

# Bezprzewodowy, stereofoniczny link audio

*Bezprzewodowa transmisja sygnałów audio o wysokiej jakości jest trudna w realizacji, co do niedawna powodowało, że mogli z niej korzystać wyłącznie profesjonaliści. Dostępne obecnie moduły Bluetooth z programowymi stosami obsługi kanałów audio (jak profil A2DP) oraz wyspecjalizowane moduły tworzące tory transmisyjne audio spowodowały, że bezprzewodowa transmisja sygnałów audio na niewielkie odległości jest dostępna dla każdego.*

Rozwiązanie wykorzystujące do bezprzewodowej transmisji sygnałów audio moduł Bluetooth obsługujący profil A2DP (*Advanced Audio Distribution Profile*) przedstawiliśmy w EP11/2009 i EP12/2009 w artykule „Wzmacniacz D-Amp”. Wykorzystanie takiego modułu do transmisji sygnału audio wymaga zastosowania dodatkowego mikrokontrolera (i napisania dla niego oprogramowania), którego zadaniem jest wstępna konfiguracja modułu do transmisji sygnału. W artykule przedstawimy nieco inne i w wielu przypadkach wygodniejsze rozwiązanie, poważnie minimalizujące niezbędny nakład pracy ze strony konstruktora.

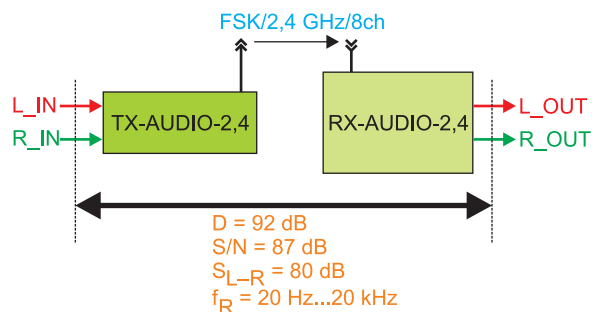
## Stereo na 2,4 GHz

Alternatywą dla rozwiązania opartego na modułach Bluetooth jest jednokierunkowy, radiowy tor transmisyjny pracujący w paśmie 2,4 GHz, przeznaczony do transmisji na niewielkie odległości stereofonicznego sygnału audio. Składa się on z dwóch modułów: na-

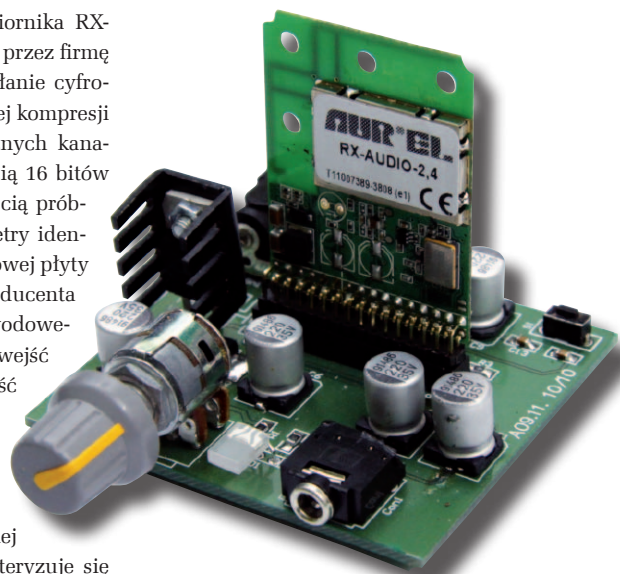
dajnika TX-AUDIO-2.4 oraz odbiornika RX-AUDIO-2.4 (rys. 1). Produkowane przez firmę Aurel moduły umożliwiają przesłanie cyfrowo – bez konieczności zewnętrznej kompresji sygnału audio – dwóch niezależnych kanałów analogowych z rozdzielczością 16 bitów (w każdym kanale) i częstotliwością próbkowania 44,1 kHz – są to parametry identyczne jak w przypadku standardowej płyty audio CD. Według danych producenta wypadkowe parametry bezprzewodowego toru audio (od analogowych wejść nadajnika do analogowych wyjść odbiornika) są dobre: pasmo przenoszenia wynosi od 20 Hz do 20 kHz, separacja kanałów jest nie gorsza niż 80 dB, a odstęp sygnału od szumu wynosi co najmniej 87 dB. Nadajnik radiowy charakteryzuje się mocą wyjściową +10 dBm (ERP) oraz zintegrowaną na płytce modułu anteną, co pozwala uzyskać zasięg transmisji nawet do kilkudziesięciu metrów. Zasięg jest zależny od warunków otoczenia, szczególnie obecności przeszkód ekranujących pole elektromagnetyczne, na przykład żelbetonowych elementów konstrukcyjnych w budynku. Relatywnie duża moc wyjściowa nadajnika oraz możliwość zasilania go napięciem o wartości już od 3,6 V powodują, że maksymalne natężenie pobieranego prądu może dochodzić do 93 mA, co pozwala stosować moduł w urządzeniach przenośnych. Ponieważ pasmo 2,4 GHz jest coraz bardziej zatłoczone, konstruktorzy prezentowanych modułów przewidzieli możliwość wybrania jednego z 8 kanałów radiowych (wszystkie w paśmie 2400...2483,5 GHz), co zmniejsza ryzyko zakłócania transmisji.

