

Systemy dla Internetu Rzeczy (13)

Zestaw CC26x2R1 LaunchPad

Autor dziękuje panu Marcinowi Paszkiewiczowi, szefowi polskiego oddziału firmy Texas Instruments, za udostępnienie modułów sprzętowych CC26X2R1 LaunchPad.

Postęp w dziedzinie układów komunikacji bezprzewodowej jest bardzo szybki. Dotyczy to także rodziny procesorów komunikacyjnych rodziny CC13xx/CC26xx firmy Texas Instruments. Obecnie pojawiły się pierwsze układy z serii CC26x2. Nie jest dostępna dokumentacja nowego układu CC2652R1F ale pojawił się już zestaw startowy SimpleLink CC26x2 wireless MCU LaunchPad Development Kit (LAUNCHXL-CC26X2R1) z tym układem. Już teraz uzyskaliśmy moduły serii przedprodukcyjnej i możemy zaprezentować rezultaty pierwszych testów.

Wielordzeniowy procesor CC2652R1F typu SOC (System on Chip) rodziny CC26xx o firmy Texas Instruments jest przeznaczony dla komunikacji bezprzewodowej w pasmie ISM 2,4 GHz. Należy on do platformy *SimpleLink MCU Platform* [1]. Platforma integruje układy scalone, moduły uruchomieniowe, środowisko programowe *Code Composer Studio* (CCS), pakiety programowe *Software Development Kit* (SDK), pakiety przykładowych projektów programowych (witryna TIREX), oraz warsztaty praktyczne (*SimpleLink Academy*) [8]. Całość jest optymalizowana pod kątem tworzenia projektów dla Internetu Rzeczy. Szerszy opis narzędzi programowych platformy *SimpleLink* został zamieszczony w artykule w EP12/2017 [S12].

Układy CC2652R1F mają nowy rdzeń główny ARM Cortex-M4F (zamiast Cortex-M3) oraz powiększoną pamięć Flash do 352 kB (zamiast 128 kB) oraz pamięć RAM do 80 kB (zamiast 28 kB) [9]. Jest to bardzo duża zmiana jakościowa (rysunek 1). Nowy rdzeń ma bardzo rozbudowane mechanizmy sprzętowe debugowania i śledzenia.

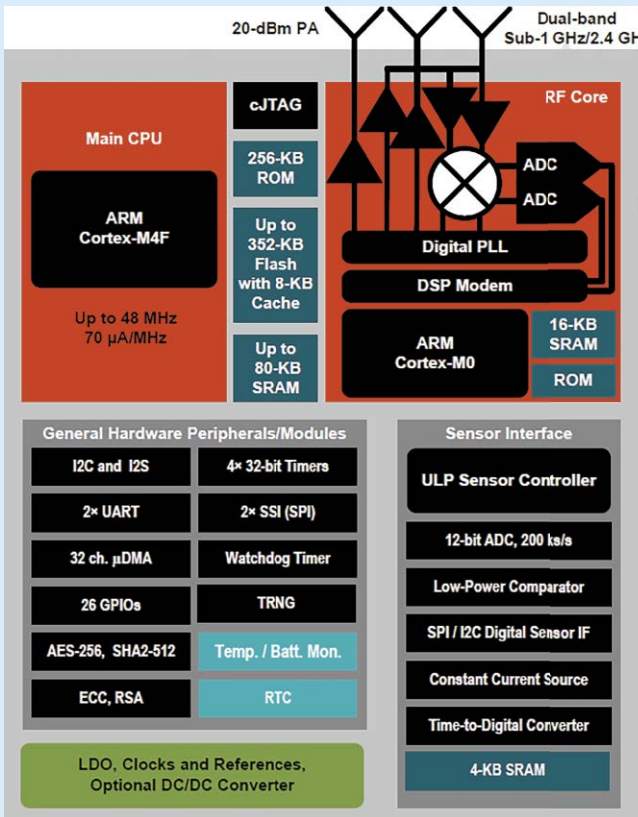
Rdzeń Sensor Controller też ma powiększoną dwukrotnie pamięć RAM (4 kB), dodano sprzętowy układ mnożenia z akumulacją, dynamiczne sterowanie poborem mocy, zwiększono liczbę liczników do trzech oraz umożliwiono sprzętowe sterowanie transmisją SPI [2]. Układ scalony CC2652R1 obsługuje protokoły komunikacyjne standardu IEEE 802.15.4 (Thread/ZigBee) oraz Bluetooth 5 low Energy [4].

Zestaw startowy CC26x2R1 LaunchPad

Zestaw startowy *SimpleLink CC26x2 wireless MCU LaunchPad Development Kit* (LAUNCHXL-CC26X2R1 może być wyposażony w różne układy scalone [5]:

Pozostałe artykuły kursu

- S1. Systemy dla Internetu Rzeczy (1). Zestaw CC2650 SensorTag, „Elektronika Praktyczna” 12/2016
- S2. Systemy dla Internetu Rzeczy (2). Użytkowanie zestawu CC2650 SensorTag, „Elektronika Praktyczna” 1/2017
- S3. Systemy dla Internetu Rzeczy (3). Moduły rozszerzeń DevPack dla zestawu SensorTag, „Elektronika Praktyczna” 2/2017
- S4. Systemy dla Internetu Rzeczy (4). Zestaw CC1310 LaunchPad, „Elektronika Praktyczna” 3/2017
- S5. Systemy dla Internetu Rzeczy (5). System operacyjny czasu rzeczywistego TI-RTOS – pierwszy program, „Elektronika Praktyczna” 4/2017
- S6. Systemy dla Internetu Rzeczy (6). System operacyjny czasu rzeczywistego TI-RTOS – zadania i przerwania, „Elektronika Praktyczna” 5/2017
- S7. Systemy dla Internetu Rzeczy (7). Bluetooth Low Energy, „Elektronika Praktyczna” 6/2017
- S8. Systemy dla Internetu Rzeczy (8). Zestaw startowy CC2650 LaunchPad, „Elektronika Praktyczna” 7/2017
- S9. Systemy dla Internetu Rzeczy (9). Zestaw startowy CC1350 LaunchPad, „Elektronika Praktyczna” 9/2017
- S10. Systemy dla Internetu Rzeczy (10). Zestaw CC1350 SensorTag, „Elektronika Praktyczna” 10/2017
- S11. Systemy dla Internetu Rzeczy (11): Bezprzewodowa sieć czujników z transmisją dwupasmową, „Elektronika Praktyczna” 11/2017
- S12. Systemy dla Internetu Rzeczy (12). Oprogramowanie narzędziowe dla układów CC26xx i CC13xx platformy SimpleLink, „Elektronika Praktyczna”, 12/2017

