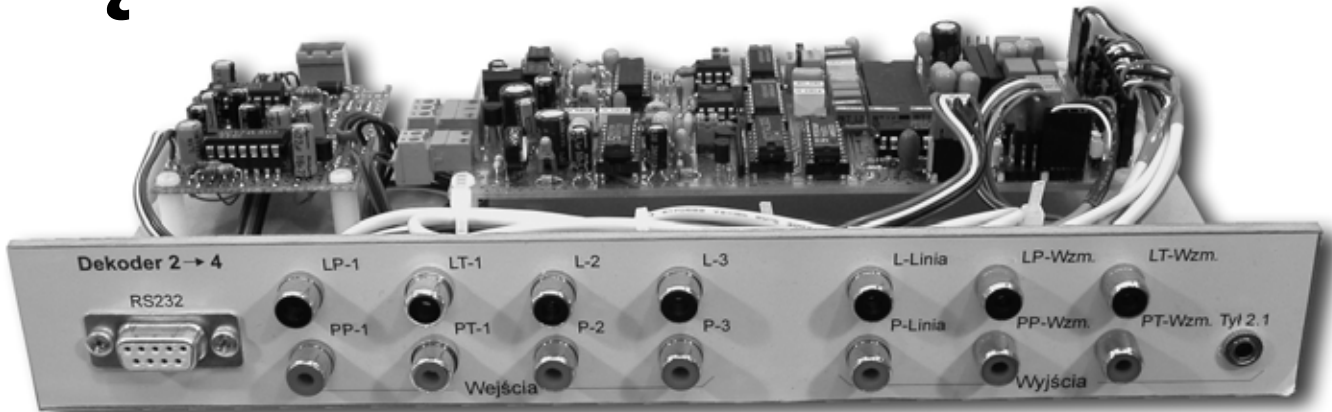


PHANTOM

Dekoder surround, część 1



Dźwięk dookólny jest coraz częściej wykorzystywany w sprzęcie audio powszechnego użytku. Nie oznacza to jednak, że użytkownicy wiedzą, i mają gdzie się dowiedzieć, na czym polega działanie dekoderek surround i jakie posiadają one możliwości.

Mamy nadzieję, że prezentowany projekt pomoże w wyjaśnieniu najczęstszych wątpliwości.

Rekomendacje: projekt polecamy wszystkim audiofilom-miłośnikom eksperymentów z dźwiękiem, których wymagań nie spełniają standardowe dekodery surround.

Posiadając stacjonarny odtwarzacz DVD bez wbudowanego dekodera oraz amplituner stereo, postanowiłem zbudować analogowy dekodek surround kompatybilny z analogowym systemem kodowania dźwięku Dolby Surround. Jest to dekodek niepełny, ponieważ nie dekoduje kanału centralnego. Dekodek surround odtwarzający kanał centralny przez dwa głośniki jest nazywany Phantom. Ponieważ zdobycie układu scalonego będącego dekoderek Dolby Surround Pro Logic było niemożliwe, do budowy mojego dekodera użyłem scalonego procesora audio TDA7429S z matrycą surround.

Krzemowa moc

Układ TDA7429S jest zintegrowanym procesorem audio sterowanym cyfrowo za pomocą magistrali I²C. Ma 3 wejścia stereofoniczne, 3-pasmowy układ regulacji barwy tonu, wbudowane 4 przesuwniki fazy oraz 2 wyjścia stereofoniczne (4 kanały). Schemat blokowy tego układu pokazano na rys. 1.

Sam układ TDA7429S nie spełnia w pełni funkcji dekodera surround, ponieważ nie ma wbudowanej linii opóźniającej, a wbudowana matryca surround zapewnia separację kanałów na poziomie jedynie 3 dB. Z tego względu układ ten wymagał wzbogacenia o kilka dodatkowych bloków:

- automatycznego balansu sygnałów L i R (zbudowany na układzie scalonym NE570) - niezbędnego do zwiększenia separacji kanałów do poziomu około 20 dB,
- linii opóźniającej (około 12 ms) - zbudowanej na układzie MN3207,
- bloku sterowania fazą sygnału zasilającego głośniki tylne,
- multiplexera dla kanałów tylnych pozwalającego sterować kanały tylne bezpośrednio z 4 wejść (4 wejścia -> 4 wyjścia).

