

Scalone wzmacniacze akustyczne mocy

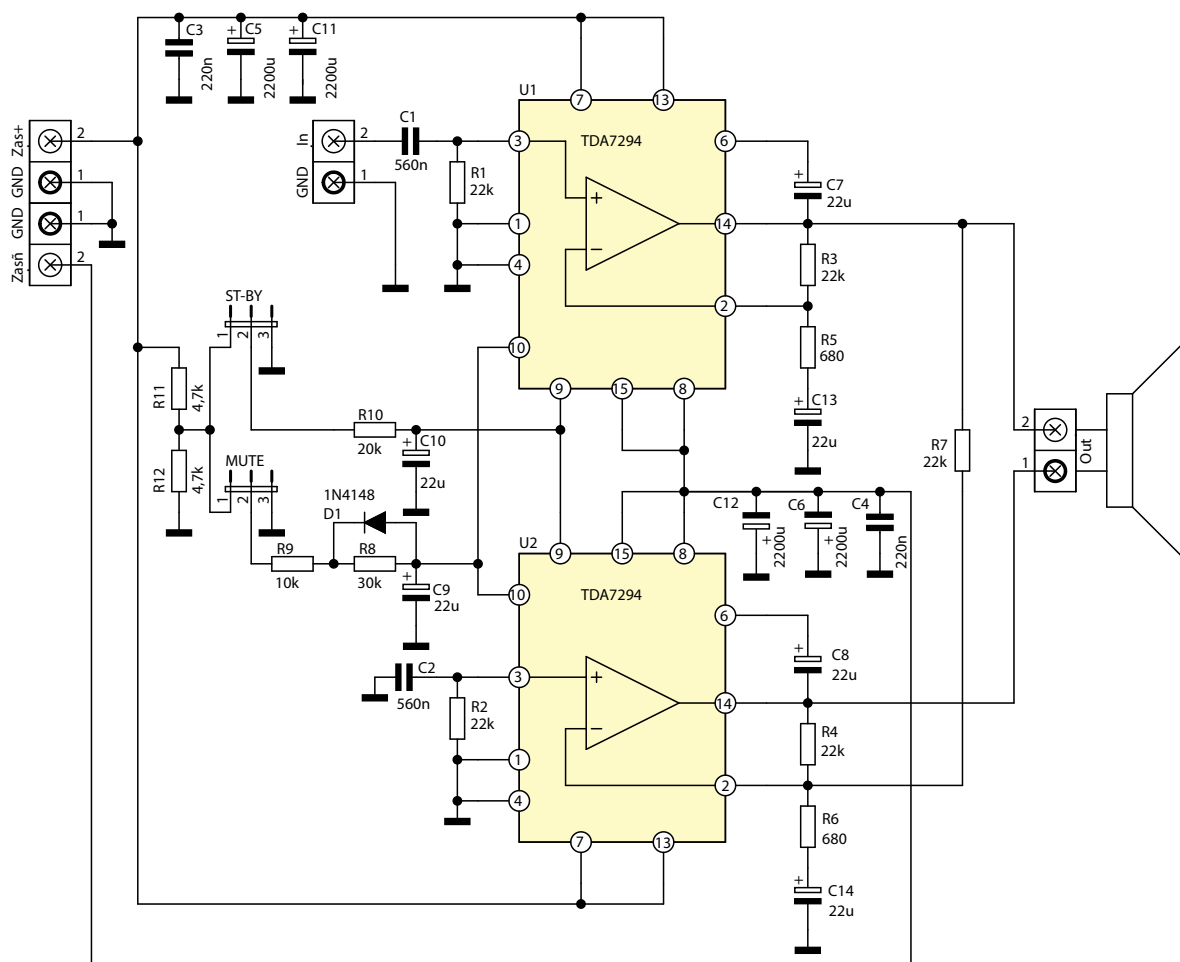
Pierwszym „poważnym” projektem, który wykonałem, był wzmacniacz stereofoniczny z końcówką mocy na układach hybrydowych GML015. Pamiętam, że nie miałem wystarczającej wiedzy, umiejętności i przyrządów pomiarowych, aby wykonać wzmacniacz z użyciem komponentów dyskretnych. Z drugiej strony, zbudowanie wzmacniacza z zastosowaniem układów scalonych nie było zbyt trudne. Wystarczyło zastosować pewne, sprawdzone komponenty, połączyć je zgodnie z niezbyt skomplikowanym schematem i już. Współcześnie mało kto buduje wzmacniacze mocy z użyciem tranzystorów, jeśli ma pod ręką inne, mniej pracochłonne rozwiązania. Nowoczesne wzmacniacze mocy mają bardzo dobre parametry, a dzięki wbudowanym mechanizmom zabezpieczającym, są w stanie pracować bezawaryjnie przez wiele lat. Spróbujmy dokonać przeglądu rynku i dostępnych rozwiązań, chociaż trzeba przyznać, że nie dzieje się tu tak dużo i w takim tempie, jak w technice cyfrowej.

Ze wzmacniaczem akustycznym zetknął się prawie każdy człowiek na ziemi. Te o niewielkiej mocy i miniaturowych wymiarach są stosowane w telefonach komórkowych, urządzeniach przenośnych do odtwarzania

muzyki czy filmów. Te o większej mocy współpracują z domowym sprzętem RTV, natomiast z tymi o bardzo dużej mocy, rzędu kilowatów, mamy do czynienia na koncertach, w kinie itp.

Pierwsze wzmacniacze akustyczne mocy, zwane też wzmacniaczami małej częstotliwości, były budowane w oparciu o lampy. Miały moc rzędu kilku watów i najczęściej współpracowały z instrumentami muzycznymi, takimi jak gitara elektryczna i organy elektroniczne. Lawina ruszyła, gdy zastąpiono prymitywne metody nagrywania dźwięku płytami muzycznymi oraz taśmami magnetycznymi – powstał rynek odbiorców chcących słuchać nagrań muzycznych o dobrej jakości. Myślę, że nie wolno też zapominać o udźwiękowieniu filmów oraz o tym, jak ogromny wpływ miało to na urządzeń służących do ich odtwarzania i nagrywania.

Współcześnie wzmacniacze akustyczne znajdują zastosowanie w ogromnej rzeszy różnych urządzeń. Stawia się im też różne wymagania, zależne od aplikacji. Od wzmacniacza do urządzenia przenośnego oczekujemy przede wszystkim energooszczędności i akceptowalnych parametrów. Wydaje mi się, że w miarę wzrostu wymiarów i mocy wzmacniacza, rosną też nasze oczekiwania. Wzmacniacz przeznaczony do współpracy



Rysunek 1. Wzmacniacz z układem TDA7294 (EP 6/2012)

z kinem domowym będzie musiał mieć dobre parametry i moc dopasowaną do pomieszczenia. Jeszcze inne wymagania (również odnośnie do rodzaju połączenia ze wzmacniaczem) będą stawiane wzmacniaczom najwyższej klasy przeznaczonym dla koneserów. W nich jednak rzadko wykorzystuje się „rozwiązania masowe”, takie jak układy scalone. Producenci raczej dbają o możliwość dopieszczenia każdego detalu, o co trudno, gdy ma się wszystkie komponenty scalone w strukturze półprzewodnikowej. Nie oznacza to jednak, że nie można zbudować dobrego wzmacniacza w oparciu o układy scalone. Wszystko zależy od rynku odbiorców, do którego jest adresowane rozwiązanie. I tu docieramy do bardzo ważnej kwestii, którą stanowią kryteria wyboru rozwiązania.

Kryteria wyboru układu scalonego

Nie warto rozpoczynać konstruowania wzmacniacza akustycznego bez poczynienia pewnych założeń. Moim zdaniem do najważniejszych z nich należą:

- Przeznaczenie wzmacniacza, na podstawie, którego będzie można wyciągnąć szereg wniosków odnośnie do rodzaju zasilania, wymiarów, sposoby odprowadzania ciepła, rozmieszczenia i rodzaju elementów regulacyjnych.
- Parametry techniczne, to jest: wymaganą moc wyjściową (można ją też oszacować na podstawie przeznaczenia), liczba kanałów wyjściowych, rodzaj obciążenia, dopuszczalne zniekształcenia, pasmo przenoszonych częstotliwości, dopuszczalne straty mocy (i sposób ich rozpraszania) oraz inne.
- Całkowity, akceptowalny koszt rozwiązania.

W związku z tym, że rozważamy tutaj zastosowanie odpowiedniego układu scalonego, pomijam kryteria związane z technologią wykonania wzmacniacza tj. czy do jego zbudowania zostaną użyte tranzystory, lampy czy układy scalone.

We wzmacniaczach powszechnego użytku dąży się do uzyskania dobrych parametrów, ale przy jednocześnie jak najniższej cenie, ponieważ są to urządzenia przeznaczone do masowej produkcji, masowego użytku i muszą być dostępne dla przeciętnego użytkownika, który nie chce na nie wydawać bajorńskich sum. Z drugiej strony te wzmacniacze muszą odpowiadać parametrami ich gustom i rodzajowi słuchanej muzyki. W urządzeniach tzw. audiofilskich, przeznaczonych dla wymagającego odbiorcy, ważne są przede wszystkim parametry. Taki klient jest też skłonny zapłacić znacznie więcej za wzmacniacz o bardzo dobrych parametrach i dlatego wyśrubowane parametry techniczne mają pierwszorzędne znaczenie, a cena schodzi niejako na drugi plan. Jeszcze

inną grupę urządzeń stanowią wzmacniacze specjalne, na przykład estradowe, dla radiowęzła, albo bardzo popularny segment – car audio. W tych wzmacniaczach stawia się na uzyskanie dużej mocy wyjściowej przy umiarkowanych parametrach i niskim napięciu zasilania.

