

Sieć ZigBee w praktyce (2)

Zaawansowane funkcje modułów Telegesis ETRX357



Już dawno temu moduły komunikacyjne przestały służyć tylko do transmisji danych. Zwykle zastosowany w nich mikrokontroler ma zapas mocy obliczeniowej, którą można przeznaczyć na realizację prostych zadań związanych ze sterowaniem. W tym odcinku kursu będą opisane zaawansowane funkcje modułów ETRX357, które umożliwiają zaprogramowanie reakcji modułu na różne zdarzenia.

Oprogramowanie umieszczone w modułach pozwala na wykonanie szeregu działań w przypadku wystąpienia zdarzeń, takich jak: zewnętrzne przerwanie, uruchomienie modułu, dołączenie do sieci, przepełnienie Timera.

Podejmowane działania są definiowane za pomocą wartości wpisywanych do odpowiednich rejestrów. Timery konfiguruje się za pomocą dwóch rejestrów: wartości progowej oraz definiującego podejmowaną akcję. Pozostałe zdarzenia tylko poprzez wartość określającą podejmowaną akcję. Dokładniejszy opis sposobów konfigurowania zostanie omówiony w przykładach programowania modułów. Niektóre z działań możliwych do wykonania to:

- 0000 – nie są podejmowane żadne działania,
- 0001 – zmiana trybu zasilania na 0 (patrz tabela 1),
- 0002 – zmiana trybu zasilania na 1 (patrz tabela 1),
- 0003 – zmiana trybu zasilania na 2 (patrz tabela 1),
- 0004 – zmiana trybu zasilania na 3 (patrz tabela 1),
- 0015 – w przypadku gdy moduł nie jest dołączony do sieci, przeprowadź skanowanie kanałów radiowych i dołącz do sieci o najlepszym sygnale,
- 0018 – kopiuje lokalne wejścia do zdalnych wyjść, czyli: odczytaj lokalny rejestr S1A i jeśli nastąpiła zmiana od poprzedniego odczytu, zapisz stan do rejestru S18 modułu zdalnego, którego adres podany jest w rejestrze S3B,
- 001D – zakończ tryb transmisji danych, jeśli aktywny,
- 003X – zmień stan wejścia/wyjścia X na przeciwny,
- 004X – podciągnij wejście/wyjście X do masy (pull-down) na 250 ms,

- 005X – wyzeruj (0) wejście/wyjście X,
- 006X – ustaw (1) wejście/wyjście X,
- 0108 – wyślij zawartość rejestru S3B do punktu zbiorczego sieci (*sink*),
- 0109 – wyślij zawartość rejestru S3C do punktu zbiorczego sieci (*sink*),
- 0110 – wyślij odczytany stan wejść/wyjść, wartości dwóch przetworników A/C oraz napięcie zasilania (w mV); do wiadomości dołącz 8-bitowy licznik transmisji inkrementowany po każdej transmisji do punktu zbiorczego (*sink*); jeśli punkt zbiorczy nieznany, należy go znaleźć; po 3 nieudanych transmisjach nastąpi wyszukanie nowego punktu zbiorczego.
- 0120 – wyślij zawartość rejestru S3B w trybie transmisji danych,
- 0121 – wyślij zawartość rejestru S3C w trybie transmisji danych,
- 02XX – jeśli moduł jest punktem zbiorczym (*sink*), roześlij tę wiadomość w sieci przez XX skoków (maksymalna liczba skoków wynosi 30); jeśli moduł jest koordynatorem (*COO*), utwórz zbiór ścieżek wymaganych przez centrum uwierzytelniające (*Trust Centre*),
- 0300 – zwiększ o jeden zawartość rejestru S46,
- 0301 – zmniejsz o jeden zawartość rejestru S46,
- 0302 – wyzeruj zawartość rejestru S46,
- 2100 – wyślij zawartość rejestru S3B przez UART; na końcu wartości jest dodawany znacznik powrotu karetki (0D), nie jest konieczne dodawanie przedrostka *at*,
- 2101 – wyślij zawartość rejestru S3C na wejście lokalnego portu UART; na koniec zawartości dodawany jest znacznik powrotu karetki (0D), nie jest konieczne dodawanie przedrostka *at*,
- 24XX – uruchom timery których maska zawarta jest w XX,



Dodatkowe materiały na CD/FTP:
<ftp://ep.com.pl>, user: 12147, pass: 2e7u6a2a
 • pierwsza część kursu

- 25XX – zmień stan timerów których maska zawarta jest w XX,
- 26XX – zatrzymaj timery których maska zawarta jest w XX,

Opisane działania mogą zostać wykonane w wyniku wystąpienia jednego z czterech zewnętrznych sygnałów generujących przerwania IRQ0, IRQ1, IRQ2, IRQ3, w chwili dołączenia do sieci, po przepełnieniu jednego z ośmiu timerów/liczników. Zawartość timerów/liczników jest zwiększana co 250 ms (4 razy na sekundę), w chwili przepełnienia timera jest wykonywane działanie określone w odpowiednim rejestrze. Aby timer samoczynnie uruchamiał się po przepełnieniu, należy w rejestrze odpowiedzialnym za jego funkcjonalność ustawić najstarszy bit.

