

Zestaw ewaluacyjny C2000 Piccolo LaunchPad

Po sukcesie taniego zestawu ewaluacyjnego MSP430G2 Value Line LaunchPad (MSP-EXP430G2) firmy Texas Instruments (TI) zostały opracowane nowe zestawy, zgodne ze standardem LaunchPad Evaluation Platform. Jako drugi ukazał się zestaw C2000 Piccolo LaunchPad (LAUNCHXL-F28027) z procesorem DSP z rodziny TMS320C2000, a następnie zestaw Stellaris LM4F120 LaunchPad z procesorem LM4F120H5QR z rdzeniem ARM Cortex M. W przygotowaniu są następane zestawy, np. F5529 LaunchPad z procesorem DSP rodziny TMS320C5000.

Zestaw ewaluacyjny C2000 Piccolo LaunchPad (LAUNCHXL-F28027, **fotografia 1**) jest przeznaczony do tworzenia i programowania systemów czasu rzeczywistego z procesorem DSP typu TMS320F28027 z rodziny TMS320F2802x Piccolo. Jest on również nazywany mikrokontrolerem czasu rzeczywistego (real-time MCU), gdyż łączy własności procesorów sygnałowych z cechami mikrokontrolerów.

W pamięci Flash procesora jest zapisany przykładowy program *Example_F2802xLaunchPadDemo*. Płytkę drukowaną zawiera dwa rozdzielone układy elektroniczne: emulator XDS100v2 oraz układ procesorowy. Emulator umożliwia debugowanie programu w czasie rzeczywistym. Dokładny opis zestawu jest zamieszczony w dokumencie SPRUHH2.

Pakietu controlSUITE [11] zawiera pełny schemat płytki zestawu ewaluacyjnego C2000 Piccolo LaunchPad, rysunki ścieżek oraz rysunki rozłożenia elementów (oraz kompletny projekt dla programu EAGLE4.x). Są one dostępne po zainstalowaniu pakietu w standardowej ścieżce C:\TI\controlSUITE\development_kits\C2000_LaunchPad\LAUNCHXL-F28027\HwDevPkg [12].

Emulator XDS100v2

Górną część płytki (**rysunek 2**), aż do linii złączy JP1 i JP2, zajmuje układ emulatora sprzętowego XDS100v2. Jest tam zamontowane gniazdko standardu USB Mini-B, dwie diody LED (Tx/Rx) do sygnalizacji transmisji oraz zwory JP1, JP2 i JP3 do konfiguracji zasilania układu procesorowego. Są również układy scalone konwertera FT2232H, izolatory cyfrowe ISO27xx oraz liniowy regulator napięcia.

Emulator XDS100 jest bardzo ciekawą inicjatywą firmy Texas Instruments. Jest to projekt taniego emulatora JTAG z łączem USB. Ma on pewne ograniczenia funkcjonalne w porównaniu z emulatorami klasy XDS510. W projekcie zastosowano podwójny konwerter USB-

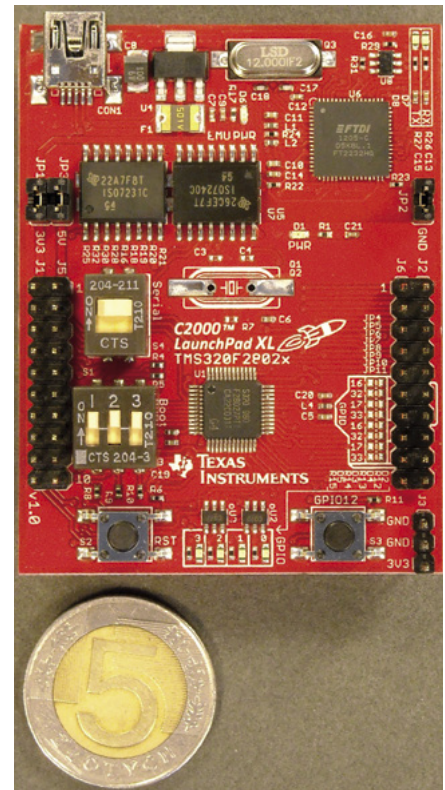
-RS232/JTAG firmy FTDI (FT2232H). Projekt oraz komplet sterowników jest udostępniony za darmo w Internecie. Wiele modułów oferowanych przez TI ma wbudowany emulator klasy XDS100. Są różne wersje emulatorów XDS100v1 (standardowa) i XDS100v2 (szybka). Wszelkie aktualne informacje można uzyskać na stronie internetowej [5].

Układ scalony konwertera FT2232H firmy FTDI jest zgodny ze specyfikacją USB 2.0 Full Speed (12 Mbit/s) oraz USB High Speed (480 Mbit/s). Pracuje on przy zasilaniu napięciem od 4,35 V do 5 V, co umożliwia poprawną pracę w całym zakresie możliwych napięć VBUS portu USB. Interfejs cyfrowy portu A i portu B ma osobne doprowadzenia zasilania i pozwala na pracę z poziomami logicznymi CMOS od 3,0 V do 5,0 V. Dane konfiguracyjne są zapisane w zewnętrznej pamięci typu EEPROM. Każdy układ ma zapisany w trakcie programowania unikalny numer seryjny łączy USB.

