

Lampowo-tranzystorowy odbiornik UKF

**AVT
5317**


Lampowy radiodbiornik był niegdyś jedynym dostępnym oknem na świat. Starsi osobiście pamiętają noce spędzone w wysłużonym, charczącym Pionierem, dla młodszych jest to nieodłączny element babcinej komody. Niestety, czas nieubłaganie płynie do przodu i postęp techniczny raz na zawsze wyparł te cudeńka z powszechnego użytku, zastępując je tranzystorowymi.

Niniejszy projekt pozwala – choćby i częściowo – przenieść się myślami w tamte czasy, zachowując przy tym funkcjonalność i niewielkie gabaryty, zaś drobna „pomoc” ze strony tranzystorów wyeliminuje konieczność nawijania i zestrajania cewek.

Rekomendacje: nietuzinkowy odbiornik lampowy uatrakcyjni każde wnętrze.

Na **rysunku 1** zamieszczono schemat blokowy zaprojektowanego odbiornika. Blok zasilacza dostarcza następujących napięć:

- Niestabilizowane 130 V do zasilania anod lamp,
- Stabilizowane 12,6 V do zasilania żarników lamp,
- Stabilizowane 9 V – do zasilania głowicy UKF.

Jako głowica pracuje strojony napięciowo moduł typu „Gloria”. O jej użyciu zdecydowały niska cena, małe gabaryty, nieskomplikowana aplikacja i dobre parametry. Dodatkowo, za cenę kilkunastu złotych, nie musimy zestrajać obwodów wielkiej częstotliwości, co znacznie uła-



twia wykonanie odbiornika. Głowica UKF jest jedynym blokiem wykonanym z użyciem komponentów półprzewodnikowych. W kolejnych pracują lampy: cztery pentody typu 12Ж1П (12Ž1Л) z „krótką charakterystyką”, radzieckie odpowiedniki niemieckich RV12P2000. Są one zamknięte w aluminiowych kubeczkach gwarantujących odporność mechaniczną i dobre ekranowanie. Niska cena (w granicach 0,50...2 złotych za sztukę) i dostępność są kolejnymi atutami tych lamp. Wybrane parametry techniczne, które pozwolą na ewentualne dobranie odpowiedników, zamieszczono w **tabeli 1**.

Sygnal z głowicy UKF ma częstotliwość 10,7 MHz, amplitudę rzędu 1...3 mV i jest zmodulowany częstotliwościowo. W typowym odbiorniku superheterodynowym zostałby on wzmocniony w kilkustopniowym wzmacniaczu pośredniej częstotliwości, a następnie zdemodulowany przez detektor diodowy. Zapewnia to wysoką jakość dźwięku, znakomitą czułość i selektywność, lecz jest trudne do wykonania w warunkach domowych. W tym układzie tylko jedna lampka jest odpowiedzialna za wzmocnienie

AVT-5317 w ofercie AVT:
AVT-5317A – płytka drukowana

Podstawowe informacje:

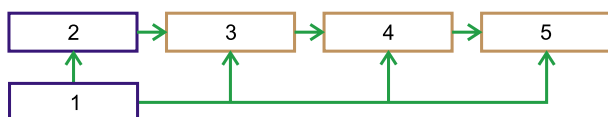
- Superreakcyjny, monofoniczny odbiornik UKF (88...108 MHz).
- Płytkę jednostronna o wymiarach 190 mm×97 mm.
- Głowica UKF typu „Gloria”, 4 pentody 12Ж1П (12Ž1Л).
- Zasilanie transformatorowe z sieci 230 V_{AC}, pobór mocy ok. 15 W.
- Łatwe wykonanie i strojenie.

