



Przedwzmacniacz lampowy do gramofonu

Płyty winylowe, zastąpione już dawno płytami CD, nie zniknęły całkowicie z rynku. W dobie mediów cyfrowych nadal są obecne jako stare, kolekcjonerskie wydania ulubionych artystów, a niekiedy także nowe, aktualne wydania. Do odtworzenia zapisu z płyty winylowej niezbędny jest gramofon, ale aby umożliwić jego współpracę z zestawem audio i wydobyć wszystkie walory ścieżki dźwiękowej, niezbędny jest specjalizowany przedwzmacniacz gramofonowy zaprezentowany poniżej.

Na przestrzeni lat technika odtwarzania dźwięku zapisanego na płycie winylowej przeszła chyba wszystkie możliwe drogi ewolucji, zarówno pod względem mechanicznym, jak i układów elektronicznych. Powszechnie wiadomo, że dźwięk na płycie winylowej jest zapisany w postaci rowka, którego boczne ścianki zostały precyzyjnie odwzorowane w tłoczni z matrycy i ich nierówna powierzchnia przechowuje pierwotnie zapisany sygnał dwóch kanałów. Dźwięk ten jest możliwy do odtworzenia za pomocą igły gramofonowej, której drgania są zamieniane na sygnał elektryczny. Chęć zapisania dwudziestu kilku minut dźwięku wymusiła na autorach standardu opracowanie płyty drobnorówkowej. To z kolei wymagało specjalnego rodzaju

zapisu według krzywej RIAA. Nie wdając się w szczegóły, zapis taki polega na obniżeniu poziomu niskich częstotliwości i podwyższeniu poziomu zapisu dla częstotliwości wysokich. Tematyka krzywych RIAA jest szeroko omawiana w literaturze i internecie. Temat mechaniki i geometrii ramienia jest również ciekawy i zachęca się do zgłębienia przynajmniej podstawowych wiadomości na ten temat z innych źródeł.

Igła gramofonowa jest umieszczona we wkładce gramofonowej, która jest przetworzoną drgania igły na sygnał elektryczny. Istnieją trzy podstawowe rodzaje wkładek gramofonowych:

- **Wkładka piezoelektryczna** – występująca we wczesnych modelach

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.media.avt.pl

W ofercie AVT* AVT-5827

Podstawowe parametry:

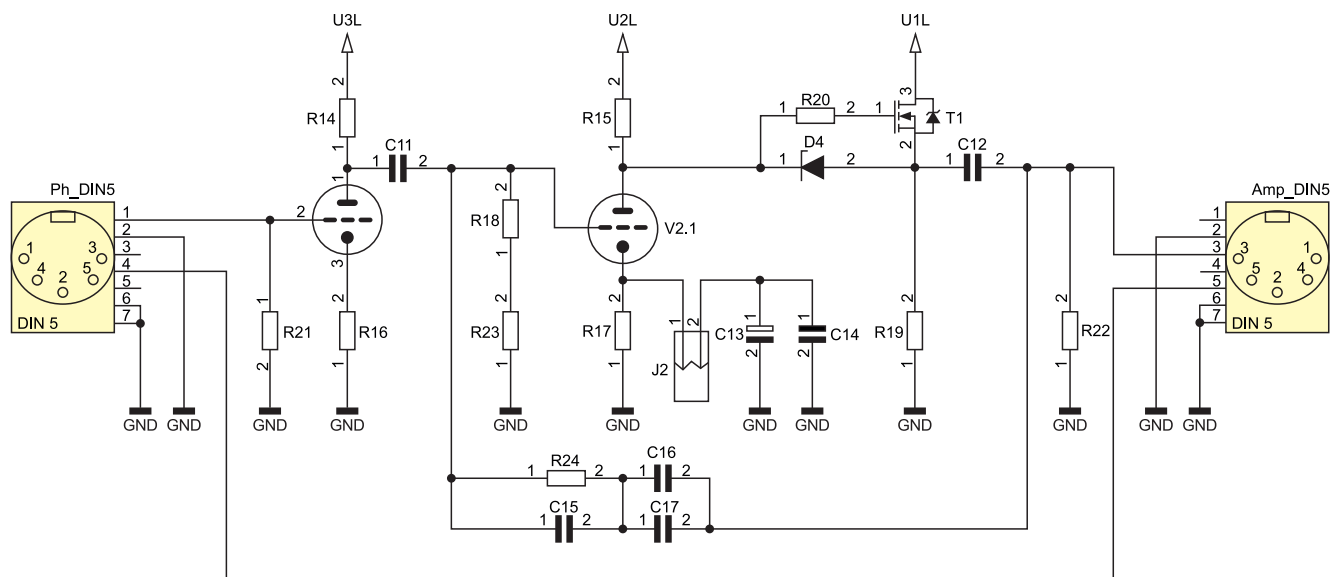
- przeznaczony do wkładek typu MM, których sygnał wyjściowy ma napięcie ok. 4.5 mV,
- stopnie lampowe pracują w układzie wspólnej katody z lampami 6N2P-EW,
- blok korekcji RIAA w pętli sprzężenia zwrotnego,
- wejścia i wyjścia wyprowadzone na gniazda DIN5,
- wymaga zasilacza o napięciu 12 VDC i wydajności 2 A.