Układ ma dwa niezależne porty cyfrowe A i B. Tryb pracy każdego portu jest osobno konfigurowany. Może to być np. tryb *Multi-Protocol Synchronous Serial Engine* (MPSSE) z szeregowym protokołem zgodnym ze standardem JTAG lub tryb RS232 UART do emulowania portu RS-232. Dokładniejszy opis pracy emulatora klasy XDS100 oraz układu FT2232H jest zamieszczony w książce [10].

Sterowniki emulatora klasy XDS100

Producent konwertera FT2232H (FTDI) udostępnia wolne od opłat licencyjnych oprogramowanie składające się ze sterownika portu wirtualnego COM (VCP) oraz kompletu sterowników programowych dla aplikacji użytkownika (D2XX Direct Drivers). Oprogramowanie jest przeznaczone dla większości systemów operacyjnych. Dla emulatora klasy XDS100 sterowniki są instalowane razem ze środowiskiem CCSv5. Nie ma potrzeby dodatkowego ich instalowania.



Fotografia 1. Płytkę zestawu ewaluacyjnego C2000 Piccolo LaunchPad

Na komputerze PC musi być najpierw zainstalowane środowisko programowe CCSv5 (lub CCSv4). Środowisko CCSv5 zawiera sterowniki dla emulatora klasy XDS100. Dopiero potem można pierwszy raz dołączyć emulator klasy XDS100 do łączy USB komputera. System Windows automatycznie rozpoznaje układ. Zostaną zainstalowane sterowniki systemu Windows dla emulatora. Sterownik nadaje każdemu portowi układu FT2232H osobny uchwyt USB i traktuje jako osobne urządzenie końcowe. Obsługę portu B układu FT2232H skonfigurowanego jako RS232 UART zapewniają standardowe sterowniki FTDI (instalowane razem z CCSv5). Do obsługi tego wirtualnego portu (VCOM) nie jest potrzebne dodatkowe oprogramowanie.

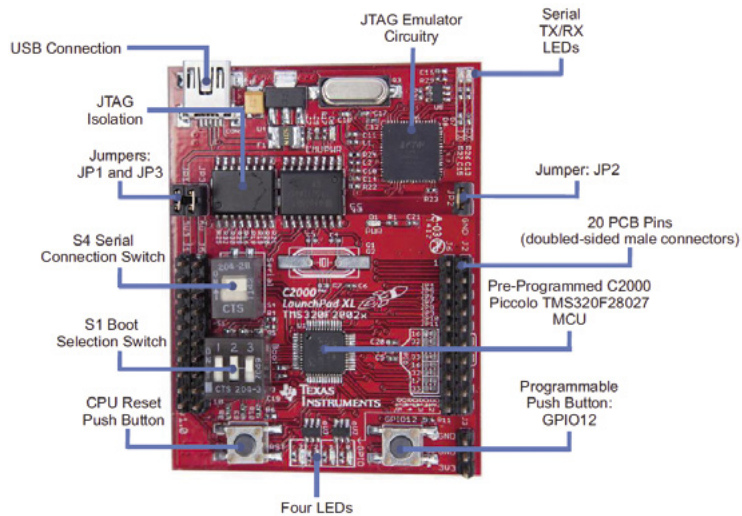
Rozdzielone zasilanie

Konwerter FT2232H jest zasilany z linii VBUS portu USB. Do tego napięcia dołączony jest również regulator LDO (U4) o napięciu 3,3 V i wydajności do 0,8 A. Dostarcza on napięcia zasilania dla obu portów cyfrowych konwertera FT2232H.

Emulator XDS100v2 jest oddzielony galwanicznie od układu procesorowego. Izolacja

Tabela 1 Przypisanie sygnałów GPIO16/16/32/33

Sygnal	Wyprowadzenie 1	Zwora 1	Wyprowadzenie 2	Zwora 2
GPIO16	J6.7	JP8	J2.6	JP4
GPIO17	J6.8	JP10	J2.7	JP6
GPIO32	J6.7	JP9	J2.6	JP5
GPIO33	J6.8	JP11	J2.7	JP7



Rysunek 2. Elementy płytki zestawu ewaluacyjnego C2000 Piccolo LaunchPad

sygnałów cyfrowych jest zrealizowana z zastosowaniem szybkich (1Mbps) cyfrowych izolatorów scalonych ISO7240 (poczwórny jednokierunkowy) i ISO7231 (3 kanały z czego 2 w przeciwnym kierunku). Transmitowane są 4 sygnały standardowego złącza JTAG układu procesorowego F28027 Piccolo oraz 2 sygnały szeregowego złącza SCI typu UART.

Obie domeny zasilania są połączone złączami: masa (JP2), zasilanie 3,3 V (JP1) oraz dodatkowe zasilanie 5 V (JP3). Po założeniu zwora na tych złączach, układ procesorowy jest zasilany napięciem 3,3 V uzyskanym z złącza USB. Jest to domyślne ustawienie fabryczne. Jest też możliwość zasilania układu procesorowego z osobnego złącza zasilania J3. Włączenie napięcia zasilania 3,3 V układu procesorowego jest sygnalizowane przez świecenie się diody LED D1. W pierwszej wersji zestawu zwory nie są dostarczone w komplecie.

