

System projektowania układów elektronicznych EDWin

Symulator analogowo-cyfrowy, część 1

W tym artykule omówione zostanie korzystanie z symulatora analogowo-cyfrowego.

Działanie symulatora zademonstrujemy na przykładzie symulacji opracowanego w tym celu cyfrowego, programowanego generatora.



Projekt programowanego, cyfrowego generatora przebiegów

Obecnie przedstawimy przykładowy schemat układu analogowo-cyfrowego, jakim jest programowalny generator przebiegów o dowolnych kształtach. Jego schemat elektryczny znajduje się na rys. 5.

Przyrząd wykonano z użyciem pamięci EPROM (U9 - 2716), która stanowi pamięć próbek przebiegu przetwornika cyfrowo-analogowego C/A (U8 - LTC1450), liczników binarnych (U1, U2, U3 - 74LS93), jak również prostej logiki do sterowania przetwornika LTC1450 (U4 - 74LS00, U5 - 74LS138).

Zasada działania układu jest prosta: licznik sterowany z generatora przebiegów prostokątnych adresuje kolejne komórki pamięci EPROM, w której zapamiętane są w postaci cyfrowej kolejne próbki sygnału. Próbkę tę są zapisywane do przetwornika C/A, który przetwarza je na napięcie. Na jego wyjściu jest umieszczony prosty filtr RC, wygładzający sygnał wyjściowy. Na podstawie tego schematu zostanie przeprowadzona symulacja analogowo-cyfrowa układu.

Pierwszym blokiem funkcjonalnym wykorzystanym w urządzeniu jest generator przebiegów prostokątnych o symbolu PGenerator (z biblioteki MIXMODE.ESL). Służy on do taktowania szeregowo połączonych liczników 74LS93 (sygnał CLOCK). Pierwszy licznik współpracuje z układem tworzenia przebiegów sterujących dla przetwornika cyfrowo-analogowego. Przebiegi na wyjściach tego licznika są oznaczone licza, liczb i liczc. Dla uproszczenia układu zastosowano dekodery 1 z 8 typu 74LS138 oraz przerzutnik, co pozwoliło na wyeliminowanie szpilek w przebiegach steru-

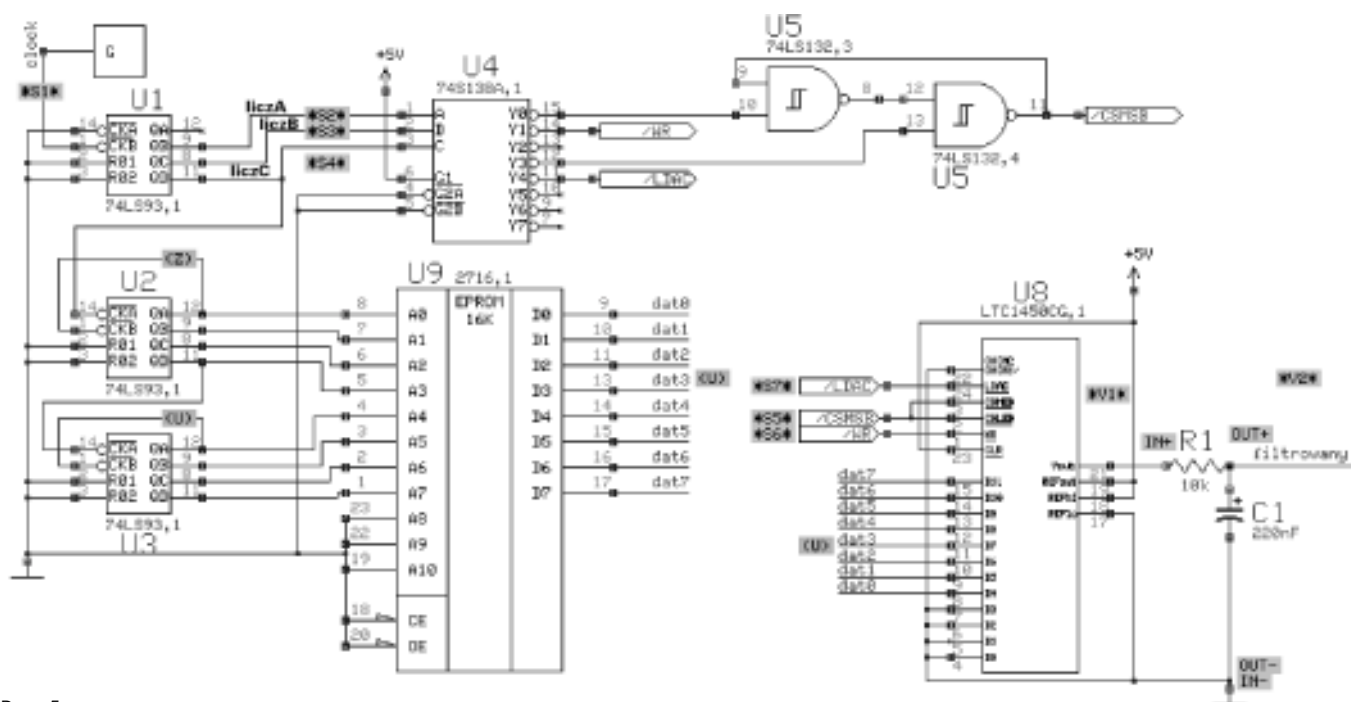
jących /CSMSB, /LDAC, /WR, które zakłócają pracę przetwornika. Sterowanie można zrealizować również na układzie PLD (modele takich podzespołów są dostępne w EdWinie).

