

# intelli Dom

## System sterowania inteligentnego budynku z interfejsem ZigBee (2)


**AVT  
5313**

W swojej praktyce inżynierskiej już dwukrotnie podejmowałem wyzwanie zaprojektowania systemu automatyzacji różnych procesów związanych z utrzymaniem mieszkania, lecz za każdym razem były kompromisem pomiędzy ceną a funkcjonalnością. Głównym ograniczeniem była jak zwykle cena dobrej klasy modułów do bezprzewodowej transmisji sygnałów, która nawet w przypadku dość nieskomplikowanych podzespołów dochodziła do 70 złotych. Na szczęście ten okres mamy już za sobą i dzisiaj za cenę około 50 złotych można kupić zaawansowany technicznie moduł ZigBee, który swoją funkcjonalnością przewyższa tradycyjny moduł RF, rzec by można, o kilka dekad rozwoju technologii transmisji. Czas więc na projekt zaawansowany, w pełni konfigurowalny i pozbawiony wielu poprzednich ograniczeń a dodatkowo wyposażony w ultranowoczesny interfejs użytkownika – **intelliDom**.

**Rekomendacje:** urządzenie przyda się wszystkim domatorom-majsterkowiczom, którzy chcą uczynić swoje mieszkanie jeszcze bardziej funkcjonalnym.

Sercem sterownika jest nowoczesny mikrokontroler ATmega644P odpowiedzialny za realizację zamierzonej funkcjonalności. Mikrokontroler zarządza mechanizmami



współpracy z modulem ETRX357, realizuje obsługę panelu dotykowego za pośrednictwem wbudowanego interfejsu TWI, zewnętrznego przerwania INTO (zgłaszanie raportów zdarzeń przez układ AR1020) i scalonego kontrolera paneli dotykowych AR1020 oraz steruje pracą wyświetlacza TFT o rozdzielczości 320×240 pikseli. Warto wspomnieć, iż celowo wybrano model wyświetlacza wyposażony w 16-bitową magistralę danych oraz 16-bitową głębię koloru (model WF35DTIBCDF# firmy Winstar). Wymóg ten był podyktowany złożonością graficznego interfejsu użytkownika, a co za tym idzie wielką liczbą danych składających się na poszczególne obrazki reprezentujące elementy sterujące. Zastosowanie 16-bitowej magistrali danych jak i 16-bitowej głębi kolorów pozwoliło na znaczne przyspieszenie procesu wczytywania obrazka i tym samym usprawniło funkcjonowanie samego interfejsu użytkownika, czyniąc go atrakcyjnym i nowoczesnym. Z tego samego powodu mikrokontroler jest taktowany zewnętrznym rezonatorem kwarcowym o częstotliwości 11.0592 MHz.

**AVT-5313 w ofercie AVT:**  
AVT-5313A – płytka drukowana

### Podstawowe informacje:

- Ustawienia ważniejszych FUSE BIT'ów (sterownik główny):  
CKSEL3..0: 1111  
SUT1..0: 11  
JTAGE: 1  
CKDIV8: 1  
EESAVE: 0
- Ustawienia ważniejszych FUSE BIT'ów (moduł pokojowy):  
CKSEL3..0: 1111  
SUT1..0: 11
- Napięcie zasilania modułów: 230 V<sub>AC</sub>
- Moduł sterownika i moduły wykonawcze.
- Sterowanie maksymalnie 8 modułami wykonawczymi za pomocą kontrolera z wyświetlaczem TFT i panelem dotykowym.
- Nowoczesny design, sterowanie za pomocą interfejsu dotykowego.
- Komunikacja za pomocą sieci ZigBee (moduły Telegesis ETRX357).