Projekty pokrewne na www.media.avt.pl:

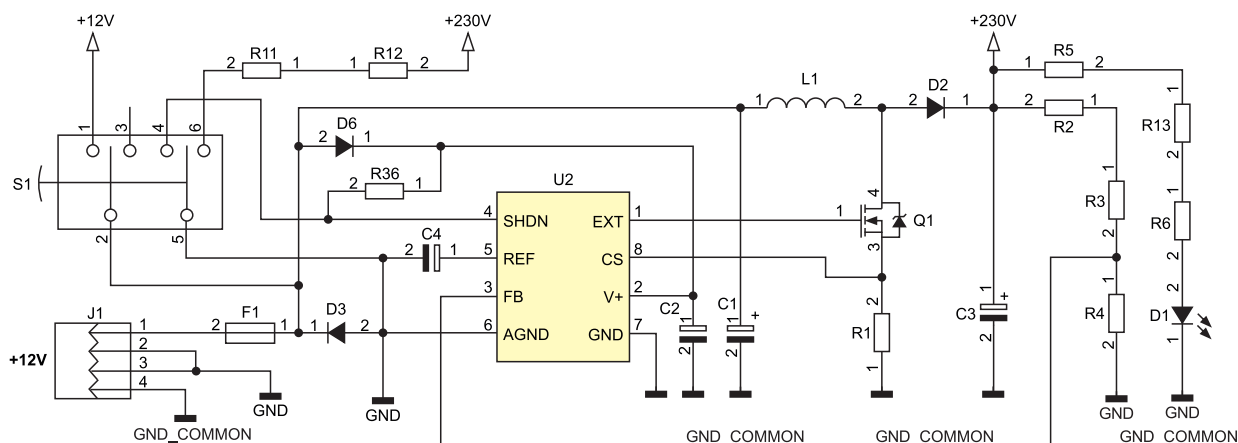
- Automatyczny wyciszacz dźwięku po zaniku zasilania (EP 9/2020)
- Wzmacniacz lampowy z regulacją barwy dźwięku (EP 5/2020)
- AVT-5727 Hybrydowy wzmacniacz słuchawkowy na lampie Nutube 6P1 (EP 11/2019)

Uwagi: 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 wlutować 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 wlutowane 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
- 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 <http://sklep.avt.pl>, osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: kity@avt.pl.



Rysunek 1. Schemat jednego toru sygnałowego przedwzmacniacza



Rysunek 2. Schemat bloku zasilania z przetwornicą podwyższającą napięcie

gramofonów klasy popularnej, ale trafia się również w obecnie sprzedawanych gramofonach;

- **Wkładka typu MM (Moving Magnet)** – najpopularniejszy rodzaj wkładki, zawiera element magnetyczny drgający w pobliżu cewki;
- **Wkładka typu MC (Moving Coil)** – elementem drgającym jest cewka. Wkładka stosowana jest w sprzęcie najwyższej klasy, wymaga specjalnego przedwzmacniacza o dużym wzmacnieniu, gdyż sama oferuje sygnał o poziomie napięcia zaledwie 0,2...0,5 mV.

Prezentowany przedwzmacniacz przeznaczony jest do używania z wkładką typu MM, której sygnał wyjściowy ma napięcie ok. 4...5 mV. Przez dziesięciolecia opracowano wiele układów elektronicznych wzmacniających sygnał z wkładki gramofonowej. Początkowo były to układy zawierające lampy elektronowe, później tranzystory, a obecnie wykorzystywane są wzmacniacze operacyjne o doskonałych parametrach. Jednak widok gramofonu z obecnym obok przedwzmacniaczem lampowym jest niepowtarzalny, dlatego autor projektu

zdecydował się na zastosowanie lamp w swojej konstrukcji.

