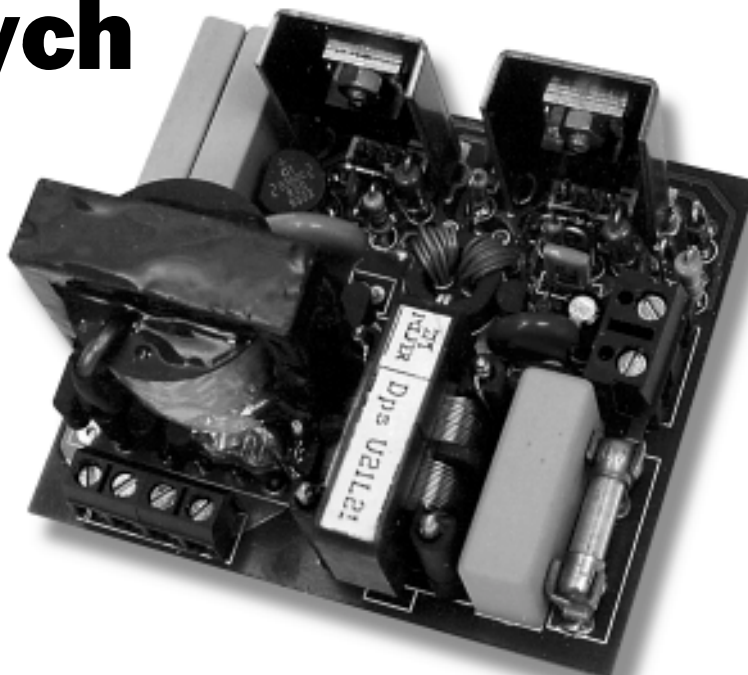


Zasilacz do żarówek halogenowych

kit AVT-394

Prezentowany zasilacz jest specjalizowanym układem przystosowanym do zasilania żarówek halogenowych o łącznej mocy zawierającej się pomiędzy 20 a 100W. To proste w konstrukcja i łatwe w uruchomieniu urządzenie w wielu przypadkach może okazać się konkurencyjne w stosunku do zwykłego transformatora sieciowego.



Aby transformator elektroniczny był konkurencyjny w stosunku do rozwiązania klasycznego, nie może być drogi. Dlatego opisywany układ elektroniczny jest niezwykle prosty, zastosowane zostały popularne i łatwe do kupienia elementy. Mimo tych ograniczeń układ jest gabarytowo mniejszy od równoważnego transformatora toroidalnego o mocy 100W i prawie dwukrotnie lżejszy. Również sprawność zasilacza elektronicznego jest znacząco wyższa od transformatora klasycznego. Z uwagi na wysoką częstotliwość pracy, układ jest praktycznie bezgłośny, co czasem może się okazać bardzo ważne. Zakłócenia elektromagnetyczne wnoszone z powodu impulsowej pracy urządzenia są wyższe niż w przypadku rozwiązań klasycznych, aby wskutek wbudowania w układ dość skutecznego filtra przeciwzakłócenieniowego nie powinny przekraczać poziomu dopuszczalnego przez normy.

