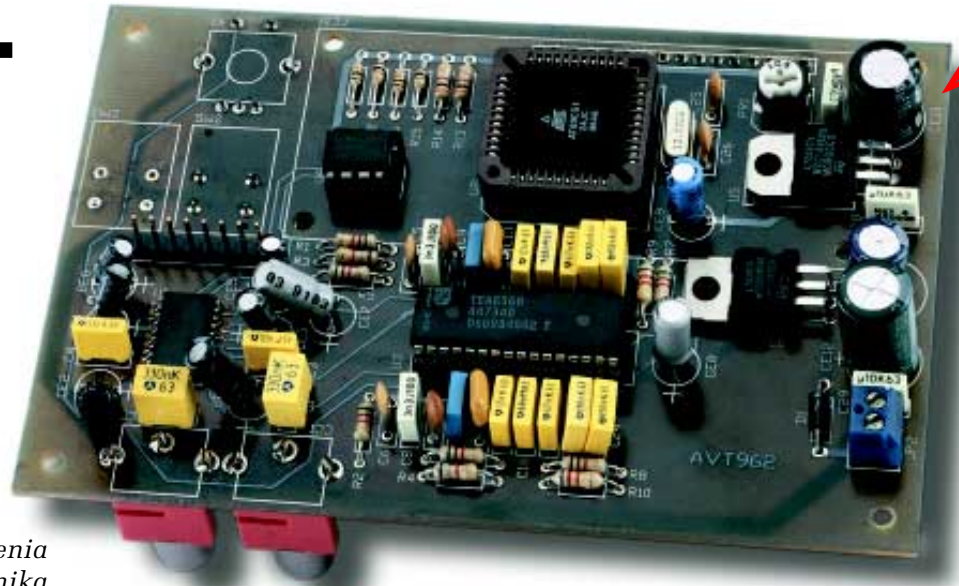


Korektor i wzmacniacz akustyczny 4x40W, część 1

AVT-5035/1

PROJEKT
Z OKŁADKI



Układy i urządzenia związane z techniką akustyczną cieszą się niesłabnącym zainteresowaniem Czytelników Elektroniki Praktycznej. Postanowiliśmy wyjść naprzeciw tym oczekiwaniom, zwłaszcza że producenci oferują wciąż nowe i interesujące układy scalone związane z tą dziedziną elektroniki użytkowej.

Tym razem skorzystaliśmy z układów zaprojektowanych przez Philipsa, dzięki którym można zbudować zestaw akustyczny składający się z 5-punktowego korektora graficznego współpracującego z czterokanałowym wzmacniaczem mocy.

Opracowane przez nas urządzenia mają bardzo przyzwoite parametry techniczne, wymagają niewielu dodatkowych części zewnętrznych i są łatwe w uruchomieniu. Dodatkowo, stosując do sterowania pracą zestawu procesor, można osiągnąć komfort obsługi porównywalny z tym, jakim cechują się urządzenia wytwarzane seryjnie przez renomowanych producentów.

Układanka Philipsa

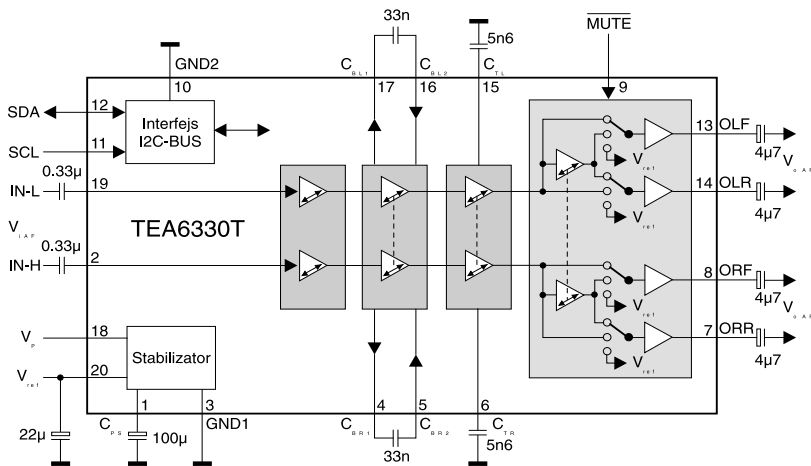
Firma Philips jest jednym z tych producentów, który skutecznie uczestniczy w rywalizacji o rynek urządzeń powszechnego użytku. Firma wiele uwagi poświęca opracowaniu układów przeznaczonych do pracy w torach akustycznych, o czym najlepiej świadczy objętość katalogu poświęconego systemom radiowym i urządzeniom audio. Zawarto w nim elementy i układy scalone przeznaczone do odbioru i dekodowania sygnału radiowego w torze w.cz. (diody pojemnościowe, tranzystory, wzmacniacze), do pracy w torze niskiej częstotliwości (układy przełączające, korekcji dźwięku, wzmacniacze mocy) oraz układy towarzyszące (sterowniki wyświetlaczy, dekodery sygnałów).

Firma stara się oferować kompletny zestaw układów potrzebnych do budowy danego urządzenia.

Układy TEA6330, TEA6360 oraz TDA8571 także można traktować jako pewien komplet, za pomocą którego można zbudować zestaw akustyczny do użytku domowego lub do samochodu. Świadczy o tym jednolity sposób sterowania za pomocą magistrali I²C, a także dopasowanie elektryczne ograniczające liczbę elementów sprzęgających oraz zbliżone poziomy napięć zasilających. Każdy z układów można oczywiście wykorzystać oddzielnie i łączyć w urządzeniu z elementami innych firm. Z tego też powodu proponowany układ zostanie podzielony na dwa osobne urządzenia: przedwzmacniacz wraz z korektorem dźwięku oraz wzmacniacz mocy.

TEA6330 - stereofoniczny przedwzmacniacz

Układ TEA6330 pełni rolę zintegrowanego przedwzmacniacza i przełącznika kanałów toru audio. Przedwzmacniacz może pracować samodzielnie lub współpracować z układem TEA6360. Najważniejsze parametry układu są następujące:



Rys. 1. Schemat blokowy układu TEA6330.

- liczba wejść - niezależne wejście kanałów lewego i prawego,
- liczba wyjść - cztery wyjścia (wyjścia stereofoniczne podzielone na sygnał dla głośników z przodu i tyłu),
- amplituda sygnału wejściowego: do 2V wartości międzyszczytowej RMS,
- amplituda sygnału wyjściowego: od 1,1V wartości międzyszczytowej RMS,
- wbudowane regulatory: głośności, balansu, tonów niskich i wysokich,
- zasilanie: 7V..10V, przy poborze prądu ok. 26mA.

Na rys. 1 pokazano schemat blokowy układu TEA6330. Można zauważyć, że sygnał podawany jest na dwa odrębne wejścia IN-L i IN-R. W bloku przedwzmacniacza sygnały kanału lewego i prawego mogą zostać w różnym stopniu wzmacnione, co umożliwia realizację funkcji balansu kanałów oraz regulację głośności. Następne dwa bloki układu umożliwiają regulację niskich i wysokich tonów. Regulacja przeprowadzana jest symetrycznie dla obydwu kanałów. Jeżeli przedwzmacniacz współpracuje z układem TEA6360, funkcję korygowania charakterystyki częstotliwości przejmują ten ostatni. Po opuszczeniu bloku filtrów oba sygnały trafiają do wyjściowego układu wzmacniacza i przełączników. Tutaj następuje wyodrębnienie sygnałów dla czterech wyjściowych kanałów dźwiękowych. Sygnał zarówno kanału lewego, jak i prawego zostaje podzielony na sygnał dla głośników przednich oraz tylnych. Tak jak w przypadku regulacji

balansu, użytkownik może ustalić proporcje natężenia dźwięku podawanego na głośniki z przodu i z tyłu. Dodatkowo, wyprowadzenie MUTE umożliwi natychmiastowe wyciszenie sygnału we wszystkich kanałach jednocześnie. Osobne bloki układu zarządzają zasilaniem i interfejsem magistrali I²C. Właśnie poprzez tę magistralę użytkownik może wpływać na działanie układu i regulować wszystkie wymienione parametry.

Rejestry sterujące TEA6330

Do sterowania funkcjami układu używa się jego wewnętrznych rejestrów, do których należy wpisać odpowiednie wartości. Jak z tego wynika, jest to cyfrowy sposób sterowania przedwzmacniaczem, bardziej odporny na zakłócenia niż w przypadku tradycyjnych potencjometrów, jednak wymagający użycia do tego celu mikroprocesora.

Jak zawsze w przypadku magistrali I²C, dostęp do konkretnego rejestru wymaga znajomości trzech parametrów: ogólnego adresu układu, adresu pomocniczego (subadresu) oraz wartości, która ma być zapisana w rejestrze. Adresem ogólnym układów TEA6330 jest liczba 80h (w zapisie heksadecymalnym). Układ traktowany jest w systemie jako urządzenie podporządkowane, do którego można jedynie zapisywać informacje (najmłodszy bit adresu będzie w takim przypadku zawsze miał wartość 0). Po wysłaniu magistralą I²C do układu sekwencji START i adresu, odpowiada on impulsem potwierdzenia ACK, po którym procesor może wysłać bajt subadresu i bajt

danych do zapisu w rejestrze. Jeżeli procesor wyśle więcej niż jeden bajt danych, następane zostaną zapisane w kolejnych rejestrach TEA6330. Do magistrali może być dołączony tylko jeden układ przedwzmacniacza o adresie 80h. Po wysłaniu danych procesor sterujący powinien wygenerować sekwencję STOP.

