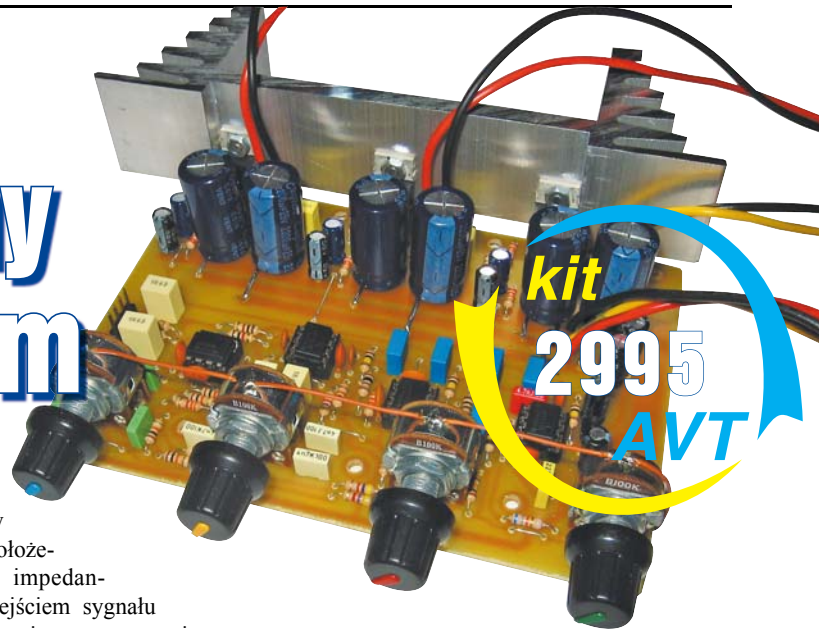




Wzmacniacz stereofoniczny z subwooferem



kit
2995
AVT

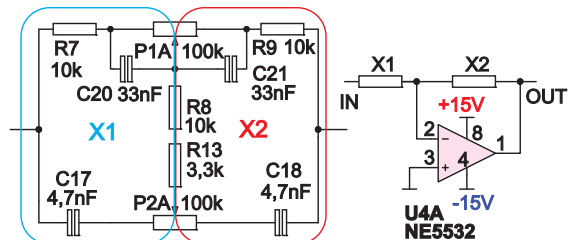
Prezentowany tutaj wzmacniacz pracuje w standardzie 2+1 (stereo + subwoofer). Oparty jest na popularnych układach scalonych z serii TDA20x0. W projekcie modelowym pracuje TDA2050, co daje moc wyjściową około 30W na kanał przy impedancji obciążenia równej 4Ω i zasilaniu ±22V. Układ nadaje się do współpracy z dowolnym źródłem sygnału, takim jak odtwarzacz mp3 bądź komputer, gdyż został wyposażony w stereofoniczny przedwzmacniacz z regulacją barwy dźwięku. Sygnał trafiający na subwoofer jest dodatkowo kształtowany za pomocą dolnoprzepustowego filtra aktywnego drugiego rzędu. Składowe sygnały powyżej 200Hz są obcinane, po czym sygnał trafia na wzmacniacz mocy. Układ może być zasilany napięciem symetrycznym nie większym niż ±25V – górna granica zasilania zależy od tego, czy jako wzmacniacz mocy będzie pracował TDA2030, TDA2040 czy TDA2050.

w z m a c n i a - c z a U4A. Gdy suwaki obu potencjometrów znajdują się w położeniu centralnym, impedancja X1 między wejściem sygnału a wejściem odwracającym wzmacniacza U4A jest równa impedancji X2 między wyjściem wzmacniacza U4A a jego wejściem odwracającym. W efekcie wzmocnienie A, wyrażone zależnością $A = -X2/X1$, jest równe -1 dla całego zakresu częstotliwości pracy układu. Ma on wtedy płaską charakterystykę przenoszenia (nie powoduje osłabienia ani wzmocnienia żadnej częstotliwości sygnału). Na impedancję X1 składają się kondensatory C17 (4,7nF), C20 (33nF) oraz rezystor R7 (10kΩ), „połowa” potencjometrów P1A (100kΩ), P2A (100kΩ) i elementów R8 (10kΩ) i R13 (3,3kΩ). Impedancję X2 stanowią kondensatory C18 (4,7nF), C21 (33nF), rezystor R9 (10kΩ), „połowa” potencjometrów P1A, P2A i elementów R8 i R13. **Rysunek 2** będzie pomocny w zrozumieniu działania regulatora tonów.

