

# Cyfrowy wzmacniacz audio

## AVT-840

*Prawda, że tytuł artykułu jest zdumiewający? „Cyfrowy wzmacniacz audio“ brzmi mało wiarygodnie i wielu z Was podejrzewa nas pewnie o jakieś niecnoty...  
Niesłusznie! W artykule naprawdę przedstawiamy konstrukcję cyfrowego wzmacniacza audio, który przez niektórych audiofili jest traktowany jako wzorzec brzmienia. W Internecie powstał nawet klub „Fan of D-Class Amplifiers“, gromadzący fanów „cyfrowego“ brzmienia.*

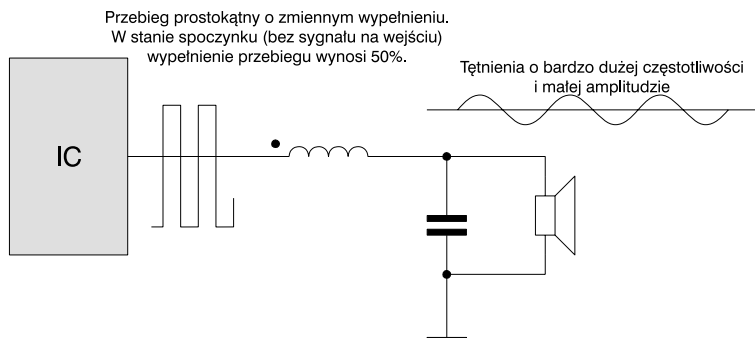


Na początku odpowiem na pytanie, jak jest możliwe zbudowanie cyfrowego wzmacniacza audio, zwanego także wzmacniaczem klasy D. Pomocny w wyjaśnieniu problemu będzie **rys. 1**.

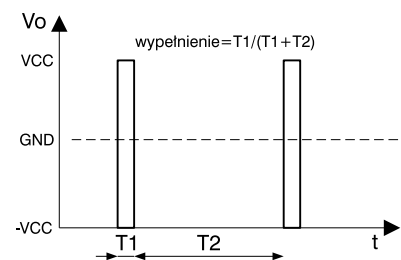
Na wyjściu wzmacniacza generowany jest sygnał prostokątny o amplitudzie bliskiej całkowitemu napięciu zasilania. Częstotliwość tego przebiegu jest duża, w prezentowanej konstrukcji wynosi nieco ponad 100kHz. Przebieg prostokątny jest filtrowany w filtrze dolnoprzepustowym, składającym się z włączonego w szereg z głośnikiem dławika

oraz - równoległe z cewką głośnika - kondensatora.

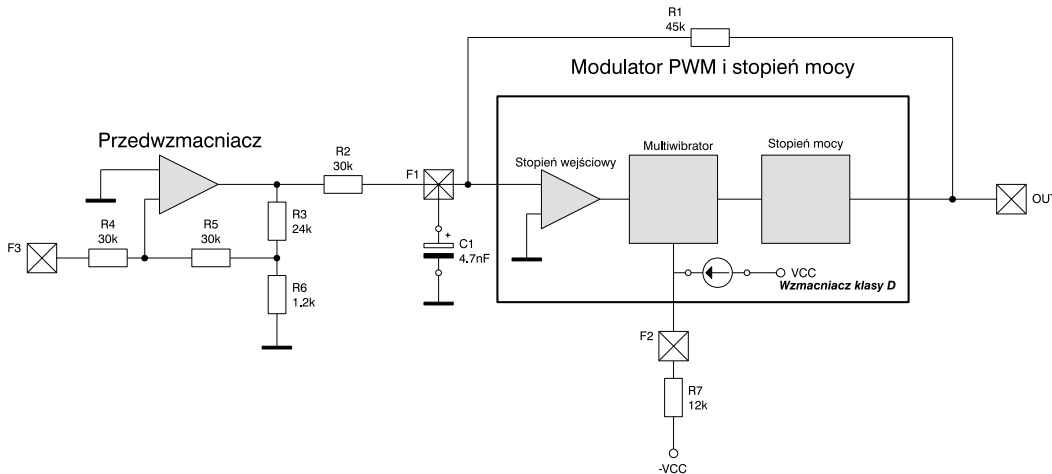
W odróżnieniu od standardowych wzmacniaczy mocy, wraz ze zmianami sygnału wejściowego, na wyjściu wzmacniacza nie zmienia się amplituda przebiegu, lecz jego wypełnienie, czyli stosunek czasu trwania „wysokiego“ poziomu napięcia, do okresu przebiegu (**rys. 2**). Tak więc „cyfrowy wzmacniacz audio“ jest w praktyce modulatorem PWM (ang. Pulse Width Modulator) o dużej mocy wyjściowej. Tego typu modulację stosuje się m.in. w mikrokontrolerach do generacji



Rys. 1. Sposób działania wzmacniacza klasy D.