Cały moduł spełnia funkcję przedwzmacniacza z dodatkową funkcją dekodera. Podłączony do stacjonarnego DVD bez wbudowanych dekoderek pozwala zdekodować dźwięk na 4 głośniki: prawy przedni, lewy przedni, prawy tylny, lewy tylny. W celu uzyskania pełnej, „stacjonarnej” funkcjonalności, moduł powinien być wyposażony we wbudowany mikrokontroler, np. AT90S2313 lub podobny, który sterowałby (magistralą I²C) wszystkimi funkcjami

Podstawowe dane układu TDA7429S:

- ✓ Stosunek sygnał szum: 106 dB
- ✓ Separacja kanałów: 90 dB
- ✓ Typowy poziom zniekształceń dla napięcia 1V_{RMS}: 0,01 %
- ✓ Napięcie wyjściowe (RMS): 2V_□
- ✓ Napięcie szumów na wyjściu w□trybie Stereo: 5μV
- ✓ Napięcie szumów na wyjściu w□trybie Movie...Music: 30 μV

PHANTOM - dekodery surround

oraz 4 końcówkami mocy. Moc kanałów wzmacniaczy przednich powinna wynosić 50...100 W, a kanałów tylnych 25...50 W. Dekoder modelowy jest sterowany z komputera PC za pomocą specjalnego programu. Komunikuje się on z modułem dekodera poprzez interfejs RS232.

