

# PHANTOM

## Dekoder surround, część 2



*Dźwięk dookólny jest coraz częściej słyszalny w sprzęcie audio powszechnego użytku. Nie oznacza to jednak, że użytkownicy wiedzą, i mają gdzie się dowiedzieć, jak działają dekodery surround i jakimi możliwościami dysponują. Mamy nadzieję, że prezentowany projekt dekodera pomoże w wyjaśnieniu związanych z tym wątpliwości.*

**Rekomendacje:** projekt polecamy wszystkim audiofilom eksperymentującym z dźwiękiem, którym nie wystarczają standardowe dekodery surround.

### Linia opóźniająca

Dekoder wyposażono w analogową linię opóźniającą zbudowaną na układzie scalonym MN3207, której schemat pokazano na **rys. 8**. Układ ten ma w swej strukturze 1024 tranzystory polowe, które odpowiednio taktowane dwoma przebiegami prostokątnymi o częstotliwości około 40 kHz przenoszą sygnały z wejścia układu, kolejno poprzez wszystkie tranzystory, na komplementarne wyjścia. W efekcie daje to opóźnienie sygnału analogowego o około 12 ms. Przebieg prostokątny jest generowany przez układ scalony MN3102. Przed linią opóźniającą i za nią zostały umieszczone filtry dolno-przepustowe o częstotliwości granicznej około 12 kHz. Linia opóźniająca jest bardzo wrażliwa na przesterowanie, dlatego filtr na wejściu tłumi sygnał o połowę, a filtr wyjściowy wzmacnia sygnał dwa razy. W sumie daje to wzmacnienie całej linii zbliżone do jedności. Opóźnieniu poddawany jest (jeśli linia opóźniająca jest programowo włączona) sygnał surround tylnych kanałów, we wszystkich trybach pracy z wyjątkiem trybu DIRECT. Włączenie linii opóźniającej uzasadnione jest w następujących przypadkach:

- jeśli słuchacz znajduje się bliżej tylnych głośników - linia opóźniająca przesuwa pozorne położenie głośników tylnych o około 4 m,
- podczas oglądania filmów - źródło podstawowych dźwięków jest wtedy lokalizowane przed słuchaczem.

Włączenie linii opóźniającej przy słuchaniu muzyki jest dyskusyjne. Moim zdaniem, jeśli słuchacz znajduje się w równej odległości od wszystkich głośników, linia opóźniająca przy słuchaniu muzyki nie jest potrzebna. Podczas oglądania filmów powinna być zawsze włączona.

