

XVI Seminarium
ZASTOSOWANIE KOMPUTERÓW W NAUCE I TECHNICIE' 2006
Oddział Gdański PTETiS
Referat nr 19

**ZASTOSOWANIE PAKIETU COMMSIM I MULTISIM
W NAUCZANIU CYFROWEGO PRZETWARZANIA SYGNAŁÓW**

Krystyna Maria NOGA

Akademia Morska w Gdyni, Katedra Automatyki Okrętowej
tel: (0 58) 69 01 471, fax: (0 58) 69 01 445, e-mail: jagat@am.gdynia.pl

Cyfrowe przetwarzanie sygnałów (DSP) jest technologią o niezwykle dynamicznym rozwoju, która znajduje wciąż nowe zastosowania. W ostatnim okresie powstało wiele programów wspomagających projektowanie układów opartych na DSP. W artykule zostaną zaprezentowane wybrane układy wirtualne wykonane w środowisku Commsim i Multisim, wykorzystywane w procesie nauczania DSP.

1. WSTĘP

Cyfrowe przetwarzanie sygnałów (*ang. DSP - Digital Signal Processing*) jest technologią, która wywarła ogromny wpływ na rozwój inżynierii i nauki. W wielu dziedzinach spowodowała ona rewolucyjne zmiany, szczególnie w medycynie i telekomunikacji. Obecnie nadal obserwujemy rozwój technologii DSP, przede wszystkim rozwój teorii, algorytmów, aparatu matematycznego oraz specjalistycznego oprogramowania. Nauczanie DSP obejmuje zagadnienia związane z zasadami przetwarzania sygnałów, które są zależne od zastosowań. DSP jest wykorzystywane między innymi przy przesyłaniu sygnałów na odległość, poprawianiu jakości obrazu, rozpoznawaniu i syntezie mowy, kompresji danych.

Ze względu na gwałtowny rozwój cyfrowego przetwarzania sygnałów w ostatnim okresie powstało sporo programów wspomagających projektowanie układów opartych na DSP. Jednym z takich narzędzi jest pakiet Matlab firmy MathWorks, Mathcad firmy MathSoft, LabView firmy National Instruments oraz Commsim 7 i Multisim 8 firmy Interactive Image Technologies. Środowisko Matlaba, Labview oraz Mathcada jest w dydaktyce szkoły wyższej znane i często stosowane. Dlatego też w artykule zostaną zaprezentowane wybrane przykłady i symulacje, wykorzystywane w procesie nauczania Cyfrowego Przetwarzania Sygnałów, wykonane jedynie z zastosowaniem pakietu Commsim i Multisim. Symulacja komputerowa jest obecnie bardzo atrakcyjnym narzędziem dydaktycznym i badawczym. Jest ona wykorzystywana w różnych dziedzinach nauki, techniki oraz zarządzaniu. Bardzo często budowa określonego systemu oraz jego badania w warunkach naturalnych są trudne do przeprowadzenia, ponadto wymagają one sporych nakładów finansowych. Dlatego też bardzo często wykonuje się symulacje określonych projektów w wybranym środowisku wirtualnym. Symulatory te w wystarczającym stopniu przybliżają działanie układu w warunkach rzeczywistych.

2. PREZENTACJA PROGRAMU COMMSIM I MULTISIM

Commsim można wykorzystać do projektowania i symulowania nowoczesnych systemów transmisji danych. Systemy te buduje się z odpowiednich dla danego układu bloków, które zostały sklasyfikowane na podgrupy w zależności od ich przeznaczenia i spełnianej funkcji. Projektowanie ułatwia bogaty zestaw bibliotek bloków funkcyjnych oraz zaawansowane algorytmy symulacji. Commsim umożliwia prezentację takich zagadnień jak: filtracja, estymacja, kodowanie, dekodowanie, modulacja, demodulacja oraz ocena jakości transmisji. W pakiecie tym są między innymi dostępne różne modulatory, demodulatory, filtry, modele kanałów transmisyjnych, bloki arytmetyczne, bloki logiczne, generatory sygnałów zdeterminowanych i losowych, kodery, dekodery oraz różne operatory.

Większość wymienionych wyżej zagadnień można również zaprezentować w środowisku Multisim (obecnie na rynku jest już dostępna wersja Multisim 9). Program Multisim umożliwia budowanie układów, do których można podłączyć różne przyrządy pomiarowe, np. oscyloskop, analizator logiczny, cyfrowy multimetr, generator słów logicznych, generatory różnych przebiegów, ploter Bode'a, analizator widma.

