

*SP4LVC – Grajewo, 28 grudnia 2018 r.*

## **Wzmacniacz HUSAREK PA-200**

Witam szanownych kolegów konstruktorów. Mam nadzieję, że nadal „gonimy zajęczka”. Przynajmniej ja - na pewno. Zgodnie ze swoim zamysłem sprzed niemal roku cały czas pracuję nad wykonaniem wspomnianego wzmacniacza. Z góry uprzedzam, że nie jestem autorytetem w dziedzinie tranzystorowych wzmacniaczy mocy. 15 W z „gołego” radia to czasem trochę za mało. Husarek DSP ma super odbiornik i usprawnienie części nadawczej o większą moc pozwoliłoby na swobodne i bardzo przyjemne przebywanie na paśmie. Marzy mi się, aby obok Husarka DSP stało małe, ekonomiczne pudełko podobnej wielkości, o mocy wyjściowej 150 – 200 W. Projekt jest w fazie realizacji i ciągle ewaluuje – mam nadzieję, że coraz bardziej na lepsze.

*Chciałbym złożyć ogromne podziękowania:*

*Henrykowi SP2JQR - za godziny rozmów i konsultacji telefonicznych bez których byłbym jeszcze pewnie w przysłowiowych „burakach”.*

*Januszowi SP5BMP - za fachową „czujność” i wsparcie merytoryczne.*

*Józkowi SP9HVW - za wszelkie pomysły, które nie przyszły mi do głowy.*

*Jurkowi SP7OGR – za szalone tempo uruchamiania prototypu i pomoc w potwierdzeniu założeń teoretycznych.*

*Staszce SP2GNB - za pomoc w poprawieniu jakości schematów.*

Oto naczelną założenia, których trzymałem się od początku pracy nad projektem:

1. Rozmiar obudowy identyczny lub maksymalnie zbliżony do obudowy Husarka DSP.
2. Zasilacz impulsowy zintegrowany w obudowie.

*Rozwiązania zasilaczy transformatorowych, przy wszystkich swoich zaletach są ciężkie, drogie i rozbudowane gabarytowo (transformator, konieczność odprowadzania ciepła z mostka prostowniczego, a więc radiator i zastosowanie baterii kondensatorów filtrujących). Krótko mówiąc planowany rozmiar obudowy wręcz narzuca konieczność zastosowania zasilacza impulsowego. Na rynku jest dostępna szeroka gama zasilaczy 24V (listwy LED, technika CNC) o odpowiedniej mocy i wymiarach (ok. 20x10x4 cm), których rozmiar i parametry pozwolą na ich wykorzystanie i montaż we wspomnianej obudowie. Co ważne, posiadają one wymuszone chłodzenie wentylatorowe i odpowiednie zabezpieczenia.*

### 3. Uzyskanie mocy wyjściowej 150-200W.

Parametr ten jest zdominowany możliwościami mocowymi tranzystora oraz wydajnością prądową zasilacza i jego gabarytami. Nie możemy zapchać obudowy podzespołami na maksa, bo wewnątrz musi być odpowiednia przestrzeń na zapewnienie cyrkulacji powietrza do chłodzenia podzespołów.

### 4. Zaprojektowanie płytki PA w sposób umożliwiający eksperymenty przy uruchamianiu.

Tranzystory w obudowie 375B- ..., - możliwe do zastosowania to: D1028UK, D1029UK, MRF186, MRF9120, 9180, i.t.p. Dodatkowo przewidziano różne warianty doprowadzenia napięcia zasilającego do tranzystora mocy. Duża powierzchnia pod transformator wyjściowy pozwoli na eksperymenty z innymi typami rdzeni i sposobem doprowadzenia zasilania oraz odbioru mocy wyjściowej z tranzystora mocy.

### 5. Komutacja sygnałów TX, RX na płytce PCB.

Zintegrowane w projekcie płytki PA przełączniki przełączające wejście i wyjście układu bez konieczności stosowania dodatkowych elementów (przełączników) zewnętrznych.

### 6. Zaprojektowanie układu pozwalające na zabezpieczenie wejścia i wyjścia wzmacniacza przed przesterowaniem i zbyt dużym SWR oraz wysoką temperaturą.

Zbudowany z odpowiednio dobranych dyskretnych rezystorów mocy tłumik – niezbędny do redukcji mocy sterującej. Oprócz tego wejście PA docelowo zabezpieczone będzie przed przesterowaniem zbyt dużą mocą sterującą (OVERDRIVE PROTECT) i odcinający prąd spoczynkowy tranzystora – dodatkowy układ elektroniki w fazie opracowywania oraz układ odcinający moc sterującą i prąd spoczynkowy w przypadku przekroczenia zadanej wartości SWR (2) od strony wyjścia lub przekroczenia dopuszczalnej temperatury radiatora – wykorzystana elektronika układu Multimetra RF kolegi Piotra SP2DMB. Zastosowana została stabilizacja temperaturowa prądu spoczynkowego oraz wentylator z regulacją obrotów w funkcji temperatury tranzystora mocy (termistor pomiarowy).

### 7. Wykorzystanie w projekcie wzmacniacza gotowych rozwiązań dostępnych na rynku.

Trafo wyjściowe mocy produkcji SP6RYP (R.I.P.) oraz moduł multimetru RF produkowany przez kolegę Piotra SP2DMB. Mały, bardzo uniwersalny, aż proszący się na płytę czołową wzmacniacza, a pokazujący napięcie i prąd stały, moc wyjściową, SWR, temperaturę radiatora i co ważne posiadający układ klucza tranzystorowego, który otwiera się po przekroczeniu dopuszczalnego SWR lub temperatury – to pozwala w prosty sposób wysterować przełącznik odcinający moc sterującą wzmacniacza i prąd spoczynkowy tranzystora. Olek SP6RYP opuścił nas niedawno, a pod jego transformator był zaprojektowany układ wyjściowy wzmacniacza. Złożonego transformatora już nie kupimy, dlatego pozostaje wykonanie samodzielne z rurek ferrytowych przeznaczonych do PA G6ALU 150W (do kupienia u SQ5IZX) i odpowiednio ukształtowanych płytek z laminatu. Na wszelki wypadek w obecnej wersji projektu płytki PA poszerzyłem ścieżki doprowadzeń do transformatora, aby można było wykorzystać tuleje ferrytowe w większym przedziale długości. Można również skorzystać z rdzeni dwuotworowych tzw. klocków (BN-43-7051, BN-61-002). Tak uczynił Jurek SP7OGR w układzie prototypowym.

8. Uniwersalny projekt układu filtrów LPF z zastosowaniem tanich (stosunkowo) kondensatorów silver mica Miflex i rosyjskich z Allegro. Ręczne lub automatyczne przełączanie przekaźników poszczególnych sekcji pasmowych.

Kondensatory Silver mica firmy Miflex i prod. rosyjskiej są ostatnio do kupienia na Allegro – w korzystnej cenie i szerokiej gamie pojemności i napięć pracy. Otwory na PCB są dostosowane wielkością do ich „blaszkowych” wyprowadzeń. Kondensatory opisane w tabelce jako dodatkowe to elementy SMD. Taki projekt zrobiłem z premedytacją, ponieważ ich użycie nie jest obligatoryjne, ale poprawia nieznacznie stromość zboczy poszczególnych sekcji filtrów. Użycie w tym miejscu dużych kondensatorów mikowych pociągnęłoby za sobą powiększenie wymiarów i tak dużej już płytki. Płytkę LPF jest wyposażona w mostek pomiaru napięć fali padającej i odbitej. Sygnały te wykorzystujemy do sterowania układu pomiaru SWR w module multimetra RF. Jak wiemy Husarek DSP posiada wyjście sygnałów w kodzie BCD (standard Yaesu), które w sposób doskonały przydadzą się do automatycznego załączania, wraz ze zmianą pasma przekaźników poszczególnych sekcji filtrów LPF. Zapewnia to zintegrowany z płytką układ – wymienny moduł band dekodera z układami scalonymi (74HC5414, ULN 2003A), która jest wkładana w sloty płyty głównej LPF. Układ płytki filtrów LPF został zaprojektowany w taki sposób, iż można nie montować w nim elektroniki band dekodera i przełączać poszczególne zakresy filtrów podając stan niski (-) na poszczególne sekcje przekaźników (gniazdo J3) - chociażby z przełącznika obrotowego zamontowanego na płycie czołowej. To pozwoli na wykorzystanie wzmacniacza również do innych TRX – ów. Należy pamiętać jedynie, aby doprowadzić napięcie +12V do złącza J1 lub J5, ponieważ to napięcie zasila cewki przekaźników. Oczywiście nic nie stoi na przeszkodzie, aby zrobić układ w pełni uniwersalny. Wystarczy odpowiedni „pstryczek” na płycie czołowej zapewniający opcję AUTO/MANUAL.

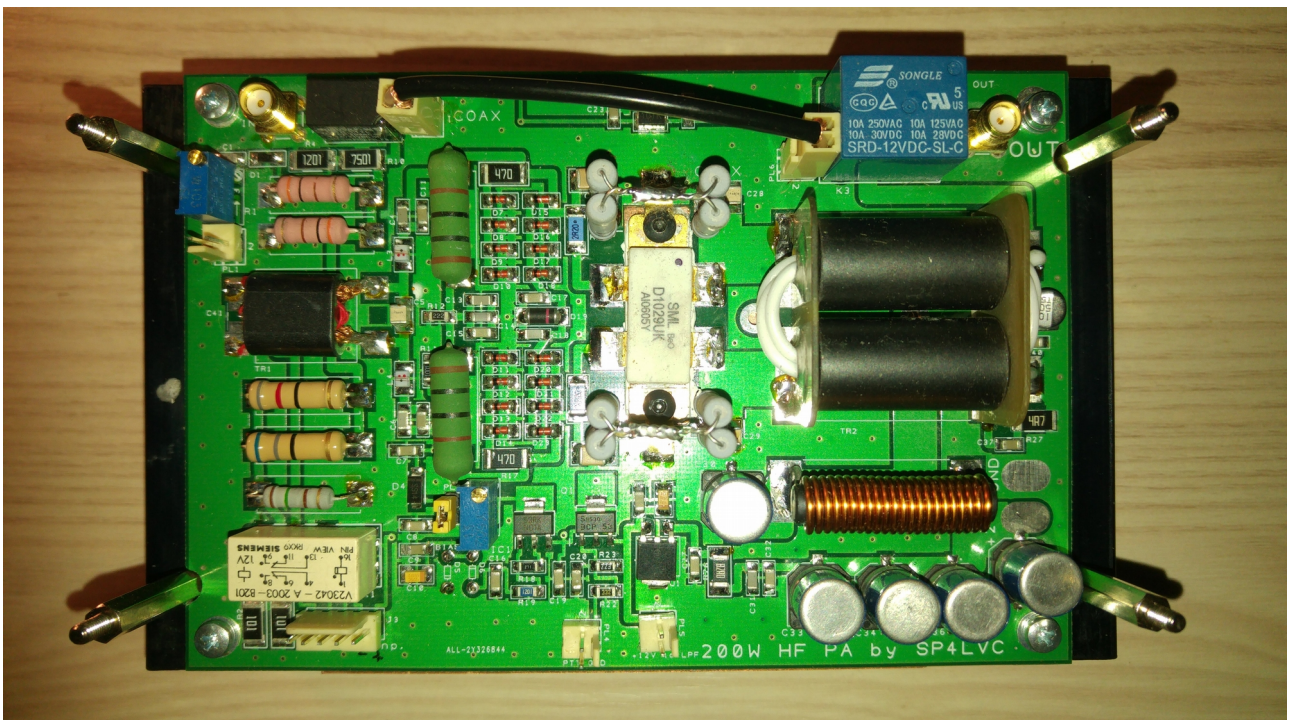
Projekty płytek zawierały dużo przelotek, dlatego nie skusiłem się na „prasowanie” płytek prototypowych w domu. Jest to już druga partia płytek PA z Chin uwzględniająca poprawki moich, niestety błędów oraz przemyślenia własne i sugestie kolegów. Informację tę wrzucam na zaczepkę, bo przecież nic nie stoi na przeszkodzie, abyśmy „popelnili” ten projekt do końca wspólnie. Po złożeniu płytek mam się zgłosić ze wszystkim co ma się zmieścić w obudowie do firmy, która robiła obudowy Husarkowe. Tym razem powstanie pudełko do wzmacniacza HUSAREK PA-200.

To chyba tyle jeśli chodzi o ogólną prezentację projektu. Na zdjęciu poniżej układ prototypowy PA w wykonaniu Jurka SP7OGR. Jak stwierdził układ zachowuje się bardzo stabilnie i wymagał dobrania wartości kilku elementów – głównie pod kątem przeniesionego pasma – dławiki szeregowo obwodu wejściowego oraz kondensatory w drenach tranzystora mocy do masy.

Egzemplarz Jurka SP7OGR – już pracujący z mocą 170W output „na luzie” - jak stwierdził autor.



Poniżej fotka mojego wzmacniacza. Układ już działa – moc wyjściowa ok. 220W przy 24V zasilania i 270 W przy 28 V. Nadspodziewanie dobrze teoria i symulacje potwierdziły się w praktyce. Po zmontowaniu elementów i podaniu napięcia zasilania układ ruszył „od strzała” i co ważne ma w miarę wyrównaną moc wyjściową do pasma 28 MHz. Na 50 MHz mój Husarek obecnie „świruje” i nie byłem w stanie zrobić prób. Do pełnegoysterowania w zupełności wystarcza 10W mocy.



