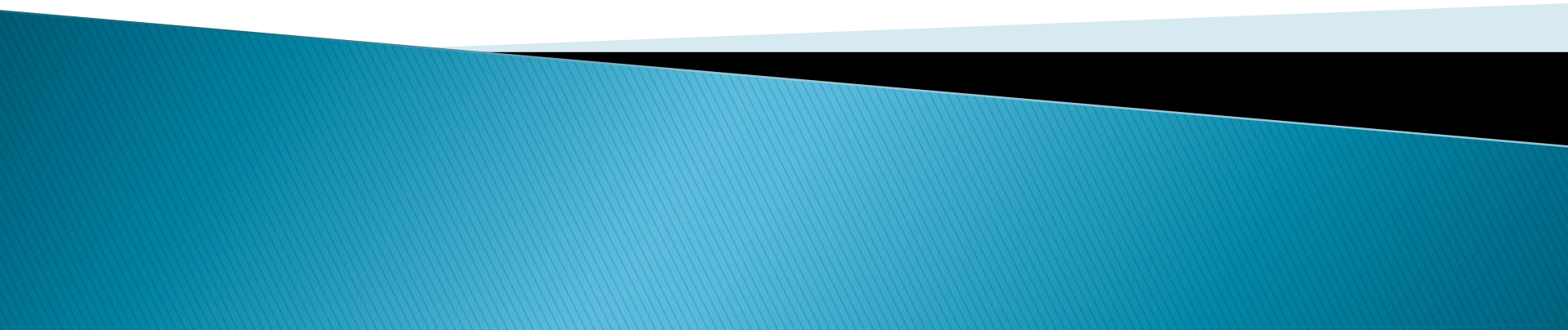
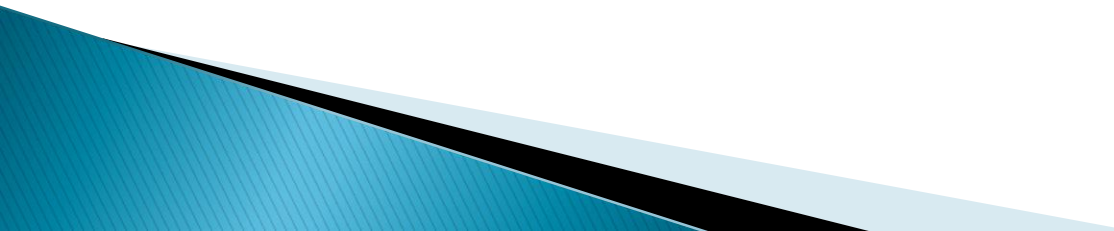


Cyfrowe przetwarzanie sygnałów w czasie rzeczywistym z wykorzystaniem platformy TMX320C5515 eZDSP USB STICK firmy Texas Instruments

Filtry cyfrowe i procesory sygnałowe

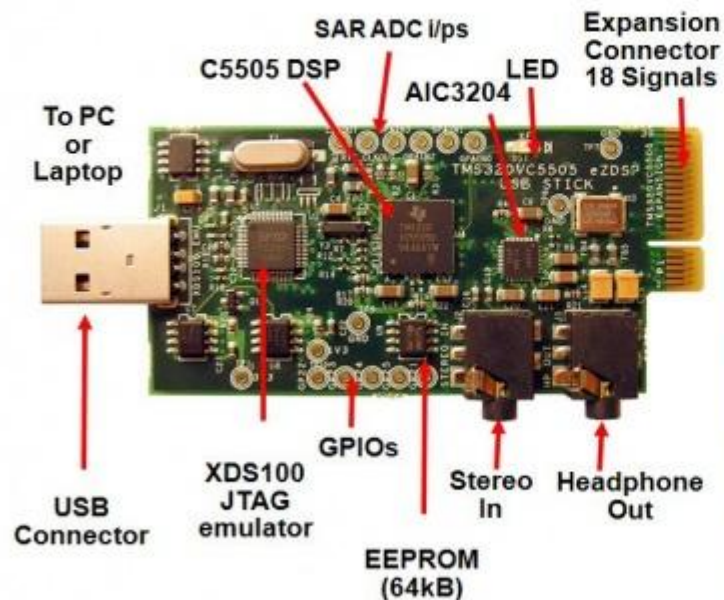


Zagadnienia

- ▶ Prezentacja nowego sprzętu do cyfrowego przetwarzania sygnałów w czasie rzeczywistym platformy TMX320C5515 eZDSP USB STICK
 - ▶ Porównanie przydatności nowego sprzętu ze starym ADSP-2181 EZ-KIT
 - ▶ kierunki rozwoju procesorów sygnałowych 16 i 32 bitowych
 - ▶ Technika programowania urządzeń działających w czasie rzeczywistym
- 

