

# Prosty odbiornik radiowy na fale średnie

*Większość początkujących elektroników-amatorów rozpoczyna swe kariery od konstrukcji odbiornika radiowego. Oto projekt umożliwiający uzyskanie dźwięku, który pochodzi nie wiadomo skąd...*

Koszt oferowanych w handlu odbiorników radiowych jest dzisiaj tak niski, że budowanie własnego odbiornika wydaje się być pozbawione sensu. Z drugiej jednak strony, konstrukcja prostego odbiornika radiowego tradycyjnie stanowiła punkt początkowy działalności elektroników-hobbystów i nadal pozostaje ciekawym i przydatnym pierwszym doświadczeniem.

Prezentujemy bardzo prosty układ, który zapewnia odbiór fal średnich i wysterowuje na przyzwoitym poziomie parę słuchawek stereofonicznych. Oczywiście, odbiornik emisji z modulacją amplitudy daje sygnał monofoniczny. Urządzenie zasilane jest z pojedynczej baterii 1,5V. Ponieważ pobór prądu jest znikomy, koszt eksploatacji radioodbiornika jest również bardzo niski.

Prezentowany odbiornik, o wzmacnieniu bezpośrednim, zawiera specjalizowany układ scalony. Mimo małej liczby elementów sprawuje się zupełnie przyzwoicie i zapewnia dobry odbiór wielu stacji.

## Modulacja amplitudy

W emisjach radiowych nadawanych na stosunkowo niskich częstotliwościach stosuje się modulację amplitudy.

**Rys. 1** ułatwia zrozumienie zasady działania takich systemów.

Wysokoczęstotliwościowa fala nośna zostaje zmodulowana sygnałem akustycznym w taki sposób, by w odbiorniku można było odtworzyć ten sygnał. W przypadku modulacji amplitudy poziom fali nośnej zmienia się w takt zmian napięcia sygnału akustycznego.

Poziom fali nośnej wzrasta przy dodatnich połówkach fali akustycznej i maleje podczas połówek ujemnych.

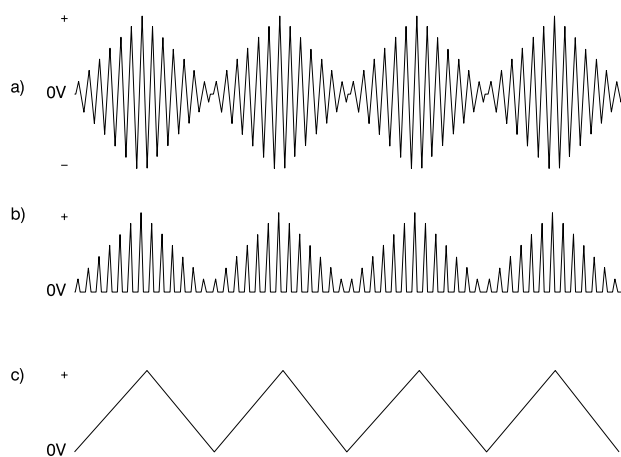
W przypadku przedstawionym na rys. 1a, sygnał akustyczny jest przebiegiem trójkątnym, zapewniającym 100% modulację fali nośnej. Fala nośna osiąga dwukrotnie większą wartość, niż wynosi jej amplituda bez modulacji, przy maksimach sygnału akustycznego, a przy minimach tego sygnału poziom fali nośnej spada do zera.

Istnieje wiele sposobów demodulacji sygnału z modulacją AM. Najprostszym i najbardziej popularnym z nich jest sposób polegający na wyprostowaniu sygnału (rys. 1b). Wtedy średnia wartość amplitudy sygnału zmienia się dokładnie w takt akustycznego sygnału modulującego (gdyby nie dokonać wyprostowania, wartość średnia sygnału zmodulowanego byłaby równa zero). Do odtworzenia sygnału akustycznego (rys. 1c) z wyprostowanego sygnału zmodulowanego wystarczy zastosować prostą filtrację dolnoprzepustową.