Budowa i działanie

Lampowe układy przedwzmacniaczy gramofonowych można podzielić na dwa główne typy. Pierwszy z nich ma układ korekcji częstotliwościowej RIAA umieszczony pomiędzy stopniami wzmacniającymi. Drugi typ ma blok korekcji RIAA w pętli sprzężenia zwrotnego. Ponieważ autor konstrukcji budował już wzmacniacz lampowy audio bez pętli sprzężenia zwrotnego, ciekawość skłoniła go do wyboru układu, który pętlę sprzężenia zawiera.

Popularny i chwalony w sieci jest układ przedwzmacniacza EAR834p. Jest to rozwiązanie, którym inspirował się autor, ale zastosował kilka własnych modyfikacji. Schemat układu pokazano na **rysunku 1**. Na schemacie widoczny jest jeden kanał wzmacniacza, którego wejścia i wyjścia zostały wyprowadzone na gniazda DIN5. Dwa stopnie lampowe pracują w układzie wspólnej katody. Pierwszy stopień wzmacniacza, który zawiera połówkę lampy V1 (6N2P-EW), wzmacnia sygnał wejściowy i jednocześnie

zapewnia właściwe obciążenie wkładki gramofonowej. Wkładka wymaga obciążenia o rezystancji 47 kΩ, lecz dopuszcza się niewielkie zmiany tej wartości, ponieważ można w ten sposób ukształtować dźwięk wedle własnych oczekiwań. W układzie zastosowano rezystor niskoszumowy 47,5 kΩ. Stopień wejściowy pracuje z małymi sygnałami, wzmacnienie nie powinno być zbyt wysokie, ponieważ spowoduje uwypuklenie szumu lampy oraz szumu rezystorów.

REKLAMA

SoMLabs
www.somlabs.com

nowość!

VisionSOM-STMP1
Moduły serii VisionSOM z procesorem STM32MP1, z rdzeniami Cortex-A7 oraz Cortex-M4

Z tego powodu rezystor katodowy R16 nie jest bocznikowany kondensatorem, a powstałe lokalnie sprzężenie zwrotne dla sygnałów zmiennych obniżyło wzmocnienie i poszerzyło pasmo. Pomiar napięć w układzie dał wartości dla tego stopnia $U_{3L}=195$ V, $U_a=111$ V, $U_k=1,06$ V. Pomiar napięć drugiego kanału wygląda podobnie.

Drugi stopień wzmacniający zawiera półwkę lampy V2 (6N2P-EW). Na wejściu obecne są rezystory o łącznej rezystancji 2 M Ω , które dołączają siatkę lampy V2 do masy. Ten stopień przedwzmacniacza daje możliwość dodania równolegle do rezystora R17 kondensatorów C13 i C14, które zwierając składową zmienną do masy, wyłączają jej sprzężenie zwrotne powodowane rezystorem R17 i w efekcie wzmocnienie stopnia wzrośnie. Autor ma wkładkę typu AT VM520EB i kondensatory nie są włączone do obwodu.

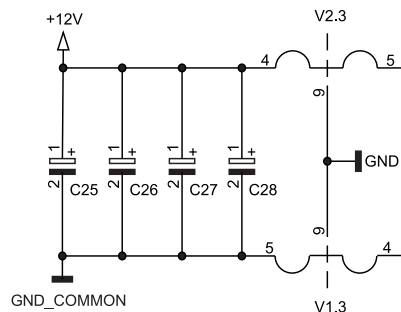
Wartości rezystorów anodowych w zaprezentowanym układzie odbiegają wartościami od rezystorów z układu EAR834p (174 k Ω vs. 330 k Ω). Podczas próbnych odsłuchów zauważono, że wzmocnienie układu jest zbyt wysokie (dla używanej wkładki) i autor subiektywnie odczuwał je jako zbyt krzykliwe. Po zastosowaniu wartości 174 k Ω dźwięk uspokoił się. Wydaje się, że w zależności od zastosowanych lamp, napięć zasilających i użytej wkładki, należy indywidualnie dobrać elementy ustalające punkty pracy lamp

zgodnie z własnymi upodobaniami. Wartości rezystorów katodowych i anodowych nie są krytyczne i można próbować różnych konfiguracji. Jednak należy pamiętać, aby lampa pracowała z niewielkimi wartościami prądów. Ma to wpływ na generowane w niej szumy śrutowe.