## Opis układu

Schemat elektryczny nadajnika pokazano na rys. 2, a na rys. 3 znajduje się schemat odbiornika. Prostota aplikacji modułu odbiorczego wynika m.in. z zastosowania przez producenta zaawansowanego przetwornika C/A tajwańskiej firmy KasH Technology Inc., w którym zintegrowano m.in. filtry dolnoprzepustowe sygnałów



Rys. 1. Konfiguracja i charakterystyka toru audio wireless link z modułami firmy Aurel

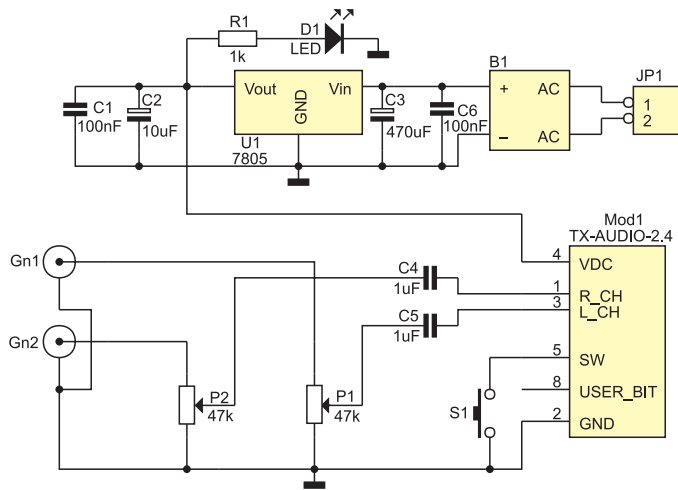


**AVT  
5227**

**AVT-5227 w ofercie AVT:**  
AVT-5227A – płytka drukowana  
AVT-5227B – płytka drukowana + elementy

**Dodatkowe informacje:**  
Dystrybutorem firmy Aurel w Polsce jest TME Transfer Multisort Elektronik Sp. z o.o., tel.: +42-645-55-55, fax: +42-645-55-00, [www.tme.pl](http://www.tme.pl).

**Dodatkowe materiały na CD i FTP:**  
<ftp://ep.com.pl>, user: 13835, pass: 4j4sfv4t  
• wzory płytek PCB  
• karty katalogowe i noty aplikacyjne elementów oznaczonych na Wykazie Elementów kolorem czerwonym



Rys. 2. Schemat elektryczny nadajnika

analogowych, blok cyfrowej deemfazy oraz filtry z nadpróbkowaniem, co pozwoliło ograniczyć liczbę zewnętrznych elementów przy zachowaniu dobrej jakości odtwarzanego sygnału. Wzmacniacz słuchawkowy zintegrowany w module odbiorczym wymaga zasilania niezależnego od pozostałej części toru sygnałowego, co pozwala z niego zrezygnować w przypadku korzystania ze wzmacniacza zewnętrznego.

