



Systemy dla Internetu Rzeczy (4)

Zestaw CC1310 LaunchPad

Istotnym czynnikiem użyteczności sieci bezprzewodowej jest zasięg działania poszczególnych węzłów. Przy wykorzystaniu pasma ISM 868 MHz zasięg działania rośnie z kilkunastu metrów (dla pasma 2,4 GHz) do kilku kilometrów. Użycie zestawu startowego CC1310 LaunchPad umożliwia łatwe rozpoczęcie pracy w tym paśmie. Zastosowany w zestawie układ scalony CC13100 ma architekturę zgodną z układami CC2650 i CC1350 oraz taki sam rozkład wyprowadzeń. Do jego programowania używany jest ten sam pakiet programowy i ten sam system operacyjny czasu rzeczywistego. Zmodyfikowany jest tylko interfejs radiowy.

W poprzednich odcinkach kursu został omówiony zestaw CC2650 SensorTag i jego użytkowanie oraz moduły rozszerzeń DevPack. Teraz pora na zestaw startowy z układem scalonym CC1310. Jest to układ bardzo niskiej mocy (ULP – Ultra Low Power) oraz dużego zasięgu (Long Range). Pozwala on na tworzenie sieci rozległych LPWAN, np. układ może pracować w sieci SigFox.

Dokumentacja

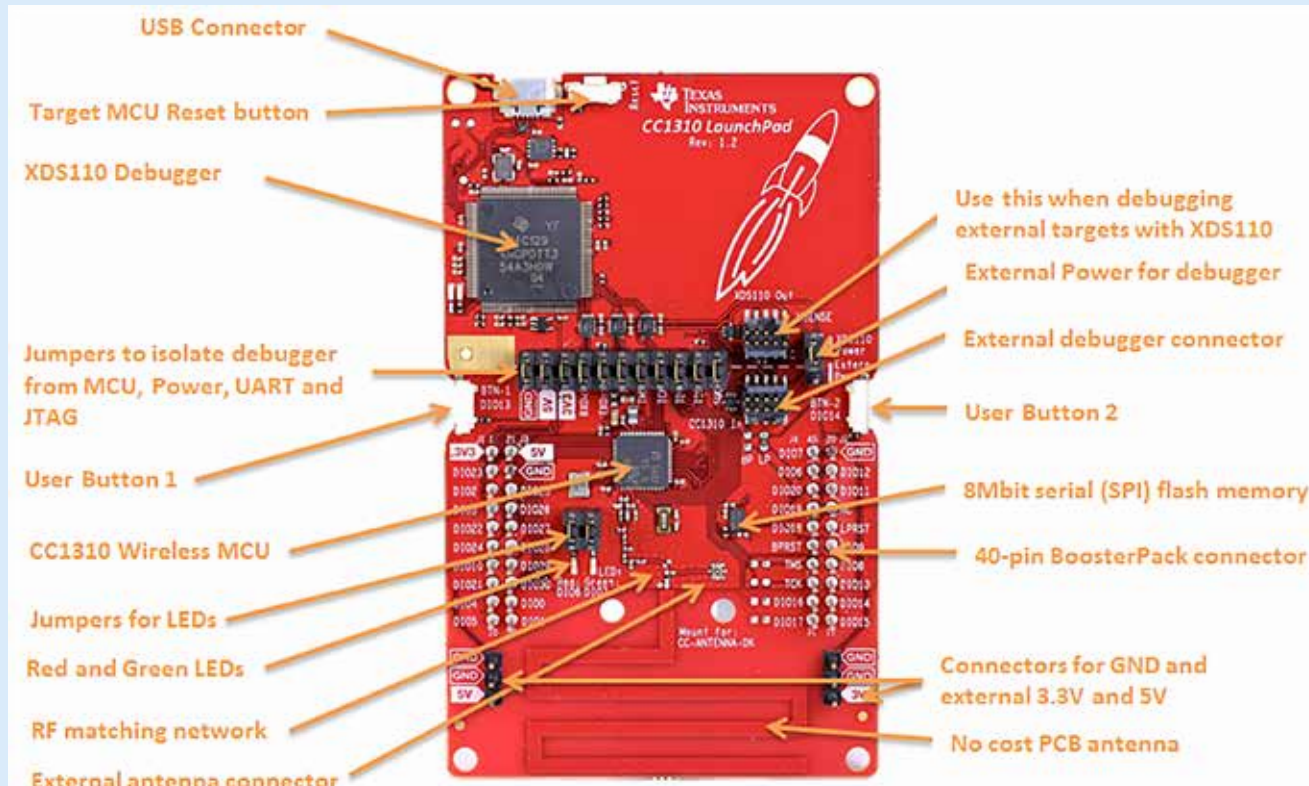
Dotarcie do opisu zestawu CC1310 LaunchPad nastrocza (tradycyjnie) pewne kłopoty. Podstawowym miejscem informacji jest strona produktu CC1310 [4]. Na kilku zakładkach znajduje się sporo informacji wiele odnośników do dokumentacji, oprogramowania, projektów i modułów sprzętowych. Na stronie zestawu CC1310 LaunchPad [5] znajdują się odnośniki do krótkiego opisu wyprowadzeń zestawu [6], schematu [7] oraz strony opisu pakietu programowego SDK dla układów CC13x0 [8]. Jest też niedziałający link do strony „Meet the CC1310 Launchpad” [9]. A to właśnie tylko na tej stronie jest informacja o oprogramowaniu firm-ware. Największy zbiór odnośników znajduje się na stronie Wiki „Sub-1GHz” [10]. Na portalu społecznościowym TI E2E Community znajduje się bardzo przydatna strona [11]. Jest ona często aktualizowana i zawiera odpowiedzi na najczęściej zadawane pytania. Projekty przykładowe dla zestawu CC1310 LaunchPad znajdują się na stronie TI Resource Explorer [12]. Są one zgrupowane w dwóch ścieżkach: SimpleLink CC13x0 SDKCC1310 oraz TI-RTOS for CC13XX and CC26XX. W ścieżce TI Resource Explorer\CC13X0\CC1310F128 jest dostęp do plików dokumentacji, not aplikacyjnych oraz firmowych projektów sprzętowo-programowych TI Designs.

