

Radiowy strażnik

Do czego służy?

Układ służy do informowania o tym, iż osoba będąca pod opieką radiowego strażnika opuściła przeznaczony dla niej teren. Ma za zadanie „pilnować” starszych, schorowanych ludzi z zanikami pamięci bądź dzieci, aby nie wyszły poza ustalony teren.

Układ ma małe wymiary, z powodzeniem więc zmieści się w kieszeni, a niski pobór prądu (znacznie poniżej 1mA) sprawi, iż na jednej baterii będzie działał przez wiele tygodni.

Jak to działa?

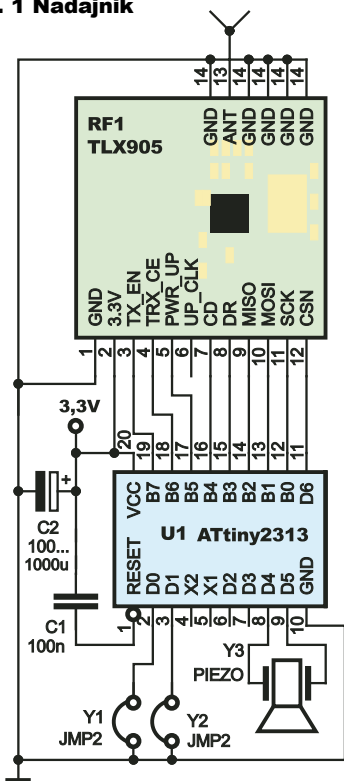
Dla lepszego zrozumienia układ z rysunku 1 będzie nazywany nadajnikiem, a z rysunku 2

– odbiornikiem. W rzeczywistości są to transceivery, czyli mogą zarówno nadawać, jak i odbierać dane. Jak widać, schemat układu nadawczego (tego noszonego przez osobę chronioną) jest banalnie prosty. Zawiera jedynie procesor, dwa jumperki, membranę piezo oraz układ nadawczy. Odbiornik różni się od nadajnika jedynie tym, że jest przystosowany do zasilania stacjonarnego z zasilacza sieciowego. Stąd dodatkowe elementy U2, D1–D3, pozwalające na zasilenie układu TLX905 oraz procesora.

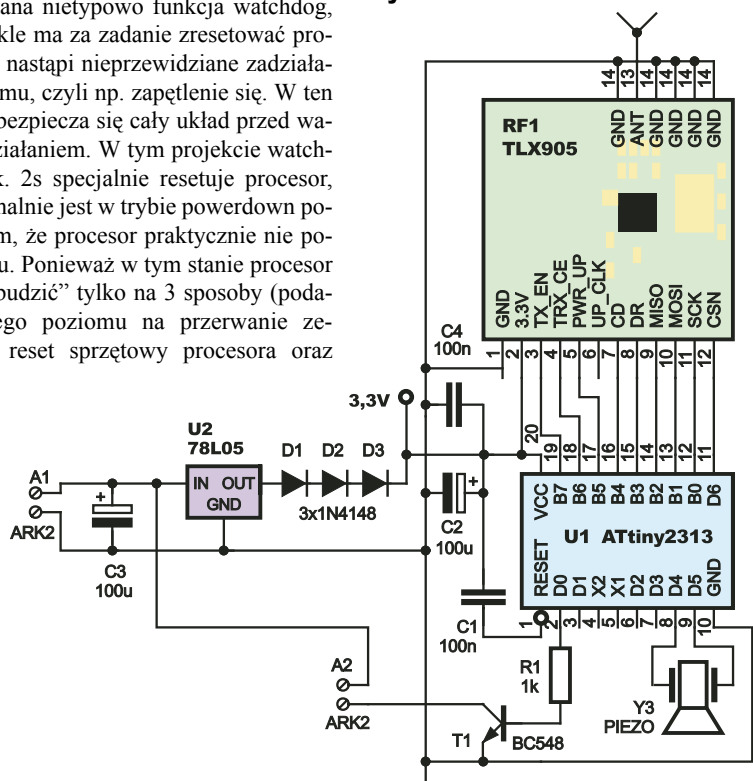
Program do nadajnika (programy do projektu można ściągnąć z Elportalu) został tak napisany, aby w czasie czuwania nie pobierał praktycznie żadnego prądu. Została w nim wykorzystana nietypowo funkcja watchdog, która zwykle ma za zadanie zresetować procesor, gdy nastąpi nieprzewidziane zadziałanie programu, czyli np. zapętlenie się. W ten sposób zabezpiecza się cały układ przed wadliwym działaniem. W tym projekcie watchdog co ok. 2s specjalnie resetuje procesor, który normalnie jest w trybie powerdown powodującym, że procesor praktycznie nie pobiera prądu. Ponieważ w tym stanie procesor można „obudzić” tylko na 3 sposoby (podanie niskiego poziomu na przerwanie zewnętrzne, reset sprzętowy procesora oraz

