

Scalone wzmacniacze akustyczne (4)

Wzmacniacze słuchawkowe i klasy D



Scalone wzmacniacze mocy używane we wzmacniaczach słuchawkowych wysokiej klasy już były opisywane w pierwszej części artykułu. Również wiele wzmacniaczy małej mocy opisywanych wyżej jest przystosowanych do podłączenia słuchawek. Teraz zajmiemy się wzmacniaczami słuchawkowymi o dobrych parametrach, ale przeznaczonymi do sprzętu przenośnego: telefonów komórkowych, odtwarzaczy MP3, MP4, itp. Takie wzmacniacze muszą charakteryzować się niskim napięciem zasilania, bo są przystosowane do zasilania bateryjnego, wysoką sprawnością i małymi wymiarami.

Same wzmacniacze klasy D producent dzieli na 3 kategorie: wzmacniacze mocy z wejściem PWM (takie jak układ TAS 5100 z rozwiązania pokazanego wyżej), wzmacniacze mocy klasy D z wejściem I²S i klasyczne wzmacniacze klasy D z wejściem analogowym. W tab. 10 pokazano zestawienie wzmacniaczy z wejściem PWM (rodzina Pure Path).

O układzie TAS5176 wspominałem przy okazji wzmacniaczy wielokanałowych. Innym przykładem może być „najsilniejszy” wzmacniacz tej rodziny TAS5631 o mocy 600 W. Wzmacniacz o tak wielkiej mocy jest umieszczony w obudowie SMD pokazanej na fot. 19. Na wierzchu obudowy umieszczona jest metalowa płytka służąca do połączenia z radiatorem.

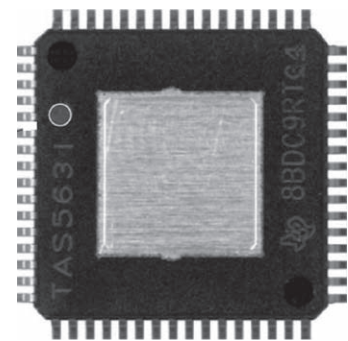
TAS5631 jest stereofonicznym wzmacniaczem o mocy 2×300 W w konfiguracji BTL lub 4×150 W w konfiguracji SE. Stereofoniczne kanały można ponownie połączyć mostkowo w konfiguracji BTL i uzyskać moc 600 W mono dla obciążenia 2 Ω, THD=10% i napięcia zasilania +50 V. Jak już wspominałem, wzmacniacze rodziny Pure Path TM wymagają na wejściu sygnału PWM i muszą współpracować ze specjalizowanymi procesorami TI, na przykład TAS5086. Na rys. 20 pokazano schemat blokowy aplikacji wzmacniacza w wersji stereofonicznej.

Producent deklaruje dla mocy wyjściowej $P_o=1$ W THD+N = 0,03%. To bardzo dobry wynik dla wzmacniacza klasy D. Układ ma wbudowane wszelkie niezbędne zabez-

pieczenia przed przegrzaniem, zwarcieniem na wyjściu i przepięciem. Zadziałanie zabezpieczenia jest sygnalizowane zewnętrznym sygnałem o błędzie (error report).

Osobną grupę wzmacniaczy produkowanych przez Texas Instruments stanowią wzmacniacze klasy D z wejściem I²S. Przykładem takiego wzmacniacza jest układ TAS5716. Schemat blokowy tego ciekawego układu został pokazany na rys. 21. Sygnał wejściowy ma format I²S i może być podawany na jedno z wejść danych SDIN1, lub SDIN2 lub na oba wejścia i dalej miksowany. Niezbędne są sygnały zegarowe interfejsu PCM: MCLK, SCLK i LRCK. W układzie miksera jest wydzielany (filtrowany z sumy kanałów L i R) sygnał kanału tonów niskich. Charakterystyka częstotliwościowa kanałów lewego i prawego może być kształtowana w programowanych 7-stopniowych equalizerach.

Każdy z kanałów ma swój oddzielny regulator poziomu sygnału (*volume*). Po regulacji poziomu sygnał jest poddawany programowanej kompresji sygnału w układzie kompresora dynamiki DRC. Uformowane sygnały są upsamplingowane w bloku kon-



