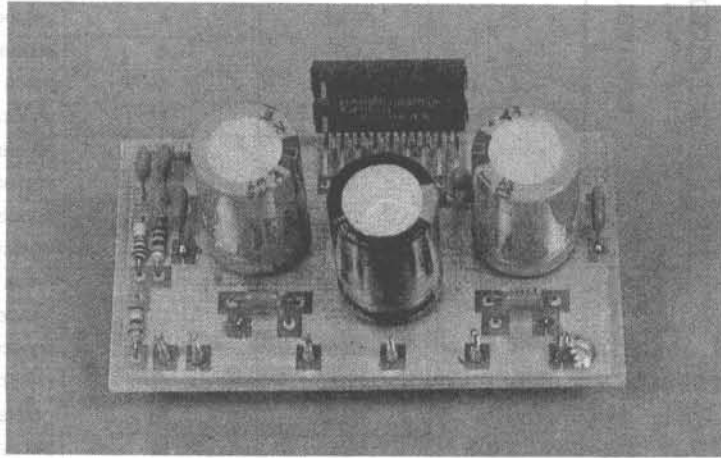


Moduł wzmacniacza, zbudowany z użyciem najnowszego układu Philipsa TDA1560Q, powinien zainteresować wszystkich amatorów słuchania głośnej muzyki. Dzięki wewnętrznemu układowi podnoszenia napięcia pozwala on zrealizować tani booster dostarczający do obciążenia $8\ \Omega$ mocy $2 \times 40\text{W}$ przy zasilaniu napięciem stałym $14,4\text{V}$.

Booster 2x40W



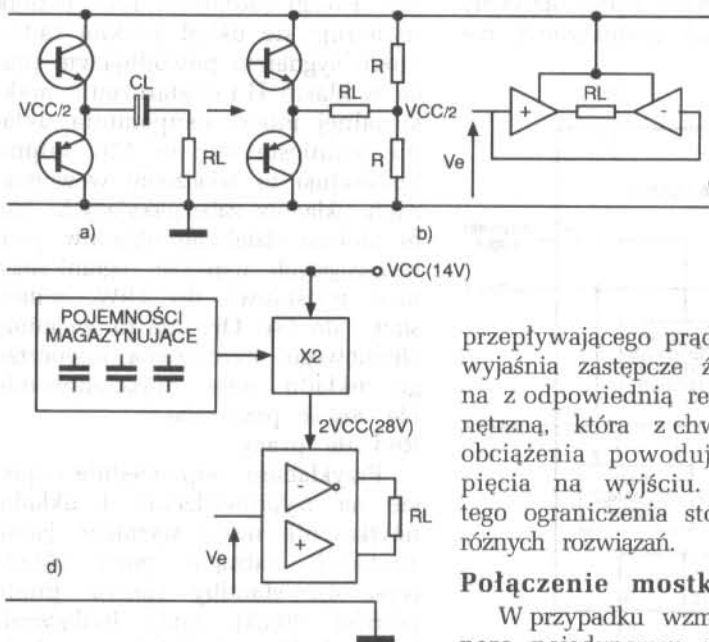
Ograniczenia mocy wzmacniacza akustycznego

Rysunek 1a przedstawia stopień wyjściowy wzmacniacza w klasie B, zawierający parę komplementarną. Ograniczenie mocy wynika z maksymalnej zmiany napięcia, jaką można uzyskać na obciążeniu R_L . W żadnym wypadku nie może ona przekraczać napięcia V_{cc} zmniejszonego o podwojone napięcie nasycenia tranzystora bipolarnego. Tranzystory T1 i T2 pracują liniowo, a zmiana napięcia kolektor-emiter jest proporcjonalna do