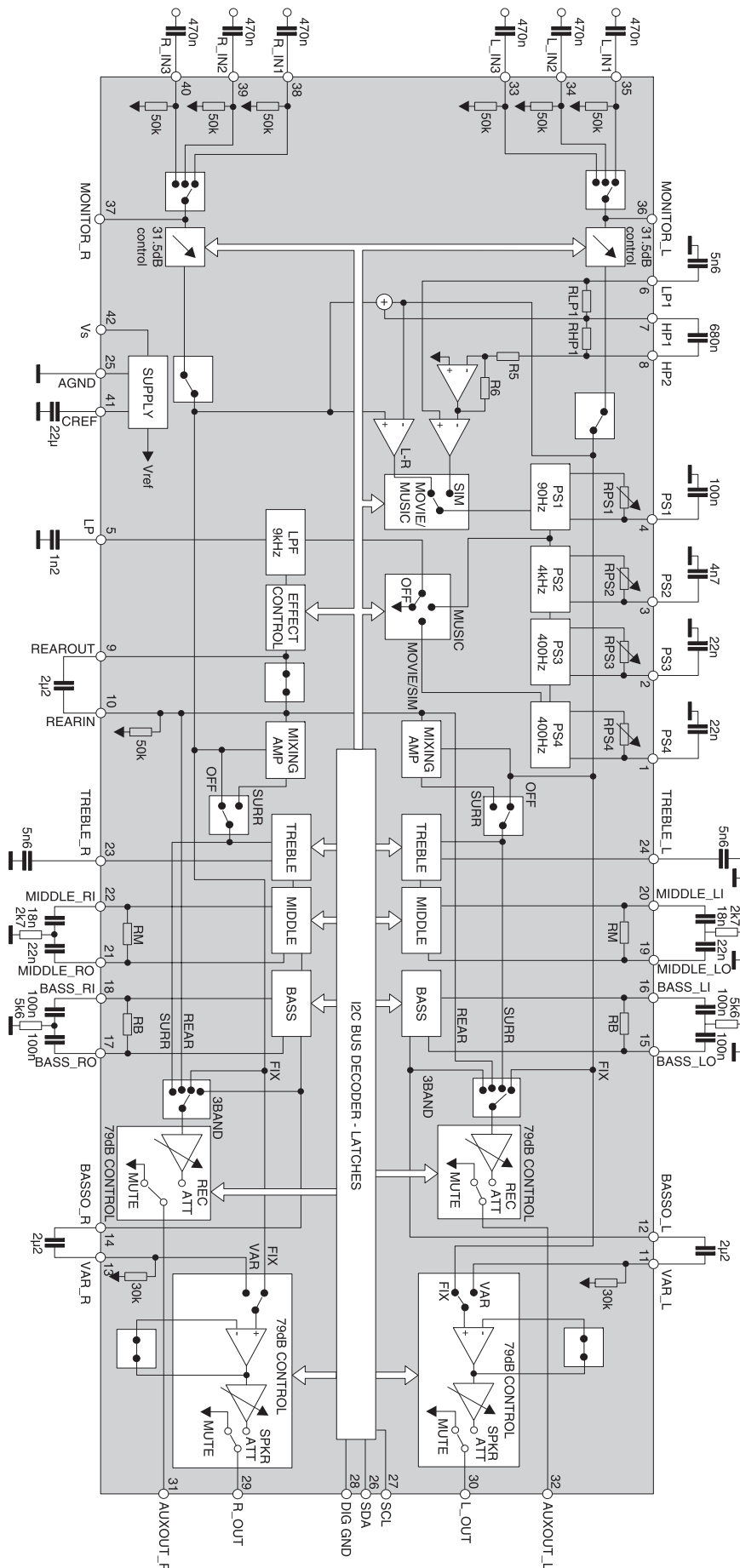
Downmix

Według mojej wiedzy, ponad 90% odtwarzaczy DVD bez dekodery dekoduje w trybie normalnym ścieżki Dolby Digital 5.1 i koduje je jako *Dolby Surround Compatible Downmix*. W tym systemie kanał LFE nie jest wykorzystywany (rys. 2). W większości przypadków inne tryby *downmixu* podbijają sygnały kanałów tylnych, zmniejszając jednocześnie poziom sygnału w kanale centralnym. Istnieje również system *Stereo Compatible Downmix*, który jest rzadko stosowany. Przy pracy z naszym dekodery najlepiej wybrać *Dolby Surround Compatible Downmix*.

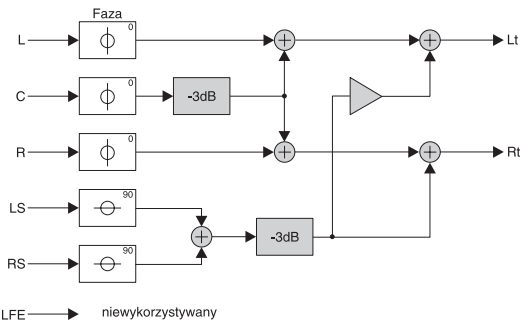
W analogowym dekodery surround nie można uzyskać dźwięku w pełni wielokanałowego. Dekoder analogowy potrafi natomiast wytworzyć pole dźwiękowe o określonym w danej chwili kierunku dominującym. Jeśli np. sygnały w kanałach wejściowych L i P są w zgodnej fazie i o zbliżonej amplitudzie, to kierunkiem dominującym będzie przód (środek między kanałami przednimi). Natomiast w przypadku, gdy sygnał wejściowy pojawia się tylko w jednym kanale (np. prawym), to kierunkiem dominującym będzie prawy przedni głośnik (ze względu na przesłuchę między kanałami stłumiony dźwięk pojawi się również w pozostałych głośnikach). Natomiast w przypadku jeśli sygnały w kanałach wejściowych L i P są w fazie przeciwnej i o zbliżonej amplitudzie, to kierunkiem dominującym będzie tył (głośniki surround). Do prawidłowej lokalizacji pozornych źródeł dźwięku bardzo ważna jest faza wszystkich czterech głośników.

Opis układu

Schemat blokowy dekodera pokazano na rys. 3. Zastosowany w dekodery układ TDA7429S wykorzystano w sposób niestandar-



Rys. 1. Schemat blokowy układu TDA7429S



Rys. 2. Schemat blokowy układu downmix

dowy. Do jego schematu aplikacyjnego wprowadzono bowiem następujące zmiany:

1. Wykorzystano sygnały wyjściowe pomocnicze (AUXOUT_L, AUXOUT_R) do sterowania wzmacniaczami mocy głośników przednich, a sygnały „główne“ (L_OUT, R_OUT) do sterowania wzmacniaczami mocy głośników tylnych. Zamiana miejscami sygnałów wyjściowych związana jest z tym, że na głośniki tylne nie podaje się sygnału REAR występującego wewnątrz układu scalonego TDA7429S, lecz przez multiplexery zewnętrzne (M_V_L i M_V_R) odpowiednio przetwo-

