

# DSP dla każdego (1)

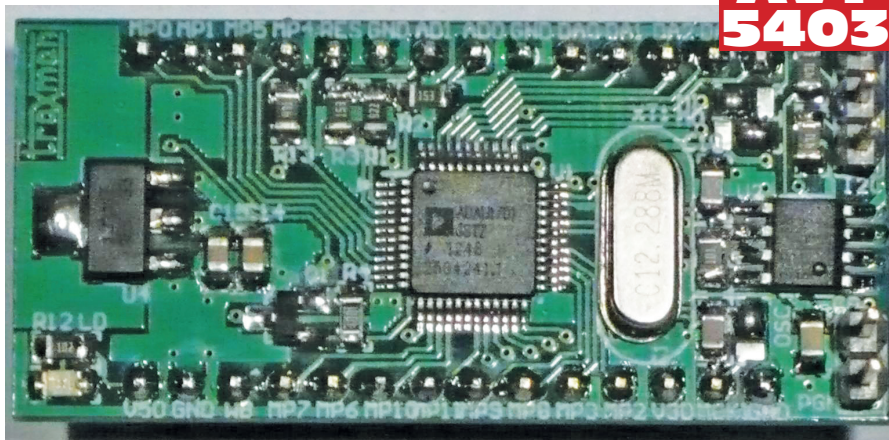
## Zestaw z STK\_ADAU1701

Firma Analog Devices ma w ofercie kilkanaście procesorów sygnałowych, a wśród nich znajduje się bardzo interesująca rodzina SigmaDSP. Charakterystyczną cechą i jednocześnie największą zaletą układów z tej grupy jest darmowe oprogramowanie narzędziowe SigmaStudio. Jest to środowisko graficzne, w którym „rysujemy” schemat z gotowych, parametryzowanych bloków funkcjonalnych. Zwalnia to z konieczności opanowywania asemblera DSP i zagłębiania się w tony dokumentacji. Dzięki niewielkiemu nakładowi sił potrzebnych na opanowanie oprogramowania SigmaDSP możliwa jest realizacja nawet złożonych projektów w bardzo krótkim czasie, co do tej pory nie było możliwe, a procesory DSP były przeznaczone tylko dla specjalistów.

**Rekomendacje:** projekt ma spore walory użytkowe i edukacyjne, przyda się nie tylko do zestawu audio, ale również w laboratorium uczelnianym.

Niestety, firma Analog Devices nie wpisuje się w trend wyznaczony przez firmy np.: TI, NXP, STM. Są to wytwórcy zestawów uruchomieniowych za kilka dolarów. Sam programator USB od Analoga kosztuje prawie 100\$, a ceny zestawów startowych również są wysokie. Na szczęście ograniczenie można obejść, rezygnując nieco z wygody pracy z programatorem USB, przy wykorzystaniu dowolnego programatora pamięci EEPROM I<sup>2</sup>C.

Z rodziny SigmaDSP jako serce układu prototypowego wybrałem ADAU1701. Jest on dostępny w cenie kilku dolarów za sztukę, ma obudowę TQFP48, którą da się łatwo przylutować nawet w warunkach domowych. Przy tym układ ADAU1701 jest nie tylko procesorem DSP, ale całym, zintegrowanym systemem cyfrowej obróbki sygnału audio. Schemat blokowy ADAU1701



zamieszczono na **rysunku 1**. Najważniejsze funkcje i parametry ADAU1701 są następujące:

- zgodność z graficznym oprogramowaniem SigmaStudio,
- 50 MIPS wydajności, 28/56-bitowe DSP,
- wbudowany oscylator i konfigurowalny blok PLL,
- obsługa częstotliwości próbkowania do 192 kHz,
- dwa przetworniki A/C (SNR 100 dB),
- cztery przetworniki C/A (SNR 104 dB),
- interfejs zgodny z I<sup>2</sup>S dla bezpośredniej cyfrowej obróbki sygnału z pominięciem A/C-C/A,
- wejścia programowalne GPIO, w tym cztery analogowe GPIO-ADC, dla realizacji interfejsów użytkownika w trybie pracy samodzielnej,
- obsługa zewnętrznej pamięci programu i konfiguracji I<sup>2</sup>C (24LC256),
- możliwa praca samodzielna, bez procesora sterującego,
- zasilanie 3,3 V, wbudowany stabilizator dla rdzenia 1,8 V.

