



# PRE4562 – przedwzmacniacz liniowy audio

Przedwzmacniacz liniowy audio z przełącznikiem wejść sygnałowych jest niezbędnym elementem każdego rozbudowanego toru wzmacniacza. Opisywany projekt wyposażono w przełącznikowy (PVC) regulator głośności eliminujący problemy ze współczesnymi potencjometrami oraz zdalne sterowanie usprawniające obsługę przy zachowaniu najprostszych możliwych rozwiązań układowych. Dzięki zastosowaniu nowoczesnych elementów, niewielkim nakładem kosztów można uzyskać bardzo przyzwoity efekt.

**Rekomendacje:** kompletny przedwzmacniacz z selektorem źródeł, który przyda się np. w konstruowanym wzmacniaczu mocy.

Przedwzmacniacz składa się z trzech bloków funkcjonalnych:

- regulatora głośności PVC z przełącznikiem dla trzech wejść sygnałowych (zmodyfikowany układ z EP6/11, regulacja w 64 krokach pseudologarytmiczna),
- przedwzmacniacza liniowego oparteo o nowoczesny wzmacniacz operacyjny typu LM4562 z wbudowanym niskoszumnym zasilaczem z układami ADP7102,
- układu zdalnego sterowania z mikrokontrolerem ATmega328 i wyświetlaczem LCD.

Schemat potencjometru regulatora głośności pokazano na rysunku 1. W prototypie ten potencjometr ma rezystancję 25,5 kΩ i bazowy krok 100 Ω. Pozostałe elementy są wielokrotnością i powstają poprzez odpowiednie połączenie rezystorów o opornościach: 100 Ω, 200 Ω, 200 Ω+200 Ω; 1,6 kΩ równoległe z 1,6 kΩ; 1,6 kΩ; 1,6 kΩ+1,6 kΩ; 6,2 kΩ+200 Ω, 12 kΩ szeregowo z połączonymi równoległe dwoma rezystorami 1,6 kΩ. Oczywiście, dopuszczalne są połączenia in-

nych wartości, w zależności od oczekiwanej rezystancji potencjometru. Za przełączanie drabinki rezystorów odbywa się za pomocą przełączników miniaturowych typu G6K-2F, idealnie nadających się do przełączania sygnałów o niedużych wartościach napięcia i prądu. Odpowiednie oprogramowanie umożliwi uzyskanie zbliżonej do logarytmicznej charakterystyki regulacji głośności.

Potencjometr (2 szt.) jest podstawowym elementem składowym płytki selektora, której schemat pokazano na rysunku 2. Zrezygnowałem w nim z gniazd lutowanych do druku na rzecz konektorów SIP i gniazd montowanych do obudowy, co umożliwi łatwiejsze umieszczenie urządzenia w mniejszej obudowie lub zastosowanie gniazd RCA o wyższej jakości. Sygnały wejściowe doprowadzone są do gniazd J1-J3L/R i poprzez przełączniki wyboru źródła REL1/2 do potencjometrów PVC. Sygnał wyjściowy jest dostępny na złączach J-11R/L. Dla zwiększenia elastyczności zastosowałem płytki, złącza J1 i J2 umieszczone są po tej samej stronie płytki, co złącza wejściowe. Umożliwia

**W ofercie AVT\***  
AVT-5382 A AVT-5382 UK

**Podstawowe informacje:**

- Wejścia dla 3 źródeł sygnałów, regulacja wzmocnienia.
- Zasilanie z sieci 230 V AC.
- Konstrukcja „minimalistyczna”, przeznaczona dla użytkowników o dużych wymaganiach.
- Przedwzmacniacz w oparciu o niskoszumny LM4562.
- Zdalne sterowanie za pomocą nadajnika RC5.
- Mikrokontroler ATmega328, wyświetlacz LCD.

**Dodatkowe materiały na CD/FTP:**  
<ftp://ep.com.pl>, user: 32858, pass: 4285avne

- wzory płytek PCB
- karty katalogowe i noty aplikacyjne elementów oznaczonych w Wykazie elementów kolorem czerwonym

**Projekty pokrewne na CD/FTP:**  
(wymienione artykuły są w całości dostępne na CD)

AVT-1670 Stereofoniczny regulator barwy dźwięku (EP 4/2012)

AVT-1634 Przedwzmacniacz z TDA1524A (EP 8/2011)

AVT-566 Procesor audio z wejściem S/PDIF (EP 3-4/2004)

AVT-5082 Cyfrowy procesor dźwięku (EP 9/2002)

