

Przetwornik cyfrowo-analogowy, część 2

Przetworniki cyfrowo-analogowe są chętnie budowane przez entuzjastów urządzeń cyfrowej techniki audio. Jest to element składowy toru audio, który może znacząco poprawić jakość odtwarzania z najpopularniejszego obecnie dźwięku, jakim jest odtwarzacz płyt CD. Stosunkowo łatwo można kupić przetworniki i odbiorniki S/PDIF bardzo dobrej jakości nie wydając przy okazji dorobku wielu pokoleń na zakup 10000 sztuk tych elementów, jak to często bywa w przypadku innych atrakcyjnych elementów elektronicznych.

Rekomendacje: do wykonania przetwornika zachęcamy doświadczonych audiofilów, którzy lubią ciągle ulepszać swój sprzęt w poszukiwaniu co raz to lepszych brzmień.

PODSTAWOWE PARAMETRY

- Płytką o wymiarach 147x89 mm
- Zasilanie: 8 VAC
- Typy wejść odbiornika SPDIF: koaksjalne i optyczne
- Maksymalna częstotliwość próbkowania: 96 kHz
- Typ przetwornika C/A: PCM1796 z symetrycznym wyjściem prądowym i konwerterem prąd/napięcie wykonanym z użyciem wzmacniacz operacyjnego
- Tryby pracy: stereo (jeden przetwornik konwertuje 2 kanały stereo, sygnał wyjściowy asymetryczny), monaural (jeden przetwornik konwertuje jeden kanał mono, sygnał wyjściowy symetryczny (zbalansowany))
- Regulacja: poziomu sygnału wyjściowego, balansu kanałów i charakterystyki filtru cyfrowego (sharp/slow)
- Sterowanie funkcjami urządzenia za pomocą pilota RC5



Obsługa przetwornika

Obsługa przetwornika sprowadza się do regulowania poziomu sygnału wyjściowego (siły głosu) i konfiguracji wykonywanej z poziomu menu funkcyjnego. Do menu funkcyjnego wchodzi się po naciśnięciu klawisza FUN. Funkcje do wykonania wybiera się naciskając klawisze UP/DOWN, a akceptuje przyciśnięciem klawisza ACC. Można wybrać jedną z 5 funkcji:

- STEREO/MONAUURAL – przełączanie przetwornika w tryb stereo lub monaural,
- DISABLE VOLUME CTRL – wyłączenie/włączenie regulatora poziomu sygnału wyjściowego,
- FILTER ROLLOFF – zmiana charakterystyki filtru cyfrowego (ostra/łagodna),
- SET RC5 – programowanie kodów pilota RC5,
- BALANCE – ustawianie balansu.

Zawsze po wykonaniu każdej z wyżej wymienionych funkcji program automatycznie wraca do menu głównego, gdzie można regulować poziom sygnału wyjściowego (jeżeli regulator jest włączony) lub ponownie wejść do menu funkcyjnego naciskając klawisz FUN.

Regulacja siły głosu. Działanie regulacji siły głosu jest związane z funkcją Disable Volume Ctrl. Włączenie opcji Volume Ctrl Disable powoduje, że regulacja siły głosu jest wyłączona, a tłumienie wbudo-

wanego regulatora jest automatycznie ustawiane na 0 dB. Na ekranie menu głównego w górnej linijce wyświetla się komunikat „Volume Ctrl Disable”. Regulacji siły głosu jest możliwa po włączenie opcji Volume Ctrl Enable w funkcji Disable Volume Ctrl. Na ekranie menu głównego pojawi wtedy się w górnej linijce ustawiona wartość tłumienia: „Vol L -5dB R -5dB”. Te wartości dla obu kanałów nie muszą być równe i zależą od ustawień funkcji Balance.

Wartość tłumienia zmienia się w zakresie od -120 dB do 0 dB przez naciśnięcie i przytrzymanie klawisza UP (głośniej) lub DOWN (ciszej). Jeżeli są zaprogramowane kody klawiszy pilota RC5, to można również regulować siłę głosu klawiszami UP i DOWN pilota RC5. Nastawy siły głosu są zapamiętywane w nieulotnej pamięci EEPROM, osobno dla każdego kanału. Po włączeniu zasilania sterownika, procedura inicjalizacji odczytuje je z pamięci i wpisuje do rejestrów przetwornika.

Sterowanie regulatorem poziomu sygnału wyjściowego w przetworniku PCM1796 odbywa się przez zapisywanie 8 młodszych bitów rejestrów 16 i 17 (rys. 5).

