

# TRX SDR na fale krótkie

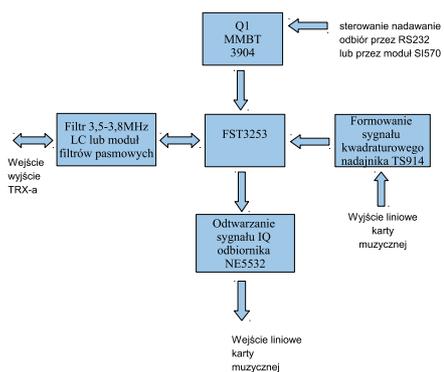
Opisane w artykule urządzenie jest układem nadawczo-odbiorczym i pracuje w całym zakresie fal krótkich z wykorzystaniem techniki SDR. Technika SDR bazuje na układach z bezpośrednią przemianą częstotliwości, w których wytłumienie kanału lustrzanego odbywa się z wykorzystaniem zależności amplitudowo-fazowych. Funkcję przesuwników fazowych małej częstotliwości, zarówno po stronie nadawczej, jak i odbiorczej, w układach SDR pełni komputer z kartą dźwiękową, sterowaną odpowiednim programem. Opisany układ zbudowany jest w sposób typowy i podczas jego uruchamiania nie występują żadne niespodzianki. Do uruchomienia tego układu wystarczy woltomierz napięcia stałego. Bardzo pożądanym jest też wobuloskop (np. serii NWT – potrzebny do zestrojenia obwodów wejściowych), czasami przydatny może okazać się oscyloskop, ale jego posiadanie nie jest niezbędne. Obwody wejściowo-wyjściowe można zestroić również na „słuch”, kierując się siłą odbieranego sygnału, jest to jednak metoda bardziej pracochłonna i nieprzynosząca tak dobrych rezultatów jak użycie wobuloskopu. Opisany układ umożliwia zbudowanie wielopasmowego TRX-a na cały zakres fal krótkich. W wersji najprostszej (i najtańszej) może

pracować tylko na jednym paśmie. W stosunku do wcześniejszej wersji tego urządzenia różni się głównie zastąpieniem dość trudno dostępnych i kosztownych wzmacniaczy typu OPA1632 przez wzmacniacze NE5532 lub podobne o identycznym rozkładzie wyprowadzeń. Stosując wzmacniacze operacyjne innego typu, należy wybierać typy moliwie niskoszumne, o małych zniekształceniach. Znaczący wpływ na jakość opisanego urządzenia radiowego będzie miała też karta dźwiękowa obecna w komputerze. Do pierwszych prób wystarczy karta zintegrowana, jednak do w miarę komfortowej pracy należy użyć karty typu Audigy lub równoważnej. W oddzielnym artykule zostanie również niedługo opisane użycie tego układu w... *radioastronomii*, a konkretnie do odbioru promieniowania radiowego Jowisza. Do głównych zalet omawianego układu należy zaliczyć niski koszt zastosowanych elementów, dużą prostotę i dobre parametry dynamiczne urządzenia, zależne jednak od karty dźwiękowej w komputerze. W układzie tym wykorzystano szereg rozwiązań opisywanych wcześniej przez autora. Zaletą urządzenia jest również konstrukcja modułowa, która upraszcza eksperymenty. W różnych wariantach różniących się szczegółami konstrukcyjnymi układ ten odtworzono parokrotnie z bardzo dobrym skutkiem.

Charakterystykę amplitudowo-częstotliwościową zaprojektowanego filtra pokazano na **rysunku 3**. Nie jest to wprawdzie filtr o zbyt dobrych parametrach, układ jednak będzie współpracował z filtrem dolnoprzepustowym nadajnika, pracującym również podczas odbioru, co bardzo poprawi parametry odbiornika w przypadku budowania układu w wersji jednopasmowej. Odpowiedni moduł filtrów pasmowych na cały zakres KF zostanie opisany później.

Generator w.cz. zbudowany jest na układzie SI570 i wykorzystuje płytkę dostępną w AVT, jako kit AVT-2912, opisaną w artykule „Power SDR”. Opisany tam układ został wielokrotnie sprawdzony i nie stwarza praktycznie żadnych problemów podczas uruchamiania. Początkujący powinni docenić fakt, że nie wymaga on mozolnego wlutowywania układu o dużej liczbie nóżek o gęstym rastrze, jak w przypadku układów DDS. Układ SI570 ma obudowę, której montaż nie powinien stwarzać problemów nawet początkującemu. Zaletą układu SI570 jest duża czystość widmowa sygnału oscylatora. Wadą jest nie najlepsza stabilność częstotliwości w funkcji temperatury otoczenia; wada ta może być jednak usunięta przez stabilizację temperatury układu, co zostanie opisane w dalszych odcinkach tego artykułu wraz z odpowiednim układem elektronicznym. Początkujący mogą użyć generatora o stałej częstotliwości pracy, co ograniczy zakres przestrajania

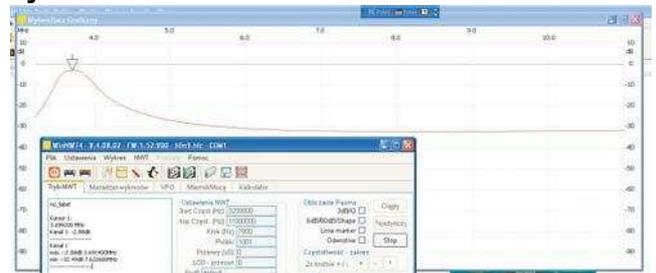
Rys. 1

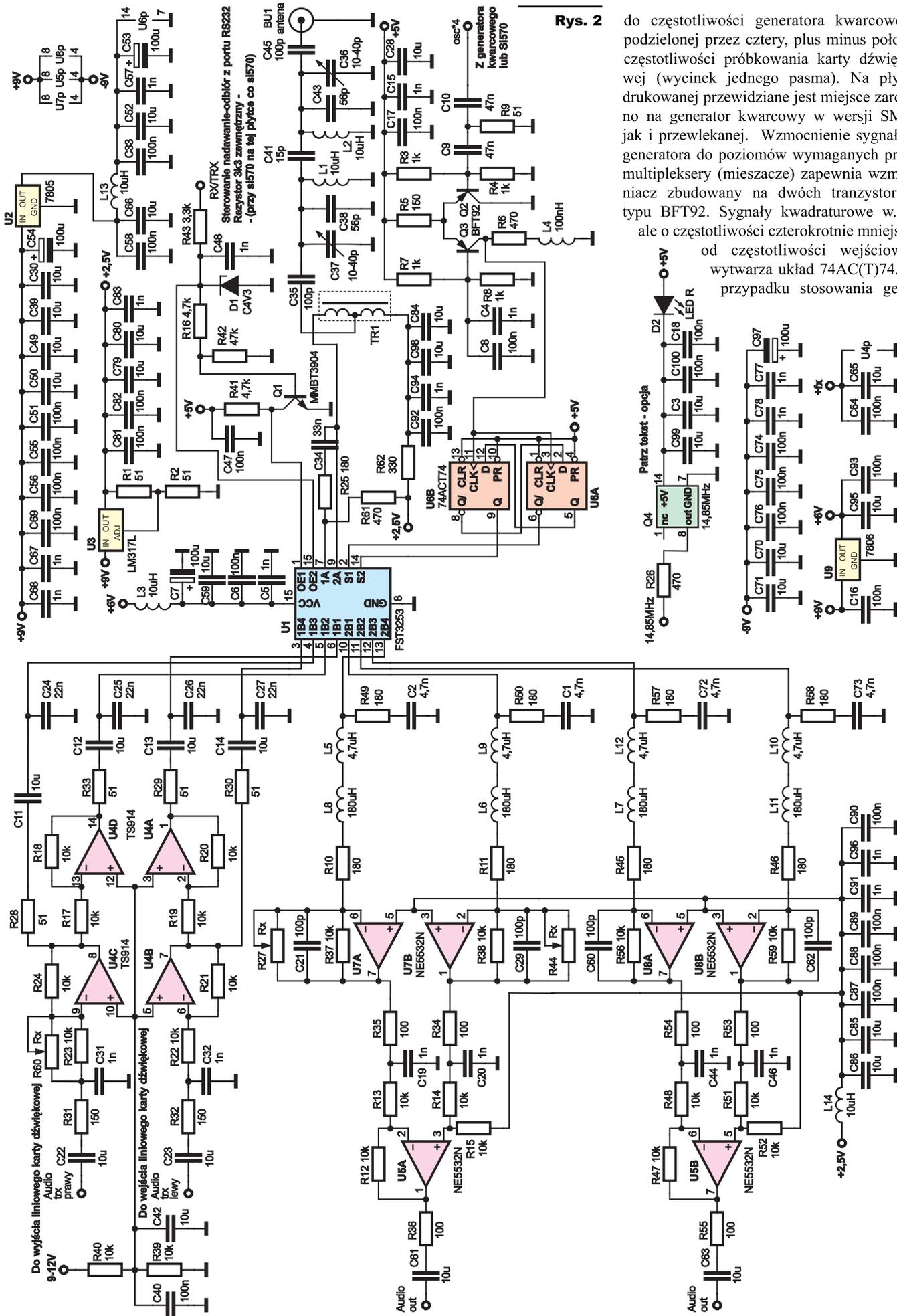


## Elementy wspólne TRX-a

Schemat blokowy urządzenia pokazano na **rysunku 1**, a ideowy na **rysunku 2**. Duża część podukładów jest wspólna zarówno dla nadajnika, jak i odbiornika, co pozwoliło zredukować liczbę zastosowanych elementów do minimum. Filtr wejściowy zbudowany jest na popularnych dławikach osiowych i strojony jest za pomocą trymerów ceramicz-

