

**Najważniejsze parametry:**

- moc wyjściowa: 2...4 W (głośnik 4 Ω), 2...3 W (głośnik 8 Ω),
- pasmo przenoszenia: 40 Hz...20 kHz,
- poziom zniekształceń harmoniczných: 5%,
- napięcie zasilania: 9...18 V (patrz tekst).

\* **Uwaga!** Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu. Wymagana umiejętność lutowania! Podstawową wersją zestawu jest wersja **[B]** nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji **[B]** zawiera elementy elektroniczne (w tym **[UK]** – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wylutować w dołączoną płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podlinkowana w opisie kitu. Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:

**Dodatkowe materiały do pobrania ze strony [www.ulubionykiosk.pl/media](http://www.ulubionykiosk.pl/media)**

Projekt 260	Wzmacniacz lampowy PCL86 Stereo (EP 4/2024)
AVT6001	Sansuix – lampowy wzmacniacz mocy 2x20 W (EP 8–9/2023)
AVT5827	Przedwzmacniacz lampowy do gramofonu (EP 12/2020)
----	Automatyczny wyciszacz dźwięku po zaniku zasilania (EP 9/2020)
----	Wzmacniacz lampowy z regulacją barwy dźwięku (EP 5/2020)
Projekt 248	Wzmacniacz lampowy CFB (cathode feedback) (EP 11/2019)
AVT5727	Hybrydowy wzmacniacz słuchawkowy na lampie Nutube 6P1 (EP 11/2019)

- **wersja [C]** – zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw **[B]** (elementy wylutowane w płytkę PCB),
  - **wersja [A]** – płytkę drukowaną bez elementów i dokumentacji.
- Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- **wersja [A+]** – płytkę drukowaną **[A]** + zaprogramowany układ
  - **[UK]** : dokumentacja,
  - **wersja [UK]** – zaprogramowany układ.

Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik PDF! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz! <http://sklep.avt.pl>

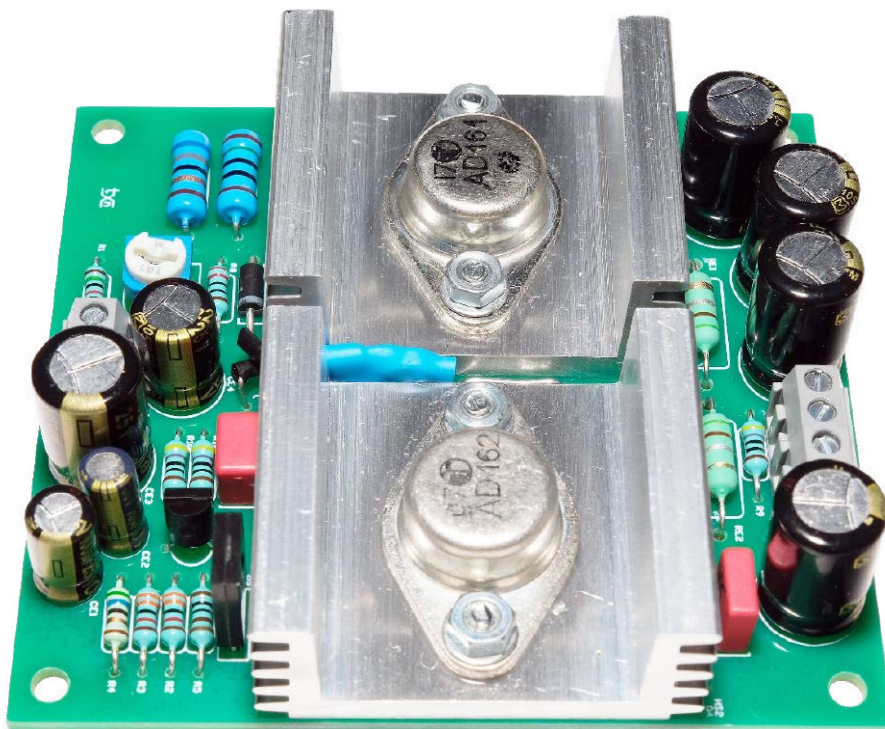
W przypadku braku dostępności na stronie sklepu osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: [kity@avt.pl](mailto:kity@avt.pl).

