

USB Audio

Karta muzyczna z interfejsem USB

Współcześnie prawie każdy komputer osobisty – stacjonarny, laptop a nawet miniaturowe komputery z układami SoC – mają wbudowane „karty” dźwiękowe. Mimo tego postanowiłem zbudować własną kartę muzyczną z interfejsem USB. Płytką drukowaną mojej „karty” ma wymiary zbliżone do wymiarów karty kredytowej.

Rekomendacje: ciekawa karta muzyczna o dobrych parametrach, przewyższających urządzenia fabryczne.

Zintegrowane karty dźwiękowe montowane w komputerach są zwykle pojedynczym, specjalizowanym układem scalonym pełniącym funkcję kodeka audio. W komputerach stacjonarnych zwykle mamy do dyspozycji komplet wyjść analogowych w układzie głośników od Dolby Surround 2.0, 5.1 lub 7.1.



Dodatkowo, zwykle jest dostępne osobne wyjście 2.0 przeznaczone do dołączenia słuchawek. Standardem stało się wyprowadzenie dźwięku za pomocą interfejsu cyfrowego S/PDIF. Zwykle każda karta ma jedno wejście analogowe Line In oraz pojedyncze wejście mikrofonowe.

Bardzo rzadko takie zintegrowane karty audio są wyposażone w cyfrowe wejście S/PDIF. W wypadku laptopów zintegrowana karta ma jedno wyjście na słuchawki i jedno

W ofercie AVT* AVT-5430 A

Podstawowe informacje:

- Kodek audio typu PCM2902C (Texas Instruments).
- Wejście analogowe Line In, wejście cyfrowe S/PDIF Coaxial, wejście cyfrowe S/PDIF Opto.
- Wyjście analogowe Line Out, wyjście cyfrowe S/PDIF Coaxial, wyjście cyfrowe S/PDIF Opto.
- Przełącznik (SW DIP-8) wejść/wyjść oraz czułości wejść analogowych.
- Sygnalizacja stanu pracy układu PCM2902C oraz stanu wejść i wyjść za pomocą diod LED.
- Zniekształcenia nieliniowe (THD+N) na wyjściu Line Out: 0,005%.
- Stosunek sygnał/szum (SNR) na wyjściu Line Out – 96 dB.
- Nierównomierność charakterystyki częstotliwościowej (C/A) $\pm 0,1$ dB.
- Nierównomierność charakterystyki częstotliwościowej (A/C) $\pm 0,05$ dB.
- Przetworniki A/C i C/A: 16-bitowe, typu Delta-Sigma.
- Akceptowane częstotliwości próbkowania:
 - * C/A: 32 kHz, 44,1 kHz, 48 kHz,
 - * A/C: 8 kHz, 11,025 kHz, 16 kHz, 22,05 kHz, 32 kHz, 44,1 kHz, 48 kHz.
- USB2.0 (full speed), tryb adaptacyjny dla odtwarzania, tryb asynchroniczny dla nagrywania.

Dodatkowe materiały na CD lub FTP:

ftp://ep.com.pl, user: 08252, pass: 852rja63

• 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)

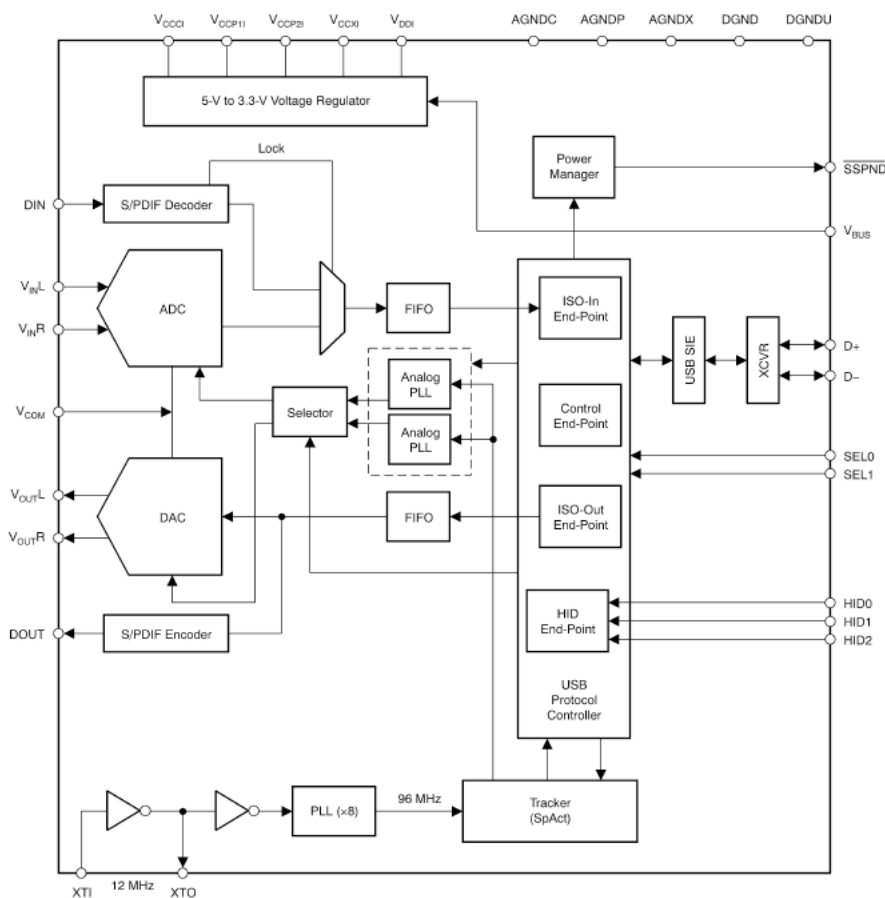
AVT-5299 Karta dźwiękowa z przetwornikiem PCM2902 i interfejsem USB (EP 7/2011)