Działaniem układu TEA6330 steruje 6 rejestrów o kolejnych numerach subadresów:

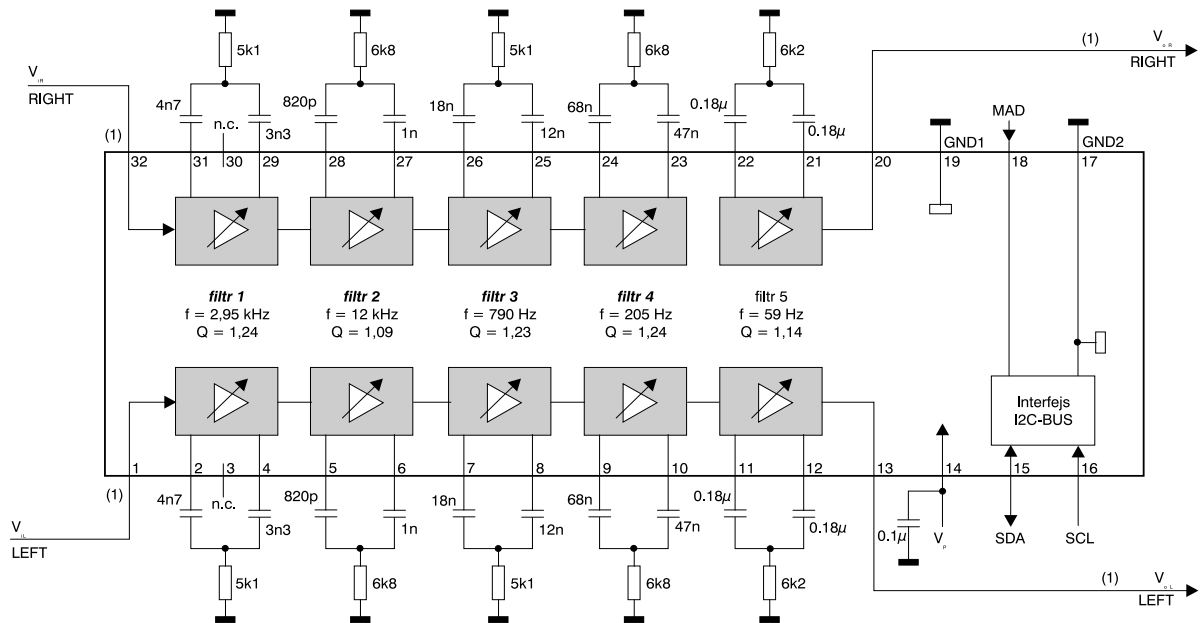
- 00h regulacja głośności kanału lewego
- 01h regulacja głośności kanału prawego
- 02h regulacja tonów niskich
- 03h regulacja tonów wysokich
- 04h regulacja stosunku sygnałów dla głośników przednich i tylnych
- 05h przełączniki wyciszenia i korekcji charakterystyki

Do rejestrów 00h i 01h odpowiadających za regulację wzmocnienia sygnału w obydwu kanałach można wpisać wartość z przedziału 3Fh - 00h. Dla wartości 3Fh wzmocnienie przedwzmacniacza wyniesie +20dB, dla wartości 3Eh wzmocnienie wyniesie +18dB itd. Wzmocnienie 0dB (poziom sygnał wyjściowemu) wymaga wpisania do rejestru wartości 35h, natomiast zapisanie do rejestru wartości mniejszej od 14h spowoduje wyciszenie dźwięku w wybranym kanale.

Rejestr 02h, odpowiadający za regulację tonów niskich, umożliwia ich regulację w zakresie od +15dB do -12dB. Kolejny skok wzmocnienia dla zmiany zawartości rejestru o jeden wynosi 3dB. Powiązanie wpisywanych do rejestru wartości ze wzmocnieniem układu jest następujące:

0Ch..0Fh	wzmocnienie +15dB
0Bh	wzmocnienie +12dB
...	
07h	wzmocnienie 0dB
...	
03h..00h	wzmocnienie -12dB

W przypadku, gdy układ współpracuje z korektorem TEA6360, ten ostatni przejmuje funkcję regulacji charakterystyki przenoszenia przedwzmacniacza. Wpisanie do rejestru wartości odpowiadających wzmocnieniu ujemnemu nie spowoduje żadnego skutku. Możliwe jest natomiast dodatkowe wzmoc-



Rys. 2. Schemat blokowy układu TEA6360.

nienie tonów niskich, co pozwala uzyskać w ten sposób efekt superbasu.

Rejestr 03h działa podobnie jak opisany powyżej, ale wpływa na regulację wzmocnienia tonów wysokich.

0Ch..0Fh	wzmocnienie +15dB
0Bh	wzmocnienie +12dB
...	
07h	wzmocnienie 0dB
...	
03h..00h	wzmocnienie -12dB

Jedyna różnica polega na sposobie współpracy przedwzmacniacza z układem korektora TEA6360. Gdy on występuje, to wpisanie jakiegokolwiek wartości do rejestru nie wpływa na pracę przedwzmacniacza.

Rejestr 04h umożliwia regulację stosunku poziomu sygnału w kanałach przednich i tylnych. Następuje to wskutek osłabienia poziomu sygnału we wskazanej parze wyjść (dla głośników przednich lub tylnych). W rejestrze istotnych jest 6 najmłodszych bitów, pozostałe powinny mieć wartość 0.

MFN (b.5) - jeżeli bit zostanie wyzerowany, wskazane kanały (przednie lub tylne) zostaną wyciszone.

FCH (b.4) - stan tego bitu określa, w których kanałach poziom dźwięku będzie zmniejszany. „1” oznacza, że regulację dotyczą kanałów przednich, a „0” - kanałów tylnych.

FA3..0 (b.3..b.0) - bity określające poziom wyciszenia dźwięku

w kanałach wskazywanych przez bit FCH. Skok wzmocnienia wynosi 2dB. Powiązanie ustawienia bitów ze wzmocnieniem układu jest następujące:

0Fh	wzmocnienie 0dB
0Eh	wzmocnienie -2dB
...	
00h	wzmocnienie -30dB

W ostatnim rejestrze 05h aktywne są jedynie dwa najstarsze bity, pozostałe powinny być wyzerowane.

GMU (b.7) - wpisanie na tę pozycję wartości 1 powoduje wyciszenie wszystkich wyjść bez względu na wartości zapisane w innych rejestrach. Wartość bitu 0 oznacza pracę normalną.

EQN (b.6) - wyzerowanie tego bitu oznacza, że układ TEA6330 współpracuje z korektorem TEA6360, który przejmuje funkcje związane z kształtowaniem charakterystyki przenoszenia przedwzmacniacza. Wartość 1 oznacza samodzielną pracę układu przedwzmacniacza.

TEA6360 - stereofoniczny korektor 5-punktowy

Układ pełni rolę stereofonicznego 5-punktowego korektora dźwięku (equalizera) mogącego pracować samodzielnie lub współpracującego z przedwzmacniaczem TEA6330. Podstawowe parametry układu są następujące:

- regulacja: dla 5 częstotliwości w dwóch kanałach stereo,
- zakres korekcji: dla każdej częstotliwości od +12dB do -12dB

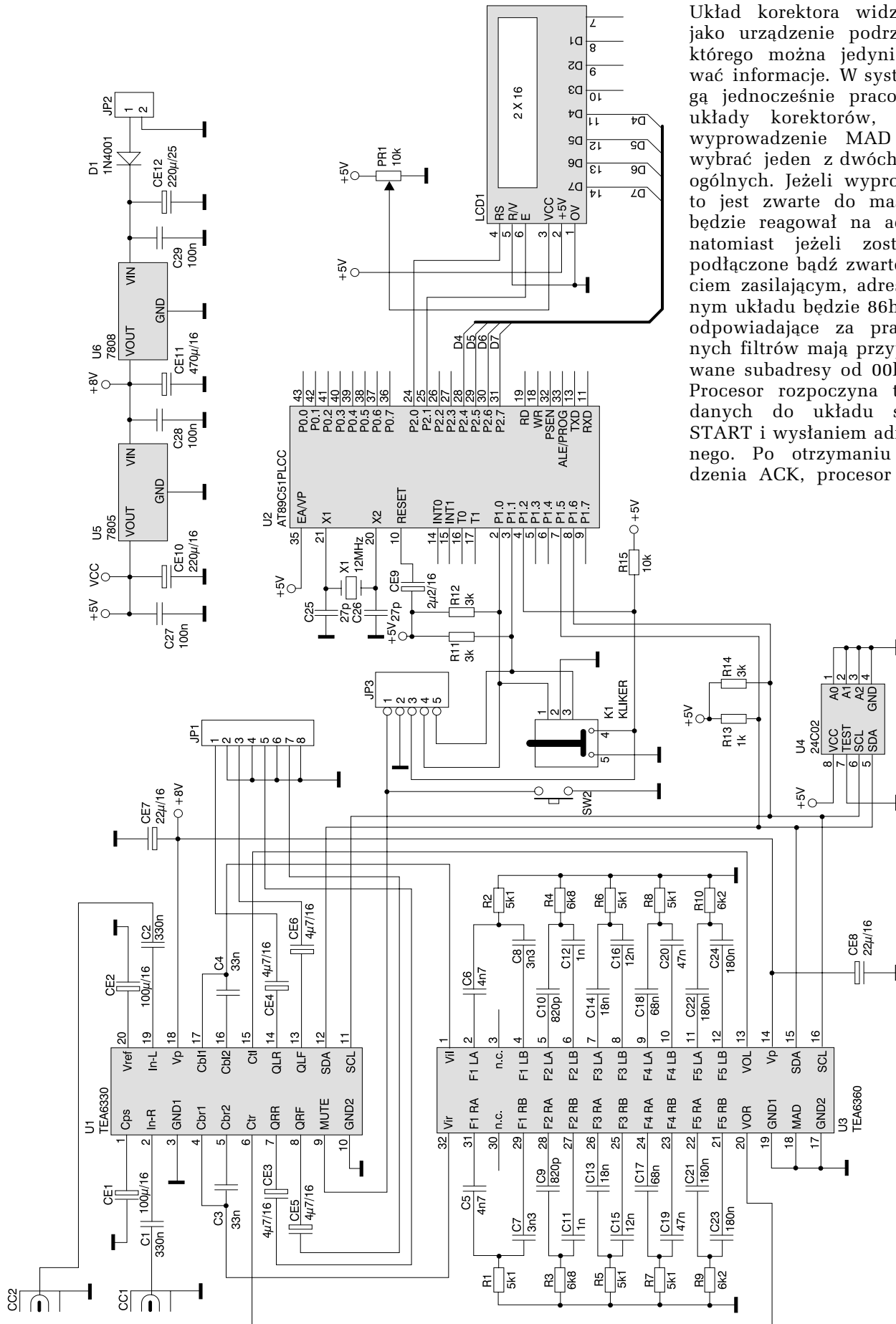
- pasmo: od 0 do 20kHz,
- napięcie zasilania: od 7V do 13V, przy poborze prądu ok. 24,5mA.

