

# NA WARSZTACIE

## MINI-ODBIORNIK Z UKŁADEM SCALONYM UL 1111 N

Ekspansja układów scalonych w elektronice trwa. Obok układów niesłychanie złożonych i bardzo wyspecjalizowanych wytwarzane są też układy stosunkowo proste, lecz uniwersalne. W praktyce radioamatorskiej znaleźć one mogą szerokie zastosowanie. Przykładem tej grupy elementów może być układ scalony UL 1111 N, produkcji CEMI (rys. 1). Układ ten zawiera 5 tranzystorów umieszczonych na wspólnym podłożu. Tranzystory te mają niezłe parametry (tabela), zaś charakterystyki tranzystorów wytworzonych w jednym zabiegu technologicznym są bardzo zbliżone. Fakt, że tranzystory w UL 1111 N znajdują się na wspólnym płatkku krzemu, a więc w prawie identycznych warunkach termicznych, preferuje je do zastosowań, w których wymagana jest zbieżność parametrów w funkcji różnych czynników, np. we wzmacniaczach różnicowych. Dla amatora istotny jest fakt, że cena tranzystora w UL 1111 N jest o połowę niższa, niż tranzystora dyskretnego.

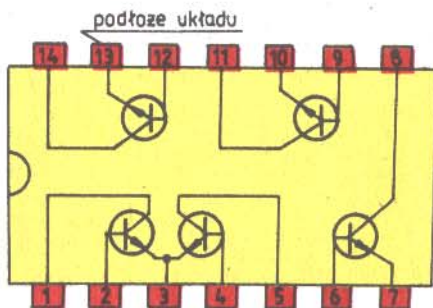
Za przykład wykorzystania układu UL 1111 N w prostej konstrukcji amatorskiej służyć może miniaturowy odbiornik na zakres fal długich i średnich (rys. 2 i fot.). „Radyjko” to zapewnia silny i czysty odbiór nie tylko stacji lokalnych, ale i wielu rozgłośni odleglejszych – zwłaszcza wieczorem.

Obwód rezonansowy  $L_1C_1$  nastrojony jest na odbieraną częstotliwość. Cewkę obwodu nawinięto na pręcie ferrytowe, odbiornik nie wymaga więc anteny zewnętrznej. Wzbudzone promieniowanym przez nadajnik polem elektromagnetycznym drgania w obwodzie mają niewielką amplitudę –

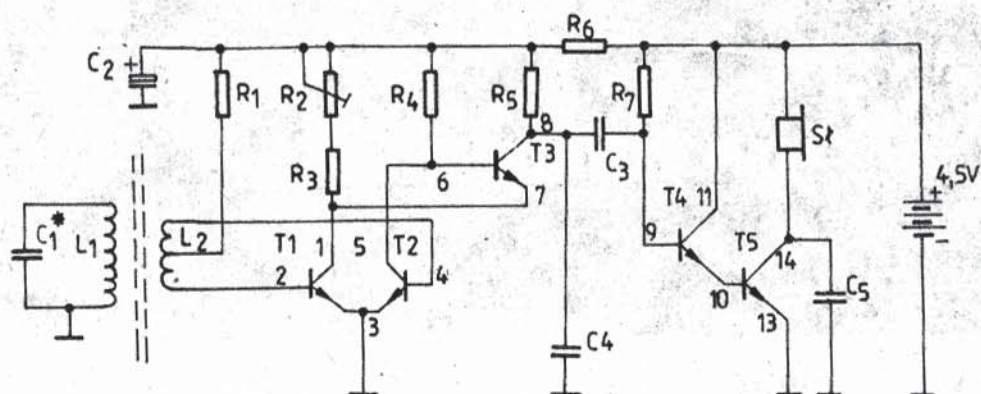
### Podstawowe dane UL 1111 N (dane pojedynczego tranzystora)

Napięcie kolektor-emiter $U_{CE \max}$	15 V
Napięcie kolektor-baza $U_{CB \max}$	20 V
Prąd kolektora $I_{C \max}$	50 mA
Moc rozpraszana $P_d \max$	300 mW (w pojedynczym tranzystorze) 750 mW (w całym układzie)
Współczynnik wzmocnienia prądowego (typowo)	$h_{2e} 110$
Częstotliwość graniczna $f_T \min$	300 MHz
Współczynnik szumów przy 1 kHz F	4 dB
Pojemność kolektor-baza $C_{CB0}$	1 pF

