

Domowy system sygnalizacji

Do czego to służy?

Prezentowane urządzenie to nie tylko kolejny dzwonek bezprzewodowy. Nadajnik wysyła nie tylko sygnał dzwonka, ale również stan skrzynki pocztowej (czy są jakieś listy) oraz stan drzwi furtki. Sygnalizacja tych zdarzeń odbywa się za pomocą diod LED oraz odtwarzania plików dźwiękowych.

Czy czujesz pewien niedosyt funkcjonalny? Pomyślałem o tym i dodałem jeszcze syntezator mowy oraz pomiar temperatury na zewnątrz. Jak się pewnie domyślasz, urządzenie mówi o tym, czy ktoś dzwoni do naszych drzwi, przypomina o tym, czy furtka jest zamknięta (również na klucz), powiadamia nas głosem o nowej poczcie oraz informuje o temperaturze, jaka jest w danym momencie na zewnątrz. Zdarzeniom tym towarzyszą też wstawki dźwiękowe.

Aby było ciekawiej, jeśli ktoś naciska przycisk dzwonka, urządzenie odtwarza dźwięk oraz „mówi” jeden z kilku dostępnych na tę okoliczność komunikatów głosowych np.: „dzwonek, otwórz”, „osoba czeka”, „dzwonek, może być tak otworzył(a)”. Po minucie od ostatniego naciśnięcia przycisku podawana jest temperatura, np. dla 23° komunikat brzmi: „temperatura zewnętrzna wynosi dwadzieścia trzy stopnie Celsjusza”. Stan tego, czy w skrzynce są listy oraz czy furtka i jej zamek jest zamknięty, czy otwarty, sprawdzane są co 30 minut lub w chwili, gdy ktoś naciśnie przycisk dzwonka. Dzięki temu czas pracy baterii nadajnika sięga nawet 5 lat. Odbiornik zawiera barwne diody, z których każda ma inny kolor i odpowiada innemu zdarzeniu. Blok odbiornika ma także wbudowany zasilacz oraz wzmacniacz o mocy 5W, co pozwoli na wykorzystanie go nawet

w głośnych pomieszczeniach. To wyjątkowe urządzenie znajdzie zastosowanie w każdym domu i nie tylko, a posiadanie go to niewątpliwą okazją zaintrygowania znajomych.

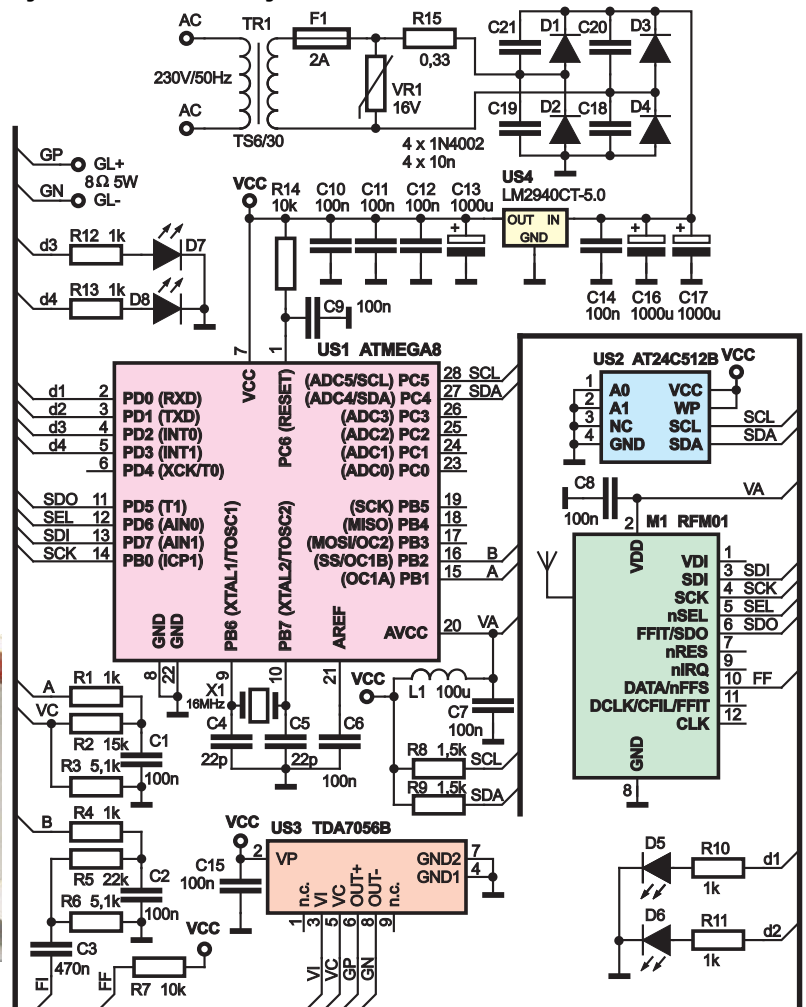
Jak to działa?