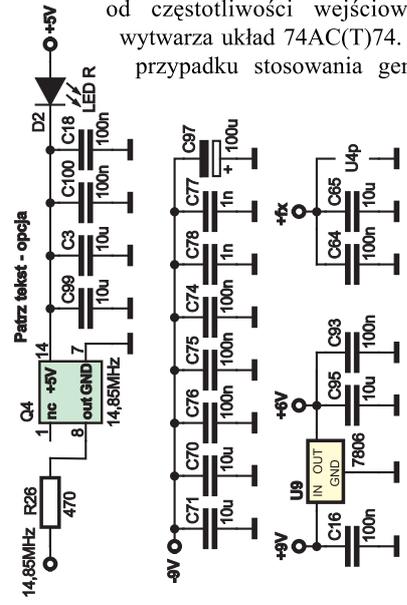
Rys. 3





Rys. 2

do częstotliwości generatora kwarcowego podzielonej przez cztery, plus minus połowa częstotliwości próbkowania karty dźwiękowej (wycinek jednego pasma). Na płycie drukowanej przewidziane jest miejsce zarówno na generator kwarcowy w wersji SMD, jak i przewlekanej. Wzmocnienie sygnału z generatora do poziomów wymaganych przez multiplexery (mieszacze) zapewnia wzmacniacz zbudowany na dwóch tranzystorach typu BFT92. Sygnały kwadraturowe w.c.z., ale o częstotliwości czterokrotnie mniejszej od częstotliwości wejściowej, wytwarza układ 74AC(T)74. W przypadku stosowania gene-

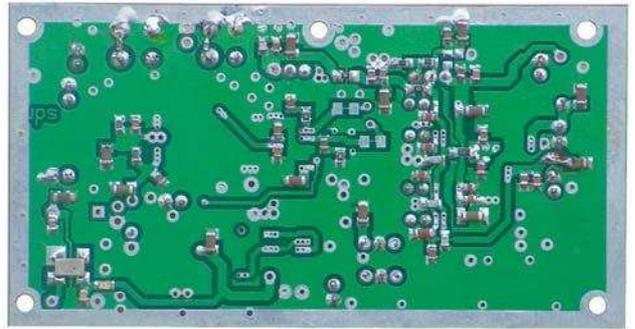


ratora o poziomach sygnału w standardzie TTL lub CMOS, konieczne jest zastosowanie dzielnika oporowego ograniczającego poziom sygnału wejściowego do około 0,25V lub niemontowanie toru wzmacniacza na tranzystorach BFT92 i podłączenie sygnału z generatora bezpośrednio do układu AC(T)74. W przypadku stosowania generatora monolitycznego zasilanego z 3,3V, montujemy szeregową diodę LED obniżającą napięcie zasilania generatora z 5V do około 3,5V. W przypadku stosowania generatora zasilanego z 5V, w miejsce diody LED montujemy zworę (opornik 0 omów). Większość generatorów TCXO (termokompensowanych) ma sygnał wyjściowy o amplitudzie około 1V i wymaga zastosowania wzmacniacza sygnałów w.c.z. W egzemplarzu modelowym sygnał z generatora TCXO o częstotliwości 14,85MHz (3,3V) podłączony został przez opornik szeregowy o wartości 470Ω do wejścia wzmacniacza. Pojedynczy generator TCXO o częstotliwości 14,85MHz umożliwia pokrycie odcinka SSB (fonia) w centrum polskiej aktywności na paśmie 80m. Otrzymana częstotliwość po podziale przez układ AC(T)74 jest częstotliwością środkową zarówno nadajnika, jak i odbiornika i występuje na wyprowadzeniach 2 i 14 układu FST3253. Sygnał w.c.z. sterujący pracą mieszacza idzie przez rezystory o wartości 0Ω z odpowiednich wyjść układu AC(T)74 (rezystory te mogą być zastąpione innymi z zakresu od 22Ω do 100Ω o rozmiarze 0603). Zastosowanie rezystorów o wartości różnej od 0Ω poprawia w niektórych wypadkach wytlumienie kanału lustrzanego, ich montaż nie jest jednak niezbędny. Jako mieszacze zastosowano układ FST3253. Układ ten zawiera dwa niezależnie wybierane multiplexery typu 1 z 4. Jeden z multiplexerów pracuje w torze nadajnika, drugi w torze odbiornika. Stanem aktywującym multiplexer (mieszacz) jest stan niski (piny 1,15 układu FST3253). W danej chwili może być aktywny tylko jeden mieszacz, co osiągnięto przez zastosowanie inwertera na tranzystorze MMBT3904. Użycie w tym miejscu tranzystora MMBT3904 jest dość przypadkowe, funkcję tę może pełnić praktycznie dowolny tranzystor npn. Zastosowana w układzie dioda Zenera ogranicza poziom stanu wysokiego do około 4V. Bez zastosowania tej diody i z podaniem na wejście wyboru mieszacza napięcia większego niż około 6V układ FST3253 ulega uszkodzeniu. Przyjęte rozwiązanie pozwala na bezpośrednie sterowanie układu z portu RS232 komputera.

### Nadajnik

Układ SDR, zarówno w torze nadajnika, jak i odbiornika, wymaga dwóch sygnałów przesuniętych między sobą o 90° (kwadraturowych I i Q) oraz w niektórych układach dodatkowo sygnałów komplementarnych do kwadraturowych (sygnałów analogicznych z sygnałami

IQ, ale przesuniętych w fazie o 180°). Odwracanie fazy o 180° zrealizowane jest z użyciem wzmacniaczy operacyjnych, pracujących w konfiguracji wzmacniacza odwracającego. Układ zawiera cztery identyczne wzmacniacze odwracające, przy czym dwa pracują dodatkowo jako wzmacniacze buforujące sygnał z karty dźwiękowej komputera. Na wejściu wzmacniaczy buforujących znajdują się filtry dolnoprzepustowe usuwające składowe w.c.z., jakie mogłoby nanieść się na sygnał m.c.z. z toru nadajnika. Na wyjściach wzmacniaczy operacyjnych znajdują się rezystory ograniczające o wartości od 33 do 51Ω (wszystkie oporniki muszą mieć jednakową wartość, lepsza jest mniejsza wartość oporności – nie każdy jednak ze wzmacniaczy równie dobrze ją „znosi”). Przy doborze wzmacniaczy operacyjnych pracujących w torze nadajnika kluczową rolę odgrywa typ zastosowanego wzmacniacza operacyjnego. W tym miejscu powinny być zastosowane wzmacniacze o dużej wydolności prądowej wyjścia i potrafiące sterować obciążeniem o charakterze pojemnościowym. Duża część z powszechnie dostępnych wzmacniaczy ma zbyt małą wydajność prądową lub wzbudza się podczas sterowania obciążenia o charakterze pojemnościowym. Po kilku eksperymentach w układzie zastosowano wzmacniacz typu TS914, lepszym wyborem jest wzmacniacz typu TLE2064, jest on jednak trudniej dostępny. Dwa wymienione tutaj wzmacniacze operacyjne mają najlepszy stosunek jakości do ceny. Istnieją wzmacniacze operacyjne lepsze do tego zastosowania, jednak cena ich wynosi nawet 50 zł za sztukę. Użycie w tym miejscu wzmacniacza o niższej wydajności prądowej wyjścia (np. TL084) powoduje wzrost zniekształceń sygnału nadawanego (rosnący wyraźnie ze wzrostem mocy nadajnika), spadek mocy ze wzrostem odchylenia od częstotliwości środkowej pracy urządzenia ( $f_{\text{generatora}}/4$ ) i pogorszenie wytlumienia wstęgi bocznej. Wszystkie wymienione wzmacniacze mają identyczny rozkład wyprowadzeń, co otwiera szerokie pole do eksperymentów. Wzmacniacze te mogą być zasilane na stałe lub, co jest lepszym rozwiązaniem, tylko na czas nadawania (taka opcja jest przewidziana również na proponowanej płytce).



Rezystor o wartości 180Ω na wyjściu multiplexera zapewnia impedancję wyjścia nadajnika od strony w.c.z. na poziomie około 200Ω. Transformator o przekładni 1 do 4 obniża tę impedancję do znormalizowanej impedancji filtru, równej 50Ω. Transformator nawinięty jest na rdzeniu F1001 (2 razy po 8 zwojów) dwoma przewodami jednocześnie, przy czym najlepiej użyć przewodów różniących się kolorem. Koniec jednego z uzwojeń łączymy z początkiem drugiego uzwojenia. Moc nadajnika wynosi około 1mW. Układ wymaga zastosowania odpowiedniego wzmacniacza mocy, który zostanie opisany później. Element oznaczony na schemacie *rx* jest potencjometrem wielobrotowym SMD, umożliwiającym dokładną regulację wzmocnienia jednego z kanałów nadajnika (równoważenie modulatora). Wypadkowa wartość rezystancji potencjometru z rezystancją równoległą, włączoną na stałe, powinna dać wartość bardzo zbliżoną do analogicznego opornika o stałej wartości rezystancji w drugim kanale. Układ ma

R E K L A M A

niwelować różnice wzmocnienia na poziomie maksymalnie 2 procent. Analogiczne potencjometry znajdują się w torze odbiornika i pełnią taką samą funkcję. W opcji podstawowej potencjometrów tych nie ma potrzeby montować, do czego mogą być one przydatne zostanie wyjaśnione w podsumowaniu, na końcu opisu urządzenia.