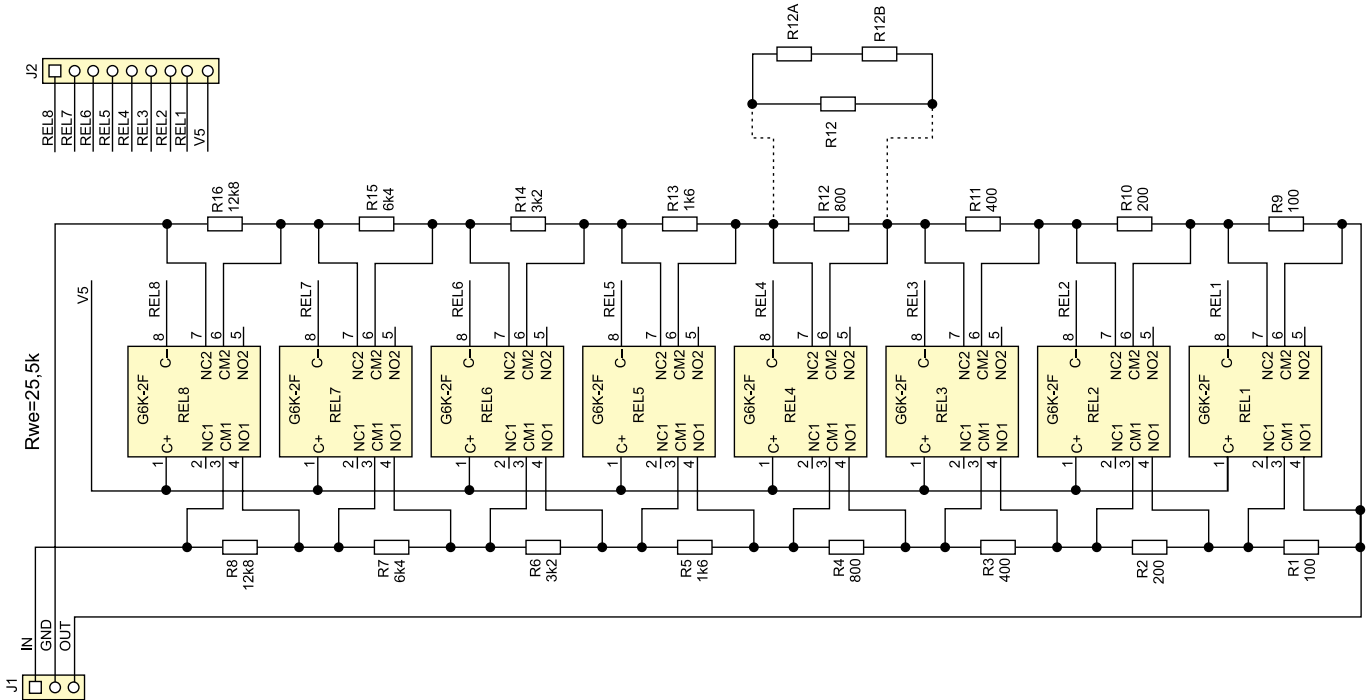
AVT-244 Procesor dźwięku z układem LM1036 (EP 8/1996)

AVT-196 Procesor audio na układzie TDA1524A (EP 2/1995)

\* Uwaga:  
Zestawy AVT mogą występować w następujących wersjach:  
AVT xxxx UK to zaprogramowany układ. Tylko 1 i wyłącznie. Bez elementów dodatkowych.  
AVT xxxx A płytka drukowana PCB (lub płytki drukowane, jeśli w opisie wyraźnie zaznaczono), bez elementów dodatkowych.  
AVT xxxx A- płytka drukowana i zaprogramowany układ (czyli połączenie wersji A i wersji UK) bez elementów dodatkowych.  
AVT xxxx B płytka drukowana (lub płytki) oraz komplet elementów wymienionych w załączniku pdf  
AVT xxxx C to nic innego jak zmontowany zestaw B, czyli elementy wstawiane w PCB. Należy mieć na uwadze, że o ile nie zaznaczono wyraźnie w opisie, zestaw ten nie ma obudowy ani elementów dodatkowych, które nie zostały wymienione w załączniku pdf  
AVT xxxx CD oprogramowanie (nieczęsto spotykana wersja, lecz jeśli występuje, to niezbędne oprogramowanie można ściągnąć, klikając w link umieszczony w opisie kitu)

Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz! (UK, A, A-, B lub C). <http://sklep.avt.pl>

to niezależne zastosowanie płytki selektora i skrócenie wyprowadzeń do minimum. Obwód rezystor R1/ kondensator C1 ustala potencjał obudowy na poziomie masy jednocześnie w większości przypadków zapobiegając problemom z pętlą masy. W prototypie zrezygnowałem z regulacji balansu. Sterowanie przełączników PVC kanału lewego i prawego jest połączone równoległe i doprowadzone jest do złącza J1.



Rysunek 1. Schemat potencjometru regulacji głośności

Z płytki selektora i PVC sygnał jest doprowadzony do płytki przedwzmacniacza. Jej schemat przedstawiono na **rysunku 3**. Przedwzmacniacz wykonano w oparciu niskoszumny wzmacniacz operacyjny U3 typu LM4562. Ustalono wzmacnienie  $k_u=2$  V/V jako wystarczające w większości zastosowań. Sygnał wejściowy poprzez filtr dolnoprzepustowy rezystor R1L+ kondensator C1L jest

