

C2000 Piccolo LanuchPad (11)

Łatwe sterowanie diodami LED-RGB mocy

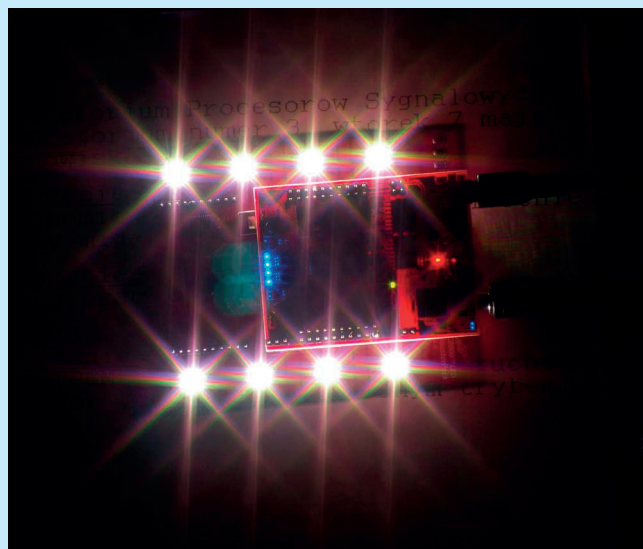
Układ procesorowy serii Piccolo F2802x dobrze nadaje się do budowy układów zasilających do sterowania diodami LED-RGB mocy. Płytką rozszerzeniową C2000 LED BoosterPack firmy Texas Instruments, po dołączeniu do zestawu C2000 Piccolo LaunchPad, jest doskonałą platformą dla wszystkich, którzy pragną poznać techniki zasilania diod LED oraz techniki programowania sterowania w czasie rzeczywistym. Załączony projekt demonstracyjny umożliwia precyzyjne i efektywne sterowanie szeregami diod LED-RGB.

Jest wiele sposobów sterowania szeregami diod LED. W przypadku dosyć długiego łańcucha diod lub większej ich mocy najbardziej efektywnym rozwiązaniem jest zastosowanie nieizolowanej impulsowej przetwornicy DC/DC. W przypadku diod RGB występują trzy szeregi diod LED wymagające indywidualnego sterowania. Często stosowane są dwa rozwiązania: indywidualne sterowane przetwornice impulsowe DC/DC dla każdego koloru lub jedna, wspólna przetwornica DC/DC i kluczowanie prądu indywidualne dla każdego koloru. W zależności od wejściowego napięcia zasilania całego układu, stosowane są najczęściej przetwornice DC/DC w topologiach „Buck”, „Boost”, „Inverting Buck-Boost lub „Sepic (Buck/Boost)” [12].

Istotnym parametrem diody LED jest napięcie przewodzenia. Diody LED wykazują dużą zmienność napięcia przewodzenia związaną z różnicami technologii i produkcji wynoszącą do 35% wartości typowej. Dodatkowo występuje zmienność do 13% tego napięcia w zależności od zmian temperatury. Układ zasilania szeregu diod LED musi dostarczać napięcia odpowiednio wysokiego aby odpowiadało wymaganiom sumy napięcia przewodzenia tych diod plus spadek napięcia na szeregowym rezystorze pomiarowym. Dodatkowo trzeba uwzględnić wszystkie zmienności napięcia.

Światło emitowane przez diodę LED charakteryzują dwa podstawowe parametry: strumień świetlny (mierzony w lumenach) oraz kolor (określany poprzez dominującą długość fali światła, w nm). Dioda LED może być z dużym przybliżeniem traktowana jako urządzenie sterowane prądem. Strumień świetlny jest proporcjonalny do średniego prądu diody. Trzeba pamiętać, że dioda LED rozpoczyna świecenie dopiero powyżej pewnego progu wartości płynącego prądu. Wraz ze wzrostem prądu diody LED wzrasta na niej napięcie, ale w sposób wykładniczy. Dla szeregu diod LED napięcie wymagane do poprawnej pracy w całym zakresie jasności świecenia może być dosyć duże. Wartość prądu diody LED zależy również od temperatury jej struktury. Dla stałego napięcia prąd płynący przez diodę wzrasta przy wzroście temperatury. Powoduje to dalszy wzrost prądu i taki cykl może doprowadzić do zniszczenia diody. Dlatego najlepszym sposobem sterowania jasnością świecenia diody LED jest sterowanie jej prądem.