Projektowanie w środowisku Commsim i Multisim odbywa się w oparciu o bardzo przyjazny interfejs użytkownika. Na uwagę zasługuje fakt, że student może wykorzystać gotowe bloki funkcyjne, może też wykazać się znajomością struktury wewnętrznej badanego układu poprzez jego samodzielną budowę. Dzięki bogatemu zestawowi bibliotek bloków funkcyjnych Commsim oraz Multisim stanowi szybkie i precyzyjne narzędzie do budowy analogowych, cyfrowych jak i analogowo-cyfrowych systemów. Obsługa wszystkich przyrządów dostępnych w obu pakietach symulacyjnych zbliżona jest do obsługi urządzeń rzeczywistych. Zaletą obu programów jest ponadto możliwość tworzenia własnych podobwodów (ang. subcircuit). W ten sposób można zwiększyć przejrzystość struktury całego układu.

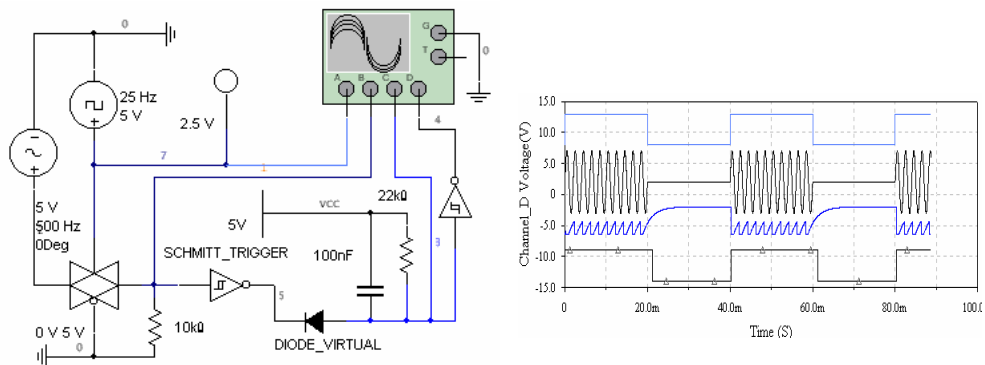
Po uruchomieniu programu Commsim i Multisim na ekranie pojawia się okno, które składa się z paska z nazwą aktywnego pliku, menu głównego, paska narzędzi, paska statusu, pola edycyjnego z oknem organizacyjnym schematu. Dokładny opis obu środowisk zostanie pominięty, gdyż dla osób znających zasady obsługi komputera, a do takich należy zaliczyć pracowników i studentów uczelni technicznych, są to wiadomości oczywiste. Ponadto opis ten jest powszechnie dostępny, np. [1, 2].

3. SYMULACJA WYBRANYCH MODULACJI I DEMODULACJI

Zadaniem modulacji jest dopasowanie właściwości widmowych sygnału do charakterystyk częstotliwościowych kanału transmisyjnego. Sygnał informacyjny najczęściej zawiera składowe o niskich częstotliwościach, natomiast istniejące kanały są środkowo- przepustowe. Celem modulacji jest przeniesienie widma sygnału w zakres wyższych częstotliwości. Dzięki temu możliwe jest również efektywniejsze wypromieniowanie sygnału w przypadku transmisji bezprzewodowej. Studenci podczas zajęć z Cyfrowego Przetwarzania Sygnałów mają możliwość poznania wszystkich rodzajów modulacji, tj. modulacji analogowych (AM-SC, AM, SSB-SC, SSB, PM, FM), cyfrowych (ASK, FSK, PSK, QAM) i impulsowych (PAM, PPM, PDM, PCM) [3, 4]. Wybór odpowiedniej modulacji zależy od szerokości kanału transmisyjnego oraz od występujących w nim zakłóceń. Przykładowo, przesyłanie sygnału z dużą szybkością przez kanał o wąskim paśmie jest możliwe dzięki zastosowaniu wielowartościowej modulacji PSK (np. QPSK, 8-PSK, 16-PSK). Jeżeli natomiast

