanie elementu, kliknąć, przesunąć kursor nad kolejne wyprowadzanie i zakończyć kliknięciem. Program spróbuje automatycznie wyznaczyć najlepszą ścieżkę, przy czym można tę ścieżkę dowolnie modyfikować.

W momencie rozpoczęcia symulacji program dokonuje podstawowego sprawdzenia poprawności połączeń w układzie, wyszukiwane są zwarcia źródeł do masy i nie podłączone węzły. Symulator na bieżąco podaje czas, jaki upływa w trakcie symulacji. Wizualizację wyni-

max wymiary: 600 x 600 mm
grubość blachy 80um - 250um
materiał: stal SS304, nikiel



Rys. 2. Dwukierunkowy licznik modulo 256

SMT SERVICE Sp. z o.o.
ul. Ezopa 71 A
04 - 805 Warszawa
tel./fax: 022 615 27 05
szablony@smtservice.com.pl
www.smtservice.com.pl

ków symulacji umożliwiają dołączane do układu instrumenty pomiarowe, takie jak np. woltomierz, amperomierz, multimetr, oscyloskop, ploter Bode'a, analizator widma, analizator zakłóceń i sieci. Podczas symulacji układów cyfrowych do pobudzenia można zastosować 32-bitowy generator słów, a do obserwacji wyników pracy układu służą wskaźniki stanów logicznych, wskaźniki siedmiosegmentowe i 16-bitowy analizator stanów logicznych. Dodatkową zaletą pakietu Multisim 10, jak już wcześniej wspomniano, jest możliwość wielokrotnego wykorzystania każdego z przyrządów pomiarowych. Wyniki symulacji zarejestrowane przez te przyrządy są prezentowane graficznie w postaci wykresów lub tekstowo w postaci tabel. Wykresy i tabele mogą być zapisywane do oddzielnych plików, a dane uzyskane podczas symulacji mogą być eksportowane do następujących programów: MS Excel, Mathsoft MathCad i NI LabView.

Zalety oprogramowania

Najważniejszą zaletą programu Multisim 10 jest przyjazny interfejs użytkownika, co ułatwia szybką naukę obsługi. Pakiet ten oferuje kilka ciekawych i przydatnych narzędzi, np. postprocessor umożliwiający matematyczną obróbkę rezultatów symulacji, tworzenie tabel i wykresów z wykorzystaniem wyników symulacji. Dodatkowo producent oferuje, jako osobną aplikację współpracującą z programem Multisim, kompilator VHDL umożliwiający symulację pracy układów programowalnych.

Multisim ma ogromną ilość podzespołów. Zakładka elementów dodatkowych zawiera bogatą bazę kondensatorów, induktorów, tranzystorów typu RF (Radio Frequency) dostosowanych do pracy przy radiowej częstotliwości oraz elementów elektromechanicznych z szeroką gamą wyłączników, transformatorów i elementów wykonawczych.

Zespołom projektantów opracowujących bardzo rozbudowane struktury obwodów program Multisim w wersji profesjonalnej dodatkowo oferuje możliwość projektowania układów według określonej hierarchii (Hierarchical Design). Ponadto w pakiecie Multisim istnieje możliwość budowania zależności między połączonymi obwodami według wzrastającej przydatności w projekcie. Opcja ta zapewnia identyczność pomiędzy poszczególnymi częściami projektów. Różne podobowody stworzone przez projektanta są powiązane między sobą tak, że zmiany naniesione w strukturze któregoś podobowodu są automatycznie odzwierciedlane we wszystkich wspólnych obwodach pliku. Przykładowo możemy zbudować bibliotekę wspólnie używanych podobowodów w jednym katalogu, które mogą być wykorzystywane w innych obwodach, a te z kolei mogą być stosowane do budowy obwodów na wyższym poziomie projektowanego układu. Każda zmiana, udoskonalenie wprowadzone w jednym obwodzie będzie automatycznie naniesione we wszystkich elementach sieci. Jeżeli jednak dokonamy zmiany lokalizacji indywidualnego obwodu, to uaktualnienie już nie będzie się odbywało automatycznie. Do realizacji tej opcji służy polecenie *Place Hierarchical Block* z zakładki *Place*. Niestety, jest to opcja nieaktywna w wersji edukacyjnej programu. W przypadku stworzenia własnych elementów użytkownik może je zapisać w bazie danych *User* lub *Corporate Library*.

