



Podstawowe parametry:

- wzmacniacz jest inspirowany jednym z kultowych wzmacniaczy lampowych – Sansui AU70, lecz nie jest jego wierną kopią,
- zrezygnowano z oryginalnych lamp mocy 7189A, zastępując je pentodami 6P14P-EV, rezygnowano również z lampy sterującej 6AN8, zamiast niej zastosowano rzadziej lampę 6F1P,
- wzmacniacz nie zawiera części przedwzmacniacza, nie ma żadnych regulacji barwy, ale zachowano z oryginalnej konstrukcji funkcję filtra presence,
- moc wzmacniacza wynosi ok. 2×20 W.

* **Uwaga!** Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu. Wymagana umiejętność lutowania! Podstawową wersją zestawu jest wersja **[B]** nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji **[B]** zawiera elementy elektroniczne (w tym **[UK]** – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wlotować w dołączoną płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podlinkowana w opisie kitu. Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:

- **wersja [C]** – zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw **[B]** (elementy wlotowane w płytkę PCB),
 - **wersja [A]** – płytka drukowana bez elementów i dokumentacji.
- Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- **wersja [A+]** – płytka drukowana **[A]** + zaprogramowany układ **[UK]** i dokumentacja,
 - **wersja [UK]** – zaprogramowany układ.

Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik PDF! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz! <http://sklep.avt.pl>

W przypadku braku dostępności na stronie sklepu osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: kity@avt.pl.

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.ulubionykiosk.pl/media

- Projekt 252 Hybryda Bis – wzmacniacz hybrydowy z niekonwencjonalnym zasilaniem (EP 6/2021)
- Projekt 252 Hybrydowy wzmacniacz lampowy (EP 1/2021)
- AVT5827 Przedwzmacniacz lampowy do gramofonu (EP 12/2020)
- Automatyyczny wyciszacz dźwięku po zaniku zasilania (EP 9/2020)
- Wzmacniacz lampowy z regulacją barwy dźwięku (EP 5/2020)
- Projekt 248 Wzmacniacz lampowy CFB (cathode feedback) (EP 11/2019)
- AVT5727 Hybrydowy wzmacniacz słuchawkowy na lampie Nutube 6P1 (EP 11/2019)
- AVT5719 Przedwzmacniacz na lampie Nutube 6P1 (EP 10/2019)

W ofercie AVT*

AVT6001



Sansuix

– lampowy wzmacniacz mocy 2×20 W (1)

Wzmacniacz mocy jest jednym z głównych elementów toru audio decydującym o jakości odtwarzanego dźwięku. W początkach rozwoju elektroakustyki parametry wzmacniaczy lampowych były dość mierne. Jednak z czasem zostały dopracowane i zyskały uznanie nawet wymagających użytkowników. W artykule został zaprezentowany projekt inspirowany jednym z kultowych wzmacniaczy lampowych – Sansui AU70.

Pierwsze wymagania dla wzmacniaczy z okresu międzywojennego zakładały dopuszczalny poziom zniekształceń harmoniczných na poziomie 5%. Ze względu na słabe parametry lamp stosowano układy wzmacniaczy klasy B ze sprzężeniem transformatorowym, ponieważ zapewniały dużą sprawność. Co ciekawe, źródła z tamtego okresu podają, że jakość

dźwięku kinowego była niska, ale widzowie byli z niego zadowoleni.

Z czasem opracowywano coraz lepsze konstrukcje, na przykład na bazie znanych i stosowanych do dzisiaj lamp 300A i 300B. Rozwój ten nie był szybki, a jedną z głównych przyczyn był brak źródeł dźwięku o wysokiej jakości. Nie mogły go zapewnić transmisje radiowe AM czy płyty gramofonowe wykonane

z szelaku. Prace nad wzmacniaczami wyższej jakości zostały zatrzymane przez wybuch II wojny światowej, ale zaraz po jej zakończeniu ruszyły na nowo. W drugiej połowie lat 40. XX wieku opracowano układy wzmacniaczy lampowych audio, które są aktualne do dzisiaj.

Bardzo ważną rolę odegrali tutaj dwaj Brytyjczycy: Walter Tusting Cocking i Theo Williamson.

Cocking już w latach 30. uważał, że dopuszczalne zniekształcenia na poziomie 5% są zbyt wysokie i wyznaczył cele potrzebne do uzyskania wysokiej wierności: niskie zniekształcenia harmoniczne, niskie zniekształcenia fazowe. W roku 1946 pokazał schemat wzmacniacza pracującego w klasie A (**rysunek 1**) ze sprzężeniem RC, ale bez

pętli ujemnego globalnego sprzężenia zwrotnego. Prace Cockinga rozwinął T. Williamson. O ile dzisiaj o Cockingu mało kto słyszał o tyle Williamson jest postrzegany jako ktoś, kto opracował podwaliny nowoczesnych wzmacniaczy lampowych wysokiej klasy.

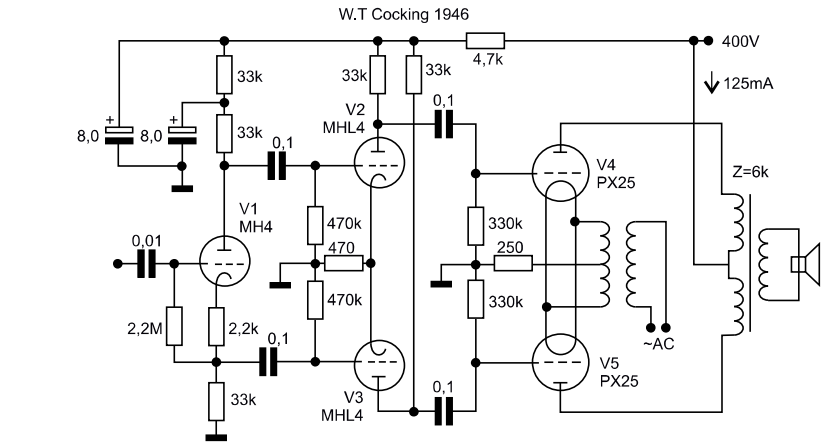
Williamson przede wszystkim postawił sobie kilka istotnych wymagań dotyczących konstrukcji wzmacniacza akustycznego wysokiej klasy:

- niskie zniekształcenia nieliniowe rozumiane jako suma iloczynów zniekształceń harmonicznych i intermodulacyjnych do maksymalnej mocy wyjściowej w całym użytecznym paśmie od 10 Hz do 20 kHz;
- liniowa charakterystyka częstotliwościowa i stała moc w całym paśmie akustycznym;
- pomijalne przesunięcia fazowe w całym paśmie akustycznym;
- niska impedancja wyjściowa i wysoki współczynnik tłumienia. Impedancja wyjściowa wzmacniacza musi być niższa niż impedancja głośnika;
- moc wyjściowa od 10 do 20 W.

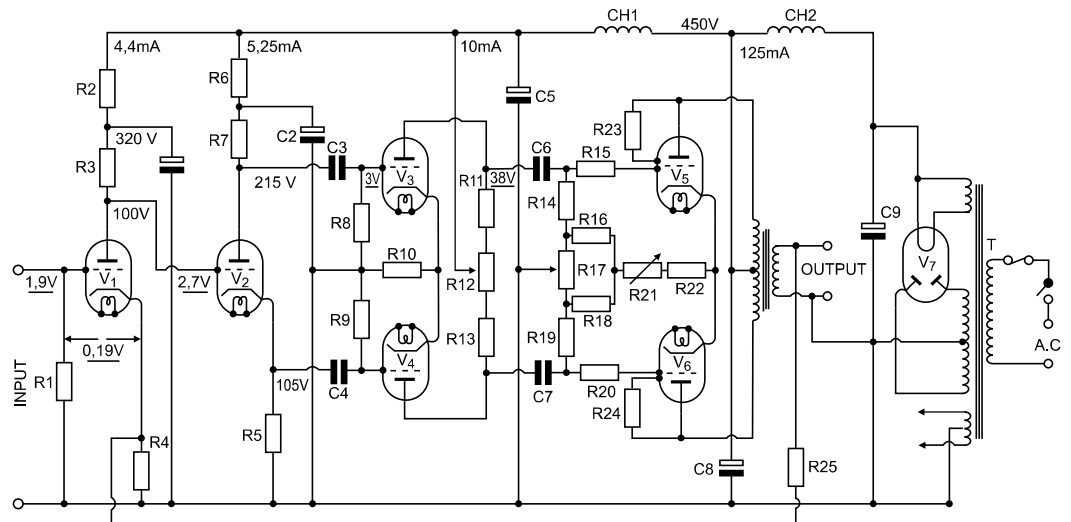
Wzmacniacz Williamsona ma stopień wyjściowy push-pull pracujący w klasie A i bazujący na triodach. Inaczej niż Cocking, Williamson uważał, że taki stopień może zapewnić wysoką jakość odtwarzania tylko wtedy, kiedy wzmacniacz jest

objęty globalną pętlą ujemnego wzmocnienia zwrotnego o głębokości 20...30 dB. Do dzisiaj nie brakuje zwolenników wzmacniaczy bez ujemnego sprzężenia. Takie wzmacniacze mają gorsze parametry, ale lepiej reagują na przeciążenie przy maksymalnych poziomach mocy. Są też trudniejsze do wykonania, ponieważ lampy muszą być bardzo dokładnie dobrane.