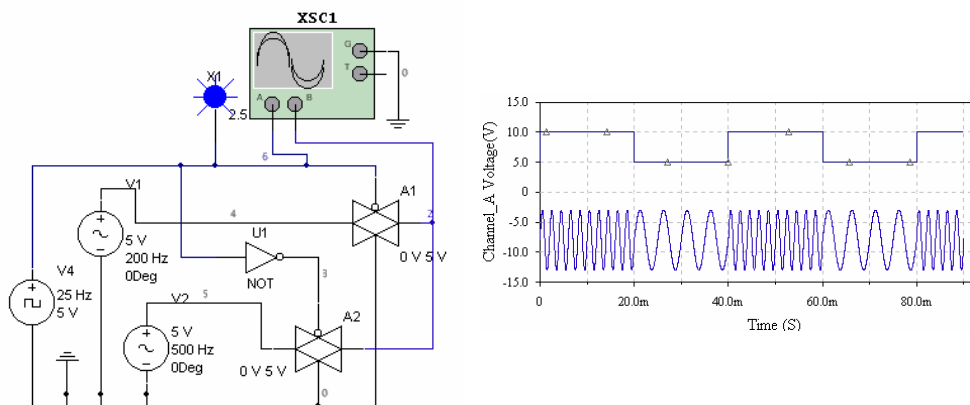
pasmo kanału jest na tyle szerokie, że możliwe jest przesyłanie sygnałów bez modulacji wielowartościowych to stosuje się np. BPSK lub BFSK.

Przykład modulacji i demodulacji ASK wykonany w środowisku Multisim oraz uzyskane przebiegi czasowe zostały zobrazowane na rysunku 1, przy czym na oscyloskopie przedstawiono kolejno sygnały: wejściowy, zmodulowany, na wejściu przerzutnika Schmitta oraz po demodulacji. Do budowy wykorzystano przełącznik analogowy sterowany cyfrowo, przy czym podanie na wejście przełącznika jedynki logicznej powoduje jego załączenie.



Rys. 1. Modulacja i demodulacja ASK w środowisku Multisim oraz uzyskane przebiegi czasowe

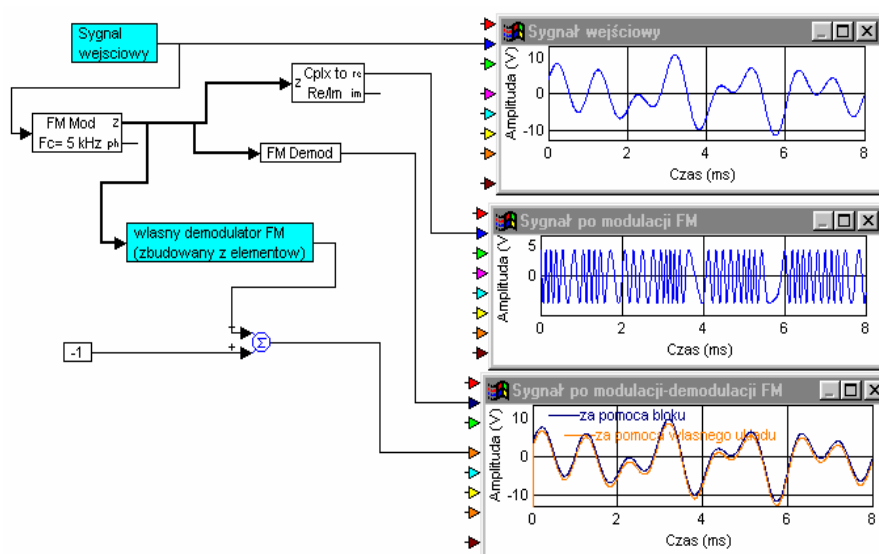
Modulacja ASK nie jest stosowana do przesyłania danych, gdyż transmitowany sygnał nie jest odporny na tłumienie, co pogarsza jakość odbioru. Jej zaletą jest jednak to, że w trakcie transmisji zera logicznego nadajnik nie pracuje. Dobrą odpornością na zakłócenia charakteryzują się sygnały modulowane częstotliwościowo. Na rysunku 2 przedstawiono wirtualny modulator FSK zbudowany w środowisku Multisim oraz przebiegi czasowe na wejściu i wyjściu układu.



Rys. 2. Wirtualny modulator FSK w środowisku Multisim oraz uzyskane przebiegi czasowe

Przykład symulacji modulacji i demodulacji FM, tym razem w środowisku Commsim, został przedstawiony na rysunku 3. Demodulacja została wykonana z zastosowaniem gotowego bloku demodulatora oraz również przy pomocy stworzonego z oddzielnych bloków

własnego układu demodulatora FM. Sygnały wyjściowe z demodulatora gotowego i własnego, zgodnie z oczekiwaniami pokrywają się, przy czym w celu eliminacji nakładania się wykresów jeden z sygnałów przesunięto o -1 V. Projekt ten ukazuje możliwość samodzielnego projektowania określonych bloków z już istniejących. Jest to w procesie nauczania niezwykle cenna właściwość. Student ma możliwość poznania zasady działania określonych układów oraz ich budowy wewnętrznej. Następnie ma możliwość zaprojektowania własnego układu o tych samych właściwościach.



