



**Podstawowe parametry:**

- moduł nadawczy jest zasilany baterią CR2032 i podłączamy do niego wyłącznik oświetlenia koniecznie tzw. dzwonkowy, czyli chwilowy,
- moduł odbiorczy steruje źródłem światła 230 V i jest zasilany z tego napięcia,
- maksymalny prąd styków: 5 A, 250 VAC,
- moduł nadawczy zaprojektowany na okrągłej płytce o średnicy zaledwie 40 mm,
- moduł odbiorczy zaprojektowany na okrągłej płytce o średnicy 60 mm,
- moduły są powiązane ze sobą za pomocą ustawianego adresu, liczba adresów: 32,
- częstotliwość pracy transceivera: 868 MHz,
- zasięg w terenie otwartym: ok. 100 m.

**Dodatkowe materiały do pobrania ze strony [www.ulubionykiosk.pl/media](http://www.ulubionykiosk.pl/media)**

- AVT5855 Bezprzewodowy system powiadamiania z informacją zwrotną (EP 4/2021)
- AVT5731 Radiowy sterownik serwo mechanizmów (EP 12/2019)
- AVT5635 Bezprzewodowy, energooszczędny system pomiaru temperatury (EP 8-9/2018)
- AVT5623 4-kanalowy termometr z interfejsem Wi-Fi (EP 4/2018)
- AVT5530 Regulator natężenia oświetlenia z Wi-Fi (EdW 10/2017)
- AVT5590 Zdalny włącznik radiowy (EP 6/2017)
- AVT5566 THPStation – rozbudowany termometr z Wi-Fi (EP 1/2017)
- AVT5535 Termometr 2-kanalowy z interfejsem Bluetooth (EP 4/2016)
- AVT5518 Termometr bezprzewodowy (EP 11/2015)
- AVT1863 Termometr z interfejsem Bluetooth (EP 8/2015)
- AVT5455 Zdalny włącznik dwukanałowy (EP 6/2014)
- AVT5290 3-kanalowa aparatura do zdalnego sterowania modeli (EP 5/2011)
- AVT1540 Zdalny miernik napięcia (EP 9/2009)
- AVT1468 Lokalne radiopowiadomienie (EP 7/2008)

W ofercie AVT\*

**AVT5942**

\* Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu. Wymagana umiejętność lutownicza! Podstawową wersją zestawu jest wersja [B] nazwana potocznie KIT-em (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] – płytka drukowana bez elementów i dokumentacji

Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
 

- wersja [A] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

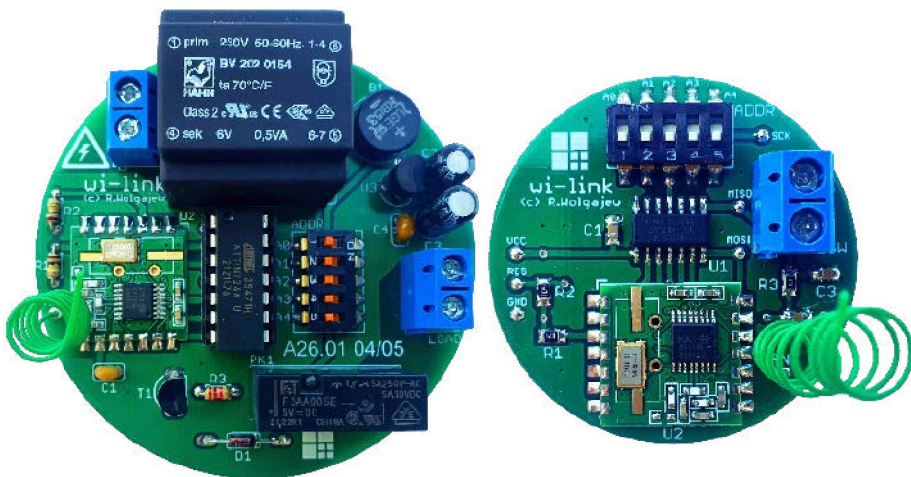
 Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas

składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz! – <http://sklep.avt.pl>