właśnie reset programowy za pomocą funkcji watchdog), to spośród wszystkich watchdog okazał się najlepszy do tego celu. Gdy procesor zostanie zresetowany, wówczas ustawia on odpowiednie rejestry w transceiverze TLX905 i wysyła odpowiedni kod do odbiornika, a następnie przełącza się na tryb odbioru danych. Jeśli stacjonarny odbiornik jest w zasięgu nadajnika, to po stwierdzeniu, że odebrał odpowiedni kod, wysyła do nadajnika ze swoją pełną mocą inny kod potwierdzający, że nadajnik jest jeszcze w „dozwołonym obszarze”. Nadajnik po stwierdzeniu, że jest jeszcze w zasięgu odbiornika, przechodzi

Rys. 1 Nadajnik



Rys. 2 Odbiornik



w stan powerdown i czeka do następnego przerwania przez układ watchdog. Jednak w momencie, gdy wyjdziemy poza „teren dozwolony”, w nadajniku pojawi się sygnał przerywany, świadczący o wyjściu osoby poza ustalony obszar. Również odbiornik zacznie wydawać przerywany dźwięk w momencie, gdy nie odbierze prawidłowo co najmniej 1 z 4 transmisji. Dodatkowo w odbiorniku zostało wyprowadzone wyjście A2 służące do tego, aby można było podłączyć jakieś większe urządzenie sygnalizacyjne (np. poprzez przełącznik dodatkową mocną syrenę). W momencie, gdy osoba przekroczy dozwolony dla niej teren, na tym wyjściu pojawi się pełne napięcie zasilania. Jumperkami J2 oraz J1 można zmieniać moc nadawania nadajnika, a co za tym idzie, można zwiększyć zasięg działania układu. **Tabela 1** zawiera zależności mocy nadawania od ustawienia tych jumperków.

JMP1	JMP2	MOC
OFF	OFF	-12dB
OFF	ON	-4dB
ON	OFF	+4dB
ON	ON	8dB

Tabela 1

Aby wyłączyć alarm, zarówno w nadajniku, jak i odbiorniku, należy po prostu wejść z powrotem na strzeżony teren. Jak widać, zasada działania jest bardzo prosta.

Moduł TLX905

Moduł TLX905 jest kompletnym układem transceivera małej mocy na pasmo 433MHz lub 868/915 MHz. Oprócz anteny zawiera wszystkie elementy niezbędne do jego pracy. Moduł samodzielnie realizuje podstawowe operacje związane z transmisją radiową. Pierwszym etapem jest wysyłanie danych do bufora, które może odbywać się z dowolną, dogodną dla mikrokontrolera prędkością. Po zapelnieniu bufora moduł automatycznie oblicza sumę kontrolną (CRC), dodaje adres odbiorcy oraz sekwencję rozbiegową. Dopiero po tym wszystkim włączany jest nadajnik, który wysyła dane z szybkością (50 kbit/s). W tym czasie mikrokontroler może już wykonywać inne zadania. Podobny proces odbywa się w torze odbiorczym. Moduł sam odrzuca sekwencję rozbiegową, sprawdza adres oraz sumę kontrolną. Dopiero po odebraniu bezbłędnego pakietu, moduł zgłasza mikrokontrolerowi gotowość danych, które mogą być przeczytane z bufora z dowolną szybkością. Dzięki temu średni pobór prądu przy nadawaniu jest bardzo mały, zmniejsza się ryzyko kolizji pakietów, a mikrokontroler odciążony jest od czasochłonnych zadań związanych z obsługą transmisji. To wszystko sprawia, że te moduły okazują się niezastąpione w wielu aplikacjach.

