

Dział „Projekty Czytelników” zawiera opisy projektów nadesłanych do redakcji EP przez Czytelników. Redakcja nie bierze odpowiedzialności za prawidłowe działanie opisywanych układów, gdyż nie testujemy ich laboratoryjnie, chociaż sprawdzamy poprawność konstrukcji.

Prosimy o nadsyłanie własnych projektów z modelami (do zwrotu). Do artykułu należy dołączyć podpisane oświadczenie, że artykuł jest własnym opracowaniem autora i nie był dotychczas nigdzie publikowany. Honorarium za publikację w tym dziale wynosi 250,- zł (brutto) za 1 stronę w EP. Przysyłanych tekstów nie zwracamy. Redakcja zastrzega sobie prawo do dokonywania skrótów.

Projekt  
229



# Karta USB Audio Mic & Power (1)

**Prawie dwa lata temu opisywałem kartę USB Audio zawierającą analogowe i cyfrowe wejścia i wyjścia. Tamta karta miała wejście sygnałowe audio Line In oraz również sygnałowe wyjście audio Line Out. Tym razem postanowiłem zbudować własną kartę USB Audio Mic & Power wyposażoną w mikrofon (stereofoniczny) i końcówkę mocy zdolnąysterować głośniki. Karta ta również ma sygnałowe wejścia i wyjścia audio w formie analogowej i cyfrowej.**

Płytką drukowaną mojej „karty” ma niewielkie wymiary (85,3 mm×75,2 mm) i mieści się – podobnie jak jej poprzedniczka – w niewielkiej obudowie służącej pierwotnie do przechowywania układów scalonych. Założyłem, że moja konstrukcja nie powinna wymagać napięcia zasilania wyższego niż 5 V. Jeśli nie są używane wyjścia głośnikowe, to karta nie wymaga dodatkowego zasilania – zasilanie jest pobierane z portu USB komputera/laptopa. Jeśli podłączone są głośniki, to wymagane jest zasilanie końcówki mocy z zewnętrznego zasilacza 5 V/2 A (5 V/3 A). Głównym układem scalonym odpowiedzialnym za przetwarzanie sygnałów audio i komunikację

z komputerem nadrzędnym przez port USB jest układ PCM2902C produkowany przez firmę Texas Instruments.

Końcówkę mocy zbudowano z użyciem układu scalonego typu PAM8403 produkcji Power Analog Microelectronics. Układ ten cechuje się bardzo dobrą sprawnością i dość dużą mocą wyjściową przy zasilaniu napięciem równym 5 V. Podstawowe parametry mojej karty USB Audio Mic & Power są następujące (uwaga – parametry sygnału wyjściowego są teoretyczne):

- Główny układ scalony „Audio Codec” typu PCM2902C (TI).
- Końcówka mocy pracująca w klasie „D” typu PAM8403 (PAM).

- Potencjometr elektroniczny dla wyjść głośnikowych typu MAX5486 (Maxim-Dallas).
- Niskoszumowe wzmacniacze wejść mikrofonowych typu MAX9812H (Maxim-Dallas).
- 1 wejście analogowe „Line In” lub „Mic”.
- 1 wejście cyfrowe S/PDIF Opto.
- 1 wyjście analogowe „Line Out”.
- 1 wyjście cyfrowe S/PDIF Opto.
- Przełącznik czułości wejścia analogowego oraz przełącznik wejść.
- Sygnalizacja stanu pracy układu PCM2902C oraz stanu wejść i wyjść na diodach LED.

## Wykaz elementów

### Rezystory: (SMD 0805)

R1, R13, R33, RML, RMR: 33 Ω  
 R10: 470 Ω 0805  
 R14, R17: 36 kΩ  
 R15, R18: 1 kΩ/1%  
 R16, R19: 10 kΩ/1%  
 R2, R5, R11, R12, R45, R47, RBL, RBR, RF2: 3,3 kΩ  
 R20, R21: 22 Ω  
 R22...R25: 1,5 kΩ  
 R26: 82 Ω  
 R27, R28, R30, R32: 200 Ω  
 R3, R4, R29, R31, R36, R37, R41, R43: 39 kΩ  
 R34: 270 kΩ  
 R35, R50, R51, R52, RF1: 470 kΩ  
 R38: 27 kΩ  
 R39, R40: 390 Ω  
 R42, R44: 4,7 kΩ  
 R48, R49, RKL, RKR: 20 kΩ  
 R6...R9: 6,8 kΩ  
 RCL, RCR: 13 kΩ  
 RD1, RD2, RF3: 1,0 kΩ  
 RD1, RD2, RF3: 1,0 kΩ  
 RDL, RDR: 15 kΩ  
 RIL, RIR: 3,6 kΩ  
 Rx1: 1,0 MΩ

