

Wzmacniacz mocy z układami LM3886

Nie słabnie zainteresowanie układami wzmacniaczy mocy audio. Zgodnie z zapowiedziami sprzed kilku miesięcy, kontynuujemy prezentację praktycznych układów takich wzmacniaczy. Dziś przedstawiamy opis stereofonicznego wzmacniacza dla bardziej wybrednych melomanów. Wzmacniacz wykonano z użyciem nowoczesnych i stosunkowo niedrogich układów scalonych LM3886 firmy National Semiconductor.

Moc szczytowa sięga $2 \times 50 \dots 120\text{W}$, zależnie od napięcia zasilającego i rezystancji obciążenia. Podczas prób modelu uzyskano moc ciągłą $2 \times 75\text{W}$. Poziom zniekształceń przy mocy wyjściowej jednego kanału wynoszącej 60W , wyniósł poniżej $0,1\%$ co powinno zadowolić nawet bardziej wymagających melomanów.

Opisany wzmacniacz jest łatwy do wykonania, nie wymaga żadnej regulacji i w sumie jest to jeden z nielicznych układów dużej mocy, których wykonanie można polecić nawet mniej zaawansowanym amatorom.

Szczegółowe wskazówki podane są w dalszej części artykułu.

Opis układu

Schemat ideowy stereofonicznego wzmacniacza pokazany jest na **rysunku 1**. Jak widać, układ aplikacyjny dwóch układów scalonych LM3886 jest bardzo prosty. Niezależnie od tego, parametry wzmacniacza są bardzo dobre, a dodatkowo układ wyposażony jest w liczne cenne funkcje (zabezpieczenia termiczne zwarciove i inne), a także w bardzo przydatny obwód wyciszania trzasków przy włączaniu i wyłączeniu napięcia zasilającego. Wszystko to jest możliwe dzięki nowoczesnym rozwiązaniom zastosowanym w konstrukcji układu scalonego LM3886.

Sam schemat aplikacyjny jest klasyczny. Dla początkujących podajemy podstawowe informacje.

Wzmocnienie napięciowe wyznaczone jest przez stosunek rezystancji odpowiednio R7, R3 oraz R8, R4 i wynosi około 30. Jest to typowa wartość wzmocnienia większości wzmacniaczy mocy. Tym samym do uzyskania pełnej mocy, na wejście trzeba podać z przedwzmacniacza sygnał o napięciu około $0,6\text{V}$ sk czyli około

$1,8\text{V}$ międzyszczytowo. W zasadzie wartość wzmocnienia można zmieniać w zakresie $20 \dots 50$ (a nawet szerzej) przez dobór wymienionych rezystorów, ale w praktyce naprawdę nie ma takiej potrzeby.

Wzmacniacz zasilany jest napięciem symetrycznym, dzięki czemu nie ma potrzeby stosować kondensatorów separujących na wyjściu. Głośnik dołączony jest do wyjścia wzmacniacza wprost przez dławik o znikomej indukcyjności $0,7\mu\text{H}$. Wielu elektroników na widok dławika w układzie dostaje dreszczy, martwiąc się, jak wykonać taki nietypowy dławik. W tym wypadku nie trzeba mieć żadnych obaw – dławik tworzy kilka zwojów drutu nawiniętych na najzwyklejszym rezystorze.

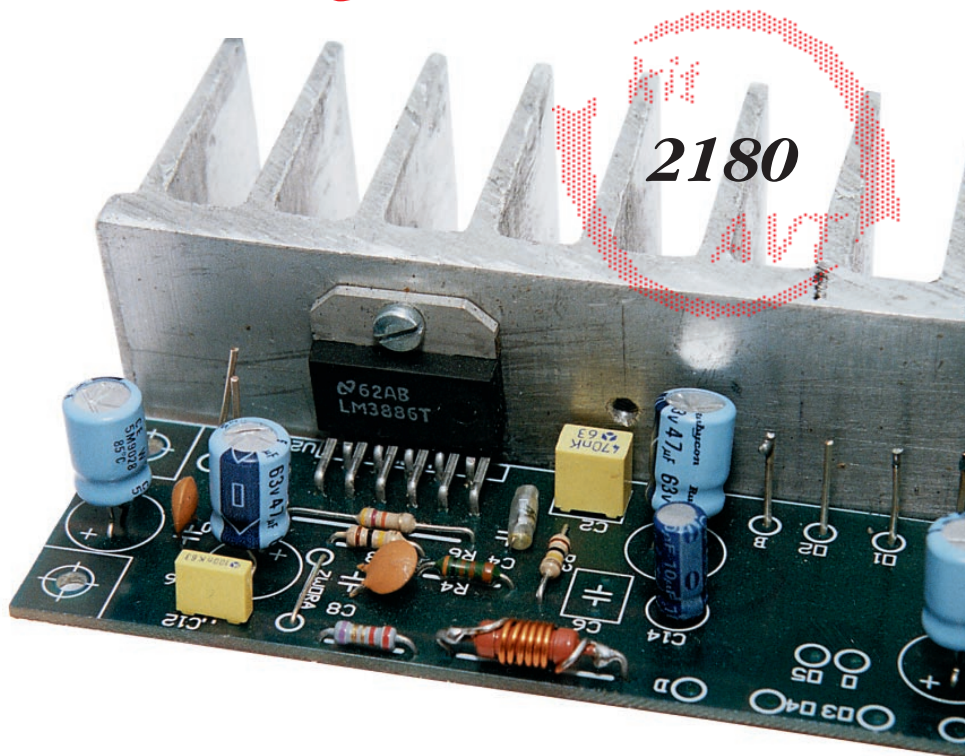
Dławik zabezpiecza wzmacniacz przed wzbudzeniem od strony wyjścia. Podobną rolę od strony wejścia pełnią elementy R11, C3 oraz R12, C4. Rezystory R11, R12 pełnią jeszcze inną rolę zabezpieczającą.