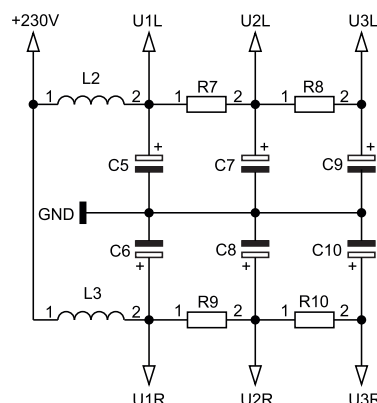
Omawiany stopień wzmacniający jest objęty sprzężeniem zwrotnym, w którym sygnał pobierany jest z wyjścia i poprzez elementy R24, C15, C16+C17 kształtowane jest wzmocnienie stopnia zgodnie z charakterystyką RIAA. W porównaniu do układów z bierną korekcją, przesunięcia fazowe sygnału są w takim rozwiązaniu mniejsze. Po uruchomieniu, napięcia panujące w układzie lampy V2 wynoszą: $U_{2L}=218$ V, $U_a=121$ V, $U_k=1,22$ V.

Wzmocniony sygnał z lampy V2 nie może być bezpośrednio podany na wyjście wzmacniacza, ponieważ impedancja wyjściowa układu jest zbyt wysoka. W rozwiązaniach klasycznych stosuje się kolejną triodę pracującą w układzie wtórnika katodowego. Kolejna lampa, która już nie ma wpływu na barwę dźwięku, może być zastąpiona wtórnikiem źródłowym bez szkody dla dźwięku. Dlatego na wyjściu wzmacniacza zastosowano tranzystor MOSFET oznaczony T1. Płynie przez niego niewielki prąd, więc można zastosować element w obudowie SMD i schować go pod płytką drukowaną. Dioda Zenera D4 zabezpiecza bramkę T1 przed zbyt wysokim napięciem, które pojawia się na chwilę po uruchomieniu, zanim nie wzrośnie prąd anodowy lampy V2.

Przedwzmacniacz wymaga prądu o natężeniu ok. 350 mA do zasilania obwodu



Rysunek 3. Schemat szeregowego połączenia obwodów żarzenia lamp



Rysunek 4. Schemat układu filtracji napięcia anodowego

żarzenia lamp oraz kilku miliamperów prądu anodowego o napięciu 230 V. Zamiarem autora była budowa przedwzmacniacza o niewielkich gabarytach, który będzie dodatkiem do gramofonu, a nie odwrotnie. Cel osiągnięto dzięki zasilaniu przedwzmacniacza z zewnętrznego zasilacza o napięciu 12 VDC i wydajności 2 A. W bloku zasilania znajduje się przetwornica

Wykaz elementów:

Rezystory:

R1: 0,22 Ω SMD1206
R2, R3: 750 k Ω SMD0805
R4, R7, R9: 10 k Ω SMD0805
R5, R6: 68 k Ω
R8, R10, R21, R31: 47,5 k Ω
R11, R12, R13: 68 k Ω
R14, R15, R25, R26: 174 k Ω
R16, R17, R27, R28: 2,2 k Ω
R18, R23, R33, R35: 1 M Ω
R19, R29: 100 k Ω
R20, R30: 100 Ω
R22, R32: 330 k Ω
R24, R34: 750 k Ω
R36: 470 k Ω SMD0805

Kondensatory:

C1: 100 μ F/25 V
C2: 1 μ F MKT
C3, C5, C6, C7, C8, C9, C10: 10 μ F/250 V
C4: 100 nF SMD_0805
C11, C18: 150 nF
C12, C19: 2,2 μ F
C13, C20: 100 μ F
C14, C21: 100 nF
C15, C17, C22, C24: 100 pF
C16, C23: 330 pF
C25: 6,8 μ F/35 V tantalowy
C26, C27, C28: 470 μ F/16 V

Półprzewodniki:

D1: LED 5 mm
D2: US1J
D3: 1N4007
D4, D5: dioda Zenera 12 V
D6: 1N4148 SMD0805
T1, T2: 2SK2865 T0252
U2: MAX1771CSA
Q1: IPD60R600 T0252

Pozostałe:

F1: 1,0 A
L1: 330 μ H 1,2 A DE1207
L2, L3: 47 mH 200R 7,5 mA 7159-473J
S1: przełącznik 7201MD9ABE
V1, VL: 6N2P-P Noval 9
Obudowa: Monacor AH-62/SW
Amp_DIN5: złącza DIN5