Niskobudżetowe zestawy

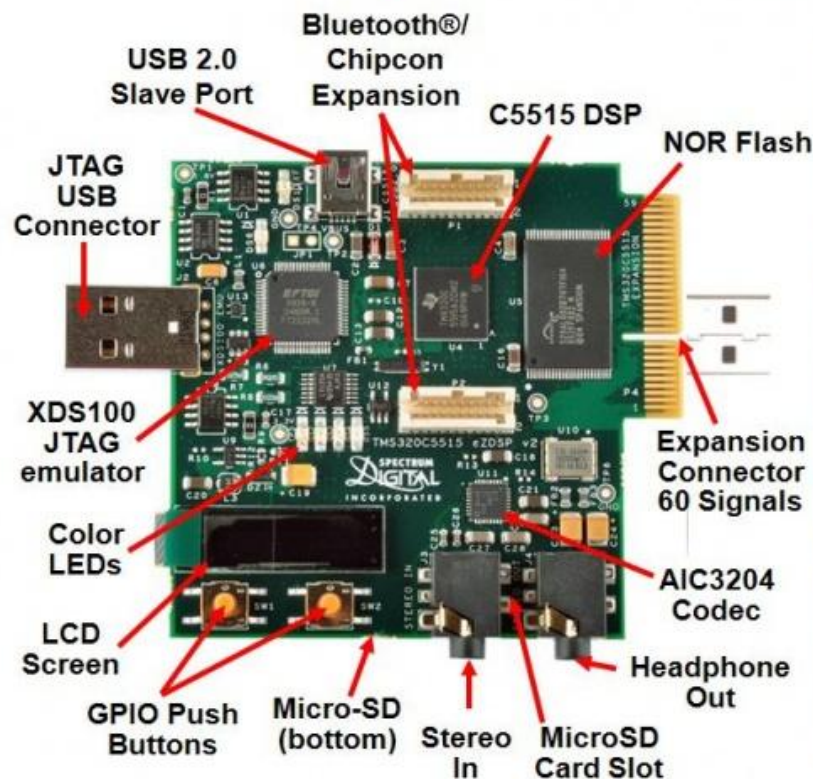
VC5505 eZdsp USB stick development tool



- On-board emulation
- Integrated audio codec
- Audio line out/line in connectors
- Extension connector (UART/SPI/I2S/I2C/GPIO)
- Simple form factor plugs into any USB host port
- Simplifies development tools setup by eliminating power and interface cables

Niskobudżetowe zestawy

C5515 eZdsp USB Stick Development Tool



- On-board emulation
- Integrated audio codec
- Audio line out/line in connectors
- USB 2.0 Slave Port
- Micro-SD Slot
- 4 MByte NOR Flash
- Extension connectors (UART/SPI/I2S/I2C/GPIO/SD)
- Simple form factor plugs into any USB host port
- Simplifies development tools setup by eliminating power and interface cables
- \$79

Porównanie ADSP-2181 i TMS320C5515

	ADSP-2181	TMS320C5515	różnica
Rok produkcji	1995	2009	2×7 lat, $2^7=128$
Maksymalna częstotliwość pracy	40 MHz	120 MHz	$3 \times$
Hardware	1 rdzeń	2 rdzenie	$2 \times$
Moc standby	$5 \text{ V} * 13 \text{ mA} = 65 \text{ mW}$	$0.44 \text{ mW} @ 1.3 \text{ V}$	$150 \times$
Moc podczas pracy	$5 \text{ V} * 73 \text{ mA} = 365 \text{ mW}$, 33 MHz	$0.22 \text{ mW/MHz} @ 1.3 \text{ V}$, 100 or 120 MHz	$16 \times$
Cena	?	Około 10\$US/1ku	
Oprogramowanie	Asembler	Głównie C + biblioteki w assemblerze	



