

Liniowy wzmacniacz mocy 10W

kit

2802

AVT

Do czego to służy?

Opublikowany miesiąc temu bardzo prosty układ minitransceivera Zuch aż prosi się o dołączenie dodatkowego wzmacniacza liniowego, który z pewnością pozytywnie wpłynie na zasięg łączności. Wprawdzie eksperymentalne łączności można przeprowadzać znacznie mniejszymi mocami, ale nie bez powodu wyznaczono górną granicę mocy wyjściowej urządzenia QRP do pracy w zawodach na 10W dla emisji SSB oraz 5W dla CW. Wydaje się, że w ten sposób wszyscy uczestnicy zawodów krótkofalarskich mają jednakowe szanse techniczne. Oczywiście w grę wchodzi jeszcze system antenowy w myśl znanego powiedzenia, że najlepszym wzmacniaczem jest sama antena. W literaturze można spotkać wiele opisów wykonania wzmacniaczy mocy i każdy może dobrać sobie układ do posiadanych elementów. Prezentujemy bardzo prosty układ wzmacniacza, który został wypróbowany w minitransceiverze ZUCH, zapewniając około 10W mocy wyjściowej przy napięciu zasilania 13,8V.

Jak to działa?

Przedstawiony na **rysunku 1** układ wzmacniacza pracuje w klasycznym, wręcz szkolnym układzie przeciwobnym. Zasada działania takiego układu polega na tym, że dwa wchodzące w jego skład tranzystory są sterowane w przeciwfazie (ich wyjścia są połączone różnicowo). Dzięki temu na wyjściu otrzymuje się sumę wzmacnionych przez oba tranzystory sygnałów.

W urządzeniu zastosowano dwa identyczne tranzystory 2SC1969, wykorzystywane powszechnie w stopniach końcowych CB (użyte nieco z zapasem mocy, aby uprościć całą konstrukcję). Parametry tranzystora są

zawarte w **tabeli 1**.

Prąd spoczynkowy tranzystorów wynosił około 100mA (tylko podczas nadawania; podczas odbioru napięcie polaryzacji jest odłączane i prąd wynosi zero). Punkt pracy wzmacniacza jest stabilizowany za pośrednictwem diody prostowniczej, na której odkłada się napięcie około 0,65V.

Oczywiście zamiast diody można użyć złącze baza-emiter tranzystora średniej mocy, np. BD136, który można przykręcić bezpośrednio do masy (kolektor na masie). Gdyby ktoś chciał, może zastosować spotykany w literaturze znacznie lepszy układ stabilizacji na tranzystorach czy z wykorzystaniem układów scalonych zasilaczy np. LM723.

W każdym razie na punkt pracy mają wpływ także rezystory włączone w obwód emiterowy. Niewielkie ujemne sprzężenie zwrotne stabilizuje punkt pracy i poprawia liniowość (zbyt duża wartość rezystora zmniejsza jednak moc wyjściową). Rezystory te można łączyć równolegle, co korzystnie wpływa na zmniejszenie indukcyjności (ważne przy wyższych częstotliwościach).

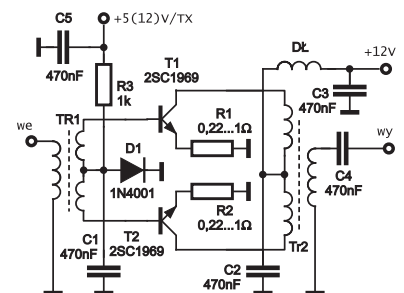
Właściwe dopasowanie wejścia-wyjścia (50Ω/50Ω) zapewniają dwa transformatory z nawiniętymi bifilarnie uzwojeniami od strony

tranzystorów. Na wyjściu urządzenia zaleca się włączenie co najmniej podwójnego filtra typu PI o wartościach elementów LC podanych w opisie minitransceivera ZUCH.

Napięcie zasilania może wynosić w zakresie 12...13,8V, zaś napięcie polaryzujące diodę od 5V do 13,8V (w zależności od koncepcji przełączania N/O).

Montaż i uruchomienie

Wzmacniacz można zmontować z użyciem płytki drukowanej o wymiarach około

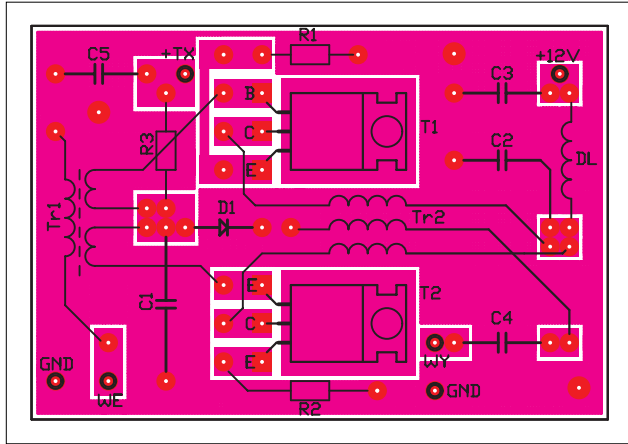


Rys. 1

Tabela 1 Parametry charakterystyczne tranzystora 2SC1969 ($T_c = +25^\circ\text{C}$)