Gdy którykolwiek z suwaków potencjometrów P1A lub P2A zostanie przedstawiony ze swojego położenia środkowego, spowoduje to zmianę wartości X1

oraz X2, a tym samym wartość wzmocnienia A staje się różna od -1 i zaczyna zależeć od częstotliwości.

Potencjometr P1A odpowiedzialny jest za regulację tonów niskich. Dla dużych częstotliwości sygnału kondensatory C20 i C21 stanowią zwarcie (3 kondensatory potencjometru zwierane są do siebie przez zależną od częstotliwości impedancję), więc regulacja potencjometrem nie daje żadnego efektu dla tych częstotliwości. Potencjometr P2A pozwala na

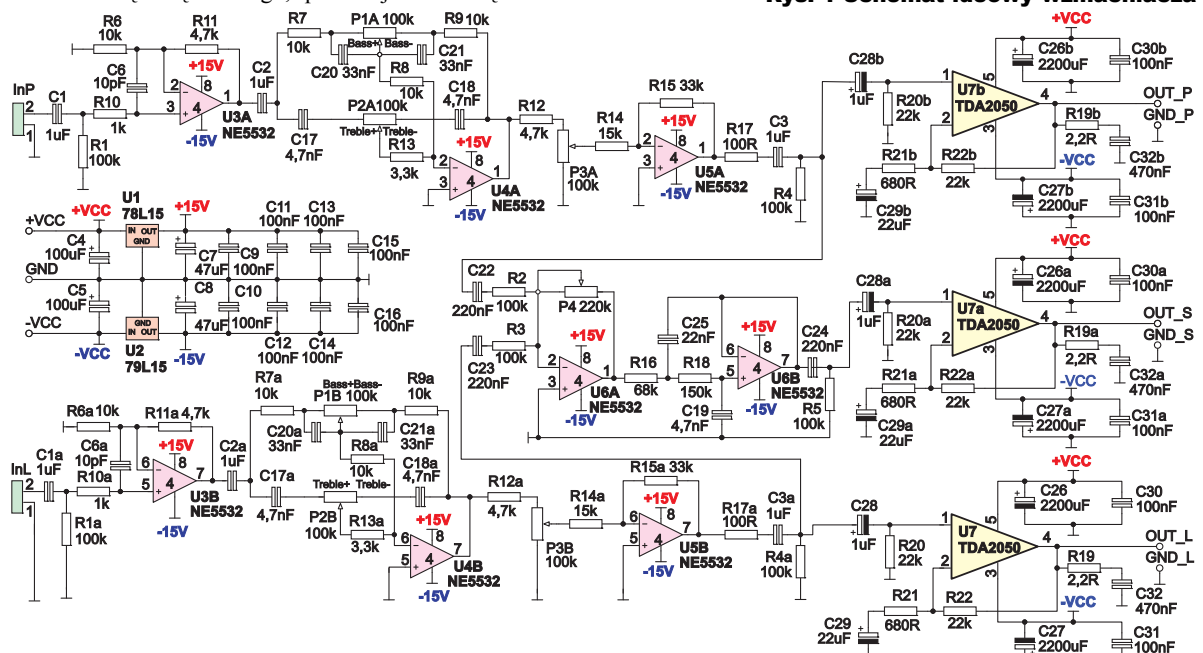


Rys. 2 Zasada działania regulatora tonów

Opis układu

Schemat ideowy wzmacniacza przedstawiony został na **rysunku 1**. Sygnał wejściowy podawany jest na złącze InP (kanał prawy, w kanale lewym jest to złącze InL) i trafia prosto na filtr górnoprzepustowy CR złożony z C1 (1uF) oraz R1 (100kΩ) o częstotliwości granicznej około 1,5Hz, co skutecznie wycina składową stałą i najniższe częstotliwości. Dalej sygnał trafia na wzmacniacz nieodwracający U3A (NE5532), a rezystory R6 (10kΩ) i R11 (4,7kΩ) zapewniają wzmocnienie sygnału około 1,5x. Kondensator C6 zapobiega wzbudzeniom, natomiast C2 (1uF) separuje wstępny wzmacniacz U3A od układu regulacji tonów, zbudowanego na wzmacniaczu U4A (NE5532). Regulacja tonów zbudowana jest w sposób klasyczny. Elementy modyfikujące charakterystykę znajdują się w pętli ujemnego sprzężenia zwrotnego