Następne liczniki adresują kolejne komórki pamięci EPROM 2716, zawierającej zakodowane cyfrowo wartości napięcia wyjściowego w kolejnych chwilach czasowych. Do wyjścia danych tej pamięci jest dołączony 12-bitowy przetwornik C/A, który przetwarza dane cyfrowe na napięcie analogowe. W projekcie wykorzystano tylko 8 bitów danych.

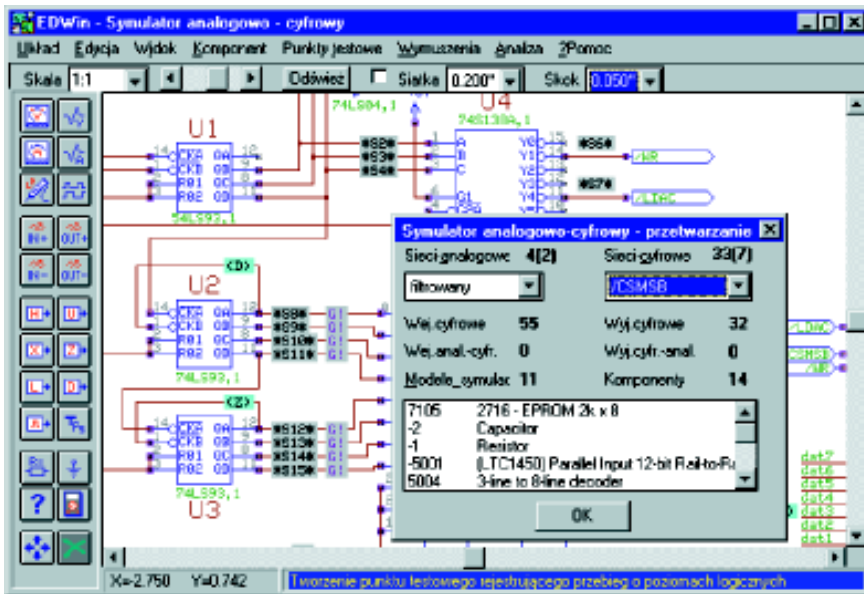
Przechodzimy zatem do omówienia wewnętrznego, standardowego symulatora programowego.

Symulator analogowo-cyfrowy

Przed przystąpieniem do projektowania płytki drukowanej warto najpierw przetłumaczyć zaprojektowany układ. Pozwoli to wstępnie dobrać elementy, poprawić jego parametry, a przede wszystkim przekonać się, czy będzie on działał. Tradycyjną metodą jest zmontowanie prototypu. Jest to jednak czasochłonne i materiałochłonne, wymaga zastosowania nie zawsze dostępnej aparatury pomiarowej i przeprowadzenia wielu prób. Nowocześniejszym podejściem do tego zagadnienia jest przeprowadzenie symulacji. Celem symulacji jest poznanie zachowania się układu elektronicznego bez konieczności jego budowania. Każdy symbol użyty do stworzenia schematu jest zastępowany modelem matematycznym, oddającym pracę rzeczywistego elementu. Następnie jest analizowane wzajemne oddziaływanie połączonych elementów i wyliczane są prądy, napięcia i przebiegi czasowe w układzie.



Rys. 5.



Rys. 6.