W ostatnim czasie bardzo rozwinął się segment urządzeń przenośnych, zasilanych z baterii lub akumulatorów. Są to przede wszystkim tablety, notebooki, telefony komórkowe, odtwarzacze MP3 i MP4. W nich wymaga się przede wszystkim na miniaturyzację, ale przy jednocześnie dużej sprawności energetycznej i przyzwoitych parametrach. Obciążeniem takiego wzmacniacza najczęściej są słuchawki lub niewielki głośnik.

Na podstawie tego krótkiego wstępu łatwo zauważyć, jak różne mogą być wymagania stawiane wzmacniaczowi. Ostateczna aplikacja będzie wpływała w znacznym stopniu na wybór komponentów i rozwiązania układowego.

Właściwości klas wzmacniaczy

Wzmacniacze akustyczne mogą być wykonywane w różnej technologii i topologii (klasach). Do niedawna najbardziej popularną klasą wzmacniaczy była klasa AB, lecz dziś trudno powiedzieć, czy nie jest nią klasa D. W klasie A elementy czynne (lampy, tranzystory) przewodzą prąd przez cały czas, niezależnie od wartości sygnału wejściowego. Klasa A zapewnia najmniejsze zniekształcenia harmoniczne sygnału, ale ma najmniejszą sprawność energetyczną (do 20%). W klasie B elementy czynne nie przewodzą prądu przy braku sygnału wejściowego. Po pojawieniu się sygnału przewodzą one na przemian dodatnią i ujemną jego połówkę. Klasa B pozwala uzyskać dużą sprawność (do 60% przy maksymalnej mocy wyjściowej), ale przy małych sygnałach wprowadzane są stosunkowo duże zniekształcenia, dlatego polaryzacja elementu czynnego w klasie AB jest tak dobrana, że dla małych sygnałów wejściowych wzmacniacz pracuje w klasie

A, a dla większych w klasie B. W ten sposób łączy zalety obu klas.

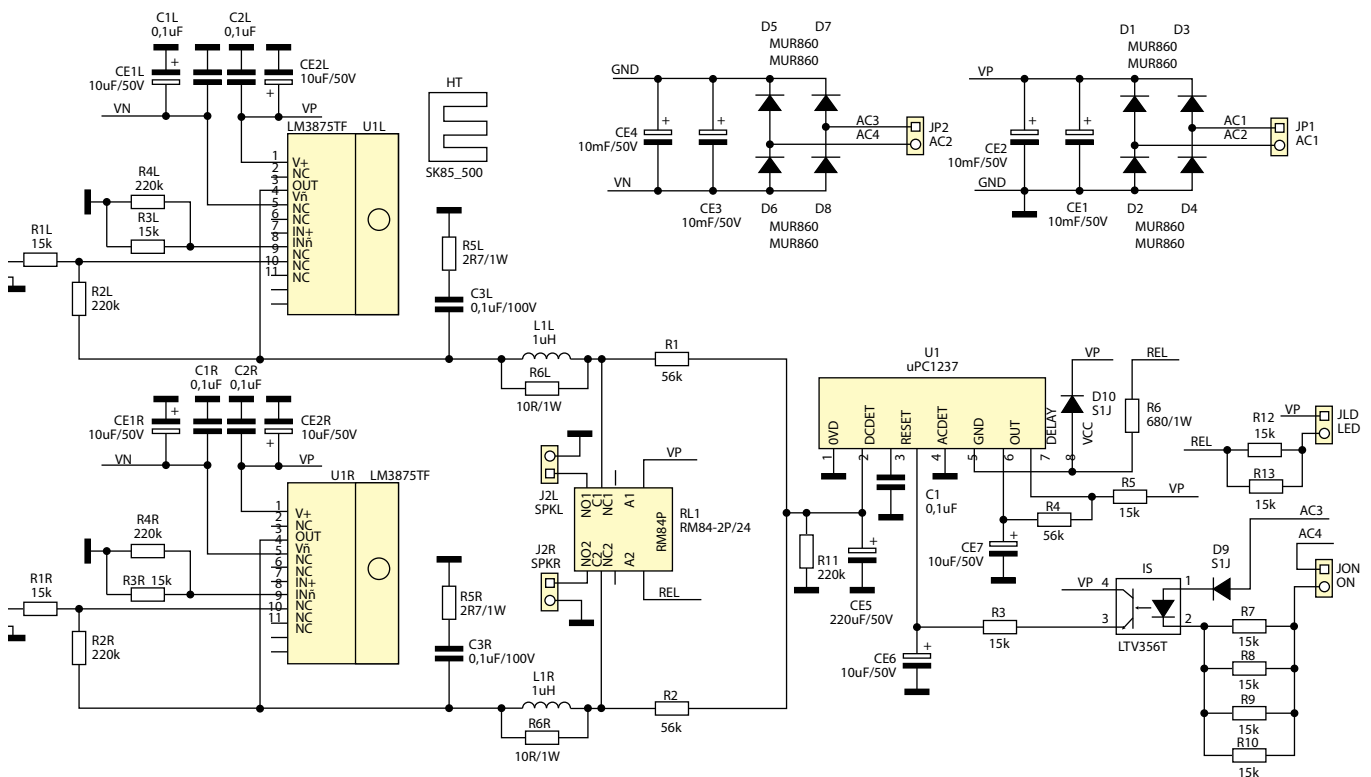
Rozwój technologii układów scalonych umożliwił stosunkowo prostą implementację wzmacniaczy w klasie D. W takt analogowego sygnału wejściowego jest sterowany wyjściowy sygnał mocy PWM o stosunkowo dużej (w porównaniu z sygnałem akustycznym) częstotliwości. Pasywny, dolnoprzepustowy filtr LC na wyjściu wzmacniacza przekształca sygnał PWM w sygnał analogowy. Nowoczesne wzmacniacze klasy D mają tak dobre parametry, że ich wykorzystanie rozważają nawet audiofile. Podstawową zaletą tych wzmacniaczy jest bardzo duża sprawność (do 95%), dlatego są one chętnie stosowane w sprzęcie z zasilaniem baterijnym oraz w wielokanałowych końcówkach mocy kina domowego. Klasa D doczekała się różnie nazywanych odmian. Przykładem jest klasa T nazwana tak przez nieistniejącą już firmę Tripath. W celu zwiększenia mocy wyjściowej wzmacniacze klasy AB i klasy D można łączyć mostkowo. Takie połączenie jest nazywane BTL (*Bridge Tied Load*). Klasę H zaprojektowano dla wzmacniaczy, które mają ograniczone napięcia zasilania, na przykład zasilane są z instalacji samochodowej. Dla mniejszych mocy wzmacniacz pracuje w klasie AB. Przy większych sygnałach wyjściowych napięcie zasilania jest dynamicznie podnoszone – wzmacniacz jest zasilany przez układ przypominającego diodowo-pojemnościowy powielacz napięcia. Oprócz podwyższonej mocy wyjściowej, klasę H wzmacniaczy charakteryzuje również podwyższona sprawność.

Układy scalone do wzmacniaczy audiofilskich

Współczesne zestawy głośnikowe najwyższej klasy są budowane z użyciem głośników o niewielkiej efektywności. Wzmacniacz zdolny doysterowania takich kolumn musi odznaczać się dużą mocą przy jednocześnie niewielkich zniekształceniach harmonicznych. Współczesna technologia

Tabela 1. Wzmacniacze z rodziny Overture aktualnie oferowane przez Texas Instruments

Typ	Moc wyj. ($R_L=8\ \Omega$, THD=1%) [W]	Moc wyj. ($R_L=4\ \Omega$, THD=10%) [W]	Moc wyj. ($R_L=8\ \Omega$, THD=10%) [W]	THD [%]	PSRR [dB]	SNR [dB]	Liczba kanałów
LM3886	63	87	78	0,03			1
LM3876	45		56	0,06		98	1
LM4780	55			0,03	120	114	2
LM3875	56	56	70	0,06			1
LM4766	26	53	37	0,06		100	2
LM4781	25			0,02	125	17	3
LM4782	25	40	30	0,2	115	98	3
LM1876	20	29	26	0,08			2
LM4765	30	30	40	0,08			2
LM1875	25		30	0,022	95		1
LM2876	45		50	0,06	125	98	1



Rysunek 2. Wzmacniacz z układem LM3875 (EP 8/2013)

wytwarzania układów scalonych bez trudu radzi sobie z takimi wymaganiami, jednak same parametry układu to za mało. Trzeba, aby o takim układzie – z rozmaitych powodów – było głośno, mówiło się o nim, trzeba blichtru. Wydaje mi się, że pomimo upływu lat i pomimo tego, że wielu audiofilów jest gotów nawet przekonać się do „cyfrowego

brzmienia” wzmacniaczy pracujących w klasie D, to nadal na polskich forach internetowych mówi się o tych samych układach scalonych mających opinie komponentów nadających się do zbudowania wzmacniacza dla audiofila. Jednym z nich jest TDA7294 firmy STMicroelectronics, który zawdzięcza dobrą opinię mieszanej konstrukcji – w stopniu

końcowym zastosowano w nim tranzystory MOS, natomiast w stopniu sterującym tranzystory bipolarne. Oprócz bardzo dobrych parametrów samego układu, ta cecha niejako dobrze wpisuje się w oczekiwania osób, które nie wiedzieć czemu uważają (ale o gustach się nie dyskutuje), że zastosowanie tranzystorów MOS w stopniu końcowym

powoduje, że wzmacniacz brzmi podobnie do lampowego.