W przypadku braku dostępności na stronie sklepu osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt Via e-mail: [kity@avt.pl](mailto:kity@avt.pl)

# Bezprzewodowy wyłącznik wi-link

Projekt ten, jak to często bywa, powstał z potrzeby chwili. Otóż okazało się, że w moim domu wyłącznik oświetlenia został zamontowany w nieodpowiednim miejscu, zaś wszystkie prace wykończeniowe zostały już dawno zakończone. Nie było więc mowy o kuciu ścian i modyfikacji bieżącej instalacji elektrycznej. Po krótkim namyśle i na bazie swoich doświadczeń z systemami bezprzewodowego sterowania i akwizycji postanowiłem zbudować bezprzewodowy link sterujący, który nazwałem wi-link.



Zależało mi na tym, by nadajnik tego systemu pracował na zasilaniu bateryjnym i charakteryzował się minimalnym poborem mocy zapewniającym długą pracę urządzenia. W jednym z moich poprzednich projektów – energooszczędnym systemie pomiaru temperatury z EP 8/2018 i EP 9/2018 zdobyłem duże doświadczenie w zakresie obsługi bardzo ciekawych modułów RFM-12B pracujących w paśmie 433, 868 lub 915 MHz (w zależności od wersji). Są one przedstawicielami całej rodziny modułów radiowych produkowanych przez firmę HopeRF. Dlatego zdecydowałem się na ich zastosowanie również w tym projekcie.

Moduły, o których mowa, stanowią kompletne rozwiązanie toru radiowego nadawczo-odbiorczego, dostarczając wygodny interfejs komunikacyjny SPI pozwalający na przeprowadzenie pełnej konfiguracji elementu w ramach dostępnej szerokiej palety ustawień

i sterowanie komunikacją radiową. W tym miejscu nie będę powtarzał informacji dotyczących specyfikacji i obsługi tych peryferiów, gdyż takowe zamieściłem w ramach wspomnianych wcześniej artykułów, w związku z czym zainteresowanych tymi szczegółami Czytelników odsyłam do pozycji powyżej.