Pakiet oprogramowania EDWin udostępnia cztery rodzaje symulatorów: Analizator Elektromagnetyczny, Analizator Termiczny oraz dwa symulatory układowe. Pierwszy z nich jest EDSpice, czyli symulator w standardzie SPICE3 w pełni zintegrowany z programem EDWin. Obecnie omówimy drugi z dostępnych symulatorów, czyli wewnętrzny symulator analogowo-cyfrowy programu EDWin.

Uruchomienie symulatora następuje po wybraniu funkcji *Symulacja -> Symulator analogowo-cyfrowy*. Pojawi się główne okno symulatora analogowo-cyfrowego, zawierające zestaw funkcji i ikon narzędziowych, służących do przeprowadzenia analizy układu elektronicznego (rys. 6).

Może on analizować pracę układów mieszanych zawierających połączone ze sobą obwody analogowe i cyfrowe. Analiza części cyfrowej odbywa się równoległe z częścią analogową. Oprócz standardowych elementów analogowych i przetworników ma interesujący zestaw modeli elementów cyfrowych, np. mikroprocesory rodziny PIC, 8048/8051, pamięci i układy PLD, do których można wczytywać programy, dane i mapy przepaleń. Jego unikalną cechą jest symulowanie pracy kompletnego systemu mikroprocesorowego.

Symulator umożliwia wykonanie kilku rodzajów analiz, które omawiamy kolejno.

Analiza punktu pracy (BP)

Polega ona na wyznaczeniu wszystkich napięć i prądów w gałęziach dla chwili czasowej $t=0$, przy założeniu stanu ustalonego w układzie. Podczas analizy nie są uwzględniane elementy pojemnościowe, indukcyjne oraz cyfrowe. Analiza punktu pracy nadaje się w zasadzie tylko do prostych układów rezystorowo-tranzystorowych, ponieważ bardziej złożone elementy mają na tyle długi czas ustalania się napięcia na wyjściu (np. wzmacniacz operacyjny), że analiza w chwili $t=0$ nie da poprawnych wyników.

Analiza stałoprądowa (DC Sweep)

Polega na wielokrotnie powtarzanej analizie punktu pracy, w wyniku czego otrzymujemy obraz pracy układu w różnych warunkach. Zmienną niezależną (dziejdziną) może być temperatura, wartość dowolnego elementu lub parametry modelu elementu.

Wartość początkowa, końcowa oraz przrost zmiennej ustala się dowolnie.

Analiza zmiennoprądowa (AC Sweep)

Wyznaczana jest funkcja przenoszenia układu dla małych sygnałów zmiennych (tzn. przy założeniu liniowości układu). Wybraną parę węzłów pobudza się przebiegiem zmiennym, o częstotliwości zmieniającej w zadanym zakresie, i bada odpowiedź częstotliwościową układu na parze węzłów wyjściowych. Przed wykonaniem analizy zmiennoprądowej należy najpierw przeprowadzić analizę punktu pracy.

Analiza czasowa (TD)

Jest to symulacja zachowania się układu w zadanym czasie. Symulacja części cyfrowej układu odbywa się równoległe z symulacją części analogowej.

Ogólne informacje na temat symulacji

Schemat poddawany symulacji powinien składać się tylko z komponentów, które mają przydzielone tzw. kody symulacyjne. Jest to liczba dodatnia (dla elementów cyfrowych) lub ujemna (w przypadku elementów analogowych) określająca, który spośród modeli matematycznych (znajdujących się w plikach *.DLL) ma być użyty do symulowania tego elementu. Komponenty bez kodów symulacyjnych są pomijane podczas symulacji. Do przydzielania komponentom kodów symulacyjnych (nowo utworzonym lub tym, które ich jeszcze nie posiadają) służy *Edytor Bibliotek* lub funkcja paska zadań

Plik -> Programy użytkowe -> Przeglądarka Bibliotek. Jeśli do komponentu nie można dopasować żadnego modelu spełniającego podobne funkcje, to należy zmodyfikować schemat i stworzyć ekwiwalent komponentu z elementarnych symboli, dla których istnieją modele.

Schemat, na podstawie którego będzie wykonywana płytka drukowana, należy czasem przystosować do potrzeb symulatora (np. dodać symbole generatorów, lub zastąpić takie fragmenty układów jak zasilacze i stabilizatory ich odpowiednikami - źródłami napięciowymi). Dobrą praktyką jest symulowanie układu partiami lub tworzenie zestawu równoważnych schematów. Przyspiesza to symulację i ułatwia testowanie bardziej złożonych układów.

