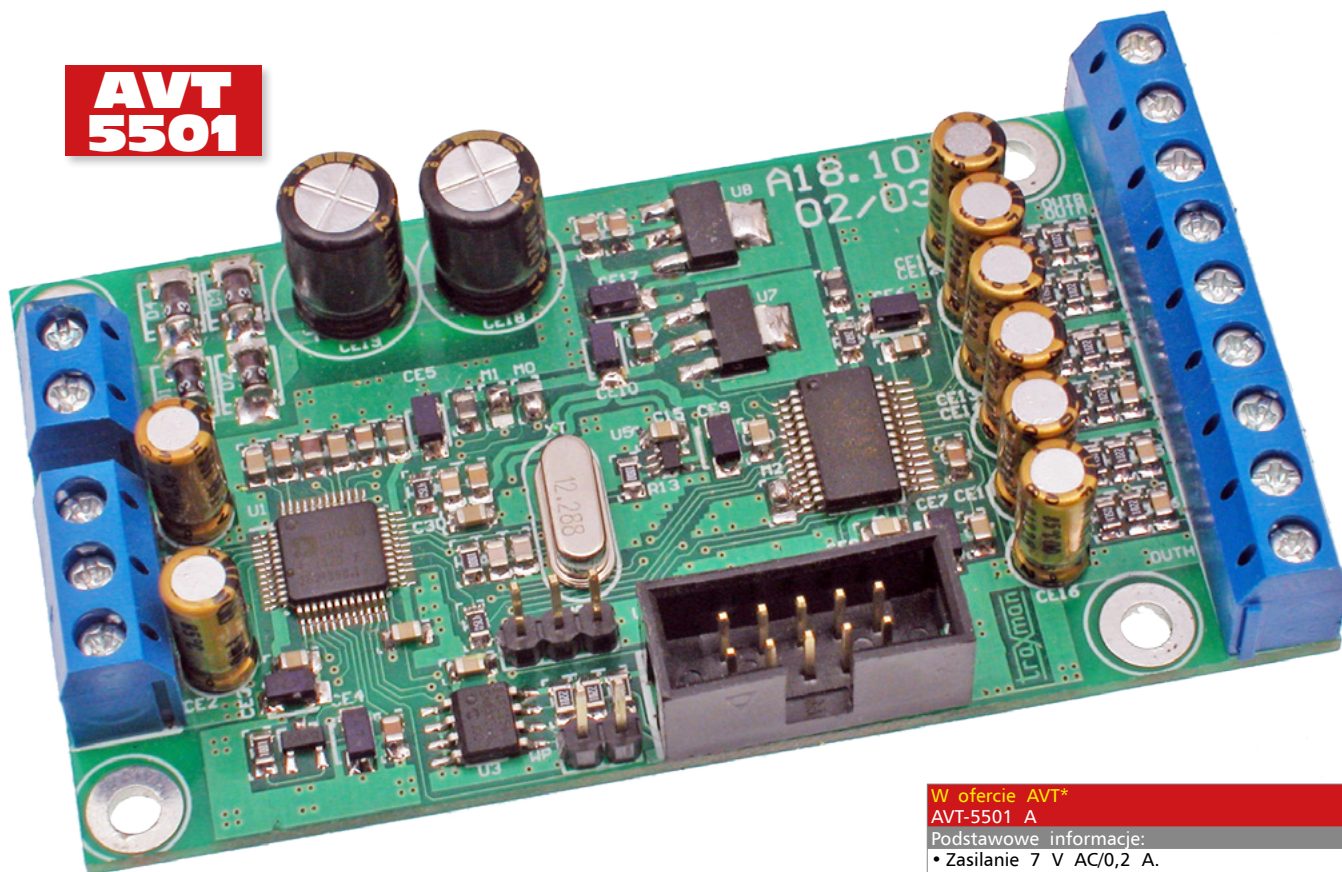


# DSP1701\_3WCRSV – trójdrożna, cyfrowa, stereofoniczna zwrotnica głośnikowa

**AVT  
5501**


*Dobre elementy bierne zwrotnic głośnikowych są koszmarnie drogie, natomiast dobór i strojenie zespołu filtrów wymaga wielu prób. Dlaczego więc nie skorzystać ze zdobyczy nowoczesnej techniki i nie użyć procesora DSP? Dlaczego zmusznie stroić filtry zamiast przejść w „domenę cyfrową” i nie sprawdzić efektów poprzez aplikację wykonanej za pomocą Sigma Studio? Prezentowany projekt urządzenia używa układu ADAU1701 do realizacji 3-drożnej zwrotnicy stereofonicznej przeznaczonej do wbudowania w aktywny zestaw głośnikowy.*