Układ procesorowy

W zestawie ewaluacyjnym *C2000 Piccolo LaunchPad* został zastosowany układ procesorowy TMS320F28027PT w obudowie 48-wyprowadzeniowej LQFP. Jest to najbardziej rozbudowany układ z serii F2802x Piccolo. Zasilanie układu stanowi pojedyncze napięcie 3,3 V, natomiast wewnętrzny regulator zapewnia zasilanie rdzenia. Układ TMS320F28027 Piccolo jest stałoprzecinkowym procesorem z rdzeniem C28x. Ma wbudowane 12 kB pamięci RAM oraz 64 kB pamięci Flash. Jest taktowany sygnałem zegarowym o częstotliwości do 60 MHz. Ma 8 kanałów PWM, z czego 4 o wysokiej rozdzielczości; 13-to kanałowy, 12-bitowy, szybki (4,6 Msps) przetwornik A/C; 2 komparatory analogowe, wbudowany czujnik temperatury, moduł eCAP do

zbierania danych o zależnościach czasowych, moduł złącza szeregowego SPI, moduł złącza szeregowego I²C oraz moduł asynchronicznego złącza szeregowego SCI (UART). Dokładny opis układu procesorowy TMS320F28027 Piccolo jest zamieszczony w książce [8].

Zestaw ewaluacyjny C2000 Piccolo LaunchPad (LAUNCHXL-F28027) jest wykonany w standardzie 40-wyprowadzeniowym. Po obu bokach płytki zainstalowano 4 złącza 10-cio wyprowadzeniowe J1, J2, J5 i J6 o rastrze 2,54 mm. Są one umieszczone na powierzchni górnej płytki (złącza męskie) oraz powierzchni dolnej (złącza żeńskie). Umożliwia to łatwe składanie płytek w stos. Zasilanie 3,3 V jest dołączone do wyprowadzenia J1.1 oraz osobnego złącza zasilania J3. Umożliwia to zasilanie zewnętrznych układów dołączanych do zestawu z tego samego napięcia, co układy wejścia/wyjścia (GPIO) procesora. Po zdjęciu zwora z złącza JP1 i JP2 można zasilać układ procesorowy z osobnego/izolowanego zewnętrznego źródła zasilania.

Łącze emulacyjne JTAG

Sygnały TDI, TMS, TDO, TCK łączy emulacyjnego JTAG układu procesorowego są dołączone bezpośrednio do cyfrowych izolatorów galwanicznych U5 i U7. Oznacza to, że nie ma dostępnego złącza emulacyjnego i nie można zastosować dla tego zestawu zewnętrznego układu emulatora sprzętowego. Wydaje się jednak, że zastosowany w układzie emulator sprzętowy klasy XDS100v2 jest zupełnie wystarczający do wygodnej pracy z tym procesorem. Dokładniejszy opis złącza JTAG układu procesorowego TMS320F28027 Piccolo jest zamieszczony w książce [9].

Tryby bootowania układu procesorowego

Przełącznik S1, umieszczony po lewej stronie płytki, jest przeznaczony do ustawiania trybu bootowania układu procesorowego. Przełączniki na pozycjach 1 i 2 ustawione w położeniu do góry (ON) powoduje ustawienie na odpowiedniej pozycji wysokiego poziomu logicznego (rys. 2). Dotyczy to sygnału GPIO34 (pozycja 1) oraz GPIO37/TDO (pozycja 2). Po włączeniu zasilania układu procesorowego wyprowadzenie GPIO37 jest domyślnie konfigurowane jako wyjście TDO łącza emulacyjnego JTAG.

Pozycja 3 przełącznika S1 pozwala na odłączenie (położenie na dół) wyprowadzenia /TRST układu procesorowego od cyfrowego izolatora galwanicznego U7. Na wyprowadzeniu /TRST jest ustalany poziom niski przez rezystor R10. Ustawia to tryb pracy samodzielnej układu procesorowego. Dla przełącznika S1 na pozycji 1 i 2 ustawionego w położeniu do góry (GPIO37/34-11b), typowo po włączeniu zasilania płytki wykonywane jest uruchomienie programu wpisanego do pamięci Flash.

Do pracy umieszczonego na płytce emulatora XDS100 należy ustawić pozycję 3 przełącznika S1 w położenie do góry (ON). Emulator nie zmienia stanu sygnału dołączonego do wyprowadzenia /TRST układu procesorowego aż do uruchomienia debugera w środowisku CCSv4/v5. Dlatego ustawienie wszystkich trzech pozycji przełącznika S1 w położenie do góry (ON) powoduje po włączeniu zasilania płytki uruchomienie programu wpisanego do pamięci Flash. Zagadnienia związane z trybami bootowania układu procesorowego TMS320F28027 Piccolo są dokładnie omówione w książce [9].

Asynchroniczny port szeregowy (UART)

Przełącznik S4, umieszczony po lewej stronie płytki, jest przeznaczony do dołączania sygnałów portu szeregowego konwertera USB/RS232 do układu procesorowego. Lewa pozycja przełącznika S4 w położeniu do góry (ON) dołącza sygnał SCI_RX z układu izolatora U5 do wyprowadzenia GPIO28 układu procesorowego. Prawa pozycja przełącznika S4 w położeniu do góry (ON) dołącza sygnał SCI_TX z układu izolatora U7 do wyprowadzenia GPIO29 układu procesorowego. Jest to domyślne ustawienie fabryczne. Pozwala ono na komunikowanie się układu procesorowego z komputerem PC poprzez port wirtualny COM.