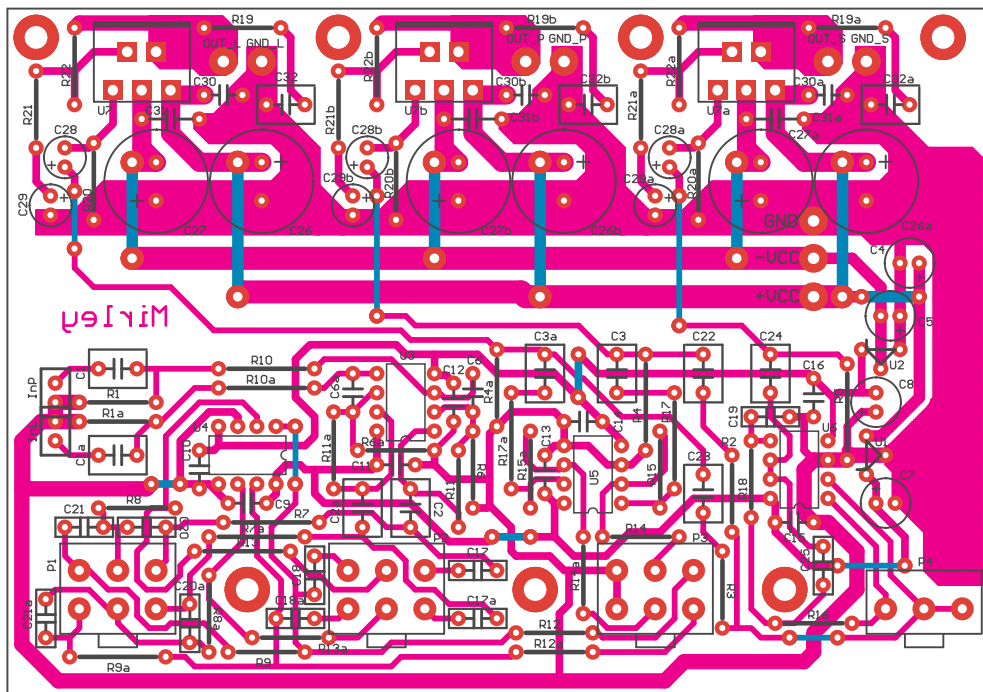
Rys. 1 Schemat ideowy wzmacniacza



regulację tonów wysokich, a dzięki kondensatorom C17 i C18 nie ma on wpływu na regulację basu. Dla niskich częstotliwości kondensatory C17 i C18 stanowią rozwarcie, przez co potencjometr zostaje odłączony od układu i jego wpływ na regulację staje się znikomy.

Sygnal z wyjścia regulatora tonów trafia za pomocą R12 (4,7kΩ) na potencjometr do regulacji głośności P3A (100kΩ) i dalej na kolejny stopień wzmacniającego na układzie U5A (NE5532). Elementy R14 (15kΩ) i R15 (33kΩ) konfigurują U5A do pracy w roli wzmacniacza odwracającego o wzmocnieniu około -2 (-33kΩ/15kΩ). Z wyjścia U5A sygnał poprzez filtr R17 (100Ω), C3 (1μF) i R4 (100kΩ) trafia na wejście wzmacniacza mocy. Drugi kanał przedwzmacniacza stereofonicznego (lewy) działa analogicznie, elementy bierne w nim występujące oznaczone zostały dodatkowo literą „a”, a potencjometry i wzmacniacze operacyjne mają oznaczenie „b”.

