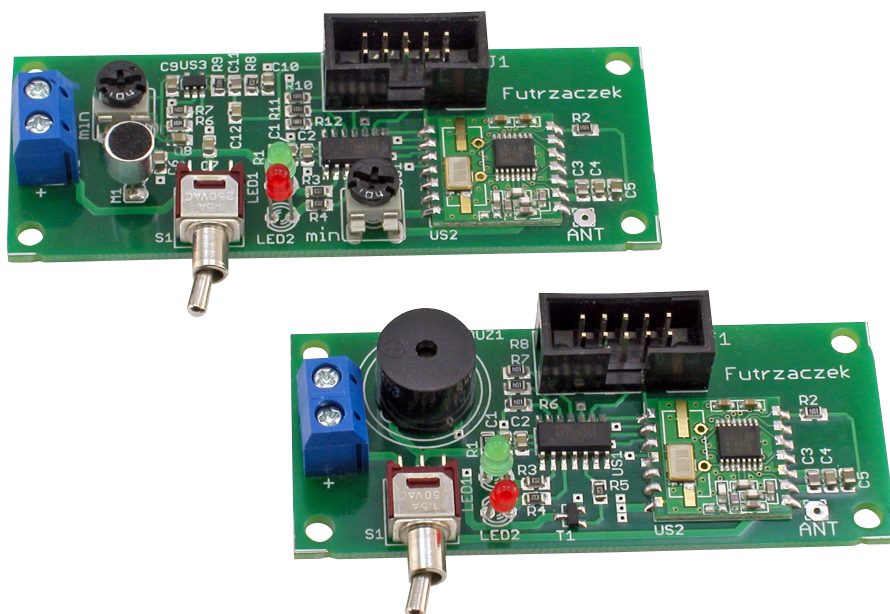


# Bezprzewodowy przedłużacz sygnalizatora

W „Elektronice Praktycznej” 02/2013 był opublikowany projekt wzmacniacza dzwonka telefonu, którego zadaniem było wykrycie dźwięku i wygenerowanie własnego, znacznie głośniejszego. Opisany projekt stanowi rozwinięcie tej idei – informacja o wykryciu sygnału akustycznego jest transmitowana bezprzewodowo.

**Rekomendacje:** urządzenie przyda się do monitorowania stanu np. kuchennego termometru z alarmem o osiągnięciu zadanej temperatury znajdującego się kilka pomieszczeń dalej.



## DODATKOWE MATERIAŁY DO POBRANIA ZE STRONY:

[www.media.avt.pl](http://www.media.avt.pl)

### W ofercie AVT\*

**AVT-5630**

#### Podstawowe informacje:

- Praca w paśmie ISM 868 MHz (scalone moduły firmy HopeRF).
- Mikrokontroler ATtiny24A.
- Czujnik w postaci mikrofonu elektretowego.
- Sygnalizacja akustyczna w odbiorniku.
- Zasilanie nadajnika i odbiornika z 2 baterii AA lub AAA (3 V).

#### Projekty pokrewne na [www.media.avt.pl](http://www.media.avt.pl):

AVT-5626	Inteligentny „klaskacz” (EP 4/2018)
AVT-3144	Dwufunkcyjny włącznik akustyczny (EdW 4/2016)
AVT-1835	Mikroklaskacz – mikroprocesorowy włącznik akustyczny (EP 10/2014)

\* Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu.

#### Wymagana umiejętność lutowania!

Podstawową wersją zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KItem (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wlutować w dołączoną płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podlinkowana w opisie kitu. Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:

- wersja [C] zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw [B] (elementy wlutowane w płytkę PCB)
- wersja [A] płytką drukowaną bez elementów i dokumentacją
- kity w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, posiadają następujące dodatkowe wersje:
  - wersja [A+] płytką drukowaną [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacją
  - wersja [UK] zaprogramowany układ

Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz! <http://sklep.avt.pl>

Układ składa się z dwóch modułów: nadajnika i odbiornika. W nadajniku znajduje się mikrofon elektretowy oraz prosty układ analogowy, który dopasowuje poziom napięcia z tego mikrofonu do wymagań mikrokontrolera zarządzającego transmisją bezprzewodową. Natomiast odbiornik jest wyposażony w sygnalizator akustyczny, który alarmuje użytkownika o wykryciu dźwięku przez nadajnik.