Fotografia 1. Przedwzmacniacz w obudowie

StepUp (**rysunek 2**), która dostarcza napięcia anodowego, a obwody żarzenia lamp połączono w szereg (**rysunek 3**). Na wejściu układu zasilającego umieszczono bezpiecznik oraz diodę D3. Elementy te zabezpieczają układ przetwornicy przed odwrotnym podłączeniem zasilania. Przetwornicę podwyższającą zrealizowano na układzie MAX1771, z częstotliwością pracy ustawioną na ok. 300 kHz, ponieważ nie ma wpływu na sygnał z wkładki gramofonowej. Jest to klasyczny układ przetwornicy StepUp z kontrolą prądu tranzystora Q1. Rezystor R1 o rezystancji 220 mΩ ogranicza wartość przełączanego prądu do kilkudziesięciu miliamperów. Z uwagi na niewielki pobierany prąd spodziewana jest duża wartość indukcyjności dławika L1. W dokumentacji układu MAX1771 producent zamieścił uproszczony wzór, według którego można dobrać parametry dławika. Obliczona indukcyjność wyniosła ok. 470 μH , lecz w czasie prób praca układu była niepewna, a napięcie za niskie. Układ uruchomiono z dławikiem 330 μH , 1,2 A – z którym pracuje stabilnie. Producent układu MAX1771 informuje w dokumentacji, że zalecana indukcyjność dławika powinna zawierać się w przedziale 10...300 μH i to się potwierdziło. Wartość napięcia wyjściowego ustalana jest dzielnikiem napięcia R2+R3, R4, a wartość elementów dobiera się ze wzoru zamieszczonego w dokumentacji MAX1771. Uzyskane napięcie 230 V jest dodatkowo filtrowane w układzie z **rysunku 4**.

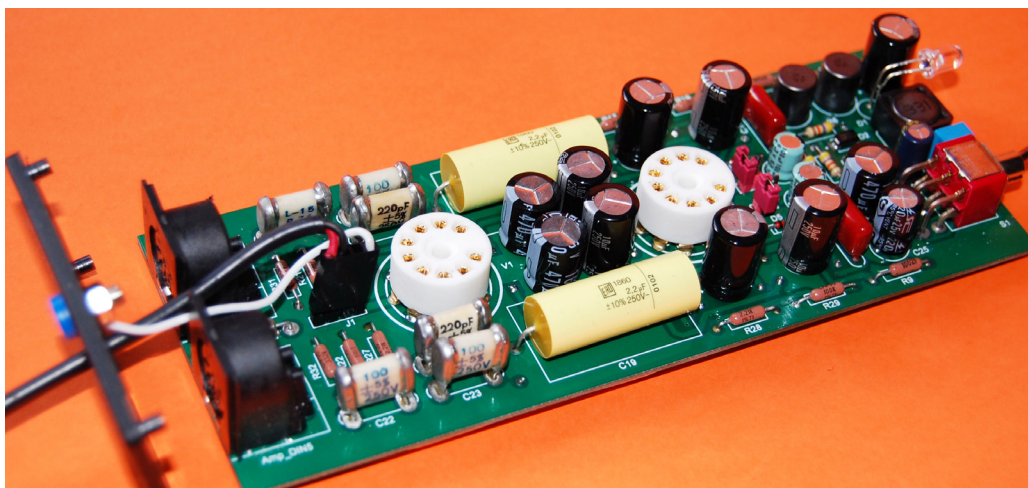
Oddzielnego omówienia wymaga wyłącznik dźwigniowy S1. W stanie wyłączenia napięcie +12 V podawane jest przez diodę D6 na zasilanie układu MAX1771. Układ przetwornicy jednak nie startuje, ponieważ wejście SHDN jest w stanie wysokim. Napięcie +12 V dociera, poprzez dławik L1 i diodę D2, do diody LED, która świeci słabym światłem, sygnalizuje stan StandBy. Po załączeniu zasilania styki przełącznika 1–2 doprowadzają napięcie do obwodu żarzenia lamp, a styki 4–5 zwierają wyprowadzenie SHDN do masy – to powoduje start przetwornicy i mocniejsze świecenie diody LED D1. Po wyłączeniu wzmacniacza rezystory R11 i R12 podłączają napięcie anodowe do masy, dzięki czemu następuje rozładowanie kondensatorów. Obecność wysokiego napięcia na anodach lamp w czasie, gdy żarnik jest zimny, jest szkodliwe dla lampy.