### Dodatkowe informacje:

- Prezentację wideo demonstrującą funkcjonowanie systemu intelliDom można obejrzeć na stronie internetowej <http://www.youtube.com/watch?v=lcYnrZms7l8>

### Dodatkowe materiały na CD/FTP:

- <ftp://ep.com.pl>, user: 15352, pass: 760hp6s5
- wzory płytek PCB
- karty katalogowe i noty aplikacyjne elementów oznaczonych w Wykazie elementów kolorem czerwonym

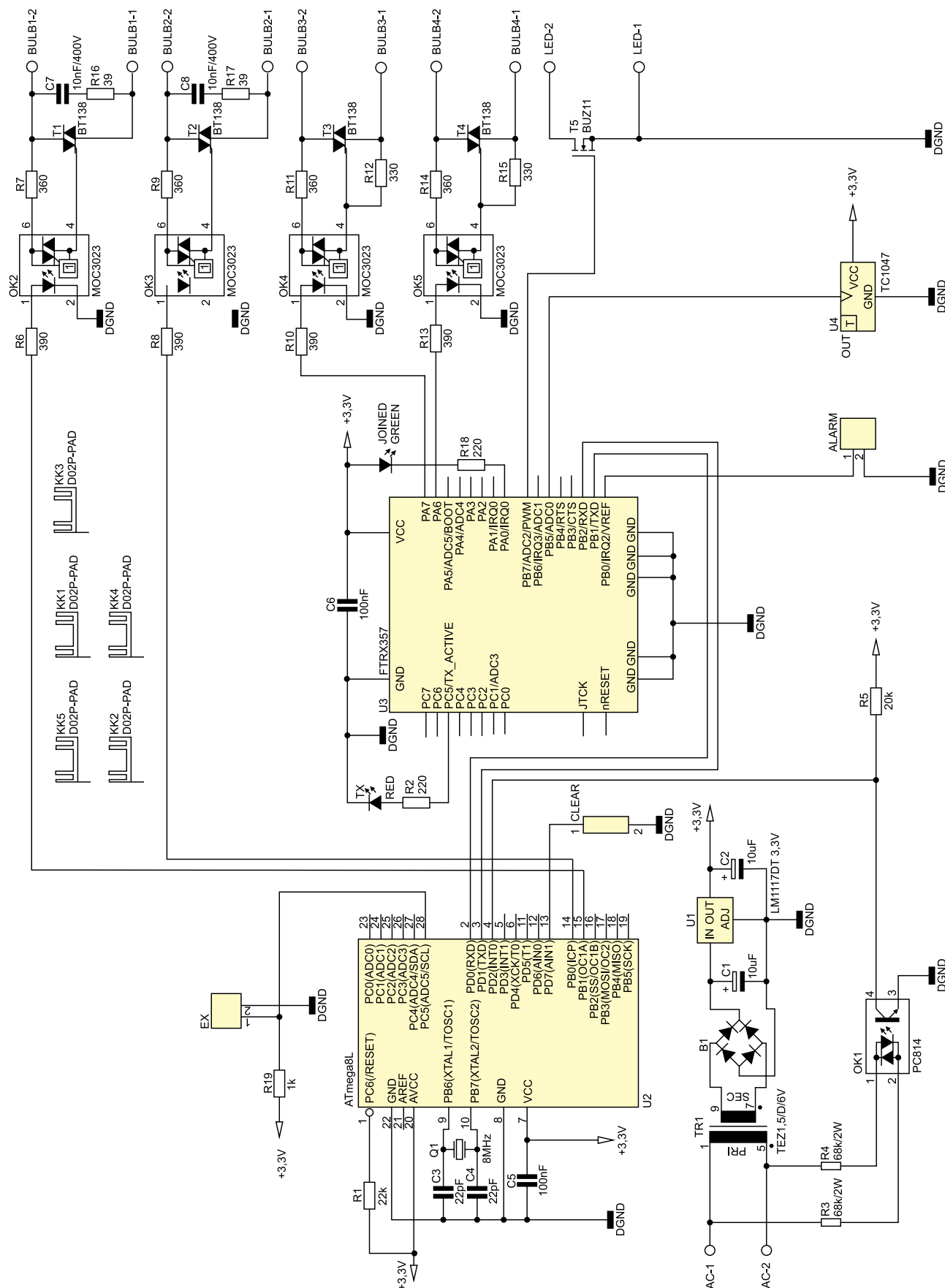
### Projekty pokrewne na CD/FTP:

- (wymienione artykuły są w całości dostępne na CD)
- AVT5276 RadioTherm – Bezprzewodowy system pomiaru i kontroli temperatury (EP 2/2011)

Wszystkie elementy przeznaczone do wyświetlania są przechowywane w pamięci Flash mikrokontrolera i mimo iż zostały przygotowane z użyciem specjalnie w tym celu napisanego konwertera (zamiana bitmap na ciąg bajtów in-

formacji o kolorach pikseli w standardzie R(5) G(6)B(5)), to i tak zajmują prawie 33 kB pamięci stałej (plus ok. 2 kB na dane czcionek). Na szczęście Atmega644 dysponuje 64 kB pamięci Flash, co pozwoliło na bezproblemową implementację

wszystkich niezbędnych procedur programowych. Warto również wspomnieć, że w ramach realizacji procedur obsługi modułu ZigBee zaimplementowano programowy bufor cykliczny interfejsu USART o pojemności 256 bajtów



**Rysunek 3. Schemat ideowy modułu pokojowego systemu intelliDom**

Z racji, iż na płycie modułu pokojowego zbudowano kompletny układ zasilający łącznie z transformatorem zasilanym napięciem sieciowym 230 V oraz zamontowano inne elementy, na których występuje napięcie sieci energetycznej, istnieje niebezpieczeństwo porażenia prądem elektrycznym o napięciu 230 V, co jest zagrożeniem dla życia i zdrowia. W związku z tym montaż układu w tym zakresie należy powierzyć osobie posiadającej uprawnienia elektryczne w zakresie eksploatacji urządzeń o napięciu do 1 kV.

(korzystający z przerwania sprzętowego), dzięki czemu zminimalizowano ryzyko utraty danych przesyłanych przez moduły pokojowe w ramach komunikatów wysyłanych do koncentratora danych (koordynatora) czy zgłoszeń nowo zalogowanych urządzeń. Niemniej jednak, włączanie nowych modułów pokojowych i ich logowanie do sieci powinno odbywać się stopniowo by umożliwić poprawną konfigurację każdego z nich (nadawanie nazwy i proces odświeżenia wartości nastaw) bez ryzyka utraty danych. Przejdźmy, zatem do modułów wykonawczych nazywanych w naszym systemie modułami pokojowymi. Schemat ideowy takiego modułu pokazano na **rysunku 3**.

Tym razem do czynienia mamy z bardziej rozbudowanym systemem mikroprocesorowym, który do realizacji zamierzonej funkcjonalności wykorzystuje mikrokontroler ATmega8. Na pierwszy rzut oka wydawać by się mogło, iż zastosowanie mikrokontrolera ATmega8L jest rozwiązaniem nadmiarowym, gdyż wykorzystano jedynie niewielki potencjał zasobów sprzętowych. Po części jest to prawda, ponieważ ten mikrokontroler poza przeprowadzaniem konfigurowania modułu ZigBee jest odpowiedzialny wyłącznie za sterowanie fazowe dwoma żarówkami 230 V oznaczonymi jako *BULB1* i *BULB2*, realizowane w wyniku odebranych od modułu ETRX357 komend typu *unicast*. Jednak biorąc pod uwagę fakt, że różnice cenowe pomiędzy „małymi” mikrokontrolerami ATtiny a bardziej rozbudowanymi ATmega są niewielkie, zdecydowano się na wybór popularnej ATmegi8, co daje możliwość dalszej rozbudowy na przykład o sterowanie lokalne (przewidziano opcjonalne gniazdo rozszerzeń EX). W takim przypadku moduł ETRX357 realizuje sterowanie typu włącz/wyłącz dwoma żarówkami 230 V (za pośrednictwem optotriaka z detekcją zera napięcia sieci 230 V i triaka wykonawczego), sterowanie PWM przeznaczone do zasilania diod typu LED, obsługę czujnika alarmowego (opadające zbocze sygnału na wejściu PB0/IRQ2 modułu wymusza automatyczne wysłanie wiadomości do koncentratora danych) oraz pomiar temperatury z użyciem wbudowanego przetwornika ADC (wejście ADC0) oraz scalonego przetwornika typu temperatura/napięcie TC1047. Ponadto, wykorzystano sprzętową funkcję *TX\_Active* modułu ETRX357, dzięki której użytkownik jest informowany o pracy nadajnika modułu ZigBee za pomocą

