

1-bitowy przetwornik A/D wysokiej klasy (2)

**AVT
5359**

Przetwornik D/A z układem WM8741 – ciąg dalszy bitwy przetworników

W czerwcowym i lipcowym numerze EP opublikowaliśmy opis przetwornika równoległego D/A ze słowem 24-bitowym.

Zapowiedzieliśmy również „bitwę” pomiędzy nim a przetwornikiem 1-bitowym. Oto dalszy ciąg zapowiedzianego cyklu. Prezentujemy w nim drugą część opisu projektu przetwornika 1-bitowego z układami scalonymi firmy Wolfson – WM8741.

Rekomendacje: przetwornik jest przeznaczony dla koneserów dobrego dźwięku, którzy są skłonni wydać „nieco” pieniędzy na zakup podzespołów.

Analogowy filtr rekonstruujący

Analogowy filtr rekonstruujący, zwany potocznie „analogówką”, to część przetwornika, która wzbudza największe emocje. Panuje przekonanie, że to właśnie ten element jest głównej mierze odpowiedzialny za zadawalające brzmienie przetwornika. To czy zastępuje się wzmacniacze operacyjne, tranzystory, czy lampy ma rzutować na końcowy sukces lub jego brak.

Częściowo podzielam ten pogląd. Uważam, że filtr powinien być dobrze zaprojektowany i wykonany, a jego elementy powinny być dobrane ze szczególną starannością. Jednak jego poprawne działanie ujawni się w pełni, kiedy są prawidłowo zaprojektowane i wykonane sekcja przetworników i odbiornika SPDIF. Inaczej mówiąc – nawet najlepszy filtr nie uratuje kiepsko zaprojektowanej sekcji przetwornika.

Współcześnie komponentem, na którym można opierać się projektując filtr, jest naturalnie wzmacniacz operacyjny. Dostępne są typy tych wzmacniaczy zaprojektowane optymalnie do wymagających aplikacji audio. Charakteryzują się one bardzo małymi szumami i zniekształceniami. Większość filtrów wykorzystuje takie wzmacniacze z bar-

dzo dobrym skutkiem. Są jednak tacy, którzy uważają, że jedynie stosując lampowy, analogowy stopień na wyjściu przetwornika można zbliżyć się do ideału, jakim jest według nich dźwięk z analogowego źródła dobrej jakości, na przykład z płyty LP. Często trudno nawet nazwać ten stopień filtrem, bo nie ma charakterystyki filtra dolnoprzepustowego. Stosowane są również stopnie zbudowane na tranzystorach unipolarnych i/lub bipolarnych. Tu również technika dyskretna ma być lepsza od scalonych wzmacniaczy operacyjnych.

Osobiście jestem zwolennikiem wzmacniaczy operacyjnych stosowanych w układzie filtra dolnoprzepustowego usuwającego pierwszą i następną składową powielonego pasma o częstotliwościach równych wielokrotności częstotliwości próbkowania fs. W układach, w których stosuje się techniki

nadpróbkowania, filtr może mieć łagodnie opadającą charakterystykę. W praktyce filtr może zaczynać tłumić w okolicach 40...50 kHz.

Zawsze przy projektowaniu przetwornika moim faworytem jest implementacja filtra sugerowana przez producenta układu. Po prostu uważam, że projektanci scalonego przetwornika są w stanie bardzo dobrze topologię filtra do swojego przetwornika. Oczywiście można szukać własnej drogi projektując własny filtr, lub oprzeć się na rozwiązaniach dostępnych w sieci.

Schemat układu analogowego zalecanego przez firmę Wolfson pokazano na rysunku 14. Przed jego omówieniem trzeba napisać kilka słów o sygnałach analogowych na wyjściu przetwornika WM8741. Jak we wszystkich nowoczesnych przetwornikach, sygnał wyjściowy jest symetryczny. Każdy



kanal to dwa sygnały (VOUTLP i VOUTRP) i komplementarne (VOUTLN i VOUTRN). Sygnały symetryczne są wygodne do przesyłania na większe odległości, ale w konsumenckich systemach audio stosuje się sygnały asymetryczne SE (masa i żyła sygnałowa). Dlatego w konfiguracji stereo firmowy układ filtra oprócz filtrowania dolnoprzepustowego spełnia również funkcję desymetryzatora. Sprawa się nieco komplikuje w konfiguracji monaural. Przetwornik konwertuje jeden kanał i na wyjściu mamy nie dwa, a cztery symetryczne sygnały analogowe (**rysunek 15**).

Po konsultacjach ze wsparciem technicznym firmy Wolfson okazało się, że dla każdego z tych przetworników należałoby zastosować po dwa układy analogowe. Na wyjściu każdego z kanałów mielibyśmy sygnał symetryczny, który należałoby desymetryzować za pomocą kolejnego układu. Takie rozwiązanie zastosowałem w moim przetworniku z układami PCM1796. Nie jest ono ani tanie, ani wygodne, dlatego tutaj postanowiłem zastosować inny układ. Cztery sygnały różnicowe są sumowane na rezystorach o rezystancji 2 Ω do dwóch sygnałów różnicowych tak, że z jednego przetwornika otrzymujemy sygnał taki sam, jak w wypadku jednego kanału w trybie stereo. Rezystory były dobrane po cztery z dokładnością do 1 Ω, z dużej partii o tolerancji 1%.

To rozwiązanie może budzić wątpliwości. Po co stosować dwa układy, by potem wykonywać takie proste sumowanie? Ponieważ i ja miałem takie wątpliwości, to już na etapie projektowania wybrałem tryb programowy dla konfigurowania przetworników. Układ można w prosty sposób przekształcić z mono (monaural) na stereo. Wystarczy nie lutować jednego przetwornika i towarzyszącej mu części zasilacza oraz zmienić oprogramowanie sterownika. Przez to całość jest jeszcze bardziej uniwersalna. W rozwiązaniu modelowym postawiłem jednak na tryb monaural przy założeniu, że w przyszłości porównam go ze stereofonicznym.

