



Filtry pasmowe odbiornika oraz wzmacniacz antenowy

Ważnym elementem każdego układu odbiornika są filtry pasmowe. Ograniczają one zakres odbieranych częstotliwości, które wchodzą na wejście odbiornika. W układzie zastosowano filtry oktawowe, to znaczy takie, w których dolna częstotliwość przenoszenia jest dwukrotnie niższa od najwyższej przepuszczanej. Filtry takie na pewno nie są idealne, choć dobrze sprawdzają się w praktyce. Lepsza byłaby większa liczba filtrów o węższym paśmie, ale znacznie skomplikowałyby to układ.

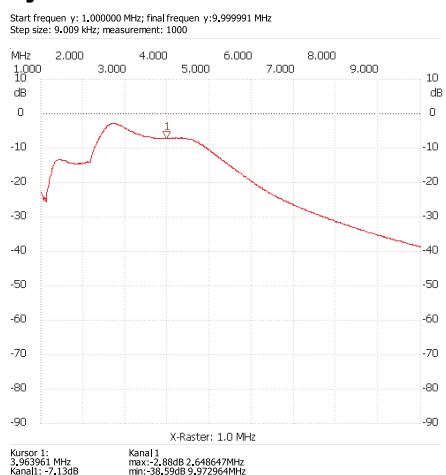
Opis układu

Filtry zaprojektowano z użyciem programu QUCS, wykorzystując aproksymację Czebyszewa z zafalowaniami 0,5dB w paśmie przepustowym. Zakres częstotliwości odbiornika podzielano na 5 zakresów: 1 (1,7–4,2MHz); 2 (4,2–8MHz); 3 (8–15MHz); 4 (15–28MHz); 5 (28–54MHz). W celu maksymalnego uproszczenia układu postanowiono zastosować typowe dławiki i tak przeliczyć pojemności i indukcyjności otrzymane z programu QUCS, by wykorzystać elementy z typoszeregu. Prezentowany układ nie wymaga dobierania poszczególnych pojemności

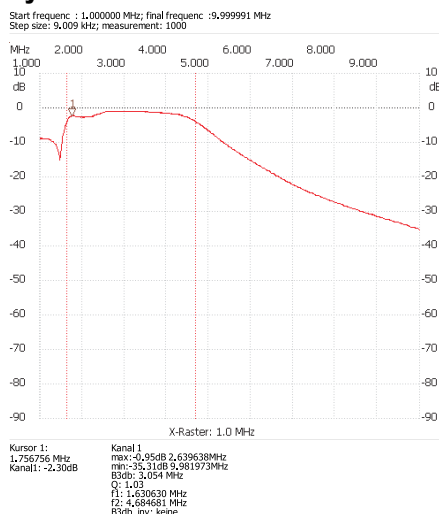
ani indukcyjności. Do wartości 1,2μH wykorzystano dławiki przewlekane, poniżej tej wartości dławiki SMD o wielkości 1008. Wyjątkiem jest też cewka SMD 2,2μH wielkości 1008 w zasilaniu tranzystora BFG591, w tym wypadku chodziło o możliwie wysoko położony rezonans własny indukcyjności, a nie jej dobroć. Taki wybór podyktowany był chęcią uzyskania największej dobroci elementów filtru. Dławiki wielkości 1008 o większej indukcyjności mają znacznie mniejsze dobroci niż dławiki przewlekane, co powoduje wzrost tłumienia w paśmie przepustowym filtru. Wyniki pomiarów potwierdziły teoretycznie wyliczone wartości elementów, poza najniższymi dwoma pasmami, co było sporym zaskoczeniem, ponieważ znacznie bardziej obawiano się problemów z filtrami dla wysokich częstotliwości. Charakterystykę „złego” filtru 1,7-4,2MHz pokazano na rysunku 1. Pasma filtru przesunięte jest w stronę wyższych częstotliwości względem teoretycznie wyliczonego, a układ ma tłumienie w paśmie przepustowym wynoszące ponad 7dB. Pomiaru pojemności