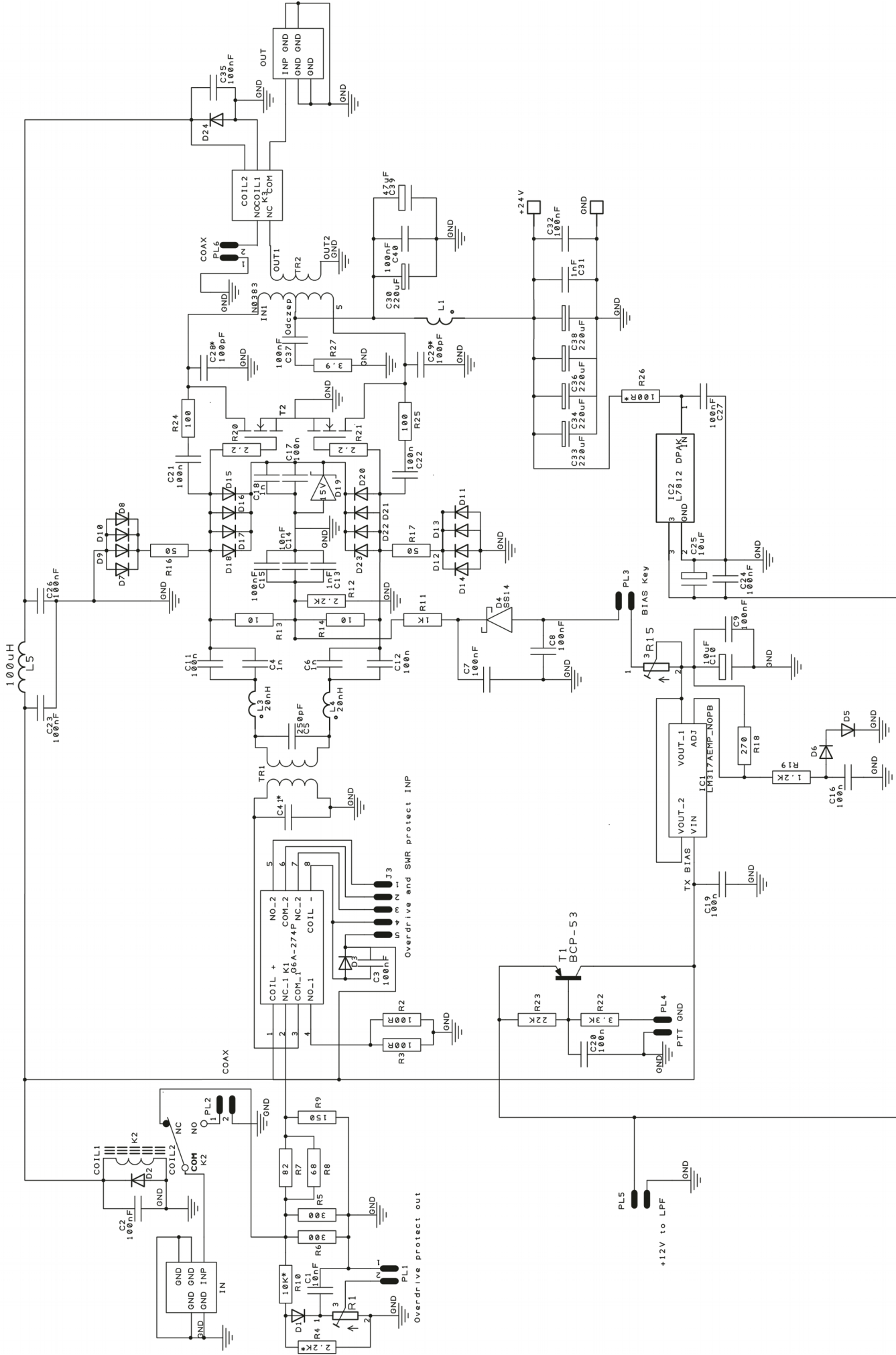
Na bocznych krawędziach PCB zrobione są 4 półokrągłe frezy, aby płytka nie kolidowała z tulejkami dystansowymi. Frezy te nie zostały uwzględnione „na stałe” w projekcie PCB, bo być może część kolegów będzie chciała zastosować inne, większe radiatory. Długie tulejki dystansowe przykręcone są do radiatora czterema śrubami M3 i na nich po obróceniu o 180 stopni będzie zamocowany cały zespół PA do płyty nośnej. Czemu długie tulejki akurat w tym miejscu radiatora? A no temu, że jak odwrócimy go do góry nogami to okaże się, że to miejsce wypada pomiędzy jego żeberkami i tam najłatwiej jest zrobić otwór na śrubkę. Jest to dobry patent w wypadku późniejszych prac serwisowych i naprawczych. Odkręcamy 4 śrubki mocujące radiator (i PA) do tulejek i już możemy wyjąć cały blok wzmacniacza. Otwory gwintowane czterech krótkich (5mm) tulejek dystansowych wkręcanych w radiator, do których przykręcona jest płytka wzmacniacza powinny wypadać w najgrubszych miejscach żeber radiatora (patrzac na jego drugą stronę). Przy starannym zwymiarowaniu i wykonaniu otworów, po prostu są one schowane w żebrach radiatora. Dla pewności gwinty zewnętrzne tulejek można skrócić o 1-2 mm.

### **UWAGA!**

Jeżeli jesteśmy już na etapie przygotowywania radiatora to proponuję od razu nawiercić i nagwintować w nim otwory do przykręcenia wentylatora. Jego polecany rozmiar to 92 x 92 mm z rozstawem otworów do mocowania ok. 82 mm ( w kwadracie). Ja nie pomyślałem o tym wcześniej i teraz mam zagwozdkę jak to rozwikłać bez rozbierania układu. Coś zapewne wymyślę. Może jakieś kołki gumowe pomiędzy żeberkami radiatora z otworami na śruby – mam nadzieję, że estetyka na tym nie ucierpi.

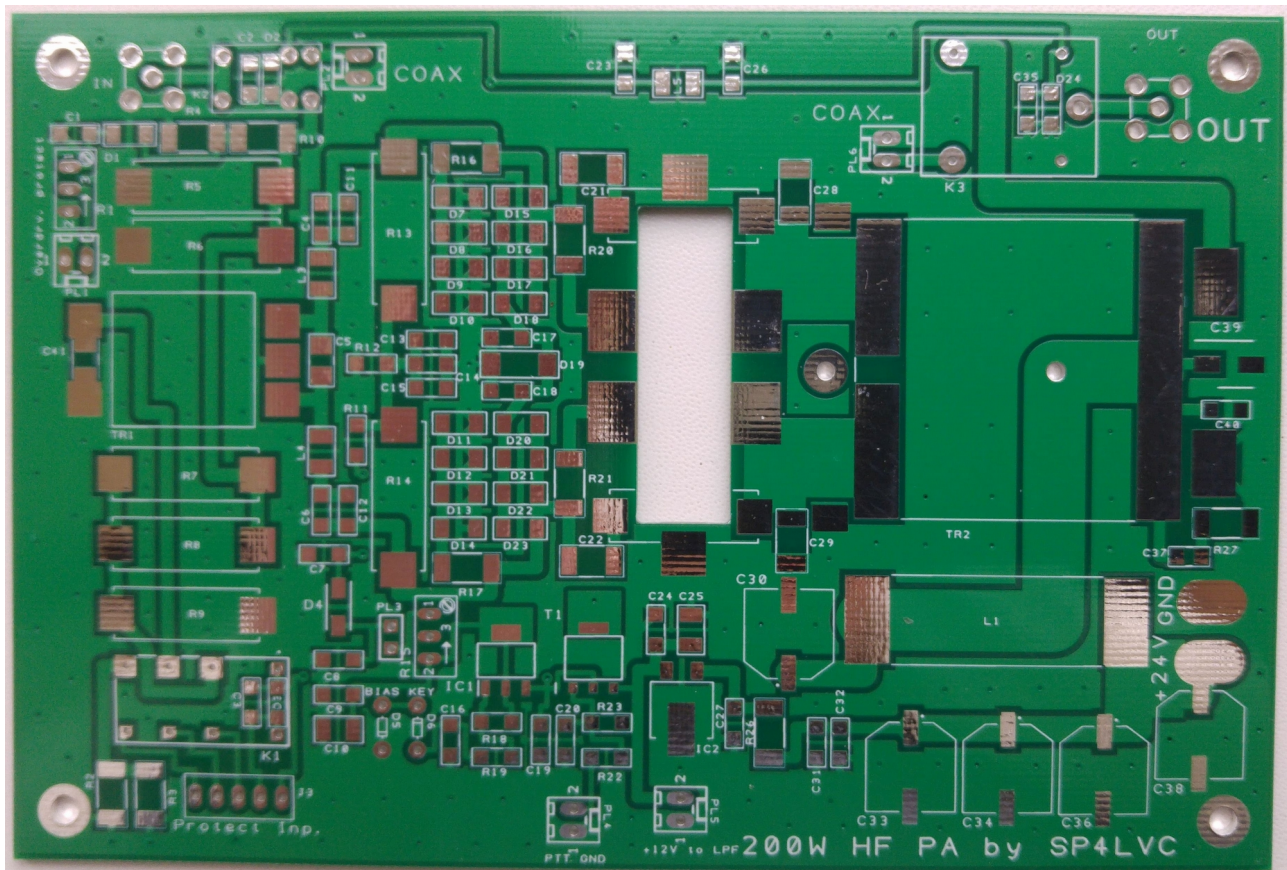
# PA schemat

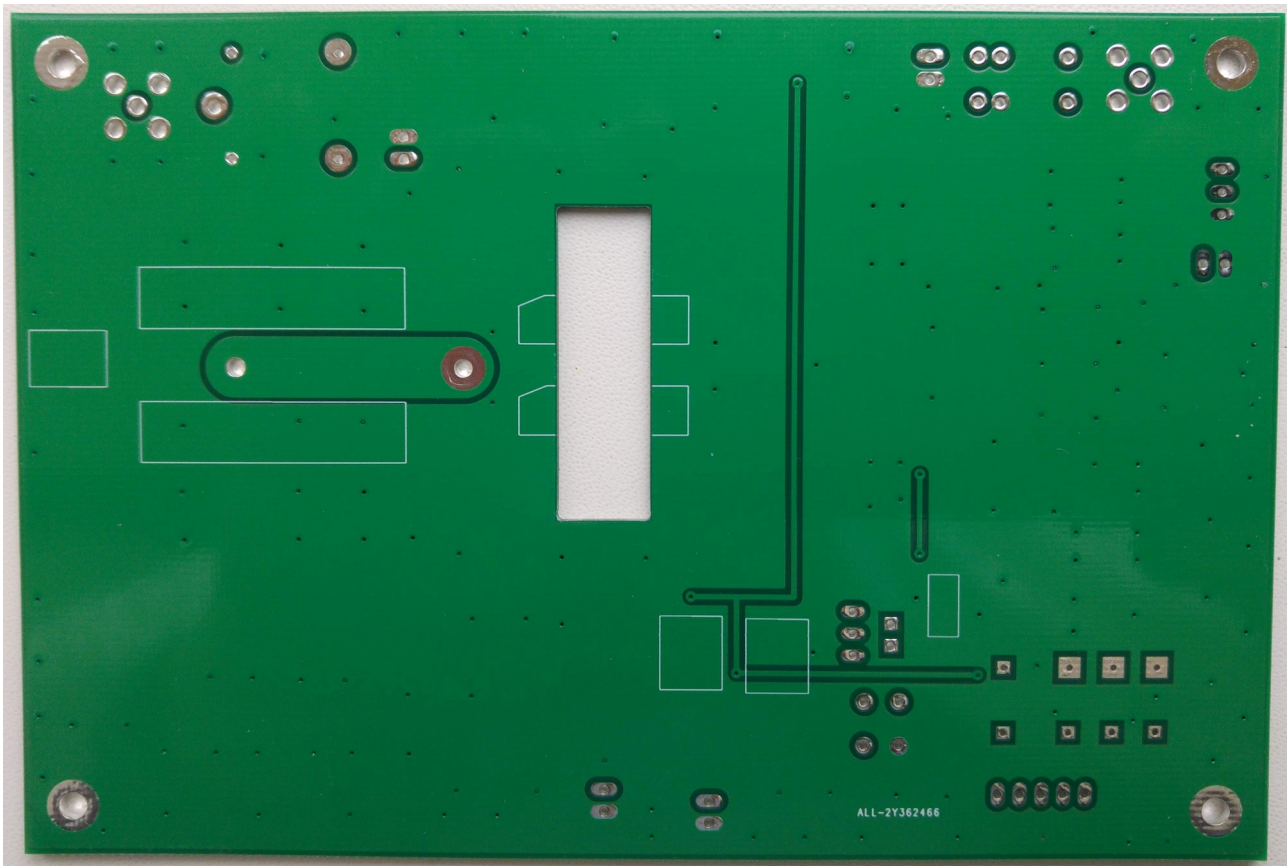
## HUSAREK PA-200 v. 1



Całość układu wzmacniacza, jak na powyższym schemacie została zawarta na jednej PCB. Być może niektóre elementy widoczne na schemacie lub pady na PCB nie będą musiały być użyte, ale profilaktycznie miejsce na nie zostało przewidziane na PCB, gdyż mogą się przydać przy uruchamianiu i „opanowywaniu” układu. Widok płytki na poniższych zdjęciach. Elementy lub ich wartości zaznaczone na schemacie gwiazdką są dobierane przy uruchamianiu lub mogą być wręcz zbędne.