Można stosować dwa sposoby sterowania: z otwartą pętlą (tylko pomiar napięcia) lub z zamkniętą pętlą (pomiar i sterowanie prądu). Stosowane są różne realizacje sterowania pętlą sprzężenia zwrotnego.

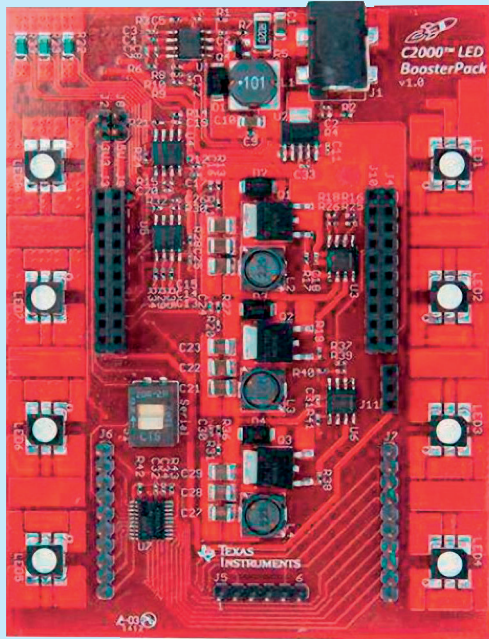


Dodatkowe informacje na FTP:

Dotychczas w EP na temat zestawu ewaluacyjnego C2000 Piccolo LaunchPad:

- „Zestaw ewaluacyjny C2000 Piccolo LaunchPad”, EP 01/2013
- „C2000 Piccolo LanuchPad (1) – Pierwszy program w środowisku programowym CCS v5”, EP 02/2013
- „C2000 Piccolo LanuchPad (2) – Łatwe programowanie z pakietem controlSUITE”, EP 03/2013
- „C2000 Piccolo LanuchPad (3) – Łatwe programowanie do pamięci Flash”, EP 04/2013
- „C2000 Piccolo LanuchPad (4) – Łatwa obsługa szyny SPI”, EP 05/2013
- „C2000 Piccolo LanuchPad (5) – Łatwa obsługa szyny I²C”, EP 07/2013
- C2000 Piccolo LanuchPad (6) – Łatwa inicjalizacja systemowa procesora serii Piccolo F2802x”, EP 09/2013
- „C2000 Piccolo LanuchPad (7) – Łatwa obsługa wyświetlacza LCD”, EP 11/2013
- „C2000 Piccolo LanuchPad (8) – Budowanie biblioteki driveli dla procesorów serii Piccolo F2802x”, EP 12/2013
- „C2000 Piccolo LanuchPad (9) – Łatwa obsługa modułu PWM procesora serii Piccolo F2802x”, EP 1/2014
- „C2000 Piccolo LanuchPad (10) – Łatwa obsługa modułu eCAP procesora serii Piccolo F2802x”, EP 2/2014
- Film wideo „Automatyczna zmiana kolorów”

Płytką rozszerzeniową *C2000 LED BoosterPack* jest dodatkową płytką dołączaną do płytki standardowego zestawu *C2000 Piccolo LaunchPad* (fotografia 1). Regulowanie jasności świecenia diod LED płytki rozszerzeniowej *C2000 LED BoosterPack* jest realizowana poprzez indywidualną zmianę napięcia wyjściowego dla szeregu diod LED każdego koloru. Procesor F28027 Piccolo steruje na płycie rozszerzeniowej *C2000 LED BoosterPack* osobnym układem DC/DC dla każdego koloru. Umożliwia to użytkownikowi sterowanie prądem przepływającym przez każdy szereg diod LED.



