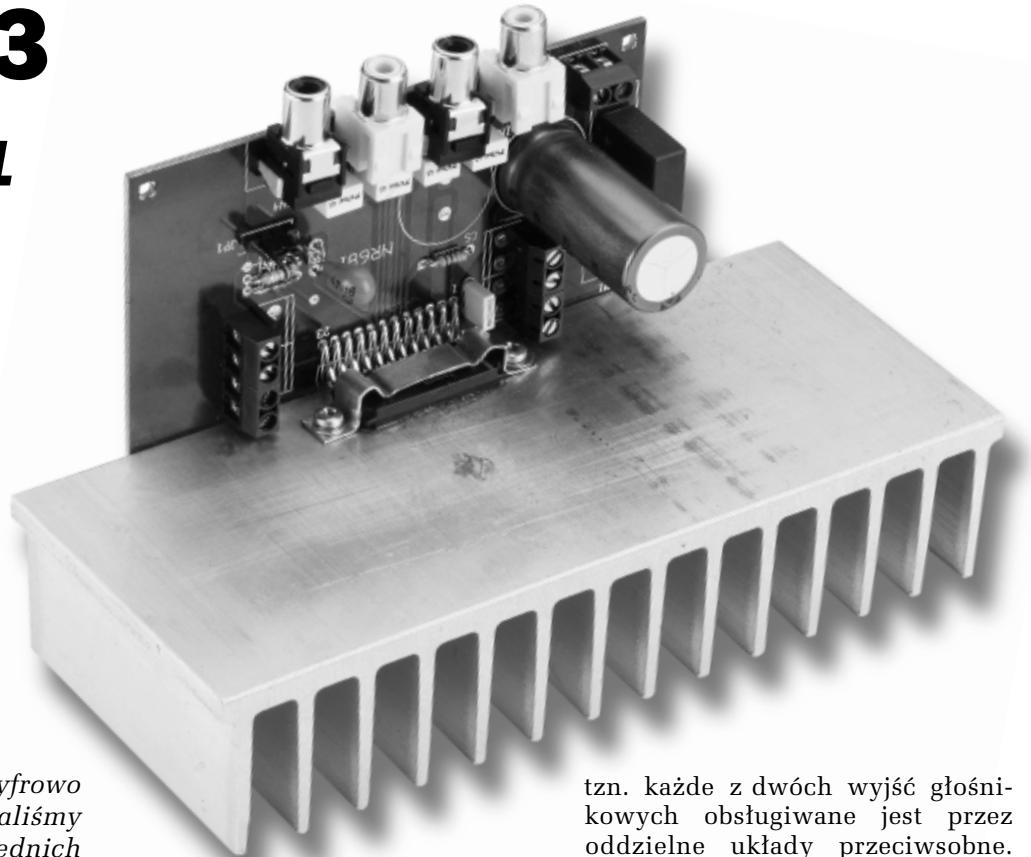


Korektor i wzmacniacz akustyczny 4x40W, część 3

AVT-5035/1



Sterowany cyfrowo equalizer, który opisaliśmy w dwóch poprzednich częściach artykułu (EP9 i 10/2001), został zaprojektowany i wykonany z użyciem dwóch specjalizowanych układów firmy Philips. Także stopień mocy wzmacniacza współpracującego z korektorem wykonano w oparciu o jeden z nowszych układów Philipsa - TDA8571J. Dokładny opis wykonania stopnia końcowego z tym układem znajdziecie w tej - już ostatniej - części artykułu.