Williamson projektował swój wzmacniacz w wolnym czasie, kiedy pracował w firmie Marconi. Traktował swoją działalność jak hobby. Seria artykułów w dziale DIY we wpływowym czasopiśmie „Wireless World” spowodowała, że autor stał się bardzo popularny, a jego wzmacniacz okrzyknięto jako



Rysunek 1. Wzmacniacz Cockinga (źródło Wikipedia)



Rysunek 2. Schemat wzmacniacza Williamsona

referencyjny. Artykuły opisywały szczegółowo konstrukcję, sposób uruchamiania i wymagania, jakie musiał spełniać transformator głośnikowy. Pierwotny projekt był podatny na wzbudzenia i dlatego została opracowana nowa ulepszona wersja pozbawiona tej wady. Na rysunku 2 pokazano schemat ideowy wzmacniacza Williamsona opublikowany w dokumencie *The Williamson Amplifier Design for a High-quality Amplifier* z czasopisma „Wireless World”.

We wzmacniaczu pokazanym na rysunku 2 w stopniu końcowym zastosowano tetrody strumieniowe KT66 i mimo dość wysokiego napięcia anodowego uzyskano moc

tylko 2x15 W. Wynika to z małej sprawności klasy A. Z czasem wymagania użytkowników rosły i żeby uzyskać większą moc, zaczęto stosować wzmacniacze przeciwobne pracujące w klasie AB. Topologicznie nie różnią się od wzmacniacza przeciwobnego push-pull pracującego w klasie A. Jedyna różnica to dobór punktu pracy lampy mocy tak, by przy większych sygnałach wzmacniacz przechodził płynnie do pracy w klasie B. Klasa AB ma większą sprawność kosztem niewielkiego wzrostu zniekształceń.

Wzmacniacze lampowe w dużej mierze bazujące na koncepcji Williamsona były intensywnie rozwijane aż do końca lat 60.

Wykaz elementów, kupuj na stronie sklep.avt.pl (Warszawa, ul. Leszczyńska 11, tel. +48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl)

Jeden kanał wzmacniacza

- Rezystory:**
 R1: 1 MΩ/0,5 W
 R78: 300 Ω/0,5 W
 R80: 1,5 kΩ/0,5 W
 R82: 2 kΩ/0,5 W
 R84: 560 kΩ/0,5 W
 R86: 150 kΩ/0,5 W
 R88: 12 kΩ/0,5 W
 R90: 6,2 kΩ/0,5 W
 R92, R95: 33 kΩ/2 W
 R97, R99: 250 kΩ/0,5 W
 R101, R103: 1 kΩ/0,5 W
 VR8: 2x100 kΩ potencjometr stereo logarytmiczny

- Kondensatory:**
 C1: 1000 μF/35 V
 C56: 220 nF/50 V
 C58: 470 nF/400 V
 C60: 82 pF/400 V
 C62, C64: 330 nF/400 V
 33 μF/35 V elektrolityczny

- Półprzewodniki:**
 D6, D7: 1N4148
 BR1: mostek prostowniczy okrągły 1 A/250 V

- Pozostałe:**
 Lampa 6P14P-EV (2 sztuki dla

- jednego kanału, lecz dobierane czwórkami – kwadry, dla obu kanałów)
 Lampa 6F1P (1 sztuka dla jednego kanału, lecz dobierane parami, dla obu kanałów)
 Transformator głośnikowy UTM7077
 RE1, RE2: przekaźnik miniaturowy (1 sztuka dla jednego kanału)
 Gniazdo cinch kątowe do druku

Zasilacz

- Rezystory:**
 R94: 50 kΩ/0,5 W
 R118: 150 kΩ/0,5 W
 R119: 15 kΩ/0,5 W
 R120: 3,9 kΩ /2 W

- R121: 8,2 kΩ/10 W
 R124: 470 Ω/0,5 W
 VR10, VR11: 20 kΩ potencjometr precyzyjny
 VR12, VR13: 500 Ω potencjometr precyzyjny

- Kondensatory:**
 C26, C27, C76: 47 μF/63 V
 C66, C69, C70: 47 μF/500 V
 C68: 22 μF/100 V
 C71: 100 μF/450 V

- Pozostałe:**
 Transformator sieciowy UTM9070

XX wieku, kiedy to zaczęto na szeroką skalę projektować i sprzedawać wzmacniacze tranzystorowe. Wzmacniacze tranzystorowe zostały szybko zaakceptowane zarówno przez konsumentów, jak i przez producentów sprzętu audio. Osiągały bardzo dobre parametry, a były tańsze, ekonomiczne w eksploatacji i bardziej niezawodne. Wzmacniacze lampowe zniknęły z domowego stereo, a były używane i cenione na przykład przez gitarzystów.

Jednak zwolennicy dobrego brzmienia po jakimś czasie zorientowali się, że stare lampowce brzmią bardzo dobrze i od lat 90. XX wieku takie wzmacniacze zaczęły być ponownie popularne. Dzisiaj to dość spory segment rynku wzmacniaczy dla bardziej wymagających użytkowników. Profesjonalnie wykonane brzmią bardzo dobrze, ale są relatywnie dużo droższe niż odpowiedniki półprzewodnikowe. Trudno też jest w prosty sposób uzyskać większą moc. W praktyce układy push-pull pracujące w klasie AB mają najczęściej moc od 2×15 W do ok. 2×30 W, a w klasie A zaledwie 8...10 W.

Wiele nowoczesnych konstrukcji wzmacniaczy jest wzorowanych na koncepcji Williamsona. Konstruktorzy też czerpią inspiracje ze starych sprawdzonych konstrukcji. Zaprezentowany tu projekt jest inspirowany jednym z kultowych wzmacniaczy lampowych – Sansui AU70. Wzmacniacz ten zbudowany i oferowany w połowie lat 60. przetrwał próbę czasu. Stał się kultowy ze względu na bardzo dobre brzmienie. Dzisiaj nawet mocno zaniedbane egzemplarze z uszkodzonymi transformatorami głośnikowymi osiągają cenę kilkunastu tysięcy złotych.

Konstrukcja opisanego wzmacniacza bazuje na kilku podstawowych założeniach:

- układ elektryczny jest wzorowany na konstrukcji wzmacniacza Sansui AU7;
- wzmacniacz nie zawiera części przedwzmacniacza, ponieważ czułość samej końcówki mocy jest zupełnie wystarczająca

do sterowania współczesnymi źródłami sygnału na przykład DAC;

- układ nie ma żadnych regulacji barwy, ale zachowano z oryginalnej konstrukcji funkcję filtra *presence* realizowanego przez przełączaną zmianę charakterystyki układu globalnego sprzężenia zwrotnego;
- ze względu na dostępność i cenę zrezygnowano z oryginalnych lamp mocy 7189A, zastępując je radzieckimi pentodami 6P14P-EV, jest to militarna wersja lampy 6P14P. Zrezygnowano również z lampy sterującej 6AN8. Ta lampa jest jeszcze dostępna, ale jej cena jest wysoka. Zamiast niej zastosowano radziecką lampę 6F1P;
- układ wzmacniacza i zasilacza jest montowany na jednej płytce drukowanej.