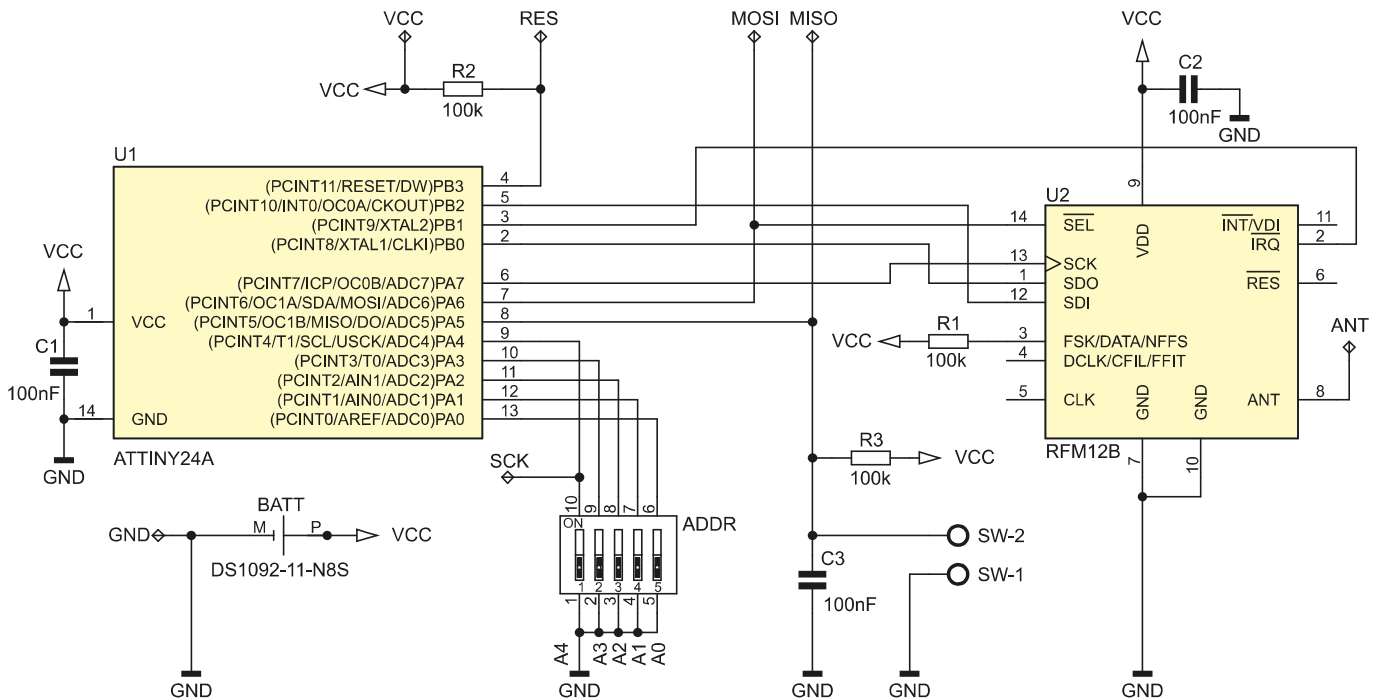
## Specyfikacja systemu

Zanim przejdę do schematów urządzenia, kilka słów na temat specyfikacji całego systemu. Tak jak wspomniano, system wi-link składa się z dwóch modułów komunikacyjnych: nadawczego (wi-link-tx), do którego podłączamy obsługiwany wyłącznik oświetlenia (koniecznie tzw. dzwonkowy, czyli chwilowy) i odbiorczego (wi-link-rx), który steruje źródłem światła 230 V (zasilany sieciowo). Moduł nadawczy pracuje na zasilaniu bateryjnym w postaci pastylki

CR2032 i większość swojego czasu spędza w uśpieniu (dla ograniczenia poboru mocy), czekając na zmianę stanu obsługiwanego wyłącznika. Wspomnianej zmianie stanu towarzyszy wybudzenie układu (mikrokontrolera i modułu RF), wysłanie komunikatu do adresowalnego odbiornika i ponowne uśpienie urządzenia. W ten prosty sposób ograniczamy do minimum pobór energii ze źródła zasilania, pozwalając na wieloletnią pracę urządzenia.

Uważny Czytelnik dostrzeże pewne ograniczenia i sformułuje związane z nimi zapytania. Otóż bateria CR2032 przeznaczona jest do zasilania urządzeń (3 V) cechujących się bardzo niskim poborem prądu rzędu ułameków mA do pojedynczych mA. Nasz układ po wybudzeniu aktywuje nadajnik modułu RFM-12B, który w czasie transmisji pobiera prąd rzędu 23 mA, co stanowi bardzo duże obciążenie dla niewielkiej baterii zasilającej.

**Uwaga! Na płytce modułu odbiornika zamontowano kompletny zasilacz łącznie z transformatorem zasilanym napięciem sieciowym 230 V AC oraz zamontowano elementy będące na potencjale tegoż napięcia. Istnieje niebezpieczeństwo porażenia prądem elektrycznym o napięciu 230 V AC, co może stanowić zagrożenie dla życia i zdrowia użytkowników. W związku z tym montaż układu powierzyć należy osobie posiadającej uprawnienia elektryczne w zakresie eksploatacji urządzeń o napięciu do 1 kV oraz niezbędną wiedzę i doświadczenie.**



Rysunek 1. Schemat ideowy nadajnika systemu wi-link

Na szczęście transmisja trwa około 10 ms, w związku z czym pobrana energia jest bardzo mała, niemniej jednak takie obciążenie skromnej baterii ma pewne reperkusje. Po pierwsze z czasem spada jej znamionowa pojemność, napięcie znamionowe oraz wzrasta rezystancja wewnętrzna. Spadek pojemności nie jest jakiś drastycznie wielki, ale można go szacować na 25%, przy spadku napięcia baterii do 2,2 V. Zagadnienie jest naprawdę bardzo ciekawe, w związku z czym zachęcam ambitnych Czytelników do zgłębienia tematu. Warto zajrzeć na stronę <https://bit.ly/3OI42zY>, gdzie inżynierowie firmy Energizer i Nordic Semiconductor bardzo drobiazgowo omówili ten interesujący temat w dokumencie o nazwie *High pulse drain impact on CR2032 coin cell battery capacity*.