### **Płytki PA – wymiary 144 x 97 mm**





Poniżej plik BOM płytki PA:

Report Written:,"Friday, November 23, 2018" ,,,,,,  
 Project Path:,D:\Bogdan\KRÓTKOFALARSTWO\Projekty DesignSpark\Wzmacniacz mocy\Wzmacniacz  
 mocy.prj,,,,,  
 Design Path:,D:\Bogdan\KRÓTKOFALARSTWO\Projekty DesignSpark\Wzmacniacz mocy\~Wzmacniacz  
 mocy.pcb,,,,,  
 Design Title:,,,,,  
 Created:,2018-08-10 20:55:01,,,,,  
 Last Saved:,2018-11-22 11:52:27,,,,,  
 Editing Time:,6224 min,,,,,  
 Units:,mm (precision 3),,,,,,

,,,,,  
 Bill of Materials generated with DesignSpark PCB - [www.DesignSpark.com/pcb](http://www.DesignSpark.com/pcb),,,,,,  
 -----,,,,,

,,,,,  
 Ref Name,Qty,Component,Value,Package,Manufacturer,MPN,RS Part Number,Other Part Number,Description  
 D2,1,1N4148 1206,,SM,,,,,  
 D24,1,1N4148 1206,,SM,,,,,  
 D3,1,1N4148 1206,,SM,,,,,  
 PL3,1,2WP,,DSC,,,,,2 way Pin Header  
 PL1,1,22-27-2021-02,,6410-02,,,,,CONNECTORwire to board 2.54 mm (.1 inch) pitch header  
 PL2,1,22-27-2021-02,,6410-02,,,,,CONNECTORwire to board 2.54 mm (.1 inch) pitch header  
 PL6,1,22-27-2021-02,,6410-02,,,,,CONNECTORwire to board 2.54 mm (.1 inch) pitch header  
 PL4,1,22-27-2021-02,,6410-02,,,,,CONNECTORwire to board 2.54 mm (.1 inch) pitch header  
 PL5,1,22-27-2021-02,,6410-02,,,,,CONNECTORwire to board 2.54 mm (.1 inch) pitch header  
 C37,1,12065C104KATDA,100nF,SM1206,,,,,"Capacitor, Surface Mount Multi-Layer Ceramic"  
 TR1,1,BN-202 SMD,,USER,,,,,  
 C41,1,C1210,,SM,,,,,  
 C22,1,C1812,100n,SM,,,,,  
 C21,1,C1812,100n,SM,,,,,



C28,1,C1812,100pF,SM,,,,,  
C29,1,C1812,100pF,SM,,,,,  
C5,1,C3528,250pF,SM,,,,,  
C4,1,Capacitor,1n,1206,,,,,Capacitor  
C6,1,Capacitor,1n,1206,,,,,Capacitor  
C18,1,Capacitor,1n,1206,,,,,Capacitor  
C13,1,Capacitor,1nF,1206,,,,,Capacitor  
C31,1,Capacitor,1nF,1206,,,,,Capacitor  
C14,1,Capacitor,10nF,1206,,,,,Capacitor  
C1,1,Capacitor,10nF,1206,,,,,Capacitor  
C10,1,Capacitor,10uF,1210,,,,,Capacitor  
C24,1,Capacitor,10uF,1206,,,,,Capacitor  
C11,1,Capacitor,100n,1206,,,,,Capacitor  
C12,1,Capacitor,100n,1206,,,,,Capacitor  
C17,1,Capacitor,100n,1206,,,,,Capacitor  
C20,1,Capacitor,100n,1206,,,,,Capacitor  
C16,1,Capacitor,100n,1206,,,,,Capacitor  
C19,1,Capacitor,100n,1206,,,,,Capacitor  
C26,1,Capacitor,100nF,1206,,,,,Capacitor  
C2,1,Capacitor,100nF,1206,,,,,Capacitor  
C3,1,Capacitor,100nF,1206,,,,,Capacitor  
C35,1,Capacitor,100nF,1206,,,,,Capacitor  
C9,1,Capacitor,100nF,1206,,,,,Capacitor  
C8,1,Capacitor,100nF,1206,,,,,Capacitor  
C7,1,Capacitor,100nF,1206,,,,,Capacitor  
C15,1,Capacitor,100nF,1206,,,,,Capacitor  
C25,1,Capacitor,100nF,1210,,,,,Capacitor  
C32,1,Capacitor,100nF,1206,,,,,Capacitor  
C27,1,Capacitor,100nF,1206,,,,,Capacitor  
C40,1,Capacitor,100nF,1206,,,,,Capacitor  
C23,1,Capacitor,100nF,1206,,,,,Capacitor  
J3,1,CRIMP-5,,USER,,,,,  
L5,1,Dławik 100uH SMD,100uH,SM,,,,,  
L1,1,Dławik 10uH,,DSC,,,,,  
L3,1,Dławik 20nH,20nH,USER,,,,,  
L4,1,Dławik 20nH,20nH,USER,,,,,  
T3,1,D1029UK,,USER,,,,,  
D6,1,Diode 1N4148,,DIODE,,,,,  
D5,1,Diode 1N4148,,DIODE,,,,,  
C39,1,EEE-FT1V470AR,47uF,CAPAE530X610N,Panasonic,EEE-FT1V470AR,,Aluminum Electrolytic Capacitors -  
SMD 47uF 35volts 5x5.8mm SMD  
C38,1,Elektroli SMD,220uF,SM,,,,,Elektrolit  
C36,1,Elektroli SMD,220uF,SM,,,,,Elektrolit  
C34,1,Elektroli SMD,220uF,SM,,,,,Elektrolit  
C33,1,Elektroli SMD,220uF,SM,,,,,Elektrolit  
C30,1,Elektroli SMD,220uF,SM,,,,,Elektrolit  
K1,1,G6A - 12V,,USER,,,,,  
IN,1,Gniazdo SMA,,DSC,,,,,Conn  
OUT,1,Gniazdo SMA,,DSC,,,,,Conn  
K2,1,Goodsky ST-SH-112L,,USER,,,,,  
U1,1,L7812 DPAK,,SM,,,,,  
D18,1,LL4148,,SM,,,,,  
D17,1,LL4148,,SM,,,,,  
D16,1,LL4148,,SM,,,,,  
D15,1,LL4148,,SM,,,,,  
D23,1,LL4148,,SM,,,,,  
D22,1,LL4148,,SM,,,,,  
D21,1,LL4148,,SM,,,,,  
D20,1,LL4148,,SM,,,,,  
D14,1,LL4148,,SM,,,,,  
D12,1,LL4148,,SM,,,,,  
D13,1,LL4148,,SM,,,,,  
D11,1,LL4148,,SM,,,,,

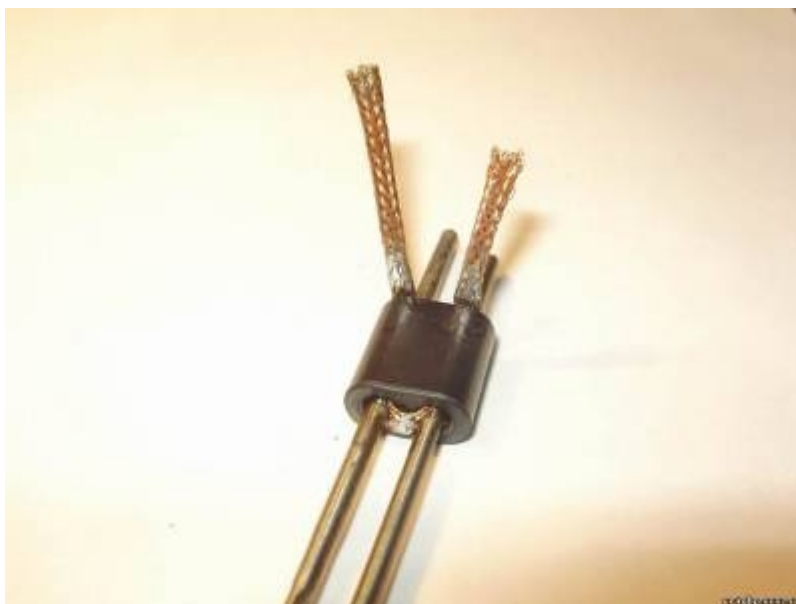
D10,1,LL4148,,SM,,,,,  
 D9,1,LL4148,,SM,,,,,  
 D8,1,LL4148,,SM,,,,,  
 D7,1,LL4148,,SM,,,,,  
 D1,1,LL4148,,SM,,,,,  
 D19,1,LL4744 Zener,15V,SM,,,,,  
 IC1,1,LM317AEMP\_NOPB,,SOT230P700X180-4N,Texas Instruments,LM317AEMP/NOPB,9216894,, "1% Accurate, 1.5A Adjustable Linear Regulator with Short Circuit Protection"  
 R13,1,Opornik 2W DSC Top,10,DSC,,,,,  
 R14,1,Opornik 2W DSC Top,10,DSC,,,,,  
 R7,1,Opornik 2W DSC Top,33,DSC,,,,,  
 R8,1,Opornik 2W DSC Top,33,DSC,,,,,  
 R24,1,Opornik 2W DSC Top,100,DSC,,,,,  
 R25,1,Opornik 2W DSC Top,100,DSC,,,,,  
 R9,1,Opornik 2W DSC Top,330,DSC,,,,,  
 R5,1,Opornik 2W DSC Top,470,DSC,,,,,  
 R6,1,Opornik 2W DSC Top,680,DSC,,,,,  
 R21,1,Opornik SMD 1W,"2,2 Ohm",SM,,,,,  
 R20,1,Opornik SMD 1W,"2,2 Ohm",SM,,,,,  
 R4,1,Opornik SMD 1W,"2,2K - dobrać",SM,,,,,  
 R27,1,Opornik SMD 1W,"3,9",SM,,,,,  
 R10,1,Opornik SMD 1W,10K -dobrać,SM,,,,,  
 R17,1,Opornik SMD 1W,50,SM,,,,,  
 R16,1,Opornik SMD 1W,50,SM,,,,,  
 R3,1,Opornik SMD 1W,100R,SM,,,,,  
 R2,1,Opornik SMD 1W,100R,SM,,,,,  
 R26,1,Opornik SMD 2W,220 - dobrać,SM,,,,,  
 R11,1,Rezystor 1206,1K,SM,,,,,  
 R19,1,Rezystor 1206,"1,2K",SM,,,,,  
 R12,1,Rezystor 1206,"2,2K",SM,,,,,  
 R22,1,Rezystor 1206,"3,3K",SM,,,,,  
 R23,1,Rezystor 1206,22K,SM,,,,,  
 R18,1,Rezystor 1206,270,SM,,,,,  
 R15,1,RJ9W,5K,USER,,,,,  
 R1,1,RJ9W,10K,USER,,,,,  
 Q1,1,SBCP53-16T1G,,SOT230P700X175-4N,ON Semiconductor,SBCP53-16T1G,, PNP 80 V Bipolar Transistor  
 K3,1,SRD-12VDC-SL-C,,SRD,Songle Relay,SRD-12VDC-SL-C,, "SRD Relay, ISO9002, 10A Switching Cap. Sealed Type, 0.36W, 1 Form C"  
 D4,1,SS14,,DIOM5227X270N,ON Semiconductor,SS14,1662555,,1.0 A Schottky Barrier Rectifiers  
 TR2,1,TR PA OUT z odczepem,,USER,,,,,

Sygnał wejściowy trafia do gniazda IN. Przy odbiorze układ PA jest pomijany poprzez odpowiednie połączenia styków przekaźników K2 i K3 i trafia bezpośrednio na wejście płytki LPF, która w założeniu układowym nie jest przy odbiorze odłączana. Przy przejściu na nadawanie napięcie w.cz. poprzez styki przekaźnika K3 trafia na układ tłumika złożonego z rezystorów R5, R6, R7, R8, R9. Wstępna ich wartość określa tłumienie na -6dB. Dokładne dobranie tych oporności (czyt. tłumienia układu) powinno nastąpić przy próbach uruchamiania całości płytki PA.

Bardzo uczulam kolegów na korzystanie z każdej możliwej formy asekuracji przy uruchamianiu układu. Już wielu z nas przekonało się, że tranzystory tego typu najszybciej uwalają się od strony bramek, czyli winna jest zbyt duża moc sterująca lub niekontrolowane „piki” sygnału. W skrajnych przypadkach może to być elektrostatyka. Uważajmy i jeszcze raz uważajmy. Do uruchamiania czasem może przydać się również niższe napięcie zasilające.