AVT-5188 Kompaktowy przetwornik C/A dla Audiofilów (EP 6/2009)

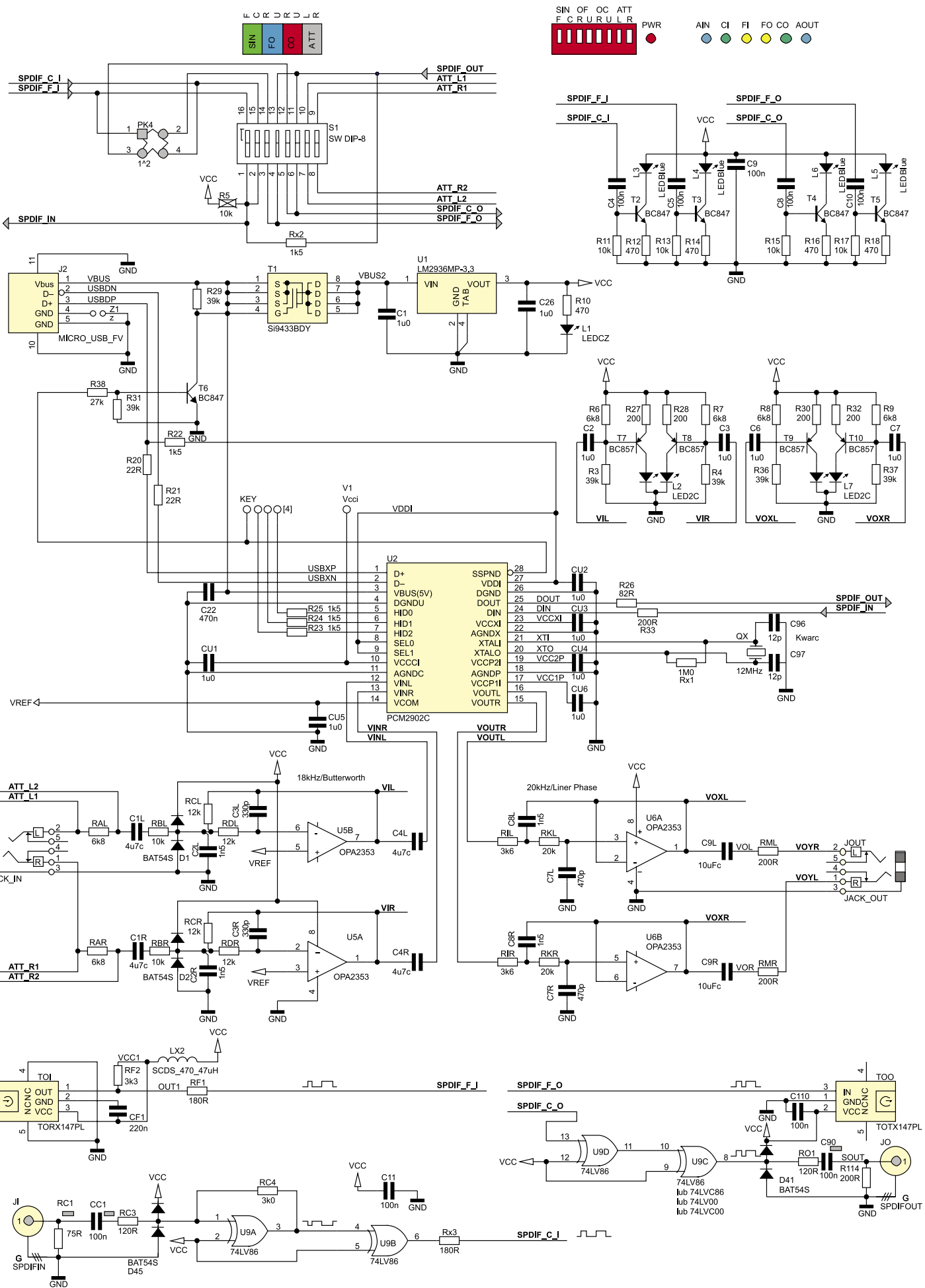
AVT-379 Audiofilski przetwornik C/A (EP 2/2005)

AVT-5084 Audiofilski przetwornik C/A audio (EP 10-11/2002)

* 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 nic 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 oprogramowanie (nieczęsto spotykana wersja, lecz jeśli występuje, to niezbędne oprogramowanie można ściągnąć, klikając w link umieszczony w opisie kitu)
AVT xxxx CD 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 blokowy układu scalonego PCM2902C



Rysunek 2. Schemat ideowy karty USB Audio

wejście mikrofonowe, nie zawsze wyprowadzone na złącze.

