

# PROCESORY SYGNAŁOWE

Prowadzący: **dr hab. inż. Janusz Smulko**,

tel. (348) 6095 [jmulko@eti.pg.gda.pl](mailto:jmulko@eti.pg.gda.pl), pok. 445

wykład: 30h, laboratorium: 15h

Sposób zaliczenia:

suma ocen za egzamin (\*2/3) oraz lab. (\*1/3)

warunkiem zdania egzaminu jest uzyskanie min. **50%**  
punktów

# PROCESORY SYGNAŁOWE

## Treść wykładu:

Podstawowe pojęcia cyfrowego przetwarzania sygnałów (CPS). Elementy struktury systemu CPS (filtry antyaliasingowe, przetworniki A/C i C/A, procesor sygnałowy). Porównanie technik analogowych i cyfrowych. Architektura procesorów sygnałowych (PS) - Harvard i SuperHarward, ewolucja architektury PS na przykładzie wybranych producentów (Analog Devices, Texas Instruments). Reprezentacja liczb stało- i zmiennoprzecinkowych w PS. Bloki funkcjonalne PS: generatory adresów, układy mnożące i przesuwające, układy obsługi przerwań, porty szeregowy i równoległy, układy komunikacji z nadrzędnym procesorem. Zasady przetwarzania danych dwu i wielopotokowego. Instrukcje assemblera dla PS rodziny TMS3206xxx oraz AD21xx. Techniki przygotowania i debuggowania programu sterującego PS, metody optymalizacji kodu. Zestaw uruchomieniowy DSK TMS320C6713 (schemat blokowy, funkcje układów współpracujących). Środowisko Code Composer Studio. Algorytmy filtracji cyfrowej, zastosowanie programu Matlab. Filtry FIR i IIR. Algorytm FFT i Mallat'a (transformata falkowa). Wyznaczanie gęstości widmowej mocy wg. Welch'a. Metody analizy czasowo-częstotliwościowej w CPS. Efekty skończonej reprezentacji liczb w CPS. Wybrane przykłady zastosowania PS. Kierunki rozwoju PS.

# PROCESORY SYGNAŁOWE

## Treść laboratorium:

- Zapoznanie się ze środowiskiem programistycznym Code Composer Studio (CCS), przygotowanie przykładowego programu (3h).
- Przygotowanie programu generującego wybrany przez prowadzącego przebieg czasowy za pomocą zestawu uruchomieniowego DSK TMS320C6713 z procesorem sygnałowym (4h).
- Zaprojektowanie w środowisku Matlab filtru cyfrowego FIR oraz jego realizacja i badanie charakterystyki częstotliwościowej w zestawie uruchomieniowym DSK TMS320C6713 z procesorem sygnałowym (4h).
- Realizacja w zestawie uruchomieniowym DSK TMS320C6713 programu przetwarzania sygnału audio, z zastosowaniem algorytm FFT/kodowania sygnału (4h).

# PROCESORY SYGNAŁOWE

Wyposażenie  
laboratorium:



# PROCESORY SYGNAŁOWE

## Literatura:

### **Materiały do wykładu – hasło: smulkops**

Stranneby D.: Cyfrowe przetwarzanie sygnałów. BTC, Warszawa 2004.

Marven C., Ewers G.: Zarys cyfrowego przetwarzania sygnałów. WKiŁ, Warszawa 1999.

Zieliński T.P.: Cyfrowe przetwarzanie sygnałów. WKiŁ, Warszawa 2005

**Smith S.W.: The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing. California Technical Publishing, 1997 ([www.dspguide.com](http://www.dspguide.com)).**

Oppenheim A.V., Schaffner: Cyfrowe przetwarzanie sygnałów. WKiŁ, W-wa 1979.

Blonstein S., Katorgi M.: ExpressDSP for Dummies. Wiley Publishing, Inc., New York 2003.

Kester W.: Mixed-Signal and DSP Design Techniques. Newnes, New York, Analog Devices Inc., 2003.