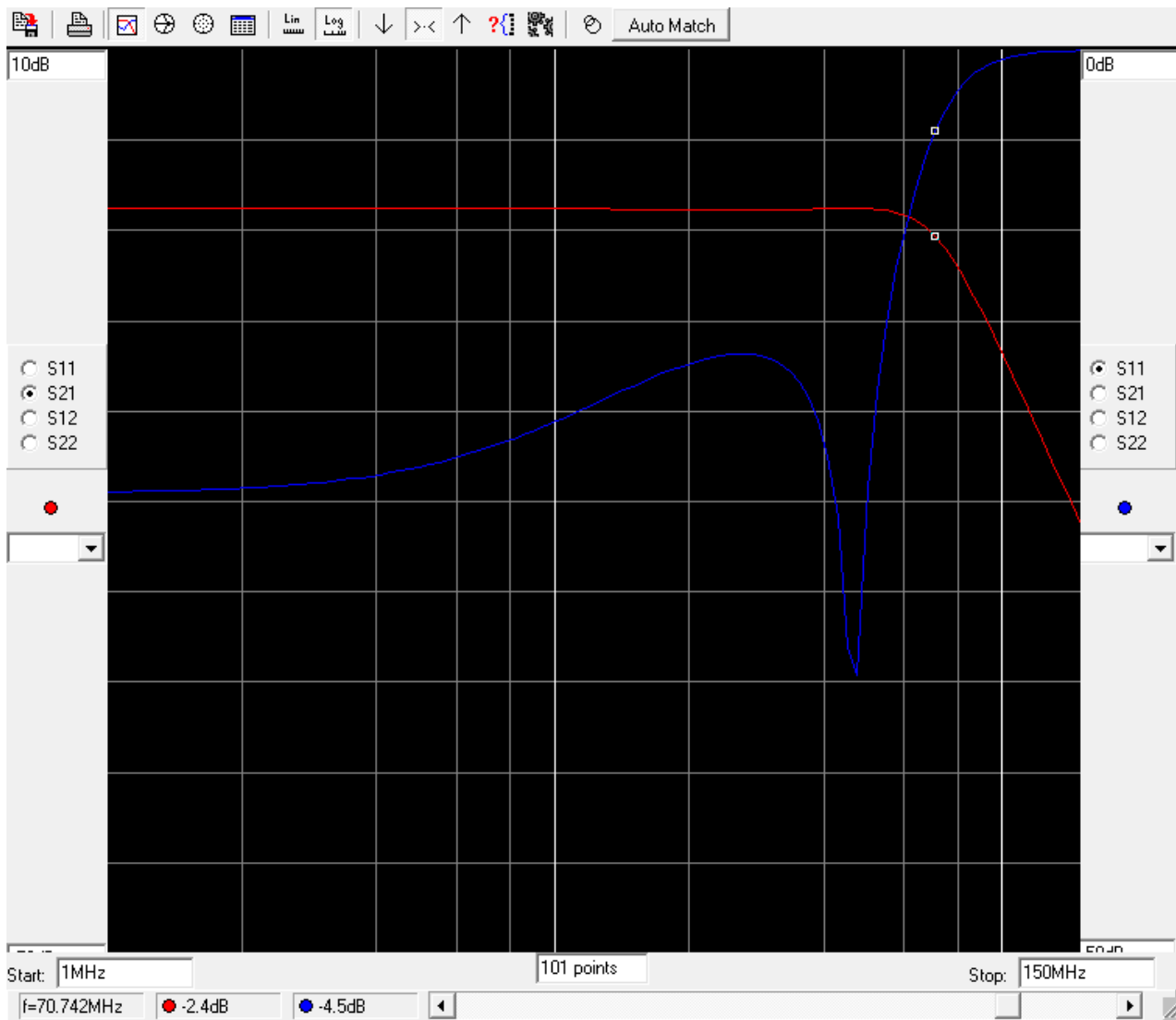
Dosyć straszenia – lecimy dalej. Z wejścia tłumika jest jednocześnie pobierany sygnał do elementów R4, R10, D1, C1. To układ prostownika sygnału w.cz., z wyjścia którego (PR R1) będzie pobierane napięcie stałe do elektroniki układu zabezpieczenia OVER PROTECT. Końcowym elementem wykonawczym tego zabezpieczenia, jak również zabezpieczenia SWR PROTECT jest przekaźnik K1. W stanie pasywnym przekaźnika sygnał w.cz. z tłumika poprzez jego styki przechodzi na wejście transformatora wejściowego TR1. Zadziałanie układów zabezpieczających powoduje przejście przekaźnika w stan aktywny i przekierowanie sygnału sterującego dotychczas transformator wejściowy TR1 na dwa równolegle połączone rezystory 100 Om 1W (R2, R3), których sumaryczna oporność wynosi 50 Om i dla sygnału sterującego stanowi w tym wypadku sztuczne obciążenie. Jednocześnie druga para styków przekaźnika, która jest podłączona szeregowo do złącza PL3 odcina od tranzystora mocy prąd spoczynkowy. Piszczy buczonek dźwiękowy na płycie Multimetru RF, a na wyświetlaczu alfanumerycznym na płycie czołowej pojawia się komunikat HIGH SWR. Taki stan rzeczy trwa dopóki nie puścimy przycisku PTT. To powoduje odcięcie zasilania od cewki przekaźnika zabezpieczającego i powrót jego styków w stan pasywny. Oczywiście wskazana jest, po zaprzestaniu nadawania kontrola układu i usunięcie przyczyny zadziałania zabezpieczenia. Będzie to zbyt duży SWR lub zbyt duża moc sterująca, bądź temperatura radiatora. Przełożenie impedancyjne transformatora wejściowego TR1 ma założoną wartość 4:1 i dla wartości 12,5 Om (wraz z pojemnością 250 pF) po jego stronie wtórnej były liczone i symulowane elementy dopasowania sygnału sterującego do układów wejściowych bramek tranzystora. Oprócz pojemności i impedancji układu kluczową rolę odgrywa tu indukcyjność szeregowych dławików 20nH.

Transformator wejściowy TR1 został wykonany na rdzeniu BN-43-202 na podobieństwo wyjściowego z TRX-a Pilgrim. Jeden zwój stanowi oplot koncentryka przewleczony przez otwory rdzenia, wewnątrz którego nawinąłem 2 zwoje równolegle połączonych i skręconych ze sobą 3 odcinków Kynaru 0,25 mm w izolacji. Tak to wygląda na zapożyczonych z forum zdjęciach.





Tak wygląda symulacja dopasowania wyjścia TR1 do pojedynczej bramki tranzystora mocy w programie RFSim99 - oczywiście dla transformatora idealnego. Jak będzie w praktyce zobaczymy.



SWR wejściowy w najgorszym miejscu nie przekracza wartości 1,34. Jest to przedział 24-28MHz. Pozostałe częstotliwości zakresu KF dopasowywane są lepiej, a SWR wejściowy oscyluje w granicach 1,13-1,3. Tak wygląda to w teorii.

Zwiększenie indukcyjność cewek szeregowych 20nH (L3 i L4) do wartości 22nH poprawia nieco SWR, ale jednocześnie zawęża pasmo pracy wzmacniacza od strony górnych częstotliwości. W praktyce będzie tu jeszcze pole do zabawy – przecież dojdą nam pojemność i indukcyjność montażu. Zespoły diod na bramkach wraz elementami towarzyszącymi mają za zadanie niedopuszczenie do przekroczenia dopuszczalnego poziomu sygnału sterującego i dodatkowo zabezpieczają bramki tranzystora przed impulsami mocy. Zostało przewidziane użycie kondensatorów C28 i C29 (pojemności do dokładnego dobrania przy uruchamianiu) dla korekcji pasma przenoszenia wzmacniacza i przede wszystkim usunięcia tendencji do wzbudzeń na wysokich częstotliwościach.

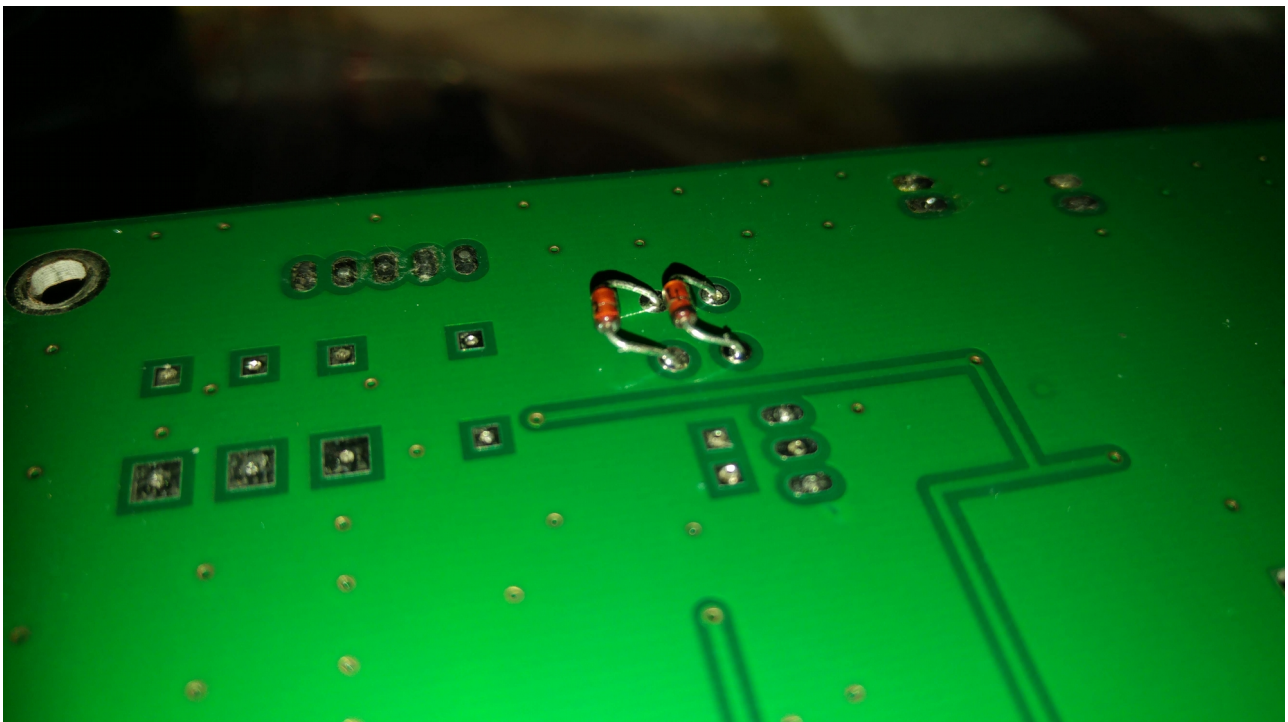
Na to zjawisko również chcę kolegów uczulić. Pamiętajmy, że na częstotliwościach rzędu setek MHz te tranzystory czują się „jak ryba w wodzie”. Z autopsji niestety wiem, że są takie wzbudzenia, których nie widać na naszym KF-owym reflektrometrze. Wskazówka mocy padającej stoi na zerze, a tranzystor już zamienił się w generator i szarpie z zasilacza maksymalną moc. Jeszcze chwila i się z nim pożegnamy! Jest jakieś wyjście? Jest. Uruchamiamy wzmacniacz na zasilaczu z zabezpieczeniem prądowym lub - jeżeli takowego nie mamy, niemal nie odrywamy wzroku od amperomierza. Jeszcze raz przypomnę, aby od niezbędnego minimum stopniować małymi krokami poziom mocy sterującej.

Tranzystor mocy jest zasilany w punkcie środkowym uzwojenia pierwotnego (rurki) transformatora mocy. Dodatkowo na stronie bottom płytki poprowadzono szeroką ścieżkę zasilania, która umożliwi (opcjonalnie) doprowadzenie napięcia +24V do tranzystora mocy poprzez transformator bifilarny, wykonany np. na rdzeniu T68-61. Nie jest on uwzględniony na schemacie, ale na płytce jest możliwość jego montażu. Punkt lutowniczy (pad) środka tego transformatora na PCB jest na tyle duży, że umożliwi dolutowanie z tego miejsca dodatkowych pojemności blokujących zasilanie do masy (przewidziane pola masowe). Proponuję również przelotkę, która przenosi nam napięcie zasilania ze strony top na bottom zalać solidną kroplą cyny lub wlutować króciutki odcinek drutu miedzianego o średnicy otworu w charakterze zworki. Grubość powłoki wewnętrznego fabrycznego cynowania tego otworu nie pozwoli nam raczej na przeniesienie prądu w granicach 15-20A. Inne kombinacje z doprowadzeniem zasilania i odprowadzeniem mocy z drenów tranzystora wymagają ingerencji ostrym narzędziem w „plastykę” PCB. Uzwojenie wtórne transformatora wyjściowego TR2 powinny stanowić 3-4 zwoje grubego przewodu w teflonie. Przestrzeń na usytuowanie transformatora jest na tyle duża, że można również przeprowadzić eksperymenty z rdzeniami BN-43-7051 lub BN-61-002. Sygnał z wyjścia TR2 trafia do przełącznika K3, który wraz z przełącznikiem K2 zapewnia odpowiednią komutację sygnału w opcjach pracy RX/TX płytki PA. Do padów gniazd J2 i J6 znajdujących się w sąsiedztwie tych przełączników należy dolutować odcinek cienkiego kabla koncentrycznego lub jeżeli przewidujemy odłączanie tego przewodu zastosować w tym miejscu gniazda CRIMP i wykonać połączenie odcinkiem koncentryka zakończonym z obu stron stosownymi wtykami. Z przełącznika K3 sygnał jest kierowany do układu płytki LPF. Z gniazda PL5 pobierane jest napięcie +12V na płytkę LPF, a PL4 to załączanie PA w stan TX (zwieranie do masy). Złącze PL3 to zworka pomocna przy ustawianiu prądu spoczynkowego tranzystora mocy. Po jego ustaleniu podłączamy ją w szereg z pinami 1 i 2 złącza J3 (1 i 2 kołek od lewej strony gniazda). Diodowy układ stabilizacji prądu spoczynkowego w funkcji temperatury jest „ściągnięty” z PA Husarka, natomiast wentylator będzie pracował pod kontrolą płytki AVT-1596 sterowanej termistorem umieszczonym na obudowie tranzystora mocy lub dwóch zwiernych włączników termicznych (45 i 65 stopni C) przymocowanych do radiatora – co będzie lepsze zobaczymy przy uruchamianiu. Zasilanie wzmacniacza możemy podać poprzez diodę o stosownych parametrach lub do padów zasilania dolutować równolegle transil. **Rezystor R26 (szeregowy z wejściem stabilizatora 12V) musi**

mieć moc co najmniej 2W. Grzeje się dosyć mocno i niestety 1 W tam nie wytrzyma.

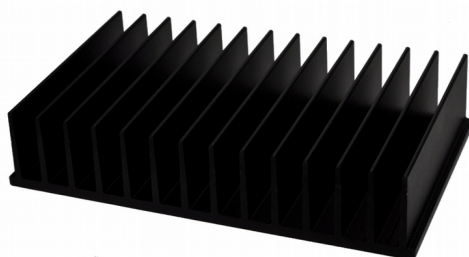
Oporniki 100 Om w gałęzi ujemnego sprzężenia zwrotnego tranzystora mocy należy wykonać z kilku oporników o mocy 2-3W łączonych równolegle lub szeregowo-równolegle. To podniesie nam parametr mocowy tak wykonanego rezystora. Bezpośrednio na padach nie da się wlutować pojedynczego opornika o mocy, np. 10W, bo ich rozstaw jest za mały, ale można sobie poradzić komponując taki opornik z kilku rezystorów - tak jak jest to zrobione w egzemplarzu Jerzego SP7OGR i moim (zdjęcia powyżej).