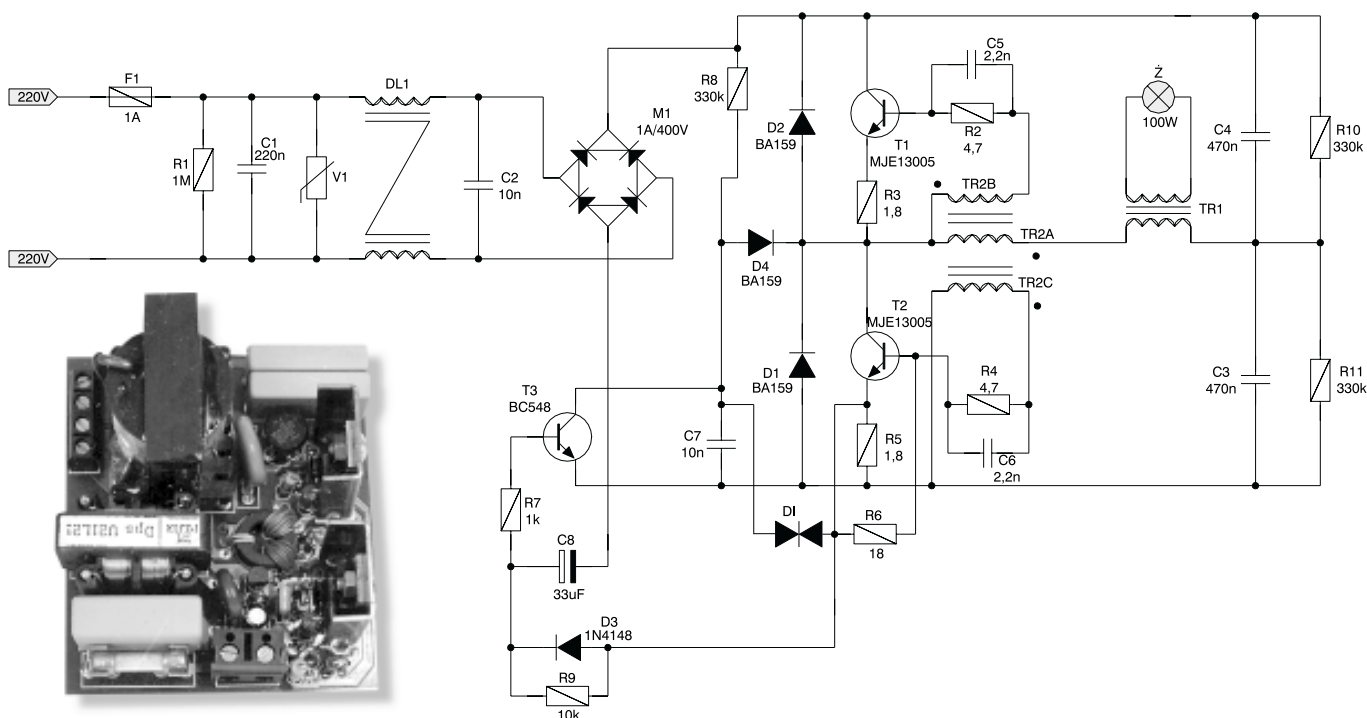
Opis układu

Schemat elektryczny urządzenia przedstawiono na rys. 1. Na wejściu zasilacza umieszczony został typowy układ filtra przeciwzakłócenieniowego. Tworzą go kon-

densatory C1 i C2 oraz dwuuzwojeniowy, skompensowany prądowo dławik DL1. Rezystor R1 zapobiega porażeniu prądem przy dotknięciu zacisków wejściowych po wyłączeniu układu z sieci. Równoległe do R1 można włączyć warystor V1, co zabezpieczy układ zasilacza przed ewentualnymi przepięciami pojawiającymi się w sieci energetycznej. Odfiltrowane napięcie sieci jest prostowane w mostku M1 i zasila układ falownika.

Ponieważ bezwładność cieplna żarówki halogenowej jest duża, w tym zastosowaniu nie ma potrzeby filtracji wyprostowanego napięcia - falownik zasilany jest więc bezpośrednio napięciem pulsującym, a sam układ elektroniczny jest prostszy i tańszy. Brak kondensatora filtrującego pozwala również zapomnieć o wielu innych problemach, jak na przykład konieczność ograniczania impulsu prądu w momencie włączenia do sieci, powolny start układu czy nawet niska wartość współczynnika mocy.

Przetworzenie napięcia sieci w przebieg szybkozmienny następuje w układzie falownika półmostkowego (ang. half bridge). Część aktywną mostka tworzą



Rys. 1. Schemat elektryczny zasilacza.

tranzystory T1 i T2 pracujące jako klucze, część pasywną tworzą kondensatory C3 i C4, dodatkowo zbocznikowane rezystorami R10 i R11 wyrównującymi na nich napięcie po włączeniu układu do sieci. W odróżnieniu od innych topologii zasilaczy impulsowych, układ półmostkowy ma w tym zastosowaniu szereg zalet, m.in. niewielką wrażliwość na rozrzut parametrów użytych elementów oraz niewielkie wymagania napięciowe w stosunku do użytych tranzystorów kluczujących.

Diody D1 i D2 zabezpieczają klucze przez odwrotną polaryzacją, zaś umieszczony w emiterze tranzystora T2 rezystor R5 dostarcza napięcia, proporcjonalnego do prądu płynącego przez żarówkę, będącego informacją dla układu zabezpieczającego przed zwarcie zacisków wyjściowych. Dla zachowania symetrii mostka, analogiczny rezystor włączony został w obwód emitera T1.