napięcia zasilania, co umożliwia symetryczne zmiany napięcia wyjściowego dla obu połówek sinusoidy sterującej układ. Wymaga to zastosowania kondensatora sprzęgającego, separującego głośnik od napięcia $V_{cc}/2$. Kondensator ten powinien umożliwiać przepływ znacznych prądów, a jego pojemność winna być dostatecznie duża, by nie pogarszać własności układu dla niskich częstotliwości. Innym rozwiązaniem jest (rys. 1b) włączenie obciążenia między wyjście wzmacniacza a punkt o potencjale $V_{cc}/2$ i wyeliminowanie w ten sposób spadku napięcia stałego na obciążeniu. Niestety, konieczność użycia małych rezystancji, prowadzących do strat energii dyskwalifikuje to rozwiązanie. Przed około 10-ciu laty niektórzy konstruktorzy, aby ograniczyć straty, proponowali zastosowanie mostka pojemnościowego. W układzie takim na głośnik podawano dwa sygnały akustyczne, przesunięte w fazie o 180 stopni (rys. 1c). Rozwiązanie to pozwalało uzyskać w obciążeniu czterokrotnie wyższą moc niż w obu wcześniej omówionych układach.

Zastosowanie przetwornika podwyższającego napięcie

Metoda ta polega na podwyższeniu napięcia zasilania, co pozwala doprowadzić do obciążenia większą moc (rys. 1d). W omawianym niżej układzie Philips łączy tę technikę z układem mostkowym, uzyskując bardzo dobre własności układu.

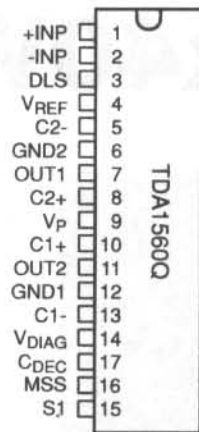


przeptywającego prądu. Zjawisko to wyjaśnia zastępcze źródło Thevenina z odpowiednią rezystancją wewnętrzną, która z chwilą dołączenia obciążenia powoduje spadek napięcia na wyjściu. Aby uniknąć tego ograniczenia stosuje się wiele różnych rozwiązań.

Połączenie mostkowe

W przypadku wzmacniacza zasilanego pojedynczym napięciem ($0 - +V_{cc}$) polaryzuje się jego wyjście napięciem o wartości połowy na-

Rys. 1.



Rys. 2.

Układ TDA1560Q

Struktura układu jest przedstawiona na rys. 3, a wyprowadzenia i ich opis - na rys. 2. Układ zawiera wzmacniacz mocy klasy H (klasa B plus podwyższanie napięcia zasilania) z możliwością zmiany rodzaju pracy. Zastosowane rozwiązanie polega naysterowaniu głośnika przez klasyczny wzmacniacz klasy B w układzie mostkowym, gdy poziom mocy wyjściowej nie przekracza 10W. Gdy napięcie wejściowe staje się odpowiednio duże, wewnętrzny konwerter dostarcza podwojonego napięcia zasilającego. To podwojenie napięcia jest osiągnięte dzięki dwóm zewnętrznym kondensatorom elektrolitycznym. Pojemności tych kondensatorów, oczywiście, ograniczają wartości prądów w zakresie dolnych częstotliwości. Moc wyjściowa sięga 40W

Tab. 1. Opis wyprowadzeń układu TDA1560Q

Symbol	Wyprowadzenie	Opis
+INP	1	wejście nieodwracające
-INP	2	wejście odwracające
DLS	3	odłączenie obciążenia - czujnik impedancji
Vref	4	napięcie odniesienia
C2-	5	kondensator C2 (-)
GND2	6	masa mocy 2
OUT1	7	wyjście 1
C2+	8	kondensator C2 (+)
Vp	9	napięcie zasilania
C1+	10	kondensator C1 (+)
OUT2	11	wyjście 2
GND1	12	masa mocy 1
C1-	13	kondensator C1 (-)
Vdiag	14	wyjście diagnostyczne
Cdec	15	odsprężanie zasilania
MSS	16	przełącznik trybu pracy
S1	17	przełącznik klasa B / klasa H

przy poziomie zniekształceń harmonicznych bliskim 10%. Rozwiązanie takie pozwala na redukcję rozmiarów urządzenia, ponieważ radiator odprowadza maksymalną moc tylko w pewnych okresach. Przy zainstalowaniu odpowiedniego radiatora układ jest w stanie dostarczać na wyjściu mocy 40W w sposób ciągły.