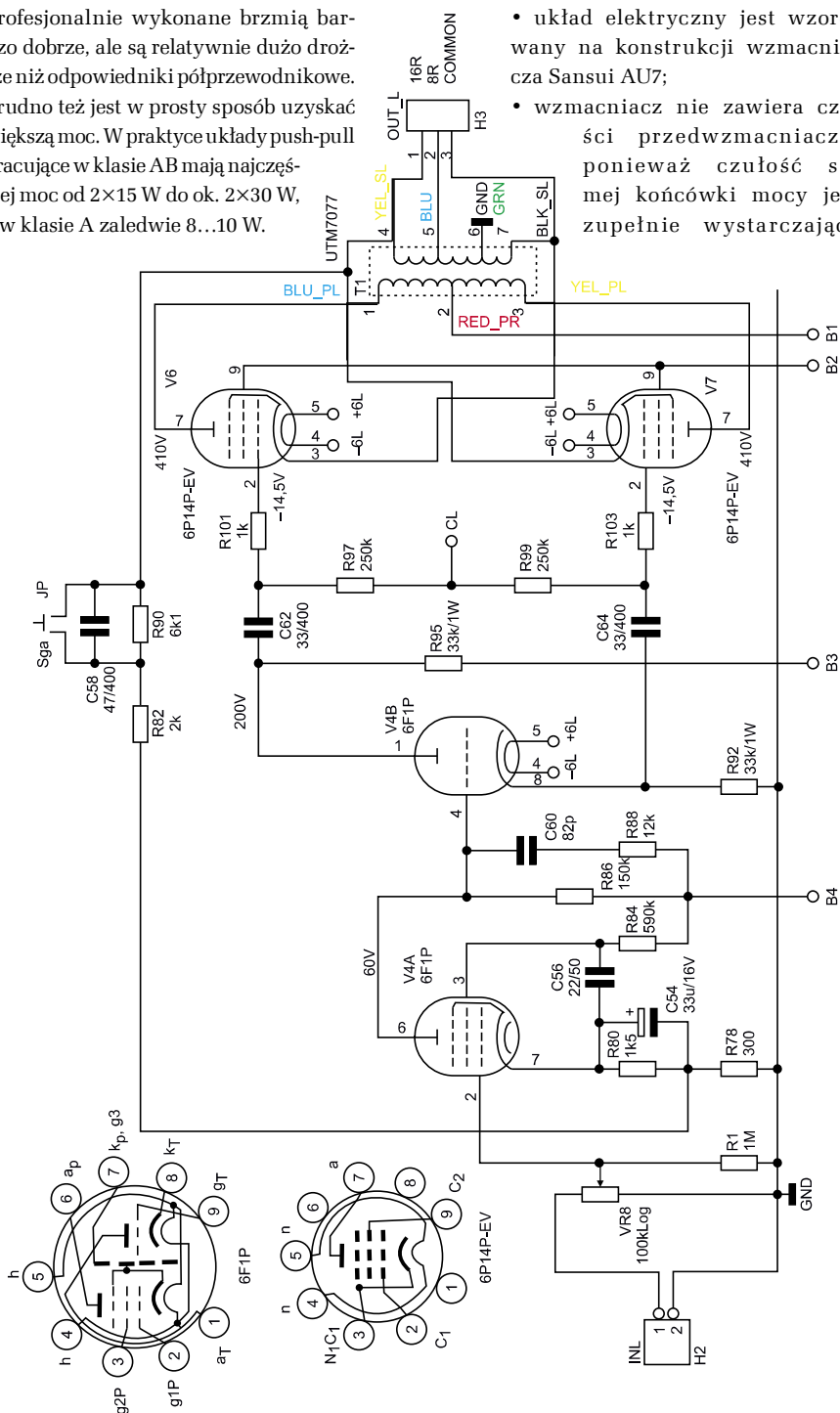
Budowa i działanie

Schemat jednego kanału wzmacniacza mocy został pokazany na **rysunku 3**. Sygnał z potencjometru regulacji siły głosu jest podawany na siatkę sterującą pentody lampy V4 6F1P. Ta pentoda pracuje w układzie niskoszumnego wzmacniacza wstępnego. Rezystor R1 zapewnia automatyczną polaryzację napięciem ujemnym siatki. Uwaga: na wejściu wzmacniacza nie ma kondensatora sprzęgającego i trzeba zadbać, żeby sygnał wejściowy nie miał żadnej składowej stałej i nie zmieniał punktu pracy pentody lampy V4.

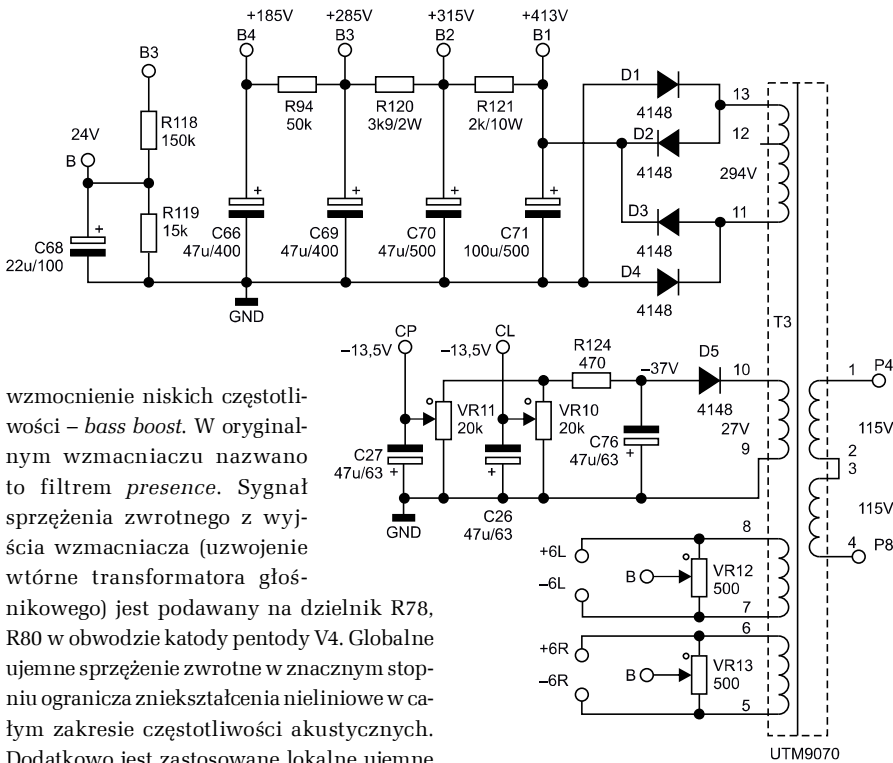
W obwodzie katody pentody jest umieszczony dzielnik rezystancyjny zbudowany z rezystorów R78 i R80. Do tego dzielnika jest podawany sygnał globalnego ujemnego sprzężenia zwrotnego pobieranego z uzwojenia wtórnego transformatora głośnikowego. Kondensator C54 redukuje wpływ lokalnego ujemnego sprzężenia zwrotnego dla napięć zmiennych powstającego w układzie z opornikiem katodowym. Wzmocniony sygnał trafia na siatkę sterującą układem odwracacza fazy zbudowanym na triodzie lampy V4 6F1P. Rezystor R88 i kondensator C60 stanowią układ kształtujący charakterystykę częstotliwościową i zapobiegają ewentualnemu wzbudzeniu się wzmacniacza.

Sygnały z katody i anody triody V4 mają równe amplitudy i są odwrócone w fazie o 180 stopni. Stopień końcowy pracuje w układzie Push-Pull w klasie AB. Napięcia sterujące z odwracacza fazy przez kondensatory C62 i C64 eliminujące składową stałą trafiają na siatki sterujące pentod V6 i V7. Punkt pracy tych pentod ustala regulowane napięcie polaryzacyjne – bias, podawane z układu zasilacza do punktu CL wzmacniacza. Bias powinien mieć wartość z zakresu od -14,5 V do -18 V. Moc wzmacniacza wynosi ok. 20 W w każdym z kanałów.

W pętli globalnego sprzężenia zwrotnego o głębokości 26 dB są umieszczone elementy R82, R90 i C28. W układ jest wbudowany przełącznik pozwalający kształtować charakterystykę częstotliwościową wzmacniacza. Zwarcie R90 i C58 powoduje



Rysunek 3. Schemat jednego kanału wzmacniacza mocy



Rysunek 4. Schemat układu zasilacza

wzmocnienie niskich częstotliwości – *bass boost*. W oryginalnym wzmacniaczu nazwano to filtrem *presence*. Sygnał sprzężenia zwrotnego z wyjścia wzmacniacza (uzwojenie wtórne transformatora głośnikowego) jest podawany na dzielnik R78, R80 w obwodzie katody pentody V4. Globalne ujemne sprzężenie zwrotne w znacznym stopniu ogranicza zniekształcenia nieliniowe w całym zakresie częstotliwości akustycznych. Dodatkowo jest zastosowane lokalne ujemne sprzężenie zwrotne poprzez podłączenie katody pentody mocy do masy przez odczepy uzwojenia wtórnego transformatora głośnikowego.

Transformator głośnikowy

Transformator głośnikowy wzmacniacza lampowego to jego kluczowy element decydujący w dużej mierze o parametrach wzmacniacza i końcowym efekcie brzmieniowym. Williamson w swoich artykułach poświęcił wiele uwagi transformatorom głośnikowym. Wymienił szereg potencjalnych problemów powodowanych przez nieprawidłowo zaprojektowane transformatory:

- zniekształcenia spowodowane niską indukcyjnością uzwojenia, wysoką reaktancją upływu i zjawiskami rezonansu;
- zniekształcenie spowodowane przesunięciem fazowym wytwarzanym, gdy źródłem ujemnego sprzężenia zwrotnego jest uzwojenie wtórne transformatora. Są to oscylacje pasożytnicze spowodowane przesunięciem fazowym wytwarzanym w obszarze wysokich częstotliwości;
- zniekształcenia intermodulacyjne i harmoniczne w stopniu wyjściowym spowodowane przeciążeniem przy niskich częstotliwościach, gdy indukcyjność pierwotna jest niewystarczająca;
- zniekształcenia harmoniczne i intermodulacyjne powodowane przez nieliniową zależność między strumieniem a siłą magnetyczną w materiale rdzenia. To zniekształcenie jest zawsze obecne, ale ulegnie znacznemu pogorszeniu, jeśli gęstość strumienia w rdzeniu przekroczy bezpieczną granicę;
- zniekształcenia harmoniczne wprowadzone przez nadmierną rezystancję w uzwojeniu pierwotnym.