Blok zasilania dostarcza napięcie symetryczne ±15 V. Napięcia są stabilizowane typowymi stabilizatorami z serii LM317/337. Zastosowałem tutaj droższe, ale teoretycznie lepsze układy LT317/LT337 produkowane przez Linear Technology. Nic nie stoi jednak na przeszkodzie, aby użyć popularnych układów LM317/LM337. Ponieważ dla niektórych dobrych wzmacniaczy operacyjnych napięcie ±15 V jest zbyt wysokie, to zasilacz ma możliwość ustawienia napięcia wyjściowego za pomocą precyzyjnych potencjometrów wieloobrotowych o rezystancji 5 kΩ. Dzięki temu można precyzyjnie ustawić symetrię napięć zasilających.

Montaż i uruchomienie przetwornika z WM8741

Montaż płytki filtra analogowego pokazanej na **rysunku 16** nie powinien sprawiać

problemów. Do zamontowania wzmacniaczy operacyjnych dobrze jest zastosować podstawki precyzyjne. Pozwoli to na ewentualne eksperymenty z różnymi typami wzmacniaczy. Być może potrzebne będą niewielkie radiatory na stabilizatory LT317 i LT337. Będzie to zależało od napięcia na wejściu stabilizatorów. W układzie modelowym stałe napięcie na wejściu stabilizatorów miało wartość około 22 V (odpowiednio, dodatnie oraz ujemne) i stabilizatory bez radiatorów dosyć mocno rozgrzewały się. Dlatego zastosowałem niewielkie radiatory z cienkiej blachy aluminiowej.

Uruchomienie zmontowanej płytki zasilacza polega na wyregulowaniu napięcia wyjściowego potencjometrami montażowymi R20 i R22. Regulację trzeba wykonać przed wlutowaniem lub włożeniem w podstawkę wzmacniaczy operacyjnych. Wyjaśnienia wymaga stosowanie kondensatorów sprzęgających C1, C2 i C18. W modelu zamiast tych kondensatorów wlutowano zworki. Dokładniej to opiszę przy okazji uruchamiania przetwornika.

Schemat montażowy płytki przetwornika i sterownika pokazano na **rysunku 17**. Jej montaż jest skomplikowany, bo wymaga lutowania elementów SMD o rastrze wyprowadzeń 0,5 mm. Metody skutecznego, ręcznego lutowania takich układów były już niejednokrotnie opisywane na łamach EP. Ja przylutowałem układy z dobrym skutkiem używając stacji lutowniczej, grota typu „minifala” i dobrego topnika w żelu. Po przylutowaniu wszystkich elementów pierwszą czynnością uruchomieniową będzie dołączenie dwóch napięć przemiennych o wartości ok. 9 V do złącz ZZ1 i ZZ2 oraz sprawdzenie wszystkich napięć zasilających. Jeżeli są prawidłowe, to następnie trzeba zaprogramować mikrokontroler PIC. Mikrokontroler jest programowany w układzie przez szpikowe złącze ICSP. W trakcie programowania musi być zasilany napięciem +3,3 V.

Przetwornik może być używany w dwu wersjach: z interfejsem użytkownika i bez niego. W tym drugim wypadku nie ma możliwości regulacji siły głosu, ustawiania charakterystyki filtrów cyfrowych i częstotliwości próbkowania sygnału wejściowego. Przetwornik modelowy był uruchamiany z płytką interfejsu użytkownika. Płytkę interfejsu użytkownika pokazano na **rysunku 18**.

Po przylutowaniu wszystkich elementów SMD trzeba zamontować wyświetlacz LCD. Mocuje się go na plastikowych tulejkach dystansowych czterema wkrętami M2,5. Połączenie elektryczne zapewnią dwurzędowa listwa goldpinów o rastrze 2,54 mm. Do zamocowaniu i przylutowaniu wyświetlacza trzeba przylutować impulsator i potencjometr regulacji kontrastu (od strony druku). Zmontowane płytki należy połączyć ze sobą złączami CTRL1. W modelu przetwornika

W ofercie AVT*

AVT-5359 A
AVT-5359 UK

Podstawowe informacje:

- Przetwornik 1-bitowy firmy Wolfson typu WM8741.
- Praca z częstotliwością próbkowania 44,1 kHz i 96 kHz, słowa 16-bitowe i 24-bitowe.
- Mikrokontroler PIC18F2580.
- Wyświetlacz LCD 2 linie po 16 znaków, impulsator firmy Burns, przycisk.
- Sterowanie za pomocą nadajnika podczerwieni (kody RC5).
- Regulacja poziomu sygnału wyjściowego.
- Podział przetwornika na sekcję odbiornika SPDIF, przetwornika C/A i sterownika mikroprocesorowego łącznie z niezbędnymi układami zasilającymi oraz sekcją analogowego filtra dolnoprzepustowego.
- 3 płytki drukowane: interfejs użytkownika, sterownik z przetwornikiem i zasilaczami, filtr analogowy.
- Zasilanie 230 V AC.
- Możliwość dołączenia do wzmacniacza mocy.
- Sygnał wejściowy doprowadzany za pomocą SPDIF.

Dodatkowe materiały na CD/FTP:

ftp://ep.com.pl, user: 19891, pass: 428jbr30

- pierwsza część artykułu
- wzory płytek PCB
- karty katalogowe i noty aplikacyjne elementów oznaczonych w Wykazie elementów kolorem czerwonym

* 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 nie inego jak zmontowany zestaw B, czyli elementy wlutowane 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>

połączyłem płytki za pomocą kątowej listwy goldpinów. Szczegóły połączenia płytek, przylutowania potencjometru kontrastu zostały pokazane na **fotografii 19**. Mocowanie i połączenie wyświetlacza można wykonać tak, jak na **fotografii 20**. **Uwaga:** płytkę drukowaną interfejsu użytkownika zaprojektowano dla wyświetlacza, w którym fabryczne połączenie zasilania i masy jest zamienione miejscami w stosunku do wyprowadzeń większości wyświetlaczy: pin1 – +5 V, pin2 – masa. Przy dołączaniu wyświetlacza należy zweryfikować i ewentualnie zamienić miejscami przewody zasilające.