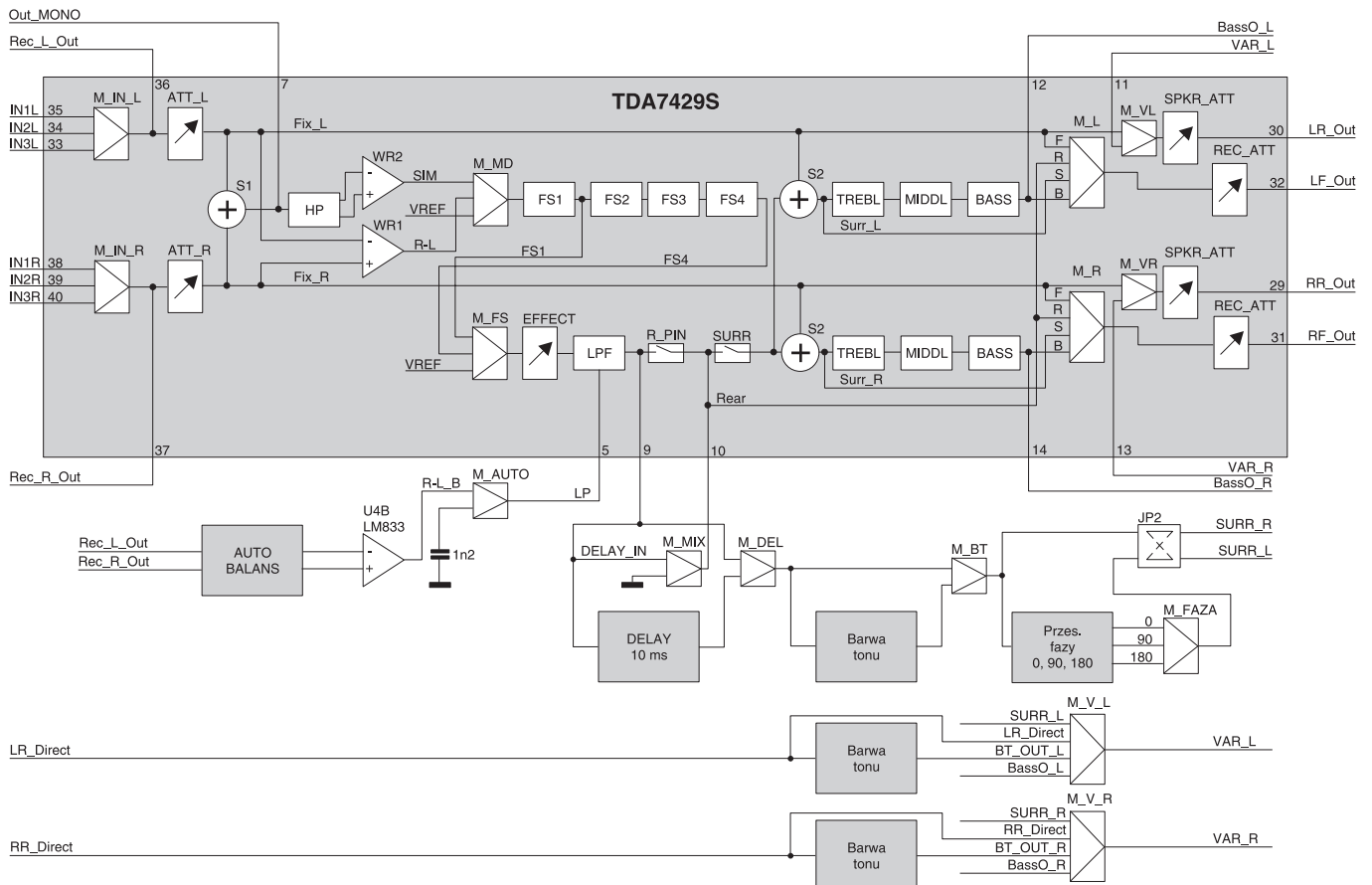
rzony sygnały SURR_L i SURR_R lub sygnał kanałów tylnych doprowadzony z zewnątrz.

2. Między wyjścia BASO a wejścia VAR włączono zamiast kondensatorów multiplexery analogowe (oraz kondensatory). Wyjścia multiplexersów M_V_L i M_V_R zostały połączone z wejściami VAR_L i VAR_R. Po wprowadzeniu tych zmian można uzyskać różne sygnały wyjściowe zgodnie z tab. 1.