**Diody układu stabilizacji prądu spoczynkowego lutujemy od dołu płytki PA wypuszczając je ok. 5 mm i lekko przekrzywiając jak na fotce. Następnie smarujemy je pastą silikonową. Przy skręcaniu płytki do radiatora diody docisną się same do jego powierzchni.**



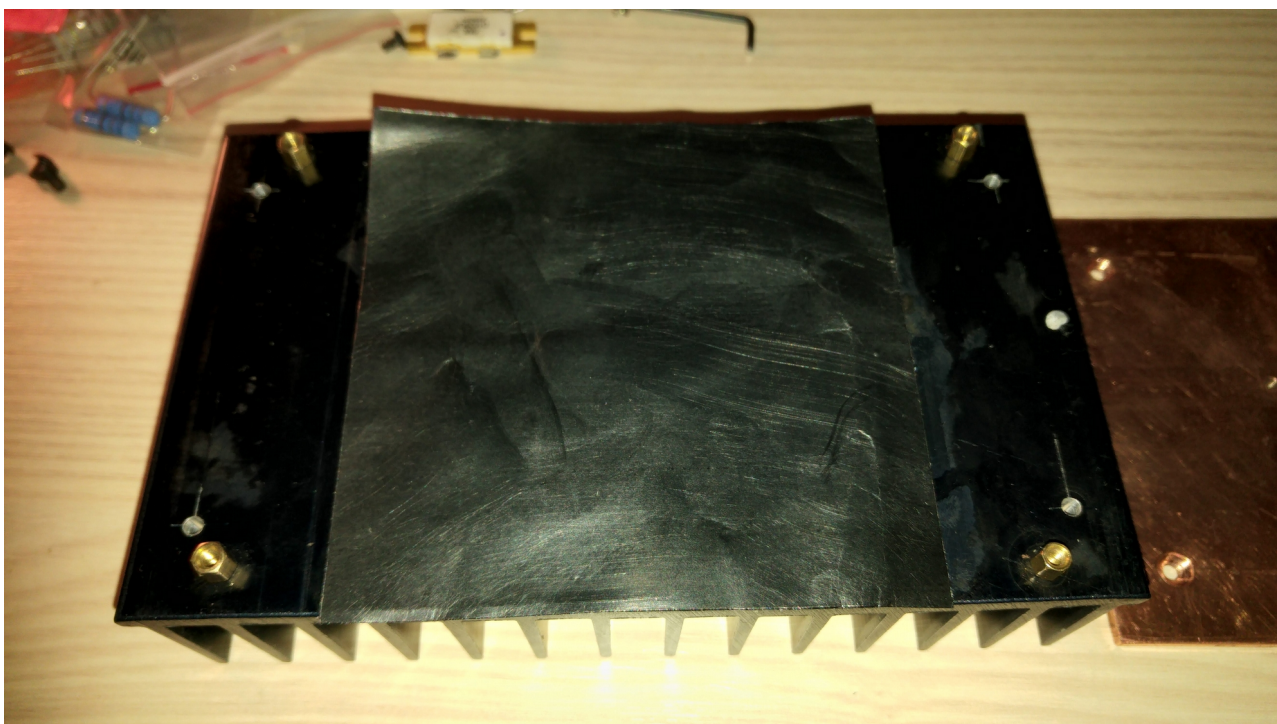
Dla tranzystora D1029UK zalecany prąd spoczynkowy wynosi 2 A (2 x 1 A). Inne typy tranzystorów wymagają dobrania tej wartości wg danych katalogowych.

Radiator jaki zastosowałem pasuje do wymiarów płytki i wygląda na to, że nie trzeba będzie go ucinąć – to ważne, bo jest czerniony i nie będzie paskudnych śladów po piłowaniu. Radiator będzie „wypuszczony” przez wycięty otwór w górnej pokrywie, więc będzie widoczny. W dobrej cenie jest do dostania tu: <https://www.piekarz.pl/pl/?item=46041>



Dobrym i korzystnym rozwiązaniem jest zamocowanie tranzystora na radiatorze poprzez 3-5mm grubości płaskownik miedziany o możliwie dużej powierzchni, który do radiatora dolega poprzez folię grafitową Kerafol (tzw. Kerafolia) o grubości np. 0,2 mm. - do kupienia w sklepie Conrada. Nagły wzrost ciepła wytworzonego w tranzystorze zdecydowanie szybciej odbierze miedź, po czym odda je spokojnie do radiatora. Folia grafitowa jest również termoprzewodząca, a dodatkowo zapobiega utlenianiu się powierzchni na styku blach (miedź płaskownika i aluminium radiatora), co z czasem psułoby możliwość szybkiego i efektywnego rozpraszania ciepła na większą powierzchnię radiatora. Polecany wyżej sposób montażu jest obficie okraszony fotkami na stronie Józka SP9HVW w artykule o wzmacniaczu mocy na tranzystorze D1028UK. Elementy układu wzmacniacza o numerach oznaczonych gwiazdką dobieramy podczas uruchamiania. Do padów, na które podajemy napięcie zasilania wzmacniacza możemy dolutować transil lub diodę zabezpieczającą przed odwrotnym podłączeniem napięcia.

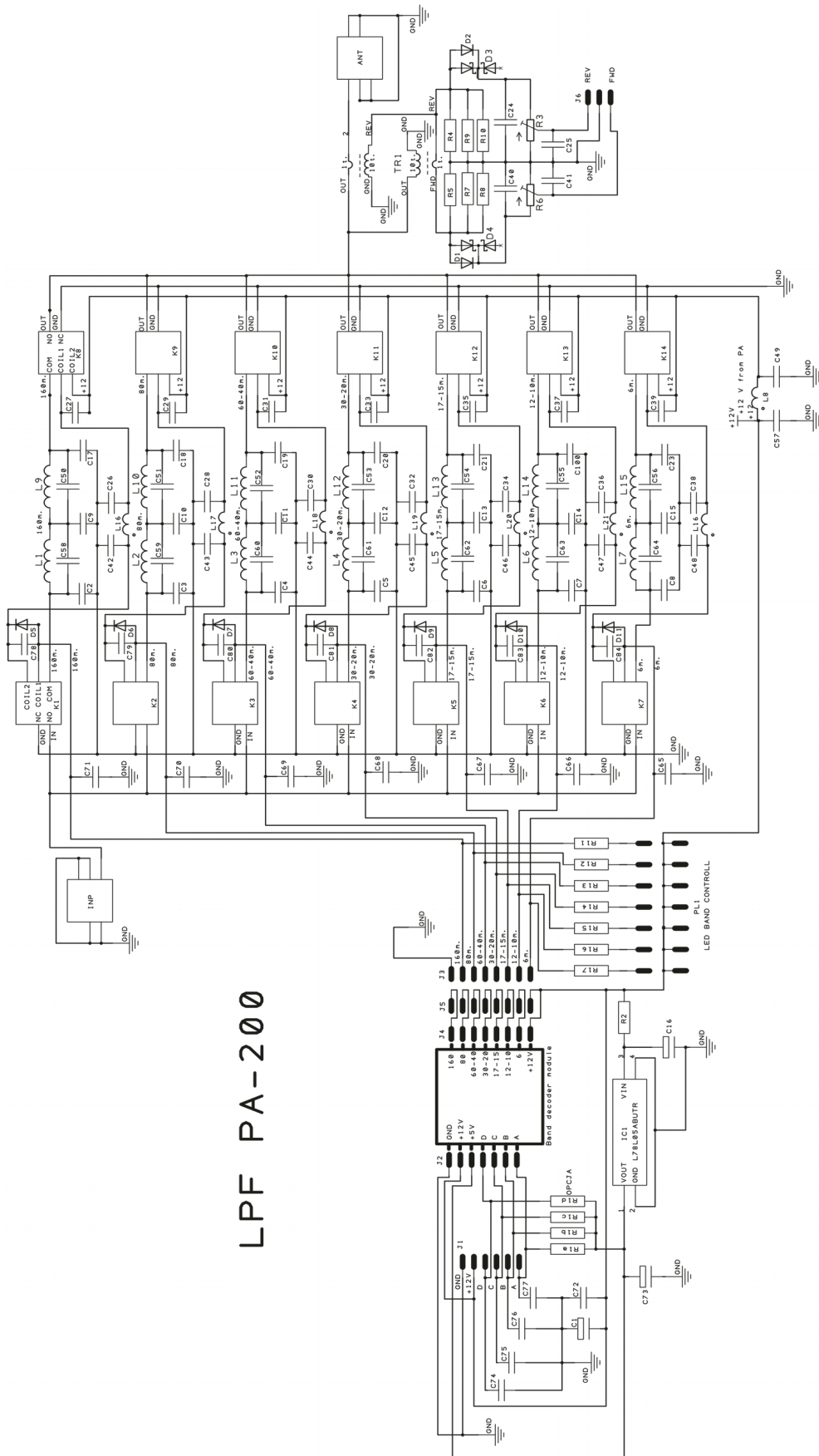
**Poniżej fotka z mojego montażu. Radiator, kerafolia i płaskownik miedziany o gr. 3mm. o wym. ok. 100x100mm.**



Kerafolia była kupiona w Conradzie i ma rozmiar 10x10cm, gr. 0,2 mm. Grubszej raczej nie stosujemy, bo będzie wówczas utrudnione odprowadzanie ciepła z miedzi na powierzchnię radiatora.

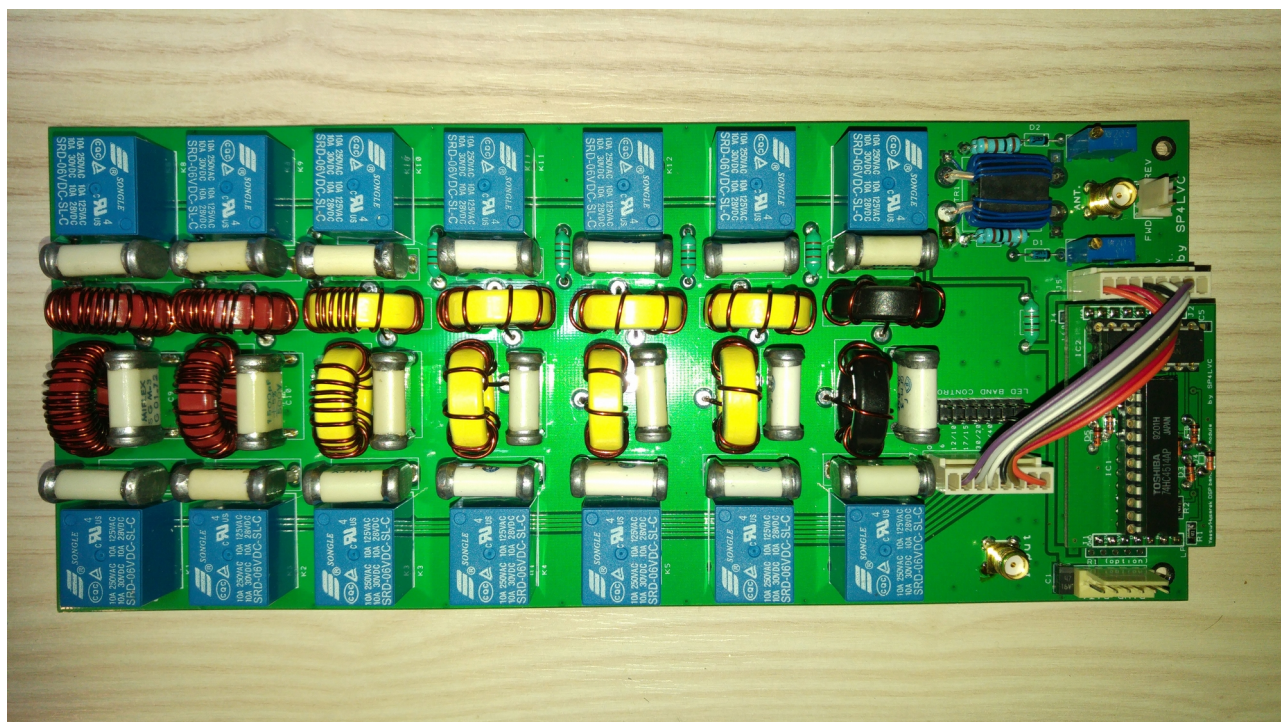


## 2. LPF -schemat płyty zasadniczej



LPF PA-200

## Moja płytką wraz modułem band dekodera już po zestrojeniu filtrów



### Rozmiar płytki – 234 x 99 mm

Układ stanowi klasyczny zespół 7 filtrów dolnoprzepustowych z odpowiednio dobranymi zakresami przenoszenia pasma. Włączanie poszczególnych zakresów odbywa się przez podanie poziomu ujemnego na jedno z wejść złącza J3. Równocześnie zapala się jedna z 7 diod LED wpiętych do gniazda PL1, które są umieszczone na płycie czołowej wzmacniacza. Do zasilania diod użyłem 7 osobnych oporników (R11-R17), ponieważ możemy zastosować diody LED w różnych kolorach i w ten sposób mieć orientację optyczną jaki zakres jest w danej chwili aktywny (wieczór, ciemny pokój). W takim przypadku oporniki trzeba dobrać indywidualnie dla każdego z kolorów diod, aby uzyskać w miarę równomierną intensywność ich świecenia. Po przejściu przez obwody LC sygnał przechodzi przez układ pomiarowy na transformatorze dwuotworowym TR1. Na złączu J6 uzyskujemy napięcia fali padającej i odbitej, które następnie trafiają na wejścia układu pomiaru mocy i SWR, które to wartości są wyświetlane w formie graficznej na wyświetlaczu 2x16 znaków RF Multimetra kolegi Piotra SP2DMB. Gniazda J2 i J4 służą do wstawienia wymiennego modułu band dekodera, o którym za chwilę.