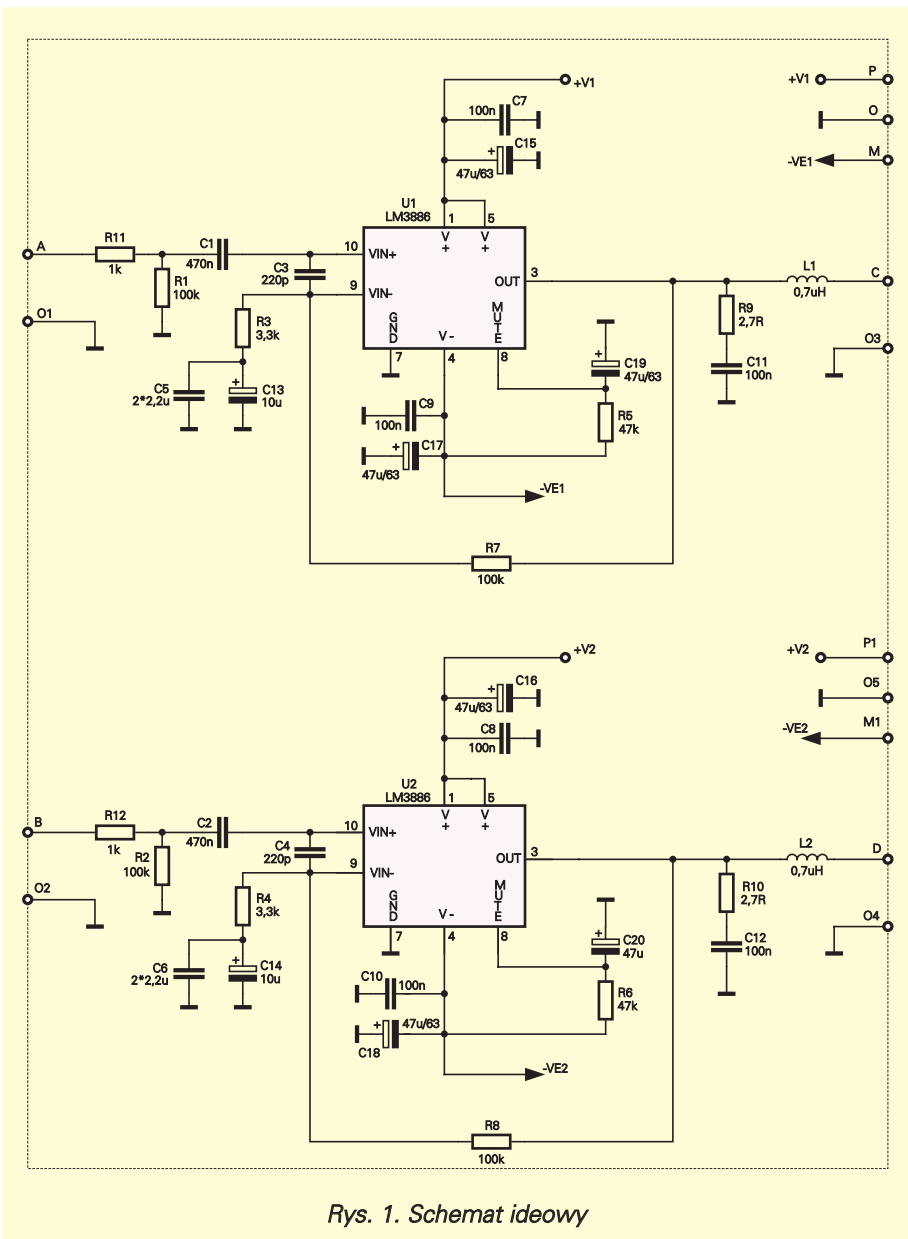
Sprawa zabezpieczenia przed wzbudzeniem na wysokich, ponadakustycznych częstotliwościach jest bardzo ważna w praktyce, a bardzo często przemilczana w literaturze. Praktycy nierzadko przekonują się, że wzmacniacz działa bardzo dobrze na stole podczas prób, a potem z zupełnie nieznanymi przyczyn w warunkach normalnego użytkowania

albo ulega uszkodzeniu, albo wprowadza zniekształcenia niewiadomego pochodzenia. Często przyczyną są właśnie kwestie obciążenia: co dołączone jest do wyjścia, i co do wejścia. Tylko zupełnie początkujący są absolutnie nieświadomi problemu i sądzą, że głośnik 8-omowy to po prostu rezystancja 8Ω .

Jest to pogląd z gruntu błędny, choć trzeba lojalnie przyznać, że bardzo często pomiaru mocy wzmacniacza dokonuje się nie z głośnikiem, tylko z rezystorem 4Ω , czy 8Ω omowym. Przede wszystkim trzeba pamiętać, że głośnik to w rzeczywistości cewka z rdzeniem ferromagnetycznym. A więc głośnik nie jest na pewno czystą rezystancją. Schemat zastępczy głośnika pokazany jest na **rysunku 2a** zawiera indukcyjność i rezystancję. Taki obwód tylko dla mniejszych częstotliwości ma wypadkową oporność (impedancję) zbliżoną do nominalnej (4Ω lub 8Ω). Schemat z **rysunku 2a** nie uwzględnia kilku dalszych czynników, między innymi rezonansu związanego z rezonansem mechanicznym.

