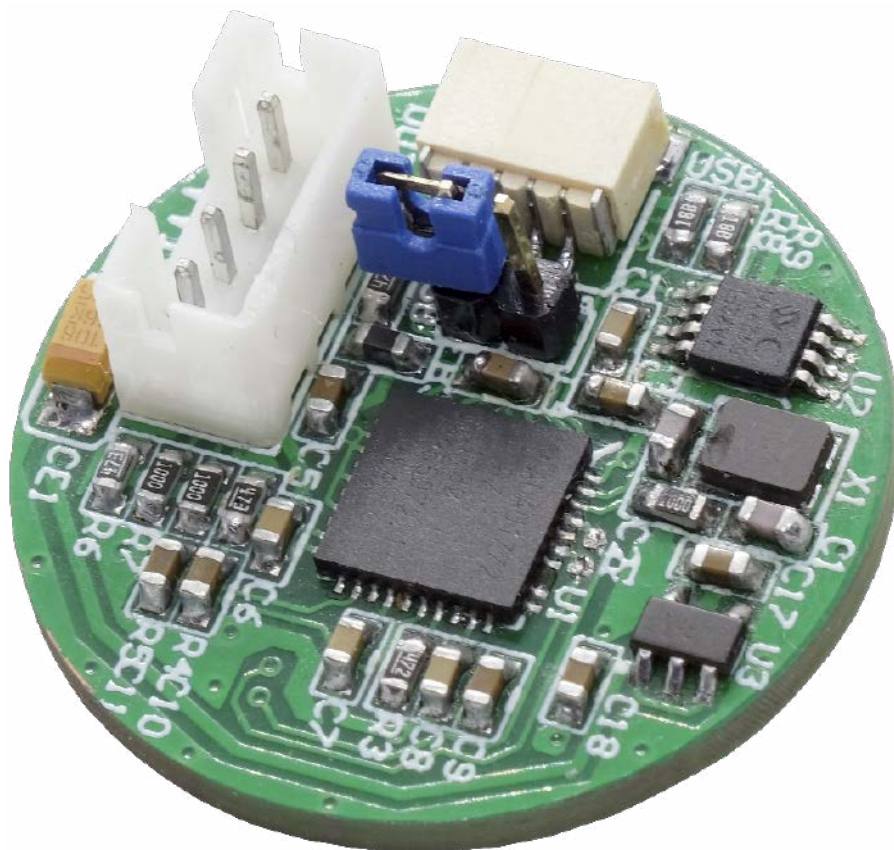


Cyfrowy stereofoniczny mikrofon z procesorem DSP

Jest to niewielki stereofoniczny mikrofon z całkowicie cyfrowym torem przetwarzania sygnału.

Układ może znaleźć zastosowanie w radiokomunikacji, układach detekcji i rozpoznania mowy lub jako mikrofon używany podczas Webinariów, gdzie często jakość dźwięku mocno odstaje od jakości obrazu. Ze względu na funkcjonalność definiowaną programowo układ może być łatwo zoptymalizowany do innych zastosowań.



W module zastosowano cyfrowe mikrofony PDM typu MP34DT05 oraz procesor ADAU1772, znany Czytelnikom z projektu PicoDSP. Zastosowanie mikrofonów z cyfrowym interfejsem PDM umożliwia eliminację analogowych bloków wzmacnienia, znacząco upraszczając budowę układu. Układ ADAU1772 w swojej strukturze wewnętrznej, która została pokazana na **rysunku 1**, integruje nie tylko rdzeń DSP, ale także kodek audio z przedwzmacniaczami, bloki programowalnego wzmacnienia PGA oraz pomocnicze układy peryferyjne takie jak układ polaryzacji dla mikrofonów pojemnościowych, generatory transmisji szeregowej I²S/PDM umożliwiające realizację kompleksowego toru audio z obróbką DSP. Ze względu na przeznaczenie układu ADAU1772 do aplikacji mobilnych, cechuje się on niewielkim poborem mocy przy zachowaniu dużych możliwości kształtowania sygnału.

Podstawowe cechy procesora ADAU1772:

- obróbka sygnału z częstotliwością próbkowania do 192 kHz, z niską latencją,
- 4 przetworniki A/D 24-bitowe z programowanym PGA,
- 2 przetworniki D/A 24-bitowe,
- wbudowane obwody polaryzacji dla mikrofonów elektretowych,

- wbudowany driver dla słuchawek niskomowych (do 30 mW na 16 Ω),
- interfejs dwukierunkowy I²S, TDM, PDM,
- 7 konfigurowalnych portów GPIO,
- tryb Selfboot, umożliwiający pracę bez zewnętrznego mikrokontrolera,
- napięcie zasilania 1,8...3,3 V, niski pobór mocy (<50 mW),
- łatwe programowanie w graficznym środowisku Sigma Studio (od wersji 3.14).

