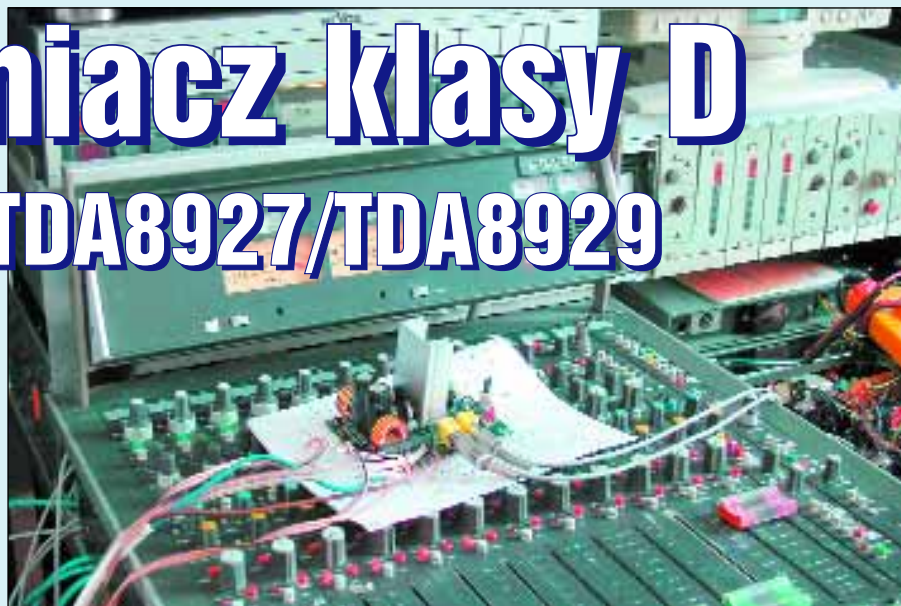




# Wzmacniacz klasy D z układami TDA8927/TDA8929



Wzmacniacze klasy D zyskują coraz większą popularność. Ich podstawową zaletą jest wysoka sprawność, przekraczająca 80%, w pewnych warunkach sięgająca 95%. Oznacza to, że na przykład przy mocy wyjściowej 100W, w elementach wzmacniacza jest tracone co najwyżej 25W mocy, a to oznacza, że można zastosować zaskakująco mały radiator. Otwiera to też drogę do dalszej miniaturyzacji, ale miniaturyzacja nie jest zagadnieniem najważniejszym. Według licznych doniesień, parametry odsłuchowe takich wzmacniaczy są znakomite. W każdym razie trend zastępowania klasycznych wzmacniaczy mocy wzmacniaczami impulsowymi jest coraz silniejszy i nie jest to jedynie przelotna moda. Bacznie śledzimy, co dzieje się w tej dziedzinie i poświęcamy tematowi sporo miejsca w naszym czasopiśmie. Wiele informacji o wzmacniaczach mocy audio można znaleźć w dwuczęściowym artykule *Klasa T, czyli nowe i najnowsze wzmacniacze mocy* w EdW 9, 10/2000. A w EdW 6/1998 str. 21 zaprezentowany był *Wzmacniacz mocy klasy D TDA7482*. W Redakcji powstał też model wzmacniacza z kostką TDA7482, pokazany na **fotografii 1**. Nie został szczegółowo opisany w EdW, ponieważ w siostrzanej *Elektronice Praktycznej* w tym czasie zaprezentowano podobny projekt na tej kostce.

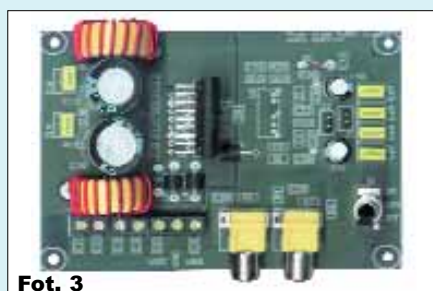


Fot. 1

Na rynku pojawiają się kolejne układy scalone wzmacniaczy klasy D. Tylko wzmacniacze o mocach do kilku watów są wykonywane jako pojedyncze układy scalone. W przypadku wzmacniaczy większej mocy na razie standardem jest dzielenie na dwa układy scalone: część sterującą i stopień mocy. Ma to prozaiczną przyczynę – wzmacniacz klasy D z założenia jest urządzeniem skomplikowanym. Występuje w nim sygnał prostokątny o częstotliwości ponad 100kHz i wielkiej amplitudzie i wynikające stąd impulsy prądowe o dużej wartości i bardzo stromych zboczach. Niezbędnym elementem jest wyjściowy filtr wygładzający, zawierający cewki pracujące przy dużych prądach, które w skrajnym przy-

padku muszą być ekranowane. Kwestia prowadzenia masy nabiera wyjątkowo ważnego znaczenia. Wszystko to wskazuje, że taki układ może być źródłem bardzo silnych zakłóceń elektromagnetycznych i aby je zminimalizować, potrzeba dużo wiedzy z różnych dziedzin. Drugim ważnym problemem jest stabilność takiego niecodziennego wzmacniacza: skłonność do samowzbudzenia, a nawet samouszkodzenia.

