



# Aktywna antena na pasma KF

## Do czego to służy?

Antena jest jednym z najważniejszych elementów każdego urządzenia radiokomunikacyjnego i w głównej mierze decyduje o jego jakości. Jej zadaniem jest przekształcenie fali z linii zasilającej na falę rozchodzącą się w wolnej przestrzeni (antena nadawcza) lub przejście od fali rozchodzącej się w wolnej przestrzeni do fali w linii zasilającej i przebiegu elektrycznego (antena odbiorcza). Dzięki zastosowaniu anten informacja może być przekazywana pomiędzy urządzeniami bezprzewodowo. Antenę charakteryzuje **zysk** mówiący nam, o ile dB dana antena daje silniejszy lub słabszy sygnał od anteny wzorcowej, **pasmo pracy** mówiące, w jakim zakresie częstotliwości antena poprawnie pracuje oraz **kierunkowość**, mówiąca nam o uprzywilejowaniu danego kierunku nadawania (odbioru) względem innego. W przypadku anten nadawczych podaje się również **dopuszczalną moc** doprowadzoną do anteny. Opisana w artykule antena powstała z myślą użycia jej w szerokopasmowym odbiorniku SDR, ale może być wykorzystana w dowolnym urządzeniu radiowym pracującym do 50MHz.

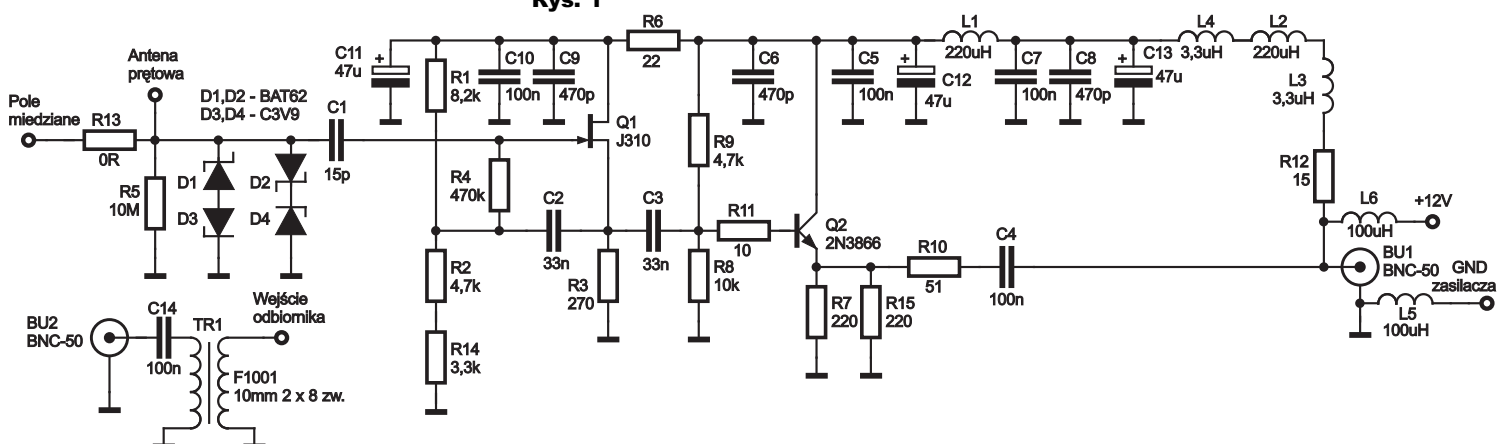
## Jak to działa?

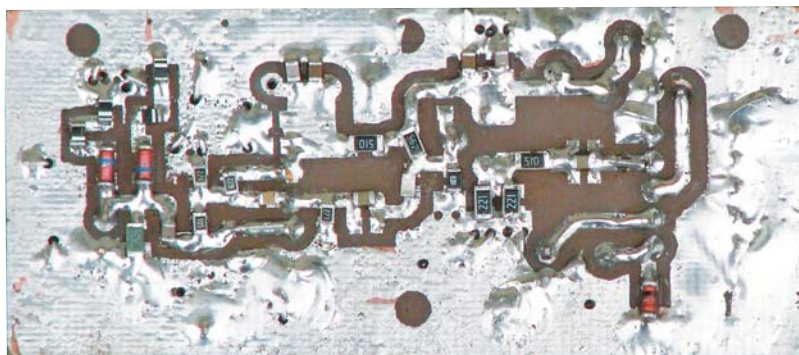
Schemat ideowy przedstawiony jest na **rysunku 1**. Powszechnie stosowane anteny są ele-

