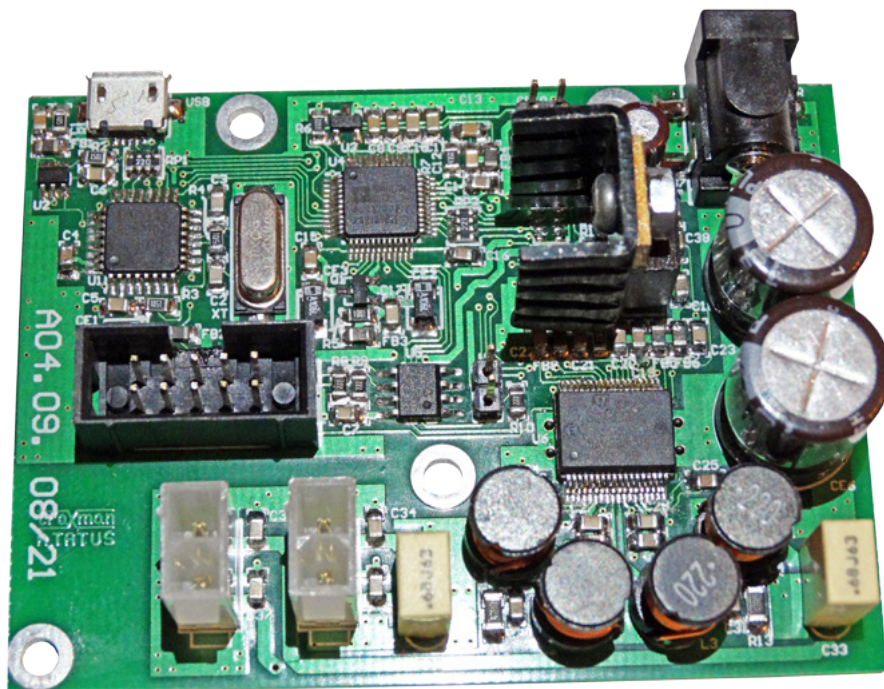


PC_Speaker – „cyfrowe” głośniki komputerowe

**AVT
5497**

Od kilku lat systemy audio migrują w kierunku komputerów PC. Przy komputerze spędzamy większość czasu czy to pracując, czy odpoczywając, a ponieważ obie czynności lepiej wykonuje się przy muzyce, to zwykle do jej odtwarzania używamy „podręcznego odtwarzacza empetrójek”, tj. komputera PC. A w związku z tym, że jesteśmy elektronikami, to fajnie jest móc pochwalić się własnoręcznie poskładanymi głośnikami komputerowymi.

Rekomendacje: wysokiej klasy głośniki, które przydadzą się do współpracy z dowolnym komputerem PC.



Idea, która przyświecała projektowi, była chęć zbudowania toru całkowicie cyfrowego, przy zachowaniu nieskomplikowanej budowy i możliwie dużej funkcjonalności niespotykanej w popularnych rozwiązaniach fabrycznych.

Sercem projektu jest cyfrowy procesor sygnałowy ADAU1701 z rodziny Sigma DSP firmy Analog Devices. Odpowiada on za obróbkę sygnału audio z możliwością kształtowania charakterystyki przenoszenia, rozszerzania efektu stereo oraz aktywnej korekcji basu. Połączenie z PC odbywa się za pomocą interfejsu USB. Za odbiór i konwersję danych do formatu I²S odpowiada dobrze znany audiofilom przetwornik PCM2707 firmy Texas Instruments. Całość uzupełnia wzmacniacz mocy typu STA333ML firmy ST Microelectronics. Wzmacniacz ma wbudowany przetwornik C/A i końcówkę mocy pracującą w klasie D. Tor audio pracuje z częstotliwością próbkowania 44,1 kHz dostosowaną do materiału CD.

Schemat ideowy podzielono na trzy bloki odpowiadające realizowanej funkcji. Na **rysunku 1** pokazano schemat odbiornika – konwertera USB/I²S.

Układ PCM2707 pracuje w typowej aplikacji z własnym zasilaniem, ułatwia to separację od zakłóceń przeważnie kiepskiego zasilania dostarczanego przez USB. Sygnał ze złącza USB poprzez rezystory

dopasowujące doprowadzony jest do odbiornika U1. Układ U2 jest wykorzystany w nietypowej funkcji bramki AND i konwertera poziomów 5/3,3 V. Ze względu na wykorzystanie własnego zasilania jest konieczne zapewnienie prawidłowej detekcji urządzenia poprzez USB. Do tego celu służy rezystor R2 „podwieszany” do napięcia 3,3 V tylko wtedy, gdy obecne są zasilania układu i USB, wymagane dla prawidłowej pracy urządzenia. Umożliwia to pozostawienie dołączonego kabla USB przy wyłączonym zasilaniu głośników. Bez tego PCM byłby widoczny dla systemu i powodował nieprawidłową pracę systemowego sterownika audio. Sygnał wyjściowy I²S i zegar systemowy MCLK, doprowadzone są do bloku DSP, którego schemat ideowy pokazano na **rysunku 2**.