W obu tych modułach znalazły się również diody LED sygnalizujące stan pracy urządzenia. Zarówno nadajnik, jak i odbiornik, są przystosowane do zasilania napięciem 3 V, pochodzącym z dwóch baterii AA lub AAA.

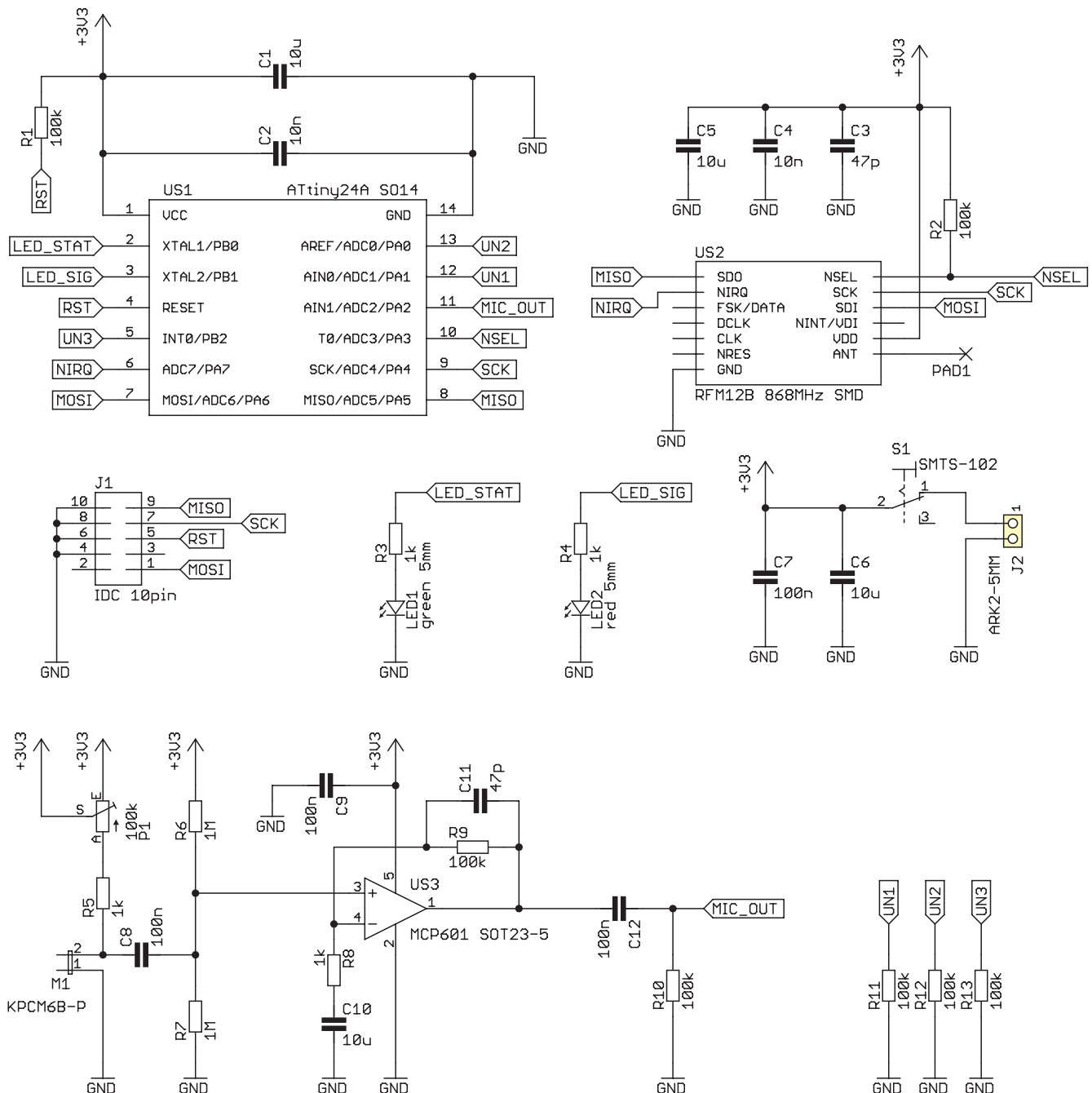
## Schemat ideowy

Schemat ideowy modułu nadajnika pokazano na **rysunku 1**. Do realizacji transmisji drogą radiową użyto scalonego transceiver typu RFM12B firmy HopeRF. Zaletami tego układu są: relatywnie niska cena, odporna na zakłócenia modulacja FSK oraz szerokie możliwości programowej konfiguracji – komunikuje się z mikrokontrolerem przy użyciu standardowego protokołu SPI. Zarządzaniem pracą modułu RFM12B zajmuje się mikrokontroler ATtiny24A firmy Microchip. Można go zasilac tym samym

napięciem, co transceiver – ma wystarczającą liczbę wyprowadzeń oraz można go nabyć w bardzo przystępnej cenie.

W celu zaprogramowania mikrokontrolera można posłużyć się 10-pinowym złączem IDC, które ma wyprowadzenia rozmieszczone zgodnie ze standardem KANDA ISP. Jednak to są te same wyprowadzenia (MISO, MOSI, SCK), które wykorzystuje transceiver RFM12B, co niekiedy utrudnia lub uniemożliwia zaprogramowanie mikrokontrolera. Można zablokować komunikację od strony transceivera poprzez ustawienie wyprowadzenia NSEL. Nie może tego zrobić procesor, gdyż podczas programowania jego wyprowadzenia są nieaktywne. Dlatego dodano rezystor R2, który podciąga potencjał tej linii do dodatkowej szyny zasilania. Stała czasowa tego ładowania wynosi ok. 4  $\mu$ s (zakładając, pesymistycznie, całkowitą pojemność 40 pF), zatem po upływie około 10  $\mu$ s poziom napięcia na tym doprowadzeniu będzie można uznać za ustalony. Taki czas przewidziany na wyłączenie modułu RFM12B całkowicie wystarcza, aby zaprogramowanie mikrokontrolera mogło odbyć się bez przeszkód.

