

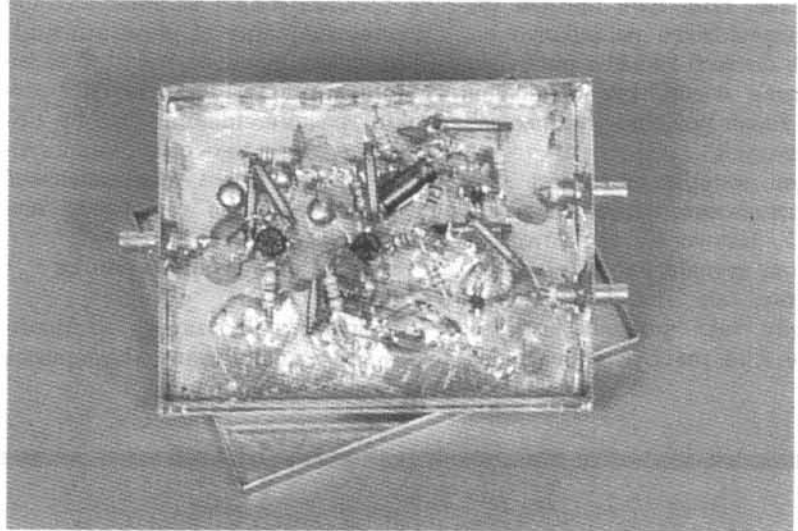
W zasadzie producenci odbiorników TV wszystko przewidzieli, telewizor od razu po przyłączeniu odbiornika do anteny może cieszyć się programem, który jest dla niego emitowany. Tak jest zarówno przy odbiorze indywidualnym, jak i zbiorowym za pośrednictwem sieci średniej wielkości.

Zwraca uwagę fakt, że w tekstach reklamowych bardzo rzadko wspomina się o czułości odbiorników TV.

Niektórzy producenci nie wahają się umieszczać przedwzmacniacza w głowicy, w oczywistym celu podwyższenia czułości odbiornika. Dotyczy to jednak tylko odbiorników wyższej klasy.

Przedstawiamy konstrukcję przedwzmacniacza, który może wielokrotnie poprawić jakość odbioru programów telewizyjnych. Jest to rozwiązanie szczególnie zalecane, gdy do jednego gniazdka antenowego podłącza się dwa telewizory lub telewizor i oddzielny magnetowid.

Niskoszumny przedwzmacniacz telewizyjny



Przypomnienie

Specjaliści od anten jako podstawowej jednostki używają $\text{dB}\mu\text{V}$. Oznacza to, że poziom odniesienia O wynosi $1\mu\text{V}$ na obciążeniu 75Ω . W tych jednostkach przeciętne czułości mieszczą się w granicach od kilkudziesięciu do około stu $\text{dB}\mu\text{V}$. Specjaliści czystej elektroniki rzadko posługują się tą jednostką, impedancja wejściowa i wyjściowa ich mierników wynosi zresztą 50Ω . Wolą więc oni jednostkę odniesioną do tej impedancji, dBm . W tym przypadku poziomem odniesienia jest moc 1mW na obciążeniu 50Ω . Przy odbiorze, czułości będą więc zawsze ujemne, od poniżej stu, do kilku dBm . Bez wdawania się w rachunki można przypomnieć, że dBm i $\text{dB}\mu\text{V}$ łączy następująca zależność:

$$N [\text{dBm}] = N [\text{dB}\mu\text{V}] - 107$$

co oznacza, że $0\text{dBm} = 107\text{dB}\mu\text{V}$, albo że poziomowi $1\mu\text{V}$ odpowiada -107dBm .

Odbiera się zwykle sygnał o domniemanym poziomie około $60\text{dB}\mu\text{V}$, czyli 1mV . Poziom ten nie został wybrany przypadkowo. Taka jego wielkość pozwala otrzymać obraz

o zadowalająco dobrej jakości, gdyż stosunek sygnału do szumu wynosi od 40 do 50dB .

A co się dzieje w praktyce? Tu dochodzimy do sedna problemu.