Fot. 19. Obudowa 600 watomego wzmacniacza TAS5631

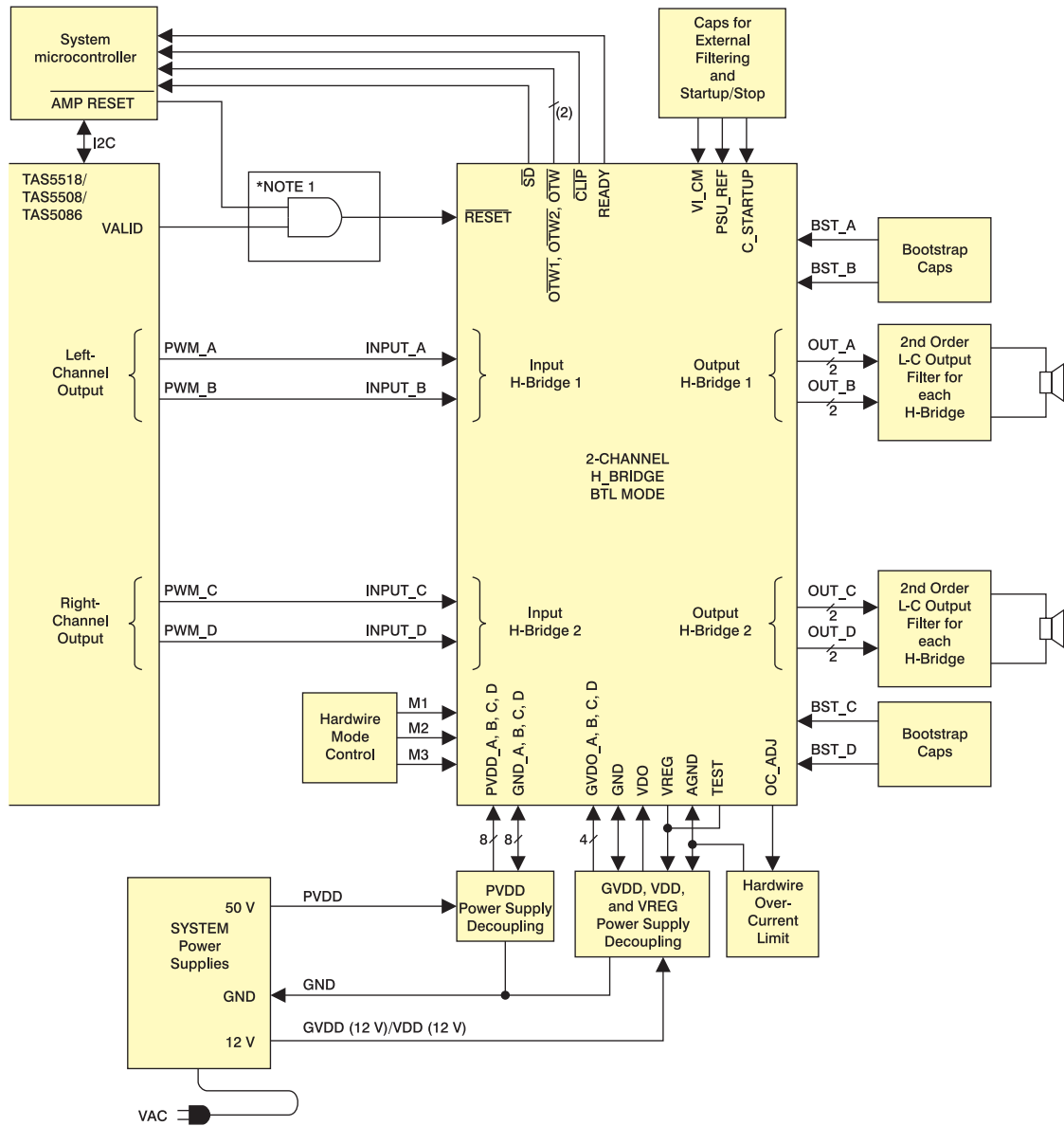
wertera częstotliwości próbkowania SRC, a następnie filtrowane w celu przesunięcia sygnału szumów poza częstotliwość pasma słyszalnego (*noise shaper*). Kanały podstawowe L i R mają swoje drivery i można do nich podłączać głośniki (przez filtr dolnoprzepustowy LC). Dla kanału subbasowego wyprowadzone zostały sygnały PWM i konieczny jest dodatkowy układ wzmacniacza z serii Pure Path z wejściem PWM. Wzmacniacz do działania potrzebuje zewnętrznego sterownika mikroprocesorowego zapisującego wewnętrzne rejestry wzmacniacza przez magistralę I²C. Moc wyjściowa wzmacniacza dla każdego z kanałów wynosi 20 W przy THD=10%, $f=1$ kHz, $R_{obc}=8$ Ω i napięciu zasilania 18 V. Dla 10 W i obciążenia 8 Ω THD+N = 0,05%.