Opisywany zestaw uruchomieniowy składa się z dwóch płytek: płytki z procesorem ADAU1701\_MB, której schemat pokazano na **rysunku 2** oraz płytki zasilacza i przyłączy ADAU1701\_CNB, która będzie opisana w drugiej części artykułu.

Głównym elementem zestawu jest układ scalony ADAU1701 (U1). Moduł jest zasilany napięciem zewnętrznym 5 V, którego obecność sygnalizuje świecenie się diody LD. Wewnętrzne zasilanie 3,3 V zapewnia stabilizator U4. Napięcie 3,3 V jest rozdzielone na zasilanie części analogowej V3A i cyfrowej V3D za pomocą filtra złożonego z dławików L1 i L2. Zespoły konden-

### W ofercie AVT\* AVT-5403 A

#### Podstawowe informacje:

- Płytki uniwersalna z układem firmy Analog Devices ADAU1701.
- Umożliwia łatwe zapoznanie się z podstawowymi funkcjami DSP.
- Programowanie za pomocą SigmaStudio.
- Zasilanie +5 V/120 mA.

#### Dodatkowe materiały na CD/FTP:

<ftp://ep.com.pl>, user: 52617, pass: 30ct328

- wzory płytek PCB
- karty katalogowe i noty aplikacyjne elementów oznaczonych w Wykazie elementów kolorem czerwonym

#### Projekty pokrewne na CD/FTP:

(wymienione artykuły są w całości dostępne na CD)

- AVT-5385 Przetwornik D/A z układem TDA1541 (EP 3/2013)
- AVT-5359 1-bitowy przetwornik A/D wysokiej klasy (EP 9/2012)
- AVT-5346 Wielobitowy przetwornik cyfrowo-analogowy audio z PCM1704 (EP 6-7/2012)
- AVT-5335 DAC TDA1543 (EP 3/2012)
- AVT-5188 Kompaktowy przetwornik C/A dla Audiofilów (EP 6/2009)

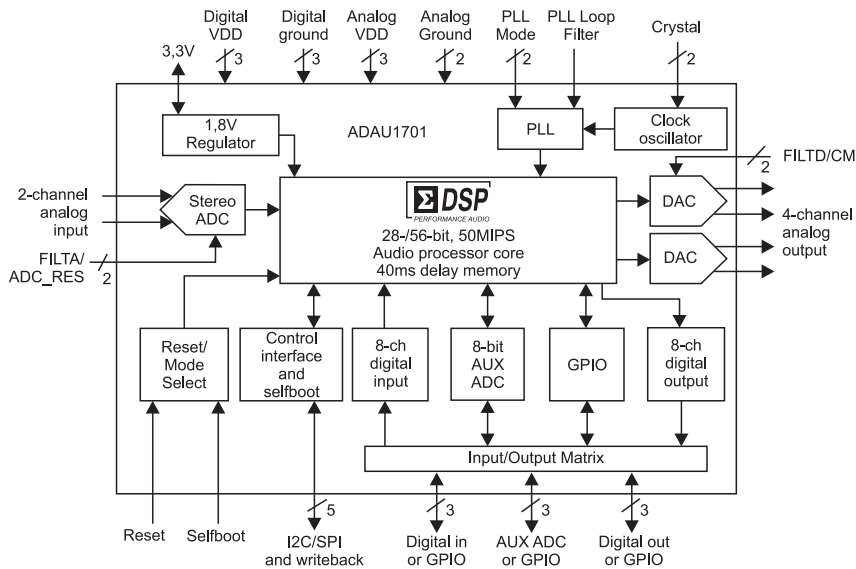
#### \* Uwaga:

Zestawy AVT mogą występować w następujących wersjach:  
 AVT xxxx UK to zaprogramowany układ. Tylko i wyłącznie. Bez elementów dodatkowych.  
 AVT xxxx A płytki drukowana PCB (lub płytki drukowane, jeśli w opisie wyraźnie zaznaczono), bez elementów dodatkowych.  
 AVT xxxx A+ płytki drukowana i zaprogramowany układ (czyli połączenie wersji A i wersji UK) bez elementów dodatkowych.  
 AVT xxxx B płytki drukowana (lub płytki) oraz komplet elementów wymieniony w załączniku pdf  
 AVT xxxx C to nie innego jak zmodyfikowany zestaw B, czyli elementy wstawione w PCB. Należy mieć na uwadze, że o ile nie zaznaczono wyraźnie w opisie, zestaw ten nie ma obudowy ani elementów dodatkowych, które nie zostały wymienione w załączniku pdf  
 AVT xxxx CD oprogramowanie (nieczęsto spotykana wersja, lecz jeśli występuje, to niezbędne oprogramowanie można ściągnąć, klikając w link umieszczony w opisie ktu)

Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz! (UK, A, A+, B lub C). <http://sklep.avt.pl>

satorów ceramicznych i tantalowych (np. C7, CE5) odsprzęgają zasilanie poszczególnych bloków funkcjonalnych ADAU1701. Układ U1 ma wbudowany stabilizator napięcia dla rdzenia DSP (1,8 V). Konieczną wydajność prądową zapewnia Q1. Kondensatory CE4, C6, C8 odsprzęgają zasilanie rdzenia DSP. Układ U3 typu MCP100T-3 zapewnia sygnał zerowania układu U1 po włączeniu zasilania.

Układ U1 jest skonfigurowany do pracy samodzielnej, bez zewnętrznego kontrolera sterującego (SELFBOT mode). Do przechowywania danych w trybie samodzielny służy pamięć 24FC256 (U2) z interfejsem I<sup>2</sup>C. Rezystory R5...R7 podciągają sy-



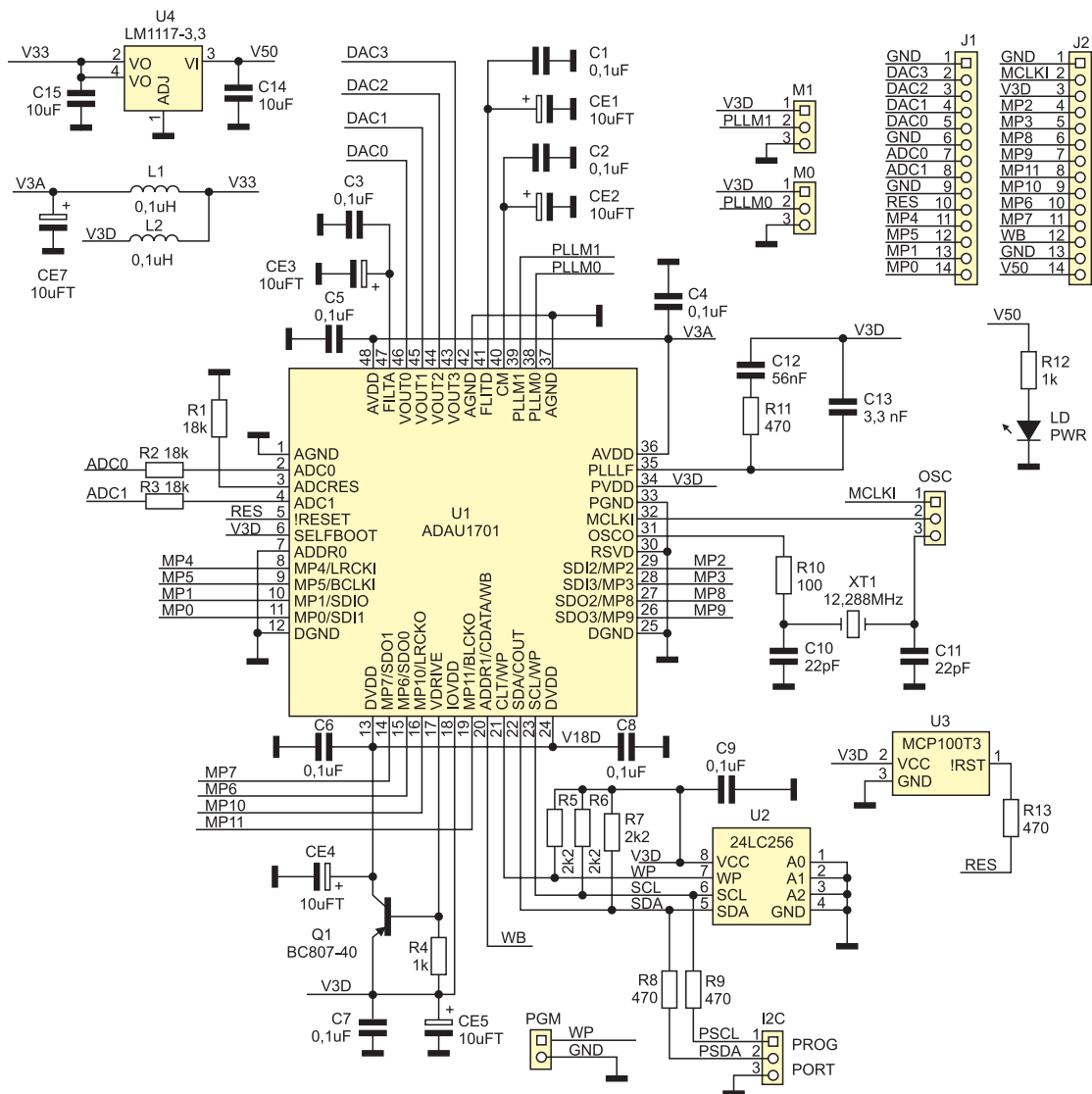
Rysunek 1. Schemat blokowy ADAU1701 (za notą AD)