Wyprowadzenie GPIO28 jest także bezpośrednio dołączone do wyprowadzenia złącza J1.3. Ustawienie lewej pozycji przełącznika S4 w położeniu na dół odłącza sygnał SCI_RX (z izolatora) od wyprowadzenia GPIO28. Wyprowadzenie GPIO29 jest także bezpośrednio dołączone do wyprowadzenia złącza J1.4. Ustawienie prawej pozycji przełącznika S4 w położeniu na dół odłącza sygnał SCI_

TX od wyprowadzenia GPIO29. Pozwala to na użycie tych wyprowadzeń układu scalonego do pracy z układem zewnętrznym dołączonym poprzez złącze J1. Należy zauważyć, że układ F28027 Piccolo posiada możliwość dołączenia sygnałów modułu SCI-A nie tylko do wyprowadzeń GPIO28/29 lecz również do wyprowadzeń GPIO7/12. Są one dostępne na złączu J2 płytki. Jednak nie ma możliwości dołączenia ich do sygnałów SCI_RX oraz SCO_TX.

Przyciski

Przycisk S3 jest dołączony do wyprowadzenia GPIO12 układu procesorowego. Do tego wyprowadzenia jest na stałe przyłączony rezystor 10 kΩ dołączony do masy. Jeśli wyprowadzenie GPIO12 jest skonfigurowane jako wejście, to powoduje to wymuszenie na nim niskiego poziomu logicznego. Przeciśnięcie przycisku S3 powoduje podanie na wejście GPIO12 napięcia zasilania 3,3 V. Wymusza to wysoki poziom logiczny. Jednak taka konfiguracja jest niebezpieczna. Jeśli wyprowadzenie GPIO12 zostanie skonfigurowane jako wyjście (np. omyłkowo) to przeciśnięcie przycisku S3 i podanie na wyjście napięcia zasilania może spowodować uszkodzenie modułu GPIO dołączonego do tego wyprowadzenia lub uszkodzenie całego układu scalonego. Bezpieczniejszym rozwiązaniem jest zastosowanie rezystora (co najmniej 100 Ω) szeregowo z zasilaniem.

Przycisk S2 jest dołączony do wyprowadzenia /XRS układu procesorowego z rezystorem R6 (2,2 kΩ) podciągania wejścia. Przeciśnięcie przycisku S2 powoduje zwarcie wyprowadzenia /XRS do masy i wymuszenie niskiego poziomu sygnału /RESET. W przypadku występowania wysokiego poziomu zakłóceń (np. przy sterowaniu sinikiem) takie rozwiązanie może powodować niekontrolowane zerwanie procesora. Bezpieczniejszym rozwiązaniem jest zastosowanie kondensatora (np. 100 nF) włączonego pomiędzy sygnał /RESET i masę. Można go dodać np. bezpośrednio na wyprowadzeniach przycisku S2 (w miejscu napisu RST na płytce).

Diody LED

Sygnały z wyprowadzeń GPIO0/1/2/3 układu procesorowego są dołączone do wejścia cyfrowych buforów nieodwracających typu otwarty dren (U2/U3). Do wyjścia dołączone są diody LED połączone poprzez rezystory z zasilanie 3,3 V. Oznacza to iż diody świecą dla niskiego poziomu logicznego na wyprowadzeniach GPIO0/1/2/3.

Kwarc

Układ procesorowy TMS320F28027 Piccolo posiada dwa wewnętrzne generatory sygnału zegarowego. W typowej sytuacji układ pracuje z użyciem generatora wewnętrznego.

Płytką zestawu ewaluacyjnego C2000 Piccolo LaunchPad zawiera pola lutownicze umożliwiające dołączenie zewnętrznego kwarcu do układu scalonego. Są to elementy oznaczone jak Q1, Q2, C3, C4 i R7. Wartości rezystora i kondensatorów są zależne od typu kwarcu.

Złącza rozszerzeń

Sygnały wyprowadzeń cyfrowych i analogowych układ procesorowego TMS320F28027 Piccolo są doprowadzone do czterech złączy rozszerzeń J1, J2, J5 i J6 – 10-cio wyprowadzeniowych o rastrze 2,54 mm. Niektóre sygnały są dołączone podwójnie. Złącza JP4 do JP11 służą do wyboru sygnału. Są one wykonane w postaci małych pól lutowniczych (0402). Fabrycznie pola są połączone ścieżką – co oznacza zwarcie. Aby uzyskać rozwarcie należy przeciąć odpowiednią ścieżkę.

A więc początkowo dwa sygnały są dołączone do jednego wyprowadzenia złącza rozszerzeń. Jednocześnie ten sam sygnał jest dołączony do dwóch wyprowadzeń dwóch złączy rozszerzeń. Po włączeniu zasilania układu procesorowego wyprowadzenia GPIO12-GPIO38 są konfigurowane jako wejście z włączonym podciąganiem a wyprowadzenia GPIO0-GPIO7jako wejścia bez podciągania. Dlatego połączenie razem dwóch wyprowadzeń nie powoduje kłopotów. Rozmieszczenie wyprowadzeń portów GPIO oraz płytki LaunchPad umieszczono w tabeli 1 i tabeli 2.