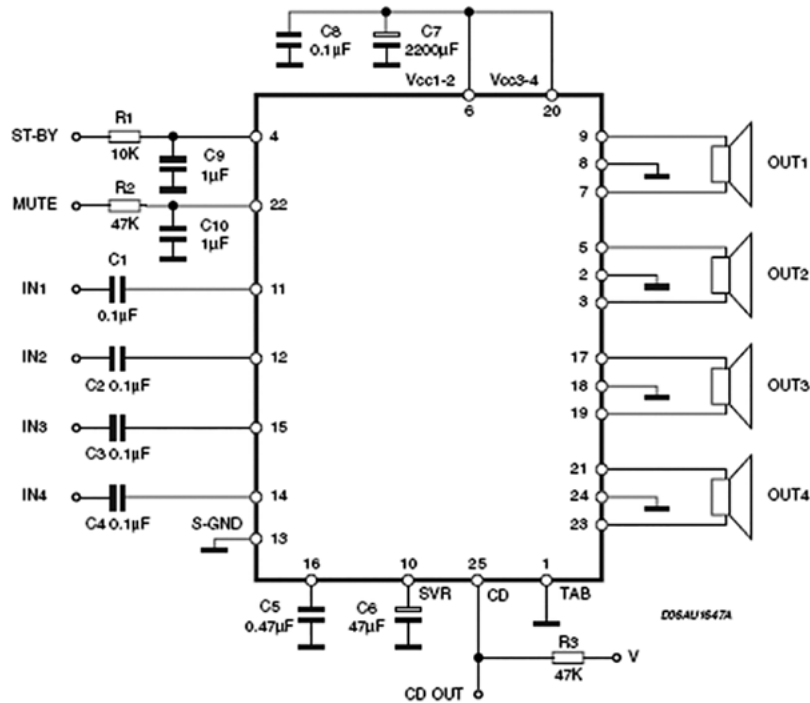
Projekt wzmacniacza z tym układem publikowaliśmy w EP 6/2012. Na schemacie pokazanym na rysunku 1 można zauważyć prostotę aplikacji tego układu, która wymaga jedynie kilku biernych elementów zewnętrznych i radiatora.

Kolejna audiofilska legenda dotyczy układów scalonych z rodziny Overture (tabela 1), niegdyś wytwarzanych przez National Semiconductor, a współcześnie przez Texas Instruments. Duża popularność tej rodziny układów, to typowy przykład kreowania audiofilskiej legendy i zabiegów marketingowych z nią związanych. Grupa ludzi skupiona wokół audiofilskich, internetowych grup dyskusyjnych stworzyła konstrukcję nazywaną Gainclone. W dużej ogólności polegała ona na zastosowaniu dobrego, scalonego wzmacniacza mocy i zaaplikowaniu go z wykorzystaniem bardzo drogiej biernych elementów zewnętrznych. Wzmacniacz był budowany metodą montażu przestrzennego (jak w układach lampowych) lub montowany na płytce ze złożonymi punktami lutowniczymi. Oczywiście, całość musiała być lutowana cyną z dodatkiem srebra. Zbudowany zgodnie z tymi i im podobnymi zasadami Gainclone miał mieć dźwięk porównywalny z dużo droższymi wzmacniaczami budowanymi z elementów dyskretnych.

W sierpniowej Elektronice Praktycznej z 2013 r. opublikowaliśmy projekt wzmacniacza mocy z jednym z układów scalonych z rodziny Overture. Był to LM3875. Schemat ideowy jego aplikacji pokazano na rysunku 2. Poszczególne układy scalone z tej rodziny różnią się parametrami, mocą wyjściową i liczbą kanałów, natomiast różnice brzmienia pomiędzy nimi są niezauważalne dla przeciętnego użytkownika.

Co ciekawe, w sprzęcie audio nadal są stosowane wzmacniacze hybrydowe. Pamiętam, gdy jeszcze podczas praktyk w ZR Diora otwieraliśmy obudowy uszkodzonych układów hybrydowych GML próbując naprawić je wymieniając tranzystory mocy. Wówczas naocznie mogłem przekonać się, że pomimo wspólnej obudowy układy hybrydowe wzmacniaczy audio były zbudowane z typowych komponentów SMD. Wyjątek stanowiły rezystory, które były napyłane wprost na ceramicznym podłożu. Obudowa takiego układu miała wyprowadzenia rozmieszczone w jednym rzędzie. Wydaje mi się, że w układach GML stosowano typowe tranzystory mocy, ale widywaliśmy również układy, w których krzemowe struktury tranzystorów mocy były przyklejane wprost do aluminiowego podłoża, które następnie przykręcało się do radiatora.

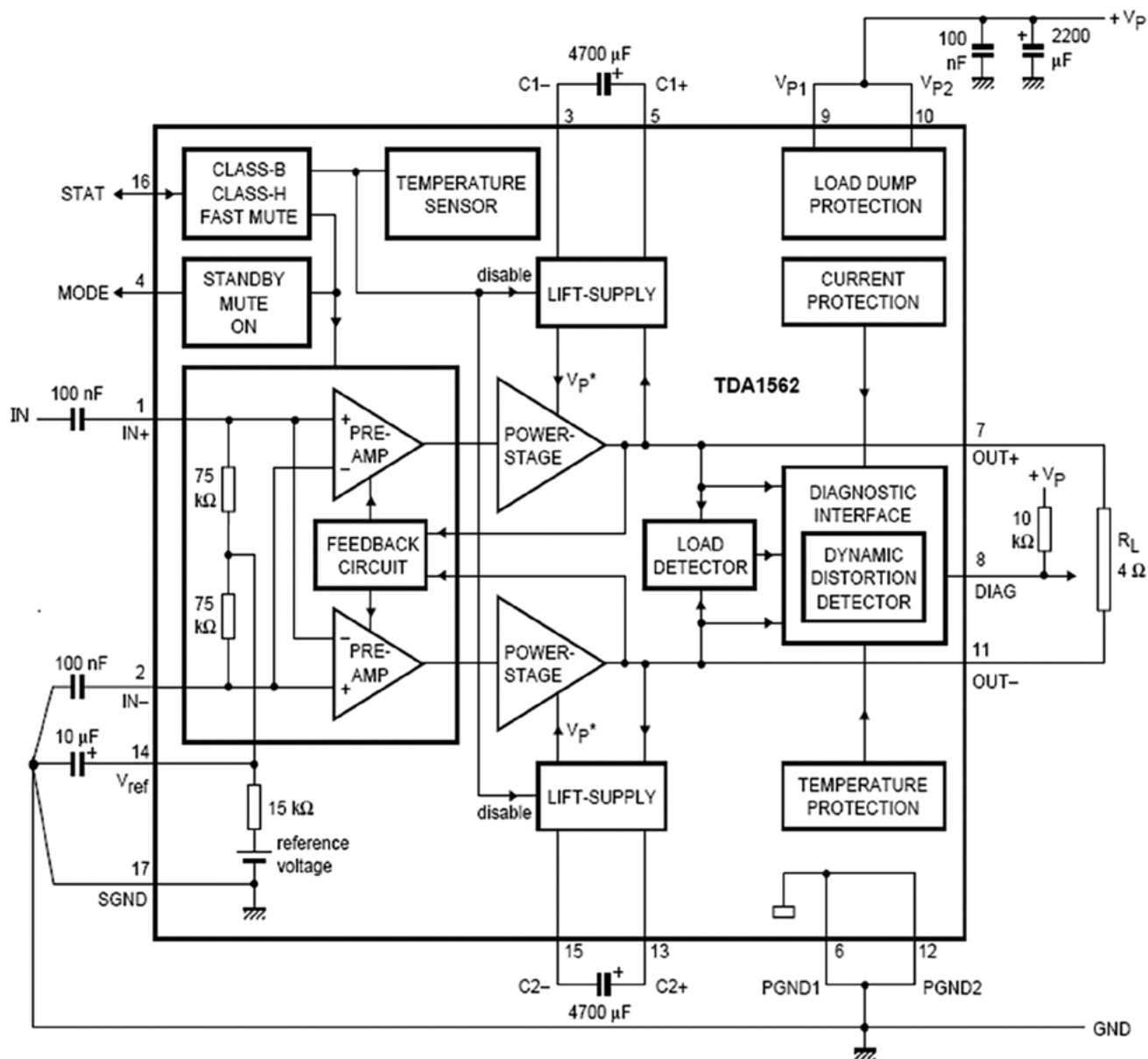
Układy hybrydowe STK były bardzo dobrze znane w Polsce. Były w nie wyposażane liczne wyroby z dzierżoniowskiej Diory:



Rysunek 3. Przykładowy schemat aplikacji 4-kanałowego wzmacniacza o mocy 28 W na kanał przy obciążeniu 4 Ω z układem TDA7854

Tabela 2. Przykłady wzmacniaczy samochodowych pracujących w klasie AB firmy STMicroelectronics		
Typ	Moc wyjściowa THD=10%	Dodatkowe informacje
TDA7564	4×28 W BTL $R_L=4 \Omega$ 4×46 W BTL $R_L=2 \Omega$	Magistrala I ² C: -funkcje standby, enable/disable -programowane wzmocnienie 26...12 dB -diagnostyka układu: wykrywanie przeciążeń, zwarc, braku obciążenia na wyjściu Rozbudowany system zabezpieczeń przeciwzwarciowych, termicznych i przeciwprzepięciowych.
TDA7854	4×28 W BTL $R_L=4 \Omega$ 4×48 W BTL $R_L=2 \Omega$	Funkcje standby i mute Zabezpieczenia: przeciwzwarciowe, termiczne i przeciwprzepięciowe, przed odwrotnym podłączeniem zasilania.
TDA7563A	4×28 W BTL $R_L=4 \Omega$ 4×50 W BTL $R_L=2 \Omega$	Magistrala I ² C: -funkcja standby, -pelfe sterowanie play/mute dla kanałów front/tył, -nastawa wzmocnienia 12/26 dB, -diagnostyka działania zabezpieczeń. Rozbudowany system zabezpieczeń przeciwzwarciowych, termicznych i przeciwprzepięciowych.