Montaż i uruchomienie

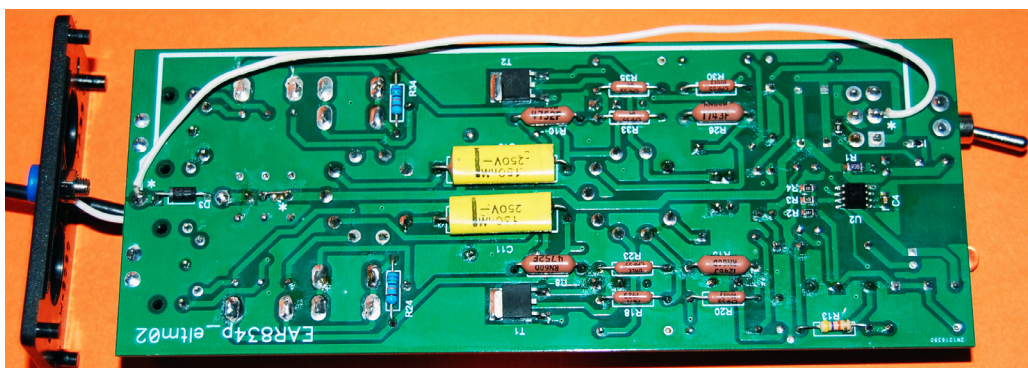
Założono, że przedwzmacniacz będzie niewielkim, nierzucającym się w oczy urządzeniem, dlatego układ umieszczono w małej, podłużnej, aluminiowej obudowie, jednocześnie zapewniającej ekranowanie przed zewnętrznymi zakłóceniami. Na przedniej ścianie umieszczono wyłącznik S1 i diodę LED (**fotografia 1**) sygnalizującą stan pracy. Tył obudowy to dwa gniazda DIN5 oraz gniazdo uziemienia (**fotografia 2**). Niestety nie udało się zmieścić gniazda zasilającego i jest ono zamontowane na przewodzie. Gniazda DIN5 wydają się przestarzałe, ale to naprawdę solidne gniazda o bardzo kompaktowych rozmiarach. Ich opinię zepsuły słabej jakości wtyczki DIN5 wykonane z kiepskiego i nieestetycznego plastiku.



Fotografia 2. Widok tylnej ścianki obudowy przedwzmacniacza



Fotografia 3. Widok zmontowanej płytki od strony TOP



Fotografia 4. Widok zmontowanej płytki od strony BOTTOM

Stosując pierwszą z brzegu markową wtyczkę DIN5, np. NEUTRIK REAN NYS322G, ponownie polubimy ten rodzaj złącza.

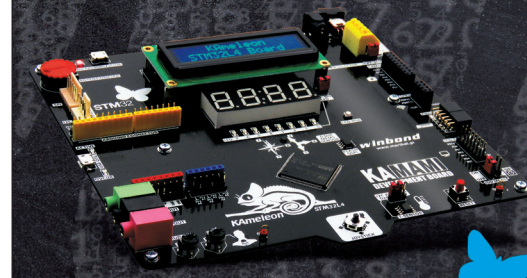
Kompletny schemat przedwzmacniacza został pokazany na **rysunku 5**, natomiast **rysunek 6** pokazuje schemat płytki PCB. Elementy układu rozmieszczono na dwustronnej płycie drukowanej. Miejsca na spodzie płytki oznaczone gwiazdkami wymagają oddzielnego połączenia przewodem.

Rezystory w obwodach sygnałowych lamp powinny być niskoszumowe. Elementy korekcji RIAA powinny być dobrej jakości i dobrane tak, aby na obu kanałach ich wartości były identyczne.