Podstawowe parametry modułu TLX905:

Częstotliwość pracy .433 lub 868/915 MHz
 ModulacjaGFSK
 Dewiacja częstotliwości50kHz
 Antena 50Ω niesymetryczna
 Efektywna szybkość transmisji50kbps
 Czułość, BR=50kbit/s, BER<0.1% .-100dB
 Napięcie zasilania1,9-3,6V
 Pobór prądu w czasie odbioru12,5mA
 Pobór prądu, moc 8dB30mA
 Pobór prądu, moc -12dB11mA

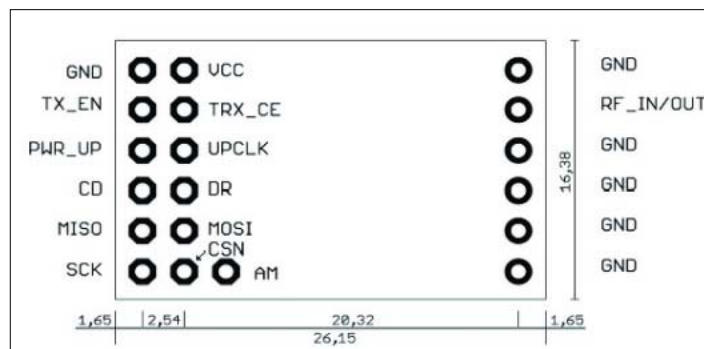
Na **rysunku 3** przedstawiony jest rozkład wyprowadzeń (widok z góry). W **tabeli 2** znajduje się opis poszczególnych wyprowadzeń tego modułu.

Moduł TLX905 powstał na bazie transceivera nRF905 firmy Nordic Semiconductor. Konfiguracja tego układu oraz dane do nadawania i odbioru są realizowane za pomocą interfejsu SPI. Transceiver ten posiada wewnątrz pięć rejestrów, do których można się dostać właśnie za pomocą interfejsu SPI.

Rejestr **STATUS REGISTER** – to jednobajtowy rejestr (tylko do odczytu), do którego jako jedyne nie musimy dostawać się za pomocą adresu i jest on dostępny przy przej-

ściu wejścia CSN ze stanu 1 na 0 (uaktywnienie SPI) na wyjściu MISO. Wystarczy, że podamy sygnał zegarowy na SCK i odczytamy w jego takt stany pojawiające się na MISO. Rejestr ten zawiera jedynie 2 ważne dla nas bity (7 i 5), które są również wyprowadzone jako osobne piny w module jako AM (bit 7) oraz DR (bit 5). Tak więc konstruktor może albo drogą programową, albo sprzętowo odczytać te bity. Pozostałe bity tego rejestru nie są używane. W tym projekcie zastosowałem metodę sprzętową polegającą na sprawdzaniu, czy na końcówce DR pojawiła się licznica 1.

Rys. 3



VCC	Zasilanie 1,9...3,6 V
TX_EN	Przełączanie: nadawanie („1”) lub odbiór („0”)
TRX_CE	Przełączanie: tryb gotowości i programowania („0”) lub pracy („1”)
PWR_UP	Tryb uśpienia („0”)
UPCLK	Wyjście sygnału zegarowego dla mikrokontrolera
RF_IN/OUT	Wyjście antenowe (50Ω niesymetryczne)
CD	Sygnalizacja wykrytej fali nośnej
DR	Zakończone nadawanie bądź odbiór danych
MISO	SPI wyjście
MOSI	SPI wejście
SCK	SPI zegar
CSN	SPI uaktywnienie (aktywny niski)
AM	Sygnalizacja pakietu ze zgodnym adresem