Na szczęście główne podzespoły nadajnika pracują już przy niewielkich napięciach zasilających (moduł RF: 2,2 V, mikrokontroler: 1,8 V) i nawet przy 25% spadku pojemności tego typu aplikacja powinna zapewnić wieloletnią pracę urządzenia. Aby ocenić, jak długo nadajnik będzie pracował na pojedynczej baterii CR2032, należy zastanowić się, z jakich etapów składa się jego praca i jakie są wtedy prądy pobierane ze źródła napięcia zasilającego. Przystępując do obliczeń, przyjąłem następujący podział cyklu pracy urządzenia:

- etap trybu power-down (uśpienia), który trwa z dużym przybliżeniem 24 h/dobę i podczas którego pobierany jest prąd rzędu 0,2  $\mu$ A;

- etap transmisji przez moduł RFM-12B (po wybudzeniu), który trwa średnio 10 ms i podczas którego pobierany jest prąd rzędu 22,6 mA.

Założono ponadto, że wybudzenie nadajnika, a więc zmiana stanu podłączonego wyłącznika instalacyjnego następuje 15 razy na dobę. Przy tych założeniach otrzymano teoretyczny, ponad 62-letni czas pracy na pojedynczej baterii CR2032 (o zredukowanej o 25% pojemności), co wydaje się wartością niespotykaną i grubo przekraczającą czas życia samej baterii.

## Budowa i działanie

W ramach układu nadajnika zaprojektowano bardzo prosty system mikroprocesorowy (rysunek 1), którego sercem jest niewielki mikrokontroler ATtiny24A (niskonapięciowy) taktowany wewnętrznym oscylatorem 1 MHz. Steruje on pracą modułu transceivera dzięki realizacji programowej obsługi interfejsu SPI oraz obsłudze przerwania zewnętrznego Pin Change Interrupt 1 (wyrowadzenie PCINT9) odpowiedzialnego za mechanizm wysyłania danych. Ponadto mikrokontroler obsługuje przełącznik DIP-SWITCH, za pomocą którego ustawiamy adres nadajnika, który powinien się pokrywać z adresem powiązanego odbiornika oraz wyłącznik instalacyjny podłączony do złącza SW (koniecznie tzw. dzwonkowy, czyli chwilowy), którego obsługa realizowana jest z użyciem przerwania zewnętrznego Pin Change Interrupt 0