W swej nocie aplikacyjnej firma Philips określa mianem klasy H pracę z wysokim poziomem mocy, klasy B - pracę z niskim poziomem mocy. Oczywiście, w obydwu przypadkach mamy do czynienia ze wzmacniaczem klasy B, przy czym w pierwszym z nich aktywny jest także układ podnoszenia na-

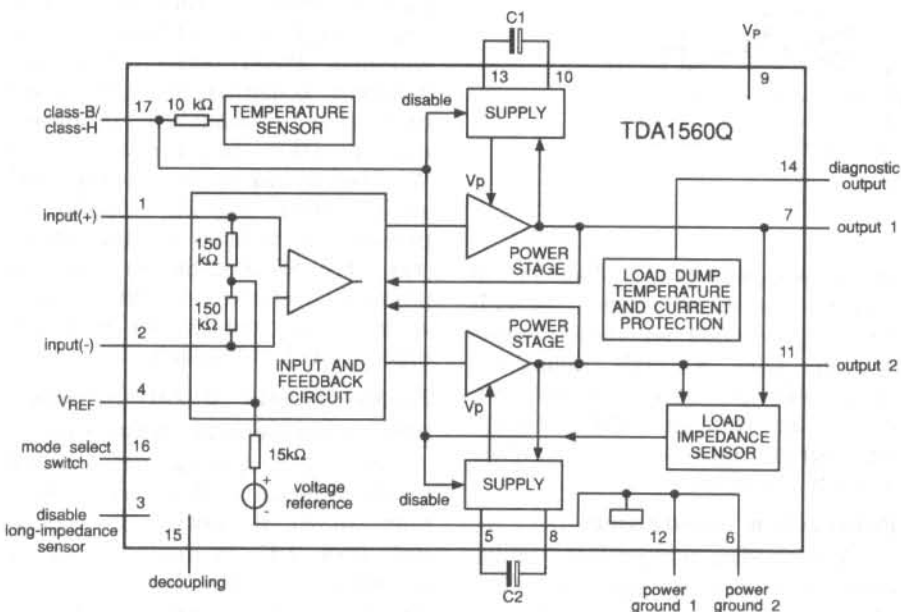
pięcia zasilania. Tak więc nazwa "klasa H" w istocie nie określa specyficznej klasy układu mocy (jak np. klasy A, B, AB, D).

Sygnal wejściowy

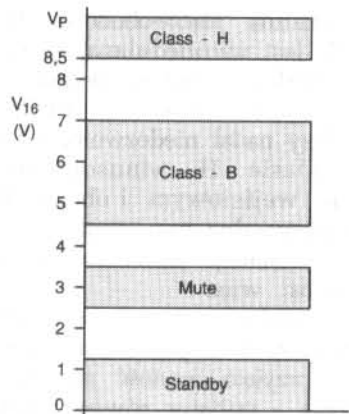
W normalnych warunkach pracy (sygnal muzyczny) układ podwyższający napięcie jest aktywny w procentowo niewielkim przedziale czasu. Według firmy Philips, przy założeniu zbliżonego do normalnego rozkładu amplitudy sygnalu wejściowego, straty mocy wynoszą około 50% strat mocy wzmacniacza klasy B dostarczającego do obciążenia zbliżonej mocy. Umożliwia to proporcjonalną redukcję rozmiarów i wagi radiatora. Jeśli jednak wysteruje się układ z takim radiatorem sygnalem powodującym pracę w klasie H i dostarczenie maksymalnej mocy, temperatura układu podniesie się do 120 stopni. Spowoduje to włączenie wewnętrznych układów zabezpieczających, które blokują działanie układów podwyższających napięcie, ograniczając moc wyjściową do 10W, a moc strat - do 5W. Oznacza to, że mimo chwilowego przeciążenia termicznego układu jego funkcjonowanie nie zostaje przerwane.