**Rekomendacje:** zwrotnica może przydać się w wielu zastosowaniach, nie tylko do budowy zestawu głośnikowego. Jest też dobrym przykładem zastosowania popularnego, łatwego w użyciu procesora DSP do wykonania zespołu filtrów aktywnych.

Schemat ideowy płytki zwrotnicy pokazano na **rysunku 1**. Jej sercem jest procesor ADAU1701 (U1) z rodziny SigmaDSP oferowanej przez Analog Devices. Rolą procesora jest:

Konwersja wejściowego sygnału stereofonicznego (48 kHz/16 bitów) doprowadzonego do złącza IN.

- Podział na trzy pasma LOW/MID/HIGH za pomocą zwrotnicy LR24.
- Realizacja minimalnych opóźnień torów LOW/MID, aby wyrównać fazy akustyczne (zależne od konstrukcji zestawu)
- Wspólna regulacja głośności wszystkich sześciu kanałów wyjściowych.

## W ofercie AVT\* AVT-5501 A

### Podstawowe informacje:

- Zasilanie 7 V AC/0,2 A.
- Procesor DSP ADAU1701 z rodziny Sigma DSP.
- Konwersja wejściowego sygnału stereofonicznego (48 kHz/16 bitów) doprowadzonego do złącza IN.
- Podział na trzy pasma LOW/MID/HIGH.
- Łatwe korygowanie charakterystyki częstotliwościowej.
- Realizacja minimalnych opóźnień torów LOW/MID, aby wyrównać fazy akustyczne.
- Wspólna regulacja głośności wszystkich sześciu kanałów wyjściowych.

### Dodatkowe materiały na FTP:

<ftp://ep.com.pl>, user: 11877, pass: ragjkd9

- wzory płytek PCB

### Projekty pokrewne na FTP:

(wymienione artykuły są w całości dostępne na FTP)

AVT-5404 Dwudrożna zwrotnica aktywna

(EP 7/2013)

AVT-2854 Opóźniacz dołączenia głośników

(EdW 2/2008)

AVT-1296 Wzmacniacz do aktywnej kolumny

(EP 1/2001)