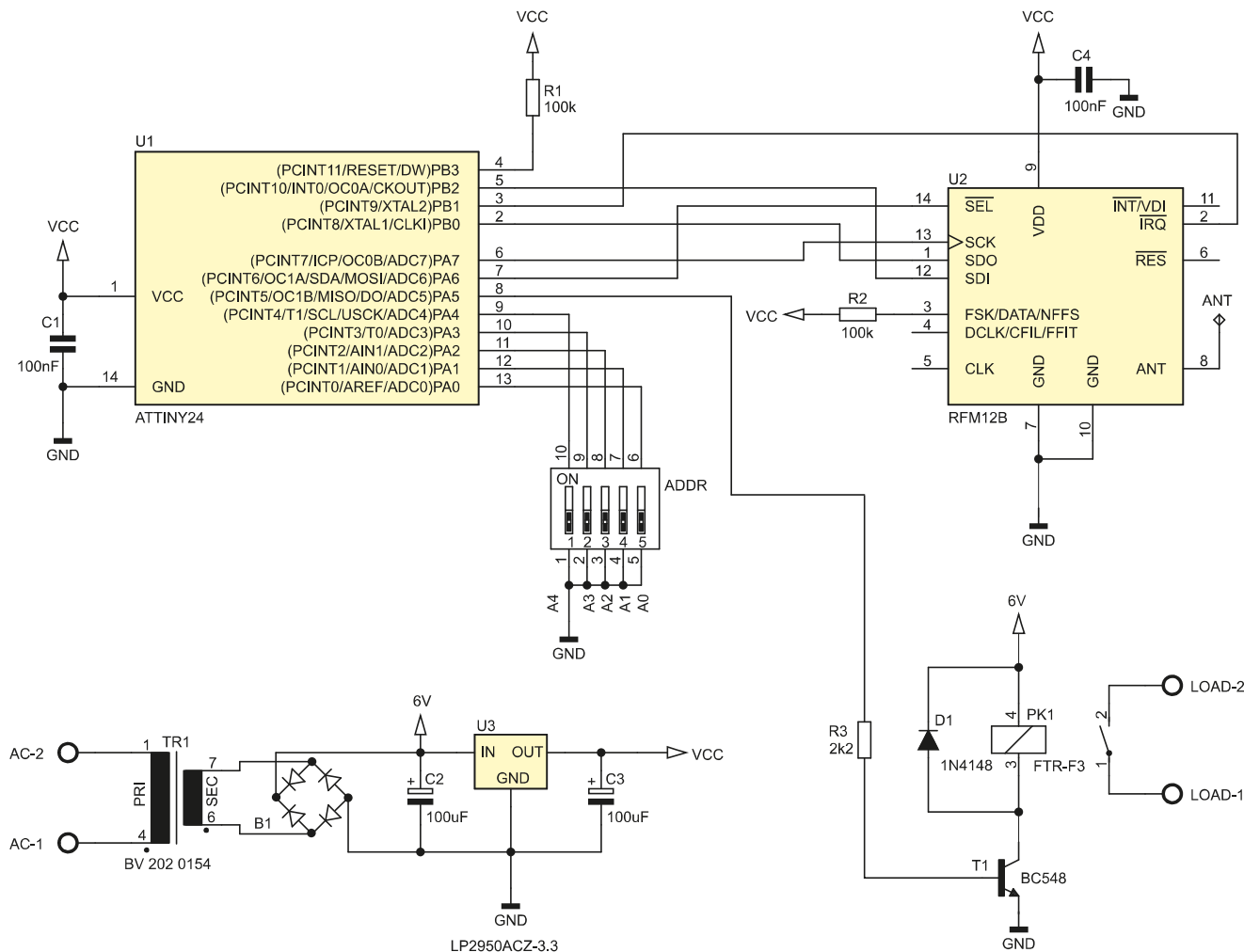
(wyrowadzenie PCINT5) inicjującego wybudzenie mikrokontrolera (i modułu RF).

Zgodnie z tym, co napisano wcześniej, nasz nadajnik powinien charakteryzować się minimalnym zapotrzebowaniem na energię elektryczną, jako że jest zasilany niewielką baterią CR2032. W związku z tym zastosowano poniższe mechanizmy programowo-sprzętowe:

- wyłączono wszystkie nieużywane peryferia mikrokontrolera (komparator analogowy, TIMER1, TIMER0, USI, ADC);
- wprowadzono mikrokontroler w tryb niskiego poboru mocy Power-down, z którego wybudzany jest wyłącznie poprzez zmianę stanu wyłącznika SW. Wybudzony mikrokontroler inicjuje transmisję danych, po czym przechodzi ponownie w tryb Power-down;
- nieużywany transceiver RFM-12B wprowadzany jest każdorazowo w tryb niskiego poboru mocy.

Na **listingu 1** zaprezentowano kompletną funkcję *main* programu obsługi aplikacji nadajnika systemu wi-link. Prawda że prosta? Dzięki takim mechanizmom otrzymano wspomniane wcześniej wartości zapotrzebowania na energię dla całego urządzenia.