TDA8571J - zintegrowany stopień mocy

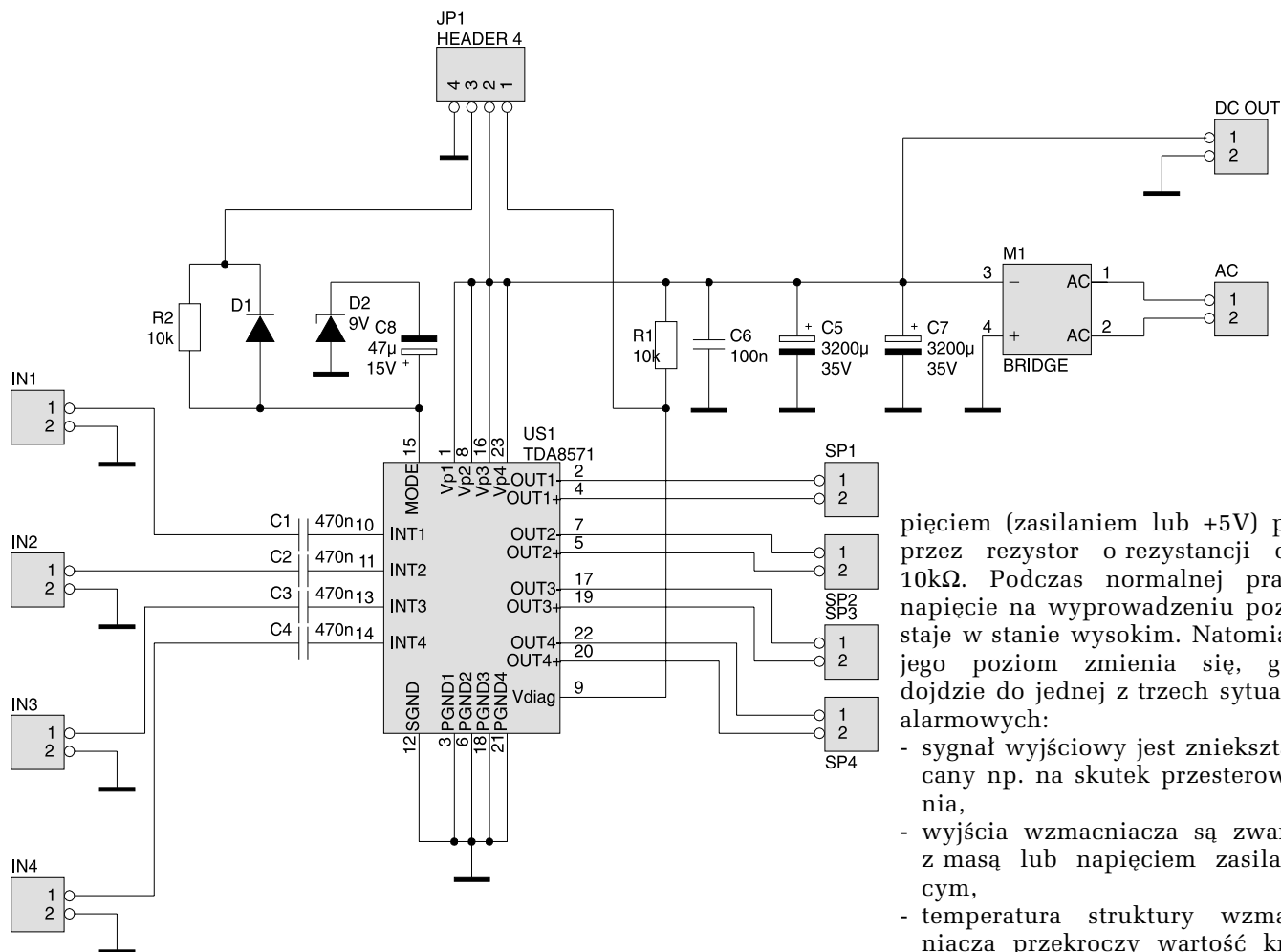
Analizując parametry układu TDA8571J oraz schemat aplikacyjny opublikowany w firmowej dokumentacji (rys. 5) dochodzi się do wniosku, że projektanci Philipsa położyli szczególny nacisk na uniwersalność tego układu, zmniejszenie liczby niezbędnych elementów zewnętrznych i poszerzenie zakresu wartości parametrów dopuszczalnych, przy których wzmacniacz będzie funkcjonował prawidłowo. Wynika to z przewidywanych dla tego układu obszarów aplikacyjnych - przede wszystkim w samochodowych systemach audio i popularnych zestawach domowych. Budowę wewnętrzną tego układu pokazano na rys. 6.

