



Aktywny subwoofer samochodowy o mocy 70W



Wielu posiadaczy samochodów przywiązuje dużą wagę do marki i jakości sprzętu audio, jaki zainstalowany jest w aucie. Choć w niektórych przypadkach jedynym celem jest zaimponowanie znajomym, ogromna rzesza automobilistów chciałaby cieszyć się jakością dźwięku. I tu w grę wchodzi głośniki. Kupowanie drogiego sprzętu, który będzie współpracował z kiepskiej jakości głośnikami jest zupełnie irracjonalne. Z drugiej strony okazuje się, że dobre głośniki i prawidłowa instalacja (odpowiednio grube przewody) pozwolą uzyskać znakomity dźwięk nawet ze sprzętu ze średniej półki cenowej.

Typowy samochodowy system audio to dziś radioodtwarzacz z czterokanałowym wzmacniaczem mocy. Sumaryczna moc wszystkich kanałów (4x9W...4x30W) całkowicie wystarczy do uzyskania potrzebnej głośności. Szaleńcami bywają nazywani ci, którzy w swych autach instalują wzmacniacze o mocach rzędu kilowatów. Indywidualne instalacje pozwalające uzyskać wewnątrz auta natężenie dźwięku rzędu 150dB, czyli znacznie więcej niż startujący odrzutowiec, są jedynie ciekawostką na targach sprzętu – żaden normalny człowiek nie wytrzyma tak głośnego dźwięku bez poważnej szkody na zdrowiu. Pomijając takie ciekawostki tworzone przez fanatyków oraz w celach reklamowych trzeba jednak stwierdzić, że co bardziej zorientowani zwolennicy dobrego dźwięku poszukują możliwości rozszerzenia pasma w dół.

Choć wspomniane cztery typowe głośniki umożliwiają uzyskanie wystarczającej głośności, jednak ich wymiary, sposób zamocowania i warunki pracy zwykle nie umożliwiają prawidłowego przenoszenia najniższych częstotliwości.

Najprostszą, a czasem jedyną metodą poprawy odtwarzania tak ulubionego przez wielu basu jest zastosowanie zewnętrznego subwoofera, czyli oddzielnego głośnika dla najniższych tonów. Częstokroć nie jest możliwe wbudowanie takiego głośnika w tylną półeczkę i pozostaje włożenie do bagażnika subwoofera w obudowie mającej kształt rury. Taki typowy "rurowy" subwoofer można zobaczyć na fotografii. Osobom zupełnie niezorientowanym należy wyjaśnić, iż umieszczenie subwoofera w bagażniku nie jest błędem, ponieważ najniższe tony w tak małych przestrzeniach i tak są odczuwane jako drgania i wibracje i przenoszą się nie tylko przez powietrze, ale też przez konstrukcję samochodu.

W każdym przypadku zastosowanie dodatkowego głośnika wymaga dodania wzmacniacza, ponieważ typowe radioodtwarzacze samochodowe nie mają wewnętrznie wzmacniacza dla subwoofera. Mało tego – często nie mają nawet oddzielnego wyjścia dla subwoofera i trzeba sygnał stereofoniczny z wyjść głośnikowych najpierw zmikсовать, a potem odfiltrować, pozostawiając sygnały z zakresu 40...150Hz.

Zadanie takie spełnia opisany dalej układ. Zasilany napięciem z akumulatora (14,4V) zawiera on wzmacniacz o zadziwiająco dużej mocy 70W, filtr aktywny o przełączanej charakterystyce oraz różnicowe stopnie wejściowe, pozwalające wykorzystać sygnał z dowolnego źródła.

Dzięki zastosowaniu nowoczesnego wzmacniacza scalonego TDA1562Q, pracującego w klasie H, udaje się uzyskać na obciążeniu 4Ω przy napięciu zasilania 14,4V niewiarygodnie dużą moc wyjściową 70W. Wykorzystanie tego właśnie wzmacniacza to najtańsza i najprostsza droga do budowy praktycznego aktywnego subwoofera.

Opisywany układ powstał na prośbę firmy, która zajmuje się sprzedażą głośników, w tym subwooferów. Prototyp pokazywany na zdjęciach został przetestowany w różnych warunkach, przy współpracy z różnymi głośnikami i potwierdził swą wartość.

