

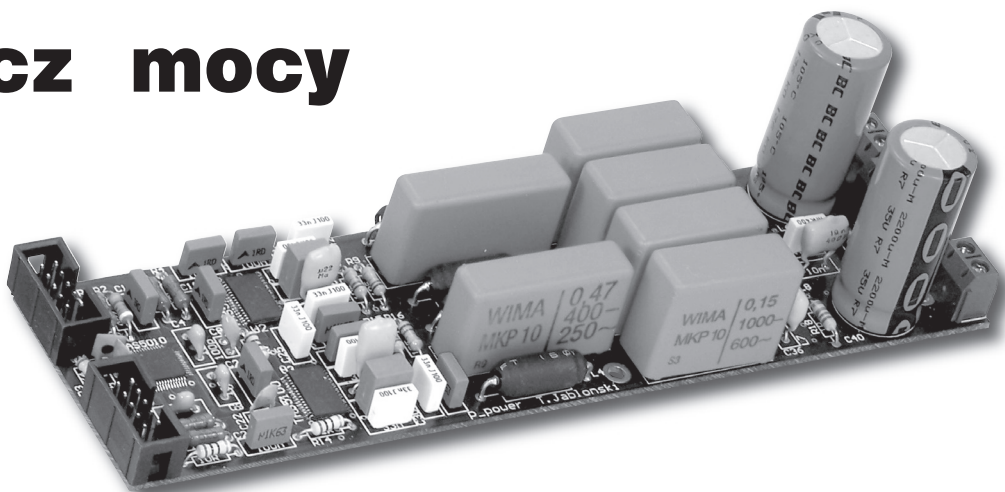
# Cyfrowy tor akustyczny, część 2

## Wzmacniacz mocy AVT-944

Do tego, że technika cyfrowa jest wszechobecna zdążyliśmy już chyba przywyknąć. Nie dziwi nas fakt, że nawet w sprzęcie audio więcej jest układów cyfrowych, niż analogowych. Obecnie można wykonać cały tor sygnałowy wzmacniacza akustycznego – od gniazda sygnału wejściowego (cyfrowego oczywiście), aż do samego głośnika bez układów analogowych.

### Rekomendacje:

w tej części artykułu prezentujemy cyfrowy wzmacniacz mocy, który współpracując z prezentowanym w 1. części procesorem audio stanowi kompletny, cyfrowy tor akustyczny. Urządzenie dedykujemy miłośnikom nowych technik stosowanych w sprzęcie akustycznym. Projekt, który z założenia był pewnym eksperymentem, może służyć jako inspiracja do własnych konstrukcji.