Dodatkowym podukładem w przedwzmacniaczu jest sumator i aktywny filtr dolnoprzepustowy zbudowany za pomocą wzmacniacza operacyjnego U6 (NE5532). Sygnał, ukształtowany w tej części obwodu, wykorzystywany jest po odpowiednim wzmocnieniu do napędzania subwoofera. Sygnał z obu wyjść przedwzmacniacza trafia za pośrednictwem C22–C23 (220nF) i R2–R3 (100kΩ) na wejście odwracające U6A. Potencjometr P4 (220kΩ) umożliwi regulację wzmocnienia w odniesieniu do głównego poziomu głośności sterowanej za pomocą P3. P4, R2 i R3 wraz z układem U6A tworzą razem wzmacniacz sumujący o wzmocnieniu regulowanym w zakresie 0...2,2. Drugi wzmacniacz operacyjny (U6B) umożliwił zbudowanie filtra aktywnego dolnoprzepustowego w konfiguracji Sallen-Keya. Wartości elementów są tak dobrane, że układ pracuje jako filtr Butterwortha drugiego rzędu o częstotliwości granicznej w pobliżu



200Hz. Sygnał z wyjścia filtra poprzez obwód C24 (220nF), R5 (100kΩ) trafia na wejście wzmacniacza mocy.

Cały wzmacniacz zasilany jest napięciem symetrycznym o wartości w granicach $\pm 7... \pm 25V$. Napięcie zasilania dla wzmacniaczy operacyjnych uzyskiwane jest za pomocą stabilizatorów U1 (78L15/78L12) i U2 (79L15/78L12) i filtrowane za pomocą pojemności C4–C5 (100μF) i C7–C8 (47μF). Dodatkowo zasilanie każdego z czterech wzmacniaczy operacyjnych wygładzane jest za pomocą kondensatorów C9–C16 (100nF). Po dwa kondensatory leżą blisko każdego ze wzmacniaczy.

Wzmacniacz mocy zbudowany jest w oparciu o układ U7 (TDA2050). Jest to bardzo popularny monolityczny wzmacniacz audio pracujący w klasie AB. Przy całkowitych zniekształceniach harmonicznych na poziomie 0,5% pozwala on osiągnąć moc rzędu 30W na obciążeniu 4Ω. Kondensator C28 (1μF) odcina składową stałą sygnału i jednocześnie stanowi filtr górnoprzepustowy na wejściu. R20 (22kΩ) ustala rezystancję wejściową wzmacniacza mocy. W sprzężeniu zwrotnym pracują rezystory R21 (680Ω) i R22 (22kΩ), zmiana ich stosunku powoduje zmianę wzmocnienia, przy czym zmniejszenie R22 lub zwiększenie R21 powoduje redukcję wzmocnienia. W karcie katalogowej układu TDA2050 pro-

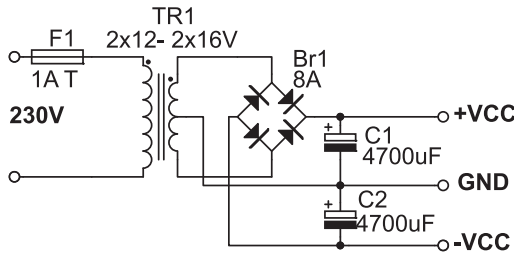
Rys. 3 Schemat montażowy

ducent zastrzega, iż wzmocnienie powinno być zawsze większe niż 24dB. Kondensator C29 (22μF) odcina składową stałą na wejściu odwracającym wzmacniacza. Rezystor R19 (2,2R) oraz kondensator C32 (470nF) zapobiega wzbudzeniu się wzmacniacza. Zasilanie końcówki mocy filtrują kondensatory C26–C27 (2200μF) i C30–C31 (100nF). Pozostałe dwa kanały działają analogicznie, a elementy w nich użyte zostały oznaczone dodatkowo literą „b” oraz „c”.