Opis układu scalonego TDA1562

Podstawą konstrukcji aktywnego subwoofera jest nowoczesny układ scalony TDA1562. Jest to następcą znanej od kilku ładnych lat kostki TDA1560, ale uwaga, rozkład i funkcje poszczególnych wyprowadzeń są inne. Układy TDA1560 i 1562 nie są wzajemnie wymienne. Wcześniejszy układ (TDA1560) miał wątpliwą przydatność praktyczną ze względu na konieczność stosowania subwoofera o zupełnie nietypowej jak na głośniki samochodowe oporności 8Ω (lub dwóch połączonych w szereg 4-omowych) i niezbyt dużą moc maksymalną, wynoszącą 40W. Większą moc można z powodzeniem uzyskać z dwóch zwykłych, taniutkich wzmacniaczy mostkowych, napędzających dwa głośniki 4-omowe, np. TDA1554. Kostka TDA1560 reklamowana jako rewelacja nie zyskała popularności.

Zupełnie inaczej wyglądają perspektywy nowego układu TDA1562. Kostka współpracuje z typowym głośnikiem 4-omowym i dzięki pracy w klasie H ma dwie bardzo istotne zalety.

Po pierwsze możliwe jest uzyskanie mocy szczytowej 70W przy zasilaniu z akumulatora. Inne sposoby uzyskania mocy większej niż 25W są dużo bardziej skomplikowane i kosztowne (stosowanie przetwornic albo głośników 1- lub 2-omowych).

Po drugie wzmacniacz klasy H ze swęj natury ma mniejszą moc strat niż typowy

wzmacniacz klasy AB. Oznacza to mniejsze straty mocy i możliwość stosowania mniejszych radiatorów, co w warunkach samochodowych jest bardzo ważne.

Nawet gdyby wystąpiły wyjątkowo nie-sprzyjające warunki (wzrost temperatury otoczenia, różnego typu zwarcia), kostka ma wiele obwodów zabezpieczających oraz sygnalizacyjnych. Na przykład wyłącza się przy obniżeniu napięcia poniżej 8V (7...9V). Gdy struktura podgrzeje się do temperatury +120°C, układ automatycznie obniży moc wyjściową i będzie pracował jako zwykły wzmacniacz mostkowy klasy AB.

Analiza wszystkich szczegółów podanych w karcie katalogowej niewątpliwie przyprawi mniej odpornych o ból głowy. Układ ma bowiem wiele różnych funkcji, opcji, a jego działanie w różnych ekstremalnych warunkach naprawdę nie jest łatwe do zrozumienia. Nie należy się jednak bać tego układu. Okazuje się bowiem, że prawie zawsze kostka będzie pracować w swej podstawowej, katalogowej aplikacji – patrz **rysunek 1** - i nie ma potrzeby wgłębiać się we wszystkie szczegóły.

Wejście MODE (nóżka 4), obecne we wszystkich wzmacniaczach samochodowych, pozwala zdalnie włączać i wyłączać wzmacniacz. Gdy napięcie na tej końcówce, mierzone względem masy, wynosi 0...2V wzmacniacz jest w stanie bezprądowego uśpienia - STANDBY. Pobiera prąd rzędu 1 mikroampera. Gdy napięcie wynosi 2...4V wzmacniacz "budzi się", jest gotów do pracy, pobiera około 110...150mA prądu spoczynkowego, ale sygnał przezeń nie przechodzi. Jest to stan wyciszenia – MUTE. Gdy napięcie na nóżce 4 przekracza 4,2V wzmacniacz pracuje normalnie.

Końcówka DIAG (nóżka 8) to wyjście diagnostyczne. Warto wiedzieć, że jest to wyjście typu otwarty kolektor, gdzie tranzystor wyjściowy w normalnych warunkach jest zatkany. Tranzystor wyjściowy otwiera się, sygnalizując wiele niekorzystnych sytuacji:

- clipping - przesterowanie (obcinanie - wierzchołków przebiegu audio),
- nadmierny wzrost temperatury struktury
- zwarcie jednego z wyjść do masy albo plusa zasilania,
- zwarcie obu wyjść ze sobą,

wyjścia diagnostycznego nie może przekraczać 150mA

W prostszych zastosowaniach wyjście DIAG można pozostawić niepodłączone, albo dołączyć doń diodę LED wraz z szeregowym rezystorem ograniczającym prąd.

Końcówka STAT (nóżka 16) jest jednocześnie wejściem i wyjściem. Przy pierwszej lekturze katalogu jej funkcje wydają się bardzo dziwne i niezrozumiałe. W zrozumieniu jej roli pomogą następujące informacje:

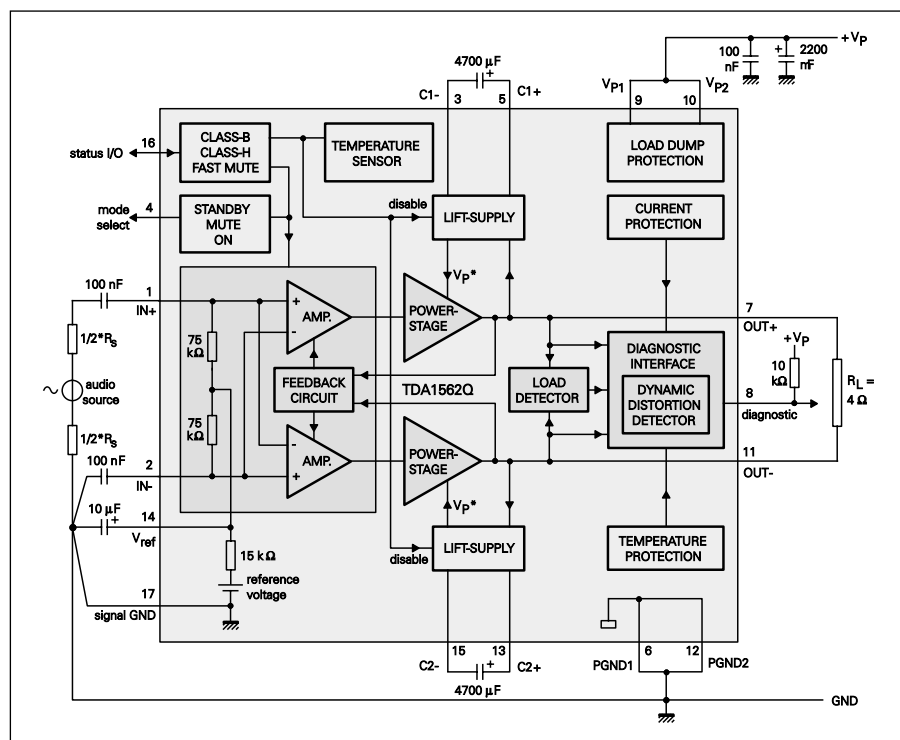
- w prostej aplikacji nóżka ta nie jest podłączona – "wisi w powietrzu",
- w roli wyjścia wykazuje właściwości jak logiczna bramka trójstanowa (stany: wysoki, niski i dużej impedancji),
- we wzmacniaczach wielokanałowych nóżki I/O kilku kostek (do 8) mogą być łączone razem albo sterowane niezależnie przez mikroprocesor.

Przy zwarcii tych końcówek z kilku układów jeden wzmacniacz może wyciszyć albo ograniczyć moc pozostałych w przypadku awarii, przegrzania bądź w innych nietypowych warunkach.

Pozostałe końcówki mają swoje odpowiedniki w klasycznych wzmacniaczach samochodowych i nie ma potrzeby ich omawiać.

Do praktycznego wykorzystania tej bardzo interesującej kostki wcale nie jest potrzebna znajomość wszystkich parametrów katalogowych. Można skorzystać z zalecanego firmowego schematu aplikacyjnego (rysunek 1). Podstawowe parametry podane są poniżej:

- Robocze napięcie zasilania 8...18V
- Dopuszczalne napięcie zasilania 0...30V (chwilowo do 45V)
- Prąd spoczynkowy typ. 110mA, max 150mA
- Wzmocnienie 26dB (20x)
- Moc maksymalna . . (14,4V, 4Ω, THD-10%) typ.70W
- Moc maksymalna . . (14,4V, 4Ω, THD-0,5%) typ. 55W
- Maksymalny prąd wyjściowy ciągle 8A, szczytowy 10A
- Zniekształcenia nieliniowe (14,4V, 4Ω, 20W) . . typ. 0,06%
- Górna częstotliwość graniczna >20kHz



Rys. 1 Katalogowa aplikacja TDA1562

Wystarczy rozumieć funkcje poszczególnych wyprowadzeń, w tym z grubsza rolę końcówek MODE, STAT oraz DIAG.

Do nóżek 3,5 oraz 13, 15 są dołączone **kondensatory podciągające** umożliwiające pracę w klasie H. Ich zadaniem jest chwilowe zwiększanie napięcia zasilającego dany kanał, by uzyskać dużą moc. Uwaga! Od wartości dołączonych pojemności zależy dolna graniczna częstotliwość pasma pełnej mocy.