Do sygnalizacji stanu pracy nadajnika służą dwie diody LED, które są zasilane



Rysunek 1. Schemat ideowy modułu nadajnika

wprost z mikrokontrolera. Przy tym napięciu zasilającym ich prąd w stanie przewodzenia wynosi ok. 2 mA, lecz dla nowoczesnych diod jest to wystarczające, aby świeciły wystarczająco jasno.

Mikrofon typu KPCM6B-P jest zasilany przez rezystancję wypadkowego połączenia R5 i P1. Im większa jest ta rezystancja, tym czulszy będzie układ. Do wzmocnienia wytworzonego sygnału zmiennego wykorzystano wzmacniacz operacyjny typu MCP601 w miniaturowej obudowie SOT23-5. Jest on wykonany w technologii CMOS, więc prąd pobierany przez jego wejścia jest znikomo mały. Dodatkowo, ma wyjście typu *rail-to-rail*. Można go zasilac napięciem rzędu 3 V, a pobór prądu wynosi ok. 230  $\mu$ A. Wszystkie te cechy powodują, że jest bardzo wyborem do tego zastosowania.

Kondensator C8 stanowi przejście dla sygnału zmiennego, ale oddziela składową stałą między mikrofonem a wejściem nieodwracającym wzmacniacza operacyjnego. Aby optymalnie wykorzystać dostępny zakres zmian napięcia wyjściowego, owe wejście zostało spolaryzowane połową dostępnego napięcia zasilającego. Służy do tego dzielnik składający się z dwóch rezystorów 1 M $\Omega$ , przez co wypadkowa rezystancja „widziana” przez to wejście wynosi 500 k $\Omega$ . Wartość niebagatelna, lecz prąd pobierany przez wejście wynosi około 1 pA, a to dzięki wykorzystaniu tranzystorów CMOS.