Schemat odbiornika przedstawiony jest na rysunku 1. Odbiornik zasilany jest poprzez wbudowany zasilacz, składający się z transformatora TR1, bezpiecznika F1, warystora VR1, rezystora R15 oraz diod prostowniczych i kondensatorów filtrujących D1–D4, C18–C21. Bezpiecznik wraz z warystorem to obwód zabezpieczający przed zwarciem i głównie przed przypadkowymi przepięciami z sieci. Rezystor R15 ogranicza prąd udarowy diod prostowniczych. Napięcie wtórnego uzwojenia powinno wynosić 8,5–10V (w modelu zastosowano transformator 9V/0,7A). W układzie zastosowano stabilizator LDO (Low Dropout Voltage) US4-LM2940CT-5.0. Użycie stabilizatora LDO jest uzasadnione obecnością wzmacniacza mocy audio i spadkami napięcia w szczytach wysterowania. Wzmacniaczem jest znany TDA7056B.

Mózgiem urządzenia jest mikrokontroler ATmega8m

pracujący z częstotliwością 16MHz z obwodem resetu R14 i C9. Sygnały radiowe odbiera moduł RFM01 firmy HOPE RF, który jest w pełni konfigurowalny z poziomu programowego za pomocą interfejsu SPI, oraz wykorzystuje modulację częstotliwości (FSK). Co więcej, występuje on w odmianach dla różnych częstotliwości, tj. 315, 433, 868 (w modelu), 915MHz. Co prawda częstotliwość pracy jest w pełni konfigurowana z poziomu SPI, jednak poszczególne moduły różnią się elementami zewnętrznymi (cewką i dwoma kondensatorami, dobranymi do odpowiedniej częstotliwości), co nie wyklucza ich pracy na dowolnej z innych możliwych częstotliwości tylko z mniejszym zasięgiem. Co do zasięgu, to teoretycznie w otwartej przestrzeni powinien wynosić 300m dla modułu 315, 433 oraz 200m