### Kondensatory: (SMD 0805)

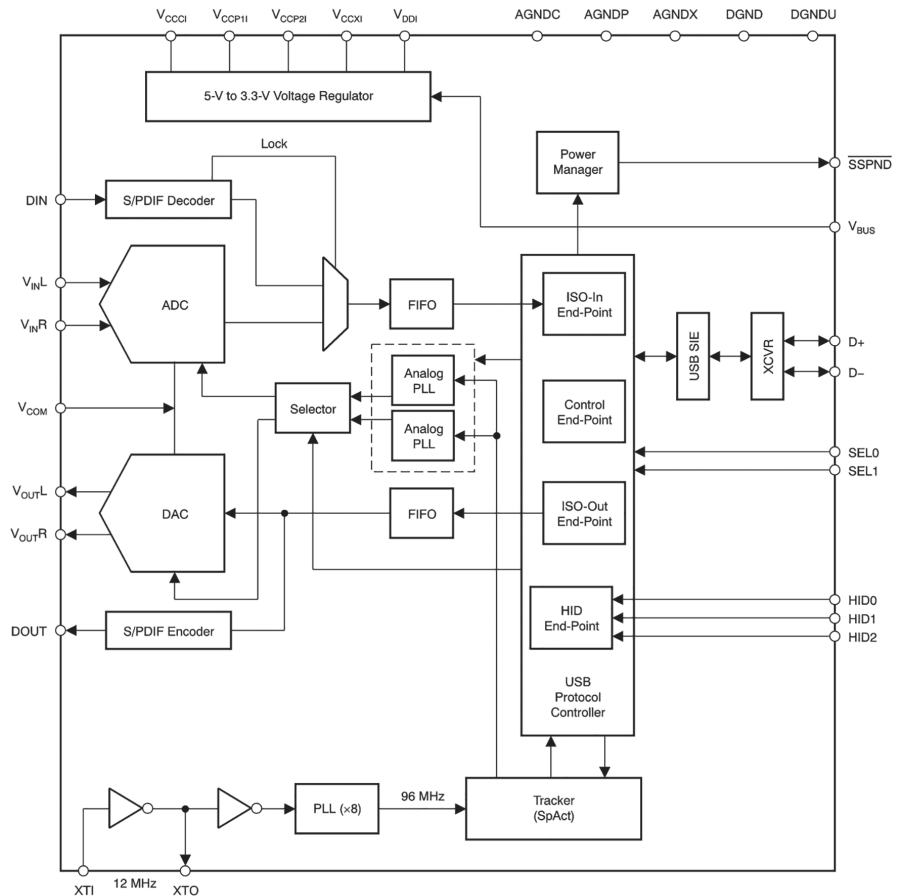
C1...C3, C6, C7, C26, C33, CD3, CD4, CD8, CU1...CU6: 1,0 μF  
 C11, C16: 4,7 μF/25 V  
 C1L, C1R, C4, C4L, C4R, C5: 4,7 μF  
 C20, C24: 22 nF  
 C21, C25, C110, CD5...CD7: 100 nF  
 C22, CD1, CD2: 470 nF  
 C27...C30: 220 pF  
 C2L, C2R, C8L, C8R: 1,5 nF  
 C31, C32: 10 μF (SMD 1210)  
 C3L, C3R: 100 pF  
 C7L, C7R, C13, C17: 220 pF  
 C8, C19: 1,0 μF/50 V  
 C9, C15, C18, CB1, CF1: 220 nF  
 C96, C97: 12 pF  
 CE1: 10 μF/16 V (SMD 3528)  
 CE2: 470 μF/6,3 V (SMD 7343)  
 CE9L, CE9R: 47 μF/16 V (SMD 6032)

### Półprzewodniki:

L1: dioda LED żółta  
 L2, L5: LED2C: dioda LED czerwona  
 L3, L4: dioda LED niebieska  
 L6, LD4: LEDCZ: dioda LED czerwona  
 LD5, LD6: LEDZIEL: dioda LED zielona  
 U1: LM2936MP-3.3 (SOT-223)  
 U10: 74HC123: (SO16)  
 U2: PCM2902C (SSOP28)  
 U4, U7: MAX9812H (SC70)  
 U5, U6: OPA2353 (SO8)  
 U8: MAX5486 (TSSOP24)  
 UD: PAM8403 (SO16)  
 TOI: TORX147PL (TOTX147)  
 TOO: TOTX147PL (TOTX147)  
 D1, D2: BAT54S (SOT-23B)  
 T1: Si9433BDY (SO8)  
 T6: BC847 (SOT-23)  
 T7...T10: BC857 (SOT-23)

### Inne:

J2: MICRO\_USB\_FV: MICRO\_USB\_FV\_3  
 JIN: JACK\_IN: JACK\_NC  
 JOUT: JACK\_OUT: JACK\_NC  
 SPKL, SPKR: złącze głośnikowe  
 ZZ: FCR681465  
 F1: bezpiecznik 3,15 A  
 F2...F5: perotka ferrytowa 2743019447  
 LX2: SCDS\_470\_47uH  
 MICL, MICR: mikrofon MCE-4000  
 QX: rezonator 12 MHz  
 SW1, SW2: MSS-2346  
 VDN, VUP: PRZEL. TACTA-68N: TACTA-68N-F



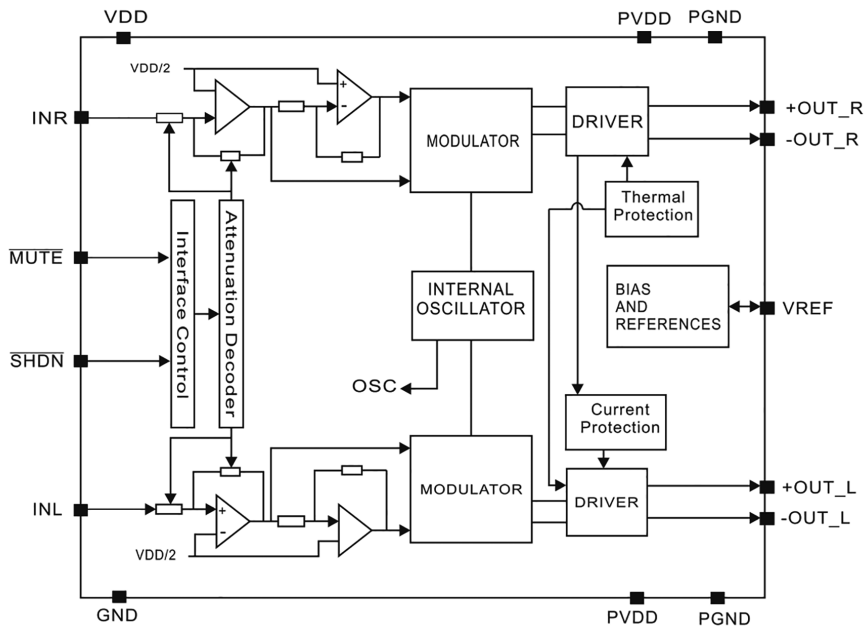
Rysunek 1. Schemat blokowy układu scalonego PCM2902C

- Zniekształcenia nieliniowe (THD+N) na wyjściu „Line Out” – 0,005%.
- Stosunek sygnał/szum (SNR) na wyjściu „Line Out” – 96 dB.
- Nierównomierność charakterystyki częstotliwościowej (DAC)  $\pm 0,1$  dB.
- Zniekształcenia nienilowe (THD+N) dla wejścia „Line In” – 0,01%.
- Stosunek sygnał/szum (SNR) dla wejścia „Line In” – 89 dB.
- Nierównomierność charakterystyki częstotliwościowej (ADC)  $\pm 0,05$  dB.
- Przetworniki ADC i DAC – 16 bitowe Delta-Sigma.
- Akceptowane częstotliwości próbkowania:
  - DAC: 32; 44,1; 48 kHz.
  - ADC: 8; 11,025; 16; 22,05; 32; 44,1; 48 kHz.
- Moc wyjściowa dla THD+N=10%  $2 \times 1,7$  W/8 Ω lub  $2 \times 3$  W/4 Ω.
- Typowa sprawność końcówek mocy dla 1,5 W/8 Ω ( $V_{cc}=5$  V) wynosi 89%.
- USB – Full Speed USB2.0, tryb adaptacyjny dla odtwarzania, tryb asynchroniczny dla nagrywania.