Tabela 2

Tabela 3 Adresy dostępu do poszczególnych rejestrów

Rejestr	Format instrukcji	Wykonywana instrukcja
Zapis W_CONFIG	0000 AAAA	AAAA adres (0-9), od którego ma się zacząć zapis
Odczyt W_CONFIG	0001 AAAA	AAAA - adres, od którego ma się zacząć odczyt
Zapis TX_PAYLOAD	0010 0000	Zapis max 32 bajtów danych do wysłania Zapis odbywa się od adresu nr 0
Odczyt TX_PAYLOAD	0010 0001	Odczyt max 32 bajtów danych do wysłania Odczyt odbywa się od adresu nr 0
Zapis TX_ADDRESS	0010 0010	Zapis max 4 bajtów adresu nadajnika Zapis odbywa się od adresu nr 0
Odczyt TX_ADDRESS	0010 0011	Odczyt max 4 bajtów adresu nadajnika Odczyt odbywa się od adresu nr 0
Odczyt RX_PAYLOAD	0010 0100	Odczyt max. 32 bajtów odebranych danych Odczyt odbywa się od adresu nr 0
CHANNEL_CONFIG	1000 pphccccc cccc	Specjalna 2 bajtowa komenda pozwalająca na szybką zmianę kanału, częstotliwości nadawania i mocy nadawania CH_NO=cccccccc, HFREQ_PLLL=h, PA_PWR=pp

RF_CONFIG_REGISTER – 10-bajtowy rejestr służy do konfiguracji pracy układu. Można do niego zapisywać i odczytywać dane. Jest to chyba najważniejszy rejestr dający szereg możliwości konfiguracyjnych. W tym rejestrze możemy zapisać informacje na temat m. in. częstotliwości nadawania, mocy nadajnika, ustawienia CRC oraz adresu urządzenia odbiorczego itp. Wszystkie funkcje są przedstawione w **tabeli 4**.

TX_PAYLOAD – 32-bajtowy rejestr, w którym zapisujemy informację do wysłania. Ilość informacji, jaka musi być umieszczona w tym rejestrze, aby układ zaczął wysyłać, ustawia się w poprzednim rejestrze (dokładny opis w dalszej części artykułu).

TX_ADDRESS – 4-bajtowy rejestr, w którym zapisujemy adres urządzenia nadawczego.

RX_PAYLOAD – 32-bajtowy rejestr, w którym pojawiają się dane właśnie odczytane.

Aby dostać się do poszczególnych rejestrów (odczyt bądź ich zapis), należy wysłać odpowiedni bajt danych na wejście MOSI. Wykaz jest przedstawiony w **tabeli 3**.

A_RET – ustawienie 1 oznacza, że dopóki na wejściu TRX_CE oraz TXEN będzie stan wysoki, układ będzie powtarzał transmisję. Ustawienie 0 oznacza, że dane zostaną wysłane tylko raz.

RX_PWR – niewielka redukcja pobieranej mocy przez odbiornik. Przy redukcji mocy zmniejsza się również czułość odbiornika. Ustawienie 0 oznacza normalną pracę, a 1 – pracę ze zredukowaną mocą.

PWR(1,0) – ustawia moc nadajnika ('00' – 12dBm, '01' – -4dBm, '10' – +4dBm, '11' – +8dBm).

H_PLL – wybór pasma częstotliwości. Ustawienie 0 oznacza, że będziemy nadawać i odbierać na pasmie 433MHz, a 1 – na 868 lub 915MHz.

Nr_ch8 – ósmy bit kanału. Od tego, jak ustawimy bity kanałów, zależy częstotliwość pracy układu. Częstotliwość tę można obliczyć ze wzoru: $f = (422,4 + \text{bity_kanału}_d / 10) * (1 + H_PLL_d)$ MHz

Tx_A (2,1,0) – ustawia liczbę bajtów adresu nadajnika ('001' – '100' = 1–4 bajty).

