

Wzmacniacze audio klasy D

D

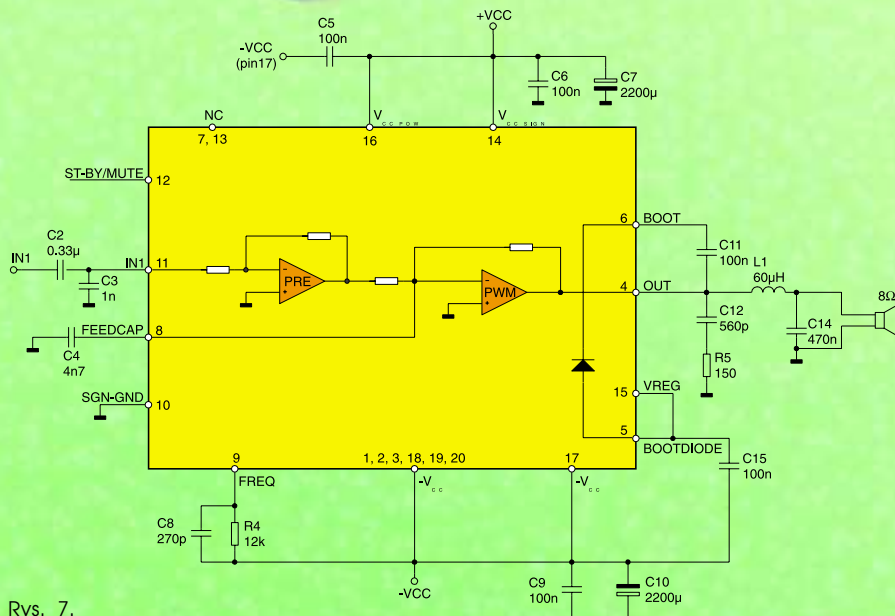
część 2

W drugiej części artykułu przedstawiamy przegląd rozwiązań scalonych wzmacniaczy klasy D dostępnych na rynku. Ze względu na wygodę stosowania skupiliśmy się na najnowocześniejszych układach, przede wszystkim tych, w których zintegrowano stopień sterujący z końcówką mocy.



Fot. 6.

Wzmacniacze impulsowe - bardzo wysoka sprawność energetyczna, dzięki której można znacznie wydłużyć czas życia baterii zasilających. Dla przykładu, w najnowszym telefonie firmy Nokia 5510 (fot. 6) zastosowano stereofoniczny wzmacniacz impulsowy o mocy 2x500mW i średniej sprawności 90%, który może pracować przy napięciu zasilania 3V. Jest to nieco zmodyfikowa-



Rys. 7.

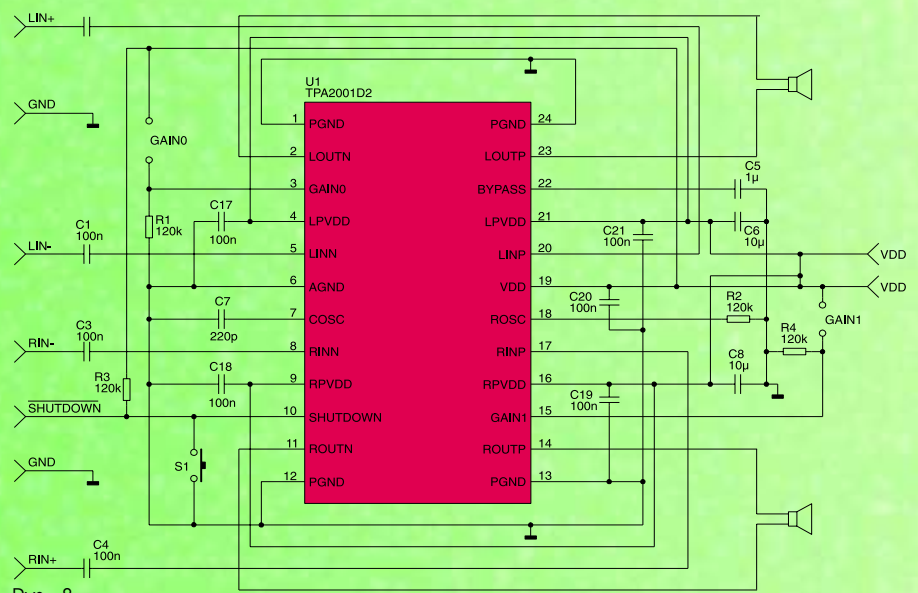
Zasada działania wzmacniaczy pracujących w klasie D nie ulegała przez wiele lat zbyt istotnym zmianom. Producenci skupiali się przede wszystkim na tym, żeby zwiększyć częstotliwość próbkowania sygnału analogowego, co umożliwiało przesunięcie dokuczliwych dla słuchu zakłóceń i zniekształceń poza pasmo słyszalnych częstotliwości. Innym klasycznym nurtem rozwoju tej grupy wzmacniaczy była optymalizacja ich parametrów do stosowania w torach niskotonowych, do którego to celu nadają się doskonale. Obecnie jednym z najistotniejszych obszarów stosowania wzmacniaczy impulsowych pracujących w oparciu o klasyczne mechanizmy opisane jako „klasa D” są wszelkiego typu urządzenia przenośne: telefony komórkowe, notebooki, palmtopy, radiotelefony, a także odtwarzacze MP3, walkmany itp. To właśnie w takich aplika-

ny wariant wzmacniacza TPA2001D2 firmy Texas Instruments, dostarczany w obudowie ChipScale (ok. 4x4mm) z wyprowadzeniami BGA. Zastosowanie w to miejsce liniowego wzmacniacza audio nie byłoby możliwe ze względu na znacznie większe straty w strukturze, co wymagałoby zastosowania dodatkowego chłodzenia i obudowy o większych wymiarach.