W komputerach i laptopach są zamontowane „karty” dźwiękowe zbudowane na jednym specjalizowanym układzie scalonym (np. firmy Realtek) spełniający funkcję kodeka audio. W komputerach stacjonarnych zwykle mamy do dyspozycji komplet wyjść analogowych w układzie głośników

od 2.0 do 5.1 lub 7.1. W komputerach stacjonarnych spotkać można również wprowadzenie dźwięku przez cyfrowy interfejs S/PDIF. Zintegrowane „karty” audio zwykle nie mają cyfrowego wejścia S/PDIF. Zwykle każda „karta” ma jedno wejście analogowe „Line In” oraz jedno wejście mikrofonowe. W laptopach zintegrowana „karta” ma jedno wyjście na słuchawki i jedno wejście mikrofonowe (nie zawsze wyprowadzone na złącze Jack). Zastosowanie prezentowanej tu karty USB Audio Mic & Power pozwala wyposażać nasz komputer w komplet cyfrowych wejść i wyjść S/PDIF. Inną zaletą mojej karty jest możliwość podłączenia wprost głośników o impedancji 4 lub 8 Ω. Mogą to być dwudrożne kolumny w drewnianej obudowie o mocy od 10 do 30 W. Takie kolumny zapewnią dużo lepsze brzmienie niż tanie plastikowe głośniczki komputerowe.

Zastosowany układ scalony typu PCM2902C (można również zastosować układ typu PCM2906C) należy do „urządzeń klasy HID”. Systemy Windows powinny rozpoznać podłączone urządzenie klasy HID i automatycznie zainstalować potrzebne „driver’y”. Bez potrzeby instalacji dodatkowego oprogramowania w systemach Windows (sprawdziłem w XP, 7) automatycznie jest instalowane oprogramowanie dla przetwornika ADC i DAC (odslugujące jednocześnie SPDIF In i SPDIF Out). Układ PCM2902C jest również rozpoznawany



Rysunek 2. Schemat blokowy układu scalonego PAM8403

w systemach Linux. Układ ten znajduje się także na liście kompatybilnych z Raspberry Pi przetworników DAC. Układ PCM2902C jest „kodekiem audio” – posiada zarówno interfejsy wejściowe (wejścia analogowe i wejście cyfrowe SPDIF) jak i wyjścia analogowe z przetwornika DAC oraz wyjście cyfrowe S/PDIF.

Płytkę to po podłączeniu przez kabel USB do komputera bez problemu instaluje się jako USB Audio Codec. W systemie Windows XP wejście i wyjście podłączonej karty stają się wejściami/wyjściami domyślnymi. We wszystkich systemach pojawia się jedno wejście „Linia USB AUDIO CODEC”. Nie ma możliwości programowej regulacji poziomu wejściowego sygnału z tego wejścia. Fizycznie układ scalony PCM2902C ma dwa wejścia: stereofoniczne analogowe oraz cyfrowe SPDIF. Układ ten sam przełącza się na wejście S/PDIF jeśli przebieg wejściowy doprowadzony do tego wejścia jest prawidłowy i spełnia następujące warunki:

- Częstotliwość próbkowania: 32; 44,1 lub 48 kHz.
- Kodowanie linowe stereo PCM.
- Bit Copyright zezwala na kopiowanie.

Sprawdziłem działanie tego wejścia dla źródeł sygnału S/PDIF z odtwarzacza DVD, odtwarzacza Blu-ray, Mbox telewizji cyfrowej oraz innego komputera. Należy zwrócić jednak uwagę na to, aby parametry nagrywanego dźwięku (z wejścia SPDIF) były zgodne z parametrami doprowadzonego sygnału – taka sama częstotliwość próbkowania. Przez wejście i wyjście SPDIF mojej karty nie można przesyłać danych skompresowanych (AC-3 lub DTS). Po zainstalowaniu karta to ma zwykle (Windows XP, Linux) jedno wyjście „Głośniki USB AUDIO CODEC” z możliwością programowej regulacji poziomu wyjściowego. Fizycznie jednak

karta ma dwa wyjścia – stereofoniczne analogowe oraz cyfrowe S/PDIF. Regulacja poziomu wyjściowego dotyczy tylko wyjścia analogowego. Wyjście SPDIF pracuje zawsze z pełnymysterowaniem. Zwykle sygnały wyjściowe pojawiają się jednocześnie na wyjściach analogowych, jak i na wyjściu cyfrowym (Systemy Windows i Linux).

Karta USB AUDIO MIC & POWER jest również wykrywana przez komputer Raspberry PI. Po kilku modyfikacjach zbioru `/etc/modprobe.d/alsa-base.conf` jest obsługiwana przez programy „play”, „mplayer”, „mocp” itd. Pozwala to na uzyskanie z Raspberry PI cyfrowego dźwięku z wyjścia S/PDIF. Na **listingu 1** podano ostatnie linie zbioru `/etc/modprobe.d/alsa-base.conf` zmodyfikowane tak, aby karta USB miała wyższy priorytet niż „karta” procesora BCM2835. Najważniejsze w tym listingu są linie 2, 4 oraz ostatnia.