TMS320C5514/5 Block Diagram

Core

- Dual MAC, C55x CPU with JTAG disable option
- 1.05V @ 60MHz, 1.3V @ 100MHz (120MHz available)
- Dynamic Voltage and Frequency Scaling

Memory

- 256-KB On-Chip Memory: 64-KB DARAM, 192-KB SARAM
- 128-KB ROM

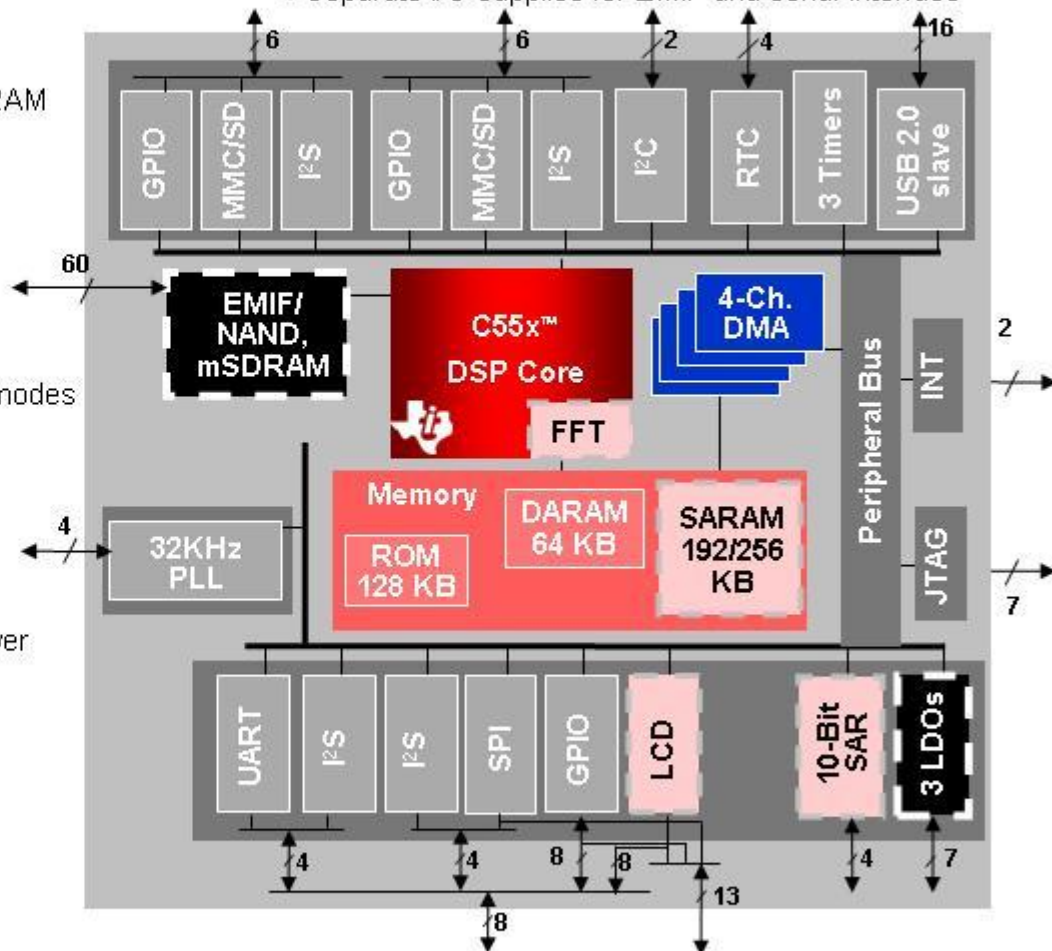
Peripherals

- Low Power FFT HWA
- Four serial busses offering combinations of I²S, UART, SPI, MMC/SD, and GPIO
- High speed USB2.0
- Multi-master and Slave I²C with 7 or 10-bit addressing modes
- Three 32-bit timers with watchdog functionality
- Four 4-Channel DMAs
- Low power PLL (0.7mA) with 32KHz crystal oscillator
- 16-bit EMIF with asynchronous SRAM, NAND (with 4-bit ECC) and SDRAM
- Real-time clock with 32-KHz crystal input, separate power
- Integrated LDOs for CPU, SAR, and USB analog