Tabela 3. Przykłady wzmacniaczy samochodowych pracujących w klasie AB firmy NXP		
Typ	Moc wyjściowa THD=10%	Dodatkowe informacje
TDA8561Q	4×12 W SE $R_{obc}=2 \Omega$ 2×24 W BTL $R_{obc}=4 \Omega$	Zabezpieczenie przeciwzwarciowe, termiczne Wejście Stanby
TDA8567Q	4×25 W BTL $R_{obc}=4 \Omega$	Zabezpieczenie przeciwzwarciowe, termiczne i przed odwrotnym połączeniem zasilania Wejście MODE: standby, mute, normal
TDA8571J	4×25 W BTL $R_{obc}=4 \Omega$	Zabezpieczenie przeciwzwarciowe, termiczne i przed odwrotnym połączeniem zasilania Wejście MODE: stanby, mute, normal
TDA8589AJ	4×50 W BTL $R_{obc}=2 \Omega$	Magistrala I ² C Programowane progi sygnalizacji zabezpieczeń termicznych i przeciwzwarciowych Programowany próg detekcji obciążenia wierzchołków sygnału wyjściowego (clip detect) Rozbudowany system zabezpieczeń Wielowyjściowy stabilizator napięcia stałego
TDA8594J	4×50 W BTL $R_{obc}=2 \Omega$	Magistrala I ² C Rozbudowany system programowania progów detekcji zagrożeń. Wykrywanie obciążenie wyjścia. Rozbudowany system zabezpieczeń przeciwzwarciowych i termicznych



Rysunek 4. Wzmacniacz klasy H z układem TDA1562

amplitunery, wzmacniacze do zestawów muzycznych tzw. wieży. Na licencji tych układów były wytwarzane układy GML025 i GML026 stosowane np. w amplitunerze Amator. W 2010 r. firma ON Semiconductor kupiła Sanyo, jednak pomimo zmiany marki układy hybrydowe są nadal wytwarzane bez zmiany typu. Przykładem mogą być układy z rodzin STK404 oraz STK433. Ich karty katalogowe można bez problemu odszukać na stronie internetowej ON Semiconductor, nadal mają one status „active”, jednak nazw układów na próżno szukać na liście – wykazie produktów zamieszczonej w menu *Product* → *Amplifiers & Comparators* → *Audio Amplifiers*. Być może, pomimo dostępności i braku konkretnej informacji na ten temat, układy te nie są zalecane do nowych konstrukcji.

Jak wspomniano na początku tego akapitu, wzmacniacz przeznaczony dla audiofila musi być w jakiejś części owiany legendą. Nie podejmuję się dyskusji nt. przydatności układów hybrydowych do konstrukcji

wzmacniaczy audio dla audiofila. Moim zdaniem jest to troszeczkę tak, że wzmacniacz dla pasjonata musi budzić jakieś emocje i to z nimi są przede wszystkim związane późniejsze wrażenia odsłuchowe. Dlatego też wszystkie dyskusje na temat tych czy innych komponentów są w dużej mierze związane

z indywidualnymi odczuciami oraz emocjami i jako takie – są po prostu nierozstrzygalne.

Układy scalone do wzmacniaczy *car audio*

Mocy wyjściowa wzmacniacza stosowanego w samochodzie jest ograniczona wartością

Tabela 4. Wybrane parametry układu LM4781

Parametr	Wartość
Moc przy $R_{obc}=4\ \Omega$ i $THD=1\%$	35 W
Moc przy $R_{obc}=8\ \Omega$ i $THD=1\%$	25 W
THD+N $P_o=20\ W$ $R_{obc}=4\ \Omega$ $R_{obc}=8\ \Omega$	0,5% 0,2%
SNR $P_o=1\ W$ $P_o=25\ W$	93 dB 107 dB
SR $V_{in}=1,2\ V_{rms}$ $F=10\ kHz$ fala prostokątna	9 $V/\mu s$
Separacja kanałów $P_o=10\ W$ $f=1\ kHz$ $P_o=10\ W$ $f=10\ kHz$	70 dB 66 dB
Pasma przenoszenia	8 MHz

napięcia zasilającego. W prawidłowo pracującej instalacji samochodowej przy włączonym silniku panuje napięcie 14,4 V. Przy uzyskiwanej obecnie sprawności wzmacniaczy scalonych pozwala to na uzyskanie maksymalnej mocy wyjściowej rzędu 25 W. W celu jej zwiększenia są stosowane specjalne przetwornice napięcia podwyższające napięcie zasilające wzmacniacz pracujący w klasie AB i/lub wzmacniacze mostkowe. Współcześnie często stosuje się też wysokosprawne wzmacniacze pracujące w klasie D oraz wzmacniacze klasy H.

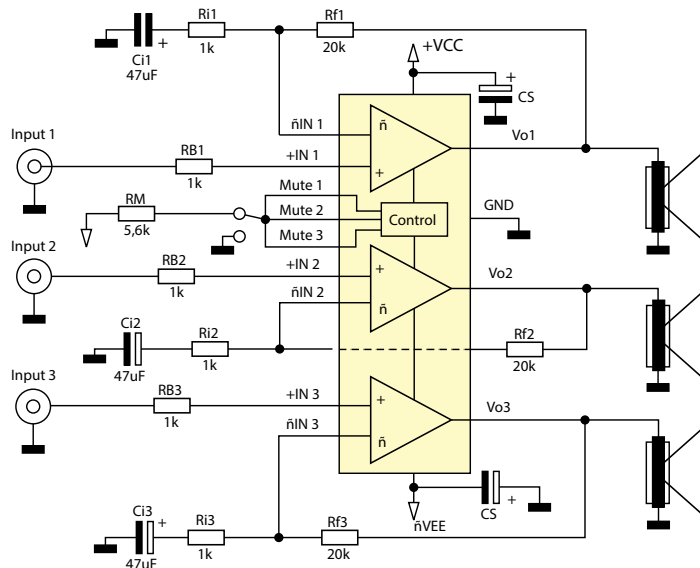
Nierzadko wzmacniacze *car audio* są wielokanałowe, przystosowane do sterowania wieloma głośnikami rozmieszczonymi w różnych miejscach w samochodzie. Często współpracują z procesorem DSP, który dopasowuje parametry poszczególnych torów do preferencji użytkownika oraz wnętrza pojazdu. Należy przy tym dodać, że komponenty przeznaczone do użycia w pojeździe, niezależnie od rodzaju aplikacji, pracują w ekstremalnie trudnych warunkach: w bardzo szerokim zakresie temperatury, przy możliwości wystąpienia przepięć i zwarć w instalacji, narażone na wstrząsy mechaniczne itd. Dlatego nowoczesne wzmacniacze mocy do *car audio* są bardzo dobrze zabezpieczone przed przeciążeniem, przegrzaniem i odwrotnym lub zbyt wysokim napięciem zasilania. W wielu z nich jest stosowana magistrala szeregową (najczęściej I²C) do programowania zabezpieczeń i odczytywania danych diagnostycznych. Ponieważ w praktycznie każdym odtwarzaczu samochodowym jest stosowany do sterowania mikrokontroler, to takie rozwiązanie znacznie podnosi walory użytkowe sprzętu.

Scalone wzmacniacze mocy stosowane nie wymagają wielu elementów zewnętrznych. Na **rysunku 3** pokazano schemat 4-kanałowego wzmacniacza o mocy 28 W na kanał przy obciążeniu 4 Ω z układem TDA7854 produkowanym przez firmę STMicroelectronics. W **tabeli 2** wymieniono przykładowe wzmacniacze scalone przeznaczone do zastosowania w sprzęcie *car audio*. Oferta firmy STM jest bardzo obszerna. Podobnie jak opisywany wcześniej układ TDA7294, scalone wzmacniacze tej firmy mają tranzystory mocy wykonane technologii MOS.