Tyle w kwestii nadajnika, przejdźmy do schematu ideowego odbiornika, który pokazano na **rysunku 2**. Tak jak poprzednio, zaprojektowano bardzo prosty system mikroprocesorowy, którego sercem jest ten sam niewielki mikrokontroler ATtiny24



Rysunek 2. Schemat ideowy odbiornika systemu wi-link

**Ustawienia Fuse-bitów obu modułów:**  
 CKSEL3...0: 0010  
 SUT1...0: 10  
 CKDIV8: 0  
 CKOUT: 1

sterujący pracą modułu transceivera dzięki realizacji programowej obsługi interfejsu SPI oraz obsłudze przerwania zewnętrznego Pin Change Interrupt 1 (wyprowadzenie PCINT9) odpowiedzialnego za mechanizm odbierania danych. Ponadto mikrokontroler obsługuje przełącznik DIP-SWITCH, za pomocą którego ustawiamy adres odbiornika oraz przełącznik REL, który steruje pracą podłączonego źródła światła (lub innego odbiornika).

W odróżnieniu od układu nadajnika, w ramach aplikacji odbiornika zaprojektowano

niewielki, kompletny układ zasilający przeznaczony do podłączenia do sieci 230 V. Było to niezbędne z uwagi na fakt, iż moduł odbiornika steruje pracą przełącznika, który w czasie załączenia pobiera prąd rzędu 50 mA. Pomimo to sumaryczny pobór mocy urządzenia w czasie załączenia przełącznika nie przekracza 0,25 W.

Co oczywiste, aby komplet urządzeń typu nadajnik-odbiornik pracował ze sobą, stanowiąc bezprzewodowy link, oba moduły muszą mieć skonfigurowany ten sam adres (przełączniki DIP-SWITCH). Zastosowany rodzaj przełącznika umożliwia implementację 32 kompletów typu nadajnik-odbiornik/odbiorniki, przy czym jeden nadajnik sterować może pracą kilku odbiorników.

Na **listingu 2** zaprezentowano kompletną funkcję main programu obsługi aplikacji odbiornika systemu wi-link. Banalna, nieprawdaż?

### Montaż i uruchomienie

Schemat montażowy nadajnika pokazano na **rysunku 3**. Jak widać, zaprojektowano bardzo niewielki obwód drukowany (średnica jedynie 40 mm) z przewagą elementów SMD, który w zamyśle przeznaczony jest do umieszczenia w puszcze połączeniowej obsługiwanego wyłącznika instalacyjnego.

Montaż obwodu drukowanego nadajnika rozpoczynamy od warstwy TOP, na której przylutujemy mikrokontroler, następnie lutujemy moduł RFM-12B, dalej elementy bierne a na końcu elementy mechaniczne. Potem

WYKAZ ELEMENTÓW, które możesz zamówić w sklepie AVT na stronie sklep.avt.pl lub bezpośrednio (ul. Leszczyńska 11, 03-197 Warszawa, tel. 48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl):		
<p><b>Moduł nadajnika</b>                      Rezystory: (SMD0805)                      R1, R2, R3: 100 kΩ</p> <p><b>Kondensatory:</b> (obudowy SMD0805)                      C1, C2, C3: 100 nF</p> <p><b>Półprzewodniki:</b>                      U1: ATtiny24A (SOIC14)                      U2: RFM12B-866MHz (SMD)</p> <p><b>Pozostałe:</b>                      SW: złącze śrubowe AK500/2 (raster 0,1")                      BATT: koszyk baterii CR2032 typu CONNFly</p>	<p>DS1092-11-N8S                      ADDR: dip-switch SMD 5-polowy typu A6S-5101-H                      OMRON lub podobny</p> <p><b>Moduł odbiornika</b>                      Rezystory: (obudowy miniaturowe 1/8 W, raster 0,2")                      R1, R2: 100 kΩ                      R3: 2,2 kΩ</p> <p><b>Półprzewodniki:</b>                      U1: ATtiny24 (DIL14)                      U2: RFM12B-866MHz (SMD)                      U3: LP2950ACZ-3.3 (TO92)                      T1: BC548 (TO92)</p>	<p>B1: mostek prostowniczy 1 A (raster 0,2")                      D1: 1N4148 (DO35)</p> <p><b>Kondensatory:</b>                      C1, C4: 100 nF (raster 0,1")                      C2, C3: 100 µF/16 V (raster 0,1")</p> <p><b>Pozostałe:</b>                      TR1: transformator do druku typu BV 202 0154 (6 V, 0,5 VA)                      PK1: przełącznik FTR-F3AA005E-HA FUJITSU                      AC, LOAD: złącze śrubowe AK500/2 (raster 0,1")                      ADDR: przełącznik DIP-SWITCH 5-polowy THT typu A6T-5104 lub podobny</p>