- Package: 196-pin 10x10mm BGA with 0.65mm pitch
- I/O: - 1.8V, 2.5V, 2.8V, 3.3V
 - Separate I/O supplies for EMIF and serial interface

C5515 – additional Features to C5514

- 320-KB On-Chip Memory: 64-KB DARAM, 256-KB SARAM
- 1024-point FFT Coprocessor
- LCD Bridge muxed with I²S, SPI, UART, and GPIO
- 4ch 10-bit SAR ADC



C5504/05/14/15 DSP Feature Comparison

		Software Compatibility	Integrated Peripherals	Memory	CoProcessor	Integrated Power Mgmt
Pin to Pin Compatible	Not recommended For new designs VC5504 TEXAS INSTRUMENTS	C55x DSP		256KB		1 ANA LDO
	VC5505 TEXAS INSTRUMENTS	C55x DSP	LCD I/F SAR ADC	320 KB	FFT CoP	1 ANA LDO
Pin to Pin Compatible	C5504A TEXAS INSTRUMENTS	C55x DSP		256KB SDRAM I/F		1 ANA LDO
	C5505A TEXAS INSTRUMENTS	C55x DSP	LCD I/F SAR ADC	320 KB SDRAM I/F	FFT CoP	1 ANA LDO
	C5514A TEXAS INSTRUMENTS	C55x DSP		256KB SDRAM I/F		3 LDOs Power Mgmt
	C5515A TEXAS INSTRUMENTS	C55x DSP	LCD I/F SAR ADC	320KB SDRAM I/F	FFT CoP	3 LDOs Power Mgmt
In Production		Security Options available with secure ROM and secure bootloader				