Budowa i działanie

Schemat urządzenia został pokazany na **rysunku 2**. Procesor U1 współpracuje z dwoma cyfrowymi mikrofonami MIC1 i MIC2 poprzez interfejs PDM. Mikrofony typu MP34DT05 wykonywane są jako moduły monofoniczne, ale oczywiście mogą pracować parami w trybie stereo. Wybór aktywnego

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.media.avt.pl

W ofercie AVT* AVT5864

Podstawowe parametry:

- stereofoniczny mikrofon z cyfrowym torem przetwarzania sygnału,
- kształtowanie charakterystyki sygnału np. dla poprawienia wyrazistości mowy,
- poziom sygnału wyjściowego ograniczany cyfrowym limiterem,
- niewielki pobór prądu – przy zasilaniu 4,5 V wynosi ok. 5 mA.

Projekty pokrewne na www.media.avt.pl:

- AVT-5758 Wielokanałowy mikrofon cyfrowy (EP 7/2020)
- AVT-1968 Miniaturyowy przedwzmacniacz mikrofonowy z układem SSM2167 (EP 9/2017)
- AVT-5559 Przedwzmacniacz mikrofonowy o wysokiej jakości (EP 11/2016)
- AVT-1837 Przedwzmacniacz do mikrofonu piezoelektrycznego (EP 12/2014)

*** Uwaga!** Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu. Wymagana umiejętność lutowania!

Podstawową wersją zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wlutować w dołączoną płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podłączona w opisie kitu.

Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:

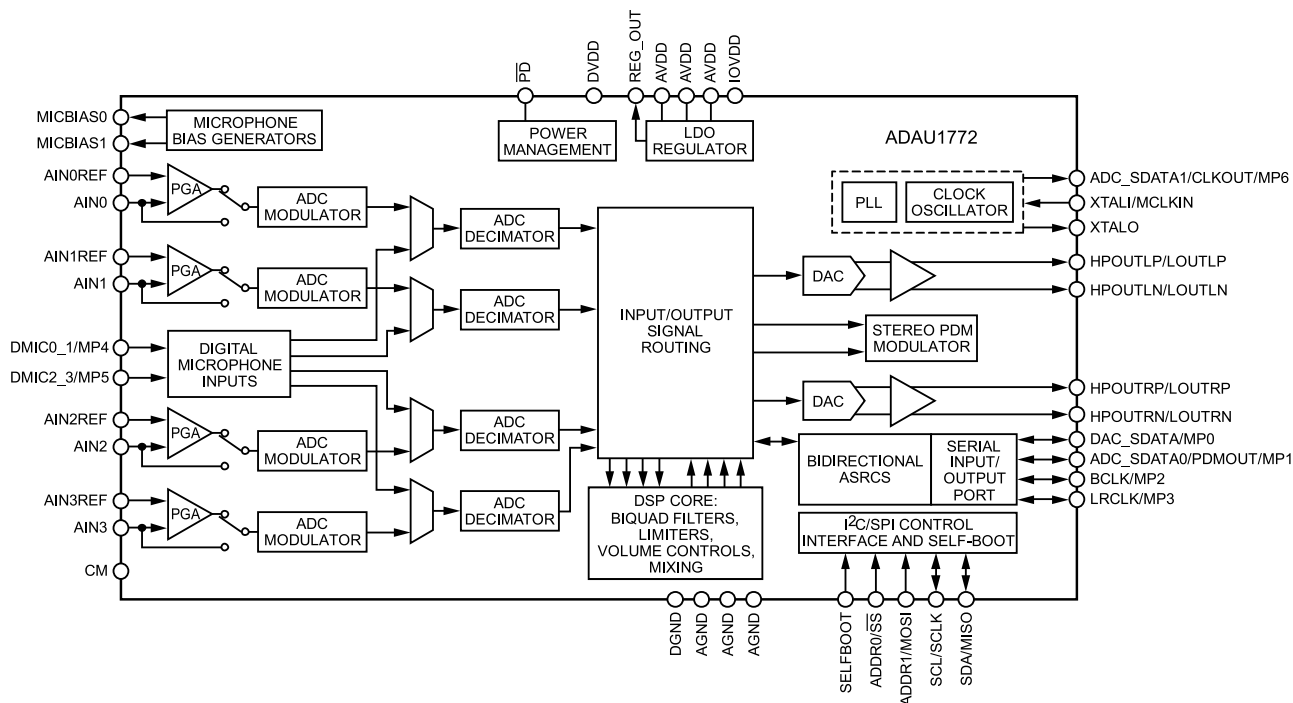
- wersja [C] – zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw [B] (elementy wlutowane w płytkę PCB)
- wersja [A] – płytkę drukowaną bez elementów i dokumentacji Kity w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:

- wersja [A*] – płytkę drukowaną [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja na załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz!