Procesor sygnałowy U4 jest odpowiedzialny za obróbkę wejściowego sygnału I²S (LRCKI, BCKI, SDI). Po korekcjach sygnał jest dostępny poprzez wyjściowy interfejs szeregowy (LRCKO, BCKO, SDO). Tor sygnałowy pracuje synchronicznie z częstotliwością $f_s = 44,1$ kHz i mnożnikiem 256. Zarówno DSP jak i końcówka mocy taktowane są sygnałem MCLK z odbiornika USB. Program i parametry przechowywane są w pamięci nieulotnej U2. Zwora WP umożliwia jej zaprogramowanie w systemie za pomocą interfejsu USBi. Generator sygnału zerowania (U3) zapewnia prawidłowy restart układów

W ofercie AVT* AVT-5497 A

Podstawowe informacje:

- Procesor DSP z rodziny Sigma – ADAU1701.
- Przetwornik PCM2707.
- Końcówka mocy z układem STA333ML.
- Zewnętrzny zasilacz 12 V/2 A (napięcie zasilające może zawierać się w przedziale 10...18 V DC).
- Moc wyjściowa 2×7 W/8 Ω .
- Częstotliwość próbkowania całego toru audio 44,1 kHz.

Dodatkowe materiały na FTP:

<ftp://ep.com.pl>, user: 75421, pass: tkuyg3b9

- wzory płytek PCB

Projekty pokrewne na FTP:

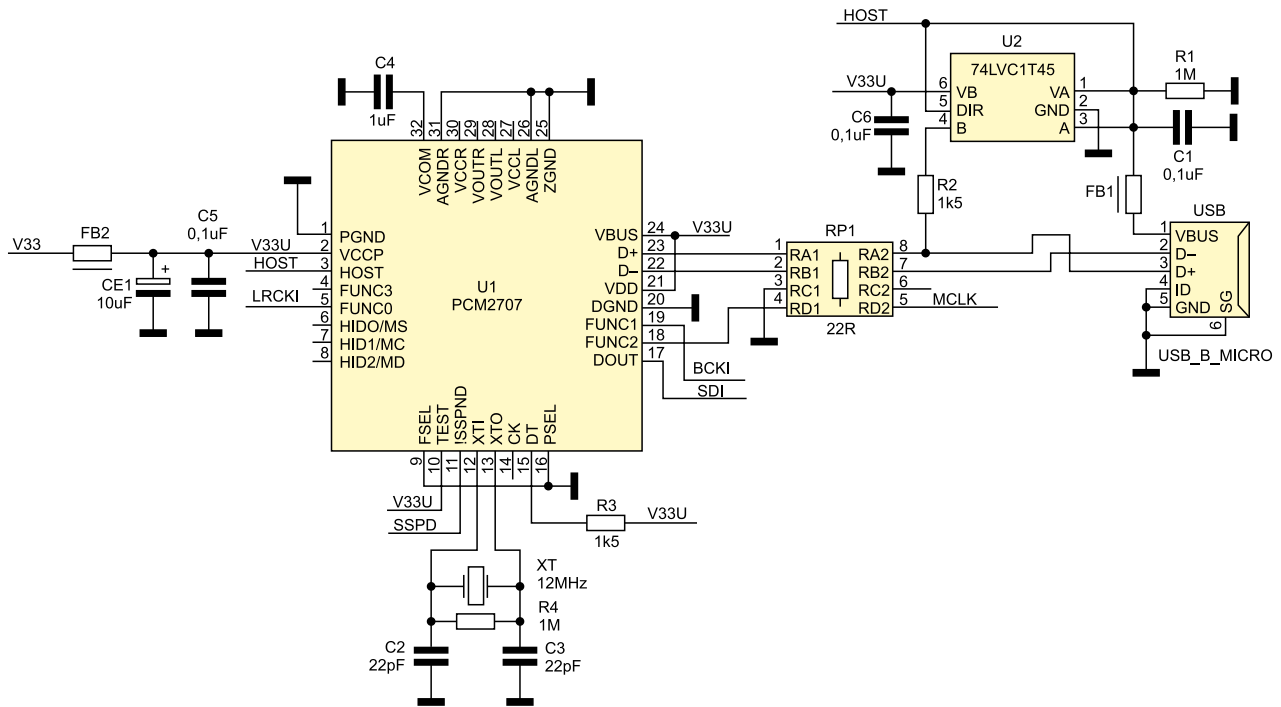
(wymienione artykuły są w całości dostępne na FTP)

- AVT-1822 Regulator głośności komputera z interfejsem USB (EP 8/2014)
- AVT-5460 Zdalnie sterowany potencjometr (EP 7/2014)
- AVT-5449 USB Audio DAC – karta muzyczna z interfejsem USB (EP 5/2014)
- AVT-5430 USB Audio – karta muzyczna z interfejsem USB (EP 1/2014)
- AVT-3057 Multimedia remote, czyli nie bój się USB! (EdW 5/2013)
- AVT-2991 USB HID Joy (EdW 11/2011)
- AVT-5299 Karta dźwiękowa z przetwornikiem PCM2902 i interfejsem USB (EP 7/2011)
- AVT-594 Zdalnie sterowany potencjometr do aplikacji audio (EP 10/2004)