## Odbiornik

Sygnal w.cz. z wejścia antenowego transformowany jest w górę w stosunku 1 do 4 (transformacja z 50 na 200Ω). Rozwiązanie takie poprawia stosunek sygnału do szumu. Różnicowy sygnał mieszania (sygnal odbierany minus sygnał sterujący pracą mieszacza) pojawia się na wyjściach układu FST3253, w praktyce są to 4 sygnały m.cz. przesunięte względem siebie o 90°. Napięcie zasilające układy cyfrowe wytwarzają dwa stabilizatory scalone oddzielnie dla układu multipleksera i oddzielnie dla układu 74ACT74 (przerzutników D). Układ FST3253 zasilany jest z napięcia 6V, co zwiększa szybkość przełączania układu i jest bardzo korzystne w prezentowanym układzie. Przyjęte rozwiązanie redukuje przenoszenie zakłóceń w układzie, bo stabilizatory scalone działają jak filtry. Każde z wyjść multipleksera obciążone jest impedancją zbliżoną do 200Ω w szerokim zakresie częstotliwości, a stałą impedancję, niezależnie od częstotliwości, zapewnia układ zwany diplexerem (rezystory 180Ω, dławiki 180μH i kondensatory

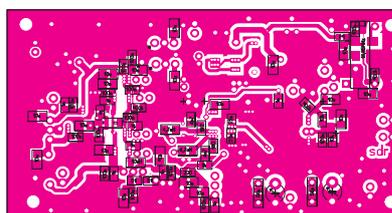
4,7nF). Opisany układ diplexera zaproponował Marco IK10DO. Uzyskane właściwości diplexera pozwalają wykorzystać go w układzie z pasmem karty dźwiękowej na poziomie 192kHz. Sygnal m.cz. wzmacniany jest przez dwa podwójne wzmacniacze operacyjne, pracujące w konfiguracji wzmacniacza odwracającego, co łatwo pozwala uzyskać dopasowanie każdego z torów multipleksera do wymaganej impedancji 200Ω. Wzmocnienie wzmacniacza operacyjnego zależy od ilorazu rezystancji w sprzężeniu zwrotnym wzmacniacza i rezystancji na jego wejściu. Kondensatory 100pF w torze sprzężenia zwrotnego wzmacniacza NE5532 zmniejszają wzmocnienie wzmacniacza dla sygnałów wysokoczęstotliwościowych i działają jako filtr dolnoprzepustowy. Sygnal ze wzmacniaczy NE5532, dopasowujących impedancję, podawany jest na wzmacniacz odejmujący na układzie NE5532. Parametry szumowe tego wzmacniacza nie są już tak istotne, bo o całkowitych szumach w układzie decyduje w sumie pierwszy stopień. Na wyjściach wzmacniaczy operacyjnych, z których sygnał idzie na wejście audio karty dźwiękowej, umieszczone są oporniki o wartościach 100Ω. Oporniki te zapobiegają wzbudzeniom układu wywołanym obciążeniem pojemnościowym wzmacniacza (kable audio prowadzące do karty dźwiękowej komputera). Napięcie referencyjne dla wzmacniaczy operacyjnych wytwarza stabilizator LM317L. Warto w tym układzie zwrócić uwagę na małe wartości rezystancji ustalającej napięcie wyjściowe stabilizatora. Stabilizator LM317L, w przeciwieństwie do stabilizatorów serii 7800, musi być wstępnie obciążony przez układ zewnętrzny, by stabilizował napięcie. Funkcję obciążenia pełnią oporniki 51Ω, wartość ich nie jest krytyczna i można je zwiększyć, pamiętając, że układy różnych producentów wymagają różnej wartości minimalnego prądu obciążenia. Napięcie odniesienia wynosi w tym układzie 2,5V. Zastosowany w układzie polaryzacji wzmacniacza U5 opornik pokazany na płytce o wartości 0Ω i rozmiarze 1206 pełni funkcję zwory.

## Montaż układu

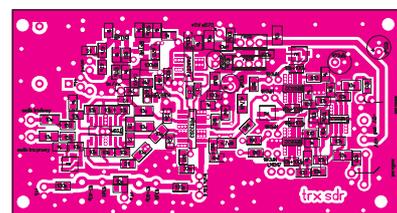
Układ zbudowany jest prawie w całości z wykorzystaniem elementów SMD o rozmiarze 0805, wyjątek stanowią kondensatory ceramiczne o wartości 10μF, które mają obudowę o rozmiarze 1206, dwa oporniki z typoszeregu 0603 montowane opcjonalnie oraz elementy indukcyjne. Opisany układ zamontowano na dwustronnej płytce z laminatu szklanego z metalizacjami otworów i soldermaskami (rysunki 4 i 5). W układzie użyto szereg elementów odsprężających o wartości 1nF, 100nF i 10μF. Wszystkie zastosowane w układzie kondensatory są kondensatorami ceramicznymi. Kondensatory 10μF można zastąpić kondensatorami tantalowymi. W przypadku zastosowania (elektrolitycznych) kondensatorów tantalowych szczególną uwagę należy zwrócić na ich biegunowość. Jak pokazała praktyka, najczęstszym błędem jest odwrotne wlutowanie kondensatora elektrolitycznego, czego konsekwencją jest zniszczenie odwrotnie włączonego kondensatora i zwarcie. Bardzo duża liczba zastosowanych elementów odsprężających wynika z konieczności zapewnienia dobrego odsprężenia układu w szerokim zakresie częstotliwości. Kondensatory 1nF powinny być typu NP0 (COG), w razie problemu kupienia kondensatorów o takiej pojemności można je zastąpić kondensatorami np. 820pF. Powszechnie stosowane kondensatory X7R (produkowane zwykle od pojemności 1nF wzwyż) mają znacznie gorsze właściwości odsprężające. Kondensatory ceramiczne 22nF i 4,7nF zastosowane w układzie powinny odznaczać się możliwie niskim rozrzutem pojemności. Ideałem byłoby tu również użycie kondensatorów typu NP0 (COG), wadą ich jest jednak bardzo wysoka cena wynosząca około paru złotych za sztukę przy tej wartości pojemności, czasami można je jednak kupić na serwisach aukcyjnych za ułamek tej kwoty. Kondensatory X7R również będą pracować, jednak osiągnięte wyniki będą nieco gorsze. Wszystkie rezystory, zastosowane w otoczeniu wzmacniaczy operacyjnych, powinny mieć tolerancję 1% – zapewniają one najlepszy stosunek ceny do otrzymanych parametrów. Cewki 180μH są typowymi dławikami osiowymi. Układ FST3253 może być bez żadnych zmian zastąpiony układem 74CBT3253. Kondensatory 100pF w układzie sprzężenia zwrotnego wzmacniaczy NE5532 montujemy na rezystorach 10kΩ. Cały układ jest zasilany napięciem symetrycznym ±9V, co jest

R E K L A M A

Rys. 4. Skala 50%



Rys. 5. Skala 50%

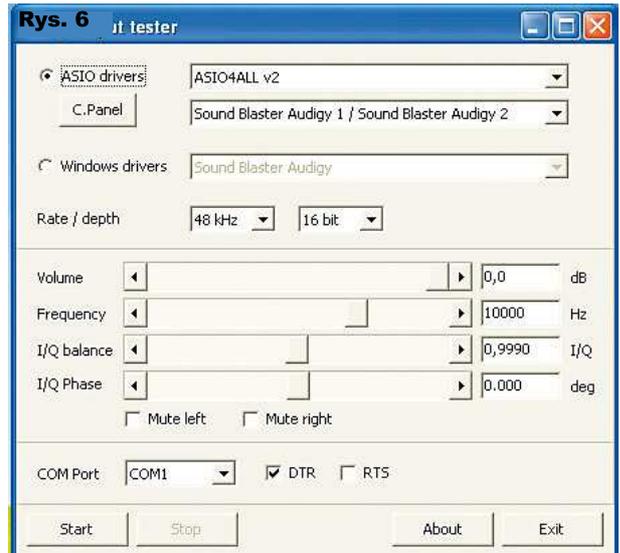


niewielką niedogodnością układu. W układzie można wykorzystać również zasilanie napięciem niesymetrycznym. W tym wypadku wskazane byłoby użycie wzmacniaczy z wyjściem typu *rail to rail* lub przynajmniej wzmacniaczy NE5532 w wersji z rozszerzonym zakresem napięć zasilania (wzmacniacze NE5532 występują w wersjach z napięciem zasilania  $\pm 5$  do  $\pm 15V$  i  $\pm 3$  do  $\pm 20V$ ). Aby wykonać układ zasilany z pojedynczego napięcia zasilania, konieczne jest zastąpienie przynajmniej paru kondensatorów odsprężających ujemne napięcie zasilania opornikami o wartości  $0\Omega$  (najlepiej wszystkich). Praca układów NE5532 przy pojedynczym napięciu zasilania psuje nieco dynamikę układu i wymaga zmniejszenia wartości rezystancji w obwodzie ujemnego sprzężenia zwrotnego wzmacniaczy z  $10k\Omega$  na  $4,7k\Omega$  przy jednoczesnym proporcjonalnym wzmocnieniu pojemności w obwodzie ujemnego sprzężenia zwrotnego wzmacniaczy operacyjnych. W dalszej części artykułu zostanie opisana odpowiednia przetwornica (opcja), która umożliwi rozwiązanie tego problemu. Cały układ najlepiej umieścić w obudowie ekranującej z cienkiej blachy. Zamiast układu 74AC(T)74 można zastosować również układ serii LVC. Układy serii LVC pracują poprawnie przy 5V zasilania, co wynika z ich danych katalogowych (oryginalnie są to układy stworzone do pracy przy 3,3V w układach pośredniczących pomiędzy logiką 3,3 i 5V). Użycie układu serii LVC daje możliwość odbioru pasma 6m. Wykorzystane przerzutniki powinny mieć jak najwyższą częstotliwość pracy. Należy również pamiętać, że występują znaczne różnice szybkości pracy układów, w zależności od producenta, nawet w obrębie tej samej rodziny układów (np. ACT).

### Uruchomienie układu

Pierwszą czynnością jaką musimy wykonać, jest podłączenie zewnętrznego filtra pasmowego lub zestrojenie filtra obecnego na płycie. W przypadku prawidłowej pracy odbiornika, na wejściach 2 i 14 układu FST3253 powinniśmy uzyskać sygnał o częstotliwości będącej częstotliwością czterokrotnie mniejszą od częstotliwości generatora. Napięcie stałe mierzone w tym miejscu za pomocą multimetru cyfrowego powinno wynosić około 2,5V. Napięcia na wszystkich wyprowadzeniach wzmacniaczy operacyjnych powinny być równe napięciu odniesienia wytwarzanemu przez źródło napięcia odniesienia (2,5V). Przebiegi obecne w praktycznie wszystkich kluczowych punktach tego układu można znaleźć na stronie <http://sites.google.com/site/sq4avs/trx-sdr> – opisany układ jest dość podobny do wyżej opisywanego. Odbiornik najlepiej wstępnie sprawdzić, wykorzystując program Rocky. Szczegółowa instrukcja korzystania z tego programu znajduje się <http://sites.google.com/site/sq4avs/sdr>.