Wzmacniacze klasy D z wejściem analogowym

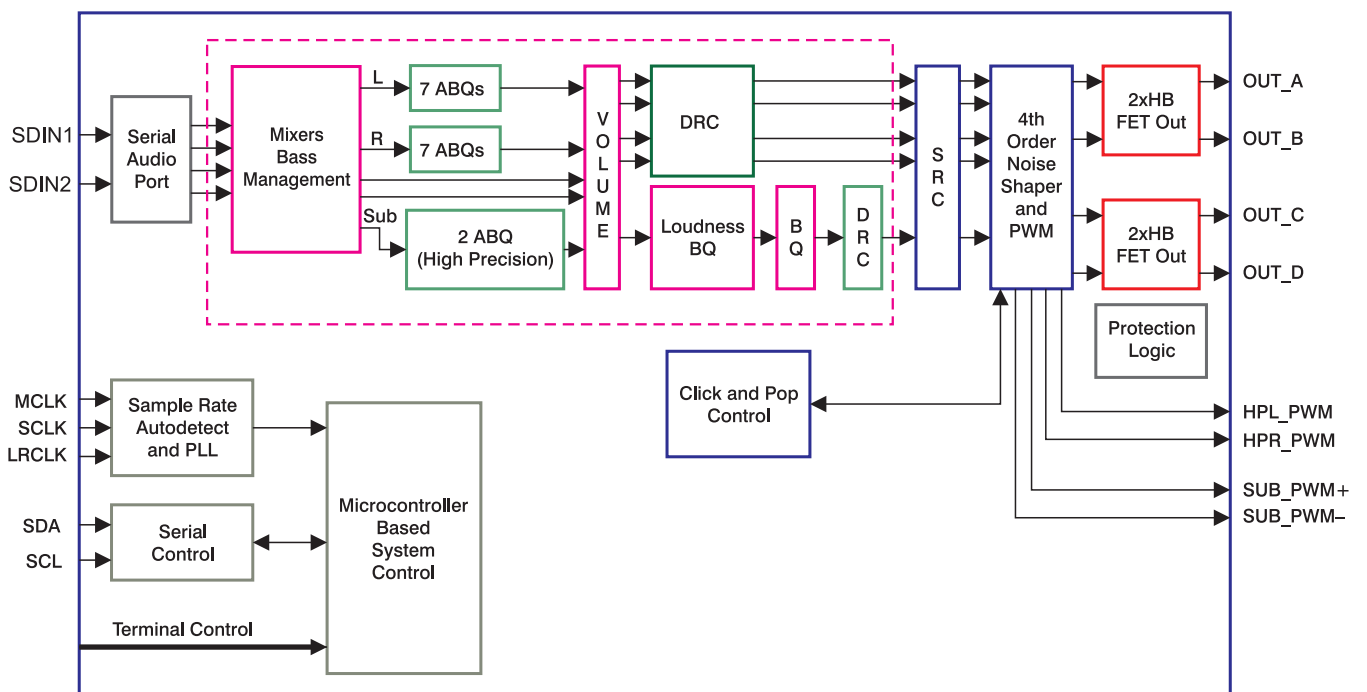
Wzmacniacze z rodziny Pure Path są bardzo atrakcyjne, ale chyba najczęściej spotykane i stosowane są wzmacniacze klasy D z wejściem analogowym. Texas Instruments ma w swojej

Tab. 11. Programowanie wzmocnienia TPA2000D2

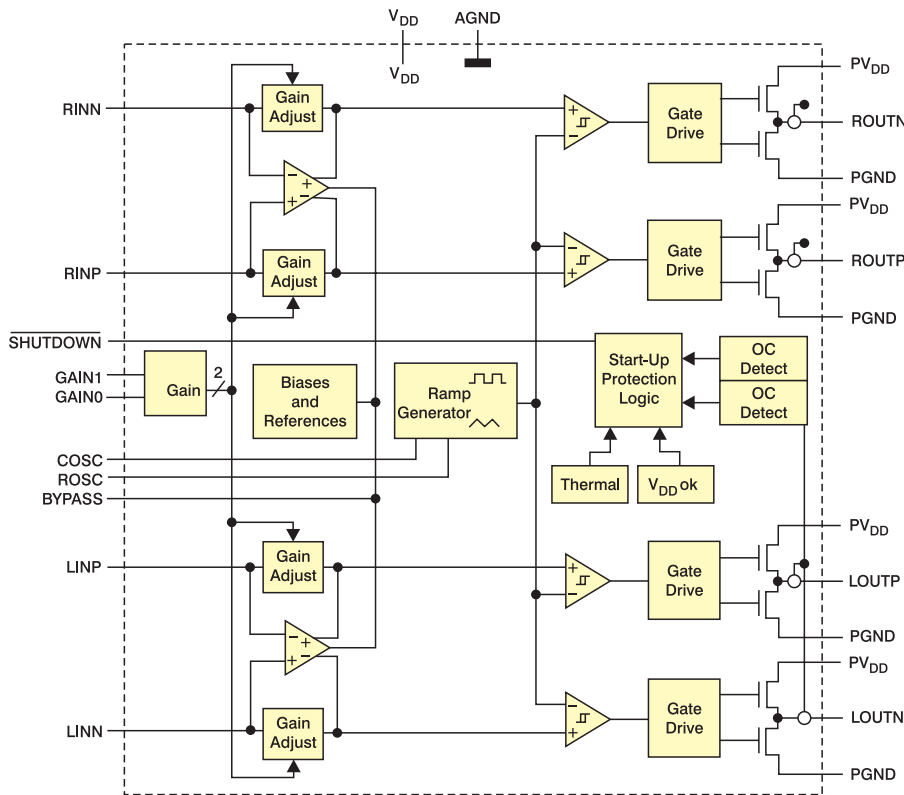
GAIN1	GAIN0	Wzmocnienie (dB)	Impedancja wejściowa (kΩ)
		typowo	typowo
0	0	8	104
0	1	12	74
1	0	17,5	44
1	1	23,5	24