* Uwaga:

Zestawy AVT mogą występować w następujących wersjach:
AVT xxxx UK to zaprogramowany układ. Tylko i wyłącznie. Bez elementów dodatkowych.
AVT xxxx A płytka drukowana PCB (lub płytki drukowane, jeśli w opisie wyraźnie zaznaczono), bez elementów dodatkowych.
AVT xxxx A+ płytka drukowana i zaprogramowany układ (czyli połączenie wersji A i wersji UK) bez elementów dodatkowych.
AVT xxxx B płytka drukowana (lub płytki) oraz komplet elementów wymienionych w załączniku pdf.
AVT xxxx C to nic innego jak zmontowany zestaw B, czyli elementy wylutowane 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 kitu)

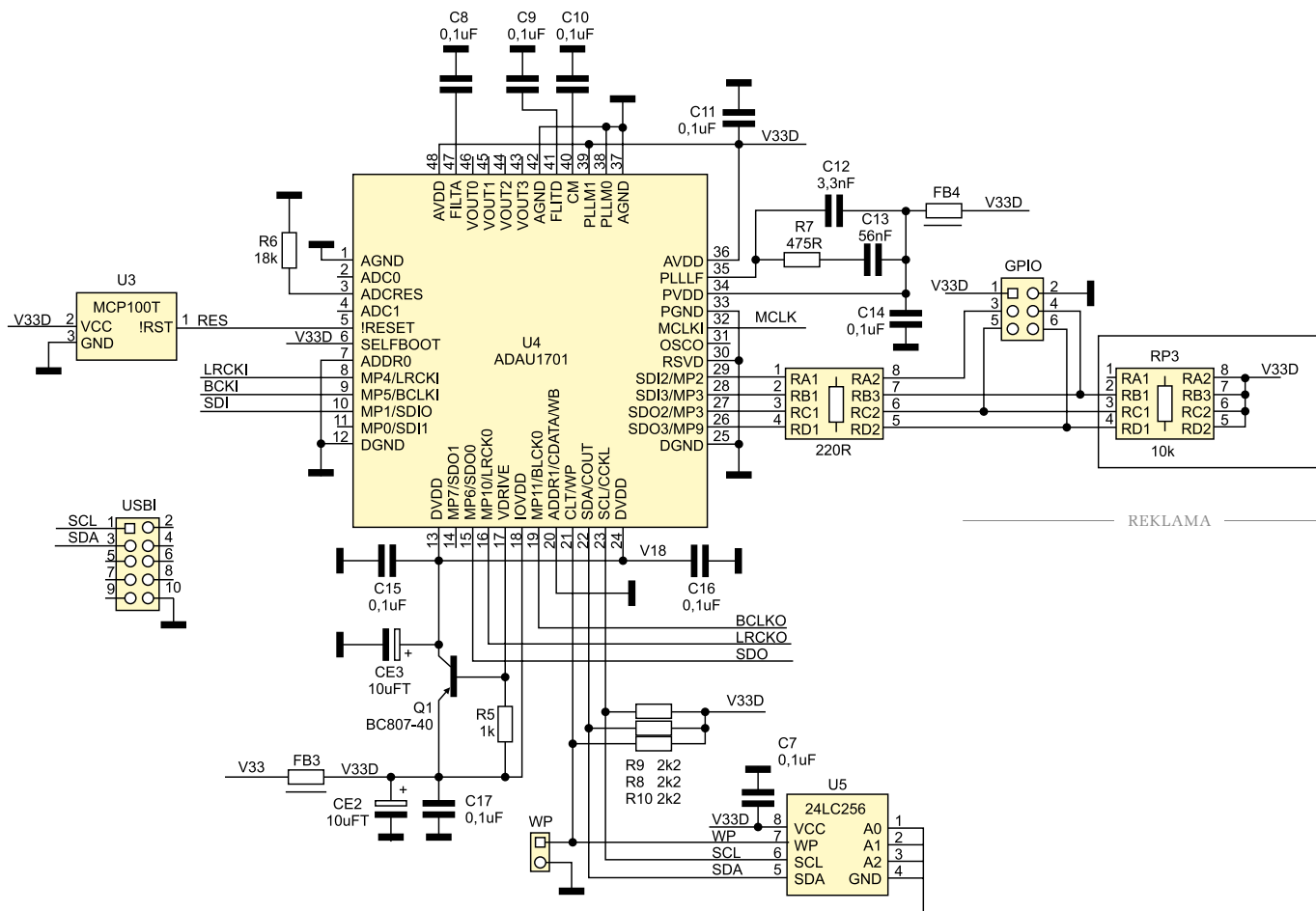
Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz! (UK, A, A+, B lub C). <http://sklep.avt.pl>

Rysunek 1. Schemat konwertera USB/I²S

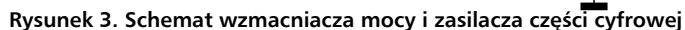
po włączeniu zasilania. Transzystor Q1 jest elementem stabilizatora napięcia zasilającego rdzeń DSP. Procesor ADAU1701 pracuje w układzie tylko z torem cyfrowym. Wbudowane przetworniki A/C i C/A są wyłączone, i wprowadzone w tryb obniżonego poboru mocy. Zmiana nastaw ADAU jest

możliwa poprzez sygnały sterujące MP2, MP3, MP8 i MP9 wyprowadzone na złącze GPIO. Rezystor RP3 jest opcjonalny i nie należy go montować w tej wersji oprogramowania DSP. Wszystkie obwody zasilania PLL i rdzenia DSP są filtrowane przez zestawy koralik ferrytowy + kondensator.