gnały sterujące. Sygnały interfejsu I<sup>2</sup>C wyprowadzone są na złącze programowania I<sup>2</sup>C. Zwora PGM umożliwia wprowadzenie wyjść I<sup>2</sup>C układu U1 w stan wysokiej impedancji, umożliwiając programowanie U2

w systemie za pomocą zewnętrznego programatora np. USBi. W trakcie programowania zwora PGM musi być zwarta.

Podczas pracy samodzielnej, szczególnie, gdy U1 współpracuje z GPIO, których

stan musi zostać zapamiętany nawet po wyłączeniu zasilania lub wymagają zapamiętania parametry z obróbki sygnału, układ U1 ma możliwość zapisu tych danych do pamięci EEPROM. Do wyzwolenia procedury zapisu służy narastające zboczne sygnału WB (WriteBack) generowane przez układ zewnętrznej detekcji zaniku zasilania. Po wykryciu sygnału WB, układ U1 wystawia zerowe wyjście WP i zapisuje pamięć danymi koniecznymi do ponownego prawidłowego uruchomienia programu DSP. Cykl WB jest jednorazowy i kończy pracę procesora, niezależnie od ilości wyzwoleń WB. Przez ten czas, oczywiście, musi być zapewnione poprawne zasilanie 3,3 V, aby nie zadziałał układ zerowania i nie uszkodził danych zapisywanych do pamięci. Wystarczy w tym celu odpowiednio dobrać pojemności w obwodach zasilających, tak aby przez ok. 1 ms od zbocza WB, nie wystąpił sygnał *RESET*. Należy zapewnić także, aby narastające zboczne WB nie pojawiło się podczas załączenia zasilania już po zakończeniu cyklu *RESET*, gdyż wygeneruje procedurę zapisu i zakończy pracę procesora.



Rysunek 2. Schemat ideowy modułu ADAU1701\_MB

Układ U1 domyślnie pracuje przy  $f_s=48$  kHz. Jest taktowany oscylatorem kwarcowym 12,288 MHz, ( $256 \times 48$  kHz). Kondensatory C10 i C11 oraz rezystor R10 zapewniają prawidłową pracę oscylatora. W niewielkim zakresie możliwe są sprzętowe zmiany częstotliwości oscylatora np. dla  $f_s=44,1$  kHz ( $\times 256$ ) kwarc musi mieć częstotliwość 11,2896 MHz.