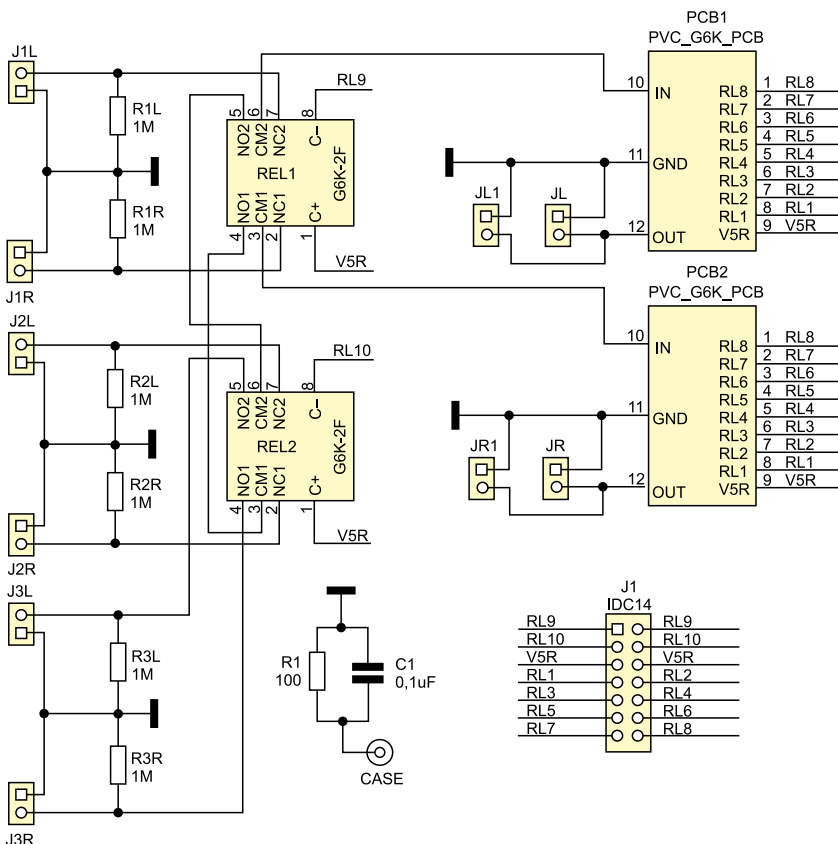
doprowadzony do wejścia nieodwracającego U3, rezystory R3 i R4 ustalają wzmacnienie (można zmienić w zależności od potrzeb). Kondensator C2 kształtuje charakterystykę pętli sprzężenia zwrotnego, niewielkie jego korekty pozwalają na wyeliminowanie „dzwonienia” przebiegu prostokątnego. Rezystor R5L zabezpiecza wzmacniacz przed przegrzaniem w wypadku zwarcia na wyj-

ściu i ogranicza wydajność prądową wzmacniacza. LM4562. Doskonale współpracuje przy tym z małym obciążeniem, nawet rzędu  $600 \Omega$ , zachowując niewielkie zniekształcenia, co pozwala na bezpośrednie zasilanie słuchawek o rezystancji  $600 \Omega$ . W rzeczywistości obciążenie przedwzmacniacza jest znacznie większe, co zmniejsza poziom zniekształceń. Dzięki nowoczesnemu wzmacniaczowi operacyjnemu, nawet tak prosty układ ma doskonałe parametry.