<http://sklep.avt.pl>. W przypadku braku dostępności na <http://sklep.avt.pl>, osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: kity@avt.pl.

UWAGA: pamięć Eeprom i DSP pracują z zasilaniem 1,8 V, przed podłączeniem programatora USBi należy ustawić na nim zworę zasilania w położeniu „1,8 V”. Podłączenie programatora USBi w starej lub alternatywnej wersji wspierającej tylko sygnały standardu 3,3 V uszkodzi procesor DSP.

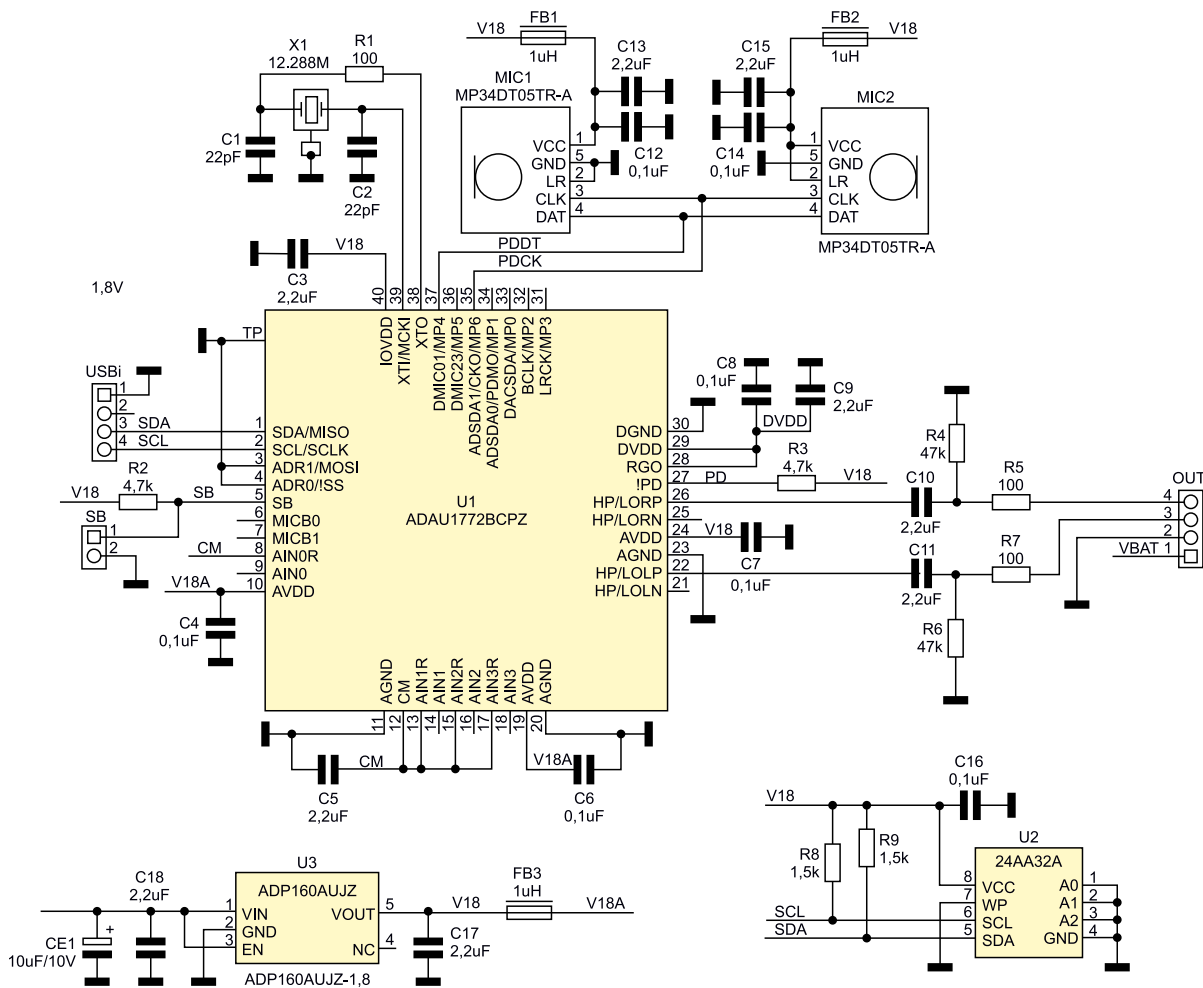


Rysunek 1. Struktura wewnętrzna ADAU1772

kanалу PDM, możliwy jest przez konfigurację sprzętową i odpowiednią polaryzację wyprowadzenia wyboru kanału LR. Zasilanie mikrofonów jest odsprężane filtrami z elementami FB1, FB2, C12...C15.