W przypadku używania systemów nowszych niż Windows XP najlepiej użyć programu SDRadio (opis w EdW 2/2010). W prawidłowo działającym układzie widoczny jest jeden sygnał, sygnał lustrzany powinien być wytłumiony. W celu sprawdzenia toru nadawczego instalujemy programy IQout ([http://www.m0kgk.co.uk/sdr/iqout\\_setup.exe](http://www.m0kgk.co.uk/sdr/iqout_setup.exe)) i drivery ASIO4ALL ([http://tip-pach.business.t-online.de/asio-4all/ASIO4ALL\\_2\\_9\\_English.exe](http://tip-pach.business.t-online.de/asio-4all/ASIO4ALL_2_9_English.exe)). Wyjście karty m.cz. podłączamy do wejść TRX, podłączamy napięcie zasilające począwszy od wzmacniacza operacyjnego (TS914) i wprowadzamy TRX-a w stan nadawania przez podanie napięcia z zakresu od 6 do 12V na wyprowadzenie *tr/rx*. Uruchamiamy program IQ output tester (**rysunek 6**) i generujemy ton 10kHz (jego dokładna częstotliwość nie ma większego znaczenia). Wartość I/Q Balance powinna podczas testów wynosić 1, a I/Q Phase 0. Każda większa zmiana tych wartości będzie powodowała złe wytłumienie kanału lustrzanego. W przypadku prawidłowej pracy nadajnika powinniśmy uzyskać po filtrze pasmowym (obciążonym impedancją znamionową 50 $\Omega$ ) sygnał o częstotliwości pracy generatora w.cz. podzielonej przez 4



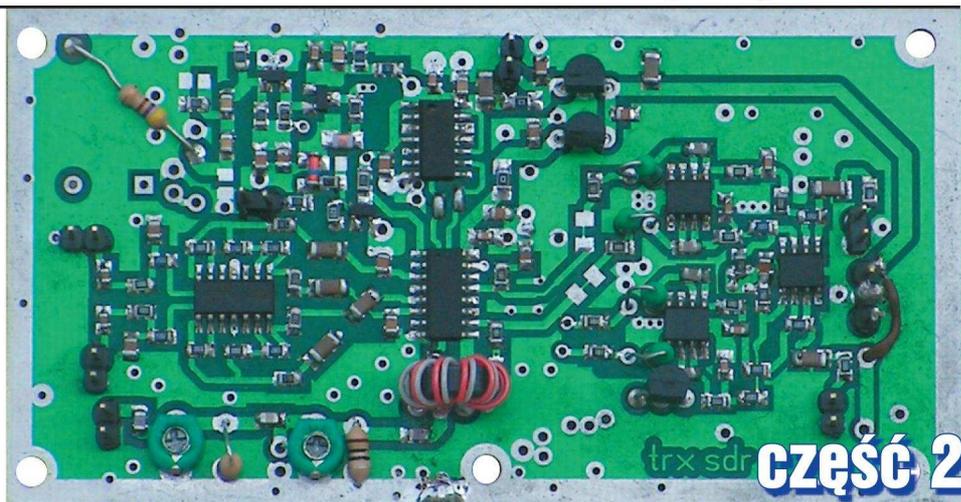
powiększonej (lub pomniejszonej) o częstotliwość sygnału audio generowaną przez komputer. Zamiana między sobą kanałów audio powinno spowodować, że otrzymamy drugi z produktów mieszania, to znaczy jeśli za pierwszym razem otrzymaliśmy produkt będący sumą częstotliwości, za drugim razem powinniśmy otrzymać produkt będący różnicą częstotliwości. Szczegółowy opis podłączenie urządzenia do komputera opisany będzie w kolejnym artykule.

Rafał Orodziński SQ4AVS  
sq4avs@gmail.com

### Wykaz elementów

Rezystory	
R1-R2,R9,R28-30,R33	51 $\Omega$ 0805
R3-R4,R7-R8,R61	1k $\Omega$ 0805
R5,R31-R32	150 $\Omega$ 0805
R6	470 $\Omega$ 0805
R10-R11,R25,R45-R46,R49-R50,R57-R58	180 $\Omega$ 0805 1%
R12-R15, R17-R24,R37-R40,R47,R48,R51,R52,R56, R59	10k $\Omega$ 0805 1%
R16,R41	4,7k $\Omega$ 0805
R26	470 $\Omega$ (przewlekany, opcja)
R27,R44,R60	Rx wieloobrotowy smd (patrz tekst)
R34-R36,R53-R55	100 $\Omega$ 0805 1%
R42	47k 0805
R43	3,3k $\Omega$ 0805
R62	330 $\Omega$ 0805
R63	0 $\Omega$ 1206 (patrz tekst)
Kondensatory	
C1,C2,C72,C73	4,7nF 0805 NPO (patrz tekst)
C3,C11-C14,C22,C23,C28,C30,C39,C42,C49,C50, C52,C59,C61,C63,C65,C66,C70,C71,C79,C80, C84-C86,C95,C98,C99	10 $\mu F$ 1206
C4,C5,C15,C19,C20,C31,C32,C44,C46,C48,C57,C67, C68,C77,C78,C83,C91,C94,C96	1nF 0805 NPO
C6,C8,C16-C18,C33,C40,C47,C55,C56,C58,C64,C69,C 74-C76,C81,C82,C87-C90,C92,C93,C100,C101	100nF 0805
C7,C53,C54,C97	100 $\mu F$ /16V
C9,C10	47nF 0805
C21,C29,C35,C45,C60,C62	100pF 0805 NPO
C24-C27	22nF 0805 NPO (patrz tekst)
C34	33nF 0805 NPO (patrz tekst)
C36,C37	10-40pF trymer ceramiczny 5mm
C38,C43	56pF 0805 NPO
C41	15pF 0805 NPO
Półprzewodniki	
D1	C4V3
D2	LED 0805 Czerwona
U1	FST3253 SMD
U2	7805
U3	LM317L (TO92)
U4	TS914 SMD
U5,U7,U8	NE5532 SMD
U6	74AC(T)74 SMD
U9	7806
Q1	MMBT3904
Q2,Q3	BFT92
Q4	14,85MHz (opcja)
Indukcyjnie	
L5,L9,L10,L12	4,7 $\mu H$ 1008
L1,L2	10 $\mu H$ osiowy
L4	100nH 1008
L3,L13,L14	10 $\mu H$ 1206
L6-L8,L11	180 $\mu H$ osiowy
Tr1	2*8 zwojów 10*6*4 F1001 można również użyć FT37-43

Płytki drukowane są dostępne w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-2954.



# TRX SDR na fale krótkie

W tej części artykułu o TRX-ie SDR opisane zostały dodatkowe bloki tego urządzenia: przetwornica  $-9V$ , układ stabilizacji temperatury generatora SI570 oraz liniowy wzmacniacz mocy. Mogą one być wykorzystane również w innych urządzeniach, np. układ stabilizacji temperatury i przetwornica  $-9V$  mogą znaleźć zastosowanie w opisywanym w EdW 8/2009 odbiorniku HPSDR (AVT-2909), a wzmacniacz mocy w dowolnym urządzeniu nadawczym na fale krótkie.

## Termostat

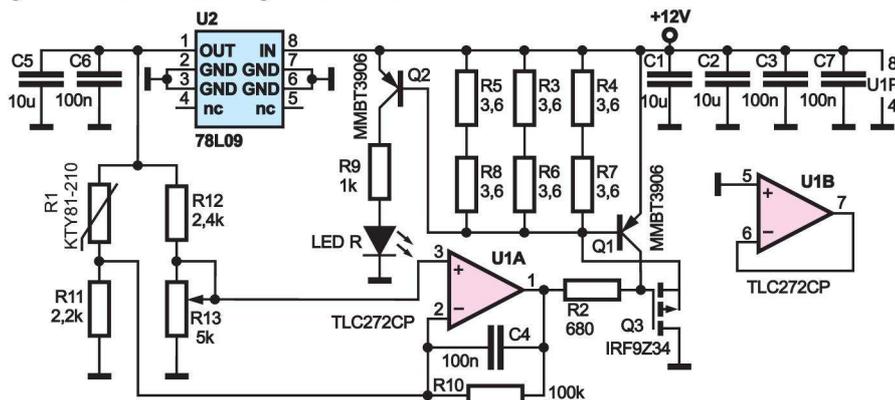
Układ ten służy do stabilizacji temperatury kostki SI570. Schemat modułu pokazany jest na **rysunku 1**. Układ SI570 wykazuje dość silną zależność między temperaturą otoczenia, a generowaną częstotliwością. Zmiany częstotliwości (temperatury) układu SI570 są najsilniejsze w pierwszych minutach od włączenia układu. Zastosowanie układu termostatu pozwala uzyskać po osiągnięciu zadanej temperatury (parę minut) dużą stabilność częstotliwości generatora, niezależnie od temperatury otoczenia. Opisany układ bazuje na podobnych opisach dostępnych w Internecie. Cechą, która go wyróżnia, jest użycie tranzystora MOSFET z kanałem P