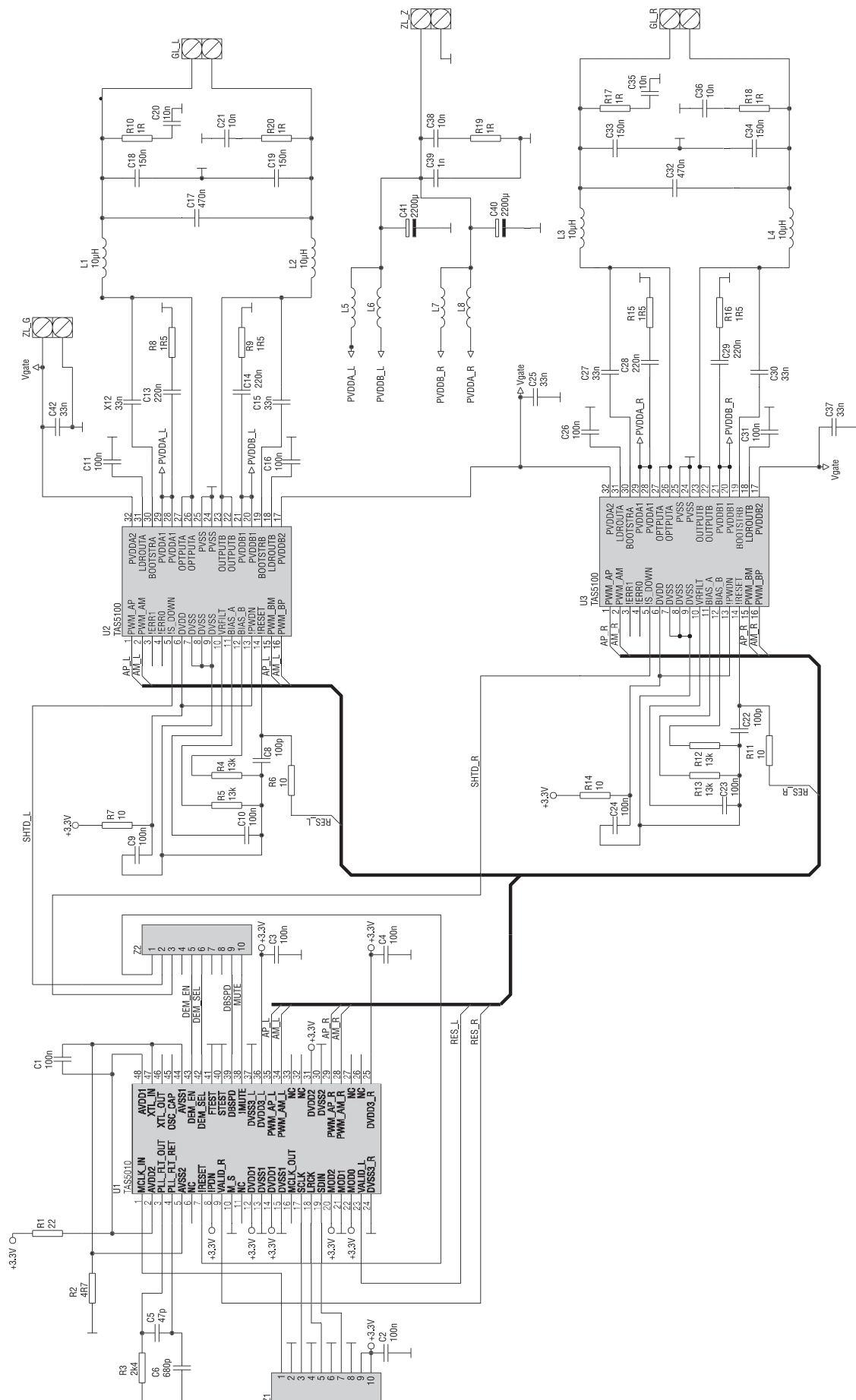
### Cyfrowy wzmacniacz mocy

Wiemy, że opisany w pierwszej części artykułu procesor audio ma wyjście analogowe. Można je więc połączyć z wejściem dowolnego analogowego wzmacniacza mocy. Jednak projektując układ zaplanowałem wyprowadzenie wszystkich sygnałów lokalnej magistrali danych cyfrowych na złącze Z\_P1. W założeniu miało ono być wykorzystane do sterowania cyfrowego wzmacniacza mocy zbudowanego z produkowanego przez TI procesora – konwertera PCM na PWM i scalonych driverów zawierających klucze CMOS ze wszystkimi niezbędnymi układami sterowania i polaryzacji. Wybór padł na procesor TAS5010 i wzmacniacze TAS5100. Obecnie TI ma w swojej ofercie wiele procesorów PCM/PWM i są one stale rozwijane. Naturalnym efektem postępu jest wycofywanie starszych układów i zastępowanie ich nowymi. Obydwa użyte tutaj układy nie znajdują się już w ofercie TI i dlatego projekt ten może służyć jako przykład do zbudowania wzmacniacza z nowszymi układami. Zasada działania pozostaje niezmienną. Schemat układu wzmacniacza został pokazany na rys. 6. Do złącza Z1 typu IDC10 doprowadzone są wszystkie sygnały szeregowego interfejsu PCM. Złącze to trzeba połączyć 10-przewodowym kablem ze złączem Z\_P1 na płycie procesora. Interfejs składa się z linii danych (SDIN), sygnału identyfikacji kanałów (LRCK), zegara taktującego