Oscylator X1 o częstotliwości 12,288 MHz zapewni taktowanie procesora DSP. Analogowy sygnał wyjściowy i zasilanie układu wyprowadzone są na złącze OUT. Układ U3 typu ADP160-1.8 dostarcza napięcia

zasilania 1,8 V. Układ zasilany jest z baterii 2...3×LR6 lub akumulatora LiPo 4,2 V. Zakres napięcia zasilania ograniczony parametrami stabilizatora U3, powinien zawierać się w przedziale 2,2...5,5 V. Wbudowany w DSP



Rysunek 2. Schemat ideowy urządzenia

Wykaz elementów:**Rezystory:** (SMD0603 1%)

R1, R5, R7: 100 Ω

R2, R3: 4,7 kΩ

R4, R6: 47 kΩ

R8, R9: 1,5 kΩ

Kondensatory:

C1, C2: 22 pF SMD0603

C3, C5, C9, C10, C11, C13, C15, C17, C18:

2,2 μF SMD0603

C4, C6, C7, C8, C12, C14, C16: 0,1 μF

SMD0603

CE1: 10 μF/10 V tantalowy SMD A

Półprzewodniki:

MIC1, MIC2: mikrofon PDM typu

MP34DT05TR-A HCLGA4

U1: ADAU1772BCPZ (LFCSP40)

U2: 24AA32A (MSOP8)

U3: ADP160AUJZ-1.8 (SOT-23-5)

Pozostałe:

FB1, FB2, FB3: 1 μH koralik ferrytowy

1000 Ω SMD603

OUT: złącze B4B 2 mm 4 piny proste

SB: listwa SIP2 2 mm + zwora

USBi: złącze JST 1 mm kątowe

X1: rezonator kwarcowy 12,288 MHz

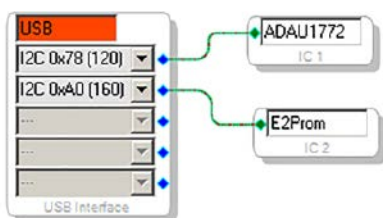
CFPX-180

potomniczy stabilizator LDO dostarcza napięcia DVDD = 1,1 V dla zasilania rdzenia DSP. Całkowity pobór prądu przy zasilaniu 4,5 V wynosi ok. 5 mA.

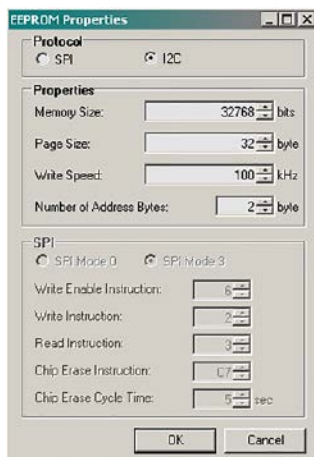
Pamięć U2 typu 24AA32 służy do przechowywania aplikacji DSP. Zwora SB umożliwia wybór trybu pracy U1, stan wysoki wprowadzenia SB wprowadza DSP w tryb pracy samodzielnej Selfboot, gdzie program pobierany jest każdorazowo podczas włączenia zasilania z pamięci EEPROM.

Montaż i uruchomienie

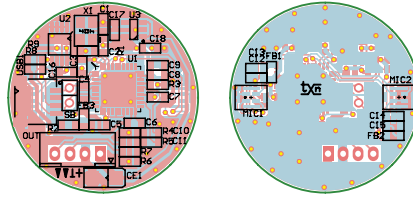
Układ zmontowany jest na niewielkiej okrągłej dwustronnej płytce drukowanej o średnicy 25,2 mm. Rozmieszczenie elementów zostało pokazane na **rysunku 3**. Podczas montażu należy zadbać o poprawne przyłutowanie



Rysunek 4. Konfiguracja układu ADAU1772



Rysunek 5. Konfiguracja pamięci EEPROM

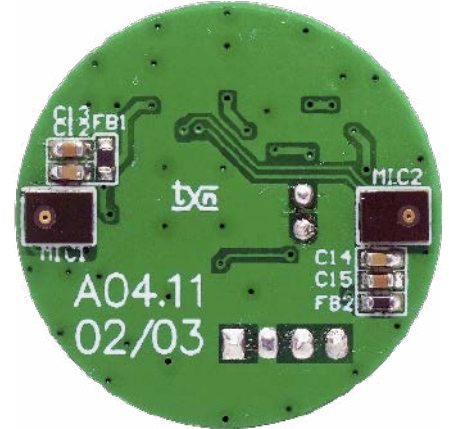


Rysunek 3. Schemat płytki PCB wraz z rozmieszczeniem elementów

pada termicznego układu DSP oraz zabezpieczenie mikrofonów zgodnie z notą katalogową. Zmontowany moduł został pokazany na fotografii tytułowej oraz na **fotografii 1**.