Jak wiadomo, wraz ze wzrostem częstotliwości rośnie oporność (reaktancja) cewki. Trzeba pamiętać, że dla uzyskania dobrych parametrów dynamicznych, w tym małych zniekształceń nieliniowych i intermodulacyjnych, wzmacniacz musi





Rys. 1. Schemat ideowy

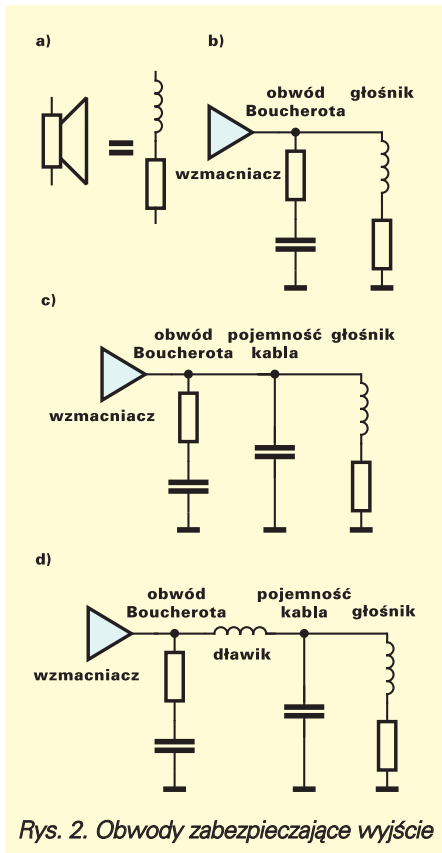
być bardzo szybki, czyli jego pasmo przenoszenia powinno być jak najszersze – sięgać setek kiloherców lub nawet pojedynczych megaherców. I rzeczywiście, tak szerokie jest pasmo wielu współczesnych wzmacniaczy. W takiej sytuacji koniecznie trzeba uwzględnić, jak wygląda sytuacja w zakresie takich częstotliwości. Niczego tu nie zmienia fakt, że sygnały akustyczne sięgają częstotliwości co najwyżej 20kHz. Jak łatwo wywnioskować z rysunku 2a, dla wspomnianych wysokich częstotliwości głośnik przedstawia sobą dużą reaktancję indukcyjną. Tymczasem wiele wzmacniaczy nie znosi dobrze takiego indukcyjnego obciążenia przy wysokich częstotliwościach. Wzmacniacze takie mają tendencję do samowzbudzenia właśnie z powodu dużej reaktancji indukcyjnej na wysokich częstotliwościach. Dla wyeliminowania niebezpieczeństwa dodaje się więc na wyjściu wzmacniacza tak zwany obwód Boucherota – szerego-

wy obwód RC. W omawianym właśnie układzie wzmacniacza dwa obwody Boucherota to elementy R9, C11 oraz R10, C12. Tu sytuacja jest odwrotna niż w głośniku: przy mniejszych częstotliwościach niewielki kondensator (100nF) ma dużą reaktancję pojemnościową – przykładowo przy częstotliwości 20kHz jeszcze prawie 80Ω. Przy większych częstotliwościach reaktancja ta jest jeszcze mniejsza i tym samym wypadkowa oporność obwodu RC jest coraz bliższa rezystancji (2,7Ω). Tym samym wzmacniacz także przy tych ponadakustycznych częstotliwościach jest prawidłowo obciążony niewielką opornością (bliską wartości R9 i R10). **Rysunek 2b** przedstawia obwód obciążenia wyjścia wzmacniacza głośnikiem i obwodem Boucherota. Ale to jeszcze nie koniec. Sytuacja z rysunku 2b jest prawdziwa tylko wtedy, gdy głośnik dołączony jest wprost do wyjścia wzmacniacza (co ma

miejsce na przykład podczas prób). W rzeczywistości wzmacniacz jest połączony z głośnikiem za pośrednictwem kilku, czy kilkunastometrowego kabla. Taki kabel ma pewną pojemność między żyłami, rzędu kilkudziesięciu do kilkuset pikofaradów, a nawet do 1nF. W efekcie wprost do wyjścia wzmacniacza dołączona jest znaczna pojemność – pokazuje to **rysunek 2c**. Początkujący elektronicy zapewne nie wiedzą, że wszelkie wzmacniacze nie lubią być obciążane czystą pojemnością – jest to ważny temat, ale dość trudny do wyjaśnienia, bo należałoby omówić kwestie spadku wzmocnienia i przesunięć fazowych w całym wzmacniaczu. W tej chwili wystarczy informacja, że wiele wzmacniaczy obciążonych na wyjściu „żywą pojemnością” po prostu się wzbudzi.

Znów należy zauważyć, że sytuacja taka zwykle nie występuje podczas prób w laboratorium, tylko dopiero w warunkach normalnego użytkowania. W efekcie wzmacniacz, który na testach zachowywał się nienagannie, może potem wykazywać niedopuszczalnie wysoki poziom szumów i zniekształceń, wywołanych samowzbudzeniem na wysokich, niesłyszalnych częstotliwościach. Elektronik nieświadomy problemu odłączy wzmacniacz, zbada go w laboratorium... i nigdy nie znajdzie przyczyny wadliwego działania.

Aby zapobiec jakim niespodziankom, w licznych wzmacniaczach stosuje się na



Rys. 2. Obwody zabezpieczające wyjście

wyjściu szeregową cewkę – niewielki dławik, który oddziela wspomnianą pojemność kabla od wyjścia wzmacniacza. Układ zastępczy wygląda wtedy tak, jak na **rysunku 2d**.

Takie właśnie środki bezpieczeństwa zastosowano w omawianym układzie – dławiki L1, L2 z rysunku 1 oddzielają wyjście wzmacniacza od pojemności kabla.

Szczerze mówiąc, to też jeszcze nie wszystkie zagrożenia dla wyjścia wzmacniacza: należy pamiętać, że przy znacznych prądach, na indukcyjnościach (nawet na indukcyjnościach wyprowadzeń i ścieżek) indukują się napięcia, niekiedy o znacznych wartościach. W czasie włączania i wyłączania, prądy mogą płynąć zupełnie niespodziewanymi drogami i niekiedy stanowić zagrożenie dla układu scalonego.

Oddzielnym i jeszcze trudniejszym tematem jest kwestia zabezpieczenia przed samowzbudzeniem od strony wejścia. Wchodzą tu w grę liczne czynniki i temat ten jest bardzo trudny do analizy. Doświadczeni praktycy wiedzą, że i tu można natknąć się na przykre niespodzianki. Generalnie zalecaną drogą ratunku jest wprowadzenie szeregowego rezystora w obwodzie wejścia wzmacniacza. Dość często, ale nie zawsze, zaleca się zwarcie nóżki wejścia (nieodwracającego) wzmacniacza do masy z pomocą niewielkiego kondensatora. Powstały w ten sposób obwód RC może dodatkowo pełnić rolę filtra, nie dopuszczającego na wejście wzmacniacza sygnałów o zbyt wysokiej częstotliwości.