Podstawowym elementem falownika jest transformator Tr2. Zawiera on trzy uzwojenia: dwa symetryczne uzwojenia wtórne B i C zasilające obwody bazowe kluczy T1 i T2 oraz uzwojenie pierwotne A włączone szeregowo z obciążeniem falownika. Dwójniki R2, C5 i R4, C6 dopasowują impedancyjnie tranzystory T1 i T2

do transformatora, przyspieszają także ich załączanie. Prawidłowe działanie oscylatora wymaga, aby prąd przepływający przez uzwojenie wtórne doprowadzał rdzeń oscylatora do stanu nasycenia. Wynika z tego, iż użyta do budowy Tr2 kształtka ferrytowa powinna być wykonana z materiału magnetycznego o dużej przenikalności (stała $A_l=2000..6000$) i powinna mieć jak najmniejsze rozmiary. Oczywiście nie można przesadzać - za mały rdzeń nie będzie w stanie przenieść mocy wymaganej do skutecznego przetrzucania kluczy lub też uzwojenie takiego transformatora będzie wyjątkowo trudne.

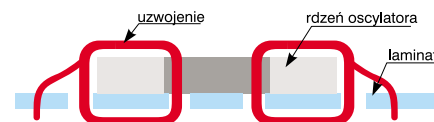
Jeśli chodzi o kształt, to zdecydowanie najlepsze do takich zastosowań są rdzenie toroidalne. Oprócz samych zalet mają tylko jedną wadę: do nawijania na nich uzwojeń w warunkach amatorskich trzeba mieć „świętą” cierpliwość i duże zdolności manualne.

Zastosowane rozwiązanie falownika jest wysoce tolerancyjne na rozrzut parametrów transformatora Tr2 w porównaniu, na przykład, do na przykład układu sterowania świetlówką. W przypadku żarówki halogenowej jest obojętne, czy układ pracuje z częstotliwością 20 czy 25 kHz, a to

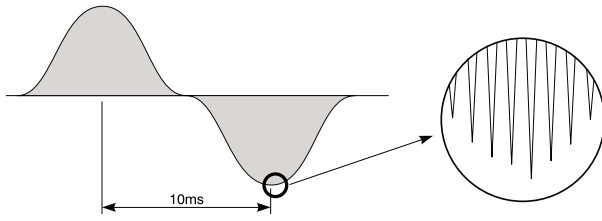
właśnie parametry Tr2 przede wszystkim decydują o częstotliwości pracy układu. Dlatego zdecydowałem się wyjść naprzeciw upodobaniom tych Czytelników, którzy nie cierpią nawijania cewek i zastąpiłem nawijanie szyciem! Liczę w ten sposób, że nawet jeśli, drogi Czytelniku, przez przypadek szyc też nie lubisz, to pomoże ci ktoś z bliskich.

W opisywanym układzie toroidalny rdzeń transformatora Tr2 przykleja się do płytki drukowanej (rys. 2), wewnątrz kształtka wywiercone są spore otwory, przez które przewleka się drut. Sposób nawijania przypomina więc prostą czynność - przyszywanie guzika. Oczywiście, w takiej metodzie drut nawojowy opasowuje oprócz rdzenia również fragment laminatu. Przeprowadzone próby pokazały, iż nie ma to negatywnego wpływu na działanie falownika.

Tranzystory T1 i T2 przewodzą na przemian, a typowa częstotli-



Rys. 2. Sposób wykonania transformatora TR2.



Rys. 3. Kształt przebiegu napięcia na wyjściu przetwornicy.

wość oscylacji, dla podanych na końcu artykułu wartości elementów, wynosi około 22 kHz. Napięcie na kolektorze T2 ma postać fali prostokątnej zawierającej się pomiędzy zerem, a pełnym napięciem zasilania. Z uwagi na wspomniany brak kondensatora filtrującego, ta szybkozmienna fala prostokątna jest modulowana amplitudowo napięciem sieci (rys. 3).