W praktyce na różnych zakresach poziom minimalny nie zawsze jest osiągnięty, a to z dwóch powodów.

1. Z winy użytkownika

Minimalny poziom jest mierzony na obciążeniu 75Ω . Jest zupełnie normalne, że poziom ten zależy od instalacji i od punktu pomiaru. Nie można wymagać aby odbiornik był zainstalowany w pobliżu anteny. Trzeba więc użyć kilku, albo kilkunastu metrów kabla koncentrycznego do połączenia anteny z odbiornikiem. Istotna jest jakość kabla, wtyczek i gniazdek, i na nich niewątpliwie straci się kilka dB . Na trasie kabla trzeba unikać załamania o 90° , omijanie drzwi należy zrobić w inny sposób. Kabel powinien być zakończony impedancją 75Ω , co nie zawsze ma miejsce. Należy również ostrzec posiadaczy dwóch telewizorów i magnetowidów przed łączeniem ich równolegle.

Do tego celu winno się stosować dzielniki mocy, zapewniające zawsze rezystancję charakterystyczną 75Ω . Dzielniki takie zmniejszają oczywiście poziom sygnału doprowadzany do odbiorników.

2. Z winy sieci

Poziom odbieranego sygnału jest czasami mniejszy od minimalnego wyłącznie z winy sieci, lub nadajnika sieci. Przyczyny mogą być bardzo różne: zła instalacja, materiały niskiej jakości, czy po prostu zesterzenie się urządzeń. Poza tym, niektóre instalacje przewidziane początkowo do trzech lub czterech kanałów przesyłają ich znacznie więcej, bez dokonania żadnych zmian poziomu i wzmacniaczy nadawczych.

Po tym wstępie łatwo jest zrozumieć przeznaczenie przedwzmacniacza VHF/UHF. Używa się go wówczas, gdy poziom sygnału jest za niski dla telewizorów, ale oczywiście tylko wtedy gdy taka potrzeba istnieje naprawdę - to ma być wzmacniacz

a nie generator.

Wzmacniacz taki jest potrzebny zwłaszcza wtedy, gdy trzeba rozprawać sygnał do większej liczby telewizorów.

Charakterystyka wzmacniacza

Jego podstawową właściwością jest to, że ma być wzmacniaczem. Nie ma się z czego śmiać. Testy handlowych typów wzmacniaczy antenowych (patrz EP 2/93) wykazały, że niektóre z nich są równocześnie wzmacniaczami i generatorami. Wzmacniacz powinien więc być szczególnie liniowy i to w bardzo szerokim pasmie. Idealnie byłoby dodać jeszcze do tego niski współczynnik szumów. Trzeba więc zanotować dwie te cechy na czele listy wymagań.

Przypomnienie współczynnika szumów

Współczynnik szumów wzmacniacza jest zdefiniowany następująco

zależnością:

$N_{wy} = F G N_{we}$
gdzie G jest wzmocnieniem, a N_{we} i N_{wy} oznaczają odpowiednio moc szumów na wejściu i wyjściu przedwzmacniacza. Szумы na wyjściu są F razy większe od szumów na wejściu. Współczynnik F jest oczywiście większy od jedności. Zależność tę przekształcić w:

$N_{wy} = G N_{we} + (F-1) G N_{we}$
Postać taka ma tę zaletę, że wzmocnione szумы wejściowe $G N_{we}$ oddzielone są od szumów wprowadzonych przez wzmacniacz. F i G są wielkościami bezwymiarowymi, wyrażonymi w dB. G oznacza wzmocnienie mocy, lub wzmocnienie napięciowe, jeżeli rezystancja wejściowa jest równa rezystancji obciążenia.

