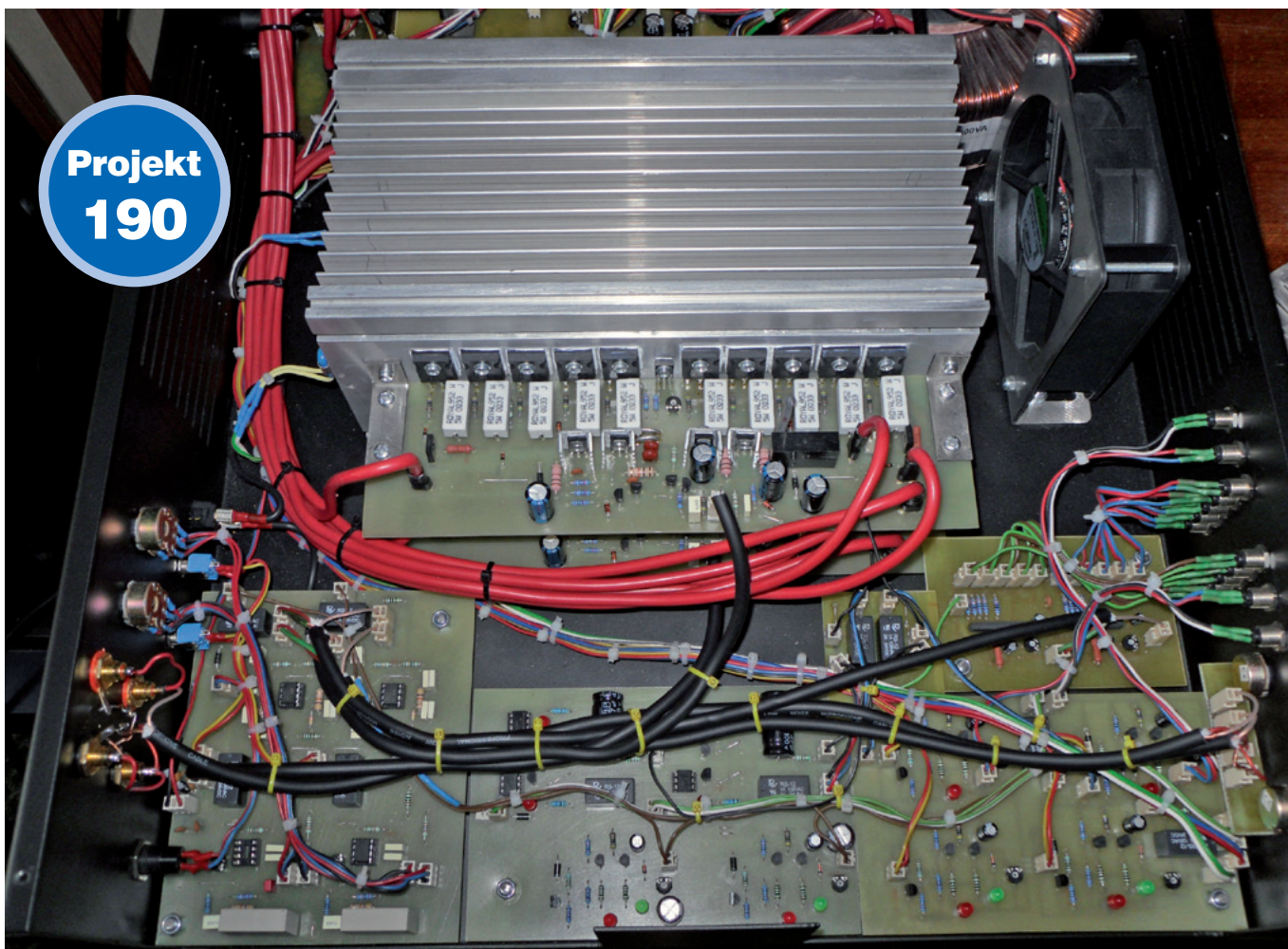


Dział „Projekty Czytelników” zawiera opisy projektów nadesłanych do redakcji EP przez Czytelników. Redakcja nie bierze odpowiedzialności za prawidłowe działanie opisywanych układów, gdyż nie testujemy ich laboratoryjnie, chociaż sprawdzamy poprawność konstrukcji. Prosimy o nadsyłanie własnych projektów z modelami (do zwrotu). Do artykułu należy dołączyć podpisane oświadczenie, że artykuł jest własnym opracowaniem autora i nie był dotychczas nigdzie publikowany. Honorarium za publikację w tym dziale wynosi 250,- zł (brutto) za 1 stronę w EP. Przesyłanych tekstów nie zwracamy. Redakcja zastrzega sobie prawo do dokonywania skrótów.