Ostatnim blokiem funkcjonalnym głośników jest wzmacniacz mocy i zasilacz części cyfrowej. Jego schemat pokazano na **rysunku 3**. Końcówka mocy jest oparta o układ U6 typu STA333ML zawierający stereofoniczną, mostkową końcówkę mocy oraz wbudowany przetwornik C/A. Upraszczają to aplikację



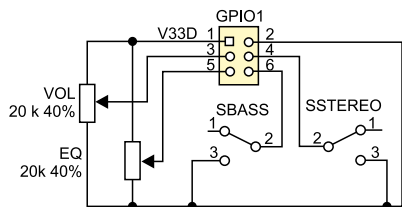
Rysunek 2. Schemat bloku DSP



Układ jest zasilany zewnętrznym zasilaczem 12 V/2 A, co umożliwia osiągnięcie mocy około $2 \times 7 \dots 10$ W przy obciążeniu 8Ω . Napięcie zasilające może zawierać się w przedziale $10 \dots 18$ V. Wyższe napięcie oczywiście umożliwi osiągnięcie większej mocy, ale kosztem strat w U6. Warto więc w takim wypadku dokleić do U6 niewielki radiator i zwiększyć radiator U7. Wzmocniony sygnał wyjściowy jest dostępny na złączach O1 i O2.

Płytki współpracuje z zestawami głośnikowymi opartymi na głośnikach szerokopasmowych FR89EX firmy Fountek. Obudowy głośników posiadają