Tabela 28.

| Rejestr                       | 0x1F                                                                                                                                                                                                                                        | Tylko odczyt |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Opis                          | Rejestr danych przetwornika ADC, kanał „0”                                                                                                                                                                                                  |              |
| Wartość domyślna              | brak                                                                                                                                                                                                                                        |              |
| Składnia komendy odczytującej | Lokalnie: AT51F?<br>Zdalnie: ATREMS:<address>,1F?                                                                                                                                                                                           |              |
| Zastosowanie                  | Rejestr ten pozwala na odczyt napięcia mierzonego przez wbudowany przetwornik ADC na wyprowadzeniu PB5/ADC0 modułu ZigBee. Zwracany zakres wartości 0000...2EE0 (dziesiętnie 0...12000) odpowiada mierzonemu napięciu z zakresu 0...1200mV. |              |

Tabela 29.

| Rejestr                          | 0x25                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Zapis | Wartość nieulotna |
|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------------------|
| Opis                             | Definiuje rodzaj akcji automatycznej podejmowanej przez moduł ZigBee po wyzwoleniu przerwania zewnętrznego IRQ2.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |       |                   |
| Wartość domyślna                 | 0001 (wybudza moduł ZigBee, jeśli pozostawał w trybie uśpienia)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |       |                   |
| Wartość ustawiana                | 0110 (wysyła do koncentratora danych stany portów wejściowych modułu ZigBee, wartości mierzonych napięć przetwornika ADC, wartość napięcia zasilania oraz wartość 8-bitowego licznika transmisji, który podlega inkrementacji po każdej tego typu transmisji. Jeśli w chwili zajścia zdarzenia nie jest znany adres koncentratora danych to moduł ZigBee uruchomi bezzwłocznie procedurę wyszukiwania koncentratora danych, jeśli został tak skonfigurowany - ustawiono bit 8 rejestru 0x10). |       |                   |
| Składnia komendy konfiguracyjnej | Lokalnie: AT525=0110<br>Zdalnie: ATREMS:<address>,25=0110                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |       |                   |
| Zastosowanie                     | Jak wyżej.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |       |                   |

Tabela 30.

| Rejestr                          | 0x28                                                                                              | Zapis | Wartość nieulotna |
|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------------------|
| Opis                             | Definiuje rodzaj akcji automatycznej podejmowanej przez moduł ZigBee po zalogowaniu się do sieci. |       |                   |
| Wartość domyślna                 | 0000 (brak)                                                                                       |       |                   |
| Wartość ustawiana                | 0050 (ustawia stan niski na porcie wyjściowym PA0).                                               |       |                   |
| Składnia komendy konfiguracyjnej | Lokalnie: AT528=0050<br>Zdalnie: ATREMS:<address>,28=0050                                         |       |                   |
| Zastosowanie                     | Jak wyżej.                                                                                        |       |                   |

Tabela 31.

| Timer  | Interwał czasu | Podejmowana akcja automatyczna                                                                                                                                                                                      |
|--------|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Timer0 | 1s             | Urządzenia typu End Device wysyłają zapytanie o przeznaczone dla nich dane (do swoich „rodziców” – routerów). Funkcję tą wykorzystują zazwyczaj urządzenia typu SED lub MED (urządzenia końcowe w trybie uśpienia). |
| Timer1 | 1min           | Koncentrator danych wysyła informacje o swoim adresie oraz optymalizowane są drogi routingu dla wiadomości na drodze do tego koncentratora                                                                          |
| Timer2 | 1min i 1s      | Urządzenie opuszcza sieć, jeśli pozostało jako jedyne                                                                                                                                                               |
| Timer3 | 1min           | Urządzenie loguje się do sieci, jeśli nie jest już częścią jakiegokolwiek sieci ZigBee                                                                                                                              |

diody oznaczonej jako TX oraz mechanizm, dzięki któremu sygnalizowany jest fakt zalogowania się modułu do sieci ZigBee (za pomocą diody oznaczonej jako JOINED).