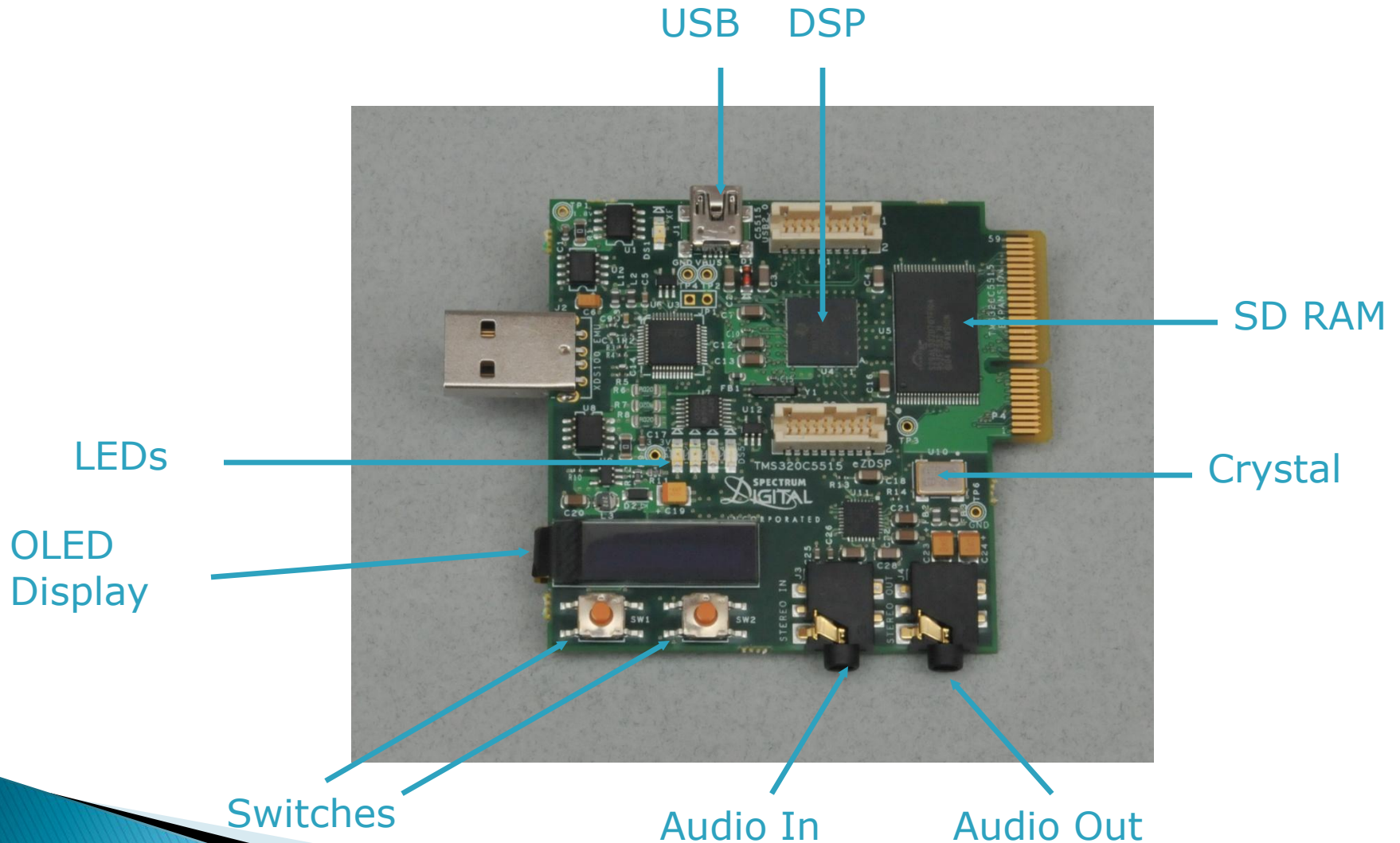
Dedykowane dla urządzeń przenośnych

- ▶ Telefony
- ▶ MP3
- ▶ MP4

Zalecane podejście do oprogramowania stałoprzecinkowych procesorów DSP

- ▶ Kolejność wykorzystania języków (technik) programowania
 - Język C ze zmiennoprzecinkową arytmetyką
 - Język C ze stałoprzecinkową arytmetyką
 - Asembler
- ▶ Zastosowanie biblioteki TMS320C55x DSP Library
 - Zawiera funkcje realizujące podstawowe operacje DSP: FIR, IIR, FFT, LMS ...
 - Biblioteka jest napisana w asemblerze
 - Próbkki mogą być przetwarzane pojedynczo i blokowo.

TMS320C5515 Top View



Expansion Connector

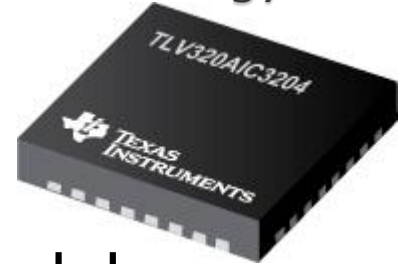


Micro SD Card Socket

Codec AIC3204

Very Low-Power Stereo Audio CODEC with Power Tune™ Technology

- ▶ Cena około 2,5\$US/1ku
- ▶ 16-to bitowy, stereo, 48 kHz (192 kHz)
- ▶ Programowalne rejestry sterujące pracą kodeka
 - 38 stron, każda może zawierać do 128 rejestrów 8-bitowych
- ▶ Programowalne filtry
 - wejściowe: 5 sekcji bikwadratowych + FIR 25. rzędu + IIR 1. rzędu
 - wyjściowe: 6 sekcji bikwadratowych + IIR 1. rzędu