Ważnym producentem scalonych wzmacniaczy mocy przeznaczonych do zastosowania w pojazdach jest firma NXP. W **tabeli 3** umieszczono przykładowe układy scalone wzmacniaczy pracujących w klasie AB. Moc podana w tej tabeli jest mocą sygnału użytecznego dla zniekształceń THD=10%, przy napięcia zasilania +14,4 V. Część wzmacniaczy może pracować przy zasilaniu wyższym napięciem, na przykład +18 V i wtedy moc jest oczywiście większa. Jest to często wykorzystywane przez

Tabela 5. Wybrane wzmacniacze mocy klasy AB z oferty STMicroelectronics

Typ	Napięcie zasilające	Liczba kanałów	Pout przy THD=10%	RL [Ω]	THD [%]	Opis układu
STA540	8...2 V	4	13 W	8	0,02	4 x 13 W dual/quad power amplifier
TDA2009A	8...28 V	2	10 W	4	0,05	10 W + 10 W stereo audio amplifier
TDA2030	12...36 V	1	18 W	4	0,2	14 W Hi-Fi audio amplifier
TDA7264	5...22,5 V	2	25 W	8	0,5	25 W + 25 W stereo amplifier with mute and standby
TDA7265	5...25 V	2	25 W	8	0,7	25 W + 25 W stereo amplifier with mute and standby
TDA7265B	16...66 V	2	30 W	8	-	30 W + 30 W stereo amplifier with mute and standby
TDA7266	3...18 V	2	7 W	8	0,2	7 W + 7 W dual bridge amplifier
TDA7266D	3,5...12 V	2	5 W	8	0,2	5 W + 5 W dual bridge amplifier
TDA7266M	3...18 V	1	7 W	8	0,2	7 W mono bridge amplifier
TDA7266P	3,5...12 V	2	3 W	8	0,2	3 W + 3 W dual bridge amplifier
TDA7269A	5...20 V	2	14 W	8	0,7	2 x 14W stereo amplifier with mute and standby
TDA7292	do 35 V	2	40 W	8	0,02	40 W + 40 W stereo amplifier with mute and standby
TDA7293	24...100 V	1	100 W	8	0,05	120 V / 100 W DMOS audio amplifier with mute and standby
TDA7294	20...80 V	1	100 W	8	0,05	100 V, 100 W DMOS audio amplifier with mute and standby
TDA7295	10...40 V	1	80 W	8	0,05	80 V, 80 W DMOS audio amplifier with mute and standby
TDA7296	10...35 V	1	60 W	8	0,05	70 V, 60 W DMOS audio amplifier with mute and standby
TDA7297	6...18 V	2	15 W	8	1,0	15 W + 15 W dual bridge amplifier
TDA7496	10...32 V	2	5 W	8	0,4	5 W + 5 W amplifier with DC volume control



Rysunek 5. Aplikacja układu LM4781

teraz zawsze z Tobą w wersji mobilnej

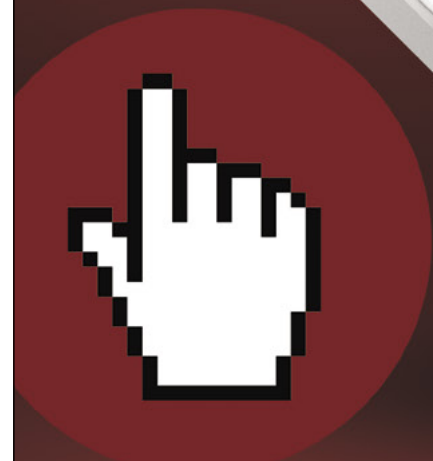


Tabela 6. Wybrane wzmacniacze mocy klasy D z oferty STMicroelectronics

Typ	Napięcie zasilania	Liczba kanałów	Pout przy THD=10%	RL [Ω]	General Description
TDA7491HV	5...18 V	2	20 W	8	20W+20W dual BTL class-D audio amplifier
TDA7491LP	5...14 V	2	5 W	8	5W+5W dual BTL class-D audio amplifier
TDA7491MV	5...18 V	1	25 W	6	25W mono BTL class-D audio amplifier
TDA7491P	5...18 V	2	10 W	6	10W+10W dual BTL class-D audio amplifier
TDA7492	10...26 V	2	50 W	6	50 W + 50 W dual BTL class-D audio amplifier
TDA7492MV	10...26 V	1	50 W	6	50W Mono BTL class-D audio amplifier
TDA7492P	10...26 V	2	25 W	8	25 W + 25 W dual BTL class-D audio amplifier
TDA7493	3...5,5 V	2	3 W	4	3 W + 3 W dual BTL class-D audio amplifier
TDA7498	10...36 V	2	100 W	6	100W+100W dual BTL Class-D audio amplifier
TDA7498E	14...36 V	2	160 W	4	160W+160W dual BTL class D audio amplifier
TDA7498L	10...36 V	2	80 W	-	80 W + 80 W dual BTL class-D audio amplifier
TDA7498MV	10...36 V	1	100 W	6	100-watt mono BTL class-D audio amplifier

Tabela 7. Wykaz wzmacniaczy klasy AB z rodziny Boomer

Typ	THD [%]	SNR	Liczba kanałów	Zasilanie	Warunki pomiaru
LM4802B	0,05				Vout=10 Vpp at Vcc=3 V
LM4804	0,15			2,6...5 V	Vs = 5 V, RL = 8 Ω, Pout= 1,5 W
LM4805	0,25			2,7...5,5 V	Vs = 5 V, RL = 8 Ω, Pout= 0,5 W
LM4808	0,05	105	2	2,0...5,5 V	RL=16 Ω, Vo=3,5 VPP(przy 0 dB)
LM4809	0,03	107	2	2,0...5,5 V	Po=50 mW @ f=20 Hz to 20 kHz
LM4810	0,03	107	2	2,0...5,5 V	Po=50 mW @ R=32 Ω, f=20 Hz...20 kHz
LM4811	0,03	106	2	2,0...5,5 V	Po=50 mW @ R=32 Ω, f=20 Hz ...20 kHz
LM48510	0,07			2,7...5,5 V	Pout=500 mW,Vdd=3,3 V
LM48555	1		1	2,7...5,5 V	RL=1 μF+20 Ω, f=1kHz
LM48556	bd				f=1 kHz, RL=15 Ω+1 μF
LM4880	0,02	-	2	2,7...5,5 V	Po=75 mW @ RL= 32 Ω
LM4881	0,02	100	2	2,7...5,5 V	Po=75 mW @ RL=32 Ω
LM48821	0,011	100	2	1,6...4,0V	Pout=50 mW, f=1 kHz, RL=32 Ω, jeden kanał
LM48823	bd				RL=2,2 μF+15ohm, f=1kHz
LM4910	0,3	97	2	2,2...5,5 V	Po=30 mW @ Vs=5V, R=32 Ω
LM4911	-	110	2	2,0...5,5 V	-
LM4915	0,1	-	1	2,2...5,5 V	Pout=25 mW
LM4916	0,2	-	2	-	RL=16 Ω, SE, Po=5 mW
LM4917	0,02	100	2	1,4...3,6 V	Po=50 mW, f=1 kHz, RL=32 Ω
LM4920	0,03	100	2	1,4...3,6 V	Po=50 mW, f=1 kHz, RL=32 Ω, jeden kanał
LM4921	0,03	82	2	-	f=1 kHz, Pout = 12 mW
LM4924	0,1	-	2	1,4...3,6 V	Po=10 mW
LM4980	0,02		2	1,5...3,3V	RL = 32 Ω, POUT = 10 mW, f = 1 kHz
LM4982		100	2	1,6...4,0V	
LM4985	0,08		2	2,2...5,5 V	Pout = 100 mW, f = 1 kHz, RL = 16 Ω
LM48100Q	0,04	104	1	3,0...5,0	Po=850 mW, f=1 kHz, RL=8 Ω
LM4923	0,02			2,4...5,5 V	Po = 0,4 Wrms; f=1 kHz
LM4941	0,04	108	1	2,4...5,5 V	Pout = 700 mW, f=1 kHz
LM4995	0,1		1	2,4...5,5 V	Po=500 mWrms; f=1 kHz

REKLAMA

różnych hobbystów budujących wzmacniacze do sprzętu przeznaczonych do użytku domowego oraz w tańszych zestawach kina domowego.

Klasa H powstała, żeby zwiększyć moc wzmacniacza przy ograniczonym napięciu zasilania. Jednym z przykładów wzmacniaczy pracujących w klasie H jest układ NXP typu TDA1562 (rysunek 4). Topologia wzmacniacza jest oparta o rozwiązanie typu BTL. Przy mocy wyjściowej nie przekraczającej 18 W układ pracuje jak normalny wzmacniacz mostkowy BTL w klasie AB. Powyżej tej mocy uruchamiany jest układ chwilowo podnoszący zasilanie stopni końcowych, aby moc wyjściowa wzmacniacza mogła osiągnąć moc chwilową ok. 70 W. Przy konstruowaniu wzmacniaczy tej klasy przyjęto, że przy wzmacnianiu sygnału muzycznego wysoka moc jest potrzebna tylko przez krótki czas, na przykład przy uderzeniu perkusji. W czasie odtwarzania cichych fragmentów wzmacniacz pracuje w klasie AB, a przetwornica podwyższająca napięcie jest ładowana. W czasie odtwarzania dźwięku o większej mocy do układu zasilania jest dostarczana energia z kondensatorów układu podwyższającego napięcie. Deklarowana moc 70 W nie jest mocą ciągłą, ale mocą, która można nazwać muzyczną lub chwilową.

Układ TDA1562, podobnie jak inne układy *car audio*, jest łatwy w aplikacji. Jediną różnicą jest konieczność dołączenia do wyprowadzeń dwóch kondensatorów elektrolitycznych C1 i C2 współpracujących z przetwornicą podwyższającą napięcie zasilające (rys. 4). Wszystkie niezbędne do działania wzmacniacza zawarte są w strukturze układu scalonego. Za pomocą 3-poziomowego wejścia MODE można wybrać jeden z trzech trybów pracy wzmacniacza (standby – poziom niski, mute – poziom średni, normalna praca – poziom wysoki). Układ TDA1562 można przełączać za pomocą wejścia STAT do pracy tylko w klasie AB lub w pełnej klasie H (poziom niski – układ wyciszony, średni – klasa AB, wysoki – klasa H).