Obydwa elementy toru transmisyjnego wyposażono w lokalne zasilacze, co pozwala zasilac je za pomocą łatwo dostępnych zasilaczy wtyczkowych lub dowolnych innych, separowanych od sieci energetycznej źródeł napięcia stałego lub zmiennego (dzięki zastosowaniu mostków prostowniczych i kondensatorów filtrujących na wejściach zasilających) o wartości 9...12 VAC. Na wejściach audio nadajnika zastosowano dwa niezależne potencjometry (P1 i P2, rys. 2) umożliwiające dostosowanie poziomów sygnałów audio w kanałach wejściowych do wymagań obwodów wejściowych nadajnika. Sygnały wejściowe są podawane na wejścia audio typu chinch (Gn1, Gn2), po jednym dla każdego kanału. Dioda świecąca D1 sygnalizuje dołączenie napięcia zasilającego, którego wartość jest stabilizowana na 5 V przez układ U1. Przełącznik S1 służy do ręcznego wymuszania zmiany kanału transmisyjnego, co może być przydatne w przypadku występowania zakłóceń w torze radiowym.

Zasilacz odbiornika jest nieco bardziej skomplikowany, ponieważ moduł RX-Audio-2.4 wymaga do prawidłowej pracy napięcia o wartości 3,3 VDC, które jest uzyskiwane za pomocą

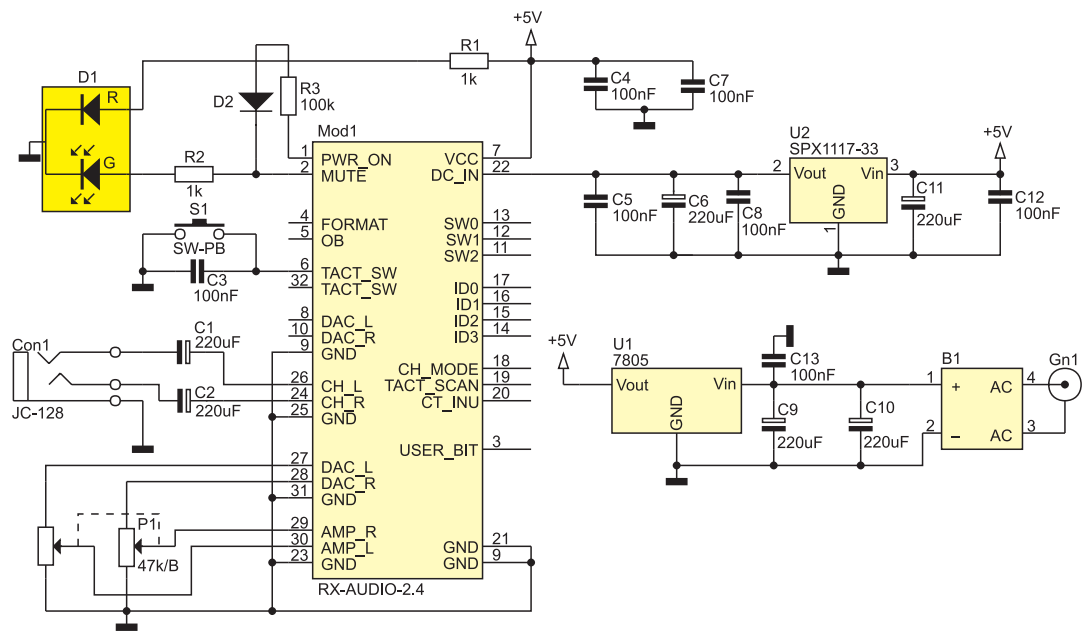
układu U2 (rys. 3). Żeby zminimalizować moc strat w tym układzie, jest on zasilany z wyjścia standardowego stabilizatora 7805 (U1).