Wykorzystanie wzmacniaczy klasy D tylko na pozór wydaje się proste. W rzeczywi-



Fot. 3

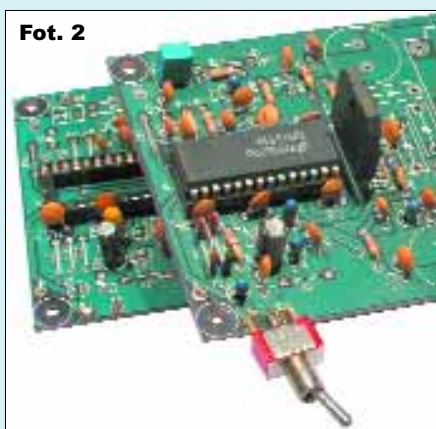
Napięcie zasilania:  $\pm 15 \dots \pm 30V$   
 Prąd spoczynkowy TDA8929: typ. 20mA, max 30mA  
 Prąd w stanie STANDBY (MODE=0V): typ. 30 $\mu A$ , max 100 $\mu A$   
 Prąd spoczynkowy TDA8927: typ. 35mA, max 45mA  
 Pasmo przenoszenia (-3dB): min. 20Hz...20kHz  
 Wzmocnienie: 30dB $\pm$ 1dB (BTL: 36dB)  
 Impedancja wejściowa: typ 68k $\Omega$ , min 45k $\Omega$   
 Tłumienie łętnierii zasilania (SVRR) przy 100Hz: 55dB  
 Napięcie stałe na wyjściu: max 150mV  
 Napięcie wyprowadzenia MODE: 0...+5,5V  
 Roboczy zakres temperatur otoczenia: -40...+85°C  
 Zniekształcenia nieliniowe (THD 1kHz, 1W): typ. 0,01%, max 0,05%  
 Zniekształcenia nieliniowe (THD 10kHz, 1W): typ. 0,1%  
 Typowa częstotliwość oscylatora: 320kHz...360kHz  
 Zakres częstotliwości pracy oscylatora: 210kHz...600kHz  
 Maksymalny szczytowy prąd wyjściowy: 7,5A  
 Moc wyjściowa ( $\pm 25V$ , 4W, THD=10%): typ. 2x65W min 2x60W  
 Moc wyjściowa ( $\pm 27V$ , 4W, THD=10%): typ. 2x80W min 2x74W  
 Moc wyjściowa ( $\pm 27V$ , 4W, THD=0,5%): typ. 2x65W min 2x60W  
 Moc wyjściowa (BTL,  $\pm 17V$ , 4W, THD=10%): typ. 1x110W min 1x90W  
 Moc wyjściowa (BTL,  $\pm 25V$ , 8W, THD=10%): typ. 1x140W min 1x128W  
 Moc wyjściowa (BTL,  $\pm 25V$ , 8W, THD=0,5%): typ. 1x112W min 1x100W

### Wykaz elementów

Rezystory	
R1	...27k $\Omega$ SMD
R4-R7	...10k $\Omega$ SMD
R10	...1k $\Omega$ SMD
R11,R12	...5,6 $\Omega$ SMD
R13,R14	...5,6 $\Omega$ SMD
R15,R16	...22...24 $\Omega$ SMD
R19,R20	...33k...39k $\Omega$ SMD
R24	...200k...220k $\Omega$ SMD
Kondensatory	
C1-C7,C15,C17,C32,C33,C36-C39,C44	...220nF SMD
C8,C9	...15nF...22nF SMD
C10-C13	...560pF SMD
C14,C16,C24-C27	...470nF
C18-C21,C28-C31	...1nF SMD
C22,C23	...330pF SMD
C34,C35	...1500...2200 $\mu F$ /35V
C40,C41	...100 $\mu F$ /40V
C43	...180pF SMD
Półprzewodniki	
D1	...dioda Zenera 5,6V
D2	...dioda Zenera 7,5V
U1	...TDA8927J
U2	...TDA8929T SMD
Pozostałe	
IN1,IN2	...pojedyncze gniazda cinch do druku
J1,J2	...jumper
L2,L4	...33 $\mu H$ patrz tekst
L5-L7	...koralek ferrytowy na przewodzie
OUT1,OUT2	...ARK2
S1	...przełącznik 3-pozycyjny
Z1	...ARK3