W ofercie AVT\*

**AVT6069**

# Retro wzmacniacz mocy z tranzystorami germanowymi

Układy retro wykonane z zastosowaniem elementów z początków ery elektroniki cieszą się niesłabnącą popularnością. Przykładami mogą być kopie lub własne opracowania wzmacniaczy bazujących na lampach elektronowych. Wiele osób obawia się pracy z wysokimi napięciami o wartości setek woltów lub problemów związanych z samodzielnym wykonaniem bądź wysokim kosztem zakupu niezbędnych lamp, transformatorów głośnikowych czy zasilających. Opisany wzmacniacz, zbudowany z użyciem (jeszcze względnie łatwo dostępnych na aukcjach internetowych) tranzystorów germanowych AD161/162, może stać się pierwszym krokiem w technice retro, bez nadwyższania budżetu lub obawy o bezpieczeństwo.



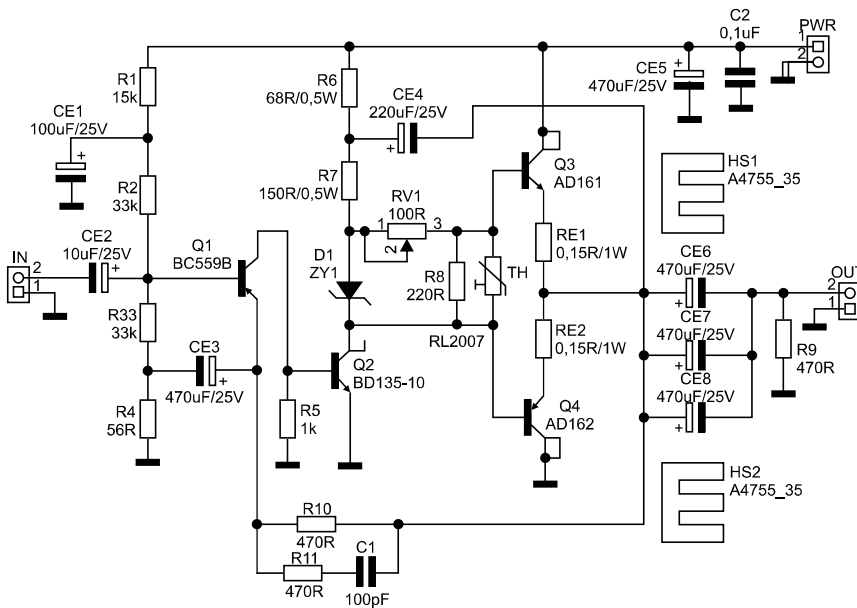
Zaprezentowany wzmacniacz mocy może być tranzystorowym odpowiednikiem konstrukcji opartej na lampach E(P) CL82 lub E(P)CL86 o mocy ok. 2...4 W. Schemat układu pokazano na **rysunku 1**.

Konstrukcja wzmacniacza bazuje na rozwiązaniu udostępnionym przez nieistniejącą już firmę Telefunken w piątym tomie „Informatora Radiowo-Warsztatowego”, w rozdziale „Wzmacniacze m.cz z tranzystorami komplementarnymi” (rysunek 340, strona 236, WKŁ, wydanie z 1974 r.). Układ został wybrany ze względu na prostotę, łatwo dostępne elementy oraz brak transformatorów sterujących czy głośnikowych, przeznaczonych do układów tranzystorowych. Schemat został poddany niewielkim modyfikacjom, tak aby dostosować

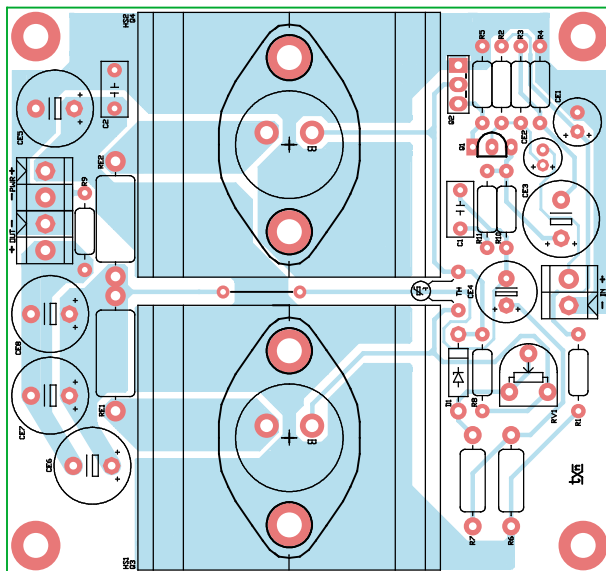
elementy do aktualnie dostępnych na rynku oraz dopasować poziomy sygnałów do standardów spotykanych we współczesnym sprzęcie audio. Wzmacniacz mocy składa się tylko z trzech stopni wzmocnienia. Sygnał wejściowy doprowadzony jest do złącza IN, gdzie – po separacji składowej stałej przez CE2 – trafia do stopnia wzmocnienia wstępnego z tranzystorem Q1. Blok ten jest sprzężony bezpośrednio z tranzystorem Q2 stopnia sterującego, odpowiadającego za wysterowanie komplementarnej końcówki mocy z tranzystorami Q3, Q4. CE4 jest elementem sprzężenia dynamicznego bootstrap. Tranzystory końcowe pracują z niewielkim prądem spoczynkowym ok. 10 mA, wpływającym na zmniejszenie zniekształceń skrośnych (klasa AB). Obwód