Rejestr 16 odpowiada za sterowanie tłumieniem kanału lewego, a rejestr 17 za tłumienie kanału prawego, zarówno w trybie stereo, jak i monaural. Jeżeli przetwornik

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | B15 | B14 | B13 | B12 | B11 | B10 | B9 | B8 | B7 | B6 | B5 | B4 | B3 | B2 | B1 | B0 |
| Register 16 | R/W | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | ATL7 | ATL6 | ATL5 | ATL4 | ATL3 | ATL2 | ATL1 | ATL0 |
| Register 17 | R/W | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | ATR7 | ATR6 | ATR5 | ATR4 | ATR3 | ATR2 | ATR1 | ATRO |

MONO = 0 Stereo mode (default)
 MONO = 1 Monaural mode

CHSL = 0 L-channel selected (default)
 CHSL = 1 R-channel selected

| Atx[7:0] | Decimal Value | Attenuation Level Setting |
|------------|---------------|-------------------------------|
| 1111 1111b | 255 | 0 dB no attenuation (default) |
| 1111 1110b | 254 | -0,5 dB |
| 1111 1101b | 253 | -1,0 dB |
| : | : | : |
| 0001 0000b | 16 | -119,5 dB |
| 0000 1111b | 15 | -120,0 dB |
| 0000 1110b | 14 | Mute |
| : | : | : |
| 0000 0000b | 0 | Mute |

Att. Level setting – ustawienie poziomu tłumienia
 No attenuation – bez tłumienia

Rys. 5. Rejestry regulatora poziomu sygnału wyjściowego

pracuje w trybie monaural i przetwarza na przykład kanał lewy, to aktywny jest tylko rejestr 16. Wpisywanie danych do rejestru 17 nie przynosi żadnego skutku. Analogicznie dla kanału prawego aktywny jest tylko rejestr 17. Po zerowaniu przetwornika (włączeniu zasilania) domyślnie jest ustawiany poziom 0 dB dla obu kanałów.

Funkcja regulacji siły głosu może być używana jako główny regulator poziomu sygnału (cyfrowy potencjometr) lub jako wstępny tłumik w przypadku, kiedy sygnał z przetwornika jest za duży i układy wejściowe przedwzmacniacza są przesterowane.

Regulacja balansu. Regulacja balansu ma za zadania wyrównanie wzmocnienia w obu kanałach sygnału

w całym torze – od źródła do wyjścia wzmacniaczy mocy. Jeżeli cyfrowy sygnał audio jest poprawnie zarejestrowany i sygnały obu kanałów są równe, to ewentualna regulacja balansu może być konieczna do wyrównania wzmocnienia przedwzmacniacza lub wzmacniacza mocy.

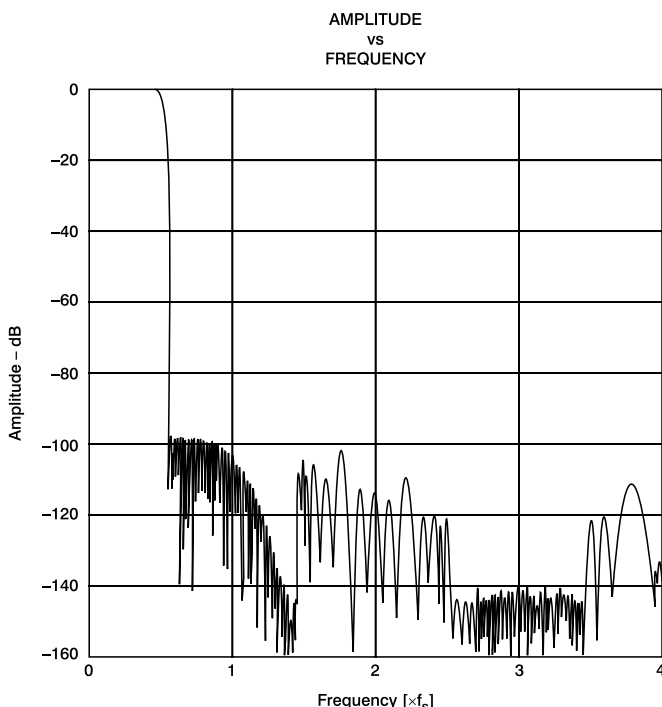
Funkcję regulacji balansu BALANCE wywołuje się z menu funkcyjnego (przejdzie z menu głównego po naciśnięciu klawisza FUN. Tłumienie w lewym kanale pozostaje stałe, a reguluje się tłumienie prawego kanału naciskając klawisze UP i DOWN sterownika lub pilota RC5. Jeżeli regulacja balansu jest rzeczywiście konieczna, to najlepiej jest ją wykonywać za pomocą pilota z miejsca odsłuchu.