Wymagania te mogą się wzajemnie wykluczać i projekt transformatora powinien być wyważonym kompromisem.

Zastosowany w projekcie transformator jest nietypowy, ponieważ jak już powiedzieliśmy, ma dodatkowe odczepy w uzwojeniu wtórnym potrzebne do realizacji ujemnego katodowego sprzężenia zwrotnego. Taki układ jest rzadko spotykany we wzmacniaczach push-pull pracujących w klasie AB. Dlatego nie można tutaj zastosować gotowego, uniwersalnego transformatora przeznaczonego do wzmacniaczy push-pull z lampami EL84. Bez specjalistycznej wiedzy, osprzętu i umiejętności samodzielne wykonanie transformatora odpowiedniej jakości do naszego wzmacniacza jest bardzo trudne, a w praktyce niemożliwe. Dlatego zastosowano bardzo dobry i co ważne, dostępny transformator UTM7077 (fotografia 1). Na tabliczce znamionowej są oznaczone kolory przewodów wyprowadzeń. Powiemy o tym jeszcze przy okazji montażu wzmacniacza i podłączania transformatorów do układu.

Zasilacz

Schemat zasilacza pokazano na rysunku 4. Zastosowano tu transformator sieciowy



Fotografia 1. Transformator głośnikowy UTM7077

UTM9070 przystosowany do pracy z napięciami sieciowymi o wartościach 240 VAC, 230 VAC i 115 VAC. Strona wtórna dostarcza napięć przemiennych (przy nominalnym napięciu sieciowym 230 VAC i nominalnym obciążeniu):

- 294 VAC do zasilacza napięć anodowych i siatkowych,
- 27 VAC do układu regulacji punktu pracy pentod mocy,
- dwa niezależne napięcia 6,3 V do zasilania układów żarzenia lamp, osobno dla każdego z kanałów.

Układ zasilacza napięć anodowych jest zbudowany z pełnokresowego mostka prostowniczego (diody D1...D4) i kondensatora C71 o wartości 100 μ F/500 V. Napięcie B1 z tego układu zasilają przez uzwojenia transformatora głośnikowego anody lamp mocy oraz jest źródłem napięć dla kolejnych układów zasilania: siatek pentod mocy, anody triody odwracacza fazy i anody pentody wzmacniacza wstępnego. Kolejne napięcia są realizowane w układzie filtrów RC (R121, C70, R120, C69, R94, C66) obniżających napięcie i poprawiających skuteczność filtrowania. Napięcie B2 jest podawane na siatki ekranujące pentod mocy, napięcie B3 zasilają układ odwracacza fazy realizowany na triodzie 6F1P, a napięcie B4 zasilają układ wzmacniacza wstępnego (pentoda 6F1P).

W dzielniku R118, R119 powstaje napięcie B o wartości +24 VDC zablokowane kondensatorem C68. Jest ono stosowane w układzie redukcji przydźwięku o częstotliwości 50 Hz, którego źródłem może być przemiennie napięcie żarzenia lamp. Napięcie +24 VDC jest podawane na suwaki wieloobrotowych potencjometrów VR12 i VR13. Ta składowa stała nałożona na przemiennie napięcie żarzenia powoduje zmniejszenie potencjału pomiędzy żarnikiem i katodą a tym samym redukuje lub eliminuje przydźwięk 50 Hz. To napięcie można zwiększyć do wartości ok. +50 V, zmieniając rezystory dzielnika R118 i R119, gdyby układ redukcji przydźwięku nie był wystarczająco skuteczny.

Wzmacniacz ma osobną sekcję zasilacza przeznaczoną do wytwarzania ujemnego napięcia względem masy o wartości ok. -30 V. Napięcie przemiennie 27 V jest prostowane w prostowniku jednopołówkowym (dioda D5) i filtrowane kondensatorem C46. Regulowane ujemne napięcie CL podawane na siatki sterujące pentod mocy (ustawienie punktu pracy – bias) jest uzyskiwane z suwaków precyzyjnych potencjometrów VR10 i VR11 i dodatkowo blokowane kondensatorami C26 i C27.

Układ żarzenia zawiera napięcie przemiennie 6,3 V oddzielne dla każdego z kanałów. Jest dodatkowo wyposażony w układ redukcji przydźwięku opisany wyżej.

W drugiej części artykułu zostanie opisany proces montażu i uruchomienia wzmacniacza.

Igor Sobczyk
Tomasz Jabłoński

**Podstawowe parametry:**

- wzmacniacz jest inspirowany jednym z kultowych wzmacniaczy lampowych – Sansui AU70, lecz nie jest jego wierną kopią,
- zrezygnowano z oryginalnych lamp mocy 7189A, zastępując je pentodami 6P14P-EV, zrezygnowano również z lampy sterującej 6AN8, zamiast niej zastosowano radziecką lampę 6F1P,
- wzmacniacz nie zawiera części przedwzmacniacza, nie ma żadnych regulacji barwy, ale zachowano z oryginalnej konstrukcji funkcję filtra presence,
- moc wzmacniacza wynosi ok. 2×20 W.

* **Uwaga!** Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu. Wymagana umiejętność lutowania! Podstawową wersją zestawu jest wersja **[B]** nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji **[B]** zawiera elementy elektroniczne (w tym **[UK]** – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wzlutować w dołączoną płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podlinkowana w opisie kitu. Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:

- wersja **[C]** – zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw **[B]** (elementy wzlutowane w płytkę PCB),
 - wersja **[A]** – płytkę drukowaną bez elementów i dokumentacji.
- Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja **[A+]** – płytkę drukowaną **[A]** + zaprogramowany układ **[UK]** i dokumentacja,
 - wersja **[UK]** – zaprogramowany układ.

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.ulubionykiosk.pl/media

- Projekt 252 Hybryda Bis – wzmacniacz hybrydowy z niekonwencjonalnym zasilaniem (EP 6/2021)
- Projekt 252 Hybrydowy wzmacniacz lampowy (EP 1/2021)
- AVT5827 Przedwzmacniacz lampowy do gramofonu (EP 12/2020)
- Automatyyczny wyciszacz dźwięku po zaniku zasilania (EP 9/2020)
- Wzmacniacz lampowy z regulacją barwy dźwięku (EP 5/2020)
- Projekt 248 Wzmacniacz lampowy CFB (cathode feedback) (EP 11/2019)
- AVT5727 Hybrydowy wzmacniacz słuchawkowy na lampie Nutube 6P1 (EP 11/2019)
- AVT5719 Przedwzmacniacz na lampie Nutube 6P1 (EP 10/2019)

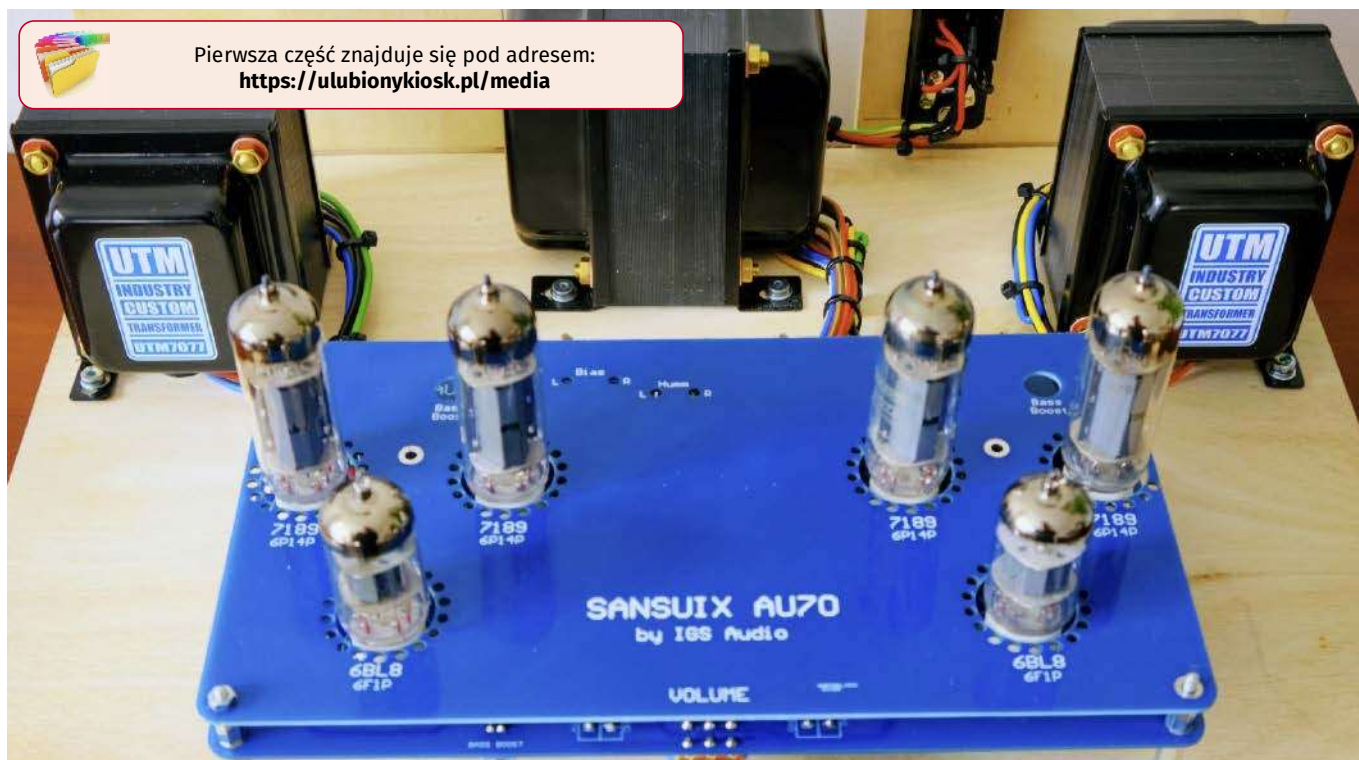
Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik PDF! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz! <http://sklep.avt.pl>