W sumie mamy tu do czynienia z nieprzewidywaną sprzecznością: z jednej strony dla osiągnięcia jak najlepszych parametrów pożądane jest maksymalne poszerzenie pasma i zwiększenie szybkości układu. Z drugiej strony takie poczynania zwiększają niebezpieczeństwo samowzbudzenia i należałoby ograniczać pasmo i zmniejszać szybkość wzmacniacza.

Często bywa tak, że konstruktor wzmacniacza oczekuje, że jego wzmacniacz będzie miał bardzo szerokie pasmo i będzie bardzo szybki, a tym samym zapewni rewelacyjną jakość dźwięku. Później, gdy pojawią się kłopoty z samowzbudzeniem, tenże konstruktor doprowadzony do rozpacz, gotów jest znacznie ograniczyć pasmo, nawet do 20kHz, byle tylko wzmacniacz się nie wzbudzał. Autor spotkał się z takimi sytuacjami, zwłaszcza dawniej, przy konstruowaniu wzmacniaczy z elementów dyskretnych. Obecnie, gdy powszechnie stosujemy układy scalone, problem stracił nieco swą ostrość, ale występuje nadal. Niektóre konstrukcje scalonych wzmacniaczy są bardzo odporne, nie wzbudzają się chętnie. Oprócz typowego wzbudzenia wy-

stępują także inne niespodzianki, jak na przykład... eksplozja obudowy wzmacniacza mocy (na co Autor natknął się w przypadku kostek TDA1514). Co najgorsze, nie wiadomo, co jest przyczyną – po takiej katastrofie niczego nie można już stwierdzić, ale zachodzi podejrzenie, iż przyczyną albo jest jakieś paskudne wzbudzenie, albo jest to efekt jakichś błędów w produkcji. W grę może tu wchodzić wiele czynników i przyczyn, których nie sposób omówić. O ile eksplozje układów scalonych zdarzają się bardzo rzadko, o tyle różne samowzbudzenia występują znacznie częściej, czasem wskutek błędów niedoświadczonego konstruktora (np. błędne prowadzenie masy), czasem wskutek braku wyczerpujących wskazówek w katalogu.

W każdym razie niech to będzie kolejną przestroga dla nowicjuszy, którzy porywają się na budowę potężnych, kilkusetwatowych wzmacniaczy.

Niespodzianek takich nie powinno być przy budowie opisywanego układu z kostkami LM3886.

A oto dalsze objaśnienia roli elementów układu z rysunku 1.

W układzie zastosowano kondensatory separujące w obwodzie ujemnego sprzężenia zwrotnego – są to elementy C5, C13 oraz C6, C14. Elementów tych mogłoby wcale nie być – można je zastąpić dwoma zworami. Jedynym efektem byłoby niewielkie zwiększenie spoczynkowych napięć stałych na wyjściu i tym samym nieznaczne zwiększenie prądu spoczynkowego przepływającego przez głośniki (o kilka miliamperów, a w najgorszym przypadku o kilkadziesiąt miliamperów). Teoretycznie napięcia te powinny być dokładnie równe zeru, czyli wyjścia obu kostek powinny mieć potencjał masy. W praktyce każdy rzeczywisty wzmacniacz ma jakieś drobne odchyłki i napięcie to nie jest równe zeru. Dla wygody, w katalogach podaje się wartość nie wyjściowego, tylko wejściowego napięcia niezrównoważenia (Input Offset Voltage). Dla kostki LM3886 wynosi ono typowo 1mV (max 10mV). Stałe napięcie niezrównoważenia na wyjściu można obliczyć mnożąc wejściowe napięcie niezrównoważenia przez współczynnik wzmocnienia stałoprądowego. Gdyby kondensatory C5, C6 były zwarte, wzmocnienie stałoprądowe byłoby równe zmiennoprądowemu (R7/R3 +1). Przy obecności wymienionych kondensatorów wzmocnienie stałoprądowe jest równe 1, a tym samym wyjściowe napięcie niezrównoważenia nie będzie większe niż 10mV (czyli przez głośniki nie połynie w spoczynku prąd stały większy niż 10mV/Rgł).

Obecność elementów C1, C2, R1, R2 nie wymaga komentarza. Podobnie kon-

densatory C7...C10 i C15...C18 odsprężające są typowe dla wszystkich wzmacniaczy.

Odrobiny uwagi wymaga natomiast obecność obwodów R5C19 oraz R6C20. Współpracują one z wewnętrznym obwodem wyciszania. Gwarantują opóźnienie przy włączeniu zasilania, co skutecznie zapobiega stukom w głośnikach, tak charakterystycznym dla starszych wzmacniaczy. Kiedyś dla wyeliminowania tego zjawiska trzeba było stosować zewnętrzne obwody z przekaźnikami włączanymi po ustabilizowaniu się warunków pracy wzmacniacza i przedwzmacniacza. Obecnie wszystkie nowsze kostki wzmacniaczy mocy mają taką funkcję wbudowaną w układ – inną sprawą jest skuteczność takich zabezpieczeń. Często bywa tak, że owszem, obwód opóźnienia włączenia, ale jest zupełnie nieskuteczny przy wyłączaniu zasilania. W przypadku kostki LM3886 wewnętrzne obwody zapewniają skuteczne wyciszanie zarówno przy włączaniu, jak i przy wyłączaniu.

Przy wyłączaniu zasilania układ test wyciszony wcześniej, niż napięcie zasilające zdąży spaść do wartości bliskich zeru.