W jednej obudowie scalono cztery niezależne wzmacniacze akustyczne klasy B. Wzmacniacze pracują w układzie mostkowym,

tzn. każde z dwóch wyjść głośnikowych obsługiwane jest przez oddzielne układy przeciwobne. W literaturze angielskiej wzmacniacze o takiej konstrukcji oznacza się symbolem BTL (ang. Bridge Tied Load).

Ze schematu z rys. 5 wynika, że do budowy wzmacniacza oprócz układu scalonego potrzeba dodatkowo bardzo niewiele części. Głównie są to kondensatory, elementy zasilacza oraz gniazda wejściowe i wyjściowe.

Układ TDA8571J zawiera w swojej strukturze, oprócz bloków związanych ze wzmacniaczami mocy, także specjalne obwody, które odpowiadają za jego poprawną pracę, ale mogą być także użyte do diagnostyki. Stan pracy tych obwodów jest sygnalizowany na wyjściu Vdiag, natomiast wejście MODE służy do ustalania trybu pracy wzmacniacza i ma wpływ na wielkość pobieranego prądu. Sterowanie odbywa się poprzez podanie na wyprowadzenie MODE odpowiedniego poziomu napięcia. Jeżeli wyprowadze-



Rys. 5. Schemat elektryczny wzmacniacza.

nie jest zwarte z masą zasilania lub poziom napięcia na wyprowadzeniu nie przekroczy 2V, układ znajdzie się w trybie czuwania (standby), w którym pobór prądu z zasilacza nie przekracza 100µA. Podanie na wyprowadzenie MODE napięcia o wartości z przedziału 3,3V...6,4V powoduje, że wszystkie wewnętrzne układy TDA8571J zostaną włączone, a pobór prądu osiągnie nominalną wartość spoczynkową tj. 200mA...360mA. Jednak pomimo podania sygnału na wejścia, sygnał wyjściowy jest wyciszony (wzmacniacz pozostaje w trybie *Mute*). Podanie na wyprowadzenie sterujące napięcia wyższego od 8,5V lub zwarcie go z napięciem zasilającym przełączy wzmacniacz w tryb normalnej pracy.

Wejście MODE można wykorzystać do szybkiego wyciszania wzmacniacza oraz do usunięcia efektu stukotu w głośnikach podczas włączania zasilania. Służy do tego przedstawiony na schemacie

obwód składający się z diod D1, D2, rezystora R2 i kondensatora C8. W czasie normalnej pracy styki 3 i 2 gniazda JP1 powinny być zwarte. Podczas włączania wzmacniacza napięcie zasilania podawane jest na wyprowadzenie MODE poprzez rezystor R2. Elementy R2, C8 tworzą obwód czasowy, który powoduje, że napięcie na wyprowadzeniu sterującym osiągnie wartość 8,5V w czasie nie krótszym niż 150ms. To wystarczy, aby w czasie gdy sygnał na wyjściach jest wyciszany, kondensatory sprzęgające C1...C4 przeładowały się, co zapobiega nieprzyjemnym stukom w głośnikach.

Wyjście Vdiag dostarcza informacji o zaistniałych problemach w czasie pracy wzmacniacza i może być wykorzystane np. przez procesor sterujący współpracującym przedwzmacniaczem. Wyjście Vdiag jest wyjściem typu otwarty kolektor i w celu odczytu informacji diagnostycznych powinno być połączone z zewnętrznym na-

pięciem (zasilaniem lub +5V) poprzez rezystor o rezystancji ok. 10kΩ. Podczas normalnej pracy napięcie na wyprowadzeniu pozostaje w stanie wysokim. Natomiast jego poziom zmienia się, gdy dojdzie do jednej z trzech sytuacji alarmowych:

- sygnał wyjściowy jest zmniejszany np. na skutek przesterowania,
- wyjścia wzmacniacza są zwarte z masą lub napięciem zasilającym,
- temperatura struktury wzmacniacza przekroczy wartość krytyczną.