Innym narzędziem, dostępnym również w wersji edukacyjnej pakietu Multisim, jest polecenie *Place Bus* z zakładki *Place*. Polecenie to tworzy wirtualną szynę połączeniową, która doskonale polepsza przejrzystość budowanego schematu oraz umożliwia budowanie obwodów o dużej liczbie podzespołów. Dzięki temu poleceniu można przydzielić danym przewodom wirtualne adresy. Schemat dwukierunkowego programowalnego licznika modułu 256 z zastosowaniem wirtualnej szyny przedstawiono na **rys. 2**.

Kolejnym istotnym elementem w pakiecie Multisim jest kreator automatycznych, wybranych obwodów, np. z układem timera 555, filtrów pasywnych i aktywnych, układów ze wzmacniaczem operacyjnym, wzmacniacza zbudowanego na tranzystorze NPN w konfiguracji ze wspólnym emiterem.

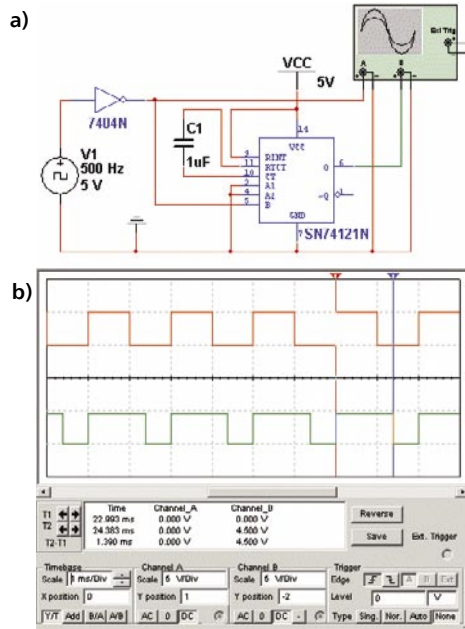
Multisim w zależności od typu badanych obwodów oferuje różne rodzaje symulatorów bazujących na różnych językach programowa-

nia sprzętu. Są to: Spice, VHDL, Verilog HDL. Koordynacja komunikacji pomiędzy modelami w Spice, VHDL i Verilogu odbywa się automatycznie, zapewniając całkowitą przejrzystość i współdziałanie. W zależności od badanych obwodów program Multisim sam dobiera odpowiedni rodzaj symulacji oraz kontroluje przepływ informacji między symulatorami, bez interwencji użytkownika. Multisim eliminuje konieczność zakupu kilku narzędzi symulacyjnych różnych producentów. Dzięki zastosowaniu jednego narzędzia w całym projekcie, nie występuje problem wzajemnej integracji różnych symulatorów.

Wady oprogramowania

Pomimo wielu zalet omawianego oprogramowania autorzy artykułu wykryli w nim również kilka usterek wpływających zarówno na wygodę użytkownika jak i na jakość symulacji. Usterki te można podzielić na dwie grupy: błędy popełnione przez programistów tworzących program w zakresie ogólnych założeń oraz błędy w modelowaniu i symulacji zjawisk fizycznych. Do pierwszej grupy można zaliczyć takie wady oprogramowania jak:

- niestabilność pracy oprogramowania w trakcie dłuższych symulacji złożonych układów,
 - zapotrzebowanie na wolną pamięć operacyjną komputera, w szczególności w sytuacji, gdy użytkownik pozostawi włączoną symulację przez dłuższy okres czasu.
- Znacząco na ocenę programu Multisim wpływają błędy modelowania i symulacji. W trakcie użytkowania tego oprogramowania wykryto w nim kilka usterek dotyczących symulacji układów cyfrowych. Poniżej wymieniono najbardziej znaczące niedogodności:
- zmiana graficznych symboli wszystkich układów scalonych polegająca na pominięciu rzeczywistego rozkładu wyprowadzeń. Pominięto wyprowadzenia związane z zasilaniem (masa i napięcie), może to wywołać niepożądane przyzwyczajenie i pomijanie zasilania podczas budowy układów fizycznych. Ponadto wszystkie wejścia układu przesunięto na jego lewą stronę, a wyjścia na prawą. Należy przypomnieć, że w programie EWB 5.12 zachowano rzeczywisty rozkład wyprowadzeń łącznie z zasilaniem, przy czym do poprawnej pracy układu konieczne było podłączenie zasilania i takie rozwiązanie zdaniem autorów artykułu było lepsze,
 - wymuszenie reprezentacji układów scalonych zawierających kilka niezależnych sekcji (np.: bramki, przerzutniki) jako osobnych sekcji a nie kompletnych układów. EWB oferował obydwie możliwości,
 - niepoprawna praca niektórych elementów związana z błędnym modelowaniem czasu propagacji i niepoprawnym działaniem wejść asynchronicznych, np. w licznikach UCY 7492, 7493. Błąd ten występował również we wcześniejszych wersjach omawianego oprogramowania (nieco dokładniej o tym problemie będzie w dalszej części artykułu, rys. 4),
 - wyraźne występowanie losowych stanów przejściowych w sekwencyjnych układach cyfrowych. W układach rzeczywistych stany te są znacznie mniej widoczne i krótkotrwałe,
 - brak niektórych powszechnie stosowanych układów w bibliotece, np. trójwejściowych standardowych bramek iloczynu UCY 7411, chociaż dostępne są jako elementy wirtualne i układy z serii 74S, 74LS, 74F i 74ALS; układy te przez hobbystów są nadal często stosowane, mimo że w autor układy serii UCY 74 słusznie nazywa dinozaurami,
 - bardzo powolna symulacja układów sygnałowo mieszanych związana z dokładną analizą stanów przejściowych w elementach analogowych.
- Doświadczony projektant szybko wykryje i znajdzie sposób na ominięcie wyżej wymienionych usterek. Najczęściej dokonuje się tego poprzez kosmetyczne zmiany w schemacie, np. dołączenie dodatkowej bramki. W schemacie przedstawionym na **rys. 4a** niezbędne było dołączenie dodatkowego bufora, dzięki któremu układ pracuje jako



Rys. 3. a) obwód z układem UCY 74121, b) wynik symulacji

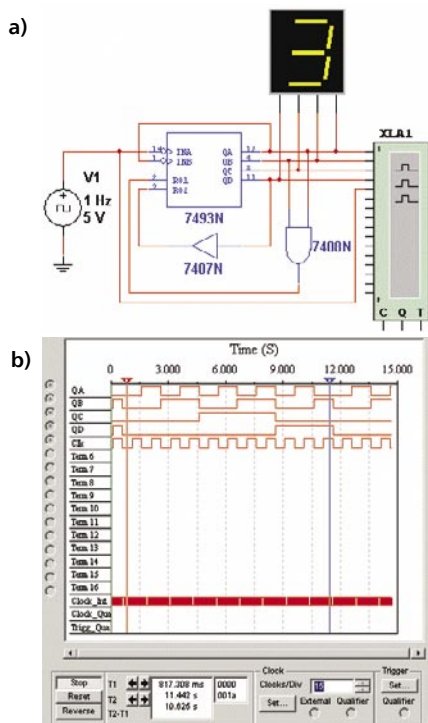
licznik modulo 11 w kodzie binarnym naturalnym. Bez tego elementu układ po osiągnięciu stanu maksymalnego, czyli $(1\ 0)_{10} = (1\ 0\ 1\ 0)_2$, nie wracał do stanu zerowego, lecz wyświetlał liczbę $(0\ 0\ 1\ 0)_2$.