Wzmacniacz operacyjny US3 został pracuje w topologii wzmacniacza nieodwracającego. Jego wzmocnienie w zakresie częstotliwości średnich wynosi ok. 100 V/V. Tyle wystarczy, aby jego wyjście dochodziło

do nasycenia, co jest z kolei interpretowane przez mikrokontroler jako poziom niski lub wysoki. Pasma przenoszenia tego układu jest obustronnie ograniczone: od góry przez kondensator C11 ( $f_{max} \approx 34$  kHz), a od dołu przez kondensator C10 ( $f_{min} \approx 16$  Hz). W tym zakresie mieści się całe użyteczne pasmo akustyczne, a jednocześnie układ nie wzmacnia niepożądanych zakłóceń elektromagnetycznych, które indukują się w ścieżkach.

Wyjście wzmacniacza operacyjnego zostało oddzielone od mikrokontrolera poprzez kondensator C12, który separuje składową stałą. Potencjał jego prawej okładki jest ustalony przez rezystor R10 na 0 V. W momencie wystąpienia stromego impulsu o wysokiej amplitudzie na lewej okładce, przedostanie się on na prawą okładkę i pobudzi mikrokontroler do nadawania. Na wejściu znajduje się

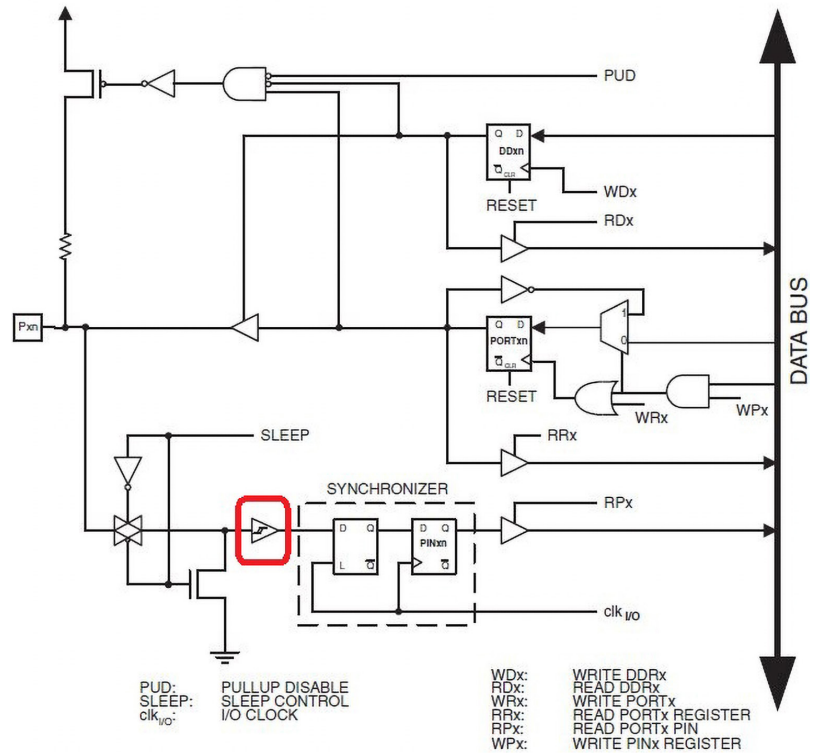
przerzutnik Schmitta (**rysunek 2**), więc nie należy przejmować się czasem przechodzenia napięcia przez stany zabronione.

Trzy wyprowadzenia mikrokontrolera pozostały niewykorzystane. Aby zapobiec gromadzeniu się na nich ładunków elektrostatycznych, dołączono do nich rezystory ściągające ich potencjał do masy. Dodatkowo zostały one wyzerowane przez oprogramowanie aplikacyjne.