Zniekształcenia dynamiczne sygnału wyjściowego mogą wystąpić, jeśli zasilanie wzmacniacza jest za niskie lub poziom sygnału na wejściu przekroczy dopuszczalną wartość. W przypadku testowego sygnału sinusoidalnego, zniekształcenia objawiać się będą obcinaniem wierzchołków sinusoidy. W momencie, gdy sygnał wyjściowy będzie obcinany, wyjście diagnostyczne Vdiag będzie zwierane do masy (rys. 7).

W przypadku, gdy wyjście lub wyjścia któregoś z czterech wzmacniaczy będzie zwarte z masą lub plusem zasilania, cykl sygnalizacyjny wyprowadzenia Vdiag pole-

Najważniejsze parametry układu TDA8571J:	
✓	napięcie zasilania: 8,5...18V,
✓	maksymalny chwilowy prąd wyjściowy: 7,5A,
✓	maksymalna moc wyjściowa: 4x40W na obciążeniu 4Ω,
✓	pasmo przenoszenia: od 20Hz do 20kHz,
✓	zniekształcenia: 0,5% dla mocy wyjściowej do 19W i 10% dla mocy do 26W,
✓	wzmocnienie: około 30dB,
✓	zabezpieczenia termiczne i przeciwzwarciowe.

ga na generacji co 10ms dodatnich impulsów o czasie trwania 50μs. Do momentu usunięcia zwarcia wszystkie kanały wzmacniacza są wyłączone. Sposób sygnalizacji alarmu dla tego przypadku pokazano na rys. 8.

Ostatnią z możliwych sytuacji alarmowych jest przegrzanie wzmacniacza. Jeżeli temperatura wewnątrz struktury układu scalonego przekroczy 145°C, wyjście Vdiag do czasu jej obniżenia przyjmie poziom niski.

Chłodzenie wzmacniaczy mocy

Każde urządzenie elektryczne w czasie swojej pracy wydziela ciepło, a układy mocy - takim jest z pewnością wzmacniacz akustyczny - wydzielają tego ciepła szczególnie dużo. Nadmiar ciepła może doprowadzić do przegrzania elementów elektronicznych i w konsekwencji do pogorszenia ich parametrów lub trwałego uszkodzenia. W temperaturze powyżej 150°C elementy półprzewodnikowe (krzemowe) tracą na ogół swe właściwości prostownicze i wzmacniające, a poza tym może nastąpić ich nieodwracalne uszkodzenie.

Wydzielanie ciepła związane jest z przepływem prądu w urządzeniach elektronicznych i nie można tego uniknąć. Dlatego poświęćmy teraz trochę miejsca na przedstawienie podstawowych sposobów odprowadzania tego

ciepła oraz przedstawimy ilościowy opis tego zjawiska.

Wzmacniacz przekształca dostarczoną energię zasilania na użyteczne prądy (I) i napięcia (U) zamieniane potem w głośnikach lub słuchawkach na fale akustyczne. Przepływowi prądu I przez każdy z elementów, z których zbudowana jest wewnętrzna struktura wzmacniacza, towarzyszy wydzielanie ciepła (energii cieplnej) w ilości zależnej od rezystancji R elementu. Ilość wydzielonego ciepła jest opisywana zależnością:

$$Q = A \cdot I^2 \cdot R \cdot t,$$

gdzie:

t - czas pracy;

A - cieplny równoważnik pracy (ponieważ $A = 1$ [J/J] w układzie SI, więc liczbowo ilość wydzielanego ciepła w Joulach jest równa pracy prądu elektrycznego $P \cdot t$).

Ponieważ $P \cdot R$ oznacza moc, to ilość wydzielanego przez wzmacniacz ciepła będzie równa $Q = P \cdot t$.