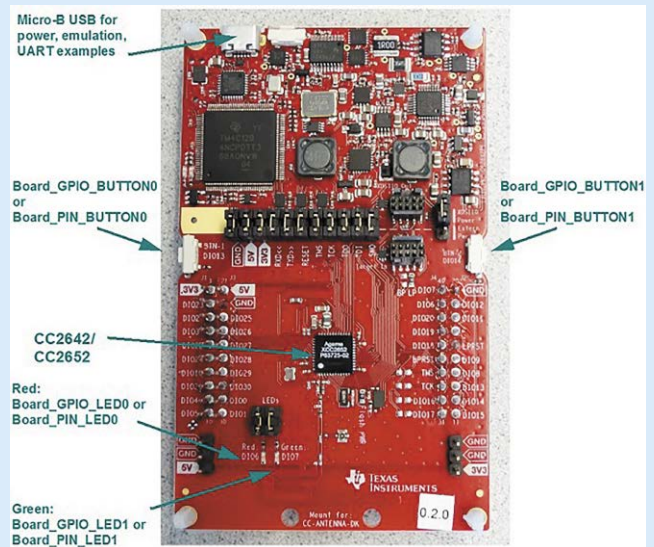


Rysunek 1. Schemat blokowy układów scalonych rodziny CC13x2/ CC26x2 [2].

- CC2642R1 LaunchPad – zawiera układ scalony CC2642R1 (obsługa standardu Bluetooth 5 low energy).
- CC2652R1 LaunchPad – zawiera układ scalony CC2652R1 (obsługa standardu IEEE 802.15.4 (Thread i Zigbee) oraz Bluetooth 5 low energy).

Cała elektronika zestawu CC26x2R1 LaunchPad jest umieszczona na jednej wielowarstwowej płytce drukowanej. Jest ona zorganizowana w taki sam sposób, jak inne płytki zestawów z układami scalonymi serii CC13xx/26xx jak CC2650 LaunchPad i CC1310 LaunchPad.

Płytkę jest podzielona na dwie części: u góry płytki jest emulator sprzętowy standardu XDS110 oraz układ monitora mocy a na dole układ scalony CC26x2R1F (rysunek 2). Patrząc od góry, na płytce znajduje się złącze USB micro. Do niego może być dołączony komputer PC lub ładowarka USB. Emulator standardu XDS110 został zrealizowany z wykorzystaniem procesora komunikacyjnego TM4C129 (Tiva). Procesor ten zapewnia obsługę pełnego łącza emulacyjnego JTAG procesora CC26x2R1F. Do układu dołączone są dwie diody LED sygnalizujące aktywność komunikacyjną. Dodatkowo do układu dołączone są sygnały procesora CC26x2R1F łącza standardu UART. Drajwer programowy na komputerze PC udostępnia dwa kanały emulatora oraz dwa kanały danych – wirtualnego łącza UART (VCOM).

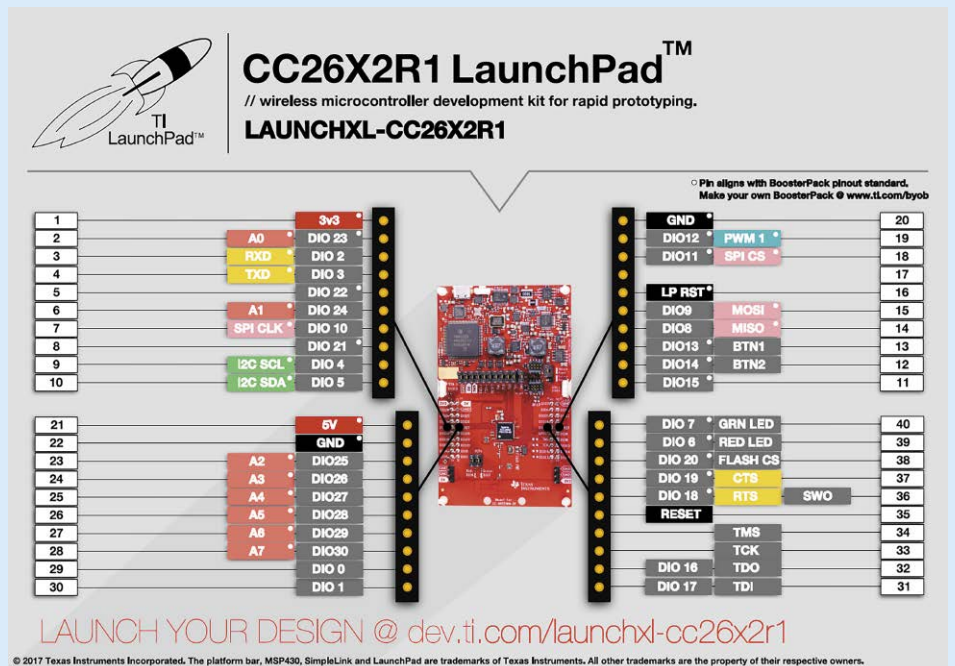


Rysunek 2. Zestaw startowy CC26x2R1 LaunchPad [9]

Regulator 3,3 V, dołączony do gniazdka USB, dostarcza zasilanie do emulatora i procesora. W tej części znajduje się także układ monitorowania pobieranej mocy „EnergyTrace HDR” z rezystorem 1 Ω, wzmacniaczem pomiarowym INA118 oraz 24b przetwornikiem A/C. Obecnie (12.2017) nie ma jeszcze dostępu do dokumentacji i opisu tego układu.

W środku płytki znajduje się poziomy szereg zwoj, które pozwalają na rozłączenie połączenia pomiędzy emulatorem i procesorem. Na złączach J1...J4 jest udostępnionych trzydzieści (wszystkie) wyprowadzeń wejścia-wyjścia (GPIO) układu scalonego CC26x2R1F oznaczane „DIOxx”, gdzie xx-numery od 01 do 30 oraz sygnały łącza JTAG i sygnał reset („LPRST”) [2]. Sposób dołączenia pokazano na **rysunku 3**. Dodatkowo, na dole płytki są umieszczone dwa potrójne złącza z wyprowadzoną masą „GND” oraz zasilaniem „3,3 V” oraz „5 V” (nieużywane na płytce).