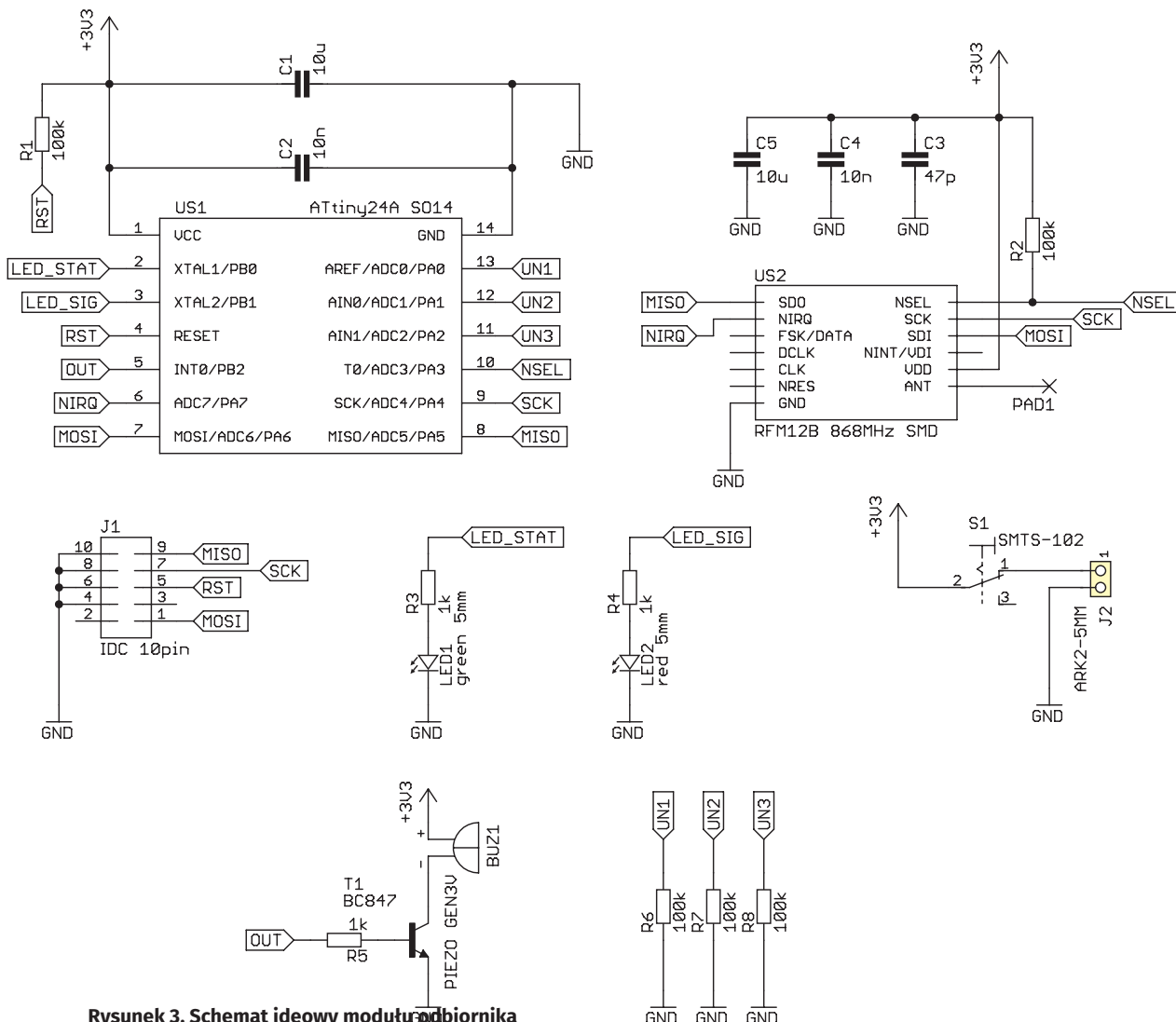
Schemat ideowy odbiornika pokazano na **rysunku 3**. W dużej części jest on powtórzeniem schematu nadajnika. Wykorzystuje ten sam moduł transceivera (zmiana kierunku transmisji została dokonana programowo) oraz ten sam mikrokontroler. Różnica tkwi w peryferiach – zamiast wzmacniacza mikrofonowego jest sygnalizator akustyczny, uruchamiany przez wprawienie tranzystora T1 w stan nasycenia.