Od kilku lat interesowałem się ofertą układów audio produkowanych przez firmę Texas Instruments. Wśród nich jest cała grupa komponentów z interfejsem USB, pracujących zgodnie z klasą urządzeń HID (Human Interface Device Class). Klasa urządzeń HID obejmuje urządzenia interfejsu użytkownika, takie jak: klawiatury, myszki, przełączniki, joysticki, czytniki kodów kreskowych, termometry i wiele innych układów komputerowych i wyjściowych.

Jako przykładem możemy się posłużyć kodekiem PCM2902C. Ma on trzy przyciski obsługiwane za pomocą HID: *Volume+*, *Volume-* oraz *Mute*. Systemy Windows powinny rozpoznać dołączone urządzenie klasy HID i automatycznie zainstalować potrzebne sterowniki. Bez potrzeby instalacji dodatkowego oprogramowania w systemach Windows (sprawdzono w Windows XP i Windows 7) jest automatycznie instalowane oprogramowanie dla przetworników A/C i C/A obsługujące jednocześnie *S/PDIF In* i *S/PDIF Out*. Układ PCM2902C jest również rozpoznawany w systemach Linux i jest umieszczony na liście przetworników D/C kompatybilnych z RaspberryPI.

Nazwa *kodek audio* odnosi się do układów scalonych przyjmujących analogowe sygnały wejściowe i przekształcające je na cyfrowe za pomocą przetwornika A/C (ewentualnie mogą one mieć wejście cyfrowe S/PDIF) i mających wyjścia analogowe z przetworników C/A (i ewentualnie wyjście cyfrowe SPDIF). Układy nazywane „przetwornikami DAC” mają tylko wyjścia analogowe z przetworników C/A oraz ewentualnie wyjście cyfrowe S/PDIF. W ofercie TI można znaleźć układy kodeków audio wyposażonych tylko w wejścia i wyjścia analogowe oraz mające także cyfrowe interfejsy S/PDIF (wejście i wyjście S/PDIF). Wybrałem układ scalony PCM2902C wyposażony wejścia/wyjścia analogowe i cyfrowe.

Główną powodem zbudowania karty *USB Audio* była chęć użycia jej z popularnym komputerkiem RaspberryPI. Jest on wyposażony w pojedyncze, stereofoniczne, analogowe wyjście sygnału audio, jednak jego jakość pozostawia wiele do życzenia. Dźwięk jest wytwarzany bezpośrednio z wyjść PWM0 i PWM1 procesora BCM2835. Napięciem odniesienia dla wytwarzanych sygnałów audio jest napięcie zasilania procesora. Nie jest ono dokładnie stabilizowane, a w wypadku niewielkiej wydajności prądowej zasilacza komputera może pojawić się w kanałach audio przydźwięk sieciowy oraz dodatkowe „brzęczenie” występujące podczas odczytu danych z dołączonego pendriva. Wyjścia PWM0 i PWM1 wyposażone są tylko w uproszczone filtry dolnoprzepustowe pierwszego rzędu. Komputerki Rasp-

berryPI nie jest też wyposażony w interfejs cyfrowy S/PDIF.

Innym zastosowaniem USB Audio jest użycie jej do laptopa w charakterze karty dźwiękowej. Kolejnym zastosowaniem jest włączenie jej do komputera stacjonarnego w celu wykorzystania konwersji sygnału audio na S/PDIF, które zwykle nie jest zamontowane w komputerze. Dodatkową zaletą tej zewnętrznej karty dźwiękowej jest pozbycie się różnych przydźwięków na wejściach i wyjściach analogowych występujących często na płytach głównych komputerów z kartami zintegrowanymi.

„Linia USB Audio Codec” na liście urządzeń audio

Płytką to po połączeniu kablem USB z komputerem PC instaluje się pod nazwą „USB Audio Codec”. W systemie Windows XP wejście i wyjście karty stają się wejściami/wyjściami domyślnymi. We wszystkich systemach pojawia się jedno wejście „Linia USB Audio Codec” i nie ma możliwości programowej regulacji poziomu sygnału wejściowego.

Układ scalony PCM2902C ma dwa wejścia: stereofoniczne analogowe oraz cyfrowe SPDIF. Układ domyślnie wybiera wejście SPDIF, jeśli przebieg wejściowy doprowadzony do tego wejścia jest prawidłowy i spełnia następujące warunki:

- częstotliwość próbkowania: 32 kHz, 44,1 kHz lub 48 kHz,
- kodowanie linowe stereo PCM,
- bit Copyright zezwala na kopiowanie.

Wejście S/PDIF działało poprawnie z odtwarzaczami DVD i Blu-ray, Mbox’a telewizji cyfrowej, innego komputera. Należy jedynie zwrócić uwagę na to, aby parametry nagrywanego dźwięku (z wejścia S/PDIF) były zgodne z parametrami doprowadzonego sygnału – miały tę samą częstotliwość próbkowania.