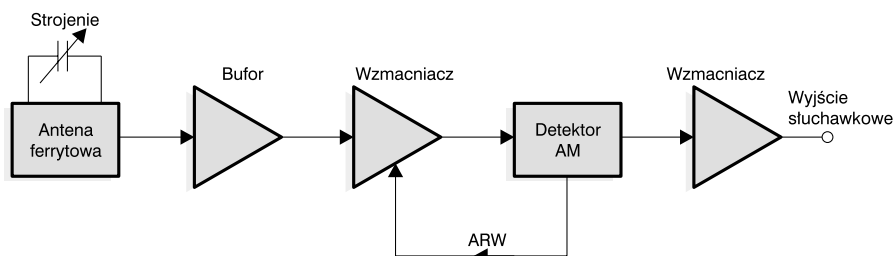
## Zasada działania

Znajdujący się na **rys. 2** ogólny schemat blokowy zawiera podstawowe podzespoły odbiornika. Antena ferrytowa jest standardowym rozwiązaniem w przypadku odbiorników pracujących w zakresie fal średnich, ponieważ przy niewielkich rozmiarach zapewnia dostatecznie silny sygnał. Antenę stanowi po prostu cewka nawinięta na rdzeniu ferrytowym.

Cewka o określonej indukcyjności jest połączona równolegle z kondensatorem strojeniowym. Elementy te tworzą strojony obwód rezonansowy, mający dla częstotliwości rezonansowej bardzo dużą impedancję. Dla takiej częstotliwości antena wykazuje wysoką skuteczność, natomiast dla innych częstotliwości sygnały są praktycznie zwierane do masy.



Rys. 1. Sygnał AM (a) poddawany jest prostowaniu jednopółkowemu (b) oraz filtracji dolnoprzepustowej, pozwalającej odtworzyć sygnał akustyczny (c).



Rys. 2. Schemat blokowy prostego odbiornika działającego w zakresie fal średnich.

Kondensator strojeniowy należy ustawić tak, by częstotliwość rezonansowa znalazła się w pasmie fal średnich, rozciągającym się od 550kHz do 1,6MHz.

Większość odbiorników radiowych to odbiorniki superheterodynowe, które przesuwają widmo odbieranego sygnału do określonej częstotliwości, noszącej nazwę częstotliwości pośredniej. Właśnie tor tej częstotliwości w odbiorniku zapewnia największe wzmocnienie.

### Selektywność

Również przede wszystkim w torze częstotliwości pośredniej zapewniana jest selektywność odbiornika. Selektywność jest miarą możliwości wyławiania tylko wybranej stacji spośród kilku pracujących na stosunkowo mało od siebie odległych częstotliwościach. Przesunięcie widma sygnału do częstotliwości pośredniej znacznie ułatwia zapewnienie odpowiedniej selektywności, ponieważ łatwo jest zbudować selektywne filtry, które nie są przestrajane.

Odbiornik o wzmocnieniu bezpośrednim jest znacznie prostszym urządzeniem niż odbiornik superheterodynowy, a całą jego selektywność i znaczną część wzmocnienia zapewniają układy wielkiej częstotliwości. Uzyskanie dostatecznego wzmocnienia nie jest szczególnie trudne w przypadku odbiornika fal średnich, ponieważ zakres przestrajania nie jest bardzo szeroki.

Większym problemem jest zapewnienie odpowiedniej selektywności. Większość spotykanych w praktyce odbiorników o wzmocnieniu bezpośrednim posiada tylko jeden filtr decydujący o selektywności. W naszym przypadku filtr stanowi antena ferrytowa połączona równolegle z kondensatorem. Filtr ten nie jest w stanie

zapewnić takiej selektywności, jak w odbiorniku superheterodynowym. Uzyskana selektywność jest jednak w pełni wystarczająca.

Sygnal z anteny jest podawany na stopień o dużej impedancji wejściowej, który zapewnia minimalne obciążenie anteny. Większe obciążenie prowadzi do poszerzenia charakterystyki częstotliwościowej i utraty selektywności.