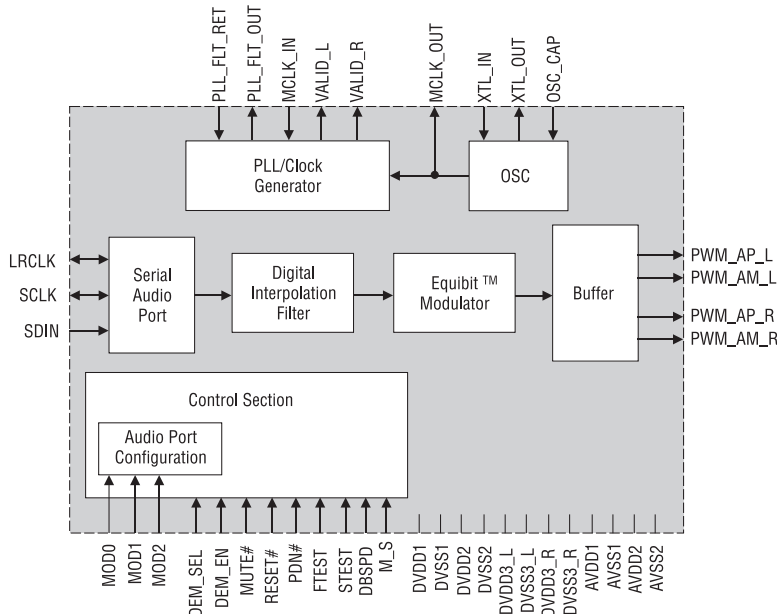
przesyłaniem danych (SCLK) i zegara systemowego (MCLK). Format danych wejściowych jest ustawiany stanami logicznymi wyprowadzeń MOD0...MOD2. Możliwe jest ustawienie formatu *right justified* 16, 20 i 24 bity, I2S 16, 20 i 24 bity, oraz 16-bitowego formatu *left justified*. W modelowym wzmacniaczu jest ustawiony na stałe format 24 bity I2S, bo taki sam jest używany w module procesora. Port wejściowy (rys. 7) może pracować w trybie master lub slave ustawianym stanem wyprowadzenia M\_S. W naszym przypadku M\_S=0 i port pracuje w trybie slave, czyli wszystkie jego linie są liniami wejściowymi. Akceptowane częstotliwości próbkowania to 44,1 kHz i 48 kHz dla DBSPD=0. Jednak, jeżeli wyprowadzenie DBSPD będzie w stanie wysokim, to częstotliwości próbkowania muszą być dwukrotnie wyższe (odpowiednio 88,2 kHz i 98 kHz). Dane z portu wejściowego trafiają do interpolatora, w którym wykonywane jest 8-krotne nadpróbkowanie dla podstawowych częstotliwości próbkowania i 4-krotne nadpróbkowanie dla podwojonych częstotliwości próbkowania. Z wyjścia interpolatora dane trafiają na wejście konwertera, PCM/PWM. Konwerter jest tak skonstruowany, żeby uzyskać minimalne zniekształcenia i poziom szumów. Bufor wyjściowy jest przystosowany do sterowania układami typu *H-bridge*. Układy tego typu są stosowane w MOS-owych wzmacniaczach produkcji TI.

#### PODSTAWOWE PARAMETRY

- Płytko o wymiarach 169x47 mm
- Zasilanie: ok. 22 VDC  
26 VDC
- Moc 2x30 W RMS
- Impedancja obciążenia 8 Ω
- Deemfaza 15/50 μs (dla fp=44,1 kHz)
- Funkcje: mute, tryb obniżonego poboru mocy
- Wzmacniacz wyjściowy: klasa D, konfiguracja *H bridge*



Rys. 6. Schemat wzmacniacza cyfrowego



Rys. 7. Schemat blokowy procesora TAS5010

Procesor jest też wyposażony w blok kontrolny i układ pętli PLL. Zewnętrzne elementy pętli R3, C5 i C6 muszą być umieszczone blisko wyprowadzeń układu. Cały układ PLL jest dodatkowo „izolowany” od reszty zasilania rezystorami R1 i R2. Napięcie zasilające jest blokowane dodatkowo kondensatorem C1.

Układ kontrolny umożliwia zerowanie, wprowadzanie w stan obniżo-

nego poboru energii, wyciszenie i sygnalizowanie błędów działania.