**Płytką drukowaną jest dostępna w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-2661**

stości w projekcie trzeba uwzględnić szereg czynników, nieznanymi konstruktorom klasycznych wzmacniaczy mocy. Na przykład niektóre układy scalone takich wzmacniaczy są wyjątkowo wrażliwe na subtelne właściwości współpracujących elementów biernych. Przykładowo znana firma National Semiconductor wypuściła zestaw kostek LM4651/LM4652 przeznaczonych do budowy wzmacniacza klasy D o mocy 170W do subwoofera. Według karty katalogowej do odsprzęgania kilku gałęzi zasilania trzeba połączyć równolegle trzy kondensatory o ściśle określonych parametrach i starannie dobranym rozmieszczeniu na płytce. Kostki takie zostały sprowadzone i przetestowane – dwie płytki pokazane są na **fotografii 2**. Próby



przeprowadzone w redakcji wykazały jednak, iż występują duże kłopoty, w tym wielka wrażliwość na przebieg ścieżek. Nawet w układzie aplikacyjnym zalecanym przez producenta o działaniu czy niedziałaniu wzmacniacza decydują subtelne różnice we właściwościach kondensatorów odsprzęgających. Wzmacniacz taki okazał się wyjątkowo kapryśny. Ewentualni naśladowcy natrafiliby na poważne kłopoty, dlatego nie zdecydowałem się przedstawić tej konstrukcji jako projektu AVT. Za jakiś czas natknąłem się na informację, że Philips wypuścił podobny zestaw pozwalający uzyskać moc ponad 100W i to w pełnym paśmie akustycznym, a nie w roli wzmacniacza do subwoofera. Mając w pamięci perypetie z kostkami LM465x, z podobnymi obawami podszedłem do kostek TDA8927/TDA8929. Powstała płytka próbna ściśle wzorowana na przykładzie z karty katalogowej, gdzie większość elementów to SMD. W pierwszym modelu nie siliłem się na szukanie wszystkich elementów według zaleceń z firmowego wykazu. Jeśli nie miałem akurat pod ręką elementu SMD, wlutowałem zwykły, przewlekany, niekiedy o nieco innej wartości.

Bardzo przyjemnym zaskoczeniem było to, że wzmacniacz wystartował od razu, bez najmniejszych kłopotów. Musiałem tylko dobrać cewki do filtrów wyjściowych i wzmacniacz nadawał się do wykorzystania.

Dwie kostki TDA8929/TDA8927 tworzą dwukanałowy wzmacniacz klasy D, pozwalają

uzyskać moc wyjściową do 2x80W albo w mostku do 1x150W

Według informacji firmowych Philipsa przy mniejszych mocach stopień mocy może pracować bez radiatora. Wstępne próby laboratoryjne potwierdziły parametry elektryczne układu. Później przeprowadziłem subiektywne próby odsłuchowe. Na wzmacniacz podany był sygnał z wysokiej jakości odtwarzacza CD i współpracował z profesjonalnymi kolumnami odsłuchowymi firmy STUDER. Wrażenie było zaskakująco dobre, zwłaszcza że brzmienie można było porównać na miejscu z kilkoma wzmacniaczami klasycznymi dobrej klasy.

Szybko oddałem ten atrakcyjny układ do sprawdzenia w Pracowni AVT i do publikacji. Chcę jednak wyraźnie podkreślić, że nie jest to układ dla początkujących, bo aby z zaprezentowanego modułu zrobić użyteczny wzmacniacz, trzeba dodać dobry zasilacz i w przemyślany sposób poprowadzić obwody masy. Dlatego projekt oznaczony jest trzema gwiazdkami. Te trzy gwiazdki nie wskazują na trudności przy budowie modułu, tylko na konieczność uwzględnienia dodatkowych czynników, jak choćby wspomniane prowadzenie mas oraz istotną w tym wypadku sprawę ewentualnych zakłóceń elektromagnetycznych (EMI). Ze względu na specyfikę projektu, nie przewidziano typowego zestawu – kиту B. Zainteresowani mogą nabyć płytki drukowane.

**Piotr Górecki**