Rys. 3. Modulacja i demodulacja FM w środowisku Commsim

4. SYMULACJA KANAŁÓW TRANSMISYJNYCH

Kanał transmisyjny jest jednym z ważniejszych elementów systemu telekomunikacyjnego. Od właściwości kanału zależy struktura pozostałych bloków systemu. Funkcje kanałów transmisyjnych mogą spełniać np. przewód, światłowód, fale radiowe. Propagacja fal radiowych przez kanał telekomunikacyjny jest złożonym procesem. Prowadzenie badań terenowych jest znacznie droższe niż przeprowadzenie symulacji komputerowej, dlatego też opracowano różne matematyczne modele rzeczywistych kanałów. Najczęściej zakłada się, że w kanale występują zakłócenia addytywne oraz multiplikatywne, powszechnie zwane zanikami [4]. Symulowanie jest realizowane poprzez modelowanie kanału jako hipotetycznego źródła błędów, którego właściwości statystyczne powinny odpowiadać rzeczywistemu kanałowi transmisyjnemu. Symulacja ta polega na implementowaniu poszczególnych procesów fizycznych zachodzących podczas transmisji cyfrowej, przy czym do najważniejszych zaliczamy: modulacje, demodulacje, losowe fluktuacje sygnału, wielodrogowość transmisji, efekt Dopplera [4].

Do najbardziej rozpowszechnionych modeli kanałów zaliczamy kanał z gaussovskim zakłóceniem addytywnym [1, 4]. Natomiast do modelowania zakłóceń multiplikatywnych stosuje się rozkłady Rayleigh'a, Rice'a, Hoyta, Nakagamiego, Weibulla [4, 5, 6, 7]. Kanały z zanikami Rayleigh'a są przede wszystkim stosowane w komunikacji bezprzewodowej,

gdy brak jest sygnałów dominujących [4, 5]. W kanale tym obwiednia sygnału użytecznego określona jest zależnością

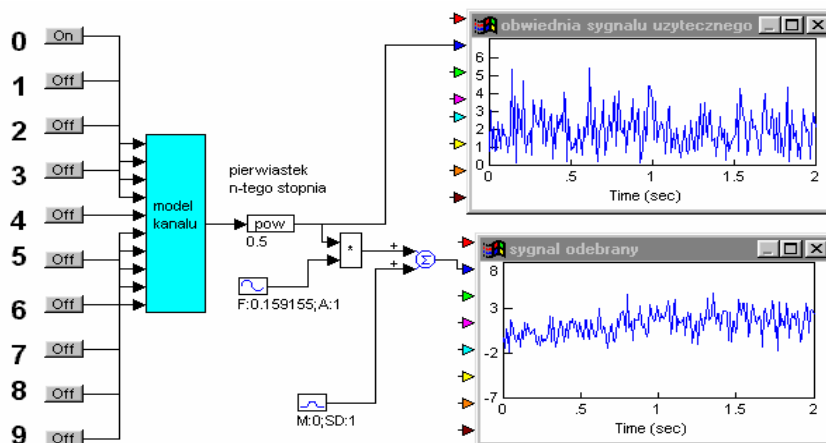
$$x = \sqrt{y_1^2 + y_2^2} \quad (1)$$

gdzie y_1 i y_2 to niezależne losowe zmienne gaussowskie o zerowej wartości średniej i jednakowej wariancji, które reprezentują składowe ortogonalne sygnały. Jeżeli składowe ortogonalne sygnały użytecznego posiadają rozkład normalny o zerowej wartości średniej i różnej wariancji wówczas sygnał użyteczny posiada rozkład Hoyta [4, 6]. Przy modelowaniu rozproszenia lub transmisji wielodrogowej, gdy jedna z tras posiada tzw. sygnał dominujący LOS (ang. Line of Slight), stosujemy rozkład Rice'a. Typowym przykładem zastosowania kanału Rice'a jest łączność satelitarna. Do modelowania transmisji w obszarach miejskich, wewnątrz budynków oraz zakłóceń biernych w systemach radarowych stosuje się rozkład Weibulla [4, 7]. Z analizy literatury wynika, że do modelowania sygnałów radiowych rozproszonych najczęściej stosuje się rozkład Nakagami [4, 5].