wszystkich kondensatorów w modelu wykazały, że pojemności są odpowiednie i bardzo zbliżone do wymaganych. Analogiczne wyniki dały również pomiary indukcyjności. Wiele pomiarów i równoczesnych symulacji komputerowych pozwoliło zidentyfikować przyczynę problemu, okazały się nią kondensatory 1nF wykonane z ceramiki o dużej stratności X7R (problem ten występował dla elementów o wielkości 0603, 0805, 1206 i przewlekanych kondensatorów ceramicznych). Dopiero „rozbicie” pojemności powyżej 1nF na szereg mniejszych, ale wykonanych z ceramiki NP0, zlikwidowało problem. Wyniki pomiarów zmodyfikowanego filtru pokazano na rysunku 2. Widać z niego, że układ ma tłumienie w paśmie przepustowym maksymalnie 2,3dB, co jest wartością jak najbardziej akceptowalną, lepsza jest również charakterystyka filtru. Wyliczoną teoretycznie charakterystykę filtru zamieszczono na rysunku 3. Na charakterystykę filtru wpływa również jego dopasowanie, co widać na rysunkach 4 i 5, w obu przypadkach mierzony jest ten sam filtr. Filtr z rysunku 4 posiada charakterystykę mierzono bezpośrednio w układzie pomiarowym, na rysunku 5 pomierzono ten sam filtr, ale pomiędzy jego wejście i wyjście włączono tłumik 10dB poprawiający dopasowanie. Wszystkie filtry mają podobną charakterystykę, a różnią się jedynie

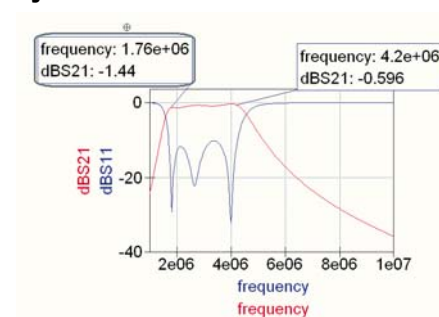
Rys. 1



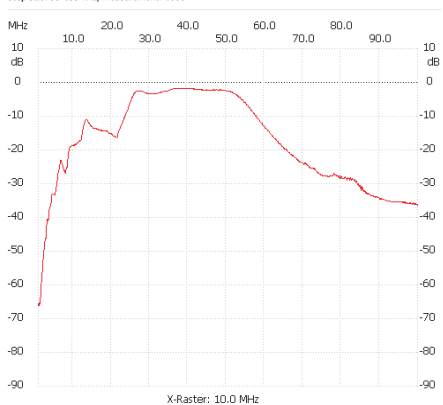
Rys. 2



Rys. 3



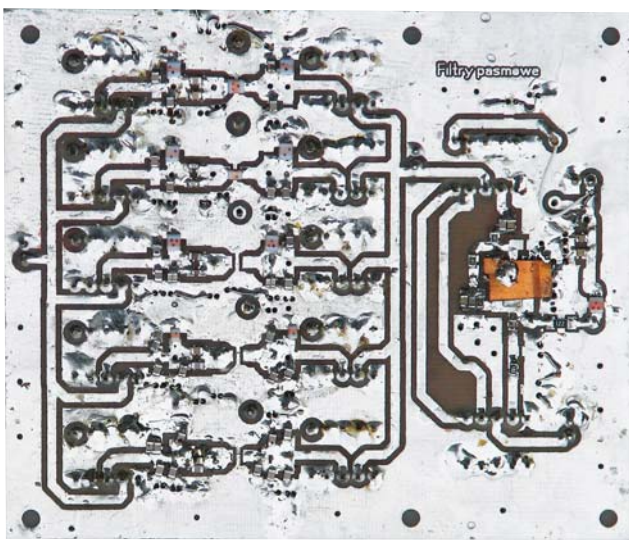
Start frequen y: 1,000000 MHz; final frequen y:99,999901 MHz
Step size: 99,999 kHz; measurement: 1000



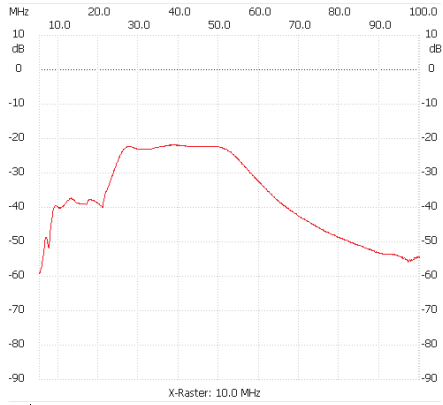
Kanal 1
max:-1,72dB 37,072036MHz
min:-66,20dB 1,000000MHz