Na rys. 2 pokazano wewnętrzną budowę układu TEA6360. Najważniejszą jego część stanowi blok 5 filtrów częstotliwości dla kanału prawego i analogiczny blok dla kanału lewego. Są to filtry środkowo-przepustowe o ustawianym przez projektanta wzmocnieniu bądź tłumieniu. Częstotliwość środkowa każdego z filtrów zależy od wartości zewnętrznych elementów: dwóch kondensatorów i rezystora.

Dla takich wartości jak na rysunku, częstotliwości środkowe kolejnych filtrów wynoszą: 59Hz, 205Hz, 790Hz, 2,95kHz, 12kHz. W obydwu kanałach częstotliwość środkowa odpowiadającej sobie parzy filtrów powinna być taka sama. Projektant może ustawić wzmocnienie bądź tłumienie odpowiadającej sobie parzy filtrów kanału lewego i prawego, poprzez zapisanie odpowiedniej wartości do jednego z 5 wewnętrznych rejestrów układu. Zależnie od wpisanych wartości kształtowana jest charakterystyka przenoszenia korektora. Sterowanie układem odbywa się za pośrednictwem magistrali I²C.

Rejestry sterujące TEA6360

Sterowanie układem za pośrednictwem magistrali przebiega w sposób podobny do opisanego wcześniej sterowania układem przedwzmacniacza TEA6330.



Rys. 3. Schemat elektryczny przedwzmacniacza z korektorem.

Układ korektora widziany jest jako urządzenie podrzędne, do którego można jedynie zapisywać informacje. W systemie mogą jednocześnie pracować dwa układy korektorów, ponieważ wyprowadzenie MAD pozwala wybrać jeden z dwóch adresów ogólnych. Jeżeli wyprowadzenie to jest zwarte do masy, układ będzie reagował na adres 84h, natomiast jeżeli zostanie nie podłączone bądź zwarte z napięciem zasilającym, adresem ogólnym układu będzie 86h. Rejestry odpowiadające za pracę kolejnych filtrów mają przyporządkowane subadresy od 00h do 04h. Procesor rozpoczyna transmisję danych do układu sekwencją START i wysłaniem adresu ogólnego. Po otrzymaniu potwierdzenia ACK, procesor kontynu-

uje transmisję wysyłając subadres rejestru i bajt danych, który ma być zapisany. Jeżeli wysłany zostanie więcej niż jeden bajt danych, będą one wpisywane do kolejnych rejestrów wewnętrznych układu. Zakończenie transmisji wymaga wysłania przez procesor sekwencji STOP.

W każdym z rejestrów do zapisu przeznaczone są bity b.0..b.2 i b.4..b.6, pozostałe powinny być wyzerowane. Wyjątek stanowi rejestr o subadresie 00h. Jeżeli bit b.7 tego rejestru zostanie ustawiony, charakterystyka przenoszenia całego korektora będzie liniowa bez względu na zawartość pozostałych rejestrów.

Wartościami zapisanymi do rejestru można ustawić 5 poziomów podbicia bądź tłumienia częstotliwości środkowej każdego filtra. Grupa bitów b.0..b.2 odpowiada za ustawienie poziomu tłumienia filtra, a grupa b.4..b.6 za poziom podbicia.

Możliwe są także kombinacje pośrednie, z jednoczesnym wykorzystaniem podbijania i tłumienia częstotliwości filtra. Jest to wykorzystywane przy nieliniowej korekcji częstotliwości.

Do każdej z grup bitów rejestru można wpisać wartość z przedziału 0..7. Dla zera filtr przenosi sygnał o częstotliwości środkowej bez żadnej korekcji, a kolejne wartości oznaczają coraz wyższy stopień tłumienia bądź podbicia częstotliwości środkowej filtra. Wpisanie wartości większej od 4 oznacza, że filtr ma tłumić lub podbijać częstotliwość środkową maksymalnie. Następujące przykłady najlepiej wyjaśnia zasadę programowania wewnętrznych rejestrów korektora:

- 10H częstotliwość środkowa filtra będzie podbijana do poziomu 1;
- 03H częstotliwość środkowa filtra będzie tłumiona do poziomu 3;
- 60H częstotliwość środkowa filtra będzie podbijana do poziomu 5.

W opisie celowo nie podaje się wartości określających w decybelach podbicie bądź tłumienie częstotliwości środkowej każdego z filtra. Wynika to z faktu, że rzeczywisty poziom zależy od paramet-

rów ustalanych przez zewnętrzne elementy: kondensatory i rezystor. Ponadto, szerokość pasma każdego z filtrów jest na tyle duża, że może wpływać na filtry sąsiednie i poziom tłumienia lub podbicia może sięgać 15dB. Jeżeli przyjąć, że każdy z filtrów działa w nominalnym zakresie, to na kolejny krok przypada 2,4dB podbicia lub tłumienia częstotliwości środkowej.

Opis układu

Na rys. 3 przedstawiono schemat elektryczny przedwzmacniacza z korektorem częstotliwości wykonanym na układach TEA6330 i TEA6360. W części analogowej zastosowano konfigurację proponowaną w nocie aplikacyjnej producenta. Stereofoniczny sygnał kanału lewego i prawego podawany jest na gniazda wejściowe odpowiednio CC1 i CC2, a dalej na układ U1. Z przedwzmacniaczem współpracuje układ korektora U3 z zespołem filtrów o częstotliwościach środkowych ustalanych zewnętrznie dołączanymi kondensatorami i opornikami. Z U1, poprzez pojemności sprzęgające CE3..CE6, podawane są sygnały czterech kanałów wyjściowych na złącze JP1. Sygnały te odpowiadają kanałom lewemu i prawemu oraz głośnikom przednim i tylnym. Działaniem wzmacniacza steruje procesor U2, który wyświetla informacje dotyczące aktualnego stanu układu na wyświetlaczu alfanumerycznym LCD o organizacji 2 linie po 16 znaków każda. Pamięć EEPROM U4 służy do przechowywania nastaw początkowych, którymi powinno zostać zaprogramowane urządzenie po włączeniu napięcia zasilającego. Nastawy dotyczą poziomu dźwięku, balansu kanałów, stosunku sygnału pomiędzy głośnikami przednimi i tylnymi, a także parametrów charakterystyki przenoszenia. Nastawy w każdej chwili mogą być zmienione przez użytkownika. Cały układ zasilany jest dwoma napięciami: +8V część analogowa i +5V procesor wraz z otaczającymi go układami. Przycisk SW2 umożliwia natychmiastowe chwilowe wyciszenie dźwięku we wszystkich kanałach, natomiast impulsator K1 (kliker)

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

R1, R2, R5..R8: 5,1k Ω
R3, R4: 6,8k Ω
R9, R10: 6,2k Ω
R11..R14: 3k Ω
PR1, R15: 10k Ω

Kondensatory

C1, C2: 33nF
C3, C4: 33nF
C5, C6: 4,7 μ F/16V
C7, C8: 3,3nF
C9, C10: 820pF
C11, C12: 1nF
C13, C14: 18nF
C15, C16: 12nF
C17, C18: 68nF
C19, C20: 47nF
C21..C24: 180nF
C25, C26: 27pF
C27..C29: 100nF
CE1, CE2: 100 μ F/16V
CE3..CE6: 4,7 μ F/16V
CE7, CE8: 22 μ F/16V
CE9: 2,2 μ F/16V
CE10, CE12: 220 μ F/25V
CE11: 470 μ F/16V

Półprzewodniki

D1: 1N4004
LCD1: wyświetlacz 2 x 16 znaków
U1: TEA6330
U2: AT89C51PLCC (zaprogramowany)
U3: TEA6360
U4: 24C02
U5: 7805
U6: 7808