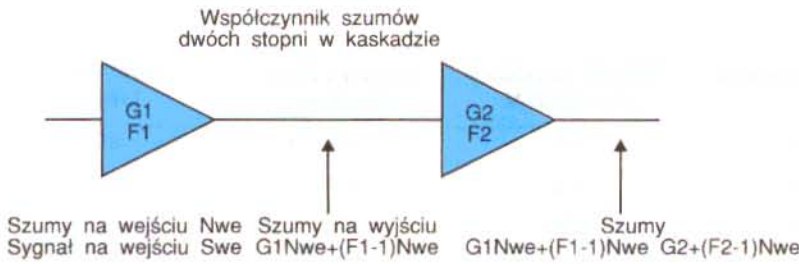
$$G(\text{dB}) = 10 \log(P_{wy}/P_{we})$$

$$G(\text{dB}) = 10 \log(U_{wy}^2/R_{wy})/(U_{we}^2/R_{we})$$

$$G(\text{dB}) = 20 \log(U_{wy}/U_{we})$$

i tak samo dla F :

$$F(\text{dB}) = 10 \log(F)$$



Rysunek 1.

Warto przyjrzeć się temu przy pomocy kilku konkretnych wartości współczynnika szumów zawartych pomiędzy 0 a 8dB.

F(dB) = 0dB, F = 1, czwórnik idealny, nie generujący szumów.

F(dB) = 1dB, F = 1,2, znakomity przedwzmacniacz, tranzystory polowe z GaAs.

F(dB) = 2dB, F = 1,6, bardzo dobry przedwzmacniacz o małych szumach.

Dla mini układów MMIC serii MAR, MAR1 do MAR8 współczynnik szumów zawiera się pomiędzy 3,0 a 6,5dB.

Dla MMIC NEC, serii μPC - μPC1675 do μPC1679 współczynnik szumów zawiera się pomiędzy 4,0 a 6,0dB.

Dla MMIC NEC GaAs, serii μPG, μPG100 współczynnik szumów wynosi 2,7dB.

Ta ostatnia liczba mówi o wyższości GaAs nad krzemem.

Załóżmy teraz, że na wejściu zestrojonego układu umieszczonego przy antenie uzyskujemy sygnał u-

żyteczny 50μV i sygnał szumów 5μV. Dysponując przedwzmacniaczem o współczynniku szumów 2dB, przy wzmacnieniu 40dB, na wyjściu otrzymamy sygnał użyteczny 5000μV i sygnał szumów 800μV. Mając przedwzmacniacz niskiej jakości o F = 8dB, przy tym samym sygnale 5000μV sygnał szumów osiągnie 3150μV.

Współczynnik szumów kilku stopni w kaskadzie

Ten rachunek jest zilustrowany na schemacie - rys. 1.

Na wejściu pierwszego stopnia są dwie wartości: sygnału S_{we} i szumów N_{we} . Na wyjściu pierwszego wzmacniacza o wzmacnieniu G1 i współczynniku szumów F1 otrzymuje się sygnał $G1 \cdot S_{we}$ i wzmacnione szumy, do których dodają się szumy własne wzmacniacza. To daje:

$$G1 \cdot N_{we} + (F1 - 1) G1 \cdot N_{we}$$

Na wyjściu drugiego wzmacniacza o wzmacnieniu G2 i współczynniku szumów F2 otrzymuje się sygnał $G1 \cdot G2 \cdot S_{we}$ i wzmacnione szumy, do których dodają się szumy własne

wzmacniacza. To daje:

$$[G1 \cdot N_{we} + (F1 - 1) \cdot G1 \cdot N_{we}] \cdot G2 + (F2 - 1) \cdot G2 \cdot N_{we} =$$

$$= F1 \cdot G1 \cdot G2 \cdot N_{we} + (F2 - 1) \cdot G2 \cdot N_{we}$$

Współczynnik szumów jest także określony przez stosunek sygn/szum na wejściu do sygn/szum na wyjściu, co łatwo przekształcić opierając się na poprzednich zależnościach, uwzględniając współczynniki szumów obu stopni F1 i F2.

$$F = F1 + (F2 - 1)/G1$$

Taki rachunek można przeprowadzić dla dowolnej liczby stopni. Dla kaskady trzech wzmacniaczy będzie:

$$F = F1 + [(F2 - 1)/G1] \cdot (F3 - 1)/(G1 \cdot G2)$$

Widać z tych zależności, że największy wpływ na szumy kaskady ma współczynnik szumów pierwszego stopnia. Ogólnie biorąc, szumy pierwszego stopnia maskują szumy stopni następujących.