AVT-293 Wzmacniacz do kolumny aktywnej

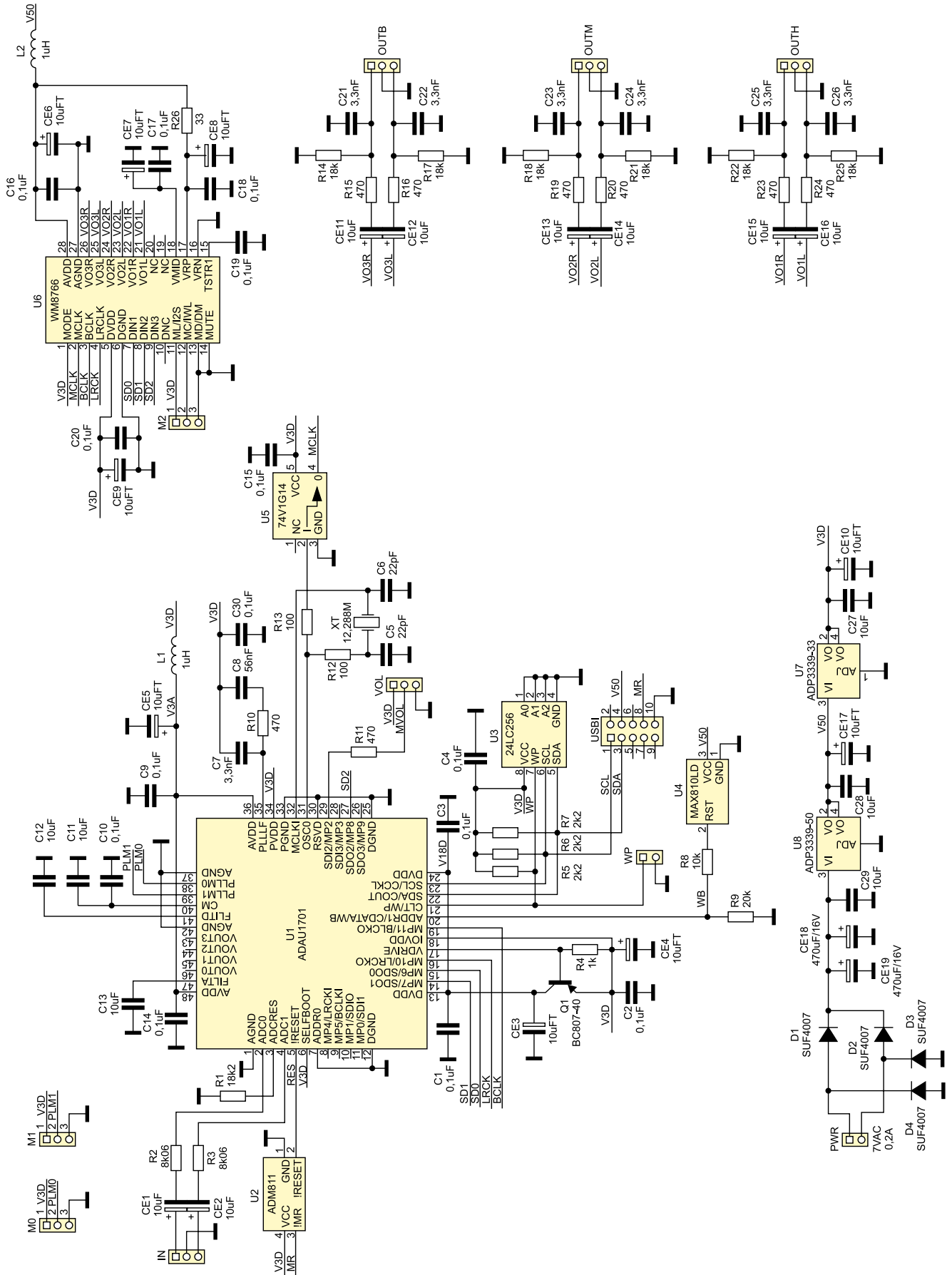
(EP 8/1996)

\* Uwaga:  
Zestawy AVT mogą występować w następujących wersjach:  
AVT xxxx UK to zaprogramowany układ. Tylko i wyłącznie. Bez elementów dodatkowych.  
AVT xxxx A płytką drukowaną PCB (lub płytki drukowane, jeśli w opisie wyraźnie zaznaczono), bez elementów dodatkowych.  
AVT xxxx A+ płytką drukowaną i zaprogramowany układ (czyli połączenie wersji A i wersji UK) bez elementów dodatkowych.  
AVT xxxx B płytką drukowaną (lub płytki) oraz komplet elementów wymienionych w załączniku pdf  
AVT xxxx C to nie innego jak zmontowany zestaw B, czyli elementy wmontowane 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 pobrać, klikając w link umieszczony w opisie kitu)  
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>