mentami rezonansowymi i ich wymiary fizyczne są powiązane z długością odbieranej fali. W związku z tym anteny krótkofalowe mają znaczne rozmiary, które utrudniają ich montaż, a także są na przykład „solą w oku” dla wielu osób. Np. antena dipolowa na najpopularniejsze pasmo krótkofalowe 80m ma wymiary dwa razy po 19,5 metra, a ponadto powinna być ona powieszona przynajmniej kilka metrów nad ziemią. Oddzielną grupę anten tworzą anteny typu *longwire* (długi drut) będące kilku-, kilkunastometrowymi odcinkami drutu. Cechą charakterystyczną tych anten jest wysoka impedancja, znacznie odbiegająca od 50Ω (impedancja 50Ω jest standardowo stosowana w urządzeniach radiokomunikacyjnych). Wysoka impedancja takiej anteny tworzy z niskoomowym wejściem odbiornika (50Ω) dzielnik napięciowy tłumiący sygnał odbierany. Impedancja anteny longwire zależy od jej długości: im krótsza antena, tym jej impedancja większa. Z układu anteny longwire wywodzi się opisana poniżej antena aktywna. W celu zapewnienia wysokiej impedancji, na jej wejściu zastosowano wtórnik źródłowy o bardzo dużej wartości impedancji wejściowej. Zaletą przedstawionego rozwiązania jest szerokopasmowość całego układu; antena dobrze pracuje w całym zakresie fal krótkich;

wadą jest fakt, że układ elektroniczny musi radzić sobie ze wszystkimi odbieranymi sygnałami z całego zakresu odbieranych częstotliwości (na jego wejściu nie mogą być stosowane żadne obwody rezonansowe poprawiające selektywność). Opisana w artykule antena nadaje się tylko do odbioru i nie zawiera żadnego stopnia wzmocnienia napięciowego, który pogorszyłby tylko parametry dynamiczne układu. Projekt ten doskonale nadaje się do wykonania nawet przez osobę stawiającą pierwsze korki w technice w.cz. Zaproponowana w artykule płytka różni się nieco od prototypu ze względu na zastosowane w niej modyfikacje (dodany promiennik z laminatu, poprawiony układ zabezpieczenia na diodach i dodane zasilanie układu przez żyłę sygnałową; elektrycznie jest jednak tożsama z prezentowanym układem). Na płytce prototypowej znajduje się również przełącznik, który służył do przełączania między dwoma antenami: aktywną i klasycznym dipolem w celach porównawczych – w finalnej wersji jest on jednak całkowicie zbędny. Wersja finalna płytki zaprojektowana została na laminacie jednostronnym. Największym w tym układzie problemem są zniekształcenia intermodulacyjne 2. rzędu. W przypadku odbioru silnych sygnałów wzmacniacz zaczyna pracować jako mieszacz, gdy