Listing 1 Funkcja main programu obsługi aplikacji nadajnika systemu wi-link

```
int main(void){
    char Data, Address, Switch = 0;

    //Podciągnięcie portu adresu do VCC
    ADDRESS_PORT |= ((1<<PA4)|(1<<PA3)|(1<<PA2)|(1<<PA1)|(1<<PA0));
    _delay_ms(1);
    //Odczytanie adresu urządzenia
    Address = READ_ADDRESS;
    //Wyłączenie podciągania portu adresu do VCC z uwagi na redukcję poboru mocy
    ADDRESS_PORT &= ~((1<<PA4)|(1<<PA3)|(1<<PA2)|(1<<PA1)|(1<<PA0));
    //Wyłączenie komparatora analogowego dla zmniejszenia poboru mocy
    ACSR = (1<<ACD);
    //Redukcja poboru mocy przez wyłączenie modułów (lub ich zegarów):
    //TIMER1, TIMER0, USI, ADC
    PRR = (1<<PRTIM1)|(1<<PRTIM0)|(1<<PRUSI)|(1<<PRADC);
    //Konfiguracja i uruchomienie przerwania zewnętrznego obsługującego
    //switch SW wybudzający procesor
    GIMSK |= (1<<PCIE0); //Uruchomienie przerwania od switcha SW
    PCMSK0 = (1<<PA5); //Zmiana stanu na PA5 generuje przerwanie
    //Uruchomienie i konfiguracja RFM12B, w tym interfejsu SPI
    RFM12bInit(0xFF);
    //Wprowadzmy moduł RFM12B w tryb powerDown
    RFM12bPowerDown();

    while(1){
        cli();
        set_sleep_mode(SLEEP_MODE_PWR_DOWN);
        sleep_enable();
        sei();
        sleep_cpu();
        //-----
        //W tym miejscu śpiemy i czekamy na wybudzenie
        //przez zmianę stanu przycisku SW
        //-----
        sleep_disable();

        _delay_ms(40);

        //Tylko dla załączonego wyłącznika SW
        if(!READ_SWITCH){
            if(Switch) Data = 0b10100000; else Data = 0b10101111;
            Switch ^= 0x01;
            //Wychodzimy z trybu powerDown modułu RFM12B
            RFM12bPowerUp();

            //Uruchomienie przerwania odpowiedzialnego za nadawanie
            GIFR |= (1<<PCIF1);
            GIMSK |= (1<<PCIE1);

            //Wysyłamy ramkę danych do odbiornika
            RFM12bStartTx(&Data, 1, Address);
            //Czekamy na zakończenie transmisji
            while(RFM12B.Status != PACKET_SENT);

            //Wyłączenie przerwania odpowiedzialnego za nadawanie
            GIMSK &= ~(1<<PCIE1);

            //Wprowadzmy moduł RFM12B w tryb powerDown
            RFM12bPowerDown();
        }

        //Uruchomienie przerwania od switcha SW
        GIFR |= (1<<PCIF0);
        GIMSK |= (1<<PCIE0);
    }
}
```

przechodzimy na warstwę BOTTOM, gdzie przyłutowujemy koszyczek baterii zasilającej. Do tak przygotowanej płytki przyłutowujemy antenę nadawczą w postaci kawałka przewodu o długości około 17 cm (może być odpowiednio zwinięty). Wygląd

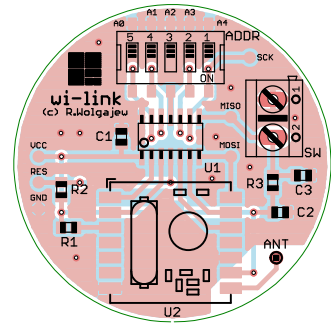
zmontowanego nadajnika od strony warstwy TOP pokazano na fotografii tytułowej.