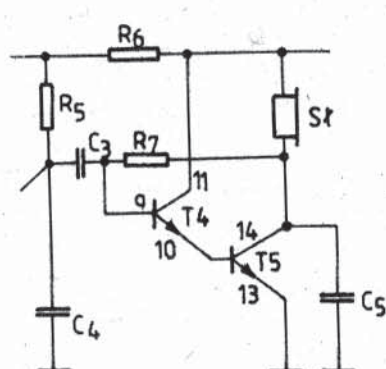
w granicach pojedynczych miliwoltów. Do ich wzmocnienia zastosowano wzmacniacz różnicowy z tranzystorami T1, T2. Wejście wzmacniacza sprzężone jest z obwodem rezonansowym transformatorowo, za pośrednictwem cewki  $L_2$  z odczepem w środku. Stosunek liczby zwojów  $L_1$  i  $L_2$  dobrano pod kątem dopasowania wysokiej impedancji obwodu równoległego w stanie rezonansu do



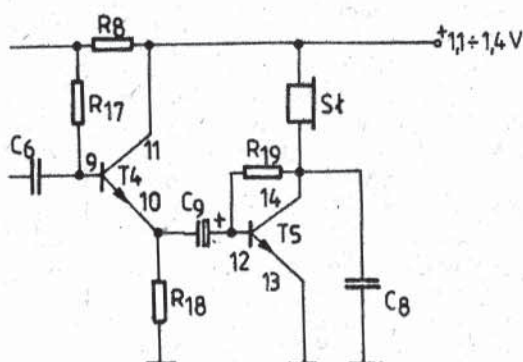
Rys. 1



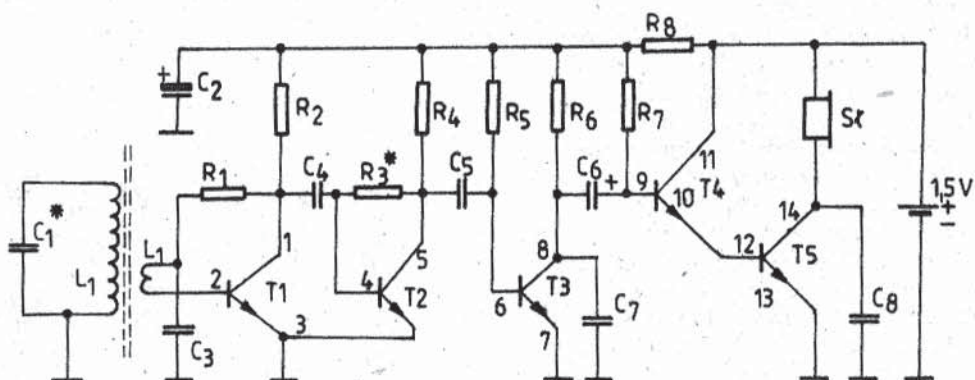
Rys. 2



Rys. 3



Rys. 5



Rys. 4

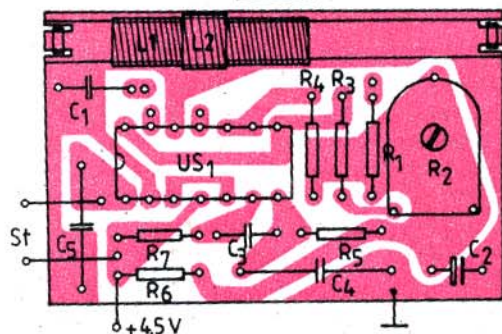
stosunkowo niewielkiej impedancji wejściowej wzmacniacza. Ponieważ występuje podobieństwo charakterystyk bliźniaczych tranzystorów T1 i T2 polaryzację ich baz można było uprościć. Płynący przez  $R_1$  prąd polaryzacji rozplywa się na dwie, w przybliżeniu równe części, co w konsekwencji daje podobne prądy kolektorów tranzystorów wzmacniacza różnicowego. Obciążeniem wyjścia wzmacniacza w.c.z. jest detektor tranzystorowy z T3. Detektor taki charakteryzuje się małymi zniekształceniami w szerokim zakresie poziomów sygnału wejściowego. Detektor pracuje poprawnie, jeśli jest właściwie spolaryzowany. Do doboru jego punktu pracy służy potencjometr montażowy  $R_2$ . Stabilność punktu pracy T3 uwarunkowana jest stałym stosunkiem prądów kolektorowych T1 i T2 – w naszym wypadku gwarantuje to podobieństwo parametrów i warunków termicznych tych tranzystorów. Zdemodulowany sygnał na wyjściu detektora zawiera jeszcze dużą składową w.c.z., która odfiltrowywana jest przez kondensator  $C_4$ .