Do wyprowadzenia DIO7 układu scalonego CC26x2R1F jest dołączona poprzez zworę zielony LED. Do wyprowadzenia DIO6 jest dołączona poprzez zworę czerwony LED. Do wyprowadzenia DIO13 jest poprzez rezystor dołączony przycisk SW1 „BTN-1” (po lewej stronie płytki). Do wyprowadzenia DIO14 jest poprzez



Rysunek 3. Dołączenie wyprowadzeń układu scalonego CC26x2 do złącz płytki zestawu [2].

rezystor dołączony przycisk SW2 „BTN-2” (po prawej stronie płytki). Na górze płytki jest umieszczony przycisk SW3 „Reset” dołączony do wejścia RESET_N układu scalonego CC26x2R1F. Umożliwia on wykonanie sprzętowego restartu procesora.

Na samym dole jest umieszczona antena wykonana na płytce drukowanej. Antena pozwala na pracę w paśmie 868 MHz ISM (Europa) oraz 915 MHz ISM (USA). Na płytce jest zamontowane złącze radiowe (typu uSMA(JSC), żeńskie 50 Ω). Umożliwia ono dołączenie anteny zewnętrznej. **Płytką jest dopuszczona do użytkowania na terenie Unii Europejskiej i firma Texas Instruments udostępnia certyfikat zgodności [6].**

Do układu scalonego CC26x2R1F są dołączone, umieszczone na płytce, rezonatory kwarcowe: główny o częstotliwości 48 MHz, dla zegara RTC 32,768 kHz. Pamięć Flash 8 Mbit (o bardzo małym poborze mocy) jest obsługiwana poprzez 4-przewodowe łącze SPI.

Pakiet programowy SIMPLELINK-CC26X2-SDK

Dla procesorów komunikacyjnych rodziny CC26x2 przeznaczony jest pakiet programowy *SimpleLink CC26x2 SW Development Kit including Thread stack* [9]. Obecnie (początek 12.2017) dostępna jest wersja przedprodukcyjna 0.95.00.14 (05-Oct-17). W tej wersji pakietu programowego *SimpleLink CC26x2* nie ma obsługi standardu Bluetooth 5 low energy. Oznacza to, że w wersji końcowej mogą zajść spore zmiany.

Plik instalacyjny pakietu *SimpleLink CC26x2 SDK* można pobrać ze strony *SIMPLELINK-CC26X2-SDK: SimpleLink CC26x2 SW Development Kit including Thread stack* [9]. Wymagane jest logowanie do portalu myTI (<https://my.ti.com>) oraz uzyskanie *U.S. Government export approval*. Link do strony pobrania pliku instalacyjnego zostanie po akceptacji przysłany na podany adres e-mail.

Wymagane środowisko programowe:

- TI Code Composer Studio: CCS-7.03.00.
- TI Code Generation Tools for ARM: 16.09.04.LTS.
- XDCTools: 3.50.03.33.

Plik pobrany: **simplelink_cc26x2_sdk_0_95_00_14.exe** (ok. 100 MB).

W trakcie instalowania jest tworzony folder `C:\ti\simplelink_cc26x2_sdk_0_95_00_14`. Dokumentacja jest zapisywana w folderze `\docs`. Plik startowy dokumentacji to *Documentation Overview.html*. Dokumentacja ma organizację podobną jak w innych pakietach SDK platformy *SimpleLink*. Dokumentacja zawiera rozszerzony opis stosu *OpenThread* oraz stosu TI 15.4. W ścieżce `C:\ti\simplelink_cc26x2_sdk_0_95_00_14\source\ti\boards\CC26X2R1_LAUNCHXL` znajduje się plik *Board.html* z opisem zestawu startowego CC26x2R1 LaunchPad oraz krótkim opisem używanych w projektach przykładowych zasobów sprzętowych. Jest też lista sprzętowych modułów rozszerzeń (Booster Pack) które można dołączać do zestawu oraz projekty z ich obsługą. Na końcu jest lista modułów peryferyjnych układu scalonego zastosowanych w projektach przykładowych biblioteki sterowników z ich krótkim opisem. W ścieżce `C:\ti\simplelink_cc26x2_sdk_0_95_00_14\examples\rtos\CC26X2R1_LAUNCHXL` zamieszczone są przykładowe projekty z zastosowaniem stosu *OpenThread*, stosu TI 15.4, biblioteki sterowników oraz systemu TI-RTOS.

Obecnie (początek 12.2017) nie jest dostępne instalowanie pakietu *SimpleLink CC26x2 SDK* poprzez witrynę *TI Resource Explorer* [8] oraz poprzez okno *Resource Explorer* w programie *Code Composer Studio* [7].

Wtyczka programowa SimpleLink Zigbee SDK Plugin

Do pracy ze stosem Zigbee trzeba ze strony pakietu programowego *SIMPLELINK-CC26X2-SDK: SimpleLink CC26x2 SW Development Kit including Thread stack* [9] pobrać i zainstalować wtyczkę



Rysunek 4. Pudełko z zestawem CC26x2R1 LaunchPad

programową *Zigbee SDK Plugin*. Wymagane jest osobne logowanie do portalu myTI (<https://my.ti.com>) oraz uzyskanie *U.S. Government export approval*. Obecnie (początek 12.2017) dostępna jest wersja przedprodukcyjna 0.95.00.18 (10-Nov-17).

Plik pobrany: **simplelink_zigbee_sdk_plugin_0_95_00_18.exe** (ok. 30 MB). W trakcie instalowania tworzony jest folder `C:\ti\simplelink_zigbee_sdk_plugin_0_95_00_18`.

Wtyczka zawiera wszystko potrzebne do tworzenia aplikacji, z narzędziami, stosem, dokumentacją, przykładowymi projektami kodem źródłowym [9].

Prosto z pudełka

Podobnie jak w wielu portalach społecznościowych zobaczymy jak nowy zestaw „wychodzi z pudełka” (początek 12.2017). Zestaw CC26x2R1 LaunchPad jest zapakowany w pudełko większe niż poprzednie zestawy platformy *SimpleLink* (rysunek 4). Jest to związane z większym rozmiarem następnego nowego zestawu CC1352R1 LaunchPad. Jego opis już można zobaczyć w pliku `Board.html` w ścieżce `C:\ti\simplelink_cc26x2_sdk_0_95_00_14\source\ti\boards\CC1352R1_LAUNCHXL` pakietu programowego *SIMPLELINK-CC26X2-SDK*. Nalepka na pudełku podaje typ, wersję sprzętową i programową (rysunek 4). Wewnątrz pudełka znajdziemy (rysunek 5):

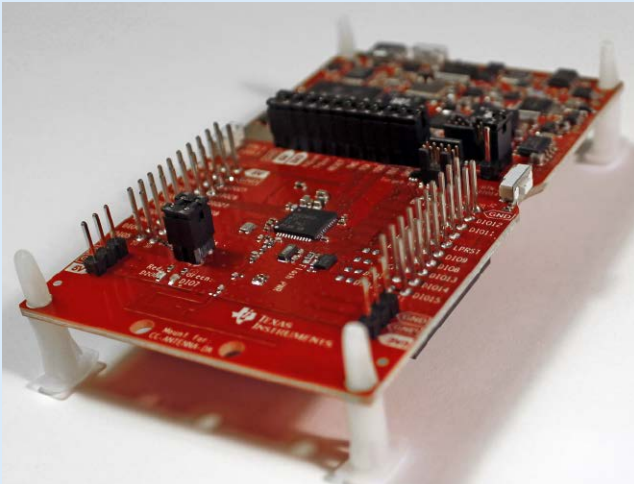
- Płytkę drukowaną zestawu CC26x2R1 LaunchPad Rev 0.2.0 zapakowaną w folię antystatyczną (folia przewodząca – uważać na możliwe zwarcia po doprowadzeniu zasilania do płytki).