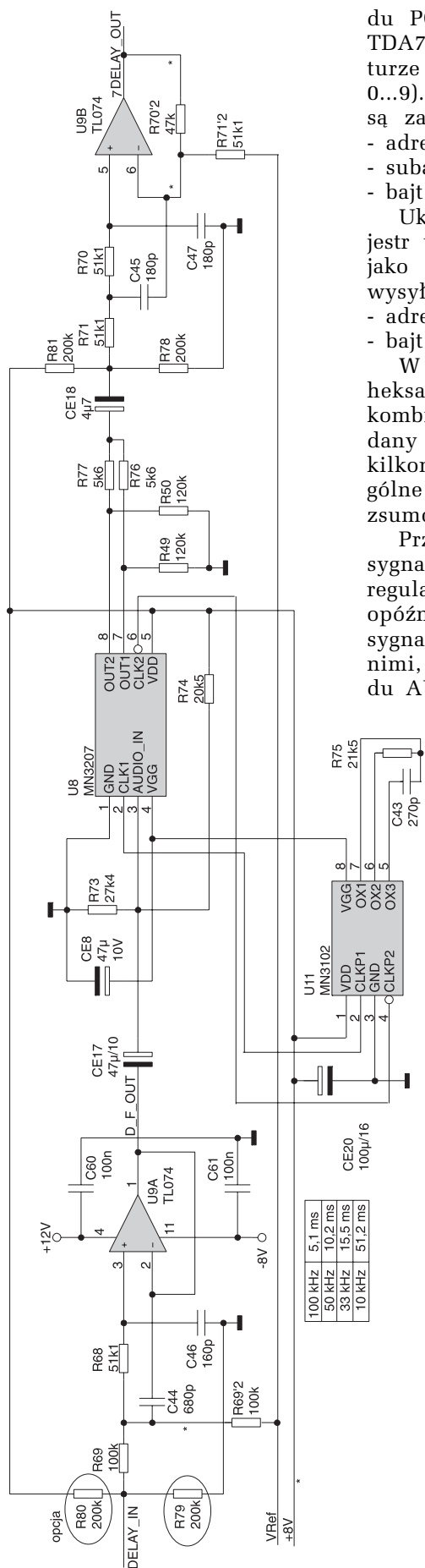
### Układ autobalansu

Układ U6 (NE570 - **rys. 9**) wzmacnia sygnały lewego i prawego kanału tak, aby na jego wyjściu poziomy średnie tych sygnałów były równe. Wzmocnienie w danym kanale jest proporcjonalne do prądu wpływającego na wejście prostownika (R\_INA, R\_INB). Prąd ten jest natomiast proporcjonalny do napięcia zmiennego występującego na wyjściu drugiego kanału. Potencjometrem PR1 należy nastawić wzmacnienie spoczynkowe (przy małych sygnałach wejściowych) układu NE570 na zbliżone do jedności. Tranzystory T1 i T2 tworzą wzmacniacz różnicowy. W wyniku takiego połączenia, gdy wzmacnienie jednego kanału rośnie, to drugiego należy i odwrotnie. Układy U9C i U9D pracują jako prostowniki „idealne”. Na wyjściu układu U6 znajduje się filtr „wycinający” składowe sygnału o częstotliwości od 120 Hz do 8kHz. Filtr został włączony pomiędzy dwa wyjścia, ponieważ dalej sygnały są podawane na wzmacniacz różnicowy. Łatwiej było zbudować jeden filtr pomiędzy dwoma wyjściami niż dwa identyczne filtry pomiędzy danym wyjściem a masą. Wzmacniacz U5B wytwarza sygnał różnicowy sygnałów wyjściowych z układu U6. Rezystory R35...R38 powinny być rezystorami precyzyjnymi lub dobieranymi.

### Obwody pomocnicze

Na **rys. 10** pokazano schemat elektryczny bloku sterowania kłucami analogowymi (U15), układy korekcji barwy tonu (U14A, U14B) oraz zespół multiplekserów analogowych (E3B, E3C). Dekoder jest sterowany przez magistralę I<sup>2</sup>C, za pośrednictwem układu U15 i wewnętrznych rejestrów TDA7429S.

Adres układu TDA7429S jest równy 80H (128), natomiast ukła-



Rys. 8. Schemat elektryczny linii opóźniającej

du PCF8574A 70H (112). Układ TDA7429S posiada w swojej strukturze 10 rejestrów (subadresy 0...9). Do tego układu wysyłane są zawsze 3 bajty:

- adres układu - 80H,
- subadres rejestru - 0...9,
- bajt danych.

Układ PCF8574A ma jeden rejestr używany w naszym układzie jako wyjściowy. Do tego układu wysyłane są zawsze 2 bajty:

- adres układu - 70H,
- bajt danych.

W tab. 2 i 3 podano, w zapisie heksadecymalnym, poszczególne kombinacje wartości bitów. Jeśli dany bajt steruje jednocześnie kilkoma parametrami, to poszczególne kombinacje bitów należy zsumować.

Przykład: Żeby ustawić fazę sygnału wynoszącą 180°, włączyć regulację barwy tonu, wyłączyć opóźnienie, włączyć miksowanie sygnału REAR z kanałami przednimi, wykorzystać sygnał z układu AUTOBALANS oraz podać na wejścia VAR zdekodowane sygnały tylnych kanałów, to otrzymujemy bajt:

```

C0
+ 00
+ 10
+ 08
+ 00
+ 00
-----
= E8

```

Po zsumowaniu wszystkich liczb otrzymujemy wartość E8H, którą należy wysłać pod adres 70H.

Na rys. 11 zamieszczono schemat elektryczny zasilacza oraz okablowania gniazd. Dekoder wymaga zasilania: +12 V/50 mA, +5 V/5 mA, -12 V/10 mA.

### Montaż i uruchomienie

Dekoder został zmontowany na dwuwarstwowej płytce drukowanej, której schemat montażowy pokazano na rys. 12. Zastosowano elementy przewlekane oraz do montażu powierzchniowego (SMD). Wszystkie elementy SMD znajdują się na spodniej stronie płytki. Montaż naj-

lepiej rozpocząć od zamontowania rezystorów SMD o wymiarze 1206 (3,2x1,6 mm) oraz kondensatorów SMD 100 nF, o takim samym rozmiarze obudowy. Następnie montujemy elementy przewlekane po właściwej stronie „elementów”. Montaż można rozpocząć od wlutowania podstawek pod układy scalone (jeśli zamierzamy montować układy scalone w podstawkach). Następnie montujemy rezystory 0,125 W, diody BAVP, drabinki diod, kondensatory ceramiczne, kondensatory MKT oraz kondensatory elektrolityczne. Po zamontowaniu wszystkich elementów biernych należy wlutować scalone stabilizatory napięć ±8 V (U10, U12). Po wlutowaniu stabilizatorów podłączamy do złącza LZZ stabilizowane napięcia zasilające +12 i -12 V. Po podłączeniu zasilania należy sprawdzić napięcia zasilania wszystkich układów scalonych. Następnie można podłączyć do złącza LZ1 napięcie +5V i sprawdzić napięcia zasilania układów U15 i U16.