Rys. 20. Blokowa aplikacja układu TAS5361



Rys. 21. Schemat blokowy układu TAS5716



Rys. 22. Schemat blokowy wzmacniacza TPA2000D2

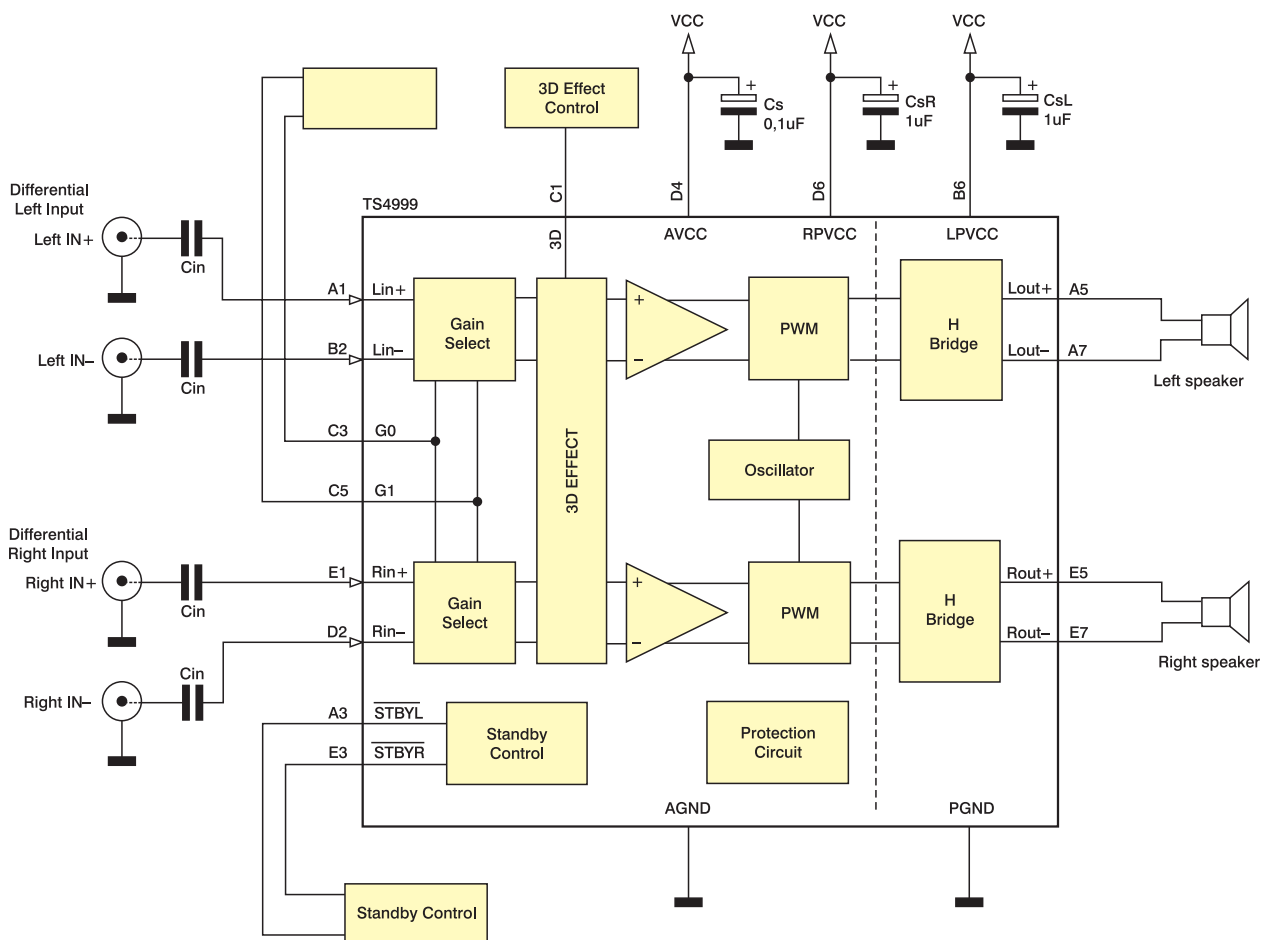
ofercie 53 typy takich wzmacniaczy o mocy od kilku do 600 W. Przykładem wzmacniacza klasy D z wejściem analogowym może być układ TPA2000D2. Jest zaprojektowany do działania

bez zewnętrznego filtra LC i zasilany napięciem +5 V. Schemat blokowy został pokazany na rys. 22. Wejścia GAIN1 i GAIN0 programują wzmocnienia wzmacniacza (tab. 11).

Moc wyjściowa nie jest zbyt duża, bo dla obciążenia 3 Ω wynosi 2 W na kanał. Dla mocy wyjściowej 1 W, napięcie zasilania 5 V i pasmo $f=20\text{ Hz} \dots 20\text{ kHz}$ THD+N=0,5. Przy obciążeniu 8 Ω deklarowana sprawność wynosi od 75 do 85%.