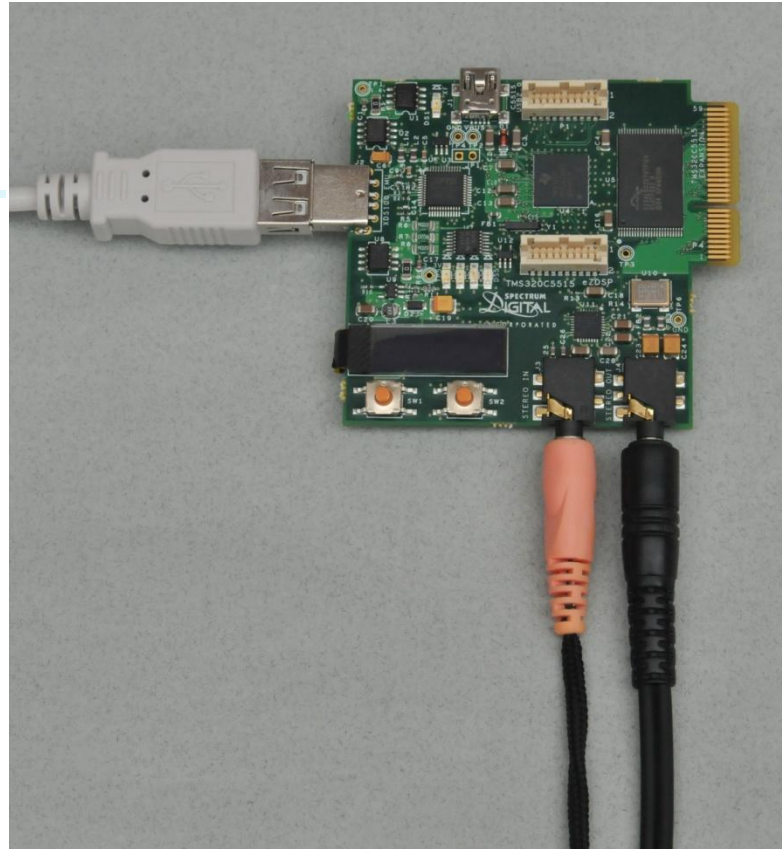


Dostępne materiały

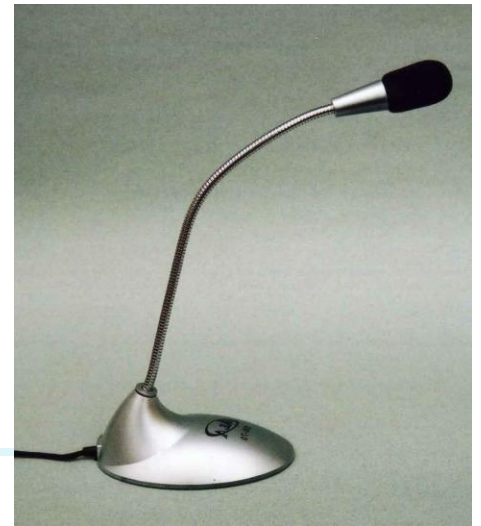
- ▶ Publikacje Texas Instruments
 - Cykl 20 wykładów na CD zawierający
 - wykłady w formie prezentacji PowerPoint i
 - gotowy kod ćwiczeń laboratoryjnych
 - Dokumentacja urządzeń i oprogramowania w formie plików PDF
- ▶ Książki
 - Sen M Kuo, Bob H Lee, Wenshun Tian: Real-Time Digital Signal Processing Implementation and Application Second Edition, John Wiley & Sons, Ltd, 2006, 650 str.
 - książka zawiera kod licznych przykładów umieszczony w treści i na dołączonym CD
- ▶ Artykuły
- ▶ Przykładowe programy z różnych źródeł
- ▶ ITU-T Recommendations