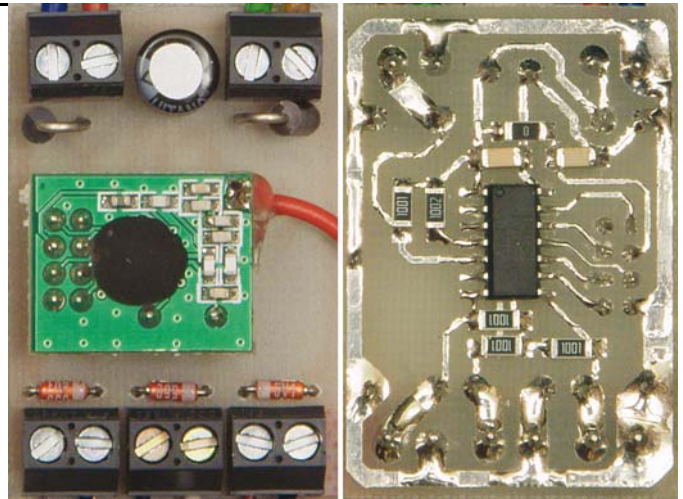
Rys. 1 Schemat ideowy odbiornika



dla pozostałych dwu. Ja mogę zagwarantować zasięg 15m przez trzy ściany z antenami sprzedawanymi razem z modułami. Za pomocą interfejsu SPI modułu mamy zaskakująco duże możliwości konfiguracji. Istnieje również możliwość wyboru szerokości pasma w zakresie od 67kHz do 400kHz (67kHz w modelu), a także dokładnej częstotliwości pracy, co może być utożsamiane z kanałem (dla modułu 868MHz zmiana częstotliwości nośnej z krokiem 5kHz o wartości w przedziale od -7,22MHz do 11,515MHz). Możemy skonfigurować też czułość wzmacniacza odbiornika (0dB, -6dB, -14dB, -20dB), oraz poziom sygnału nośnego, który będzie uznawany za wystarczający/dobrej jakości w przedziale od -103dB do -61dB plus wzmacnienie. Mamy także możliwość określenia kryteriów określenia jakości odbieranego sygnału, możliwa jest analiza przebiegów 0/1, 1/0, siła odbieranego sygnału oraz zdarzenie odzyskania zegara. Istnieje możliwość automatycznego dostrojenia się do odbieranej częstotliwości. Można wybrać między filtrem cyfrowym i analogowym. Odbierane dane mogą być zapisywane do FIFO, czyli kolejki (First In First Out), zdarzenie, kiedy kolejka zacznie być napełniana, możemy wybrać spośród: kiedy odebrano sygnał dobrej jakości, słowo synchronizujące (2D, D4), koniunkcja dwu poprzednich lub ciągle. Istnieje możliwość określenia liczby bitów w kolejce, przy której zostanie wygenerowane przerwanie. Możliwe jest także określenie przepływności (600bps do 115,2kbps, w modelu 2400bps). Możemy też ustawić częstotliwość na wyjściu CLK lub jej brak (można nią taktować procesor), poziom wykrywania niskiego napięcia, wake-up timer, wartość kondensatorów obciążających kwarc i inne. Wszystkie te komendy są 16-bitowe. Odbiornik pozwala też na skonfigurowanie źródeł przerwań, tj. napięcie zasilania poniżej ustalonego progu, czas timera upłynął, liczba bitów w kolejce osiągnęła zadany poziom, kolejka została przepelniona. Przerwania mogą być sygnalizowane niskim stanem na wyjściu nIRQ, można je także sprawdzić za pomocą komendy odczytującej status urządzenia, która dodatkowo czyści flagi przerwań. W modelu nie wykorzystano specjalnego wyjścia przerwań, a kwestia, czy kolejka osiągnęła odpowiedni poziom, sprawdzana jest za pomocą komendy odczytującej status urządzenia, przy czym odczytywany jest tylko jeden bit, co jest dozwolone. Sposobów odczytu samej kolejki też jest kilka. Pierwszym z nich i używanym w modelu jest kolejne odczytanie 16 bitów w takt, zegara. Jest to rozwiązanie najwolniejsze jednak wymagające najmniejszej liczby wyprawadeń. Inny sposób to podanie na wyprowadzenie nFFS stanu niskiego, po czym wywołanie komendy odczytu stanu, wtedy to na wyjściu SDO wyprowadzane są od razu dane zapisane w kolejce. Trzeci sposób dotyczy samego zdarzenia odebrania odpowiedniej liczby bitów, które sygnalizowane jest przez wyjście nFFIT, po czym musi nastąpić odczyt jednym z omawianych sposobów. W modelu wyprowadzenie nFFS służy jako wejście, i nie

jest używane, więc zostało podciągnięte do +5V poprzez rezystor R7. Tak w wielkim skrócie można zasygnalizować możliwości modułu odbiornika. Osoby zainteresowane modułami RFM01 i RFM02 odsyłam do noty katalogowej.