Fotografia 1. Płytkę rozszerzeniową C2000 LED BoosterPack [3]

Opisy

- Opis płytki rozszerzeniowej C2000 LED BoosterPack jest zamieszczony w dokumencie C2000 LED BoosterPack User's Guide [3].
- Opis instalowania i uruchamiania oprogramowania demonstracyjnego jest zamieszczony w dokumencie LED BoosterPack Quick Start Guide [4].
- Opis sposobu organizacji i pracy programu demonstracyjnego jest zamieszczony w nocie aplikacyjnej Multi-DC/DC Conversion & Color LED Control Integrated on a C2000 Microcontroller [5].
- Opis konfiguracji sprzętu oraz pracy z programem projektu demonstracyjnego i aplikacji GUI na komputerze PC jest zamieszczony na stronie TI WIKI C2000 Piccolo LaunchPad: Project 1 [6].
- Opis oprogramowania „firmware” pakietu programowego controlSUITEv3 jest zamieszczony w dokumencie F2802x Firmware Development Package USER'S GUIDE v. 210 [7].
- Dokładne omówienie budowy układu procesorowego serii Piccolo F2802x jest zamieszczony w książce Henryk A. Kowalski „Procesory DSP dla praktyków” [11].
- Dokładne omówienie zestawu ewaluacyjnego C2000 Piccolo LaunchPad jest zamieszczony w artykule Henryk A. Kowalski „Zestaw ewaluacyjny C2000 Piccolo LaunchPad” [9].
- Dokładne omówienie środowiska CCSv5 oraz pakietu controlSUITEv3 jest zamieszczony w artykule Henryk A. Kowalski „C2000 Piccolo LaunchPad (2) – łatwe programowanie z pakietem controlSUITE” [8].
- Opis instalowania najnowszej wersji środowiska CCS i pakietu controlSUITE jest zamieszczony w artykule Henryk A. Kowalski „C2000 Piccolo LaunchPad (8) – Budowanie biblioteki driverlib dla procesorów serii Piccolo F2802x” [10].

Płytkę rozszerzeniową C2000 LED BoosterPack jest podzielona na funkcjonalne grupy:

- **Układ Zasilania** – Płytkę rozszerzeniową jest zasilana napięciem 12 V (1 A typ) z zewnętrznego zasilacza DC. Napięcie wejściowe może się zmieniać od 6 V (1.2 A) do 20 V (0.36 A). Napięcie wejściowe jest podawane na przetwornicę DC/DC (TPS40200) o napięciu wyjściowym 5 V. Następnie to obniżone napięcie jest podawane na regulator LDO (TPS795xx) o napięciu 3,3 V. Napięcie to zasilają układy scalone płytki rozszerzeniowej C2000 LED BoosterPack. Oba napięcia 5 V i 3,3 V są poprzez zwory podawane na złącze płytki zestawu C2000 Piccolo LaunchPad.
- **Przetwornice** – Płytkę posiada trzy osobne przetwornice DC/DC pracujące w topologii „boost” przeznaczone dla szeregu diod LED każdego koloru. Podwyższają one napięcie wejściowe (12 V typ.) do napięcia

wystarczająco wysokiego do wprowadzenia diod w stan przewodzenia. Przetwornice DC/DC są sterowane przez sygnały PWM generowane przez moduły ePWM1 i ePWM2 procesora F28027 Piccolo zestawu C2000 Piccolo LaunchPad.

- **Układ pomiaru prądu** – Każdy szereg diod LED ma dołączony szeregowy rezystor do masy. Zamienia on prąd szeregu na napięcie. Spadek napięcia jest wzmacniany i filtrowany przez analogowe wzmacniacze operacyjne (OPA2350). Następnie jest podawany na wejścia przetwornika ADC procesora F28027 Piccolo zestawu C2000 Piccolo LaunchPad.
- **Układ sterowania dotykowego** – Na płytce drukowanej C2000 LED BoosterPack jest dodatkowo zamontowany procesor MSP430G2452 oraz złącza standardu 20-to wyprowadzeniowego płytek LaunchPad. Umożliwia to dołączenie do płytki rozszerzeniowej C2000 LED BoosterPack płytki Capacitive Touch BoosterPack obsługiwanej przez ten procesor MSP430 i przeznaczonej do sterowania dotykowego (pojemnościowo). Odczytane wartości sterowania są poprzez łącze UART transmitowane z procesora MSP430 do procesora F28027 Piccolo zestawu C2000 Piccolo LaunchPad.