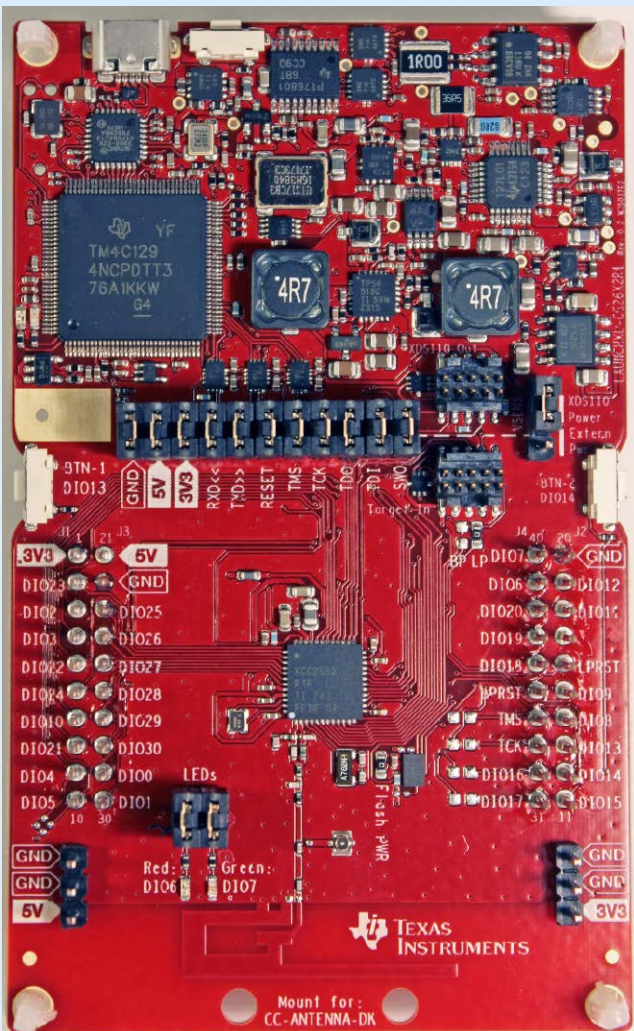
Rysunek 5. Zawartość pudełka z zestawem CC26x2R1 LaunchPad

- Opis *CC26X2R1 LaunchPad Quick Start Guide* (jedna kartka) [5].
- Kabel USB A – USB micro.

Płytką jest zaopatrzona w plastikowe nóżki z zatrzaskami dla łatwego ich zdejmowania (rysunek 6). Znacznie ułatwia to jej użytkowanie i uniknięcie zwarć na leżących na stole metalowych elementach. Zastosowany na płytce układ scalony procesora ma oznaczenia XCC2652R1F, co oznacza, że jest to egzemplarz wersji



Rysunek 6. Widok ogólny płytki drukowanej zestawu CC26x2R1 LaunchPad



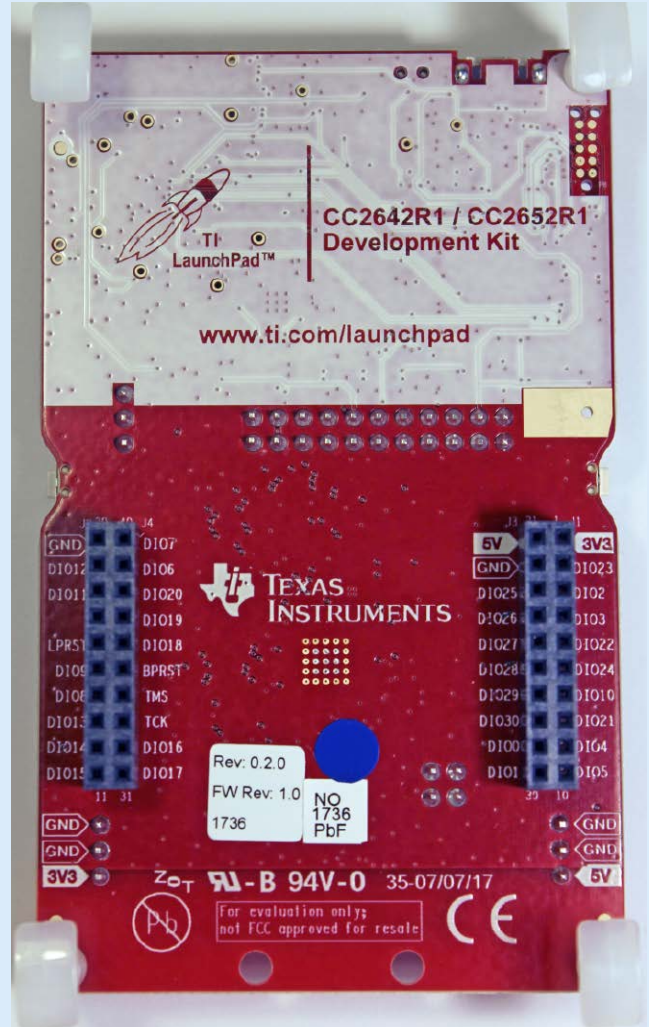
Rysunek 7. Płytkę drukowaną zestawu CC26x2R1 LaunchPad (górną stronę)

przedprodukcyjnej (rysunek 7). Często te egzemplarze są (prawie) identyczne jak wersja produkcyjna. Jednak czasami niektóre funkcjonalności takich układów pracują źle, błędnie lub wcale. Na dolnej powierzchni płytki (rysunek 8) jest nadruk typu płytki oraz nalepka z informacjami o wersjach:

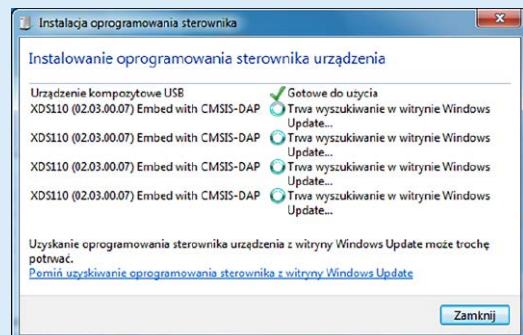
- Płytki drukowanej: Rev: 0.2.0.
- Oprogramowania wpisanego do procesora: FW Rev. 1.0.