Przez wejście i wyjście S/PDIF opiswanej karty nie można przesyłać danych skompresowanych (AC3 lub DTS). Zwykle po zainstalowaniu ma ona pojedyncze wyjście (Windows XP, Linux) „Głośniki USB Audio Codec” z możliwością programowej regulacji poziomu sygnału wyjściowego. Fizycznie jednak karta ma trzy wyjścia – kanał lewy i prawy sygnału stereofonicznego oraz cyfrowe SPDIF. Regulacja poziomu wyjściowego dotyczy tylko wyjścia analogowego. Wyjście S/PDIF zawsze pracuje z pełnymysterowaniem. Zaobserwowałem, że sygnały wyjściowe pojawiają się jednocześnie na wyjściach analogowych, jak i na wyjściu cyfrowym.

„Głośniki USB Audio Codec” na liście urządzeń Audio

Karta USB Audio jest również wykrywana przez komputerki RaspberryPI. Po modyfikacji zbioru */etc/modprobe.d/alsa-base.conf* jest

Wykaz elementów

Rezystory: (SMD 0805)

R3, R4, R29, R31, R36, R37: 39 kΩ
 R5, R11, R13, R15, R17, RBL, RBR: 10 kΩ
 R6...R9, RAL, RAR: 6,8 kΩ
 R10: 470 Ω
 R12, R14, R16, R18: 470 Ω
 R20, R21: 22 Ω
 R22...R25, Rx2: 1,5 kΩ
 R26: 82 Ω
 R27, R28, R30, R32, R33, R114, RML, RMR: 200 Ω
 R38: 27 kΩ
 RC1: 75 Ω (SMD 1206)
 RC3, RO1: 120 Ω
 RC4: 3,0 kΩ
 RCL, RCR, RDL, RDR: 12 kΩ
 RF1, Rx3: 180 Ω
 RF2: 3,3 kΩ
 RIL, RIR: 3,6 kΩ
 RKL, RKR: 20 kΩ
 Rx1: 1,0 MΩ

Kondensatory: (SMD 0805)

C1...C3, C6, C7, C26, CU1...CU6: 1,0 μF
 C1L, C1R, C4R: 4,7 μF
 C2L, C2R, C8L, C8R: 1,5 nF
 C3L, C3R: 330 pF
 C4, C5, C8...C11, C110: 100 nF
 C4L: 4,7 μF
 C7L, C7R: 470 pF
 C9L, C9R: 10 μF (SMD 1210)
 C22: 470 nF
 C90, CC1: 100 nF (SMD 1206)
 C96, C97: 12 pF
 CF1: 220 nF

Półprzewodniki:

D1, D2, D41, D45: BAT54S (SOT-23)
 L1: LEDCZ (dioda LED czerwona)
 L2, L7: LED2C: (dioda LED 2-kolorowa)
 L3, L4, L5, L6: LEDBlue (dioda LED, niebieska)
 T1: Si9433BDY (SO-8)
 T2...T6: BC847 (SOT-23)
 T7...T10: BC857 (SOT-23)
 U1: LM2936MP-3.3 (SOT-223)
 U2: PCM2902C (SSOP-28)
 U5, U6: OPA2353 (SO-8)
 U9: 74LV86 (SO-14)
 TOI: odbiornik TORX147PL (TOTX147)
 TOO: nadajnik TOTX147PL (TOTX147)

Inne:

J2: gniazdo MICRO USB/B, do druku
 J1, JO: gniazda chinch
 JIN, JOUT: gniazda Jack
 LX2: dławik 47 μH
 QX: rezonator 12 MHz
 S1: przełącznik DIP-8

REKLAMA

obsługiwana przez programy *play*, *mplayer*, *mocp* itp. Pozwala to na uzyskanie cyfrowego dźwięku z wyjścia S/PDIF. Niestety, nie udało mi się włączyć karty w programie XBMC zainstalowanym na RaspberryPI. Na **listingu 1** zamieszczono ostatnie linie zbioru tekstowego */etc/modprobe.d/alsa-base.conf* zmodyfikowane tak, aby karta USB miała wyższy priorytet niż układ dźwiękowy procesora BCM2835. Najważniejsze na tym listingu są linie 2, 4 oraz ostatnia.

Listing 1. Ostatnie linie zbioru konfiguracyjnego */etc/modprobe.d/alsa-base.conf*

```
# Keep snd-pcsp from being loaded as first soundcard
options snd-pcsp index=-2
# Keep snd-usb-audio from being loaded as first soundcard
options snd-usb-audio index=0
# options snd-usb-audio nrpacks=1
# Prevent abnormal drivers from grabbing index 0
options bt87x index=-2
options cx88_alsa index=-2
options snd-atiixp-modem index=-2
options snd-intel8x0m index=-2
options snd-via82xx-modem index=-2
options snd-bcm2835 index=-2
```

Układ scalony PCM2902C

Układ wyposażono we wszystkie bloki potrzebne do zbudowania karty dźwiękowej (**rysunek 1**). Ma wbudowany stabilizator napięcia 3,3 V, który zasila wewnętrzne bloki funkcjonalne. Linie D+ i D- interfejsu USB dołączono do bloku *USB Protocol Controller*. Jest on odpowiedzialny za (szeregową) transmisję danych z przetwornika A/C lub dekodera S/PDIF oraz do przetwornika C/A i kodera S/PDIF. Blok ten umożliwia również odczyt trzech przycisków (wejścia HID0, HID1 i HID2). Mogą one pracować jako przyciski *Volume+*, *Volume-* oraz *Mute*. W opisywanym urządzeniu nie zamontowałem tych przycisków, ale jest to możliwe.