Dodatkowe materiały na CD/FTP:

- <ftp://ep.com.pl>, user: 15352, pass: 760hp655
- wzory płytek PCB
 - karty katalogowe i noty aplikacyjne elementów oznaczonych w **Wykazie elementów** kolorem czerwonym

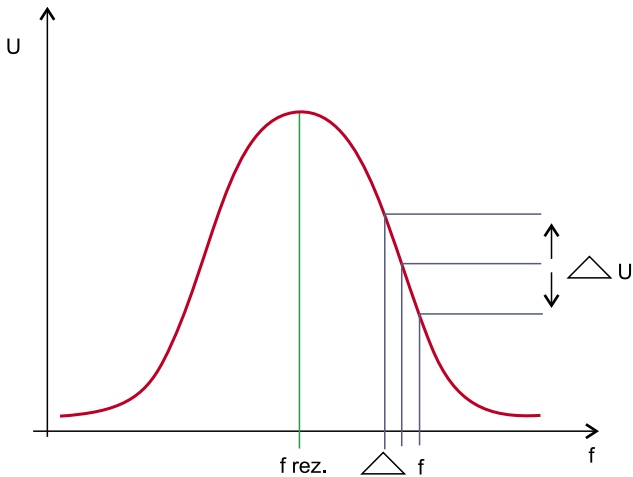
Projekty pokrewne na CD/FTP:

- (wymienione artykuły są w całości dostępne na CD)
- AVT-2330 Miniaturowy odbiornik FM stereo (EdW 2/1999)
 - AVT-2469 Odbiornik UKF FM (EdW 1/2001)

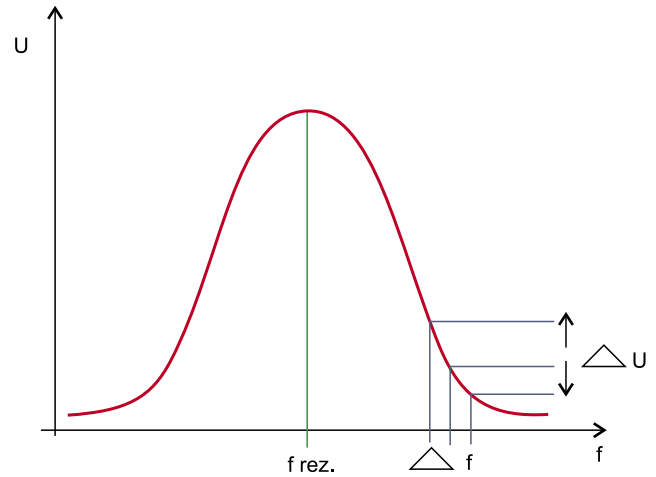


Rysunek 1. Schemat blokowy odbiornika radiowego. Prostokąty niebieskie to część półprzewodnikowa, czerwone – lampowa: 1 – zasilacz; 2 – głowica UKF FM; 3 – detektor; 4 – przedwzmacniacz; 5 – wzmacniacz mocy

i detekcję sygnału otrzymywanego z głowicy, przy użyciu do tego tylko jednego obwodu strojonego. Na potrzeby małego, monofonicznego odbiornika jest to całkowicie wystarczające. Niestety, tak daleko idące uproszczenie uniemożliwia dodanie dekodera stereofonicznego, a to z tego powodu, że detektor superreakcyjny, który tu zastosowano, w znacznym stopniu tłumi częstotliwości powyżej ok. 12 kHz. Na po-



Rysunek 2. Charakterystyka częstotliwościowa poprawnie dostrojonego obwodu dyskryminatora. Zmiana napięcia na wyjściu jest proporcjonalna do zmiany częstotliwości w całym przedziale



Rysunek 3. Charakterystyka częstotliwościowa nieprawidłowo dostrojonego dyskryminatora. Częstotliwość nośna wypada zbyt blisko zakrzywienia charakterystyki, co skutkuje dużymi zniekształceniami nieliniowymi

Tabela 1. Najważniejsze parametry lampy 12Ж1П (12Ž1Л)

Cokół	Loctal 8-pin
Parametry żarzenia	12,6 V @ 75 mA (pośrednie)
Maksymalna moc tracona na anodzie	2 W
Typowe napięcie anodowe	150 V
Typowe napięcie siatki ekranującej	75 V
Typowe napięcie siatki sterującej	-2,1 V
Katalogowy prąd anodowy w tym punkcie pracy	2,35 mA
Katalogowe nachylenie	1,65 mA/V
Katalogowy opór wewnętrzny	800 kΩ
Gwarantowany czas działania	2000 godzin

trzeby odbioru stereofonicznego konieczne jest zapewnienie pasma przenoszenia o szerokości ok. 60 kHz.