Jeżeli moduł jest poprawnie zmontowany, pozostaje przygotowanie aplikacji dla DSP. Do programowania, a raczej konfiguracji ADAU1772 służy SigmaStudio w wersji od 3.14 (aktualnie wersja 4.5). Niezmiennie jest udostępniane za darmo, wymaga jedynie rejestracji na stronie producenta *analog.com*. SigmaStudio to środowisko graficzne, w którym budujemy schemat z gotowych, parametryzowanych bloków funkcjonalnych oraz określamy konfigurację sprzętową procesora.

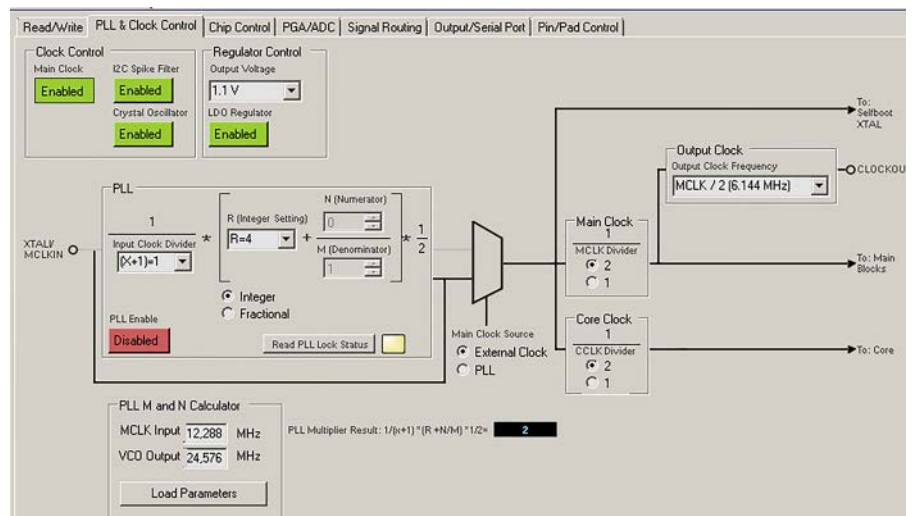
Układ jest programowany/konfigurowany tak, jak pozostałe procesory Sigma DSP – poprzez interfejs USBi. Ze względu na konieczność zachowania niewielkich



Fotografia 1. Widok zmontowanej płytki od strony mikrofonów

rozmiarów płytki zrezygnowano z typowego złącza USBi typu IDC10, na rzecz miniaturowego złącza JST 1 mm z odpowiednią przejściówką. Ze względu na napięcia zasilania 1,8 V podczas programowania konieczne jest ustawienie zwory w programatorze USBi w pozycji „1,8 V”.

Po poprawnej instalacji oprogramowania, sterowników programatora USBi, podłączeniu magistrali I²C do złącza USBi płytki mikrofonu oraz doprowadzeniu zasilania i podłączeniu wzmacniacza



Rysunek 6. Konfiguracja toru taktowania ADAU1772



Rysunek 7. Konfiguracja porównań GPIO

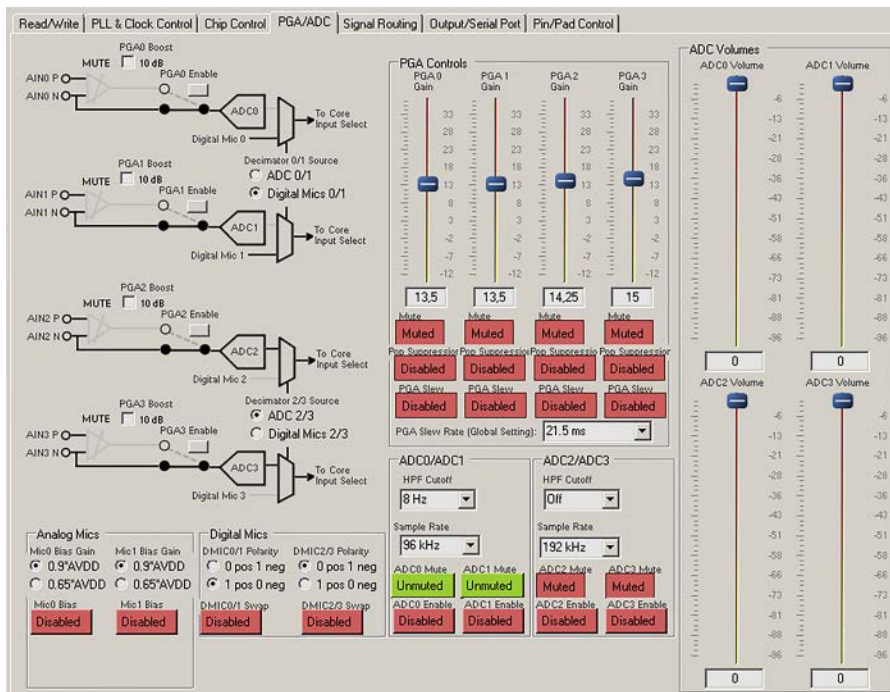
do złącza OUT, możliwe jest rozpoczęcie pracy z urządzeniem.