Przetwornice DC/DC

Płytkę rozszerzeniową C2000 LED BoosterPack zawiera diody RGB typu OVSTRHBB1CR8 firmy Optek Technology [13]. Mogą one pracować z maksymalnym prądem 50 mA dla włączonej diody jednego koloru. Dioda jest bardzo jasna ze średnim strumieniem świetlnym 700/1600/400 mcd (R/G/B) oraz z typowymi pozostałymi parametrami. Struktura diody czerwonej jest umieszczona w środku okna obudowy.

Płytkę rozszerzeniową C2000 LED BoosterPack zawiera trzy osobne przetwornice DC/DC przeznaczone dla szeregu ośmiu diod LED każdego koloru RGB (**rysunek 2**).

Przetwornice pracują jako źródła prądowe z regulacją prądu. W pętli sprzężenia zwrotnego wzmacnione napięcie z rezystora szeregowego gałęzi koloru jest próbkowane przez przetwornik ADC procesora F28027 Piccolo zestawu C2000 Piccolo LaunchPad. Następnie wynik jest porównywany zadaną wartością. Na tej podstawie określona jest wartość wypełnienia generowanego przebiegu PWM dla tego koloru. Sygnał PWM z procesora jest podawany na szybki sterownik analogowy (UCC27324), który steruje tranzystorem MOS przetwornicy DC/DC danego koloru. Przetwornica pracuje w konfiguracji „boost” i podwyższa napięcie wejściowe (12 V typ.). Dla zerowego wypełnienia sygnału PWM napięcie wyjściowe wynosi trochę poniżej napięcia wejściowe (ok. 12 V). Jest to napięcie wystarczające do wprowadzenia diody czerwonej (R) w stan przewodzenia. Dioda ta lekko świeci.

Napięcia dla maksymalnego prądu diod 50 mA wynoszą ok. 16/30/28 V (R/G/B) i zależą od temperatury struktury diody.

W celu uniknięcia zjawiska migotania częstotliwość przebiegu PWM musi być dosyć duża. Pozwala to także na uniknięcie występowania w układzie brzęczenia w paśmie akustycznym.

Można skonfigurować zasilanie płytki rozszerzeniowej C2000 LED BoosterPack na dwa sposoby – z izolacją i bez.

Praca bez izolacji

Praca w tym trybie jest przydatna do szybkiego pokazania działania płytki rozszerzeniowej z dostarczanym przez producenta oprogramowaniem demonstracyjnym. Zasilanie płytki zestawu *C2000 Piccolo LaunchPad* jest dostarczane przez jego złącze USB.

Zasilanie płytki rozszerzeniowej *C2000 LED BoosterPack* jest dostarczane przez zewnętrzny zasilacz DC 12 V. Masa portu USB jest połączona z masą procesora F28027 Piccolo zestawu *C2000 Piccolo LaunchPad* oraz masą płytki rozszerzeniowej *C2000 LED BoosterPack*.

Konfigurowanie sprzętowe:

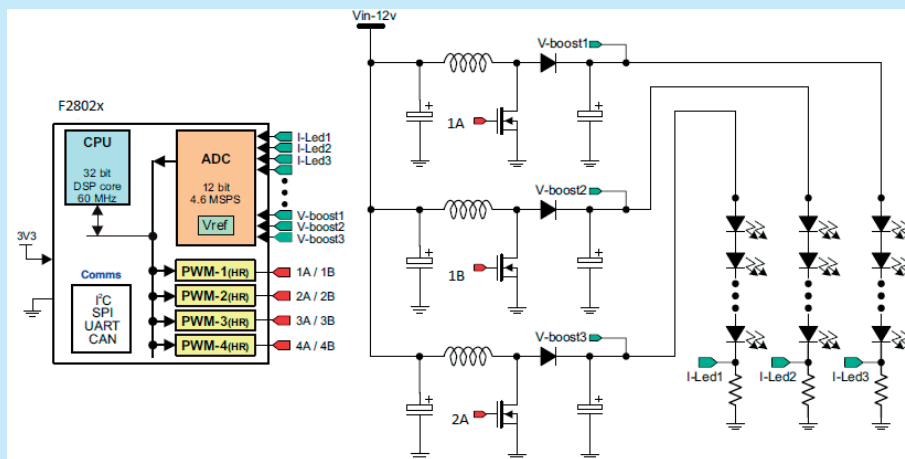
- Załóż zworki na złącza JP1, JP2 i JP3 zestawu *C2000 Piccolo LaunchPad*.
- Zdejmij zworki ze złączy J2 i J8 płytki rozszerzeniowej *C2000 LED BoosterPack*.
- Załóż płytkę zestawu *C2000 Piccolo LaunchPad* na złącza J2, J4, J8 i J10 płytki rozszerzeniowej *C2000 LED BoosterPack*.
- Dołącz kabel USB do złącza USB zestawu *C2000 Piccolo LaunchPad*.
- Dołącz wtyczkę zasilacza DC 12 V do gniazdka J1 płytki rozszerzeniowej *C2000 LED BoosterPack*.