Wzmacniacze scalone przeznaczone dla tego segmentu to bardzo liczna rodzina, jednak współcześnie są wypierane przez coraz lepsze wzmacniacze klasy D.

Wzmacniacze ogólnego przeznaczenia do sprzętu audio

Wzmacniacze wielokanałowe są stosowane głównie w zestawach kina domowego. Niegdyś, co prawda eksperymentowano z kwadrofonią, ale – przypuszczalnie przez niekorzystny stosunek ceny do jakości – nie przyjęła się ona i dopiero współczesne systemy kina domowego spowodowały konieczność budowania wzmacniaczy wielokanałowych.

Przyglądając się zestawom kina domowego łatwo zauważyć, że wymagania

Tabela 7. c.d.

Typ	THD [%]	SNR	Liczba kanałów	Zasilanie	Warunki pomiaru
LM4950	0,14	-	2	9,6...16	Po=2,5 Wrms, Av=10, f=1 kHz, RL=4 Ω
LM4952	0,08	-	2	9,6...16	2 Wrms, 1 kHz, 12 V, 4 Ω
LM4670	0,3	93	1	2,4...5,5 V	3,6 V 0,5 Wrms 1 kHz
LM4671	0,04	93	1	2,4...5,5 V	3,6 V 0,1 Wrms 1 Lhz
LM4675	0,02	97	1	1,4...3,6 V	Vdd=3,6 V, Po=0,1 W, f=1 kHz
LM4863	0,3	98	2	2,0...5,5 V	Po=2 W@Vs=5 V, R=4 Ω, 20 Hz...20 kHz
LM4866	0,3	-	2	2,7...5,5 V	f=20 Hz...20 kHz, AVD=2
LM4871	0,13 0,25	98	1	2,0...5,5 V	Po=1,6W@Vs=5 V, R=4 Ω Po=1 W@Vs=5 V, R=8 Ω
LM4673	0,02	97	1	2,4...5,5 V	VDD=3,6 V, Pout=100 mA, f=1 kHz
LM4666	0,65	83	2	2,7...5,5 V	Po=100 mWrms, f=1kHz, pasmo 22 kHz, oba kanały
LM4991	0,2	-	1	2,2...5,5 V	Po=0,5 W, f=1 kHz
LM4835	0,3	93	2	2,7...5,5 V	Po=1 W @Vs=5V, 20 Hz...20 kHz
LM4836	0,3	93	2	2,7...5,5 V	Po=1 W @Vs=5V, 20 Hz...20 kHz
LM4838	0,3	93	2	2,7...5,5 V	Po=1 W @Vs=5V, 20 Hz...20 kHz
LM4873	0,3	97	2	2,0...5,5 V	Po=1 W@5 V, 8 Ω, 20...20 kHz
LM4876	0,25	98	1	2,0...5,5 V	Po=1 W@ Vs=5 V, R=8 Ω, 20 Hz...20 kHz
LM4928	0,04	105	2	2,4...5,5 V	Pout=1 W, f=1 kHz
LM4853	-	90	2	2,4...5,5 V	
LM4860	0,72	98	1	2,0...5,5 V	Po=1 W@Vs=5V, R=8 Ω
LM4861	0,72	98	1	2,0...5,5 V	Po=1 W @ Vs=5 V, R=8 Ω
LM4898	0,05	-	1	2,4...5,5 V	Po=0,4 Wrms, f=1 kHz
LM4665	0,5	-	1	2,7...5,5 V	Po=0,1 W @ Vs=3 V
LM48410	0,025	88	2	2,4...5,5 V	Po=500 mW, f=1 kHz, RL = 8 Ω
LM4864	0,7	98	1	2,7...5,5 V	Po=0,3 W @ Vs=5V, R=8 Ω
LM4667	0,8	83	1	2,7...5,5 V	Pout=100 mW, fin=1 kHz
LM4818	1	-	1	2,0...5,5 V	f=1 kHz, Avd=2, Po = 0,27 Wrms
LM4819	1	-	1	2,0...5,5 V	f=1 kHz, Avd=2, Po = 0,27 Wrms
LM4862	0,55	98	1	2,7...5,5 V	Po=0,5 W @ Vs=5 V, R=8 Ω
LM4865	0,6	115	1	2,7...5,5 V	Ω
LM4875	0,6	-	1	2,7...5,5 V	Pout=30 mW, f=20 Hz...20 kHz, RL=8 Ω
LM4879	0,1	-	1	-	f=1 kHz, Po = 0,5 Wrms
LM4889	0,1	105	1	-	
LM4890	0,1	105	1	2,0...5,5 V	Po=4 Wrms@Vs=5 V
LM4901	0,2	-	1	2,0...5,5 V	Po=0,5 Wrms, f=1 kHz
LM4902	0,4	-	1	2,0...5,5 V	Po=0,4 Wrms, Avd=2, RL=8 Ω
LM4906	0,2	-	1	2,6...5 V	Po=400 mw, f=1 kHz
LM4992	0,15	-	2	2,2...5,5 V	Vdd 5 V, Po=0,5 Wrms, f=1 kHz
LM4951A	0,07	-	1	-	Po=600 mWrms, f=1 kHz

odnośnie do dźwięku transmitowanego przez poszczególne kanały są niejednakowe. Wyjścia wzmacniacza dołączone do kanałów tylnych sterują głośnikami o ograniczonym paśmie przenoszenia, mającymi stosunkowo niedużą moc, ponieważ służą do odtwarzania efektów dźwiękowych. Z kolei kanały przednie są dołączone do głośników o bardzo dobrej jakości i muszą mieć stosunkowo dużą moc. Jeśli kino domowe służy również

do odtwarzania muzyki stereofonicznej, to używane są wyłącznie głośniki przednie. Dlatego też budując wzmacniacz do kina domowego trzeba zwrócić szczególną uwagę na kanały sterujące głośnikami przednimi. Odrębne zagadnienie stanowi sterowanie głośnikiem basowym – tu jest wymagana największa moc przy jednocześnie bardzo ograniczonym (od góry) paśmie. Takie zróżnicowanie wymagań utrudnia wybór

komponentów, ale upraszcza konstrukcję samego wzmacniacza. Zupełnie inne wyzwania stawia konstruktorowi konieczność zbudowania wzmacniacza przeznaczonego od odsłuchu muzyki w systemach SACD lub

DVD Audio. W nim wszystkie kanały muszą odtwarzać dźwięk z jak najlepszą jakością.

Scalone wzmacniacze mocy doskonale nadają się do zastosowania we wzmacniaczach wielokanałowych. Niektóre z nich,

na przykład te przeznaczone do zastosowania w *car audio*, mają wbudowane 4 kanały, inne ze względu na niewielką liczbę komponentów bez problemu zmieszczą się w niewielkiej obudowie. Wybór konkretnego rozwiązania jest zależny od wymagań odnośnie do parametrów wzmacniacza. Jednak raczej nie należy stosować układów scalonych do wzmacniaczy samochodowych w urządzeniach pretendujących do klasy wyższej. Dobre wzmacniacze można zbudować na układach Overture lub wzmacniaczach hybrydowych. W urządzeniach najwyższej klasy stosowane są układy zbudowane z elementów dyskretnych. Konstruktorzy coraz chętniej stosują we wzmacniaczach wielokanałowych wzmacniacze klasy D.

Bardzo dużą grupę układów przeznaczonych do zastosowania w kinie domowym i systemach odtwarzania muzyki stanowią wzmacniacze scalone klasy AB. Są wśród nich również układy hybrydowe.

Jak wspomniano wcześniej, po przejęciu National Semiconductor, firma Texas Instruments nadal produkuje wzmacniacze z rodziny Overture. Oferta obejmuje na przykład 3-kanałowe wzmacniacze klasy AB typu LM4781 i LM4782. Układy te charakteryzują się bardzo dobrymi parametrami i dużą mocą wyjściową. Wybrane parametry układu LM4781 pokazano w tabeli 4, a typową aplikację na rysunku 5. Układ LM4782 ma nieco mniejszą moc i nieznacznie gorsze parametry elektryczne.

Firma STMicroelectronics od wielu lat wytwarza doskonałe układy analogowe, jednak chyba przez swoją politykę marketingową kojarzy się głównie z mikrokontrolerami STM32. Nie wolno jednak zapominać, że to bardzo znaczący producent zespołów do sprzętu audio i dla elektroniki motoryzacyjnej. Przegląd oferty układów firmy STM do sprzętu audio umieszczono w tabeli 5 i tabeli 6.

Jak wspomniano, układy hybrydowe STK są nadal wytwarzane przez ON Semiconductor. Wydawać by się mogło, że dla konstruktora wzmacniacza wielokanałowego do kina domowego najbardziej atrakcyjne są układy scalone mające 5 kanałów, jednak inne zdanie mają producenci układów. Można się o tym przekonać przeglądając np. ofertę układów scalonych ON Semiconductor, z której wycofano układy 5-kanałowe układy STK433-930...970. Widocznie zapotrzebowanie na nie było takie duże, jak można by się spodziewać, natomiast wzmacniacz wielokanałowy można bez większych trudności zbudować z użyciem pojedynczych układów scalonych.