Montaż i uruchomienie

Wzmacniacz został zaprojektowany na jednostronnej płytce drukowanej, co zmniejsza koszty wykonania. Pomocą w konstrukcji wzmacniacza będzie schemat montażowy dostępny na **rysunku 3**. W pierwszej kolejności dobrze jest wlotować wszystkie zworki, zwracając uwagę na fakt, iż zworki zasilania końcówek mocy powinny być wykonane grubszym drutem. W dalszej kolejności można przystąpić do lutowania rezystorów. Wszystkie są typowe o mocy 0,25W i montowane w pozycji leżącej. Następnie mocujemy na płytce podstawki pod wzmacniacze operacyjne i lutujemy kondensatory stałe. Na samym końcu umieszczamy na płytce stabilizatory napięcia, kondensatory elektrolytyczne i potencjometry. Przy zakupie potencjometrów należy zwrócić uwagę na długość ich osi, gdyż wlotowane w płytkę muszą wystawać poza nią na długość umożliwiającą poprawne zamontowanie w obudowie. Przy montażu potencjometrów należy zwrócić uwagę, aby były one w jednej linii ze względów estetycznych. Metalowe obudowy potencjometrów należy podłączyć do masy za pomocą odcinków przewodów. Powoduje to ekranowanie potencjometrów, a tym samym





Rys. 4 Zasilacz symetryczny niestabilizowany

zmniejszy zakłócenia i przydźwięk sieciowy przy dotykaniu pokrętki potencjometru.

Montaż końcówek mocy należy rozpocząć od elementów najmniejszych, rezystorów i kondensatorów stałych. Na samym końcu trzeba wlotować układy scalone U7 i kondensatory elektrolityczne filtrujące zasilanie. Wszystkie TDA2050 mogą być przykręcone do wspólnego radiatora, jednak będzie na nim potencjał ujemnej szyny zasilania. Wtedy należy uważać, aby nie zewrzeć radiatora do ewentualnej metalowej obudowy wzmacniacza. Aby tego uniknąć, konieczne będzie zastosowanie podkładek izolacyjnych, ale wtedy zwiększa się rezystancja termiczna, co może ograniczyć ciągłą moc wyjściową.

W miejsce złącza głośnikowych chyba lepiej wlotować przewody bezpośrednio w płytkę. Można to zrobić od strony druku lub elementów, w zależności od tego, gdzie będą zamocowane złącza głośnikowe i jak będzie łatwiej ominąć przewodami radiator. W roli złącza zasilającego także najlepiej sprawdzą się przewody wlotowane w płytkę.

Układ wzmacniacza najlepiej zasiląć z zasilacza symetrycznego niestabilizowanego złożonego z transformatora o mocy około 120W i napięciu 2x16V, mostka prostowniczego i dwóch kondensatorów filtrujących, zgodnie z **rysunkiem 4**.

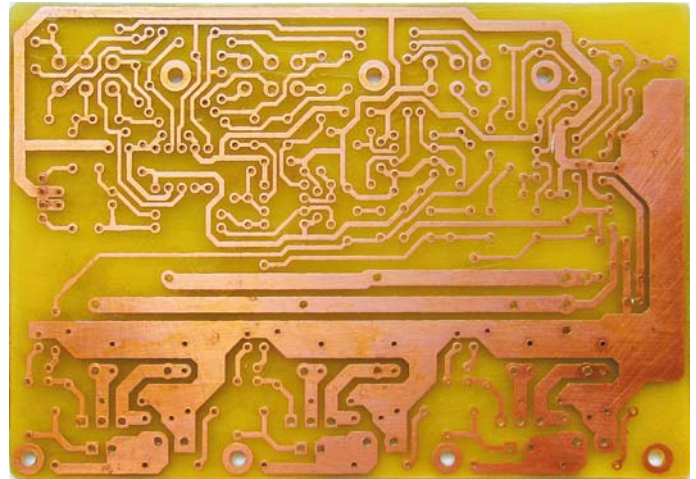
W pierwszej fazie uruchomienia dobrze jest nie wkładać w podstawki wzmacniaczy operacyjnych i po włączeniu zasilania sprawdzić, czy na każdej z podstawek występują poprawne napięcia zasilania. Po zmontowaniu wszystkiego przystępujemy do uruchomienia całości. Potencjometr głośności powinien być skręcony na minimum (maksymalnie w lewo), a na wejście należy podać sygnał z odtwarzacza mp3, radia, komputera itp. Wzmacniacz dobrze pracuje zarówno z głośnikami (kolumnami głośnikowymi) o impedancji 4Ω, jak i 8Ω.