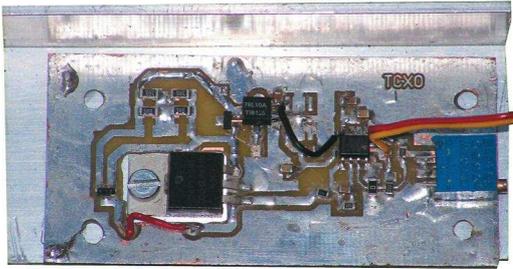
jako elementu grzejnego. Przyjęte rozwiązanie ma jedną dużą zaletę, nie wymaga stosowania podkładki izolacyjnej, dren tranzystora IRF9Z34 podłączony jest bezpośrednio do metalowej części obudowy TO-220, dzięki czemu może być ona bezpośrednio połączona z masą układu. Funkcję czujnika temperatury pełni czujnik krzemowy typu KT81-210. W porównaniu z klasycznymi termistorami NTC czujniki krzemowe posiadają lepszą stabilność w funkcji czasu. Napięcie zasilające czujnik i wytwarzające napięcie odniesienia (regulujące temperaturę) wytwarzane jest za pomocą stabilizatora 78L09. Porównywanie temperatury mierzonej z zadaną odbywa się w podwójnym wzmacniaczu operacyjnym typu TLC272. W układzie wykorzystano tylko jedną połówkę tego układu, druga jest niewykorzystana. Wzmocnienie układu ograniczone jest przez opornik R10, a szybkość reakcji na zmiany temperatury przez kondensator C4. W układzie tym nie należy spodziewać się szybkich zmian temperatury. Pożądaną wartość temperatury ustawia się za pomocą potencjometru wieloobrotowego R13. Sygnał błędu ze wzmacniacza operacyjnego steruje bramką tranzystora MOSFET przez rezystor R2. Wartość prądu płynącego przez tranzystor

ogranicza obwód z rezystorami R3-R8 i tranzystorem Q1 typu pnp – MMBT3906. Zamiast tranzystora MMBT3906 można wykorzystać dowolny tranzystor małej częstotliwości typu pnp. Wartość prądu płynącego przez tranzystor można obliczyć ze wzoru  $I = 0,6/R$ , gdzie R jest wartością wypadkową sześciu równolegle połączonych rezystorów R3-R8. W przypadku, gdy wartość spadku napięcia na rezystorach przekroczy wartość 0,6V (spadek napięcia na złączu baza-emiter), tranzystor MOSFET przestaje byćysterowany (napięcie bramki zwierane jest przez tranzystor MMBT3906 do  $+12V$ ), a tranzystor IRF przestaje podgrzewać układ SI570. W układzie ograniczającym prąd użyto oporników SMD w rozmiarze 1206. Wartość prądu podgrzewającego powinna mieścić się w zakresie od 250–1000mA i zależy od zastosowanej izolacji termicznej. Większej wartości prądu podgrzewającego wymagają układy gorzej izolowane termicznie. Proces grzania sygnalizowany jest przez świecenie diody LED. Informacja o stopniu wystawiania tranzystora grzejącego (świecenie diody LED) zmienia się w sposób płynny. Po jaskrawości świecenia diody LED jesteśmy w stanie zorientować się co do odchyłki pomiędzy temperaturą ustawioną a temperaturą czujnika.

Układ najlepiej zmontować w formie kanapki na kształtowniku aluminiowym w kształcie litery T lub L. Z jednej strony kształtownika przymocujemy płytkę generatora SI570, z drugiej strony płytkę termostatu. Obie płytki skrócone są ze sobą za pomocą śrub typu M3. W celu jak najlepszego przekazywania ciepła z tranzystora do płaskownika obudowy tranzystora IRF należy posmarować smarem termoprzewodzącym. Otwór pod tranzystor mocy uzyskujemy po wylamaniu wstępnie zaznaczonego otworami obszaru na płytce drukowanej, a otrzymany otwór wygładzamy za pomocą pilnika. Cały układ należy

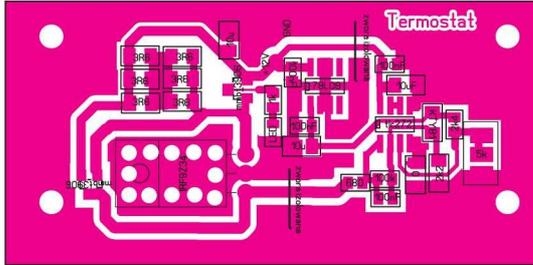
Rys. 1 Schemat ideowy termostatu





Fot. 1

Rys. 2 Schemat montażowy termostatu

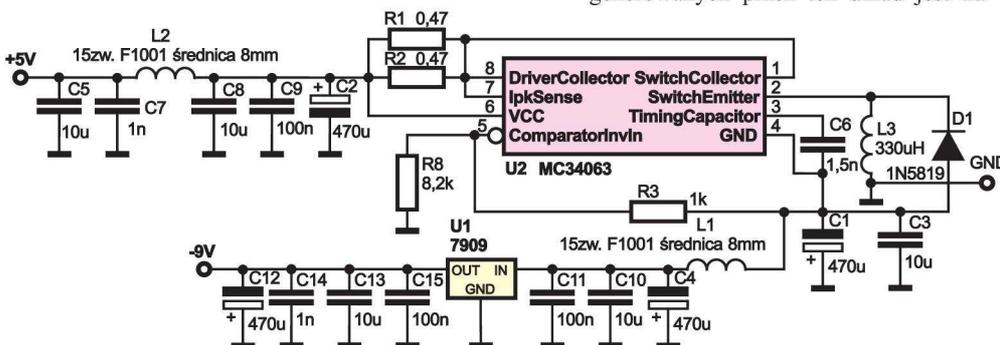


zaizolować termicznie za pomocą styropianu (wystarczy grubość 1cm). Czujnik temperatury należy przykleić do obudowy układu SI570, a połączenia pomiędzy czujnikiem a płytka wykonać za pomocą dwóch skręconych z sobą przewodów. Temperatura pracy termostatu powinna wynosić około 45°C. Opisany układ może być użyty w odbiorniku HPSDR, jak również w dowolnym innym układzie stabilizacji temperatury np. generatora kwarcowego. Zmontowany układ widoczny jest na fotografii 1. Schemat montażowy pokazano na rysunku 2.

## Przetwornica -9V

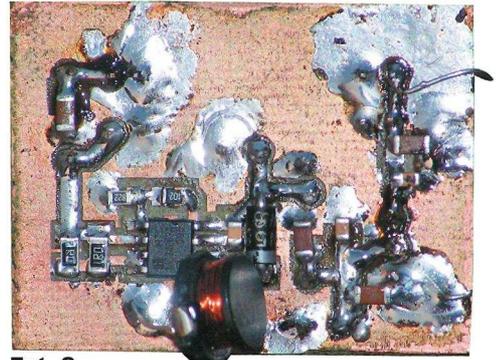
W celu optymalnej pracy wzmacniaczy operacyjnych układu TRX i odbiornika HPSDR wskazane jest ich zasilanie napięciem symetrycznym, co wymaga zastosowania transformatora sieciowego z dwoma niezależnymi uzwojeniami. Mimo że zdobycie takiego transformatora nie jest trudne, wiele osób uznaje konieczność jego użycia za poważną wadę. Pomijając możliwość wykorzystania zwykłego transformatora i podwajacza jednopółokowego, problem można też rozwiązać za pomocą odpowiedniej przetwornicy. Schemat proponowanej przetwornicy pokazany jest na rysunku 3. Opisana w artykule przetwornica zbudowana jest na dość starym, ale powszechnie dostępnym i tanim układzie scalonym MC34063. Całość pracuje w układzie przetwornicy podwyższającej, zmieniającej polaryzację napięcia i zamienia napięcie

Rys. 3 Schemat ideowy przetwornicy -9V



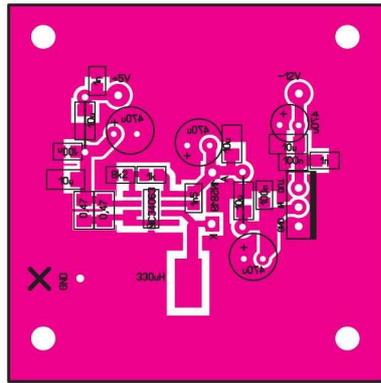
+5V na -12V. Napięcie -12V obniżane jest do -9V za pomocą stabilizatora napięcia ujemnego typu 7909. Stabilizator ten pełni funkcję aktywnego filtra redukującego poziom tętnień (zakłóceń) na wyjściu przetwornicy. Należy zwrócić uwagę na fakt, że stabilizatory napięcia ujemnego niektórych producentów wymagają pojemności na wejściu i wyjściu stabilizatora ponad 100µF, gdyż w przeciwnym wypadku wzbudzą się. W układzie zastosowano kilka filtrów dolnoprzepustowych, zbudowanych na rdzeniach ferrytowych typu F1001, połączonych z kondensatorami.

W celu zapewnienia dobrego odsprężenia układu w szerokim zakresie częstotliwości, w układzie wykorzystano szereg kondensatorów, różniących się wartościami pojemności. Pewnego wyjaśnienia wymaga dławik L3, ponieważ właśnie ten element przysporzył najwięcej problemów podczas pierwszego uruchomienia układu. Pierwotnie jego funkcję pełnił dławik o takiej wartości (330uH), nawinięty na rdzeniu toroidalnym F1001 (jego wartość sprawdzono za pomocą miernika indukcyjności), układ jednak źle stabilizował napięcie wyjściowe i bardzo silnie reagował nawet na niewielkie zmiany obciążenia, zmieniając napięcie na swoim wyjściu. Problem całkowicie rozwiązało zastosowanie jako tej indukcyjności fabrycznego dławika z otwartym strumieniem. Winę za złe działanie układu w przypadku zastosowania rdzenia toroidalnego ponosiło najprawdopodobniej zjawisko nasycania się rdzenia. Rdzenie toroidalne nasycają się znacznie szybciej niż układy z otwartym strumieniem magnetycznym. Zaletą rdzeni toroidalnych jest mały poziom zakłóceń generowanych przez pole rozproszone. Jako L3 można użyć oczywiście dławika innego niż podany w spisie elementów, ale uwzględniając podane wcześniej zastrzeżenia. Zastosowany dławik powinien dodatkowo mieć możliwie małą wartość rezystancji szeregowej. Masa tego układu powinna być połączona tylko w jednym punkcie oznaczonym literą x na płytce drukowanej z resztą mas (np. przez metalową tulejkę dystansową), reszta tulejek powinna być plastikowa. Układ dobrze jest zaekranować cienką blachą stalową. Poziom zakłóceń generowanych przez ten układ jest na