Bateman A., Paterson-Stephens I.: The DSP Handbook. Prentice Hall, Essex 2002.

Strona www firmy Texas Instruments, DSP village: [www.ti.com](http://www.ti.com),  
[www.dspvillage.com](http://www.dspvillage.com)

Strona www firmy Analog Devices [www.analogdevices.com](http://www.analogdevices.com)

[www.techonline.com](http://www.techonline.com) analizy systemów DSP

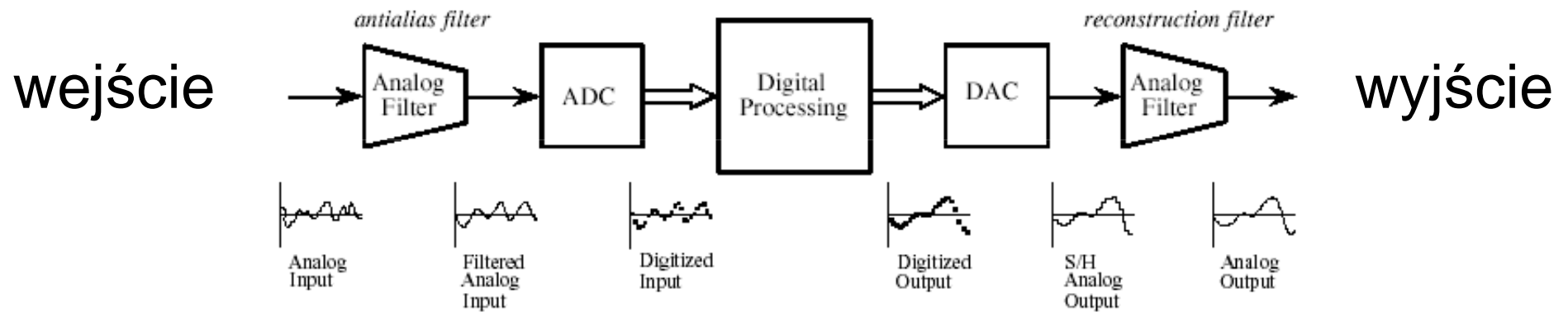
<http://www.eas.asu.edu/~middle/jdsp/jdsp.html> - wirtualne laboratorium DSP