Wzmacniacz estradowy dużej mocy



Podstawowe informacje:

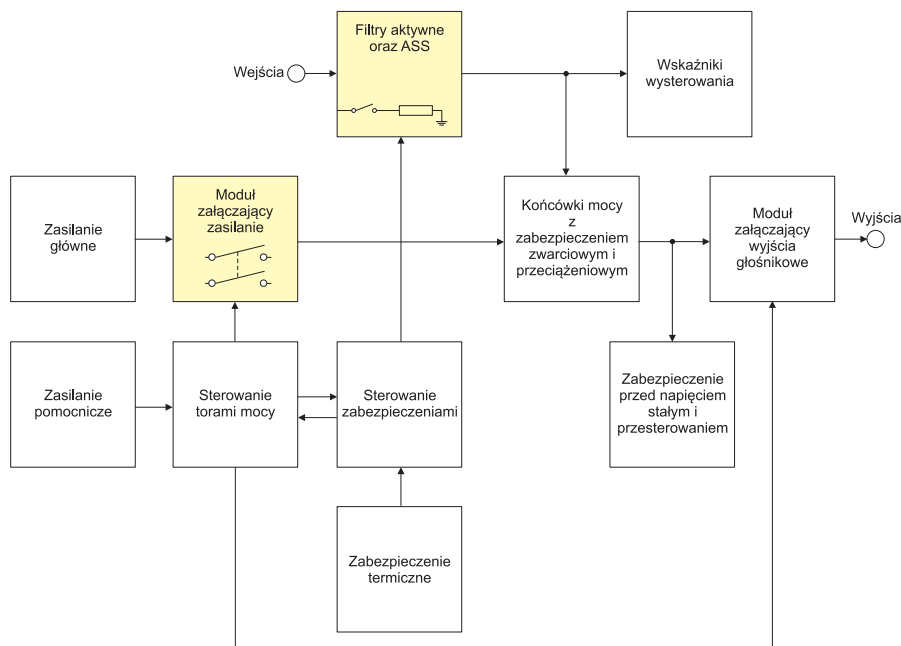
- Klasa: AB
- Moc RMS: 2×350 W/8 Ω lub 2×600 W/4 Ω
- Pasmo przenoszenia końcówek mocy przy spadku 3 dB: 20 Hz...45 kHz
- Pasmo przenoszenia za filtrem subsonicznym przy spadku 3 dB: 37 Hz...45 kHz
- Pojemność filtru 81600 μF
- Moc transformatora do zasilania 1500 VA
- Maksymalna amplituda napięcia na wyjściu: 154 V
- Opóźnienie włączenia: 3 s
- Wyjścia: 4×speaker
- Wejścia: RCA
- Sygnalizacja stanu pracy diodami LED
- Wymiary: 580×450×150 mm
- Ciężar wzmacniacza z obudową: 28 kg

Wzmacniacz jest przeznaczony do nagłaśniania dyskotek, koncertów muzycznych, występów artystycznych itp. Ma dużą moc wyjściową, a przy tym wyposażono go w zaawansowane obwody zabezpieczające. Dzięki temu może pracować bezawaryjnie przez długi czas i jest odporny na różne błędy popełniane przez użytkowników.

Końcówkę mocy wzmacniacza wykonano jako klasyczny układ przeciwobny. Do jej budowy użyto tranzystorów MOS-FET typu IRFP240 i IRFP9240. Schemat wzmacniacza, na którym wzorowałem się, oryginalnie zawierał 4 pary tranzystorów. Dodałem jeszcze jedną, aby umożliwić mu

pracę przy mniejszej impedancji obciążenia. Kolejną zmianą, którą wykonałem była zmiana sposobu dołączenia masy. Dołączyłem ją bezpośrednio, omijając zastosowany w oryginalnym projekcie rezystor. Wszystkie tranzystory zastosowane do budowy wzmacniacza mocy były parowane.

Ustawiłem prąd spoczynkowy o natężeniu 150 mA. Końcówka jest zasilana napię-



Rysunek 1. Schemat blokowy wzmacniacza

ciem symetrycznym, które na „biegu jałowym” wynosi ± 86 VDC.

Wzmacniacz ma dużą moc wyjściową, więc aby uchronić jego obwody przed uszkodzeniem wyposażyłem go w różnorodne zabezpieczenia obejmujące:

- zabezpieczenie przed zwarciami zacisków wyjściowych i przeciążeniem,
- zabezpieczenie przed pojawieniem się napięcia stałego na wyjściu,
- zabezpieczenie przed przesterowaniem wzmacniacza,
- podwójne zabezpieczenia termiczne.

Dodałem również układy „cichego załączania” zapobiegające potencjalnie groźnemu przepływowi dużego prądu przez głośniki w momencie załączenia napięcia zasilania wzmacniacza (w stanie nieustalonym) oraz układ zapewniający łagodny start transformatora zasilającego.

Rozbudowany system zabezpieczeń został przeze mnie uzupełniony o dwa proste udoskonalenia. Pierwsze odłącza zasilanie końcówek mocy podczas awarii wzmacniacza, co może ustrzec użytkownika przed zniszczeniem innych podzespołów lub kolumn głośnikowych. Drugą innowacją jest opracowany przeze mnie układ, który nazwałem Automatycznym Systemem Ściszenia (ASS). Jest on uaktywniany w momencie przesterowania wzmacniacza lub pojawienia się na jego wejściu składowej stałej.