Fot. 2

Rys. 4 Schemat montażowy przetwornicy -9V

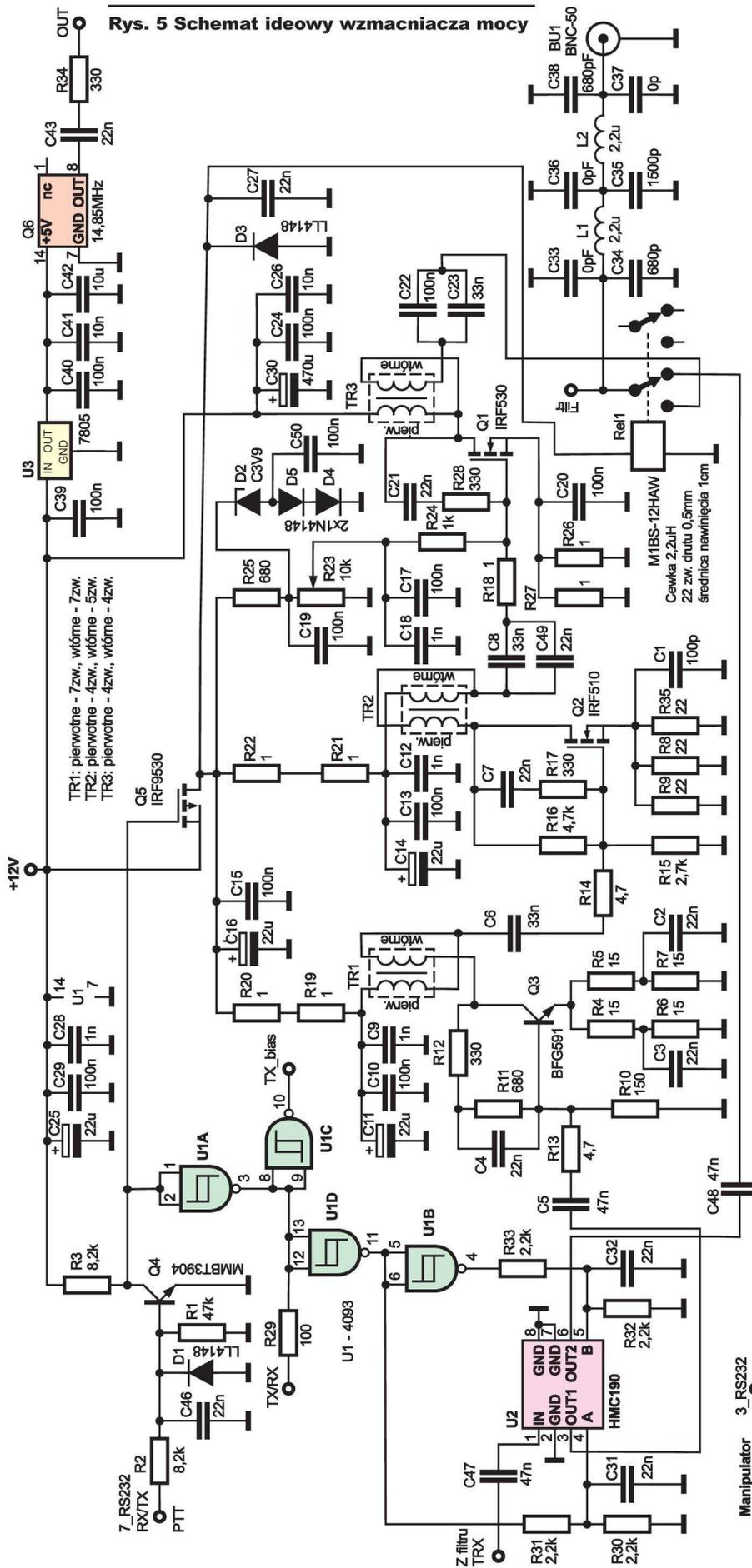


tyle mały, że nadaje się do zastosowania w urządzeniach radiowych i innych układach wymagających użycia ujemnego napięcia zasilania o niskim poziomie zakłóceń. Wartość napięcia wyjściowego może być zmieniana za pomocą elementów towarzyszących układowi MC34063 i wymiany stabilizatora szeregowego. Odpowiedni kalkulator wyliczający żądane wartości elementów układu MC34063 w zależności odżądanego napięcia wyjściowego, prądu i częstotliwości pracy przetwornicy można znaleźć pod adresem <http://www.nomad.ee/micros/mc34063a/index.shtml>. Zmontowany układ pokazano na fotografii 2, schemat montażowy na rysunku 4.

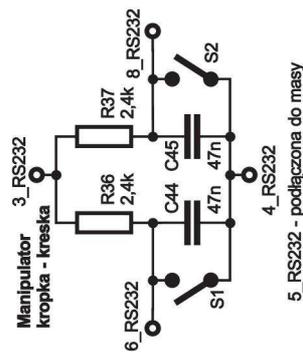
## Wzmacniacz mocy w.cz.

Opisany wzmacniacz mocy jest konstrukcją szerokopasmową i pracuje w całym zakresie fal krótkich. W układzie tym użyto szeregu ciekawych rozwiązań. Mimo, że układ przeznaczony został do urządzeń SDR, praktycznie bez żadnych modyfikacji może znaleźć zastosowanie w każdym urządzeniu nadawczym na fale krótkie. Impedancja wejścia i wyjścia układu zbliżona jest do 50Ω. Niektóre elementy nie muszą być montowane, o tym jednak później. Schemat ideowy widzimy jest na rysunku 5. Szerokopasmowość układu uzyskano dzięki zastosowaniu transformatorów sprzęgających poszczególne stopnie wzmocnienia ze sobą. Pierwsze dwa transformatory obniżają impedancję, ostatni pracuje jako transformator podwyższający impedancję. To, czy dany transformator obniża, czy podwyższa impedancję, zależy tylko od połączenia uzwojeń transformatora. Stosowanie transformatorów obniżających rezystancję ma na celu zapewnienie odpowiednio dobrego wystereowania tranzystorów połowych, szczególnie na wyższych częstotliwościach. Zastosowane tranzystory

Rys. 5 Schemat ideowy wzmacniacza mocy



polowe mają dość duże pojemności wejściowe. Ostatni z transformatorów nawinięty jest na dwóch sklejonych ze sobą rdzeniach ze starych symetryzatorów telewizyjnych. Do sklejenia rdzeni należy użyć kleju epoksydowego (dwuskładnikowego), a rdzenie powinny ściśle przylegać do siebie. Klej wykorzystany do sklejenia rdzeni nie powinien być koloru czarnego ani szarego, ze względu na użycie jako barwnika sproszkowanego grafitu. Przyjęte rozwiązanie pozwala przenieść przez rdzeń większą moc, niż gdybyśmy użyli pojedynczego rdzenia. Dwa pierwsze wzmacniacze pracują w klasie A, odpowiednio z prądami spoczynkowymi 40mA BFG591 i 70mA (IRF510), tranzystor końcowy pracuje w klasie AB z prądem spoczynkowym około 250mA (IRF530). Kondensator o wartości 100pF w źródle tranzystora IRF510 zwiększa wzmocnienie wzmacniacza dla wyższych częstotliwości (tranzystory mają mniejsze wzmocnienie mocy dla większych częstotliwości). Dobłą liniowość wzmacniacza osiągnięto dzięki stosowaniu ujemnych sprzężeń zwrotnych zarówno w obwodzie emitera (źródła), jak i pomiędzy kolektorem a bazą (drenem a bramką). Większą moc wyjściową ze wzmacniacza można uzyskać, zasilając tranzystor IRF530 z napięcia wyższego niż 12V (do 24V), po rozłączeniu odpowiedniej zwory na płytce i wymianie kondensatora elektrolitycznego na inny, o wyższym napięciu pracy. Rezystory o wartości paru omów w bazie (bramkach) tranzystorów zapobiegają wzbudzeniom pasozytniczemu wzmacniacza. Tranzystor BFG591 w celu poprawy chłodzenia wymaga przyłutowania z obu stron plastikowej obudowy kawałka folii miedzianej, która styka się z powierzchnią plastikową tranzystora. W przypadku tranzystora IRF510 wystarczy kawałek blachy aluminiowej o powierzchni około 10–15 cm kwadratowych. Tranzystor IRF530 wymaga dość dużego radiatora, przy czym musi być on przykręcony do niego za pomocą podkładki izolacyjnej (minimum 100–150 cm<sup>2</sup>). Do radiatora tranzystora IRF530 powinny być też przymocowane dwie diody D4, D5, które pod wpływem wzrostu temperatury obniżają napięcie polaryzujące bramkę, a tym samym zmniejszają wartość prądu spoczynkowego tranzystora wraz ze wzrostem jego temperatury. Wartość prądu spoczynkowego regulowana jest za pomocą potencjometru wieloobrotowego. Przełączanie w stan nadawania uzyskane jest dzięki zastosowaniu przełącznika HMC190MS8, przekaźnika elektromechanicznego, układu CD4093, tranzystora z kanałem P oraz tranzystora MMBT3904. Na



wejściu wzmacniacza znajduje się układ przełącznika elektronicznego w.c.z. firmy Hittite typu HMC190MS8. Zaletą zastosowanego układu jest bardzo niska cena wynosząca około 1,5zł za sztukę, zdolność przenoszenia dużych mocy nawet do 1W (nigdy nie będą występowały w tym miejscu moce większe niż 10mW) i doskonała odporność intermodulacyjna. Parametr IP3+ mówiący o odporności intermodulacyjnej wynosi aż +50dBm. Izolacja pomiędzy wrotami przełącznika do 30MHz wynosi ponad 35dB. Układy tego typu

produkuje wielu producentów. Pewną wadą w tych układach jest konieczność usunięcia składowej stałej (zastosowanie kondensatorów separujących na wszystkich wrotach przełącznika mimo podawania przez producentów, że układy pracują od napięć stałych) oraz konieczność sterowania przełącznika dwoma sygnałami naraz. Układ ma dwa wejścia sterujące oznaczone jako A i B, stany na tych wejściach powinny być zawsze przeciwne, tzn. jeśli na jednym z wejść występuje stan niski, na drugim musi być stan wysoki. Poziom stan wysokiego może wynosić maksymalnie 8V. Większym wartościom napięć sterujących odpowiada większa wartość oporności na modulację skrośną. Odpowiednie napięcia sterujące pracą przełącznika wytwarzane są przez dwa inwertery Schmitta układu CD4093. Sygnał z wyjścia nadajnika (duża moc) przełączany jest już za pomocą zwykłego przekaźnika elektromechanicznego. Przełącznik półprzewodnikowy zastosowanego typu nie jest w stanie przenieść mocy naszego wzmacniacza. Na uwagę zasługuje w tym układzie fakt, że dwa pierwsze stopnie i polaryzacja trzeciego stopnia wzmacniacza załączane są tylko podczas nadawania. Funkcję klucza załączającego napięcia zasilania tych tranzystorów pełni tranzystor MOSFET z kanałem typu p. Dzięki przyjętemu rozwiązaniu szumy wzmacniacza