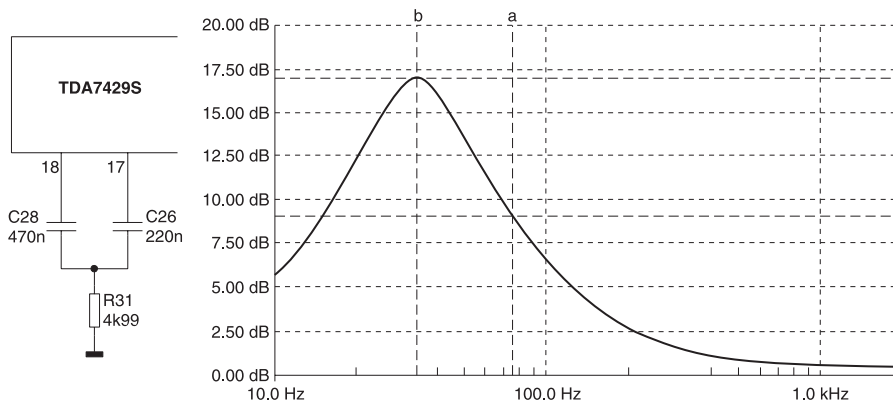
3. Zmieniono wartości kondensatorów kształtujących charakterystykę regulacji barwy tonu dla basów. Dla C26=C27=C28=C29=100 nF charakterystyka częstotliwościowa wykazuje maksimum dla częstotliwości 100 Hz. Po zastosowaniu następujących pojemności: C26=C27=220 nF oraz C28=C29=470 nF charakterystyka ta wykazuje maksimum dla częstotliwości około 35 Hz (rys. 4). Daje to lepsze przetwarzanie niższych częstotliwości. Fragment schematu z elementami kształtującymi charakterystykę częstotli-

Tab. 1. Tryby pracy dekodera i uzyskiwane efekty

Kanały przednie		Kanały tylne	
Nazwa	Opis	Nazwa	Opis
3BAND	Sygnał kanałów przednich z regulatorów barwy tonu	SURR	Sygnał kanałów tylnych po przejściu przez układy: DELAY, barwy tonu i korektora fazy
Surround	Sygnał kanałów przednich z matrycy surround	Direct	Sygnał kanałów tylnych wprost z wejścia
Rear	Sygnał kanałów tylnych (mono)	Direct BT	Sygnał kanałów tylnych z wejścia po przejściu przez układ barwy tonu
FIX	Sygnał kanałów przednich bezpośrednio z wejścia	3BAND	Sygnał kanałów przednich z regulatorów barwy tonu
		FIX	Sygnał kanałów przednich bezpośrednio z wejścia



Rys. 3. Schemat blokowy dekodera Phantom



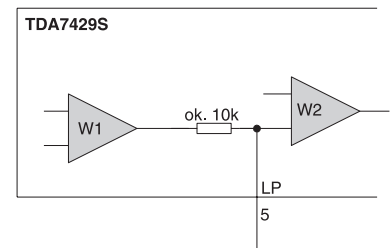
Rys. 4. Zmodyfikowana charakterystyka częstotliwościowa regulatora tonów niskich

wościową dla basów i przebieg tej charakterystyki przedstawiono na rys. 4.

4. Zmieniono wartość kondensatora w 4 przesuwniku fazy z 22 nF na 10 nF. Uzyskano w ten sposób inny zakres częstotliwości, dla których przesunięcie fazy wynosi 90°. Oryginalnie były to częstotliwości 185...600 Hz, po zmianie są to częstotliwości 400...1300 Hz. Standardowo prze-

suwniki 3 i 4 powinny przesunąć fazę o 90° dla częstotliwości 400 Hz. Przesunięcie takie można programowo uzyskać nawet po wprowadzonych zmianach - wpisując do drugiego rejestru w TDA7429S EAH (zamiast AAH).

5. W nietypowy sposób wykorzystano wyprowadzenie LP (nóżka 5 układu TDA7429S). Normalnie powinien być tam podłączony kondensator filtra dolnoprzepustowego



Rys. 5. Fragment wewnętrznej struktury układu TDA7429S

o wartości 1,2 nF (między nóżką 5 a masę). Analizując schemat wewnętrznej struktury układu TDA7429S (rys. 5), postanowiłem jednak podłączyć w to miejsce wyjście z multiplexera M_AUTO (rys. 6). Wyjście wzmacniacza operacyjnego W1 (wewnątrz układu TDA7429S) jest połączone przez rezystor o wartości około 10 kΩ z nóżką 5 tego układu i jednocześnie połączone z wejściem wzmacniacza operacyjnego W2. Ponieważ impedancja multiplexera (i wyjścia wzmacniacza operacyjnego LM833) jest dużo mniejsza od 10 kΩ (wynosi około 200 Ω), potraktowałem nóżkę 5 układu TDA7429S