### Montaż i uruchomienie

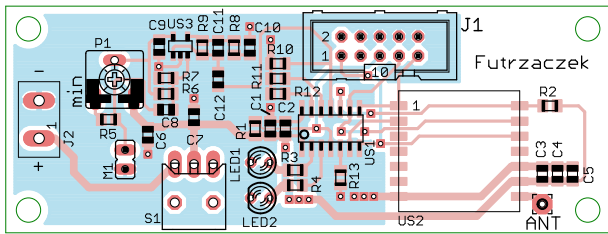
Moduły zostały zmontowane na dwustronnych płytkach drukowanych. Dla nadajnika zaprojektowano płytkę drukowaną o wymiarach 80 mm×30 mm, której schemat montażowy zamieszczono na **rysunku 4**. Płytkę odbiornika jest mniejsza – ma wymiary



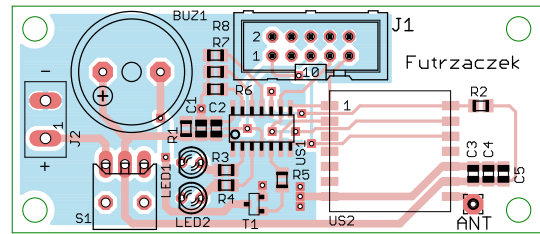
**Rysunek 2. Schemat cyfrowego wyprowadzenia I/O w mikrokontrolerze ATtiny24. Czerwoną ramką zaznaczono przerzutnik Schmitta (źródło: nota katalogowa firmy Micrchip)**



**Rysunek 3. Schemat ideowy modułu odbiornika**



Rysunek 4. Schemat montażowy płytki nadajnika



Rysunek 5. Schemat montażowy płytki odbiornika

Tabela 1. Opis reakcji układu

Zdarzenie	Zachowanie nadajnika	Zachowanie odbiornika
Zwykłe oczekiwanie	Krótkie błyski zieloną diodą co 200 ms	Powolne miganie diodą zieloną w stosunku 250/250 ms
Brak sygnału z nadajnika przez minimum 1,5 s	-	Krótkie piski i podwójne, szybkie błyski diodą zieloną co 1,5 s
Zarejestrowanie sygnału dźwiękowego przez nadajnik	Jednoczesne świecenie diody zielonej i czerwonej	Jednoczesne świecenie diody zielonej i czerwonej oraz dłuższy pisk (250 ms)

DC Characteristics

Symbol	Parameter	Conditions/Notes	Min	Typ	Max	Units
I <sub>od_TX_0</sub>	Supply current (TX mode, P <sub>out</sub> = 0 dBm)	433 MHz band		15		mA
		868 MHz band		16		
		915 MHz band		17		
I <sub>od_TX_PMAX</sub>	Supply current (TX mode, P <sub>out</sub> = P <sub>max</sub> )	433 MHz band		22	26	mA
		868 MHz band		23	27	
		915 MHz band		24	28	
I <sub>od_RX</sub>	Supply current (RX mode)	433 MHz band		11	13	mA
		868 MHz band		12	14	
		915 MHz band		13	15	

Rysunek 6. Pobór prądu przez moduły RFM12B (źródło: nota katalogowa firmy HoperRF)

70 mm×30 mm – jej schemat montażowy zaprezentowano na **rysunku 5**. W odległości 3 mm od krawędzi obu płytek wykonano otwory montażowe.

Wszystkie elementy na obu płytkach są zamontowane od góry, na warstwie „Top”. Na spodniej stronie płytki („Bottom”) znalazło się miejsce dla nielicznych ścieżek oraz dużego pola masy. Zostało ono wycięte spod RFM12B, aby nie zaburzać rozkładu pola elektromagnetycznego wokół tego modułu. W mikrofonie KPCM6B-P jedna nóżka jest połączona z obudową – należy ją podłączyć do masy. Zwracam na to uwagę, gdyż na obudowie mikrofonu nie jest to wyraźnie zaznaczone, a odwrotne wlutowanie skutkuje znacznie gorszą czułością.

Na obu płytkach znajduje się pole lutownicze opisane jako „ANT”. Służy do podłączenia anteny radiowej do transceivera; wystarczy, że będzie to kawałek izolowanego przewodu. Długość fali w próżni na częstotliwości wynosi 34,5 cm, zatem długość monopolowej anteny ćwierćfalowej powinna wynieść ok. 8,6 cm. Należy w tym uwzględnić również połączenia na płytce, więc przewód o długości 8 cm będzie optymalny. Oczywiście, można użyć bardziej rozbudowanej anteny, dedykowanej dla pasma 868 MHz

Do prawidłowo polutowanych układów należy doprowadzić napięcie zasilające o wartości z zakresu 3...3,5 V. Po włączeniu

zasilania przełącznikiem S1, można przejść do zaprogramowania pamięci Flash w mikrokontrolerach dedykowanymi wsadami. Konfiguracja bitów zabezpieczających (tzw. fusebit) pozostaje fabryczna.