Po sprawdzeniu napięć zasilających montujemy tranzystory i układy scalone. Montujemy tylko jeden z układów E3 (CD4052) albo U13 (DG409). Układ U3 (TDA7429S) jest zasilany napięciem +8 V i dostarcza napięcie referencyjne +4 V. Napięcie referencyjne polaryzuje większość wzmacniaczy operacyjnych. Dlatego składowa stała sygnałów przetwarzanych przez dekodery wynosi +4 V.

Po zamontowaniu wszystkich elementów i załączeniu zasilania, możemy sprawdzić oscyloskopem częstotliwość sygnałów prostokątnych na wyprowadzeniach 2 i 6 układu U8 - powinna wynosić około 48 kHz, a jego amplituda około 8 V. Jeśli nie mamy oscyloskopu, możemy sprawdzić składową stałą na wyprowadzeniach 2 i 6, której wartość powinna wynosić około 4 V. Suwak potencjometru PR1 ustawiamy w położeniu środkowym. Następnie układamy, zgodnie ze schematem, zworki: na polu JP1 łączymy punkty 1 z 3 oraz 2 z 4, na polu JP2 łączymy punkty 1 z 2 oraz 3 z 4, dla zworki Z1 łączymy punkty 1 z 2.

W celu uruchomienia dekodera należy podłączyć go do kompu-

Tab. 2. Funkcje i adresy rejestrów układu TDA7429S o adresie bazowym 80H

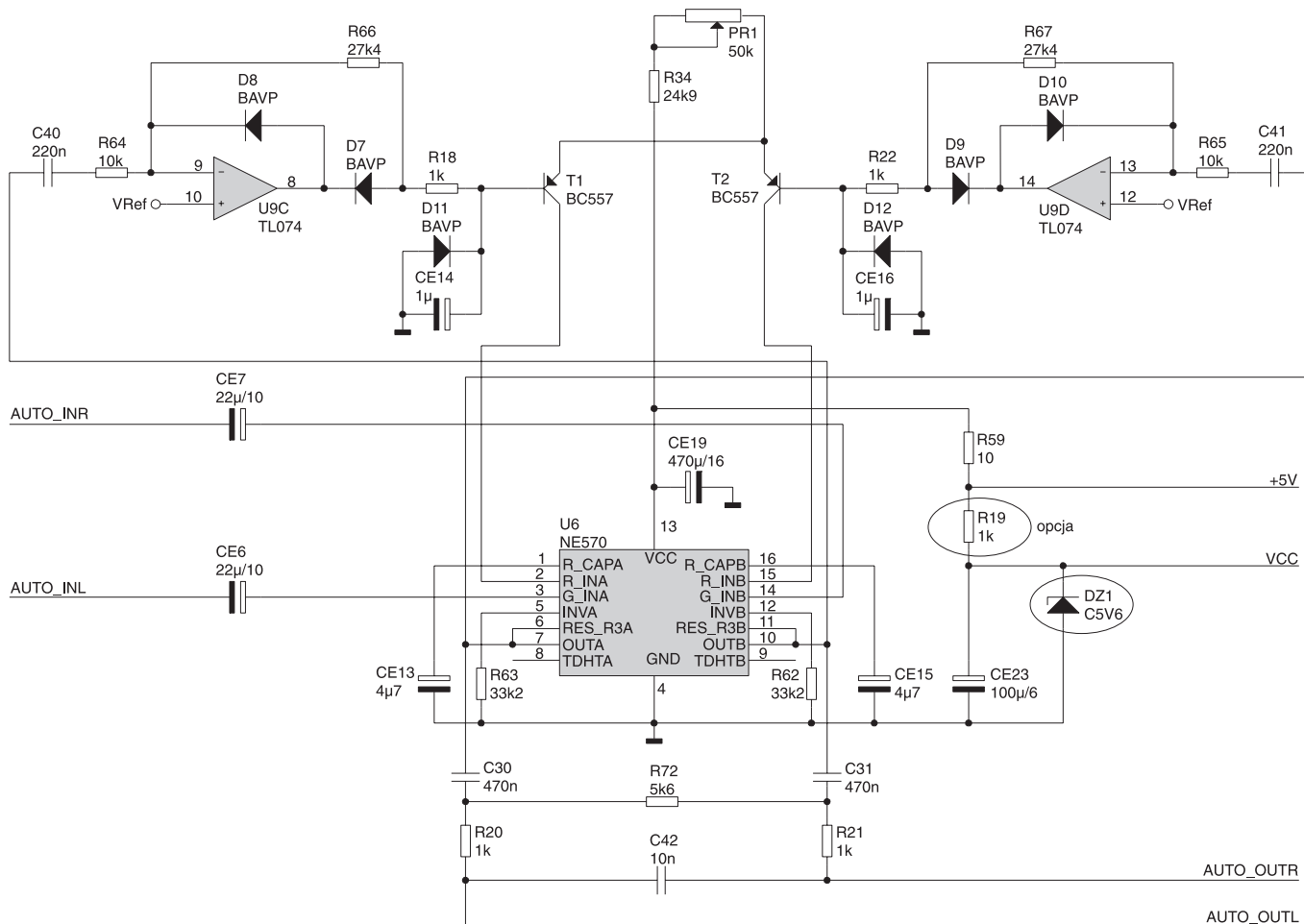
Sub-adres	Nazwa rejestru	Bity sterujące bit <7> zawsze równy 0	Sub-adres	Nazwa rejestru	Bity sterujące bit <7> zawsze równy 0	Sub-adres	Nazwa rejestru	Bity sterujące bit <7> zawsze równy 0
0	INPUT ATTENUATION	<6> REARIN- REAROUT pins 00 - pins active - w naszym deko- derze zawsze to ustawienie! 40 - pins no active <5><4> <3><2><1><0> Input ATTENUATION 00 = 0,0 dB 01 = - 0,5 dB ... 30 = -31,5 dB	3	BASS	<4><3><2><1><0> BASS 10 = -14 dB 11 = -12 dB 12 = -10 dB ... 16 = -2 dB 17 = 0 dB 1F = 0 dB 1E = +2 dB 1D = +4 dB ... 1A = +10 dB 19 = +12 dB 18 = +14 dB	5	SPEAKER Rear Left (SPEAKER ATTENUATION "L")	<6><5><4> <3><2><1><0> RL 00 = 0 dB 01 = -1 dB 02 = -2 dB ... 3F = -63 dB 40 = -64 dB ... 4F = -79 dB 50 - MUTE