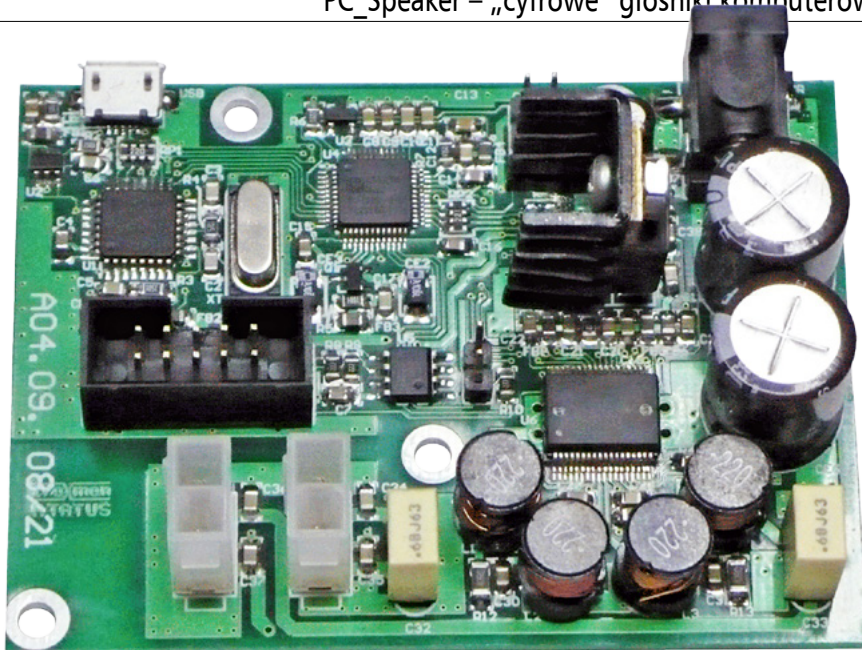




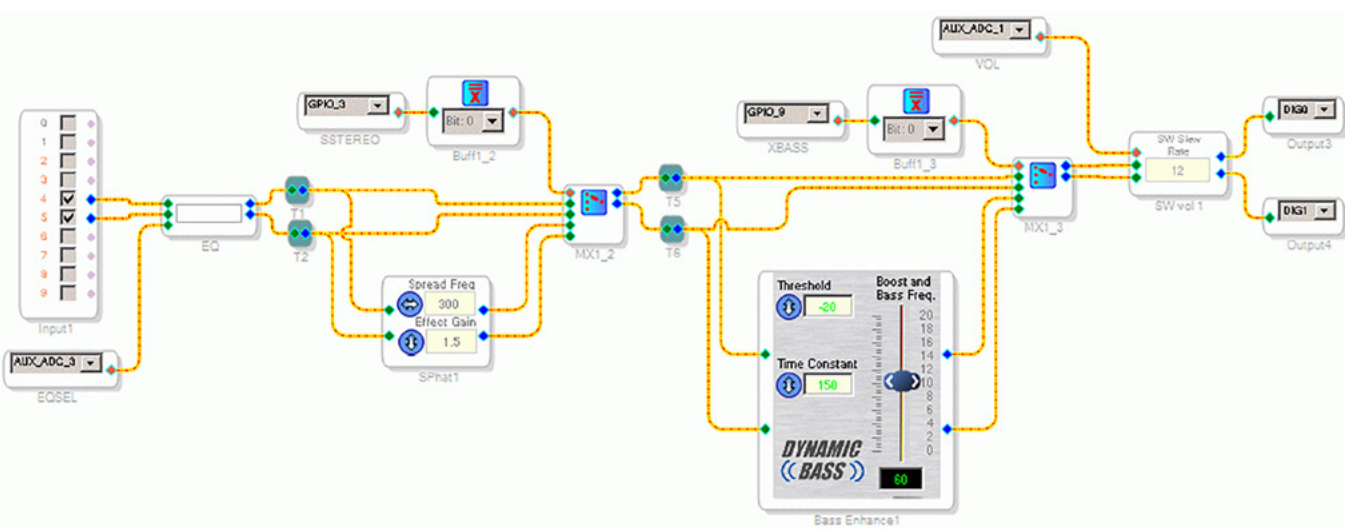
Rysunek 6. Schemat dołączenia manipulatorów

otwór bass-refleks wykorzystujący typową rurę BR35 o długości 165 mm (przed strojeniem). Wymiary obudów pokazano na **rysunku 4**. Wykonane są z MDF o grubości 18 mm, sposób wykończenia powierzchni zależy od użytkownika. Model ma zaokrąglenia krawędzi, fornirowane boki oraz malowany lakierem fortepianowym front.

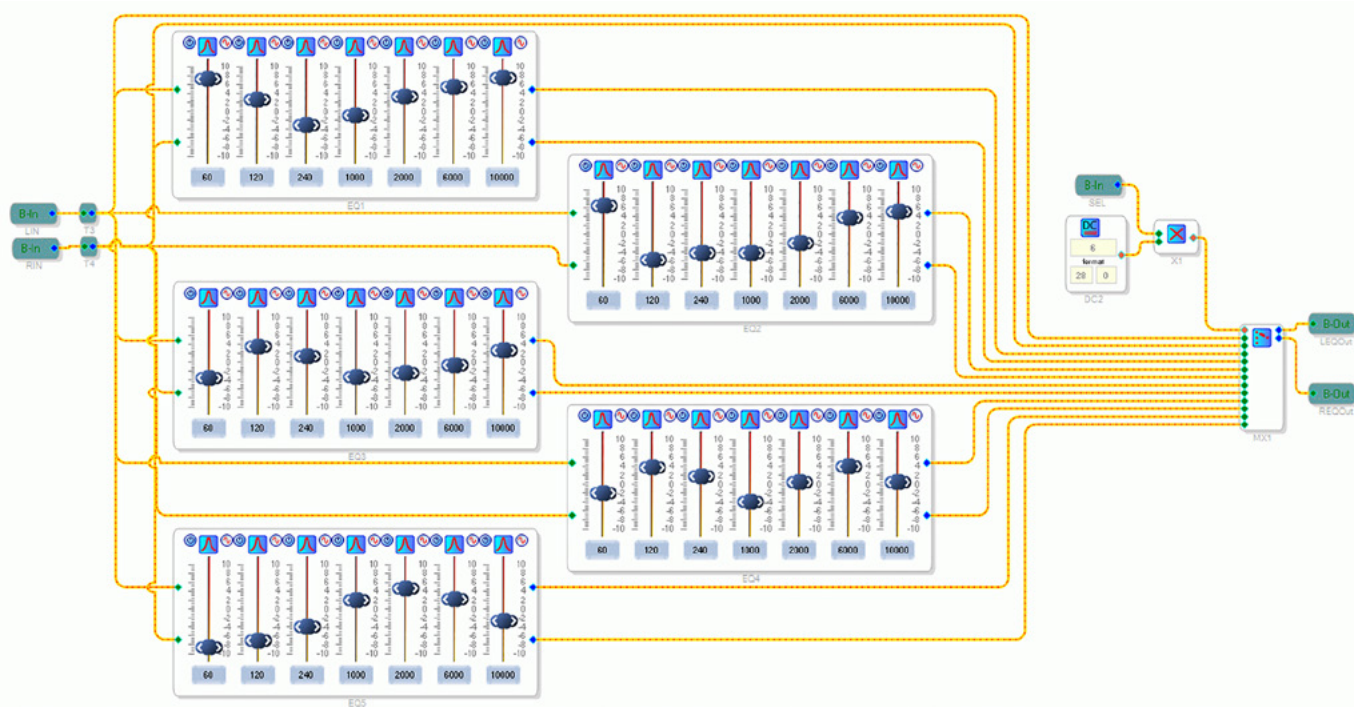
Układ elektroniczny zmontowano na niewielkiej, dwustronnej płytce drukowanej. Montaż urządzenia jest typowy i nie