### Audio codec PCM2902C

Ten układ ma wszystkie bloki potrzebne do zbudowania karty dźwiękowej. Codec zasilany jest z portu USB. PCM2902C ma wbudowany stabilizator napięcia 3,3 V do zasilania wewnętrznych bloków funkcjonalnych. Linie D+ i D- przez interfejs USB komunikują się z blokiem „USB Protocol Controller”. Blok ten jest odpowiedzialny za (szeregową) transmisję danych

z przetwornika A/C lub dekodera S/PDIF oraz do przetwornika C/A i enkodera S/PDIF. Blok ten również umożliwia odczyt trzech przycisków (wejścia HID0, HID1 i HID2). Mogą one pracować jako przyciski „Volume+”, „Volume-” oraz „Mute”. W prototypie nie zamontowałem tych przycisków.

W strukturze układu scalonego znajduje się także blok generatora kwarcowego 12 MHz. Częstotliwość 12 MHz jest mnożona  $\times 8$  przy wykorzystaniu pętli PLL. Wyjściowa częstotliwość 96 MHz steruje pracą bloku USB oraz pętli PLL przetworników A/C i C/A. Układ PCM2902C ma obudowę SSOP28. Jego schemat blokowy pokazano na **rysunku 1**.

### Wzmacniacz mocy PAM8403

Układ ten jest stereofonicznym wzmacniaczem pracującym w klasie D. Jego budowę ilustruje schemat blokowy na **rysunku 2**. Podobnych wzmacniaczy znajdziemy dużo w ofercie różnych firm. O wyborze akurat tego układu zdecydowało jego kilka zalet:

- Łatwy montaż – obudowa SOP-16.
- Dobra sprawność – na poziomie 89% dla 1,5 W/8  $\Omega$  przy  $V_{cc}=5$  V.
- Wystarczająca moc wyjściowa – 1,7 W/8  $\Omega$ , 3 W/4  $\Omega$ .
- Mały poziom emisji zakłóceń elektromagnetycznych.
- Na wyjściach nie są wymagane filtry LC.
- Tani i łatwy do kupienia.

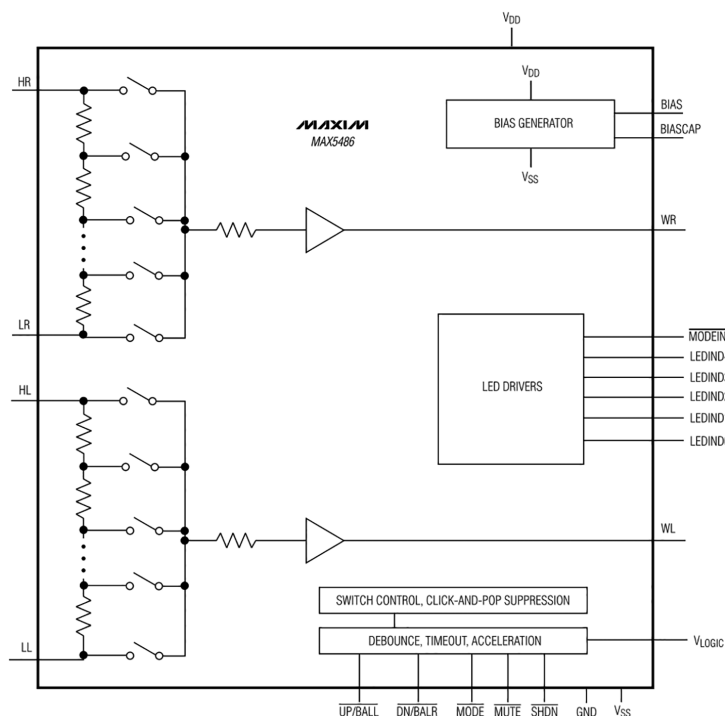
Trudno jest kupić kilka sztuk tych układów scalonych, ale bez trudu można za kilka złotych kupić płytkę drukowaną z tym układem i podstawowymi elementami mu towarzyszącymi. Na mojej płytce drukowanej umieściłem fragment druku dokładnie odpowiadający płytce z układem PAM8403 dostępnej na Allegro, umożliwiającą albo zamontowanie dyskretnych elementów z tym układem w formie pojedynczego układu scalonego, albo gotowej zmontowanej płytki drukowanej. W prezentowanym prototypie wlutowana jest gotowa płytkę drukowana z układem PAM8403.

Na wyjściach +OUT\_R, -OUT\_R, +OUT\_L, oraz -OUT\_L występują przebiegi PWM o częstotliwości (typowo) 350 kHz. Nota aplikacyjna podaje, że dla połączeń z głośnikami krótszych od 20 cm nie jest wymagane stosowanie na wyjściach filtrów LC. Dla dłuższych połączeń zalecane jest