W pierwszej kolejności należy dokonać konfiguracji układu i pamięci zgodnie z **rysunkiem 4 i rysunkiem 5**. Teraz można przejść do konfiguracji sprzętowej i przygotowania aplikacji. Należy skonfigurować układ generacji sygnałów zegarowych i zasilanie rdzenia DSP zgodnie z **rysunkiem 6**. Częstotliwość oscylatora (External Clock) wynosi 12,288 MHz i taktuje procesor bezpośrednio z pominięciem bloku PLL. Dla poprawnej pracy interfejsu mikrofonów PDM, konieczne jest generowanie przebiegu zegarowego PDCK na wyprowadzeniu MP6 (CKO). Częstotliwość sygnału musi zawierać się w dopuszczalnym dla MP34DT05 przedziale 1,2...3,25 MHz, co można osiągnąć poprzez odpowiedni wybór podziału na wyjściu Output Clock. W wyniku podziału 12,288 MHz przez 2 (Main Clock) i 2 (Output Clock) daje spełniającą warunki częstotliwość 3,072 MHz (opis 6,144 MHz jest błędem w oprogramowaniu). Sygnał zegarowy dostępny jest wielofunkcyjnym wyprowadzeniu GPIO MP6, które należy skonfigurować do realizacji funkcji Clock Output zgodnie z **rysunkiem 7**.

Następnie należy skonfigurować blok wejść zgodnie z **rysunkiem 8**, aktywując źródło sygnału dla rdzenia DSP na obsługę mikrofonów Digital Mic0/1 i wyłączyć wyciszanie kanałów ADC0,1 – Mute. W zakładce *Signal Routing* ustalamy przepływ sygnału przez ADAU1772 zgodnie z **rysunkiem 9**. Konfiguracji wymagają wyjścia DAC sygnału audio, tak jak to pokazuje **rysunek 10**. Należy ustawić typ Line Out oraz wyciszyć nieużywane bufory wyjść symetrycznych LN/PN. W zakładce *Chip Control* wyłączamy nieużywane bloki DSP w celu minimalizacji poboru prądu (**rysunek 11**).

Po zakończeniu konfiguracji DSP można przejść do przygotowania aplikacji. W modelu sygnał z mikrofonów podlega obróbce w bloku korekcji charakterystyki częstotliwościowej i ograniczeniu poziomu limitem. Schemat blokowy aplikacji został pokazany na **rysunku 12**. Sygnał wejściowy z mikrofonów, poprzez bloki Input1 i Mute1, które używane są tylko podczas uruchomienia, doprowadzony jest do bloku wzmacnienia Gain1, a stąd do bloku filtrów. Wskaźniki poziomu dBDisplay1...3 pozwalają dostroić optymalne wzmacnienie układu dostosowane do warunków pracy mikrofonu.

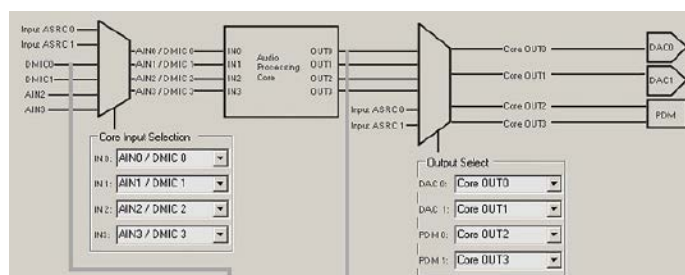
W bloku filtrów, których schemat pokazuje **rysunek 13**, kształtowana jest charakterystyka częstotliwościowa toru. W pierwszej kolejności z sygnału eliminowane są, poprzez filtr górnoprzepustowy GenFilter1, składowe poniżej 80 Hz, które w większości przypadków przenoszą więcej zakłóceń otoczenia niż sygnał użytecznego mowy. Kolejne trzy bloki GenFilter2...4 kształtują