Rys. 4

zakresem częstotliwości pracy. Widoczny na wykresach parametr S21 mówi nam o tłumieniu filtra w paśmie przepustowym, S11 o jego dopasowaniu. Jak widać, zmierzone charakterystyki są bardzo podobne do wyliczonych teoretycznie. Pewnego wyjaśnienia wymaga w tym wypadku niskie tłumienie w układzie mierzonym częstotliwości poniżej częstotliwości pracy filtra. Odpowiada za nią sam układ mierzony, a konkretnie wysoki poziom drugiej harmonicznej. Potwierdziły to pomiary analizatorem widma. W tym wypadku druga harmoniczna sygnału leży w paśmie przepuszczania filtra i fałszuje wyniki. W układzie można zastosować inną kombinację kondensatorów dających sumaryczną pojemność równą pokazanej na schemacie, można zastosować również elementy rozmiaru 0603, pozwala to użyć dwóch kondensatorów w miejsce jednego (szerokość padów zastosowanych na płytce pod elementy 0805 jest około dwukrotnie większa niż szerokość elementów 0603). Tam, gdzie zastosowano „kłopotliwe” pojemności, zostawiono wolne miejsce na większą liczbę kondensatorów. Do przełączania pasm wykorzystano przełączniki miniaturowe typu A5W-K firmy Takamisawa, przy czym wykorzystano za każdym razem 1 styk (zastosowany przełącznik ma dwie niezależne pary styków). Użyte przełączniki mają napię-



Start frequen y: 5,200000 MHz; final frequen y:100,000105 MHz
Step size: 94,895 kHz; measurement: 1000



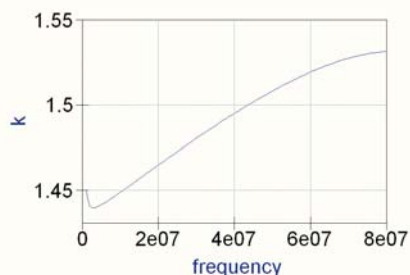
Kanal 1
max:-21,80dB 37,559195MHz
min:-59,25dB 5,200000MHz

Rys. 5

cie robocze 5V. Podobne przełączniki robi wielu producentów. Wybór odpowiedniego filtra dokonywany jest za pomocą przełącznika obrotowego wybierającego filtr i podającego na odpowiednie cewki przełączników napięcie 5V. Niewykorzystany filtr jest zwierany do masy, co zabezpiecza przed przenikaniem sygnału przez pojemności styków. Izolacja pomiędzy wejściem a wyjściem filtra w najgorszym wypadku wynosi 48 decybeli (częstotliwość 52MHz). Izolacja pogarsza się ze wzrostem częstotliwości. Na jej wielkość duży wpływ ma liczba zastosowanych przelotek łączących dolną i górną warstwę masy. Wyniki pomiarów izolacji pokazano na **rysunku 6**. Diody 1N4148 i kondensatory 100nF zabezpieczają przed napięciami indukowanymi na cewkach przełączników.

Wzmacniacz antenowy

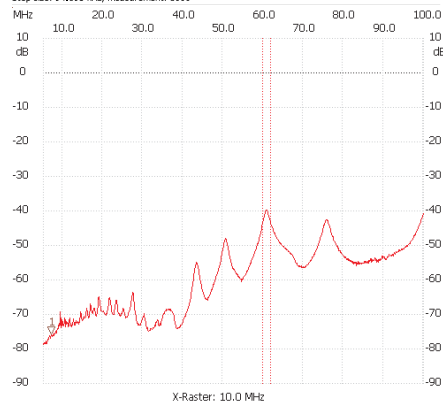
Schemat ideowy całego projektu przedstawiono na **rysunku 7**, a montażowy na **rysunkach 8 i 9**. W układzie zastosowano opcjonalnie szerokopasmowy wzmacniacz antenowy. Wzmacniacz uruchamia się podaniem napięcia zasilającego na układ wzmacniacza. W przypadku braku napięcia zasilającego wzmacniacz ułożenie styków przełącznika powoduje, że sygnał przesyłany jest bez strat. Wzmacniacz ten przydaje się w przypadku odbioru słabych sygnałów i stosuje się go zwykle dla częstotliwości większych od 20MHz. Ponieważ zastosowano przełączniki o napięciu pracy 5V, ich cewki są połączone szeregowo. Wzmacniacz, tak jak i filtry pasmowe, zaprojektowano z użyciem programu