Jednak nigdzie na pudełku i na płytce nie ma informacji, która wersja procesora została zastosowana. Aby to rozstrzygnąć trzeba patrzeć na nadruk na układzie scalonym zastosowanego procesora.

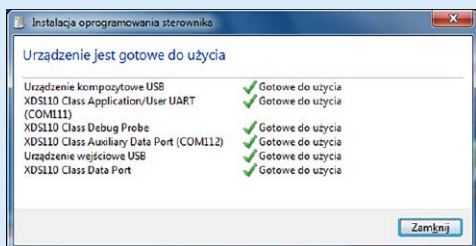
Po dołączeniu płytki zestawu CC26x2R1 LaunchPad kable USB do komputera PC nowy sprzęt zostaje wykryty i rozpoczyna się instalowanie sterowników (rysunek 9). Jest bardzo istotne, aby poczekać na zakończenie tego instalowania (rysunek 10).



Rysunek 8. Płytkę drukowaną zestawu CC26x2R1 LaunchPad (dół)



Rysunek 9. Początek instalowania drajwerów sprzętowych



Rysunek 10. Zakończenie instalowania drajwerów sprzętowych

Po pomyślnym zainstalowaniu sterowników zestaw udostępnił w komputerze dwa kanały związane z emulatorem sprzętowym klasy XDS110 oraz dwa szeregowo porty UART: użytkownika i dodatkowy (danych), jak na rysunku 11.

I tu pojawia się problem. W dostępnych opisach nie jest nigdzie powiedziane, jakie oprogramowanie jest wpisane do procesora. Dołączenie, podobnie jak w poprzednich zestawach platformy *SimpleLink*, programu terminala PuTTY do portu użytkownika (115200 8N1) nie pokazuje żadnej aktywności komunikacyjnej.

Oprogramowanie użytkowe

W pakiecie programowym *SimpleLink Zigbee SDK Plugin* duży nacisk jest położony na wspomaganie pracy z zastosowaniem stosu Thread [9]. Jest sporo opisów i udostępnionych projektów użytkowych. W platformie *SimpleLink* jest to nowy temat. Jednak jest on duży i wymaga osobnego omówienia.

Drugim tematem jest praca z zastosowaniem standardu IEEE 802.15.4. I tu są znane z poprzednich pakietów SDK projekty: *Sensor*, *Collector* i *Coprocessor* [10]. Dają one podstawę do stworzenia całej sieci komunikacyjnej.

Importowanie projektów

1. Uruchom program CCSv7. Dwukliknij na jego ikonę. Najlepszym sposobem importowania projektów z lokalnie zainstalowanego pakietu SDK jest użycie w środowisku CCS lokalnego okna *TI Resource Explorer*.
2. Wybierz z menu *View* → *Resource Explorer Classic*.
3. Kliknij na odnośnik *Configure Resource Explorer to discover examples, documentation and generates a resource package*.
4. W oknie *Package Configuration* kliknij na przycisk *Add*.
5. Wybierz ścieżkę *C:\ti\simplelink_cc26x2_sdk_0_95_00_14* i kliknij na przycisk *OK*.
6. W oknie *Package Configuration* kliknij na linię *simplelink_cc26x2_sdk_0_95_00_14* i kliknij na przycisk *OK*.
7. Poczekaj na utworzenie bazy projektów przykładowych udostępnianych przez ten pakiet SDK.

Projekt sensor_2_4g_cc26x2lp

8. W lewym panelu okna *TI Resource Explorer* rozwiń ścieżkę *simplelink_cc26x2_sdk_0_95_00_14* → *examples* → *rtos* → *CC26X2R1_LAUNCHXL* → *ti154stack* → *sensor_cc26x2_2_4g* → *tirtos* → *ccs* → *sensor_2_4g_cc26x2lp*

Dalej jest już bardzo prosto, należy wykonać pokazane w prawym panelu cztery kroki (rysunek 12).

Krok 1 – Importowanie

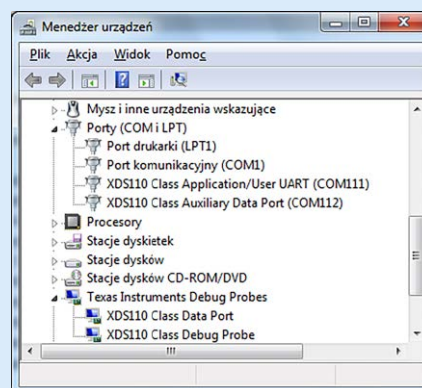
9. Kliknij na odnośnik *Step1: Import the example project into CCS*. Po zaimportowaniu projektu startuje proces indeksacji. Trzeba spokojnie poczekać na jego zakończenie. Ale i to może być za mało. Pierwszy przebieg indeksacji kończy się ostrzeżeniem o nieznaleszonej ścieżce dostępu. I statuuje drugi przebieg indeksacji który kończy się pomyślnie. Należy koniecznie poczekać na zakończenie tych prac. Niestety, nie ma jawnej informacji o zakończeniu. Ale próby

podjęcia działań przed zakończeniem indeksacji kończą się katastrofą.

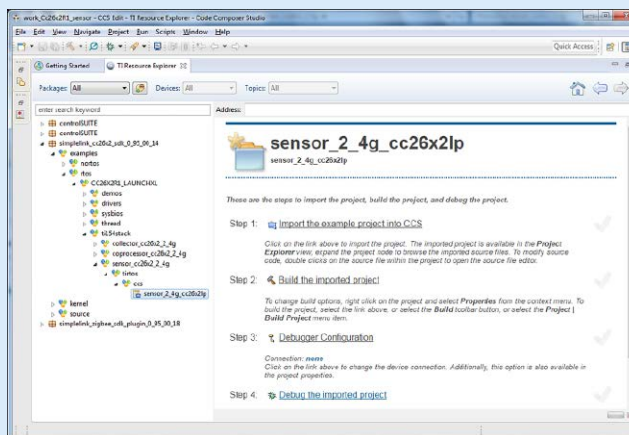
Po poprawnym zakończeniu kroku zostaje pokazany zielony znaczek na prawo od linii kroku 1.