Schemat blokowy wzmacniacza zamieszczono na **rysunku 1**. Można na nim wyróżnić następujące bloki:

- końcówka mocy z zabezpieczeniami przed zwarcieniem i przeciążeniem,
- zasilanie główne i pomocnicze,
- filtry aktywne z układem ASS,
- zabezpieczenie przed wejściowym napięciem stałym i przesterowaniem,

- sterowania zasilaniem oraz wyjściami głośnikowymi,
- wskaźnikysterowania,
- sterowania obrotami wentylatora i zabezpieczenia termicznego.

Schemat ideowy wzmacniacza zaprezentowano na **rysunku 2**. Sygnał wejściowy audio nie jest poddawany żadnej

korekcji, a jedynie przechodzi przez filtry aktywne: subsoniczny oraz – jeśli jest taka potrzeba – dolnoprzepustowy.

Filtr dolnoprzepustowy (**rysunek 3**) jest załączany ręcznie. Ma płynnie regulowaną dolną granicę częstotliwości w zakresie 70...200 Hz. Nachylenie jego charakterystyki wynosi 12 dB/oktawę. Zbudowano go z użyciem układów TL072 i elementów biernych.

Filtr subsoniczny (**rysunek 4**) ouswa z sygnału wejściowego częstotliwości składowe, których kolumny nie przenoszą, a powodujące niszczące wychylenia membran głośników. Filtr ten zapewnia 3 dB spadek amplitudy dla częstotliwości poniżej 37 Hz. Nachylenie jego charakterystyki wynosi 36 dB/oktawę. Do jego budowy zastosowano popularny układ scalony TL072 zasilany napięciem symetrycznym ± 12 V oraz elementy bierne. We wszystkich torach audio zastosowano kondensatory MKT.

Na płytce filtrów aktywnych umieszczono również wspomniany wcześniej układ ASS (**rysunek 5**). Jego elementem wykonawczym jest przełącznik bistabilny, który w przypadku przesterowania załącza się i zwiiera sygnał sterujący końcówką mocy poprzez rezystor do masy. Napięcie powodujące zadziałanie przełącznika jest