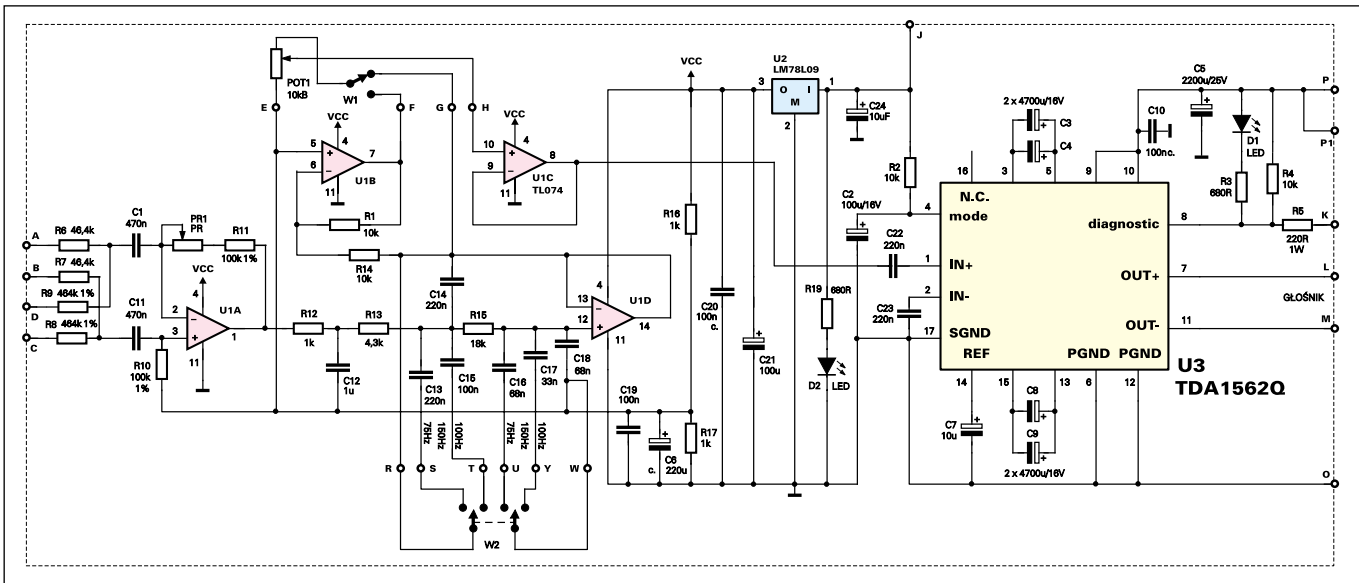
- brak obciążenia (testowane tylko raz w chwili włączenia zasilania).

Sygnał z tego wyjścia może być podany na przykład na mikroprocesor sterujący i wykorzystany do zmniejszenia głośności bądź wyciszenia wzmacniacza w przypadku przegrzania, przesterowania, zwarcia. Można łączyć równolegle wyjścia DIAG kilku kostek.

Wyjście to ma dość dużą wydajność – rezystancja obciążenia nie może być mniejsza niż 100Ω, co oznacza, że maksymalny prąd

Opis modułu

Schemat ideowy modułu aktywnego subwoofera pokazany jest na **rysunku 2**. Wzmacniacz operacyjny U1A pracuje jako wzmacniacz różnicowy. W wersji podstawowej wystarczające tłumienie sygnału wspólnego (około 40dB) zapewnią precyzyjne rezystory R6...R11 o tolerancji 1%. Jedyne jeśli ktoś chce uzyskać jeszcze lepsze tłumienie sygnału wspólnego, może zastosować cermetowy PR-ek PR1 (np. 2,2kΩ) i w szereg z R10 dodać rezystor o wartości 1kΩ. W wersji podstawowej potencjometru PR1 nie należy montować – jak wskazuje schemat, jego punkty lutownicze są zwarte.