### Kontrola poziomu

Kolejnym stopniem toru jest wzmacniacz, zawierający trzy stopnie wzmocnienia. Wzmocniony sygnał jest podawany następnie na konwencjonalny detektor AM, który zapewnia także automatyczną regulację wzmocnienia (ARW).

Poziom sygnału jest w znacznym stopniu zależny od odbieranej stacji i zadaniem obwodu ARW jest zapewnienie stałości tego poziomu bez względu na zmiany poziomu odbieranego sygnału. Zapobiega on także przestworowaniu odbiornika w przypadku

sygnałów pochodzących z silnych nadajników.

Obwód ARW poddaje filtracji dolnoprzepustowej (z niską częstotliwością graniczną) sygnał proporcjonalny do wyprostowanego sygnału nośnej. Uzyskane w ten sposób napięcie stałe, wolne od modulacji, jest proporcjonalne do poziomu sygnału w odbiorniku. Napięcie to modyfikuje wzmocnienie stopni wzmacniających w taki sposób, by zapewnić stały poziom sygnału na wyjściu wzmacniacza. Im wyższy poziom odbieranego sygnału, tym większe ograniczenie wzmocnienia toru.

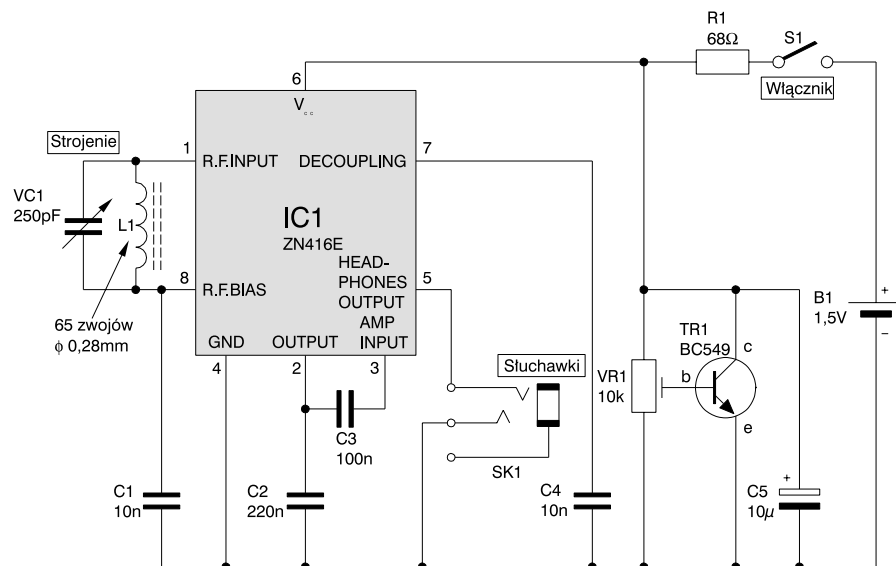
Mimo że obwód ARW nie działa w sposób doskonały i silniejsze sygnały dają sygnał akustyczny o wyższym poziomie, to jednak wahania tego poziomu są w znacznym stopniu ograniczone.

Sygnal akustyczny z wyjścia detektora jest podawany na wzmacniacz, dający niewielkie wzmocnienie napięciowe i odpowiednio duży prąd wyjściowy (wzmacniacz mocy), zapewniający właściwe wysterowanie słuchawek mających stosunkowo małą impedancję.

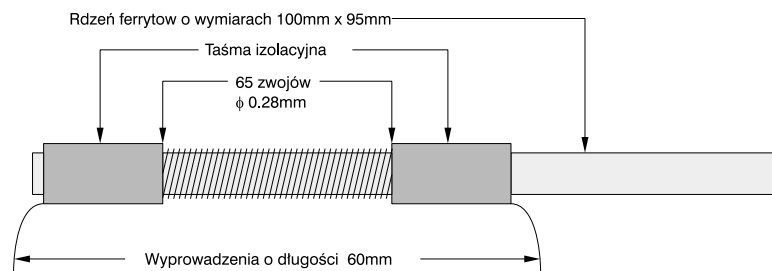
### Opis układu

Schemat ideowy odbiornika przedstawiono na rys. 3. Układ IC1 to ZN416E firmy Ferranti, zbliżony do dawnego ZN414Z, ale bogatszy od niego o stopień wyjściowy zapewniający wysterowanie pary słuchawek.