Jest jednak miejsce w sieci gdzie można znaleźć dużą ilość użytecznej informacji. Na portalu *element14* jest dostępna seria artykułów blogu RoadTest. Można zacząć od strony “SimpleLink™ Sub-1 GHz Wireless Microcontroller – Check Received Signal Strength” [14]. Zamieszczony jest tam bardzo przydatny film “How-To: Sub-1 GHz Radio with SimpleLink CC1310 LaunchPad Out of Box” [15]. Kolejne przydatne miejsce to portal SimpleLink Academy [16]. Znajduje się tam opis (ze źródłami) wielu warsztatów z projektami dla zestawu CC1310 LaunchPad.

Układ scalony CC1310

Mikrokontroler komunikacji bezprzewodowej CC1310 jest układem złożonym typu SOC i zawiera trzy sprzętowe rdzenie użytkowe: ARM Cortex-M3 (48 MHz), ARM Cortex-M0, który steruje sekcją radiową oraz specjalizowany rdzeń Sensor Controller (bardzo małej mocy) do obsługi modułów peryferyjnych [4]. Rdzeń ARM Cortex-M3 zawiera dużą pamięć Flash (układ na płytce ma 128 kB), 8 kB SRAM, 20 kB pamięci SRAM o bardzo małym prądzie upływu. Każdy sygnał układu peryferyjnego może być przypisany do dowolnego wyprowadzenia układu scalonego. Układ udostępnia 4 moduły timerów, 8-kanałowy przetwornik A/C 12 bit/200 kSa, komparatory, UART, SPI, I²C, I²S, RTC, czujnik temperatury, generator liczb losowych oraz moduł szyfrowania AES-128.