1	Surround & Out & Efect ctrl	<6><5><4><3> Effect SurR 00 = -6,0 dB 08 = -7,0 dB ... 78 = -21,0 dB <2> Rear Out 00 - Out = VAR 04 - Out = Fix <1><0> Mode Surround 00 - Simulated 01 - Music 02 - Stereo 03 - Movie	4	MIDDLE & TREBLE	<7><6><5><4> TREBLE 00 = -14 dB 10 = -12 dB 20 = -10 dB ... 60 = -2 dB 70 = 0 dB F0 = 0 dB E0 = +2 dB D0 = +4 dB ... A0 = +10 dB 90 = +12 dB 80 = +14 dB <3><2><1><0> MIDDLE 00 = -14 dB 01 = -12 dB 02 = -10 dB ... 06 = -2 dB 07 = 0 dB 0F = 0 dB 0E = +2 dB 0D = +4 dB ... 0A = +10 dB 09 = +12 dB 08 = +14 dB	6	SPEAKER Rear Right (SPEAKER ATTENUATION "R")	<6><5><4> <3><2><1><0> RR tak samo jak dla rejestru 5
2	Phase shift resistors	<7><6> Ph. Sh. 4 00 - 1k3 Hz 40 - 1k1 Hz 80 - 880 Hz C0 - 400 Hz <5><4> Ph. Sh. 3 00 - 600 Hz 10 - 520 Hz 20 - 400 Hz 30 - 185 Hz <3><2> Ph. Sh. 2 00 - 5k6 Hz 04 - 4k6 Hz 08 - 4k2 Hz 0C - 1k9 Hz <1><0> Ph. Sh. 1 00 - 140 Hz 01 - 110 Hz 02 - 90 Hz 03 - 43 Hz	7	SPEAKER & ATTENUATION "L")	<6><5><4> <3><2><1><0> FL tak samo jak dla rejestru 5	7	SPEAKER Front Left (AUX ATTENUATION "L")	<6><5><4> <3><2><1><0> FL tak samo jak dla rejestru 5
						8	SPEAKER Front Right (AUX ATTENUATION "R")	<6><5><4> <3><2><1><0> FR tak samo jak dla rejestru 5
						9	INPUT & FRONT OUT	<6><5> Front Right 00 - 3BAND 20 - SURR 40 - REAR 60 - FIX <4><3> Front Left 00 - 3BAND 08 - SURR 10 - REAR 18 - FIX <2><1> Input multiplexer 00 - IN2 02 - IN3 04 - (IN4) 06 - IN1