Indukcyjność L1 to antena fer-



Rys. 3. Schemat ideowy prostego odbiornika działającego w zakresie fal średnich.



Rys. 4. Sposób wykonania anteny. Cewkę należy nawinąć emalowanym drutem miedzianym 0,28mm.

rytowa, a VC1 jest kondensatorem strojeniowym. Kondensator C1 zapewnia odsprężenie układu zasilania, a C2 jest kondensatorem wygładzającym detektora. Kondensator C3 sprzęga wyjście demodulatora z wejściem wzmacniacza buforowego układu.

Słuchawki są podłączone bezpośrednio do wyjścia układu IC1, w związku z czym podczas pracy odbiornika przepływa przez nie niewielki prąd stały. Płynięcie stałego prądu przez słuchawki wysokiej jakości nie jest z pewnością godne polecenia, ale nie powinien mieć znaczenia w przypadku tanich słuchawek, które będą współpracować z odbiornikiem.

Układ jest zasilany z pojedynczej baterii 1,5V, ale zasilanie układu bezpośrednio z baterii może przynieść niepożądane rezultaty, w związku z tym dodano prosty równoległy stabilizator napięcia na tranzystorze TR1, obniżający nieco napięcie zasilania i zapewniający stabilność. Przy pomocy potencjometru VR1 można uzyskać napięcie wyjściowe od 0,6V do napięcia baterii. W praktyce wybiera się najwyższe napięcie, przy którym układ pracuje stabilnie. Układ pobiera prąd o natężeniu tylko 6mA.

**Antena**

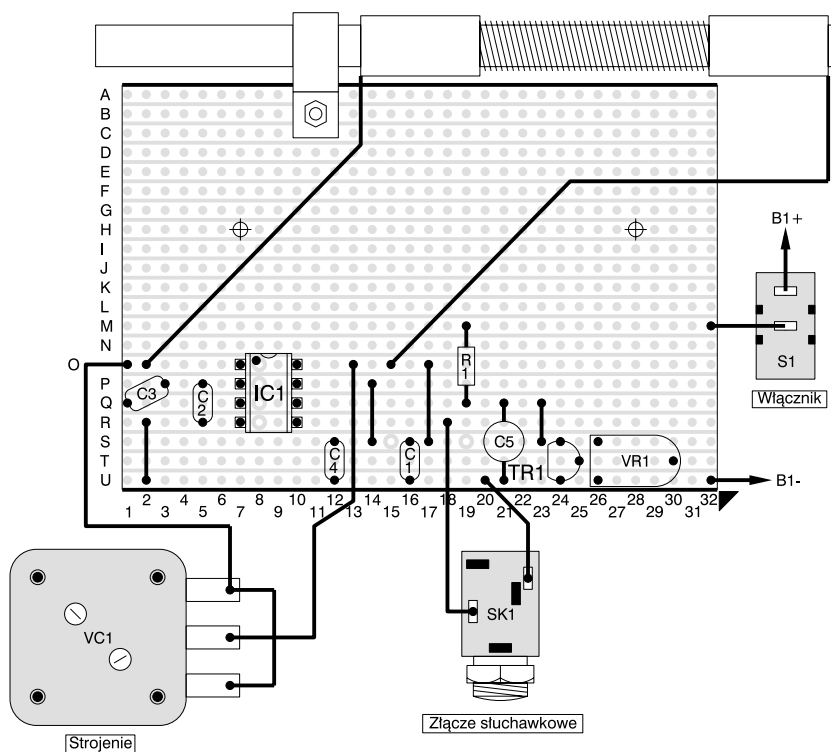
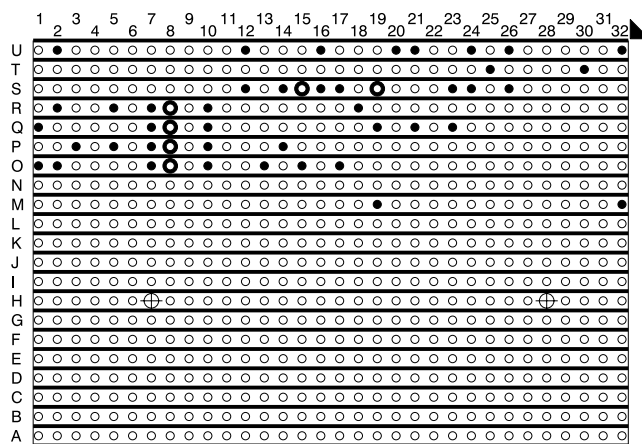
Pierwszym etapem realizacji odbiornika jest wykonanie anteny ferrytowej, przedstawionej na rys. 4. Układ może pracować poprawnie z dowolną z anten dostępnych w handlu, mają one jednak dodatkowe niewielkie uzwojenie sprzęgające, które nie jest potrzebne w przedstawianym układzie.