Ze względu na to, że napięcie zasilające układ zanika co każdą połówkę sinusoidy, konieczne jest każdorazowe zainicjowanie pracy falownika. W układzie startowym pracują rezystory R8 i R6 oraz diaki DI i kondensator C7. W miarę jak narasta napięcie zasilające układ, rośnie również napięcie na C7. W chwili, gdy osiągnie ono próg przełączania diaka (20..35V w zależności od typu), zaczyna on przewodzić i kondensator C7 błyskawicznie rozładowuje się poprzez złącze BE tranzystora T2, inicjując pracę falownika. Pracujący układ nie potrzebuje dalszego pobudzenia, dlatego umieszczona została dioda D4. Tłumi ona narastanie napięcia na C7 dopóki falownik pracuje.

Naładowanie C7 do napięcia przełączania diaka wymaga nieco czasu. W tym czasie falownik nie pracuje, co jest zjawiskiem raczej niekorzystnym, gdyż nagłe włączenie się układu przy sporym napięciu powoduje niepotrzebne skoki prądu i zakłócenia. Im zatem napięcie przełączania diaka jest mniejsze i mniejsza jest stała czasu obwodu R8, C7, tym lepiej. Z drugiej strony, im większa wartość R8 tym mniejsze są straty mocy. Mała wartość pojemności C7 może nie zgromadzić dostatecznej energii potrzebnej do inicjacji falownika, jak to zwykle bywa podczas doboru elementów. Niezbędny jest kompromis.

Regulując wartość stałej czasu obwodu R8, C7 można minimalnie wpływać na jasność świecenia żarówki ($\pm 10\%$ maksymalnie według mojej oceny), co czasem może być przydatne. Należy jednak z całą

stanowczością stwierdzić, iż nie jest to metoda prawdziwej regulacji jasności świecenia i ten układ nie ma możliwości płynnej regulacji. Prostota układu elektronicznego może kusić niektóre osoby do innego wykorzystania falownika niż zasilacz do żarówki. Niestety z jego pomocą nie uda się też zbudować żadnego zasilacza czy ładowarki. Szkoda czasu, nie tędy droga!

Napięcie wyjściowe falownika podawane jest na transformator Tr1. Jego zadaniem jest dopasowanie niskiej rezystancji żarówki halogenowej do wysokiej rezystancji wyjściowej falownika. Mimo impulsowego charakteru jest to po prostu transformator impedancji. Z uwagi na wysoką częstotliwość pracy ma on jednak małe rozmiary i jest lekki.

Zabezpieczenia

Zasilacz powinien być odporny na wszelkie zdarzenia jakie mogą powstać podczas normalnej eksploatacji: zwarcie zacisków wyjściowych lub pracę bez obciążenia. W układzie modelowym przewodzi w obwodzie wtórnym spowodowana przepaleniem się żarówki powoduje zanik drgań i wyłączenie się zasilacza. Dzieje się tak dlatego, że w tym przypadku falownik obciążony jest jedynie dużą indukcyjnością (ok. 15 mH) uzwojenia pierwotnego transformatora Tr1 i płynie przez niego niewielki prąd magnesujący rdzeń (poniżej 0,15A). Tak mały prąd, przepływający przez uzwojenie pierwotne (A), nie jest w stanie nasycić rdzenia oscylatora Tr2, a jest to jeden z warunków podtrzymania drgań. Zasilacz jest zatem odporny na pracę bez obciążenia. Efektem ubocznym tego zjawiska może być "niechęć" układu do pracy z żarówkami małej mocy, to jest poniżej 20W.

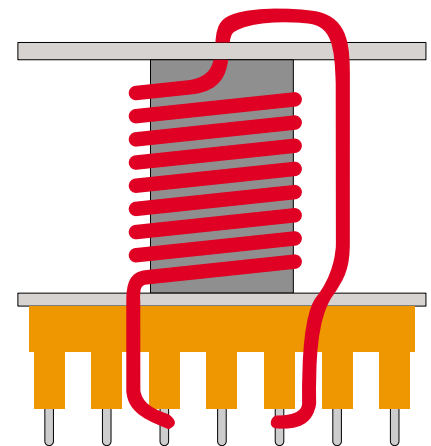
Zwarcie wyjścia lub przeciążenie powoduje z kolei istotny

wzrost prądu płynącego przez tranzystory kluczujące. Na rezystorze R5 powstaje napięcie o wartości proporcjonalnej do obciążenia układu i steruje ono tranzystorem T3. Przeciążenie powoduje jego odetkanie, zwarcie kondensatora C7 i wygaszenie impulsów startowych. Kondensator C8 wraz z obwodem ładowania D3 i R9 zapewnia odpowiednio duże opóźnienie czasowe po jakim układ będzie próbował znowu się uruchomić.