### Zestawienie BOM płyty LPF:

Report Written: "Friday, December 21, 2018",,,,,,,,,

Project Path:.,D:\Bogdan\KRÓTKOFALARSTWO\Projekty DesignSpark\LPF z drabinką R\LPF +  
drabinka.prj,,,,,,,,,  
Design Path:.,D:\Bogdan\KRÓTKOFALARSTWO\Projekty DesignSpark\LPF z drabinką R\  
LPF+drabinka.pcb,,,,,,,,,  
Design Title:,,,,,,,,,  
Created:.,2018-05-21 21:56:00,,,,,,,,,  
Last Saved:.,2018-12-21 16:36:36,,,,,,,,,  
Editing Time:.,6904 min,,,,,,,,,  
Units:.,mm (precision 2),,,,,,,,,

Bill of Materials generated with DesignSpark PCB - [www.DesignSpark.com/pcb](http://www.DesignSpark.com/pcb),,,,,,,,,

,,,,,,,,

Ref Name,Qty,Component,Value,Package,Manufacturer,MPN,RS Part Number,Other Part  
Number,Description

D1,1,1N5711,,DSC,,,,,  
D2,1,1N5711,,DSC,,,,,  
L1,1,Amidon T-80,,DSC,,,,,  
L9,1,Amidon T-80,,DSC,,,,,  
L2,1,Amidon T-80,,DSC,,,,,  
L10,1,Amidon T-80,,DSC,,,,,  
L3,1,Amidon T-80,,DSC,,,,,  
L11,1,Amidon T-80,,DSC,,,,,  
L4,1,Amidon T-80,,DSC,,,,,  
L12,1,Amidon T-80,,DSC,,,,,  
L5,1,Amidon T-80,,DSC,,,,,  
L13,1,Amidon T-80,,DSC,,,,,  
L6,1,Amidon T-80,,DSC,,,,,  
L14,1,Amidon T-80,,DSC,,,,,  
L7,1,Amidon T-80,,DSC,,,,,  
L15,1,Amidon T-80,,DSC,,,,,  
D3,1,BAT54C,,SOT23,,,,,Schottky DiodesSource: Fairchild .. BAT54.pdf  
D4,1,BAT54C,,SOT23,,,,,Schottky DiodesSource: Fairchild .. BAT54.pdf  
TR1,1,BN-202 sprzęgacz antenowy,,USER,,,,,  
C58,1,C1812,,SM,,,,,  
C50,1,C1812,,SM,,,,,  
C59,1,C1812,,SM,,,,,  
C51,1,C1812,,SM,,,,,  
C60,1,C1812,,SM,,,,,  
C52,1,C1812,,SM,,,,,  
C61,1,C1812,,SM,,,,,  
C53,1,C1812,,SM,,,,,  
C62,1,C1812,,SM,,,,,  
C54,1,C1812,,SM,,,,,  
C63,1,C1812,,SM,,,,,  
C55,1,C1812,,SM,,,,,  
C64,1,C1812,,SM,,,,,  
C56,1,C1812,,SM,,,,,  
C24,1,Capacitor,10nF,1206,,,,,Capacitor  
C40,1,Capacitor,10nF,1206,,,,,Capacitor  
C25,1,Capacitor,10nF,1206,,,,,Capacitor

C41,1,Capacitor,10nF,1206,,,,,Capacitor  
C78,1,Capacitor,100nF,1206,,,,,Capacitor  
C27,1,Capacitor,100nF,1206,,,,,Capacitor  
C79,1,Capacitor,100nF,1206,,,,,Capacitor  
C80,1,Capacitor,100nF,1206,,,,,Capacitor  
C31,1,Capacitor,100nF,1206,,,,,Capacitor  
C81,1,Capacitor,100nF,1206,,,,,Capacitor  
C33,1,Capacitor,100nF,1206,,,,,Capacitor  
C82,1,Capacitor,100nF,1206,,,,,Capacitor  
C35,1,Capacitor,100nF,1206,,,,,Capacitor  
C83,1,Capacitor,100nF,1206,,,,,Capacitor  
C37,1,Capacitor,100nF,1206,,,,,Capacitor  
C84,1,Capacitor,100nF,1206,,,,,Capacitor  
C39,1,Capacitor,100nF,1206,,,,,Capacitor  
C42,1,Capacitor,100nF,1206,,,,,Capacitor  
C26,1,Capacitor,100nF,1206,,,,,Capacitor  
C43,1,Capacitor,100nF,1206,,,,,Capacitor  
C28,1,Capacitor,100nF,1206,,,,,Capacitor  
C44,1,Capacitor,100nF,1206,,,,,Capacitor  
C30,1,Capacitor,100nF,1206,,,,,Capacitor  
C45,1,Capacitor,100nF,1206,,,,,Capacitor  
C32,1,Capacitor,100nF,1206,,,,,Capacitor  
C46,1,Capacitor,100nF,1206,,,,,Capacitor  
C34,1,Capacitor,100nF,1206,,,,,Capacitor  
C47,1,Capacitor,100nF,1206,,,,,Capacitor  
C36,1,Capacitor,100nF,1206,,,,,Capacitor  
C48,1,Capacitor,100nF,1206,,,,,Capacitor  
C38,1,Capacitor,100nF,1206,,,,,Capacitor  
C29,1,Capacitor,100nF,1206,,,,,Capacitor  
C71,1,Capacitor,100nF,1206,,,,,Capacitor  
C70,1,Capacitor,100nF,1206,,,,,Capacitor  
C69,1,Capacitor,100nF,1206,,,,,Capacitor  
C68,1,Capacitor,100nF,1206,,,,,Capacitor  
C67,1,Capacitor,100nF,1206,,,,,Capacitor  
C66,1,Capacitor,100nF,1206,,,,,Capacitor  
C65,1,Capacitor,100nF,1206,,,,,Capacitor  
C72,1,Capacitor,100nF,1206,,,,,Capacitor  
C77,1,Capacitor,100nF,1206,,,,,Capacitor  
C76,1,Capacitor,100nF,1206,,,,,Capacitor  
C75,1,Capacitor,100nF,1206,,,,,Capacitor  
C74,1,Capacitor,100nF,1206,,,,,Capacitor  
C49,1,Capacitor,100nF,1206,,,,,Capacitor  
C57,1,Capacitor,100nF,1206,,,,,Capacitor  
J6,1,CRIMP-3,,USER,,,,,  
J1,1,CRIMP-6,,DSC,,,,,  
J3,1,CRIMP-8,,DSC,,,,,  
J5,1,CRIMP-8,,DSC,,,,,  
L22,1,Dławik 100uH,100nF,DSC,,,,,  
L19,1,Dławik 100uH,100nF,DSC,,,,,  
L20,1,Dławik 100uH,100nF,DSC,,,,,  
L21,1,Dławik 100uH,100nF,DSC,,,,,  
L16,1,Dławik 100uH,100uH,DSC,,,,,

L17,1,Dławik 100uH,100uH,DSC,,,,,  
L18,1,Dławik 100uH,100uH,DSC,,,,,  
L8,1,Dławik 100uH,100uH,DSC,,,,,  
R1,1,Drabinka 4 x 4.7K,4.7K,SIP8,,,,,Isolated Moulded SIP Resistor Pack  
C16,1,Elektroli SMD L- B,10uF,SM,,,,,  
C1,1,Elektroli SMD L- B,10uF,SM,,,,,  
C73,1,Elektroli SMD L- B,10uF,SM,,,,,  
CONN1,1,Gniazdo SMA,,DSC,,,,,Conn  
CONN2,1,Gniazdo SMA,,DSC,,,,,Conn  
PL1,1,Goldpin 2x7,,DSC,,,,,  
J2,1,Goldpin 7,,USER,,,,,  
J4,1,Goldpin 8,,USER,,,,,  
C2,1,Kond. silver mica Miflex,,USER,,,,,  
C9,1,Kond. silver mica Miflex,,USER,,,,,  
C17,1,Kond. silver mica Miflex,,USER,,,,,  
C3,1,Kond. silver mica Miflex,,USER,,,,,  
C10,1,Kond. silver mica Miflex,,USER,,,,,  
C18,1,Kond. silver mica Miflex,,USER,,,,,  
C4,1,Kond. silver mica Miflex,,USER,,,,,  
C11,1,Kond. silver mica Miflex,,USER,,,,,  
C19,1,Kond. silver mica Miflex,,USER,,,,,  
C5,1,Kond. silver mica Miflex,,USER,,,,,  
C12,1,Kond. silver mica Miflex,,USER,,,,,  
C20,1,Kond. silver mica Miflex,,USER,,,,,  
C6,1,Kond. silver mica Miflex,,USER,,,,,  
C13,1,Kond. silver mica Miflex,,USER,,,,,  
C21,1,Kond. silver mica Miflex,,USER,,,,,  
C7,1,Kond. silver mica Miflex,,USER,,,,,  
C14,1,Kond. silver mica Miflex,,USER,,,,,  
C22,1,Kond. silver mica Miflex,,USER,,,,,  
C8,1,Kond. silver mica Miflex,,USER,,,,,  
C15,1,Kond. silver mica Miflex,,USER,,,,,  
C23,1,Kond. silver mica Miflex,,USER,,,,,  
IC1,1,L78L05ABUTR,,ST-SOT-  
89,STMicroelectronics,L78L08ABUTR,6869476P,"L78L08ABUTR, Voltage Regulator, 0.1A 8 V,  
4-Pin SOT-89"  
D5,1,LL4148,,SM,,,,,  
D6,1,LL4148,,SM,,,,,  
D7,1,LL4148,,SM,,,,,  
D8,1,LL4148,,SM,,,,,  
D9,1,LL4148,,SM,,,,,  
D10,1,LL4148,,SM,,,,,  
D11,1,LL4148,,SM,,,,,  
R9,1,R1206,,SM,,,,,  
R10,1,R1206,,SM,,,,,  
R8,1,R1206,,SM,,,,,  
R7,1,R1206,,SM,,,,,  
R17,1,R1206,680R,SM,,,,,  
R16,1,R1206,680R,SM,,,,,  
R15,1,R1206,680R,SM,,,,,  
R14,1,R1206,680R,SM,,,,,  
R13,1,R1206,680R,SM,,,,,

R12,1,R1206,680R,SM,,,,,  
 R11,1,R1206,680R,SM,,,,,  
 R4,1,Resistor,51R,DSC,,,,,Resistor  
 R5,1,Resistor,51R,DSC,,,,,Resistor  
 R2,1,Rezystor 1206,,SM,,,,,  
 R6,1,RJ9W,10K,USER,,,,,  
 R3,1,RJ9W,10K,USER,,,,,  
 K1,1,SRD-06VDC-SL-C,,USER,,,,,Relay  
 K8,1,SRD-06VDC-SL-C,,USER,,,,,Relay  
 K2,1,SRD-06VDC-SL-C,,USER,,,,,Relay  
 K9,1,SRD-06VDC-SL-C,,USER,,,,,Relay  
 K3,1,SRD-06VDC-SL-C,,USER,,,,,Relay  
 K10,1,SRD-06VDC-SL-C,,USER,,,,,Relay  
 K4,1,SRD-06VDC-SL-C,,USER,,,,,Relay  
 K11,1,SRD-06VDC-SL-C,,USER,,,,,Relay  
 K5,1,SRD-06VDC-SL-C,,USER,,,,,Relay  
 K12,1,SRD-06VDC-SL-C,,USER,,,,,Relay  
 K6,1,SRD-06VDC-SL-C,,USER,,,,,Relay  
 K13,1,SRD-06VDC-SL-C,,USER,,,,,Relay  
 K7,1,SRD-06VDC-SL-C,,USER,,,,,Relay  
 K14,1,SRD-06VDC-SL-C,,USER,,,,,Relay

### Zestawienie pojemności i indukcyjności obwodów dolnoprzepustowych filtrów:

| Zakres | Typ rdzenia | Indukcyjność cewek | Ilość zwojów śr. drutu 0,8-0,9 mm | C wej. | C środek | C wyjść. | C dodatkowe równoległe do cewek |
|--------|-------------|--------------------|-----------------------------------|--------|----------|----------|---------------------------------|
| 160    | T80-2       | 4,6 uH             | 29                                | 1 nF   | 2,2 nF   | 1 nF     | 220 pF                          |
| 80     | T80-2       | 2 uH               | 19                                | 820 pF | 1,5 nF   | 820 pF   | 100 pF                          |
| 60-40  | T80-2       | 1,1 uH             | 14                                | 430 pF | 820 pF   | 430 pF   | 56 pF                           |
|        | lub T80-6   | 1,1 uH             | 15                                | j/w    | j/w      | j/w      | j/w                             |
| 30-20  | T80-6       | 0,4 uH             | 11                                | 220 pF | 390 pF   | 220 pF   | 33 pF                           |
| 17-15  | T80-6       | 0,35 uH            | 8                                 | 150 pF | 270 pF   | 150 pF   | 22 pF                           |
| 12/10  | T80-6       | 0,30 uH            | 7                                 | 100 pF | 180 pF   | 100 pF   | 13 pF                           |
| 6      | T80-10      | 0,15 uH            | 5                                 | 51 pF  | 100 pF   | 51 pF    | 10 pF                           |

Kondensatory filtrów pasmowych równoległe do cewek (montaż elementów SMD lub opcjonalnie przewlekanych), oznaczone w tabelce jako dodatkowe nie są obligatoryjne. Ich zastosowanie nie wpływa istotnie na charakterystykę przenoszenia poszczególnych filtrów (bardzo nieznaczne przesunięcie  $F$  odcięcia w górę przy ich braku), jednak poprawia stromość zboczy i tłumienie 2 i 3 harmonicznej. Reasumując, układ można uruchomić bez nich, a z czasem szukać odpowiednich

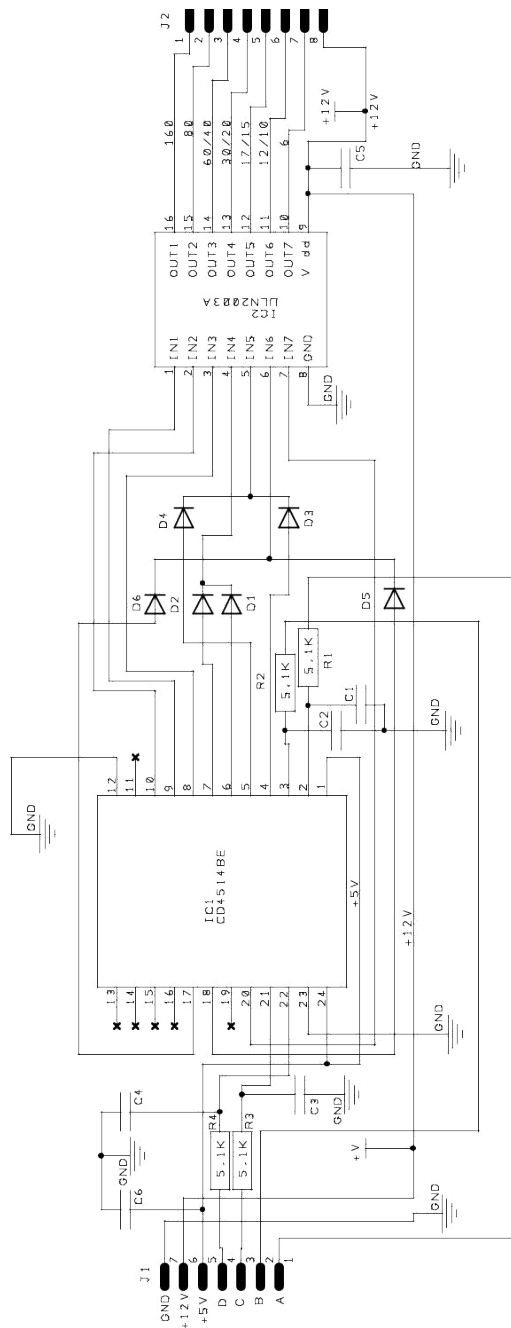
wartości i sukcesywnie dozbrajać w nie filtry. Dla pewności szukajmy pewnych pojemności na napięcie pracy 500 V lub większe.