W wypadku pracy z zewnętrznym sygnałem cyfrowym I<sup>2</sup>S, oscylator zostaje

### Wykaz elementów

#### Rezystory:

R1\*: 18,2 k $\Omega$  (SMD 0805, 1%)  
 R2\*, R3\*: 8,06 k $\Omega$  (SMD 0805, 1%)  
 R4, R12: 1 k $\Omega$  (SMD 0805)  
 R5...R7: 2,2 k $\Omega$  (SMD 0805)  
 R8, R9, R11, R13: 470  $\Omega$  (SMD 0805)  
 R10: 100  $\Omega$  (SMD 0805)

#### Kondensatory:

C1...C9: 0,1  $\mu$ F SMD 0805  
 C10, C11: 22 pF (SMD 0805)  
 C12: 56 nF (SMD 0805)  
 C13: 3,3 nF (SMD 0805)  
 C14, C15: 10  $\mu$ F (SMD 0805)  
 CE1...CE5, CE7: 10  $\mu$ F (tantalowy „A”)

#### Półprzewodniki:

U1: ADAU1701 (VQFP48)  
 U2: 24LC256 (SO-8)  
 U3: MCP100T3 (SOT-23)  
 U4: LM1117-3.3 (SOT-223)  
 LD: dioda LED SMD (wielkość 0805)  
 Q1: BC807-40 (SOT-23)

#### Inne:

I2C: listwa męska SIL3 $\times$ 2,54 mm  
 J1, J2: listwa męska SIL14 $\times$ 2,54 mm  
 L1, L2: 0,1  $\mu$ H/100 mA (dławik SMD)  
 M0, M1, OSC: zwora na płytce drukowanej  
 PGM: listwa SIL2 $\times$ 2,54 + zwora  
 XT1: 12,288 MHz (HC49S)  
 \* opis w tekście

Tabela 1. Wybór mnożnika  $f_s$

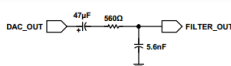
$f_s$	M0	M1
64	GND	GND
256*	GND	V3D
384	V3D	GND
512	V3D	V3D

(\* domyślne ustawienia dla 48kHz)

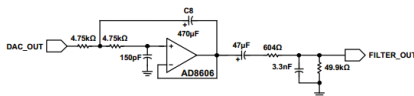
Tabela 2. Dobór elementów A/C

Uwe rms	R1	R2,R3	Rwe
0.9V*	18k	7k	9k
1.0V	18k	8k	10k
2.0V	18k	18k	20k

\*0,9 Vrms A/C odpowiada pełnemu zakresowi napięć C/A



Rysunek 3. Proponowany przez AD filtr pasywny (za notą AD)



Rysunek 4. Proponowany przez AD filtr aktywny (za notą AD)

wyłączony zworą OSC (punkt lutowniczy OSC), a do wejścia MCLKI musi zostać doprowadzony sygnał MCLK z odbiornika I<sup>2</sup>S. Zwory M0/M1 umożliwiają wybór mnożnika  $f_s$  dla wewnętrznego układu PLL zgodnie z tabelą 1. Mnożnik  $256 \times f_s$  jest ustawiony domyślnie.

Rezystor R11 oraz kondensatory C12 i C13 są elementami filtra generatora PLL. Dla poprawnej pracy PLL elementy muszą mieć tolerancję nie większą niż 10%.

Sygnały GPIO MP0...MP11 umożliwiają sterowanie lub sygnalizację pracy DSP. Linie GPIO są zgodne z 3,3 V, każda z nich może być skonfigurowana w SigmaStudio jako wejście, wyjście lub pełnić funkcję specjalną np. doprowadzenia interfejsu I<sup>2</sup>S. Wejścia MP2, MP3, MP8, MP9 są przeznaczone do współpracy z sygnałami analogowymi poprzez ADC z GPIO. Oprogramowanie SigmaStudio umożliwia obsługę wejść GPIO do odczytu klawiszy, enkoderów, potencjometrów lub wyjść do sterowania LED itp. W zależności od wybranego układu manipulacyjnego, konieczne jest dopasowanie interfejsu sprzętowego. Dokładnie omówione zostanie to w drugiej części artykułu. Wszystkie piny GPIO doprowadzone są do złącza płytki ADAU1701.

DSP zawiera dwukanałowy przetwornik A/C. Sygnał wejściowy jest doprowadzony poprzez rezystory R2 i R3 do wejść ADC0, i ADC1. Rezystor R1 ustala zakres napięć wejściowych A/C. Zależność zakresu napięcia wejściowego i rezystancji wejściowej umieszczono w tabeli 2.