W strukturze układu scalonego umieszczono również blok generatora kwarcowego 12 MHz. Częstotliwość 12 MHz jest mnożona $\times 8$ przy wykorzystaniu pętli PLL. Wyjściowa częstotliwość 96 MHz taktuje blok USB oraz pętle PLL przetworników A/C i C/A. Układ PCM2902C jest oferowany w obudowie SSOP28.

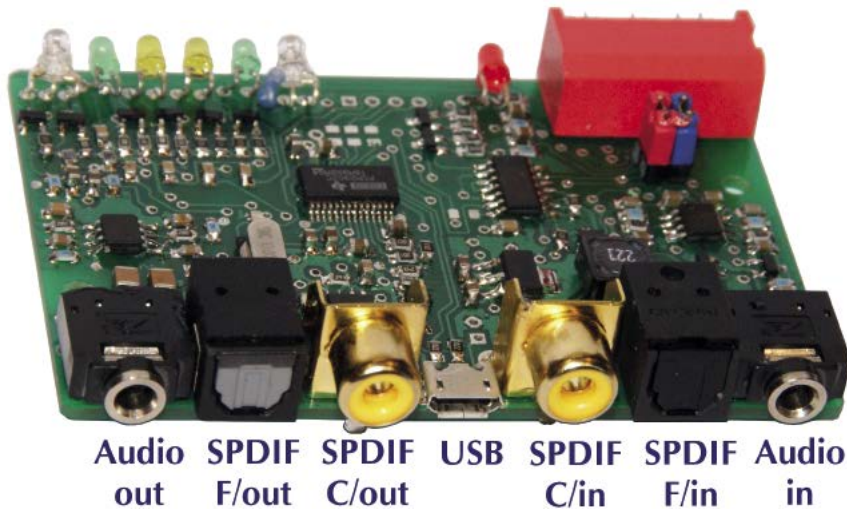
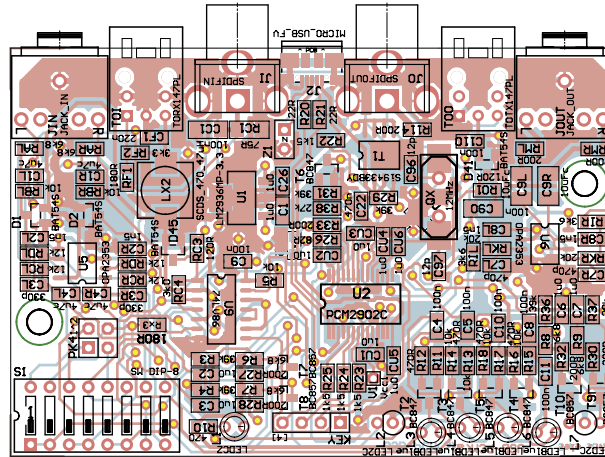
Karta USB Audio

Schemat ideowy projektu karty dźwiękowej pokazano na **rysunku 2**. Głównym jej elementem jest układ scalony PCM2902C. Aby uzyskać funkcjonalną kartę muzyczną dodałem kilka elementów dodatkowych.

Układ scalony U2 (PCM2902C) pracuje w typowej konfiguracji *Bus Powered*. Wyjściowe sygnały audio *VOUTL* i *VOUR* zostały doprowadzone na wejścia filtrów dolnoprzepustowych (LPF) zbudowanych na wzmacniaczach operacyjnych układu U6 (OPA2353). Wzmacniacze OPA2353 są wzmacniaczami z wyjściami i wejściami typu *rail-to-rail*. Pracują poprawnie dla napięcia zasilania od 2,7 do 5,5 V. Zniekształcenia nieliniowe tych wzmacniaczy są na poziomie 0,0006%. Aby zmniejszyć ewentualne zafalowania charakterystyki przenoszenia związane z obciążeniem pojemnościowym (pojemność kabli połączeniowych) dodałem szeregowo z wyjściami rezystory RML i RMR o rezystancji 200 Ω . Można ją ewentualnie zmniejszyć do 50...100 Ω .

Wydajność prądowa wyjść wzmacniaczy wynosi ± 40 mA, więc można bez problemuysterować z wyjść analogowych słuchawki o impedancji nawet 30 Ω . Elementy RC fil-

Rysunek 3. Schemat montażowy karty USB Audio



Rysunek 4. Karta USB AUDIO – rozmieszczenie złączy

trów wyjściowych zostały dobrane dla częstotliwości granicznej 20 kHz, a ich charakterystyka przenoszenia jest typu *Liner Phase*. Filtry dolnoprzepustowe zastosowałem również na wejściach analogowych – układ U5 (OPA2353). Ich struktura jest nieco inna. Są to filtry z wielokrotnym sprzężeniem zwrotnym. Odwracają one fazę sygnału, co nie ma istotnego znaczenia. Ich zaletą jest możliwość ustawienia dowolnego współczynnika wzmocnienia. W karcie można wybrać wzmocnienie napięciowe około 1 V/V lub 0,7 V/V.