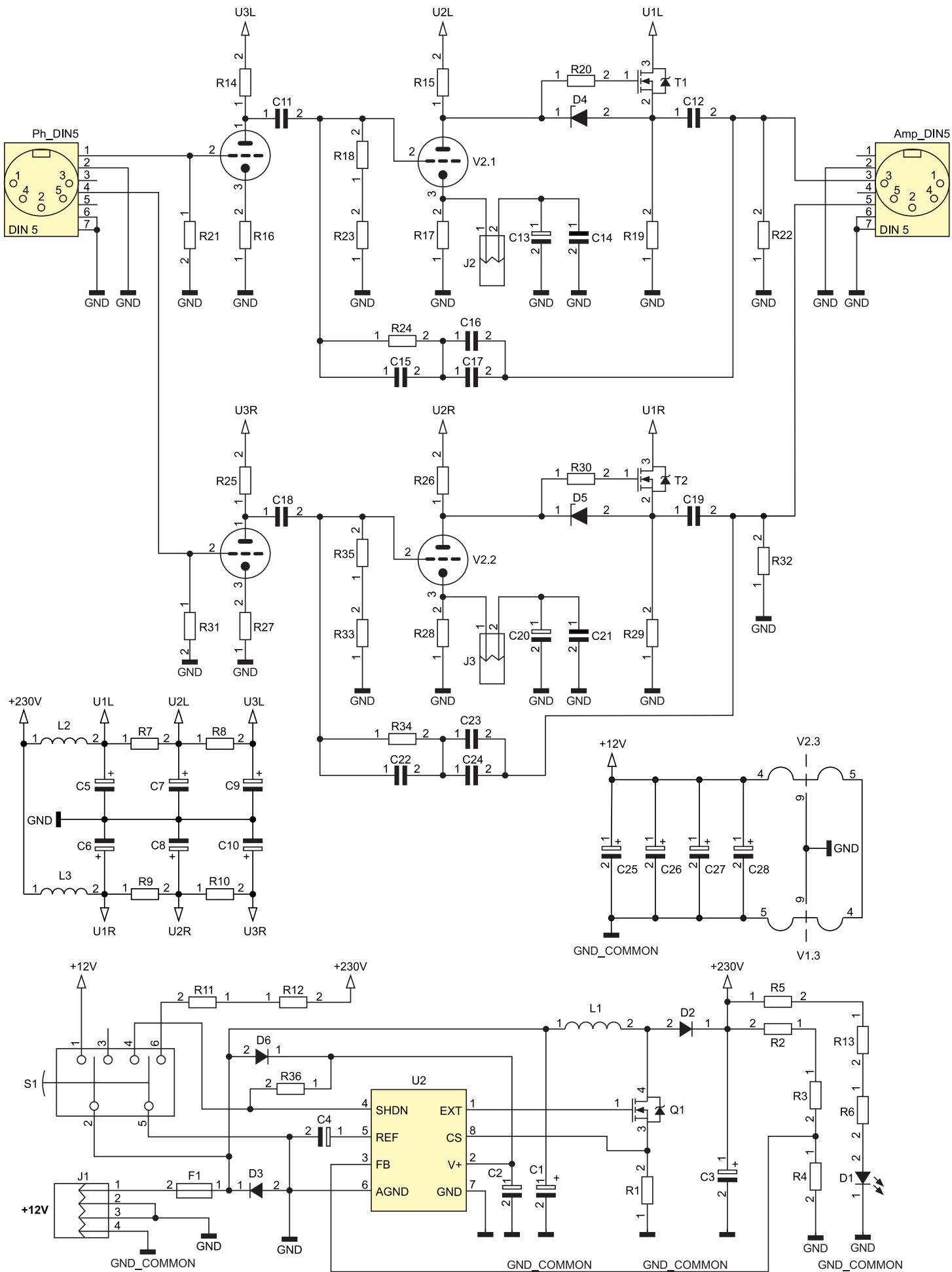
REKLAMA

Kameleon STM32L4 Board

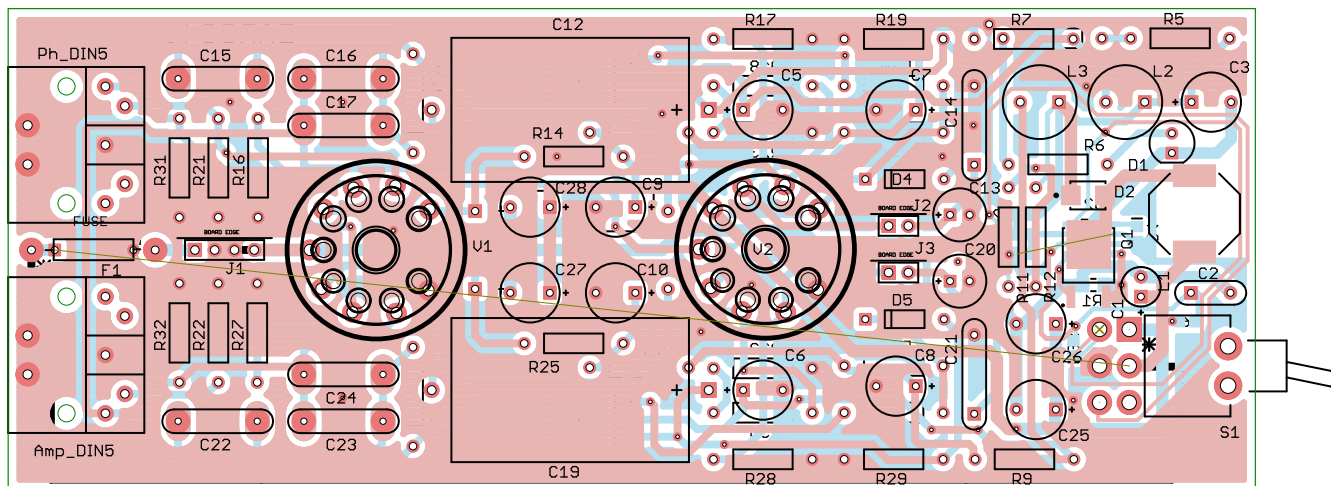
Kompletna platforma do nauki programowania