Różne

CC1, CC2: gniazda typu CINCH
K1: impulsator C1-11V153H05ABT
podstawka PLCC44
podstawka DIP32 typ SOT232
podstawka DIP8
SW2: przycisk astabilny digitest
X1: 12MHz
JP2: złącze typu ARK2 3,5mm
listwa goldpin 1x26

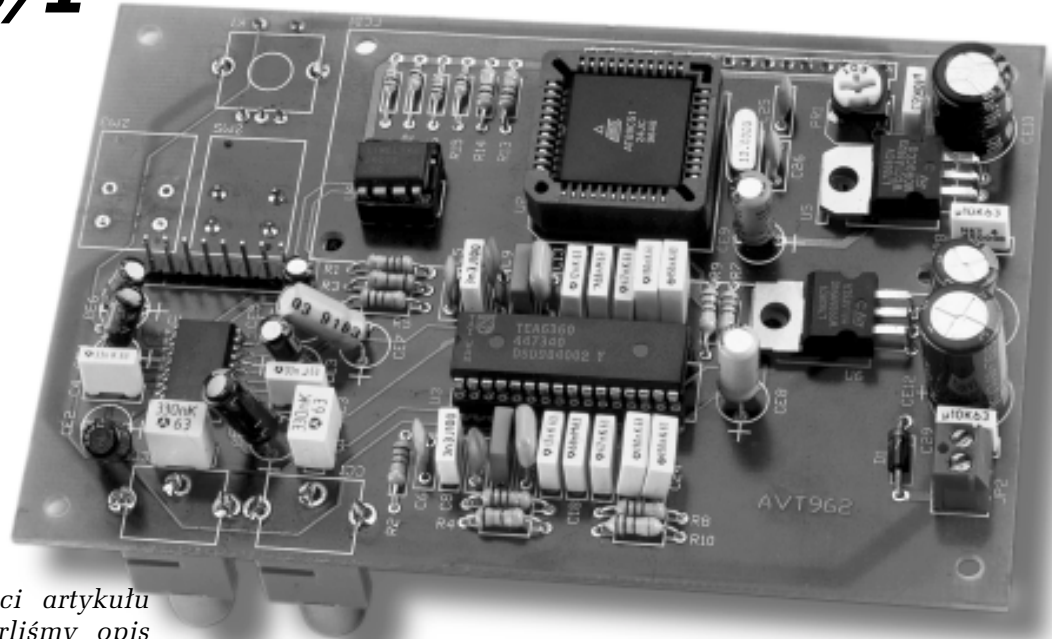
służy do regulacji parametrów urządzenia i przełączania się pomiędzy kolejnymi opcjami.

Ryszard Szymaniak, AVT
ryszard.szymaniak@ep.com.pl

Wzory płytek drukowanych w formacie PDF są dostępne w Internecie pod adresem: <http://www.ep.com.pl/?pdf/wrzesien01.htm> oraz na płycie CD-EP09/2001B w katalogu PCB.

Korektor i wzmacniacz akustyczny 4x40W, część 2

AVT-5035/1



W drugiej części artykułu zawarliśmy opis oprogramowania sterującego pracą przedwzmacniacza oraz montażu urządzenia.

Oprogramowanie procesora sterującego

Program sterujący urządzeniem można napisać samemu, korzystając z podanych wcześniej informacji o sposobie działania układów scalonych użytych do jego budowy. Nie jest to trudne, jeśli ma się podstawową wiedzę i narzędzia potrzebne do zaprogramowania użytego procesora. Tak powstałe urządzenie będzie naprawdę autorskie i idealnie dostosowane do potrzeb swojego użytkownika. Jednak dla tych czytelników, którzy nie mają ochoty robić tego samodzielnie przedstawiamy nasz projekt oprogramowania układu.

Sterowanie urządzeniem opiera się na dostępie do kolejnych funkcji po naciśnięciu przycisku impulsatora K1 (przycisk jest dołączony do wyprowadzenia P1.2 procesora). Dostępne są następujące funkcje regulacyjne:

1. Zmiana głośności.
2. Ustawienie balansu pomiędzy kanałami (lewym i prawym).

3. Ustawienie proporcji pomiędzy sygnałami dla głośników przednich i tylnych.

4. Zaprogramowanie charakterystyki przenoszenia.

Po naciśnięciu przycisku impulsatora K1, na wyświetlaczu pojawiają się parametry kolejnej funkcji, które można zmieniać przez obrót pokrętła impulsatora. Przejście do następnej funkcji odbywa się w taki sam sposób. Jeżeli parametry zostały zmienione, np. zwiększona została głośność, to w momencie przechodzenia do następnej opcji nowa wartość parametru zostaje zapisana w pamięci EEPROM i zostanie automatycznie przywrócona w czasie kolejnego włączenia urządzenia do sieci. Jeżeli w czasie kolejnych 10s użytkownik nie zmieni żadnej z nastaw, program automatycznie wróci do wyświetlania poziomu głośności ewentualnie zapisując przedtem do pamięci parametr funkcji. Opcja regulacji głośności jest zazwyczaj naj-

częściej używana i z tego powodu program wraca do niej automatycznie oraz wyświetla ją po włączeniu zasilania.

Ad 1. Podczas regulacji głośności w górnej linii wyświetlacza pojawia się napis „VOLUME“ oraz wartość w decybelach określająca wzmocnienie przedwzmacniacza. Wartość tę można zmieniać w zakresie od „OFF“ (wyciszenie wszystkich kanałów) do 20dB (najwyższy poziom dźwięku) kręcąc impulsatorem. W dolnej linii wyświetlany jest symbol suwaka potencjometru, który w zależności od ustalonego poziomu dźwięku przemieszcza się pomiędzy znakami „-“ i „+“. Chociaż wyświetlacz alfanumeryczny LCD nie nadaje się do pokazywania grafiki, jednak wyświetlane informacje można uatrakcyjnić chociażby przez symulowanie takiego graficznego potencjometru. Można w tym celu wykorzystać opcję definiowania 8 znaków użytkownika, jaka jest dostępna w standardowych sterownikach wyświetlacza. Odpowiednio definiując własne znaki można graficzny suwak przesuwac piksel po pikselu wzdłuż całej linii. Nie jest to ruch całkiem płynny, ale trochę „ożywia“ suche informacje tekstowe pokazywane przez wyświetlacz.

Ad 2. Podczas ustawiania balansu górna linia wyświetla różnicę poziomów w decybelach między kanałem lewym i prawym (celowo, na stałe ustawiona różnica poziomów). Balans ma za zadanie skompensować tę różnicę wzmocnienia kanałów tak, aby na umownej scenie dźwiękowej, pomiędzy głośnikiem lewym i prawym, dźwięk wydobywał się z właściwego miejsca. Różnice w odbiorze dźwięku mogą być wywołane czynnikami czysto subiektywnymi: ktoś np. lepiej słyszy z prawej strony niż z lewej albo tłumienie dźwięku w pomieszczeniu jest niejednakowe. Balans służy właśnie do niwelowania tych różnic.

Funkcją balansu można osłabić dźwięk w wybranym kanale od 0dB do -66dB, a nawet wyłączyć zupełnie jeden

z kanałów. Tak jak przy poprzednio opisanej funkcji, w dolnej linii wyświetlacza pojawi się symbol pokazujący położenie umownego suwaka balansu między dwoma końcami sceny dźwiękowej.

Ad 3. Funkcja ustalania proporcji między sygnałami głośników tylnych i przednich jest nieco podobna do funkcji balansu, ale dotyczy kierunku przód i tył. Jest szczególnie przydatna gdy urządzenie będzie współdziałać z torami dźwiękowymi w niewielkiej kubaturze, np. we wnętrzu samochodu. Użytkownik może dzięki tej funkcji wybrać, czy woli więcej dźwięku z tyłu, czy też z przodu. W górnej linii wyświetlacza pojawiają się dwa skróty „Fr“ (Front) i „Bk“ (Back) wraz z wartościami w decybelach oznaczającymi różnicę w natężeniu dźwięku między głośnikami przodu i tyłu. Dźwięk w każdej z grup głośników można osłabić w zakresie od 0dB do -30dB albo wyłączyć. Symbol suwaka w dolnej linii, poruszający się pomiędzy literami F i B, pokazuje graficznie wartość ustawionego parametru.