Stopień wejściowy układu PCM2902C może przyjąć sygnał wejściowy (linie VINL i VINR) o napięciu maksymalnym 2 Vpp. Odpowiada to wartości skutecznej (dla sygnału sinusoidalnego) około 0,7 V AC. Elementy RC

filtrów wejściowych zostały dobrane dla częstotliwości granicznej 18 kHz, a ich charakterystyka przenoszenia jest typu *Butterworth*. Przelączenie wzmocnienia nieco zmienia ją – ten filtr najlepiej pracuje dla wzmocnienia równego 1 V/V. Zastosowałem kondensatory ceramiczne C1L, C1R, C4L, C4R, C9L oraz C9R (4,7 μF i 10 μF). Podwójne diody D1 i D2 (BAT54S) zabezpieczają wejścia wzmacniaczy operacyjnych przed zniszczeniem w wypadku wystąpienia na wejściach napięć wyższych od napięcia zasilania.

Układ scalony PCM2902C ma wyprowadzenie SSPND (nóżka 28). Po dołączeniu karty do portu USB (przez złącze J2) napięcie magistrali USB VBUS zasila tylko układ U2 (PCM2902C), a na wyjściu SSPND występuje logiczne „0”. Komputer nadrzędny (*USB*

Host) inicjuje proces enumeracji urządzenia USB. Gdy proces ten zakończy się pomyślnie, na nóżce SSPND pojawia się logiczna „1”. Powoduje to wysterowanie tranzystora T6 i T1. Przewodzący tranzystor T1 zasila stabilizator U1 (LM2936MP-3.3). Pojawia się napięcie VCC zasilające pozostałe bloki karty. Dioda L1 świeci się dopiero po prawidłowym rozpoznaniu karty przez komputer nadrzędny.

Port USB może mieć dołączoną pojemność nie większą niż 2,2 μF . Dlatego kondensator C1 ma pojemność tylko 1 μF , a kondensator C22 – 470 nF. Kondensatory CU1...6 o pojemności 1 μF filtruje wewnętrzne napięcia zasilania układu PCM2902C.

Na karcie zamontowano dwa wejścia S/PDIF. Wejście optyczne (*fiber optic*) zbudowałem na bazie odbiornika TOI (TORX-147PL). Na wyjściu tego odbiornika dodałem szeregowy rezystor RF1 (180 Ω), aby ograniczyć ewentualny prąd zwarcia tego wyjścia z sygnałem SPDIF_C_I. Sygnał SPDIF_F_I jest doprowadzony jest przełącznika S1. Zasilanie odbiornika jest poprowadzone przez dławik LX2 (47 μH). Wejściowy sygnał SPDIF COAXIAL ze złącza J1 trafia na wejście zlinearyzowanej bramki U9A (74LV86). Rezystor RC1 (75 Ω) zapewnia impedancję wejściową zbliżoną do 75 Ω . Rezystory RC3 (120 Ω) i RC4 (3 k Ω) pracują w pętli ujemnego sprzężenia zwrotnego (bramka U6A spełnia rolę wzmacniacza operacyjnego odwracającego fazę). Bramka U9B powtórnie odwraca fazę strumienia wejściowego, i daje na swoim wyjściu cyfrowy przebieg o poziomach TTL. Na wyjściu tej bramki dodałem również szeregowy rezystor Rx3 (180 Ω), aby ograniczyć ewentualny prąd zwarcia tego wyjścia z sygnałem SPDIF_F_I w wypadku nieprawidłowo ustawionych połączeń na przełączniku S1 (jednoczesne włączenie wejścia F-Fiber i C-Coaxial).

Wyjście optyczne obsługuje nadajnik TOO (TOTX147PL). Sygnał wejściowy dla tego elementu to SPDIF_F_O. Wyjście S/PDIF Coaxial zastało przeprowadzone przez dwie bramki – U6C i U6D. Wyjście z bramki U6C zawiera rezystory RO1 (120 Ω) i R114 (200 Ω). Zapewniają one impedancję wyjściową zbliżoną do 75 Ω .

Przełącznik S1 pozwala na wybranie źródła sygnału wejściowego S/PDIF: przełącznik 1 – wejście S/PDIF optyczne, przełącznik 2 – wejście S/PDIF Coaxial. Następne dwa przełączniki wybierają źródło sygnału dla wyjścia optycznego: przełącznik 3 – retransmisja sygnału z wejścia optycznego na wyjście optyczne, przełącznik 4 – wyjście S/PDIF (z układu PCM2902C) dołączone do wyjścia optycznego. Podobnie kolejne dwa przełączniki wybierają źródło sygnału dla wyjścia coaxial: przełącznik 5 – retransmisja sygnału z wejścia coaxial na wyjście coaxial, przełącznik 6 – wyjście SPDIF podłączone

Tabela 1. Segmenty przełącznika S1

Segment	Znaczenie	Grupa
1	Wejście S/PDIF optyczne (Fiber optic)	SIN
2	Wejście S/PDIF coaxial	
3	Retransmisja sygnału dla wyjścia optycznego	FO
4	Wyjście S/PDIF na wyjściu optycznym	CO
5	Retransmisja sygnału dla wyjścia coaxial	
6	Wyjście S/PDIF na wyjściu coaxial	ATT
7	Wzmocnienie lewego kanału	
8	Wzmocnienie prawego kanału	