tera. Podłączenie należy wykonać zgodnie ze schematem 6, jeśli zamierzamy użyć programu *DEKODER24.EXE* (udostępniamy go na płycie CD-EP7/2003B). Można również zastosować inny program służący do obsługi I<sup>2</sup>C-Bus i wtedy będzie potrzebny odpowiedni interfejs. Podłączenie dekodera do komputera lub zestawu audio wykonujemy zawsze przy wyjętych wtyczkach z sieci zasilającej. Zakładając, że dołączyliśmy dekodery do komputera poprzez odpowiedni interfejs, uruchamiamy program *DEKODER24.EXE* (widok jego okna pokazano na rys. 13). Program ten może być również przydatny podczas uruchamiania płytki dekodera. Połączenie kom-

putera z płytą dekodera wymaga zastosowania układu dopasowującego sygnały magistrali I<sup>2</sup>C do RS232 (schemat publikujemy na płycie CD-EP7/2003B oraz na naszej stronie internetowej). W tym samym katalogu, w którym znajduje się program *DEKODER24.EXE*, należy również umieścić plik *PRTCOM.DLL*.

Przyciskami *SetSDA* i *ClrSDA* możemy zmieniać stan linii SDA, sprawdzając go przyciskiem *RdSDA* oraz badając napięcie na nóżce 15 układu U15. Podobnie można sprawdzić poprawność sterowania linii SCL, naciskając przyciski *SetSCL* i *ClrSCL* i obserwując napięcie na wyprowadzeniu 14 układu U15.

Po sprawdzeniu prawidłowości komunikacji na magistrali I<sup>2</sup>C, ponownie wyłączamy zasilanie wszystkich urządzeń i wyjmujemy wtyczki z gniazdek sieciowych. Do dekodera podłączamy zestaw audio. Na jedno lub więcej z wejść należy doprowadzić sygnał akustyczny z odtwarzacza CD lub DVD albo z karty dźwiękowej komputera. Wyjścia dekodera podłączamy do dwóch wzmacniaczy stereo, na wejścia LINE\_IN lub/i AUX karty dźwiękowej w komputerze. Można do wyjść dekodera podłączyć głośnikowe zestawy komputerowe wyposażone we własne wzmacniacze. Można również podłączyć wyjścia kanałów przednich do wzmacniacza stereo,



Rys. 9. Schemat elektryczny układu autobalansu

a wyjścia kanałów tylnych do komputerowego zestawu głośnikowego (typu 2.0 lub 2.1). Po wykonaniu połączeń między wszystkimi urządzeniami możemy podłączyć wtyczki zasilające i włączyć wszystkie urządzenia.

Po wybraniu odpowiedniego wejścia powinniśmy usłyszeć dźwięk w kanałach przednich. Programowo możemy zmieniać tryb pracy dekodera: *Stereo*, *Mov*, *Simulated*, *Music*, *Autobalance*. W poszczególnych trybach zmienia się charakter dźwięku generowanego przez kanały tylne. Jeśli zaznaczymy pole *Front MIX*, to charakter brzmienia również będzie się zmieniał w kanałach przednich. Gdy po wybraniu trybu *Autobalance* nie pojawi się czysty dźwięk w kanałach tylnych, należy sprawdzić połączenia na polu krosowym JP1.