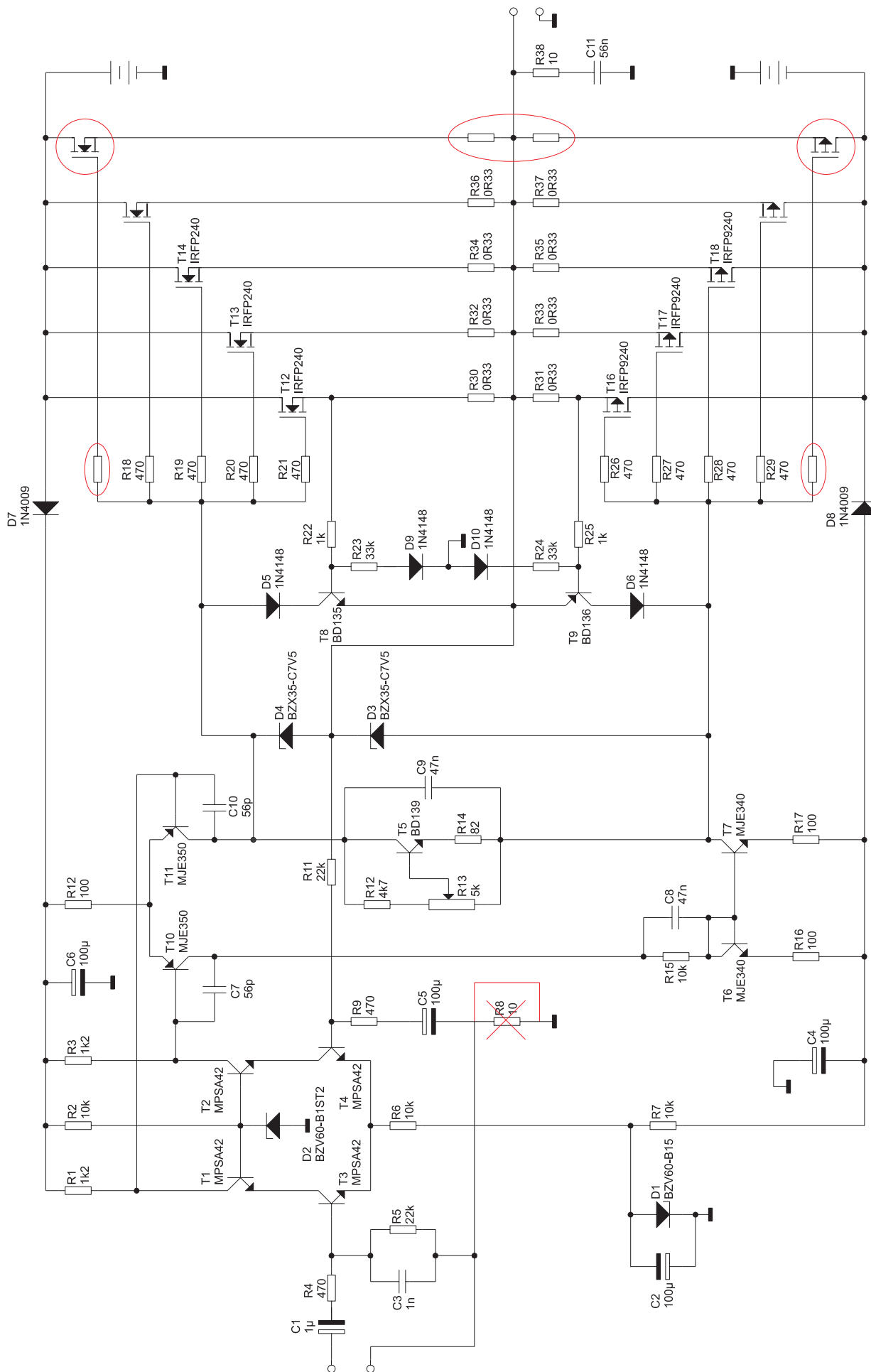
R E K L A M A

„Jestem zadowolony z mojej nowej pracy. Znalazłem ją w ogłoszeniach na portalu AutomatykaOnLine”

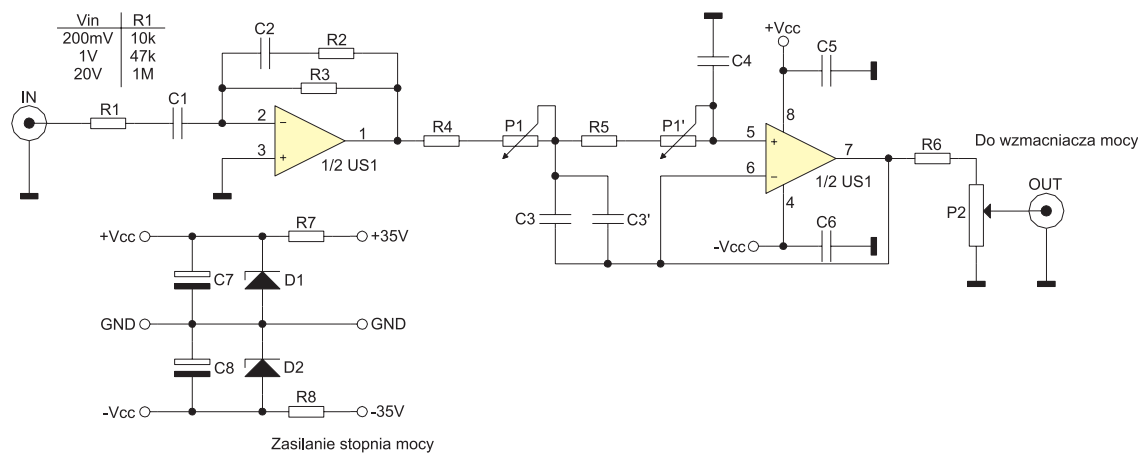
www. **AutomatykaOnLine**.pl
WORTAL AUTOMATYKI PRZEMYSŁOWEJ

Wortal AutomatykaOnLine jest źródłem cennych informacji z zakresu automatyki. Codziennie aktualizowane wiadomości gospodarcze. Nowinki techniczne. Baza wiarygodnych podwykonawców. Informacje o produktach. Ogłoszenia pracodawców i poszukujących pracy. Forum wymiany doświadczeń. Rozwiązania techniczne. Twój partner w biznesie.

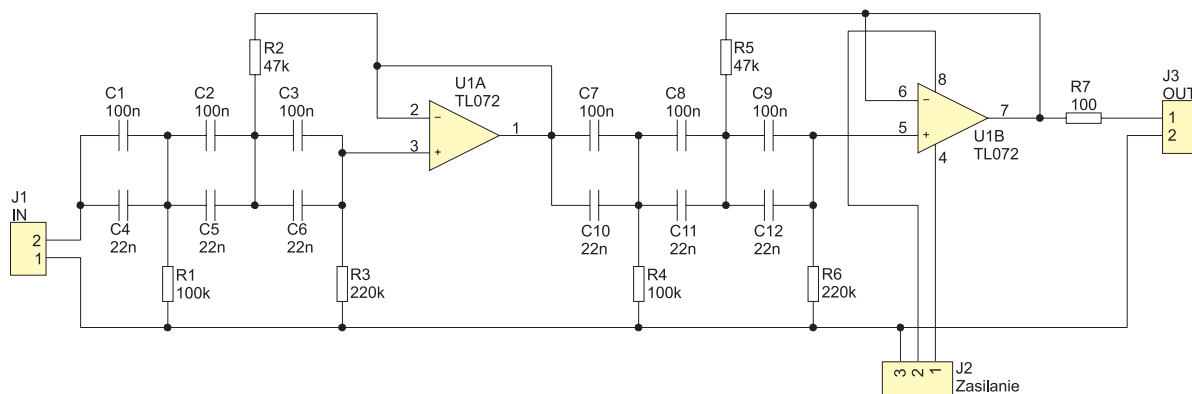
Wortal AutomatykaOnLine
ul. Puławska 303, 02-785 Warszawa, tel./fax: 046 857 73 72, e-mail: redakcja@automatykaonline.pl