Tabela 2. Funkcje poszczególnych diod LED

Dioda	Znaczenie	Oznaczenie
L1	Obecność napięcia 3,3V (po renumeracji USB)	PWR
L2	Poziom wejściowego sygnału analogowego	AIN
L3	Obecność przebiegu SPDIF na wejściu coaxial	CI
L4	Obecność przebiegu SPDIF na wejściu optycznym	FI
L5	Obecność przebiegu SPDIF na wyjściu optycznym	FO
L6	Obecność przebiegu SPDIF na wyjściu coaxial	CO
L7	Poziom wyjściowego sygnału analogowego	AOUT

na wyjście coaxial. Ostatnie dwa przełączniki wybierają wzmocnienie wejściowego analogowego sygnału audio. Dla wyłączonych przełączników 7 i 8 wzmocnienie to wynosi 0,7 V/V (czułość na poziomie 1 V_{RMS}). Dla włączonych przełączników 7 i 8 wzmocnienie to wynosi około 1 V/V (czułość na poziomie 0,7 V_{RMS}). Pole krosowe PK4 pozwala na „skrzyżowanie” sygnałów w celu retransmisji. Dla zworek 1-2 i 3-4 sygnał wejściowy coaxial może być retransmitowany (przechodzi bez zmian) na wyjście coaxial, a sygnał z wejścia optycznego może być retransmitowany na wyjście optyczne. Dla zworek 1-3 i 2-4 sygnał wejściowy coaxial może być retransmitowany na wyjście optyczne, a sygnał z wejścia optycznego może być retransmitowany na wyjście coaxial. Przy przełączaniu przełączników elementu S1 należy zachować następujące zasady:

- można włączyć tylko jeden z przełączników 1 lub 2,
- można włączyć tylko jeden z przełączników 3 lub 4,
- można włączyć tylko jeden z przełączników 5 lub 6,
- należy jednocześnie włączyć lub wyłączyć przełączniki 7 i 8.

Możliwe jest jednoczesne podłączenie wyjścia SPDIF z układu PCM2902C na wyjścia optyczne i coaxial (włączone przełączniki 4 i 6). Funkcje poszczególnych segmentów przełącznika opisano w tabeli 1.

Stany wejść i wyjść sygnalizują diody LED (tabela 2). Sygnały SPDIF mają częstotliwość na poziomie 2 do 3 MHz (zależnie od ilości transmitowanych „1” w sygnale). Diody sygnalizujące obecność „prostokątnych” przebiegów SPDIF sterowane są przez tranzystory T2, T3, T4 i T5. Dla wejść i wyjść analogowych zbudowałem na tranzystorach T7, T8, T9 i T10 proste źródła prądowe sterowane ujemnymi połówkami sygnałów sinu-

soidalnych. Pary tranzystorów sterują dwukolorowe diody LED (L2 i L7). Dla sygnału z lewego kanału świeci się dioda zielona, dla sygnału z prawego kanału świeci się dioda czerwona. Jeśli obecne są sygnały w obydwu kanałach, diody te świecą kolorem wypadkowym zbliżonym do żółtego.

W sytuacji, gdy obydwa przełączniki 1 i 2 elementu S1 są rozłączone, to normalnie na wejście S/PDIF układu PCM2902C nie byłby podawany żaden sygnał S/PDIF i układ przełączyłby się na wejście analogowe. Ponieważ w prototypie wlutowałem rezystor Rx2 (1,5 k Ω), to w tej sytuacji sygnał SPDIF w wyjścia układu PCM2902C trafia przez ten rezystor na jego wejście SPDIF. Następuje zatem zapętlenie wyjścia SPDIF z komputera na jego wejście SPDIF. W ten sposób można łatwo sprawdzić czy transmisje SPDIF funkcjonują poprawnie. Dla wlutowanego rezystora Rx2, aby zmusić układ PCM2902C do przełączenia się na wejście analogowe, należy wybrać wejście S/PDIF, na które w tym momencie nie jest podawany przebieg S/PDIF.

Montaż i uruchomienie

Schemat montażowy karty pokazano na rysunku 3. Montaż elementów najlepiej rozpocząć od wlutowania układu U2 typu PCM2902C. Układ ten ma obudowę SSOP28 o rozstawie nóżek 0,65 mm. Po jego wlutowaniu należy sprawdzić czy nie ma zwarc między wyprowadzeniami. W miejsce układu U2 można ewentualnie wlutować układ typu PCM2906C. Oba układy mają identycznie rozmieszczone wyprowadzenia i takie same bloki funkcjonalne.

Wcześniej firma Texas Instruments produkowała układy PCM2906B. Układy scalone z literką „B” mają zdefiniowane swoje wejście jako „mikrofon”. System Windows 7 dla układów w wersji „B” niepotrzebnie

zwiększa (programowo) wzmocnienie z tego wejścia o 30 dB. Polecam stosowanie układów PCM2902C lub PCM2906C. Układy z literką „C” mają swoje wejście zdefiniowane jako „linia”.