Czas opóźnienia przy włączaniu jest określony przez stałą czasową RC obwodu dołączonego do nóżki 8 i może być dobierany według potrzeb. Należy jednak zauważyć, że nie można nadmiernie zwiększać wartości rezystorów R5 i R6. Rzecz w tym, że do właściwej pracy wzmacniacza prąd płynący przez te rezystory nie może być mniejszy niż 0,5mA, bo w sygnale wyjściowym pojawią się ogromne zniekształcenia. Prąd płynący przez te rezystory zależy od (ujemnego) napięcia zasilającego, więc wartość tego rezystora nie może być większa niż wyliczona z poniższego wzoru.

$$R5 = R6 < (I-U_{zasł} - 2,6V) / 0,5mA$$

W modelu zastosowano rezystory R5 i R6 o wartości zgodnej ze schematem – 47kΩ. Natomiast w zestawie AVT-2180 przewidziano rezystory o mniejszej wartości – 20kΩ, umożliwiające pracę także przy niższych napięciach zasilających (już od ±12V). W razie potrzeby zwiększenia czasu opóźnienia włączania, na przykład przy współpracy z przedwzmacniaczem o długich czasach stanów nieustalonych, trzeba więc zwiększać pojemności C19 i C20.

LM3886 i jego krewni

Układ scalony LM3886 jest wykonany w technologii bipolarnej. Tranzystory wyjściowe są zabezpieczone skomplikowanymi obwodami chroniącymi przed uszkodzeniem zarówno wskutek przegrzania, jak i przeciążenia. Producent szeroko opisuje zalety zastosowanego systemu ochrony, zwanego SPIke i zapew-

Projekty AVT

nia o pełnej skuteczności tego systemu zabezpieczenia. Dla Czytelników EdW szczegóły nie są najważniejsze – w każdym razie układ scalony wyposażony jest w szereg zabezpieczeń.

Czytelnicy nieodmiennie dopominają się o parametry układu – patrz **tabela 1**.

Tabela 1

Maksymalne napięcie zasilające:	
bez sygnału:	94V ($\pm 47V$)
podczas pracy:	84V ($\pm 42V$)
Prąd spoczynkowy:	typ 50mA, max 85mA
Ciągła moc wyjściowa:	
($\pm 28V$ 4 Ω):	68W
($\pm 28V$ 8 Ω):	38W
($\pm 35V$ 8 Ω):	50W
Szczytowa moc wyjściowa:	135W
Zniekształcenia nieliniowe (60W, 4 Ω):	0,03%
Zniekształcenia intermodulacyjne (60Hz, 7kHz, 1:1 SMPTE):	0,009%
Prąd polaryzacji wejść:	typ. 0,2 μA max 1 μA
Dopuszczalne różnicowe napięcie wejściowe:	60V
Szybkość zmian napięcia wyjściowego:	typ 19V/ μs
Maksymalny prąd wyjściowy:	typ. 11,5A min. 7A
Poziom szumów na wejściu (filtr A, $R_s=600\Omega$):	typ. 2 μV max 10 μV
Stosunek sygnał/szum (1W, filtr A, 1kHz, $R_s=25\Omega$):	typ. 92,5dB
(60W, filtr A, 1kHz, $R_s=25\Omega$):	typ 110dB
Rezystancja termiczna:	
Rthjc:	1K/W
Rthja:	43K/W
Zalecany zakres napięć zasilających:	20...84V ($\pm 10...$ $\pm 42V$)

Na **rysunkach 3...8** pokazano najważniejsze charakterystyki układu.

Warto zauważyć, że w przypadku omawianej kostki podawana moc wyjściowa rzędu 50...80 watów jest jak najbardziej możliwa do uzyskania w praktycznych warunkach. Pozwala na to zarówno duże dopuszczalne napięcie zasilające (94V), jak i duży prąd wyjściowy (do ponad 11A).

Niewielkie zniekształcenia z pewnością cią zadowolą słuchaczy.

Ważną sprawą praktyczną jest dobór radiatora. Jak wynika z **rysunków 4 i 5**,

Tabela 2

	LM2876	LM3876	LM3886
Maksymalne napięcie zasilające:	70V/72V	84V/94V	84V/94V
Moc wyjściowa:	40W/8 Ω	56W/8 Ω	68W
Maksymalny prąd wyjściowy:	typ. 4A	typ. 6A	typ. 11,5A
Rezystancja termiczna Rthjc:	1K/W	1K/W	1K/W
Zalecany zakres napięć zasilania:	20...60V	24...84V	20...84V

moc strat jednego układu może przekraczać 40W. Wymaga to zastosowania solidnego radiatora o rezystancji termicznej rzędu 2K/W dla każdej z kostek, czyli w żadnym wypadku nie wystarczy tu kawałek blachy aluminiowej.

Dodatkowym utrudnieniem może być fakt, że metalowa wkładka radiatorowa jest połączona z końcówką 4 czyli minusem zasilania. Jeśli ktoś chciałby odizolować radiator od układu scalonego, musi zastosować przekładkę mikową lub silikonową, co znacznie zwiększy rezystancję termiczną (nawet o 0,5...0,8K/W).

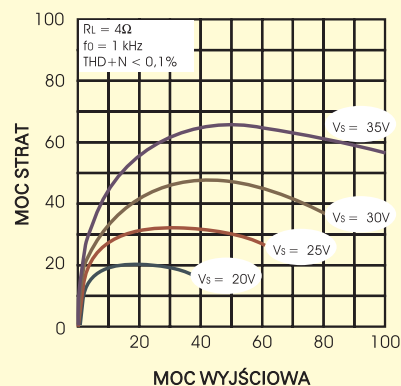
Ponieważ dokładne obliczenie radiatora nie jest sprawą prostą, Czytelnicy EdW powinni zastosować możliwie duże radiatory. Za mały radiator na pewno nie stanie się przyczyną uszkodzenia kostki – co najwyżej w kulminacyjnym momencie pracy... wzmacniacz wyłączy się sam na kilka minut.

Warto wiedzieć, że układ LM3886 może być również zasilany pojedynczym napięciem. Układ aplikacyjny podany jest na **rysunku 9**.