Praca z izolacją

W tym trybie jest możliwa samodzielna praca płytki rozszerzeniowej z pojedynczym napięciem zasilania. Ta konfiguracja zapewnia izolację galwaniczną 2500 V pomiędzy portem USB komputera PC, a wysokim napięciem zasilania występującym na płytce rozszerzeniowej. Zasilanie dla obu płytek, zestawu *C2000 Piccolo LaunchPad* oraz płytki rozszerzeniowej *C2000 LED BoosterPack*, jest dostarczane przez zasilacz DC 12 V. Emulator sprzętowy typu XDS100v2 jest zasilany osobno bezpośrednio z gniazdka USB dołączonego do komputera PC. Masa portu USB nie jest połączona z masą procesora F28027 Piccolo zestawu *C2000 Piccolo LaunchPad* i masą płytki rozszerzeniowej *C2000 LED BoosterPack*.

Konfigurowanie sprzętowe:

- Zdejmij zworki ze złączy JP1, JP2 i JP3 zestawu *C2000 Piccolo LaunchPad*.
- Załóż zworki na złącza J2 i J8 płytki rozszerzeniowej *C2000 LED BoosterPack*.
- Załóż płytkę zestawu *C2000 Piccolo LaunchPad* na złącza J2, J4, J8 i J10 płytki rozszerzeniowej *C2000 LED BoosterPack*.
- Dołącz kabel USB do złącza USB zestawu *C2000 Piccolo LaunchPad*.
- Dołącz wtyczkę zasilacza DC 12 V do gniazdka J1 płytki rozszerzeniowej *C2000 LED BoosterPack*.



Rysunek 2. Organizacja pracy płytki rozszerzeniowej *C2000 LED BoosterPack* [5].

Konfiguracja sprzętowa i programowa

Do wykonania ćwiczenia potrzebny jest komputer z zainstalowanym (darmowym) oprogramowaniem:

- Środowisko *Code Composer Studio* v5.5.0.00077 (Sep 9, 2013) firmy Texas Instruments [1, 8, 10]. Umożliwia on tworzenie w środowisku CCSv5 programów przeznaczonych dla procesorów serii Piccolo TMS320F2802x.
- Pakiet programowy *controlSUITE* v3.2.4 (10-DEC-2013) firmy Texas Instruments [2, 8, 10]. Zawiera oprogramowanie „firmware”, biblioteki, opisy zestawów sprzętowych oraz projekty przykładowe dla wszystkich serii procesorów rodziny C2000. Platforma sprzętowa wymaga dwóch elementów:
- Zestaw ewaluacyjny *C2000 Piccolo LaunchPad* firmy Texas Instruments z układem procesorowym TMS320F28027 Piccolo firmy Texas Instruments (zawiera kabel USB-A USB-mini) [9].
- Płytkę rozszerzeniową *C2000 LED BoosterPack* firmy Texas Instruments (zawiera zasilacz DC 12V 1A) [3, 4, 5, 13].

Przełącznik S1 płytki rozszerzeniowej *C2000 LED BoosterPack* musi być ustawiony w pozycji dolnej. Obie płytki należy skonfigurować do pracy z izolacją. Po dołączeniu zasilania diody czerwone lekko świecą.

Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest praktyczne poznanie sposobu użycia układu procesorowego serii Piccolo F2802x do sterowania jasnością świecenia diod LED-RGB mocy. Zastosowano przykładowe projekty *LED_Boost_PC* oraz *LED_Boost_CapTouch* z pakietu programowego *controlSUITE*v3 pracujące na zestawie ewaluacyjnym *C2000 Piccolo LaunchPad* z dołączoną płytką rozszerzeniową *C2000 LED BoosterPack*. Ćwiczenie jest zorganizowane tak, że działania są wykonywane w kolejnych punktach i krokach uzupełnionych o opisy. Ćwiczenie umożliwia praktyczne eksperymenty ze sterowaniem diod LED-RGB.

Uruchamianie środowiska CCSv5


Po uruchomieniu środowiska CCSv5 pokazywane jest okno edycyjne *Workspace Launcher* ustawiania lokalizacji foldera roboczego.

1. Po uruchomieniu środowiska CCSv5 wpisz w oknie *Workspace* ścieżkę i nazwę foldera roboczego (*workspace*).

W oknie *Workspace* wpisz ścieżkę i nazwę foldera roboczego. Dla indywidualnej pracy jest proponowana ścieżka `<C:/home_dir>`. Dla tego ćwiczenia proponowana jest nazwa foldera `/work_Boost`. Można umieścić folder `home_dir` na innym wolumenie dyskowym z prawami dostępu.

Po kliknięciu na przycisk *OK* okna *Workspace Launcher* otwierane jest okno startowe środowiska CCSv5 (i ładowane są poszczególne elementy środowiska). Można to obserwować na pasku postępu w prawym dolnym rogu okna.

Projekty przykładowe pakietu controlSUITE

W oknie *TI Resource Explorer* perspektywy *CCS Edit* pokazywana jest strona *Welcome*. Zawiera ona graficznie menu główne. Istotne informacje są zgrupowane na stronie *Home*. Można ją otworzyć po kliknięciu w oknie *TI Resource Explorer* na ikonkę *Home* .

Po kliknięciu na odnośnik *Examples* pokazywane jest po lewej stronie okna drzewo dokumentacji i dostępnych projektów przykładowych.

Jeśli pokazywana jest tylko jedna linia *controlSUITE* z gałęzią *English* to udostępnia ona tylko dokumentację pakietu.

Aby dodać dostęp do przykładowych projektów należy na dole strony *Home* kliknąć na odnośnik *Configure Resource Explorer...*

Jeśli w białym polu wyboru okna dialogowego *Package Configuration* jest pokazywana nazwa *controlSUITE* to należy na nią kliknąć a następnie należy kliknąć przycisk *Remove* oraz przycisk *OK*. Okno jest zamykane i środowisko CCS usuwa niepoprawnie zbudowaną bazę informacji o projektach przykładowych. Następnie na dole strony *Home* należy ponownie kliknąć na odnośnik *Configure Resource Explorer...*

Jeśli w białym polu wyboru okna dialogowego *Package Configuration* jest pusto to trzeba kliknąć na *Add*. Następnie trzeba wskazać folder `C:\ti\controlSUITE` i kliknąć *OK*. Nazwa *controlSUITE* pojawi się w oknie wyboru. Należy kliknąć na nią a następnie na *OK*. Po dłuższej chwili pojawi się w drzewie okna *TI Resource Explorer* druga linia *controlSUITE* zawierająca pozycje: *development kits*, *device_support* oraz *libs*.

Pierwszy projekt – Sterowanie jasnością z komputera PC

W obu konfiguracjach pracy płytki rozszerzeniowej *C2000 LED BoosterPack* jest możliwość sterowania jasnością diod LED-RGB z komputera PC. Realizowane jest to poprzez komunikację komputera PC z łączem UART procesora F28027 Piccolo poprzez kanał RS232 emulatora XDS100v2. Do takiej pracy przełącznik S1 płytki rozszerzeniowej *C2000 LED BoosterPack* musi być ustawiony w pozycji dolnej.

Pakiet programowy *controlSUITE* zawiera program *LED_BOOST_PC_GUI.exe*. Program realizuje graficzny interfejs do sterowania diodami LED-RGB płytki rozszerzeniowej *C2000 LED BoosterPack*. W programie został zastosowany separator z amerykańskiej wersji systemu Windows. W dokumentacji płytki rozszerzeniowej radzą, aby do pracy z programem zmienić ustawienia regionalne systemu Windows na English.