Odbiornik superreakcyjny

Na czym polega odbiór superreakcyjny? Na to pytanie trzeba sobie odpowiedzieć przed przystąpieniem do dalszych rozważań. Najpierw jednak trzeba zamienić modulację częstotliwościową na amplitudową, gdyż jest ona dużo łatwiejsza do demodulacji. Nie jest to trudne – potrzebny jest obwód rezonansowy (zwany dyskryminatorem), który nie jest dostrojony do nośnej, lecz jej częstotliwość wypada na prostoliniowej części charakterystyki częstotliwościowo-napięciowej dyskryminatora (rysunek 2 i rysunek 3). Kluczowym elementem detektora superreakcyjnego jest wzmacniacz pobudzany do drgań własnych pod wpływem napięcia pochodzącego z dyskryminatora (rysunek 4). Amplituda tych drgań jest proporcjonalna do napięcia wejściowego. Ponadto, mają one tendencję do samoistnego zanikania. Są stosunkowo krótkie, rzędu mikrosekund, lecz jest ich na tyle dużo, że wiernie odwzorowują kształt zmian napięcia w dyskryminatorze. Im więcej, tym lepsze jest odwzorowanie, tym szersze jest pasmo przenoszenia. Niestety, wraz ze wzrostem tzw. częstotliwości samowyzgaszania

(liczby generowanych „pików” na okres) spada – i tak nie najlepsza – selektywność całego układu. Zadaniem filtra wyjściowego jest odtworzenie napięcia małej częstotliwości z dostarczanych nań oscylacji.

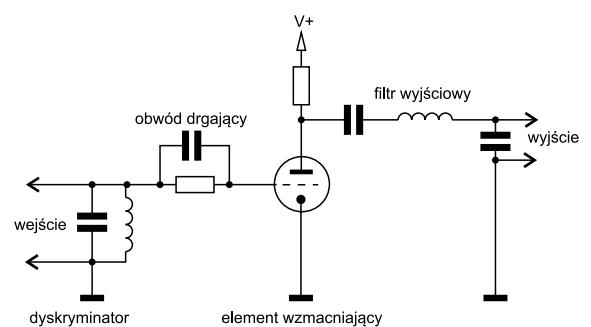
Opis działania

Po takim wstępie można przejść do omówienia schematu ideowego prezentowanego odbiornika. Pokazano go na rysunku 5. Transformator zasilający TR2 dostarcza wymaganych napięć przemiennych: 100 V i 13 V. Mostek prostowniczy B2, wraz z filtrem wykonanym z kondensatorów C1...C4 i rezystora R1, dostarcza napięcie anodowe zasilające lampy V1...V4. Natomiast prostownik B1 z kondensatorami C5 i C6 zapewniają wygładzone napięcie do zasilania głowicy UKF i żarników lamp. Zajmują się tym stabilizatory, odpowiednio, US1 i US2 wraz z kondensatorami. Do wyprowadzenia środkowego układu US2 włączono diodę D1 po to, aby zapewnić napięcie żarzenia wynoszące 12,6 V.

Funkcję głowicy UKF w tym radiodbiorniku pełni wspomniany już moduł typu „Gloria”. Potencjometrem P1 jest ustalane

napięcie warikapowe, zaś rezystorami R3 i R4 – żądane wzmocnienie. Rezystor R2 ogranicza płynący prąd. Na nóżkę AGC jest podawane napięcie ok. 4,5 V, co jest równoznaczne z niemal najwyższym możliwym wzmocnieniem. OSC to wyjście oscylatora heterodyny, służy do realizacji PLL – tutaj jest niewykorzystane.

Wzmocniony i wyselekcjonowany sygnał p.cz. o częstotliwości 10,7 MHz jest przekazywany przez kondensator C11 celem oddzielenia głowicy od wysokiego napięcia na anodzie lampy. Dyskryminator jest zbudowany z obwodu zawierającego cewkę L2 i kondensatory: stały C16 i trymer C15. Dostrojenie tego obwodu z powodzeniem można wykonać bez użycia specjalizowanych przyrządów pomiarowych. Rezystor R5 i kondensator C14 tworzą obwód powstawania i tłumienia drgań własnych. Cewka L1 oraz kondensatory C12 i C13 pracują jako filtr wyjściowy przekształcający serie oscylacji na użyteczny sygnał małej częstotliwości. Jednocześnie separują składową zmienną małej częstotliwości od stałej. Potencjometr P2 oraz rezystor R6 ustalają punkt pracy detektora superreakcyjnego. Rezystor R7 wraz z diodą D2 tworzą stabilizator o napięciu wyjściowym ok. 100 V. C17 i C18 zapobiegają przedostawaniu się zakłóceń w.cz. przez zasilanie. Zasilanie lampy V1 napięciem stabilizowanym zapewnia niezmienną parametrów detekcji w funkcji czasu.