Przejdźmy zatem do schematu montażowego odbiornika, który pokazano na rysunku 4. Tym razem zaprojektowano nieco większy obwód drukowany

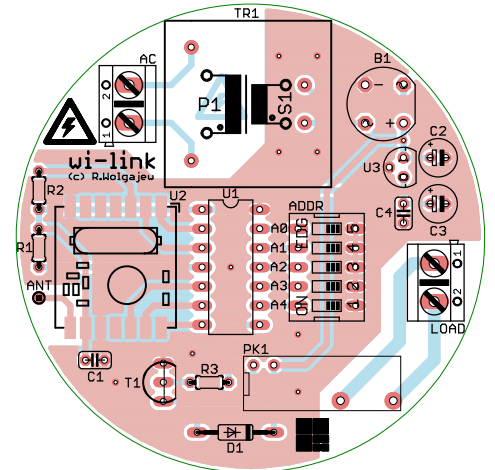
Listing 2. Funkcja main programu obsługi aplikacji odbiornika systemu wi-link

```
int main(void){
    //Podciągnięcie portu adresu do VCC
    ADDRESS_PORT |= (1<<PA4)|(1<<PA3)|(1<<PA2)|(1<<PA1)|(1<<PA0);
    //Wyłączenie komparatora analogowego dla zmniejszenia poboru mocy
    ACSR = (1<<ACD);
    //Redukcja poboru mocy przez wyłączenie modułów (lub ich zegarów):
    //TIMER1, USI, ADC
    PRR = (1<<PRTIM1)|(1<<PRUSI)|(1<<PRADC);
    //Port przełącznika, jako wyjściowy i wyłączony
    RELAY_PORT_AS_OUTPUT;
    //Inicjalizacja RFM12B w trybie odbiornika
    RFM12bInit(READ_ADDRESS);

    sei();
    while(1){
        //Odebrano poprawną ramkę danych: Size|Payload|CRC8
        if(dataReady){
            dataReady = 0;
            if(Payload == COMMAND_ON) RELAY_ON;
            else if(Payload == COMMAND_OFF) RELAY_OFF;
        }
    }
}
```



Rysunek 3. Schemat płytki PCB nadajnika systemu wi-link



Rysunek 4. Schemat płytki PCB odbiornika systemu wi-link

(o średnicy 60 mm), który integruje w sobie kompletny, transformatorowy zasilacz sieciowy i zbudowany jest w zdecydowanej większości z elementów przewlekanych. Miejscem podłączenia tego modułu będzie zazwyczaj połączeniowa puszk instalacyjna o nieco większej średnicy aniżeli puszk wyłącznika instalacyjnego, przez co możliwa stała się integracja niezbędnego, z uwagi na obecność przełącznika, zasilacza.

Montaż obwodu drukowanego odbiornika rozpoczynamy od przyłutowania modułu RFM-12B, następnie lutujemy pozostałe elementy półprzewodnikowe, dalej elementy bierne, zaś na samym końcu elementy mechaniczne oraz transformator do druku. Do tak przygotowanej płytki przyłutowujemy antenę odbiorczą w postaci kawałka przewodu o długości około 17 cm (może być odpowiednio zwinięty). Wygląd zmontowanego odbiornika od strony warstwy TOP pokazano na fotografii tytułowej.

Warto zaznaczyć, że zarówno w przypadku nadajnika, jak i odbiornika odczytanie adresu urządzenia odbywa się wyłącznie podczas włączania zasilania, więc jeśli zmieniliśmy adres urządzenia za pomocą przełącznika DIP-switch, należy wyłączyć i ponownie włączyć zasilanie modułu.

Robert Wołgajew, EP