

Dział "Projekty Czytelników" zawiera opisy projektów nadesłanych do redakcji EP przez Czytelników. Redakcja nie ponosi odpowiedzialności za poprawność tych projektów, gdyż nie testujemy ich laboratoryjnie.

Prosimy o nadsyłanie własnych projektów z modelami (do zwrotu). Do artykułu należy dołączyć podpisane **oświadczenie, że artykuł jest własnym opracowaniem autora i nie był dotychczas nigdzie publikowany**. Honorarium za publikację w tym dziale wynosi 200,- zł (brutto) za 1 stronę w EP. Przesyłanych tekstów nie zwracamy. Redakcja zastrzega sobie prawo do dokonywania skrótów.

Przedwzmacniacz audio sterowany szyną I²C

Prezentujemy kolejny projekt, który został nagrodzony w konkursie na najciekawszy system mikroprocesorowy. Tym razem jest to przedwzmacniacz audio sterowany cyfrowo, z wbudowanymi prostymi efektami poprawiającymi przestrzenność odtwarzanego dźwięku. Dzięki zastosowaniu w tej konstrukcji nowoczesnych układów scalonych jakość dźwięku jest bardzo dobra, a obsługa niezwykle komfortowa.



Projekt
036

Zaprezentowany tu przedwzmacniacz jest wyposażony w następujące elementy:

- ✓ odbiornik zdalnego sterowania, umożliwiający zdalną obsługę przedwzmacniacza;
- ✓ gniazda wejściowe, umożliwiające współpracę z sześcioma źródłami sygnału;
- ✓ sygnalizację wszystkich funkcji na diodach i wyświetlaczu LED;
- ✓ trzy gniazda sieciowe, przeznaczone do podłączenia pozostałych elementów zestawu audio. Realizuje on następujące funkcje:
 - ✓ regulację wzmocnienia i balansu;
 - ✓ regulację tonów wysokich i niskich;
 - ✓ włączanie i wyłączanie zestawu;
 - ✓ przełączanie efektów (stereo, spacial stereo i pseudo stereo);
 - ✓ wybór źródła sygnału (6 wejść);
 - ✓ wyciszanie (całkowite);
 - ✓ timer 0..90 minut (raster 10 minut);
 - ✓ zdalne sterowanie magnetofonem i tunerem (kilkoma funkcjami).

Opis układu

Całe urządzenie składa się z dwóch części: analogowej i cyfrowej. Część analogową zrealizowałem w oparciu o kostkę TDA 8425. Jest to monolityczny układ scalony, sterowany dwuprzewodową magistralą I²C, przeznaczony do stosowania w sprzęcie telewizyjnym i audio. Tworzy on wraz z niewielką liczbą ele-

mentów zewnętrznych kompletny układ procesora audio o parametrach Hi-Fi i pozwala na realizację następujących funkcji:

- ✗ przełączanie dwóch źródeł sygnału stereofonicznego;
- ✗ wybór trybu pracy (stereo, przestrzenne stereo, pseudo stereo i mono);
- ✗ regulację wzmocnienia i balansu;
- ✗ regulację tonów wysokich i niskich;
- ✗ wyciszanie.

Na rys. 1 jest przedstawiony schemat elektryczny części analogowej. Jest to w zasadzie podstawowa aplikacja kostki TDA8425, uzupełniona o moduł gniazd wejściowych i kilka dodatkowych elementów. Blok analogowy jest zasilany pojedynczym napięciem 12V. Kondensatory C1 i C4 ustalają zakres regulacji tonów wysokich, natomiast C2 i C5 - niskich. Zdecydowałem się również na wykorzystanie w przedwzmacniaczu efektu pseudostereofonicznego (audioprocessor realizuje ten efekt przesuwając fazę sygnału w lewym kanale). Przesunięcie fazy i związaną z tym intensywność efektu ustalają kondensatory C3 i C6. Ich wartości można zmieniać w dosyć szerokich granicach. Dla przykładu przedstawiam tabelę z katalogu firmy Philips (tab. 1).