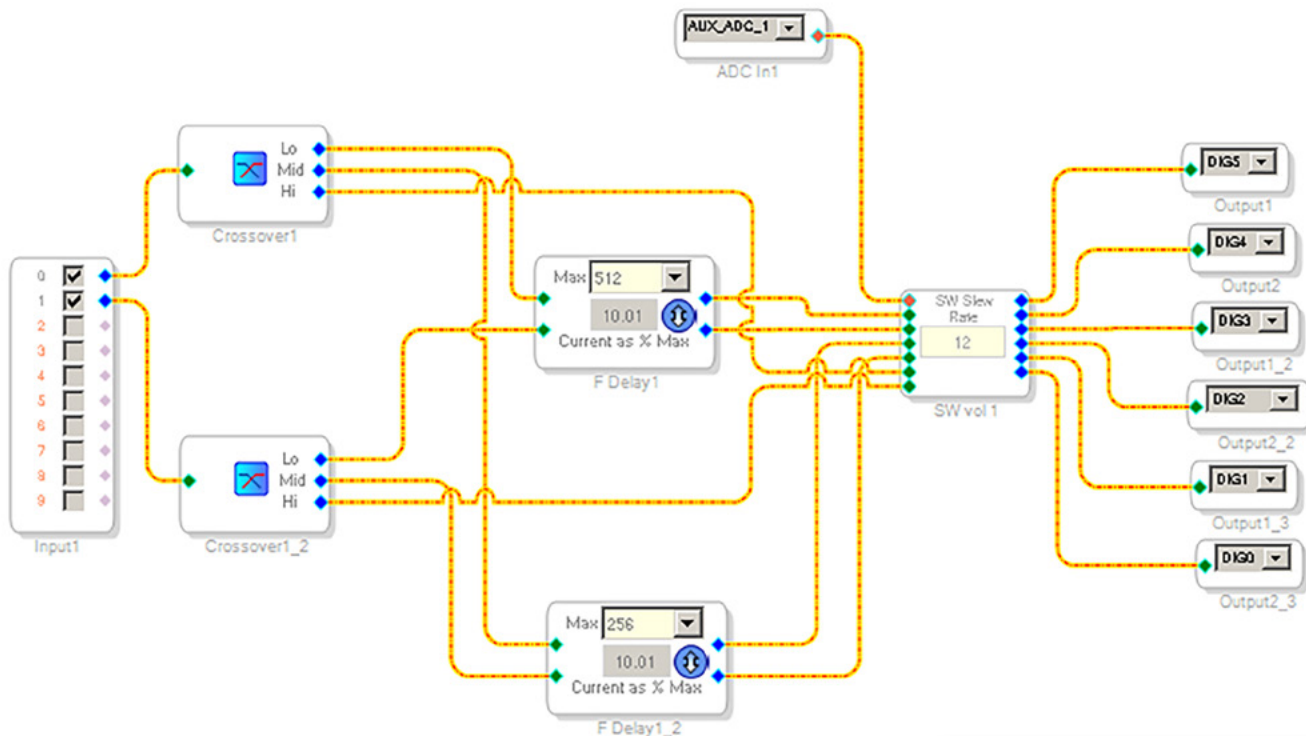
Schemat aplikacji zwrotnicy pokazano na rysunku 2. Ze względu na dostępne tylko cztery wbudowane w ADAU1701 kanały C/A w aplikacji zastosowano zewnętrzny

przetwornik C/A. Wybrałem popularny, łatwo dostępny, sześciokanałowy WM8766 (U6) firmy Wolfson. Jest to typowy przetwornik 192 kS/24 bity stosowany w odtwarzaczach DVD

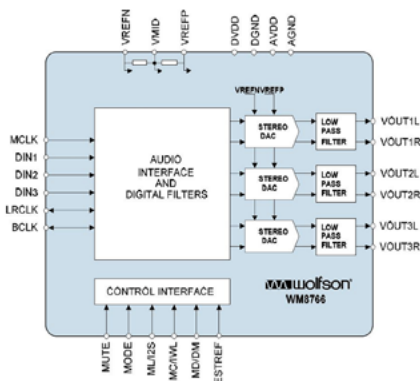
i amplitunerach kina domowego. Schemat blokowy układu WM8766 zamieszczono na rysunku 3. Wewnętrzne przetworniki ADAU1701 w celu minimalizacji zakłóceń i poboru prądu



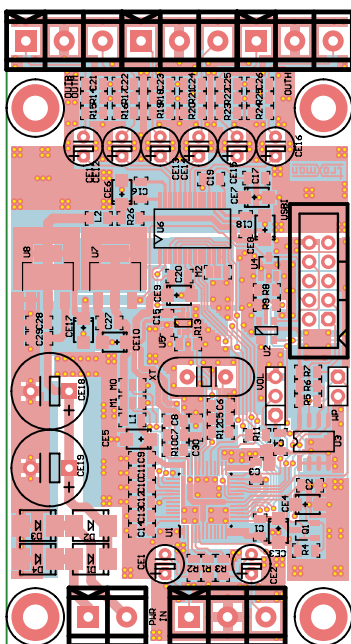
Rysunek 1. Schemat ideowy płytki zwrotnicy DSP1701\_3WCRSV



Rysunek 2. Aplikacja zwrotnicy



Rysunek 3. Schemat blokowy układu WM8766



Rysunek 4. Schemat montażowy zwrotnicy DSP1701\_3WCRSV

są wyłączone programowo. Komunikacja pomiędzy procesorem sygnałowym a WM wykorzystuje 3-kanałowy interfejs I<sup>2</sup>S (MLCK/LRCK/BCLK SD0...2).