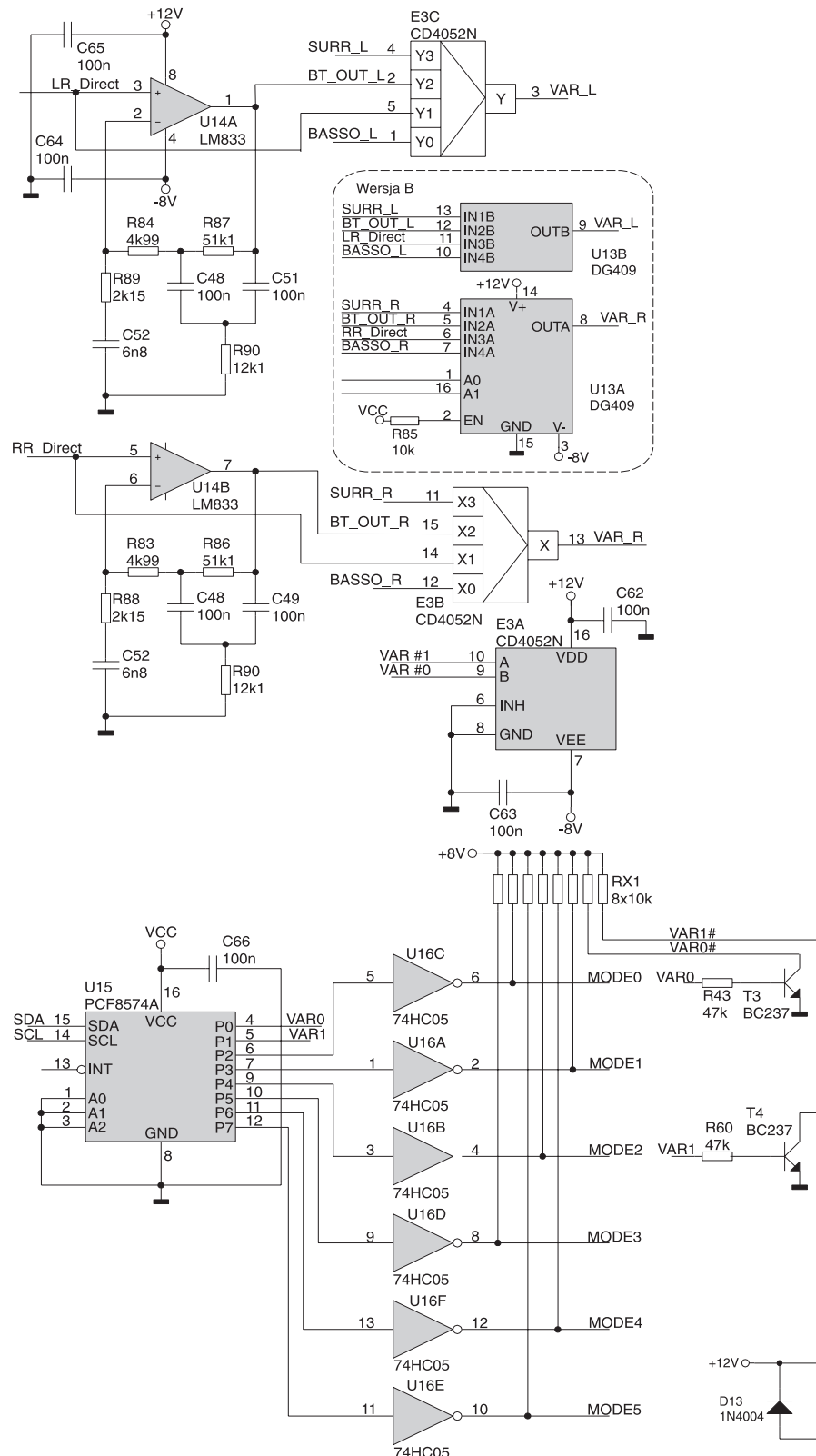
W dowolnym trybie pracy - poza trybem *Stereo* - można załączyć linię opóźniającą przez zaznaczenie pola *DELAY 10ms*. Jeśli linia opóźniająca działa prawi-

ślnie, powinniśmy usłyszeć niezniekształcony, oddalony pozornie o około 3...4 m dźwięk w tylnych głośnikach. Jeśli dźwięk jest silnie zniekształcony lub nie ma go wcale, należy sprawdzić prawidłowość montażu układów U9A, U8, U11 oraz U9B. Układy U9A i U9B pracują w układzie filtrów dolnoprzepustowych o częstotli-

wości granicznej około 12 kHz. Układ U11 jest generatorem dwóch przebiegów prostokątnych o częstotliwości około 48 kHz, przesuniętych w fazie o pół okresu (wyprowadzenia 2 i 4). Układ U8 jest analogową linią opóźniającą. Układ ten wymaga odpowiedniej wartości składowej stałej na nóżce 3 (AUDIO\_IN). Dlatego rezystory

Tab. 3. Funkcje i adresy rejestrów układu PCF8574A o adresie bazowym 70H

Aktywne bity	Nazwa	Działanie poszczególnych kombinacji bitów
<7><6>	Faza surround	00 - 0° 40 - 90° 80 - 180° C0 - 180°
<5>	Barwa tonu - tył	00 - barwa tonu zał. (On) 20 - barwa tonu wył. (Off)
<4>	Opóźnienie (DELAY)	00 - opóźnienie zał. (Delay On) 10 - opóźnienie wył. (Delay Off)
<3>	Miksowanie sygnału REAR z przednimi kanałami	00 - MIX Off 08 - MIX On
2	Funkcja końcówki LP układu TDA7429S	00 - wejście z układu AUTOBALANS 04 - filtr sygnału REAR z TDA7429S
<1><0>	Wejście VAR	00 - zdekodowane tylne kanały (Surround) 01 - bezpośrednie tylne kanały (Rear Direct) 02 - bezpośrednie tylne kanały z barwą tonu (Rear BT Direct) 03 - przednie kanały (Bass out)



Rys. 10. Schemat elektryczny bloku sterowania kluczami analogowymi (U15), układu korekcji barwy tonu (U14A, U14B) oraz zespołu multiplexerów analogowych (E3B, E3C)

R73 i R74 powinny być rezystorami precyzyjnymi lub odpowiednio dobrane. Na wejściu AUDIO\_IN (wyprowadzenie 3) powinno występować napięcie równe 0,572,

a na pinie VGG (wyprowadzenie 4) napięcie równe 0,938 napięcia zasilania układu U8.