Wzmacniacze klasy D są wytwarzane przez wiele firm. Jedną z nich jest ST. Na stronie <http://www.st.com/stonline/stappl/st/com/selector/index.html#querycriteria=RNP139=983> można znaleźć zestawienie produkowanych wzmacniaczy. Przykładem ciekawej konstrukcji może być układ TS4999 z wbudowanym efektem 3D. Podobnie jak poprzednio opisywany TPA2000D, tak i ten układ jest przystosowany do pracy bez filtra LC na wyjściu i zasilania napięciem 5 V, ale może też pracować zasilany napięciem 2,4...5,5 V. Tak niskie napięcie zasilania i obudowa BGA wskazują na obszar zastosowań w miniaturowych urządzeniach bateryjnych, na przykład w telefonach komórkowych, odtwarzaczach MP3 itp. Schemat blokowy układu pokazano na rys. 23.

Każdy z kanałów można wyłączyć (standby), wymuszając niskie stany logiczne na wyprowadzeniach STBYL i STBYR. Efekt 3D można również wyłączyć niskim stanem logicznym na wejściu 3D. Wejściami G0 i G1 programuje się żądane wzmocnienie w zakresie od 3,5 do 12 dB. Moc wyjściowa jest równa 2,2 W na kanał przy $R_{obc}=4\ \Omega$, napięciu zasilania 5 V i THD=1%.



Rys. 23. Schemat blokowy układu TS4999

Kolejny układ TDA7492 produkowany przez ST jest wzmacniaczem o maksymalnej mocy 2×50 W zaprojektowanym do zastosowania w telewizorach LCD. Tę moc można uzyskać przy zasilaniu napięciem 26 V, obciążeniu 6Ω i THD=10%. Schemat blokowy jednego kanału pokazano na rys. 24. Wzmacniacz pracuje w konfiguracji mostkowej BTL i wymaga wyjściowego filtra LC (rys. 25). Sygnał wejściowy może być symetryczny. Wzmocnienie układu jest programowane stanami logicznymi na wejściach Gain0 i Gain1 w zakresie 21,5...33,6 dB.

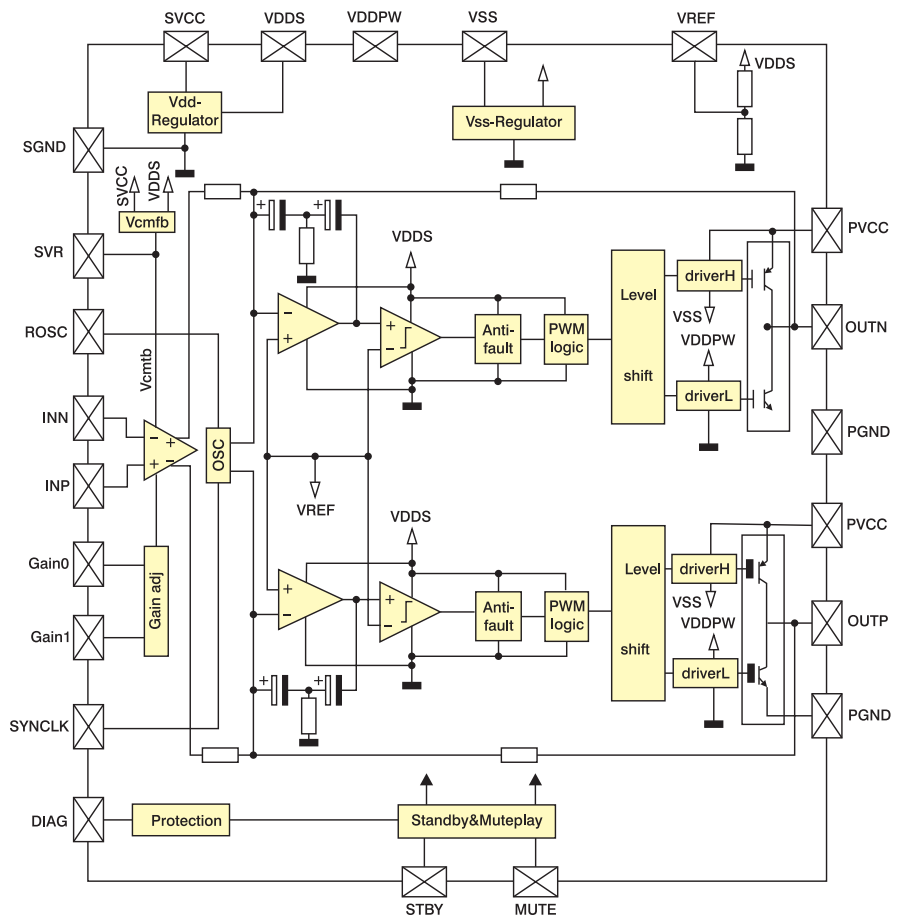
Scalone wzmacniacze klasy D produkuje również firma NXP. Zestawienie wszystkich scalonych wzmacniaczy klasy D znajduje się na stronie [http://www.nxp.com/#/homepage/cb=\[t=p,p=/71076/50219\]|p-p=\[t=pfp,i=50219\]](http://www.nxp.com/#/homepage/cb=[t=p,p=/71076/50219]|p-p=[t=pfp,i=50219]). Przykładowy układ TDA8950 ma moc 2×150 W w układzie SE lub 300 W w układzie mostkowym BTL. Na rys. 26 pokazano jest schemat aplikacyjny układu z filtrem dla wyjściowego układu SE. Eliminacja składowej stałej nie jest konieczna, bo układ jest zasilany napięciem symetrycznym z zakresu $\pm 13...37$ V. Tak jak większość układów dużej mocy, TDA8950 ma wbudowanych szereg zabezpieczeń chroniących go przed zniszczeniem. Maksymalna moc 150 W na kanał jest mierzona dla THD+N=10%, $R_{obc}=4 \Omega$ i napięcia zasilania ± 37 V. Dla mocy 1 W THD+N=0,05%