Sygnał m.c.z. doprowadzany jest przez kondensator  $C_3$  do wejścia wzmacniacza końcowego m.c.z., zbudowanego dla prostoty w układzie Darlingtona. Rezystor  $R_7$  polaryzuje bazę T4, ustalając też pośrednio prąd kolektora tranzystora T5, płynący przez słuchawkę, stanowiącą obciążenie wzmacniacza. Kondensator  $C_5$  zwiera do masy resztki sygnału w.c.z., jakie przedostały się na jego wejście z detektora i uległy wzmocnieniu, przy okazji ogranicza też od góry pasmo przenoszonych częstotliwości, „odszumiając” odbiór.

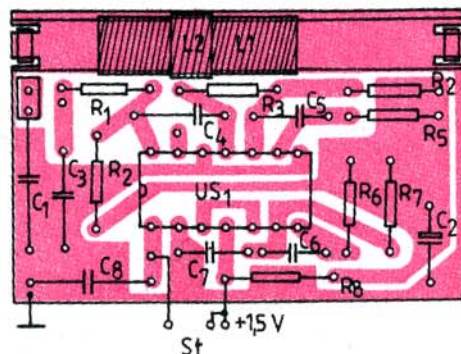


W układzie z rys. 2 można zastosować dowolną słuchawkę niskoomową o rezystancji 100–400 omów, np. miniaturową lub telefoniczną. Zastosowanie słuchawek o większym oporze, 400–4000 omów, jest także możliwe, wymaga jednak pewnej przeróbki wzmacniacza m.c.z. (rys. 3). Dołączając rezystor  $R_7$  do kolektora T5 uzyskujemy ujemne sprzężenie zwrotne dla składowej stałej w stopniu końcowym. Wzrost prądu T5 powoduje spadek napięcia na jego kolektorze, a w konsekwencji zmniejsza wysterowanie bazy T4, co przeciwdziała wzrostowi prądu T5 i odwrotnie. Zabezpiecza to tranzystor T5 przed nasyceniem w wypadku zbyt dużej oporności obciążenia (punkt pracy dopasowuje się niejako do rezystancji zastosowanych słuchawek).

Rys. 6b



Rys. 6a



Aby zapobiec wzbudzeniu odbiornika, wzmacniacz w.c.z. i detektor zasilane są przez filtr m.c.z. złożony z rezystora  $R_6$  i kondensatora  $C_2$ .

Cały układ dostosowany jest do zasilania napięciem 4,5 – 6 V. Miniaturową baterijkę 4,5 V uzyskać można w wyniku ostrożnej rozbiórki popularnej baterii 6F22. Po usunięciu blaszanego korpusu oddzielamy trzy ogniwa, pozostałe trzy hermetycznie pakujemy i przechowujemy do momentu użycia. Ogniwa przewidziane do zasilania odbiornika, po wykonaniu doprowadzeń, można np. zaspawać w woreczku z folii polietylenowej, co przedłuży ich żywotność (można tego dokonać za pomocą zwykłego noża, rozgrzanego nad kuchenką elektryczną lub gazową).

W trudnych warunkach odbioru, w wypadku słabej lub odległej stacji, czułość odbiornika z rys. 2 może okazać się niewystarczającą.

Dążeniu do miniaturyzacji przeszkadza też zasilanie napięciem 4,5 V – znacznie dogodniejsza byłaby pojedyncza baterijka 1,5 V, np. typu R1, lub plastikowy akumulator zasadowy o napięciu 1,2 V. Obydwa z powyższych problemów zostały wyeliminowane w nieco bardziej rozbudowanym mini-odbiorniku z rys. 4., w którym także zastosowano układ UL 1111 N. Obwód antenowy rozwiązano tutaj identycznie jak w poprzednim układzie, lecz wzmacniacz w.c.z. jest już dwustopniowy. Wzmocnienie pojedynczego stopnia zasilanego obniżonym napięciem byłoby znacznie mniejsze niż poprzednio, tymczasem zależy nam na wzroście czułości! Pierwszy stopień wzmacniacza w.c.z. z tranzystorem T1 sprzężony jest z anteną transformatorowo, za pomocą cewki sprzęgającej. Drugi stopień (T2) dołączony jest przez  $C_4$  do wyjścia pierwszego. Obydwa stopnie objęte są ujemnym sprzężeniem zwrotnym, stabilizującym punkt pracy. Kondensator  $C_3$  eliminuje wpływ sprzężenia dla przebiegów w.c.z. w pierwszym stopniu, aby utrzymać jego spore wzmocnienie i nie obniżać impedancji wejściowej. Tymczasem w drugim stopniu ujemne sprzężenie zwrotne, realizowane przez rezystor  $R_3$ , obejmuje także składową w.c.z. Dobierając wartość tego rezystora, można dopasować wzmocnienie odbiornika do poziomu sygnału z anteny. Rezystor  $R_3$  można zmie-