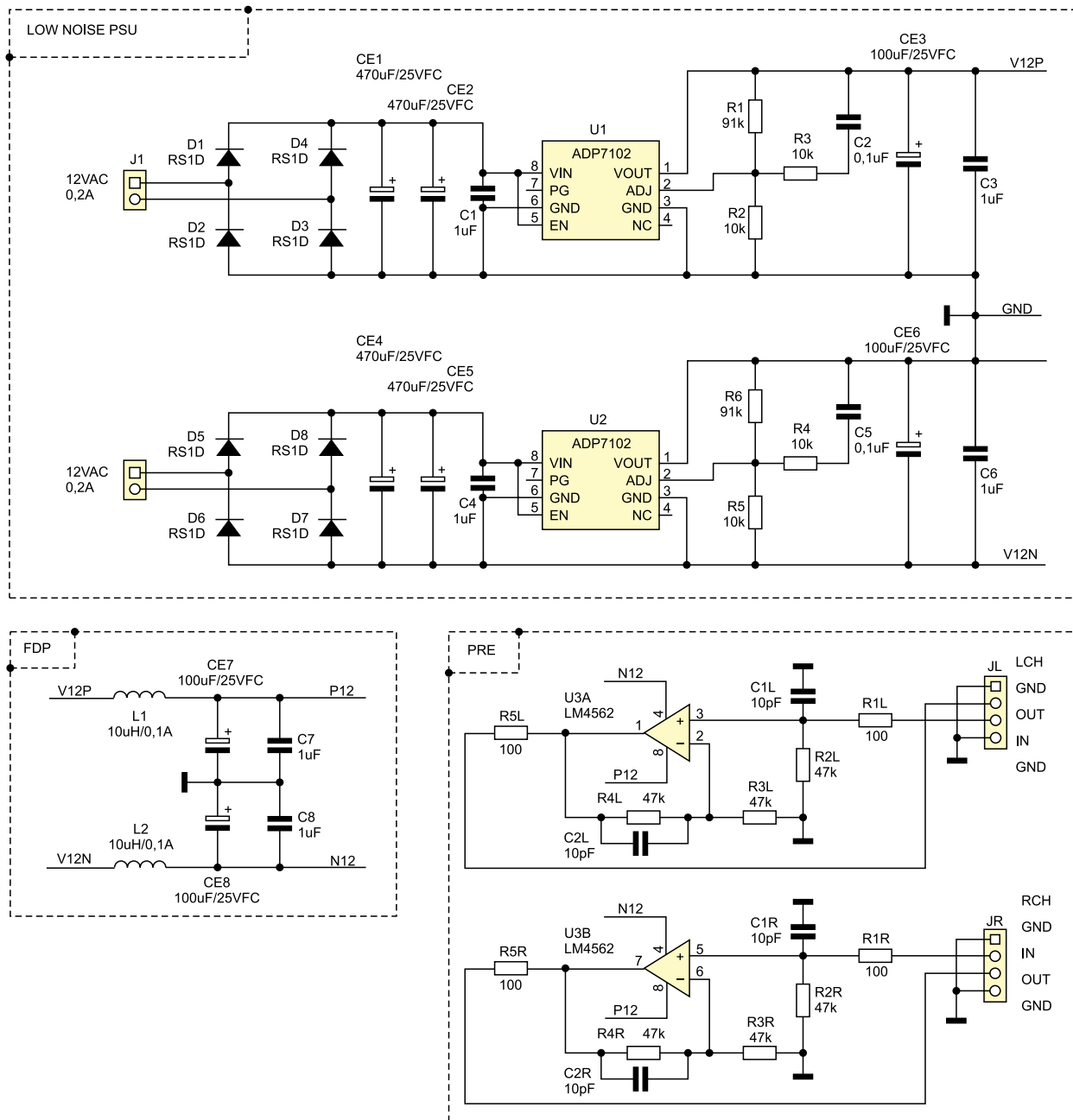
Jak to bywa w większości „nieskomplikowanych” układów, dla osiągnięcia zadawalających parametrów zasilacz bywa bardziej skomplikowany od zasilanego układu. Aby nie pogarszać parametrów LM4562, układ wymaga symetrycznego zasilania o niskim poziomie szumów. Stabilizator U1 typu ADP7102 doskonale wypełnia to zadanie.

Napięcie przemiennie po wyprostowaniu za pomocą mostka złożonego z szybkich diod D1...D4 i odfiltrowaniu jest podawane wejście stabilizatora U1. Dzielnik rezystan-

REKLAMA



Rysunek 2. Płytki selektora wejść



Rysunek 3. Schemat płytki przedwzmacniacza

**Wykaz elementów**

**Przedwzmacniacz:**

**Rezystory:** (SMD 1206, 1%)

- R1, R6: 91 kΩ
- R2, R3...R5: 10 kΩ
- R1L, R1R, R5L, R5R: 100 Ω (metalizowany, niskoszumny, THT, 1%)
- R2L...R4L, R2R...R4R: 47 kΩ (metalizowany, niskoszumny, THT, 1%)

**Kondensatory:**

- C1, C3, C4, C6...C8: 1 μF (SMD 1206)
- C2, C5: 0,1 μF (SMD 1206)
- C1L, C1R, C2L, C2R: 10 pF (ceram.)
- CE1...CE5: 470 μF/25 V (CE0.2\_12, elektrolit. Low ESR; R=5 mm)
- CE3, CE6...CE8: 100 μF/25 V (CE0.15\_9, elektrolit., Low ESR; R=3,5 mm)

**Półprzewodniki:**

- D1...D8: RS1D (MELF)
  - U1, U2: ADP7102 (SO8TP)
  - U3: LM4562 (DIP-8)
- Inne:**  
J1, J2: ARK2-200

(złącze śrubowe ARK2 5 mm)

JL, JR: złącze SIP4  
L1, L2: 10 μH/0,1 A (dławik)

**Zdalne sterowanie:**

- Rezystory:** (SMD 0805)
- R1, R4: 100 Ω
  - R2: 22 kΩ
  - R3: 2,2 kΩ
  - R5: 1 kΩ
  - RV1: 10 kΩ (RV0.2, pot. montażowy)

**Kondensatory:**

- C1, C4...C6: 100 nF (SMD 0805)
- C2, C3: 22 pF (SMD 0805)
- CE1, CE2: 10 μF/16 V (CE0.1, elektrolit.; R=2,5 mm)
- CE3: 1000 μF/16 V (CE0.2, elektrolit.; R=5 mm)

**Półprzewodniki:**

- IR: TSOP4836 (odbiornik podcz.)
- U1: ATmega328-16AU (TQFP32)
- U2: LF50CV (TO-220)
- U3, U4: ULN2003 (SO-16)

BR1: B10S (mostek prostowniczy SMD)