Rodzaje pracy

Przykładając odpowiednie napięcie na wyprowadzenie 4 układu, użytkownik może wymusić jeden z czterech rodzajów pracy układu (rys. 4): standby (pobór prądu poniżej 50µA), mute (odłączenie wyjścia), klasa B (blokada układu podnoszącego napięcie zasilania, ograniczona moc wyjściowa), oraz kla-



Rys. 3.



Rys. 4.

sa H (aktywny układ podnoszenia napięcia zasilania, wysoka moc wyjściowa). Przejście ze stanu standby do klasy H nie powoduje żadnych niepożądanych efektów akustycznych, nie wymaga ono także pozostawania w stanie mute, jeśli tylko napięcie odniesienia nie jest odseparowane i układ detekcji impedancji obciążenia nie jest zablokowany.

Jak już wyżej wspomniano, wzrost temperatury układu powyżej 120 stopni Celsjusza powoduje zablokowanie konwertera napięcia i przejście układu do pracy w klasie B. Kontrola temperatury układu jest możliwa za pośrednictwem napięcia znajdującego się na wyprowadzeniu 17 układu. Zależność napięcie - temperatura jest przedstawiona na rys. 5. Istnieje możliwość wymuszenia przejścia układu do pracy w klasie B przez podanie odpowiednio wysokiego napięcia na wyprowadzenie 17, jak również wymuszenia pozostawania w klasie H przez podanie odpowiednio niskiego napięcia.

Parametry elektryczne

Rysunek 6 przedstawia odpowiedź częstotliwościową układu w dolnej części pasma dla kilku wartości pojemności magazynujących. Współczynnik zniekształceń wynosi 0.05% dla 1W mocy wyjściowej i nie przekracza 0.1% dla 10W. Pełna ocena zniekształceń wymagałaby przeprowadzenia analizy widmowej sygnału wyjściowego.

Rysunki 7 i 8 przedstawiają odpowiednio straty w układzie w funkcji mocy dostarczonej oraz moc dysponowalną w funkcji wartości kondensatorów magazynujących.

Zabezpieczenia układu

TDA1560Q jest zabezpieczony przed zwarcie wejść z masą, napięciami zasilania lub wyprowadzeniami układu podwyższania napięcia. Trwałe zwarcie wyjść do masy lub zasilania powoduje odłączenie stopnia wyjściowego i ochronę układu przed nadmierną stratą mocy i wzrostem temperatury. Stopień wyjściowy zostaje ponownie dołączony po upływie 20ms od zaniku zwarcia.

TDA1560Q jest wyposażony w układ detekcji oporności głośnika stanowiącego obciążenie. Przy każdorazowym przejściu ze stanu standby do mute układ testuje wartość oporności głośnika i powoduje blokadę układu podwyższania napięcia, jeśli ta oporność wynosi poniżej 4.6Ω. Jeśli oporność ta przekracza 6.2Ω, praca w klasie H jest dozwolona. Oporność poniżej 1.5Ω jest traktowana jako zwarcie, co powoduje wspomniane już odłączenie stopnia wyjściowego.