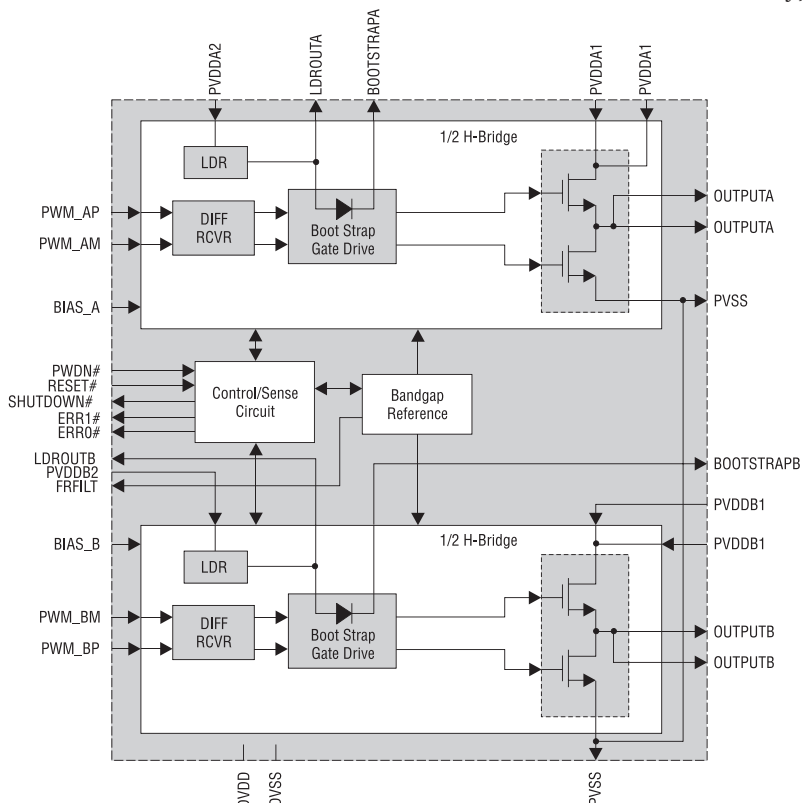
Po włączeniu zasilania uruchamiana jest procedura inicjowania pracy wszystkich bloków funkcjonalnych. Żeby urządzenie mogło prawidłowo pracować, sygnał obniżenia poboru mocy !PDN musi przyjąć stan wysoki. Wejście zerowania !RESET jest asynchroniczne. Wymuszenie na nim stanu niskiego powoduje, że układ wchodzi w stan zerowania: wyjście

PWM jest w stanie wyciszenia (wyjście P w stanie niskim, a wyjście M w stanie wysokim). Żeby wprowadzić procesor w stan obniżonego poboru mocy trzeba wymusić na !PDN i !RESET stan niski. Oprócz wyciszenia wyjścia PWM wyłączany jest wtedy wewnętrzny oscylator układu. Wprowadzenie układu w stan zerowania lub obniżonego poboru energii wymusza stan niski na wyjściach VALID\_L i VALID\_R połączonych z wejściami zerowania wzmacniaczy TAS5100 blokując ich działanie. Wymuszając stan niski na wejściu !MUTE można sprzętowo wyciszyć procesor.