Ze generowanie sygnału zegara taktującego procesor ADAU odpowiada oscylator z rezonatorem kwarcowym XT o częstotliwości 12,288 MHz. Sinusoidalny sygnał oscylatora jest buforowany i formowany poprzez bramkę Schmitta U5 i używany jako sygnał MCLK dla filtrów cyfrowych i interfejsu WM8766. Układ przetwornika C/A uzupełniają elementy biernie tworzące sześć filtrów dolnoprzepustowych usuwających z sygnału wyjściowego niepożądane składowe będące wynikiem przetwarzania C/A.

Układ zwrotnicy jest zasilany z transformatora 7 V/0,2 A poprzez mostek prostowniczy i dwa niskoszumne stabilizatory ADP3339. Układ U8 dostarcza napięcie +5 V do zasilania obwodów analogowych przetwornika C/A (wyższe napięcie polepsza stosunek sygnał/szum przetwornika C/A w porównaniu do możliwego zasilania z 3,3 V). Kolejny stabilizator – U9 – zasila procesor DSP. Zasilanie przetwornika C/A jest dodatkowo filtrowane poprzez dławik L2, rezystor R26 i kondensatory CE6, CE8, C16 oraz C18. Napięcie 1,8 V zasilające rdzeń DSP jest uzyskiwane w typowym układzie stabilizatora opartym z tranzystorem Q1. Odpowiednie potencjały zasilania są filtrowane za pomocą kondensatorów.

Pamięć U3 typu 24LC256 przechowuje aplikację oraz parametry ADAU. Zwora WP zabezpiecza pamięć przed przypadkowym zapisem – powinna być zdjęta podczas normalnej pracy i zwarta przy programowaniu pamięci EEPROM. Aplikację uzupełniają układy: U2 (ADM811) służący do generowania

**Wykaz elementów**

**Rezystory:** (SMD 0805, 1%)

- R1: 18,2 kΩ
- R2, R3: 8,06 kΩ
- R4: 1 kΩ
- R5...R7: 2,2 kΩ
- R8: 10 kΩ
- R9: 20 kΩ
- R10, R11, R15, R16, R19, R20, R23, R24: 470 Ω
- R12, R13: 100 Ω
- R14, R17, R18, R21, R22, R25: 18 kΩ
- R26: 33 Ω

**Kondensatory:** (SMD 0805)

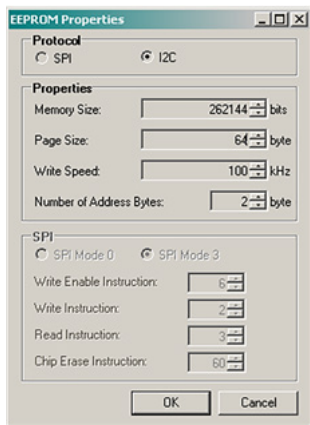
- C1...C4, C9, C10, C14...C20, C30: 0,1 μF
- C5, C6: 22 pF
- C7, C21...C26: 3,3 nF
- C8: 56 nF
- C11...C13, C27...C29: 10 μF
- CE1, CE2, CE11...CE16: 10 μF (elektrolit.)
- CE3...CE10, CE17: 10 μF (SMD „A”)
- CE18, CE19: 470 μF/16 V (elektrolit. LOW ESR)

**Półprzewodniki:**

- D1...D4: SUF4007 (MELF)
- Q1: BC807-40 (SOT-23)
- U1: ADAU1701 (VQFP48)
- U2: ADM811 (SOT-143)
- U3: 24LC256 (SO-8)
- U4: MAX810LD (SOT-23)
- U5: 74V1G14 (SC70-5)
- U6: WM8766 (SSOP28)
- U7: ADP3339-33 (SOT-223)
- U8: ADP3339-50 (SOT-223)