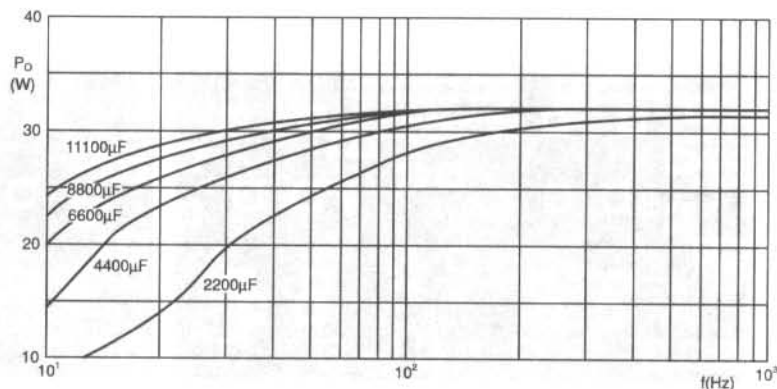
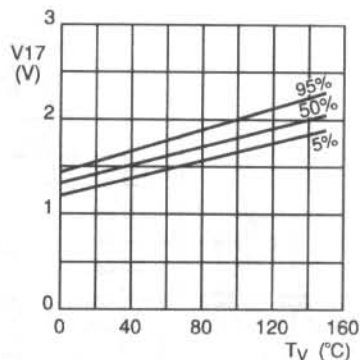
Istnieje możliwość zablokowania detektora oporności obciążenia poprzez zwarcie wyprowadzenia 3 do masy, co pozwala na pracę w klasie H (do 120/C) nawet przy zwar-

Rys. 5.

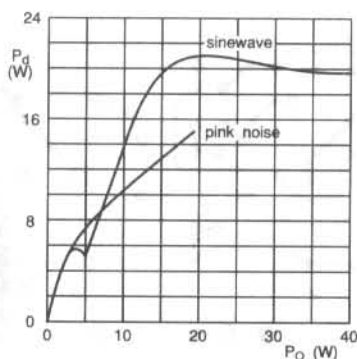
ciu wyjść. Wyprowadzenie 14 umożliwia diagnostykę stanu układu - w sytuacji normalnej znajduje się ono na potencjale zasilania, w przypadku zaś nieprawidłowości (zbyt wysokie napięcie zasilania, zwarcie wyjść, zbyt wysoka temperatura) napięcie na tym wyprowadzeniu spada do około połowy napięcia zasilania i utrzymuje się tak długo, jak długo trwa przyczyna.

Obliczenie radiatora

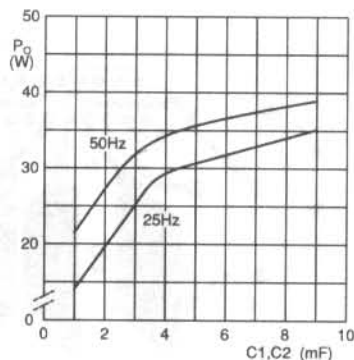
Rozmiary radiatora układu TDA1560Q są zdeterminowane przez dwa parametry - maksymalną temperaturę obudowy oraz temperaturę otoczenia, w której układ dostarcza moc 40W w klasie H. Oto trzy



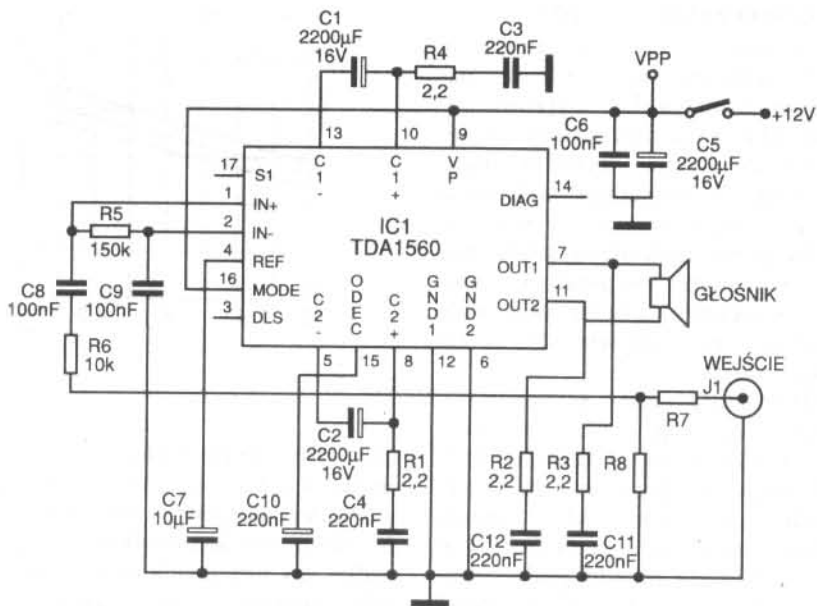
Rys. 6.