W dwóch ostatnich równaniach F i G są bezwymiarowe, nie można więc ich stosować do F i G wyrażonych w dB. Przedtem należy dokonać ich konwersji.

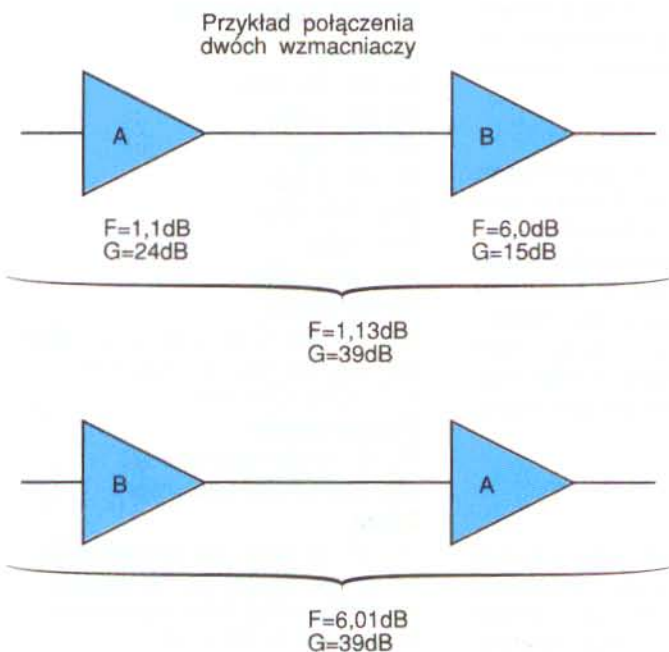
$$F = 10[F(dB)/10] \text{ i } G = 10[G(dB)/10]$$

Załóżmy teraz, że mamy dwa wzmacniacze o bardzo różnych charakterystykach. Pierwszy (A) o bardzo dobrych parametrach:

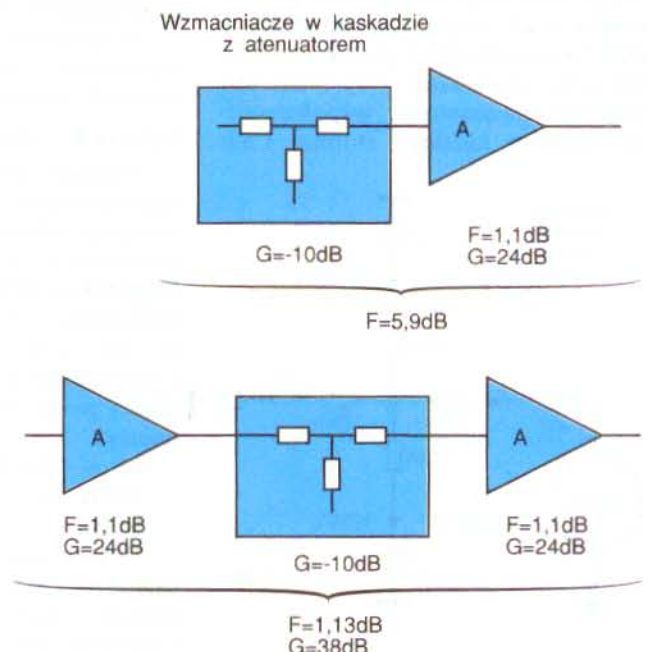
F = 1,1dB (1,288) i wzmacnienie 24dB (251),

a drugi (B) dużo gorszy:

F = 6,0 dB (3,981) i wzmacnienie tylko 15dB (31,7).



Rysunek 2.



Rysunek 3.

Co będzie gdy połączy się je w kaskadę, tak jak na rys. 2 - A jako pierwszy i B jako drugi oraz odwrotnie - B jako pierwszy i A jako drugi? W pierwszym przypadku całkowity współczynnik szumów wzmacniacza wyniesie 1,13dB, a w drugim 6,01dB.