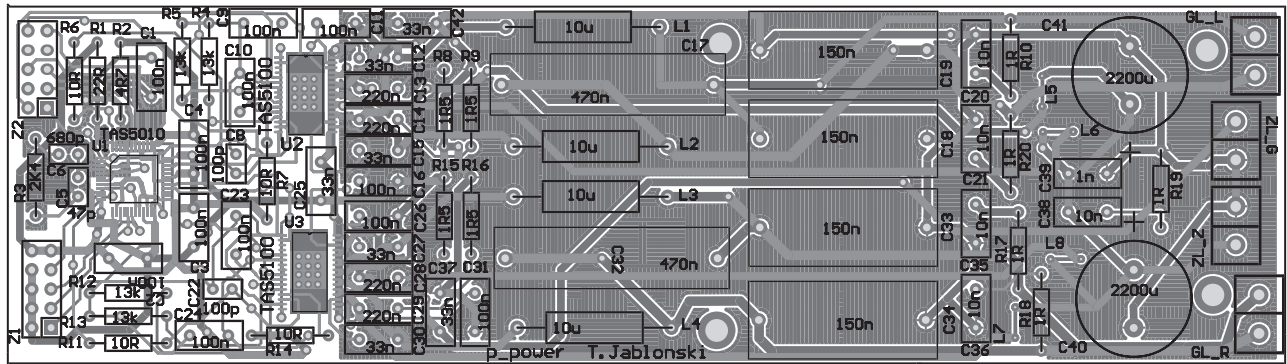
Układ ma również wbudowany układ deemfazy 15  $\mu$ s/50  $\mu$ s przy próbkowaniu 44,1 kHz. Do sterowania działaniem deemfazy są wykorzystywane wejścia DEM\_SEL i DEM\_EN. Te sygnały oraz sterujące wyciszaniem, przełączaniem na podwójną prędkość próbkowania i sygnały ze wzmacniaczy informujące o ich wyłączeniu są połączone do wyprowadzeń złącza Z2 i mogą być sterowane i interpretowane przez sterownik z płytki procesora.

Wyjścia układu H bridge procesora PCM/PWM są połączone z wejściami wzmacniaczy TAS5100. Zadaniem wzmacniaczy jest wzmocnienie sygnału PWM do takiego poziomu, by po zdemodulowaniu można było uzyskać w głośnikach odpowiednią moc. Jeden układ TAS5100 jest przeznaczony do wzmacniania sygnału z jednego kanału i zawiera w swojej strukturze wzmacniacze prądu bramek z układem bootstrap, regulator LDR i cztery identyczne tranzystory mocy DMOS tworzące wyjścia typu *H-bridge* (rys. 8). Układ *Control/sense* umożliwia zerowanie układu wzmacniacza i wprowadzanie go w tryb obniżonego poboru mocy (wejścia !RESET i !PWDN). Druga część tego bloku zawiera układy protekcji, zabezpieczające przed uszkodzeniem z powodu zwarcia lub zbyt wysokiej temperatury.

Układ wzmacniacza przechodzi w stan obniżonego poboru mocy przez podanie poziomu niskiego na wyprowadzeniu !PWDN. Stan niski na wyprowadzeniu !RESET powoduje, że na wyjściach mocy jest wymuszany stan niski. Wejście !RESET jest połączone z wyjściem VALID procesora TAS5010 tak, by po jego wyzerowaniu zatrzymać pracę wzmacniaczy. Wyprowadzenia !SHUTDOWN, !ERR i !ERR2 typu otwarty dren i są podciągane do plusa zasilania przez wewnętrzne rezystory. Można je łączyć tworząc „sumę” na



Rys. 8. Schemat blokowy wzmacniacza TAS5100



Rys. 9. Schemat montażowy cyfrowego wzmacniacza mocy

drucie". W **tab. 1** są pokazane możliwe kombinacje stanów i sygnalizowane przez nie nieprawidłowe działania układu.

Analizując stan tych wyjść można stwierdzić, czy zostało zidentyfikowane zwarcie, przegrzanie układu, czy nieprawidłowe sterowanie.

Przebieg analogowy jest uzyskiwany przez odfiltrowanie zmodulowanego przebiegu PWM za pomocą dolnoprzepustowego filtra LC. Wartości indukcyjności i pojemności są zależne od impedancji zestawu głośnikowego. Kompletne dane dotyczące projektowania filtru wyjściowego można znaleźć w notcie aplikacyjnej SLAA117 dostępnej na stronie internetowej [www.ti.com](http://www.ti.com).