Po wykonaniu funkcji BALANCE, na ekranie menu głównego będzie się wyświetlało inne tłumienie dla kanału lewego i inne dla kanału prawego. Regulacja balansu jest możliwa tylko wtedy, gdy włączona jest regulacja siły głosu. Kiedy jest włączona opcja Volume Ctrl Disable, to tłumienie w obu kanałach jest ustawiane na 0 dB.

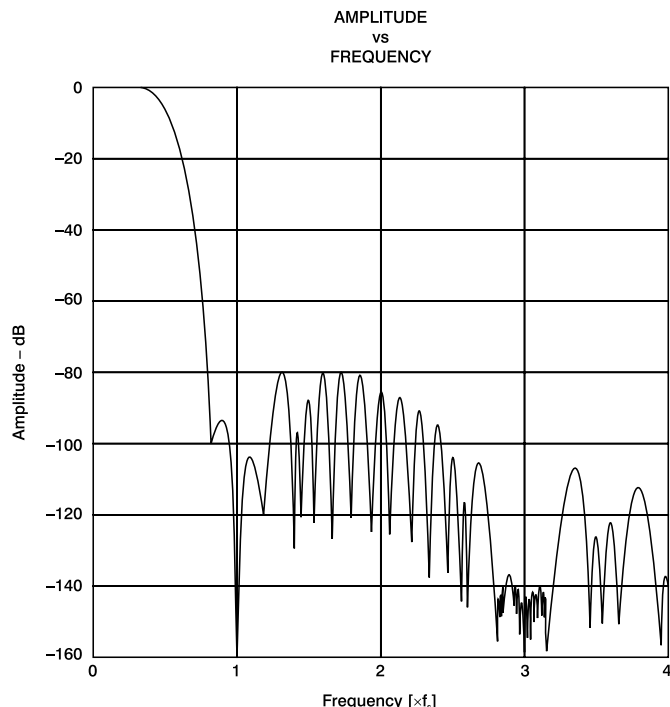
tłumienie w obu kanałach jest ustawiane na 0 dB.

Charakterystyka filtra cyfrowego. Funkcja FILTER ROLLOFF przełącza charakterystykę filtra cyfrowego przetwornika przez zapisywanie bitu B1 (FLT) rejestru 19. Obie charakterystyki zostały pokazane na rys. 6 i 7. Po zerowaniu przetwornika domyślnie jest ustawiana charakterystyka ostro opadająca. Funkcja FILTER ROLLOFF zeruje bit FLT kiedy zostanie wybrane ustawienie sharp rolloff i ustawia go, gdy zostanie wybrana opcja slow rolloff. Ustawienia zostają zapisane w pamięci EEPROM i w czasie inicjalizacji są wpisane do rejestru 19.

Wybór trybu STEREO/MONAU-RAL. Działanie tej funkcji jest ściśle związane z konfiguracją sprzętową.



Rys. 6. Ostra charakterystyka filtra (sharp rolloff)



Rys. 7. Łagodna charakterystyka filtra (slow rolloff)