Próby uruchomienia oprogramowania *Sensor* i *Collector* „z pudełka” się nie powiodły... Pomogło sięgnięcie do warsztatu *Sensor and Collector – TI 15.4-Stack Project Zero* z pakietu *SimpleLink Academy 1.14.02 for SimpleLink CC13x0 SDK 1.50* [12] jako część pakietu *SimpleLink CC13x0 SDK v.1.50.00.08* [10]. Warsztaty *SimpleLink Academy* to źródło bardzo istotnych informacji w formie opisowej i szkoleniowej [11].

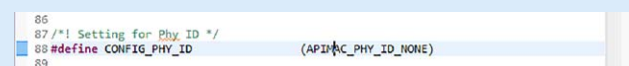
W pliku *config.h* projektu *Sensor* jest zdefiniowany typ obsługiwanego pasma radiowego i tryb transmisji. Okazało się, że domyślnie wybrana była opcja NONE (rysunek 13). Dostępne definicje są zamieszczone w pliku *api_mac.h* (rysunek 14). Należy wybrać



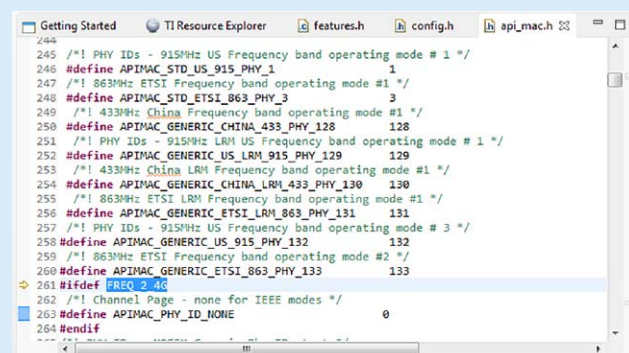
Rysunek 11. Udostępnione kanały komunikacyjne zestawu



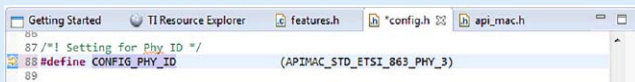
Rysunek 12. Wybór projektu *Sensor* do importowania z pakietu *SimpleLink CC26x2 SDK*



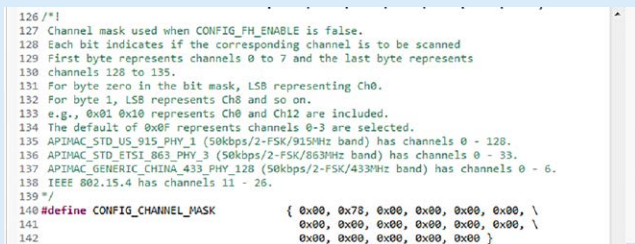
Rysunek 13. Wybrana domyślnie opcja stosu komunikacyjnego



Rysunek 14. Obsługiwane pasma radiowe i tryby transmisji



Rysunek 15. Poprawny wybór pasma dla Europy



Rysunek 16. Wybór kanałów

pasmo 868 MHz z transmisją 50 kb/s (rysunek 15). Liczba „863” odnosi się do częstotliwości początku pasma. A 868 MHz to środek tego pasma.

W instrukcji warsztatu *Sensor and Collector – TI 15.4-Stack Project Zero* pokazują też jak wybrać określone kanały pasma [12]. W projektach *Sensor* i *Collector* pakietu *SIMPLELINK-CC26X2-SDK* maska kanałów jest ustawiona na wybór kanałów 11 do 14 (rysunek 16) [9]. Jest to bardzo dobre ustawienie do rozpoczęcia pracy.

Krok 2 – Budowanie projektu

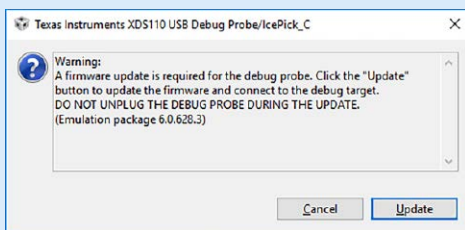
10. Kliknij na odnośnik *Step 2: Build the imported project*. W oknie *Save and Launch* kliknij *OK*. I cierpliwie czekaj – może to trwać dosyć długo.

Krok 3 – Definiowanie konfiguracji sprzętowej

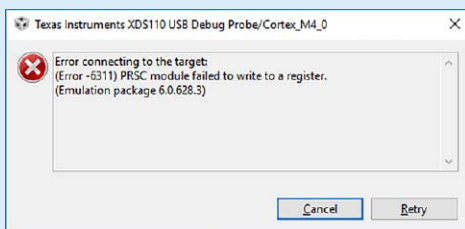
Nic nie trzeba robić, w tym projekcie jest to już gotowe.

Krok 4 – Debugowanie

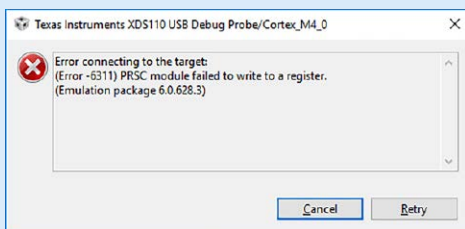
11. Najpierw trzeba zestaw CC2652R1 LaunchPad dołączyć kablem USB-A microUSB do gniazdka USB komputera.
12. W oknie *Menadżer Urządzeń* należy upewnić się, że zostały instalowane drajwery systemowe (rys. 10).



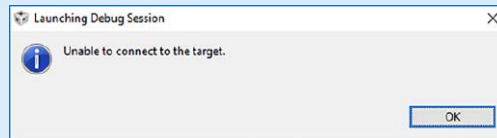
Rysunek 17. Pierwsza plansza aktualizacji FW.



Rysunek 18. Druga plansza aktualizacji FW.



Rysunek 19. Trzecia plansza aktualizacji FW.



Rysunek 20. Czwarta plansza aktualizacji FW.

13. Dopiero teraz kliknij na odnośnik *Step4: Debug the imported project*.

Lecz nie należy się spodziewać rozpoczęcia od razu pracy z zestawem. Nasz zestaw został wyprodukowany w Norwegii we Wrześniu 2017. Od tego czasu już było aktualizowane oprogramowanie firmowe (FW). Dlatego najpierw zostanie pokazana plansza z ostrzeżeniem (rysunek 17) a pod spodem druga (rysunek 18).