Praktyczne przykłady symulacji

Poniżej zaprezentowano przykłady symulacji kilku projektów wykonanych przy pomocy pakietu Multisim 10. Przedstawione projekty ujawniają główne wady i zalety tego programu.

Dwukierunkowy licznik modulo 256

Pokazany na rys. 2 rewersyjny licznik modulo 256 pracujący w naturalnym kodzie dwójkowym zbudowany jest z dwóch połączonych szeregowo czterobitowych liczników synchronicznych UCY 74191. Układ umożliwia dynamiczną zmianę kierunku zliczania impulsów zegarowych, ustawienie wartości i wprowadzenie do licznika stanu początkowego oraz wstrzymywanie pracy układu. W celu wpro-



Rys. 4. a) asynchroniczny licznik modulo 11, b) przebiegi czasowe licznika

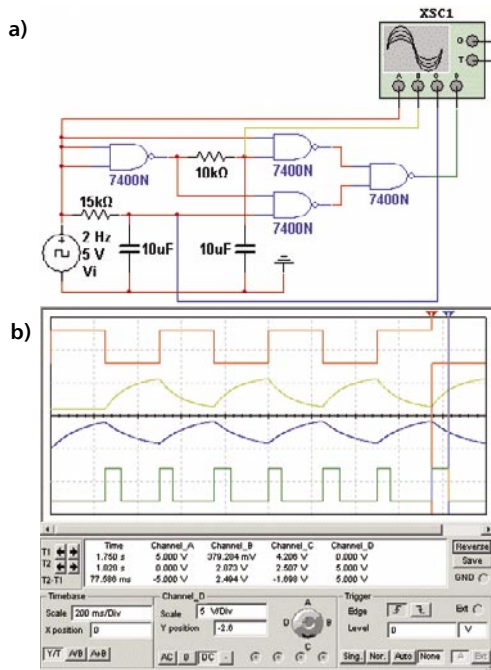


OSRAM
Opto Semiconductors

Jakość. Gwarantowana.
Rutronik i Osram

OSRAM Opto Semiconductors wprowadza na rynek nową LED o bardzo wysokiej jasności jako serię Diamond Dragon. Nowa dioda LED łączy w sobie niespotykaną jasność z bardzo niskim oporem termicznym. Dzięki tej właściwości Diamond Dragon nadaje się idealnie do wewnętrznego i zewnętrznego oświetlenia ogólnego jak również do świateł mijania i przeciwmgielnych w pojazdach samochodowych.

RUTRONIK
EUROPE



Rys. 5. a) układ różniczkujący zbczka sygnału, b) wyniki symulacji układu

wadzenia do licznika wartości początkowej należy na wejścia LOAD liczników podać sygnał Load o wartości logicznej zero, wówczas praca licznika jest wstrzymywana. Kierunek zliczania jest sterowany sygnałem Up/Down podłączonym do wejść U/D liczników, przy czym dla sygnału Up/Down równego zero licznik zlicza w górę, a dla równego jeden w dół. Wstrzymanie pracy licznika uzyskuje się poprzez podanie na wejścia CTEN liczników scalonych sygnału Enable odpowiadającego jedynce logicznej. Stan nastawy stanu początkowego i stan wyjść licznika pokazano na wyświetlaczach siedmiosegmentowych, a stan najważniejszych sygnałów sterujących na sygnalizatorach stanów logicznych. W projekcie zastosowano wirtualną szynę danych, co korzystnie wpłynęło na przejrzystość schematu. Reakcje układu na sygnały sterujące są zgodne z rzeczywistością.