#### Listing 1. Ostatnie linie zbioru `/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
```





**Rysunek 3. Potencjometr elektroniczny MAX5486**

zastosowanie prostych filtrów zbudowanych z koralika ferrytowego i kondensatora 220 pF. Na mojej płytce drukowanej umieściłem takie filtry zbudowane z „koralików” ferrytowych SMD i kondensatorów 220 pF.

Układ scalony MAX9812H/L jest przeznaczony do wzmacniania sygnałów audio z mikrofonów (pojemnościowych). Posiada w swej strukturze niskoszumowy wzmacniacz o ustalonym na +20 dB wzmacnieniu,

oraz wyjście (BIAS) napięcia polaryzacji mikrofonu. Wartość napięcia na wyjściu BIAS jest ustalona na stałe i wynosi 4,0 V dla układów serii H ( $V_{cc}=5$  V) oraz 3,3 V dla układów serii L ( $V_{cc}=3,3$  V). Napięcie stałe na wyjściu BIAS charakteryzuje się małym poziomem szumów. Układy MAX9812H/L montowane są w 6-nóżkowej obudowie SOT-23. Na płytce umieściłem 2 układy MAX9812H – jeden dla kanału lewego, drugi dla kanału prawego. Przewidziałem zamontowanie 2 mikrofonów pojemnościowych typu MCE-4000. Mikrofony są ustawione względem siebie pod kątem 90 stopni. Pozwala to uzyskać efekt stereofoniczny. Można nie montować mikrofonów na płytce. W takim przypadku po odpowiednim ustawieniu zwerek (ZMOL, ZMOR, ZMEL oraz ZM) można podłączyć poprzez złącze JIN mikrofon mono. Czulość wejścia mikrofonowego lub LINE IN można regulować przełącznikiem SW2. Czulość tego wejścia (tłumienie) można ustawić na 0, -3 albo -6 dB.

Do regulacji głośności (poziomu wystrojenia wzmacniaczy mocy układu PAM8403) zastosowałem elektroniczny potencjometr stereofoniczny z wykorzystaniem układu MAX5486 (rysunek 3), który zawiera 2 potencjometry logarytmiczne – każdy z nich ma 31 poziomy tłumienia z krokiem równym 2 dB. Sterowanie

REKLAMA

Wszystko, co lubisz,  
w jednym miejscu

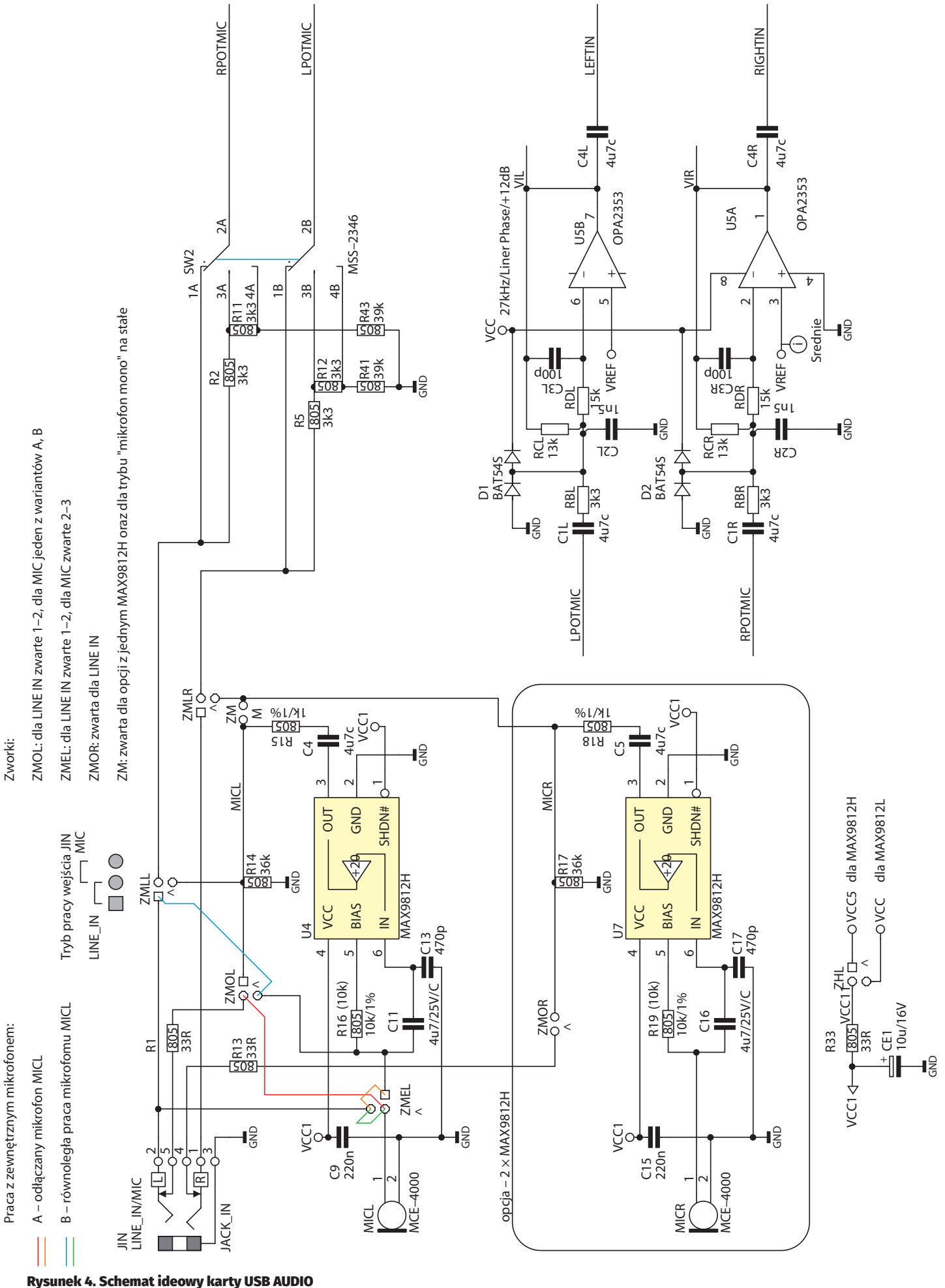


## UlubionyKiosk.pl

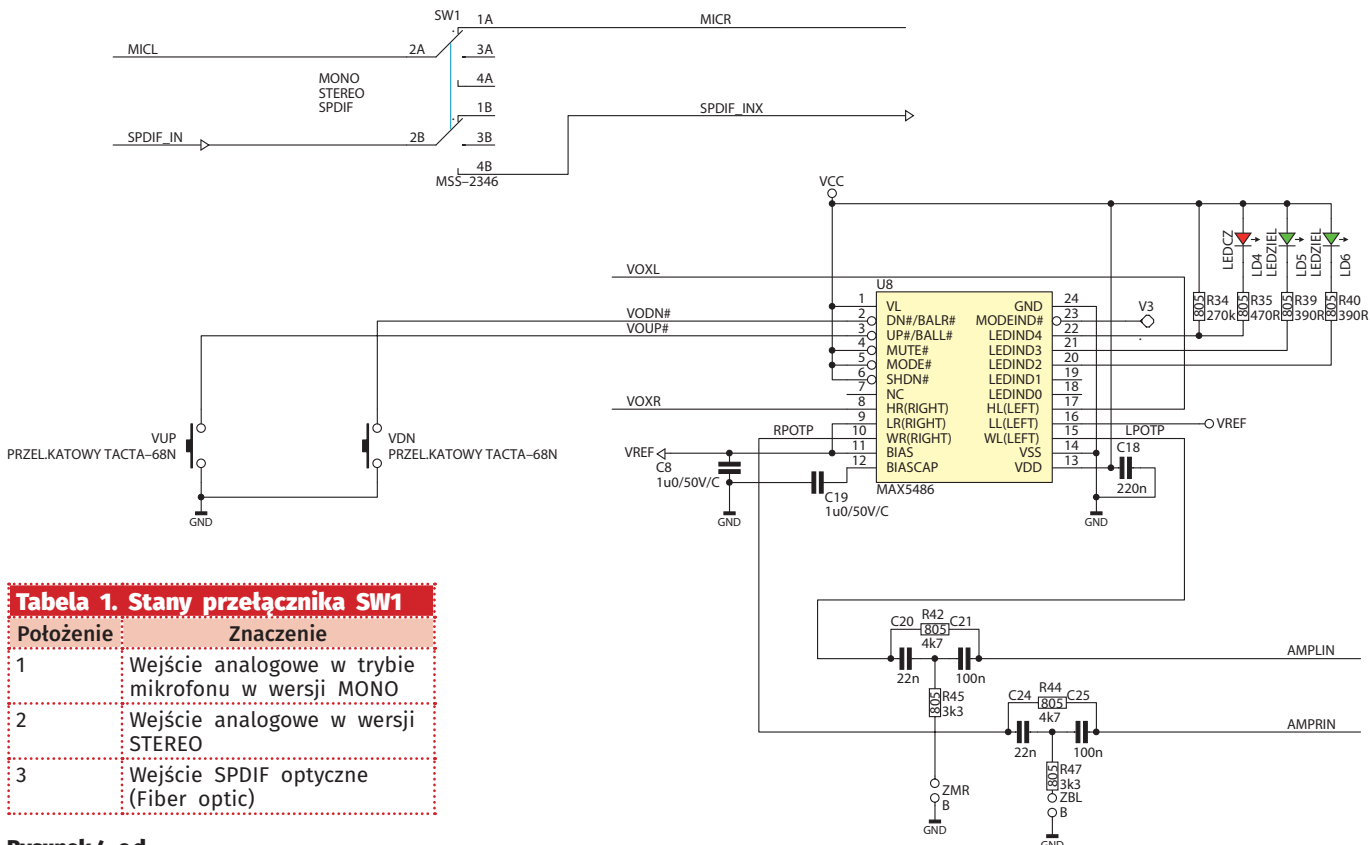
Oferuje papierowe i elektroniczne wydania czasopism z najważniejszych segmentów rynku:

**budownictwo i wnętrza, muzyka i dźwięk, elektronika i automatyka, edukacja i hi-tech, rodzina.**

Przesyłka **GRATIS**



Rysunek 4. Schemat ideowy karty USB AUDIO