Sygnal z wyjść procesora audio, poprzez filtry dolnoprzepustowe (R1, C8, C11, R4 i R2, C9, C10, R3) jest doprowadzony do wyjścia przedwzmacniacza (OUT R i OUT L). Moduł wejściowy dostarcza sygnały z gniazd wejściowych do procesora

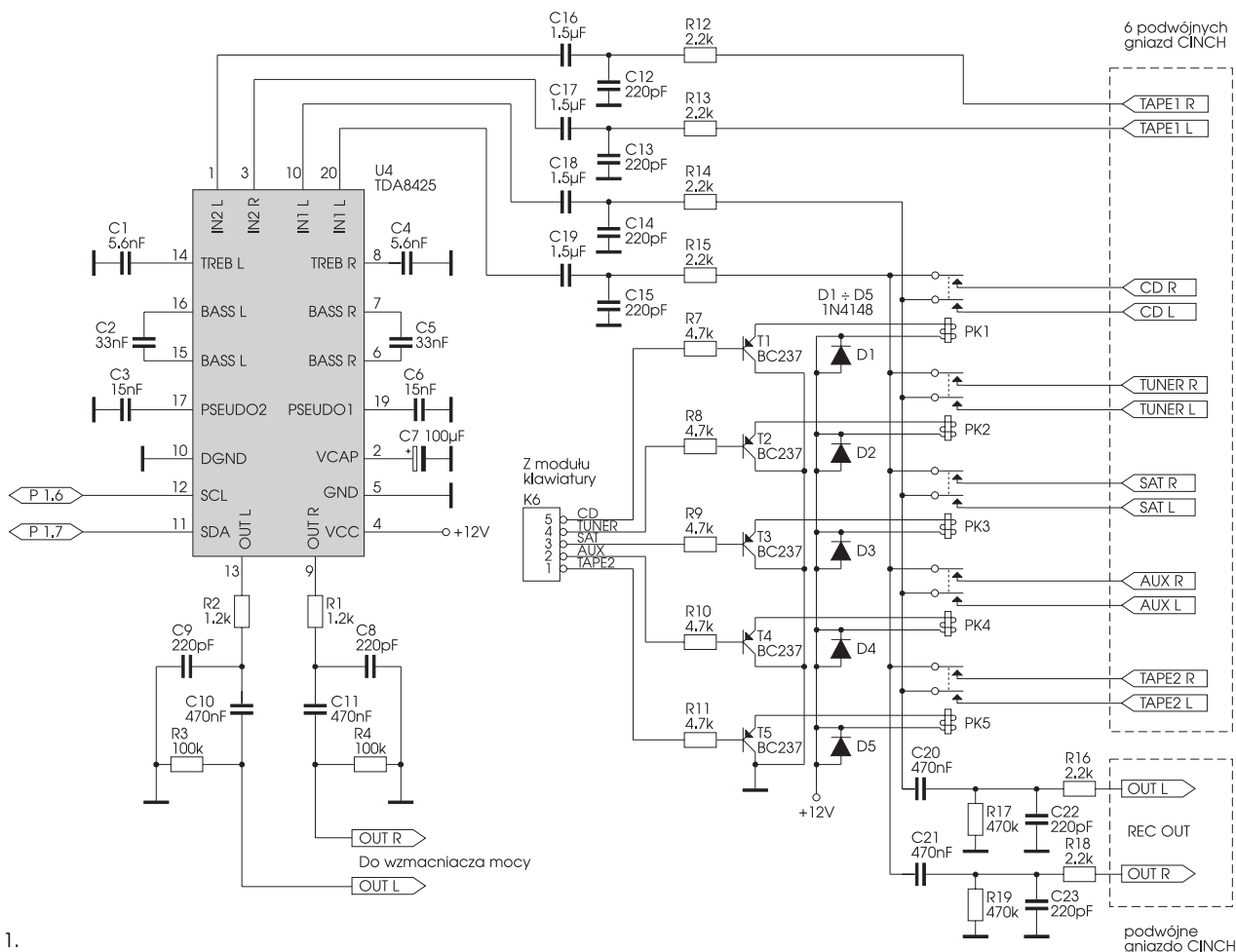
audio. Składa się z sześciu (podwójnych) gniazd GINCH. Siódme gniazdo jest wyjściem do nagrywania REC OUT. Sygnal z wejścia TAPE 1 jest doprowadzony, poprzez filtr dolnoprzepustowy (R9, C1 i R10, C2) i kondensatory separujące (C5 i C6), bezpośrednio do drugiego wejścia procesora audio. Wejście to nie jest połączone z wyjściem REC OUT. Ma to na celu uniknięcie ewentualnych sprzężeń i wzbudzeń, które mogłyby wystąpić pomiędzy wejściem i wyjściem magnetofonu. Pozostałe pięć wejść jest przełączane za pomocą przełączników i sygnal z nich jest doprowadzony, przez filtry dolnoprzepustowe (R11, C3 i R12, C4) oraz kondensatory separujące (C7 i C8), do pierwszego wejścia audioprocessora. Sygnal ten jest doprowadzony także do wyjścia REC OUT.