Sekcja radiowa cechuje się dużą czułością –124 dBm (–110 dBm at 50 kbps), selektywnością 56 dB (±100 kHz), programowaną mocą wyjściową do +15 dBm. Pozwala na bezpośrednie dołączenie wzmacniacza mocy CC1190. Układ wyróżnia się bardzo niskim poborem mocy. Zawiera wewnętrzną przetwornicę DC-DC. Przy zasilaniu 3 V pobiera: MCU 51 μA/MHz, RX 5,4 mA, TX



Rysunek 1. Elementy zestawu CC1310 LaunchPad [9]

13,4 mA (+10 dBm). Prądy dla uśpienia układu są bardzo małe: stan Standby 0,7 μ A (pracuje RTC Running i podtrzymanie wartości RAM/CPU), stan Shutdown 185 nA (wybudzanie zdaniem zewnętrznym).

Płytkę zestawu CC1310 LaunchPad

Płytkę podzielono na dwie części: u góry jest emulator sprzętowy standardu XDS110 a na dole układ scalony CC1310F128RGZT (rysunek 1). Patrząc od góry, na płytce znajduje się złącze USB micro. Do niego może być dołączona ładowarka USB lub komputer. Emulator standardu XDS110 został zrealizowany z wykorzystaniem procesora komunikacyjnego TM4C129 (Tiva). Procesor ten zapewnia obsługę pełnego łącza emulacyjnego JTAG procesora CC1310. Do układu dołączone są dwie diody LED sygnalizujące aktywność komunikacyjną. Regulator LDO 3,3 V, dołączony do gniazdka USB, dostarcza zasilanie do emulatora i procesora.

W środku płytki znajduje się poziomy szereg zwor które pozwalają na rozłączenie połączenia pomiędzy emulatorem i procesorem. Osiem sygnałów jest łączonych przez zwory M1-M8 (P4.1-P4.16). Dalej są zwory połączenia zasilania:

- Zwora M9: Napięcie 3,3 V (XDS_VCC) z regulatora LDO modułu XDS110, jest dołączane jako główne zasilanie układu procesora.
- Zwora M10: Napięcie 5 V (USB_VBUS) z gniazdka USB-micro modułu XDS110, jest doprowadzane do złącza J1 oraz P2 (+5 V) tylko w celu kompatybilności ze standardem LAUNCHXL. Nie jest ono używane w układzie procesorowym.
- Zwora M11: Masa modułu XDS110 jest dołączana do masy układu procesora.

Złącze P10 („VSENSE”) umożliwia wybór zasilania translatorów poziomów napięcia sygnałów łącza JTAG modułu XDS110. Zwora w pozycji P10.1-2 umożliwia zasilanie translatorów z LDO emulatora („XDS110 Power”). Zwora w pozycji P10.2-3 umożliwia zasilanie translatorów napięciem układu procesora („Extern. Pwr”). Typowo jest to zasilanie zewnętrzne poprzez wyprowadzenia „3V3” złącz P1 i J1.

Pełne rozłączenie obu stron pozwala na:

- Zastosowanie emulatora XDS110 do debugowania innego układu elektronicznego z układem scalonym serii CC13xx/CC26xx przy zastosowaniu złącza P7 („XDS110 Out”).
 - Debugowanie układu CC1310 na płytce LaunchPad przez zewnętrzny emulator przy zastosowaniu złącza P5 („CC1310 In”).
- Wyprowadzenia układu scalonego CC1310, umieszczonego w środku płytki, są udostępnione na dwóch złączach 40-to wyprowadzeniowych. Po lewej stronie płytki znajduje się złącze oznaczone na schemacie jako J1 a po prawej stronie złącze J2. Jednak oznaczenia widoczne na płytce drukowanej dotyczą standardu LAUNCHXL firmy Texas Instruments [19]. Są to oznaczenia zgodne ze standardem aplikacji Energia – wersji Arduino dla płytek LaunchPad T firmy Texas Instruments:

- lewa kolumna (po lewej) numerowana od 1 do 10 (od góry do dołu) jako J1,
- prawa kolumna (po prawej) numerowana od 11 do 20 (od dołu do góry) jako J2,
- lewa kolumna (po prawej) numerowana od 21 do 30 (od góry do dołu) jako J3,
- prawa kolumna (po lewej) numerowana od 31 do 40 (od dołu do góry) jako J4.