Fotografia 7. Zmontowana płytka systemu PC_Speaker



Rysunek 8. Schemat blokowy aplikacji DSP



Rysunek 9. Schemat bloku korektora graficznego EQ

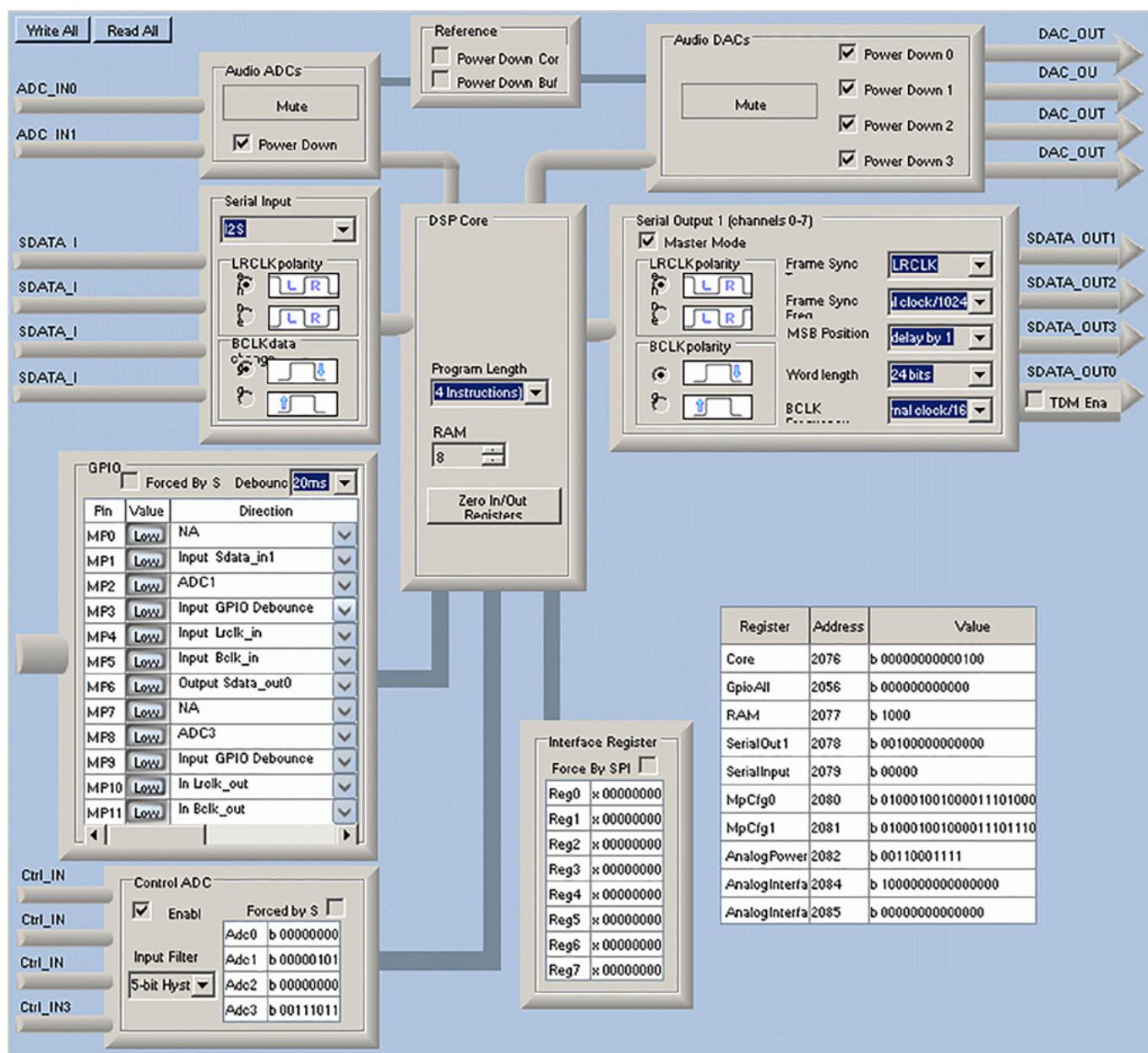
wymaga rozszerzonego opisu. Konieczne jest poprawne przylutowanie pada termicznego U6 oraz ze względu na niewielki raster, sprawdzenie poprawności montażu. Sposób montażu w obudowie zależy do preferencji, płytkę można wbudować bezpośrednio do kolumny lub do osobnej obudowy. Rozmieszczenie elementów pokazano na **rysunku 5**.

Zmiana nastaw DSP jest realizowana przez port GPIO. Sygnały MP2, MP3, MP8 oraz MP9 są doprowadzone do złącza GPIO. Schemat manipulatorów podłączonych do DSP umieszczono na **rysunku 6**. Dwa potencjometry służą odpowiednio do regulacji głośności (VOL) i zmiany charakterystyki przenoszenia poprzez przełączenie jednego z pięciu korektorów graficznych (EQ), przełączniki obsługują podbicie basu (SBASS) oraz wzmocnienie efektu stereo (STEREO). Zmontowany moduł pokazano na **fotografii 7**.