Po połączeniu płytek można przystąpić do dalszej części uruchamiania układu. Jeżeli

REKLAMA

1000
Discovery do wygrania
sprawdź na stronie
www.stm32.eu



life.augmented

Jeżeli mamy oscyloskop, to można obejrzeć sygnały na liniach LRCK, BCLK i MCLK. Sygnały powinny mieć kształty prostokątne o częstotliwościach: LRCK = fs, BCLK = 64×fs, MCLK = 256×fs.

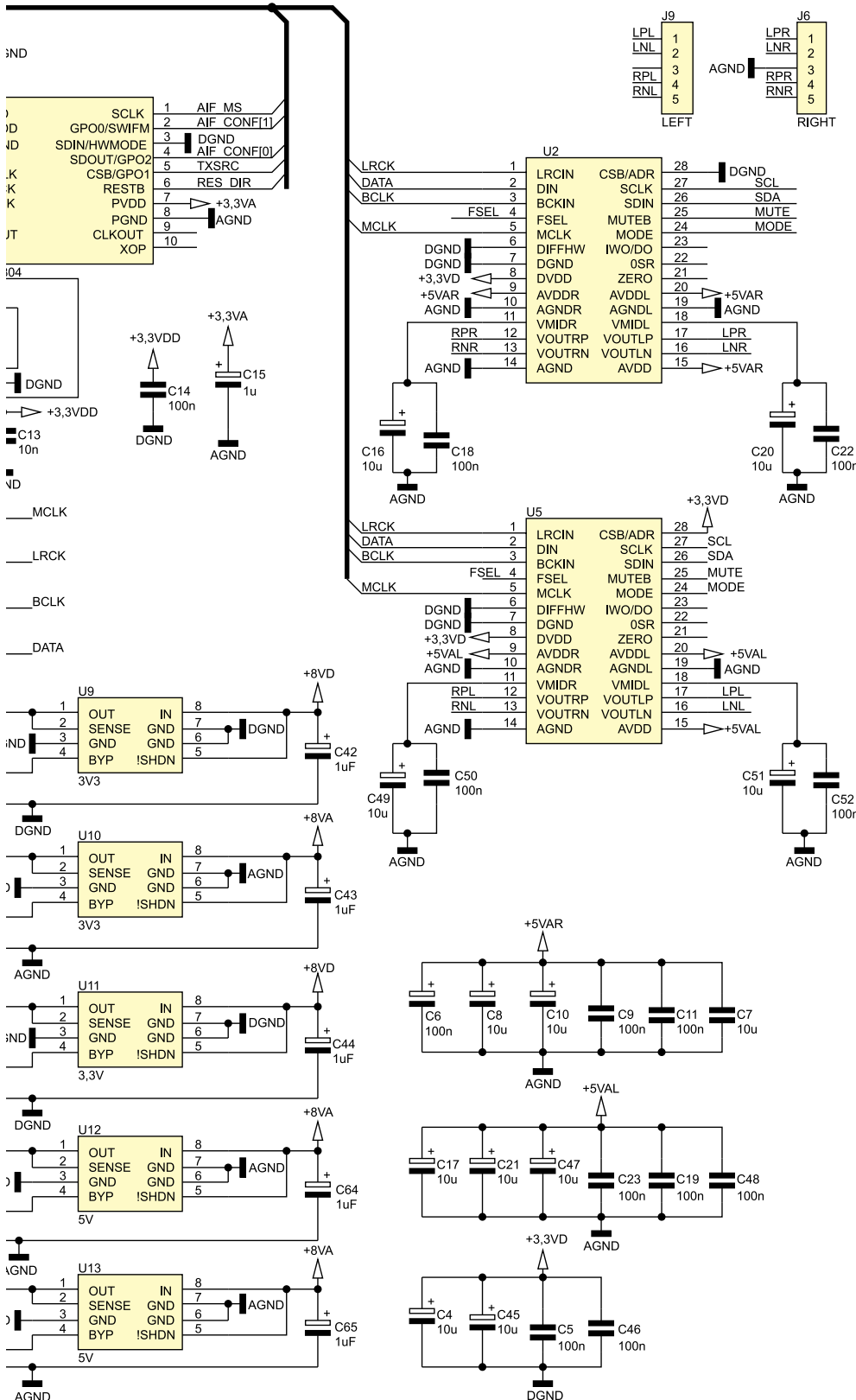
Kolejny krok to sprawdzenie działania przetworników WM8741. Do uruchomienia pierwszego egzemplarza i do testowania tej części układu użyłem: generatora sygnału

sinusoidalnego, mojego przetwornika ADC z wyjściem SPDIF (był opisywany w EP) i oscyloskopu. Na wejścia L i R przetwornika A/D podałem sygnał z generatora o amplitudzie ok. 1,5 Vpp, a wyjście SPDIF połączyłem z wejściem badanego układu. Następnie obserwowałem wyjściowe sygnały różnicowe (względem masy). W ten sposób można było sprawdzić czy przetworniki w ogóle działają,

a potem, czy są prawidłowo adresowane, to znaczy czy kanał oznaczony jako lewy rzeczywiście jest kanałem lewym. Ten zestaw testowy posłużył mi też w dalszych testach do sprawdzenia prawidłowości faz sygnałów na wyjściu filtrów analogowych.

Tak szczegółowe testy są niezbędne w trakcie pisania programu i uruchamiania prototypu, jednak przy budowie sprawdzonego urządzenia nie są konieczne i po sprawdzeniu działania odbiornika SPDIF można ewentualnie sprawdzić oscyloskopem sygnały na wyjściu przetwornika po podaniu sygnału z płyty CD lub z komputera.