regulacji prądu spoczynkowego składa się z diody Zenera D1 o spadku napięcia ok. 0,7...0,8 V oraz dzielnika RV1, R8, TH i rezystorów emiterowych RE1,2.

Potencjometr RV1 odpowiada za ustalenie prądu spoczynkowego końcówki mocy, a termistor TH 50 Ω – za kompensację termiczną jego wartości. Jest to już rozwiązanie praktycznie niespotykane we współczesnych wzmacniaczach, gdzie kompensacja opiera się na zastosowaniu diod lub tranzystorów sprzężonych termicznie lub wręcz wykonanych w strukturze tranzystorów mocy. Należy pamiętać, że tranzystory germanowe mają znacznie niższe napięcie  $U_{be}$  (rzędu 0,2...0,3 V) w porównaniu do tranzystorów krzemowych (0,6...0,7 V), co wymusza nieco nietypowe



Rysunek 1. Schemat wzmacniacza



Rysunek 2. Rozmieszczenie elementów na płytce wzmacniacza

wartości elementów w obwodzie kompensacji. Jako termistor zastosowano model RL2007-32.8-59-D1 firmy Amphenol Thermometrics, dostępny u większości dużych dystrybutorów elementów elektronicznych. Nie należy lekceważyć roli tego niepozornego elementu, gdyż tranzystory germanowe mają znacznie węższy zakres dopuszczalnej temperatury pracy struktury – w przypadku AD161/162 wynosi on maksymalnie 90°C, a także silną zależność parametrów od temperatury, w porównaniu do tranzystorów krzemowych, co już przy niewielkiej mocy strat, wynoszącej tylko 4 W, może doprowadzić do szybkiego uszkodzenia w przypadku nieprawidłowej kompensacji. Tranzystory Q3, Q4 umieszczone są na radiatorach HS1, 2 wykonanych z typowego profilu A4755 o długości 35 mm. Montaż tranzystorów odbywa się bezpośrednio na radiatorze, bez podkładek izolacyjnych, a tylko na cienkiej warstwie pasty termoprzewodzącej w celu poprawienia kontaktu termicznego. Obudowy tranzystorów AD161/162 typu SOT-9 do złudzenia przypominają obudowy TO-66 polskich tranzystorów krzemowych BD254/255 lub BD354/355, ale różnią się kilkoma wymiarami i nie można niestety bezpośrednio zastosować podkładek lub radiatorów do nich przeznaczonych. Do poprawnej kompensacji temperaturowej niezbędne jest umieszczenie termistora TH pomiędzy radiatorami oraz jego dodatkowe zaizolowanie kawałkiem cienkościennej rurki termokurczliwej wypełnionej pastą termoprzewodzącą. Należy pamiętać, że obudowy tranzystorów połączone są z kolektorami i w związku z tym na radiatorze Q3 występuje potencjał zasilania, a na Q4 – masa układu. Równolegle połączone kondensatory CE6, 7, 8 zapewniają separację składowej stałej

REKLAMA

Since 1987



INNOWACYJNE PRODUKTY  
INNOWACYJNE TECHNOLOGIE

- Kontraktowy montaż elektroniki**
- Konwertowanie materiałów**
- Moduły laserowe**
- Szablony SMT**
- Dystrybucja**