Kilka słów uwagi wymaga zastosowany algorytm pozwalający na realizację sterowania fazowego źródłami światła na napięcie 230 V<sub>AC</sub>. Sterowanie takie polega na ograniczeniu prądu płynącego przez odbiornik zasilany napięciem sieciowym 230 V (w naszym wypadku żarówkę) poprzez „wycięcie” części przebiegu napięcia zasilającego w każdym okresie, podobnie jak to ma miejsce przy sterowaniu PWM tyle, że tu regulujemy „wypełnienie” sinusoidy napięcia za-

silającego. „Wypełnienie” to regulujemy poprzez zmianę czasu, który upływa od przejścia przebiegu napięcia zasilającego przez 0 do czasu zakończenia triaka wykonawczego. Im jest on dłuższy, tym jest mniejsza moc średnia dostarczana do odbiornika. Aby tego dokonać niezbędny jest dokładny układ synchronizujący nasz algorytm z przebiegiem napięcia sieciowego. Do tego celu wykorzystano popularny optoizolator PC814, który w swojej strukturze integruje dwie diody LED połączone przeciwobnie i fototranzystor wyjściowy. Dzięki temu na wyjściu tego elementu (kolektor wbudowanego fototranzystora) otrzymujemy bardzo wąską szpilkę dla każdego

przejścia przez zero przebiegu napięcia sieciowego. Narastające zbocze tejże szpilki wyzwala przerwanie zewnętrzne INT0, którego procedura obsługi odpowiedzialna jest za programowy mechanizm obsługi 2 kanałów regulacji fazowej. W procedurze tej uruchamiany jest układ

czasowo-licznikowy Timer2 w trybie CTC, dla którego parametry pracy dobrano w taki sposób, by w czasie jednej połówki przebiegu napięcia zasilającego (pomniejszonej o połowę szerokości szpilki wyzwalającej) nastąpiło 150 przerwań OC2 Timera2 w wyniku porównania zawartości

licznika z wartością rejestru OCR2. Przerwanie OC2 realizuje natomiast obsługę zaimplementowanych dwóch kanałów regulacji fazowej. Dla każdego z nich przewidziano 150 kroków regulacyjnych, których wartość zadawana jest przy pomocy zmiennych globalnych w głównej pętli programu obsługi (jako rezultat wykonania rozkazów przesłanych przez sterownik główny przy użyciu wiadomości *unicast*). Jako, że regulacja taka niesie za sobą niedogodność w postaci silnych zniekształceń prądu płynącego przez odbiornik, a co za tym idzie powstanie harmonicznych wyższego rzędu powodujących zakłócenia radioelektryczne (zwłaszcza w zakresie fal długich i średnich), zastosowano prosty układ gasika na wyjściu (C7/R16 i C8/R17) zmniejszający wspomniane zakłócenia. Kierując się tymi samymi wymogami, do sterowania pracą żarówek BULB3 i BULB4 (typu włącz/wyłącz), przewidziano zastosowanie optotriaka w wersji z wykrywaniem przejścia przez 0, ograniczając ryzyko pojawienia się niepożądanych zakłóceń.

## Montaż

Z uwagi na fakt, iż moduł sterownika głównego wykonano z przewagą technologii SMD zaś moduł pokojowy jako typowy układ przeznaczony do montażu przewlekane, opisy montażowe obu układów zostaną przedstawione oddzielnie. Schemat montażowy sterownika głównego pokazano na rysunku **rysunku 4**.