W przypadku braku dostępności na stronie sklepu osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: kity@avt.pl

W ofercie AVT*

AVT6001

Pierwsza część znajduje się pod adresem:

<https://ulubionykiosk.pl/media>

Sansuix

– lampowy wzmacniacz mocy 2×20 W (2)

Prezentujemy drugą część artykułu o wzmacniaczu lampowym Sansuix – projekcie inspirowanym jednym z kultowych wzmacniaczy lampowych – Sansui AU70. Nie bez znaczenia jest fakt, że w układzie zrezygnowano z egzotycznych, niedostępnych transformatorów czy kosztownych lamp elektronowych. Wszystko można kupić za umiarkowaną cenę jak na konstrukcję lampową. W pierwszej części artykułu zostały opisane rozwiązania układowe i schemat elektryczny. W tej części zostanie omówiony proces montażu i uruchomienia wzmacniacza.

Montaż wzmacniacza

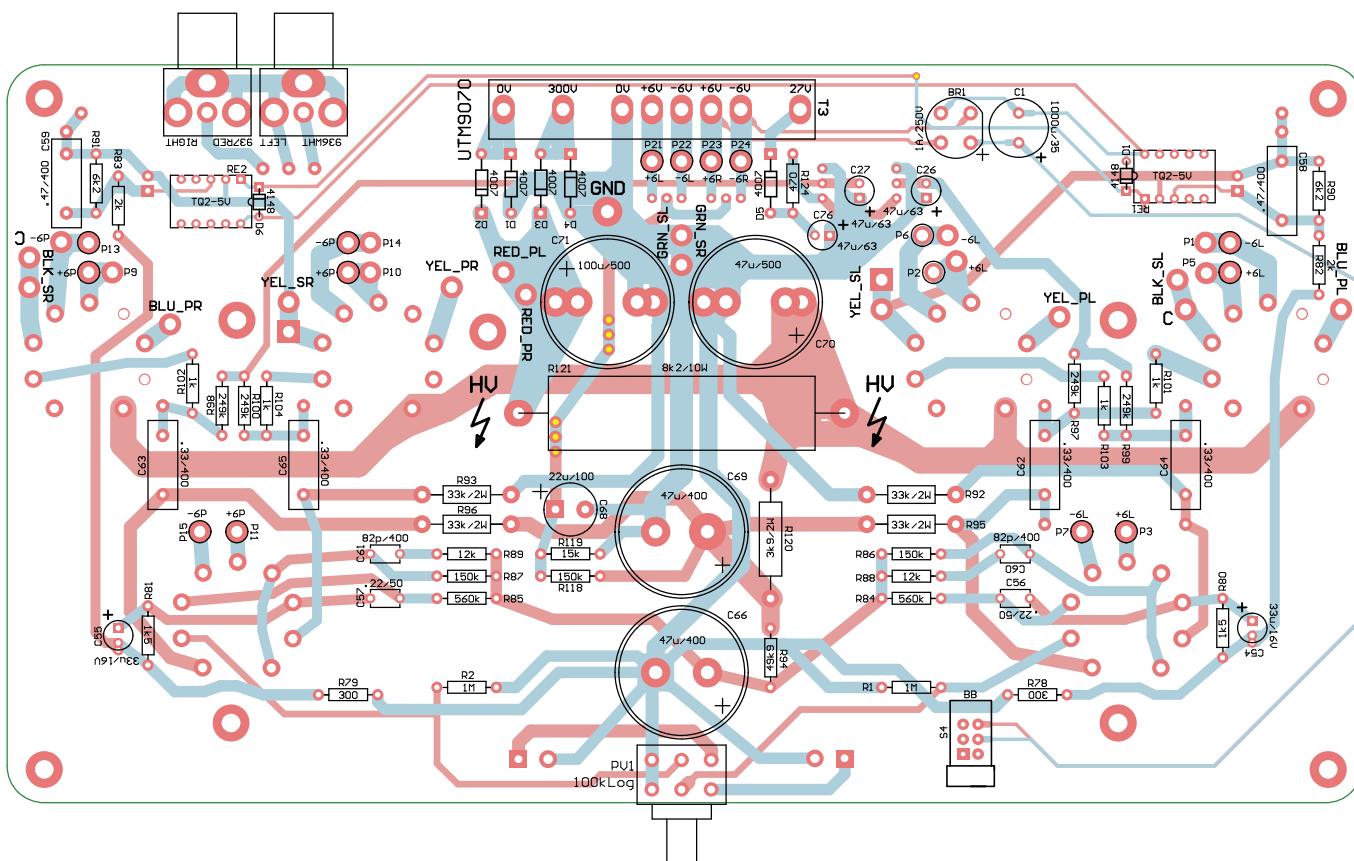
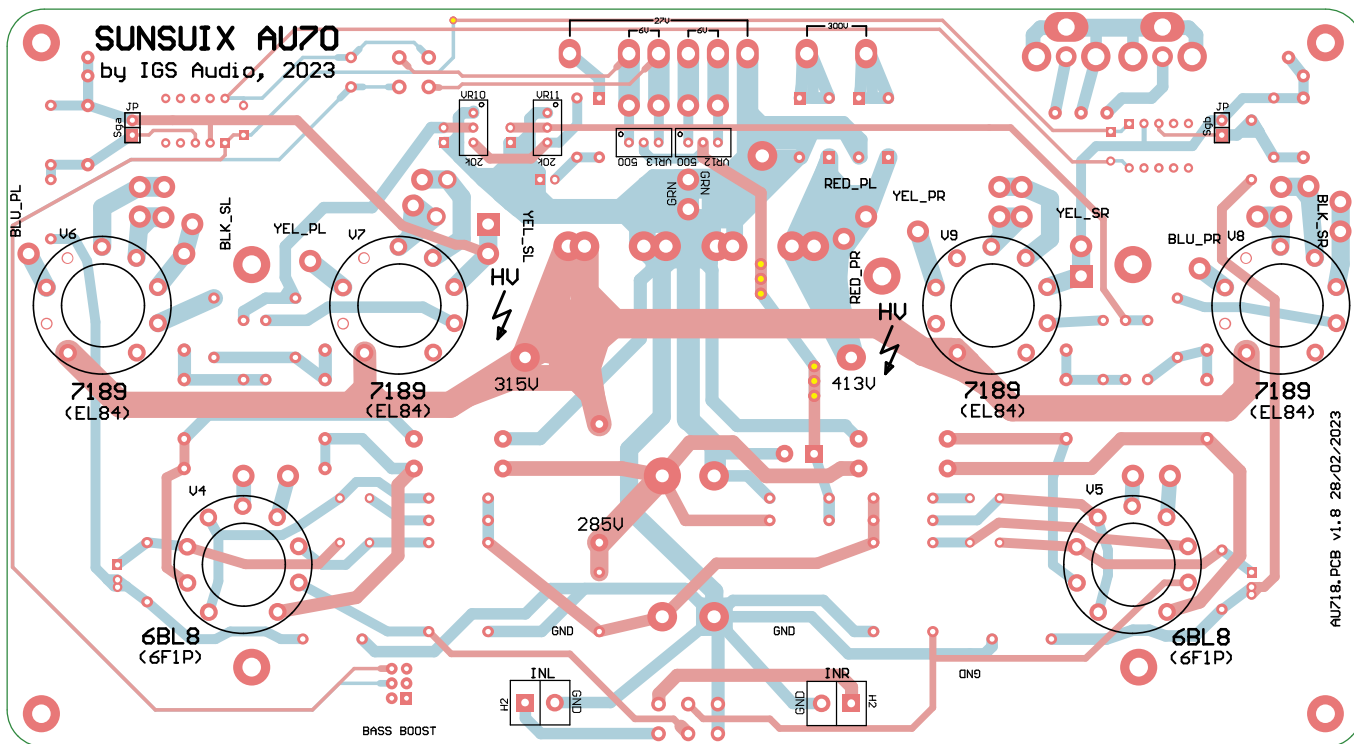
Cały układ elektroniczny wzmacniacza i zasilacz są umieszczone na jednej płytce drukowanej, której schemat został pokazany na rysunku 6. Większość elementów montujemy od strony TOP – umownej strony elementów. Elementy są dokładnie opisane na płytce

– jest podany identyfikator elementu ze schematu, jego wartość oraz dodatkowe informacje typu moc rezystorów czy napięcie kondensatorów – **fotografia 2**.