**Tabela 1. Stany przełącznika SW1**

Położenie	Znaczenie
1	Wejście analogowe w trybie mikrofonu w wersji MONO
2	Wejście analogowe w wersji STEREO
3	Wejście SPDIF optyczne (Fiber optic)

Rysunek 4. c.d.

tłumieniem odbywa się dwoma przyciskami – UP oraz DN. Opcjonalnie można przełączyć się na sterowanie balansem kanałów L/R, ale na mojej płytce tego nie przewidziałem. Po restarcie (po włączeniu zasilania) potencjometry ustawiają się na poziom -12 dB.

Układ MAX5486 jest dodatkowo wyposażony w wskaźnik położenia „suwaków” potencjometrów poprzez 5 diod LED podłączonych do wyjść LEDIND0..4. Zamontowałem 3 „najstarsze” diody (LEDIND2...LEDIND4) sygnalizujące tłumienie od 0 do -28 dB. Diody LED świecą w kilku poziomach jasności reagując na każdy krok (2 dB) ustawienia potencjometru. Dla tłumienia 0 dB świecą się wszystkie diody z maksymalnymysterowaniem. Zmniejszanie poziomu głośności powoduje coraz słabsze świecenie diody LEDIND4. Po osiągnięciu poziomu -10 dB dioda LEDIND4 gaśnie całkowicie. Dalsze zmniejszanie głośności powoduje podobne zmniejszanie jasności diody LEDIND3 itd.

## Karta USB Audio Mic & Power

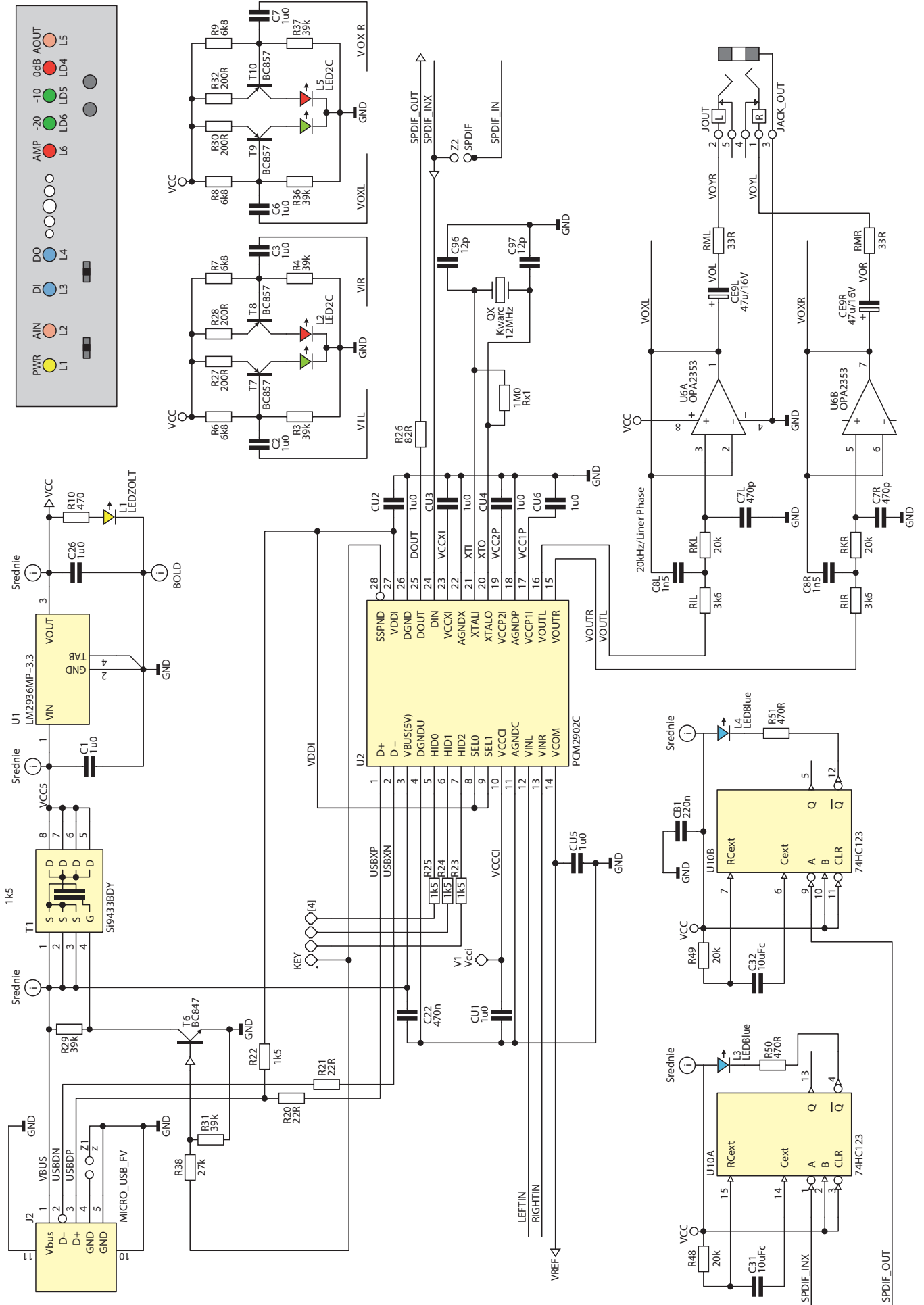
Schemat ideowy opisywanego rozwiązania karty pokazano na rysunku 4. Głównym elementem mojej karty jest układ scalony PCM2902C. Układ ten pracuje w typowej konfiguracji „Bus-Powered”. Wyjściowe sygnały audio VOUTL i VOUTR zostały doprowadzone na wejścia filtrów dolnoprzepustowych (LPF) zbudowanych na wzmacniaczach operacyjnych układu

U6 (OPA2353). Wzmacniacze OPA2353 są wzmacniaczami z wyjściami i wejściami typu RAIL-TO-RAIL. Pracują poprawnie w zakresie napięcia zasilającego 2,7...5,5 V. Aby zmniejszyć ewentualne zafalowania charakterystyki przenoszenia związane z obciążeniem pojemnościowym (pojemność podłączonych kabli) dodałem szeregowo w wyjściach rezystory RML i RMR o rezystancji 33 Ω. Wydajność prądowa wyjść wzmacniaczy wynosi ±40 mA. Można zatem bez problemuysterować z wyjść analogowych słuchawki o impedancji nawet 30 Ω. Elementy RC filtrów wyjściowych zostały dobrane dla częstotliwości granicznej 20 kHz, a ich charakterystyka przenoszenia jest typu „Linear Phase”. Filtry dolnoprzepustowe zastosowałem również na wejściach analogowych – układ U5(OPA2353). Ich struktura jest nieco inna. Są to filtry