W dokumencie *CC1310 LaunchPad Getting Started Guide* [6] jest błędny opis wyprowadzenia numer 39 – powinno być DIO6. Opis na płytce drukowanej zestawu jest poprawny.

Fizyczne rozmieszczenie złączy na płytce LaunchPad nie jest zgodne ze standardem Arduino. Zastosowane na płytce złącza są podwójne, na górze płytki męskie a na dole żeńskie. Umożliwia to nakładanie na płytkę modułów rozszerzeń (BOOST??) oraz składanie płytek w stos. Na złączach J1-J4 są udostępnione wszystkie trzydzieści wyprowadzeń wejścia-wyjścia (GPIO) układu scalonego CC1310 oznaczane „DIOxx”, gdzie xx-numery od 01 do 30 oraz cztery sygnały łącza JTAG i sygnał reset („LPRESET”). Dodatkowo, na dole płytki są umieszczone dwa potrójne złącza z wyprowadzoną masą „GND” oraz zasilaniem „3V3” oraz „5V”. Do wyprowadzenia DIO7 układu scalonego CC1310 jest dołączona zielona dioda LED poprzez złącze P6 3-4. Do wyprowadzenia DIO6



Rysunek 2. Zestaw CC1310 LaunchPad z dołączonym modułem LCD

jest dołączona czerwona dioda LED poprzez złącze P6 1-2. Do wyprowadzenia DIO13 jest poprzez rezystor 100 Ω dołączony przycisk SW1 „BTN-1” (po lewej stronie płytki). Do wyprowadzenia DIO14 jest poprzez rezystor 100 Ω dołączony przycisk SW2 „BTN-2” (po prawej stronie płytki).

Na samym dole jest umieszczona antena wykonana na płytce drukowanej. Antena pozwala na pracę w pasmach ISM: 868 MHz (Europa) i 915 MHz (USA). Na płytce jest zamontowane złącze radiowe P11 (typu uSMA(JSC), żeńskie 50 Ω). Umożliwia ono dołączenie anteny zewnętrznej, po usunięciu rezystora R12 i zamontowanie w miejsce R13 rezystora 0 Ω .

Do układu scalonego CC1310 są dołączone, umieszczone na płytce, rezonatory kwarcowe: główny zegar systemowy 24 MHz, zegar RTC 32768 Hz oraz pamięć Flash 8 Mbit (o małym poborze mocy), obsługiwana poprzez 4-sygnałowe łącze SPI.

Użytkowanie zestawu CC1310 LaunchPad

Zestaw CC1310 LaunchPad jest dostarczany z fabrycznie zaprogramowanym programem „CC1310 LaunchPad Out of the Box Demo” dostępnym w pakiecie systemu TI-RTOS, np.w portalu TI Resource Explorer [12] jako przykładowy projekt „Packet Error Rate (PER)” [20]. Nazwa *Out of the Box Application* pojawia się wielokrotnie w dokumentacji stosu TI 15.4 [4, 5]. Dotyczy ona wszystkich aplikacji gotowych do działania „z pudełka”.

Do zestawu CC1310 LaunchPad można dołączyć moduł rozszerzeń *Sharp Memory LCD BoosterPack* z wyświetlaczem LCD [21]. Wtedy informacje generowane przez aplikację będą poprzez łącze SPI dodatkowo wyświetlane na ekranie LCD.

1. Dołącz zestaw CC1310 LaunchPad kablem USB do komputera. Zostaną zainstalowane sterowniki. Na komputerze zostanie udostępniony port wirtualne UART XDS110 Class Application/ User UART (COMxx).