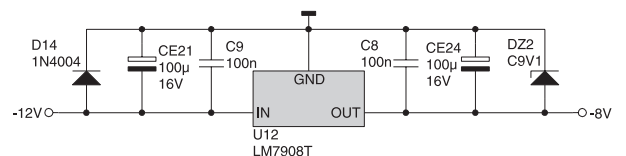
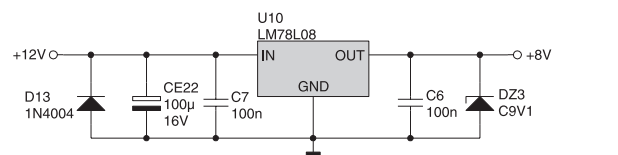
Po zaznaczeniu pola *Rear Tone* powinna się zmienić barwa tonu w kanałach tylnych. Odpowiedzialny jest za to układ U5B. Układ U5A odpowiedzialny jest za fazę kanałów tylnych. Pole *Phase rear* pozwala ustawić fazę tych kanałów na 0/90 lub 180 stopni.

Powyższe rozważania dotyczyły ustawienia wyjść *L/R Rear* w pozycji *REAR*, dla której kanały tylne odtwarzają dźwięk dookólny wytwarzany w sposób analogowy z kanałów przednich. W położeniach *IN1\_R\_D*, *IN\_R\_T* w kanałach tylnych jest odtwarzany dźwięk doprowadzony bezpośrednio z zewnątrz. Dla położenia *IN\_R\_T* barwa tonu jest korygowana niezależnie w każdym z kanałów tylnych przez wzmacniacze U14A i U14B. Dla położenia *3BAND* i *FIX* w kanałach tylnych są odtwarzane sygnały kanałów przednich.

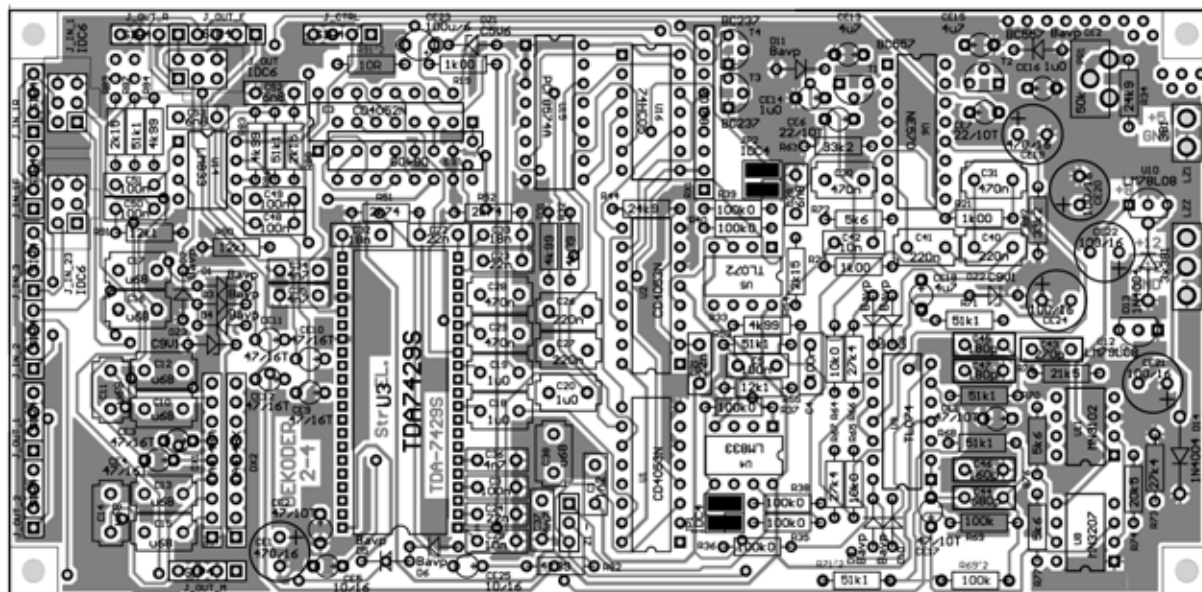
### Tryby pracy dekodera

Kompletny dekodery może pracować w dwóch dodatkowych trybach:

**AUTOBALANS** - w tym trybie pracy sygnał różnicowy jest generowany poza układem scalonym TDA7429S, a przesuwniki fazowe i regulacja EFFECT nie są wykorzystywane. Nie należy jednak mylić tego trybu pracy z funkcją autobalans w niektórych scalonych dekoderych DOLBY, w których funkcja autobalans pozwala na zrównoważenie w zakresie kilku decybeli kanałów L i R na samym wejściu. W tym dekodery autobalans w zasadzie pracuje jako VCA (wzmacniacz sterowany napięciowo). W układzie NE570 znajdują się dwa pseudo VCA (po jednym dla kanału L i R). Wzmacniacz różnicowy, zbudowany na dwóch



Rys. 11. Schemat elektryczny zasilacza



Rys. 12. Schemat montażowy płytki drukowanej dekodera

tranzystorach p-n-p (T1, T2), na podstawie pomiaru amplitud napięć wyjściowych z układu NE570 tak steruje wzmocnieniem wzmacniaczy VCA, aby napięcia te były równe. Podobny układ jest stosowany w dekodernach DOLBY PRO LOGIC II.

Jeśli na wejściu dekodera pojawi się sygnał tylko w jednym z kanałów (np. lewym), to układ AUTOBALANS będzie starał się wyrównać poziom obydwu kanałów i w efekcie kanał lewy zostanie stłumiony do poziomu około -20dB, a kanał prawy wzmocniony do poziomu około +6dB. Daje to bardzo pozytywny efekt, ponieważ sygnał w kanałach tylnych pojawi się na poziomie około -20dB (w idealnym dekodernie nie pojawiłby się wcale). Gdyby układ AUTOBALANS został wyłączony (praca w trybie MUSIC lub MOVIE), to w kanałach tylnych pojawiłby się sygnał na poziomie około -3dB (a w idealnym deko-

derze nie powinien pojawić się wcale). Uogólniając, można powiedzieć, że w trybach pracy MUSIC i MOVIE przesłuchania między kanałami wynoszą około -3dB, a tylko w trybie AUTOBALANS zostają zredukowane do poziomu -20dB. Tryb AUTOBALANS nadaje się znakomicie do odtwarzania dźwięku zakodowanego w systemie DOLBY SURROUND.

DIRECT - w tym trybie pracy cały dekodery pracuje jako przedwzmacniacz czterokanałowy. W głośnikach przednich możliwa jest regulacja barwy dźwięku w trzech zakresach (basy, średnie, wysokie), w głośnikach tylnych można włączyć podbicie (na stałym poziomie) tonów niskich i wysokich. Na wejście (tylko numer 1) należy podać cztery sygnały np. z DVD.

### Fazy głośników

Fazy wszystkich czterech głośników powinny być zgodne. W dekodernie fazę tylnych głośników należy wybrać najlepiej na 180° lub 90°. Faza 90° ma zastosowanie tylko w przypadku, gdy tylne głośniki nie posiadają „prawdziwego” wzmacniacza, lecz wykorzystywane są komputerowe głośniczki z subwooferem (zestaw 2.1). Najłatwiej fazy głośników sprawdzić w trybie MUSIC dekodera. Na wejście prawego lub lewego kanału dekodera należy podać

sygnał testowy (z generatora lub z komputera). Jeśli głośniki mają prawidłowe fazy, to faza kanału lewego przedniego (LF) będzie zgodna z fazą kanału lewego tylnego (LR) i dźwięk z tych głośników będzie się sumował, dając prawidłową lokalizację źródła dźwięku z lewej strony - głośnik prawy tylny (RR) będzie odtwarzał w tym momencie dźwięk w fazie przeciwnej, który powinien się odejmować od dźwięku generowanego przez lewe głośniki (LF i LR). Jeśli głośniki tylne mają nieprawidłowe fazy, to dźwięk usłyszymy „po przekątnej” - sygnał z głośnika lewego przedniego zsumuje się z sygnałem głośnika prawego tylnego. Powyższe rozważania dotyczą zgodności faz przód-tył.

Zakładam, że występuje zgodność faz lewy-prawy dla obydwu par głośników (przednich i tylnych). Na płycie dekodera pole krosowe JP2 pozwala zamienić miejscami kanały LR i RR - powoduje to jednoczesne odwrócenie faz tylnych głośników, ale tylko dla pracy w analogowych trybach surround. W trybie DIRECT pole krosowe JP2 nie bierze udziału.

### Zbyszko Przybył

Wzory płytek drukowanych w formacie PDF są dostępne w Internecie pod adresem: <http://www.ep.com.pl/?pdf/lipiec03.htm> oraz na płycie CD-EP7/2003B w katalogu PCB.



Rys. 13. Widok okna programu DEKODER24.EXE