WYKAZ ELEMENTÓW

Kondensatory

C1: 1,2nF MKT
 C2, C6...C9, C54...C64: 100nF SMD
 C3...C5, C48...C51: 100nF MKT
 C10...C17, C38: 680nF MKT
 C18...C20: 1μF MKT
 C21...C24: 22nF MKT
 C25, C42: 10nF MKT
 C26, C27, C40, C41: 220nF MKT
 C28...C31: 470nF MKT
 C32, C33: 18nF MKT
 C34...C37: 4,7nF MKT
 C39, C52, C53: 6,8nF MKT
 C43: 270pF monolityczne
 C44: 680pF monolityczne
 C45, C47: 180pF monolityczne
 C46: 160pF monolityczne
 CE1, CE19: 470μF/16V
 CE2, CE8, CE17: 47u/10V
 CE3, CE4, CE9...CE12: 47μF/16V
 CE5, CE25: 10μF /16V
 CE6, CE7: 22μF/10V
 CE13, CE15, CE18: 4,7μF/16V
 CE14, CE16: 1,0μF/16V
 CE20...CE24: 100μF/16V
 CE23: 100μF/6V

Półprzewodniki

U1, U2: CD4053N
 U3: TDA7429S
 U4, U5: TL072

U6: NE570
 U8: MN3207
 U9: TL074
 U10: LM78L08 lub LM7808T
 U11: MN3102
 U12: LM7908T lub LM79L08
 U13: DG409 opcjonalnie
 U14: LM833
 U15: PCF8574A
 U16: 74HC05
 E3: CD4052N
 T1, T2: BC557
 T3, T4: BC237
 D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, D8,
 D9, D10, D11, D12: BAVP18
 D13, D14: 1N4004
 DZ1: Dioda Zenera C5V6
 DZ2, DZ3: Dioda Zenera C9V1
 DX1: DA4148A drabinka diod
 DX2: DA4148K drabinka diod