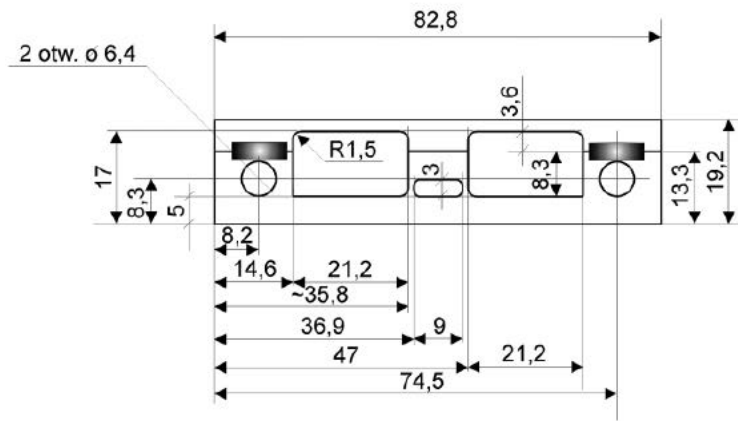
Po wlutowaniu układu U2 proponuję zamontować kondensatory CU1...C6 oraz C22, rezystory R20...R22 oraz złącze mikro USB (J2). Należy również wlutować kwarc 12 MHz i kondensatory C96 i C97 (12 pF) oraz rezystor Rx1 (1 MΩ). Po wlutowaniu tych elementów można dołączyć płytke przez kabel mikro USB do komputera. Komputer powinien wykryć USB Audio Codec. Jeśli karta zostanie wykryta przez komputer, to proponuję wlutować tranzystor T1 (Si9433BDY) oraz układ scalony U1 (LM2936MP-3.3) z elementami z nimi współpracującymi. Warto również wlutować diodę LED L1. Po wlutowaniu tych elementów każde podłączenie karty do komputera powinno spowodować zaświecenie się diody L1.

Kolejnym elementem do wlutowania jest układ scalony U6 typu OPA2353. Wzmacniacze operacyjne tego układu tworzą filtry dolnoprzepustowe dla wyjść analogowych. Po jego wlutowaniu układu wraz z elementami biernymi i złączem JOUT, można do JOUT włączyć słuchawki. Pozwolą one na sprawdzenie poprawności działania analogowego wyjścia karty. Dźwięk powinien być czysty, bez zniekształceń. W następnym kroku proponuję wlutować układ scalony U9 typu 74LV86 albo 74LV00. Ponieważ sygnały cyfrowe są wybierane przez mikroprzełączniki elementu S1, to należy również wlutować ten element. Lutowanie interfejsów cyfrowych S/PDIF najlepiej zacząć od wyjść – złącze JO i nadajnik TOO (TOTX147PL). Te interfejsy najłatwiej sprawdzić przez dołączenie ich do wejść amplitunera kina domowego.

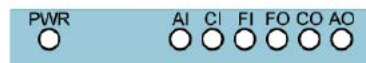
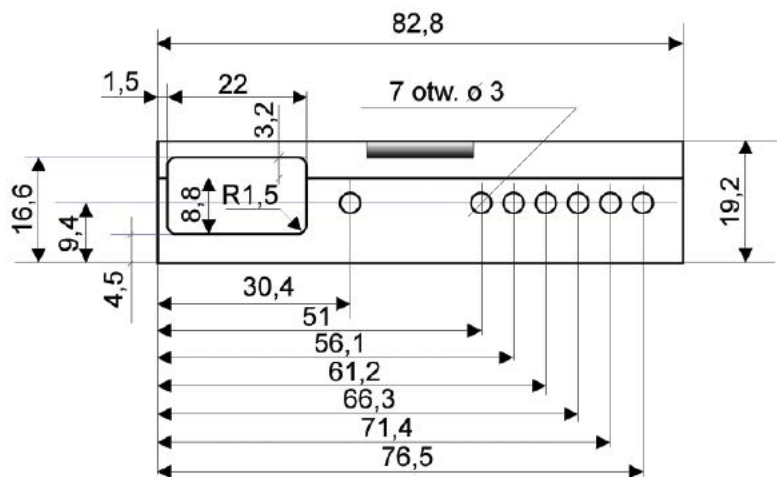
W kolejnym kroku należy wlutować blok filtrów wejściowych z układem scalonym U5 typu OPA2353 oraz złączem JIN. Jeśli przewidujemy użycie wejść S/PDIF, to należy wlutować złącze JI oraz odbiornik TOI (TORX147PL). Na koniec należy wlutować diody LED L2...L7 wraz z tranzystorami T2...T10 oraz elementami biernymi wokół nich.

Płytkę drukowaną umieściłem w plastikowej obudowie (po elementach elektronicznych) o wymiarach 82,8 mm×56,5 mm×19,2 mm. Rozmieszczenie złącz pokazano na rysunku 4, natomiast szkice otworów do wykonania w obudowie na rysunku 5 i rysunku 6.

Zbyszko Przybył
zbyszekjob@interia.pl



Rysunek 5. Projekt obudowy – przód



Rysunek 6. Projekt obudowy – tył