Zależności określające współczynnik szumów czwórników połączonych szeregowo stosuje się również w przypadku, gdy czwórnikiem jest atenuator czy dzielnik mocy.

Weźmy za przykład dwa schematy z rys. 3. W pierwszym przypadku przed zdefiniowanym poprzednio wzmacniaczem typu A włączony jest atenuator o tłumieniu 10dB. Dla pierwszego czwórnika mamy więc $G_1 = 0,1$ i $F_1 = 1$. Dla drugiego czwórnika mamy $G_2 = 250$ i $F_2 = 1,288$. Współczynnik szumów całości wynosi $F = 5,9dB$. A więc znakomity przedwzmacniacz poprzedzony atenuatorem przekształcił się w zły przedwzmacniacz.

Kable i złącza mogą bardzo łatwo przekształcić się w atenuatory. Dlatego też przedwzmacniacz niskoszumny powinien zawsze znajdować się możliwie jak najbliżej anteny, jeżeli jego własności mają zostać w pełni wykorzystane.

W drugim przypadku pomiędzy dwoma wzmacniaczami typu A znajduje się atenuator 10dB, połączone więc są trzy czwórniki w kaskadzie. Współczynnik szumów całości wynosi $F = 1,13$.

W tym przypadku, gdyby drugi wzmacniacz przy tym samym wzmocnieniu miał współczynnik szumów 6dB, to współczynnik globalny wzrosłby tylko do 1,48dB. Gdy koszt jest istotnym parametrem, współczynniki szumów każdego stopnia i ich

Tab. 1.

Liczba torów M	Wartość rezystancji $R = Z(M-2)/M$	Stosunek mocy P_{wy}/P_{we}	P_{wy}/P_{we} [dB]
3	$Z/3$	1/4	-6
4	$Z/2$	1/9	-9,5
5	$3Z/5$	1/16	-12
6	$2Z/3$	1/25	-14

wpływ powinny być szczegółowo analizowane.

Dzielniki mocy

Często trzeba rozdzielać sygnał z jednego źródła do wielu odbiorników. Stosuje się do tego układ gwiazdy. W zakresie wielkich częstotliwości gwiazdziste rozgałęzienie może zostać wykonane zgodnie ze schematem na rys. 4, a można je wykorzystać do M torów. Jeśli Z jest impedancją charakterystyczną, impedancją źródła i impedancją obciążenia, to trzeba M rezystorów o wartości Z/m. Parametr m oblicza się na podstawie założenia, że wielkość Z jest taka sama dla wszystkich portów:

$$m = M/(M-2)$$

Interesujące jest, jak dzieli się moc; stosunek mocy wyjściowej do mocy wejściowej jest:

$$P_{wy}/P_{we} = 1/(M - 1)^2$$

Dla trójdrożnego dzielnika wartość trzech rezystorów wynosi (jeśli $Z = 50\Omega$):

$$Z/m = 50/3 = 16,67\Omega$$

a podział mocy

$$P_{wy}/P_{we} = 1/4 (-6dB)$$

W tabeli 1 zestawiono parametry dzielników mocy o 3 do 6 torach.

W układzie proponowanym do wykonania zastosowano dzielnik o trzech torach.

Schemat elektryczny

Schemat elektryczny przedwzmacniacza pokazano na rys. 5. Wzmacniacz wstępny składa się z dwóch stopni pracujących z tranzystorami GaAs Telefunken CF300. Jest to tranzystor szczególnie interesujący. Jest niedrogi, ma wzmocnienie około 10dB i współczynnik szumów 1,1dB. Jego punkt pracy w układzie jest następujący:

- $I_d = 20mA$
- $V_{GS1} = -1V$
- $V_{GS2} = -3V$

W tych warunkach wzmocnienie całkowite wzmacniacza wstępnego wynosi około 21dB do ponad 1300MHz. Do wyjścia tego stopnia, poprzez dzielnik mocy są przyłączone

dwa wzmacniacze na mini układach MMIC MAR 6.