Rys. 7.



Rys. 8.



Rys. 9.

przykłady obliczenia radiatora:

1. Przy obciążeniu 8Ω i występowaniu sygnałem muzycznym maksymalna moc tracona w układzie wynosi 6,5W. Jeśli wzmacniacz pracuje w temperaturze 50°C, a temperatura części metalowej jego obudowy (wewnętrznego radiatora) przy pracy w klasie H nie powinna przekraczać 120°C, przy rezystancji obudowa/radiator równej 1°C/W, ra-

diator powinien posiadać oporność cieplną $(120 - 50)/6,5 - 1 = 10^\circ\text{C/W}$.

Oporność cieplna złącze-obudowa nie jest tu brana pod uwagę.

2. Jeśli temperatura układu jest zbyt wysoka i praca w klasie H nie jest możliwa, maksymalna moc strat wynosi 5W i temperatura złącz nie powinna przekraczać 150°C. W tym przypadku rezystan-

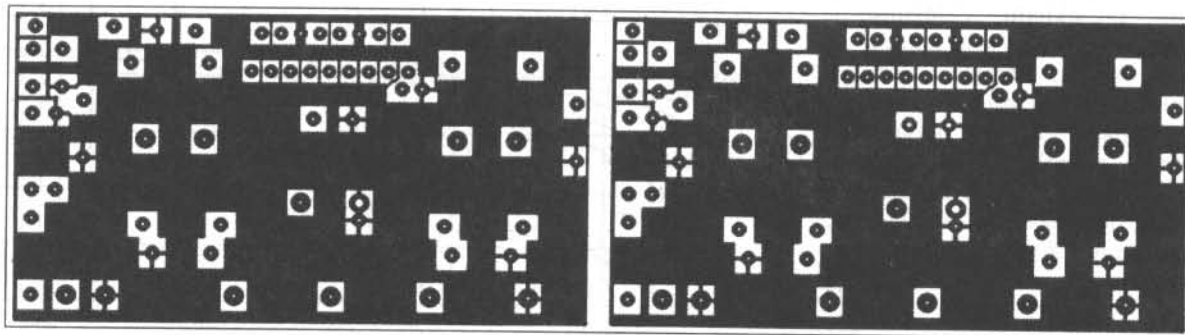
cja termiczna złącze-obudowa $R_{thc-j} = 3^\circ\text{C/W}$ jest uwzględniana, a oporność cieplna radiatora wynosi $(150 - 60)/5 - 3 - 1 = 14^\circ\text{C/W}$.

3. Przy nadal niedozwolonej pracy w klasie H, sinusoidalnym sygnale wejściowym i obciążeniu 4Ω, maksymalna moc strat wynosi 10W. Rezystancja termiczna radiatora wynosi więc $(150 - 60)/10 - 3 - 1 = 5^\circ\text{C/W}$.