Rys. 6

QUCS. Układ ten pracuje na wysokoprądowym tranzystorze w.c.z. typu BFG591 i nie wymaga stosowania transformatora dopasowującego impedancję, sygnał wyjściowy brany jest z wyjścia dławika zasilającego. Cechą charakterystyczną tranzystora BFG591 jest zastosowanie dwóch wyprowadzeń emitera, co minimalizuje jego indukcyjność. Jest to szczególnie ważne dla wyższych częstotliwości (powyżej 100MHz). Pewnego wyjaśnienia wymaga w tym wypadku połączenie dwóch dławików szeregowo. Rezonans dławika osiowego 22μH wypada według danych katalogowych powyżej 13MHz, a więc w paśmie pracy wzmacniacza, w celu jego osłabienia dławik ten ma dołączony rezystor tłumiący rezonans o wartości 1,2kΩ. Rezonans dławika 2,2μH o rozmiarze 1008 wypada powyżej 160MHz. Korzyści z takiego układu są oczywiste. Prąd spoczynkowy tranzystora wynosi około 50mA, a jego wartość zależy od opornika R3. Pobór prądu można mierzyć, mierząc spadek napięcia na rezystorze R5. Duża wartość prądu spoczynkowego przy napięciu zasilania wynoszącym około 11,5V zapewni dużą odporność układu na przesterowanie. Tak

Start frequen y: 5,200000 MHz; final frequen y:100,000105 MHz
Step size: 94,895 kHz; measurement: 1000

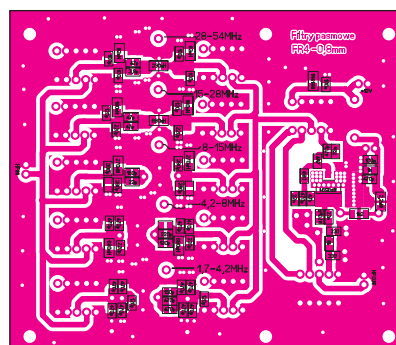


Kursor 1:
7,097900 MHz
Kanal1: -75,66dB

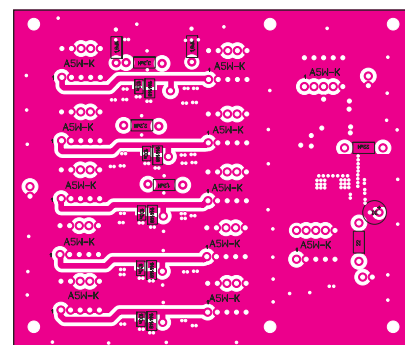
Kanal 1
max:-39,75dB 60,618680MHz
min:-79,75dB 5,200000MHz
B3db: 1,803 MHz
Q: 33,75
f1: 59,954415 MHz
f2: 61,757420 MHz
B3db_mv: none