Rysunek 2. Schemat ideowy końcówki mocy. Na czerwono zakreślono wprowadzone zmiany



Rysunek 3. Schemat filtra dolnoprzepustowego



Rysunek 4. Schemat filtra subsonicznego

podawane z obwodu wykrywania składowej stałej i przesterowania. Kanał wzmacniacza, w którym zadziała zabezpieczenie może być załączony tylko i wyłącznie ręcznie poprzez naciśnięcie przycisku umieszczonego w moim wzmacniaczu na tylnej ścianie, rozłączającego samopodtrzymanie przekaźnika. Tym samym układ nie dopuszcza do powtórnego przesterowania, dając użytkownikowi czas na lokalizację usterki lub zmniejszenie poziomu napięcia sygnału wejściowego.

Zabezpieczenie przed napięciem stałym i przesterowaniem działa na zasadzie ładowania kondensatora poprzez rezystor napięciem stałym wytwarzanym przez końcówkę mocy. Jeśli przekroczy ono ± 1 V, to zależnie od swojej polaryzacji, spowoduje przewodzenie jednego z tranzystorów o przewodnictwie NPN lub PNP. Sterują one diodami optotriaków włączającymi przekaźniki.

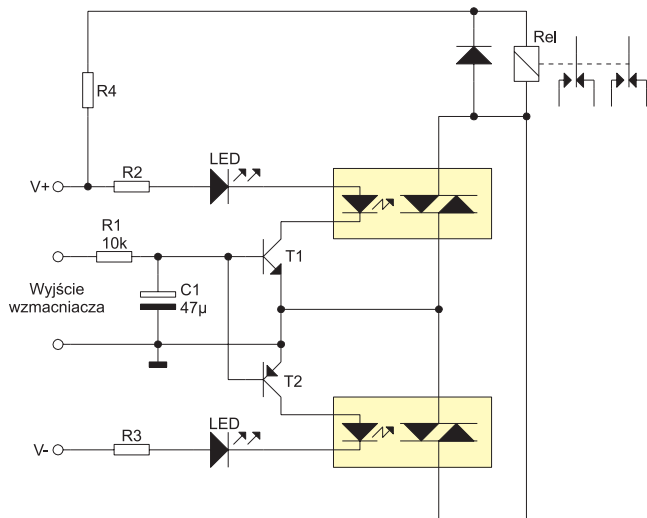
Gdy zadziała zabezpieczenie, to sygnał z przekaźników kierowany jest do układu sterowania zasilaniem i wyjściami głośnikowymi. Zasilanie jest odłączane

(odrębnie dla kanałów lewego i prawego) oraz wyjścia głośnikowe (osobno, podobnie jak zasilanie). Po dołączeniu zasilania sieciowego do wzmacniacza po 1 s najpierw załączane są przekaźniki podające napięcie zasilania końcówek mocy, a po nich, po upływie niecałej sekundy, dołączane są wyjścia głośnikowe. Takie rozwiązanie gwarantuje dołączenie obciążenia po ustaleniu się stanu pracy wzmacniacza.