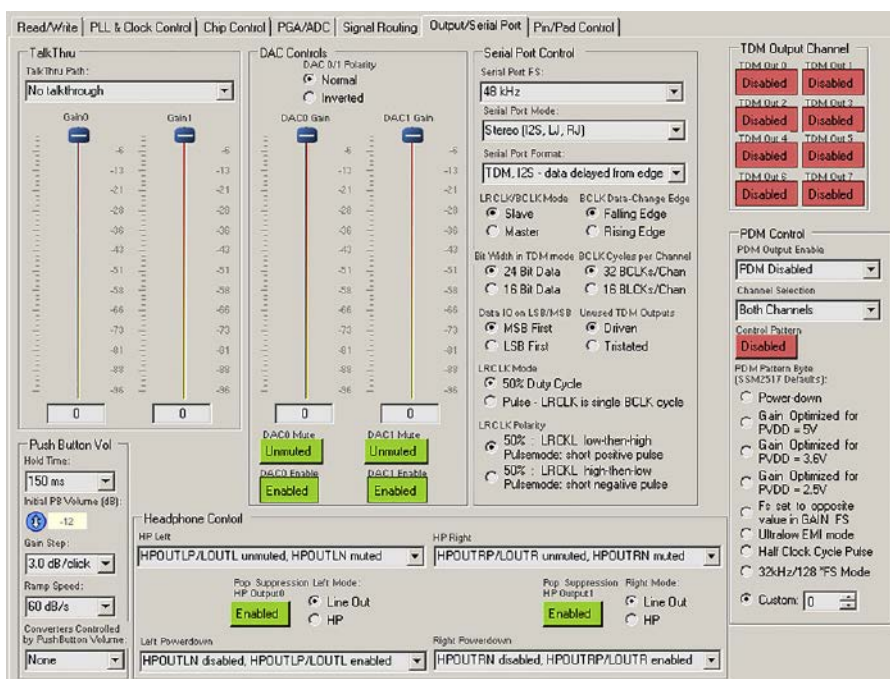
Rysunek 8. Konfiguracja przetworników ADC

charakterystykę sygnału, najpierw w klasycznym regulatorze barwy tonu, a następnie w dwóch filtrach parametrycznych. Dobierając odpowiednio częstotliwości i dobroci filtrów możemy dopasować przebieg

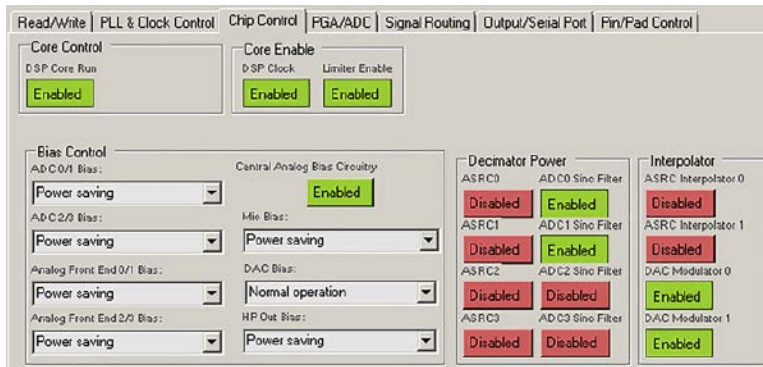
charakterystyki pod kątem aplikacji mikrofonu, poprawiając np. wyrazistość mowy. Ostatnim filtrem jest filtr dolnoprzepustowy eliminujący wysokie częstotliwości odpowiedzialne za nieprzyjemne głoski „syczące”.



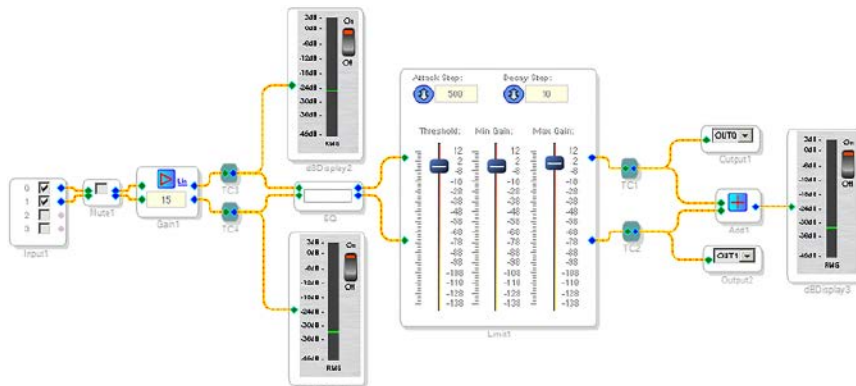
Rysunek 9. Konfiguracja przepływu sygnałów DSP