Ilość ciepła wydzielana w elemencie jest więc proporcjonalna do traconej mocy i czasu jej wydzielania. Urządzenia elektryczne przekształcają dostarczoną energię ze źródła zasilania na energię użyteczną z określoną sprawnością. Ponieważ sprawność współczesnych urządzeń elektronicznych z reguły nie przekracza 50% oznacza to, że konsumując sporo energii wytwarzają dużo zbędnego ciepła, które trzeba usunąć. Aby móc pozbyć się tego ciepła potrzebne są elementy, które je rozproszą. Służą do tego radiatory, czyli dodatkowe elementy o dużej powierzchni. Wymiana ciepła od złącza półprzewodnikowego do otoczenia zachodzi na kilka sposobów:

- przez przewodzenie (od złącza do radiatora),
- promieniowanie,
- konwekcję, czyli unoszenie (z radiatora do otoczenia).

Jak to już zostało powiedziane, każdy element półprzewodnikowy posiada dopuszczalną temperaturę złącza T_{jmax} , której nie wolno przekraczać. Jest to jeden z parametrów podawanych przez producenta. Wynika z tej temperatury maksymalna moc strat P_{totmax} . Następny parametr, od którego zależy moc, to rezystancja cieplna R_{thj-a} (od złącza do otoczenia) świadcząca o skuteczności chłodzenia złącza.

Jeśli utrzymujemy stałą temperaturę otoczenia, to maksymalna moc strat wynosi:

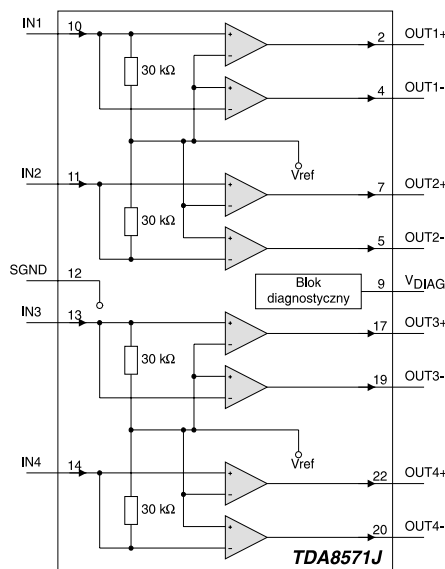
$$P_{totmax} = (T_{jmax} - T_a) / R_{thj-a}$$

Z tego wzoru można wyznaczyć maksymalną sumaryczną rezystancję cieplną między złączem i otoczeniem R_{thj-a} , przy której temperatura złącza nie jest przekraczana.

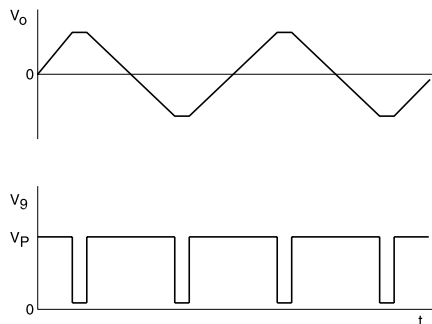
Sumaryczna rezystancja cieplna składa się z: rezystancji cieplnej złącze-obudowa, obudowa-radiator, wreszcie radiator-otoczenie, czyli najczęściej powietrze. Rezystancja cieplna złącze-obudowa jest stała, wynika z konstrukcji elementu półprzewodnikowego i jest podawana w danych katalogowych. Rezystancja cieplna obudowa-radiator może być zminimalizowana przez bardzo dobry kontakt mechaniczny pomiędzy elementem a jego radiatorem i zależy od powierzchni styku (im większa tym lepiej), gładkości płaszczyzn (lepszy styk i mniejszą oporność termiczną zapewniają gładkie powierzchnie) i sił dociskających element do radiatora. Dobrym zabiegiem jest posmarowanie miejsca styku pastą przewodzącą ciepło. Należy tylko pamiętać, aby zastosowany smar nie zawierał kwasów, które po pewnym czasie doprowadzą do korozji radiatora i obudowy elementu, co zwiększy oporność termiczną, a nawet uszkodzi element. Z tego powodu zalecane są syntetyczne pasty silikonowe.