Wykonanie anteny we własnym zakresie, jeśli dysponuje się prętem ferrytowym o długości

100m i średnicy 9,5mm, nie powinno sprawiać trudności. Można oczywiście użyć dłuższego pręta, ale uniemożliwi to zamknięcie odbiornika w niewielkiej obudowie. Pręt ferrytowy można łatwo

skrócić. W tym celu najlepiej jest go naciąć i złamać - ferryt jest bardzo twardym i kruchym materiałem.

Uzwojenie należy wykonać z miedzianego drutu emalowanego o średnicy 0,28mm. Rozpocząć należy od przyklejenia drutu taśmą izolacyjną z jednej strony pręta, zostawiając wyprowadzenie o długości około 60mm. Następnie należy ciasno, w jednej warstwie, nawinąć w jednym kierunku 65 zwojów drutu, po czym przykleić taśmą koniec drutu, pozostawiając drugie wyprowadzenie o długości około 60mm. Wyprowadzenia należy oczyścić z emalii, używając delikatnego



Rys. 5. Schemat rozmieszczenia elementów na płytce uniwersalnej, miejsca przecięcia pasków miedzi oraz połączenia odbiornika.

pilnika lub nożyka, a następnie je pocynować.

### Montaż

Rozmieszczenie elementów na płytce uniwersalnej, połączenia wykonane przy pomocy zworek oraz widok płytki od strony ścieżek przedstawia **rys. 5**. Płytkę ma nietypowe wymiary i zakupioną płytkę należy przyciąć do wielkości 21 pasków po 32 otwory. Należy także przeciąć paski w sześciu miejscach i wykonać dwa otwory 3,3mm, do przymocowania płytki do obudowy. Podobnej wielkości otwór jest potrzebny do przymocowania anteny do płytki.

Następnie montujemy zworki i inne elementy. Układ IC1 montujemy w podstawie, mimo że nie jest wrażliwy na ładunki elektrostatyczne. Kondensatory poliestrowe powinny mieć odstęp wyprowadzeń 5mm, co ułatwi ich wstawianie w otwory. W miejscach połączeń płytki z elementami zewnętrznymi (kondensator VC1, gniazdo SK1 i przełącznik S1) montujemy kołki lutownicze.

Układ musi być umieszczony w obudowie z tworzywa sztucznego, ponieważ obudowa metalowa stanowić będzie ekran i antena nie odbierze żadnego sygnału. Pokrywa obudowy stanowić będzie płytę tylną, do której zostanie przymocowana płytka. Elementy VC1, SK1 i S1 znajdują się na płycie czołowej.

