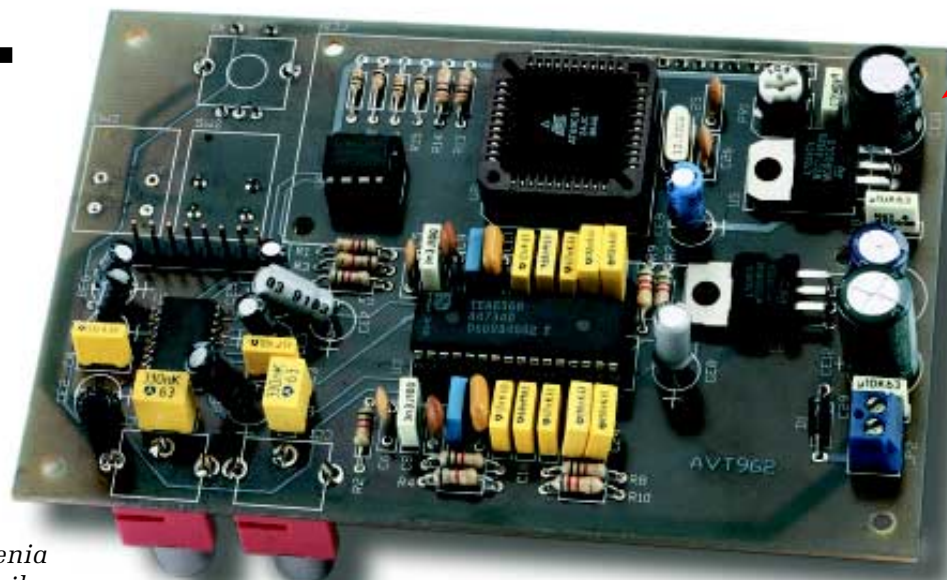


# Korektor i wzmacniacz akustyczny 4x40W, część 1

## 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

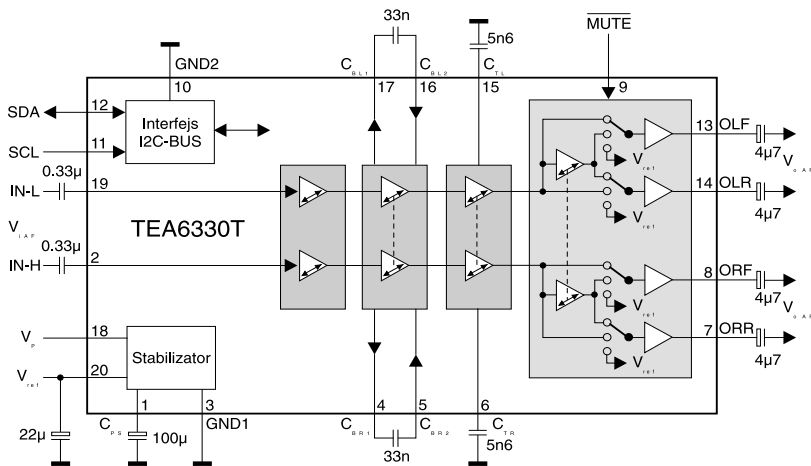
Firma Philips jest jednym z tych producentów, który skutecznie uczestniczy w rywalizacji o rynek urządzeń powszechnego użytku. Firma wiele uwagi poświęca opracowaniu układów przeznaczonych do pracy w torach akustycznych, o czym najlepiej świadczy objętość katalogu poświęconego systemom radiowym i urządzeniom 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 I<sup>2</sup>C, 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 I<sup>2</sup>C. 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 I<sup>2</sup>C, 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 I<sup>2</sup>C 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:

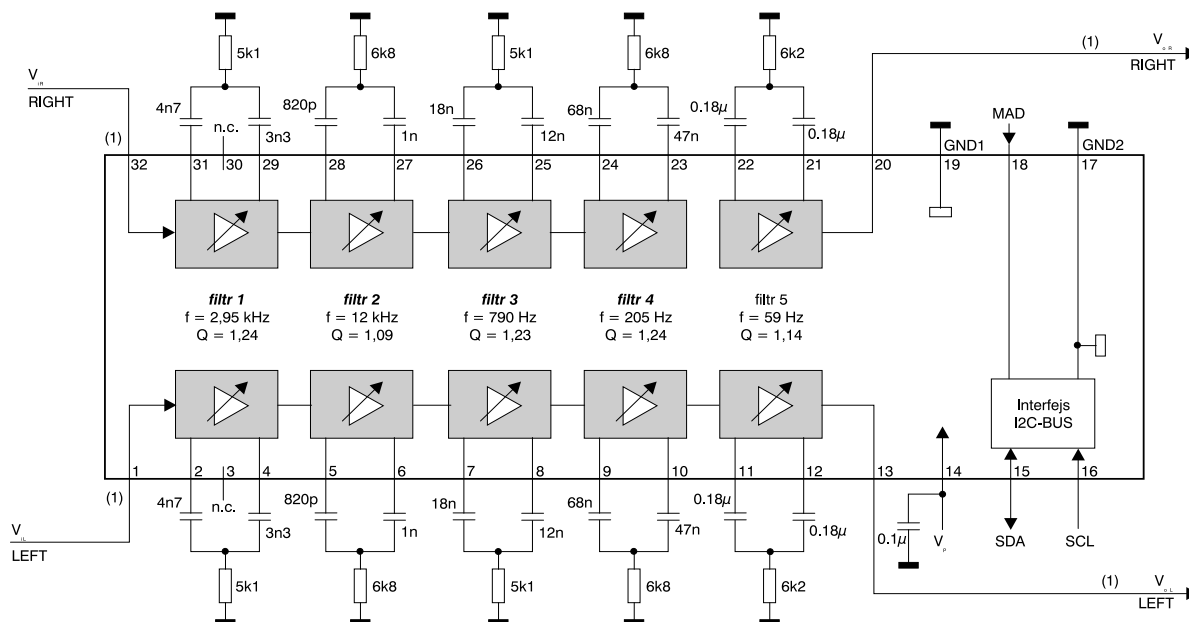
- 00h regulacja głośności kanału lewego
- 01h regulacja głośności kanału prawego
- 02h regulacja tonów niskich
- 03h regulacja tonów wysokich
- 04h regulacja stosunku sygnałów dla głośników przednich i tylnych
- 05h przełączniki wyciszenia i korekcji charakterystyki