niać w szerokich granicach, od 3,3 do 150 kiloomów, zmniejszeniu rezystancji  $R_3$  odpowiada zmniejszenie wzmocnienia. Tranzystor T3 spełnia funkcję detektora w.c.z. Jego punkt pracy wybrano w obszarze małych prądów kolektora, gdzie zakrzywienie charakterystyk tranzystora jest znaczne. Kondensator  $C_7$  odfiltrowuje składową w.c.z. wzmacniacz końcowy małej częstotliwości pracuje w układzie identycznym jak na rys. 2, inna jest tylko wartość rezystora polaryzującego  $R_7$ .

Przy zastosowaniu do zasilania mini-odbiornika akumulatora 1,2 V końcowy stopień m.c.z. w układzie Darlingtona z tranzystorami krzemowymi nie mógłby już być poprawnie spolaryzowany. Problem przestaje istnieć w wypadku zastosowania modyfikacji stopnia końcowego (rys. 5). Jej istota sprowadza się do galwanicznego rozdzielania tranzystorów T4 i T5, co pozwala na ich niezależne spolaryzowanie, umożliwiając dodatkowo objęcie T5 pętlą ujemnego sprzężenia dla składowej stałej (przez  $R_{19}$ ) stabilizującą punkt pracy. Oczywiście, zmodyfikowany stopień końcowy można z powodzeniem zastosować i przy zasilaniu 1,5 V.

### Wykonanie i uruchomienie

Obydwa mini-odbiorniki zostały zmontowane na płytkach jednostronnie drukowanych (rys. 6 a, b). Wymiary płytek sprawiają, że obydwa odbiorniczki z łatwością mieszczą się w pudełku od zapalek. Przy odrobinie inwencji (zastosowanie montażu pionowego itp.) jest możliwa dalsza miniaturyzacja, oczywiście pod warunkiem zastosowania miniaturowych elementów. Cewkę antenową  $L_1$  nawinięto na odcinku pręta ferrytowego  $\varnothing 7$  mm o długości 47 mm. Tak krótki pręt uzyskano drogą jego odcięcia z dłuższego elementu. Odcinanie pręta trzeba przeprowadzać ostrożnie z uwagi na kruchość materiału. Najprościej nadpiłować trójkątnym pilnikiem rowek wokół pręta w miejscu cięcia, po czym po prostu pręt złamać, a następnie wygładzić miejsce złamania na szlifierce lub po prostu papierem ściernym. Cewkę antenową nawinięto na korpusie sklejonym na rdzeniu z kilku warstw papieru tak, aby zapewnić mu zdolność swobodnego przesuwania się. Szerokość korpusu – 25 mm. Dla fal długich cewka  $L_1$  powinna

mieć około 180 zwojów drutu DNE  $\varnothing$  0,15 mm. Lepsza byłaby tu lica w.cz., ale nie jest ona łatwo osiągalna. Uzwojenie nawijamy starannie, zwoj przy zwoju. Na zakres fal średnich cewka  $L_1$  powinna mieć około 55 zwojów DNE  $\varnothing$  0,25–0,3 mm. Cewkę  $L_2$  nawijamy drutem DNE  $\varnothing$  0,1–0,2 mm pośrodku  $L_1$ , na podkładce z jednej warstwy papieru. Dla układu z rys. 2  $L_2$  ma  $2 \times 8$  zwojów (średnie) lub  $2 \times 12$  (długie). W układzie z rys. 4, cewka sprzęgająca składa się z 10 zwojów (średnie) lub 14 (długie).