Rys. 2 Schemat ideowy modułu

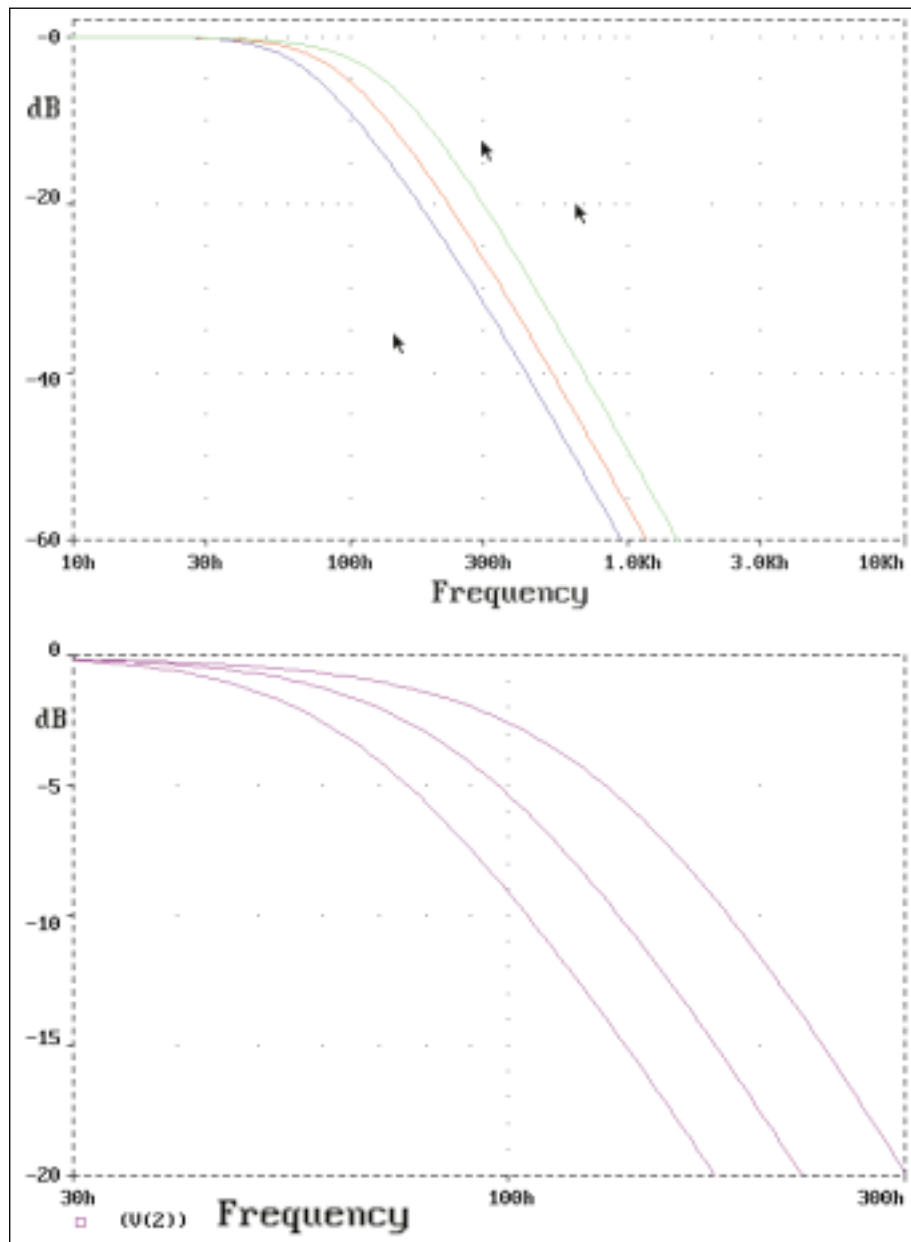
Rys. 3 Charakterystyki filtru

Obwody wejść z rezystorami R6...R9 mogą się wydać bardzo dziwne, ponieważ nie widać tu punktu dołączenia masy. I tak jest w istocie – jest to prawdziwe wejście różnicowe. Punkt B albo C może być dołączony do masy, jednak wejściowy układ różnicowy wprowadzono po to, by wyeliminować spadki napięć na obwodzie masy między odtwarzaczem umieszczonym z przodu kabiny samochodu a opisywanym układem, który będzie umieszczony w bagażniku. Wejścia A, B będą wykorzystane do współpracy z radioodtwarzaczem, który ma wyjście sygnałowe. Częściej wykorzystane będą wejścia C, D, które umożliwiają pobranie sygnału wprost z wyjść głośnikowych dowolnego radioodtwarzacza. Dwa niewykorzystane wejścia zawsze będą niepodłączone.

Informacja, że w danym zastosowaniu będą wykorzystane tylko dwa punkty (A, B albo C, D) może się wydać dziwna, ponieważ oznacza to, że na subwoofer będzie podawany sygnał z jednego tylko kanału. Tak rzeczywiście jest, lecz w przypadku subwoofe-rów samochodowych praktyka taka jest powszechna. Nie sumuje się sygnałów z obu kanałów, tylko wykorzystuje jeden z nich zakładając, że realizator nagrania wiedział, iż najniższe dźwięki rozchodzą się we wszystkich kierunkach i zawartość składowych o najniższych częstotliwościach jest jednako-wa w obu kanałach stereo.

Sygnal z nóżki 1 wzmacniacza U1A podawany jest na trzystopniowy filtr aktywny o charakterystyce przełączanej skokowo za pomocą trzypozycyjnego, dwuobwodowego przełącznika. **Rysunek 3** pokazuje charakterystyki częstotliwościowe tego stopnia w różnych pozycjach przełącznika W2.

Z kolei przełącznik W1 pozwala zmienić fazę sygnału o 180°, gdy dołączymy wzmacniacz mocy albo do wyjścia 7, albo 14 kostki



U1. Wzmacniacz U1B odwraca fazę, nie zmieniając poziomu sygnału.