Klasa H – wzmacniacze firmy Tripath

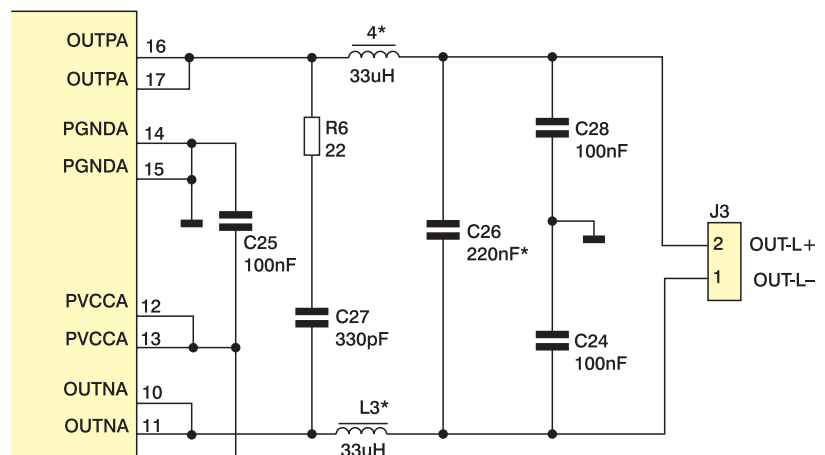
Omawiając wzmacniacze klasy D, nie sposób nie wspomnieć o legendarnych już wzmacniaczach firmy Tripath. Firma opracowała i opatentowała własne opracowanie wzmacniaczy o zasadzie działania bardzo podobnej do klasy D. Od klasy D różni je sposób sterowania driverów mocy. W klasycznym wzmacniaczu klasy D sygnał PWM ma stałą częstotliwość, a zmienia się tylko współczynnik wypełnienia. W wzmacniaczach firmy Tripath stopień sterujący jest bardzo rozbudowany. Jego działanie jest skomplikowane i można uznać, że sterowaniem zajmuje się specjalizowany procesor DSP. Sygnał sterujący nie tylko ma zmienny współczynnik wypełnienia, ale też zmienia się jego częstotliwość. Różnice w sterowaniu są tak duże, że firma Tripath nazwała swoje rozwiązanie klasą T wzmacniaczy mocy.

Zastosowanie rozbudowanego sterownika umożliwiło zaimplementowanie innych funkcji. Uważa się, że sterownik ma umiejętność korygowania rozrzutu parametrów tranzystorów drivera wyjściowego przez odpowiednie modyfikowanie sygnału sterującego. Wynikiem tych zabiegów są bardzo dobre parametry uzyskiwane przez wzmacniacze Tripatha.

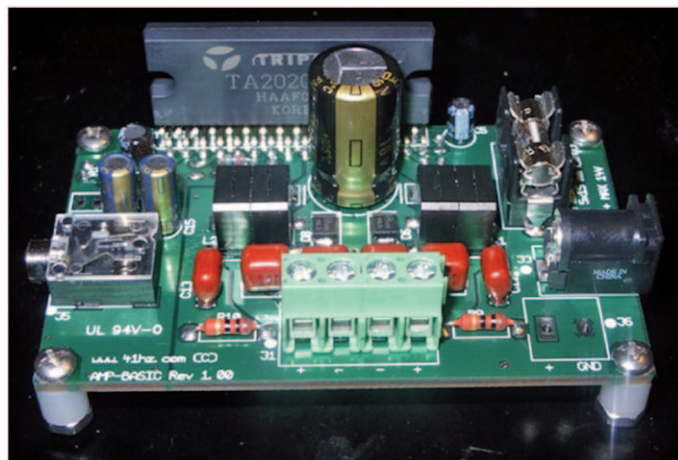
Rzeczywiście wzmacniacze klasy T były typowane na następców wysokiej klasy wzmac-