Wracamy do oprogramowania. Oczekuje ono nadejścia 16 bajtów danych, ponieważ wysyłany sygnał jest wstępnie kodowany w celu uniknięcia długotrwałych okresów zer i jedynek, a efektywna liczba odbieranych bajtów wynosi 8. Po odebraniu danych następuje ich wstępna weryfikacja, czy odebrany ciąg jest zgodny z formatem kodowania: zero odpowiada słowo 01, jedynce 10. W przypadku, gdy odebrany ciąg nie zawiera innych sekwencji niż 01, 10, zamieniany jest na właściwy, składający się z zer i jedynek. Po tym procesie zgłaszane jest zdarzenie i program przystępuje do dalszej weryfikacji danych. Ponieważ w pakiecie danych zwarte są sumy kontrolne, numer grupy, numer użytkownika, identyfikator urządzenia oraz typ urządzenia, muszą one zostać sprawdzone. Pakiet oczywiście zawiera też właściwe dane wysyłane przez nadajnik. Zawarty jest w nich stan przełączników, przycisku, oraz aktualna temperatura zmierzona przez nadajnik. Na podstawie tego podejmowane są dalsze czynności, zaświecenie odpowiednich diod, odtwarzanie odpowiednich dźwięków lub komunikatów. Wewnętrzny odtwarzacz ma możliwość odtwarzania plików zapisanych w pamięci EEPROM AT24C512 (US2). Sama pamięć ma niewielką pojemność 64kB i obsługiwana jest przez wbudowany w kontroler układ TWI. Rezystory R8, R9 podciągają linię SCL, DTA, co jest typowe dla I²C. Częstotliwość taktowania została ustawiona na 400kHz, a możliwość zapisu zablokowana. W pamięci zapisana jest tablica alokacji plików oraz same pliki dźwiękowe. Pliki to nic innego jak 8kHz wavy pozbawione nagłówka. Urządzenie wyposażono także w syntezytor mowy. Jest to syntezytor korzystający z alofonicznej metody syntezy, polegającej na składaniu poszczególnych słów z dźwięków elementarnych, odpowiadających mniej więcej pojedynczym literom alfabetu. Dźwięki te zapisane są we wspomnianej pamięci. Odtwarzacz bez problemów radzi sobie z odtwarzaniem poszczególnych dźwięków składających się na słowo. Syntezytor został również wyposażony w możliwość czytania liczb, co pozwala na podawanie temperatury głosem. Poszczególne działania odpo-



wiadające zdarzeniom wyglądają następująco: w przypadku gdy w skrzynce pocztowej jest jakaś zawartość, odtwarzany jest dźwięk odpowiadający temu zdarzeniu oraz wypowiadane słowo „poczta”, gdy wyjmemy zawartość skrzynki pocztowej, usłyszymy dźwięk kruka (domyślny dźwięk gdy dioda gaśnie, o czym później) oraz komunikat „skrzynka pocztowa jest pusta”. Gdy furtka zostanie otwarta: „drzwi furtki zostały otwarte” lub „furtka jest zamknięta”, gdy jest zamknięta. Komunikat „zamek drzwi furtki został zamknięty” lub „zamek drzwi furtki został otwarty”, wiadomo kiedy. Podczas gdy ktoś dzwoni, to w zależności, który raz już nacisnął przycisk, usłyszymy dźwięk dzwonka oraz 2: „dzwonek”, 3: „otworzysz”, 4: „dzwonek, otwórz”, 5: „dzwonek, jest tam kto”, 6: „dzwonek, może być tak otworzył”, 7: „dzwonek, może być tak otworzyła”, 8: „osoba czeka”. Celowo podaję to, co syntezytor mówi, ponieważ początkowo może to się wydać niezrozumiałe. Wszystkie zdarze-

R E K L A M A

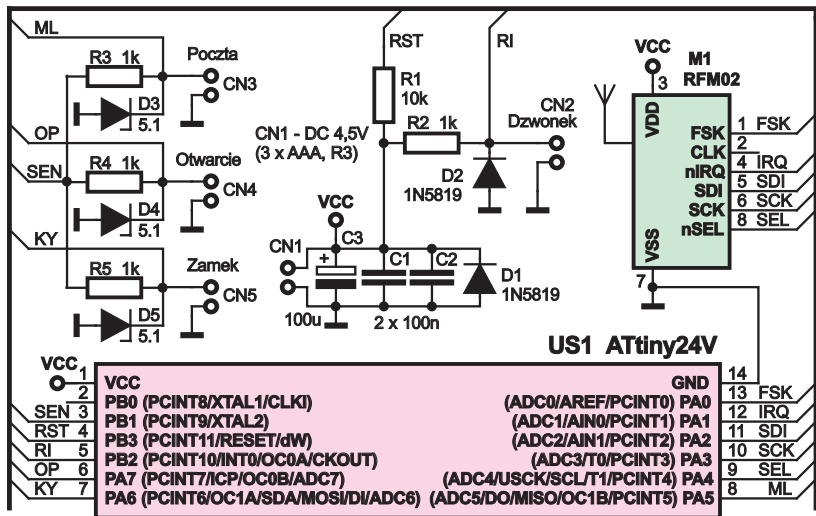


nia zapisywane są do kolejki i kolejno sygnalizowane i komunikowane dźwiękiem.