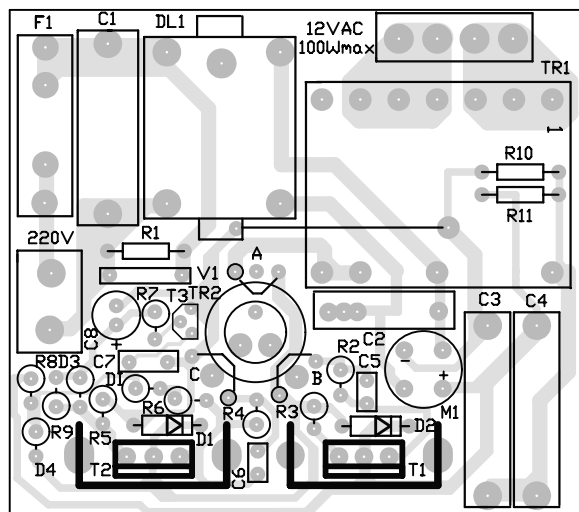
Transformator wyjściowy

Został on wykonany w oparciu o, chyba najpopularniejszą, kształtkę ETD34 z materiału F807 Polferu, bez szczeliny powietrznej. Gdy zależy nam na zminimalizowaniu strat mocy, a jesteśmy w stanie ponieść wyższe koszty, bez żadnych zmian można użyć rdzenia wykonanego z materiału 3F3 (Philips). Na początku dobra wiadomość: w odróżnieniu od cewki oscylatora, tutaj układ początków i końcówek uzwojeń nie ma żadnego znaczenia.

Jako pierwsze nawija się uzwojenie wtórne. Liczy ono 8 zwojów drutu o średnicy 1,8..2mm. Jest to dość gruby drut, który ciężko się zgina i dlatego warto w pewien sposób ułatwić sobie pracę. Przede wszystkim nie należy silić się na lutowanie końców do cienkich nóżek karkasu. O wiele lepiej jest nóżki te obciąć lub wyrwać zaś przewód poprowadzić poprzez szczelinę pomiędzy nóżkami karkasu odpowiednio go wyginając, aby przypominał brakujące wyprowadzenie (rys. 4). Z drugiej



Rys. 4. Sposób nawinięcia transformatora TR1.



Rys. 5. Rozmieszczenie elementów na płytce drukowanej.

strony drut najlepiej jest wyprowadzić na zewnątrz poprzez uprzednio wywiercony w karkasie otwór, następnie należy go zagiąć i uformować końcówkę identycznie jak początek.

Gotowe uzwojenie należy porządnie zaizolować taśmą styrofleksową, teflonową, preszpanem lub innym materiałem odpornym na podwyższoną temperaturę. Miejsca w oknie rdzenia jest sporo, więc izolacji nie należy żałować, tym bardziej, iż jej jakość i odporność bezpośrednio decyduje o bezpieczeństwie zasilacza. Ten nadmiar wolnego miejsca umożliwi również nawinięcie uzwojenia wtórnego nie pojedynczym drutem, ale kilkoma cienkimi przewodami jednocześnie. Ważne jest tylko, aby łączny przekrój uzwojenia zawierał się w przedziale 2..2,5 mm² - mogą więc to być 4 druty 0,8mm. Uzwojenie wtórne podłącza się do końcówek 1-2-3 i 4-5-6.

Uzwojenie pierwotne nawija się jako drugie. Liczy ono 70 zwojów drutu o średnicy 0,3..0,4 mm. Nawijamy je w 3..4 warstwach, przedzielonych oczywiście izolacją. Gdy zależy nam na dokładnym dobraniu napięcia wyjściowego, można nawinąć początkowo o 10 zwojów więcej, później prowizorycznie złożyć rdzeń, sprawdzić napięcie i ewentualnie kilka odwinąć. Można też wykonać jeden, dwa odczepy, np. na 65 i 70 zwoju, a koniec na 80. Końce uzwojeń lutuje się do skrajnych wyprowadzeń karkasu

(8 i 14). Do sprawdzenia rdzeń można ścisnąć poprzez owinięcie go taśmą klejącą, gotowy element trzeba solidnie skleić żywicą epoksydową.