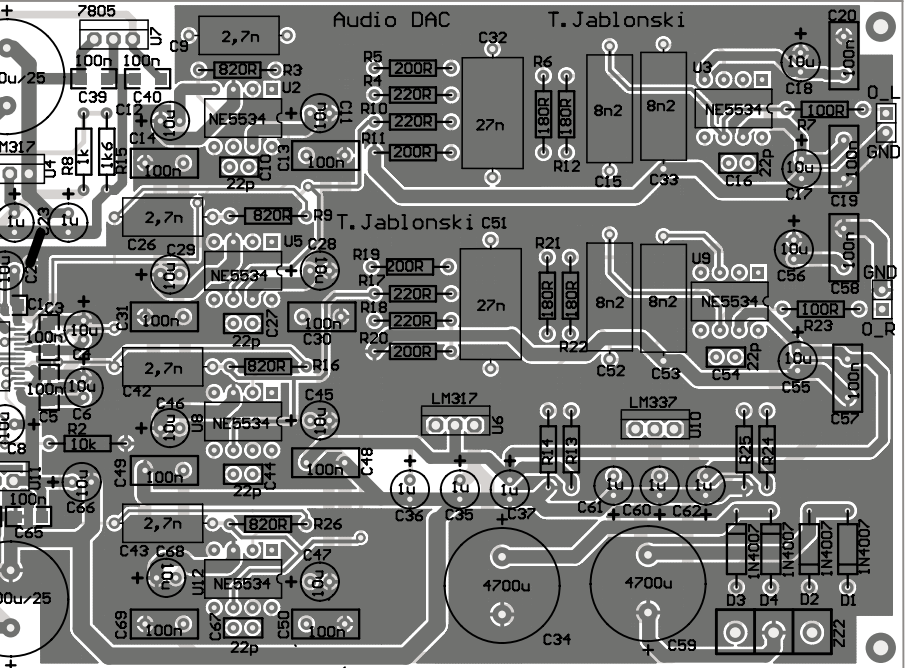
W trybie STEREO wykorzystywany jest jeden moduł przetwornika. Zwora I2CA konfigurująca adres slave magistrali I²C układu PCM1796 musi być rozwarta. Wyjścia sygnału audio są asymetryczne i można nimi bezpośrednio sterować wszystkie wejścia wzmacniaczy wykorzystywanych w konsumenckich systemach audio.

Przełączenie w tryb monaural wymaga zastosowania dwóch modułów połączonych równolegle magistralami I2S (sygnały audio) i I²C (sterowanie funkcjami przetwornika). W module przetwarzającym kanał lewy, zworka I2CA określająca adres I²C jest rozwarta, a przetwarzającym kanał prawy jest zwarta.

Po wybraniu w funkcji STEREO/MONAUURAL opcji Monaural program sterujący przełącza przetworniki w tryb monaural przez ustawienie bitu MONO w rejestrze 20.

Ustawienie bitu MONO powoduje, że staje się aktywny stan bitu CHSL. Procedura wykonująca włączenie trybu monaural ustawia w obu przetwornikach bit MONO. To, który kanał ma być przetwarzany przez przetwornik określone jest przez zworę I2CA (identyfikacja na podstawie adresu slave magistrali I²C). W module, w którym zworka I2CA jest rozwarta, rejestr 20 ma wyzerowany bit CHSL i przetwornik przetwarza kanał lewy. Do rejestru 16 jest wpisywana z pamięci EEPROM wartość tłumienia dla tego kanału. Jeżeli zworka I2CA jest zwarta, to do modułu jest wysyłany rejestr 20 z ustawionym bitem CHSL. Przetwornik przetwarza kanał prawy i sterownik wpisuje wartość tłumienia z pamięci EEPROM do rejestru 17.

Oprócz regulacji siły głosu jest również powielane w obu modułach ustawienie charakterystyk filtrów cyfrowych (ostre lub łagodne). Po przełączeniu w tryb STEREO wszystkie ustawienia są kierowane



Rys. 8. Schemat montażowy płytki przetwornika

do modułu bez założonej zworki I2CA.

Ustawienie kodów pilota w standardzie RC5. Możliwość sterowania przetwornika pilotem RC5 znacznie podnosi komfort używania urządzenia. Szczególnie przydatna jest możliwość regulacji balansu i siły głosu z miejsca odsłuchu. Stosowanie dedykowanego pilota jest niezbyt wygodne. Dlatego w menu funkcyjnym została wbudowana funkcja uczenia się kodów pilota RC5 – SET RC5. Po jej wywołaniu na ekranie pojawia się w górnej linijce wyświetlacza: „KOD RC5 [ACC]” i „DOWN —” w dolnej linijce. Po skierowaniu pilota w stronę odbiornika IR i naciśnięciu klawisza odpowiadającego przyciskowi DOWN w dolnej linijce wyświetli się 4-cyfrowy kod (zapisany w postaci hex). Naciśnięcie klawisza ACC sterownika powoduje, że kod zostanie zapisany w pamięci EEPROM i funkcja przechodzi kolejno do zapisania kodów klawiszy UP, FUN i ACC. Po zaprogramowaniu wszystkich 4 kodów klawiszy pilota można ich używać zamiennie z klawiszami sterownika.