Rezystancja radiator-otoczenie zależy od konstrukcji radiatora tj. jego sumarycznej powierzchni i kształtu ułatwiającego cyrkulację powietrza. W tym miejscu należy dodać, że powietrze nie stanowi najlepszego medium chłodzącego i często w sytuacjach, gdy układy elektroniczne wydzielają szczególnie dużo ciepła stosuje się dodatkowe wiatraki i wyciągi zapewniające szybszą wymianę powietrza nagrzanego na chłodniejsze.

Im wyższa temperatura otoczenia T_a lub temperatura obudowy T_c , tym moc wydzielana w elemencie półprzewodnikowym może być mniejsza. Jeśli temperatura złącza osiągnie temperaturę maksymalną, to element nie może być bardziej obciążony. Spowoduje to bowiem zmianę jego parametrów elektrycznych, a w końcu uszko-



Rys. 6. Schemat aplikacyjny układu TDA8571J.



Rys. 7. W ten sposób wzmacniacz sygnalizuje przeciążenie wyjścia.

dzenie. Z tych powodów pożądana jest jak najniższa temperatura pracy elementu.

Do obniżania temperatury elementów elektronicznych mocy stosuje się powszechnie radiatory chłodzone powietrzem. Są to najczęściej gotowe szyny aluminiowe o różnych wymiarach i profilach. Dobór radiatora sprowadza się do wyboru odpowiedniego profilu i długości, zależnie od rodzaju obudowy elementu chłodzonego.

Na koniec tych rozważań podajemy przykład obliczenia parametrów radiatora zastosowanego we wzmacniaczu podobnym do opisywanego w artykule:

- moc strat układu wzmacniacza wynosi $P_{totmax} = 60W$,
- temperatura maksymalna złącza $T_{jmax} = 150^\circ$,
- rezystancja cieplna złącze-obudowa $R_{thj-c} = 1^\circ/W$,
- zakładana temperatura otoczenia $T_a = 40^\circ$,
- rezystancja cieplna obudowa-radiator $R_{thc-r} = 0,2^\circ/W$.

Korzystając z podanych wcześniej wzorów obliczamy rezystancję termiczną złącze-otoczenie:

$$R_{thj-a} = (T_{jmax} - T_a) / P_{totmax}$$

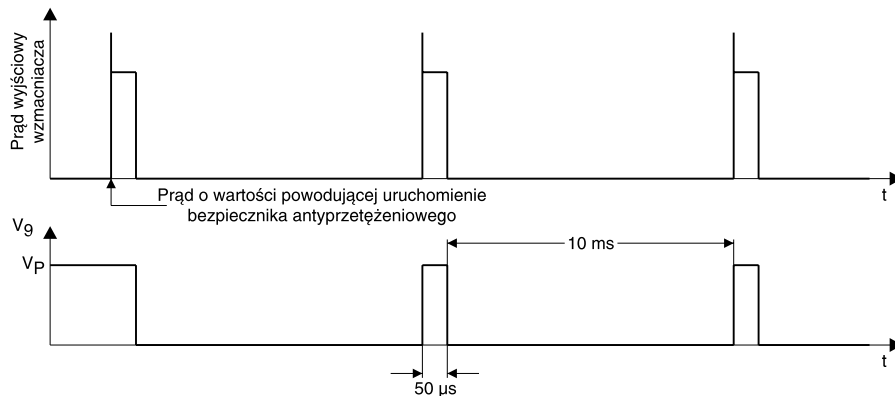
$$R_{thj-a} = (150^\circ C - 40^\circ C) / 60W = 1,83^\circ/W$$

Od tej rezystancji musimy odjąć sumę rezystancji złącze-obudowa oraz obudowa-radiator i otrzymamy wymaganą rezystancję termiczną radiatora:

$$R_{thra} < R_{thj-a} - (R_{thj-c} + R_{thc-r})$$

$$R_{thra} < 1,83^\circ/W - (1^\circ/W + 0,2^\circ/W) = 0,63^\circ/W$$

Na podstawie tego wyniku można, korzystając z danych katalogowych radiatorów, dobrać odpowiednią długość wybranego profilu - np. radiator o profilu KS160 i długości 100mm posiadający rezystancję termiczną $0,65^\circ/W$. I taki powinien być zastosowany.