Przed rozpoczęciem symulacji doprowadza się sygnały sterujące do wejść układu oraz wymuszenia stanów początkowych dla niektórych komponentów cyfrowych. Następnie określa się, dla których punktów układu mają być wyświetlane przebiegi logiczne lub napięciowe. Kolejnym krokiem jest dobranie parametrów modeli (np. czas propagacji dla przerzutnika), wartości komponentów (np. napięcie początkowe na kondensatorze, dane w pamięci) oraz wybór mostków a/c i c/a. Na zakończenie wybiera się rodzaj analizy i jej zakres.

Podczas testowania układu często tworzy się jego różne warianty. Zmodyfikowanie połączeń, dodanie lub usunięcie komponentu wiąże się z przejściem do okna *Edytora Schematów* (oba okna mogą być otwarte jednocześnie). Po wprowadzeniu zmian w schemacie i powrocie do okna symulatora, pierwszą obowiązkową czynnością jest uruchomienie funkcji *Układ -> Przetwarzanie*.

Symulacja generatora dowolnych przebiegów

Przetwarzanie

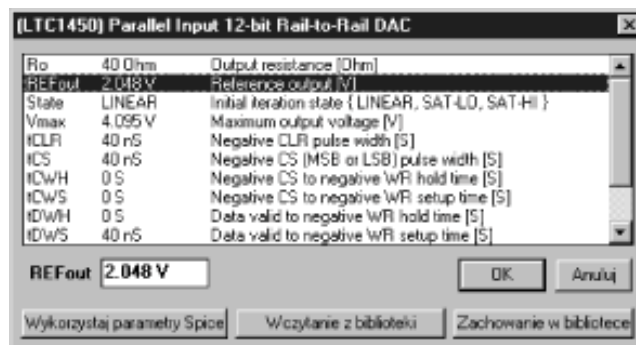
Ta funkcja służy do przetworzenia projektu na postać tymczasowej bazy danych dla symulatora. Włącza się ona automatycznie po pierwszym uruchomieniu symulatora. Jej użycie jest niezbędne zawsze, gdy od ostatniej symulacji były wprowadzane zmiany w schemacie układu. Jeśli modyfikacje mogły spowodować zmiany w liście połączeń warto sprawdzić, czy punkty testowe są nadal dołączone do odpowiednich sieci, czy komponenty mają poprawne wartości itp. Po zakończeniu przetwarzania jest wyświetlany spis odnalezionych modeli elementów oraz ilość sieci każdego rodzaju.

Punkty testowe

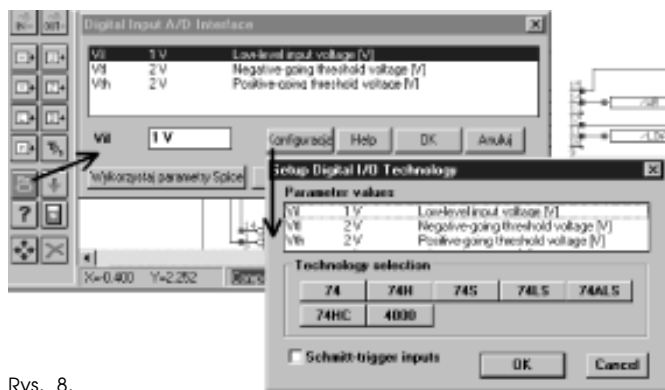
Wyniki symulacji należy wyświetlić w postaci łatwej do przyswojenia przez użytkownika (wykresy, wartości napięć, poziomy logiczne). W tym celu należy wstawić punkty testowe w interesujących nas punktach układu. Polega to na wybraniu odpowiedniej ikony i kliknięciu na węzle lub przewodzie, do którego ma być dołączony punkt testowy. Punkty testowe dla sieci cyfrowych nie mogą być dołączane do sieci analogowych i odwrotnie.



Do sieci cyfrowych można dołączać punkty testowe wyświetlające poziomy logiczne w trakcie trwania symulacji lub punkty testowe rejestrujące przebieg o poziomach logicznych wy-



Rys. 7.



Rys. 8.

światlane po zakończeniu symulacji (w Generatorze Diagramów). Na przykładowym schemacie rejestrują one sygnały sterujące przetwornikiem C/A.