Montaż i uruchomienie

Montaż układu należy rozpocząć od przyklejenia szybko schnącym klejem (np. Super Atak, itp.) rdzenia oscylatora do płytki drukowanej. Następnie przygotowujemy dwa odcinki po 25 cm kyanaru lub innego cienkiego przewodu w izolacji i jeden o długości 10 cm.

Uzwojenia nawija się kolejno i w taki sam sposób, lutując początek drutu do płytki i dalej ciasno przewlekając drut przez otwory. Ich średnica została tak dobrana, aby nie trzeba było zwracać uwagi na staranne układanie kolejnych zwojów - wystarczy naciągać przewlekany drut, a sam się ułoży. Uzwojenia wtórne B i C liczą sobie po 8 zwojów, uzwojenie pierwotne (A) to tylko 2 zwoje.

Po pomyślnym nawinięciu oscylatora montujemy pozostałe elementy według typowych reguł na płytce, której rozkład ścieżek przedstawiono na wkładce, a rozmieszczenie elementów na **rys. 5**.

Poprawnie zmontowany z dobrych elementów układ działa od pierwszego włączenia. Jeśli posiadamy miernik z funkcją True RMS, można dokonać kontroli napięcia wyjściowego i ewentualnej korekcji. Praktyka pokazuje jednak, iż niewielkie różnice nie mają żadnego znaczenia.

Gdy zasilacz milczy, trzeba skontrolować prawidłowość działania układu startowego (zmienne napięcie na C7, szpilkowe impulsy napięcia na rezystorze R6), napięcie stałe na kolektorze tranzystora T2 (wynosi ono około 150V, gdy układ „milczy”) oraz poprawność podłączenia początków i końców uzwojeń w oscylatorze wraz z kierunkami nawijania.

Mówienie o początkach i końcach uzwojeń ma sens tylko wtedy, gdy zachowany jest jednako-

wy kierunek nawijania, należy więc zachować czujność. Dla ułatwienia, punkty lutowicze dla uzwojeń Tr2 mają kółkami zaznaczone końcówki do których należy podłączyć początki uzwojeń. Z uwagi na generowane przez zasilacz zakłócenia warto jest zamknąć płytkę drukowaną w metalowej obudowie. Ponieważ maksymalna moc obciążenia sięga 100W (ponad 8A), należy zadbać o pewne podłączenie żarówek do zasilacza i użycie o przewodu przekroju min. 2mm².

Robert Magdziak, AVT

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

- R1: 1M Ω , 0,25W
- R2, R4: 4,7 Ω , 0,125W
- R3, R5: 1,8 Ω , 0,5W
- R6: 18 Ω , 0,125W
- R7: 1k Ω , 0,125W
- R8: 330k Ω , 0,5W
- R9: 10k Ω , 0,125W
- R10, R11: 330k Ω , 0,25W

Kondensatory

- C1: 220nF/400V typ KMP-10
- C2: 10nF/400V
- C3, C4: 470nF/250V typ KMP-30
- C5, C6: 2.2nF/63V ceramiczny
- C7: 10nF/100V
- C8: 33 μ F/10V

Półprzewodniki

- T1, T2: MJE13005 lub odpowiedniki
- T3: BC548B
- M1: mostek okrągły 1A/400V
- D1, D2, D4: BA159
- D3: 1N4148
- Dl: diak na możliwie niskie napięcie pracy (24..30V) lub dynistor, np. DB3C548 (Thomson)

Różne

- Tr1: transformator impulsowy na rdzeniu ETD34 (F807) Polfer bez szczeliny powietrznej i karkas.
- Uzwojenia według opisu w tekście
- Tr2: oscylator na rdzeniu pierścieniowym RP12.5x7.5x4.8 z materiału F2001, uzwojenie według opisu w tekście
- F1: bezpiecznik zwłoczny 1A/250V i oprawka do druku
- DL1: dławik przeciwzakłócenia DpsU21L21 (Polfer)
- V1: warystor 250V (opcja) np. S10K275 (Siemens)
- Radiatory dla tranzystorów T1 i T2 złączki ARK: jedno czterogniazdowe o rastrze 5 mm i jedno dwugniazdowe o rastrze 7,5 mm