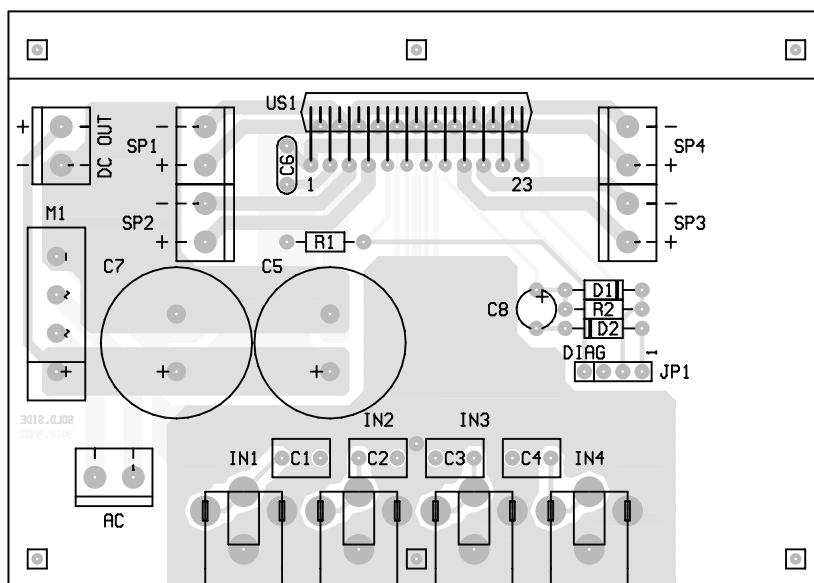


Rys. 8. Sposób sygnalizacji ciągłego zwracania na wyjściu wzmacniacza.

-Montaż i uruchomienie wzmacniacza

Wzmacniacz zmontowany został na dwustronnej płytce drukowanej o wymiarach 108x76mm. Sposób rozmieszczenia elementów i połączenie płytki z radiatorem pokazano na rys. 9. Płytkę dostosowano do specyficznego kształtu obudowy TDA8571J oznaczonej symbolem SOT411-1. W tej obudowie wszystkie nóżki układu wyprowadzone są z jednej strony, natomiast powierzchnia chłodząca, która styka się z radiatorem znajduje się na jej spodniej stronie. Oznacza to, że układ scalony powinien być montowany na płytce w pozycji pionowej. Żeby uzyskać odpowiednią sztywność całej konstrukcji i przeciwdziałać wrywaniu układu z płytki, radiator po zespoleniu z TDA8571J przykręcany jest jednocześnie do krawędzi płytki za układem. Płytkę wzmacniacza wraz z radiatorem tworzy kształt leżącej

liter „L”. Na płytce drukowanej przewidziano miejsce dla dwóch kondensatorów filtrujących C5 i C7 oraz prostownika M1. W schemacie aplikacyjnym producent zaleca, aby kondensator filtrujący miał pojemność co najmniej 2200µF. Ponieważ czasami mogą być kłopoty ze zdobyciem pojedynczego kondensatora o odpowiedniej pojemności i wymiarach, na płytce przewidziano miejsce dla dwóch kondensatorów o pojemnościach po 1000µF. Można także zamontować kondensatory o sumarycznej pojemności większej niż minimalna, co tylko polepszy działanie układu. Pamiętając o wielkości chwilowych prądów pobieranych przez wzmacniacz, zastosowany mostek powinien wytrzymać pracę ciągłą z prądem 7...8A. Niewykluczone, że także ten element trzeba będzie zaopatrzyć w radiator, gdyby w czasie pracy zanadto się nagrzewał.