Sieci analogowe są symulowane przez część analogową symulatora, a wynikami symulacji są wartości zmieniające się w sposób ciągły. Do tych sieci można dołączać punkty testowe wyświetlające wartość napięcia w trakcie symulacji oraz punkty testowe rejestrujące przebieg napięciowy, wyświetlany po zakończeniu symulacji. Analogiczne punkty testowe służą do pomiarów prądu:



Na przykładowym schemacie (rys. 5) rejestrują one napięcia wyjściowe z przetwornika.

Do przesuwania punktów testowych w inne miejsce służy ikona:



natomiast do ich usuwania ikona:

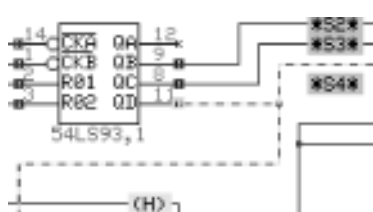


W obu przypadkach należy najpierw wybrać ikonę, a następnie kliknąć na punkcie testowym.

Jeśli jest konieczne sprawdzenie, do której sieci jest dołączony dany punkt testowy, należy wybrać ikonę



a następnie kliknąć na punkcie testowym. W linii statusu w dole ekranu pojawi się nazwa tej sieci. Dodatkowo przewody, węzły i wyprowadzenia wchodzące w skład sieci zostaną podświetlone.



Symulator pozwala na wstawianie tylko ograniczonej liczby punktów testowych: 8 dla pomiaru prądu, 8 dla pomiaru napięcia i 32 dla przebiegów logicznych. Pojemność bufora danych dla każdego punktu testowego wynosi max. 12000 próbek. Należy mieć na uwadze, że przeprowadzenie symulacji dla dużej liczby pun-

któw testowych i dużej liczby rejestrowanych próbek wymaga komputera taktowanego zegarem co najmniej 100MHz i z dużą pamięcią (w przypadku skomplikowanych układów 32MB RAM może okazać się niewystarczające). Dlatego na wolniejszych maszynach należy ograniczać liczbę punktów testowych lub czas symulacji.

Wartości komponentów i parametry modelu

W trakcie symulacji zmienia się wartości elementów oraz parametry ich modeli i bada, jaki ma to wpływ na zachowanie układu. Po wybraniu ikony narzędziowej *Wyświetlanie i modyfikowanie parametrów* symulacyjnych komponentów



i kliknięciu na obrysie wybranego elementu, pojawi się okno zawierające spis wszystkich parametrów modelu lub wartość elementu (rys. 7). W przypadku kondensatora ustala się pojemność i napięcie początkowe.

Elementy cyfrowe mają odpowiednio więcej parametrów, takich jak: czas propagacji sygnału, szybkość narastania zboczy, itp. Po zaznaczeniu parametru na liście, jego wartość pojawi się w okienku liczbowym i można tam wpisać nową. Bardziej złożone elementy (pamięci, mikroprocesory) wymagają wprowadzenia programów oraz danych. Do tego celu służy przycisk *Konfiguracja*, który wywołuje okno wybierania pliku ze skompilowanym programem w formacie binarnym lub map przepaleń (dla układów PLD). Należy także określić częstotliwość pracy generatora przebiegów prostokątnych. Proponujemy ustalić czas trwania każdego ze stanów wysokiego i niskiego na 1 ms.

Mostki analogowo-cyfrowe

Wszystkie sieci na liście połączeń układu są podzielone na dwie kategorie:

- sieci wyłącznie cyfrowe, do których nie są dołączone żadne komponenty analogowe;
- sieci analogowe, w których występują połączone ze sobą komponenty analogowe i cyfrowe lub zawierające tylko komponenty analogowe.

Jeśli w układzie występują wejścia/wyjścia komponentu cyfrowego dołączone do sieci analogowej, to na wyprowadzeniu komponentu cyfrowego jest automatycznie wstawiany interfejs analogowo-cyfrowy (mostek). Dzięki temu możemy obserwować napięcie, prąd wpływający/wypływający z węzła oraz stan logiczny na wejściu/wyjściu komponentu cyfrowego nie jako poziomy logiczny, ale w postaci napięć bezwzględnych. Aby sprawdzić lub zdefiniować parametry mostka, należy wybrać ikonę



i kliknąć na aktywnej części wyprowadzenia komponentu cyfrowego. Pojawi się okno zawierające parametry aktualnie wybranego modelu. Za pomocą przycisku *Konfiguracja* określa się między innymi technologię wykonania układu cyfrowego, wybiera wejścia Schmitta,

itp. Po zamknięciu obu okien przyciskami *OK* mostek jest skonfigurowany. Należy to powtórzyć dla wszystkich wejść/wyjść symboli cyfrowych połączonych z analogowymi.