Możliwość zmian

W roli końcówek mocy w projekcie modelowym pracują układy TDA2050. Porównując jednak karty katalogowe układów TDA2030, TDA2040 i TDA2050 można dostrzec,

że schematy aplikacyjne wszystkich tych kostek są prawie takie same. W projekcie można więc użyć dowolnego z tych układów w zależności od potrzeb, zapewniając sobie moc wyjściową odpowiednio 14W, 20W lub 30W na kanał. W przypadku zamiany na TDA2030 (14W) należy wlotować R19a o wartości 1Ω i kondensator C32a o pojemności 220nF, pozostałe elementy bez zmian. Gdy chcemy zastosować TDA2040 (20W), to R19a powinien mieć wartość 4,7Ω, a kondensator C32a pojemnością równą 100nF. W pozostałych dwóch kanałach należy dokonać takiej samej zmiany elementów. Nie zawsze wszystkie końcówki mocy muszą być jednakowe. Można zamontować słabsze układy w roli wzmacniacza stereo, a silniejszy wzmacniacz do subwoofera. Pozwoli to podbić jeszcze bardziej najniższe częstotliwości. Należy jeszcze zwrócić uwagę na istotny fakt dotyczący zasilania końcówek mocy. Wymiana układu TDA na inny pociąga za sobą ograniczenie w wysokości napięcia zasilania. Dla TDA2030 maksymalne napięcie pracy to ±18V, a dla TDA2040 będzie to ±20V.

Stabilizatory napięcia U1 i U2 dostarczają symetrycznego napięcia zasilania ±15V. Można też z powodzeniem zastosować tutaj stabilizatory na napięcie 12V lub nawet 9V. Nie spowoduje to zmian w działaniu przedwzmacniacza. Taki zabieg będzie konieczny w przypadku, gdy chcemy zasiląć wzmacniacz niższym napięciem niż około ±18V.



Wykaz elementów

InL, InP	Listwa Goldpin 1x2	R16	68kΩ
R10, R10a	1kΩ	U1	78L15
C28, C28a, C28b	elektrolit, 1uF	U2	79L15
C1, C1a, C2, C2a, C3, C3a	1uF	R17, R17a	100R
R19, R19a, R19b	2,2Ω	P1, P2, P3	potencjometr, 100kΩ
R13a	3,3kΩ	R1, R1a, R2, R3, R4a	100kΩ
R13	3,3kΩ	R4, R5	100kΩ
R11, R11a, R12, R12a	4,7kΩ	C9, C10, C11, C12, C13, C14, C15, C16, C30, C30a, C30b	100nF
C17, C17a, C18, C18a, C19	4,7nF	C31, C31a, C31b	100nF
R6, R6a, R8, R8a, R9	10kΩ	C4, C5	elektrolit, 100uF
R7, R7a, R9a	10kΩ	R18	150kΩ
C6, C6a	10pF	P4	220kΩ
R14, R14a	15kΩ	C22, C23, C24	220nF
R20, R20a, R20b, R22, R22a, R22b	22kΩ	C32, C32a, C32b	470nF
C25	22nF	R21, R21a, R21b	680Ω
C29, C29a, C29b	elektrolit, 22uF	C26, C26a, C26b, C27, C27a, C27b	
R15, R15a	33kΩ	U3, U4, U5, U6	NE5532
C20, C20a, C21, C21a	33nF	C7, C8	elektrolit, 47uF
U7, U7a, U7b	TDA2050		

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-2995.

Stabilizatory 7815 i 7915 mogą nie chcieć pracować dobrze z małym spadkiem napięcia.

Częstotliwość graniczną filtra do subwoofera można dostosować do swoich potrzeb, korzystając z dostępnego w sieci oprogramowania i stosownie zmieniając wartości elementów. Można też wykorzystać ogólnie znane wzory na wartości rezystancji przy założonych wartościach pojemności dla filtra o charakterystyce Butterwortha i konfiguracji Sallen-Keya.

Mirosław Firlej
elektronika@firlej.org
<http://mirley.firlej.org>