Ostatnia faza uruchamiania polega na włączeniu układu filtra analogowego i sprawdzeniu całości po dołączeniu do wzmacniacza. Najpierw musimy połączyć sygnały różnicowe z wyjścia przetwornika z wejściami filtrów analogowych. Na krańcach obu płytek zostały umieszczone złącza z polami lutowniczymi, do których są doprowadzone wyjściowe sygnały różnicowe z jednej strony i wejścia filtrów z drugiej strony. Płytki należy połączyć, tak aby sygnały na wyjściu miały taką samą fazę. Połączenia obu kanałów nie są być takie same dla kanału prawego i dla kanału lewego. Sygnały dla kanału prawego „R” łączymy „punkt w punkt”. W kanale lewym sygnały różnicowe „RPL” i „RNL” są połączone „na krzyż”. Do połączenia odpornych na zakłócenia sygnałów różnicowych pomiędzy płytkami użyłem krótkich odcinków zwykłych przewodów. Jeżeli połączenia miałyby być dłuższe, trzeba rozważyć



Wybrany kanał	Sygnal
Mono lewy	VOUTLP lewy
	VOUTLN lewy zanegowany
	VOUTRP lewy zanegowany
	VOUTRN lewy
Mono prawy	VOUTLP prawy zanegowany
	VOUTLN prawy
	VOUTRN prawy zanegowany

Rysunek 15. Funkcje wyprowadzeń analogowych dla trybu mono

REKLAMA

WWW.STM32.EU

JAK
zacząć z STM32?

Sprawdź!

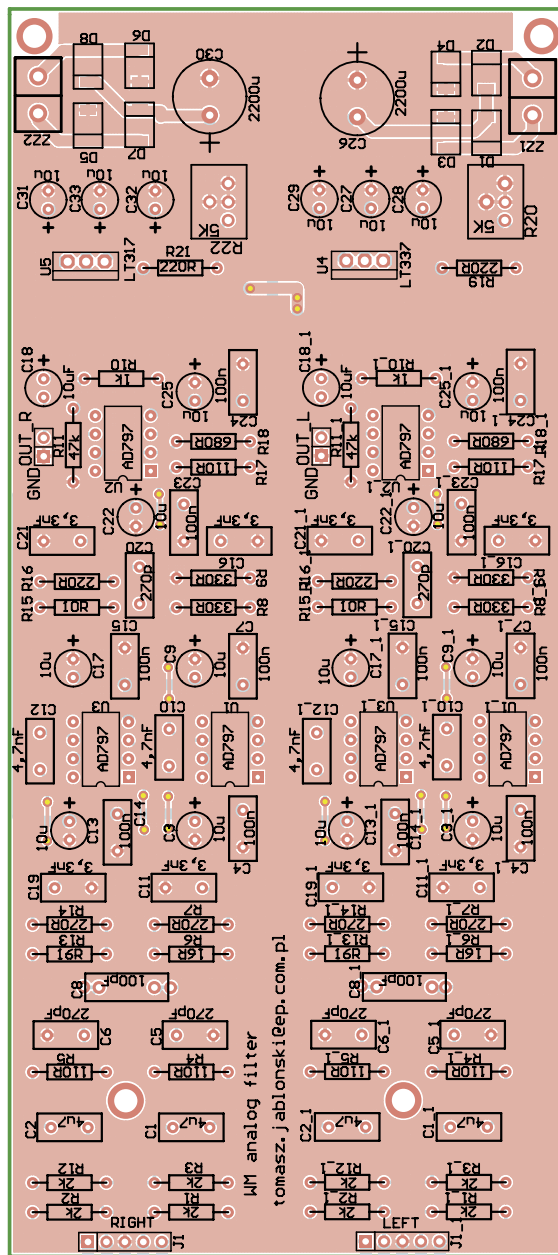
♦ programy ♦ narzędzia
♦ porady ♦ przykłady



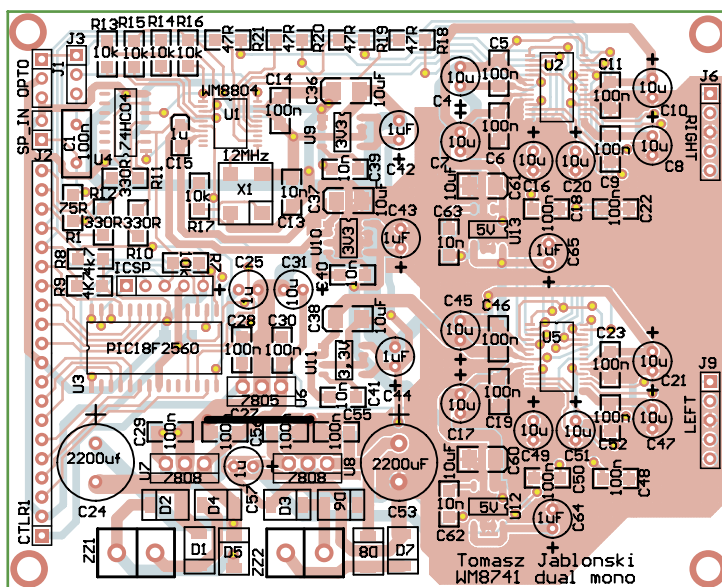
life.augmented

zastosowanie pary przewodów, skrętki, w ekranie lub bez niego. Połączenie z widocznym przeplotem połączeń w prawym kanale zostało pokazane na **fotografii 21**. Po wykonaniu połączenia wszystkich modułów można układ zasilić i przystąpić do końcowych testów. Jeszcze tylko parę słów o transformatorze zasilającym. Transformator sieciowy, najlepiej z rdzeniem toroidalnym, można zamówić w specjalizowanym zakładzie. Powinien mieć 4 uzwojenia : 2 po 9 VAC/250 mA i 2 po 16 VAC/200 mA.