**Wyznaczamy najwyższe standardy jakości w naszej branży**



Semicon Sp. z o.o. ul. Zwoleńska 43/43A, 04-761 Warszawa

22 615 73 71

info@semicon.com.pl

semicon.com.pl



**Wykaz elementów:**

**Rezystory:**

R1: 15 kΩ (1%, metalizowany)  
 R2, R3: 33 kΩ (1%, metalizowany)  
 R4: 56 Ω (1%, metalizowany)  
 R5: 1 kΩ (1%, metalizowany)  
 R6: 68 Ω/0,5 W (1%)  
 R7: 150 Ω/0,5 W (1%)  
 R8: 220 Ω (1%, metalizowany)  
 R9...R11: 470 Ω (1%, metalizowany)  
 RE1, RE2: 0,15 Ω/1 W (1%)

RV1: potencjometr montażowy  
 100 Ω (R=5 mm)

**Kondensatory:**

C1: 100 pF (50 V, foliowy, R=5mm)  
 C2: 0,1 μF (50 V, foliowy, R=5mm)  
 CE1: 100 μF/25 V (elektrolityczny fi=6,3 mm, R=2,5 mm)  
 CE2: 10 μF/25 V (elektrolityczny fi=5 mm, R=2 mm)

CE3, CE5...CE8: 470 μF/25 V (elektrolityczny fi=10 mm, R=5 mm)  
 CE4: 220 μF/25 V (elektrolityczny fi=8 mm, R=3,5 mm)

**Półprzewodniki:**

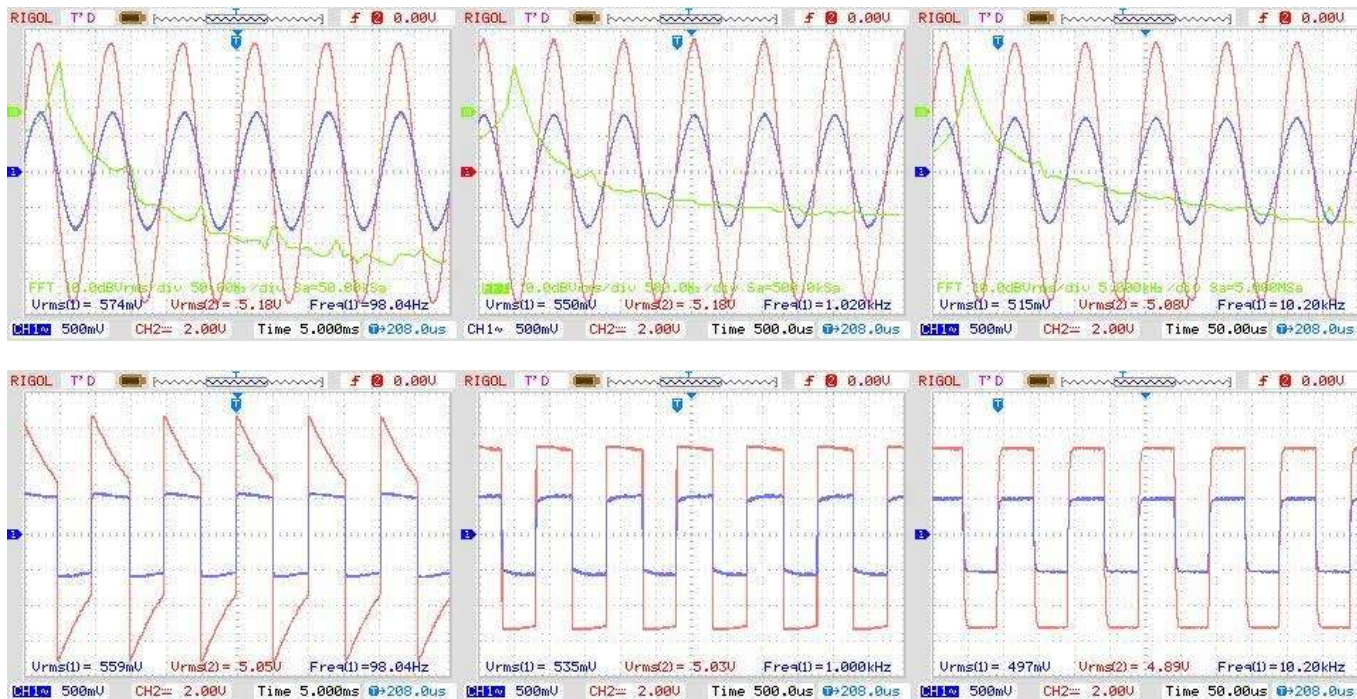
D1: dioda Zenera ZY1  
 Q1: BC559B (TO-92)  
 Q2: BD135-10 (TO-126)  
 Q3: tranzystor germanowy AD161 (SOT-9,

parowany)