Rysunek 4. Uproszczony schemat detektora superreakcyjnego z triodą

Amplituda odfiltrowanego sygnału m.cz. jest regulowana za pomocą potencjometru P3. Sygnał m.cz. jest podawany na siatkę sterującą pentody V2. Ta lampka pracuje w typowym układzie wzmacniacza o wspólnej katodzie z obciążeniem oporowym, zrealizowanym z użyciem rezystora R8. Rezystor R9 podnosi potencjał katody (tzw. polaryzacja automatyczna) po to, aby wspomniana już siatka była względem niej na potencjale ujemnym. Powoduje to pracę w klasie A na możliwie prostoliniowym odcinku charakterystyki. Kondensator C19 zwiera rezystor R9 dla sygnałów zmiennych, przez co podnosi wzmocnienie stopnia. Kondensator C20 ponownie oddziela składową zmienną od niepożądaną składową stałą.

Wzmacniacz końcowy zbudowany został analogicznie do poprzedzającego go stopnia,

Wykaz elementów

Rezystory:

- R1: 220 Ω/0,5 W
- R2: 100 Ω
- R3, R4: 470 Ω
- R5: 10 MΩ
- R6: 4,7 kΩ
- R7: 5,6 kΩ/1 W
- R8, R15: 150 kΩ
- R9: 680 Ω
- R10, R11: 22 kΩ
- R12: 1 MΩ
- R13: 330 Ω/0,5 W
- R14: 18 kΩ

Wszystkie rezystory o mocy 0,25 W jeżeli nie napisano inaczej

- P1: 22 kΩ pot. wieloobrotowy
- P2: 4,7 kΩ pot. montażowy, pionowy
- P3: 470 kΩ/B pot.

Kondensatory:

- C1, C3: 220 μF/200 V
- C2, C4: 100 nF/250 V
- C5: 4700 μF/25 V
- C6, C8, C10: 100 nF/63 V
- C7, C9: 220 μF/16 V
- C11, C18: 220 nF/250 V
- C12: 3,3 nF/250 V
- C13: 10 nF/250 V
- C14: 39 pF (opis w tekście)
- C15: trymer 3 ÷ 10 pF
- C16: 10 pF
- C17: 2,2 μF/250 V
- C19: 22 μF/16 V
- C20: 22 nF/250 V
- C21: 47 μF/16 V
- C22: 22 μF/160 V

Półprzewodniki:

- B1, B2: mostek Graetza 1 A/1000 V
- D1: 1N4148
- D2: dioda Zenera 100 V/1,3 W
- US1: LM7809
- US2: LM7812