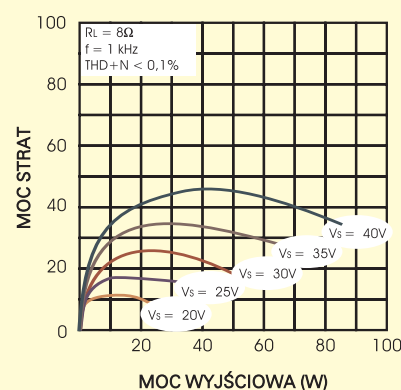
Oprócz kostki LM3886 firma National Semiconductor produkuje układy LM2876 oraz LM3876, mające identyczny układ wyprowadzeń i taki sam schemat aplikacyjny (drobna różnica w roli końcówki 5 niczego nie zmienia). Mogą więc być stosowane w opisywanym układzie bez jakichkolwiek zmian, z tym że uzyskane moce wyjściowe będą mniejsze.

Podstawowe różnice w parametrach zostały przedstawione w **tabeli 2**.

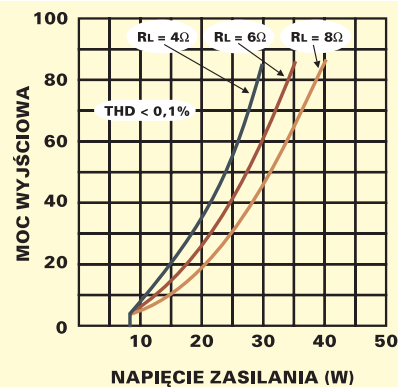
W niektórych przypadkach moc wyjściowa może być taka sama – zależy to od napięcia zasilającego, rezystancji obciążenia oraz od zastosowanego radiatora. Bardziej zaawansowani Czytelnicy potrafią to ocenić lub obliczyć – powyższe dane z powodzeniem do tego wystarczą.



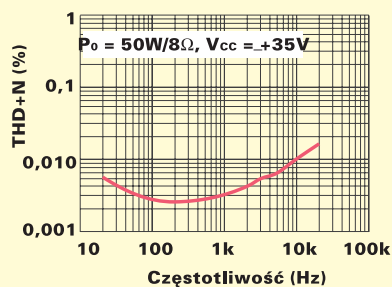
Rys. 3. Moc wyjściowa w funkcji napięcia zasilania



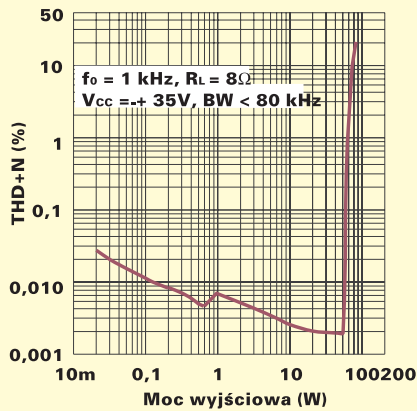
Rys. 4. Moc strat dla obciążenia 4 Ω



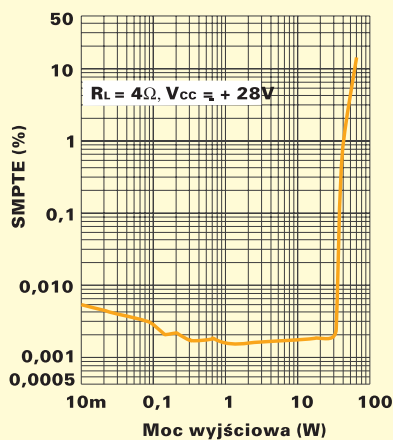
Rys. 5. Moc strat dla obciążenia 4 Ω



Rys. 6. Zniekształcenia nieliniowe w funkcji częstotliwościowej



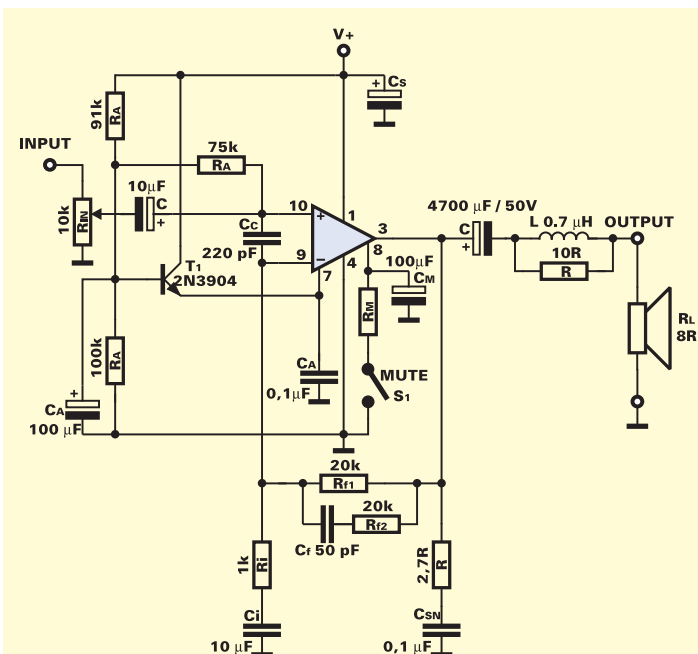
Rys. 7. Zniekształcenia nieliniowe w funkcji mocy wyjściowej



Rys. 8. Zniekształcenia intermodulacyjne

Montaż i uruchomienie

Układ wzmacniacza stereofonicznego można zmontować na płytce pokazanej



Rys. 9. Układ zasilany pojedynczym napięciem

na rysunku 10. Montaż nie sprawi trudności. Nie ma tu żadnych podzespołów szczególnie wrażliwych na uszkodzenia ładunkami statycznymi.

W pierwszej kolejności należy wykonać zaznaczona zwory, a następnie pozostałe elementy. Przed wlutowaniem układów scalonych warto przygotować i zmierzyć radiator lub radiatory.