# Klasyfikacja sygnałów

- Sygnały ciągłe
- Sygnały dyskretne – próbkowanie równomierne
- Sygnały cyfrowe

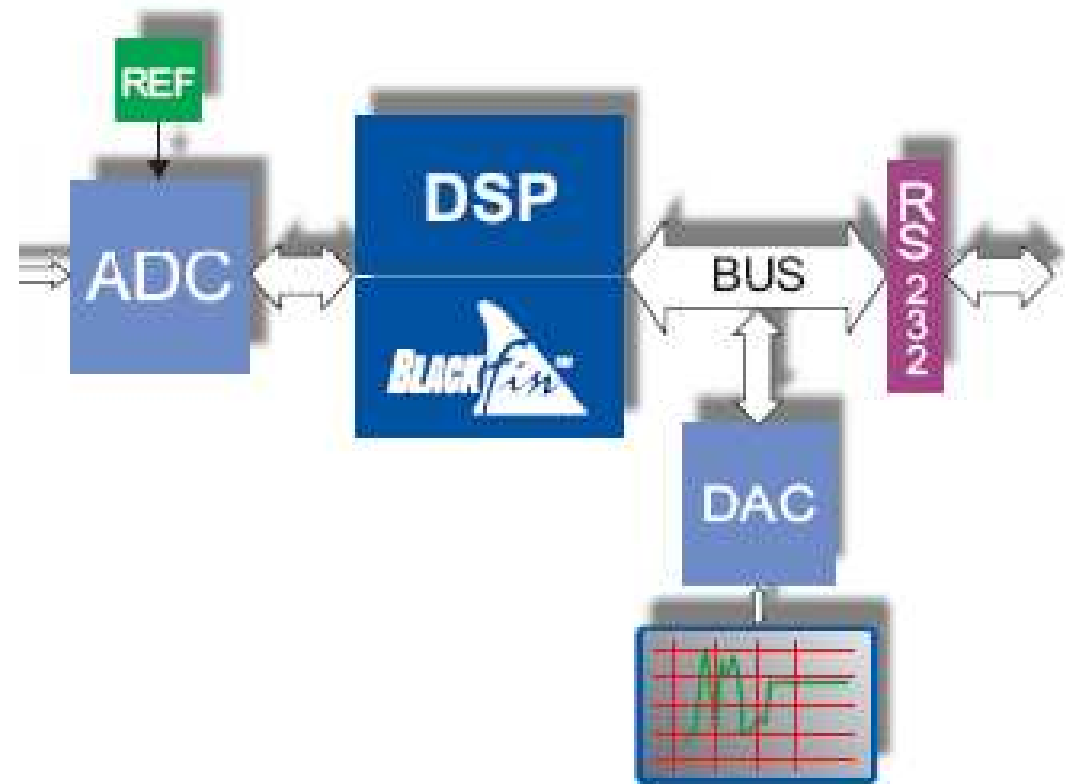


# Struktura systemu cyfrowego przetwarzania



Wykonywane operacje matematyczne:  $A*B+C$   
przetwarzanie szeregowo i buforowe

# System cyfrowego przetwarzania



W systemie może wystąpić wiele równoległych wejść i wyjść  
Istnieje możliwość dołączania zewnętrznych systemów za pomocą różnych interfejsów

# Właściwości systemów cyfrowych

Programowalność

Stabilność parametrów

Powtarzalność

Łatwość implementacji algorytmów adaptacyjnych

Kody korekcji błędów

Funkcje specjalne (np. filtry o liniowej charakterystyce fazowej, systemy sterowania)

# Właściwości systemów cyfrowych

## **Ponadto:**

większa odporność na szумы,  
mniejsza liczba elementów,  
mniejszy koszt wytworzenia,  
mniejsza pobierana moc,  
szybszy czas opracowania.

# **Realizacje sprzętowe systemów cyfrowych**

Konwencjonalny procesor, mikrokontroler

Procesor sygnałowy

Układy ASIC

Programowalne matryce bramkowe FPGA

Rozwiązania segmentowe

# Realizacje sprzętowe systemów cyfrowych

## •Konwencjonalny procesor

np. zasilany baterią o pojemności 2500mAh przy mocy 10W będzie działał tylko ok. 20min.

dodatkowo, jego koszt zakupu jest wysoki

niska niezawodność i koszt systemu operacyjnego  
potrzeba dużej liczby układów zewnętrznych,

jeden układ CPU,

RISC (Reduced Instruction Set Computer),

CISC (Complex Instruction Set Computer)

# Realizacje sprzętowe systemów cyfrowych

## •Mikrokontroler

proste układy, droższe narzędzia do projektowania i programowania,

CPU, RAM, ROM,

Serial/Parallel Interface,

Timer,

układy przerwań, rozwiązuje raczej wolne zadania sterowania lub pomiarowe,

Complex Instruction Set Computer

# Realizacje sprzętowe systemów cyfrowych

## •Procesor sygnałowy

pobór mocy rzędu 1W i mniej,

proste układy, droższe narzędzia do projektowania i programowania,

RAM, ROM,

układy przerwań,

Serial/Parallel Interface,

Timer,

CPU optymalizowane do szybkich powtarzalnych obliczeń typu  **$A*B+C$**

# Realizacje sprzętowe systemów cyfrowych

## •Układy ASIC

kosztowne i czasochłonne, dobre przy dużej liczbie aplikacji, bardzo drogie narzędzia do projektowania wykonają szybkie i złożone algorytmy