Płytę sterownika głównego zaprojektowano tak, aby można ją było przykręcić do naszego wyświetlacza w typowej konstrukcji „kanapkowej”. Zdecydowana większość elementów (łącznie z modułem ZigBee) znajdzie się pod wyświetlaczem. Montaż układu należy rozpocząć od wlutowania mikrokontrolera. Najprostszym sposobem montażu elementów o takim zagęszczeniu wyprowadzeń, niewymagającym jednocześnie posiadania specjalistycznego sprzętu, jest użycie typowej stacji lutowniczej, cyny o dobrej jakości z odpowiednią ilością topnika oraz plecionki rozlutowniczej, która umożliwi usunięcie nadmiaru cyny spomiędzy wyprowadzeń układów. Należy przy tym uważać, by nie uszkodzić termicznie układu. Po zamontowaniu mikrokontrolera, przystępujemy do montażu złączy ZIF, przeznaczonych do podłączenia taśmy panelu

REKLAMA

Tabela 32.

| Sterownik główny     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Komenda sterująca    | Znaczenie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| ATS0E=1CC4           | Ustanawia blokady powiadomień: PWRCHANGE:nn, ACK:XX, NACK:XX, SR:XX, SINK, SEQ:XX.                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| ATS0F=007F           | Ustanawia dodatkowe blokady powiadomień: menedżera sieci, Data-MODE, CLOSED, OPEN, sink advertisement, COO, FFD, SED, MED.                                                                                                                                                                                                                                                           |
| ATS10=0011           | Wyłącza dołączanie numeru EUI64 do nagłówka wiadomości sieciowych. Ustanawia bieżący moduł ZigBee koncentratorem danych.                                                                                                                                                                                                                                                             |
| ATS09=<key>:password | Ustanawia wartość klucza uwierzytelniającego.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| ATS0A=0114:password  | Wymusza użycie predefiniowanego klucza uwierzytelniającego.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| AT+N?                | Sprawdza czy moduł ZigBee jest już składnikiem wcześniej utworzonej sieci ZigBee. Kontrola tego typu jest niezbędna z uwagi na fakt, iż po zaniku zasilania wszystkie moduły ZigBee pamiętają swoje parametry sieciowe w związku, z czym jeśli proces tworzenia sieci był już przeprowadzany to nie ma potrzeby ponownego ustanawiania sieci (w tym przypadku moduł zgłosiłby błąd). |
| AT+EN                | Utworzenie nowej sieci ZigBee w przypadku, gdy proces ten nie był wykonywany wcześniej (j.w.)                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

Tabela 33.

| Moduł pokojowy       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Komenda sterująca    | Znaczenie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| ATS13=00000500       | Ustawia właściwości portów I/O modułu ZigBee                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| ATS16=00FFDAFF       | Ustawia kierunek portów I/O modułu ZigBee (wartość ulotna)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| ATS17=00FFDAFF       | Ustawia domyślną wartość rejestru kierunku portów wczytywaną po restarcie modułu lub po włączeniu zasilania                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| ATS18=00000001       | Ustawia stany na wyjściach modułu ZigBee (wartość ulotna)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| ATS19=00000001       | Ustawia domyślne stany na wyjściach modułu ZigBee wczytywaną po restarcie modułu lub po włączeniu zasilania                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| ATS1B=2EE0           | Ustawia częstotliwość przebiegu PWM: 1 kHz (wartość ulotna)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| ATS1C=2EE0           | Ustawia domyślną wartość częstotliwości przebiegu PWM: 1 kHz wczytywaną po restarcie modułu lub po włączeniu zasilania                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| ATS1D=0000           | Ustawia wypełnienie przebiegu PWM: 0%                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| ATS1E=0000           | Ustawia domyślną wartość wypełnienia przebiegu PWM: 0% wczytywaną po restarcie modułu lub po włączeniu zasilania                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| ATS11=8110           | Ustanawia wyzwalanie przerwania zewnętrznego IRQ2 modułu ZigBee przy pomocy opadającego zbocza sygnału na wejściu PB0. Uruchamia moduł niwelujący drgania styków dla wszystkich wejść przerwań zewnętrznych. Włącza generowanie przebiegu PWM na wyjściu PB7 modułu ZigBee                                                                                                                    |
| ATS15=00202600       | Uaktywiania wyjście TXD i wejście RXD interfejsu RS232 (ustawienie domyślne). Uaktywiania wejście ADC0 wbudowanego przetwornika ADC. Uaktywiania wyjście TX_Active modułu ZigBee.                                                                                                                                                                                                             |
| ATS0E=1CC4           | Ustanawia blokady powiadomień: PWRCHANGE:nn, ACK:XX, NACK:XX, SR:XX, SINK, SEQ:XX.                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| ATS0F=007F           | Ustanawia dodatkowe blokady powiadomień: menedżera sieci, Data-MODE, CLOSED, OPEN, sink advertisement, COO, FFD, SED, MED.                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| ATS25=0110           | Definiuje rodzaj akcji automatycznej podejmowanej przez moduł ZigBee po wyzwoleniu przerwania zewnętrznego IRQ2.                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| ATS28=0050           | Definiuje rodzaj akcji automatycznej podejmowanej przez moduł ZigBee po zalogowaniu się do sieci.                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| ATS09=<key>:password | Ustanawia wartość klucza uwierzytelniającego.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| ATS0A=0114:password  | Wymusza użycie predefiniowanego klucza uwierzytelniającego.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| AT+N?                | Sprawdza czy moduł ZigBee jest już składnikiem wcześniej utworzonej sieci ZigBee. Kontrola tego typu jest niezbędna z uwagi na fakt, iż po zaniku zasilania wszystkie moduły ZigBee pamiętają swoje parametry sieciowe w związku, z czym jeśli proces logowania do sieci był już przeprowadzany to nie ma potrzeby ponownego logowania do tejże sieci (w tym przypadku moduł zgłosiłby błąd). |
| AT+JN                | Zalogowanie do sieci ZigBee w przypadku, gdy proces ten nie był wykonywany wcześniej (j.w.)                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |



Przejdźmy do schematu montażowego modułu pokojowego, który pokazano na **rysunku 5**. Jest to układ mikroprocesorowy znacznie łatwiejszy w montażu od poprzedniego. Jego montaż rozpoczynamy od wlutowania modułu ZigBee postępując jak w poprzednim wypadku. Następnie wlutowujemy elementy bierne, potem

Poprawnie zmontowany układ powinien działać tuż po włączeniu zasilania. Schemat połączeniowy modułu pokojowego pokazano na **rysunku 6**. Napięcie zasilania diod świecących stanowiących oświetlenie diodowe dobrze należy w zależności od liczby i rodzaju zastosowanych elementów.

Podstawowym założeniem projektowym podczas konstruowania graficznego interfejsu użytkownika systemu intelliDom była chęć zbudowania możliwie najprostszego, a zarazem czytelnego i funkcjonalnego środowiska współpracy urządzenia z użytkownikiem, korzystającego ze znanych z systemów operacyjnych kontrolerek. W ten oto sposób utworzono interfejs, w którym nastawy dla każdego z zalogowanych modułów ZigBee podzielone zostały na tzw. strony używające zakładek. Zebrane na nich wszystkie kontrolki odpowiedzialne za nastawy poszczególnych parametrów (przyciski „+” i „-” oraz symbole podświetlanych włączników) i symbole graficzne informujące o stanie regulowanych urządzeń (symbole żarówki i diody LED). Dodatkowo, w prawej części ekranu, zgrupowano symbole 8 diod świecących sygnalizujących wystąpienie alarmu na odpowiadającym im module pokojowym (wystąpienie opadającego zbrocza sygnali na złączu „Alarm” modu-



łu pokojowego). Alarm taki powoduje dodatkowo ustawienie wyjścia „Alarm” sterownika głównego na czas około 0,5 sekundy.