z wielokrotnym sprzężeniem zwrotnym. Filtry te odwracają fazę sygnału (co nie ma istotnego znaczenia). Zaletą tych filtrów jest możliwość ustawienia dowolnego współczynnika wzmocnienia. W przypadku mojej karty wybrałem wzmocnienie napięciowe na około 4 V/V. Stopień wejściowy układu PCM2902C może przyjąć sygnał wejściowy (linie LEFTIN i RIGHTIN) na poziomie do 2 Vpp. Odpowiada to wartości skutecznej (dla sygnału sinusoidalnego) około 0,7 VAC. Elementy RC filtrów wejściowych zostały dobrane dla częstotliwości granicznej 27 kHz, a ich charakterystyka przenoszenia jest również typu „Liner Phase”. Podwójne diody D1 i D2 (BAT54S) zabezpieczają wejścia wzmacniaczy operacyjnych przed zniszczeniem w wypadku pojawienia się na wejściach napięć wyższych od napięcia zasilania tych układów.

**Tabela 2. Znaczenie poszczególnych diod LED**

Dioda	Znaczenie	Oznaczenie
L1	Obecność napięcia +3,3 V (po renumeracji USB)	PWR
L2	Poziom wejściowego sygnału analogowego	AIN
L3	Obecność przebiegu SPDIF na wejściu optycznym	DI
L4	Obecność przebiegu SPDIF na wyjściu optycznym	DO
L5	Poziom wyjściowego sygnału analogowego	AOUT
L6	Obecność napięcia +5 V z zewnętrznego zasilacza dla końcówek mocy (UD)	AMP
LD4	Dioda sygnalizująca położenie „suwaków” potencjometru U8 dla położenia od -8 do 0 dB	0 dB
LD5	Dioda sygnalizująca położenie „suwaków” potencjometru U8 dla położenia od -10 do -18 dB	-10 dB
LD6	Dioda sygnalizująca położenie „suwaków” potencjometru U8 dla położenia od -28 do -20 dB	-20 dB



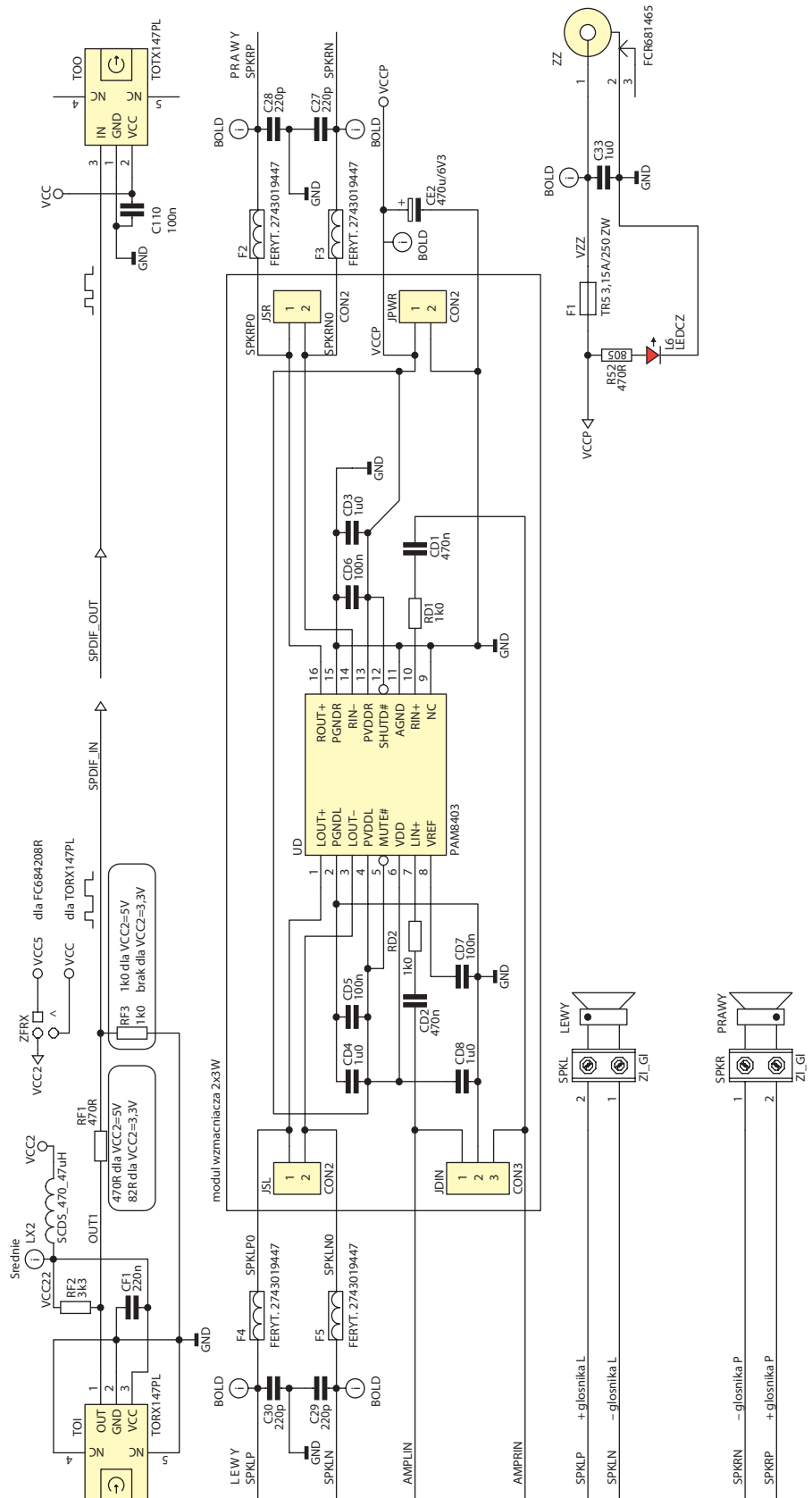
Rysunek 4. c.d.

Układ scalony PCM2902C posiada wyprowadzenie SSPND (nóżka 28). Po podłączeniu 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 (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 podłączoną pojemność nie większą niż 2,2  $\mu\text{F}$ . Dlatego kondensatory C1 i C22 mają pojemność tylko 1  $\mu\text{F}$ . Kondensatory CU1.6 o pojemności 1  $\mu\text{F}$  filtrują wewnętrzne napięcia zasilania układu PCM2902C.