Q4: tranzystor germanowy AD162 (SOT-9, parowany)

**Pozostałe:**

IN, OUT, PWR: złącze DG 3,5 mm 2 pin (DG381-3.5-2)  
 HS1, HS2: radiator aluminiowy (A4755\_35)  
 TH: termistor RL2007-32.8-59-D1 (Amphenol, 50 Ω)



**Rysunek 3. Przykładowe przebiegi uzyskane podczas pomiarów wzmacniacza**

od głośnika, ich wartość dobrana jest tak, aby zapewnić przenoszenie niskich częstotliwości od ok. 40 Hz (w przypadku głośnika 4 Ω). Dla poprawy parametrów wzmacniacz objęty jest sprzężeniem zwrotnym. Należy pamiętać, że układ nie jest wyposażony w zabezpieczenia przeciwzwarciowe i przeciążeniowe, zwarcie zacisków głośnika może zatem zakończyć się uszkodzeniem tranzystorów mocy. Głośnik podłączony jest do złącza OUT, a zasilanie – do gniazda PWR. Wzmacniacz pracuje poprawnie w zakresie 9...18 V przy obciążeniu 4 Ω, zalecam jednak nieco niższe napięcie 9...15 V, aby nie zwiększać strat w końcówce. Przy obciążeniu 8 Ω można korzystać z wyższego napięcia zasilania (15...18 V). Dobrze byłoby, aby napięcie pochodziło z zasilacza stabilizowanego, np. LM7815/LM7818. Osiągana moc, w zależności od warunków, zawiera się w zakresie 2...4 W przy zastosowaniu głośnika 4 Ω lub 2...3 W przy 8 Ω (dane dotyczą pasma przenoszenia 40 Hz...20 kHz i zniekształceń poniżej 5%).

Dla uproszczenia montażu i uruchomienia wszystkie elementy końcówki mocy,

włączając tranzystory mocy Q3, 4 wraz z ich radiatorami, umieszczone są na płycie drukowanej. Rozmieszczenie elementów pokazano na **rysunku 2**, a zmontowany moduł – na **fotografii tytułowej**.

Układ złożony ze sprawdzonych elementów działa po włączeniu zasilania, ale wymaga wyregulowania prądu spoczynkowego. Pierwsze uruchomienie należy wykonać z użyciem zasilacza laboratoryjnego z ograniczeniem prądowym ustawionym na 100 mA oraz przy obniżonym do 9 V napięciu zasilania. Do wyjścia wzmacniacza podłączamy rezystor 8 Ω/10 W, krótkim przewodem zwieramy wejście IN, potencjometr RV1 ustawiamy na minimum prądu spoczynkowego (zwarłe wyprowadzenia 1–2). Po włączeniu zasilania kontrolujemy w punkcie połączenia rezystorów emiterowych RE1, 2 obecność napięcia zbliżonego do połowy napięcia zasilania. Następnie przełączając woltomierz pomiędzy emiter tranzystorów mocy, ustawiamy prąd spoczynkowy na 10 mA, co odpowiada napięciu ok. 10,2 mV. Jeżeli wszystko działa

poprawnie, do wyjścia podłączamy oscyloskop, a do wejścia generator sinusoidalnego sygnału testowego. Zwiększając poziom sygnału testowego, na wyjściu powinniśmy obserwować czysty, niezniekształcony sygnał, a zwiększając napięcie zasilania do 15...18 V, możemy zmierzyć osiągalną moc wyjściową. Co kilka minut obserwujemy zachowanie się prądu spoczynkowego, który nie powinien zmienić się o więcej niż 20%. Sprawdzamy także temperaturę radiatorów tranzystorów – ta nie powinna przekraczać 50°C. Jeżeli tak nie jest, wykonujemy korekcję prądu potencjometrem RV1. Ostateczna regulacja prądu spoczynkowego musi zostać wykonana po ustaleniu się warunków termicznych płytki, czyli po ok. 30 minutach pracy ciągłej.

Przykładowe przebiegi otrzymane podczas pomiarów wzmacniacza zasilanego napięciem 18 V i obciążonego rezystorem 8 Ω zaprezentowano na **rysunku 3**.

Przyjemnego odsłuchu...

**Adam Tatuś, EP**

REKLAMA

[www.facebook.com/ElektronikaPraktyczna](http://www.facebook.com/ElektronikaPraktyczna)