TMS320C5515 USB Stick Setup

USB to PC



Microphone



Headphones



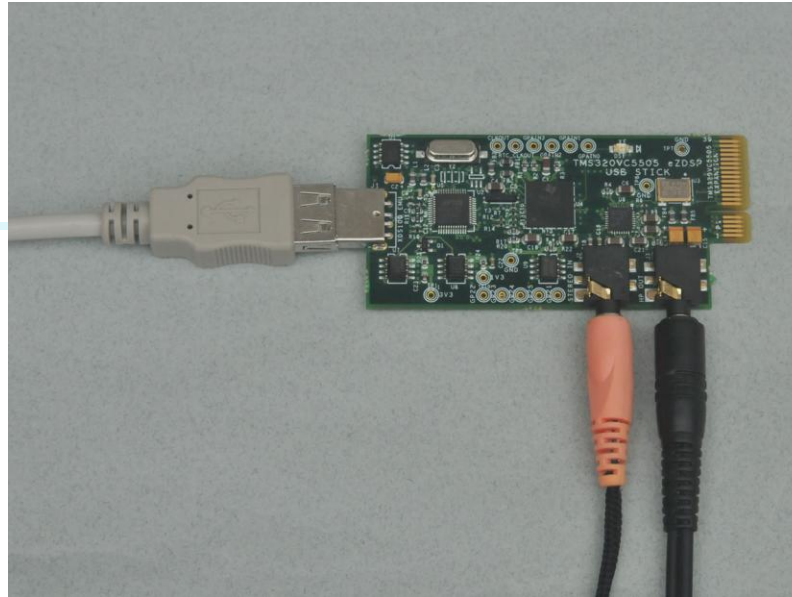
Zestaw laboratoryjny dla ćwiczeń z CD

TMS320C5505 USB Stick Setup

USB to PC



Headphones



USB Stick

CD Player

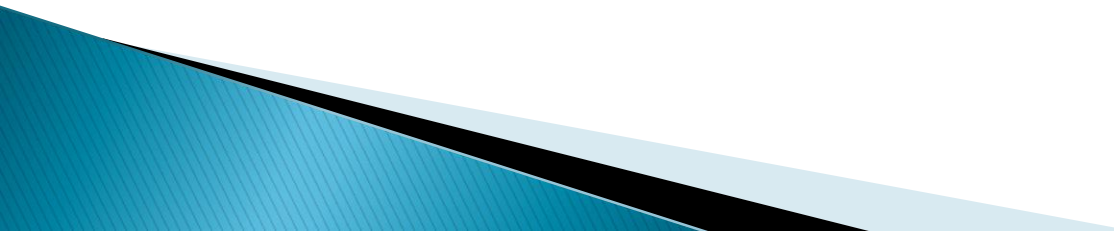


Zestaw laboratoryjny dla ćwiczeń z CD

Narzędzia

- ▶ CCS
- ▶ Matlab

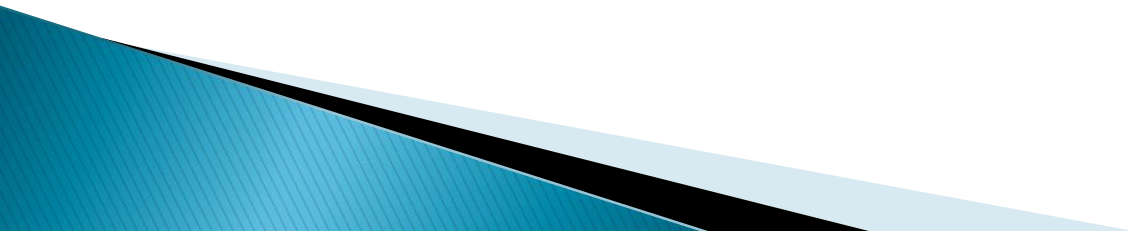
Założenia laboratorium

- ▶ Tematyką zajęć jest cyfrowe przetwarzanie sygnałów, a nie programowanie, dlatego programowanie należy ograniczyć do minimum.
 - ▶ Jeśli studenci muszą programować, to lepiej programować w C, które studenci znają, niż w assemblerze, który musieli by poznać.
 - ▶ Na wyjściu stereo dostępne są tylko dwa sygnały i pożądaną jest możliwość łatwego przełączania różnych sygnałów na wyjście, bez konieczności zmiany kodu oraz zatrzymywania i ponownego uruchamiania urządzenia
 - ▶ Pożądana jest informacja o aktualnym stanie badanego urządzenia
- 