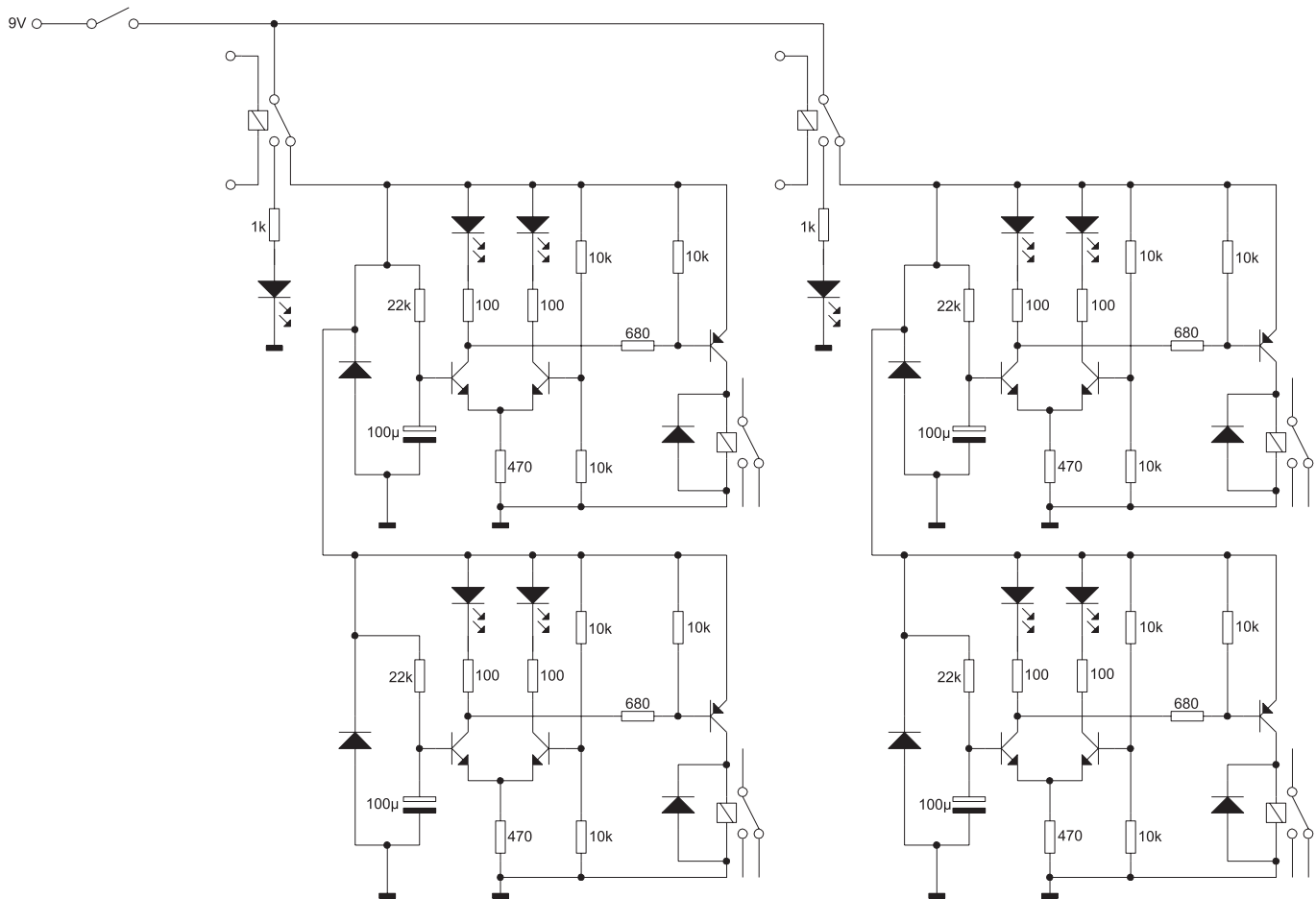
Układ zabezpieczenia przed stanami nieustalonymi pełni podwójną rolę. Może odłączyć napięcie zasilania końcówek mocy i wyjścia głośnikowe przy zbyt wysokiej temperaturze radiatora lub w przypadku awarii wzmacniacza, gdy odłączenie zasilania głównego od reszty układu może uchronić go od poważniejszych mogących być skutkiem rozładowania energii zgromadzonej w kondensatorach zasilacza.

Ostatnim z zabezpieczeń jest zabezpieczenie termiczne, które też ma podwójną rolę. Po pierwsze, zabezpiecza wzmacniacz przed przegrzaniem wyłączając go, gdy temperatura radiatora tranzystorów końcowych osiągnie 95°C . Po drugie, układ ten reguluje obroty wentylatora w taki sposób, aby zachować właściwą temperaturę pracy tranzystorów mocy przy jak najcięższej pracy wentylatora wymuszającego obieg powietrza chłodzącego radiator.

Układ regulacji obrotów wentylatora jest taki sam, jak opublikowany w EP



Rysunek 5. Schemat układu zabezpieczenia przed napięciem stałym i przesterowaniem (Anty DC)



Rysunek 6. Schemat sterowania zasilaniem oraz wyjściami głośnikowymi

10/2010 miniprojekt AVT1596 „Regulator obrotów wentylatora”.

Wzmacniacz wyposażono we wskaźnikysterowania. Do jego budowy użyto układu scalonego AN6884. Schemat aplikacji został zaczerpnięty z noty katalogowej producenta. Czulość wskaźnika jest regulowana potencjometrem. Ma on trzy zielone diody LED, jedną pomarańczową oraz jedną czerwoną. Zamontowane go na przednim panelu wzmacniacza.

Wzmacniacz jest zasilany z zasilacza z transformatorem toroidalnym o mocy 1500 VA, dostarczającym napięcia 2×60 VAC. Napięcia te są prostowane za pomocą 50 A mostka Greatza. Ich filtrację zapewniają kondensatory elektrolityczne o pojemności 81,6 mF/100 V. Na płytce z kondensatorami o dużej pojemności równoległe do nich dołączono także kondensatory 100 nF oraz 10 nF mające za zadanie filtrowanie zakłóceń wysokiej częstotliwości. Na wyjściu zasilacza po odfiltrowaniu uzyskuje się napięcia symetryczne, niestabilizowane, o wartości ±86 VDC.