## •Programowane matryce bramkowe FPGA

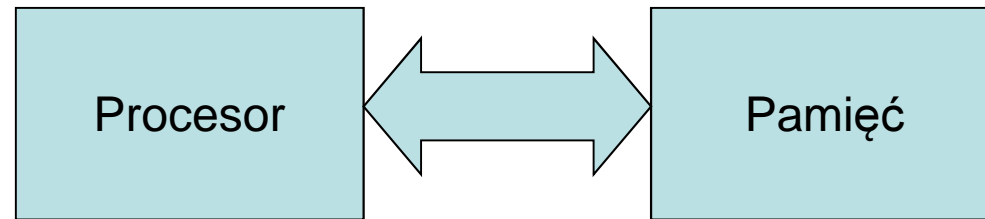
szybkie i tanie programowanie, realizują tylko proste algorytmy, długo się programują co jest ograniczeniem przy masowej produkcji

## •Rozwiązania segmentowe

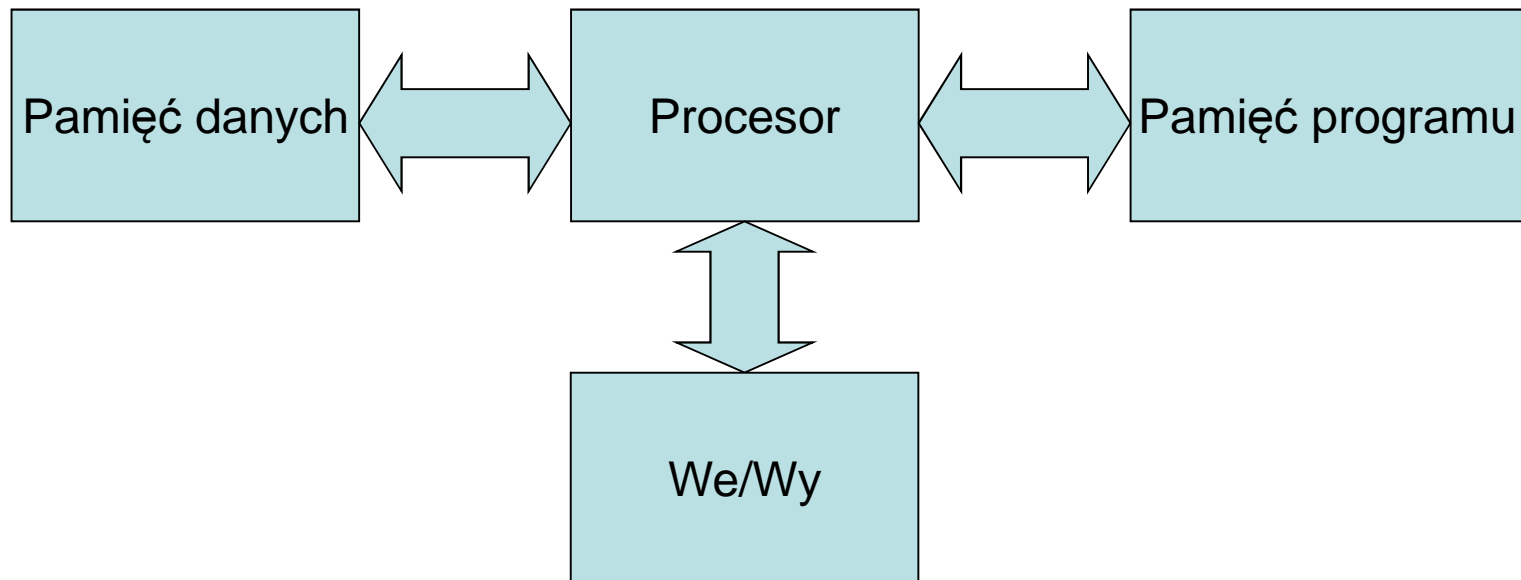
budowa z układów stanowiących podzespoły mikroprocesora – technika kosztowna i żmudna (dobra do celów specjalnych)