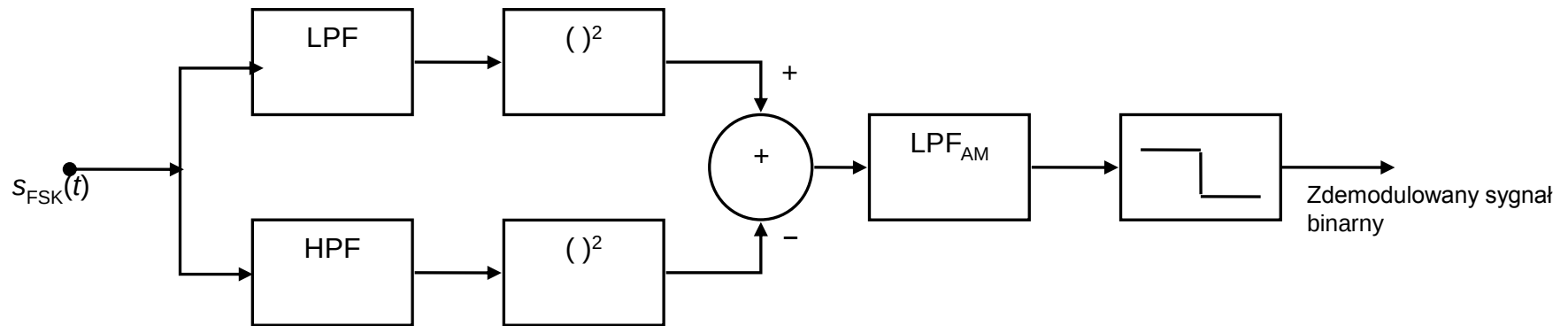
Przykład 1 – pętla audio

- ▶ Jest dostępny między innymi na CD

Przykład 2 – filtry



Niekoherentny demodulator FSK



Schemat blokowy niekoherentnego demodulatora FSK;
LPF i HPF – filtry dyskryminatorów częstotliwościowych
(dolnoprzepustowy i górnoprzepustowy),
 $(\)^2$ – podnoszenie do kwadratu,
 LPF_{AM} – filtr dolnoprzepustowy demodulatora AM

Cały kod demodulatora FSK

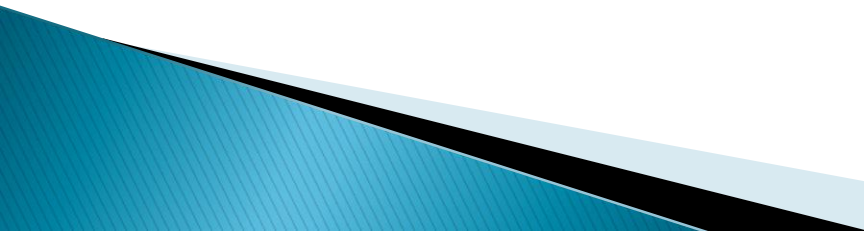
```
fir(&input, H_HP, &HP_out, buforHP, 1, N_HP);  
fir(&input, H_LP, &LP_out, buforLP, 1, N_LP);
```

```
HP_out2 = (Int16)(((long)HP_out * HP_out)>>15);  
LP_out2 = (Int16)(((long)LP_out * LP_out)>>15);
```

```
HP_minus_LP = HP_out2 - LP_out2;//odejmowanie
```

```
fir(&HP_minus_LP, H_LP_AM, &demAM1, buforLP_AM1, 1, N_LP_AM);
```

```
if(demAM1 > 0) prog1 = 32000; else prog1 = -32000;
```



Możliwości rozbudowy ćwiczenia

- ▶ Przy próbkowaniu z szybkością 8 kHz na obróbkę 1 próbki można wykorzystać 12500 taktów zegara, procedura demodulatora FSK potrzebuje maksimum 500 co stanowi 4% dostępnego czasu
- ▶ Algorytm można rozbudowywać
 - Rozszerzyć o dekodowanie ciągu nadawanych znaków, które program może drukować na konsoli CCS
 - Zwiększać odporność na szum poprzez
 - zastosowanie sieci neuronowej
 - liczenie korelacji z wzorcami
 - Obniżyć częstotliwości taktowania i moc strat procesora

ZX Spectrum potrafił dekodować transmisję F1

Zastosowanie w laboratorium urządzenia TMX320C5515 eZDSP USB STICK jest istotnym postępowaniem w porównaniu z ADSP-2181 EZ-KIT

- ▶ Zalety TMX320C5515 eZDSP USB STICK
 - Prostota programowania w języku C zamiast w assemblerze
 - Bogata biblioteka funkcji DSP
 - Duża ilość materiałów pomocniczych – książki, prezentacje i artykuły
 - Przyciski i wyświetlacz pomagają w tworzeniu efektywnych ćwiczeń – zapewniając łatwe i czytelne przełączanie obserwowanych sygnałów
 - Szybka transmisja kodu przez USB
 - Brak zasilacza ułatwia pracę i zachowanie porządku w laboratorium
 - Szybsza praca procesora pozwala na tworzenie bardziej zaawansowanych ćwiczeń