#### WYKAZ ELEMENTÓW

##### Płytki wzmacniacza mocy

#### Rezystory

R8, R9, R15, R16: 1,5 Ω  
R10, R17, R18, R19, R20: 1 Ω  
R2: 4,7 Ω  
R6, R7, R11, R14: 10 Ω  
R1: 22 Ω  
R3: 2,4 kΩ  
R4, R5, R12, R13: 13 kΩ

#### Kondensatory

C5: 47 pF  
C6: 680 pF  
C8, C22: 100 pF  
C39: 1 nF  
C20, C21, C35, C36, C38: 10 nF  
C12, C15, C25, C27, C30, C37, C42: 3 nF  
C1...C4, C9...C11, C16, C23, C24, C26, C31: 100 nF  
C18, C19, C33, C34: 150 nF MKP  
C13, C14, C28, C29: 220 nF  
C17, C32: 470 nF MKP  
C40, C41: 2200 µF/35 V

#### Półprzewodniki

U1: TAS5010  
U2, U3: TAS5100

#### Inne

L1...L4: cewka 10 µH

Zawarto tam szereg istotnych informacji dotyczących działania konwersji PCM/PWM, zasilania układów i budowy filtru rekonstruującego przebieg wyjściowy.

### Montaż, uruchomienie, wnioski

Na **rys. 9** przedstawiono schemat montażowy cyfrowego wzmacniacza mocy. Montaż przebiega analogicznie jak w opisanym w pierwszej części procesorze audio. Układ wzmacniacza wymaga dwu napięć zasilających. Napięcie o wartości ok. 22 V zasilające stabilizator LDR musi być połączone do zacisków złącza ZL\_G. Właściwe napięcie zasilania wzmacniacza dołączane do złącza ZL\_Z może mieć wartość maksymalną ok. 26 V dla obciążenia 8 Ω.

Idea budowy całkowicie cyfrowego toru audio – od sygnału źródłowego pochodzącego z płyty CD, aż do głośnika – od początku wydała mi się fascynująca. Chciałem sprawdzić, jaki efekt będzie miało wyeliminowanie niezbędnych przy analogowych wzmacniaczach mocy przetwornika cyfrowo-analogowego. Z drugiej strony stosując wzmacniacz klasy D nie można było się spodziewać bardzo dobrej jakości. Jednak wzmacniacz grał zupełnie poprawnie, charakteryzował się dobrą dynamiką, nie dało się odczuć zawężenia pasma czy wyczuwal-

nych zniekształceń. Jednak brzmieniem w mojej subiektywnej ocenie ustępował końcówce mocy z układem LM1876 Overture sterowanym z wyjścia analogowego TAS3004. Porównując dźwięk, w końcówce cyfrowej słychać było charakterystyczne ostrzejsze lekko metaliczne brzmienie, najprawdopodobniej będące wynikiem zwiększania się zniekształceń nieliniowych wraz ze wzrostem częstotliwości sygnału wejściowego, charakterystycznej dla wzmacniaczy klasy D.

Takie energetycznie sprawne rozwiązanie zapewne bardzo dobrze się sprawdzi w tańszych wzmacniaczach wielokanałowych stosowanych w instalacjach kina domowego, jednak do odsłuchu nagrań CD nie będzie najlepsze. Mimo tego widać, że digitalizacja dźwięku wchodzi w układy zarezerwowane dla analogowej techniki: wzmacniacze mocy. Czas pokaże, czy technika analogowa zniknie z nowych rozwiązań, przynajmniej tych bardziej popularnych, bo cyfrowe rozwiązania będą porównywalnej jakości, a przy tym tańsze. Może cała analogowa technika audio za ileś lat stania się tym, czym dzisiaj rozwiązania lampowe, czyli niszowym rozwiązaniem dla pasjonatów lub posiadających dużo pieniędzy audiofilii.

**Tomasz Jabłoński, EP**  
[tomasz.jablonski@ep.com.pl](mailto:tomasz.jablonski@ep.com.pl)

**Tab. 1. Sygnalizacja nieprawidłowego działania TAS5100**

!SHUTDOWN	!ERR1	!ERR0	Funkcja	OUTPUTA	OUTPUTB
0	0	0	Nielegalny stan wejścia PWM	Low	Low
0	0	1	Zabezpieczenie przeciwzwarciowe		
0	1	0	Zabezpieczenie przed przegrzaniem	Low	Low
0	1	1	Ochrona regulatora niskiego napięcia	Low	Low
1	0	0	Zarezerwowane	–	–
1	0	1	Zarezerwowane	–	–
1	1	0	Ostrzeżenie przed zbyt wysoką temperaturą	Normal	Normal
1	1	1	Praca normalna	Normal	Normal