Rys. 2. Sposób określenia współczynnika wypełnienia przebiegu.



Rys. 3. Schemat blokowy wzmacniacza mocy TDA7482.

przy pomocy timerów sygnałów analogowych.

Przyjęty w urządzeniu sposób wzmacniania sygnału akustycznego wymusza zastosowanie nietypowego, jak na standardowe rozwiązania, toru przetwarzania sygnału. Schemat blokowy wzmacniacza klasy D znajduje się na rys. 3. Rola przedwzmacniacza i stopnia wejściowego są oczywiste: zapewniają one dopasowanie impedancyjne źródła sygnału do stopnia końcowego i odpowiednią amplitudę sygnału modulującego przebieg prostokątny multiwibratora. Sygnał o zmiennym wypełnieniu steruje końcówką mocy, za pośrednictwem której jest zasilany filtr wyjściowy i głośnik.

Wydawać by się mogło, że takie podejście realizacyjne do konstrukcji wzmacniacza mocy audio powoduje znaczne skomplikowanie jego budowy. Dzięki współczesnej technologii produkcji półprzewodników takie stwierdzenie nie jest prawdziwe.

Na koniec wstępu należy się Wam jeszcze jedno wyjaśnienie: po co w ogóle wymyślono wzmacniacze klasy D? Wbrew pozorom konstruktorom przyświecały względy nie

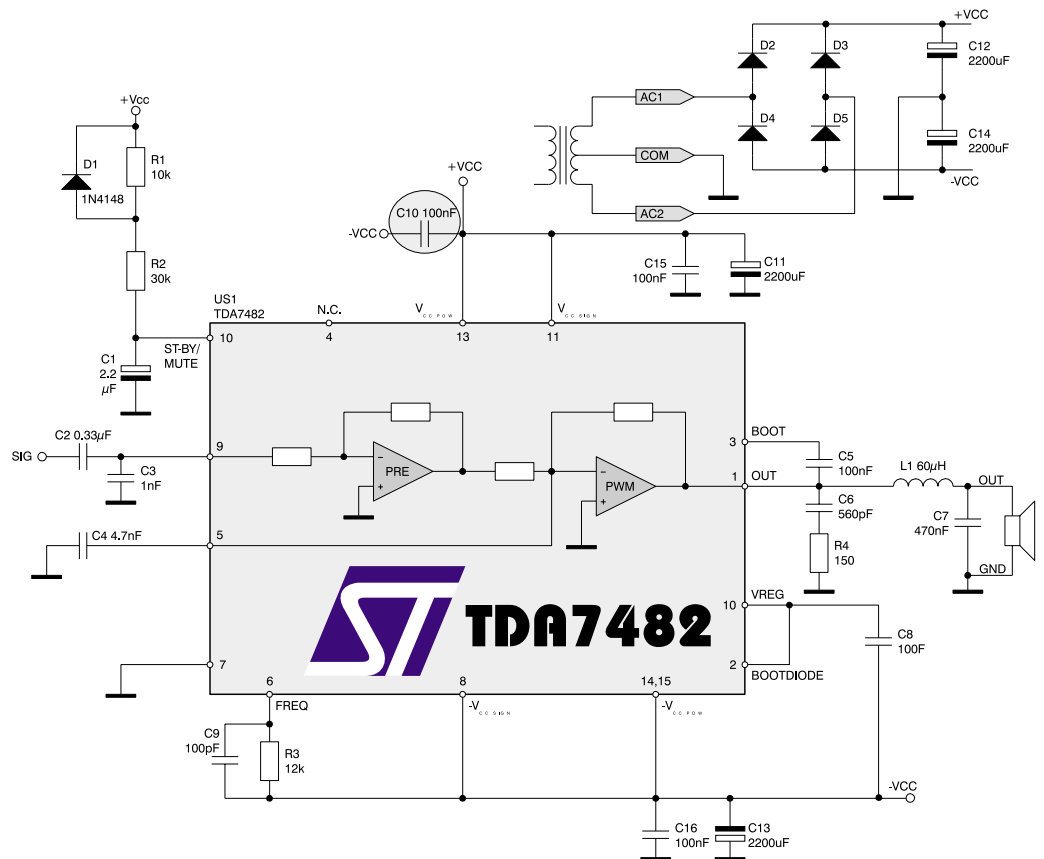
tylko marketingowe, lecz także wymagania stawiane nowoczesnym urządzeniom audio. Największym bowiem atutem wzmacniaczy klasy D jest bardzo duża sprawność energetyczna, sięgająca w przypadku zastosowanego w projekcie układu scalonego aż 87%.