Rys. 1





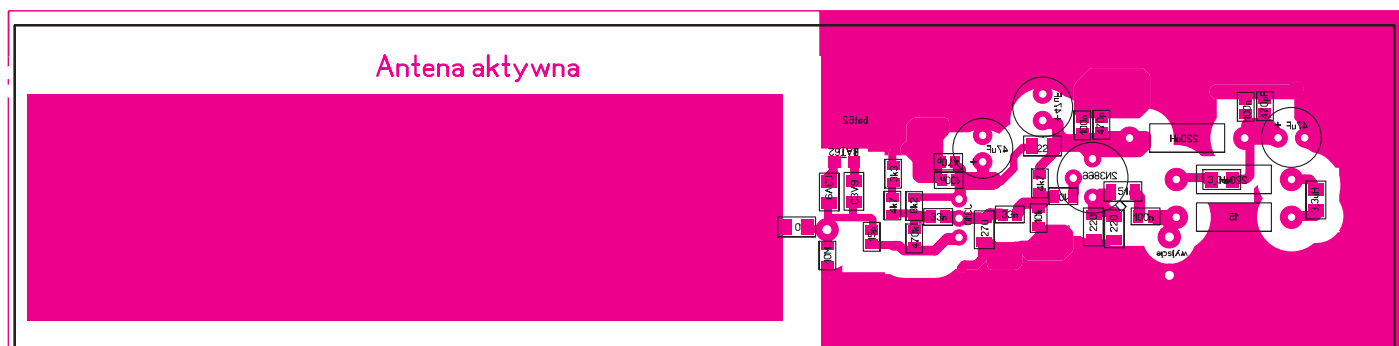
do wejścia anteny aktywnej (i dowolnego wzmacniacza) doprowadzimy 2 silne sygnały, wtedy z uwagi na nieliniowość, na jego wyjściu otrzymamy także sygnał będący sumą i różnicą odbieranych częstotliwości, np. gdy będą obecne 2 silne stacje: jedna o częstotliwości 6MHz, druga 5MHz, to na wyjściu otrzymamy oprócz sygnałów wzmacnianych, także sygnał sumacyjny i różnicowy, czyli 11MHz i 1MHz (produkty intermodulacji 2. rzędu). Jest to zjawisko bardzo szkodliwe, a minimalizuje się je, zapewniając możliwie dużą liniowość wszystkich stopni wzmacnienia, co osiąga się przez dobór punktów pracy tranzystorów na jak najbardziej liniowym odcinku charakterystyki. Jako promiennik (właściwą antenę) można stosować około metrowej długości pręt stalowy lub niewytrawione pole z laminatu jednostronnego pokrytego miedzią. Drugie z proponowanych rozwiązań promowane jest przez Roelofa PA0RDT i pozwala bardzo zmminiaturyzować antenę: element promiennika tworzy w tym wypadku kawałek jednostronnego laminatu o długości od 45 do 100 mm i szerokości 30mm, pokrytego miedzią, gdzie dłuższe pole daje nieco większy poziom sygnału wejściowego. Rozwiązanie te pozwala zamknąć całą antenę w plastikowej butelce np. po jogurcie i umieścić ją na podwórzu, taka antena jest bardzo niepozorna i nie zwraca uwagi sąsiadów. W czasie eksperymentów, zamiast pola z laminatu wytrawionego na tej samej płytce, stosowano różnej wielkości kawałki laminatu podłączane do płytki wzmacniacza. Ze względu na dobre wyniki takich testów, dodano promiennik z lamiantu na finalnej płytce drukowanej. W przypadku stosowania anteny prętowej o

konieczne jest zabezpieczenie wejścia wtórniaka źródłowego przed przepięciami, funkcje zabezpieczenia tranzystora pełnią szeregowo połączone diody Schottky'ego o małej pojemności złącza, typu BAT62, z szeregowo połączonymi diodami Zenera. Wykorzystane w tym układzie diody BAT62 są połączone odwrotnie równolegle i obie znajdują się w jednej obudowie. Rozwiązanie takie zapewnia minimalną pojemność wejściową. W praktyce o pojemności wejściowej całego układu będzie decydowała właśnie pojemność diod BAT62, zastosowanie samych diod Zenera nie wchodzi w rachubę ze względu na duże pojemności ich złączy. Prawdopodobnie montażu diod należy sprawdzić za pomocą miernika uniwersalnego. Zastosowane rozwiązanie wnosi mniejsze pojemności niż odgromnik gazowany. W przypadku stosowania jako promiennika pola laminatu, używanie jakichkolwiek zabezpieczeń jest zbędne i diody są pomijane. Regulację wielkości promiennika można uzyskać przycinając antenę od góry albo przycinając powierzchnie miedzi skrobakiem – w tym wypadku proces jest odwracalny (przecięte pola można zlutować za pomocą kawałka folii miedzianej czy oplotu z kabla ekranowanego). Regulacja wielkości pola pozwala regulować poziom sygnału na wejściu wzmacniacza. W przypadku wykorzystania jako promiennika pola z laminatu, montujemy opornik 0 omów (R13), a nie podłączamy promiennika z drutu (anteny prętowej). W przypadku stosowania anteny prętowej nie montujemy opornika 0 omów (R13), a promiennik z laminatu możemy odciąć. Antena prętowa daje nieco wyższy poziom sygnału, ma jednak znacznie większe wymiary i jest trudniejsza do uszczelnienia.

długości około 1m, na wejściu odbiornika potrafią się indukować znaczne napięcia (wejście wysokoomowe), dlatego w tym wypadku