Trzeba podkreślić, że algorytm obsługi panelu dotykowego zoptymalizowano pod kątem obsługi za pomocą palca, co dodatkowo upraszcza proces dokonywania wszelkich regulacji. Zmianę stron grupujących elementy regulacyjne dla poszczególnych modułów ZigBee wykonujemy przy pomocy symboli strzałek umieszczonych w dolnej części ekranu, przy czym zmiana taka możliwa jest, co oczywiste, w ramach dostępnych i zalogowanych wcześniej modułów pokojowych. Wartość temperatury mierzonej przez poszczególne moduły pokojowe odświeżana jest w odstępach ok. 5-sekundowych. Jako, że po wyłączeniu i ponownym włączeniu zasilania sterownika głównego, pamięta on parametry sieciowe zalogowanych wcześniej modułów pokojowych, nie ma potrzeby każdorazowego logowania tych modułów do sieci ZigBee. W takim wypadku sterownik główny jedynie odpytuje wszystkie zalogowane moduły pokojowe o stan elementów regulacyjnych, które podlegają regulacji, aby wartości wyświetlane na ekranie odpowiadały rzeczywistym ustawieniom modułów pokojowych. Każda udana regulacja sygnalizowana jest krótkim dźwiękiem emitowanym przez wbudowany buzzer piezoelektryczny. Błędy mogące pojawić się w czasie wysyłania rozkazów sterujących (np. brak odpowiedzi modułu pokojowego czy wy-

łączenie zasilania tegoż modułu) generują długi sygnał dźwiękowy. W przypadku pierwszego włączenia modułu sterownika głównego i braku jakichkolwiek modułów pokojowych, sterownik ten będzie oczekiwał na włączenie i zalogowanie co najmniej jednego modułu pokojowego – do tego czasu ekran regulacyjny będzie niedostępny. Każdorazowe logowanie nowego modułu pokojowego uruchamia procedurę nadawania „przejaznej” nazwy użytkownika dla tegoż modułu, która to pokazywana będzie w pasku zakładek. Proces ten wywołuje ekran konfiguracyjny.

Po nadaniu nazwy, sterownik główny odpytuje moduł pokojowy o wszystkie nastawy regulacyjne, po czym doda odpowiednią zakładkę do paska zakładek, pod warunkiem, że nie przekroczono dopuszczalnej liczby 8 obsługiwanych modułów pokojowych. W przeciwnym wypadku zgłoszenie nowego modułu pokojowego zostanie odrzucone, a sam moduł wylogowany zdalnie z sieci ZigBee (należy w takim wypadku wyłączyć jego zasilanie, gdyż będzie się on zgłaszał w odstępach 1-minutowych). W wypadku restartu zasilania modułu pokojowego, który był wcześniej zalogowany do sieci, moduł taki poinformuje sterownik główny o takim zdarzeniu oraz o fakcie wyzerowania wszystkich ustawień regulacyjnych – stan domyślny po włączeniu zasilania, co spowoduje aktualizację stosownych nastaw i automatyczne przejście sterownika głównego do odpowiedniej zakładki grupującej

nastawy tego modułu. Pomimo iż w programie obsługi sterownika głównego zaimplementowano programowy bufor cykliczny interfejsu USART o pojemności 256 bajtów, zmniejszający ryzyko utraty danych przesyłanych przez moduły pokojowe w ramach komunikatów wysyłanych do koncentratora danych (koordynatora) czy zgłoszeń nowo zalogowanych urządzeń, włączanie nowych modułów pokojowych powinno odbywać się stopniowo, by umożliwić poprawną konfigurację każdego z nich bez ryzyka utraty danych (kolejny moduł należy włączać dopiero po zakończeniu procesu konfiguracji aktualnie zgłoszonego modułu). Dodatkowo, przewidziano możliwość rekonfiguracji całego systemu poprzez wyczyszczenie parametrów wszystkich urządzeń (w tym informacji o konfiguracji sieci ZigBee) zalogowanych wcześniej do systemu. W tym celu podczas włączania sterownika głównego należy przycisnąć prawy górny róg ekranu interfejsu użytkownika w miejscu wskazanym ikoną „rączki”. Następnie podczas sukcesywnego włączania kolejnych modułów pokojowych należy zewrzeć zworę umieszczoną na ich obwodach drukowanych oznaczoną symbolem „CLEAR” (tylko na czas włączenia urządzenia) co spowoduje ponowne zgłoszenie się takiego modułu do sterownika głównego zapewniając możliwość konfiguracji nazwy oraz zapamiętanie parametrów sieciowych urządzenia.

**Robert Wołgajew, EP**