Na karcie zamontowałem optyczne wejście S/PDIF (Fiber optic) na bazie odbiornika TOI(TORX147PL albo FC684208R). Na wyjściu tego odbiornika dodałem szeregowy rezystor RF1 (82R lub 470R) oraz rezystor RF3 (1 k $\Omega$  lub brak) dołączony do masy, aby uzyskać właściwy poziom sygnału SPDIF\_IN. Jeśli ten typ zastosowanego odbiornika (FC684208R) wymaga zasilania napięciem +5 V rezystory RF1 i RF3 mają odpowiednio 470  $\Omega$  i 1 k $\Omega$  – tworzą dzielnik napięcia. Dla odbiornika (TORX147PL) wymagane jest napięcie zasilania równe +3,3 V. Wtedy rezystor RF1 ma 82  $\Omega$ , a rezystora RF3 nie montujemy. Sygnał SPDIF\_IN jest doprowadzony do przełącznika SW1. Sygnał z odbiornika optycznego (SPDIF\_INX) trafia na wejście układu PCM2902C tylko dla pozycji 3 tego przełącznika. Zasilanie odbiornika jest poprowadzone przez dławik LX2(47  $\mu\text{H}$ ).

Wyjście optyczne obsługuje nadajnik TOO(TOTX147PL). Wejściowy sygnał (SPDIF\_OUT) dla tego elementu pochodzi wprost (przez szeregowy rezystor 82  $\Omega$ ) z odpowiedniego (DUOT) wyjścia układu PCM2902C. Przełącznik SW1 pozwala na wybranie źródła wejściowego dla układu PCM2902C. W pozycji „1” jest aktywne wejście analogowe – dla zworek ustawionych w tryb wejść mikrofonowych podawany sygnał jest w wersji MONO. W pozycji 2 aktywne jest również wejście analogowe, ale podawany sygnał jest w wersji STEREO. W pozycji „3” tego przełącznika aktywne będzie wejście cyfrowe S/PDIF, jeśli do odbiornika TOI został doprowadzony prawidłowy cyfrowy sygnał przez przewód światłowodowy (TOSLINK). Jeśli odbiornik TOI nie dostarcza prawidłowego sygnału SPDIF, to aktywne jest wejście analogowe w wersji STEREO (tabela 1).

Stany wejść i wyjść sygnalizują diody LED. Sygnały SPDIF mają częstotliwość na poziomie 2 do 3 MHz (zależnie od ilości transmitowanych „1” w sygnale). Diody sygnalizujące obecność „prostokątnych” przebiegów SPDIF



Rysunek 4. c.d.

sterowane są przerzutników monostabilnych 74HC123 (U10A, U10B). Dla wejść i wyjść analogowych zbudowałem na tranzystorach T7, T8, T9 i T10 proste źródła prądowe sterowane ujemnymi połówkami sygnałów sinusoidalnych. Pary tranzystorów sterują dwukolorowe diody LED (L2 i L5). 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 (tabela 2).

**Zbyszko Przybył**  
**zbyszek.przybyl@mikronika.com.pl**