**Inne:**

- IN: złącze ARK 5 mm
- L1, L2: 1 μH (SMD 0805)
- M0...M2: zwora (SMD 0805)
- OUTB, OUTH, OUTM: złącze ARK3 5 mm
- PWR: złącze ARK2 5 mm
- USB1: złącze IDC10
- VOL: złącze kompletne SIP3 + potencjometr 22 kΩ/A
- WP: zwora SIP2
- XT: rezonator kwarcowy 12,288 MHz (HC49S)

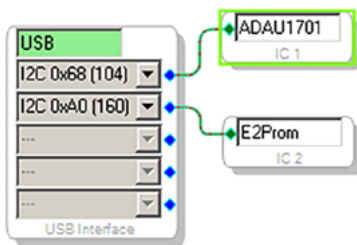


Rysunek 5. Konfiguracja EEPROM (24FC256)

sygnału zerowania oraz U4 (MAX810) odpowiedzialny za wygenerowanie sygnału zapisu zwrotnego parametrów (ADAU1701 – WB) podczas wyłączenia zasilania.

Płytką jest wyposażona w trzy zwory M0...M2 umożliwiające eksperymenty z różnymi mnożnikami PLL i rozdzielczościami ułatwiając pracę z innymi częstotliwościami i rozdzielczościami próbkowania A/C. Do złącza VOL należy dołączyć potencjometr liniowy o rezystancji 10...47 kΩ, służący do jednoczesnego regulowania głośności wszystkich kanałów. Złącze USBi służy do przyłączenia programatora.

Schemat aplikacyjny zwrotnicy jest oczywisty i nie wymaga dłuższego opisu. Do złącza PWR należy doprowadzić napięcie z transformatora 7 V/0,2 A, do IN stereofoniczny sygnał wejściowy, a do złącza OUTB,



Rysunek 6. Konfiguracja systemu zwrotnicy

OUTM i OUTH odpowiednie, pasmowe końcówki mocy. Do złącza VOL potencjometr 22 kΩ do regulowania głośności. Domyślne położenie zwrót to M0 – GND, M1 i M2 – V33 ustawiające przetwarzanie 48 kHz/16 bit.

### Montaż i uruchomienie

Moduł zwrotnicy zmontowano na niewielkiej, dwustronnej płytce drukowanej. Jej schemat montażowy pokazano na rysunku 4. Montaż jest typowy i nie wymaga opisu.

Uruchomienie modułu sprowadza się do pomiaru napięć zasilających i obecności zegara MCLK. Poprawnie zlutowany i skonfigurowany moduł gotowy jest do oprogramowania przy pomocy Sigma Studio. W materiałach dodatkowych udostępniony jest przykładowy projekt możliwy do modyfikacji i dostosowaniu do własnych potrzeb.

Po uruchomieniu SigmaStudio i odczytaniu przykładowego projektu jest konieczna konfiguracja sprzętowa ADAU1701. W nowszych wersjach oprogramowania musimy także ustalić organizację pamięci EEPROM. W tym celu klikamy prawym