**Rys. 6 Charakterystyka filtra pracującego podczas nadawania i odbioru**

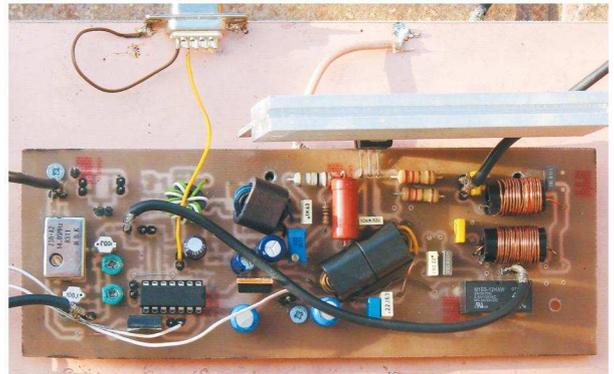
poziomu – 0,6V. Dodatkowa „wolna” bramka układu CD4093 umożliwia sterowanie pracą zewnętrznego wzmacniacza przeciwobnoję na MOSFET-ach przez zwieranie napięcia ich bramek do masy za pomocą zewnętrznego tranzystora npn. Dodatkowe elementy na złączu RS232 służą do sterowania kluczem telegraficznym (emisja CW) z programu PowerSDR. Pokazany na schemacie filtr dolnoprzepustowy może być zastosowany tylko w wersji jednopasmowej, podane pojemności na schemacie dotyczą pasma 80m. Pojemności oznaczone jako 0 pozwalają złożyć kondensator o żądanej pojemności z paru kondensatorów o mniejszej pojemności. Filtr ten pracuje zarówno podczas nadawania i odbioru. Charakterystykę tego filtra pokazano na rysunku 6. W wersji na cały zakres KF filtr ten nie jest montowany. Płytką drukowaną ma dodatkowe miejsce na generator kwarcowy i stabilizator scalony, który może być użyty w urządzeniu SDR (wersja przewlekana), montowanie jego nie jest jednak konieczne, gdyż analogiczne elementy znajdują się na płytce TRX-a.

mocy nie zakłócają pracy odbiornika. Stanem aktywowującym nadawanie jest stan wysoki na złączu PTT wzmacniacza mocy. Zastosowane rozwiązanie umożliwia sterowanie wzmacniaczem zarówno za pomocą poziomów logicznych TTL (procesor ATtiny45 układu SI570), jak i sygnałów o poziomach logicznych standardu RS232 (sterowanie z wykorzystaniem programu autorstwa M0KGK). Dioda L4148 (1N4148 w obudowie SMD) zabezpiecza układ przed zbyt dużym ujemnym napięciem pochodzącym od portu RS232, ograniczając ujemne napięcie do

Zmontowany układ przedstawiono na fotografii 3, schemat montażowy na rysunku 7.

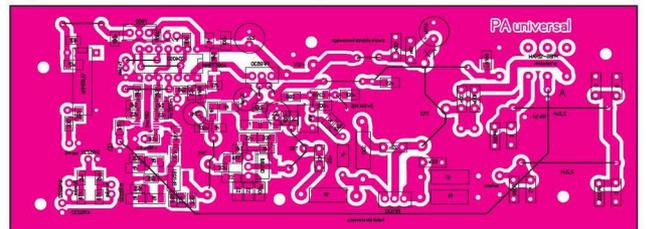
## Uruchomienie układu

W układzie powinny być zastosowane elementy o mocy strat i napięciu pracy podanym w wykazie elementów. Zastosowane rezystory przewlekane powinny być bezindukcyjne, z możliwie krótkimi wyprowadzeniami. Na wstępie wykonujemy połączenie odcinków A i B za pomocą krótkiego odcinka kabla koncentrycznego o impedancji 50Ω oraz montujemy resztę elementów, nie włączając zwory podającej zasilanie na dren tranzystora IRF530. Punkt pracy tranzystorów powinien być skorygowany ze względu na dość duży rozrzut parametrów użytych tranzystorów (doświadczenie z paroma tego typu układami). Zmianę punktu pracy dokonuje się, zmieniając wartość rezystorów polaryzujących bazę (bramkę) tranzystora. W tym czasie układ powinien być obciążony od strony wejścia i wyjścia rezystorami 50Ω o odpowiedniej mocy (na wejściu wystarczy zwykły rezystor o rozmiarze 0805). Wartość prądu płynącego przez tranzystor może być mierzona za pomocą pomiaru spadku napięcia na opornikach emiterowych (źródłowych) – prawo Ohma. W celu uruchomienia nadajnika, podajemy napięcie od 5 do 12V na złącze sterujące trybem pracy nadawanie-odbior



Fot. 3

Rys. 7 Schemat montażowy wzmacniacza. Skala 50%

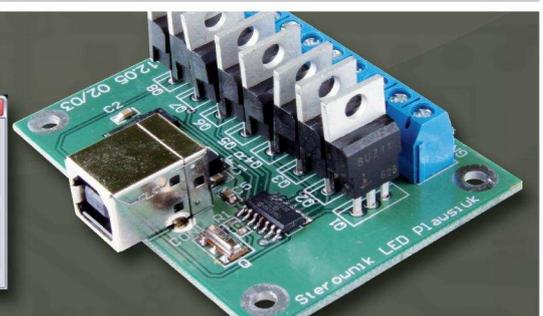


R E K L A M A

## Komputerowy sterownik LED AVT 5240

[www.sklep.avt.pl](http://www.sklep.avt.pl)

AVT-Korporacja Sp. z o.o., 03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11  
tel. 022 257 84 50, fax 022 257 84 55, e-mail: handlowy@avt.pl



**Wykaz elementów**

**Termostat**

**Rezystory**

R1	0kΩ (1206)
R2	680Ω (0805)
R3-R8	3,6kΩ (1206)
R9	1kΩ (0805)
R10	100kΩ (0805)
R11	2,2kΩ (1206)
R12	2,4kΩ (0805)
R13	5kΩ (wielobrotowy)

**Kondensatory**

C1,C2,C5	10μF ceramiczny (1206)
C3,C4,C6,C7	100nF (0805)

**Półprzewodniki**

D1	LED czerwona (0805)
Q1, Q2	MMBT3906
Q3	IRF9Z34
U1	TLC272CP (SMD)
U2	78L09 (SMD)

**Przetwornica**

**Rezystory**

R1,R2	0,47Ω (1206)
R3	1kΩ (0805)
R4	8,2kΩ (0805)

**Kondensatory**

C1,C2,C4,C12	470μF 16V
C3,C5,C8,C10,C13	10μF
C6	1,5nF
C7,C14	1nF NPO (0805)
C9,C11,C15	100nF

**Półprzewodniki**

D1	1N5819
U1	7909
U2	MC34063

**Pozostałe**

L1,L2	15 zw. F1001, średnica 8mm
-------	----------------------------

L3	330μH rozmiar 1207, ekranowany
----	--------------------------------

**Wzmacniacz mocy**

**Rezystory**

R1	47kΩ (0805)
R2,R3	8,2kΩ (0805)
R4-R7	15Ω (1206)
R8,R9,R35	22Ω (1206)
R10	150Ω (0805)
R11,R25	680Ω (0805)
R12,R34	330Ω (0805)
R13,R14	4,7Ω (1206)
R15	2,7kΩ (0805)
R16	4,7kΩ (0805)
R17	330Ω (1206)
R18,R26,R27	1Ω 2W
R19-R22	1Ω (1206)
R23	10kΩ potencjometr wielobrotowy
R24	1kΩ przewlekany 0,25W
R28	330Ω 2W
R29	100Ω (0805)
R30-R33	2,2kΩ (0805)
R36,R37	2,4kΩ (0805)

**Kondensatory**

C1	100pF (1206)
C2-C4,C27,C31,C32,C43,C46	22nF (0805)
C5,C47,C48	47nF (0805) najlepiej NPO
C6	33n (0806)
C7	22nF (1206)
C8	33nF (1206)
C9,C12,C18,C28	1nF NPO
C10,C13,C15,C17,C19,C29,C39,C40,C50	100nF (0805)
C11,C14,C16,C25	22μF 25V
C20,C24	100nF przewlekany 100V MKT

**Kondensatory**

C1	100pF (1206)
C2-C4,C27,C31,C32,C43,C46	22nF (0805)
C5,C47,C48	47nF (0805) najlepiej NPO
C6	33n (0806)
C7	22nF (1206)
C8	33nF (1206)
C9,C12,C18,C28	1nF NPO
C10,C13,C15,C17,C19,C29,C39,C40,C50	100nF (0805)
C11,C14,C16,C25	22μF 25V
C20,C24	100nF przewlekany 100V MKT

**Kondensatory**

C1	100pF (1206)
C2-C4,C27,C31,C32,C43,C46	22nF (0805)
C5,C47,C48	47nF (0805) najlepiej NPO
C6	33n (0806)
C7	22nF (1206)
C8	33nF (1206)
C9,C12,C18,C28	1nF NPO
C10,C13,C15,C17,C19,C29,C39,C40,C50	100nF (0805)
C11,C14,C16,C25	22μF 25V
C20,C24	100nF przewlekany 100V MKT