W przypadku rdzeni z materiału T80-6 na wyższych częstotliwościach nie potwierdza się ilość zwojów w funkcji indukcyjności jaką podaje kalkulator Amidona. Mówi on jedno i symulacja układu filtra w programie RFSimm99 to potwierdza, ale w praktyce przy strojeniu filtrów od zakresu 40-30m w górę z cewek musiałem odwinąć po 1 zwoju, a w paśmie 6 m. nawet 2 zwoje. Nie wiem, czy Amidon to jeszcze Amidon, czy już nie? Końcowe ilości zwojów zawarte są w tabeli. Inna sprawa, że mamy różne szkoły liczenia ich liczby. W zakresach 12-10m. oraz 6 m. można poeksperymentować z cewkami powietrznymi. Koledzy sygnalizują ich sprawniejsze działanie na tych częstotliwościach w stosunku do cewek na rdzeniach toroidalnych.

Na wyjściu mostka pomiarowego SWR oczywiście nie montujemy 4 sztuk diod. Na wszelki wypadek zaprojektowałem to w sposób uniwersalny, aby koledzy mogli użyć elementów SMD lub przewlekanych. Tak więc montujemy D1 i D2 jako przewlekane lub D3 i D4 jako SMD. Podobnie opcjonalnie możemy użyć dwóch par rezystorów SMD 100 Om (R7, R8 i R9, R10)– jeżeli nie będziemy dysponować rezystorami przewlekаныmi o wartości 50 Om. (R1, R2)

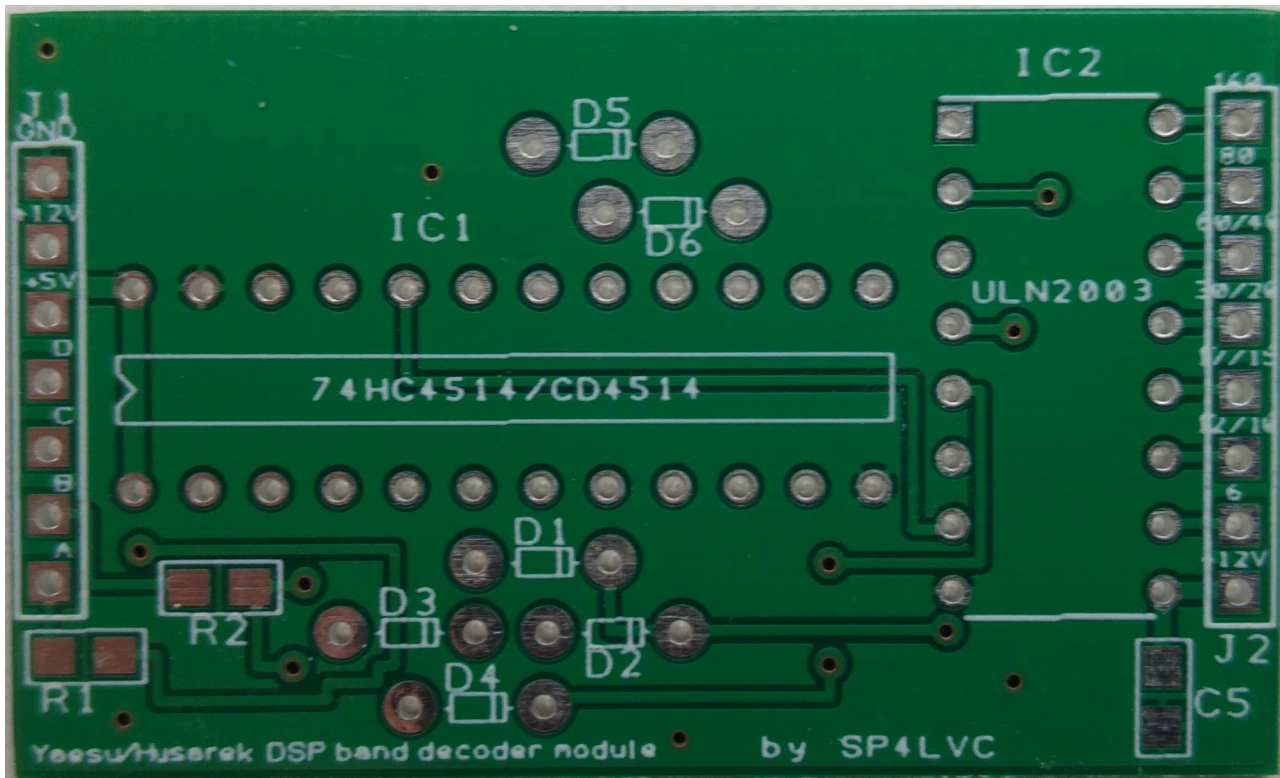
# Schemat modulu band dekodera – standard Yaesu/Husarek

## BAND DEKODER YAESU/HUSAREK DSP

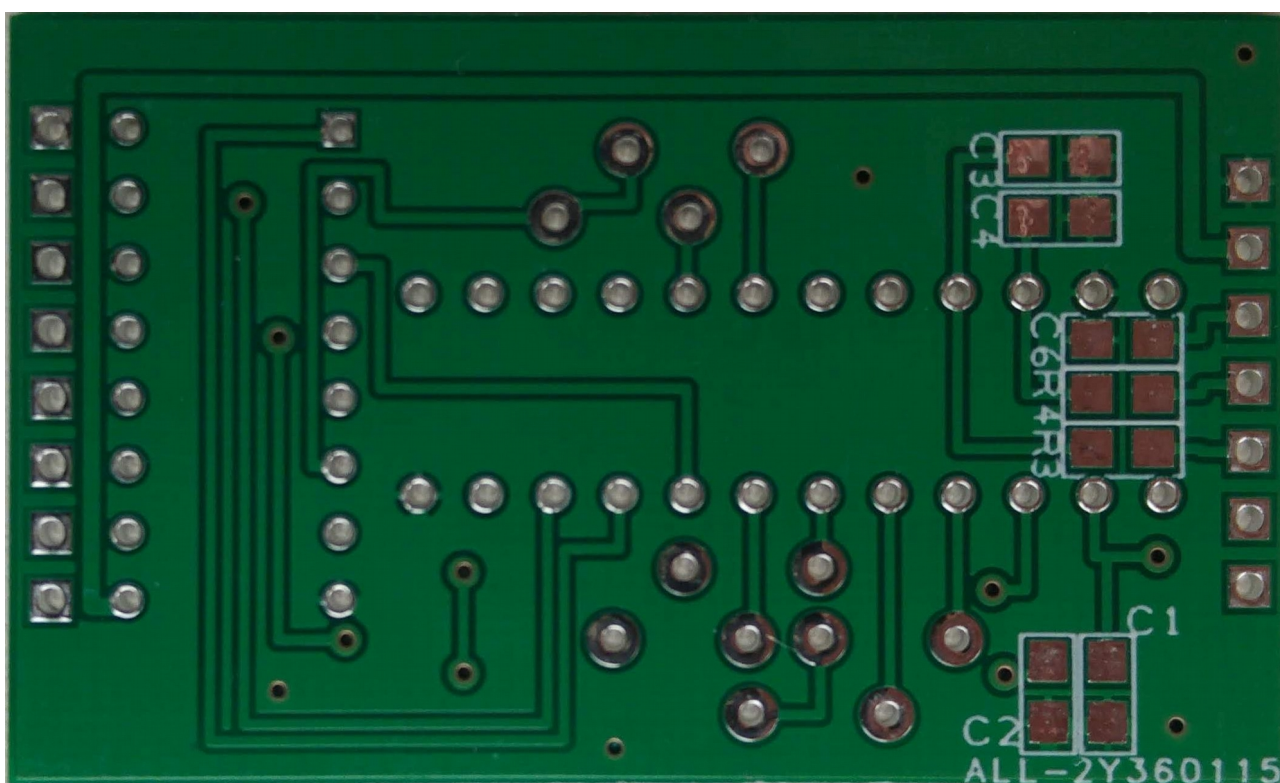




Band dekoderek – widok płytki top:



Band dekoderek – widok płytki bottom:



Zestawienie BOM tym razem sobie darujemy, bo układ zawiera dosłownie kilkanaście elementów i wszystko wynika ze schematu. Rezystory i kondensatory mają rozmiar 0805. Tu gabaryt elementów 1206 mógłby być za duży. Wszystkie kondensatory mają pojemność 100nF.

W celu zapewnienia automatycznej współpracy TRX – a ze wzmacniaczem i układem LPF zaprojektowałem wymienny moduł band dekodera. Jego połączenie z płytą LPF wykonano na precyzyjnych, kołkowych złączach goldpin. Na razie skupiamy się na standardzie kodu BCD Yaesu i Husarka DSP, ale nic nie stoi na przeszkodzie, aby w terminie późniejszym zaprojektować podobne moduły dla urządzeń typu Kenwood i Icom. Stąd idea modułu wymienego, dzięki której przyszli użytkownicy i konstruktorzy wzmacniacza będą mogli nabyć/wykonać do wzmacniacza stosowne wymienne moduły pod kątem posiadanego przez siebie TRX-a.

### Podłączenie sterowania Husarka DSP z wejściem band dekodera.

Husarek jest wyposażony w płytkę sterowania wzmacniaczem zewnętrznym i transwerterami. Są z niej też wyprowadzone sygnały PTT i TX. Komutacja sygnałów logicznych BCD na wyjściach płytki jest nieco zagadkowa, ale sumarycznie wychodzi to na naszą korzyść. O co w tym chodzi?

Rzecz w tym, że dzięki zastosowanemu oprogramowaniu Husarka DSP trochę przewrotnie są produkowane sygnały kodu BCD na wyjściach dodatkowej płytki. Poszczególne jej wyjścia stanowią dreny Mosfetów, które są zwierane do masy lub nie – w zależności od tego jaki poziom dostaną bramki tych Mosfetów z wyjść B,C,D,A układu PCF8574A. Na wyjściu płytki, a więc na drenach Mosfetów uzyskujemy poziomy „0” lub potencjał masy – gdy tranzystor będzie zwarty na złączu D-S. Jeżeli płytkę „Husarkową” z Mosfetami planujemy zostawić (co jest wyjściem najbezpieczniejszym ze względu na zakłócenia i ewentualne nanoszenie się w.cz.) to proponuję wejścia band dekodera „podwiesić” do zasilania 5V przez rezystory ok. 4,7-10 K. Przy stanie niskim na bramkach Mosfetów na wejściach dekodera będą stany wysokie, a przy wysokim stanach na bramkach Mosfetów na wejściach band dekodera pojawią się stany niskie, gdyż Mosfety będą zwierane do masy napięcie podawane przez rezystory na wejścia band dekodera. Tym sposobem uzyskujemy w tym miejscu poziomy kodu BCD dostosowane do standardu Yaesu (i Husarka DSP). W tym celu na płycie głównej LPF w okolicach wejścia band dekodera (złącze J1) przewidziałem miejsce na opcjonalną drabinkę rezystorową. W przypadku współpracy z Husarkiem DSP obligatoryjnie powinna ona być wlutowana. Przy podłączeniu wzmacniacza do TRX-a firmy Yaesu nie montujemy tej drabinki. Możliwe, że korekcie trzeba będzie poddać wartości rezystorów R1-R4 (5,1 K) na wejściach układu 74HC4514. W skrajnym przypadku zamiast nich można zastosować oporniki SMD 0805 o wartości 0 Ohm (lub zworę).

**Automatyczne przełączanie zakresów LPF przy współpracy z Husarkiem DSP działa z elementami jak na schemacie – sprawdziłem praktycznie!**

Teraz już odpowiednie dla poszczególnych pasm sekwencje poziomów logicznych trafiają do wejścia J1, dalej na układ dekodera BCD (74HC4514), gdzie w zależności od pasma aktywują się do stanów wysokich poszczególne jego wyjścia.

Diody „spinają” ze sobą sąsiednie wyjścia układu scalonego w pasmach 30/20m. - 17/15m. - 12/10m. Poziom aktywnego pasma trafia na odpowiednie wejście układu ULN2003A. Zawiera on zespół 7 wysokoprądowych wzmacniaczy Darlingtona, co pozwala sterować bezpośrednio poszczególnymi zespołami przekaźników pasmowych płytki LPF. Wyjście pasma aktywnego ma poziom ujemny, który doprowadzany jest do jednego z szeregowo połączonych ze sobą par przekaźników poszczególnych zakresów. Drugie końce cewek połączonych szeregowo przekaźników zasilane są na stałe napięciem +12V.

Jak pisałem wcześniej w każdym wypadku (wersja z modułem band dekodera lub bez) odpowiednie sekcje przekaźników są załączane sygnałem (-) podawanym do poszczególnych wejść złącza J3. Może to być masa przy ręcznym przełączaniu obwodów lub poziom (-) występujący na wyjściach złącza J5, a uzyskiwany z układu ULN2003A – przy korzystaniu z opcji band dekodera. Do jednego ze złączy J1 lub J5 doprowadzamy napięcie +12 V ze złącza PL5 płytki PA. Z drugiego złącza pobieramy to napięcie do zasilania wentylatora i jego układu regulacji obrotów oraz układu Multimetra RF.

### **Przykładowe zasilacze możliwe do zastosowania:**



Wersja slim o mocy 360 W oraz standard o wym. 220x110x50 mm. Oba o mocy ponad 300W z wymuszonym chłodzeniem i zabezpieczeniami. Według mojego zamysłu oba wejdą do obudowy, ale wersja slim na pewno.