Montaż rozpoczynamy od wzlutowania elementów najniższych, począwszy od rezystorów o mocy 0,5 W. Potem wzlutowujemy

diody prostownicze, rezystory o większej mocy, kondensatory od najmniejszych do największych i potencjometr. Rekomendujemy, żeby każdy element sprawdzić (zmierzyć) przed wzlutowaniem. Może to zapobiec czasochłonnemu szukaniu nieprawidłowości w działaniu wzmacniacza spowodowanej zamontowaniem błędnego lub uszkodzonego elementu.

Po wzlutowaniu wszystkich elementów na stronie elementów przechodzimy do drugiej strony płytki. Tam montowane są podstawki pod lampy, potencjometry do regulacji biasu i eliminacji przydźwięku oraz okablowanie układu żarzenia. Należy zwrócić uwagę na równe (proste) wzlutowanie podstawek pod lampy.



Rysunek 6. Schemat płytki PCB wzmacniacza

Napięcie żarzenia jest doprowadzane do każdej z lamp za pomocą pary skręconych przewodów. Ma to na celu zminimalizowanie ewentualnego przydźwięku sieciowego. Punkty do prowadzenia przewodów na płytce są oznaczone +6L i -6L dla kanału lewego i +6R oraz -6R dla kanału prawego. Należy zwrócić szczególną uwagę na to, aby połączyć przewodami punkty o takich samych oznaczeniach dla każdego z kanałów.

Wygląd zamontowanej płytki wraz z poprowadzonymi przewodami napięcia żarzenia pokazano na **fotografiach 3 i 4**.

Podłączenie transformatora sieciowego

Na **rysunku 7** pokazano schemat transformatora z oznaczeniem kolorów przewodów wyprowadzeń uzwojeń pierwotnych (PRI) i wtórnych (SEC). Uzwojenie pierwotne

składa się z trzech uzwojeń: dwóch na napięcie 115 V i jednego na napięcie 10 V. Po odpowiednim połączeniu uzwojeń można zasilać transformator napięciem sieciowym o napięciach 115 VAC, 230 VAC i 240 VAC. Nas interesuje zasilanie z sieci 230 VAC. W tym celu trzeba połączyć szeregowo dwa uzwojenia na napięcie 115 V, zwracając uwagę na początki i końce uzwojeń. Wyprowadzenie uzwojenia

ekranującego podłączamy do zacisku ochronnego wtyczki sieciowej. Połączenie uzwojeń pierwotnych do pracy z napięciem 230 VAC pokazano na **rysunku 8**. Napięcia uzwojeń wtórnych łączymy z odpowiednio opisanymi polami lutowniczymi na płytce drukowanej – **rysunek 9**.

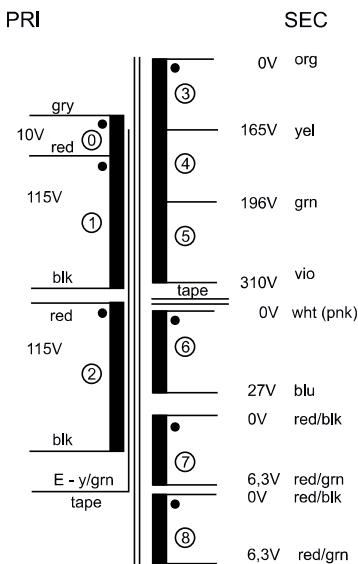
Podłączenie transformatorów głośnikowych

Wyprowadzenia uzwojeń transformatorów głośnikowych są oznaczone kolorami w taki sposób, jak pokazano na **rysunku 10**. Przy podłączaniu wyprowadzeń do płytki należy zwrócić szczególną uwagę na to, że kolorem żółtym są oznaczone wyprowadzenia uzwojeń po stronie pierwotnej i po stronie wtórnej, podobnie jest z kolorem niebieskim. Aby ułatwić poprawną identyfikację punktów lutowniczych, na płytce wzmacniacza przeznaczonych do podłączenia wyprowadzeń transformatora zostały one opisane według klucza XX_YY, gdzie XX oznacza kod koloru, a YY stronę

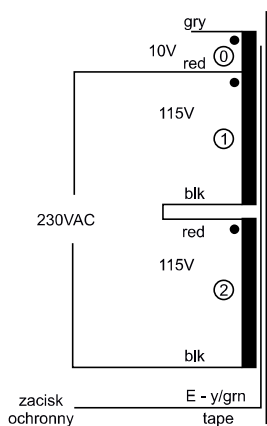
transformatora i kanał stereo. Na przykład BLU_PL oznacza kolor niebieski (*blue*), uzwojenie pierwotne (*primary*) i kanał lewy (*left*), a oznaczenie YEL_SP oznacza kolor żółty, uzwojenie wtórne (*secondary*) i kanał prawy. Na **rysunku 11** pokazano fragment płytki z zaznaczonymi opisami.

Punkty BLK_Sx i YEL_Sx są zdublowane. Należy do nich podłączyć wyprowadzenia przewodów transformatora i drugie kable,

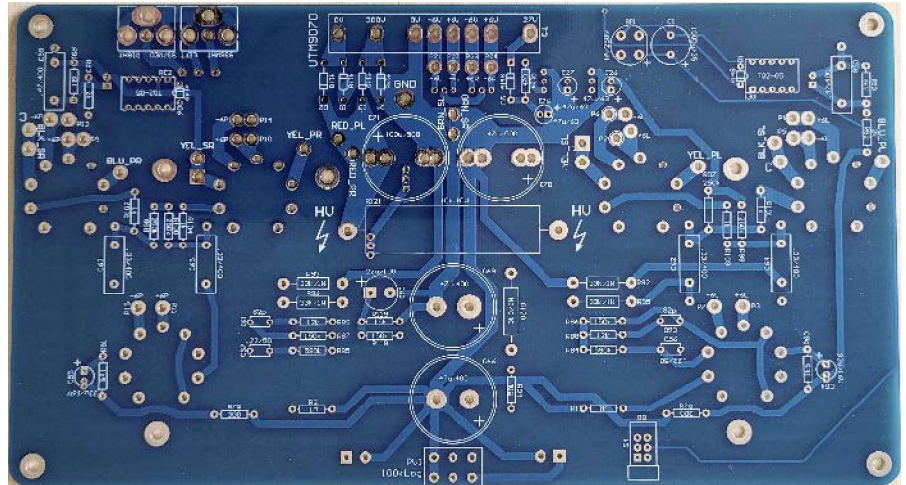
najlepiej o tym samym kolorze przeznaczone do podłączenia zacisków głośnikowych. Schemat połączeń pokazano na **rysunku 12**. Przewód czarny uzwojenia wtórniego jest połączony z katodą lampy V6 i jednocześnie jest przewodem wspólnym wyjścia głośnikowego. Podobnie jest z przewodem żółtym uzwojenia wtórniego. Na **fotografii 5** pokazano okablowanie prototypu w tej części konstrukcji.