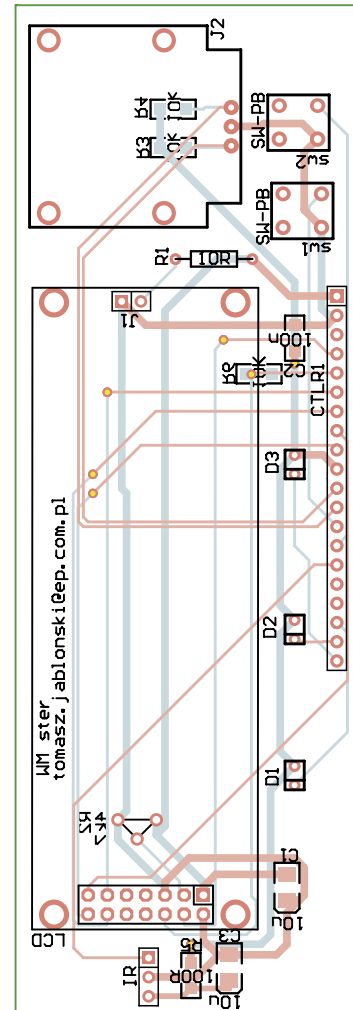
W zmontowanym i zasilanym układzie najpierw należy zmierzyć napięcie stałe na wyjściu filtrów w przypadku , kiedy zamiast kondensatorów C1, C2 i C18 wlotujemy zworki. Uważam, że jest to dobre rozwiązanie, bo w takim wypadku zmierzony offset na wyjściu wynosi tylko ok. 25...30 mV (dla testowanych wzmacniaczy OPA604). Dla typowego wzmacniacza mocy, który i tak zawsze ma na wejściu kondensator sprzęgający, offset ten nie ma żadnego znaczenia. Jeżeli napięcie jest dużo wyższe, to oznacza to, że trzeba sprawdzić dokładnie montaż, komponenty i napięcia w charakterystycznych punktach obwodów. Dobrą praktyką jest też sprawdzenie za pomocą oscyloskopu czy ostatni stopień filtra nie wzbudza się. Może się tak stać w czasie eksperymentów z szybkimi wzmacniaczami



Rysunek 16. Płytkę filtra analogowego przetwornika WM8741



Rysunek 17. Płytkę przetworników i sterownika

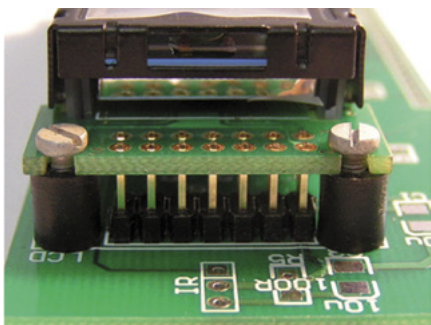


Rysunek 18. Płytkę interfejsu użytkownika

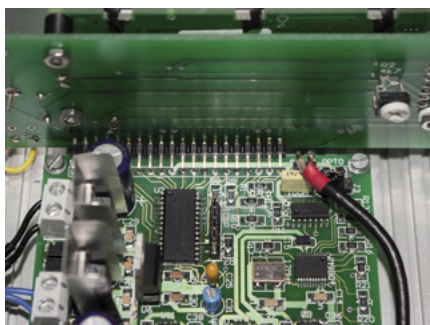
operacyjnymi. Dla testowanych OPA 227, OPA604 i NE5534 układ jest stabilny, ale AD797 się wzbudzał i konieczne było użycie foliowego kondensatora 27 pF w obwodzie kompensacji częstotliwościowej.

Jeżeli układ jest stabilny można go podłączyć do wejścia wzmacniacza i rozpocząć testy funkcjonalne. Przyjmijmy, że testujemy przetwornik sygnałem z odtwarzacza CD o częstotliwości próbkowania 44,1 kHz. Najpierw sprawdzamy działanie regulatora siły głosu. Kręcenie ośką impulsatora powinno powodować zmianę wyświetlanej wartości tłumienia na ekranie wyświetlacza i jednocześnie zmianę poziomu sygnału audio. Interfejs użytkownika może być obsługiwany równolegle: impulsatorem i przyciskiem SW1 oraz za pomocą pilota RC5. Po zaprogramowaniu mikrokontrolera obsługa pilota nie jest aktywna i do menu funkcyjnego wchodzi się zwierając styk SW1 na płytce interfejsu. Kręcąc gałką impulsatora można wybrać 5 funkcji:

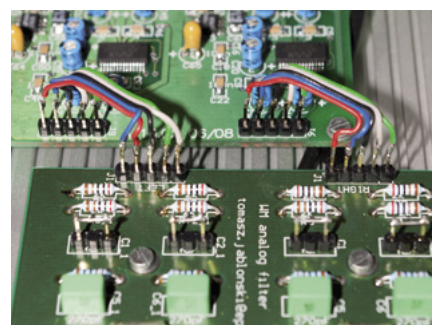
- uczenia się kodów pilota „Teach RC5 Code”,
- ustawienie odpowiedzi filtra cyfrowego „Set DAC filter”,
- ustawienie częstotliwości próbkowania „Set FS Rate”,



Fotografia 19. Szczegóły połączenia płytki przetwornika z płytką interfejsu użytkownika



Fotografia 20. Mocowanie i połączenie wyświetlacza



Fotografia 21. Połączenie płytki przetwornika z płytką filtra analogowego

- ustawienie balansu „Set balance”.

Aby uaktywnić obsługę przez pilota, trzeba wywołać funkcję nauki kodów. Po wywołaniu można „nauczyć” sterownik czterech kodów RC5 i przypisać im następujące reakcje przetwornika:

- FUN – wywołanie menu funkcyjnego,
- UP – zmiana nastaw „do góry” odpowiadająca kręceniu impulsatorem w prawo,
- DOWN – zmiana nastaw „do dołu” odpowiadająca kręceniu impulsatorem w lewo,
- MUTE – wyciszenie wyjścia audio.