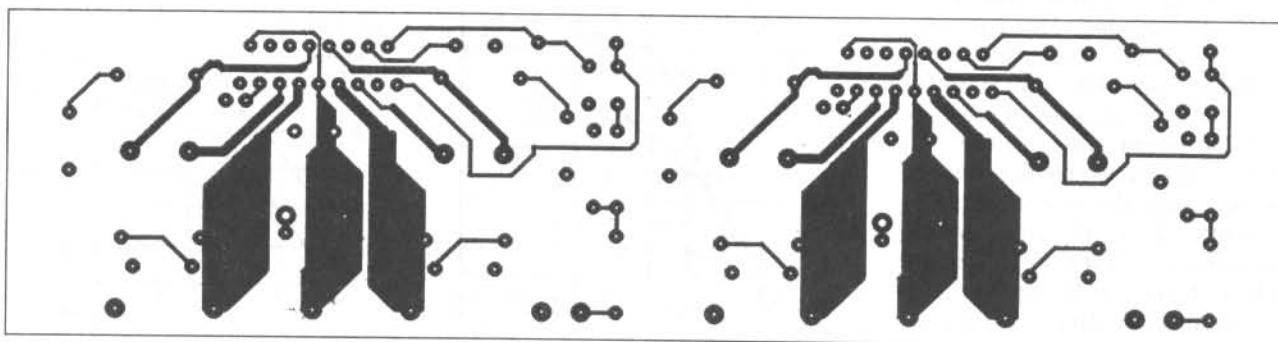
We wszystkich powyższych przykładach przyjęto wartość rezystancji obudowa - radiator równą 1°C/W. Oznacza to konieczność zapewnienia dostatecznie dobrego przewodnictwa cieplnego między obudową a radiatorem (np. użycie smaru silikonowego).

Pełny schemat elektryczny

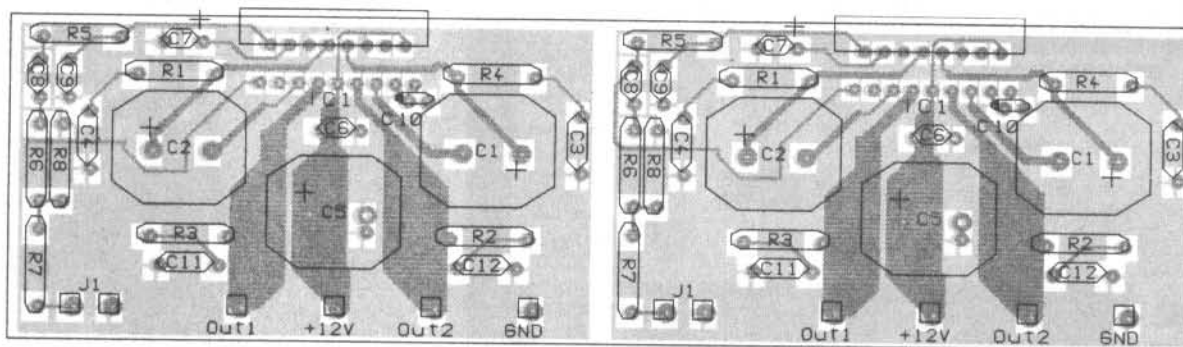
Schemat ten, przedstawiony na rys. 9, różni się niewiele od zaproponowanego w nocie aplikacyjnej. Na wejściach dodano dzielniki napięciowe, które ułatwiają podłączenie układu do wyjść głośnikowych radioodbiornika samochodowego, standardowo dostarczających napięcie o wartości szczytowej 6V, zaś napięcia wejściowe TDA1560Q nie powinny przekraczać 1,5V. W przypadku rozbieżności należy odpowiednio zmienić wartości rezystancji R7 lub R8.



Rys. 10a.



Rys. 10b.



Rys. 10c.

Wykonanie

Rysunki 10a i 10b przedstawiają rozkłady ścieżek wzmacniacza stereofonicznego odpowiednio od strony elementów i od strony druku, natomiast rys. 10c prezentuje rozmieszczenie elementów. Jak łatwo zauważyć, druk składa się z dwóch identycznych części, co ułatwi zadanie osobie zamierzającej wykonać wzmacniacz monofoniczny. Ze względu na znaczne natężenia prądów, po stronie elementów znajduje się warstwa masy. Ponieważ otwory nie są metalizowane, w przypadku kondensatora C5 przewidziano dodatkowy otwór pod końcówkę ujemną celem zapewnienia połączenia ze stroną druku. Z tego samego względu należy odpowiednio lutować od strony elementów końcówki zapewniające połączenie masy, np. wyprowadzenia 6 i 12 układu IC1.