**Kondensatory**

C1	100pF (1206)
C2-C4,C27,C31,C32,C43,C46	22nF (0805)
C5,C47,C48	47nF (0805) najlepiej NPO
C6	33n (0806)
C7	22nF (1206)
C8	33nF (1206)
C9,C12,C18,C28	1nF NPO
C10,C13,C15,C17,C19,C29,C39,C40,C50	100nF (0805)
C11,C14,C16,C25	22μF 25V
C20,C24	100nF przewlekany 100V MKT

**Kondensatory**

C1	100pF (1206)
C2-C4,C27,C31,C32,C43,C46	22nF (0805)
C5,C47,C48	47nF (0805) najlepiej NPO
C6	33n (0806)
C7	22nF (1206)
C8	33nF (1206)
C9,C12,C18,C28	1nF NPO
C10,C13,C15,C17,C19,C29,C39,C40,C50	100nF (0805)
C11,C14,C16,C25	22μF 25V
C20,C24	100nF przewlekany 100V MKT

C21,C49	22nF przewlekany 100V MKT
C22	100nF przewlekany 250V MKT
C23	33nF 250V MKT
C26	10nF przewlekany MKT 63V
C30	470μF 25V
C33,C36,C37	* patrz tekst
C34,C38	680pF 250V przewlekany, patrz tekst
C35	1500pF 250V przewlekany, patrz tekst
C41	10nF (0805)
C42	10μF ceramiczny (1206)
C44,C45	47nF (0805)

**Półprzewodniki**

D4,D5	1N4148
D1,D3	LL4148 minimelf
D2	C3V9 minimelf lub przewlekana
Q1	IRF530
Q2	IRF510
Q3	BFG591
Q4	MMBT3904
Q5	IRF9530
Q6	14,85MHz (generator kwarcowy, patrz tekst)

**Półprzewodniki**

D4,D5	1N4148
D1,D3	LL4148 minimelf
D2	C3V9 minimelf lub przewlekana
Q1	IRF530
Q2	IRF510
Q3	BFG591
Q4	MMBT3904
Q5	IRF9530
Q6	14,85MHz (generator kwarcowy, patrz tekst)

**Półprzewodniki**

D4,D5	1N4148
D1,D3	LL4148 minimelf
D2	C3V9 minimelf lub przewlekana
Q1	IRF530
Q2	IRF510
Q3	BFG591
Q4	MMBT3904
Q5	IRF9530
Q6	14,85MHz (generator kwarcowy, patrz tekst)

**Półprzewodniki**

D4,D5	1N4148
D1,D3	LL4148 minimelf
D2	C3V9 minimelf lub przewlekana
Q1	IRF530
Q2	IRF510
Q3	BFG591
Q4	MMBT3904
Q5	IRF9530
Q6	14,85MHz (generator kwarcowy, patrz tekst)

**Półprzewodniki**

D4,D5	1N4148
D1,D3	LL4148 minimelf
D2	C3V9 minimelf lub przewlekana
Q1	IRF530
Q2	IRF510
Q3	BFG591
Q4	MMBT3904
Q5	IRF9530
Q6	14,85MHz (generator kwarcowy, patrz tekst)

**Półprzewodniki**

D4,D5	1N4148
D1,D3	LL4148 minimelf
D2	C3V9 minimelf lub przewlekana
Q1	IRF530
Q2	IRF510
Q3	BFG591
Q4	MMBT3904
Q5	IRF9530
Q6	14,85MHz (generator kwarcowy, patrz tekst)

**Półprzewodniki**

D4,D5	1N4148
D1,D3	LL4148 minimelf
D2	C3V9 minimelf lub przewlekana
Q1	IRF530
Q2	IRF510
Q3	BFG591
Q4	MMBT3904
Q5	IRF9530
Q6	14,85MHz (generator kwarcowy, patrz tekst)

**Półprzewodniki**

D4,D5	1N4148
D1,D3	LL4148 minimelf
D2	C3V9 minimelf lub przewlekana
Q1	IRF530
Q2	IRF510
Q3	BFG591
Q4	MMBT3904
Q5	IRF9530
Q6	14,85MHz (generator kwarcowy, patrz tekst)

**Półprzewodniki**

D4,D5	1N4148
D1,D3	LL4148 minimelf
D2	C3V9 minimelf lub przewlekana
Q1	IRF530
Q2	IRF510
Q3	BFG591
Q4	MMBT3904
Q5	IRF9530
Q6	14,85MHz (generator kwarcowy, patrz tekst)

**Półprzewodniki**

D4,D5	1N4148
D1,D3	LL4148 minimelf
D2	C3V9 minimelf lub przewlekana
Q1	IRF530
Q2	IRF510
Q3	BFG591
Q4	MMBT3904
Q5	IRF9530
Q6	14,85MHz (generator kwarcowy, patrz tekst)

**Półprzewodniki**

D4,D5	1N4148
D1,D3	LL4148 minimelf
D2	C3V9 minimelf lub przewlekana
Q1	IRF530
Q2	IRF510
Q3	BFG591
Q4	MMBT3904
Q5	IRF9530
Q6	14,85MHz (generator kwarcowy, patrz tekst)

**Półprzewodniki**

D4,D5	1N4148
D1,D3	LL4148 minimelf
D2	C3V9 minimelf lub przewlekana
Q1	IRF530
Q2	IRF510
Q3	BFG591
Q4	MMBT3904
Q5	IRF9530
Q6	14,85MHz (generator kwarcowy, patrz tekst)

**Półprzewodniki**

D4,D5	1N4148
D1,D3	LL4148 minimelf
D2	C3V9 minimelf lub przewlekana
Q1	IRF530
Q2	IRF510
Q3	BFG591
Q4	MMBT3904
Q5	IRF9530
Q6	14,85MHz (generator kwarcowy, patrz tekst)

**Półprzewodniki**

D4,D5	1N4148
D1,D3	LL4148 minimelf
D2	C3V9 minimelf lub przewlekana
Q1	IRF530
Q2	IRF510
Q3	BFG591
Q4	MMBT3904
Q5	IRF9530
Q6	14,85MHz (generator kwarcowy, patrz tekst)

Rafał Orodziński SQ4AVS  
sq4avs@gmail.com

(PTT). Po podaniu napięcia powinniśmy usłyszeć charakterystyczne pyknięcie załączanego przełącznika. Korekta punktów pracy powinna być dokonywana po przykręceniu do radiatorów, po paru minutach ciągłego wygrzewania urządzenia. Trochę większego nakładu pracy wymaga ustawienie punktu pracy trzeciego stopnia. Ustawiamy zerowe napięcie bramki za pomocą potencjometru wielobrotowego, mocujemy diody stabilizujące punkt pracy do radiatora w pobliżu tranzystora IRF530, przemocowujemy obudowę tranzystora z użyciem podkładki izolacyjnej i pasty termoprzewodzącej. Wlutowujemy zworę podającą napięcie zasilania na dren, ostrożnie zwiększamy wartość prądu spoczynkowego tranzystora IRF530 potencjometrem wielobrotowym, kontrolując go za pomocą woltomierza (mierząc spadek napięcia na rezystorach źródłowych). Przy około 3,3V na bramce, tranzystor zacznie przewodzić i regulację prądu powinniśmy przeprowadzać od tego momentu bardzo ostrożnie. Wartość prądu spoczynkowego wynosi około 250mA przy napięciu zasilania +12V i 150mA przy

napięciu zasilania tranzystora IRF530 równego 24V. Wzmocnienie tego układu wynosi około 35–40dB, a moc wyjściowa około 5W i zależy od parametrów zastosowanych tranzystorów mocy, napięcia zasilającego ostatniego stopnia iysterowania wzmacniacza. Wzmacniacz pracuje bardzo stabilnie i nie wzbudza się nawet po odłączeniu obciążenia. Możliwa jest konfiguracja wzmacniacza za pomocą zwór tak, by wzmacniacz załączał dwa pierwsze stopnie tylko na czas nadawania oraz by pracowały one cały czas, a zabierana była jedynie polaryzacja stopnia końcowego. Na schemacie montażowym (i ideowym) pokazana jest praca z kluczowaniem zasilania dwóch wzmacniaczy sterujących i stopnia końcowego. W przypadku chęci kluczowania tylko stopnia końcowego, kolektor tranzystora BFG591 i dren tranzystora IRF510 podłączone muszą być na stałe do +12V a układ kluczuje wtedy tylko napięcie bramki tranzystora IRF530.

**ELEKTRONIKA PRAKTYCZNA**

**Konkursy w Elektronice Praktycznej**  
Do wygrania w konkursie zestaw ewaluacyjny z mikrokontrolerem ARM9!  
Nadal możesz też wygrać oscyloskop cyfrowy w konkursie PUK!



Elektronicy Konstruktorzy! Nie przeczciecie ciekawych artykułów w siostrzanym czasopiśmie! A wśród nich:

- Przeгляд mikrokontrolerów z rdzeniem ARM.
- Obsługa przerwań w ISIX RTOS.
- Obsługa dekodera audio z interfejsem I<sup>2</sup>S.
- Kurs programowania modemów GSM.
- Programowanie modułów Tibbo em500.
- Chronos eZ430 – Zegarek od Texas Instruments.
- Kontynuacja kursu programowania Siemens S7-1200.

Miniprojekty, ciekawe projekty:

- Przestrajany cyfrowo generator audio.
- Miniaturowy wzmacniacz lampowy dla każdego.
- Multiplexer telefoniczny.
- Miernik poziomu cieczy.

Ciekawe artykuły na temat nowoczesnych podzespołów i sposobów ich użycia. Tips & Tricks. Cykle porad i artykułów dla konstruktorów elektroników i wiele innych o różnorodnej tematyce. Konkursy i atrakcyjne nagrody.

EP można nabyć we wszystkich EMPIK-ach i większych kioskach z prasą. Zamówienia pojedynczych egzemplarzy, a także założenie prenumeraty należy kierować do Działu Handlowego AVT: [handlowy@avt.pl](mailto:handlowy@avt.pl) tel.: 022 257 84 50, fax: 022 257 84 55 Działu Prenumeraty: [prenumerata@avt.pl](mailto:prenumerata@avt.pl) tel.: 022 257 84 22, fax: 022 257 84 00 a także listownie lub bezpośrednio: AVT KORPORACJA Sp. z o.o. 03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11