Jak podano, metalowa wkładka radiatorowa jest połączona z nóżką 4, czyli minusem zasilania. W zasadzie zaleca się zastosowanie dwóch oddzielnych radiatorów, nie połączonych ani ze sobą, ani z żadnymi metalowymi częściami obudowy. W takim przypadku dla każdego wzmacniacza można zastosować oddzielne bezpieczniki – jak widać na schemacie ideowym i montażowym, obwody zasilania są rozdzielone (punkty P, P1 oraz M, M1). Zastosowanie wspólnego radiatora (bez przekładek izolacyjnych z miki lub gumy silikonowej) łączy punkty M i M1 i wtedy stosowanie oddzielnych bezpieczników jest bezcelowe. Nie znaczy to, że wykorzystanie jednego, wspólnego radiatora jest błędem.

W sumie montaż samego układu elektronicznego nie sprawi żadnych kłopotów, odrobinę trudniejsza będzie tylko sprawa radiatora.

Kwestia czy stosować jeden, czy dwa radiatory, jest mniej ważna. Gorzej, że radiator(y) w każdym przypadku będzie miał potencjał minusa zasilania. Tymczasem blaszana obudowa, w której docelowo umieszczony będzie wzmacniacz zawsze jest połączona z masą. To znaczy, że w każdym przypadku trzeba zastosować izolację: albo odizolować radiator od blaszanej obudowy wzmacniacza, albo odizolować układy scalone od radiatora za pomocą

wspomnianych przekładek mikowych lub z gumy silikonowej. Zastosowanie takich przekładek między układem scalonym a radiatorem znacznie zwiększa jednak rezystancję termiczną, tworzy się tu „wąskie gardło” dla przepływu ciepła, co w pewnych sytuacjach może uniemożliwić wykorzystanie pełnej mocy wzmacniacza.

Kwestia ta była bardziej szcze-

gółowo omówiona w EdW 8/97 w artykule opisującym wzmacniacz z kostką TDA7294.

W każdym razie zarówno przy stosowaniu przekładek mikowych, jak i przy bezpośrednim przykręceniu układów scalonych do radiatora, koniecznie trzeba w miejscu styku zastosować pastę przewodzącą ciepło.

Podane informacje mogą przestraszyć mniej doświadczonych elektroników. Jak podano wcześniej, nie należy się obawiać uszkodzenia pod wpływem przegrzania – zapobiegnie temu zabezpieczenie termiczne wbudowane w układy scalone.

Jak świadczą rysunki 4 i 5, moc strat w przypadku obciążenia 8Ω (a takie najczęściej będzie stosowane) jest znacznie mniejsza, niż w przypadku obciążenia 4Ω. Także jeśli wzmacniacz nie będzie stale obciążony pełną mocą, radiator nie musi być przesadnie wielki – wyobrażenie o potrzebach daje radiator pokazany na fotografii. Równie dobrym rozwiązaniem byłoby zastosowanie dwóch „jodełek” o szerokości 75mm i długości 50...75mm.

Nie należy się natomiast sugerować wielkością radiatorów stosowanych w dawnych wzmacniaczach fabrycznych. Tam radiatory były wręcz ogromne, bo wystawione były na zewnątrz, a normy nie dopuszczają, by taki zewnętrzny radiator był zbyt gorący. W przypadku umieszczenia radiatora wewnątrz (dobrze wentylowanej) obudowy, temperatura radiatora przy pełnej mocy oddawanej może być rzędu +100°C i taka temperatura nie powinna nikogo dziwić. Oczywiście zawsze zaleca się stosowanie radiatorów większych niż wymagane minimum.

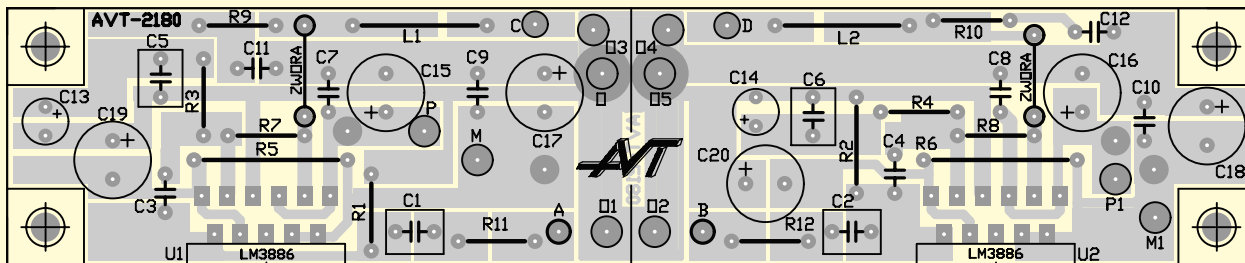
W każdym razie nie należy przesadnie martwić się o radiator – nawet gdyby z czasem okazało się, iż wzmacniacz po dłuższym czasie ciągłej pracy wyłącza się, zawsze można zmienić radiator na większy.

Omawiany układ nie zawiera zasilacza. Zasilacz należy wykonać we własnym zakresie.

Uzyskane parametry, zwłaszcza moc wyjściowa, będą zależę od napięcia zastosowanego zasilacza. Teoretycznie przy napięciu zasilającym ±42V (pod obciążeniem), z głośnikiem 8Ω można uzyskać moc wyjściową rzędu 95...100W. Nie można jednak liczyć na uzyskanie takiej mocy w pracy ciągłej, bo przeszkodą będzie rezystancja termiczna.

Niemniej jednak z odpowiednim zasilaczem wzmacniacz z pewnością może osiągnąć moc szczytową rzędu 100W, a przy obciążeniu 4Ω, jeszcze więcej.

Do testów modelu wykorzystano zasilacz (oczywiście niestabilizowany), zawierający typowy transformator toroidalny 200W 2x24V, mostek prostowniczy 10A i kondensatory filtrujące 2 x 10000µF/40V.



Rys. 10. Schemat montażowy

Taki prosty zasilacz można też polecić do praktycznych zastosowań, choć jak wiadomo, nigdy nie zaszkodzi zwiększenie pojemności filtrujących do 15000µF czy 22000µF. Transformator toroidalny 200W 2 x 24V można bez trudu kupić, choćby w sieci handlowej AVT.