Zasilacz pomocniczy służy do zasilania innych obwodów wzmacniacza, niż końcówki mocy (np. filtrów aktywnych). Zbudowano go z wykorzystaniem transformatora toroidalnego o mocy 50 VA dostarczającego napięcia 2×12 VAC. Napięcia te są prostowane, filtrowane przez kondensatory

o pojemności 6,8 mF/25 V, a następnie podawane na stabilizatory – dwa utrzymujące +12 V i jeden -12 V. Dzięki temu na wyjściach zasilacza pomocniczego uzyskuje się napięcia symetryczne ±12 V/1,5 A oraz niesymetryczne +12 V/3 A.

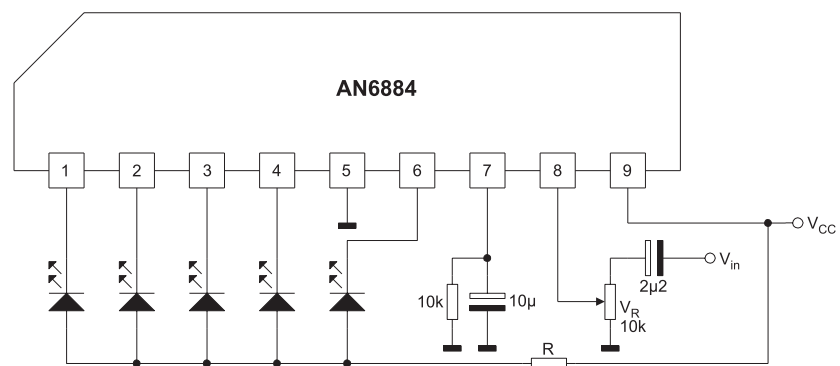
Montaż i uruchomienie

Budowa wzmacniacza jest czasochłonna, jednak to nie montaż elementów elektronicznych nastęrczą największej trudności. Przypuszczalnie największej problemów będzie z zakupem lub wykonaniem obudowy, która pomieści wszystkie elementy (w tym również ciężkie i duże transformatory, radiator tranzystorów mocy itp.) i umożliwi ich pewne zamocowanie mechaniczne. Jak wspomniano, wzmacniacz nie ma wielu

elementów regulacyjnych, więc raczej nie powinno być trudno wykonać estetyczną płytę czołową.

Budując wzmacniacz o tak dużej mocy trzeba użyć wyłącznie elementów sprawdzonych i dobrej jakości. Przy tak wysokich napięciach zasilających i dużych natężeniach prądów potencjalna awaria może mieć przykre następstwa. Pamiętajmy, że zbudowane przez nas urządzenie będzie nam służyć latami.

Wzmacniacz zmontowano na płytkach jednostronnych, których wzory umieszczono na płycie CD-EP11/2010 oraz na serwerze FTP. Projekty płytek drukowanych wykonałem przy użyciu programu PCB Wizzard. W związku z tym, że nie wszyscy zainteresowani wzmacniaczem dysponują



Rysunek 7. Schemat wskaźnikaysterowania

tym programem, na serwerze FTP dostępne są również wzory płytek w formacie PDF.

Wszystkie tranzystory w końcówkach mocy były przeze mnie parowane. Wzmacniacz jest wykonany w postaci modułów wyposażonych w odpowiednie złącza. Umożliwia to łatwy demontaż płytek bez konieczności rozlutowywania przewodów.

Uruchomienie

Jako pierwszy należy uruchomić układ łagodnego załączania zasilania: ustawić czas miękkiego startu transformatora oraz uruchomić układy czasowe od sterowania zasilaniem i wyjściami głośnikowymi.

W następnej kolejności uruchamiamy końcówkę mocy. Przed dołączeniem do nich zasilania trzeba szeregowo z przewodem załączającym włączyć rezystory ograniczające prąd w razie uszkodzenia lub błędów w montażu oraz amperomierz, który będzie mierzył prąd zasilania. Następnie kręcąc potencjometrem na płytce należy ustawić prąd spoczynkowy o natężeniu 150 mA. Po jego ustawieniu można odłączyć rezystory i ponownie sprawdzić wartość natężenia prądu spoczynkowego oraz napięcie stałe na wyjściu wzmacniacza. Nie powinno ono być większe niż 20 mV.