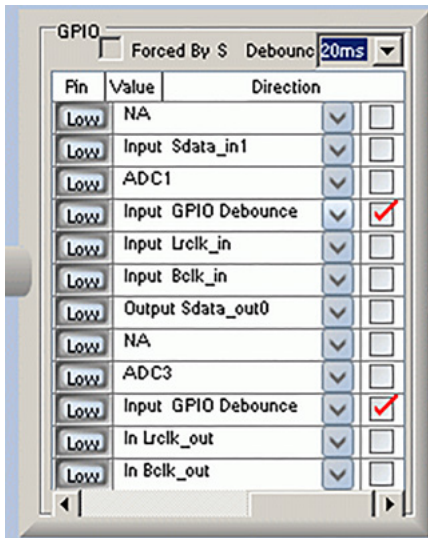
Po sprawdzeniu poprawności montażu należy układ zasilic i przyłączyć do komputera PC. W systemie Windows sterownik jest ładowany automatycznie. Po wybraniu domyślnego urządzenia audio można przejść do zaprogramowania DSP. Aplikacja i konfiguracja DSP są utworzone za pomocą środowiska Sigma Studio ver.3.11.1b. Schemat aplikacji ADAU1701 pokazano na **rysunku 8**.

Sygnał wejściowy z interfejsu szeregowego jest doprowadzony do bloku korektora EQ (**rysunek 9**) składającego się z pięciu siedmiopasmowych korektorów, których parametry należy ustalić podczas programowania układu zależnie od preferencji. Wybór aktywnego korektora jest wykonywany przez multiplexer sterowany sygnałem analogowym z ADC3 (wyprowadzenie MP8 GPIO). Aktywnych jest sześć poziomów napięcia. Najniższy powoduje pominięcie korektora i uzyskanie płaskiej charakterystyki przenoszenia DSP.

Po skorygowaniu charakterystyki częstotliwościowej sygnał jest doprowadzony do bloku wzmacniającego efekt stereo, co jest szczególnie istotne ze względu na przeważanie niewielką odległość pomiędzy głośnikami komputerowymi. Podobnie jak w wypadku korektora, jest możliwe ominięcie bloku *SPhat1* multiplexerem MX1_2 sterowanym z wejścia cyfrowego MP3. Ostatnim blokiem korekcji charakterystyki przenoszenia jest układ dynamicznego podbicia basu *Bass Enhance1*. Umożliwia on podbicie niskich częstotliwości – wartość wzmocnienia jest ustalana suwakiem *Boost*. Układ jest aktywny dla amplitudy sygnałów, których poziom jest niższy od ustalonego parametrem *Threshold*. Podobnie jak efekt super stereo, podbicie basu może zostać wyłączone multiplexerem sterowanym z wejścia cyfrowego MP9. Ostatnim blokiem jest regulator poziomu sygnału sterowany z wejścia analogowego MP2. Sygnał wyjściowy po skorygowaniu i regulacji poziomu jest



Rysunek 10. Konfiguracja sprzętowa DSP



Rysunek 11. Konfiguracja GPIO

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

R1, R4: 1 MΩ
 R2, R3: 1,5 kΩ
 R5: 1 kΩ
 R6: 18 kΩ
 R7: 475 Ω
 R8...R11: 2,2 kΩ
 R12, R13: 22 Ω (SMD 1206, 1%)
 R14: 220 Ω
 R15: 360 Ω
 RP1: 22 Ω (CRA06S08, drabinka SMD)
 RP2: 220 Ω (CRA06S08, drabinka SMD)
 RP3: 10 kΩ (CRA06S08, drabinka SMD – opcja, nie montować!)

Kondensatory: (SMD 0805)

C1, C5...C11, C14...C17: 0,1 μF
 C2, C3: 22 pF (NPO)
 C4, C18, C38: 1 μF
 C12: 3,3 nF (NPO)
 C13: 56 nF (NPO)
 C19, C22...C25, C27, C28, C34...C37: 0,1 μF
 C20: 680 pF (NPO)
 C21: 4,7 nF (NPO)
 C26, C29: 1 μF
 C30, C31: 330 pF (NPO)
 C32, C33: 0,47 μF (foliowy, R=5 mm)
 CE1...CE3, CE7: 10 μF (SMD „A”)
 CE4: 100 μF (elektrolit. Low ESR)
 CE5, CE6: 1000 μF (elektrolit. Low ESR)

Półprzewodniki:

Q1: BC807-40 (SOT-23)
 U1: PCM2707 (TQFP32)
 U2: SN74LVC1T45 (SOT-23-6)
 U3: MCP100T (SOT-23)
 U4: ADAU1701 (VQFP48)
 U5: 24LC256 (SO8)
 U6: STA333ML (PowerSSO36)
 U7: LM317 (TO-220 + radiator A03)

Inne:

FB1...FB8: dławik ferrytowy PBY201209T-601Y
 GPIO: złącze IDC6 proste
 L1...L4: dławik 22 μH/3 A
 O1, O2: złącze MX 3.96 proste, kompletne
 PWR: FC68148S (gniazdo zasilania 2,1 mm, SMD)
 USB: gniazdo micro USB
 USBi: złącze IDC10 proste
 WP: zwora SIP-2
 XT: 12 MHz (HC49S, SM)