W sprzęcie popularnym, a ostatnio również i tym wyższej klasy, coraz częściej i chętniej stosowane są wielokanałowe wzmacniacze klasy D. Przykładem może być układ typu TAS5176 wytwarzany przez

Tabela 8. Wybrane wzmacniacze klasy AB opracowane i oferowane przez Texas Instruments

Typ	Liczba kanałów	Moc wyj.	RL [Ω]	Zasilanie	THD+N dla f=1 kHz i połów mocy wyj.
TPA0172	2	2 W	4	4,5...5,5 V	0,08
TPA0211	1	2 W	4	2,5...5,5 V	0,06
TPA0212	1	2 W	3	4,5...5,5 V	0,15
TPA0213	1	2 W	4	2,5...5,5 V	0,06
TPA0233	1	2 W	4	2,5...5,5 V	0,06
TPA0252	2	2 W	3	4,5...5,5 V	0,06
TPA0253	1	1 W	8	2,5...5,5 V	0,1
TPA1517	2	6 W	4	9,5...18 V	0,15
TPA301	1	0.350 W	8	2,5...5 V	
TPA302	2	0.300 W	8	2,7...5 V	
TPA311	1	0.350 W	8	2,5...5,5 V	
TPA321	1	0.350 W	8	2,5...5,5 V	
TPA4860	2	1 W	8	2,7...5,5 V	
TPA4861	1	1 W	8	2,7...5,5 V	
TPA6010A4	2	2 W	3	4,5...5,5 V	0,06
TPA6011A4	2	2 W	3	4...5,5 V	0,06
TPA6017A2	2	2 W	3	4,5...5,5 V	0,1
TPA6020A2	2	2.8 W	3	2,5...5,5 V	0,05
TPA6021A4	2	2 W	4	4...5,5 V	0,19
TPA6030A4	2	3 W	16	7...15 V	0,06
TPA6203A1	1	1.25 W	8	2,5...5,5 V	0,06
TPA6204A1	1	1.7 W	8	2,5...5,5 V	0,0018
TPA6205A1	1	1.25 W	8	2,5...5,5 V	0,06
TPA6211A1	1	3.1 W	3	2,5...5,5 V	0,02
TPA701	1	0.7 W	8	2,5...5,5 V	0,05
TPA711	1	0.7 W	8	2,5...5,5 V	0,15
TPA721	1	0.7 W	8	2,5...5,5 V	0,15
TPA731	1	0.7 W	8	2,5...5,5 V	0,15
TPA741	1	0.7 W	8	2,5...5,5 V	0,15
TPA751	1	0.7 W	8	2,5...5,5 V	0,15

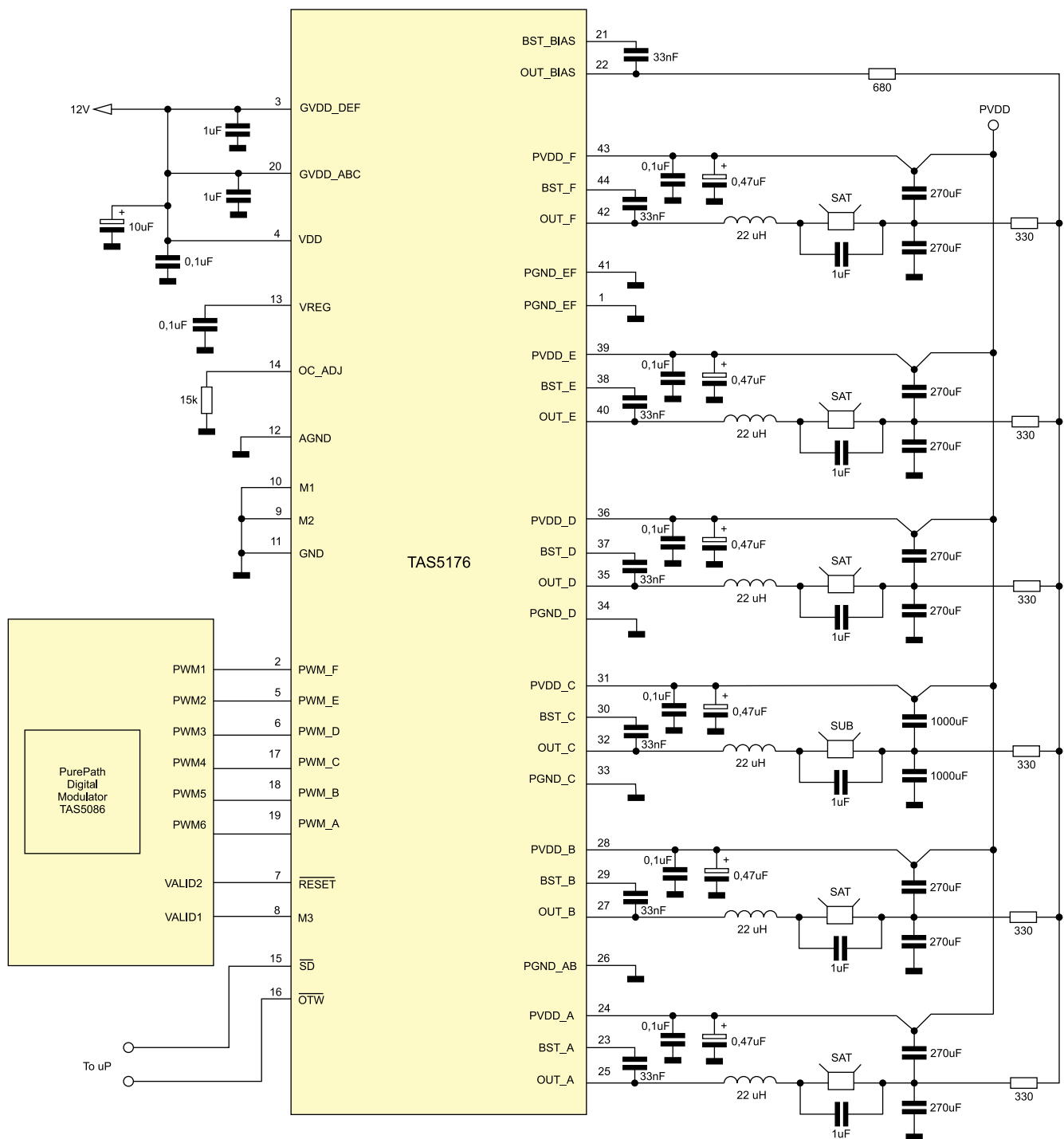
Tabela 9. Wybrane wzmacniacze małej mocy klasy D z oferty TI

Typ	THD [%]	SNR	Liczba kanałów	Zasilanie	Warunki pomiaru
TPA2010D1	0,18		1	2,5...5,5 V	Po=3,2 Wrms@Vs=5 V, f=1 kHz
TPA2015D1	0,1		1	2,3...5,2 V	Po=2 Wrms@Vs=5 V, f=1 kHz
TPA2025D1	0,07		1	2,3...5,2 V	Po=1,7 Wrms@Vs=5 V, f=1 kHz
TPA2026D2	0,1		2	2,5...5,5 V	Po=3,2 Wrms@Vs=5 V, f=1 kHz
TPA2028D1	0,1		1	2,5...5,5 V	Po=3,0 Wrms@Vs=5 V, f=1 kHz
TPA2037D1	0,18		1	2,5...5,5 V	Po=3,2 Wrms@Vs=5 V, f=1 kHz
TPA2038D1	0,12		1	2,5...5,5 V	Po=3,2 Wrms@Vs=5 V, f=1 kHz
TPA2039D1	0,18		1	2,5...5,5 V	Po=3,2 Wrms@Vs=5 V, f=1 kHz
TPA2080D1	0,07		1	2,5...5,3 V	Po=1,9 Wrms@Vs=5 V, f=1 kHz
TPA2100P1	0,07		1	2,5...5,5 V	Wzmacniacz dla głośników piezoceramicznych; Vs=5 V, f=1 kHz
TPA6012A4	0,06		2	4,5...5,5 V	Po=3,0 Wrms@Vs=5 V, f=1 kHz
TPA6013A4	0,06		2	4,5...5,5 V	Po=3,0 Wrms@Vs=5 V, f=1 kHz
TPA6017A2	0,1		2	4,5...5,5 V	Po=2,0 Wrms@Vs=5 V, f=1 kHz
TPA6205A1	0,06		1	2,5...5,5 V	Po=1,25 Wrms@Vs=5 V, f=1 kHz
TPA6211A1	0,02		1	2,5...5,5 V	Po=3,1 Wrms@Vs=5 V, f=1 kHz

WYBÓR KONSTRUKTORA

Texas Instruments. Pojedyncza kostka ma 5 kanałów o mocy 15 W przy obciążeniu 8 Ω dla kanałów przednich, centralnego i efektowych i jeden wzmacniacz o mocy 25 W przy obciążeniu 4 Ω dla subwoofera. Wzmacniacz pracuje w systemie *Pure Path Digital*, nie ma wejść analogowych i wymaga dodatkowego procesora sterującego sygnałami PWM. Schemat aplikacyjny układu pokazano na **rysunku 6**. Producent deklaruje sprawność wzmacniacza z układem TAS5176 wynoszącą co najmniej 90%. Również parametry podawane w karcie katalogowej są bardzo dobre. Przy mocy wyjściowej 1 W i obciążeniu 8 Ω zniekształcenia THD+N=0,05%. Przy maksymalnej

Typ Wzmacniacza	Opis	Parametry
TDA 7052A	mono BTL z regulatorem DC poziomu sygnału	Po=1 W THD=10% Robc=8 Ω Uzas=4,5 V...18 V THD=0,3% Po=0,5 W
TDA7056A	mono BTL z regulatorem DC poziomu sygnału	Po=5,2 W THD=10% Robc=8 Ω Uzas=4,5...18 V (typowo 5 V) THD=0,3% Po=0,5 W
TDA8541	mono BTL z wejściem symetrycznym	Po=1,2 W THD=10% Uzas=5 V, Robc=8 Ω Uzas=4,5...18 V (typowo 5 V) THD=0,15% Po=0,5 W
TDA8552	stereo BTL z cyfrowym regulatorem poziomu sygnału	Po=2×1,4 W THD=10% Uzas=5 V Robc=8 Ω Uzas=2,7V...5,5 V THD=0,1% Po=0,5 W
TDA8547	stereo BTL z wejściami symetrycznymi	Po=1,2 W THD=10% Robc=8 Ω, Uz=5 V Uzas=2,7...18 V (typowo 5 V) THD=0,15% Po=0,4 W



Rysunek 6. Wielokanałowy wzmacniacz klasy D typu TAS5176

mocy wyjściowej zniekształcenia THD+N nie przekraczają 0,1%. Układ ma wbudowane zabezpieczenia przed zwarciami na wyjściu, przeciążeniem, przegrzaniem i zbyt niskim napięciem zasilającym. TAS5176 jest tylko przykładem kompletnego, wielokanałowego wzmacniacza umieszczonego w jednym układzie scalonym.