Wyprowadzenia cyfrowe i analogowe układu procesorowego

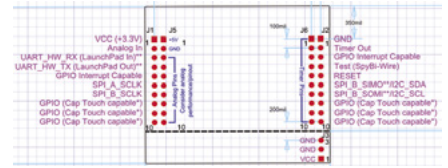
Układ procesorowy F28027PT Piccolo w obudowie 48-wyprowadzeniowej ma następujące wyprowadzenia:

- 22 wyprowadzenia GPIO, z tego 4 wyprowadzenia GPIO35-GPIO38 są multipleksowane jako wyprowadzenia portu emulacyjnego JTAG.
- 13 wyprowadzeń analogowych ADCIN - z tego 6 może być konfigurowana jako wyprowadzenia cyfrowe AIO.

Należy zauważyć dodatkowe 6 wyprowadzeń cyfrowych AIO, które można multipleksować z sygnałami analogowymi. Dokładny opis układu procesorowego TMS320F28027 Piccolo jest zamieszczony w książce [9].

Standard TI MCU LaunchPad Evaluation Platform

Do płytki zestawu ewaluacyjnego można dołączać płytki rozszerzeń tzw. BoosterPack. Służą do tego złącza rozszerzeń zainstalowane po obu stronach płytki zestawu (rysunek 3). Ciekawą propozycją jest płytka C2000 LED BoosterPack (BOOSTXL-C2KLED) sterownika RGB z zestawem diod LED. Jest on używany z płytką sterowania dotykowego Cap Touch BoosterPack (430BO-



Rysunek 3. Rozmieszczenie sygnałów na złączach rozszerzeń standardu LaunchPad

OST-SENSE1). Obecnie są opracowane trzy standardy płytek uruchomieniowych i rozszerzeń o różnej liczbie wyprowadzeń łączy: 20 (np. MSP-EXP430G2 LaunchPad), 40 (np. LAUNCHXL-F28027 LaunchPad, Stellaris LM4F120 LaunchPad) oraz 80 do przyszłych zastosowań.

Dodatkowo, standard definiuje specyfikację fizyczną i elektryczną zestawów rozszerzeń BoosterPack. Jest on opisany na stronie internetowej „Build your own LaunchPad/BoosterPack” [1]. Przewodnik budowy zestawów dodatkowych jest zamieszczony na stronie internetowej „BoosterPack Development Guide” [3].

Zestaw LaunchPad jest płytą podstawową z procesorem rodziny MSP430 (TDB), C2000 (TMS320F28027) lub Stellaris (ARM Cortex M4F). Płytki mają złącza w standardzie 20-wyprowadzeniowym (MSP430) lub 40-wyprowadzeniowym oznaczanym jako XL (C2000 i Stellaris). Standard 40-wyprowadzeniowy stanowi rozszerzenie standardu mniejszego.

Zastosowano popularne złącza męskie ze standardowym odstępem 2,54 mm (fotografia 4). Złącza zewnętrzne (A, B) zawierają zestandaryzowane wyprowadzenia zasilania – VCC, GND, funkcyjne – RESET, UART, SPI oraz 6 wyprowadzeń wejścia-wyjścia (GPIO). Jest również osobne gniazdo zasilania VCC-GND. Zestawy rozszerzeń BoosterPack mają zastosowane złącza żeńskie.

Złącza rozszerzeń i zasilania na płytce LaunchPad są tak zamontowane, że wyprowadzenia wystają po obu stronach płytki drukowanej. Umożliwia to łatwe wtykanie płytki procesora do płytek rozszerzeń. Sugerowane standardowe przypisanie funkcjonalności do wyprowadzeń złączy jest opisane w przewodniku budowy zestawów [1]. Takie zestandaryzowanie ma umożliwić używanie tych samych modułów rozszerzeń z płytkami LaunchPad z różnymi procesorami. Trzeba jednak pamiętać, że typowo do jednego wyprowadzenia układu procesorowego może być przypisanych więcej wybieranych (multipleksowanych) funkcji. Dla procesora rodziny C2000 mogą to być nawet cztery funkcje np. SCIRXDA/SDAA/GPIO28/TZ2.