Przerzutnik monostabilny UCY 74121

Przerzutnik monostabilny UCY 74121 (rys. 3a) jest zawarty w bibliotece elementów pakietu Multisim 10, choć nie było go we wcześniejszych wersjach programu, np. Multisim 2001. Wiele programów przeznaczonych do symulacji układów cyfrowych nie zawiera przerzutników monostabilnych, ponieważ nie są to elementy czysto cyfrowe, jednak Multisim umożliwia poprawną symulację pracy takich układów. Wynik symulacji tego układu, zarejestrowany przez oscyloskop, został pokazany na rys. 3b.

Dodatkowym elementem w tym układzie jest negator. Powodem jego wprowadzenia był błąd symulacji, który występuje w momencie pojawienia się pierwszego zbocza narastającego wyzwalającego przerzutnik. Jeżeli jednak sygnał wyzwalający omawiany układ nie występuje na początku symulacji to wówczas błędy tego typu nie występują.

Asynchroniczny licznik modulo 11

Kolejnym przykładem symulacji układu cyfrowego jest licznik asynchroniczny modulo 11 (rys. 4a) złożony z licznika scalonego UCY 7493 i pętli sprzężenia zwrotnego. W układzie tym ujawnia się usterka polegająca na błędnym modelowaniu układu UCY 7493.

Aby wyniki symulacji (rys. 4b) były prawidłowe konieczne było wprowadzenie dodatkowego elementu (w tym przypadku bufora) do pętli sprzężenia. Jest to warunek poprawnej pracy układu jako licznik modulo 11 w kodzie binarnym naturalnym. Bez tego elementu układ po osiągnięciu stanu maksymalnego, czyli $(10)_{10}$, nie wracał do stanu zerowego, lecz wyświetlał liczbę $(2)_{10}$. W układzie rzeczywistym bufor jest oczywiście zbędny. Należy zaznaczyć, że podobny błąd występował również w programie EWB i wszystkich wcześniejszych

wersjach programu Multisim. Do rejestracji przebiegów czasowych licznika modulo 11 wykorzystano analizator stanów logicznych.

Układ różniczkujący narastające i opadające zbocze sygnału wejściowego

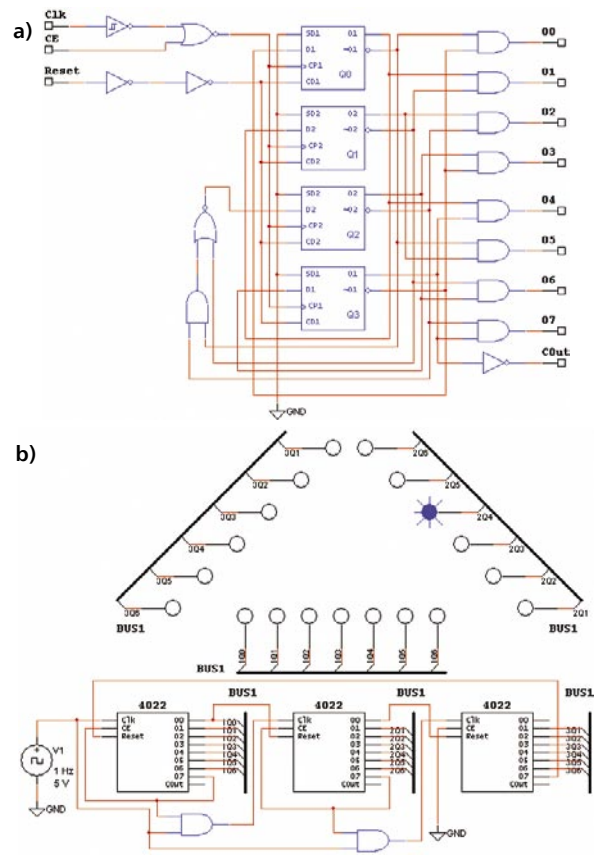
Układ różniczkujący (rys. 5a) jest jednym z układów uzależnień czasowych (relaksacyjnych). Podczas symulacji takich układów konieczne jest uwzględnienie wielu parametrów elementów i zjawisk fizycznych, co wymaga od symulatora przeprowadzenia dokładnej analizy. Wyniki symulacji (rys. 5b) przeprowadzone przy pomocy programu Multisim 10 są poprawne.