**Źródło sukcesu**

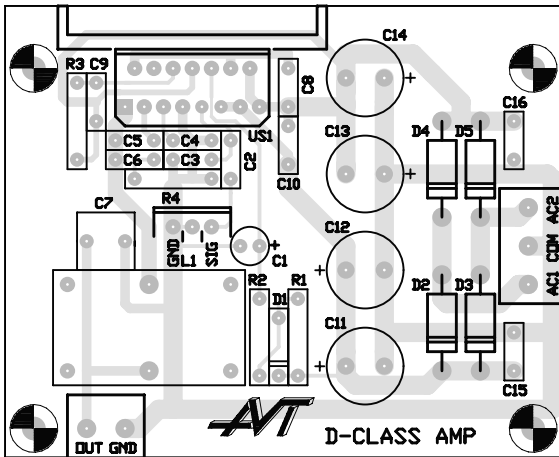
Ludzkie lenistwo jest wbrew pozorom powodem wielu sukcesów. Także w elektronice. Przy-

kładem takiego sukcesu jest układ TDA7482 oraz jego mniejsi „bracia”: TDA7480/81. Dzięki wykorzystaniu tego układu w prezentowanym urządzeniu, cały wzmacniacz jest tak prosty, jak to widać na rys. 4. W układzie TDA7482 zintegrowano wszystkie przedstawione wcześniej elementy, a jego otoczenie stanowi zaledwie kilka elementów biernych oraz prosty zasilacz.

Elementy D1, R1, R2 i C1 zapewniają „miękki” start wzmacniacza, zapobiegając powstawaniu stuków w głośniku podczas włączania zasilania. Elementy C9, R3 ustalają częstotliwość pracy multiwibratora, który zasilają poprzez modulator PWM stopień końcowy mocy. Elementy C6, R4 kompensują wzmacniaczowi charakterystykę częstotliwościową typowych zestawów głośnikowych, dociągając wzmacniacz w zakresie wyższych częstotliwości.



Rys. 4. Schemat elektryczny wzmacniacza audio klasy D.



Rys. 5. Schemat montażowy.

Bardzo duże znaczenie dla poprawnej pracy wzmacniacza ma jakość elementów L1 i C7. Spełniają one bowiem rolę wyjściowego filtra nośnej o częstotliwości 100kHz, przepuszczając tylko odfiltrowaną składową m.cz. Ponieważ samodzielne wykonanie dławika może być stosunkowo trudne, będzie on wchodził w skład zestawu.

Wzmacniacz jest zasilany napięciem symetrycznym o wartości ok.  $\pm 22\text{V}$ . Na rys. 4 pokazano sposób dołączenia transformatora do zacisków na płytce drukowanej wzmacniacza. Diody D2..5 połączono w mostek Graetza. Wyprostowane napięcie jest filtrowane przez kondensatory elektrolityczne C11..14 i monolityczne C15/16. Poprawna praca wzmacniacza, zwłaszcza przy większych mocach wyjściowych będzie możliwa, jeżeli współczynnik ESR kondensatorów C11..14 będzie niewielki.

### Montaż i uruchomienie

Schemat montażowy płytki wzmacniacza jest widoczny na rys. 5. Montaż wzmacniacza nie wymaga szczególnej wprawy zwłaszcza, że do chłodzenia układu US1 wystarczy niewielki kawałek blachy aluminiowej. Jak wykazały pomiary straty mocy w strukturze wzmacniacza US1 nie przekroczyły 3,5W! Pewnej uwagi wymaga tylko kondensator C10 (na schemacie zaznaczony szarym podlewem), który powi-

nien być przystosowany do pracy w układach w.cz.