Rx_A (2,1,0) – ustawia liczbę bajtów adresu odbiornika ('001' – '100' = 1–4 bajty).

RX_P (5,4,3,2,1,0) – ustawiamy, ile bajtów ma odebrać odbiornik ('000001' – '100000' – 1–32 bajty).

TX_P (5,4,3,2,1,0) – ustawiamy, ile bajtów ma wysłać nadajnik ('000001' – '100000' – 1–32 bajty).

Crc_m – ustawienie sumy kontrolnej na 8-bitową ('0') lub 16-bitową ('1').

CRC_EN – włączenie sumy kontrolnej ('1' – włączona, '0' – wyłączona).

XOF (2,1,0) – ustawienie częstotliwości kwarcu, z jaką pracuje nRF905. Dla modułu TLX905, czyli w naszym przypadku jest to 16MHz, ustawiamy '011'.

CLK_EN – włączenie wyjścia zegara np. do taktowania procesora. W naszym przypadku nie jest ono potrzebne, więc wpisujemy '0'.

U_clk_F (1,0) – ustawienie, jaką częstotliwość ma mieć wyjściowy sygnał zegarowy ('00' – 4MHz, '01' – 2MHz, '10' – 1MHz, '11' – 500kHz).

Jak widać, jednocześnie można wysłać nawet 32 bajty danych. Należy wspomnieć, że szybkość wysyłania danych do układu nadawczego nie ma nic wspólnego z szybkością wysyłania danych przez nadajnik. Do nadajnika możemy przesłać dane z praktycznie dowolną szybkością, a nadajnik dopiero po zapełnieniu bufora danych wyśle je w eter z prędkością 50kbps. W przypadku, gdy ilość danych nie przekracza 32 bajtów, ważne jest, aby ustawić wielkość bufora na taką liczbę bajtów, jaką będziemy wysyłać.

Aby wysłać np. jeden bajt danych, należy: – ustawić na końcówce **TX_EN** stan 1 (nadawanie), – ustawić na końcówce **PWR_UP** stan 1 (włączenie układu),

– jeśli układ był „uspiony”, to czekamy 3ms, – ustawić na końcówce **TRX_CE** stan 0 (tryb programowania),

– włączyć **SPI** poprzez ustawienie stanu 1 na końcówce CSN,

– wysłać poprzez **SPI** bajt 00000001B (zapisywanie od drugiego bajtu rejestru konfiguracji),

– wysłać 00000010B (bez autoretransmisji, bez redukcji mocy odbiornika, moc nadajnika – 12dBm, pasmo 868MHz),

– wysłać 01000100B (4-bajtowy numer nadajnika i odbiornika),

– wysłać 00000001B (odbiór tylko 1 bajtu),

– wysłać 00000001B (nadawanie tylko 1 bajtu),

– wyłączyć **SPI** (CSN = 0),

– włączyć **SPI** (CSN = 1),

– wysłać 00001001B (ustawienia ostatniego bajtu konfiguracji),

– wysłać 11011011 (CRC 16-bitowa, CRC włączone, częstotliwość kwarcu dołączonego do nRF905 = 16 MHz, wyłączony zewnętrzny sygnał zegarowy, częstotliwość sygnału zegarowego = 500kHz – w opisanym projekcie nie jest to ważne, bo wyłączamy ten sygnał),

– wyłączyć **SPI** (CSN=0).

Jest to przykład konfiguracji układu, którą należy wykonać tylko jednorazowo po włączeniu zasilania, (chyba że ktoś chce zmieniać parametry w czasie działania, np. moc czy częstotliwość nadawania), to oczywiście jest to możliwe i stosowane, ale wtedy raczej za pomocą specjalnego rozkazu podanego niżej:

– następnie włączamy **SPI** (CSN=1),

– wysyłamy 00100000B (adres rejestru do wpisania danych),

– wysyłamy jakąkolwiek daną np. 01101100B

– ustawiamy **TRX_CE=1** (przełączenie układu na nadawanie).