LD1: dioda LED

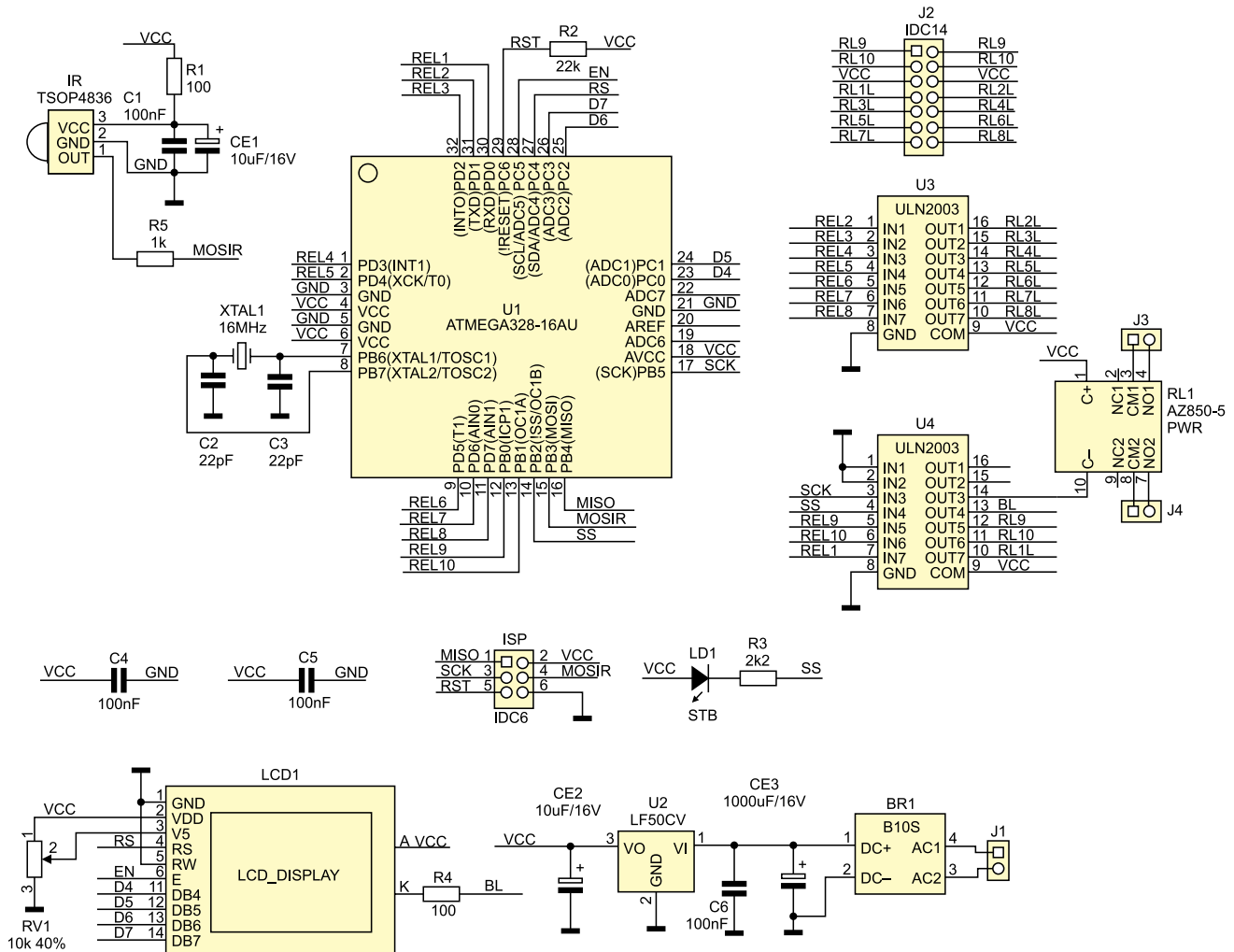
**Inne:**

- ISP: złącze IDC6
- J1, J3, J4: złącze KK R=2,54
- J2: złącze IDC14 (kompletne z taśmą 1:1)
- LCD1: HY0802 (wyświetlacz LCD 2×8)
- RL1: przekaźnik AZ850-5 (cewka 5 V)
- XTAL1: 16 MHz (kwarc niski HC49S)

**Selektor wejść:**

- R1: 100 Ω (SMD 1206)
- R1L...R3L, R1R...R3R: 1 MΩ (SMD 1206, 1%)
- C1: 0,1 μF (SMD 1206)
- J1: złącze IDC14 (kompletne)
- J1L...J3L, J1R...J3R, JL, JL1, JR, JR1: złącze SIP2 (kompletne + gniazda RCA)
- PCB1, PCB2: 2 zmontowane moduły potencjometru
- REL1, REL2: przekaźnik G6K-2F-5V (5 V)





Rysunek 4. Schemat układu zdalnego sterowania

cyjny złożony z rezystorów R5 i R6 ustala napięcie wyjściowe. Rezystor R4 i kondensator C5 kompensują pętlę sprzężenia U1, kondensatory C3 oraz CE3 zapewniają stabilność U1 i odsprężają zasilanie. Sam wzmacniacz U3 jest zasilany poprzez dodatkowy filtr złożony z dławika L1 i kondensatorów CE7, C7. Zasilacz napięcia ujemnego jest identyczny. W celu uzyskania dobrych parametrów przedwzmacniacza, należy zastosować kondensatory elektrolityczne o małej rezystancji szeregowej ESR. Układ jest zasilany z dwóch uzwojeń 12 V/200 mA transformatora toroidalnego.