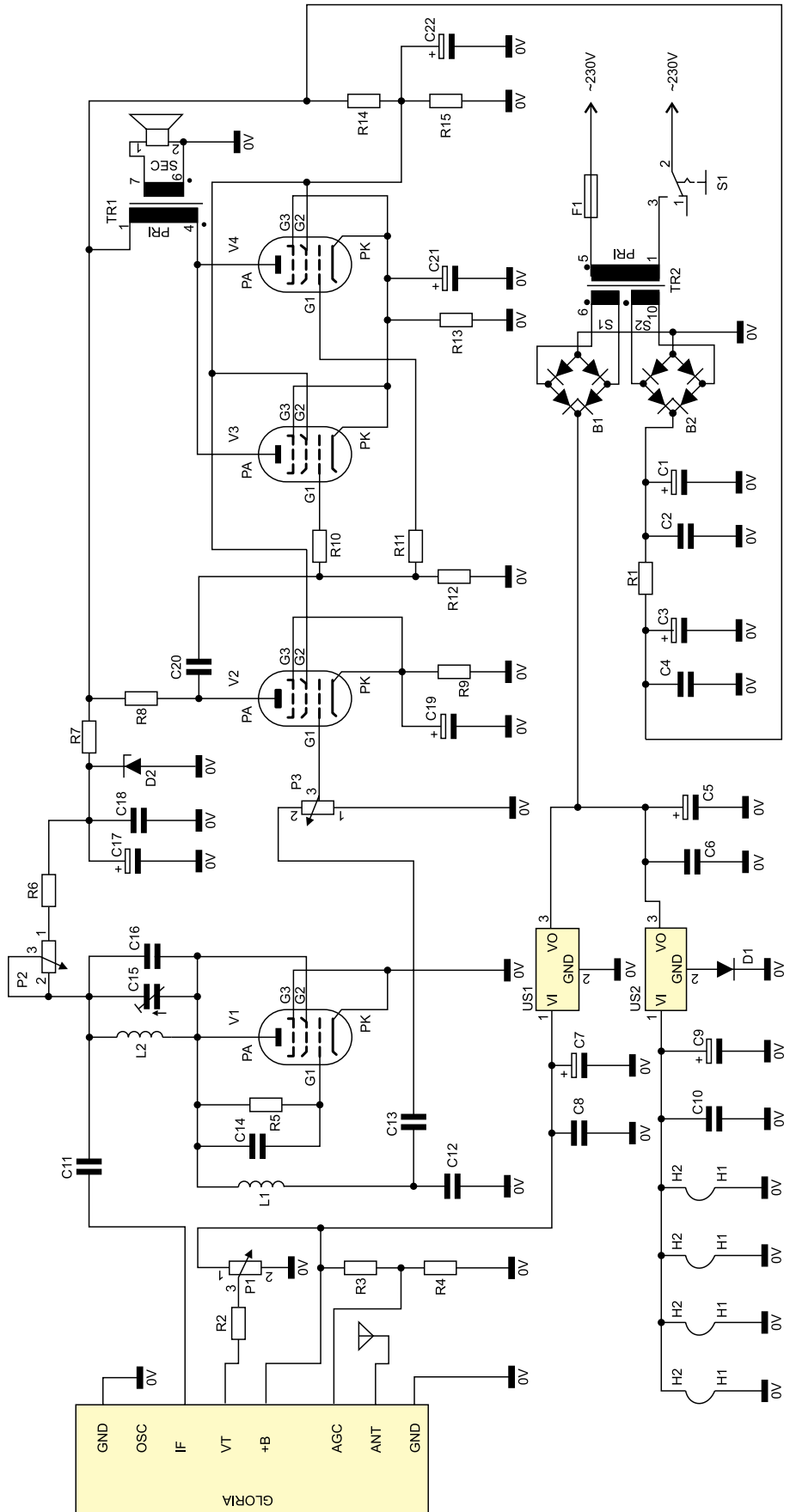
Głowica typu „Gloria” (opis w tekście)

- Inne**
- V1...V4: lampka 12Ж1Л (12Ж1Л)
- L1: dławik osiowy 15 μH
- L2: dławik osiowy 12 μH

- TR1: opis w tekście
 - TR2: opis w tekście
 - F1: bezpiecznik sieciowy 200 mA z oprawką
 - S1: wyłącznik sieciowy
- Dwa złącza żeńskie DB-25 do montażu we wtyczce (opis w tekście)