Operacja ta jest konieczna, ponieważ istnieje tylko jeden uniwersalny model bramki NAND, dla którego dobiera się odpowiednie parametry wejść oraz wyjść (rys. 8).

Uwaga: jeśli jakaś bramka w standardowych bibliotekach programu EDWin nie jest powiązana z modelem symulacyjnym, to nie będzie brała udziału w symulacji. Należy wtedy powiązać ten element z odpowiednim modelem (albo w *Edytorze Bibliotek*, albo za pomocą funkcji paska zadań *Plik -> Programy Użytkowe -> Przeglądarka Bibliotek*. Będzie to opisane w odcinku *Edycja Bibliotek*).

Można też zastosować standardową bramkę (powiązaną z modelem) i odpowiednio skonfigurować mostek analogowo-cyfrowy. Wskazówka: jeśli po zmodyfikowaniu elementu w bibliotece na dysku symulator będzie nadal pobierał poprzedni element z biblioteki lokalnej projektu, należy go usunąć ze schematu oraz z biblioteki lokalnej za pomocą *Edytora Bibliotek* i pobrać go z biblioteki na dysku.

Jeśli była zmieniana większa liczba parametrów modelu, zwłaszcza w przypadku elementów cyfrowych lub mostków (interfejsów A/C i C/A), to za pomocą przycisku *Zachowaj* w bibliotece można zapamiętać własny zestaw parametrów w pliku z rozszerzeniem **.MPL*. Wtedy wczytuje się jednorazowo cały zestaw zamiast modyfikować wszystkie od nowa po każdorazowym uruchomieniu symulatora.

Wymuszenia

Symulator pozwala na wprowadzanie pewnych symboli zwanych wymuszeniami. Mogą być to wymuszenia niezmiennych stanów logicznych oraz impulsów o poziomach logicznych. Przykłady są one do sieci łączących elementy cyfrowe lub wejść/wyjść komponentów cyfrowych. Są one przeznaczone do ustawienia stanów początkowych układu, prowadzenia elementarnych symulacji, symulowania uszkodzeń i zaburzeń układu lub różnych wariantów jego pracy. Po wstawieniu wymuszenia do sieci będzie się w niej utrzymywał wybrany stan, który dominuje nad zmianami poziomu logicznego, powstającymi podczas pracy badanego układu.

Jest dostępnych 7 rodzajów wymuszeń, z których najczęściej stosuje się wymuszenia niskiego poziomu logicznego L



wysokiego poziomu logicznego H



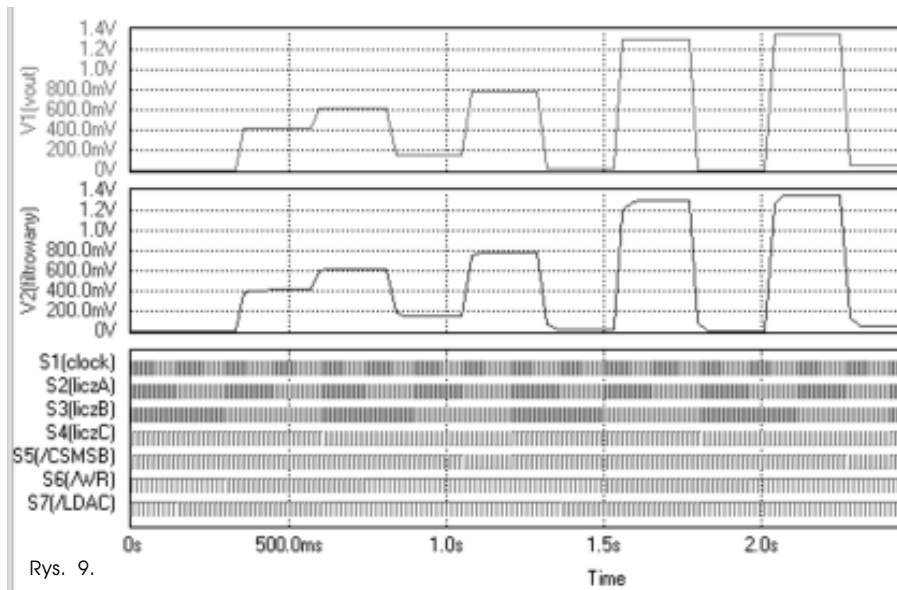
stanu wysokiej impedancji Z oraz wymuszenia impulsowego G.