Moduł odbiorczy wyposażono w dwukolorową diodę LED D1, która sygnalizuje włączenie napięcia zasilającego i synchronizację z nadajnikiem. Synchronizacja kanałów pomiędzy nadajnikiem i odbiornikiem odbywa się automatycznie, ale użytkownik może ją wymusić przyciskiem S1, podobnie jak w nadajniku.

W odbiorniku wykorzystano wzmacniacz mocy wbudowany w moduł RX-Audio-2.4, co pozwala dołączyć do gniazda Con1 wysokoimpedancyjne głośniki lub słuchawki, można takżeysterować zewnętrzny wzmacniacz mocy. Do regulacji poziomu sygnałów wyjściowych w obydwu kanałach jednocześnie służy sprzężony potencjometr P1.

### Montaż i uruchomienie

Urządzenia zmontowano na płytkach drukowanych pokazanych na rys. 4 (nadajnik)



Rys. 3. Schemat elektryczny odbiornika

### Wykaz elementów Nadajnik

**Rezystory:**

R1: 1 kΩ/0805  
P1, P2: 47 kΩ

**Kondensatory:**

C1, C6: 100 nF/0805  
C2: 10 μF/16 V SMDA  
C3: 470 μF/25 V  
C4, C5: 1 μF/0805

**Półprzewodniki:**

U1: 7805 (z radiatorem)  
B1: mostek SMD 1 A/50 V  
D1: LED 5 mm

**Inne:**

Mod1: TX-Audio-2.4 Aurel (opcjonalnie ze złączem)  
Gn1, Gn2: gniazda chinch  
S1: mikroswitch  
JP1: ARK2

### Odbiornik

**Rezystory:**

R1, R2: 1 kΩ/0805  
R3: 100 kΩ/0805  
P1: 47 kΩ/B stereo, sprzężony

**Kondensatory:**

C1, C2, C6, C9...C11: 220 μF/25 V SMD  
C3...C5, C7, C8, C12, C13: 100 nF/0805

**Półprzewodniki:**

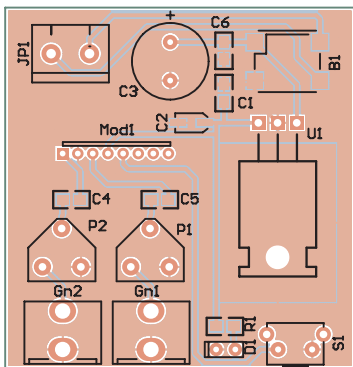
U1: 7805 (z radiatorem)  
U2: SPX1117-3.3  
D1: LED dwukolorowa 5 mm  
D2: 1N4148/miniMELF  
B1: mostek SMD 1 A/50 V

**Inne:**

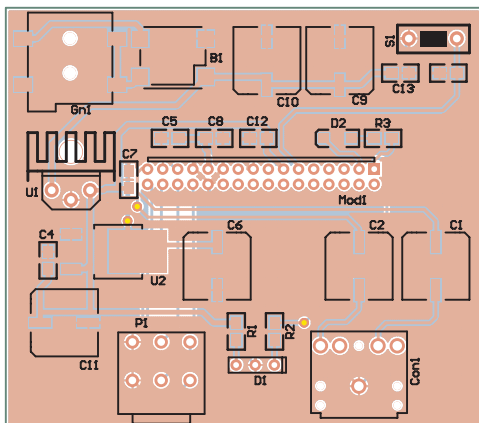
Mod1: RX-Audio-2.4 Aurel (opcjonalnie ze złączem)  
Con1: gniazdo jack stereo 3 mm  
S1: mikroswitch  
Gn1: ARK2

i rys. 5 (odbiornik). Moduły nadawczy i odbiorczy zamontowano w specjalnych złączach IDC (w rastrze 2 mm), nie jest to niezbędne, jeżeli moduły nie będą przekładane do innych urządzeń. Obydwa stabilizatory 7805 powinny zostać wyposażone w niewielkie radiatory, montaż pozostałych elementów (częściowo