Rys. 9. Rozmieszczenie elementów na płytce drukowanej wzmacniacza.

WYKAZ ELEMENTÓW**Rezystory**R1, R2: 10k Ω **Kondensatory**

C1...C4: 470nF

C5, C7: 2200 μ F/35V

C6: 100nF

C8: 47 μ F/16V**Półprzewodniki**

D2: C3V9 dioda Zenera

D1: dowolna dioda krzemowa

M1: KBU 806 prostownik 50V/8A

US1: TDA8571J

Różne

IN1...IN4: gniazdo cinch

SP1...SP4: ARK2

Goldpin 1x4 + jumper

Radiator

Oprócz wymienionych, na płytce znajdują się także elementy obwodu wyciszania oraz gniazda wejściowe i wyjściowe. Jako wejściowe zastosowano pojedyncze gniazda cinch, w których styk sygnałowy zwierany jest do masy, jeśli do gniazda nie dołączono wtyku kabla. Dzięki temu wzmacniacze nie podłączonych kanałów nie będą się wzbudzać. Jako wyjściowe zastosowano gniazda typu ARK2 do przykręcenia kabli głośnikowych.

W czasie montażu układ scalony wzmacniacza należy wlotować jako ostatni. Ponieważ jego późniejszy demontaż będzie kłopotliwy, należy wcześniej sprawdzić czy pozostałe elementy zostały właściwie zamontowane na płytce. Szczególną uwagę należy zwrócić na zasilacz. Należy sprawdzić, czy dostarcza odpowiedniego napięcia V_p , którego wartość powinna się mieścić w przedziale od 8,5 do 18V. Przed wlotowaniem układu scalonego trzeba najpierw zwymiarować i nawiercić w radiatorze niezbędne otwory do skrócenia go z płytką drukowaną i do zamocowania układu scalonego wzmacniacza. Żeby ciepło było skutecznie odprowadzane, układ powinien ściśle przylegać do radiatora. Można w tym celu użyć sprężyny dociskowej wykonanej ze sprężystej, ale sztywnej blachy, która przykręcona do radiatora z obydwu stron układu będzie go dociskać. Zamiast sprężyny można zastosować sztywną obejmę. Ważne jest, aby układ był pewnie i mocno dociskany do gładkiej, odbierającej ciepło powierzchni

radiatora. Używając blachowkrętów skręcamy radiator z płytką. Następnie należy posmarować pastą silikonową tę stronę obudowy wzmacniacza, która będzie stykać się z powierzchnią radiatora. Układ wstawiamy do płytki i za pomocą sprężyny lub obejmę dociskamy do radiatora. Na koniec należy zalutować wyprowadzenia TDA8571J znajdujące się w otworach płytki drukowanej.

Przed uruchomieniem wzmacniacza należy zewrzeć zworą styki 3 i 2 gniazda JP1. Brak zwory lub zwarcie styku 3 z masą spowoduje, że wzmacniacz znajdzie się w trybie czuwania z obniżonym poborem prądu. Do wyjść należy podłączyć głośniki o oporności nie mniejszej niż 4 Ω i o odpowiedniej mocy. Wejścia wzmacniacza można połączyć z odpowiednimi wyjściami opisanego wcześniej korektora. Po włączeniu zasilania wzmacniacz powinien działać bez żadnych dodatkowych zabiegów.

Znajdujące się na płytce gniazdo DC OUT może służyć do dostarczenia zasilania do urządzeń zewnętrznych np. korektora. Ze względu na obecność prostownika, wzmacniacz może być zasilany zarówno napięciem stałym jak i zmiennym. W przypadku zastosowania zasilającego stałego napięcia nie trzeba się przejmować jego polaryzacją.

Zbigniew Cieślak, AVT
Ryszard Szymaniak, AVT

Wzory płytek drukowanych w formacie PDF są dostępne w Internecie pod adresem: <http://www.ep.com.pl/?pdf/listopad01.htm> oraz na płycie CD-EP11/2001B w katalogu PCB.