Rys. 24. Schemat blokowy jednego kanału układu TDA7492



Rys. 25. Schemat ideowy filtra LC dla jednego kanału TDA7492



Fot. 27. Moduł wzmacniacza z układem TA2020 firmy 41Hz

Tab. 12. zestawienie wzmacniaczy firmy Tripath

	Typ	Moc wyjściowa (W)	Napięcie zasilania (V)	THD+N (%)	Sprawność (%)	Zakres zasilania (V)	Obudowa	Zastosowania
Wzmacniacze zintegrowane	TA2024B	2×15 2×10	12,0 12,0	10,0 0,045	88	8,5–13,2	PSOP 32pin	Multimedia TV, DVD
	TA2020	2×20 2×10	13,5 13,5	5,00 0,03	88	8,5–14,6	SSIP 32pin	Multimedia TV, DVD
	TA2020B	2×25 2×15	13,5 13,5	5,00 0,03	88	8,5– 14,6	PSOP 32pin	Multimedia TV, DVD
	TA2022	2×100 2×90 2×80	±31 ±31 ±31	1,00 0,10 0,03	92	±12,0–±36	SSIP 32pin	TV, DVD nagłośnienie
	TA2041	4×50 4×30	20,0 20,0	10,0 0,02	85	9,5–13,2	SSIP 32pin	TV, DVD nagłośnienie
Sterowniki	TA3020	2×300 2×220 2×150	±45 ±45 ±45	10,0 1,00 0,03	95	±15–±65,0	48pin DIP	Wzmacniacze dużej mocy, subwoofer
	TA0105	2×500 2×500	±120 ±85	0,10 0,10	85	9,5–13,2	Moduł 38pin	Wzmacniacze audio, subwoofer
Chipset	TK2019	2×20 2×15 2×11	24,0 24,0 24,0	10,0 1,0 0,03	92	8,0–25,0	28pin SOP 8pin SOIC	DVD Małe systemy nagłośnieniowe
	TK2050	2×60 (8Ω) 2×50 (8Ω) 2×30 (8Ω)	30,0 30,0 30,0	10,0 3,0 0,01	92	10,0–36,0	28pin SOP 36pin PSOP	DVD Małe systemy nagłośnieniowe
	TK2051	2×60 (8Ω) 2×50 (8Ω) 2×30 (8Ω)	30,0 30,0 30,0	10,0 3,0 0,01	92	10,0–36,0	28pin SOP 36pin PSOP	DVD Małe systemy nagłośnieniowe Car audio
	TK2070	2×70 2×55 2×45	24,0 24,0 24,0	10,0 1,00 0,02	92	8,0–25	28pin SOP 8pin SOIC	DVD Car audio
	TK2150	2×200 (6Ω) 2×155 (6Ω) 2×100 (6Ω)	±45 ±5 ±45	10,0 1,00 0,02	93	±15 ±60	28pin SOP 64pin LQFP	Wzmacniacze dużej mocy
	TK2350	2×300 2×220 2×150	±45 ±5 ±45	10,0 1,00 0,03	95	±15 ±65	28pin SOP 64pin LQFP	Wzmacniacze dużej mocy

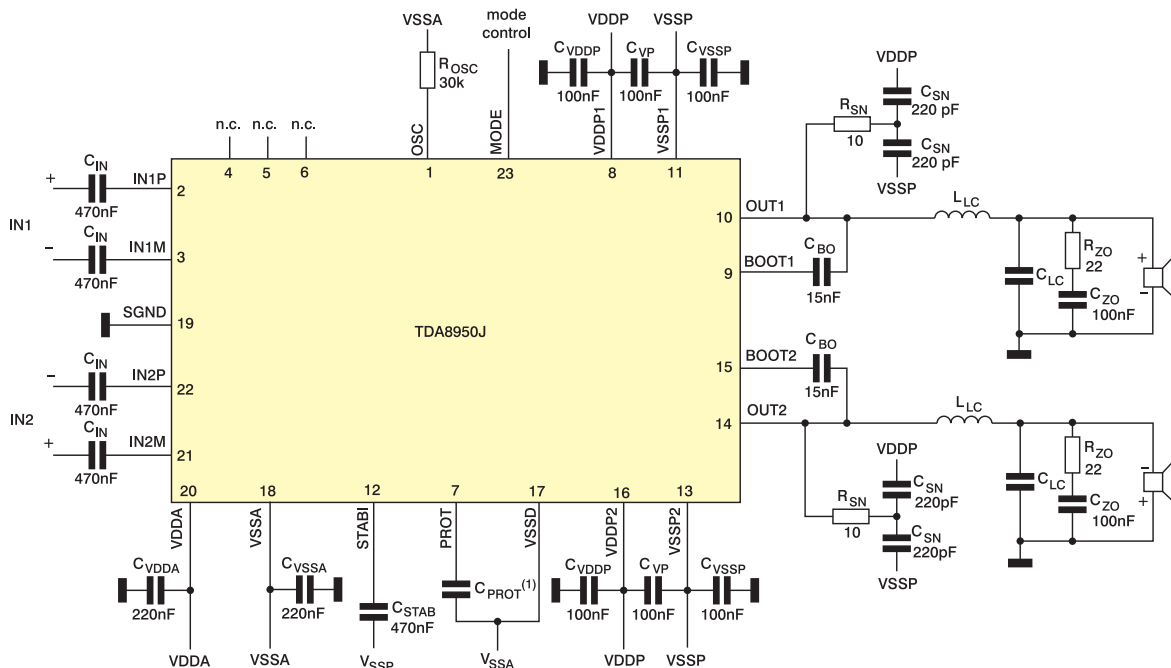
niaczy klasy AB. Niestety w 2007 roku firma Tripath zbankrutowała. Strona firmowa www.tripath.com nie istnieje. W czasach świetności wielu znanych producentów sprzętu powszechnego użytku (na przykład Sony, Panasonic, Blaupunkt) zaczęło stosować wzmacniacze klasy T. Teraz w Internecie można jeszcze znaleźć dokumentację samych scalonych wzmac-

niaczy lub sterowników wzmacniaczy. Można też kupić układy scalone i gotowe moduły wzmacniaczy, ale nowe konstrukcje układów scalonych nie powstają.