Niestety, w wielu przypadkach jakość dźwięku odtwarzanego przez wzmacniacze pracujące w klasie D nie jest zadowalająca, co zachęciło kilka firm do badań, które zakończyły się spektakularnymi sukcesami. Napiszemy o nich za miesiąc.

Klasyczna klasa D

Zasadę działania klasycznych wzmacniaczy mocy pracujących w klasie D przedstawiliśmy w pierwszej części artykułu (EP1/2002). Metoda wzmacniania sygnału audio w ten sposób jest prosta, lecz - jak to zwykle bywa - nie pozbawiona istotnych wad. Najpo-



Rys. 8.

Tab. 1. Zestawienie podstawowych parametrów wybranych wzmacniaczy audio klasy D. Na żółto zaznaczono wzmacniacze pracujące w sposób klasyczny, na zielono wzmacniacze, w których zastosowano udoskonalone techniki przetwarzania sygnału.

Oznaczenie układu	Rodzaj układu	Maksymalna moc wyjściowa [W]	Pasmo przeniesienia [Hz]	Współczynnik zniekształceń dla mocy maks. [%]	Napięcie zasilania [V]	Sprawność [%]	Producent
TA1101	ZKM	2x10	20...22k	0,04	12	85	Tripath
TA2020-020	ZKM	2x10 (2x20)	20...22k	0,03 (5)	13,5	84	Tripath
TA2022	ZKM	20x90 (1x100)	20...22k	0,1 (1)	±12...±35	87	Tripath
TA0102A	SKM	2x150 (500)	20...22k	0,1	±28...±49	88	Tripath
TA0103A	SKM	2x250 (900)	20...22k	0,1	±35...±60	90	Tripath
TA0104A	SKM	2x500 (1k)	20...22k	0,05	±55...±92	87	Tripath
TA2021	ZKM	2x20	20...20k	0,1	13,5	85	Tripath
TA2024	ZKM	2x15	20...20k	10	13,5	85	Tripath
TA3020	SKM	2x350 (2x300)	20...22k	1 (0,1)	±15...±65	90	Tripath
DDX2000/ DDX4000 + DDX2060	SKM+ ZKM	2x45	10...22k	10	10...36	88	Apogee Tech.
DDX2000/ DDX4000 + DDX2060	SKM+ ZKM	2x45	10...22k	10	10...36	88	Apogee Tech.
PS9604	SKM	-	-	-	-	-	Pulsus
PS9702	SKM	-	-	-	-	-	Pulsus
LX1720	SKM	2x10	10...20k	1	10...36	92	Linfinity (MicroSemi)
LM4651+ LM4652	ZKM+ SKM	135	10...6k	1	±11...±22	85	National Semiconductor
LM4663	ZKM	2,1	b.d.	1	4,5...5,5	83	National Semiconductor
TPA005D12	ZKM	2x2	20...20k	0,5	4,5...5,5	80	Texas Instruments
TPA005D14	ZKM	2x2	20...20k	0,2	4,5...5,5	80	Texas Instruments
TPA032D01	ZKM	10	20...20k	0,5	8...14	77	Texas Instruments
TPA032D02	ZKM	10	20...20k	0,5	8...14	77	Texas Instruments
TDA7480	ZKM	7 (10)	b.d.	1 (10)	±10...±16	85	STM
TDA7481	ZKM	18 (13)	b.d.	1 (10)	±10...±25	85	STM
TDA7482	ZKM	25 (18)	b.d.	1 (10)	±10...±25	87	STM
TDA7490	ZKM	2x25 (50)	10...14,5k	10	±10...±25	89	STM
TDA7490L	ZKM	2x15 (28)	10...14,5k	10	±10...±25	86	STM
TPA032D03	ZKM	10	20...20k	0,5	8...14	77	Texas Instruments
TPA032D04	ZKM	2x10	20...20k	0,5	8...14	85	Texas Instruments
TPA2000D1	ZKM	2	20...20k	1	2,7...5,5	75	Texas Instruments
TPA2000D2	ZKM	2x2	20...20k	0,4	4,5...5,5	80	Texas Instruments
TPA2000D4	ZKM	2x2	20...20k	1	3,7...5,5	65	Texas Instruments
TPA2001D1	ZKM	1	20...20k	0,4	2,7...5,5	80	Texas Instruments
TPA2001D2	ZKM	2x1	20...20k	0,5	4,5...5,5	80	Texas Instruments
TPA3000D1	ZKM	17	20...20k	0,1	8...18	85	Texas Instruments
ML6552	ZKM	5	20...32k	1	3...10	60	Microlinear
ZXCD1000	SKM	25	20...20k	0,2	12...18	90	Zetex
SA07	ZKM	200	20...42k	1	5...40	94	Apex
MAX4295	ZKM	2x2	20...20k	10	2,7...5,5	87	Maxim
MAX4296	ZKM	2x2	20...20k	10	2,7...5,5	86	Maxim
MAX4297	ZKM	2x2	20...20k	10	2,7...5,5	87	Maxim