Wstawienie każdego wymuszenia polega na wybraniu odpowiedniej ikony a następnie kliknięciu sieci, do której ma być wstawione wymuszenie.

Więcej uwagi należy poświęcić wymuszeniu impulsowemu.



Umożliwia ono wymuszenie pojedynczego impulsu lub dowolnego ciągu impulsów o dowolnym czasie trwania. Wstawienie wymuszenia polega na wpisaniu odpowiedniego ciągu znaków rozdzielonych przecinkami (dopuszczalne są następujące znaki: H, L, Z, X, D, U, N), uzupełnionych liczbą określa-



Rys. 9.

jąca czas trwania impulsu. Grupa impulsów zamknięta nawiasami będzie powtarzana nieskończoną lub podaną liczbę razy. Na końcu wpisuje się nazwę jednostki w nawiasach kwadratowych. Po zakończeniu generowania wymuszenia impulsowego będzie się trwale utrzymywał ostatnio użyty stan. Aby można było obserwować normalne zmiany poziomów logicznych, należy wyłączyć wymuszenie kończąc łańcuch wymuszeń literą N.

Przykłady:

L100[ns] - wymuszenie o poziomie niskim, trwające 100ns, utrzymujące się przez cały czas trwania symulacji i dominujące nad zmianami poziomów logicznych w czasie pracy.

L100,N[ns] - wymuszenie poziomu niskiego trwające 100ns. Po tym czasie wymuszenie przestanie obowiązywać i zmiany stanów będą odpowiadać normalnej pracy układu.

H50,N200,L50,10(H1000, L2000),N[us] - wymuszenie poziomu wysokiego na 50µs, wyłączenie wymuszenia na 200µs, wymuszenie poziomu niskiego na 50µs, 10 okresów przebiegu o częstotliwości 333Hz, wyłączenie wymuszenia.

Generator diagramów

Generator Diagramów jest to dodatkowy moduł programu EDWin, przeznaczony do współpracy z symulatorem analogowo-cyfrowym oraz symulatorem EDSpice. Służy on do prezentacji danych wygenerowanych przez symulator na ekranie w postaci graficznej. Dane w postaci diagramów (wykresów, krzywych) można zapamiętywać w pliku, drukować lub zapamiętywać jako symbol logiczny w bibliotece (w celu dołączenia do schematu).

Na wykresach można wykonywać dodatkowe operacje matematyczne, np. przeskalowanie napięcia na wzmocnienie wyrażone w Neperach i wiele innych.

Prowadzenie symulacji czasowej

W pierwszej kolejności przeprowadzimy symulację w dziedzinie czasu. Poznamy w ten sposób zależności czasowe pomiędzy sygnałami i kształt przebiegu wyjściowego.

W pierwszej kolejności włączamy funkcję *Symulacja -> Symulacja czasowa*. Pojawi się okno, w którym należy podać czas trwania symulacji oraz krok czasowy. Ponieważ w naszym przykładzie okres przebiegu z genera-

tora wynosi 2ms, to najdogodniej jako krok czasowy przyjąć 1ms. Czas trwania analizy powinien być dostosowany do rodzaju badanego przebiegu. Do dokładnego poznania kształtu przebiegów sterujących przetwornikiem można przyjąć czas analizy rzędu 40ms. Na **rys. 9** są to sygnały /CSMSB, /WR, /LDAC. Natomiast zaobserwowanie kształtu przebiegu analogowego na wyjściu przetwornika wymaga czasu analizy rzędu 3000ms. Można również przyjąć większy krok czasowy, co wydatnie skróci czas trwania analizy.