2. Uruchom terminal ASCII (np. PuTTY). Skonfiguruj go na Serial, port COMxx z ustawieniami 115200 kbps, 8 data bits, 1 stop bit, no parity.
3. Naciśnij przycisk *Reset* na płytce zestawu CC1310 LaunchPad. W terminalu wyświetlana jest informacja (i jeśli dołączony to również na ekranie LCD, **rysunek 2**):
CC1310 PER TEST
Select: BTN-1
Navigate: BTN-2
Push a button
to proceed...
4. Naciśnij przycisk BTN-1 lub BTN-2. Powoduje to wyświetlenie menu:
Main Menu
>Test: 2-GFSK
Freq: 868.0
Pkts: 10
Mode: Rx
Start...

Przycisk BTN-1 (lewy) jest używany do wyboru a przycisk BTN-2 (prawy) jest używany do nawigacji – przejście do następnej pozycji menu.

Aplikacja udostępnia następujące tryby komunikacji RF [9]:
2-GFSK (50 kBit/s, 25 kHz deviation) : Generic frequency shift keying (GFSK) with binary symbols, IEEE 802.15.4g

LR Mode (625 Bit/s): Long-range mode (GFSK, 5 kHz deviation, 40 kHz FR BW)

OOK (4,8 kBit/s, 40 kHz RX BW): On-off keying

HS Mode (4 MBit/s, shaped 8-FSK): High-speed mode

Custom – tylko dla aplikacji w wersji 2.0

Obsługiwane jest pasmo 868 MHz ISM (Europa) i 915 MHz ISM (USA) oraz Custom dla aplikacji w wersji 2.0. Dostępne są ustawienia liczby pakietów do przesłania 10, 100, 1000, 10000 Pkts. Zestaw CC1310 LaunchPad może pracować jako odbiornik Rx lub nadajnik Tx.

Test połączenia radiowego

Do przeprowadzenia testu potrzebne są dwa zestawy CC1310 LaunchPad.

5. Dołącz drugi zestaw kablem USB do komputera i poczekaj na zainstalowanie jego sterowników.
6. Uruchom drugą instancję programu terminala (PuTTY). Skonfiguruj go na Serial, port COMxx z ustawieniami 115200 kbps, 8 data bits, 1 stop bit, no parity.
7. Naciśnij przycisk *Reset* na drugiej płytce zestawu CC1310 LaunchPad.
8. Naciśnij przycisk BTN-1 lub BTN-2 na drugiej płytce zestawu.
9. W menu zmień tryb pracy na nadajnik (Tx).
Main Menu
Test: 2-GFSK
Freq: 868.0
Pkts: 10
Mode: Tx
>Start...
10. W menu pierwszego zestawu - odbiornika (Rx) przejdź (przycisk BTN-2, prawy) do pozycji *Start* i naciśnij BTN-1 (lewy).
Receiving...
2-GFSK 868.0
Packets ok: 0
RSSI [dBm]: n/a
PER [%]: n/a
Push a button
to abort.
Odbiornik oczekuje na transmisję.

11. W menu drugiego zestawu – nadajnika (Tx) przejdź (przycisk BTN-2, prawy) do pozycji Start i naciśnij BTN-1 (lewy). Startuje transmisja ustawionej liczby (Pkts) pakietów.

Sending...

2-GFSK 868.0

Packets sent: 7

Po wysłaniu wszystkich pakietów transmisja zostaje przerwana.

Sending...

2-GFSK 868.0

Packets sent: 10

...finished.

Push a button...W oknie odbiornika wyświetlane jest informacja o odebraniu transmisji

Receiving...