Drugim blokiem przedwzmacniacza jest część cyfrowa. Jej schemat przedstawia rys. 2. Sercem tej części jest mikroprocesor 80C51 z pamięcią EPROM 27C64 zawierającą program, dzięki któremu jest możliwe sterowanie całym przedwzmacniaczem.

Wyprowadzenia P1.7 (SDA) i P1.6 (SCL) procesora stanowią magistralę I²C, do której są dołączone: audioprocessor i układ SA-A1064 - sterownik wyświetlacza (o nim w dalszej części). Dla poprawnej pracy magistrali konieczne jest podciągnięcie jej wyprowadzeń do plusa zasilania poprzez rezystory R8 i R9. Podłączenie do magistrali dwóch układów (lub więcej) jest możliwe, ponieważ każ-

Tabela 1.

Pin17	Pin19	efekt pseudo stereo
15nF	15nF	normalny
5,6nF	47nF	intensywny
5,6nF	68nF	bardziej intensywny



Rys. 1.

dy układ ma odmienny adres. Procesor najpierw wysła adres danego układu i po odebraniu bitu potwierdzenia odbioru przesyła do niego dane. Występowanie w transmisji bitu potwierdzenia zostało wykorzystane do „zaszyfowania” w programie prostej procedury testującej układy podłączone do magistrali.

I tak, gdy układ TDA 8425 nie odpowie na wezwanie procesora, na wyświetlaczu ukaże się napis 8425, natomiast gdy sterownik wyświetlacza nie odpowie (SAA1064) to dwukolorowa dioda D7 będzie co chwilę zmieniała kolor świecenia. Procedura ta może być pomocna w czasie uruchamiania lub naprawy urządzenia.

Do procesora jest podłączona również 16-przyciskowa klawiatura, która służy do obsługi przedwzmacniacza. Nie jest ona podłączona bezpośrednio, lecz przez prosty układ koder klawiatury, zrealizowanego na układzie CMOS 4532, tranzystorze T1 i kilku rezysto-

rach. Tranzystor generuje najstarszy bit kodu wciśniętego klawisza. Wciśnięcie któregoś klawisza z grupy SW9..SW16 odblokowuje tranzystor T1 i powoduje pojawienie się na jego emiterze stanu wysokiego.

Zastosowanie tranzystora zamiast drugiego układu znacznie upraszcza konstrukcję i zmniejsza koszty. Wyjścia Q0..Q2 oraz emiter T1 podłączone są do procesora (P1.0..P1.3). Rezystor R2 ustala stan niski na wyprowadzeniu P1.3 procesora w sytuacji, gdy T1 jest zatkany. Wyjście EO układu 4532 jest wykorzystane do informowania procesora o użyciu klawiatury.

W momencie wciśnięcia dowolnego klawisza, wyjście EO układu 4532 przechodzi w stan niski i uaktywnia podprogram obsługi klawiatury w procesorze. Procesor odczytuje z wyprowadzeń P1.0..P1.3 kod wciśniętego klawisza i odpowiednio go interpretuje. Puszczanie klawisza powoduje pojawienie się stanu wysokiego na wyprowadze-

niu EO układu 4532 i zakończenie procesu obsługi klawiatury. Rozwiązanie takie, mimo pewnej komplikacji układu, ma szereg zalet w stosunku do klasycznej klawiatury matrycowej - zajmuje tylko 5 linii portu procesora i absorbuje jego pracę jedynie w momencie wciśnięcia jednego z klawiszy.

Poszczególne klawisze realizują następujące funkcje:

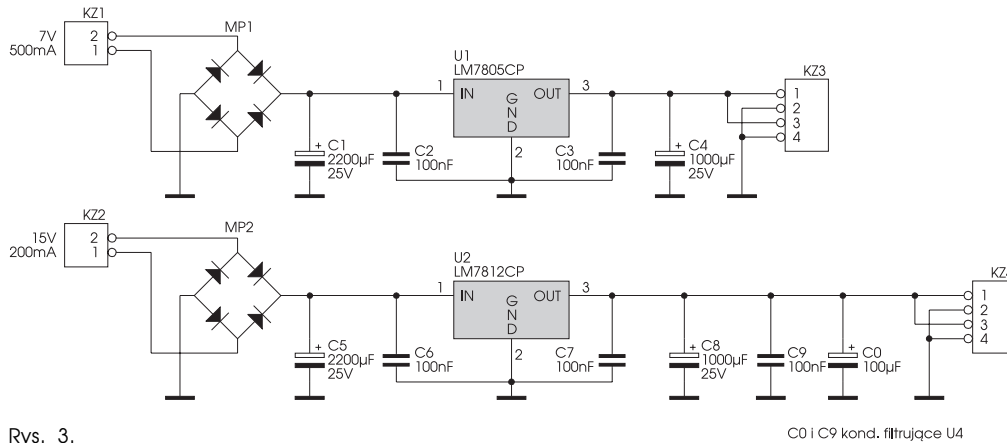
- ◆ SW1..SW6 służą do załączenia źródła sygnału stereofonicznego (CD, TAPE1, TAPE2, AUX, TUNER, SAT);
- ◆ SW7 zwiększanie wzmocnienia;
- ◆ SW8 zmniejszanie wzmocnienia;
- ◆ SW9 reguluje barwę dźwięku w zakresie tonów niskich (BASS) w dół;
- ◆ SW14 reguluje barwę dźwięku w zakresie tonów niskich (BASS) w górę;
- ◆ SW10 przełącza tryby pracy procesora audio(linear stereo, spatial stereo, pseudo stereo);
- ◆ SW11 reguluje barwę

dźwięku w zakresie tonów wysokich (TREBLE) w górę;

- ◆ SW12 reguluje barwę dźwięku w zakresie tonów wysokich (TREBLE) w dół;
- ◆ SW13 włącza i wyłącza wyciszenie dźwięku (MUTE);
- ◆ SW15 reguluje balans w prawo;
- ◆ SW16 reguluje balans w lewo;
- ◆ SW0 włącza i wyłącza zestaw (STAND-BY).

Pewnym wyjątkiem jest klawisz STAND-BY podłączony bezpośrednio do wejścia INT1 procesora (bez pośrednictwa koder klawiatury). Procesor ma też za zadanie dekodowanie sygnału z pilota. Sygnał ten jest wzmacniany we wzmacniaczu podczerwieni i podany na wejście przerwania INT0.

Do dalszej obsługi wykorzystałem pilota NZS2040 (na układzie SAA 3010, pracujący w standardzie RC-5) i scalony odbiornik podczerwieni DHR38N produkcji DAEWOO. Aby nowo zakupiony pilot współpracował



Rys. 3.

nowoczesnego układu zwolniło procesor od wielu zadań związanych z obsługą wyświetlacza, którego elementy spełniają następujące funkcje:

- ✓ Po włączeniu zestawu DL1 wyświetla wzmocnienie dla kanału prawego, a DL2 dla kanału lewego (w obu przypadkach zmienia się ono od 0 do 72 w 36 krokach, nie jest to rzeczywiste wzmocnienie, lecz umownie przyjęte).
- ✓ DL1 wskazuje poziom barwy dźwięku podczas jej regulacji, a DL2 wyświetla symbol db. Zakres regulacji barwy dźwięku wskazywany przez wyświetlacze wynosi $\pm 12\text{dB}$ dla tonów wysokich i od -12dB do $+15\text{dB}$ dla tonów niskich. Po ok. 2 sekundach po zaprzestaniu regulacji ponownie wyświetlane jest wzmocnienie w obu kanałach.
- ✓ Diody D1 i D2 informują użytkownika, że przeprowadza właśnie regulację tonów niskich (zapala się na czas regulacji).
- ✓ Diody D3 i D4 spełniają tę samą funkcję co D2 tylko dla tonów wysokich.
- ✓ Wyświetlane są również następujące symbole: LI ST (linear stereo), SP ST (spatial stereo) i PS ST (pseudo stereo), podczas ustalania trybu pracy procesora audio klawiszem SW10.
- ✓ Funkcja MUTE jest sygnalizowana przez naprzemiennie zapalające się środkowe poziome segmenty wyświetlacza.

Procesor steruje również wyborem źródła sygnału audio. Aby zaoszczędzić końcówki procesora zastosowałem dekodery kodu dwójkowego "1 z 8 z negacją", w postaci układu scalonego U2. Na jego wyjściu w danej chwili, panuje tylko jeden niski stan logiczny. Umożliwia on zasilanie, poprzez odpowiedni tranzystor T1..T5 (w module wejściowym), tylko jednego z przełączników podających sygnał na audioprocesor. Ponadto, do wyprowadzeń U2 podłączone są diody LED D1..D6, które sygnalizują podłączenie odpowiedniego wejścia.