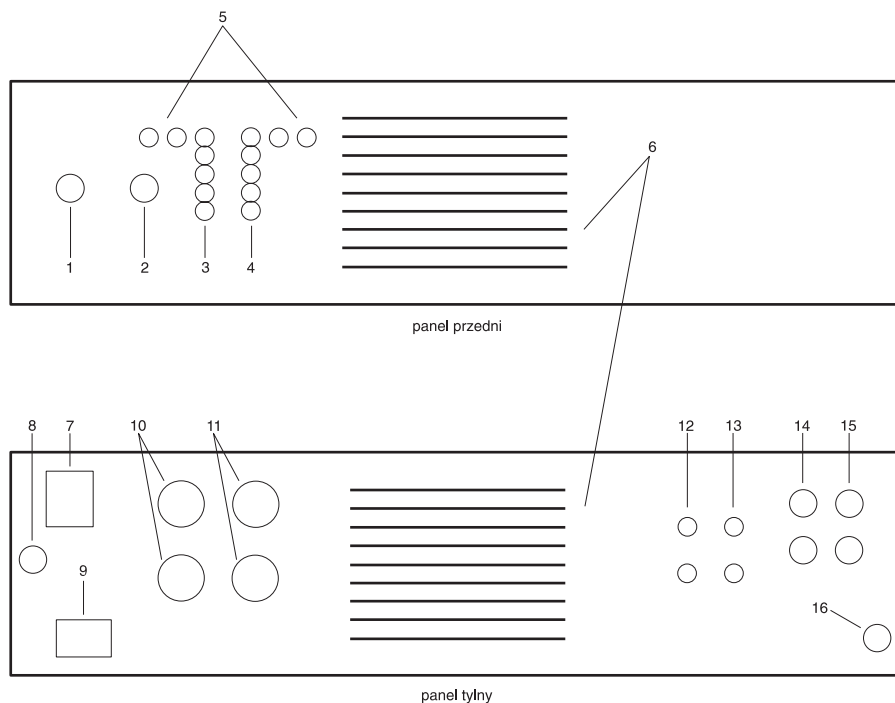
Najtrudniejsze było znalezienie odpowiedniego punktu przyłączenia masy filtrów aktywnych. Źle wybrane miejsce skutkuje pojawieniem się przydźwięku sieciowego. Odpowiednim okazał się punkt przy końcówkach mocy. W mojej obudowie odpowiedni punkt przyłączenia znajdował się w pobliżu końcówek mocy.

Z doświadczenia zdobytego przy budowie wzmacniacza wiem, że minimalizacja przydźwięku jest trudna, ponieważ zależy od zastosowanej obudowy, rozmieszczenia płytek drukowanych, sposobu dołączenia zasilania i mas obwodów wyjściowych itd.

Ostatnimi, niezbyt skomplikowanymi czynnościami, które należy wykonać przy uruchomieniu są: ustawienie odpowiedniego progu załączania wentylatora, wzmocnienia filtrów aktywnych i wskaźnika wysterowania.

Podsumowanie

Wzmacniacz przeszedł szereg testów. Wykonano pomiary mocy wyjściowej



Rysunek 8. Widok z przodu i z tyłu. Rozmieszczenie elementów regulacyjnych i przyłączeniowych

1. Potencjometr do regulacji głośności – kanał Lewy, 2. Potencjometr do regulacji głośności – kanał Prawy, 3. Wskaźnik wysterowania – kanał L, 4. Wskaźnik wysterowania – kanał P, 5. Diody sygnalizujące pracę końcówek mocy (zielona – praca prawidłowa; czerwona – przesterowanie, nie świecą – przegrzanie), 6. Otwory wentylacyjne, 7. Włącznik główny, 8. Gniazdo bezpiecznika, 9. Gniazdo zasilania, 10. Wyjścia głośnikowe – kanał P, 11. Wyjścia głośnikowe – kanał L, 12. Załączanie i regulacja filtra dolnoprzepustowego – kanał P, 13. Załączanie i regulacja filtra dolnoprzepustowego – kanał L, 14. Wejścia RCA – kanał P, 15. Wejścia RCA – kanał L, 16. Odłączanie działania ASS

oraz pasma przenoszenia. Jednak przede wszystkim został poddany wielogodzinnemu testowi przy niskiej impedancji obciążenia i pełnej mocy wyjściowej. Przeszedł go bez żadnych problemów. Pomyślnie były również testy zabezpieczeń. Szczególną uwagę przykładałem do dokładnego sprawdzenia zabezpieczenia przed przesterowaniem i automatycznego układu ściszenia.

Reasumując można stwierdzić, że wzmacniacz przeszedł pozytywnie próby funkcjonalne i może pracować wiele godzin przy pełnej mocy wyjściowej bez ryzyka jego uszkodzenia. Sprawdzał się nie tylko podczas testów, ale również podczas realizacji nagłośnienia kilku imprez okolicznościowych.

Uwaga! Wewnątrz obudowy wzmacniacza występują wysokie napięcia nie-

bezpieczne dla życia. Przy otwieraniu pokrywy górnej należy odłączyć urządzenie od zasilania, trzeba szczególnie uważać na kondensatory, które nawet po wyłączeniu wzmacniacza z sieci 230 V mogą być naładowane.

Szymon Pietraszek
szymon19911913@wp.pl

Literatura

1. P. Horowitz „Sztuka elektroniki”, WKŁ, Warszawa 1997.
2. A. Chwaleba „Pracownia elektroniczna”, WSiP, Warszawa 1986
3. L. Grabowski „Pracownia elektroniczna”, WSiP, Warszawa 1999.
4. Elektronika Plus – wydanie specjalne. Nr 1/2003.
5. www.elektroda.pl

R E K L A M A

8-KANAŁOWY SYSTEM POMIARU TEMPERATURY Z USB

AVT570/USB

z możliwością tworzenia własnych aplikacji

www.sklep.avt.pl