2-GFSK 868.0

Packets ok: 10

RSSI [dBm]: -15

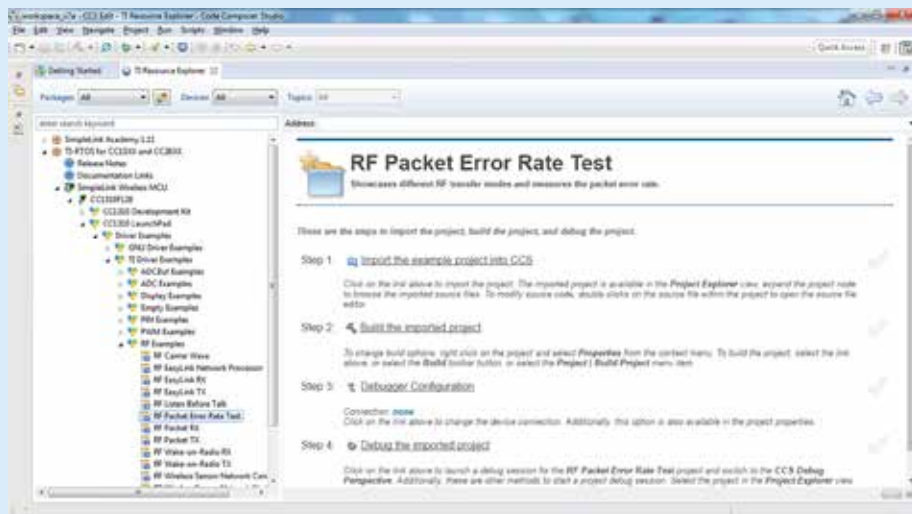
PER [%]: 0.00

Push a button

to abort.

Odbiornik pokazuje liczbę pomyślnie odebranych pakietów (*Packets ok*). Jeśli zostanie przesłane (odebrane) więcej pakietów niż liczba ustawiona w odbiorniku to nie jest liczny poziom błędów (PER). Pokazywany jest też poziom odbieranego sygnału (RSSI) aktualizowany dla każdego pakietu w trakcie transmisji. Odbiornik aplikacji *Packet Error Rate* po wystartowaniu pracuje w pętli nieskończonej [20]. Jeśli zostanie wykryta kolejna transmisja to liczba poprawnie odebranych pakietów zostanie dodana do licznika *Packets ok*. Pracę aplikacji można przerwać i powrócić do menu poprzez naciśnięcie dowolnego przycisku [14]. Dla nadajnika, po powrocie do menu, można ponownie wybrać *Start* i zostanie wysłana kolejna porcja *Pkts* pakietów. Jeśli odbiornik zostanie odsunięty od nadajnika w trakcie transmisji to na wskaźniku RRSI można obserwować zmiany poziomu odbieranego sygnału.

Na portalu *element14* jest zamieszczony film "How-To: Sub-1 GHz Radio with SimpleLink CC1310 LaunchPad Out of Box" pokazujący opisaną powyżej sekwencję [15]. Jeśli mamy więcej zestawów CC1310 LaunchPad to możemy je skonfigurować jako odbiorniki i obserwować jednocześnie odbieranie informacji w sieci typu gwiazda.



Rysunek 3. Okno Resource Explorer Classic z projektem demo

Programowanie w środowisku Code Composer Studio

Oprogramowanie dla procesorów serii CC13x0 jest zbudowane z zastosowaniem systemu operacyjnego TI-RTOS oraz stosu TI 15.4 [13]. Zestaw CC1310 LaunchPad jest dostarczany z fabrycznie zaprogramowanym programem „CC1310 LaunchPad Out of the Box Demo”. Projekt tego programu jest dostępny w pakiecie systemu TI-RTOS. Pierwszym sposobem użycia tego projektu jest zainstalowanie pakietu TI-RTOS na komputerze.

Najpierw należy zainstalować środowisko Code Composer Studio. Darmową aktualną wersję pełną CCS można pobrać ze strony www.ti.com. Obecnie jest dostępna wersja CCS 7.0.0.00043. Podczas instalowania należy na liście produktów do zainstalowania zaznaczyć *SimpleLink CC13xx and CC26xx Wireless MCUs*.