Do strojenia odbiornika można użyć dowolnego kondensatora zmiennego o pojemności maksymalnej około 500 pF (należy go włączyć w miejsce  $C_1$ ), uniemożliwia to jednak miniaturyzację urządzenia. W rozwiązaniu modelowym zdecydowano się na dostrojenie na stałe do wybranej stacji, zgrubnie dobierając  $C_1$ , a dokładne strojenie przeprowadzono przesuwając cewkę  $L_1$  wzdłuż rdzenia (zmienia się przy tym jej indukcyjność). Dostrojenie wymaga przeprowadzenia kilku eksperymentów, przy których pomocny może być fabryczny radioodbiornik. Za jego pomocą możemy ustalić częstotliwość odbieranej stacji (drogą porównania i odczytu ze skali), co stanowi wskazówkę dla dalszego postępowania – np. dla przestrojenia odbiornika w stronę większych częstotliwości można zmniejszyć pojemność  $C_1$  lub odwinąć część zwojów  $L_1$ . Antenę ferrytową można nawinąć także na innym rdzeniu, będzie to jednak wymagało dobrania innej liczby zwojów  $L_1$  (ogólna reguła: grubszy pręt – mniej zwojów). Po dostrojeniu się do wybranej stacji mocujemy cewkę do rdzenia, np. kroplą kleju, a całą antenę przytwierdzamy do płytki za pomocą dwóch elastycznych pierścieni, odciętych np. z węża plastikowego o wewnętrznej średnicy 6–7 mm, wykorzystując wycięcia przewidziane w płytkach montażowych.

Przy uruchamianiu odbiornika z rys. 2 (płytką – rys. 6a) należy potencjometrem  $R_2$  ustawić prąd kolektora T3 w granicach 40 mA (można tego dokonać „na słuch” – poszukując punktu największej czułości detektora). Prąd kolektora T1 i T2 powinien wynosić około 0,8 mA – w razie czego można go skorygować zmieniając  $R_1$ . Z uwagi na dobrą powtarzalność parametrów UL 1111 N zabieg ten w większości przypadków nie będzie potrzebny. Odbiornik z rys. 4 (płytką

#### Wykaz elementów odbiornika z rys. 2

$R_1$  – 680 kiloomów,  
 $R_2$  – potencjometr montażowy 2,5 kilooma,  
 $R_3$  – 2,7 kilooma,  
 $R_4$  – 3,3 kilooma,  
 $R_5$  – 33 kiloomy,  
 $R_6$  – 330 omów,  
 $R_7$  – 10 megaomów,  
 $C_1$  – 100–500 pF (dobrac przy dostrajaniu do stacji; dla Warszawy I – ok. 330 pF.)  
 $C_2$  – 10  $\mu$ F (6 V elektrolityczny),  
 $C_3$  – 68 nF,  
 $C_4$  – 2,2 nF,  
 $C_5$  – 220 nF dla słuchawek 100 omów, 47 nF dla 400 omów.

#### Wykaz elementów odbiornika z rys. 4, 5

$R_1$  – 100 kiloomów,  
 $R_2, R_4$  – 5,6 kilooma,  
 $R_3$  – 100 kiloomów lub mniej – dobrać w zależności od warunków odbioru,  
 $R_5$  – 2 megaomy,  
 $R_6$  – 18 kiloomów,  
 $R_7$  – 680 kiloomów,  
 $R_8$  – 100 omów,  
 $C_1$  – jak poprzednio,  
 $C_2$  – 22  $\mu$ F/6 V elektrolityczny,  
 $C_3$  – 6,8 nF ceramiczny,  
 $C_4$  – 470 pF,  
 $C_5$  – 1,6 nF,  
 $C_6$  – 68 nF,  
 $C_7$  – 1,6 nF,  
 $C_8$  – jak  $C_3$  (poprzednio)  
 $C_9$  – 1  $\mu$ F (6 V elektrolityczny)  
 $R_{17}$  – 100 kiloomów  
 $R_{18}$  – 4,7 kilooma,  
 $R_{19}$  – 33 kiloomy  
Wszystkie rezystory – 0,125 W

– rys. 6b) w zasadzie nie wymaga uruchamiania – od razu po włączeniu w słuchawce powinien być słyszalny cichy szum lub sygnał stacji (może być potrzebna manipulacja prętem antenowym). Uruchamianie najlepiej przeprowadzać w godzinach wieczornych, gdy warunki odbioru są najkorzystniejsze. Gdyby nastąpiło przesterowanie odbiornika (z rys. 4), objawiające się głośnym „charczeniem” i zniekształceniami w najgłośniejszych momentach audycji, należy zmniejszyć czułość odbiornika, redukując wartość  $R_3$ .

Obydwa odbiorniczki pobierają z baterii prąd rzędu kilku mA, w większości zużywany przez wzmacniacz końcowy m.cz.

W toku próbnej eksploatacji obydwu mini-odbiorniki pracowały bez zarzutu. Wersję z rys. 2 wykorzystywano do odbioru lokalnej radiostacji na falach średnich, układ z rys. 4 – do odbioru Warszawy I. Odbiór był głośny i pewny nawet w odległości 350 km od nadajnika.

**Roland Wacławek**