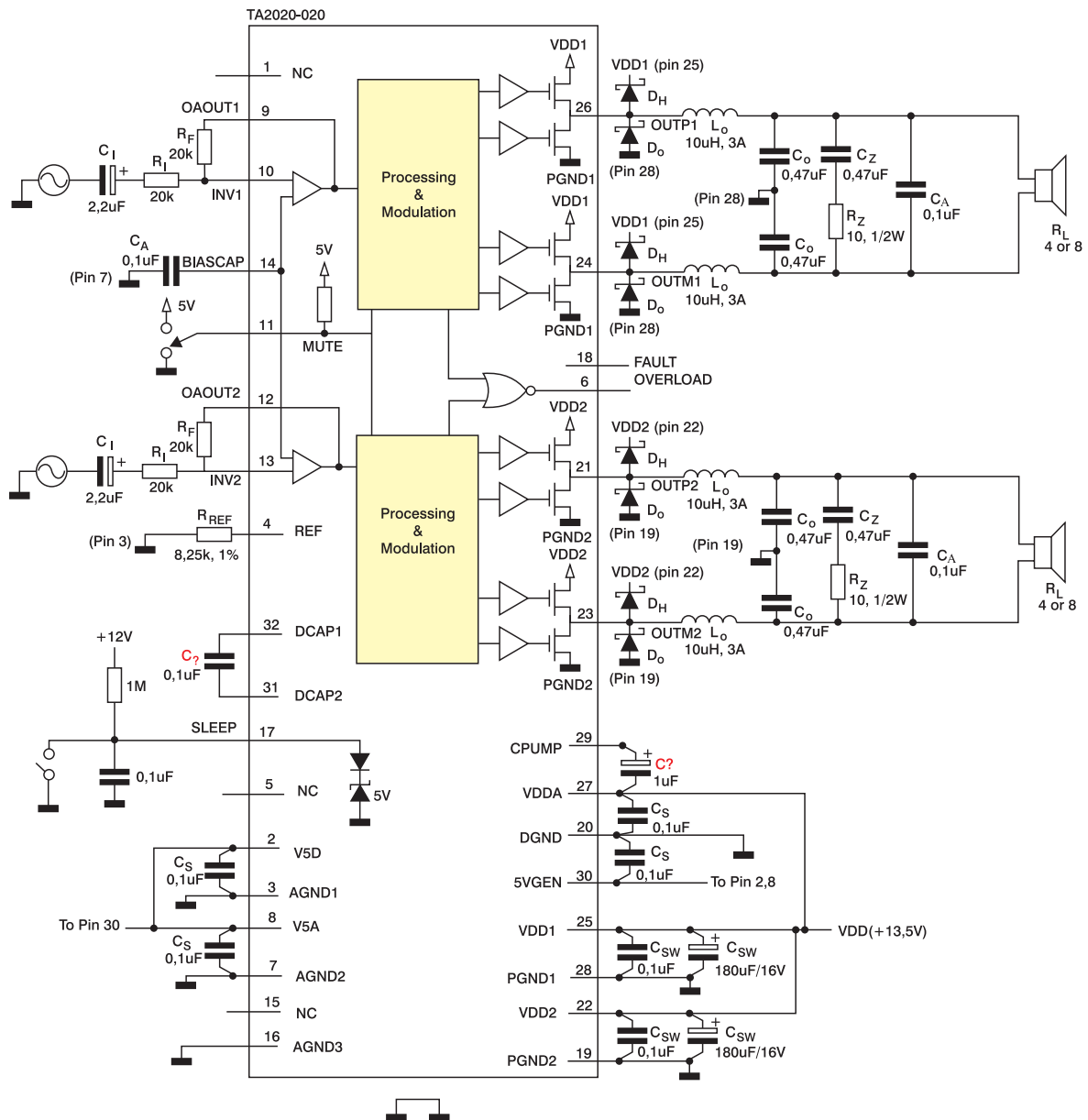
W tab. 12 zestawiono układy firmy Tripath, a na rys. 27 pokazano schemat aplikacyjny układu TA2020 o mocy wyjściowej 2×20 W. Przy zasilaniu 13,5 V, obciążeniu 4 Ω i znie-

kształceniach THD+N=10%, moc wyjściowa wynosi 22 W. Przy obciążeniu 4 Ω i mocy wyjściowej 10 W zniekształcenia THD+N są na poziomie 0,03%. Sprawność wzmacniacza sięga 88%.

Tomasz Jabłoński EP
tomasz.jablonski@ep.com.pl



Rys. 26. Schemat aplikacyjny układu TDA8950



Rys. 28. Schemat aplikacyjny zintegrowanego wzmacniacza TA2020

R E K L A M A

8-KANAŁOWY SYSTEM POMIARU TEMPERATURY Z USB

AVT570/USB

USB
UNIVERSAL SERIAL BUS

www.sklep.avt.pl