Ad 4. Korekcja charakterystyki polega na zmianie parametrów każdego z 5 filtrów (patrz opis rejestrów układu TEA6360), jednocześnie dla kanału lewego i prawego. Na wyświetlaczu wyświetlana jest częstotliwość usta-

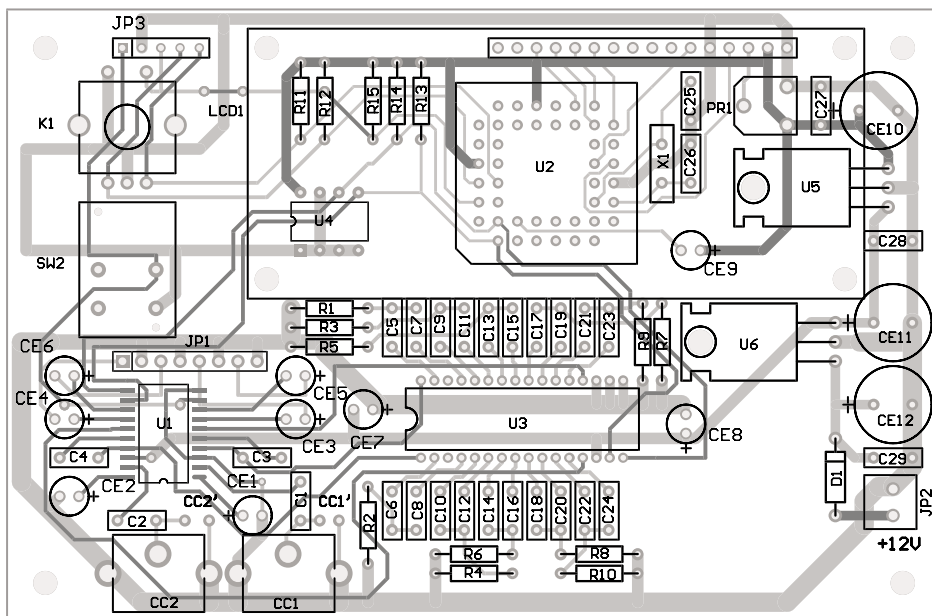
wianego filtra oraz stopień korekcji w zakresie od -5 do 5. Wyświetlane z prawej strony, w obydwu liniach wyświetlacza poziome kreski pokazują graficznie poziom korekcji przyjęty dla każdego z filtrów. Także w przypadku tej grafiki wykorzystane zostały możliwości sterownika pozwalające definiować 8 własnych znaków. Przejście między kolejnymi filtrami następuje po naciśnięciu przycisku impulsatora K1, natomiast poziom korekcji jest ustawiany pokrętką impulsatora.

Istnieje jeszcze jedna możliwość oferowana przez program - przywrócenie wartości domyślnych. Jeżeli podczas włączania zasilania przycisk impulsatora będzie naciśnięty, na wyświetlaczu pojawi się napis „Equalizer v.2.01 reset“ a do EEPROM-u zapisane zostaną wartości domyślne oznaczające najczęściej brak jakiegokolwiek korekcji.

Montaż i uruchomienie

Modelowy układ zmontowano na dwustronnej płytce drukowanej o wymiarach 122x80mm. Jej schemat montażowy pokazano na rys. 4.

Wyświetlacz LCD1, gniazda CC1 i CC2, przycisk SW2 oraz impulsator K1 przewidziane zostały do montażu po przeciwnej stronie niż pozostałe elementy układu, aby ułatwić przykręcenie



Rys. 4. Rozmieszczenie elementów na płytce drukowanej.

plytki do przedniej ścianki wybranej przez użytkownika obudowy. Ze względu na wymiary płytki montaż korektora w takiej postaci, np. w samochodzie może okazać się kłopotliwy. W takim przypadku wymienione powyżej elementy należy zamontować na wykonanej osobno i dostosowanej wymiarami do potrzeb płytki czołowej obudowy. Płytkę z pozostałymi elementami należy zamontować w obudowie w położeniu poziomym i połączyć z elementami na płytce czołowej za pomocą przewodów, wykorzystując do połączeń styki gniazda wyświetlacza i złącze JP3, na którym wyprowadzone są połączenia do przycisku SW2, impulsatora K1 oraz masy. Gniazda CC1 i CC2 należy połączyć z pomocniczymi otworami na płytce, oznaczonymi jako CC1' i CC2', za pomocą przewodu ekranowanego.

Montaż pozostałych elementów na płytce rozpoczynamy od podstawek pod układy U2, U3, U4 oraz mniejszych elementów, takich jak oporniki i kondensatory. Przed zamontowaniem wysokich elementów w otoczeniu układu U1 najlepiej najpierw przylutować ten układ do płytki. Ponieważ jego obudowa jest przystosowana do montażu powierzchniowego, wysokie kondensatory będą przeszkadzały przy precyzyjnym wykonaniu tej operacji. Należy wcześniej przemyśleć sposób montażu elementów regulacyjnych, gniazd i wyświetlacza. Jeżeli znajdują się na osobnej płytce, należy je połączyć z płytką wzmacniacza za pomocą np. taśmy wielożyłowej i przewodów ekranowanych. Przed włożeniem do podstawek pozostałych układów scalonych, należy dołączyć zasilanie +12V i sprawdzić, czy stabilizatory dostarczają napięcie stabilizowanych +8V i +5V. Jeżeli napięcie zasilające będzie znacznie przekraczało wartość 12V, a wyświetlacz będzie podświetlany i będzie pobierał sporo prądu, to stabilizator U5 będzie się nagrzewał i należy pomyśleć o niewielkim radiatorze.

Po sprawdzeniu prawidłowości montażu i poziomów napięć zasilających można, po dołącze-

niu wszystkich elementów, sprawdzić czy wzmacniacz zadziała. W przypadku opisanego oprogramowania powinna wyświetlić się opcja regulacji głośności. Jeżeli na wyświetlaczu nic nie ma, należy sprawdzić, czy potencjometr kontrastu PR1 jest właściwie ustawiony (najczęściej jego suwak powinien być zwarty do masy).

Podczas pierwszego uruchomienia w EEPROM-ie mogą być zapisane przypadkowe wartości. Dobrze jest w takim przypadku wywołać procedurę przywrócenia wartości domyślnych, opisaną w omówieniu programu sterującego. Następnie do wejść można dołączyć sygnał stereofoniczny i na wyjściach (na złączu JP1) sprawdzić jak na kształt sygnału wpływają poszczególne regulacje. Można się posłużyć oscyloskopem lub podłączyć do wyjść wzmacniacz z odsłuchem.

Uwagi eksploatacyjne

Urządzenie w czasie prób działało w sposób zadowalający. Czytelnicy pragnący je zastosować w samochodzie powinni pamiętać o trudnościach wynikających z „niskiej jakości“ napięcia zasilającego dostarczanego przez prądnicę lub akumulator. Wpływ na to mają głównie zakłócenia powstające podczas pracy takich urządzeń w samochodzie jak rozrusznik i aparat zapłonowy. Z tego powodu może okazać się niezbędna dodatkowa filtracja napięcia zasilającego poprzez filtry odkłócające oraz montaż układu w metalowej obudowie.

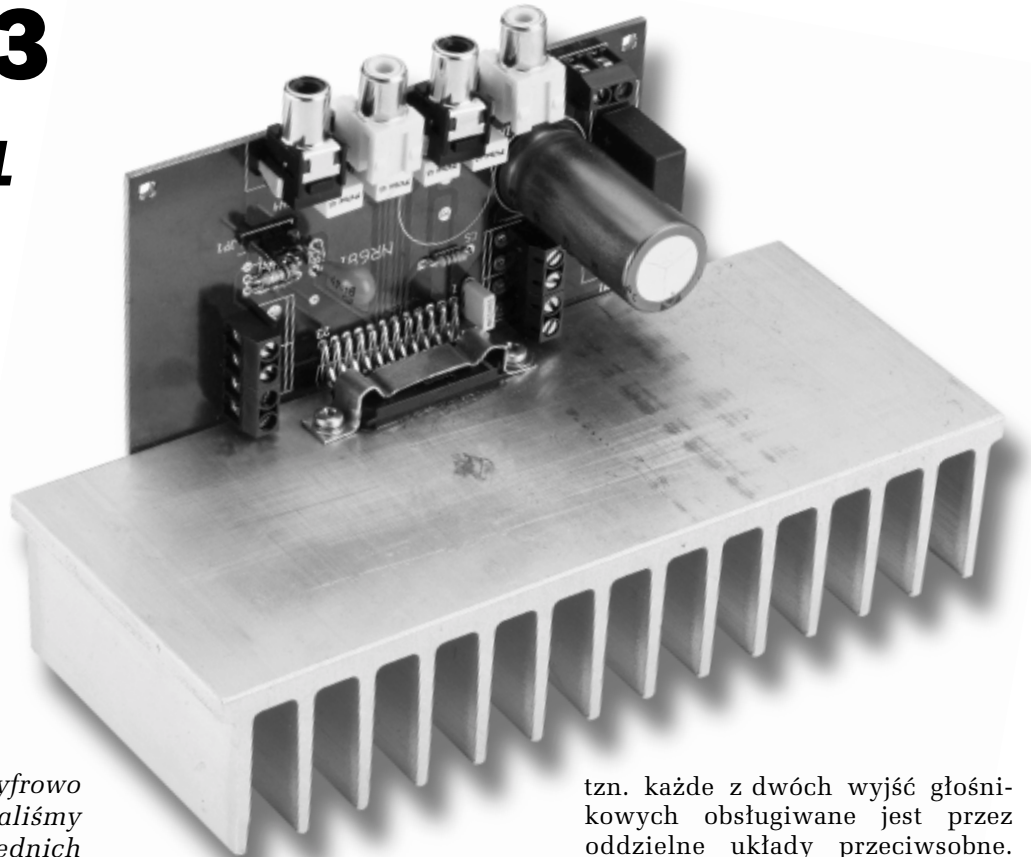
Ze względu na zmiany w konstrukcji i programie wynikłe po naradzie technicznej w redakcji, ostateczny kształt urządzenia nieco się różni w stosunku do prototypu. Zrezygnowano z drugiego klawisza przeznaczonego specjalnie do zapisu parametrów w EEPROM-ie oraz przesunięto na płytce niektóre elementy.

Ryszard Szymaniak, AVT
ryszard.szymaniak@ep.com.pl

Wzory płytek drukowanych w formacie PDF są dostępne w Internecie pod adresem: <http://www.ep.com.pl/?pdf/pazdziernik01.htm> oraz na płycie CD-EP10/2001B w katalogu PCB.