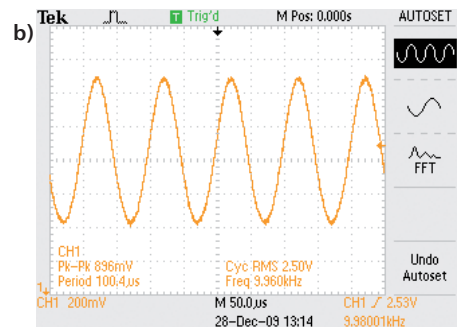
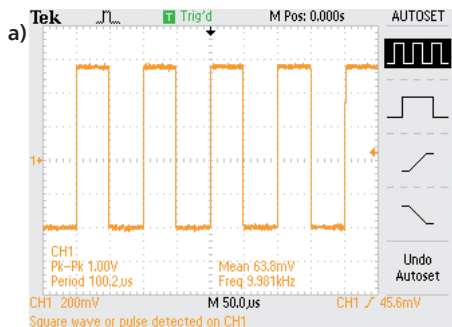
Rys. 4. Schemat montażowy płytki nadajnika



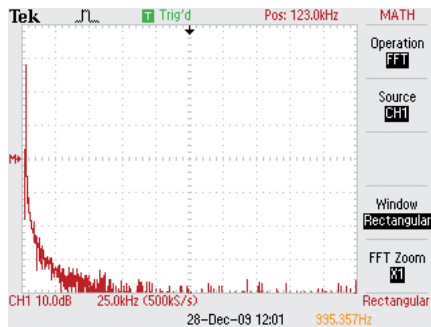
Rys. 5. Schemat montażowy płytki odbiornika

SMD, ale w dużych i łatwych w montażu obudowach) nie wymaga specjalnego opisu.

Uruchomienie urządzeń – ze względu na skupienie całej ich „inteligencji” w gotowych modułach – sprowadza się do sprawdzenia wartości napięć zasilających i sprawdzenia poprawności synchronizacji toru transmisyjnego, co objawia się świeceniem obydwu LED w odbiorniku.



Rys. 6. Prostokątny sygnał testowy o częstotliwości 10 kHz podawany na wejście nadajnika a), sygnał wyjściowy uzyskiwany na wyjściu odbiornika b)



Rys. 7. Widmo sygnału sinusoidalnego o częstotliwości 1 kHz przesyłanym radiowo, uzyskane po analizie sygnału pobieranego na wyjściu odbiornika

### Uwagi końcowe

Działanie urządzenia sprawdzono w typowym budynku mieszkalnym, przy czym maksymalne uzyskane odległości, przy których jakość transmisji sygnału audio była stabilnie prawidłowa, wynosiły 12 metrów (ze ścianami po drodze), co w zupełności wystarcza w typowych dla zastosowanych modułów aplikacjach. Jakość sygnału audio uzyskiwanego na wyjściu odbiornika była wysoka, przy czym pewne ograniczenia

zauważono podczas prób transmisji sygnałów prostokątnych (rzadko występujących w torach audio): zespół nadajnik-odbiornik dobrze sobie radził z transferem takich sygnałów o częstotliwości do 7,3 kHz, powyżej tej częstotliwości sygnał prostokątny tracił swój „charakter”, co widać na rys. 6. W pewnym stopniu jest to cena cyfrowej transmisji danych (z dwukrotnym filtrowaniem dolno-przepustowym po drodze), częściowo wynika to także ze sposobu filtracji zastosowanego w przetworniku C/A w module odbiorczym.

Podobne zjawiska praktycznie nie dotyczą typowych dla torów audio sygnałów złożonych z przebiegów zbliżonych do sinusoidalnych, czego uproszczony dowód przedstawiamy na rys. 7 – jest to widmo sygnału sinusoidalnego o częstotliwości 1 kHz na wyjściu odbiornika, po przejściu przez tor radiowy.

Audiofile – zapewne – pokręcą nosem, ale ja zniekształceń utworów z mojej ulubionej płyty testowej (Jack DeJohnette, *Peace Time*) nie wykryłem...

Andrzej Gawryluk

# 8-KANAŁOWY SYSTEM POMIARU TEMPERATURY Z USB

## AVT570/USB

www.sklep.avt.pl

**Termometr 8-kanałowy**

COM1  
COM2  
DATA

Stop