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

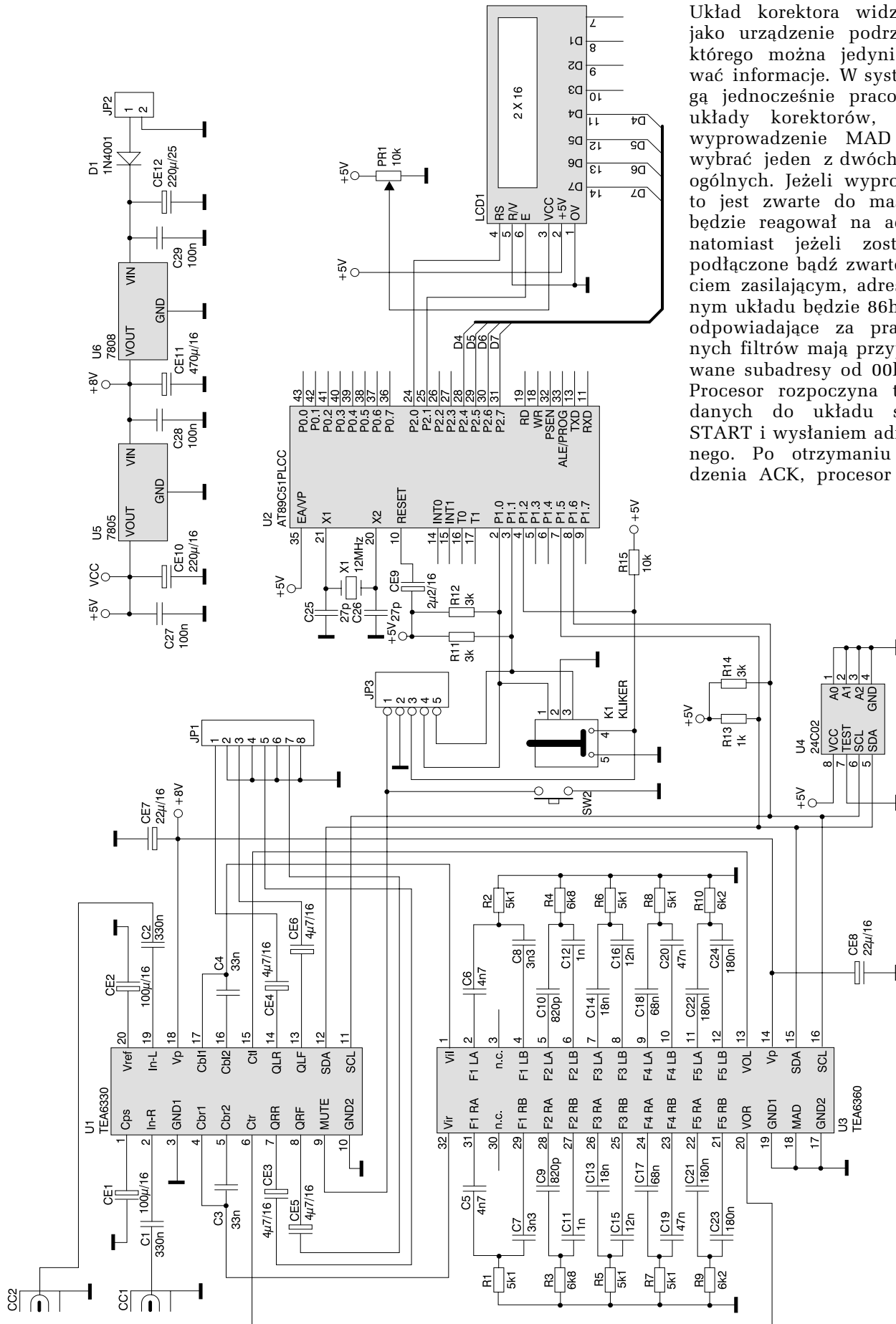
- pasmo: od 0 do 20kHz,
- napięcie zasilania: od 7V do 13V, przy poborze prądu ok. 24,5mA.

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 I<sup>2</sup>C.

### 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 $\Omega$   
R3, R4: 6,8k $\Omega$   
R9, R10: 6,2k $\Omega$   
R11..R14: 3k $\Omega$   
PR1, R15: 10k $\Omega$

#### Kondensatory

C1, C2: 33nF  
C3, C4: 33nF  
C5, C6: 4,7 $\mu$ 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 $\mu$ F/16V  
CE3..CE6: 4,7 $\mu$ F/16V  
CE7, CE8: 22 $\mu$ F/16V  
CE9: 2,2 $\mu$ F/16V  
CE10, CE12: 220 $\mu$ F/25V  
CE11: 470 $\mu$ 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.