Uwagi: ZKM - oznacza wzmacniacz zintegrowany z końcówką mocy
SKM - oznacza sterownik końcówki mocy

Podane wartości parametrów zaczerpnięto z dokumentacji producenta.

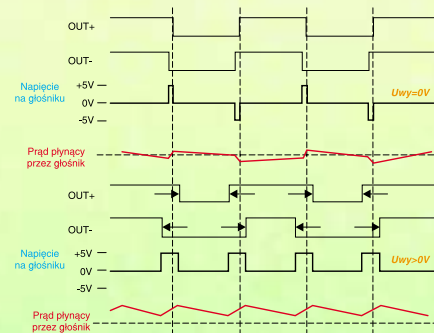
ważniejszymi wadami wzmacniania sygnałów za pośrednictwem modulacji PWM są:

- ✓ Konieczność stosowania na wyjściu wzmacniacza dolnoprzepustowych filtrów LC przystosowanych do obciążeń wysokoprądowych (przykład pokazano na rys. 7). Ich zadaniem jest usunięcie sygnału próbkującego i jego harmonicznych z sygnału audio. Wraz ze wzrostem częstotliwości maleją co prawda wymiary (i ciężar!) dławików, ale rośnie ich cena, co często jest poważnym argumentem podczas doboru elementów.

- ✓ Konieczność stosowania kosztownych tranzystorów mocy przystosowanych do pracy impulsowej. Parametr ten jest nabiera znaczenia zwłaszcza wtedy, gdy częstotliwość próbkowania jest wysoka (powyżej 1MHz).

- ✓ Wysokie wymagania jakościowe dotyczące płytek drukowanych i sposobu projektowania rozmieszczenia ścieżek na nich, co w wielu przypadkach ma negatywny wpływ na możliwość wprowadzenia urządzenia do masowej produkcji.

Część z tych niedogodności, przede wszystkim związanych z koniecznością stosowania filtrów wyjściowych udało



Rys. 9.

się zminimalizować lub wręcz usunąć, czego doskonałym przykładem są wzmacniacze serii TPA2000, TPA2001 oraz TPA3000 produkowane przez Texas Instruments, które są przystosowane do pracy bez filtrów zewnętrznych. Przykład aplikacyjny takiego wzmacniacza pokazano na rys. 8.

Możliwość zrezygnowania z filtra wyjściowego LC udało się uzyskać inżynierom Texas Instruments dzięki zastosowaniu zmodyfikowanego sposobu zasilania głośników, który pokazano na rys. 9. Wykorzystano tutaj naturalną właściwość ludzkiego słuchu, polegającą na tłumieniu sygnałów o wyższych częstotliwościach - czyli po prostu filtracji dolnoprzepustowej. Zniekształcenia powstające w wyniku zasilania głośników sygnałem prostokątnym lokowane są znacznie powyżej 20kHz, która to częstotliwość jest uważana za graniczną dla ludzkiego słuchu.

Przesunięcie takie z jednoczesnym znacznym obniżeniem poziomu generowanych zakłóceń było możliwe dzięki ograniczeniu natężenia prądu przepływającego przez głośnik. Jak widać na rys. 9 w stanie spoczynku (bez sygnału na wejściu) głośnik jest zasilany krótkimi szpilkami prądowymi, których częstotliwość wynosi (w przypadku TPA2001D1) aż 250kHz. Wraz ze wzrostem (lub maleniem poniżej zera) amplitudy sygnału wejściowego wypełnienie impulsów zmienia się, powodując zmianę średniej wartości prądu przepływającego przez głośnik.

Jakkolwiek pomysł firmy Texas Instruments uprościł praktyczne stosowanie wzmacniaczy klasy D, to ich parametry nadal nie były do przyjęcia dla audiofilii. O tym, jak sobie poradzili z tym producentci układów napiszemy za miesiąc.

Andrzej Gawryluk, AVT

Dodatkowe informacje

Prezentowany w artykule zestaw wzmacniacza audio z układem ZXCD1000 udostępnił nam do testów dystrybutor firmy Zetex - firma Eurodis, tel. (71) 301-04-00, wroclaw@eurodis.com.pl.

Dodatkowe informacje są dostępne w Internecie pod adresem www.zetex.com oraz na płycie CD-EP1/2002B.

Noty katalogowe większości układów zawartych w tab. 1 publikujemy na płycie CD-EP2/2002B.