Układ U1C jest zwyczajnym buforem. W zasadzie sygnał z suwaka POT1 mógłby być podany wprost na wejście kostki TDA1562, jednak przy potencjometrze o rezystancji 100kΩ mogłyby wtedy wystąpić kłopoty związane ze szkodliwym sprzężeniem pojemnościowym między wejściem a obwodami podciągającymi kostki U3. Wzmacniacz mocy U3 pracuje w konfiguracji podobnej do firmowego schematu aplikacyjnego. Dodano tylko obwody nóżki MODE i zmodyfikowano obwody wyjścia DIAG. Zwiększono także dwukrotnie pojemność kondensatorów podciągających, by dodatkowo obniżyć dolną częstotliwość pasma pełnej mocy.

Kondensatory C5, C10 zapobiegają samowzbudzeniu wzmacniacza. Układ U2 stabilizuje napięcie zasilające obwody filtru. Elementy R16, R17, C6, C19...C21 tworzą obwody zasilające kostki U1.

W ogromnej większości przypadków moduł (punkty P, O) będzie cały czas podłączony do napięcia zasilającego przez bezpiecznik 10A, ale bez wyłącznika zasilania. Ewentualny wyłącznik zasilania musiałby mieć solidne styki o obciążalności co najmniej 10A. Dlatego zastosowano inne rozwiązanie – stałe połączenie punktów P, O do źródła zasilania i zdalne sterowanie za pomocą punktu J.

Punkt J trzeba połączyć z tym punktem wyjściowym radioodtwarzacza, gdzie napięcie 12V pojawia się dopiero po jego włączeniu. Każdy radioodtwarzacz ma taki zacisk, bywa on wykorzystywany na przykład do sterowania wysuwanej elektrycznie anteny czy właśnie do sterowania subwoofera.

Aby stabilizator U2 i kostka U1, które pobierają około 10mA prądu, nie były cały czas aktywne, dołączono je do punktu J. Dzięki temu w spoczynku moduł praktycznie nie pobiera prądu (co najwyżej pojedyncze mikroampery). Po podaniu napięcia na punkt J zaczyna pracować stabilizator U2 i kostka U1, a po czasie opóźnienia wyznaczonym przez R2C2 włącza się wzmacniacz mocy U3.

Widać z tego, że praca modułu jest możliwa dopiero po podaniu na punkt J napięcia zasilającego, dlatego podczas testów nie należy zapominać o zwarcu punktów P1 i J.

W zasadzie moduł także w samochodzie mógłby cały czas pracować w trybie z punktem J dołączonym nie do radioodtwarzacza, tylko wprost do plusa zasilania. Gdyby jednak kostki U1, U2 i wzmacniacz mocy U3 były cały czas włączone i pobierany prąd spoczynkowy wynosiłby 120...160mA, przez dobę zużyją około 2,9...3,8Ah. Oznacza to, że w samochodzie, który nie jest użytkowany, po kilkunastu dniach całkowicie rozładowałyby akumulator. Takie rozwiązanie można wprawdzie dopuścić w pojeździe, który jest stale eksploatowany – już włączenie silnika na kilka minut doładuje akumulator.

W większości przypadków punkt J dołączony będzie do radioodtwarzacza.

Montaż i uruchomienie

Układ z rysunku 2 można zmontować na dwustronnej płytce drukowanej, pokazanej na **rysunku 4**.

Montaż nie powinien sprawić specjalnych trudności, jednak należy zwrócić uwagę na nietypowy sposób montażu wzmacniacza U3 i zachować właściwą kolejność. Najpierw, traktując pustą płytkę jako szablon, trzeba wywiercić w radiatorze otwory mocujące. Jeśli będą gwintowane, należy użyć wiertła o średnicy 2,4...2,5mm i gwintownika M3. Podczas gwintowania aluminium trzeba gwintownik zwilżać denaturatem. Można też wywiercić otwory o średnicy 3,2...3,5mm i zastosować śruby z nakrętkami. Rozstaw otworów w płytce jest taki, by trafić pomiędzy żebra typowego radiatora. W płytce jest sześć otworów mocujących, ale wystarczy wykorzystać trzy: dwa związane z układem scalonym U3 oraz jeden między kostką U1 a gniazdem chinch.

Gdy otwory w radiatorze są przygotowane, należy w klasyczny sposób zmontować na płytce elementy z **wyjątkiem wzmacniacza U3**. W wersji podstawowej nie będzie też montowany potencjometr montażowy PR1, którego punkty lutownicze są zwarte kawałkiem ścieżki.

Wszystkie duże kondensatory elektrolityczne mogą być zmontowane pionowo, jak w modelu, ale można je też zmontować poziomo, wykorzystując dodatkowe otwory i dodatkowo zamocować obejmami z drutu. Wtedy wysokość wzmacniacza będzie radykalnie mniejsza. Ma to duże znaczenie, gdy ktoś nie wbuduje wzmacniacza do "rury" subwoofera, tylko zastosuje jakąś niewielką obudowę.