Układ w tym czasie oblicza sumę kontrolną, dodaje preambułę oraz adres urządzenia do danych i wszystko wysyła z prędkością 50kbps. Ponieważ nie ustawiliśmy autoretransmisji, więc układ wyśle tylko jeden bajt danych wraz ze wszystkimi dodatkowymi elementami i będzie czekał aż przełączymy **TRX_CE** na 0.

Aby odebrać 1 bajt danych, należy (oczywiście zakładam, że konfiguracja jest zrobiona):

– ustawić **TX_EN=0** (przełączenie na odbiór),

– **PWR_UP=1** (włączenie modułu),

– **TRX_CE=1** (tryb pracy),

– sprawdzać, czy bit **DR** ma stan wysoki. Można to robić na dwa wyżej opisane sposoby (programowo pobrać dane z rejestru oraz oczywiście sprawdzać stan na końcówce **DR**).

Jeśli tak, to oznacza, iż dane zostały odebrane. – **TRX_CE** = 0 (przełączanie w tryb programowania),

Tab. 4 Dokładny opis rejestru konfiguracyjnego

Bajt	CONFIG_REGISTER Kolejne bity								Wartość po włączeniu zasilania
	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	
0	Numer kanału (7...0)								0110 1100
1	x	x	A_RET	RX_PWR	PWR(1)	PWR(0)	H_PLL	Nr_ch8	0000 0000
2	x	Tx_A(2)	Tx_A(1)	Tx_A(0)	x	Rx_A(2)	Rx_A(1)	Rx_A(0)	0100 0100
3	x	x	RX_P(5)	RX_P(4)	RX_P(3)	RX_P(2)	RX_P(1)	RX_P(0)	0010 0000
4	x	x	TX_P(5)	TX_P(4)	TX_P(3)	TX_P(2)	TX_P(1)	TX_P(0)	0010 0000
5	RX_ADDRES bajt 0								E7
6	RX_ADDRES bajt 1								E7
7	RX_ADDRES bajt 2								E7
8	RX_ADDRES bajt 3								E7
9	Crc_m	CRC_EN	XOF(2)	XOF(1)	XOF(0)	CLK_EN	U_clk_F(1)	U_clk_F(0)	1110 0111

- wysyłamy 00100100B (adres do odbioru danych),
- i w takt sygnału zegarowego pobieramy dane,
- TRX_CE = 1.

Tabela 5 pokazuje pakiet wysyłany przez nadajnik. Jak widać, wpisujemy do układu jedynie DANE (adres urządzenia nadawczego nie musi być zapisywany ani zmieniany), a moduł TLX905 sam dodaje preambułę, adres urządzenia nadawczego oraz oblicza sumę kontrolną (CRC) i następnie wysyła w eter. Po wysłaniu ustawia DR w stan wysoki i można znowu zacząć nadawanie bądź odbiór danych.

Oczywiście ważnym elementem, z punktu widzenia konstruktora, są czasy przełączania pomiędzy włączeniem układu a jego pełną aktywnością, oraz czasy przełączania pomiędzy nadawaniem a odbiorem. Czasy te zostały przedstawione w **tabeli 6**.

Preambuła	Adres urządzenia nadawczego	DANE	Suma kontrolna (CRC)
-----------	-----------------------------	------	----------------------

Tabela 5

Tabela 6 Czasy przełączania

Polecenie	Max. czas wykonania
Powerdown -> standby	3ms
Standby - nadawanie	650µs
Standby - odbiór	650µs
Odbiór - Nadawanie	550µs
Nadawanie - Odbiór	550µs