**Eksploatacja**

Jeżeli wszystko zostało wykonane poprawnie, dioda w nadajniku powinna co chwilę błyskać na zielono, w odbiorniku również. W **tabeli 1** umieszczono opis sposoby sygnalizacji statusu urządzenia za pomocą LED.

Gwoli uściślenia: w stanie spoczynku nadajnik co chwilę wysyła krótkie powiadomienie do odbiornika, co jest sygnalizowane miganiem zielonej diody. W reakcji na te komunikaty, odbiornik również miga na zielono. Jest to mechanizm pozwalający sprawdzić, czy te dwa moduły „widzą się” prawidłowo. Jeżeli nadajnik zostanie uszkodzony, wyłączony lub dystans między nim a odbiornikiem będzie zbyt duży, wówczas odbiornik przestaje odbierać powiadomienia. Jeżeli przez 1,5 s nie pojawi się informacja od nadajnika, wówczas informuje o tym krótkim komunikatem. Dla użytkownika jest to znak, że może nie otrzymać powiadomienia.

Pobór prądu (średniony, przy zasilaniu 3 V) przez moduły wynosi:

- Nadajnik: 22 mA w stanie spoczynku, 25 mA po wykryciu sygnału.
- Odbiornik: 13 mA w stanie spoczynku, 22 mA po wykryciu sygnału.

**Wykaz elementów:  
Nadajnik**

**Rezystory:** (SMD 0805)  
R1, R2, R9...R13: 100 kΩ  
R3...R5, R8: 1 kΩ  
R6, R7: 1 MΩ  
P1: 100 kΩ (pot. montażowy, leżący)  
**Kondensatory:** (SMD 0805)  
C1, C5, C6, C10: 10 µF/10 V  
C2, C4 10 nF  
C7...C9, C12: 100 nF  
C3, C11: 47 pF

**Półprzewodniki:**

LED1: zielona 5 mm  
LED2: czerwona 5 mm  
US1: ATTiny24A (SO14)  
US2: RFM12B-868MHz (SMD)  
US3: MCP601 (SOT23-5)

**Inne:**

J1: złącze IDC 2×5 pin (R=2,54 mm męskie, pionowe)  
J2: złącze ARK2 (R=5 mm)  
M1: KPCM6B-P lub podobny  
S1: SMTS102 SPDT kątowny  
Antena (opis w tekście)  
Koszyk baterii (opis w tekście)

**Odbiornik**

**Rezystory:** (SMD 0805)  
R1, R2, R6...R8: 100 kΩ  
R3...R5: 1 kΩ  
**Kondensatory:** (SMD 0805)  
C1, C5: 10 µF/10 V  
C2: 10 nF  
C3: 47 pF

**Półprzewodniki:**

LED1: zielona 5 mm  
LED2: czerwona 5 mm  
T1: BC847 lub podobny  
US1: Attiny24A (SO14)  
US2: RFM12B-868 MHz (SMD)

**Inne:**

BUZ1: piezo z generatorem 3 V  
J1: złącze IDC 2×5 pin (R=2,54 mm męskie, pionowe)  
J2: złącze ARK2 (R=5 mm)  
S1: SMTS102 SPDT kątowny  
Antena (opis w tekście)  
Koszyk baterii (opis w tekście)

Z tego powodu, zaleca się zasilanie układów z baterii AA lub AAA, lub – najlepiej – z zasilaczy sieciowych. Jednak większość pobieranego prądu jest zużywana przez moduły RFM12B, co potwierdza **rysunek 6**. Nadajnik pracuje impulsowo, lecz odbiornik nasłuchuje bez przerwy. W zamian za tak relatywnie wysokie zapotrzebowanie na moc, nadajnik pracuje z maksymalną osiągalną mocą wyjściową (5 dBm przy idealnie dopasowanej antenie), zaś odbiornik ma maksymalną czułość rzędu (-103 dBm).

**Michał Kurzela, EP**