Aby umożliwić poziomy montaż kondensatorów, zmodyfikowano płytkę prototypową – stąd pewne różnice między modelem z fotografii a płytką z rysunku 4.

Ponieważ układ pobiera prąd o dużej wartości, zastosowano szerokie pola miedzi, a dodatkowo przewidziano zworę wzmacniającą ścieżkę doprowadzającą plus zasilania do kostki U3.

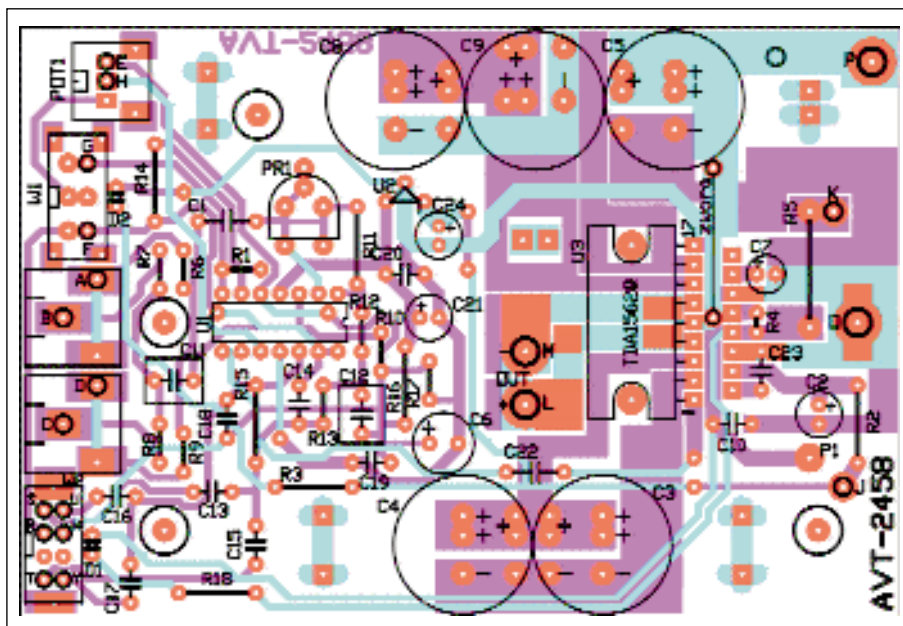
Płytkę zaprojektowano pod konkretne przełączniki i potencjometr. Oczywiście jeśli ktoś miałby trudności z ich zdobyciem, zastosuje jakiegokolwiek popularne zamienniki i dołączy je za pomocą krótkich przewodów. Przy lutowaniu przewodów do tanich przełączników należy bardzo uważać, by ich nie uszkodzić – tworzywo, z którego jest wykonany ich korpus jest nieodporne na temperaturę i podgrzane styki mogą się przemieszczać, uniemożliwiając kontakt.

Po wlutowaniu elementów w płytkę końcówki lutownicze należy skrócić, by nie były dłuższe niż 2...2,5mm.

Ostatnim etapem jest montaż wzmacniacza U3 i radiatora.

Nóżki wzmacniacza należy delikatnie wygiąć pod kątem 90 stopni. Wzmacniacz umieszczony będzie nietypowo od strony lutowania, napisem do płytki, wkładką radiatorową na zewnątrz, czyli inaczej niż pozostałe elementy. Taka konstrukcja gwarantuje dobry kontakt z radiatorem. Ilustruje to **rysunek 5**. Uwaga! Najpierw trzeba jedynie wygiąć nóżki układu U3, by wycięcia w układzie scalonym pasowały do dużych otworów w płytce i radiatorze. Następnie trzeba skrócić śrubami płytkę, kostkę U3 i radiator (stosując przewoźny ciepło smaru silikonowy) i dopiero wtedy, gdy wszystko pasuje, lutować nóżki U3 od strony elementów. Właśnie ze względu na

Rys. 4 Schemat montażowy



taki nietypowy sposób montażu konieczne okazało się użycie płytki dwustronnej.