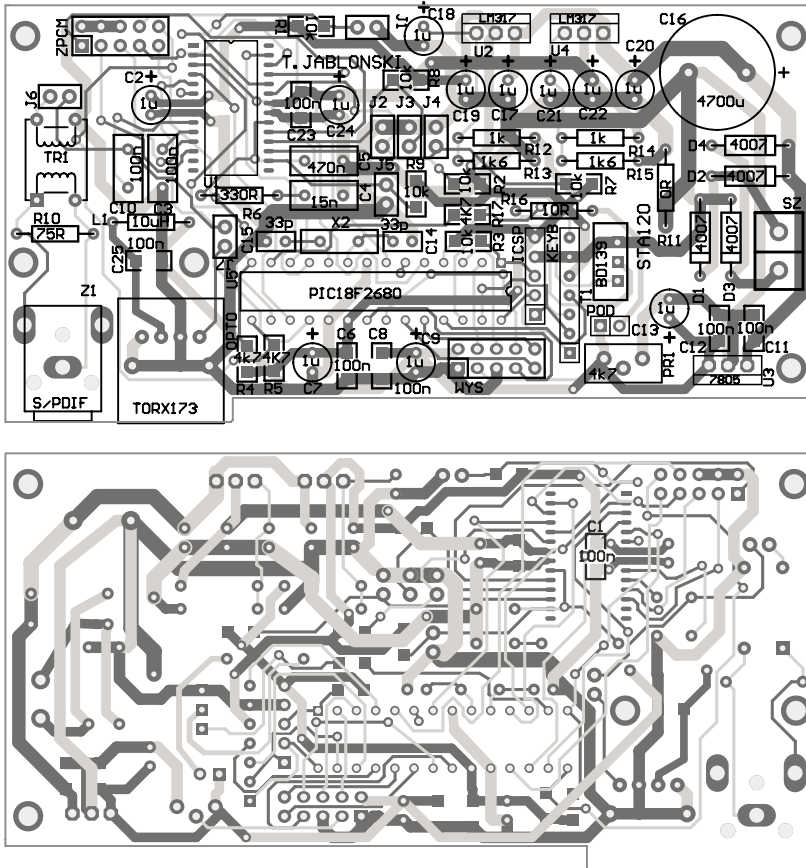
Montaż, uruchomienie i uwagi końcowe

Schemat montażowy płytki przetwornika został pokazany na rys. 8, a płytki odbiornika na rys. 9. Montaż nie jest skomplikowany, jedyną trudnością może sprawić przylutowanie przetwornika PCM1796. Przy

montowaniu płytki odbiornika trzeba pamiętać o przylutowaniu kondensatora C1 znajdującego się na dolnej stronie płytki (*solder side*).

Jeżeli wystąpią problemy ze zdobyciem transformatora DA101, to można z niego zrezygnować, ale trzeba wykonać na płytce 2 dodatkowe połączenia zwierające transformator i wlotować rezystor R10.

Po zmontowaniu płytek można przystąpić do ich uruchomienia. Zaczynamy tradycyjnie od sprawdzenia poprawności napięć zasilających. Moduł odbiornika wymaga do zasilania pojedynczego napięcia przemiennego 8 V. Po jego dołączeniu do łącza SZ sprawdzamy poprawność napięć +3,3 VD, +3,3 VA i +5 V. Jeżeli napięcia są poprawne, to można do złącza Z1 dołączyć sygnał S/PDIF z odtwarzacza CD. Zworka J6 powinna być zwarta, a zworka J7 rozwarta. Jeżeli odbiornik działa poprawnie, to zmierzona na linii LRCK częstotliwość powinna mieć wartość 44,1 kHz, na linii SCK 256*44,1 kHz=11,2896 MHz, a na linii BCK 64*44,1 kHz=2,8224 MHz. Jeżeli została wybrana konfiguracja z mikrokontrolerem, to trzeba do złącza KEYB podłączyć przyciski klawiatury i odbiornik IR, a do złącza WYS wyświetlacz alfanumeryczny 2x20 znaków ze sterownikiem HD44780. Po włożeniu do podstawki zaprogramowanego mikrokontrolera można sprawdzić wyświetlanie menu głów-



Rys. 9. Schemat montażowy płytki odbiornika

nego i funkcyjnego i ewentualnie zaprogramować kody pilota RC5.