Sygnal z pręta (pola laminatu) przez kondensator o małej pojemności (15pF) podawany jest na wejście bootstrapowanego wtórniaka źródłowego. Zastosowanie bootstrapu podnosi impedancję wejściową układu dla napięć zmiennych. Niska pojemność sprzęgająca promiennik (15pF) ogranicza wpływ sygnałów o niższych częstotliwościach. Wartość pojemności tego kondensatora nie jest krytyczna, nie powinna być jednak zbyt duża. We wtórniku źródłowym wykorzystano tranzystory typu J310 i zamiennie BF274A. Punkt pracy tranzystora polowego powinien być tak ustawiony, by układ dawał jak najmniej zniekształceń intermodulacyjnych. Ustawienie na minimum zniekształceń intermodulacyjnych może być wykonane przy użyciu dwóch generatorów TTL, umieszczonych w pewnej odległości od anteny – dobieramy wtedy tak punkt pracy obu tranzystorów, by produkt będący sumą obu częstotliwości był jak najmniejszy (nie jest to jednak niezbędne). Wartość prądu spoczynkowego dla obu typu tranzystorów polowych wynosi 20mA, nieco lepsze parametry intrermodulacyjne uzyskano dla tranzystora BF247A. W przypadku tranzystora J310 napięcie polaryzacyjne bramki wynosi około 5,8V (J310), w przypadku BF247A około 3,9V (nie montujemy rezystora R14 o wartości 3,3k $\Omega$ , a w jego miejsce wstawiamy opornik 0 omów). Punkt pracy tego stopnia można dokładnie ustawić, zmieniając elementy R2, R14. Prąd płynący przez tranzystor polowy sprawdzamy, mierząc spadek napięcia na oporniku źródłowym (powinien on wynieść około 6V). Oba typy tranzystorów wymienionych w opisie (J310, BF247A) mogą być stosowane zamiennie, bez modyfikacji płytki. Należy jednak zwrócić uwagę na rozkład wyprowadzeń: są dla siebie lustrzanym odbiciem. Dalszą poprawę odporności wtórniaka źródłowego na przesterowania można osiągnąć, zmniejszając wartość opornika w źródle tranzystora. Trzeba pamiętać jednak, by nie przekroczyć dopuszczalnej mocy strat tranzystora FET (w razie potrzeby zapewnić mu odpowiednie chłodzenie). Za układem wtórniaka źródłowego umieszczony jest wtórnik emiterowy z prądem spoczynkowym około 50mA, dopasowany do 50 $\Omega$  za pomocą rezystora szeregowego R10 o nominale 51 $\Omega$ .

Rys. 2



Dopasowane takie powoduje jednak stratę sygnału i nie zawsze jest konieczne, szczególnie dla krótszych odcinków kabla koncentrycznego (poziom sygnału podnosimy, zamieniając opornik dopasowujący  $51\Omega$  na opornik  $0\Omega$ ). W układzie wtórnika emiterowego pracuje tranzystor typu 2N3866, ale można zamienić w tym miejscu użyć również tranzystorów typu 2N5109 czy BFW16 bez żadnych zmian wartości elementów. Tranzystor bipolarny wymaga zastosowania niewielkiego radiatora. Dławiki wraz z odpowiednimi kondensatorami umożliwiają zasilanie układu przez żyłę środkową kabla koncentrycznego. Dławiki SMD  $3,3\mu\text{H}$  mają wymiar 1008 i powinny mieć wysoko położony rezonans własny (powyżej  $100\text{MHz}$ ). Pozostałe stosowane w układzie dławiki są typowymi dławikami osiowymi.

## Montaż anteny, redukcja zakłóceń

Schemat montażowy przedstawiony jest na rysunku 2. W celu otrzymania możliwie największej wartości sygnału na wejściu anteny, najlepiej zamontować ją parę metrów nad ziemią lub na szczycie budynku tak, by nie była ona przesłaniana przez elementy konstrukcji domu; nie powinna znajdować się również w pobliżu elemen-