Zdarzenia mają też własne priorytety, co określa kolejność odtwarzania. W roli przetwornika C/A został wykorzystany Timer1 pracujący w trybie fast PWM. Częstotliwość nośna to 62,5kHz. Jak widać, oba wyjścia OC timera 1 są wykorzystane, jedno to wyjście audio, drugie to sygnał regulacji wzmacnienia wzmacniacza. Ponieważ na obu wyjściach występuje sygnał prostokątny o zmiennym wypełnieniu, zastosowano dodatkowe filtry R1, C1, R4, C2. Niektórym może wydawać się, że taki przetwornik zapewni fatalną jakość dźwięku. Otóż nie – dźwięk jest zaskakująco dobrej jakości. Diody LED początkowo migają, zanim się zaświecą, a każda dioda odpowiada odpowiedniej funkcji. Ponieważ urządzenie ma wbudowany system emulujący wielowątkowość, diody zaświecają się wcześniej, niż odtwarzany jest dźwięk. Dziwić może zastosowanie elementów używanych zazwyczaj w aplikacjach wykorzystujących przetwornik A/C, jednak uproszcilo to doprowadzenie zasilania do odbiornika RFM01. Co prawda nie pomyślałem o opcji regulacji głośności, jedyna taka możliwość to wpisanie do pamięci EEPROM procesora pod adres 1 do wartości od 0–150, która wpłynie na głośność dźwięku. Pod adresem zerowym jest zapisana różnica między temperaturą zmierzoną a rzeczywistą, o czym poniżej. Po włączeniu urządzenia po czasie ok. 3s usłyszymy komunikat „witaj”. Oczywiście urządzenie nie informuje ciągle o stanie przełączników i przycisków w nadajniku, tylko w przypadku, gdy ich stan ulegnie zmianie. W przypadku, gdyby doszło do zawieszenia się wewnętrznego systemu, nad wszystkim czuwa watchdog.

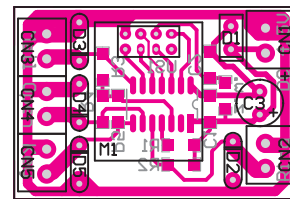
Przejdźmy teraz do nadajnika – rysunek 2. Jak widać, zastosowano tam nieco mniej znany, ale tak samo tani ATtiny24V. Początkowo miał tam być ATtiny2313V, ale nie mogłem takowego kupić (nie miało też być pomiaru temperatury). Niewątpliwą zaletą ATtiny24 jest wbudowany przetwornik A/C, co więcej, wbudowany termometr oraz unowocześniona funkcjonalność. Moduł nadajnika RFM02 ma interfejs SPI z szerokim zakresem komend sterujących zarówno 16-, jak i 8-bitowych. W nadajniku mamy możliwość ustawienia takich parametrów jak: częstotliwość nośna, częstotliwość wyjściowa zegara (może być używane

przez mikrokontroler), pojemność kondensatorów obciążających rezonator kwarcowy, dewiacja częstotliwości wyjściowej, opcje zarządzania energią pozwalające na wyłączanie poszczególnych bloków nadajnika, detektor niskiego poziomu baterii, wake-up timer może być wykorzystywany do cyklicznego wybudzania mikrokontrolera, opóźnienie wyłączenia zegara po komendzie usypiającej zapewniające bezpieczne wyłączenie procesora taktowanego sygnałem z wyjścia modułu, odstrojenie częstotliwości/kanał, prędkość transmisji, moc wzmacniacza mocy. Nadawanie odbywa się przez zainicjowanie żądania transmisji za pomocą zestawu odpowiednich komend, po którym po odpowiednim czasie, zależnym od głębokości uśpienia nadajnika, następuje generacja impulsów na wyjściu przerwań nIRQ, w czasie trwania stanu niskiego na nIRQ wysyłany bit powinien zostać podany na wyprowadzenie SDI lub FSK, gdy nie chcemy już wysłać, wysyłamy odpowiednią komendę. Wyprowadzenie nIRQ wykorzystywane jest także do sygnalizacji przerwań, tutaj używane są przerwania od wake-up timera w celu wybudzenia mikrokontrolera (procesor traktuje jako przerwanie zmianę stanu na wyprowadzeniu, które zostało dołączone do nIRQ). Samych elementów zewnętrznych jest niewiele. Rezystory R3–R5 podciągają wyprowadzenia dla przełączników, mają one małą wartość i połączone są dość nietypowo do jednego z wyprowadzeń procesora. Gdy procesor zostaje wybudzony, działa ok. 2,5s, w tym czasie podciąga do plusa uprzednio „zmasowane” rezystory i sprawdza stan przycisków. Rezystory nie mogą być stale podciągnięte, gdyż popłynąłby prąd w przypadku zwarcia jednego z przełączników i rozładował baterie. Nie można też zastosować wewnętrznych rezystorów podciągających, gdyż mają one zbyt dużą wartość, a do wyprowadzeń będą dołączone przyciski na długich przewodach. Oczywiście przycisk dzwonek traktowany jest wyjątkowo, ponieważ nigdy