Kaskadowe łączenie liczników 4022

Nie wszystkie popularne cyfrowe układy scalone są dostępne w bazie komponentów pakietu Multisim. Gdy chcemy taki układ wykorzystać w symulacji można go zbudować z podstawowych elementów logicznych, takich jak bramki czy przerzutniki i wstawić do układu jako podobwód. W podobny sposób można postąpić, gdy pewien fragment obwodu występuje kilka razy w układzie. Sposób rysowania podobwodu jest taki sam jak w przypadku normalnego obwodu, należy tylko dodatkowo dołączyć do wejść i wyjść tego podobwodu wyprowadzenia, co uzyskujemy poprzez zastosowanie polecenia Place → Connectors → HB/SC Connector. Należy również wyprowadzeniom nadać odpowiednią nazwę. W ten sposób można na przykład utworzyć licznik CMOS 4022, który nie jest dostępny w bazie danych programu Multisim (rys. 6a). Gotowy podobwód należy zaznaczyć, skopiować i wkleić do schematu poleceniem Place → Replace by Subcircuit... nadając mu odpowiednią nazwę. Teraz można z powodzeniem przeprowadzić symulację układu złożonego nawet z kilku podobwodów (rys. 6b).

Licznik modulo 160 zbudowany na układach 4520

W porównaniu z poprzednimi wersjami, w programie Multisim 10 udostępniono wiele rodzajów wskaźników, sond i wyświetlaczy. W układach cyfrowych często występuje wyświetlacz siedmiosegmentowy (ze wspólną anodą lub katodą), który w układach rzeczywistych należy podłączyć do układu cyfrowego poprzez rezystory, przy czym nie można zapomnieć o podłączeniu wspólnego wyprowadzenia zasilania wyświetlacza.

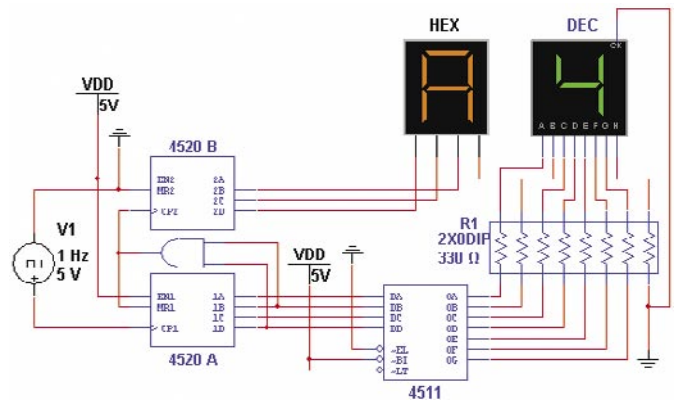


Rys. 6. a) podobwód z licznikiem 4022, b) symulacja układu z podobwodami

tlacza. Tak samo należy postąpić podczas tworzenia schematu przeznaczonego do symulacji w Multisimie. Układ scalony 4520 zawiera dwa niezależne 4-bitowe liczniki dwójkowe, z których jeden może pracować w pełnym kodzie dwójkowym (modulo 16 – blok B), a cykl drugiego można skrócić tak, aby pracował w kodzie BCD (modulo 10 – blok A). Po szeregowym połączeniu tych liczników powstanie licznik modulo 160 (rys. 7). Do stopnia pracującego w kodzie BCD można dołączyć dekodery tego kodu na kod wskaźnika siedmiosegmentowego 4511 oraz wyświetlacz ze wspólną katodą. Drugi wyświetlacz jest układem wirtualnym z dekodery cyfry szesnastkowej zapisanej w postaci tetrady bitów na kod wskaźnika, którego parametry są zdefiniowane jako idealne (zerowy prąd pobierany z układu), w związku z czym nie wymaga dołączenia innych elementów oprócz wejściowych sygnałów cyfrowych.