Wyprowadzenie Y7 kostki U2 jest wykorzystane do sygnalizacji stanu pracy urządzenia (STAND-BY - D7 świeci na czerwono, praca - D7 świeci na zielono). Zastosowanie elementów: T5, T6, R3 i R4 wynika ze sterowania dwóch anod diody za pomocą jednego sygnału (wyprowadzenie Y7-U2). Wyjście Y7 włącza również przełącznik PK6 (przez tranzystor T7), który podaje napięcie sieci 220V na gniazda sieciowe umieszczone z tyłu obudowy. W trybie STAND-BY przełącznik jest wyłączony.

Wbudowany zasilacz (rys. 3) dostarcza niezbędnych napięć zasilających przedwzmacniacz. Jako elementów stabilizujących napięcie zasilania użyłem popularnych układów 7805 i 7812.

Montaż i uruchomienie układu

Całość jest zmontowana na sześciu płytkach drukowanych. Rysunków płytek klawiatury i zasilacza nie zamieszczam, gdyż roz-

mieszczenie klawiszy jest sprawą indywidualną.

Jako płytkę procesora wykorzystałem gotowy kit AVT222. Płytką tą jest umieszczona w gniazdach znajdujących się na płytce procesora audio. Montaż należy przeprowadzić według ogólnych zasad.

Szczególnej staranności montażu wymagają: płytka

audioprocesora (elementy należy montować możliwie płasko, gdyż z góry montuje się na niej kit AVT222) oraz płytka wyświetlacza (ze względu na dużą liczbę zwoń).

Poprawnie zmontowany układ działa od pierwszego włączenia. Poprawność działania powinna objawić się w sposób następujący: po włączeniu do sieci układ przechodzi automatycznie w stan czuwania (diody „STAND-BY“ świeci na czerwono, wyświetlacz wygaszony). Następnie, przyciskiem SW0 („STAND-BY“) lub z pilota włączamy przedwzmacniacz. Diody „STAND-BY“ zmienia kolor świecenia na zielony, a wyświetlacz wskaże wartość wzmocnienia w obu kanałach równą 20. Gdy tak się stanie, możemy przystąpić do prób odsłuchowych i testowania poszczególnych funkcji.

Robert Senktas

WYKAZ ELEMENTÓW

Przedwzmacniacz

- Rezystory**
 R1, R2: 1,2kΩ
 R3, R4: 100kΩ
 R7..11: 4,7kΩ
 R12..15, R16, R18: 2,2kΩ
 R17, R19: 470kΩ
- Kondensatory**
 C1, C4: 5,6nF
 C2, C5: 33nF
 C3, C6: 15nF
 C7: 100μF/16V
 C8, C9: 220pF
 C10, C11: 470nF
 C12..15, C22, C23: 220pF
 C16..19: 1,5μF
 C20, C21: 470nF
- Półprzewodniki**
 U4: TDA8425
 T1..5: BC237
 D1..5: 1N4148
- Różne**
 PK1..5: dowolne przełączniki miniaturowe 12V

Moduł sterujący

- Rezystory**
 R1, R5: 470Ω
 R2: 4,7kΩ
 R3: 68kΩ
 R4, R6: 2,2kΩ
 R7: 10kΩ
 R8, R9: 4,7kΩ
 R10: 8,2kΩ
 R11: 3,9kΩ
- Kondensatory**
 C1: 3,3nF
 C2..25: 100nF (blokują zasilanie - nie zaznaczono na schemacie z rys. 2)
 C26..29: 22μF/16V (blokują

- zasilanie - nie zaznaczono na schemacie z rys. 2)
 C30, C32: 27pF
 C32: 10μF
- Półprzewodniki**
 U1: 80C51 (wchodzi w skład kitu AVT-222)
 U2: 74LS373 (wchodzi w skład kitu AVT-222)
 U3: 27C64, zaprogramowana
 U4: 74LS374
 U1: 4532
 U2: 74LS138
 U3: SAA1064
 T1, T5, T6: BC327
 T2, T3: BC238
 T4: 2N2369
 T7: BC547
 D1..6: LED
 D7: LED dwukolorowa
 D8: 1N4148
 DL1, DL2: podwójne wyświetlacze LED, wspólna anoda
- Różne**
 R-pack w obudowie DIL16 8x4,7kΩ
 Sw0..16: mikroprzetłączniki

Zasilacz

- Kondensatory**
 C0: 100μF/25V
 C1, C5: 2200μF/25V
 C2, C3, C6, C7, C9: 100nF
 C4, C8: 1000μF
- Półprzewodniki**
 U1: 7805
 U2: 7812
 MP1, MP2: mostki prostownicze 1A/50V