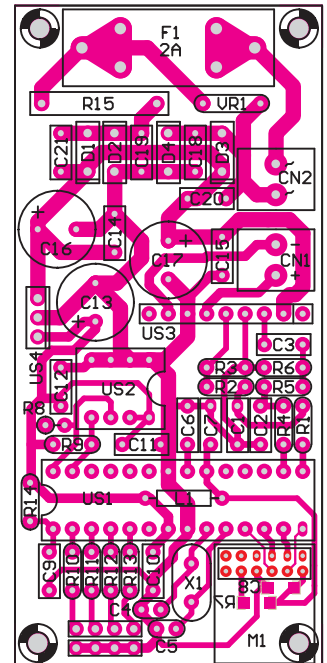


Rys. 2 Schemat ideowy nadajnika

Rys. 4 Schemat montażowy odbiornika



Rys. 3 Schemat montażowy nadajnika



nie będzie on zwierany na dość długo, więc wyprowadzenie mu odpowiadające podciągnięte jest na stałe rezystorem R2. Po naciśnięciu tego przycisku procesor wybudzany jest natychmiast. W czasie uśpienia procesor znajduje się w stanie Power-down, wszystkie moduły są wyłączone, nawet BOD odpowiadający za resetowanie procesora przy niskiej wartości napięcia zasilania (poniżej 1,8V). Wyłącznie tego detektora na czas uśpienia jest niegroźne, ponieważ jest on włączany natychmiast przy wybudzaniu i przed wykonaniem jakiegokolwiek instrukcji sprawdzany jest poziom napięcia. Ta właściwość (możliwość programowego wyłączenia BOD) spotykana jest tylko w nowszych procesorach, a w ATtiny24 dostępna jest począwszy od rewizji E. Oprogramowanie zostało napisane, aby wyłączać układ BOD, wtedy prąd spoczynkowy wyniesie ok. 10µA. Niestety nie miałem tego okazji przetestować, ponieważ nie posiadałem nowszej wersji ATtiny24, a z włączonym układem BOD prąd spoczynkowy wynosi ok. 30µA. Procesor w chwilach wybudzenia taktowany jest wewnętrznym zegarem

o częstotliwości 4MHz (wewnętrzny zegar ma tylko jedno ustawienie 8MHz, jednak istnieje możliwość z pomocą rejestru CLKPR podzielenia tej wartości). Wejścia zostały zabezpieczone za pomocą diod Zenera D3–D5 oraz Schottky'ego D2, przed ewentualnymi napięciami indukującym się w przewodach przełączników i przycisku. Układ powinien być zasilany 3 bateriami AAA (R3), jest zabezpieczony przed odwróceniem polaryzacji napięcia zasilania przez diodę D1.

Montaż i uruchomienie

Montaż możemy zacząć od nadajnika – **rysunek 3**. Początkowo lutujemy mikrokontroler, elementy biegunowe i pozostałe elementy SMD. Od razu można wzlutować też dwa elementy SMD na płytce odbiornika – **rysunek 4**. Następnie lutujemy elementy przewlekane, poczynając od najniższych. W podstawie pod procesor ATmega należy usunąć środkowy wspornik. W tej chwili nie wkładamy jeszcze układów scalonych ani modułów. Pod moduły RFM lutujemy podstawki w postaci małych gniazd goldpinów. Diody LED sprawdzamy pod kątem ich jasności przed przylutowaniem do nich przewodów, ewentualnie różnicę korygujemy, dolutowując szeregowo z diodą jeszcze jeden rezystor. W miejsce podłączenia diod lutujemy goldpiny, a na końcu każdego przewodu do diody zaciśkamy konektor. Konektory wkładamy do obudowy (na nie). Tak samo robimy z przewodami do transformatora i głośnika. Do modułów RFM lutujemy w miejsce anteny odcinki przewodów dostarczonych razem z nimi. Jeśli posiadamy obudowę ZIV, wywiercamy w niej otwory na śruby mocujące głośnik i płytkę odbiornika. Otwory wiercimy tylko od dolnej strony obudowy. Płytkę odbiornika powinna być umieszczona z boku obudowy, na środku jej wysokości. Przykręcamy ją śrubkami do wcześniej zamontowanych kołków. Montujemy najlepiej głośnik (najlepiej eliptyczny) o mocy ok. 8W i impedancji 8Ω. Do uzwojenia pierwotnego transformatora warto przykręcić „kostkę”.