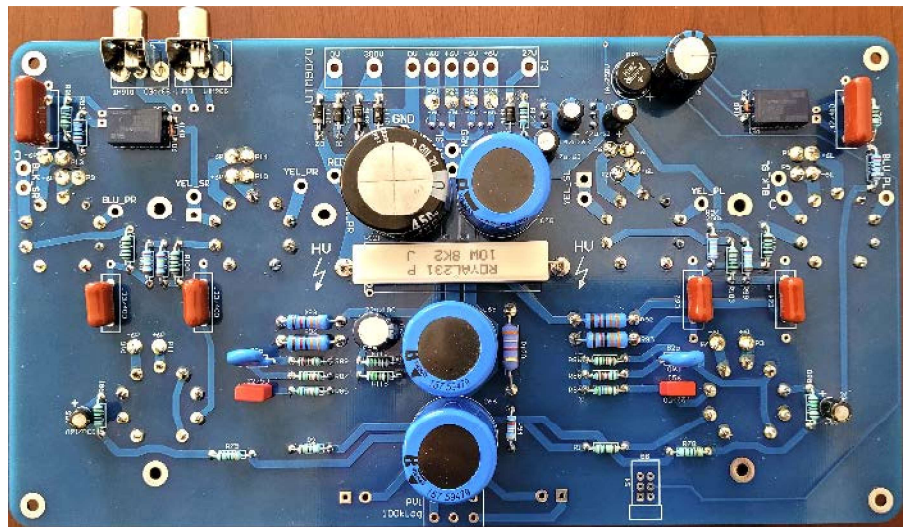
Rysunek 7. Wyprowadzenia transformatora UTM9070



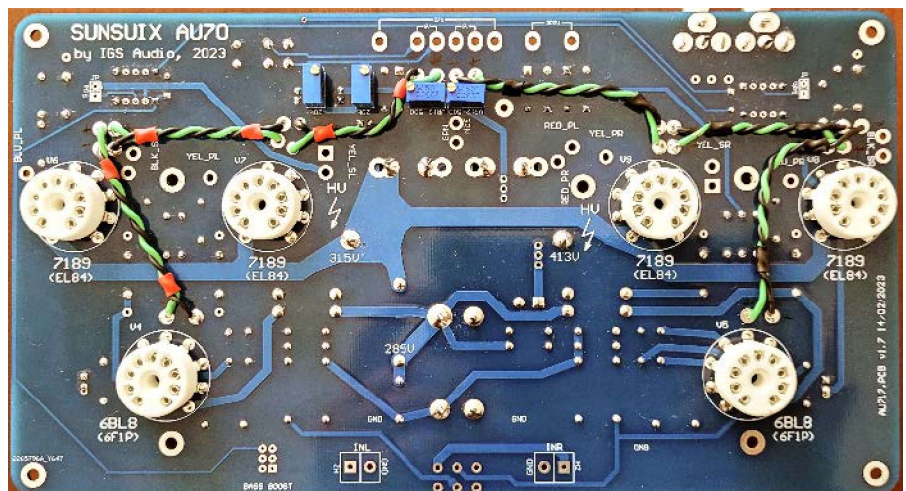
Rysunek 8. Podłączenie uzwojeń pierwotnych transformatora UTM9070 do pracy z siecią 230 VAC



Fotografia 2. Umowna strona elementów



Fotografia 3. Wygląd zmontowanej płytki od strony elementów (umownej strony)



Fotografia 4. Wygląd zmontowanej płytki od strony lamp

Uruchomienie wzmacniacza

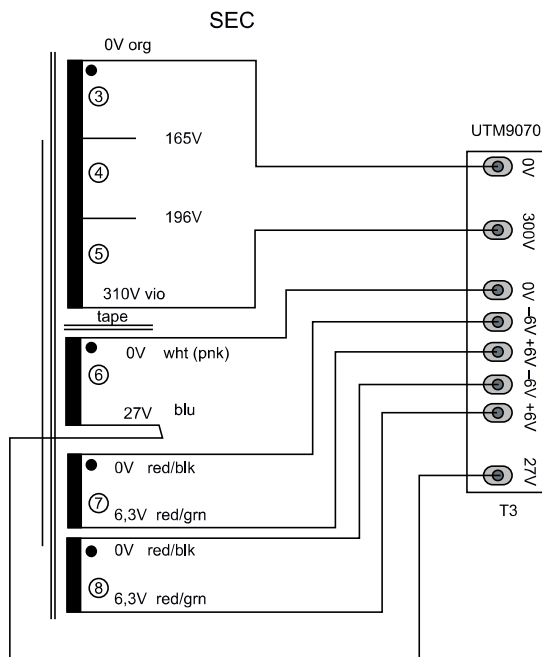
Uwaga! W układzie wzmacniacza występuje szereg napięć, które mogą być źródłem poważnych zagrożeń dla życia i zdrowia. Jest to napięcie przemienne sieci energetycznej 230 VAC oraz napięcia stałe o wartościach od 200 VDC do 400 VDC. W pewnych okolicznościach napięcia stałe mogą się utrzymywać nawet po wyłączeniu wzmacniacza (naładowane kondensatory elektrolityczne). Nieprawidłowy montaż i nieuczynne prace serwisowe mogą być przyczyną porażenia lub wystąpienia pożaru. Z tego powodu zaleca się bezwzględnie, żeby montaż i uruchomienie wykonywały osoby o odpowiedniej wiedzy i doświadczeniu.

Żelazną zasadą stosowaną przy konstrukcjach tego typu jest praca „jedną ręką” – czyli tak, aby nie zamykać obwodu prądu poprzez obie dłonie i klatkę piersiową. Przy pracy z wysokimi napięciami wymagane jest stosowania mierników o odpowiedniej klasie odporności na wysokie napięcia (min. 600 VDC). Dotyczy to również sond pomiarowych, ale też izolacji narzędzi, na przykład wkrętek. Nie należy też pozostawiać włączonego wzmacniacza ze zdemontowaną obudową bez nadzoru.

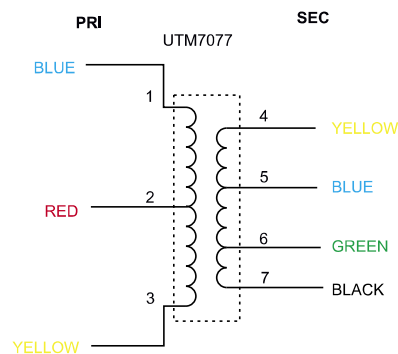
Prezentowany wzmacniacz, jeżeli jest prawidłowo zmontowany z elementów dobrej jakości, nie sprawia żadnych

problemów uruchomieniowych. Pracuje stabilnie od razu po zmontowaniu. Prototyp został mechanicznie zmontowany na kawałku sklejki. Transformatory głośnikowe i sieciowy są przesunięte wobec siebie o kąt 90 stopni tak, by zminimalizować oddziaływanie pola magnetycznego 50 Hz na transformatory głośnikowe – fotografia tytułowa.

Po zmontowaniu płytki i podłączeniu transformatora sieciowego i transformatorów głośnikowych, a przed włączeniem zasilania należy wszystko dokładnie jeszcze raz sprawdzić. Jeżeli wszystko jest w porządku, to wkładamy lampy w podstawki i możemy



Rysunek 9. Podłączenie uzwojeń wtórnych transformatora sieciowego do płytki wzmacniacza