Po wywołaniu funkcji należy skierować pilota w kierunku odbiornika IR, nacisnąć na nim przycisk, któremu będzie przypisana

wyświetlana na ekranie funkcja. Decyzję wyboru akceptuje się przyciskając SW1. W ten sposób są kolejno programowane wszystkie funkcje pilota. W czasie obsługi za pomocą nadajnika podczerwieni dostępne są wszystkie funkcje za wyjątkiem „Teach RC5 Code”. Jest to zabezpieczenie przed wejściem do funkcji programowania kodów RC5 po naciśnięciu klawisza pilota. Kody można zmieniać tylko naciskając przycisk SW1. Po jej wybraniu i zaakceptowaniu klawiszem FUN z pilota pojawi się komunikat o błędzie.

Obsługa DAC jest tak pomyślana, że kiedy kody RC5 są zaprogramowane, to nie ma konieczności używania SW1, a nawet impulsatora. Można SW1 umieścić wewnątrz obudowy i użyć go tylko raz do zaprogramowania pilota.

Po wejściu do funkcji, programowany parametr zmienia się klawiszami UP i DOWN lub gałką impulsatora, a zatwierdza klawiszem pilota FUN lub przyciskiem SW1.

W aktualnej wersji programu nie jest dostępna możliwość natychmiastowego wyciszenia MUTE bez pilota. Dla tej funkcji przewidziano dedykowany przycisk na pilocie i tylko tak może być obsługiwana. Naciśnięcie przycisku MUTE powoduje całkowite wytłumienie sygnału a na wyświetlaczu zostanie pokazany odpowiedni komunikat.

Pomiary

Zmontowany i wstępnie uruchomiony przetwornik można poddać testom pomia-

REKLAMA

najlepsza strona
MOCY i PRECYZJI

TME - OFICJALNY DYSTRYBUTOR

ARCOL
www.arcolresistors.com



Zapraszamy na Energetab:
HALA T - STOISKO 20

Transfer Multisort Elektronik



TME
Electronic Components

www.tme.pl

Łódź, Polska, 42 645 55 55, tme@tme.pl

rowym i odsłuchowym Zasadniczym testem przetwornika są testy odsłuchowe. Ale przed odsłuchami dobrze jest zmierzyć parametry elektryczne. Pomiar pomaga wykryć ewentualne wady konstrukcji powstałe na etapie projektowania i błędy montażowe lub wady elementów po zmontowaniu prawidłowo zaprojektowanego urządzenia. Do zmierzenia parametrów przetwornika potrzebna będzie dobra karta dźwiękowa i bezpłatny program *RightMark Analyzer*. Użyłem karty *M-Audio Adiophile 2496*. W czasie pomiarów sygnał SPDIF z karty podaje się na wejście SPDIF, a analogowy sygnał z wyjścia przetwornika łączymy z analogowymi wejściami karty. Dla tej karty regulacja poziomu sygnału jest ustawiana na tłumienie -5 dB. Czulość wejść analogowych karty została ustawiona na maksimum.

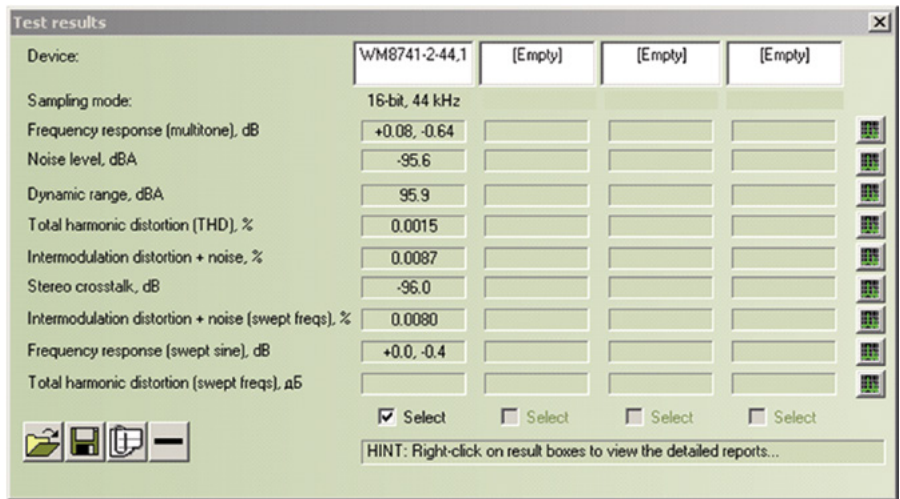
Przetwornik został zmierzony dla dwu sygnałów wejściowych: standardowego, 16-bitowego sygnału CD o częstotliwości próbkowania 44,1 kHz i sygnału „gęstego” – próbkowanie 96 kHz, długość słowa – 24 bity.

Najczęściej używanym źródłem sygnału jest odtwarzacz CD i dlatego wyniki pomiaru standardowego sygnału CD przedstawię w pierwszej kolejności. Filtr cyfrowy ustawiamy funkcją „Set Fs Rate” na 44,1 kHz.

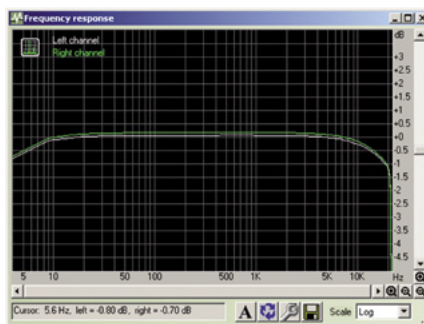
Zbiorcze wyniki pomiarów zamieszczono na **rysunku 22**. Przed interpretacją wyników pomiarów trzeba sobie zdawać sprawę z ograniczeń instrumentu pomiarowego, którym jest posiadana przez nas karta dźwiękowa.

Odpowiedź częstotliwościowa przetwornika (**rysunek 23**) pozwala na ocenę czy przetwornik w połączeniu z układem filtra analogowego poprawnie przenosi całe pasmo akustyczne w zakresie 20 Hz...20 kHz. Dla tego przetwornika pasmo jest przenoszane z nierównomiernością nieprzekraczającą 1 dB. Niewielkie tłumienie zaczyna się od dla sygnału o częstotliwości 15 kHz i jest być może spowodowane działaniem filtra cyfrowego.