Wartość rezystancji zależy od  $f_s$ . Dobór R1...R3, musi uwzględniać odpowiednieysterowanie przetwornika A/C, aby wykorzystać pełen zakres dynamiczny, ale nie dopuścić do jego przesterowania. Dokładne informacje na temat doboru zamieszczone są w karcie katalogowej ADAU1701.

Wejścia A/C wymagają separacji galwanicznej poprzez kondensatory o pojemności 22...100  $\mu$ F, zależnie od Rwe i oczekiwanej, dolnej częstotliwości pasma przeniesienia. Należy pamiętać o tym, jeżeli płytka będzie używana we własnej aplikacji – bez odpowiedniego modułu bazowego. Jeżeli aplikacja wymaga, można zastosować na wejściu wtórnik zwiększający Rwe oraz filtr dolnoprzepustowy ograniczający wpływ sygnałów ponadakustycznych na przetwarzany sygnał. Można go zbudować w oparciu o precyzyjne wzmacniacze operacyjne np. zalecane przez producenta AD860x. Jako R1...R3 jest konieczne użycie rezystorów precyzyjnych o tolerancji nie gorszej niż 1%, ponieważ mają one bezpośredni wpływ na wynik konwersji. Jeżeli nie używamy A/C, wejścia mogą pozostać niepodłączone.

Ostatnim elementem struktury ADAU1701 są wbudowane cztery prze-

tworniki C/A o zakresie napięcia wyjściowego 0,9 Vrms. Pracują one w konfiguracji odwracającej. Jeżeli DSP musi zachować fazę sygnału, to po przetworzeniu jest konieczne programowe jej odwrócenie w SigmaStudio lub zastosowanie filtra/bufora odwracającego. Wyjścia z C/A wymagają odfiltrowania niepożądanych harmonicznych powstałych po konwersji C/A. Płytkę ADAU1701\_MB nie ma wbudowanego filtra. Należy go zastosować w zależności od potrzeb. Producent proponuje tani filtr pasywny lub układ aktywny oparty o wzmacniacze operacyjne o znacznie lepszych parametrach tłumienia. W płytce bazowej modelu zastosowano tańszy filtr pasywny. Przykładowe konfiguracje filtrów przedstawiono na rysunku 3 i rysunku 4 (za notą AD). Ze względu na występowanie składowej stałej na wyjściu przetwornika C/A, podobnie jak dla A/C, jest konieczne jego odseparowanie za pomocą kondensatora sprzęgającego.

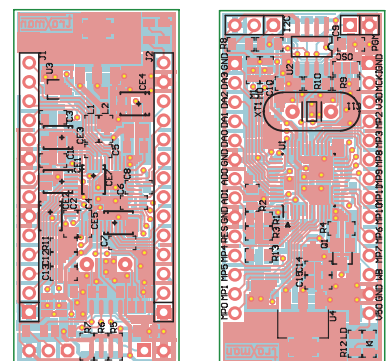
## Montaż

Moduł ADAU1701\_MB jest zmontowany na niewielkiej, dwustronnej płytce drukowanej. Wszystkie sygnały GPIO, A/C oraz C/A wyprowadzone są na złącza szpilkowe J1 i J2 umożliwiające wykorzystanie modułu jako gotowego „klocka DSP” we własnych projektach, niezależnie od proponowanej płytki bazowej. Schemat montażowy płytki pokazano na rysunku 5.

Sposób montażu jest typowy i nie wymaga opisu, należy tylko sprawdzić jego poprawność. W modelu złącza J1 i J2 wlutowano od spodu umożliwiając wykorzystanie modułu nawet z płytką stykową lub prototypową. Złącze I<sup>2</sup>C jest wlutowane od góry ułatwiając podłączenie programatora. Przed uruchomieniem należy dobrać zgodnie z opisem rezystancje R1...R3 oraz skonfigurować układ oscylatora zworami M0, M1, OSC. Moduł wymaga zasilania +5 V/120 mA.

Uruchomienie modułu, współpraca z SigmaStudio oraz przykładowy projekt zostanie omówiony w następnej części artykułu – zapraszam do lektury.

Adam Tatuś, EP



Rysunek 5. Rozmieszczenie elementów