Przedwzmacniacz uzupełnia układ zdalnego sterowania. Umożliwia on załączenie i wyłączenie przedwzmacniacza, regulację głośności, przełączenie wejść, wyciszenie oraz pamięć ustawień przy wyłączeniu zasilania. Wybrane wejście oraz poziom głośności są prezentowane na wyświetlaczu LCD o rozdzielczości 2 linie  $\times$  8 znaków. W prototypie zastosowano wyświetlacz negatywny z podświetlaniem bursztynowym, idealnie zgrzywający się ze współpracującym wzmacniaczem lampowym. Godne polecenia jest zastosowanie wyświetlacza OLED, kompatybilnego pod względem rozmieszczenia wyprowadzeń, a niemającego wad LCD. Jest on co prawda

niec droższy, ale zdecydowanie bardziej czytelny (dostępne są już w kolorze żółtym i zielonym). Wystarczy nie montować potencjometru kontrastu i obwodu zasilania podświetlenia. W przedwzmacniaczu zrezygnowano z klawiatury – jest on obsługiwany wyłącznie za pomocą pilota zdalnego sterowania.

Schemat płytki zdalnego sterowania pokazano na **rysunku 4**. Jej sercem jest mikrokontroler ATmega328 taktowany kwarcem 16 MHz. Jako odbiornik podczerwieni zastosowano TSOP4838 z charakterystyczną soczewką (zdecydowanie łatwiej zamontować go na froncie obudowy – wystarczy wywiercić otwór 5 mm). Bufory U3 i U4 zapewniają wysterowanie przekaźników PVC i selektora. Przełącznik RL1 jest aktywowany po włączeniu przedwzmacniacza i umożliwia zdalne załączenie końcówek mocy. Jego styki zwierne doprowadzono do złącz J3 i J4. Dioda LD1 sygnalizuje wyłączenie przedwzmacniacza. Zasilacz układu jest typowy, oparty o stabilizator LDO. Dostarcza napięcia +5 V zarówno do zasilania mikrokontrolera, jak i cewek przekaźników. Całość jest zasilana napięciem 7,5 V z osobnego uzwojenia transformatora.

Do obsługi prototypu jest używany bardzo wygodny pilot pracujący w standardzie

RC5 typu IRC352, Wykorzystywany jest adres „0”, typowo przypisany odbiornikom TV. Na **fotografii 5** pokazano przykładowe piloty zgodne z IR352, w tym bardzo popularny RC6 – nie grzeszy on co prawda jakością wykonania i wygodą obsługi, ale można go nabyć dosłownie za kilka złotych.

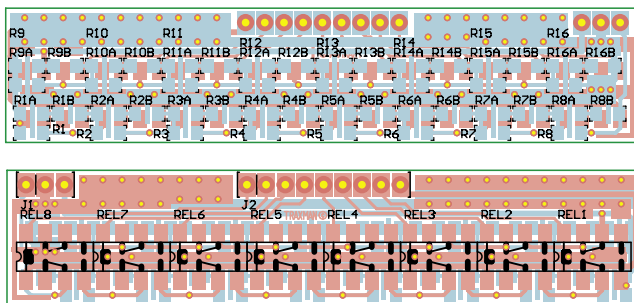
## Oprogramowanie

Ze względu na potencjalne problemy ze współpracą z posiadanym pilotem zdalnego sterowania, ograniczoną możliwością zakupu pilota zastosowanego w prototypie

REKLAMA



Fotografia 5. Piloty zgodne z przedwzmacniaczem i przetestowane z prototypem



Rysunek 6. Schemat montażowy potencjometru

lub problemami z dostosowaniem oprogramowania do własnych potrzeb, program sterujący napisano za pomocą kompilatora Arduino przy zastosowaniu bibliotek IRremote (<http://github.com/shirriff/Arduino-IRremote>). Listing programu zamieszczono w materiałach dodatkowych (zgodnie z terminologią Arduino, tekst programu nosi nazwę szkicu).

Przyciski VOL+/VOL- służą do zmiany głośności, natomiast StandBy do załączenia/wyłączenia przedwzmacniacza. Zasilanie nie jest przy tym wyłączane, ale jedynie są wyciszana wyjścia – w ten sposób przedwzmacniacz jest zawsze gotowy do pracy. Do wyboru wejść służą klawisze 1, 2, 3, a przycisk MUTE do wyciszenia sygnału.

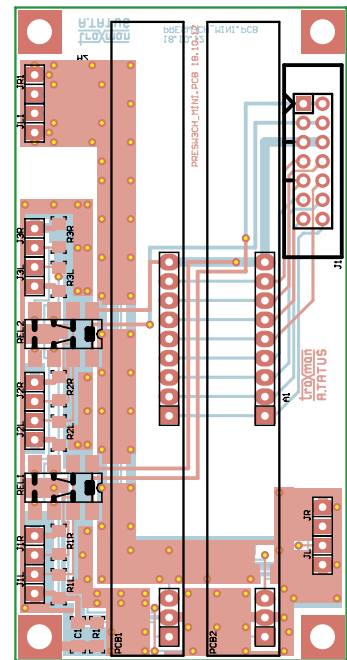
W wypadku konieczności zmiany pilota lub dopasowania niezgodnego z RC5,

pomocnym szkicem jest IRtest z biblioteki IRremote. Za jego pomocą można określić standard nadawania oraz kody przypisane klawiszom pilota i odpowiednio zmodyfikować szkic programu sterującego.