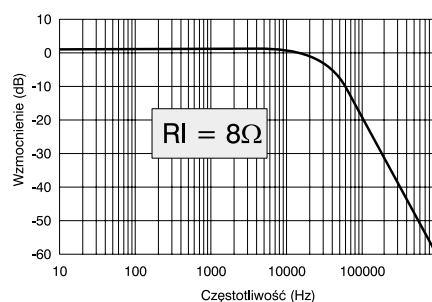
Uruchomienie wzmacniacza sprowadza się w praktyce tylko do zweryfikowania wartości napięć zasilających. Nie powinny one przekraczać  $\pm 25\text{V}$ , znacznie lepiej jest trzymać się wartości ok.  $\pm 20\text{V}$ . Nie powoduje to wydatnego zmniejszenia mocy wyjściowej, natomiast znacznie podnosi bezpieczeństwo pracy układu scalonego.

### Uwagi końcowe

Specyficzna konstrukcja obciążenia wyjścia wzmacniacza wymusiła na konstruktorach wbudowanie we wzmacniacz stopnia wyjściowego o małej impedancji wyjściowej. Z tego powodu zastosowano unipolarne tranzystory D-MOS, których rezystancja włączonego kanału wynosi ok.  $0,4\Omega$ .

Ponieważ parametry cewki głośnika mają bezpośredni wpływ na pracę filtra wyjściowego, wypadkowe charakterystyki przeniesienia różnią się w zależności od impedancji cewki głośnika. Przykładowe charakterystyki częstotliwościowe dla głośników  $8\Omega$  i  $4\Omega$  przedstawiono na rys. 6 i 7. Jak łatwo zauważyć, lepszą z punktu widzenia użytkownika charakterystykę wzmacniacz ma dla impedancji obciążenia  $8\Omega$ .

**Piotr Zbysiński, AVT**  
piotr.zbysinski@ep.com.pl

Rys. 6. Przykładowa charakterystyka częstotliwościowa dla głośników  $8\Omega$ .

### WYKAZ ELEMENTÓW

#### Rezystory

- R1:  $10\text{k}\Omega$
- R2:  $30\text{k}\Omega$
- R3:  $12\text{k}\Omega$
- R4:  $150\Omega/0,125\text{W}$

#### Kondensatory

- C1:  $2,2\mu\text{F}/50\text{V}$
- C2:  $330\text{nF}$
- C3:  $1\text{nF}$
- C4:  $4,7\text{nF}$
- C5, C8, C10, C15, C16:  $100\text{nF}$
- C6:  $560\text{pF}$
- C7:  $470\text{nF}$
- C9:  $100\text{pF}$
- C11..C14:  $2200\mu\text{F}/35\text{V}$

#### Półprzewodniki

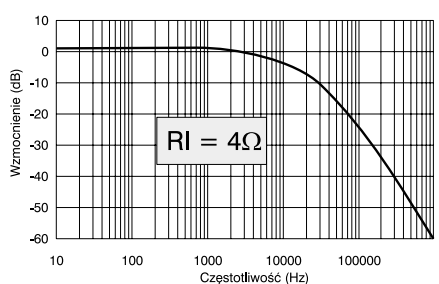
- US1: TDA7482
- D1: 1N4148
- D2..D5: 1N5404

#### Różne

- L1:  $60..75\mu\text{H}/3\text{A}$  (np. Elfa 58-690-11)
- ARK2, ARK3

### Podstawowe parametry i właściwości wzmacniacza:

- ✓ moc wyjściowa (THD=10%): 25W,
- ✓ moc wyjściowa (THD=1%): 20W,
- ✓ moc wyjściowa (THD=0,1%): 1..15W,
- ✓ zalecana impedancja obciążenia:  $8\Omega$ ,
- ✓ dopuszczalne impedancje obciążenia:  $4..16\Omega$ ,
- ✓ zalecane napięcie zasilania:  $\pm 22\text{V}$ ,
- ✓ częstotliwość taktowania PWM: 110kHz,
- ✓ sprawność: 75..85% (zależy od mocy wyjściowej),
- ✓ wbudowane zabezpieczenie termiczne i przeciwzwarciowe,
- ✓ pasmo przenoszenia (rys. 6 i 7).

Rys. 7. Przykładowa charakterystyka częstotliwościowa dla głośników  $4\Omega$ .