Po montażu początkowo uruchamiamy odbiornik. Sprawdzamy napięcia zasilania (uwaga na napięcia na C16, C17),

przy czym układy scalone i moduł powinny być wyjęte. Jeśli napięcia są poprawne, to uprzednio odłączając urządzenie, wkładamy układy scalone i moduł oraz podłączamy głośnik. Podłączamy urządzenie do sieci. Po chwili powinniśmy usłyszeć komunikat „witaj”. Uruchamiamy nadajnik (zasilany przez trzy baterie AAA, R3), uprzednio wkładając moduł RFM. Po naciśnięciu przycisku dzwonka w nadajniku, odbiornik powinien natychmiast zareagować. Po minucie od ostatniego naciśnięcia przycisku urządzenie powinno też poinformować jaka jest temperatura, ale musimy zmierzyć też, ile ona rzeczywiście wynosi. Różnicę temperatury zmierzonej przez nadajnik oraz rzeczywistej, należy zaprogramować w zerowej komórce pamięci EEPROM mikrokontrolera, uważając, by nie uszkodzić pamięci programu. Istnieje również możliwość zmiany głośności, w tym celu należy zapisać wartość z przedziału 0–150 w pierwszej komórce pamięci EEPROM procesora. Ponieważ urządzenie dysponuje pewnym zapasem mocy, możemy jeszcze ją zwiększyć przez zmniejszenie rezystora R2 i R5 minimalnie do wartości 10kΩ. Czujniki w postaci przycisków, kontaktronów czy przycisków musimy dobrać i zamontować we własnym zakresie. Jako przycisk dzwonka możemy wykorzystać standardowy włącznik dzwonekowy.

Szymon Janek
sx13@o2.pl

Wykaz elementów

Nadajnik	C13	1000μF/6,3V	
Rezystory	C16	1000μF/16V	
R1	10kΩ SMD (1206)	C17	1000μF/16V
R2-R5	1kΩ SMD (1206)	C18-C21	10nF/63V
Kondensatory		Półprzewodniki	
C1,C2	100nF SMD (1206)	D1-D4	1N4007
C3	100μF/16V	D5	LURF3333
Półprzewodniki		D6	LUY3333
US1	ATtiny24V	D7	LDBK3333
D1,D2	1N5819	D8	LUG3333
D3-D5	Zenera 5,1V/0.4W	US1	ATmega8-16PU
Pozostałe		US2	AT24C512(B)
M1	RFM02/Hope RF	US3	TDA7056B
CN1-CN5	złącze ARK małe	US4	LM2940CT-5.0
Gniazdo goldpinów		Pozostałe	
Odbiornik	M1	RFM01/Hope RF	
Rezystory	X1	16MHz/4mm	
R1,R4,R10-R13	1kΩ	F1	bezpiecznik topikowy szybki
R2	15kΩ		2A - 5X20F2A
R3,R6	5,1kΩ	L1	dławik 100μH
R5	22kΩ	VR1	JVR-10N 220K-warystor
R7	10kΩ SMD (1206)		14VAC, 18VDC
R8,R9	1,5kΩ	TR1	TS6/30 (TS8/36, TS6/25, TS6/46)
R14	10kΩ		
R15	0,33Ω 2W	Podstawka standardowa 28pin - DIL28LTC 0,3'	
Kondensatory		Podstawka standardowa 8pin - DIL8	
C1,C2,C6,C7,C9-C12,C14,C15	100nF/63V	Podstawka bezpiecznika - KS20SW	
	470nF/63V	Goldpiny 2x4	
C3	22pF	Konektory goldpinów 8szt.	
C4,C5	100nF SMD (1206)	Obudowa konektorów goldpinów 2x4	
C8		Gniazdo goldpinów małych	