A oto parametry uzyskane ze wspomnianym zasilaczem. Wszystkie pomiary przeprowadzono z obciążeniem rezystancyjnym 4Ω.



Przy wykorzystaniu tylko jednego kanału, maksymalna moc wyjściowa tego kanału wyniosła 75,5W. Przy wykorzystaniu obu kanałów moc wyjściowa wyniosła 2 x 66,5W (przy zniekształceniach poniżej 1%), czyli sumaryczna moc okazała się równa 133W. Przeszkodą w uzyskaniu większej mocy jest w tym wypadku wyłącznie transformator – jego napięcie ogranicza maksymalne napięcie na obciążeniu do 46Vpp. Właśnie to niezbyt duże napięcie zasilania uniemożliwia uzyskanie

Wykaz elementów

Rezystory

R1, R2, R7, R8: 100kΩ
R3, R4: 3,3kΩ
R5, R6: 20kΩ
R9, R10: 2,7Ω

Kondensatory

C1, C2: 470nF
C3, C4: 220pF
C5, C6: (nie montować, patrz tekst)
C7, C8, C9, C10, C11, C12: 100nF ceramiczne
C13, C14: 10µF/16V
C15, C16, C17, C18, C19, C20: 47µF/63V

Półprzewodniki

L1, L2: 0,7µH (cewka na rezystorze 10Ω)
U1, U2: LM3886

Uwaga!

Zestaw AVT-2180 nie zawiera radiatora oraz zasilacza sieciowego. Elementy te należy zamontować oddzielnie.

pełnej mocy przy obciążeniu 8Ω.

Aby uzyskać większą moc, wystarczy zastosować transformator sieciowy mający napięcie wtórne (zmienną) w stanie spoczynku równe 2 x 30...32V. W handlu można bez trudu nabyć

transformatory toroidalne 200W 2 x 30V. Przy stosowaniu takiego transformatora należy raczej użyć kondensatorów filtrujących na napięcie 63V, a nie 40V, bo po wyprostowaniu, napięcie na tych kondensatorach wyniesie nieco ponad 40V.

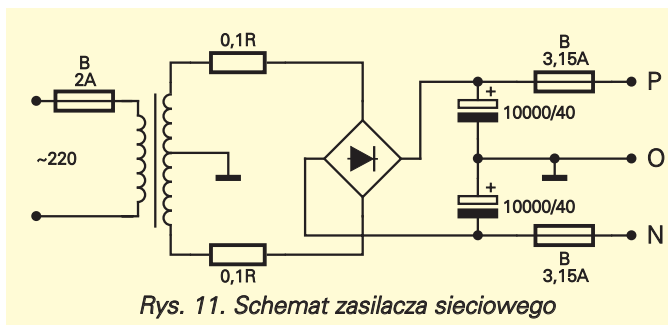
Jak wiadomo, w pierwszej chwili po włączeniu, puste kondensatory elektrolityczne ładują się prądem równym niemal prądowi zwarcia transformatora. Tak duży impuls może być groźny dla diod mostka prostowniczego, dlatego podczas prób zastosowano także rezystory ograniczające prąd i zbadano uzyskaną moc. Po dodaniu takich rezystorów (schemat zasilacza wyglądał jak na rysunku 11) moc wyjściowa zmniejszyła się do 2 x 63,6W, czyli nieznacznie, wręcz niezauważalnie dla ucha. W praktyce warto zastosować takie rezystory (0,03...0,1Ω minimum 1W) dla ochrony diod mostka.

Podczas testów zmierzono zniekształcenia nieliniowe przy mocy kanału 60W – były mniejsze niż 0,07%, co należy uznać za dobrą wartość.

Zmierzono też szybkość zmian napięcia na wyjściu: przy obciążeniu 4Ω i pełnej mocy szybkość narastania napięcia wyniosła 13V/µs, a szybkość opadania 20V/µs, co udowadnia, że wzmacniacz rzeczywiście jest szybki i ma dobre parametry dynamiczne.

Jak wspomniano, przy wykonaniu i pomiarach wzmacniacza nie wystąpiły jakiegokolwiek kłopoty. Układ pracował poprawnie od pierwszego włączenia.

Niemniej jednak przy pierwszym włączeniu zmontowanego i sprawdzonego optycznie wzmacniacza, zawsze należy zastosować środki bezpieczeństwa, choćby w postaci żarówki włączonej



Rys. 11. Schemat zasilacza sieciowego

w obwód pierwotnego uzwojenia transformatora. W EdW 8/96 przedstawiono opis „Zabezpieczającego stanowiska uruchomieniowego”, znakomicie nadającego się do uruchomienia także opisanego wzmacniacza. W zasadzie nie jest to konieczne, ale życie pokazuje liczne przykłady uszkodzenia kosztownych układów scalonych wskutek pomyłek w montażu, przypadkowych zwarcia podczas lutowania, itp. Dla bezpieczeństwa, lepiej zastosować przy pierwszym włączeniu wspomnianą żarówkę, która uchroni przed utratą kilkudziesięciu złotych w przypadku pomyłki w montażu, czy zwarcia.

W praktycznych zastosowaniach trzeba zwrócić szczególną uwagę na połączenia masy. Na płytce drukowanej jest kilka punktów masy, a ścieżki masy poprowadzone są w szczególny sposób – warto na to zwrócić uwagę i przeanalizować, dlaczego wprowadzono taki układ ścieżek. Nie jest też obojętne, gdzie zostaną dołączone poszczególne przewody. Przewód masy przychodzący od zasilacza należy dołączyć do jednego z punktów O lub O5. Przewody masy prowadzące do głośników trzeba dołączyć do punktów O3 i O4. Natomiast przewód masy do przedwzmacniacza powinien być dołączony do jednego z punktów O1, O2. Przedwzmacniacz nie powinien mieć masy połączonej wprost do zasilacza (innym przewodem). Żeby uniknąć pętli masy i wyeliminować wpływ spadków napięć na przewodach, masa przedwzmacniacza powinna być dołączona tylko do jednego z punktów O1 lub O2.

Piotr Górecki
Zbigniew Orłowski