14. Kliknij na przycisk *Update* pierwszej planszy (rys. 17). Odczekaj.
15. Kliknij na przycisk *Update* drugiej planszy (rys. 18). Odczekaj.
16. W oknie trzeciej planszy kliknij na przycisk *Cancel* (rysunek 19).
17. W oknie czwartej (ostatniej) planszy kliknij na przycisk *OK* (rysunek 20).

Może się pojawić informacja (Windows 10), że trzeba restartować system aby zmiany zostały wprowadzone. Nie jest to prawdą. Po zamknięciu ostatniej planszy CCS powróci do perspektywy CCS Edit.

18. Kliknij na przycisk *Debug*.

Skutek jest taki sam jak kliknięciem na odnośnik czwartego kroku. Tylko tym razem z powodzeniem. Kod projektu *sensor_2_4g_cc26x2lp* zostanie wpisany do procesora CC2652R1F.

19. Kliknij na przycisk *Resume*. Program rozpocznie pracę.

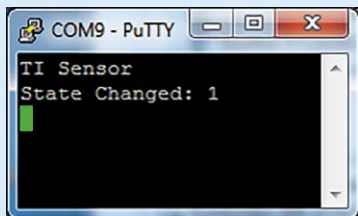
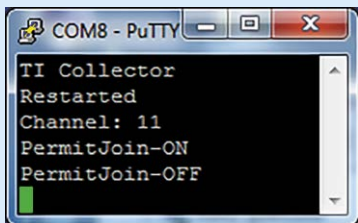
Stany połączenia urządzenia są zdefiniowane w strukturze *Jdllic_states_t* w pliku *jdllic.h* (Joining Device Logical Link Controller). Na **listingu 1** pokazano, jak do oryginalnego kodu zostały dodane w komentarzach numery pozycji, tak jak są one pokazywane w informacjach wyświetlanych z oknie terminala aplikacji *Sensor*.

20. Zakończ sesję debugową projektu *sensor_2_4g_cc26x2lp*. Użyj czerwonej, kwadratowej ikonki *Terminate*.
21. Odłącz zestaw CC2652R1 LaunchPad od gniazdka USB komputera.
22. Oznacz zestaw jako *Sensor*, np. kawałkiem kartki samoprzylepnej.

Projekt collector_2_49_cc26x2lp

23. Dołącz drugi zestaw CC2652R1 LaunchPad kablem USB-A microUSB do gniazdka USB komputera.
24. W oknie *Menadżer Urządzeń* upewnij się, że zostały instalowane drajwery systemowe (rys. 10).
25. W lewym panelu okna *TI Resource Explorer* rozwiń ścieżkę *simplelink_cc26x2_sdk_0_95_00_14* → *examples* → *rtos*

```
Listing 1. Definicja stanów w pliku jdllic.h
/*! Joining Device State Values */
typedef enum
{
    /*0!: Powered up, not started and waiting for user to start */
    Jdllic_states_initWaiting,
    /*1!: Starting device: scanning and selecting the best network
to join */
    Jdllic_states_joining,
    /*2!: Powered up, found network information, and restoring de-
vice in network*/
    Jdllic_states_initRestoring,
    /*3!: Device is operating in network */
    Jdllic_states_joined,
    /*4!: Device is restored as device in the network */
    Jdllic_states_rejoined,
    /*5!: Device is orphaned */
    Jdllic_states_orphan,
    /*6!: Device join access denied or PAN at capacity */
    Jdllic_states_accessDenied
} Jdllic_states_t;
```

Rysunek 21. Początek pracy aplikacji *Sensor* z sieciąRysunek 22. Praca aplikacji *Collector* z pustą siecią

→ *CC26X2R1_LAUNCHXL* → *ti154stack* → *collector_cc26x2_2_4g* → *tirtos* → *ccs* → *collector_2_4g_cc26x2lp*. Importowanie, budowanie, debugowanie i uruchamianie projektu *Collector* przebiega tak samo jak to było powyżej pokazane w przypadku projektu *Sensor*.

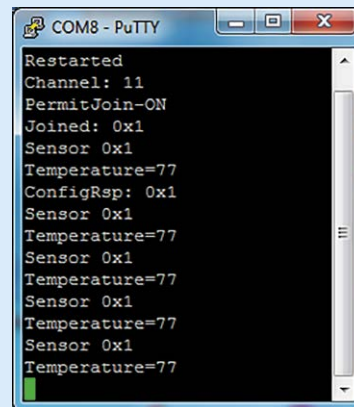
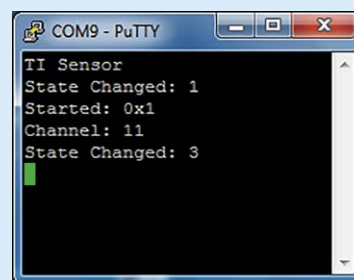
26. Zamknij program CCSv7.
27. Odłącz drugi zestaw CC2652R1 LaunchPad od gniazdka USB komputera.
28. Oznacz zestaw jako *Collector*, np. kawałkiem kartki samoprzylepnej.

Aplikacja *Sensor*

Podstawowe informacje o projekcie *Sensor* pakietu *SimpleLink CC26x2 SDK* są umieszczone w pliku *README.html* w ścieżce `C:\ti\simplelink_cc26x2_sdk_0_95_00_14\examples\rtos\CC26X2R1_LAUNCHXL\ti154stack\sensor`. W projekcie i opisie stosowane są inne nazwy diod LED i przycisków niż w opisie na płytce zestawu CC2652R1 LaunchPad. Są to nazwy symboli, i tak: przycisk *Board_BUTTON0* – to lewy *BTN-1*, przycisk *Board_BUTTON1* – to prawy *BTN-2*, dioda *Board_LED0* – to lewa dioda *red*, dioda *Board_LED1* – to prawa dioda *green*.

W celu obserwowania pracy aplikacji *Sensor* i *Collector* należy zastosować aplikację terminala, np. PuTTY.

29. Zestaw CC2652R1 LaunchPad z aplikacją *Sensor* dołącz kablem USB-A microUSB do gniazdka USB komputera.
30. W oknie *Menadżer Urządzeń* sprawdź numer portu COMx dla kanału *Application/User UART*.
31. Wystartuj aplikację terminala PuTTY i dołącz port szeregowy COMx z prędkością transmisji ustawioną na 115200.

Rysunek 23. Praca aplikacji *Collector* z jednym węzłemRysunek 24. Aplikacja *Sensor* w stanie połączenia z siecią

32. Przyciśnij przycisk Reset na płytce z aplikacją *Sensor*.

W projekcie *Sensor* jest zdefiniowany symbol *AUTO_START*. Po włączeniu zasilania zestawu CC2652R1 LaunchPad aplikacja *Sensor* od razu automatycznie rozpoczyna pracę i przechodzi do stanu 1. Pojawia się napis „TI Sensor” i w następnej linii „State Changed:” oraz numer stanu (rysunek 21).