Po zainstalowaniu środowiska CCS można przystąpić do zainstalowania pakietu TI-RTOS. Plik instalacyjny pakietu w najnowszej wersji (np. 2.21.00.08) można pobrać ze strony TI [22]. Dostępne są również starsze wersje pakietu (potrzebne czasami dla zgodności wersji projektów). Po zainstalowaniu pakietu na komputerze będzie dostępny projekt *rfPacketErrorRate* w ścieżce `C:\ti\tirtos_cc13xx_cc26xx_2_21_00_08\examples\TI\CC1310_LAUNCHX\`. W tym samym folderze znajduje się plik `README.html` z dokładniejszym opisem tego projektu. W trakcie instalowania pakietu TI-RTOS wykonywane są też modyfikacje w ścieżce instalacyjnej

Literatura:

- Systemy dla Internetu Rzeczy (1): Zestaw CC2650 SensorTag, Elektronika Praktyczna, 12/2016
- Systemy dla Internetu Rzeczy (2): Użytkowanie zestawu CC2650 SensorTag, Elektronika Praktyczna, 1/2017
- Systemy dla Internetu Rzeczy (3): Moduły rozszerzeń DevPack dla zestawu SensorTag, Elektronika Praktyczna, 2/2017
- CC1310 SimpleLink Sub-1 GHz Ultra-Low Power Wireless Microcontroller, <https://goo.gl/UE8N5i>
- SimpleLink™ CC1310 Sub-1 GHz wireless microcontroller (MCU) LaunchPad™ development kit, <https://goo.gl/rhLazk>
- CC1310 LaunchPad Getting Started Guide, SWRU477.pdf, 10 Mar 2016, <https://goo.gl/hzQaU8>
- LAUNCHXL-CC1310 Design Files, SWRC319.zip, 27 Apr 2016, <https://goo.gl/MEByG4>
- SimpleLink™ CC13x0 Software Development Kit, v1.0.0.-23-Nov-2016, <https://goo.gl/hCU7ua>
- Meet the CC1310 LaunchPad, <https://goo.gl/icW15H>
- Sub-1GHz (Wiki), <https://goo.gl/0ecDBp>
- CC11xx, CC12xx, CC13xx, Sub-1 GHz software and applications, <https://goo.gl/u70GIL>

- TI Resource Explorer, <https://goo.gl/TxDl5J>
- TI-15.4 Stack: IEEE802.15.4e/g Standard Based Star Networking Software Development Kit (SDK), v.2.0.0, 03-June-2016, <https://goo.gl/SJuYhp>
- SimpleLink™ Sub-1 GHz Wireless Microcontroller – Check Received Signal Strength, <https://goo.gl/mhJMHL>
- How-To: Sub-1 GHz Radio with SimpleLink CC1310 LaunchPad Out of Box, Video, 3:38, pitface123, 21.06.2016, <https://goo.gl/iW1JLJ>
- SimpleLink Academy, <https://goo.gl/HXOxli>
- TI Cloud Agent, 27 October 2016, <https://goo.gl/G6lfju>
- Texas Instruments Cloud Tools, <https://goo.gl/xwd8i8>
- BoosterPack Module Pinout Standard, <https://goo.gl/LCQlor>
- Packet Error Rate, <https://goo.gl/hYeFHS>
- Sharp Memory LCD BoosterPack (430BOOST-SHARP96), <https://goo.gl/E2RnMx>
- TI-RTOS downloads, ver.2.21.00.08, 13 Sep 2016, <https://goo.gl/lvmcSF>



Rysunek 4. Przycisk reprogramowania



Rysunek 5. Pierwsza instrukcja instalacyjna



Rysunek 6. Ostatnia instrukcja instalacyjna

środowiska CCS v7 (C:\ti\ccsv7). W środowisku CCS v7.0 (v6.2 lub nowsza) należy z menu wybrać *View* → *Resource Explorer Classic*.