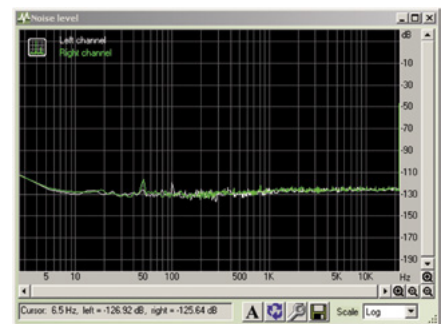
Wiemy, że przetwornik prawidłowo przenosi sygnał w paśmie akustycznym. Teraz zobaczymy, jaki jest poziom szumów i zniekształcenia nieliniowe. Charakterystykę poziomu szumów w funkcji częstotliwości pokazano na **rysunku 24**. Można zauważyć, że układ szumi jedynie minimalnie. Jest to potwierdzeniem poprawności budowy samego przetwornika, prawidłowości wykonania płytki drukowanej oraz wysokiej jakości układu przetwornika i wybranych komponentów. Na **rysunku 25** pokazano wykres zniekształceń harmonicznnych w funkcji częstotliwości dla sygnału podstawowego 1 kHz. Zniekształcenia THD są na poziomie 0,0015%. Na **rysunku 26** pokazano charakterystykę dynamiki sygnału w funkcji częstotliwości, dla sygnału podstawowego



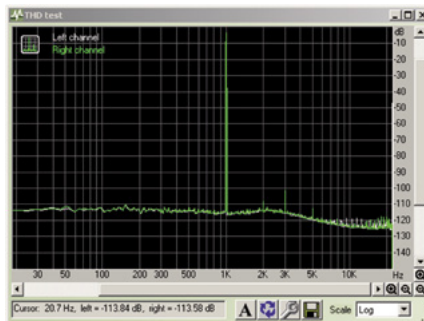
Rysunek 22. Zestawienie wyników pomiarów przetwornika WM8741 dla 44,1 kHz i 16 bitów



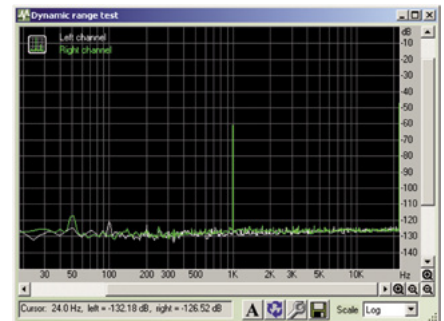
Rysunek 23. Odpowiedź częstotliwościowa Wm8741 dla fs=44,1 kHz



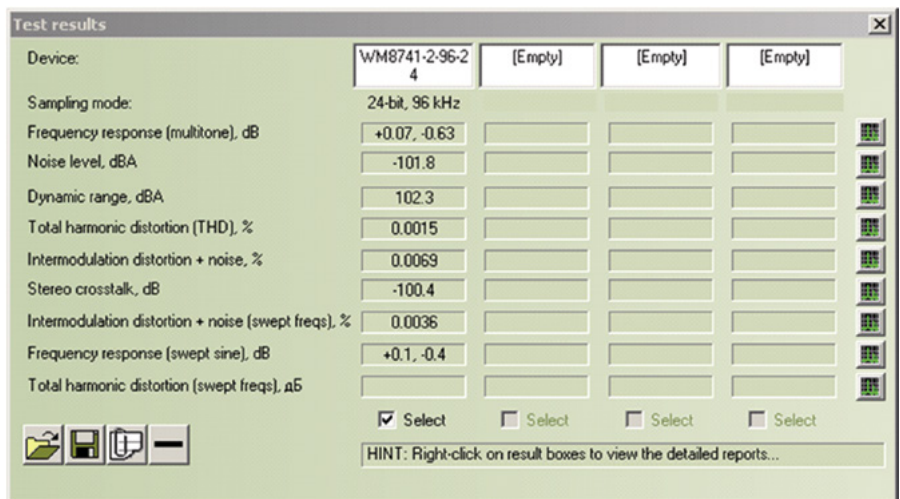
Rysunek 24. Poziom szumów WM8741 dla fs=44,1 kHz



Rysunek 25. Zniekształcenia harmoniczne WM8741 dla fs=44,1 kHz



Rysunek 26. Zakres dynamiki WM8741 dla fs=44,1 kHz



Rysunek 27. Zbiorcze zestawienie wyniku pomiarów dla fs=96 kHz i 24 bitów

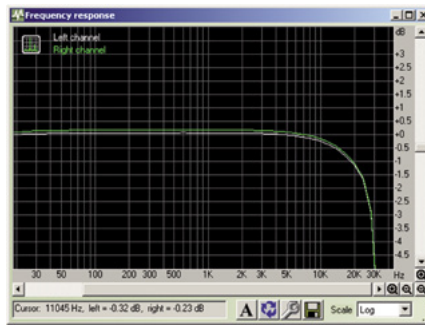
o $f=1$ kHz. Odstęp sygnału od szumu wynosi ponad 120 dB, co jest wynikiem bardzo dobrym. Na **rysunku 27** pokazano zbiorcze zestawienie wyników pomiarów dla sygnału „gęstego”. Jak można się było spodziewać, parametry konwersji cyfrowo – analogowej są jeszcze lepsze. Wynika to z mniejszego szumu kwantyzacji po zwiększeniu długości słowa próbki z 16 do 24 bitów i zmniejszeniu się mocy sygnału szumów (noise floor) w paśmie użytecznym po dwukrotnym zwiększeniu częstotliwości próbkowania dla tego samego pasma akustycznego. Pasma przenoszenia jest szersze, ponieważ nie jest ono ograniczane przez filtr cyfrowy w pobliżu 22 kHz (**rysunek 28**). Dolnoprzepustowe filtrowanie jest wynikiem działania filtra analogowego. Podobnie jak dla $f_s=44,1$ kHz następuje spadek o 1 dB dla 20 kHz. Ważony poziom szumów *Noise level* w funkcji częstotliwości pokazany na **rysunku 29**. Na **rysunku 30** pokazano przebieg zakresu dynamiki, natomiast na **rysunku 31** zniekształcenia harmoniczne w funkcji częstotliwości.