**Montaż**

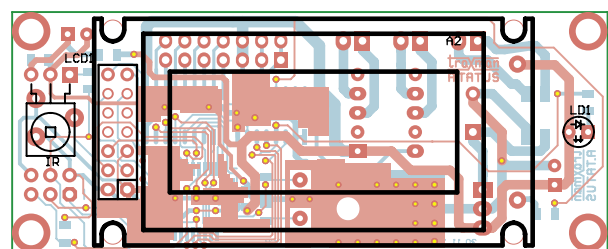
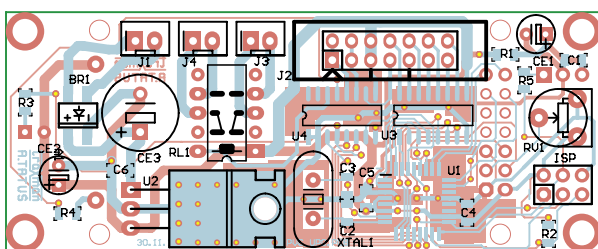
Moduły współpracujące z przedwzmacniaczem (potencjometr, selektor, zdalne sterowanie) zmontowano na 4 dwustronnych płytach drukowanych (dwie płytki potencjometru są identyczne). Poszczególne schematy montażowe pokazano na rysunkach 6...8. Dwa moduły potencjometru wraz z pozostałymi elementami należy włutować do płytki przełącznika wejść.

Schemat montażowy przedwzmacniacza pokazano na rysunku 9. Cały układ poprzez

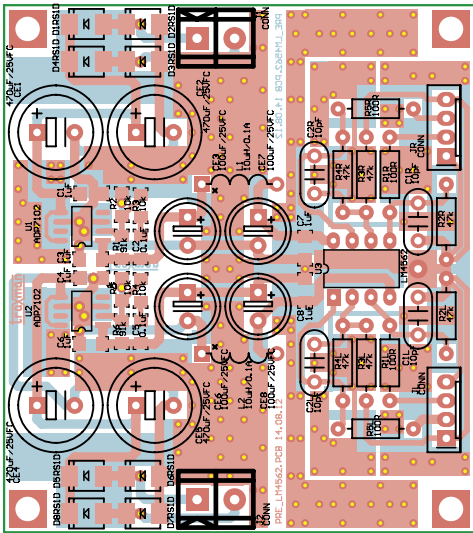


Rysunek 7. Schemat montażowy selektora wejść

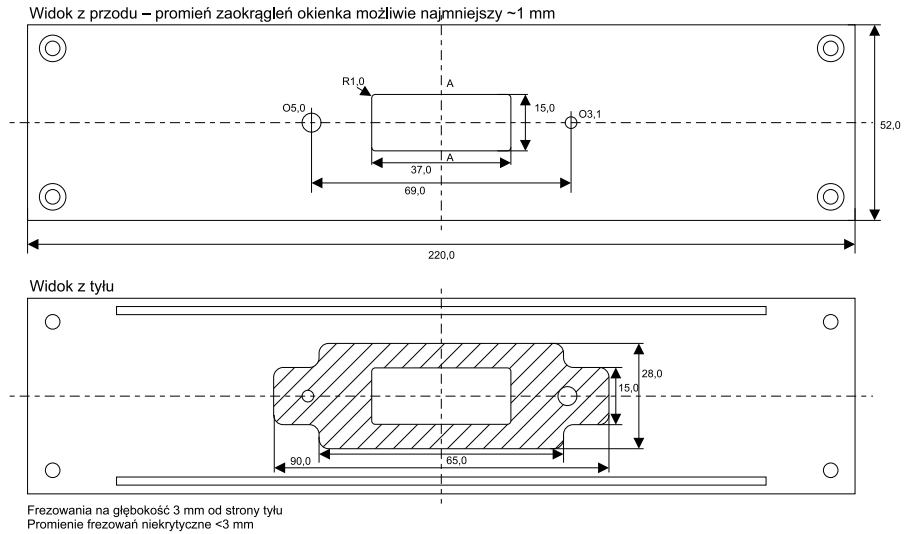
gniazdo IEC z oprawką bezpiecznikową jest zasilany z pojedynczego transformatora toroidalnego w wykonaniu audio. Ekran elektrostatyczny transformatora należy połączyć z obudową i bolcem ochronnym gniazda IEC. Transformator trzeba zamontować na podkładce izolacyjnej oraz dodatkowo na podkładce gumowej tłumiącej ewentualne drgania. Przewody oraz wyprowadzenia 230 V AC muszą być dodatkowo zainizolowane koszulkami termokurczliwymi. Przewód ochronny gniazda IEC należy połączyć z obudową w okolicach gniazda IEC. Okablowanie gniazd wejściowych ze względu na ich niewielką długość przy zachowaniu rozmieszczenia elementów jak w prototypie, można wykonać skrętką nieekranowaną. Połączenia płytki selektora i przedwzmacniacza należy wykonać przewodami w ekranie. W wypadku innego rozmieszczenia elementów i większej odległości gniazd od selektora, także te połączenia powinny być ekranowane. Połączenie zdalnego sterowania i selektora wykonano z użyciem taśmy 14-przewodowej i złącz zaciskanych IDC14. Przewody doprowadzające napięcia z uzwojeń transformatora są skręczone oraz dodatkowo izolowane za pomocą koszulki termokurczliwej. Jeżeli mamy zamiar korzystania z wyjść sterujących do załączania końcówek mocy, to na ścianie tylnej należy