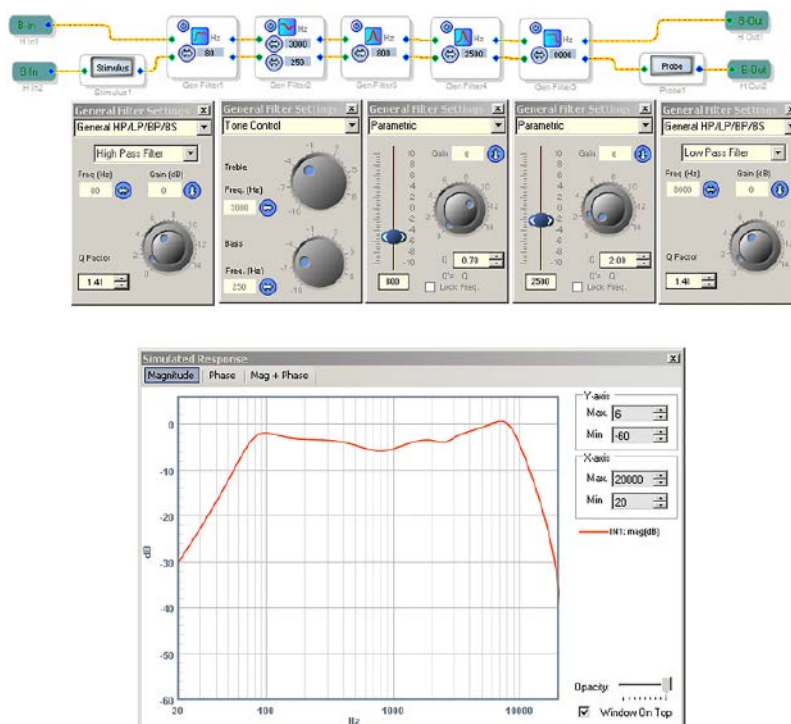
Rysunek 10. Konfiguracja przetwornika DAC



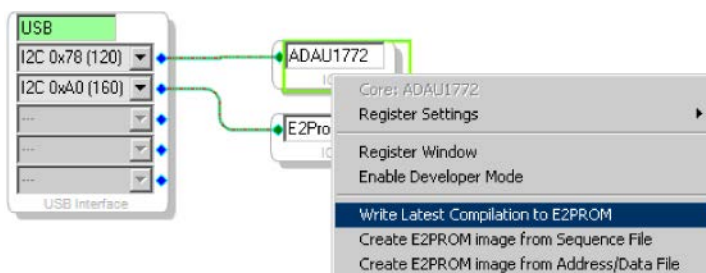
Rysunek 11. Konfiguracja zasilania DSP



Rysunek 12. Schemat blokowy aplikacji



Rysunek 13. Struktura bloku filtrów



Rysunek 14. Programowanie pamięci EEPROM

Dobór filtrów i ich ustawień nie jest sprawą prostą, warto więc skorzystać z narzędzia Stimulus/Probe pozwalającego wyznaczyć charakterystyki częstotliwościowe korekcji przy zadanych ustawieniach.

Z bloku filtrów sygnał doprowadzony jest do limitera ograniczającego poziom wyjściowy, przy zbyt wysokim poziomie sygnału z mikrofonu. Blok limitera umożliwia ustawienie wzmacnienia układu poniżej i powyżej progu ograniczenia oraz stałych czasowych reakcji. Sygnał po obróbce doprowadzony jest do wyjść OUT0 i OUT1 oraz po zsumowaniu do wskaźnika poziomu wyjściowego. Po dostrojeniu parametrów aplikacji należy zaprogramować pamięć EEPROM (zwora SB zwarta) zgodnie z **rysunkiem 14**.

Po zaprogramowaniu, wyłączeniu zasilania, zdjęciu zwory SB i ponownym podaniu zasilania zewnętrzny procesor DSP realizuje funkcje już bez pomocy USB i środowiska Sigma Studio. Przykładowy projekt ADAU1772_DigMIC.dsproj oraz zawartość EEPROM dostępna jest w materiałach dodatkowych. Aplikacja oczywiście nie wyczerpuje możliwości cyfrowego mikrofonu z DSP, a stanowi tylko szablon i zachętę do własnych eksperymentów z jednym z najprostszych procesorów rodziny Sigma DSP.

Adam Tatus

adam.tatus@ep.com.pl

O projektach,
miniprojektach,
projektach
soft i na wiele
innych tematów
dyskutuj na
forum.ep.com.pl