Odsłuchy

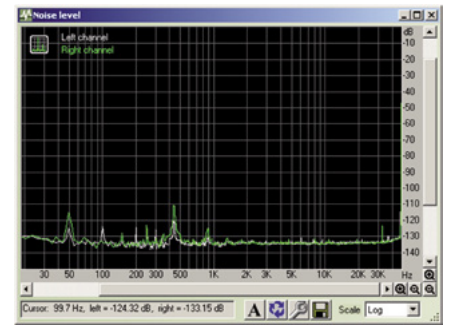
Audiofile bardzo cenią sobie „analogowość brzmienia” charakterystyczną dla starszych nośników nagrań muzycznych: płyty LP i dobrej jakości taśm magnetofonowych. Technika cyfrowa od początku próbowała się zmierzyć z odtwarzaniem takiego brzmienia i najbliższe osiągnięcia tego celu były przetworniki wielobitowe. Przetworniki z modulatorami sigma – delta gorzej radziły sobie z tym zadaniem. Utańczyło się nawet pojęcie „cyfrowy dźwięk”, charakteryzujące bardziej lub mniej trafnie brzmienie nagrania cyfrowego.

Układ WM8741 ma opinię przetwornika, którego sygnał wyjściowy jest pozbawiony całkowicie lub prawie całkowicie charakterystycznego „cyfrowego” brzmienia. Odczucie „cyfrowości” trudno jest zmierzyć prostymi metodami i dlatego trzeba się zdać na wrażenie subiektywne, a z tym może być pewien problem, ponieważ nie każdemu podoba się ten sam rodzaj muzyki.

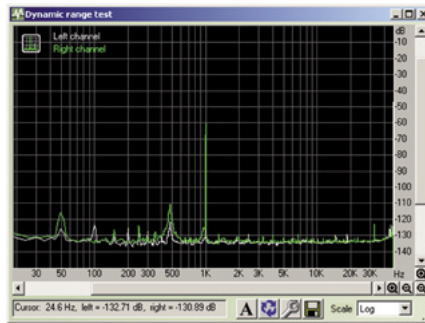
Żeby się przekonać o właściwościach przetwornika dobrze byłoby słuchać materiału dźwiękowego w torze zbudowanym z bardzo dobrych elementów,



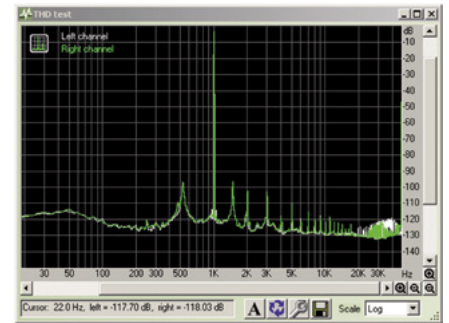
Rysunek 28. Odpowiedź częstotliwościowa WM8741 dla $f_s=96$ kHz



Rysunek 29. Poziom szumów WM8741 dla $f_s=96$ kHz



Rysunek 30. Zakres dynamiki WM8741 dla $f_s=96$ kHz



Rysunek 31. Zniekształcenia THD WM8741 dla $f_s=96$ kHz

z dobrymi głośnikami i co bardzo ważne w pomieszczeniu o dobrej charakterystyce akustycznej. Audiofile znają te problemy i często latami dobierają swoje „systemy” i próbują dostosowywać akustycznie swoje pokoje odsłuchowe. Bardzo ważny wpływ akustyki pomieszczenia można wyeliminować stosując słuchawki i wzmacniacz słuchawkowy o dobrej jakości. Ich użycie pozwala na wykrycie nawet drobnych niedoskonałości. Można też subiektywnie ocenić zmianę barwy dla każdego ze źródeł sygnału. Za to typowy system stereofoniczny z głośnikami lepiej buduje scenę i łatwiej jest wykryć problemy z lokalizacją źródeł pozornych.

Do odsłuchu przetworników użyto słuchawek *Beyerdynamic DT 880 PRO* i wzmacniacza słuchawkowego z układem TPA6120. Wspomniane słuchawki są przeznaczone do użytku profesjonalnego, mają pasmo przenoszenia 5 Hz...35 kHz i zniekształcenia $THD < 0,1\%$. Słuchawki do zastosowań profesjonalnych mają płaską charakterystykę częstotliwościową. Słuchawki audiofilskie

często mają kształtowaną charakterystykę, tak aby ich dźwięk był bardziej atrakcyjny i był znakiem rozpoznawczym tej czy innej firmy.

Już po pierwszym włączeniu byłem pewien, że układ może „mierzyć wysoko”. Oprócz braku słyszalnych zniekształceń – co oczywiste, przy takich wynikach pomiarów – dźwięk charakteryzował się piękną barwą i dużą ilością „powietrza”. Zakres wysokich i średnich tonów jest odtwarzany bez zarzutu. Bas nie okazał się, ale precyzyjny. Przetwornik charakteryzuje się bardzo dobrą lokalizacją źródeł pozornych i odtwarzaniem detali muzycznych. W wielu nagraniach przetwornik gra barwnie i żywiołowo, ale te cechy nie powodują zmęczenia, bo jednocześnie dźwięk charakteryzuje się wysoka kulturą. Przetwornik z układami WM8741 jest wymagający jeżeli chodzi o nagrania. W płytach nagranych dobrze prezentuje wymieniony dźwięk, gorsze nagrania bezlitośnie obnaża.

Tomasz Jabłoński, EP

REKLAMA