W przypadku wykorzystania urządzenia do odtwarzania muzyki wystarczy dwa radiatory o oporności termicznej 5W/°C. Należy przy tym pamiętać o użyciu smaru siliko-

nowego celem zapewnienia niskiej rezystancji termicznej między obudową układu a radiatorem. Podkładki mikowe nie są potrzebne, ponieważ potencjał wewnętrznego radiatora układu równy jest potencjałowi masy.

Ze względu na znaczne natężenia prądów należy używać przewodów o dużym przekroju (w szczególności, w przypadku kabla doprowadzającego zasilanie). Należy oczywiście oddzielnie doprowadzić zasilanie do każdego z modułów oraz zastosować odpowiedni bezpiecznik.

Instalacja w samochodzie

Układy elektroniczne zainstalowane w samochodzie są narażone na wibracje i jeśli nie zostaną zastosowane odpowiednie środki ostrożności, połączenia lutowane ulegną szybko uszkodzeniu. Rozwiązanie polegające na przymocowaniu radiatora do obudowy i płytki drukowanej przy pomocy kątowników jest przedstawione na rys. 11a.

W większości zastosowań wzmacniacz jest sterowany sygnałem

z wyjścia głośnikowego radioodbiornika samochodowego. Wadą tego, jakkolwiek bardzo prostego rozwiązania jest znaczny poziom szumów i zniekształceń sygnału. Inną możliwością stanowi wyprowadzenie sygnału z suwaka potencjometru wzmocnienia odbiornika (rys. 11b), pozwalające dodatkowo uniknąć stosowania dzielnika R7, R8. Rysunek 11c przedstawia sposób podłączenia wzmacniacza w przypadku radia wymiowanego.

Zakończenie

Zaprezentowany moduł wzmacniacza firmy Philips wyróżnia się korzystnie od innych układów obecnych na rynku tym, że pozwala uzyskać znaczny poziom mocy bez zniekształceń. Jego niewielkie rozmiary umożliwiają konstrukcję wzmacniaczy łatwych do zamontowania w samochodzie.

ERP

WYKAZ ELEMENTÓW (1 kanał)

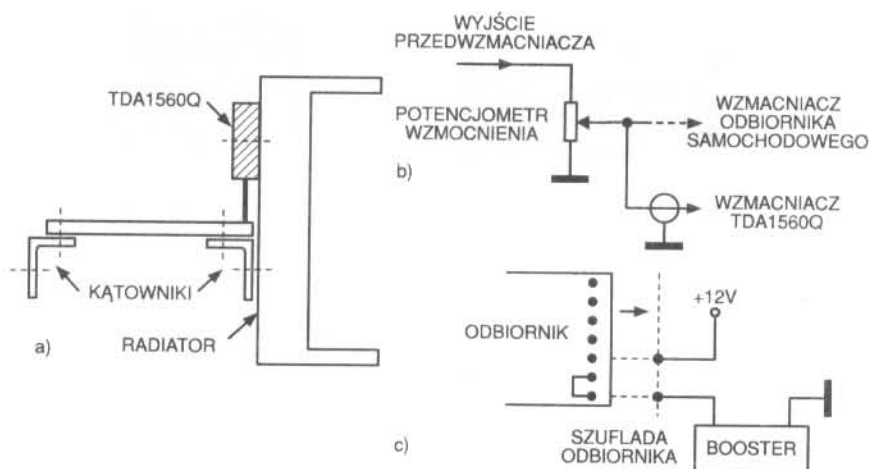
Rezystory (5%, 0,25W)

R1, R2, R3, R4: 2,2Ω
R5: 150kΩ
R6: 10kΩ
R7: 390Ω
R8: 120Ω

Kondensatory

C1, C2, C5: 2200μF/16V
C3, C4: 0,22μF, MKH
C6: 0,1μF, MKH
C7: 10μF/16V
C8, C9: 0,1μF
C10: 0,22μF/35V, tantalowy
C11, C12: 0,22μF, MKH

Elementy półprzewodnikowe
IC1: TDA1560Q Philips Semiconductor



Rys. 11.