## **RF Multimeter hall kolegi Piotra SP2DMB – tu można poczytać o jego możliwościach:**

<https://drive.google.com/file/d/1c8QgYoo2ITfSE3RaYz2qpGDRjrQkhIM0/view>

Zastosowany w projekcie płytki dławik zasilania tranzystora mocy:

<https://allegro.pl/dw-6-10uh-10a-v-feryster-dlawik-walowy-i7691014695.html>

Przekazniki do zespołu filtrów dolnoprzepustowych w bardzo korzystnej cenie:

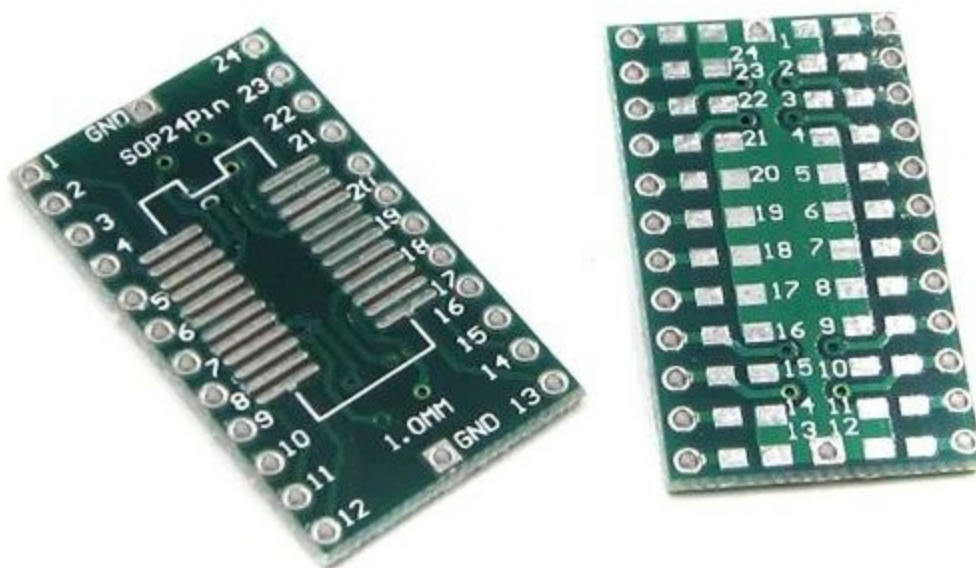
<https://allegro.pl/art-przekazniki-songle-10a-6v-srd-06vdc-sl-c-i6229587914.html>

Pewnych wyjaśnień wymaga układ płytki band dekodera. Z premedytacją została wykonana na scalakach w wersji przewlekanej. Do takiego rozwiązania skłoniły mnie względy serwisowe oraz kwestia, o której za chwilę napiszę. W razie uszkodzenia któregoś z nich (czego nie życzę) operacja jest prosta i wymaga jedynie wymiany w podstawce układu scalonego. Użyłem układu 74HC4514 w wersji wąskiej, ponieważ próby zastosowania szerokiej wersji tego układu (dominującej w sklepach) nie pozostawiały miejsca na PCB na rozmieszczenie pozostałych elementów. Projekt ze scalakiem w wersji SMD tworzył niezliczoną ilość przelotek i dawał błędy braku niektórych połączeń układu. Przy swej ułomności, jaką są ich gabaryty układy przewlekane mają jednak przy pracy nad projektem PCB jedną, ważną zaletę. Od każdej nóżki takiego elementu można odprowadzić ścieżkę na dowolnej warstwie płytki. Ta właściwość elementów dyskretnych jest cenna i pozwala na elastyczność przy projektowaniu. Użycie układów SMD tego nie zapewnia, bo natychmiast wymaga przelotki – jeśli okaże się, że jakiś element musi być na innej stronie PCB niż układ scalony. Jeżeli musimy trzymać się założonych (małych) wymiarów płytki to bardzo komplikuje projekt. Niewykluczone, że w następnych wariantach band dekodera (myślę, że zacznę od standardu ICOM-a) trzeba będzie odrobinę powiększyć płytkę i projekt wykonać na układach SMD, ponieważ będzie potrzeba wygospodarowania przestrzeni na jeszcze jeden układ scalony zmieniający napięcie na kod BCD. Dla kolegów, którzy będą mieli kłopot ze zdobyciem wąskiej wersji CD4514 polecam przeglądać Aliexpress lub zakup wersji SMD tych układów i zastosowanie adaptera 24 pin do układów scalonych. Niestety płytka daje rozstaw nóżek dla szerokiej wersji podstawki scalaka. Typowego adaptera z otworami wyprowadzeń dla opcji wąskiej prawdopodobnie nie ma, gdyż scalak w wersji SMD jest za szeroki, aby wszedł między piny płytki adaptera w wykonaniu „wąskim”.

Pozostaje zabawa z wykonaniem odpowiednio ukształtowanych połączeń szerokiego rozstawu płytki adaptera do wąskiej podstawki scalaka. Adapter do kupienia tu:

<https://www.gotronik.pl/plytka-drukowana-tssop24sop24-na-dip24-p-5022.html>

Pewien ratunek daje płytka adaptera, jaką znalazłem na Aliexpress. Jest tu do uzyskania wąski rozstaw wyprowadzeń, ale listwę z wyprowadzeniami trzeba lutować na styk do małych kwadratowych pól (widok płytki po prawej stronie obrazka). Typowe otwory dla listwy są zrobione dla wersji szerokiej, która jest dla nas mało przydatna. Uparci mogą spróbować zawalczyć.



[Dla mocno potrzebujących mam jeszcze w zapasie kilka sztuk wąskich układów scalonych 74HC4514](#)

Jako rdzenie dwuotworowe na transformator wejściowy PA i mostek pomiaru SWR po filtrach dolnoprzepustowych proponuję zastosować BN-43-202. Chciałbym zauważyć, że koledzy często posiadają niby te same rdzenie, ale z różnych źródeł i z różnego okresu ich produkcji. Tendencja niestety jest taka, że obecne produkty coraz częściej nie trzymają parametrów jakie miały jeszcze kilka lat temu. Piszę o tym dlatego, iż są niewykluczone próby z dobraniem odpowiedniego przełożenia zwojowego transformatora wejściowego TR1 (być może wyjściowego TR2 również). Obliczenia i symulacje były robione dla transformatorów idealnych, a jak wiemy rdzenie, które stosujemy w praktyce mają określony zakres pracy oraz różną przenikalność. Pozostaje pytanie – na ile obecne ferryty są pewne, a ich parametry zgodne z katalogiem? Pokaże to praktyka.

Problemem najbardziej dokuczliwym jest zdobycie tranzystora mocy. Proponuję śledzić aukcje na Allegro, Ebay i Aliexpress. W tej chwili za kwotę w granicach 110\$

można nabyć te tranzystory na Aliexpress. Z jednej strony to spory wydatek, ale jak sprawdzicie ceny w innych sklepach internetowych to natychmiast dojdziecie do wniosku, że to jednak nie jest taka straszna kwota. Tańszą opcją jest zdobycie tranzystora MRF9180 lub podobnych, co może jednak nie zagwarantować pożądanej moc wyjściowej i zmusi nas do eksperymentów z dobieraniem elementów kluczowych dla pożądanej pracy wzmacniacza.

Pozostałe elementy są raczej typowe i myślę, że koledzy nie będą mieli problemów z ich zakupem. Lista elementów w zamieszczonych powyżej wykazach BOM.

### **Uwagi końcowe autora:**

Płytki są robione z laminatu z pokryciem warstwy miedzi o gr.1 oz. Nie jest to wiele, ale symulacja zamówienia dla płytek o pokryciu miedzią 2 oz. windowała cenę niemal dwukrotnie w górę. Uznałem, to trochę za drogo. Ścieżki narażone na przepływ dużych poziomów mocy - jeśli okażą się niewystarczające możemy po zeszkobaniu soldermaski grubo pocynować lub zrobić krosy grubszym miedzianym drutem. Na razie składamy – może nie będzie takiej konieczności. Z informacji Jurka SP7OGR, który złożył już i uruchomił prototyp PA wynika, że nie napotkał takich problemów. Płyta LPF raczej również nie sprawi problemów, gdyż na drodze sygnału mocy w.cz. zaprojektowałem maksymalnie szerokie ścieżki.

Montaż każdej z płytek proponuję zacząć od wlutowania elementów SMD – przynajmniej tych, których nie będziemy musieli dobierać oraz złączy (gniazd). Na szczęście jest to zdecydowana większość elementów. Obligatoryjnie musimy to zrobić na płytce PA przy cewkach przekładników. Są one lutowane do płytki na stronie Top, więc po wlutowaniu przekładnika nie damy rady zalutować już diody i kondensatora od jego cewki, bo nie dojdziemy tam lutownicą.

Płytki PA była projektowana jako jednostronna, ponieważ po osadzeniu na niej tranzystora, gdy ten dolega dołem swojej obudowy (S) do radiatora, pomiędzy stroną bottom płytki, a radiatorem zostaje ok. 2 mm przestrzeni. Chcąc uniknąć zwarć do radiatora wystających końcówek proponuję elementy przewlekane i gniazda lutować na stronie top w taki sposób, aby ich końcówki wyprowadzeń jak najmniej wystawały z płytki po stronie bottom. Jeżeli tak się zdarzy należy je bezwzględnie i jak najkrócej obciąć.

Projekt płytek zdominowały elementy SMD (szczególnie PA), jednakże nie ma przeszkód, aby na padach tych elementów lutować elementy dyskretne stosując możliwie krótkie doprowadzenia i uważając, aby przy ich lutowaniu nie narobić bałaganu cyną (zwarcia). Płyta LPF jest przewidziana do montażu pionowego, więc na jej stronie bottom będzie można bezproblemowo lutować elementy dyskretne (przewlekane dodatkowe kondensatory równoległe do cewek w zespole filtrów dolnoprzepustowych).

Zastosowane układy zabezpieczeń nie są „szczytem możliwości” technologicznych. Szczególnie dyskusyjne wydawać się będzie zastosowanie przekaźnika jako elementu odcinającego moc sterującą. Tak - wiem o tym, że ma on ileś ms. zwłoki, że może nie zdążyć zadziałać, ale większość wzmacniaczy, których dokumentację przeglądałem w ogóle nie posiada takich chociażby zabezpieczeń. Standardem jest stabilizacja termiczna punktu pracy, a i to często nie występuje w prostszych konstrukcjach. Nie posiadam stosownych elementów i wiedzy, aby takie „szybkie” konstrukcje zabezpieczeń wprowadzić w życie bez eksperymentów. Żeby eksperymentować trzeba mieć wzmacniacz, więc zacząłem od tego, aby zrobić to „poletko doświadczalne”. Możliwe, że z czasem w kolejnej wersji PA zniknie przekaźnik i pojawi się stosowny, szybki i mocny tranzystor MOSFET lub tyrystor w charakterze tłumika, który będzie chronił wejście tranzystora mocy. Koledzy, którzy mają wiedzę i możliwości mogą to zrobić „od zaraz”. Obecna koncepcja układu spowodowana jest tym, iż zależało mi na tym, aby wszystko co potrzebne znalazło się na jednej PCB. Skomplikowany układ zabezpieczeń spowodowałby pewnie problemy natury gabarytowej poprzez rozrastanie się płytki o kolejne elementy. Byłoby nam zapewne przykro, gdyby wzmacniacz do Husarka stał się nagle dwa razy szerszy lub wyższy niż samo radio. Przecież to ma być linia! Na razie zabezpieczenia te będą, powiedzmy prowizorką, ale... lepszy rydz niż nic.

Układ zasilacza podłączamy do sieci za pośrednictwem bezpiecznika o stosownym amperażu (2-3A), natomiast do wzmacniacza proponuję podłączyć zasilacz przez szybki bezpiecznik topikowy o wartości 15-20 A. Na etapie uruchamiania ta wartość może być sporo mniejsza. Lepiej spalić kilo bezpieczników niż 1 tranzystor, choć podobno tranzystor i tak działa szybciej niż bezpiecznik. Chyba, że do dyspozycji mamy zasilacz o stosownym amperażu z ograniczeniem prądowym. Docelowo gniazda obu bezpieczników znajdą się na tylnej płycie obudowy wzmacniacza. Finalnym etapem tego projektu jest jej wykonanie i jeśli zajdzie potrzeba, powielenie w odpowiedniej ilości egzemplarzy. Po zbudowaniu i uruchomieniu swego egzemplarza na płytkach natychmiast lecę z „klockami” do firmy projektować obudowę, a jej wygląd i sposób mocowania poszczególnych bloków zaprezentuję kolegom w plikach graficznych 3D lub w „realu” - jeżeli firma szybko upora się z tematem. Jeżeli ktoś będzie mocno zdecydowany na swój wariant pudełka to ja już oczywiście nic na to nie poradzę.

### **Uwaga do kolegów, którzy mają już moje PCB!**

Jak wiecie projekt i jego część opisowa ulegają aktualizacjom. Wprowadzam zmiany na bieżąco i mogą one nie nadążać za opisem na warstwie dokumentacji wyprodukowanych już PCB PA. Proszę traktować priorytetowo schematy i spis BOM. Systematyzuję na schematach nazwy elementów i ich numerację, wprowadzając jednocześnie poprawki do projektów następnej wersji płytek. Nie

wpadajmy w panikę. Są to 3 zmiany w nazewnictwie na płytce PA: **Q1 z PCB to T1 na schemacie, U1 to IC2, T3 to T2.**

To chyba wszystko. Dziękuję za przeczytanie moich „wypocin” i z góry przepraszam za ewentualne błędy „okresu niemowlęcego” niniejszego projektu, które wkradły się w jego sferę techniczną. Czekam na uwagi – te krytyczne również, bo pozwolą zrobić jeszcze lepszy wzmacniacz. Wszelkie zmiany na lepsze znajdą swoje odbicie w następnych wersjach PCB, których produkcję zlecę – o ile będzie taka potrzeba. Oczywiście zainteresowanym udostępnię dokładniejsze wersje schematów i wszelkie informacje na temat planowanego sposobu wykonania układu lub jego poszczególnych części. Proszę o wybaczenie, ale projekty PCB na razie pozostają pod moją kontrolą – tym bardziej, że pracuję w mało popularnym DesignSpark PCB. Życzę przyjemnego składania.

Z krótkofalarskim VY 73. Bogdan – SP4LVC

mail to: [sp4lvc@wp.pl](mailto:sp4lvc@wp.pl)  
mobile: 504 553 226