Moduł przetwornika wymaga dwóch napięć przemiennych 8 V i symetrycznego napięcia 2x16 V. Po sprawdzeniu wszystkich napięć zasilających można połączyć moduł przetwornika z modułem odbiornika, podłączyć sygnał S/PDIF do złącza Z1 i sprawdzić poprawność działania całego toru. W trakcie uruchamiania urządzenia bardzo przydatny okazał się przetwornik analogowo-cyfrowy z wyjściem S/PDIF – AVT384 opisywany w EP4/2005. Wyjście AVT384 zostało połączone z wejściem odbiornika STA120. Na wejścia analogowe ADC został podany sygnał sinusoidalny, a do wyjścia testowanego przetwornika podłączono oscyloskop. Można było w ten sposób wstępnie sprawdzić poprawność działania całego toru przetwornika. Ten zestaw okazał się też bardzo przydatny przy testowaniu funkcji STEREO/MONAURAL przełączającej przetworniki w tryb monaural. Sprawdzałem w ten sposób poprawność identyfikacji kanałów przy przeprogramowywaniu przetworników na konwersję jednego kanału.

Prawidłowo zmontowany układ nie wymaga żadnych regulacji poza ustawieniem kontrastu wyświetlacza. W konfiguracji z jednym modułem przetwornika pracującym w trybie stereo, wyjścia sygnału analogowego łączymy ze złączami cinch dobrym jakościowo kablem ekranowanym. Jeżeli została wybrana pełna konfiguracja z dwoma modułami, to wyjścia modułów łączymy z gniazdami XRL przeznaczonymi do przesyłania sygnałów symetrycznych (rys. 10).

Żeby móc wykorzystać wszystkie zalety trybu monaural musimy dysponować przedwzmacniaczem lub wzmacniaczem z wejściem symetrycznym. Można również wykonać „desymetryzator” wykorzystując specjalizowany układ scalony SSM2141 zapewniający wysoką jakość konwersji. Projekt takiego urządzenia został opublikowany w polskiej wersji Elektora 4/98.

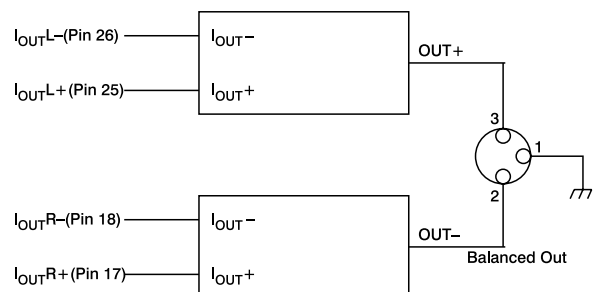
Przetwornik PCM1796 charakteryzuje się bardzo dobrymi parametrami gwaranto-

wanymi przez producenta. Żeby osiągnąć parametry całego urządzenia nie wystarczy zastosować dobry układ scalony. Niektórzy z doświadczonych konstruktorów twierdzą, że urządzenie jest tak dobre jak jego zasilanie. Prawidłowe zasilanie układów analogowo-cyfrowych nie jest sprawą prostą. W projekcie płytki drukowanej zostały umieszczone ścieżki zasilania tak szerokie, jak to było możliwe. Wszystkie napięcia są odpowiednio blokowane, a każda z sekcji jest zasilana z oddzielnego uzwojenia transformatora toroidalnego wykonanego na zamówienie w firmie Telto. W konfiguracji monaural zastosowałem 2 transformatory. Każdy z modułów przetwornika jest zasilany oddzielnym transformatorem.

Zastosowanie regulowanych stabilizatorów pozwoliło tak dobrać rezystancje dzielników ustalających napięcia zasilające wzmacniacze operacyjne, że nie różnią się między sobą więcej niż 0,1 V.

Wielu entuzjastów techniki audio jest przekonanych, że na jakość dźwięku przetwornika ma duży wpływ rodzaj zastosowanych wzmacniaczy operacyjnych w filtrze rekonstruującym i przetworniku I/U. Ja w modelowym układzie zastosowałem układy NE5534 z partii produkowanej przez Texas Instruments. Duży wpływ na brzmienie ma też rodzaj zastosowanych elementów biernych w konwerterze I/I i filtrze analogowym. W modelowym rozwiązaniu rezystory w pętli sprzężenia zwrotnego konwerterów I/U i w układzie filtrów były dobrane z dokładnością 1%. Zastosowałem też wysokiej jakości kondensatory foliowe 2,7 nF, 27 nF i 8,2 nF produkowane z tolerancją pojemności 1%.

Tomasz Jabłoński, EP
tomasz.jablonski@ep.com.pl



Rys. 10. Podłączenie wyjść przetwornika do gniazda XRL