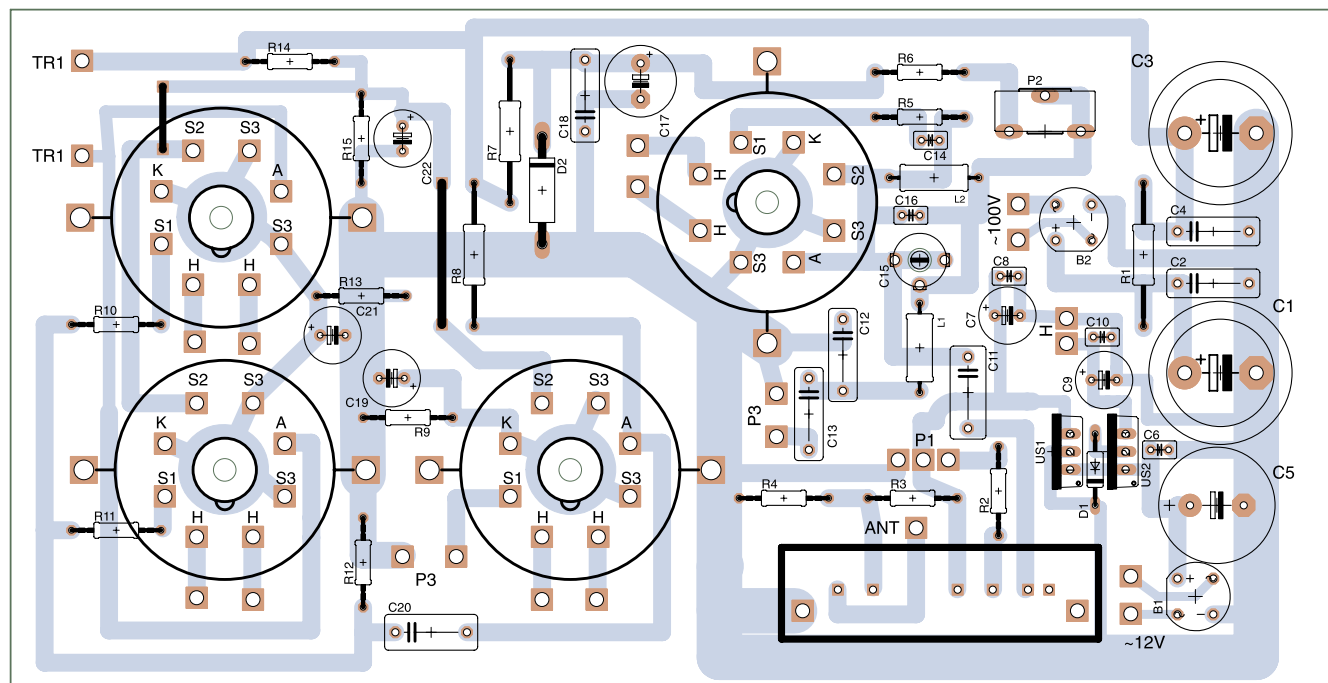
z różnicą w postaci równoległego połączenia dwóch lamp dla podniesienia mocy wyjściowej. Rezystory R10 i R11 to tzw. rezystory antyparazytowe. Poprzez zwiększenie impedancji obwodu siatkowego utrudniają powstawanie w nim oscy-

lacji. Elementy R12, R13 i C21 tworzą już opisany układ polaryzacji automatycznej. Transformator głośnikowy TR1 dopasowuje wysoką impedancję obwodu anodowego lamp V3 i V4 do niskiej impedancji cewki głośnika. Podłączenie jednego



Rysunek 5. Schemat ideowy odbiornika UKF

Na CD: karty katalogowe i noty aplikacyjne elementów oznaczonych w wykazie elementów kolorem czerwonym



Rysunek 6. Schemat montażowy odbiornika UKF

końca uzwojenia wtórnego do masy utrudnia występowanie w nim oscylacji. Dzielnik złożony z rezystorów R14 i R15 ma dwojakie zadanie. Po pierwsze, ustala napięcie siatek ekranujących lamp V2, V3 i V4 na optymalnym poziomie. Po drugie, zapewnia rozładowanie kondensatorów

w filtrze napięcia anodowego. C22 blokuje składową zmienną. Mnogość kondensatorów blokujących składową wielkiej częstotliwości wynika z dbałości o nierozchodzenie się jej po układzie, gdyż mogłaby być przyczyną powstawania uciążliwych interferencji i wzbudzeń.

Montaż

Schemat montażowy radioodbiornika pokazano na **rysunku 6**. Zmontowano go na płytce jednostronnej o wymiarach 190 mm×97 mm. **Uwaga: na komponentach odbiornika występują napięcia niebez-**

REKLAMA

bezpieczne dla życia i zdrowia, więc montaż i uruchomienie należy powierzyć osobom mającym świadomość ryzyka, jak również doświadczenie w uruchamianiu tego typu układów.