Ogólny wzór określający obwiednię sygnału użytecznego w kanale z zanikami ma postać

$$A = \sqrt{\alpha(x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_n^2)} \quad (2)$$

Na rysunku 4 przedstawiono układ symulacji kanału z zanikami Hoyta, zgodny z zależnością (2). Dla zaników Rayleigh'a (równe wariancje), Hoyta (różne wariancje) należy włączyć jedną składową i ustawić $\alpha = 2$, ponadto dla zaników Weibulla (równe wariancje) należy również włączyć jedną składową, ale $\alpha \in (0, \infty)$, jest to współczynnik rozkładu (kształtu). Natomiast dla zaników Nakagami (różne wariancje) należy włączyć kilka składowych i ustawić $\alpha = 2$. Model przedstawiony na rysunku 4 zawiera dziesięć podobwodów z sygnałami składowymi, które są załączane lub wyłączane za pomocą dwustanowego przełącznika. Wewnątrz każdego z bloków znajdują się dwa generatory sygnału gaussowskiego. W generatorze można określić wartość średnią amplitudy oraz wariancję. W zależności od ilości składowych sygnału i wartości wariancji otrzymujemy kanały z różnymi zanikami.



Rys. 4. Układ symulacji kanału i przebiegi czasowe dla z zaników Hoyta

Możliwości pakietu Commsim w zakresie symulacji kanałów transmisyjnych są zdecydowanie większe, w artykule zaprezentowano jedynie wybrane zagadnienia. Między innymi w pakiecie tym dostępny jest model binarnego kanału symetrycznego, kanału Jackes'a, Rummera, Rayleigh'a. Badania wybranego kanału lub budowa modelu innego kanału pozwala na analizę systemu metodami symulacyjnymi. Umożliwia to badania nad poprawą jakości transmisji poprzez przykładowo zastosowanie innych typów modulacji lub układów korygujących charakterystyki w odbiorniku.

5. WNIOSKI KOŃCOWE

Pakiety Multisim oraz Commsim zawierają wiele narzędzi wspomagających projektowanie oraz badanie wielu układów i zagadnień z zakresu DSP. Dzięki temu nie jest konieczne posiadanie wielu specjalistycznych i kosztownych narzędzi projektowych. Pakiety te są łatwe w obsłudze, posiadają przyjazny interfejs oraz bogaty zestaw gotowych funkcji i bloków. Studenci w czasie zajęć mogą sprawdzać gotowe układy. Ale przede wszystkim mogą też budować własne układy, wykazując w ten sposób znajomość budowy wewnętrznej wybranego systemu. Wszystkie zaprezentowane w artykule symulacje zostały przygotowane na potrzeby zajęć dydaktycznych z DSP. Są one dostępne na stronie internetowej [8]. Należy wyraźnie podkreślić, że w artykule zaprezentowano jedynie wybrane zagadnienia, ograniczona objętość artykułu nie pozwoliła na przedstawienie wszystkich ważnych problemów. Między innymi nie przedstawiono zagadnień związanych z projektowaniem filtrów cyfrowych i analogowych, które w DSP odgrywają ogromną rolę. Zagadnienia te zostały częściowo przedstawione w pracy [9].

6. BIBLIOGRAFIA

1. Userguide- Dokumentacja techniczna programu Multisim oraz Commsim
2. <http://www.interactiv.ni.com/pub/interactiv/pdf>
3. Szabatin J.: Podstawy teorii sygnałów, WKiŁ, Warszawa 2000
4. Simon M. K., Alouini M. S.: Digital communication over fading channels, John Wiley & Sons, 2005
5. Noga K.: Zaawansowane modele probabilistyczne sygnałów w kanałach z zanikami, Kwartalnik Elektroniki i Telekomunikacji, 2000, Z. 1, str. 47 – 62
6. Noga K.: Jakość transmisji binarnej w kanale Hoyta, Kwartalnik Elektroniki i Telekomunikacji, 2001, tom 47, Z. 4, str.515 - 523
7. Noga K.M., Karagiannidis G. K: Characterization of Weibull fading channels, przyjęto do druku w Kwartalniku Elektroniki i Telekomunikacji, ukaze się w Nr. 1 / 2007
8. <http://www.am.gdynia.pl/~jagat>
9. Palczyńska B., Noga K. M.: Teaching Digital Filters Design in Electrical Engineering, Fifth International Symposium Communication Systems Networks and Digital Signal Processing, 19 – 21 July, 2006, University of Patras, Greece, pp. 866 – 869, ISBN 960-89282-0-6

USING COMMSIM AND MULTISIM IN TEACHING DIGITAL SIGNAL PROCESSING

This paper contains some examples of Commsim and Multisim use in teaching digital signal processing. The use of simulation software in education is one of modern training methods. The package Multisim and Commsim are an easy to use instrument, enabling designing and simulation a lot of circuits.