# Architektura systemu komputerowego

Architektura wg. von Neumanna



Architektura typu Harvard i jej odmiany, np. SuperHarward



# Ograniczenia zastosowania procesorów sygnałowych

Główne ograniczenie w przetwarzaniu sygnałów analogowych to szybkość ich próbkowania

Typowe aplikacje audio wymagają próbkowania poniżej 50kHz

Aplikacje video wymagają próbkowania rzędu MHz

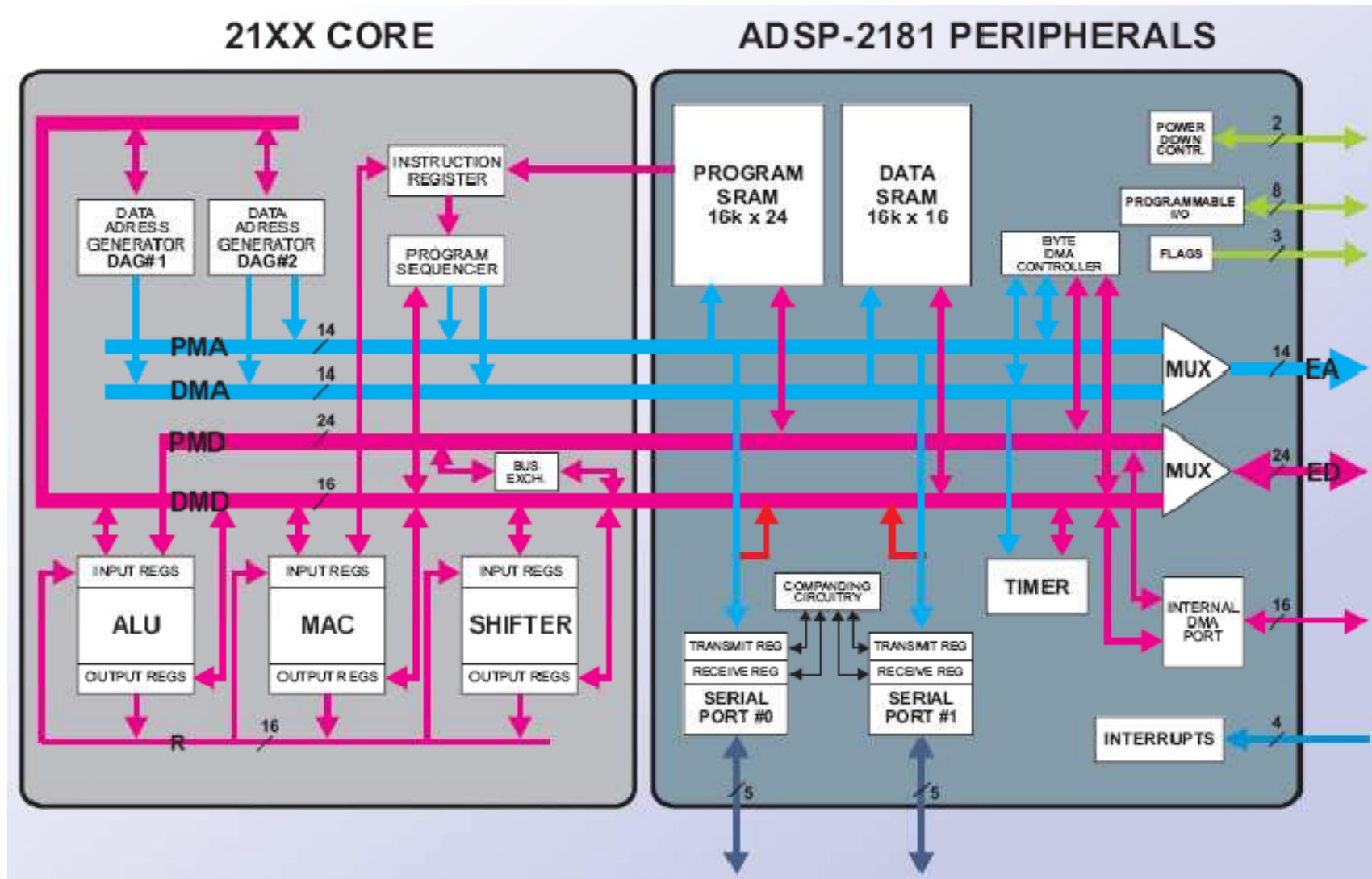
Aplikacja nie może być zbyt złożona, musi się wykonywać w czasie rzeczywistym