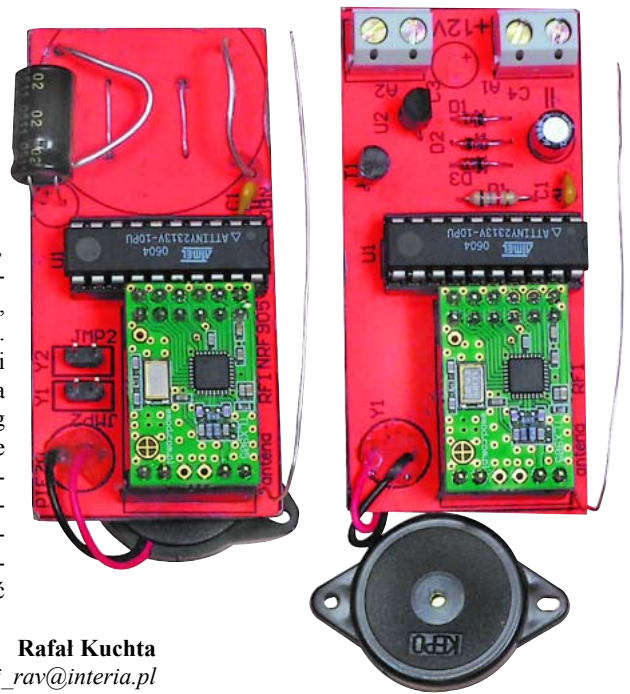
Jeśli ktoś chciałby bardziej zgłębić działanie układu, to zapraszam na strony: <http://www.nvlsi.no/index.cfm?obj=product&act=display&pro=83> lub www.nvlsi.no (a później znaleźć układ w wyszukiwarce). Można stamtąd ściągnąć między innymi PDF z opisem układu nRF905.

Stabilny zasięg tych modułów na antenie o długości ok. 8cm, przy pełnej mocy oraz gdy oba układy się widzą, wynosi około 1km. Jest to oczywiście zasięg w najlepszym przypadku i nie zawsze możliwy do uzyskania.

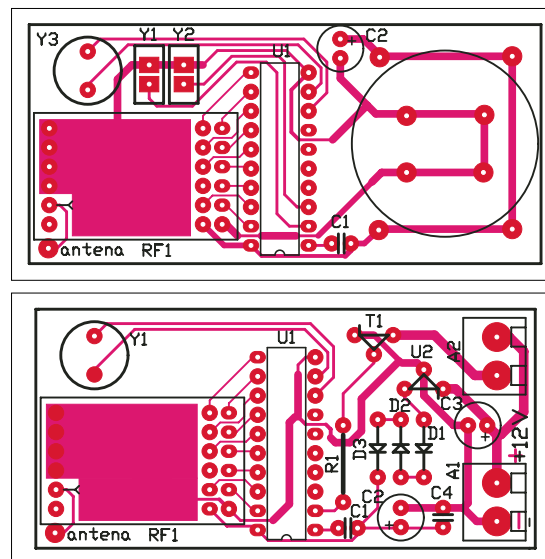
Montaż i uruchomienie

Schemat montażowy nadajnika przedstawiony został na **rysunku 4**, a odbiornika na **rysunku 5**. Montaż wykonujemy w sposób jak najbardziej typowy, zaczynając od elementów najmniejszych, kończąc na największych. Buzerki, najlepiej w obudowie, montujemy po stronie druku. Do płytek lutujemy antenki o długości ok. 8cm. Można oczywiście krótsze, ale zasięg wtedy się zmniejszy. Miejsce umieszczenie odbiornika należy dobrać doświadczalnie, ponieważ są to wysokie częstotliwości, więc wszystkie urządzenie i ściany będą powodować zmniejszenie zasięgu.

Rafał Kuchta
dj_rav@interia.pl



Rys. 4 i 5 Schemat montażowy nadajnika/odbiornika



Wykaz elementów

Nadajnik

C1	.....100nF
C2	.....100-1000µF/16V
RF1	.....TLX905
U1	.....ATTINY2313
Y1,Y2	.....jumperki 2-pinowe
Y3	.....membrana piezo, najlepiej w obudowie

Bateria CR2430

Odbiornik

C1,C4	.....100nF
C2,C3	.....100µF/16V
D1-D3	.....1N4148
T1	.....BC548
U1	.....ATTINY2313
U2	.....78L05
A1,A2	.....ARK2
RF1	.....TLX905

Płytki drukowane jest dostępna w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-2821.