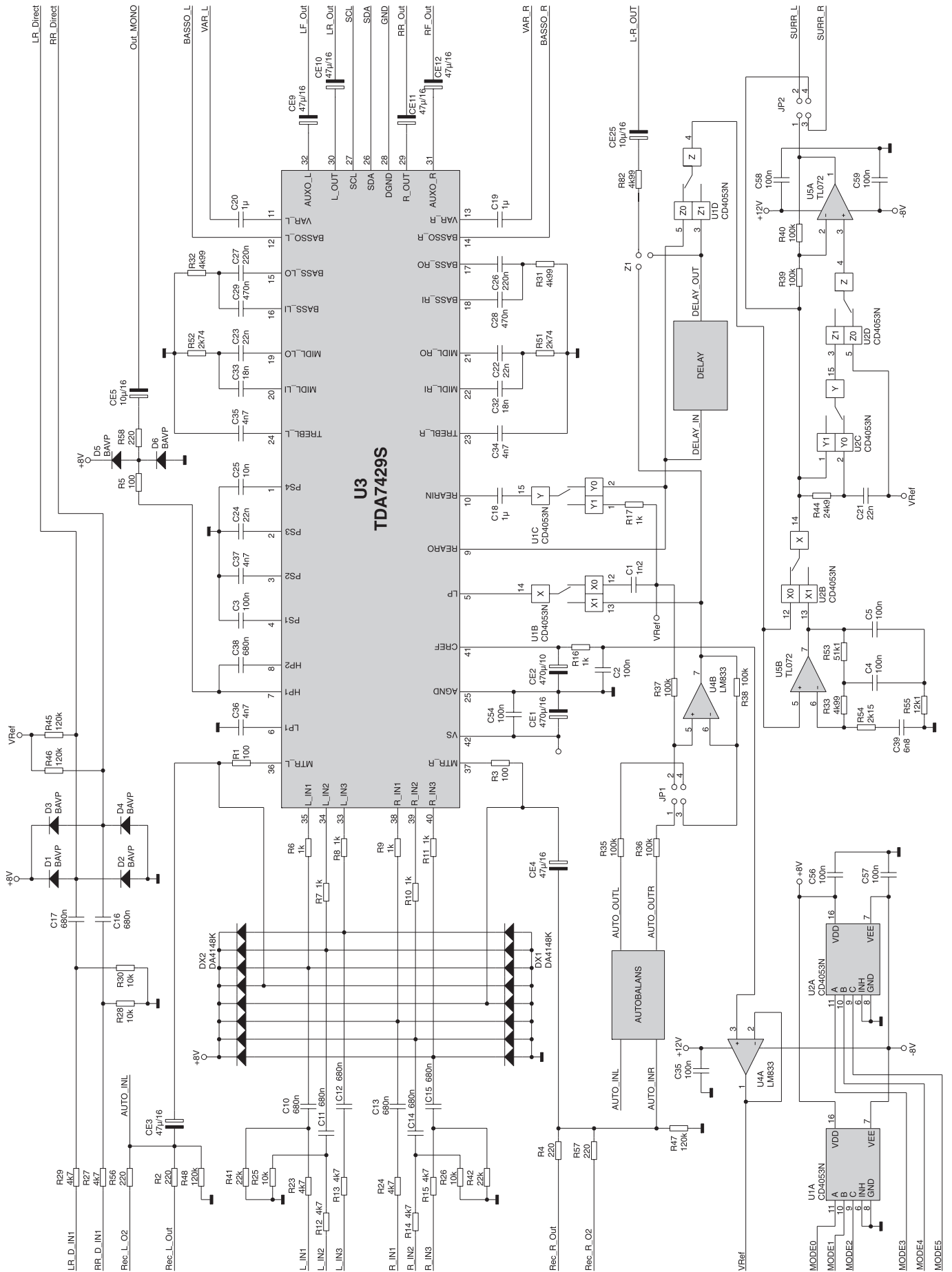
Rezystory

R1, R3, R5: 100Ω SMD1206
 R2, R4, R56...R58: 220Ω SMD1206
 R6...R18, R22: 1kΩ SMD1206
 R19...R21: 1kΩ/0,125W 1%
 R23, R24, R27, R29: 4,7kΩ SMD1206
 R25, R26, R28, R30, R85: 10kΩ SMD1206
 R31...R33, R82...R84: 4,99kΩ/0,125W 1%
 R34, R44: 24,9kΩ/0,125W 1%

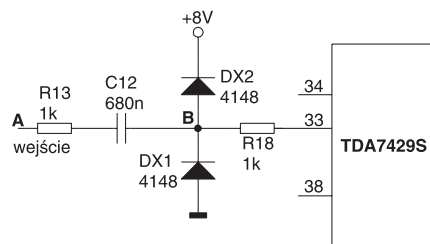
R35...R40: 100kΩ/0,125W 1%
 R41, R42: 22kΩ SMD1206
 R43, R60, R70'2: 47kΩ SMD1206
 R45...R50: 120kΩ SMD1206
 R51, R52: 2,74kΩ/0,125W 1%
 R53, R68, R70, R71, R86, R87,
 R71'2: 51,1kΩ/0,125W 1%
 R54, R88, R89: 2,15kΩ/0,125W 1%
 R55, R90, R91: 121kΩ/0,125W 1%
 R59: 10Ω SMD1206
 R62, R63: 33,2kΩ/0,125W 1%
 R64, R65: 10kΩ/0,125W 1%
 R66, R67, R73: 27,4kΩ/0,125W 1%
 R69, R69'2: 100kΩ/0,125W 1%
 R72, R76, R77: 5,6kΩ/0,125W 1%
 R74: 20,5kΩ/0,125W 1%
 R75: 21,5kΩ/0,125W 1%
 R78...R81: 200kΩ SMD1206
 R91: 10Ω 0,125W 1%
 RX1: 8x10kΩ drabinka
 PR1: 50kΩ montażowy

Różne

Z1: gold pin 3x1
 JP1 JP2: gold pin 4x1
 J_IN_1 J_IN_23 J_OUT: gold pin 6x1
 J_CTRL J_IN_1F J_IN_1R J_IN_2
 J_IN_3 J_OUT_1 J_OUT_2 J_OUT_F
 J_OUT_M: SIP4
 LZ1: 2x3,81 mm
 LZ2: 3x3,81 mm



Rys. 6. Schemat elektryczny dekodera, układ barwy tonu i przesuwnika fazy



Rys. 7. Schemat elektryczny obwodu zabezpieczenia antyprzepięciowego zastosowanego na wejściach dekodera