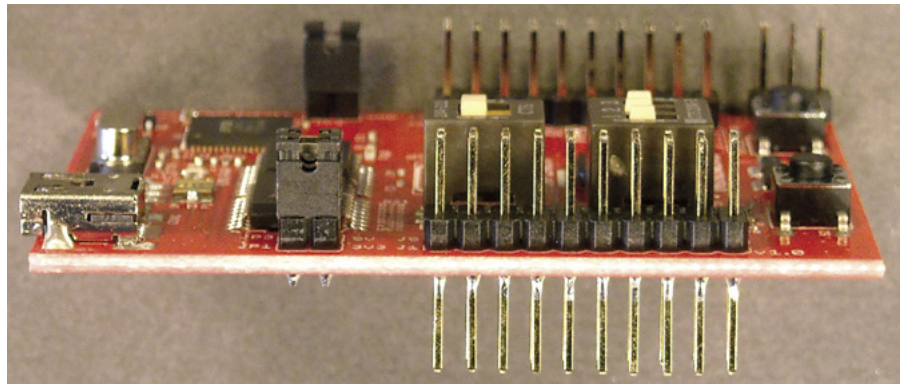
Oprogramowanie narzędziowe CCSv5 i controlSUITE3.x

Do tworzenia i uruchamiania programów dla procesora F2802x Piccolo potrzebne jest środowisko uruchomieniowe

Code Composer Studio. Jego aktualną pełną wersję CCSv5.2.1 można bezpłatnie pobrać z witryny internetowej http://processors.wiki.ti.com/index.php/Download_CCS_firmy_Texas_Instruments. Potrzebny jest również pakiet programowy controlSUITEv3.x do pobrania bezpłatnie ze strony <http://www.ti.com/tool/controlsuite>. Pakiet udostępnia zbiór bibliotek, drajwerów i przykładowych aplikacji oraz projektów sprzętowych.

Projekt przykładowy Example_F2802xLaunchPadDemo

Zestaw ewaluacyjny C2000 Piccolo LaunchPad (LANUCHXL-28027) dostarczany jest z procesorem TMS320F28027PT Piccolo. W pamięci Flash procesora jest zapisany przykładowy program Example_F2802xLaunchPadDemo. Przed pierwszym dołączeniem zestawu ewaluacyjnego do portu USB na komputerze PC trzeba wcześniej zainstalować środowisko programowe CCSv5 (lub CCSv4) [13]. Środowisko CCS zawiera sterowniki dla emulatora klasy XDS100 zastosowanego w zestawie. Do poprawnej pracy programu przykładowego wymagana jest podstawowa (standardowa)



Fotografia 4. Złącza płytki zestawu ewaluacyjnego C2000 Piccolo LaunchPad

konfiguracja przełączników płytki drukowanej zestawu:

- Założone zwory JP1 („3V3”), JP2 („5V”) i JP3 („GND”). Oznacza to zasilanie układu procesorowego z gniazda USB.
- Przełącznik S1 („Boot”) skonfigurowany następująco: S1.1 - do góry (ON), S1.2 - do góry, S1.3 - do góry. W praktyce oznacza to bootowanie z pamięci Flash. Przełącznik S1.3 w pozycji – na dół oznacza odłączenie emulatora XDS100v2, ustawienie niskiego poziomu logicznego

(rezystor R10) na wejściu TRST i bootowanie procesora w trybie samodzielnym. Jednak w praktyce emulator nie wymusza poziomu wysokiego sygnału TRST aż do wykonania w środowisku CCSv5 polecenia połącz (Connect). Czyli przy dołączeniu zestawu do portu USB z przełącznikiem S1.3 w pozycji – do góry i tak procesor wykonuje bootowanie procesora w trybie samodzielnym.

- Przełącznik S4 („Serial”) skonfigurowany w pozycji do góry (ON). Oznacza do-

Tabela 2. Przypisanie sygnałów na złączach płytki LaunchPad oraz na mutiplexowanych wyprowadzeniach układu procesorowego F28027 Piccolo