Wzmacniacze o małej mocy

Rynek układów scalonych przeznaczonych do konstruowania wzmacniaczy m.cz. o małej mocy jest opanowany przez głównych graczy, takich jak: STMicroelectronics, Texas Instruments, NXP i ON Semiconductor. Zaryzykowałbym nawet twierdzenie, że na tym rynku niewiele zmieniło się od lat, a jego nowy kształt wynika jedynie z przejścia takich „graczy”, jak National Semiconductor lub Sanyo przez inne firmy. Wzmacniaczom audio nie stawia się też tak rosnących wymagań, jak układom cyfrowym np. pamięciom. Wiadomo, że własności naszego słuchu prawie nie zmieniają się od wielu tysięcy lat, nie potrzebujemy coraz to większej mocy lub coraz to większego pasma przenoszenia. Jedyny wyjątek stanowi miniaturyzacja, ponieważ wykorzystujemy coraz to więcej urządzeń przenośnych, zasilanych z baterii. Dlatego też oferta układów scalonych do wzmacniaczy m.cz. nie zmienia się tak szybko, jak dla przykładu oferta pamięci.

Po przejściu National Semiconductor firma Texas Instruments nadal oferuje

wzmacniacze z rodziny Boomer (**tabela 7**). W ofercie TI można też znaleźć wcześniejsze układy typu LM z rodziny Boomer opracowanej przez National Semiconductor, układy wzmacniaczy klasy AB zaprojektowane przez TI (**tabela 8**), jak również wzmacniacze klasy D opracowane przez Texas Instruments (**tabela 9**). Wiele z układów klasy D jest oferowanych w obudowach przeznaczonych do montażu w urządzeniach przenośnych, takich jak telefony komórkowe czy tablety. Niestety, wielu z tych układów po prostu nie da się przylutować w warunkach produkcji małoseryjnej, dlatego przed zamówieniem warto zwrócić uwagę na obudowę i zostawić sobie czas na wykonanie prototypu.

Wzmacniacze Boomer niemal 70 typów układów o mocy od ułamka do ponad 1 W przy obciążeniu 8Ω i zniekształceniach THD lepszych niż 1%. Układy te zasilane są pojedynczym napięciem z zakresu 2...5,5 V i oprócz wzmacniacza mocy mogą mieć wbudowane układy dodatkowe, na przykład sterowane cyfrowo regulatory poziomu sygnału czy selektory źródła sygnału wejściowego. Na **rysunku 7** pokazano schemat blokowy układu LM48100Q z rodziny Boomer, ze wzmacniaczem mocy w układzie mostkowym BTL. Układ jest monofoniczny i ma dwa przełączane wejścia. Każde z nich ma osobny regulator poziomu sygnału zmieniający go w zakresie -80...+18 dB w 32 krokach. Blok mikser/multiplexer spełnia rolę selektora wejść

i miksera. Programowany układ detekcji usterek (*Fault Detection*) umożliwia wykrywanie zwarcia na wyjściach, zwarcia wyjścia do masy lub napięcia zasilania, przekroczenia dopuszczalnej temperatury pracy czy przeciążenie. Jeżeli automatyka układu wykryje nieprawidłowy stan, to uaktywniane jest wyjście *FAULT*. Do komunikacji z zewnętrznym sterownikiem ustawiającym poziomy sygnałów i sterującym pracą miksera/selektora jest używana magistrala I²C.

Wzmacniacze małej mocy produkuje też firma NXP. Wybrane ich typy wraz z podstawowymi parametrami wymieniono w **tabeli 10**. Układy te różnią się pomiędzy sobą. Można wśród nich znaleźć różne rozwiązania: od najprostszego, monofonicznego, produkowanego już wiele lat (od 1994 r.) TDA7052A do najbardziej rozbudowanego TDA8552. Ten ostatni układ topologicznie prawie nie różni się od konkurencyjnego, opisywanego wyżej, TPA6021A4 firmy Texas Instruments.

Podsumowanie

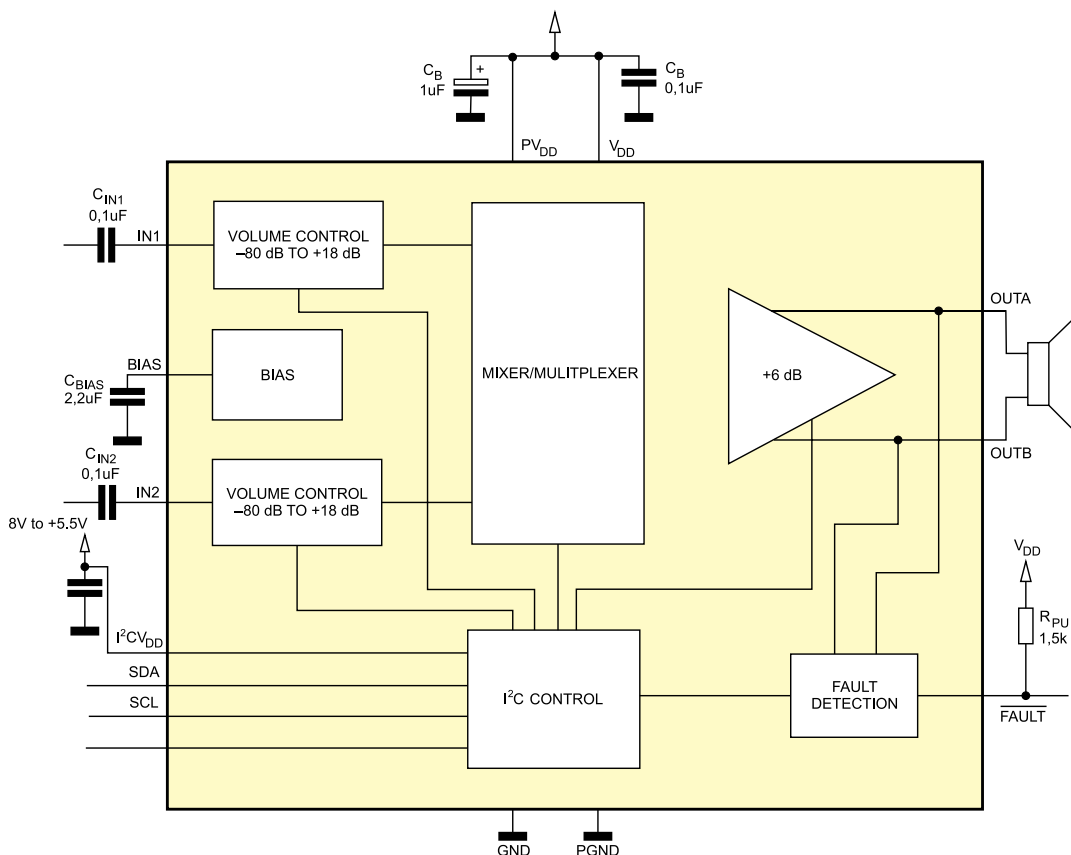
Współczesne układy scalone pozwalają na zbudowanie dowolnego wzmacniacza, do dowolnej aplikacji. Wybór jest ogromny i można – mając ustalone kryteria – dobrać odpowiedni układ z oferty producentów. Czym kierować się przy wyborze? Po pierwsze, należy przystępować do projektu mając dokładnie sformułowane założenia konstrukcyjne. Trzeba wiedzieć,

w jakich warunkach będzie eksploatowany wzmacniacz i do czego będzie użytkowany. Na konstrukcję samego wzmacniacza ogromny wpływ będzie miał również rynek docelowy – inne wzmacniacze buduje się dla przeciętnego użytkownika, inne dla audiofila. Współczesne układy scalone pomogą w wytworzeniu tak jednych, jak i drugich.

Jacek Bogusz, EP

Bibliografia:

- Tomasz Jabłoński „Scalone wzmacniacze akustyczne”, *Elektronika Praktyczna* 11/2009...2/2010
- <http://goo.gl/Kj3dJD>
- <http://goo.gl/amkv0S>
- <http://goo.gl/nyeXiw>
- <http://goo.gl/NZMscX>



Rysunek 7. Schemat blokowy układu LM48100Q