Korektor i wzmacniacz akustyczny 4x40W, część 3

AVT-5035/1



Sterowany cyfrowo equalizer, który opisaliśmy w dwóch poprzednich częściach artykułu (EP9 i 10/2001), został zaprojektowany i wykonany z użyciem dwóch specjalizowanych układów firmy Philips. Także stopień mocy wzmacniacza współpracującego z korektorem wykonano w oparciu o jeden z nowszych układów Philipsa - TDA8571J. Dokładny opis wykonania stopnia końcowego z tym układem znajdziecie w tej - już ostatniej - części artykułu.

TDA8571J - zintegrowany stopień mocy

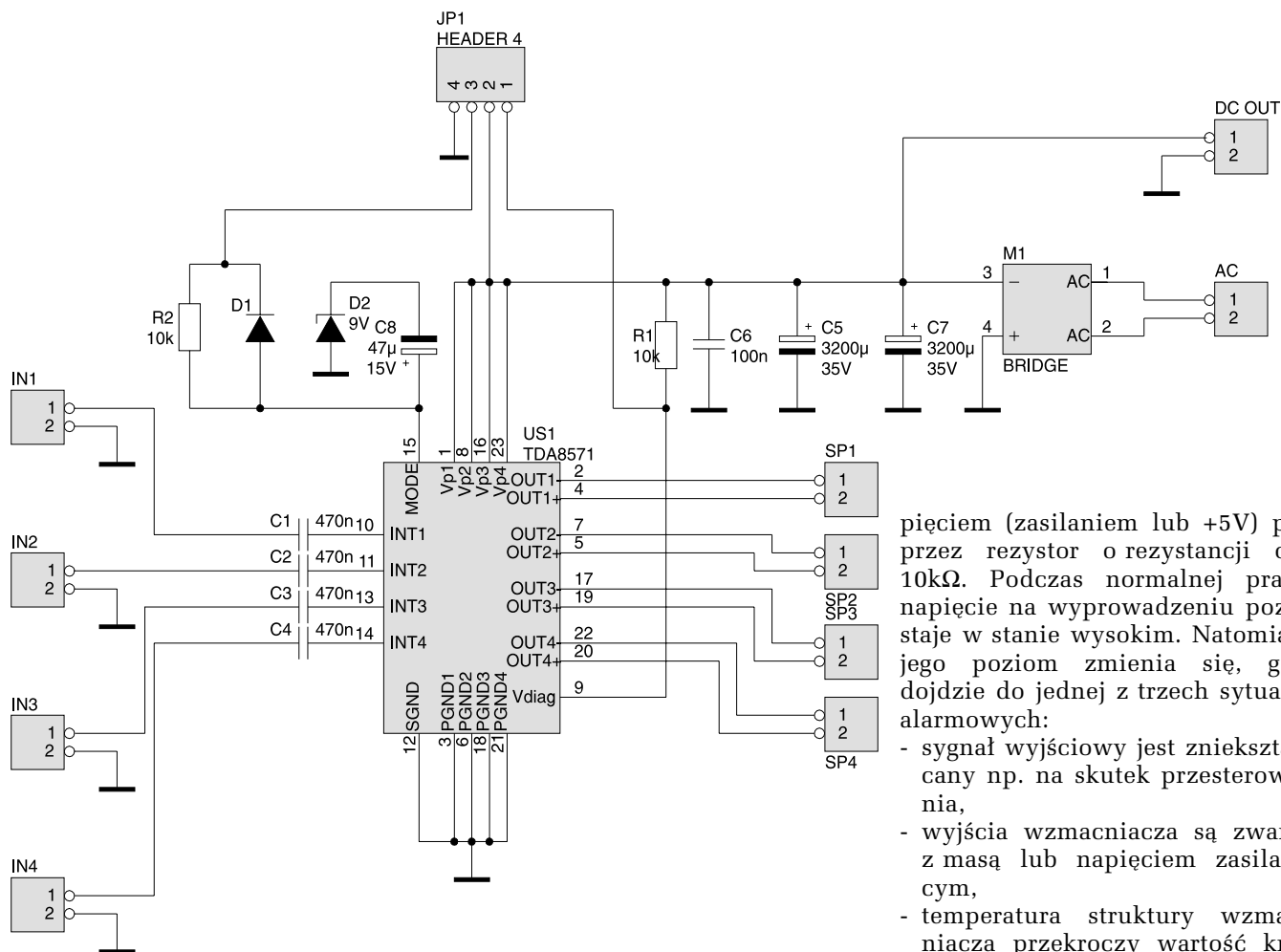
Analizując parametry układu TDA8571J oraz schemat aplikacyjny opublikowany w firmowej dokumentacji (rys. 5) dochodzi się do wniosku, że projektanci Philipsa położyli szczególny nacisk na uniwersalność tego układu, zmniejszenie liczby niezbędnych elementów zewnętrznych i poszerzenie zakresu wartości parametrów dopuszczalnych, przy których wzmacniacz będzie funkcjonował prawidłowo. Wynika to z przewidywanych dla tego układu obszarów aplikacyjnych - przede wszystkim w samochodowych systemach audio i popularnych zestawach domowych. Budowę wewnętrzną tego układu pokazano na rys. 6.

W jednej obudowie scalono cztery niezależne wzmacniacze akustyczne klasy B. Wzmacniacze pracują w układzie mostkowym,

tnz. każde z dwóch wyjść głośnikowych obsługiwane jest przez oddzielne układy przeciwobne. W literaturze angielskiej wzmacniacze o takiej konstrukcji oznacza się symbolem BTL (ang. Bridge Tied Load).

Ze schematu z rys. 5 wynika, że do budowy wzmacniacza oprócz układu scalonego potrzeba dodatkowo bardzo niewiele części. Głównie są to kondensatory, elementy zasilacza oraz gniazda wejściowe i wyjściowe.

Układ TDA8571J zawiera w swojej strukturze, oprócz bloków związanych ze wzmacniaczami mocy, także specjalne obwody, które odpowiadają za jego poprawną pracę, ale mogą być także użyte do diagnostyki. Stan pracy tych obwodów jest sygnalizowany na wyjściu Vdiag, natomiast wejście MODE służy do ustalania trybu pracy wzmacniacza i ma wpływ na wielkość pobieranego prądu. Sterowanie odbywa się poprzez podanie na wyprowadzenie MODE odpowiedniego poziomu napięcia. Jeżeli wyprowadze-



Rys. 5. Schemat elektryczny wzmacniacza.

nie jest zwarte z masą zasilania lub poziom napięcia na wyprowadzeniu nie przekroczy 2V, układ znajdzie się w trybie czuwania (standby), w którym pobór prądu z zasilacza nie przekracza 100µA. Podanie na wyprowadzenie MODE napięcia o wartości z przedziału 3,3V...6,4V powoduje, że wszystkie wewnętrzne układy TDA8571J zostaną włączone, a pobór prądu osiągnie nominalną wartość spoczynkową tj. 200mA...360mA. Jednak pomimo podania sygnału na wejścia, sygnał wyjściowy jest wyciszony (wzmacniacz pozostaje w trybie *Mute*). Podanie na wyprowadzenie sterujące napięcia wyższego od 8,5V lub zwarcie go z napięciem zasilającym przełączy wzmacniacz w tryb normalnej pracy.

Wejście MODE można wykorzystać do szybkiego wyciszania wzmacniacza oraz do usunięcia efektu stukotu w głośnikach podczas włączania zasilania. Służy do tego przedstawiony na schemacie

obwód składający się z diod D1, D2, rezystora R2 i kondensatora C8. W czasie normalnej pracy styki 3 i 2 gniazda JP1 powinny być zwarte. Podczas włączania wzmacniacza napięcie zasilania podawane jest na wyprowadzenie MODE poprzez rezystor R2. Elementy R2, C8 tworzą obwód czasowy, który powoduje, że napięcie na wyprowadzeniu sterującym osiągnie wartość 8,5V w czasie nie krótszym niż 150ms. To wystarczy, aby w czasie gdy sygnał na wyjściach jest wyciszony, kondensatory sprzęgające C1...C4 przeładowały się, co zapobiega nieprzyjemnym stukom w głośnikach.

Wyjście Vdiag dostarcza informacji o zaistniałych problemach w czasie pracy wzmacniacza i może być wykorzystane np. przez procesor sterujący współpracującym przedwzmacniaczem. Wyjście Vdiag jest wyjściem typu otwarty kolektor i w celu odczytu informacji diagnostycznych powinno być połączone z zewnętrznym na-

pięciem (zasilaniem lub +5V) poprzez rezystor o rezystancji ok. 10kΩ. Podczas normalnej pracy napięcie na wyprowadzeniu pozostaje w stanie wysokim. Natomiast jego poziom zmienia się, gdy dojdzie do jednej z trzech sytuacji alarmowych:

- sygnał wyjściowy jest zmniejszany np. na skutek przesterowania,
- wyjścia wzmacniacza są zwarte z masą lub napięciem zasilającym,
- temperatura struktury wzmacniacza przekroczy wartość krytyczną.

Zniekształcenia dynamiczne sygnału wyjściowego mogą wystąpić, jeśli zasilanie wzmacniacza jest za niskie lub poziom sygnału na wejściu przekroczy dopuszczalną wartość. W przypadku testowego sygnału sinusoidalnego, zniekształcenia objawiać się będą obcinaniem wierzchołków sinusoidy. W momencie, gdy sygnał wyjściowy będzie obcinany, wyjście diagnostyczne Vdiag będzie zwierane do masy (rys. 7).