Układ zmontowany ze sprawnych elementów nie wymaga uruchamiania i od razu będzie pracował poprawnie. Zmontowany układ można sprawdzić, podając zasilanie na

Wykaz elementów

Rezystory

R1,R2,R4,R14	.....	10kΩ
R10,R11	.....	100kΩ 1%
R12,R16,R17	.....	1kΩ
R13	.....	4,3kΩ
R15	.....	18kΩ
R18,R19	.....	680Ω
R3	.....	nie montować
R5	.....	220Ω 1W
R6,R7	.....	46,4kΩ 1% (42,2k...61,9kΩ 1%)
R8,R9	.....	464kΩ 1% (422k...619kΩ 1%)
POT1	.....	10kB (do druku) (4,7...100kΩ)
PR1	.....	nie montować - zwarty

Kondensatory

C1,C11	.....	470nF
C10,C19,C20	.....	100nF ceramiczny
C12	.....	1μF MKT (nie ceramiczny)
C13,C14,C22,C23	.....	220nF
C15	.....	100nF
C16,C18	.....	68nF
C17	.....	33nF
C2,C21	.....	100μF/16V
C3,C4,C8,C9	.....	4700μF/16V
C5	.....	2200μF/25V
C6	.....	220μF/16V
C7,C24	.....	10μF/16V

Półprzewodniki

D1,D2	.....	LED
U1	.....	TL074
U2	.....	LM78L09
U3	.....	TDA1562Q

Pozostałe

W1 Włącznik dwupozycyjny dwuobwodowy (do druku)
 W2 Włącznik trzypozycyjny dwuobwodowy (do druku)
 Gniazdo CINCH do druku (poziome) – szt.2
 Radiator
 Przewody

Odpowiedni "rurowy" subwoofer można zamówić w Dziale Handlowym AVT – patrz strona z ofertą AVT. Na życzenie można też zamówić sam głośnik.

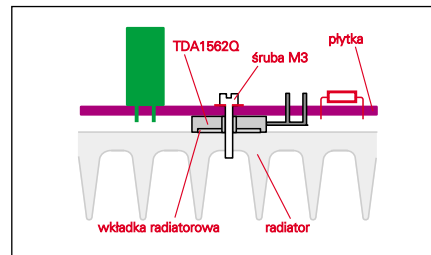
Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT - 2458

punkty P, J, a sygnał o częstotliwości 50...100Hz na punkty A, B lub C, D. Dobrze byłoby do wyjścia (punkty L, M) dołączyć głośnik o mocy ponad 80W lub rezystor 4Ω/70W (zestaw rezystorów).

Kto chce, może sprawdzić oscyloskopem kształty przebiegów w punktach L, M względem masy, i zdziwić się, że przy dużych poziomach są one zniekształcone. Nie trzeba się tym martwić - kto ma możliwość, niech sprawdzi kształt przebiegu między punktami L, M (z pominięciem masy) – okaże się, iż przebiegi są prawidłowe. To właśnie jest jedna z ciekawszych cech tego wzmacniacza klasy H.

Kto się obawia, może najpierw, przed wlutowaniem kostki U3 i skręceniem łańcucha sprawdzić działanie obwodów z kostkami U1, U2.

Rys. 5 Montaż mechaniczny



Stopień trudności układu - dwie gwiazdki - wskazuje, że podczas montażu należy wykazać się umiejętnościami mechanicznymi (wiercenie i ewentualne gwintowanie radiatora) oraz zastosować się do wszystkich podanych wskazówek. Natomiast układ elektroniczny nie powinien sprawić jakichkolwiek kłopotów.

Jak już wspomniano, w praktyce wykorzystywane będzie tylko jedno z gniazd wejściowych chinch. Rysunek 6 pokazuje przykłady dołączenia do typowego czterokanałowego radioodtworacza ze wzmacniaczami mostkowymi.

Uwaga! Ze względu na dużą moc wzmacniacza, przewody zasilające oraz głośnikowe, dołączane do punktów P, O, L, M, powinny mieć przekrój 4mm², a jeszcze lepiej 10mm² (absolutne minimum to 2,5mm²). Powinna to być solidna linka. Sam głośnik subwoofera musi mieć oporność 4Ω i moc minimum 80W.



Podczas praktycznych eksperymentów przełącznik odwracający fazę okazał się potrzebny – barwa dźwięku w paśmie granicznym zauważalnie zmienia się w zależności od fazy subwoofera. Przełącznik W1 należy ustawić w odpowiednie położenie podczas końcowych testów w samochodzie. Trzypozycyjny przełącznik W2, określający górną częstotliwość filtra, oraz potencjometr głośności POT1 należy ustawić według upodobania w trakcie końcowych prób w samochodzie. Nie można tu podać recepty, jaka pozycja jest najlepsza, ponieważ końcowy efekt silnie zależy od jakości zainstalowanych głośników samochodowych i ustawienia regulatorów basu w radioodtworaczu.

Podczas testów modelu nie wystąpiły żadne przykre niespodzianki. Badany układ w pełni potwierdził swą przydatność.

Piotr Górecki
Leszek Potocki

Rys. 6 Przykłady dołączenia do instalacji