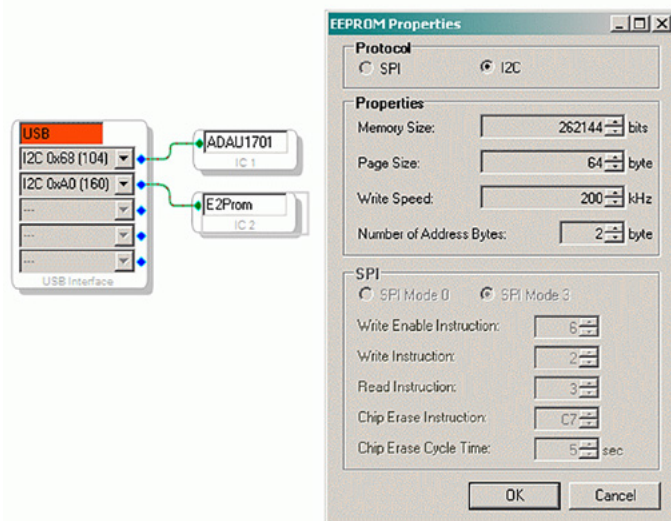
doprowadzony do wyjściowego portu szeregowego I²S. Konfigurację części sprzętowej DSP pokazano na **rysunku 10**. Przetworniki A/C i C/A są wyciszone, i wyłączone, ponieważ nie są wykorzystane w projekcie. Aktywne są porty szeregowy, skonfigurowane do pracy w trybie I²S. Port wyjściowy pracuje w trybie master. Przetwornik ADC z GPIO ma aktywną 5-bitową histerezę. Szczegóły konfiguracji GPIO zilustrowano na **rysunku 11**. Wyprowadzenia MP3 i MP9 mają aktywną inwersję sygnału, aby załączenie efektu odbywało się poprzez zwarcie GPIO do masy. Schemat połączeń programatora USBi i konfigurację pamięci EEPROM przedstawia **rysunek 12**.

Programowanie układu należy podzielić na dwa etapy:

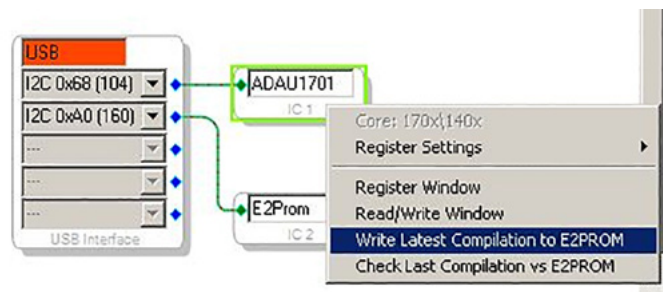
1. Symulacja działania i ustalenie parametrów układów korekcyjnych, w zależności od preferencji i parametrów współpracujących głośników, przy rozwartej zworze WP.
2. Zaprogramowanie pamięci programu koniecznej dla samodzielnej pracy DSP, zwora WP zwarta, opcja zapis ostatniej kompilacji do EEPROM (**rysunek 13**).

Gotowe, zmontowane urządzenie pokazano na **fotografii 14**. Jeżeli wszystko przebiegło pomyślnie pozostaje cieszyć się muzyką.

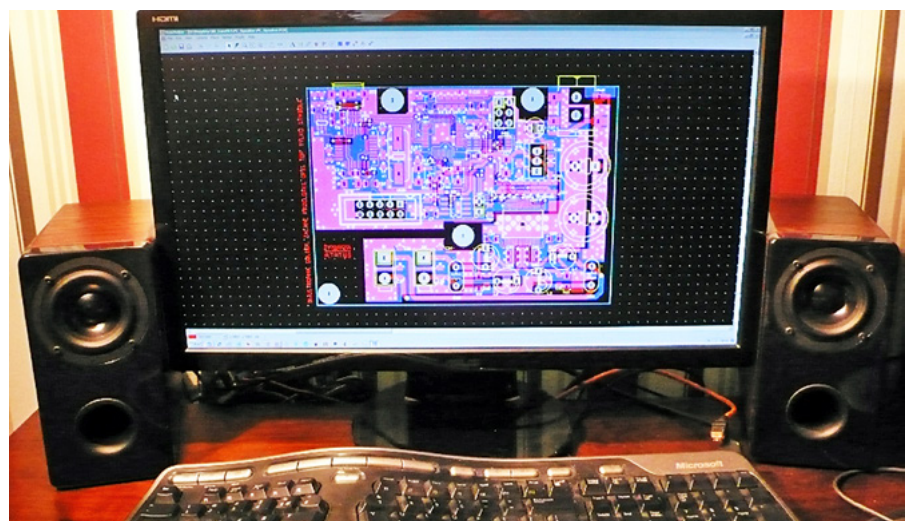
Adam Tatuś, EP



Rysunek 12. Konfiguracja USBi



Rysunek 13. Zapisanie pamięci EEPROM



Fotografia 14. Kompletny, zmontowany system PC_Speaker