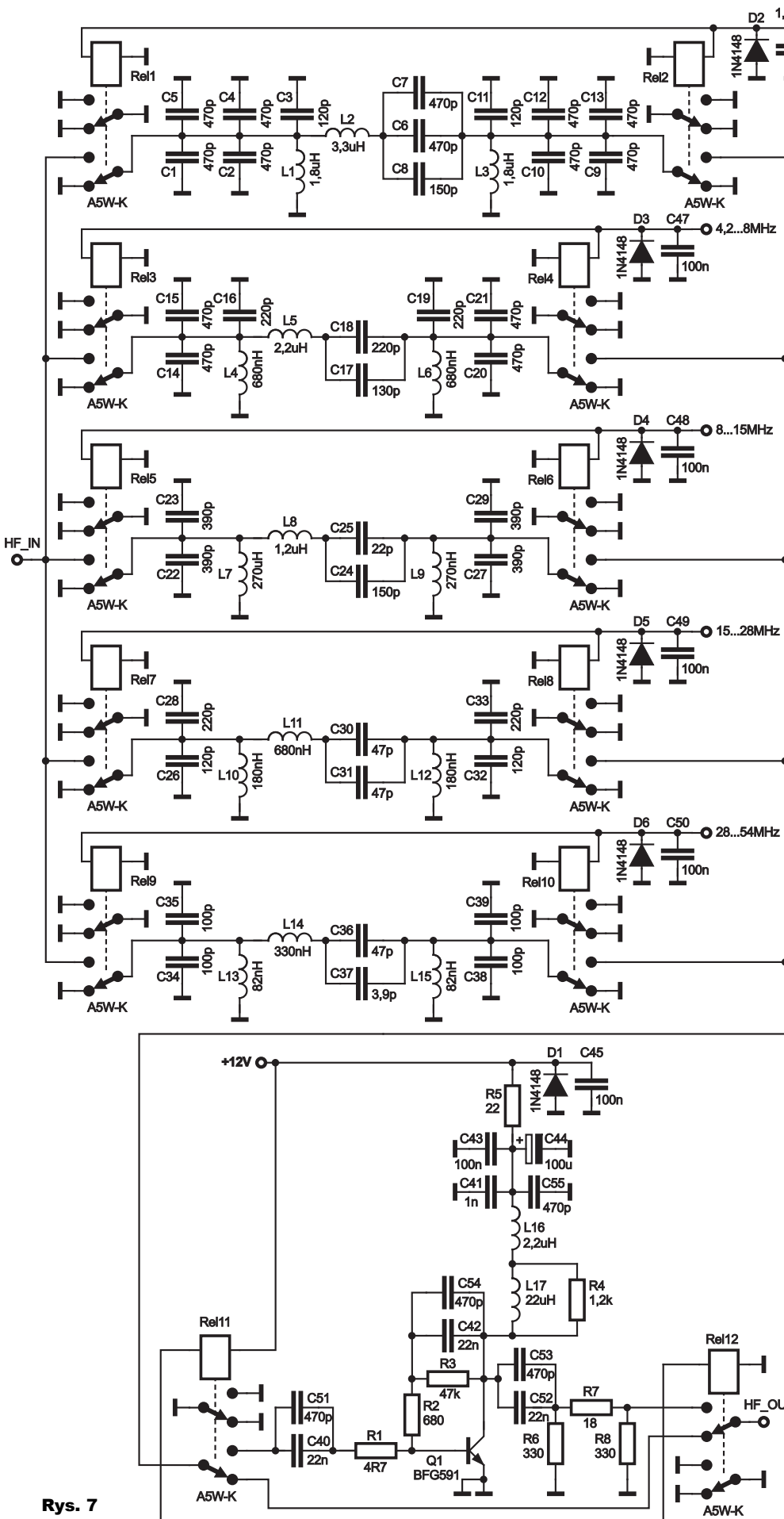
Rys. 10

Rys. 8 Skala 50%



Rys. 9 Skala 50%





Rys. 7

narzucone parametry pracy powodują wydzielania się w tranzystorze dużej ilości ciepła. Moc strat w tranzystorze wynosi około 0,575W (wzmacniacz klasy A). Odprowadzenie ciepła wydzielonego w układzie zapewnia odpowiednio duża liczba przelotek odprowadzających ciepło. Dodatkowo ciepło odprowadza również odpowiednio wycięta folia miedziana przyłutowana z obu stron tranzystora i położona na jego plastikowej obudowie, wcześniej posmarowanej smarem termoprzewodzącym. Układ pracuje stabilnie zarówno temperaturowo, jak i pod względem stabilności elektrycznej (nie generuje drgań).

Ciąg dalszy na stronie 33

Wykaz elementów

Rezystory

R1	.....	4,7Ω - 0805
R2	.....	680Ω - 0805
R3	.....	47kΩ - 0805
R4	.....	1,2kΩ - 1206
R5	.....	22Ω 0,25W osiowy
R6, R8	.....	330Ω - 0805
R7	.....	18Ω - 0805

Kondensatory

C1, C2, C4-C7, C9, C10, C12-C15, C20, C21, C51, C53-C55	.....	470pF NPO - 0805
C3, C11, C26	.....	120pF NPO - 0805
C8, C24	.....	150pF NPO - 0805
C16, C18, C19, C28, C33	.....	220pF NPO - 0805
C17	.....	130pF NPO - 0805
C22, C23, C27, C29	.....	390pF NPO - 0805
C25	.....	22pF NPO - 0805
C30, C31, C36	.....	47pF NPO - 0805
C34, C35, C38, C39	.....	100pF NPO - 0805
C32	.....	120pF NPO - 0805
C37	.....	3,9pF NPO - 0805
C40, C42, C52	.....	22nF - 0805
C41	.....	1nF - 0805
C43, C45-C50	.....	100nF - 0805
C44	.....	100μF/16V osiowy

Półprzewodniki

D1, D6	.....	1N4148/minimelf
Q1	.....	BFG591

Indukcyjności przewlekane - dławiki osiowe

L1, L3	.....	1,8μH
L2	.....	3,3μH
L5	.....	2,2μH
L8	.....	1,2μH
L17	.....	22μH

Indukcyjności przewlekane - cewki SMD wielkość 1008

L4, L6, L11	.....	680nH
L7, L9	.....	270nH
L10, L12	.....	180nH
L13, L15	.....	82nH
L14	.....	330nH
L16	.....	2,2μH

Przełączniki

Rel1-Rel12	A5W-K
------------	-------	-------

Płytką drukowaną jest dostępna w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-2918.