Domyślnie pierwsze cztery timery wykorzystywane są przez moduł do zarządzania zadaniami związanymi z działaniem modułu w sieci. I tak, jeśli moduł działa jako urządzenie końcowe, to timer 0 odpowiedzialny jest za monitorowanie modułu nadrzędnego – rodzica. Działanie timera 0 ustawiane jest za pomocą dwóch rejestrów S29 i S2A. Pierwszy z nich zawiera 16-bitowy próg przepełnienia, drugi – funkcjonalność timera. Fabrycznie rejestr S29 ma wartość 0004 (przepełnianie co 1 s), a S2A – 8010.

Timer 1 wykorzystywany jest do rozgłaszania przez punkt zbiorczy swojej obecności w sieci. Rejestr S2B (próg) ma wartość 00F0 (przepełnianie co jedną minutę), rejestr

S2C określający funkcjonalność – 821E (rozglaszanie przez 30 skoków).

Timer 2 powoduje opuszczenie sieci jeśli jest w niej tylko ten moduł. Próg przechowywany w rejestrze S2D ustawiony jest na 00F4 (przepełnienie co jedną minutę i jedną sekundę). Funkcjonalność w rejestrze S2E – 8014.

Timer 3 przepełnia się co jedną minutę, rejestr S2F – 00F2. Podejmowane działanie o numerze 8015 powoduje wykonanie polecenia dołączenia do sieci (at+ju) jeśli moduł nie jest obecnie połączony z żadną siecią przechowywaną jest w rejestrze S30. Zawartość rejestrów S29 – S30 przechowywana jest w pamięci nieulotnej i może być zmieniana przez użytkownika jeśli zajdzie taka konieczność.

Pozostałe cztery timery mają fabrycznie ustawioną funkcjonalność na 0000 – brak działania.

Ponadto możliwe jest wykonanie niektórych z wyżej wymienionych działań w chwili uruchomienia modułu. Należy pamiętać iż działanie zostanie wykonane przed uruchomieniem protokołu komunikacyjnego Zig-Bee, a więc nie można wykorzystać działań skutkujących przeprowadzeniem transmisji radiowej do innych modułów. Działanie to jest ustawiane w rejestrze S27.

Określenie działania wykonywanego w chwili podłączenia modułu do sieci ustawiane jest w rejestrze S28.

Wywołanie przerwania IRQ0 – IRQ3 może nastąpić na zboczach narastającym sygnału wejściowego, opadającym, lub na obu jego zboczach. Wybór zbocza definiowany jest w młodszym bajcie 16-bitowego rejestru S11, po ustawieniu odpowiedniego bitu, zgodnie z tabelą 1.

Przykład wykorzystania przerwania w pracy modułu można przedstawić w zadaniu polegającym na cyklicznym przesyłaniu raportu o stanie portów I/O, poziomie przetworników A/C, 8-bitowego numeru transmisji oraz napięciu zasilania do punktu zbiorczego. Aby to osiągnąć użyty będzie Timer 4, konfigurowany za pomocą rejestrów S31 – próg, oraz S32 – działanie. Ustawienie zawartości rejestru S31 na wartość 0014 odpowiada przepełnianiu się timera co 5 sekund. Można to zrealizować na dwa sposoby:

Tabela 1. Znaczenie bitów rejestru S11

Bit	Funkcja
Bit 8	Filtr przeciwzakłóceniuowy (100 ms)
Bit 7	IRQ3 na zboczu narastającym
Bit 6	IRQ3 na zboczu opadającym
Bit 5	IRQ2 na zboczu narastającym
Bit 4	IRQ2 na zboczu opadającym
Bit 3	IRQ1 na zboczu narastającym
Bit 2	IRQ1 na zboczu opadającym
Bit 1	IRQ0 na zboczu narastającym
Bit 0	IRQ0 na zboczu opadającym

– jeśli z modułem można połączyć się za pomocą portu UART, korzystając z komendy lokalnego zapisu do rejestru *ats31=0014*,

– zdalnie przez zapis do rejestru za pomocą komendy *atremms*, w tym wypadku należy znać adres modułu docelowego np. *atremms:0021ED0000071EEA,31=0014*.

W ten sam sposób należy zmodyfikować zawartość rejestru S32 określając działanie o numerze 0110 podejmowane w momencie przepełnienia timera, a więc modyfikacja lokalna zostanie wykonana za pomocą komendy *ats32=0110*, natomiast zdalna *atremms:0021ED0000071EEA,32=0110*.