Dalsze działanie zależy od pracy węzła *Collector*.

Aplikacja *Collector*

33. Zestaw CC2652R1 LaunchPad z aplikacją *Collector* dołącz kablem USB-A microUSB do gniazdka USB komputera.
34. W oknie *Menadżer Urządzeń* sprawdź (drugi) numer portu COMxx dla kanału *Application/User UART*.
35. Wystartuj aplikację terminala PuTTY i dołącz port szeregowy COMxx z prędkością transmisji ustawioną na 115200.
36. Przyciśnij przycisk Reset na płytce z aplikacją *Collector*.

Po włączeniu zasilania zestawu CC2652R1 LaunchPad aplikacja *Collector* od razu automatycznie rozpoczyna pracę. Zaczyna świecić się lewa czerwona dioda LED i wyświetlany jest komunikat: *TI Collector, Started, Channel: 11* (rys. xx).

Bibliografia:

1. SimpleLink Solutions – SimpleLink MCU platform, <https://goo.gl/oYeX5p>
2. Getting Started With the CC13xx and CC26xx Sensor Controller, SWRA578, 06 Oct 2017, <https://goo.gl/M5ckYt>

Procedury

3. CC2652R1F, SimpleLink Wireless MCU, Product Page, <http://www.ti.com/product/CC2652> (jeszcze nieaktywny 12.2017)

Moduły sprzętowe

4. SimpleLink CC26x2 wireless MCU LaunchPad Development Kit, LAUNCHXL-CC26X2R1 (CC2652R1), <https://goo.gl/AUESdJ>
5. CC26X2R1 LaunchPad Quick Start Guide (SWRU528) 12 Jun 2017, <https://goo.gl/NZxTbH>
6. LAUNCHXL-CC26X2R1 EC Declaration of Conformity (DoC), (sszq074.pdf) 23 Jun 2017, <https://goo.gl/kU6xYj>

Oprogramowanie

7. Download CCS (wersja CCS7.3.0.00019), <https://goo.gl/3x44dU>
8. TI Resource Explorer, <https://goo.gl/VE5s4d>

Pakiety SDK

9. SIMPLELINK-CC26X2-SDK: SimpleLink CC26x2 SW Development Kit including Thread stack, <https://goo.gl/W21aRj>
10. SimpleLink Sub-1 GHz CC13x0 Software Development Kit, SIMPLELINK-CC13X0-SDK, Ver 1.50.00.08 , 28-Sep-2017, <https://goo.gl/Cz5Ytg>

SimpleLink Academy

11. SimpleLink Solutions – SimpleLink Academy, <https://goo.gl/GTbWAI>
12. SimpleLink Academy for SimpleLink CC13x0 SDK, Ver. 1.14.02.04, October 12th 2017 <https://goo.gl/cKviN7>

Gdy nie ma działających w sieci układów (typu *Sensor*):

- Przyśnięcie prawego przycisku BTN-2 powoduje przejście do stanu: Czerwona dioda LED zaczyna powoli błyskać i wyświetlany jest komunikat: PermitJoin-ON. Sieć jest otwarta na dołączanie nowych układów.
- Ponowne przyśnięcie prawego przycisku BTN-2 powoduje przejście do stanu: Czerwona dioda LED zaczyna świecić w sposób ciągły i wyświetlany jest komunikat: PermitJoin-OFF (**rysunek 22**). Sieć jest zamknięta na dołączanie nowych układów.

Typowo, gdy zostanie wykryty węzeł typu *Sensor* jest on dołączany do sieci. Wyświetlany jest napis „Joined:” i numer węzła. W następnej linii wyświetlany jest napis „Sensor” i krótki adres.

W testowanej aplikacji *Collector* została dodana linia wyświetlania transmitowanej przez węzeł *Sensor* temperatury (**rysunek 23**). Prawa zielona dioda LED błyska przy każdej transmisji danych. I wyświetlane są nowe przetransmitowane dane.

Aplikacja *Sensor* po pomyślnym dołączeniu do sieci przechodzi do stanu 3 (**rysunek 24**). Lewa, czerwona dioda LED świeci w sposób ciągły. Prawa zielona dioda LED błyska przy każdej transmisji danych. Przyśnięcie na płytce aplikacji *Collector* lewego przycisku BTN-1 powoduje przełączenie świecenia lewej czerwonej diody LED na płytce aplikacji *Sensor*. Pierwsze przyśnięcie przycisku powoduje jej zgaszenia a drugo przyśnięcie przycisku powoduje jej ponowne zapalenie.

Po wystartowaniu połączenia sieciowego prawe zielone diody LED na obu płytkach błyskają jednocześnie. Jednak po ok.

3 godzinach zaczynają błyskać naprzemiennie. Zachowując synchronizację czasową przełączania. Pierwsze pomysły dotyczące przyczyn idą w kierunku dryftu czasowego. Jest to ciekawe zjawisko wskazujące na jakiś problem sieci, którym warto się głębiej zająć.

Obecnie (początek 12.2017) opis projektów *Collector* i *Sensor* w plikach Readme.html pakietu *SimpleLink CC26x2 SDK* dotyczy zestawów CC1310/50 LaunchPad z pakietem SIMPLELINK-CC13X0-SDK. Nie do końca odpowiada on stanowi faktycznemu. Podłączenie modułu rozszerzeń „Sharp Memory LCD BoosterPack (430BOOST-SHARP96)” pokazało brak wyświetlania. Pomimo działania tego modułu z zestawami poprzedniego pakietu SDK.

Wniosek jest taki, że trzeba poczekać na następną wersję pakietu SDK.

Nowe możliwości

Ale już dziś jest sporo innych nowych możliwości oferowanych przez nowy rdzeń ARM Cortex M-4. EnergyTrace oraz EnergyTrace++ Technology to narzędzia analizy zasilania dedykowane dla układów z bardzo małą mocą. Dotychczas były dostępne dla układów rodziny MSP432. Teraz już są dostępne dla układów rodziny CC26x2. Próby pokazują, że coś działa. Wygląda bardzo zachęcająco. Ale na razie opis jest zbyt skąpy.

Henryk A. Kowalski
Zdjęcia: Piotr T. Kowalski

REKLAMA

m.technik

Ciekawi świata są zawsze młodzi

w prezencie na każdą okazję



<https://goo.gl/TiDLmR>

przejrysz i kupisz na www.ulubionykiosk.pl