Jako VC1 można użyć dowolnego przestrajanego kondensatora o maksymalnej pojemności 200..300pF. Niektóre z takich kondensatorów mogą okazać się zbyt drogie lub zbyt duże. Najlepszym wyjściem jest użycie taniego, miniaturowego kondensatora ze stałym dielektrykiem. Kondensator strojeniowy użyty w prototypie składał się z dwóch sekcji 141pF i 159pF, które połączone równolegle dawały maksymalną pojemność 300pF. Kondensator ten można przymocować do obudowy przy pomocy dwóch śrub, ale łatwiej jest go po prostu przykleić.

Miniaturowe kondensatory zmienne często miewają niestandardowe wałki, utrudniające użycie typowych pokręteł. Kondensator użyty w prototypie miał wałek

spłaszczony, o średnicy 6mm, na którym standardowe pokrętko można stosunkowo łatwo zamocować.

Sygnal audio jest wyprowadzony na stereofoniczne gniazdo 3,5mm SK1, w którym wykorzystuje się tylko dwa kontakty (połączenie masy jest zbędne). W niektórych przypadkach gniazda jack posiadają wbudowane przełączniki, ale w przedstawianym rozwiązaniu nie są one wykorzystywane.

Bateria jest umieszczona w pojemniku z tworzywa sztucznego, wyposażonym w końcówki lutownicze, służące do połączenia baterii z płytką i przełącznikiem S1. Nie należy umieszczać baterii w obudowie zbyt blisko anteny, ponieważ może to pogorszyć parametry odbiornika.

Urządzenie powinno współpracować ze słuchawkami o średniej impedancji (około 35Ω), oferowanymi jako wyposażenie do przenośnego sprzętu audio. Mogą to być zarówno słuchawki douszne jak i klasyczne, przy czym słuchawki douszne zapewniają wyższy poziom dźwięku.

Przy suwaku potencjometru VR1 ustawionym w położeniu środkowym odbiornik zapewne będzie pracował w sposób zadawalający, ale dostrojenie tego potencjometru może przynieść poprawę. Jeśli odbiornik wykazuje niestabilność dla jakiegokolwiek częstotliwości, potencjometr należy obracać zgodnie z kierunkiem ruchu wskazówek zegara, jeśli zaś jest stabilny, to w kierunku przeciwnym. Najlepsze wyniki uzyskuje się przy ustawieniu potencjometru VR1 tuż obok punktu niestabilnej pracy (w kierunku zgodnym z obrotem wskazówek zegara). Niestabilność manifestuje się wyższym niż zwykle poziomem szumów oraz zmianą barwy dźwięku przy przestrajaniu blisko częstotliwości stacji.

Należy pamiętać o tym, że antena ferrytowa jest anteną kierunkową, i że obracając odbiornik można znaleźć położenie, w którym odbierany sygnał jest najsilniejszy. Kierunkowe własności anteny można wykorzystać także w celu ograniczenia wpływu stacji powodującej zakłócenia.

**EPE**

### WYKAZ ELEMENTÓW

#### Rezystory

R1: 68Ω

VR1: 10kΩ, miniaturowy, montażowy, poziomy

#### Kondensatory

C1, C4: 10nF, poliestrowy, raster 5mm

C2: 220nF, poliestrowy, raster 5mm

C3: 100nF, poliestrowy, raster 5mm

C5: 10μF/25V, wyprowadzenia jednostronne

VC1: 250pF, strojeniowy (patrz tekst)

#### Półprzewodniki

TR1: BC549

IC1: ZN416E

#### Różne

B1: bateria 1,5V

L1: prętowa antena ferrytowa na fale średnie

SK1: gniazdo jack stereo 3,5mm

S1: przełącznik jednobiegunowy jednopozycyjny

obudowa z tworzywa sztucznego (ok. 114mm x 76mm x 38mm), fragment płytki drukowanej uniwersalnej 21 pasków x 38 otworów, podstawka 8-nóżkowa, pręt ferrytowy o długości 100mm i średnicy 9,5mm (patrz tekst), taśma izolacyjna, miedziany drut emalowany 0,28mm (antena), pokrętko, uchwyt 9,5mm do zamocowania anteny, przewody, cyna itp.

*Artykuł publikujemy na podstawie umowy z redakcją miesięcznika "Everyday Practical Electronics".*