Parametr	Symbol	Dodatkowe warunki	Min	Typ	Max	Jednostka
Napięcie kolektor-baza	$V_{(BR)CBO}$	$I_C = 1\text{mA}, I_E = 0$	60	-	-	V
Napięcie kolektor-baza	$V_{(BR)CEO}$	$I_C = 10\text{mA}, R_{BE} = \text{nieskończoność}$	25	-	-	V
Napięcie kolektor-baza	$V_{(BR)EBO}$	$I_E = 5\text{mA}, I_C = 0$	5	-	-	V
Prąd zerowy kolektora	I_{CBO}	$V_{CB} = 30\text{V}, I_E = 0$	-	-	100	μA
Prąd zerowy emitera	I_{EBO}	$V_{EB} = 4\text{V}, I_C = 0$	-	-	100	μA
Współczynnik wzmacnienia	h_{FE}	$V_{CE} = 12\text{V}, I_C = 10\text{mA}, \text{wartość} = 1$	10	50	180	
Moc wyjściowa	P_O	$V_{CC} = 12\text{V}, P_{in} = 1\text{W}, f = 27\text{MHz}$	16	18	-	W

80x50mm pokazanej na **rysunku 2**. Tranzystory zostały zamocowane poprzez podkładki mikowe do radiatora (w „okienkach” wyciętych w płytce drukowanej). Transformatory zostały nawinięte na ferrytowych rdzeniach dwuotworowych od symetryzatorów antenowych TV (na środkowe kolumny).



Rys. 2 Schemat montażowy

Transformator wejściowy TR1 wykonano na jednym takim rdzeniu. Najpierw zostało nawinięte uzwojenie wtórne dwoma przewodami po 2 zwoje DNE 0,3, a następnie uzwojenie pierwotne 12 zwojów kynarem. Transformator wyjściowy TR2 został wykonany na dwóch sklejonych rdzeniach (całkowita wysokość rdzenia wynosiła około 30mm). Najpierw zostało nawinięte uzwojenie pierwotne dwoma przewodami po 1,5 zwoja DNE 0,6, a następnie uzwojenie wtórne - 6 zwojów kynarem. Dławik zasilania można także wykonać własnoręcznie przez nawinięcie kilku zwojów na rdzeniu ferrytowym, np. 5 zwojów drutu DNE0,6 na rurce ferrytowej.

W tym wzmacniaczu można stosować wiele typów tranzystorów. Między innymi można eksperymentować z łatwo dostępnymi tranzystorami 2SC2078 (ale mają one mniejszą moc niż zastosowane w układzie i w niekorzystnych warunkach mogą łatwiej ulec

uszkodzeniu; $P=10W$, $I_c=3A$, zamienione miejsca wyprowadzeń B-E). Uszkodzenia tranzystorów (najczęściej jednego z nich) mogą nastąpić także podczas nagłych zmian warunków pracy, np. w czasie raptownego pogorszenia dopasowania przy dużym współczynniku fali stojącej (przy sterowaniu dużym sygnałem z transceivera). Może nastąpić wtedy tak zwane wtórne przebicie podczas nadmiernego nagrzania złącza, kiedy prąd kolektora zaczyna wzrastać przy malejącym napięciu Uce. Zaleca się, aby w obwodzie zasilania zastosować bezpiecznik o wartości 2A, który często może uchronić tranzystory przy długotrwałym wzroście prądu kolektora. Podczas montażu układu należy sprawdzić omomierzem, czy nie ma zwarc

kolektorów do masy.

Zmianę prądu spoczynkowego układu można wprowadzić poprzez korekcie wartości rezystora R3 lub dobór diody D1. Kontrolę prądu emiterów można wykonać poprzez pomiar spadku napięcia na rezystorach emiterowych (spadki napięć powinny być jednakowe; wartościami tych rezystorów można także w niewielkich granicach ustalać prąd spoczynkowy oraz moc wyjściową).

Podczas prób na wyjściu wzmacniacza powinno być włączone sztuczne obciążenie $50\Omega/10W$, np. w formie przystawki opisywanej w EdW 9/06. Na wyjściu wzmacniacza powinien pojawiać się wzmocniony sygnał nadajnika. W przypadku podwzbudzenia układu, które może nastąpić np. na skutek użycia innych rdzeni czy tranzystorów (łatwo wykryć sondą w.c.z. lub oscyloskopem), można je usunąć poprzez stłumienie uzwojenia pierwotnego transformatora TRI dobranym rezystorem lub poprzez zmianę liczby zwojów transformatora. Warto

wiedzieć, że w układzie można także próbować włączyć dodatkowe ujemne sprzężenie zwrotne w postaci szeregowego dwójnika R-C (np.: $470\Omega-100nF$) pomiędzy bazą a kolektorem poszczególnego tranzystora mocy.

Sposób dołączenia wzmacniacza zależy od decyzji konstruktora. Jeżeli układ będzie eksploatowany na zewnątrz minitransceivera, to powinien być wyposażony w dwa przełączniki (najlepiej oddzielne na wejściu i wyjściu) sterowane z układu PTT napięciem 12V. Wtedy nie należy zapomnieć o dodatkowym filtrze typu PI o wartościach elementów LC jak było podane w opisie minitransceivera ZUCH. W tym przypadku można zamknąć układ razem z zasilaczem sieciowym; ze względu na trudny do usunięcia przydźwięk nie zaleca się montażu transformatora razem z płytką minitransceivera.

Można także sam wzmacniacz zamontować w jednej większej obudowie z minitransceiverem (np. w tylnej części wzmacniacza z radiatorem, a z przodu skala cyfrowa) i włączyć go wprost pomiędzy wyjściem wzmacniacza 2SC2078 a filtrem antenowym. W tym przypadku wystarczy podczas odbioru odłączyć polaryzację baz tranzystora napięciem nadajnika +5V/N.

Andrzej Janeczek

Wykaz elementów

T1,T2	2SC1969
D1	1N4001
R1,R2	0,22...1Ω
R3	1kΩ
C1-C5	470nF
Df	10...22μH/5A
TR1,TR2	według opisu
Podkładki mikowe	
Radiator żebrowany (wymiar ok. 80x50mm)	

Płytkę drukowaną jest dostępna w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-2802