Podsumowanie

Prezentowany pakiet oprogramowania Multisim 10 zawiera wiele narzędzi wspomagających syntezę i analizę obwodów elektrycznych, elektronicznych i cyfrowych. Dzięki temu nie jest konieczne posiadanie wielu specjalistycznych i kosztownych narzędzi projektowych. Jednak specjalizowane oprogramowanie przeznaczone dla poszczególnych rodzajów układów (programowalne, cyfrowe, analogowe, elektroenergetyczne) znacznie dokładniej i szybciej realizuje swoje zadania. Natomiast Multisim 10, mimo pewnych wad, jest dobrym narzędziem pozwalającym na zapoznanie się ze sposobem obsługi i możliwościami nowoczesnych narzędzi wspomagających projektowanie. Unifikacja wielu modułów w jednym pakiecie eliminuje trudności związane z wymianą informacji pomiędzy programami różnych producentów, przeznaczonymi do projektowania różnych rodzajów układów. Łatwość obsługi, przyjazny interfejs użytkownika i uniwersalność pakietu Multisim implikuje wykorzystanie go również przez początkujących i uczących się projektantów.



Rys. 7. Licznik modulo 160 z różnymi wyświetlaczami

Należy zaznaczyć, że firma National Instrument oferuje jeszcze inne moduły współpracujące z Multisimem, przykładowo UtilBoard i UtilRoute, które umożliwiają tworzenie płytek drukowanych lub aplikację umożliwiającą programowanie w języku VHDL [4]. Czytanie i pisanie programu w języku VHDL jest łatwe dzięki wbudowanemu edytorowi. Kreatory Test Bench Wizard i Design Wizard upraszczają i przyspieszają generację kodu przez automatyczne tworzenie szkieletu kodu. Wszystkie części projektu od plików źródłowych, po biblioteki modeli są starannie zorganizowane za pomocą narzędzia Project Manager, które także wspomaga proces hierarchizacji plików i ustala zależności między nimi. MultiVHDL posiada przeglądarkę, która pozwala na wizualizację sygnałów i badanie ich stanów przejściowych.

Krystyna NOGA, jagat@am.gdynia.pl
 Marcin RADWAŃSKI, marrad@gazeta.pl
 Akademia Morska w Gdyni,
 Katedra Automatyki Okrętowej

R
E
K
L
A
M
A

START: PAŹDZIERNIK 2009

AKADEMIA MORSKA W GDYNI
 ZAPRASZA NA
NIEODPŁATNE STUDIA PODYPLOMOWE
 REALIZOWANE W RAMACH PROJEKTU
ROZWIJAJ ŻAGLE AKADEMIO!

- TECHNOLOGIE SYSTEMÓW BEZPIECZEŃSTWA PRZEMYSŁOWEGO
- NOWOCZESNE ANTENY I ELEMENTY MIKROFALOWE
- ELEKTRONICZNE ELEMENTY I UKŁADY MOCY
- OPTOELEKTRONIKA W NOWOCZESNYM ŚWIECIE TECHNIKI
- LOGISTYKA I HANDEL MIĘDZYNARODOWY
- STEROWNIKI PROGRAMOWALNE PLC I SYSTEMY WIZUALIZACJI
- SIECI TELEINFORMATYCZNE I SYSTEMY BEZPRZEWODOWE

WIĘCEJ INFORMACJI: WWW.ROZWIJAJZAGLE.AM.GDYNIA.PL

KAPITAŁ LUDZKI
 NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Projekt "Rozwijaj żagle Akademio!" współfinansowany przez Unię Europejską
 w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

EUROPEJSKI
 FUNDUSZ SPOŁECZNY