System operacyjny DSP jest bardzo ubogi

# Typowe algorytmy DSP

Algorithm	Equation
Finite Impulse Response Filter	$y(n) = \sum_{k=0}^M a_k x(n-k)$
Infinite Impulse Response Filter	$y(n) = \sum_{k=0}^M a_k x(n-k) + \sum_{k=1}^N b_k y(n-k)$
Convolution	$y(n) = \sum_{k=0}^N x(k)h(n-k)$
Discrete Fourier Transform	$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) \exp[-j(2\pi / N)nk]$
Discrete Cosine Transform	$F(u) = \sum_{x=0}^{N-1} c(u).f(x). \cos\left[\frac{\pi}{2N}u(2x+1)\right]$

# Dlaczego procesor sygnałowy szybko liczy?



Odp.: dzięki odpowiedniej budowie wewnętrznej

# Zastosowania procesorów sygnałowych

Audio: AV Receivers

Computing: Digital Radio, Home Audio, Flat Panel, Internet Audio

Wireless, Automotive, Body Systems, Chassis Systems, Driver Information/Telematics

Powertrain, Safety Systems, Security Systems, Broadband, 802.11 Wireless LAN,

Cable Solutions, DSL Solutions, VoIP Solutions, Control, Digital Power Supply,

**Embedded Sensing & Measurement**, Industrial Drives, Motor Types,

**Ultra-low Measurement**, White Goods, Medical, AED, Biophysical Monitoring,

Digital Hearing Aids, Medical Imaging, Personal Medical Devices, Military,

Avionics, Data Communications, Electronic Countermeasures, Imaging Systems,

Munitions, Navigation, **Radar/Sonar**, Optical Networking, Optical Layer Applications

Physical Layer Applications, Security, Biometrics, Intelligent Sensing,

Telecom, HF Radios, Infrastructure Equipment, Navigation Systems,

Telecom Accessories, Wired Terminals, Video and Imaging, DLP™ Solutions,

Digital Still Cameras, **Digital TV**, Digital Video Recorders, IP Video Phone,

Portable Media Devices, Set-Top Box, Streaming Media, Surveillance IP Cameras,

Video Conferencing, Video Infrastructure, Wireless, Handsets and PDAs,

Infrastructure Equipment, RF Identification, Ultra Wideband.