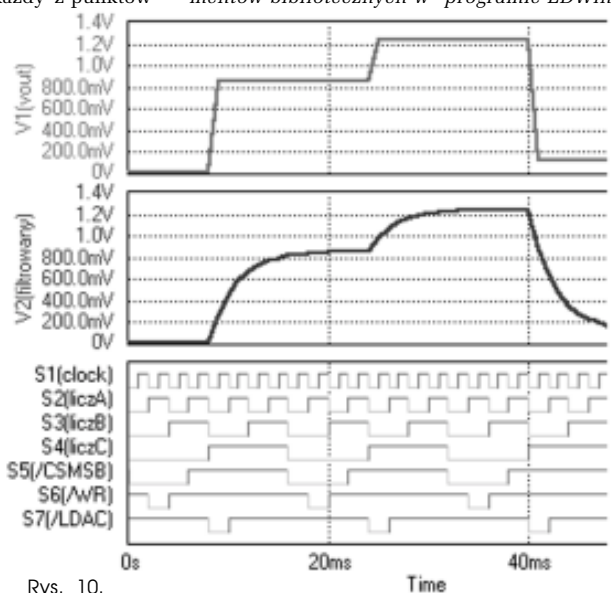
Na **rys. 10** są to krzywe *V1OUT* (przebieg bezpośrednio z wyjścia przetwornika) oraz *FILTROWANY* (przebieg po filtrze wygładzającym). Korzystnie jest również zaznaczyć pole wyboru *Wyświetl diagram*. Wtedy wyniki symulacji pojawią się automatycznie po zakończeniu obliczeń.

Przeprowadzenie skomplikowanej symulacji wymaga szybkiego komputera z dużą pamięcią RAM. Aby skrócić czas obliczeń, należy zmniejszyć liczbę punktów testowych lub czas trwania symulacji. Niepotrzebne okna z wykresami należy zamykać, ponieważ powodują zajmowanie pamięci.

Analiza czasowa układu generującego przebiegi o długim okresie może być trudna do przeprowadzenia, ponieważ każdy z punktów testowych może jednorazowo zarejestrować tylko 12000 próbek.

Można ominąć to ograniczenie odczytując pamięć fragmentami. W tym celu na wyjścia liczników adresujących wstawia się wymuszenia impulsów logicznych określające binarnie adres początkowy, np. o postaci *H100,L100,N[ns]*. Czas trwania wymuszenia musi być dłuższy, niż czas ustalania się stanów wyjściowych licznika po włączeniu zasilania. Nie wykorzystane wejścia powinny być uziemione lub dołączone do wymuszenia o stałym poziomie.

Proponujemy przeprowadzić eksperyment, polegający na odłączeniu nie wykorzystanego wejścia A licznika U1. Należy to wykonać w edyto-



Rys. 10.

rze schematów za pomocą funkcji *Edycja -> Sieci* i ikony *Usunięcie jednego węzła sieci*. Po powrocie do symulatora, obowiązkowym wykonaniu funkcji *Układ -> Przetwarzanie* i rozpoczęciu analizy pojawi się duża liczba komunikatów o błędach spowodowanych nieustalonym poziomem logicznym na nie podłączonym wejściu.

Prowadzenie analizy zmiennoprądowej AC Sweep

Wykonanie analizy zmiennoprądowej polega na wstawieniu dwóch punktów testowych, do których będzie przyłożony przebieg wejściowy, oraz dwóch punktów testowych, na których będzie odczytywana odpowiedź częstotliwościowa układu.



W naszym przykładzie sprawdzimy, jaka jest charakterystyka częstotliwościowa układu filtrującego RC na wyjściu przetwornika. Należy wybrać funkcję *Analiza -> Analiza częstotliwościowa* i w oknie, które się pojawi, należy podać zakres częstotliwości, w jakim ma być analizowany obwód oraz dane do prezentacji. Jeśli zostanie zaznaczone pole wyboru *Wyświetl diagram*, to po zakończeniu analizy automatycznie zostaną wyświetlone wyniki. Mamy do wyboru pobudzenie układu źródłem napięciowym lub prądowym oraz rejestrowanie napięcia dla rozwartych sond wyjściowych (ew. prądu dla zwartych sond). Część cyfrowa układu jest pomijana podczas tego rodzaju symulacji.

Nie wszystkie symbole logiczne są powiązane z modelami symulacyjnymi, chociaż istnieją odpowiednie modele. Tę operację przeprowadza się w *Edytorze Bibliotek*. Jest to bardzo rozbudowany moduł programu EDWin, który umożliwia ponadto modyfikowanie dowolnych spośród ponad 15000 elementów w bibliotekach programu EDWin oraz ręczne i automatyczne tworzenie nowych modeli podzespołów. Opisujemy to w kolejnym odcinku „Kursu”.

Robert Kacprzycki,
RK-System (tel. (0-22) 724-30-39)

Projekt, na przykładzie którego prowadzony jest kurs, znajduje się w Internecie pod adresem: www.ep.com.pl/ftp/other.html.

W następnym odcinku opiszemy symulację tego układu oraz sposób tworzenia elementów bibliotecznych w programie EDWin.