Podczas montażu należy zwrócić szczególną uwagę na sposób zamocowania lamp elektronowych. Bezpośrednie przylutowanie ich nóżek do płytki nie zda egzaminu ze względu na ryzyko pęknięcia szkła podczas nierównomiernego rozgrzewania. Podstawki pod ten typ cokołu są osiągalne, lecz drogie i trudno dostępne. Dlatego wybrałem rozwiązanie tanie i skuteczne, co oczywiście nie zmienia faktu, że można zastosować tradycyjną podstawkę.

Do własnoręcznego wykonania podstawki pod lampę jest niezbędne gniazdo DB25 (złącze żeńskie), z którego należy wyjąć poszczególne piny. Jest to łatwe po przepołowieniu blaszek mocujących (fotografia 7). Uzyskane w ten sposób gniazda na poszczególne nóżki należy wlutować w płytkę, możliwie prostopadłe (fotografia 8). Drobne nierówności zostaną skorygowane podczas umieszczania lampy w tak zbudowanej podstawie.

Należy również chronić lampę przed przypadkowym wypadnięciem. W tym celu, po dokonaniu montażu dwóch zwerek, wszystkich elementów i umieszczeniu lamp na swoich miejscach (należy pamiętać o zachowaniu zgodności pomiędzy garbem na trzpieniu lampy a oznaczeniem na płytce), do przymocowania lamp należy użyć cienkiego, miedzianego drutu. Po lekkim odkręceniu czarnego klucza na górze lampy, owija się ów drut wokół śruby jednym, ciasnym zwojem, a następnie klucz się dokręca. Końce drutu wlutowuje się w przygotowane pod to otwory w płytce, co dodatkowo połączy ekranującą puszkę lampy z masą układu. Nic nie stoi na przeszkodzie, by w te otwory wlutować oczka lutownicze pod śruby M3, a następnie przewlec przez nie i zalutować drut mocujący.

Żarzenie lamp nie widnieje w układzie ścieżek, a to z tego względu, że znacznie komplikowałyby ich układ i mogłyby być przyczyną przenikania zakłóceń. Dlatego też przy każdej lampie znajdują się dwa otworki prowadzące do żarzenia, oznaczonego literą „H”. Takie same dwa otworki znajdują się w pobliżu stabilizatora US2. Należy je połączyć równolegle cienkim, izolowanym przewodem. Biegunowość nie ma żadnego znaczenia.

Potencjometr P1, który zastosowano w prototypie, jest 10-obrotowym potencjometrem typu helipot, dzięki czemu jest możliwe dokładne dostrojenie się do stacji. Na potencjometr P3 również nie przewidziano miejsca na płytce – połączenia z nim należy wykonać przewodami ekranowanymi, pamiętając o tym, by nie zrobić przy tym pętli masy. P2 jest ustawiany tylko raz, podczas

uruchamiania, lecz można dołączyć go z zewnątrz, by nieco poeksperymentować z jego ustawieniem.

Transformator sieciowy wykonano w firmie Selenoid s.c. (ul. 11 Listopada 127, 62-030 Luboń, e-mail: kacper@selenoid.pl) za cenę ok. 50 złotych. Ma on następujące parametry:

- Uzwojenie pierwotne: 230 V_{AC}.
- Uzwojenie wtórne I: 13 V/1 A.
- Uzwojenie wtórne II: 100 V/50 mA.

Transformator głośnikowy pochodzi z demontażu i współpracuje z głośnikiem 8 Ω. Jego oznaczenie to TG2-20, lecz można zastosować inny, o podobnej przekładni. W tym układzie zapewnia on lampom impedancję obciążenia około 16 kΩ.

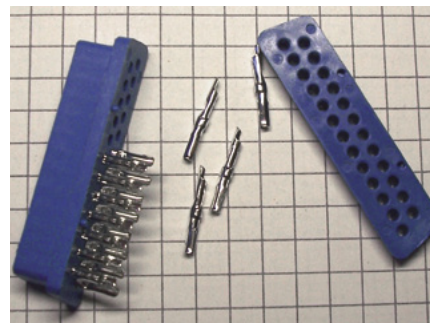
Pewną uwagę trzeba poświęcić kondensatorowi C14. Powinien on być dobrej jakości, gdyż od niego zależy prawidłowa praca detektora. Dlatego warto użyć elementu pochodzącego ze starej, polskiej produkcji lub nowoczesnego, ale nie najtańszego.