W przypadku, gdy wyjście lub wyjścia któregoś z czterech wzmacniaczy będzie zwarte z masą lub plusem zasilania, cykl sygnalizacyjny wyprowadzenia Vdiag pole-

Najważniejsze parametry układu TDA8571J:	
✓	napięcie zasilania: 8,5...18V,
✓	maksymalny chwilowy prąd wyjściowy: 7,5A,
✓	maksymalna moc wyjściowa: 4x40W na obciążeniu 4Ω,
✓	pasmo przenoszenia: od 20Hz do 20kHz,
✓	zniekształcenia: 0,5% dla mocy wyjściowej do 19W i 10% dla mocy do 26W,
✓	wzmocnienie: około 30dB,
✓	zabezpieczenia termiczne i przeciwzwarciowe.

ga na generacji co 10ms dodatnich impulsów o czasie trwania 50μs. Do momentu usunięcia zwarcia wszystkie kanały wzmacniacza są wyłączone. Sposób sygnalizacji alarmu dla tego przypadku pokazano na rys. 8.

Ostatnią z możliwych sytuacji alarmowych jest przegrzanie wzmacniacza. Jeżeli temperatura wewnątrz struktury układu scalonego przekroczy 145°C, wyjście Vdiag do czasu jej obniżenia przyjmie poziom niski.

Chłodzenie wzmacniaczy mocy

Każde urządzenie elektryczne w czasie swojej pracy wydziela ciepło, a układy mocy - takim jest z pewnością wzmacniacz akustyczny - wydzielają tego ciepła szczególnie dużo. Nadmiar ciepła może doprowadzić do przegrzania elementów elektronicznych i w konsekwencji do pogorszenia ich parametrów lub trwałego uszkodzenia. W temperaturze powyżej 150°C elementy półprzewodnikowe (krzemowe) tracą na ogół swe właściwości prostownicze i wzmacniające, a poza tym może nastąpić ich nieodwracalne uszkodzenie.

Wydzielanie ciepła związane jest z przepływem prądu w urządzeniach elektronicznych i nie można tego uniknąć. Dlatego poświęćmy teraz trochę miejsca na przedstawienie podstawowych sposobów odprowadzania tego

ciepła oraz przedstawimy ilościowy opis tego zjawiska.

Wzmacniacz przekształca dostarczoną energię zasilania na użyteczne prądy (I) i napięcia (U) zamieniane potem w głośnikach lub słuchawkach na fale akustyczne. Przepływowi prądu I przez każdy z elementów, z których zbudowana jest wewnętrzna struktura wzmacniacza, towarzyszy wydzielanie ciepła (energii cieplnej) w ilości zależnej od rezystancji R elementu. Ilość wydzielonego ciepła jest opisywana zależnością:

$$Q = A \cdot I^2 \cdot R \cdot t,$$

gdzie:

t - czas pracy;

A - cieplny równoważnik pracy (ponieważ $A = 1$ [J/J] w układzie SI, więc liczbowo ilość wydzielanego ciepła w Joulach jest równa pracy prądu elektrycznego $P \cdot t$).

Ponieważ $P \cdot R$ oznacza moc, to ilość wydzielanego przez wzmacniacz ciepła będzie równa $Q = P \cdot t$.

Ilość ciepła wydzielana w elemencie jest więc proporcjonalna do traconej mocy i czasu jej wydzielania. Urządzenia elektryczne przekształcają dostarczoną energię ze źródła zasilania na energię użyteczną z określoną sprawnością. Ponieważ sprawność współczesnych urządzeń elektronicznych z reguły nie przekracza 50% oznacza to, że konsumując sporo energii wytwarzają dużo zbędnego ciepła, które trzeba usunąć. Aby móc pozbyć się tego ciepła potrzebne są elementy, które je rozpraszają. Służą do tego radiatory, czyli dodatkowe elementy o dużej powierzchni. Wymiana ciepła od złącza półprzewodnikowego do otoczenia zachodzi na kilka sposobów:

- przez przewodzenie (od złącza do radiatora),
- promieniowanie,
- konwekcję, czyli unoszenie (z radiatora do otoczenia).

Jak to już zostało powiedziane, każdy element półprzewodnikowy posiada dopuszczalną temperaturę złącza T_{jmax} , której nie wolno przekraczać. Jest to jeden z parametrów podawanych przez producenta. Wynika z tej temperatury maksymalna moc strat P_{totmax} . Następny parametr, od którego zależy moc, to rezystancja cieplna R_{thj-a} (od złącza do otoczenia) świadcząca o skuteczności chłodzenia złącza.

Jeśli utrzymujemy stałą temperaturę otoczenia, to maksymalna moc strat wynosi:

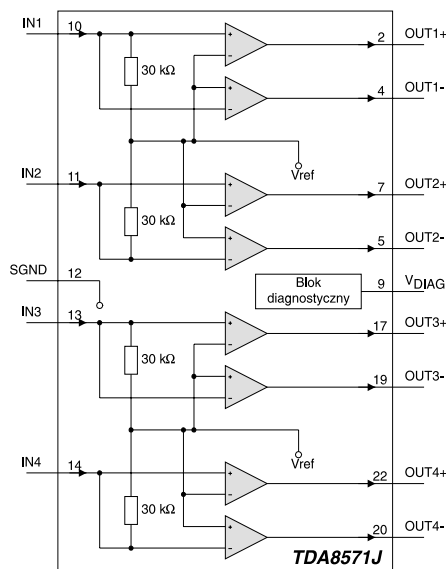
$$P_{totmax} = (T_{jmax} - T_a) / R_{thj-a}$$

Z tego wzoru można wyznaczyć maksymalną sumaryczną rezystancję cieplną między złączem i otoczeniem R_{thj-a} , przy której temperatura złącza nie jest przekraczana.

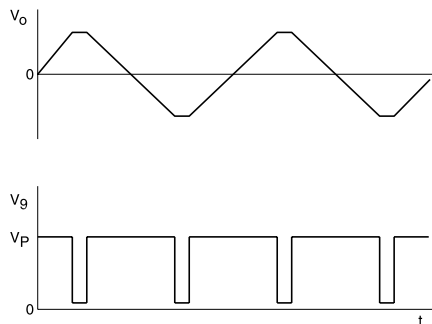
Sumaryczna rezystancja cieplna składa się z: rezystancji cieplnej złącze-obudowa, obudowa-radiator, wreszcie radiator-otoczenie, czyli najczęściej powietrze. Rezystancja cieplna złącze-obudowa jest stała, wynika z konstrukcji elementu półprzewodnikowego i jest podawana w danych katalogowych. Rezystancja cieplna obudowa-radiator może być zminimalizowana przez bardzo dobry kontakt mechaniczny pomiędzy elementem a jego radiatorem i zależy od powierzchni styku (im większa tym lepiej), gładkości płaszczyzn (lepszy styk i mniejszą oporność termiczną zapewniają gładkie powierzchnie) i sił dociskających element do radiatora. Dobrym zabiegiem jest posmarowanie miejsca styku pastą przewodzącą ciepło. Należy tylko pamiętać, aby zastosowany smar nie zawierał kwasów, które po pewnym czasie doprowadzą do korozji radiatora i obudowy elementu, co zwiększy oporność termiczną, a nawet uszkodzi element. Z tego powodu zalecane są syntetyczne pasty silikonowe.

Rezystancja radiator-otoczenie zależy od konstrukcji radiatora tj. jego sumarycznej powierzchni i kształtu ułatwiającego cyrkulację powietrza. W tym miejscu należy dodać, że powietrze nie stanowi najlepszego medium chłodzącego i często w sytuacjach, gdy układy elektroniczne wydzielają szczególnie dużo ciepła stosuje się dodatkowe wiatraki i wyciągi zapewniające szybszą wymianę powietrza nagrzanego na chłodniejsze.

Im wyższa temperatura otoczenia T_a lub temperatura obudowy T_c , tym moc wydzielana w elemencie półprzewodnikowym może być mniejsza. Jeśli temperatura złącza osiągnie temperaturę maksymalną, to element nie może być bardziej obciążony. Spowoduje to bowiem zmianę jego parametrów elektrycznych, a w końcu uszko-



Rys. 6. Schemat aplikacyjny układu TDA8571J.



Rys. 7. W ten sposób wzmacniacz sygnalizuje przeciążenie wyjścia.

dzenie. Z tych powodów pożądana jest jak najniższa temperatura pracy elementu.

Do obniżania temperatury elementów elektronicznych mocy stosuje się powszechnie radiatory chłodzone powietrzem. Są to najczęściej gotowe szyny aluminiowe o różnych wymiarach i profilach. Dobór radiatora sprowadza się do wyboru odpowiedniego profilu i długości, zależnie od rodzaju obudowy elementu chłodzonego.

Na koniec tych rozważań podajemy przykład obliczenia parametrów radiatora zastosowanego we wzmacniaczu podobnym do opisywanego w artykule:

- moc strat układu wzmacniacza wynosi $P_{totmax} = 60W$,
- temperatura maksymalna złącza $T_{jmax} = 150^\circ$,
- rezystancja cieplna złącze-obudowa $R_{thj-c} = 1^\circ/W$,
- zakładana temperatura otoczenia $T_a = 40^\circ$,
- rezystancja cieplna obudowa-radiator $R_{thc-r} = 0,2^\circ/W$.