### Wykaz elementów

Rezystory	
R1	..... $8,2\text{k}\Omega$ (0805)
R2	..... $4,7\text{k}\Omega$ (0805)
R3	..... $270\Omega$ (1206)
R4	..... $470\text{k}\Omega$ (0805)
R5	..... $10\text{M}\Omega$ (1206)
R6	..... $22\Omega$ (1206)
R7,R15	..... $220\Omega$ (1206)
R8	..... $10\text{k}\Omega$ (0805)
R9	..... $4,7\text{k}\Omega$ (0805)
R10	..... $51\Omega$ (1206)
R11	..... $10\Omega$ (0805)
R12	..... $15\Omega$ 0,25W przewlekany
R13	..... zwora $0\Omega$ (1206)
R14	..... $3,3\text{k}\Omega$ (0805)

### Kondensatory

C1	..... $15\text{pF}$ (0805)
C2,C3	..... $33\text{nF}$ (0805)
C4,C5,C7,C10,C14	..... $100\text{nF}$ (0805)
C6,C8,C9	..... $470\text{pF}$ NPO (0805)
C11-C13	..... $47\mu\text{F}/16\text{V}$ przewlekane

### Półprzewodniki

D1,D2	..... BAT62 dwie diody w jednej obudowie, przeciwsobne
D3,D4	..... C3V9
Q1	..... J310 lub BF247A
Q2	..... 2N3866

### Indukcyjne

L1,L2	..... $220\mu\text{H}$ (osiowe)
L3,L4	..... $3,3\mu\text{H}$ (1008)
L5,L6	..... $100\mu\text{H}$ (osiowe)
Tr1	..... F1001 $10\text{mm}$ $2^*8\text{zw}$

Płytką drukowaną jest dostępna w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-2922.

tów metalowych. Anteny tej nie należy montować wewnątrz domu ze względu na tłumienie fali elektromagnetycznej przez budynek i liczne źródła zakłóceń radioelektrycznych o małej mocy w nim samym (monitory, komputery, świetlówki itp.). Poziom zakłóceń przesyłanych na wejście odbiornika przez antenę można zmniejszyć, stosując na wyjściu wzmacniacza transformator o przekładni zwojowej 1 do 1, ale jego zastosowanie jest opcjonalne i powinien być on umieszczony tuż przy samym odbiorniku. W prototypie wykorzystano transformator  $2 \times 8$  zwojów, nawinięty na rdzeniu pierścieniowym o średnicy  $10\text{mm}$  z materiału F1001. Dodatkową korzyścią z zastosowania transformatora jest uzyskanie izolacji galwanicznej między anteną a odbiornikiem. Transformator ten działa jak filtr górnoprzepustowy. Układ transformatora jest tak prosty, że może być zmontowany bez użycia płytki drukowanej. W przypadku stosowania transformatora masa anteny aktywnej nie może być podłączona z masą uzwojenia wtórnego podłączonego do wejścia odbiornika. Poziom zakłóceń zmniejsza również podłączenie w domu ekranu kabla koncentrycznego do instalacji zerowej (przewód uziemiający), jak też podanie zasilania na wzmacniacz przez dławiki o wartości około  $100\mu\text{H}$  (plus zasilania i masa). Układ należy zasilic z zasilacza stabilizowanego  $12\text{V}$ . Pobór prądu prezentowanej anteny wynosi około  $70\text{mA}$ . Przeprowadzone testy wykazały pełną przydatność anteny w warunkach pracy na paśmie, nie jest ona tak dobra jak zwykły dipol, ale mimo to pozwala na nasłuch naprawdę wielu stacji CW, SSB, RTTY, a także komercyjnych i działa zdecydowanie lepiej niż kawałek drutu.

## Obudowa

Elektronika tej anteny powinna być hermetycznie zamknięta, by chronić ją przed wpływem wilgoci. Układy anten aktywnych tego typu produkują też znane firmy, jak MFJ, i to za całkiem spore pieniądze (drożej nie znaczy zawsze lepiej). Dostępny jest również szereg opracowań tego typu w Internecie, przy czym najbardziej popularne jest opracowanie wymienionego wcześniej Roelofa PA0RDT, z którego zaczerpnięto niektóre pomysły (promiennik z kawałka laminatu). Prezentowane rozwiązania obudów są bardzo różne, od kawałka rury PCV po opakowania po jogurtach. Wiele fotografii tego typu anteny można znaleźć w wyszukiwarce Google po wpisaniu zwrotu „PA0RDT antenna”. Tak znalezione zdjęcia mogą być doskonałą podpowiedzią przy wykonywaniu własnej obudowy.

Rafał Orodziński  
sq4avs@gmail.com