Uwzględniając tłumienie wprowadzone przez dzielnik i wzmocnienie MMIC MAR 6, wzmocnienie całkowite, od wejścia do każdego z wyjść, można oszacować na 30dB dla częstotliwości niższych od 1000MHz. Jedno z wyjść służy równocześnie do zdalnego zasilania przedwzmacniacza, tak jak to pokazano na rys. 6. Oba wyjścia są przeznaczone do równoczesnego dostarczania sygnału do dwóch telewizorów, albo telewizora i oddzielnego magnetowidu.

Wykonanie

Wykonanie tego układu nie powinno sprawić większych trudności. Można go zmontować na dwa sposoby: bezpośrednio na pocynowanej blasze stalowej albo na dwustronnej płytce drukowanej. Mozaikę ścieżek płytki drukowanej pokazano na rys. 7 i 8, a rozmieszczenie elementów na rys. 9.

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

- R1, R2, R3: 18Ω
- R4, R5: 470Ω
- R6, R8: 1kΩ
- R7, R9: 2,2kΩ
- R10, R11: 47Ω
- R12: 150Ω
- R13, R14: 220Ω

Kondensatory

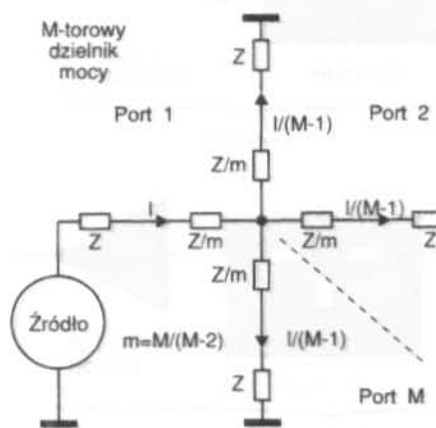
- C1, C5, C9, C10, C12, C15: 100nF
- C2, C3, C4, C6, C7, C8, C11, C13, C14, C16: 1nF

Półprzewodniki

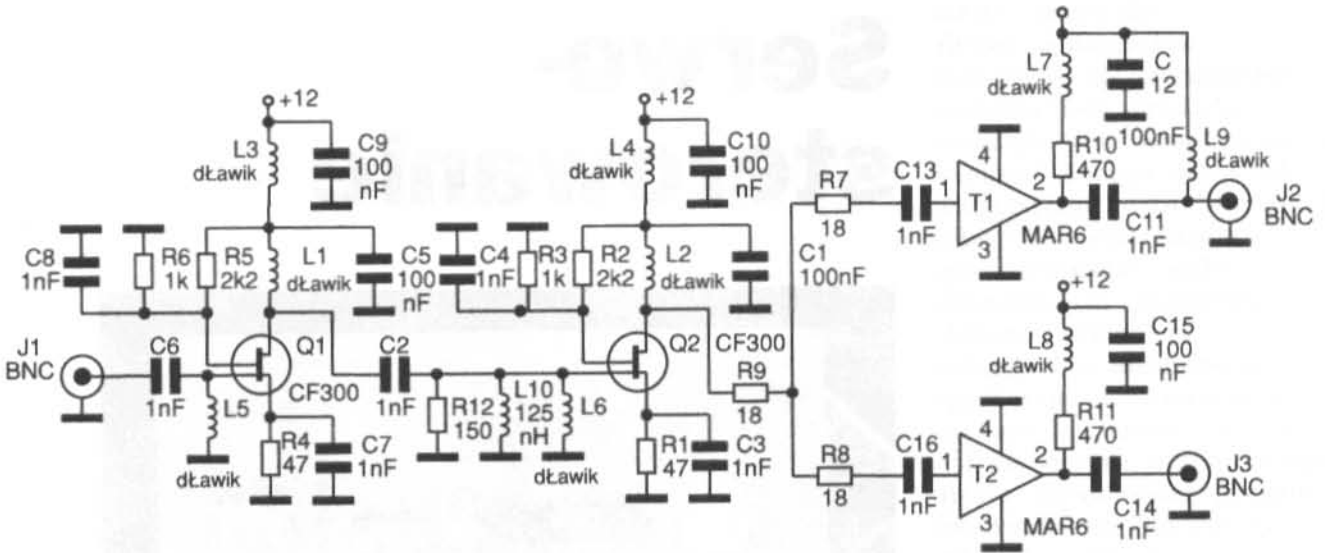
- T1, T2: MAR6 mini-układy
- Q1, Q2: CF300 Telefunken