Korzystając z podanych wcześniej wzorów obliczamy rezystancję termiczną złącze-otoczenie:

$$R_{thj-a} = (T_{jmax} - T_a) / P_{totmax}$$

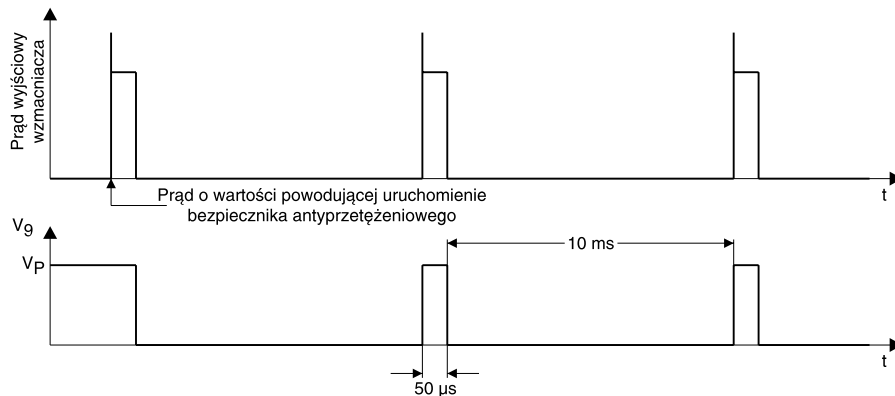
$$R_{thj-a} = (150^\circ C - 40^\circ C) / 60W = 1,83^\circ/W.$$

Od tej rezystancji musimy odjąć sumę rezystancji złącze-obudowa oraz obudowa-radiator i otrzymamy wymaganą rezystancję termiczną radiatora:

$$R_{thra} < R_{thj-a} - (R_{thj-c} + R_{thc-r}),$$

$$R_{thra} < 1,83^\circ/W - (1^\circ/W + 0,2^\circ/W) = 0,63^\circ/W$$

Na podstawie tego wyniku można, korzystając z danych katalogowych radiatorów, dobrać odpowiednią długość wybranego profilu - np. radiator o profilu KS160 i długości 100mm posiadający rezystancję termiczną $0,65^\circ/W$. I taki powinien być zastosowany.

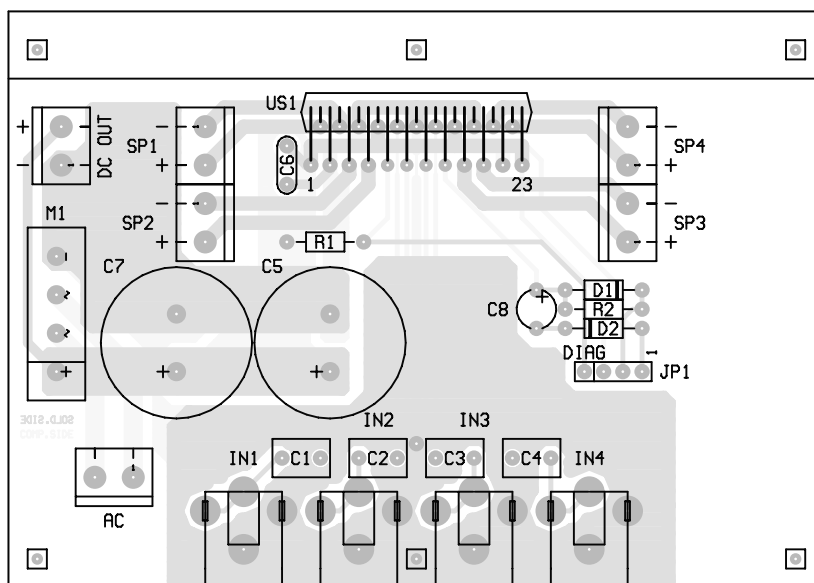


Rys. 8. Sposób sygnalizacji ciągłego zwracania na wyjściu wzmacniacza.

-Montaż i uruchomienie wzmacniacza

Wzmacniacz zmontowany został na dwustronnej płytce drukowanej o wymiarach 108x76mm. Sposób rozmieszczenia elementów i połączenie płytki z radiatorem pokazano na rys. 9. Płytkę dostosowano do specyficznego kształtu obudowy TDA8571J oznaczonej symbolem SOT411-1. W tej obudowie wszystkie nóżki układu wyprowadzone są z jednej strony, natomiast powierzchnia chłodząca, która styka się z radiatorem znajduje się na jej spodniej stronie. Oznacza to, że układ scalony powinien być montowany na płytce w pozycji pionowej. Żeby uzyskać odpowiednią sztywność całej konstrukcji i przeciwdziałać wrywaniu układu z płytki, radiator po zespoleniu z TDA8571J przykręcany jest jednocześnie do krawędzi płytki za układem. Płytkę wzmacniacza wraz z radiatorem tworzy kształt leżącej

liter „L”. Na płytce drukowanej przewidziano miejsce dla dwóch kondensatorów filtrujących C5 i C7 oraz prostownika M1. W schemacie aplikacyjnym producent zaleca, aby kondensator filtrujący miał pojemność co najmniej 2200µF. Ponieważ czasami mogą być kłopoty ze zdobyciem pojedynczego kondensatora o odpowiedniej pojemności i wymiarach, na płytce przewidziano miejsce dla dwóch kondensatorów o pojemnościach po 1000µF. Można także zamontować kondensatory o sumarycznej pojemności większej niż minimalna, co tylko polepszy działanie układu. Pamiętając o wielkości chwilowych prądów pobieranych przez wzmacniacz, zastosowany mostek powinien wytrzymać pracę ciągłą z prądem 7...8A. Niewykluczone, że także ten element trzeba będzie zaopatrzyć w radiator, gdyby w czasie pracy zanadto się nagrzewał.



Rys. 9. Rozmieszczenie elementów na płytce drukowanej wzmacniacza.

WYKAZ ELEMENTÓW**Rezystory**R1, R2: 10k Ω **Kondensatory**

C1...C4: 470nF

C5, C7: 2200 μ F/35V

C6: 100nF

C8: 47 μ F/16V**Półprzewodniki**

D2: C3V9 dioda Zenera

D1: dowolna dioda krzemowa

M1: KBU 806 prostownik 50V/8A

US1: TDA8571J

Różne

IN1...IN4: gniazdo cinch

SP1...SP4: ARK2

Goldpin 1x4 + jumper

Radiator

Oprócz wymienionych, na płytce znajdują się także elementy obwodu wyciszania oraz gniazda wejściowe i wyjściowe. Jako wejściowe zastosowano pojedyncze gniazda cinch, w których styk sygnałowy zwierany jest do masy, jeśli do gniazda nie dołączono wtyku kabla. Dzięki temu wzmacniacze nie podłączonych kanałów nie będą się wzbudzać. Jako wyjściowe zastosowano gniazda typu ARK2 do przykręcenia kabli głośnikowych.

W czasie montażu układ scalony wzmacniacza należy wlotować jako ostatni. Ponieważ jego późniejszy demontaż będzie kłopotliwy, należy wcześniej sprawdzić czy pozostałe elementy zostały właściwie zamontowane na płytce. Szczególną uwagę należy zwrócić na zasilacz. Należy sprawdzić, czy dostarcza odpowiedniego napięcia V_p , którego wartość powinna się mieścić w przedziale od 8,5 do 18V. Przed wlotowaniem układu scalonego trzeba najpierw zwymiarować i nawiercić w radiatorze niezbędne otwory do skręcenia go z płytką drukowaną i do zamocowania układu scalonego wzmacniacza. Żeby ciepło było skutecznie odprowadzane, układ powinien ściśle przylegać do radiatora. Można w tym celu użyć sprężyny dociskowej wykonanej ze sprężystej, ale sztywnej blachy, która przykręcona do radiatora z obydwu stron układu będzie go dociskać. Zamiast sprężyny można zastosować sztywną obejmę. Ważne jest, aby układ był pewnie i mocno dociskany do gładkiej, odbierającej ciepło powierzchni

radiatora. Używając blachowkrętów skręcamy radiator z płytką. Następnie należy posmarować pastą silikonową tę stronę obudowy wzmacniacza, która będzie stykać się z powierzchnią radiatora. Układ wstawiamy do płytki i za pomocą sprężyny lub obejmę dociskamy do radiatora. Na koniec należy zalutować wyprowadzenia TDA8571J znajdujące się w otworach płytki drukowanej.

Przed uruchomieniem wzmacniacza należy zewrzeć zworą styki 3 i 2 gniazda JP1. Brak zwory lub zwarcie styku 3 z masą spowoduje, że wzmacniacz znajdzie się w trybie czuwania z obniżonym poborem prądu. Do wyjść należy podłączyć głośniki o oporności nie mniejszej niż 4 Ω i o odpowiedniej mocy. Wejścia wzmacniacza można połączyć z odpowiednimi wyjściami opisanego wcześniej korektora. Po włączeniu zasilania wzmacniacz powinien działać bez żadnych dodatkowych zabiegów.

Znajdujące się na płytce gniazdo DC OUT może służyć do dostarczenia zasilania do urządzeń zewnętrznych np. korektora. Ze względu na obecność prostownika, wzmacniacz może być zasilany zarówno napięciem stałym jak i zmiennym. W przypadku zastosowania zasilającego stałego napięcia nie trzeba się przejmować jego polaryzacją.

Zbigniew Cieślak, AVT
Ryszard Szymaniak, AVT

Wzory płytek drukowanych w formacie PDF są dostępne w Internecie pod adresem: <http://www.ep.com.pl/?pdf/listopad01.htm> oraz na płycie CD-EP11/2001B w katalogu PCB.