Gotową płytkę warto jest zaekranować, przede wszystkim od spodu. W prototypie została ona zamocowana w rowkach wyciętych w drewnianych listwach, odsunięta o ok. 15 mm od ścianki. Na tę ściankę naklejono folię aluminiową. Kontakt elektryczny z masą układu zapewnia sprężynka wystająca od spodu płytki.

Obudowa powinna przede wszystkim izolować elektrycznie. Ekranowanie od zewnętrznych pól elektromagnetycznych jest pożądane, lecz niewymagane przy zachowaniu warunku dobrego, ściślego montażu. Obudowa prototypu ma wymiary (szerokość×wysokość×głębokość) 245 mm×220 mm×115 mm. Wykonano ją ze sklejki o grubości 10 mm i oklejono łuszczką o grubości 2 mm. W przednie okienko wklejono szybkę z przezroczystego poliwęglanu, zaś głośnik jest oddzielnym modulem.

Uruchomienie

Po zmontowaniu układu, dołączeniu głośnika i krótkiej (wykonanej z przewodu o długości 30...50 cm) anteny, można przystąpić do jego uruchamiania. W tym celu należy najpierw skrócić potencjometr głośności i detektora na minimum i zmierzyć napięcia zasilające układ. Powinny one wynosić około 130 V dla anod, 100 V dla detektora, 12,6 V dla żarników i 9 V dla głowicy UKF. Po pozytywnie przeprowadzonym pomiarze można przystąpić do strojenia odbiornika. W tym celu potencjometr głośności należy skrócić na maksimum oraz zaopatrzyć się w cienki, izolowany śrubokręt. Potencjometrem strojenia wyszukujemy stosunkowo silną stację, a następnie tak stroimy trymer C15, aby była ona odbierana bez zniekształceń. Na czas przeprowadzania tej operacji należy wyłączyć w pobliżu źródła zakłóceń elektromagnetycznych, a masę układu uziemić.



Fotografia 7. Złącze DB-25 po rozpołowieniu

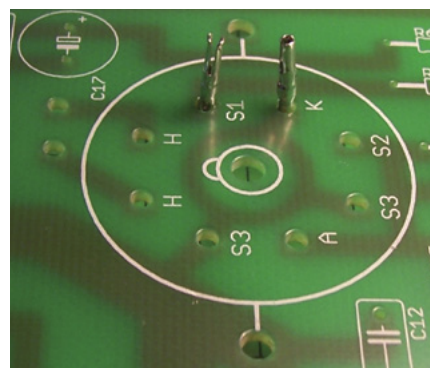
Należy pamiętać o zasadzie działania dyskryminatora – musi on być lekko odstrojony od częstotliwości nośnej, zatem najgłośniejszy odbiór, przypadający na szczyt charakterystyki, będzie silnie zniekształcony.

Procedurę dostrajania przeprowadza się kilkakrotnie, najlepiej dla różnych stacji odbieranych dla uzyskania rozsądnego kompromisu pomiędzy jakością odbioru a poziomem głośności. Regulacji należy dokonać także potencjometrem P2 – im większy będzie jego opór, tym lepsza czułość układu, lecz większa skłonność do niewygaszania oscylacji superreakcyjnych przy silnych stacjach. W układzie prototypowym został on skrócony prawie na minimum oporności.

Podsumowanie

Eksploatacja odbiornika nie nastęrcza problemów. Trzeba jedynie pamiętać o tym, aby zawsze miał podłączone obciążenie w postaci odpowiedniego głośnika – w przeciwnym razie może dojść do uszkodzenia transformatora wyjściowego. Nie jest on wyposażony w automatyczną stabilizację częstotliwości, toteż może być konieczne sporadyczne dostrajanie, aczkolwiek było to potrzebne tylko raz podczas dwugodzinnej „próby generalnej”. Pobór mocy z sieci 230 V wynosi ok. 15 W. Komplet nieużywanych lamp powinien zapewnić trzyletnią eksploatację przy średnim użytkowaniu (około 2 godzin dziennie).

**Michał Kurzela
futrzaczek@o2.pl**



Fotografia 8. Przykład wlutowania pinów pod nóżki lampy