Mux (1)(2)				Mux (1)(2)					
3	2	1	0	J1	J5	0	1	2	3
			+3.3V	1	1	+5V			
ADCINA6 (al)	ADCINA6 (al)	AIO6 (cl/O)	AIO6 (cl/O)	2	2	GND			
TZ2n (I)	SDAA (I/OD)	SCIRXDA (I)	GPIO28	3	3	ADCINA7 (al)	ADCINA7 (al)	ADCINA7 (al)	ADCINA7 (al)
TZ3n (I)	SCLA(I/OD)	SCITXDA (O)	GPIO29	4	4	ADCINA3 (al)	ADCINA3 (al)	ADCINA3 (al)	ADCINA3 (al)
Rsvd	Rsvd	COMP2OUT (O)	GPIO34	5	5	ADCINA1 (al)	ADCINA1 (al)	ADCINA1 (al)	ADCINA1 (al)
ADCINA4 COMP2A (al)	ADCINA4 COMP2A (al)	AIO4 (cl/O)	AIO4 (cl/O)	6	6	ADCINA0 (al)	ADCINA0 (al)	ADCINA0 (al)	ADCINA0 (al)
XCLKOUT (O)	SCITXDA (O)	SPICLKA (I/O)	GPIO18	7	7	ADCINB1 (al)	ADCINB1 (al)	ADCINB1 (al)	ADCINB1 (al)
ADCINA2 COMP1A (al)	ADCINA2 COMP1A (al)	AIO2 (cl/O)	AIO2 (cl/O)	8	8	ADCINB3 (al)	ADCINB3 (al)	ADCINB3 (al)	ADCINB3 (al)
ADCINB2 COMP1B (al)	ADCINB2 COMP1B (al)	AIO10 (cl/O)	AIO10 (cl/O)	9	9	ADCINB7 (al)	ADCINB7 (al)	ADCINB7 (al)	ADCINB7 (al)
ADCINB4 COMP2B (al)	ADCINB4 COMP2B (al)	AIO4 (cl/O)	AIO4 (cl/O)	10	10	NC			
Mux (1)(2)				Mux (1)(2)					
3	2	1	0	J6	J2	0	1	2	3
Rsvd	Rsvd	EPWM1A (O)	GPIO0	1	1	GND			
COMP1OUT (O)	Rsvd	EPWM1B (O)	GPIO1	2	2	GPIO19/ XCLKIN	SPISTEA n (I/O)	SCIRXDA (I)	ECAP1 (I/O)
Rsvd	Rsvd	EPWM2A (O)	GPIO2	3	3	GPIO12	TZ1n (I)	SCITXDA (O)	Rsvd
COMP2OUT (O)	Rsvd	EPWM2B (O)	GPIO3	4	4	NC			
Rsvd	Rsvd	EPWM3A (O)	GPIO4	5	5	RESET#			
ECAP1 (I/O)	Rsvd	EPWM3BA (O)	GPIO5	6	6	GPIO16/ GPIO32	SPISIMOA (I/O)/ SDAA (I/OD)	Rsvd/ EPWMSYNCI (I)	
TZ2n (I)/ ADCSOAO (O)	Rsvd/ EPWMSYNCI (I)	SPISIMOA (I/O)/ SDAA (I/OD)	GPIO16/ GPIO32	7	7	GPIO17/ GPIO33	SPISOMIA (I/O)/ SCLA (I/OD)	Rsvd/ EPWMSYCO (O)	
TZ3n (I)/ ADCSOABO (O)	Rsvd/ EPWMSYCO (O)	SPISOMIA (I/O)/ SCLA (I/OD)	GPIO17/ GPIO33	8	8	GPIO6	EPWM4A (O)	EPWMSYNCI (I)	EPWMSYNCO (O)
			NC	9	9	GPIO7	EPWM4B (O)	SCIRXDA (I)	
			NC	10	10	AIO14 (cl/O)	AIO14 (cl/O)	ADCINB6 (al)	ADCINB6 (al)

(1) – GPAMUX1, BPAMUX2, GPBMUX1 dla wyprowadzeń cyfrowych, (2) – AIOMUX1 dla wyprowadzeń analogowych, *n – wejście aktywne niskim poziomem, (I) – wejście cyfrowe, (O) – wyjście cyfrowe, (I/O) – wejście/wyjście cyfrowe, (I/OD) – wejście/wyjście cyfrowe typu open drain, (al) – wejście analogowe (cl/O) – cyfrowe wejście/wyjście wyprowadzenia analogowego, Rsvd – zarezerwowane ustawienia multiplexera. Pola wyróżnione – ustawienie domyślne po wykonaniu operacji RESET

łączenie portu UART układu procesorowego do układu emulatora, a tym samym do wirtualnego portu COM na PC.

Po dołączeniu zestawu do portu USB komputera PC system Windows automatycznie rozpoznaje układ i zostają zainstalowane sterowniki systemu Windows dla emulatora. Sterownik nadaje każdemu portowi układu scalonego konwertera USB/UART emulatora osobny uchwyt USB i taktuje jako osobne urządzenie końcowe. Port B układu konwertera jest skonfigurowany jako RS232 UART i udostępnia na komputerze PC wirtualny port szeregowy typu COM.

Po dołączeniu zestawu do portu USB program Example_F2802xLaunchPad-Demo automatycznie zaczyna pracować (fotografia 5). Zostaje zaświecona dioda D1 sygnalizująca napięcie zasilania VCC (3,3 V). Błyskają też diody D7 i D8 sygnalizujące transmisję wykonywaną przez układ scalony emulatora XDS100. Świecą także po kolei 4 diody LED od lewej do prawej - wskazując na prawo na przycisk S3. Jest to cyklicznie powtarzane. Po przytoczeniu (i przytrzymaniu) na przycisk S3 (prawy) program przechodzi do pomiaru wewnętrznej temperatury układu procesorowego. Dodatkowo, program przykładowy wysyła informacje poprzez port szeregowy układu procesorowego typu UART. Aby je wykorzystać, należy najpierw zidentyfikować numer wirtualnego portu COM. W tym celu należy kliknąć prawym klawiszem myszy na *Mój komputer* (np. w menu Start). Wybrać *Właściwości* a następnie *Sprzęt* oraz *Menedżer urządzeń*. Na liście *Porty (COM i LPT)* należy znaleźć port o nazwie USB Serial Port (COMX), gdzie X jest numerem.

Program przykładowy był uruchamiany z obsługą komunikacji na PC poprzez program PuTTY (do pobrania darmowo ze strony <http://www.putty.org/>). Próby zastosowania innych programów komunikacyjnych nie dały dobrych rezultatów. Poprawna praca wymaga ustawienia parametrów komunikacji 115200 8N1. Po uruchomieniu programu PuTTY wybierz typ połączenia *Serial* a następnie wpisz poprawny numer portu COM oraz szybkość transmisji i kliknij *Open* (rysunek 6).