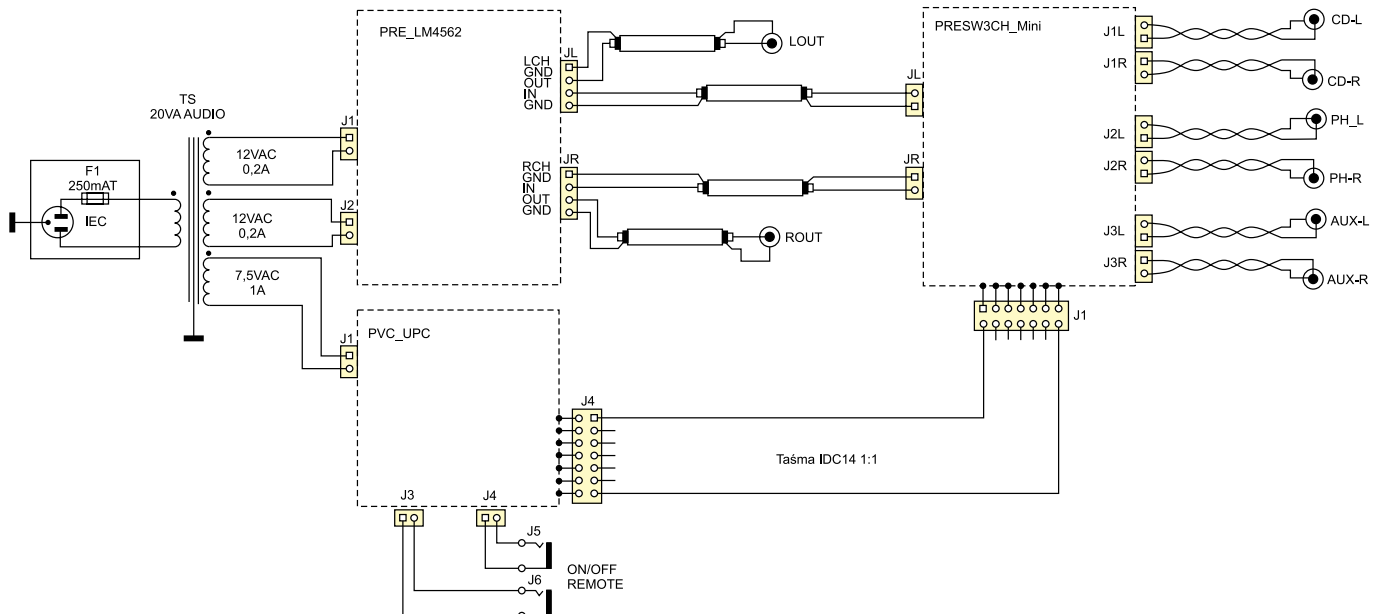
Rysunek 8. Schemat montażowy modułu zdalnego sterowania



Rysunek 9. Schemat montażowy przedwzmacniacza



Rysunek 10. Szkic panelu czołowego



Rysunek 11. Schemat połączenia poszczególnych płytek przedwzmacniacza

zamontować gniazda J5i J6, najlepiej typu mini Jack 3.5 mono, koniecznie z izolowaną obudową (jak w prototypie). Metalową obudowę modelu kupiono na jednym z portali aukcyjnych, proponowany wygląd płyty czołowej pokazano na **rysunku 10**.

Zmontowany model z proponowanym rozmieszczeniem płytek zaprezentowano

na **rysunku 11**. Zmontowany ze sprawnych elementów, po zaprogramowaniu procesora plikiem PRE4562.hex, ustawieniu bitów BODLEVEL=4,3 V, EXTOSC Crystal>8 MHz 16KCK/14CK/52 ms, działa od pierwszego włączenia. Należy sprawdzić poprawność współpracy z pilotem i wyłączyć układ w celu zapisania nastaw do EEPROM. Po ko-

lejnym włączeniu, układ powinien je przywrócić – od teraz można podłączyć przedwzmacniacz do systemu.

Prototyp przedwzmacniacza prezentuje się bardziej niż skromnie, ale nie przepadam za rozwiązaniami barokowymi.

**Adam Tatuś, EP**

# Regulator temperatury AVT1699

- zakres regulacji temperatury: +10°C...+80°C
- obciążalność styków przełącznika: 8A/230V
- zasilanie: 12 VDC

[www.sklep.avt.pl](http://www.sklep.avt.pl)