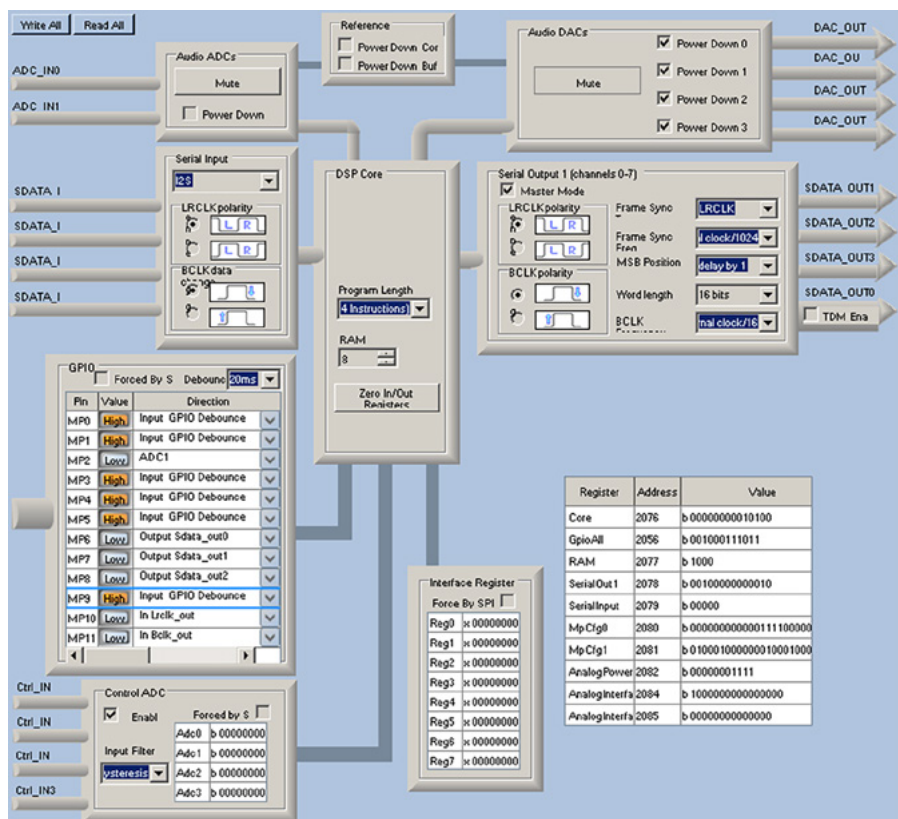
przyciskiem myszy na ikonę IC2 i wybieramy opcję „Właściwości”. Ustawiamy parametry zgodnie z organizacją zastosowanej pamięci – konfigurację dla popularnego układu 24FC256 zamieszczono na rysunku 5.

Po podłączeniu programatora USBi ustalamy konfigurację wewnętrzną ADAU1701 zgodnie z rysunkiem 6. (należy pamiętać o zwarciu zwory WP). Zgodnie z projektem wyłączamy i wyciszamy przetworniki C/A, aktywujemy interfejs I<sup>2</sup>S, wyprowadzony na GPIO (nóżki 6, 7, 8, 10, 11) oraz aktywujemy wewnętrzny przetwornik C/A na wyprowadzeniu MP2 (regulacja głośności). Po zapisaniu konfiguracji ADAU przełączamy się na okno aplikacji konfigurując zwrotnice zgodnie z własnymi potrzebami. Konfigurację pokazano na rysunku 7.

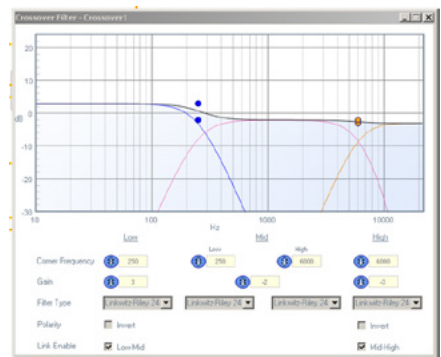
Jeżeli zwrotnica jest włączona w tor audio, możliwe jest bezpośrednie odsłuchanie efektów zmian konfiguracji. W wypadku, gdy posiadamy system pomiarowy jest możliwe skorygowanie przebiegu charakterystyki częstotliwościowej przy wykorzystaniu danych pomiarowych i bloku MLSSA. W wypadku zastosowania DSP banalnie proste jest usuwanie wszelkich ostrych nierównomierności, takich jak zanik, szpilka na charakterystyce częstotliwościowej i inne. Wystarczy tylko dodać odpowiedni człon filtra z biblioteki gotowych modułów Sigma Studio w wypadku typowych filtrów opartych z elementów R, L, C, korygowanie charakterystyki nie jest już tak trywialne. Po zaprogramowaniu moduł można podać testom w aplikacji.

Po upływie kilku miesięcy od pierwszego artykułu opublikowanego w Elektronice Praktycznej o rodzinie Sigma DSP, a może i nawet dzięki tym artykułom, znacząco obniżeniu uległa cena programatora USBi – firma Analog Devices obniżyła jego cenę z początkowych 190 USD do 80 USD, co jest łatwiejsze do zaakceptowania i umożliwia zastosowanie tych bardzo ciekawych nie tylko przez profesjonalistów, ale również przez hobbystów realizujących jednostkowe projekty wykonane dla własnych potrzeb.

Adam Tatuś, EP



Rysunek 7. Konfiguracja sprzętowa ADAU1701



Rysunek 8. Konfiguracja zwrotnicy modułu