Jak napisano wcześniej, samoczynne uruchomienie timera po osiągnięciu wartości progowej można zrealizować ustawiając najstarszy bit rejestru, w którym ustawia się typ podejmowanego działania. Można to uzyskać wpisując w poprzednim kroku do rejestru S32 wartość docelową 8110, bądź też ustawiając później najstarszy bit tego rejestru za pomocą komendy lokalnej *ats32f=1* lub zdalnej *atremms:0021ED0000071EEA,32f=1*. Na koniec należy modułowi lokalnemu przypisać funkcję punktu zbiorczego. Dokonuje się tego za pomocą ustawienia czwartego bitu w rejestrze S10 komendą *ats104=1*.

W wyniku powyższych ustawień, moduł lokalny pracujący jako punkt zbiorczy – *sink* – wysyła poprzez swój port UART komunikaty sygnalizujące odebranie od modułu zdalnego wiadomości. Mogą one wyglądać następująco:

```
SDATA:0021ED0000071EEA,0000,FFDC,FFDC,00,2177
```

```
SDATA:0021ED0000071EEA,0000,FFDC,FFDD,01,2176
```

```
SDATA:0021ED0000071EEA,0000,FFDC,FFDC,02,2177
```

```
SDATA:0021ED0000071EEA,0000,FFDC,FFDC,03,2175
```

```
SDATA:0021ED0000071EEA,0000,FFDC,FFDC,04,2175
```

...

gdzie:

- 0021ED0000071EEA – 64 bitowy adres modułu zdalnego (szesnastkowo),
- 0000 – stan wejść/wyjść (szesnastkowo),
- FFDC,FFDC – stan przetworników analogowo-cyfrowych (szesnastkowo),
- 04 – 1-bajtowy licznik transmisji (szesnastkowo),
- 2175 – napięcie zasilania modułu [mV].

Przytoczony przykład pozwala na zdalne odczytanie stanu portów wejść/wyjść. Jednak jego wadą jest cykliczne – co 5 sekund – przesyłanie komunikatów drogą radiową, nawet jeśli nie nastąpiła zmiana stanu portów. Skutkiem takiego działania jest między innymi zwiększony pobór prądu, co w przypadku zasilania baterijnego ma duże znaczenie. W celu zaoszczędzenia energii

zgromadzonej w bateriach można wydłużyć czas, po którym nastąpi przepełnienie timera i jednocześnie przeprowadzenie transmisji, ale zwiększy się opóźnienie reakcji systemu komunikacyjnego na rzeczywiste zmiany sygnałów na portach wejściowych. Ponadto, chwilowe zmiany mogą zostać całkowicie pominięte. Innym sposobem przesłania stanu portów jest skorzystanie z działania 0018 – kopiuje porty lokalne na porty modułu zdalnego, którego adres jest podany w rejestrze S3B. Wówczas transmisja nastąpi tylko wtedy, gdy odczytany stan portów jest inny od poprzedniego. Użycie tego działania w połączeniu z minimalnym progiem timera (0,25 s) umożliwi energooszczędną realizację monitorowania zdalnych portów. Średni pobór prądu pobieranego przez tak skonfigurowany moduł komunikacyjny będzie wynosił ok. 0,25 mA.

Aby jeszcze bardziej ograniczyć pobieraną energię należy wykorzystać obsługę przerwania generowanych przez sygnały zewnętrzne. Do zademonstrowania tego przykładu zostanie użyte przerwanie IRQ2 w module zdalnym, wyzwolane zboczami sygnału podawanego na wejście PBO (pin 25 modułu ETRX357). W celu obsługi zarówno zbocza narastającego jak i opadającego ustawione zostaną bity 4 i 5 rejestru S11 za pomocą komendy lokalnej *ats114=1* oraz *ats115=1*. Ponadto, zostanie ustawiony 8 bit odpowiedzialny za włączenie filtrowania zakłóceń powstających przez drgające styki przełącznika. W tym celu użyto komendy *ats118=1*. Sprawdzenie prawidłowości powyższych zmian poprzez odczyt rejestru S11 skutkuje uzyskaniem odpowiedzi

```
0135
```

```
OK
```

Postać heksadecymalna 0135 odpowiada postaci binarnej 0000000100110101, a więc zostały ustawione bity 4, 5 i 8. Bit 0 oraz 2 są ustawione fabrycznie.

W następnym kroku należy ustawić działanie podejmowane przez moduł w chwili wystąpienia przerwania IRQ2, które jest konfigurowane za pomocą rejestru S25. Można skorzystać z dwóch wcześniej użytych działań tj. 0018 lub 0110. W ten sposób skonfigurowany moduł zdalny będzie przysyłał komunikat tylko w chwili rzeczywistej zmiany stanu sygnału zewnętrznego. Jeśli dodatkowo zostanie wprowadzony w trzeci tryb zasilania (tabela 1), a zmiany sygnału zewnętrznego nie będą występowały często, układ może pracować kilka – kilkanaście miesięcy na jednym komplecie baterii R6 (AA).

W kolejnej części opisana zostanie przykładowa aplikacja współpracująca z modułami komunikacyjnymi ETRX357.

Arkadiusz Hutnik
a.hutnik@op.pl