Różne

- J1, J2, J3: BNC, lub gniazdka TV
- L1 do L9: dławik ok. 20 zwojów drutu Cu ϕ 0,3 ściśle na pręcie ferrytowym ϕ 1,5 x 14
- L10: 125nH



Rysunek 4.

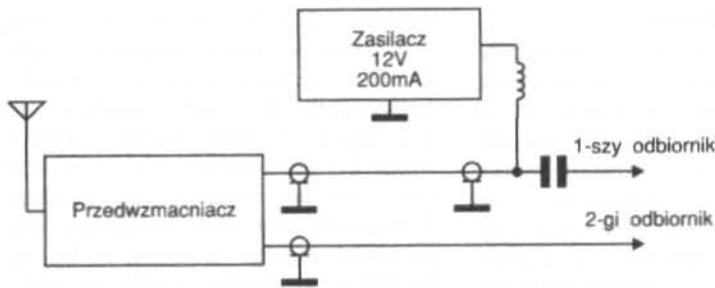


Rysunek 5.

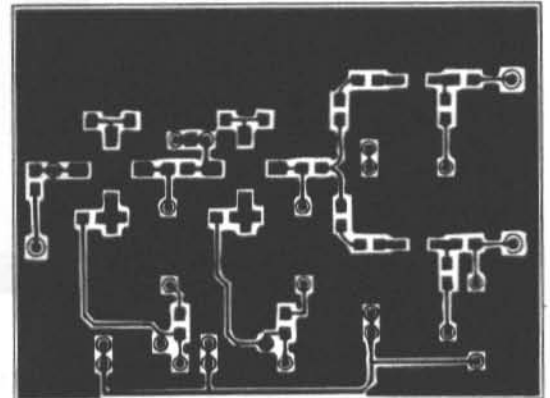
Wykonanie na płytce drukowanej daje najlepsze wyniki, jeśli chodzi o powtarzalność. Natomiast montaż bezpośredni jest rozwiązaniem tańszym i szybszym w wykonaniu.

Nie ma żadnych ograniczeń czasu pozostawiania układu pod napięciem.

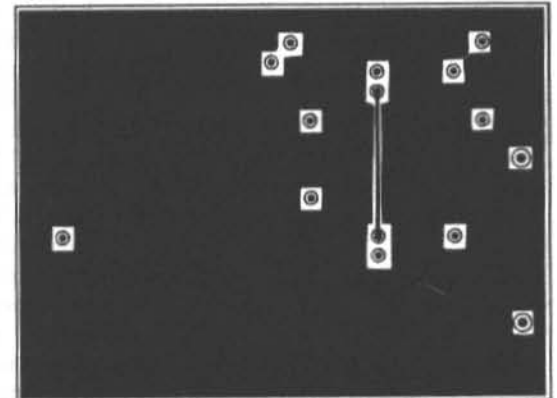
ERP



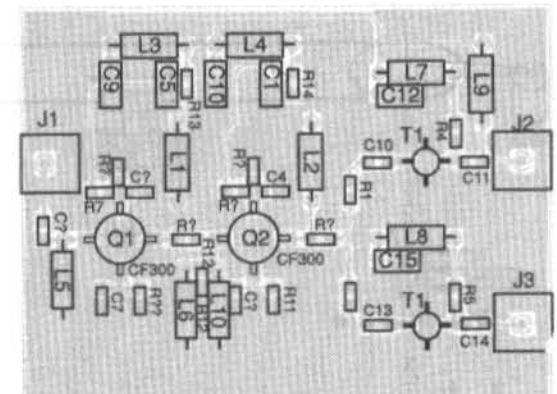
Rysunek 6.



Rysunek 7.



Rysunek 8.



Rysunek 9.