# Procesory sygnałowe stało i zmiennoprzecinkowe

**Sposób reprezentacji liczb w procesorze decyduje o jego zastosowaniach:**

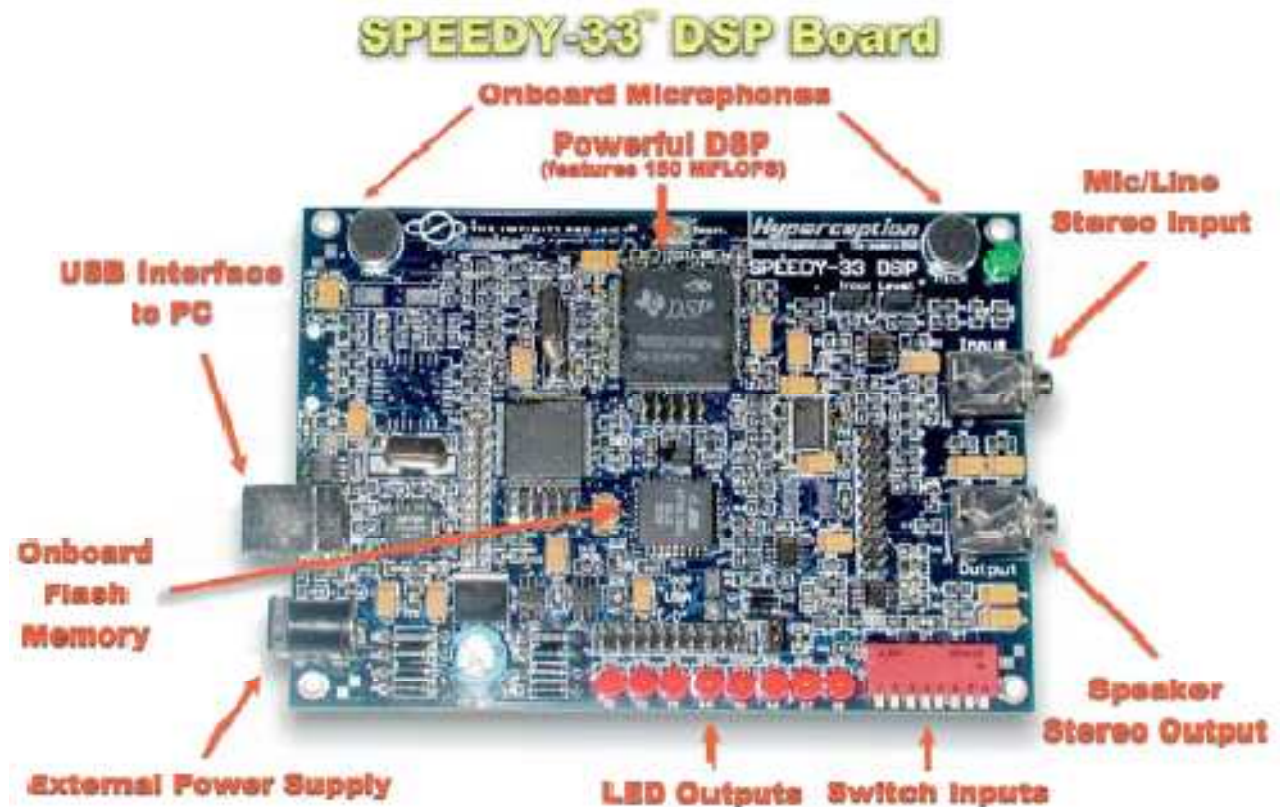
zmiennoprzecinkowe do obliczeń o wysokiej precyzji,  
zapewniają większą dynamikę,  
zapewniają większy stosunek sygnał/szum,  
pobierają więcej mocy,  
są zwykle wolniejsze i droższe.

Istnieje wiele stron www (np.: <http://www.bdti.com/index.html>)  
gdzie można porównać procesory sygnałowe różnych producentów.

# Zestawy uruchomieniowe

Firmy produkujące DSP oferują zestawy zawierające wszystkie elementy niezbędne do testowania i uruchamiania aplikacji:

- procesor DSP i pamięć,
- łączność z komputerem IBM PC
- zasilanie
- układ CODECA
- środowisko programistyczne



# Procesory DSP Texas Instruments

## Texas Instruments' TMS320 family

- ◆ Different families and sub-families exist to support different markets.

**C2000**

**C5000**

**C6000**

### Lowest Cost

#### Control Systems

- ◆ Motor Control
- ◆ Storage
- ◆ Digital Ctrl Systems

### Efficiency

#### Best MIPS per Watt / Dollar / Size

- ◆ Wireless phones
- ◆ Internet audio players
- ◆ Digital still cameras
- ◆ Modems
- ◆ Telephony
- ◆ VoIP

### Performance & Best Ease-of-Use

- ◆ Multi Channel and Multi Function App's
- ◆ Comm Infrastructure
- ◆ Wireless Base-stations
- ◆ DSL
- ◆ Imaging
- ◆ Multi-media Servers
- ◆ Video

# Procesory DSP Texas Instruments