www.kameleonboard.org STM32



Rysunek 5. Kompletny schemat przedwzmacniacza



Rysunek 6. Schemat płytki PCB

Kondensatory C16 i C23 o pojemności 330 pF mogą być zastąpione pomierzoną parą 220 pF i 100 pF – w ten sposób łatwiej uzyskać wymaganą pojemność równą dokładnie 330 pF. W obwodzie sprzężenia zwrotnego kształtującego charakterystykę RIAA zastosowano kondensatory silver-mica. W pozostałych miejscach zastosowano kondensatory MKSE (150 nF) i MKC (2,2 µF). Zmontowana płytką została pokazana na fotografii 3 i 4.

Układ nie wymaga uruchamiania po zmontowaniu. Warto jednak sprawdzić, czy napięcia żarzenia na lampach są jednakowe (2×6 V) oraz czy napięcia w gałęziach zasilających anody lamp są zbliżone do wspomnianych wcześniej wartości. Na obu kanałach powinny być podobne napięcia w tych samych punktach układu. We wzmacniaczu zastosowano lampy typu 6N2P-EW, które są wprowadzane odpowiednikami lamp ECC83, lecz mają inaczej rozmieszczone

wyprowadzenia żarzenia. Płytkę PCB może zasilać wyłącznie lampy 6N2P.

Uruchomiony układ nie był poddawany pomiarom. W subiektywnym odczuciu działa poprawnie, a przy braku obecności sygnału (igła w górę) można wzmacniacz ustawić na maksymalną głośność i z głośników wydobydzie się co najwyżej cichy szum lampy.

Paweł Gołębiowski
info@eltik.pl

KONKURS

Wygraj zestaw deweloperski Microchip SAM IoT WG Development Board

Firma Microchip organizuje konkurs dla czytelników „Elektroniki Praktycznej”, w ramach którego można wygrać płytkę deweloperską SAM-IoT WG Development Board. Bazuje ona na mikrokontrolerze SAMD21G18, wyposażonym w 32-bitowy rdzeń Cortex-M0+. Ponadto zawiera układ scalony ATECC608A CryptoAuthentication, odpowiadający za realizację funkcji bezpieczeństwa. Warto też wspomnieć o w pełni certyfikowanym kontrolerze sieci Wi-Fi – ATWINC1510. Na płytce znajdują się również dwa czujniki: światła (model TMT6000) i precyzyjny czujnik temperatury (model MCP9808). Dzięki tym podzespołom płytka umożliwia błyskawiczne i łatwe połączenie tworzonej aplikacji z platformą Google Cloud IoT Core.

Wbudowany debugger pozwala na programowanie i debugowanie mikrokontrolera, bez potrzeby stosowania jakiegokolwiek dodatkowego sprzętu. Złącze mikroBUS pozwala na wykorzystanie dowolnych płytek MikroElektronika Click. Z tych względów świetnie nadaje się do prototypowania rozwiązań IoT. Dostarczany na płytce mikrokontroler jest wstępnie zaprogramowany, by móc szybko podłączyć się do platformy Google Cloud. Własny kod programu można łatwo przygotowywać z użyciem bezpłatnych bibliotek i programu MPLAB Harmony v3. Płytkę jest obsługiwana przez pakiet MPLAB X IDE.

Aby wziąć udział w konkursie, wystarczy zarejestrować się na stronie <https://bit.ly/395YV4V>. Wszyscy uczestnicy konkursu otrzymają również 20-procentowy bon zniżkowy firmy Microchip, uprawniający zarazem do bezpłatnej wysyłki produktu.