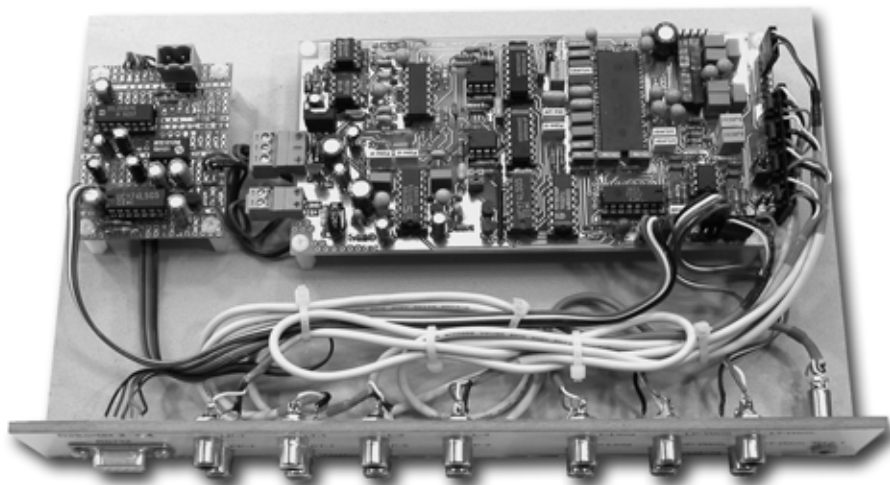
jako wejście sygnału surround na wewnętrzną matrycę surround. Multiplexer M_AUTO załącza albo kondensator 1,2 nF, albo wyjście z zewnętrznego wzmacniacza operacyjnego - sygnał różnicy kanałów prawego i lewego (R-L) z układu autobalansu.

Dekoder posiada jedno wejście czterokanałowe, które można wykorzystać również jako stereo:

- wejście 1: sygnały IN1L, IN1R, LR_Direct, RR_Direct
- oraz dwa wejścia stereo:
- wejście 2: sygnały IN2L, IN2R,
- wejście 3: sygnały IN3L, IN3R.

Wejście 1 może pracować jako stereo (sygnały IN1L, IN1R) lub czterokanałowe (kanały przednie IN1L i IN1R oraz kanały tylne LR_Direct i RR_Direct). Źródłem czterech sygnałów wejściowych może być karta dźwiękowa komputera PC lub odtwarzacz DVD wyposażony w dekodery.

Wejścia są przełączane przez multiplexery M_IN_L, M_IN_R oraz M_V_L i M_V_R. Wyjścia multiplexerów M_IN_L i M_IN_R dają dwa sygnały wyjściowe Rec_L_Out i Rec_R_Out, które można doprowadzić na gniazda cinch i wykorzystać do nagrywa-



nia przez magnetofon, rekorder minidysków lub kartę dźwiękową komputera PC. Sygnały z multiplexerów M_IN_L i M_IN_R podawane są na regulatory wzmacnienia ATT_L i ATT_R. Układ TDA7429S pozwala sterować ich wzmacnieniem (jednocześnie w kanale lewym i prawym) w zakresie 32 dB (0...-31,5dB). Regulację wzmacnienia należy traktować jako korektę wzmacnienia dla różnych źródeł - po włączeniu autobalansu należy ustawić to wzmacnienie na około 3 dB. Dalej sygnały kanału lewego i prawego trafiają na sumator i wzmacniacz różnicowy. Wyjście sumatora jest wyprowadzone na zewnątrz i można je wykorzystać (Out_MONO) jako źródło sygnału fonii dla telewizora mono. W zależności od tego, w jakim trybie pracuje układ TDA7429S, są aktywne lub nie przesuwniki fazowe FS1...FS4. Kanały przednie mogą mieć regulowaną barwę tonu w trzech pasmach: bas, średnie i wysokie.

Wszystkie wejścia układu scalonego zostały zabezpieczone przed zniszczeniem od napięć przekraczających napięcie zasilania (rys. 7). Takie napięcia mogą się pojawić w chwili łączenia ze sobą dwóch urządzeń (np. wzmacniacza z komputerem). Działanie zabezpieczenia jest następujące: jeśli na wejściu w punkcie A pojawi się krótkotrwałe napięcie nawet o wartości kilkudziesięciu V, to popłynie prąd o wartości kilkudziesięciu miliamperów przez rezystor R13 i jedną z diod (DX1 lub DX2). W punkcie B napięcie zawsze będzie mieściło się w przedziale -0,7...+8,7V. Rezystor R18 ogranicza prąd wpływający/wypływający do/z chronionego układu scalonego do wartości kilku miliamperów.

Zbyszko Przybył

Wzory płytek drukowanych w formacie PDF są dostępne w Internecie pod adresem: <http://www.ep.com.pl/?pdf/czerwiec03.htm> oraz na płycie CD-EP7/2003B w katalogu PCB.