Po rozwinięciu drzewa pakietu TI-RTOS (rys.3) można projekt *rfPacketErrorRate* załadować, zbudować i zaprogramować na dołączonym zestawie CC1310 LaunchPad. Pierwsze dołączenie nowego zestawu CC1310 LaunchPad do środowiska CCS powoduje typowo wyświetlenie informacji o konieczności aktualizacji oprogramowania firmowego emulatora sprzętowego XDS110 zestawu. Należy kliknąć na odpowiedni przycisk i koniecznie to wykonać. Aplikacja zgłasza się jako „PER TEST Version 2.0”.

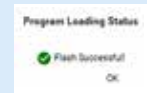
Reprogramowanie zestawu CC1310 LaunchPad

Ponowne zaprogramowanie zestawu CC1310 LaunchPad programem firmowym „CC1310 LaunchPad Out of the Box Demo” jest możliwe z wykorzystaniem strony „Meet the CC1310 Launchpad” [9]. Znajduje się tam przycisk (rysunek 4) służący do zaprogramowania pamięci Flash układu scalonego CC1310 zestawu LaunchPad dołączonego do komputera PC kablem USB.

Po kliknięciu na przycisk reprogramowania pierwszy raz wyświetlana jest plansza z instrukcją (rysunek 5). W pierwszym kroku jest instalowana wtyczka TI Cloud Agent Bridge [17] dla przeglądarki internetowej (Firefox, Chrome, Safari lub IE). Jest



Rysunek 7. Reprogramowanie



Rysunek 8. Pomyślne zakończenie

to mała aplikacja która umożliwia programowanie i debugowanie układu scalonego bezpośrednio z narzędzi sieciowych Texas Instruments Cloud Tools [18]. W drugim kroku jest pobierany plik instalacyjny *ticloudagent.exe* (14 MB) aplikacji *TI Cloud Agent*. Należy go uruchomić i zainstalować aplikację w domyślnej lokalizacji. Po ponownym kliknięciu na przycisk reprogramowania pojawia się plansza z nową informacją (rysunek 6).

Odnosić należy do planszy dotyczącej strony TI Cloud Agent [17] z dodatkowymi informacjami. Należy kliknąć na *FINISH*. Aby rozpocząć przesłanie programu do płytki należy ponownie kliknąć na przycisk reprogramowania.

Uruchamiane jest instalowanie sterowników sprzętowych. Należy kliknąć *Dalej* a na następnej planszy *Zakończ*. Pojawia się następne okno instalowania sterowników sprzętowych. Należy kliknąć *Dalej* a następnie *Zakończ*. Diody komunikacyjne emulatora XDS110 zestawu CC1310 LaunchPad zaczynają błyskać i pokazywana jest plansza z rysunku 7. Po zakończeniu pracy jest wyświetlana nowa informacja (rysunek 8). Należy kliknąć *OK*. Lewa dioda XDS110 gaśnie. I już można pracować z zaprogramowanym pierwotną wersją firmowej aplikacji zestawem CC1310 LaunchPad.

Warsztaty SimpleLink Academy

Bardzo ciekawą pomocą dla każdego, który zaczyna pracować z procesorami rodziny CC13xx, są ćwiczenia warsztatowe *SimpleLink Academy* [16]. Dostępnych jest wiele ćwiczeń z dokładnym opisem oraz kodem źródłowym. Dla wielu ćwiczeń jest udostępniony zapis wideo.

Dosyć dokładne omówienie ustawiania parametrów pracy nadajnika i odbiornika radiowego układu rodziny CC13xx jest zamieszczone w opisie warsztatu „Getting started with the RF driver for CC13xx”. Dostępne jest też wideo „How to get started with CC1310 Packet RX/TX example” (czas 3:52) z prezentacją wykonania tego warsztatu.

Henryk A. Kowalski
kowalski@ii.pw.edu.pl
(zdjęcia: Piotr T. Kowalski)

Wydanie specjalne „Raspberry Pi”
to polski przekład światowego
bestsellera na temat słynnego
minikomputera

www.UlubionyKiosk.pl
(przesyłka GRATIS)