Na razie w oknie programu PuTTY jest pusto. Należy teraz przycisnąć przycisk reset RST (S2, lewy). Zostanie wyświetlona spora plansza (rysunek 7). Zgodnie z wyświetlanym napisem przyciśnij przycisk S3 (prawy). Po naciśnięciu przycisku mierzona jest aktualna temperatura wewnętrzna układu procesorowego i zapisywana jako temperatura odniesienia Tref (w stopniach Celcjusza). Program przechodzi do trybu cyklicznego pomiaru temperatury bieżącej Tcur. Program pokazuje

różnicę temperatury bieżącej i odniesienia: Tcur-Tref. Świecąca lewa dioda LED (D2), o wadze w zapisie binarnym 1000b równej wartości dziesiętnej 8, oznacza zgodność temperatury bieżącej z temp. odniesienia (Tref+0°C). Dodatnia różnica temperatur zwiększa wyświetlaną binarnie wartość a ujemna różnica ją zmniejsza. Czyli pokazywany zakres jest niesymetryczny od Tref-7 (0000b) do Tref+8 (1111b).

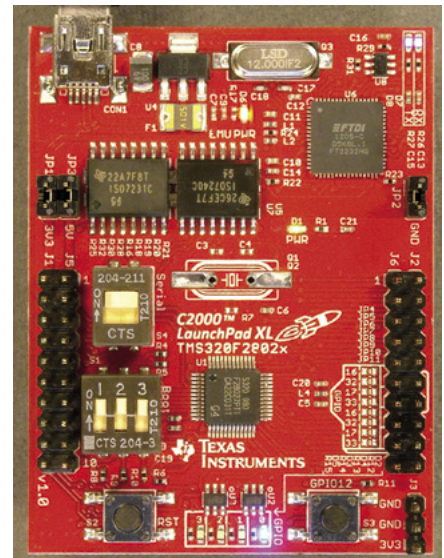
W prawym dolnym rogu planszy wyświetlanej na PC przez program PuTTY jest pokazywany rezultat aktualnego pomiaru (rysunek 8). Oprócz aktualnej różnicy pokazywana jest tam też aktualna temperatura w stopniach Celcjusza. Po ponowne przytoczenie przycisku S3 powoduje ustawienie temperatury odniesienia na wartość temperatury bieżącej.

Po zainstalowaniu oprogramowania narzędziowego i dołączeniu płytki zestawu ewaluacyjnego C2000 Piccolo LaunchPad do portu USB komputera, użytkownik może zająć się tworzeniem systemów czasu rzeczywistego dla różnych zastosowań: oświetlenie, sterowanie silników, cyfrowe sterowanie układów zasilania i wielu innych.

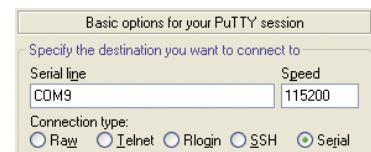
Henryk A. Kowalski
 kowalski@ii.pw.edu.pl
 Fotografie: Henryk Jeż

Bibliografia:

- [1] *BYOB - Build your own LaunchPad/BoosterPack (BoosterPack Baseline Standard)* <http://processors.wiki.ti.com/index.php/BYOB>
- [2] *Get started with the LaunchPad Evaluation kit from Texas Instruments* <http://www.ti.com/launchpad>
- [3] *BoosterPack Design Guide* http://processors.wiki.ti.com/index.php/BoosterPack_Design_Guide
- [4] *TMS320F28027, TMS320F28026, TMS320F28023, TMS320F28022, TMS320-F28021, TMS320F280200, Piccolo Microcontrollers, Data Sheet, SPR523I, 31 Jul 2012*
- [5] *XDS100* <http://processors.wiki.ti.com/index.php/XDS100>
- [6] *LAUNCHXL-F28027 C2000 Piccolo LaunchPad Experimenter Kit, SPRUHH2, 25 Jul 2012*
- [7] *LAUNCHXL-F28027 C2000 Piccolo LaunchPad Quick Start Guide, SPRZ376, 17 Jul 2012*
- [8] *C2000™ Piccolo™ LaunchPad Evaluation Kit, SPRT626, 25 Jul 2012*
- [9] *Henryk A. Kowalski, Procesory DSP dla praktyków, BTC, Warszawa, 2011* <http://ii.pw.edu.pl/kowalski/dsp/book/>
- [10] *Henryk A. Kowalski, Procesory DSP w przykładach, BTC, Warszawa, 2012* <http://ii.pw.edu.pl/kowalski/dsp/book/>
- [11] *controlSUITE for C2000 microcontrollers v3.1.0, 21, September 2012,* <http://www.ti.com/tool/controlsuite>
- [12] *controlSUITE Getting Started Guide (Rev. B), SPRUGU2B, 09 June 2011*
- [13] *Code Composer Studio (CCStudio) Integrated Development Environment (IDE)* <http://www.ti.com/tool/ccstudio>



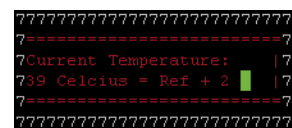
Fotografia 5. Zestaw ewaluacyjny C2000 Piccolo LaunchPad po włączeniu zasilania (USB)



Rysunek 6. Ustawianie parametrów transmisji



Rysunek 7. Plansza wyświetlana przez aplikację Example_F2802xLaunchPadDemo



Rysunek 8. Wskazania aktualnej temperatura w oknie PuTTY