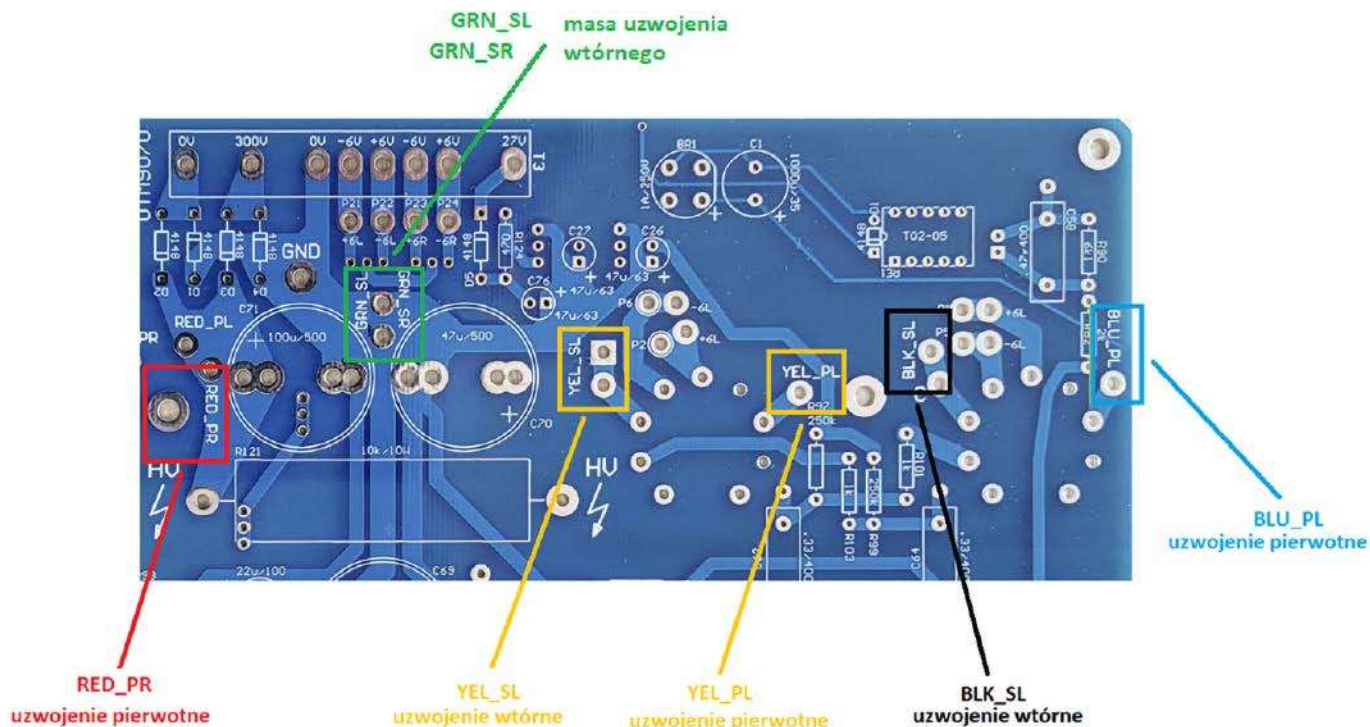


Rysunek 10. Wyprowadzenia transformatora głośnikowego UTM7077

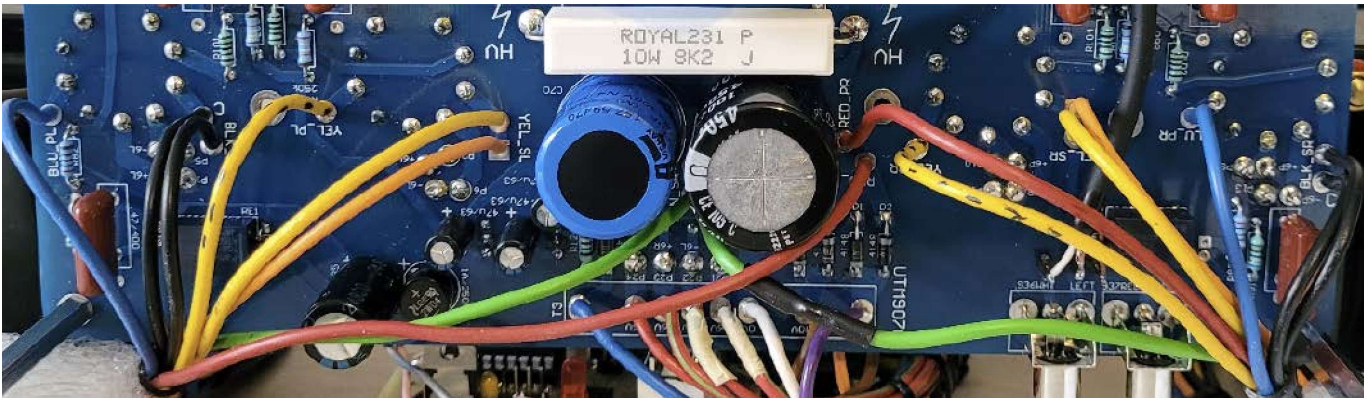
włączyć zasilanie 230 VAC. Należy pamiętać, że lampy mocy w tego typu wzmacniaczach powinny mieć parametry dobierane czwórkami. Lampy różniące się parametrami powodują niesymetrię w pracy stopnia końcowego Push-Pull i wzrost zniekształceń.

Konieczne jest stosowanie lamp 6P14P w wersji militarnej na przykład serii EV. Zwykle lampy 6P14P jak i EL84 nie są przystosowane do pracy z napięciem anodowym +400 V i jeżeli się nie uszkodzą natychmiast, to nie popracują długo w tym układzie. Można próbować obniżyć napięcie anodowe lampy EL84. My takich testów nie robiliśmy.

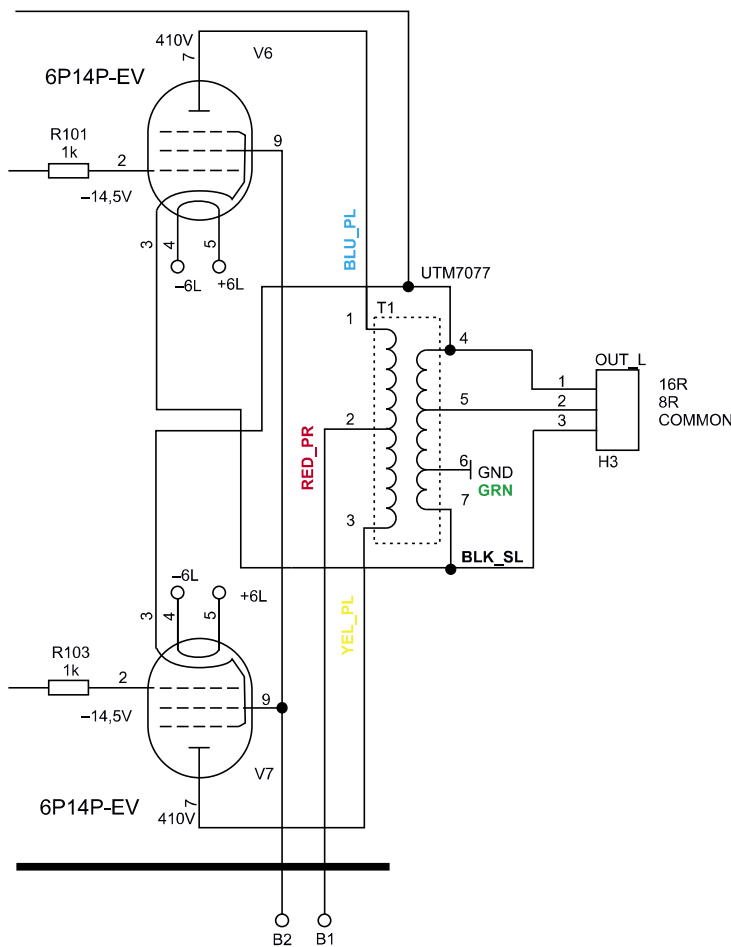
Prawidłowo zmontowany wzmacniacz nie wymaga wielu czynności uruchomieniowych. Przed pierwszym włączeniem do sieci należy obciążyć wyjścia głośnikowe rezystorami 8 Ω/50 W. Włączanie i użytkowanie wzmacniacza bez obciążenia strony wtórnej może spowodować uszkodzenie transformatora głośnikowego. Jeżeli chcemy używać



Rysunek 11. Opis na płytce z identyfikacją kolorów przewodów transformatora głośnikowego



Fotografia 5. Podłączenie przewodów transformatorów głośnikowych w prototypie wzmacniacza



Rysunek 12. Fragment schematu z zaznaczeniem połączeń z transformatorem głośnikowym

oscylloskopu do diagnostyki wzmacniacza, trzeba pamiętać, że ze względu na topologię stopnia wyjściowego nie można podłączać jednocześnie dwu sond oscylloskopu dwukanałowego do wyprowadzeń głośnikowych. Spowoduje to zwarcie wyprowadzeń common obu kanałów przez masę sond oscylloskopu i błędne działanie wzmacniacza.

Podobnie jest z generatorem sygnałowym. Jeżeli zimny zacisk (masa) generatora jest połączony z kołkiem uziemiającym i masa oscylloskopu jest również połączona z kołkiem uziemiającym, to takie połączenie spowoduje zwarcie wyjścia głośnikowego common do masy i wzmacniacz nie będzie pracował prawidłowo.

Ustawienie punktu pracy (biasu) pentod mocy

Należy podłączyć woltomierz pomiędzy masę i nóżkę 2 jednej z pentod mocy regulowanego kanału. Na wejście nie podajemy żadnego sygnału (potencjometr siły głosu jest w lewym skrajnym położeniu). Potencjometrem VR10 dla kanału lewego i VR11 dla kanału prawego ustawiamy napięcie w zakresie od $-14,5\text{ V}$ do -18 V , ale równo dla obu kanałów. Należy to robić powoli, ponieważ suwaki potencjometrów są zablokowane kondensatorami elektrolitycznymi i napięcie na nich musi się ustabilizować.

Regulacja eliminacji przydźwięku

Po upewnieniu się, że wzmacniacz się nie wzbudza z powodu wadliwego montażu i po ustawieniu biasu, możemy podłączyć kolumny głośnikowe. Jeżeli w głośnikach jest słyszalny przydźwięk sieciowy, to można go wyeliminować, regulując potencjometrami VR12 dla kanału lewego i VR13 dla kanału prawego.

Uwagi końcowe

Jak już wspominaliśmy, wzmacniacz jest stabilną konstrukcją i nie stwarza żadnych problemów z uruchomieniem. Jakość brzmienia jest na bardzo dobrym poziomie. Jest to zasługa bardzo dobrej topologii układu pochodzącego ze złotej ery wzmacniaczy lampowych, ale też zastosowania transformatorów głośnikowych o świetnych parametrach technicznych. Połączenie tych dwu elementów daje świetny efekt końcowy. Nie bez znaczenia jest fakt, że nie ma tu egzotycznych niedostępnych transformatorów czy lamp elektronowych. Wszystko można kupić za umiarkowaną cenę jak na konstrukcję lampową.

Igor Sobczyk
Tomasz Jabłoński, EP

REKLAMA

EP.com.pl Odwiedź stronę z mnóstwem doskonałych projektów