Zastosowanie pierwszego projektu: LED_Boost_PC

2. Rozwiń w oknie *TI Resource Explorer* drugą pozycję *controlSUITE*. Następnie rozwiń w tym oknie drzewo *controlSUITE* → *development_kits* → *C2000_LaunchPad* → *f2802x_examples*. Potem kliknij na nazwę wybranego projektu *LED_Boost_PC*.

W prawym oknie zostanie wyświetlona instrukcja jak krok po kroku zbudować i uruchomić projekt.

Krok1A: Importowanie projektu LED_Boost_PC

Krok1 umożliwia zaimportowanie wybranego projektu do CCSv5.



3. W oknie *TI Resource Explorer* kliknij na odnośnik kroku 1. Po poprawnym wykonaniu importowania w oknie *Project Explorer* pojawia się drzewo projektu i w oknie *TI Resource Explorer* pokazywany jest zielony znaczek  na prawo od linii nazwy kroku.

Projekt *LED_Boost_PC* został zaimportowany z kopiowaniem projektu i pliku głównego *LED_Boost_PC_Main.c* do foldera roboczego projektu.

Krok2A: Budowanie projektu LED_Boost_PC

Krok2 umożliwia wykonanie budowania wybranego projektu.

4. W oknie *TI Resource Explorer* kliknij na odnośnik kroku 2.

Powoduje to automatyczne budowanie projektu – podobnie jak po przyciśnięciu przycisku *Build* . W oknie *Console* pokazywane są bieżące informacje o postępie budowania. W oknie *Problems* pokazywane są opisy błędów, ostrzeżeń i informacji. Po poprawnym wykonaniu budowania pokazywany jest w oknie *TI Resource Explorer* zielony znaczek  na prawo od linii nazwy kroku.

5. W oknie *Project Explorer* rozwiń drzewo projektu i kliknij na jego nazwę.

Został zbudowany projekt w konfiguracji budowania o nazwie *F2802x_FLASH*.


Budowanie projektu *LED_Boost_PC* zostało zakończone poprawnie. Został utworzony wynikowy plik binarny *LED-ColorMix.out* (zobacz okno *Console*). Zostały jednak zgłoszone ostrzeżenia (zobacz okno *Problems*). Na razie są one nieistotne.

Krok3A: Definiowanie konfiguracji sprzętowego systemu docelowego

Krok3 umożliwia zdefiniowanie konfiguracji sprzętowej systemu docelowego dla projektu. Na początku pole *Connection* pokazuje typ „none”.

6. W oknie *TI Resource Explorer* kliknij na odnośnik kroku 3. W oknie dialogowym *Debugger Configuration* rozwiń listę wyboru.

7. Wybierz pozycję *Texas Instruments XDS100v2 USB Emulator*. Kliknij *OK*.

W oknie *TI Resource Explorer* pole *Connection* pokazuje teraz typ *Texas Instruments XDS100v2 USB Emulator*. Zielony znaczek  jest pokazywany na prawo od linii nazwy kroku.

Utworzony plik konfiguracji sprzętowej *TMS320F28027.ccxml* jest teraz pokazany w gałęzi *targetConfigs* drzewa projektu w oknie *Project Explorer*. Jest on ustawiony jako *Active/Default* (aktywny i domyślny).

Krok A: Uruchamianie sesji debugowej dla projektu LED_Boost_PC

Krok4 umożliwia uruchomienie sesji debugowej dla projektu. Dotychczas praca środowiska CCSv5 nie wymagała fizycznej obecności sprzętu docelowego. Wykonanie kroku 4 wymaga wcześniejszego dołączenia zestawu ewaluacyjnego *C2000 Piccolo LaunchPad* do komputera z zainstalowanym środowiskiem CCSv5 [9].

8. W oknie *TI Resource Explorer* kliknij na odnośnik kroku 4.

Powoduje to automatyczne rozpoczęcie sesji debugowej – podobnie jak po przyciśnięciu przycisku *Debug*. Postęp działania środowiska CCSv5 można obserwować na pasku stanu w prawym dolnym rogu okna. Może to trwać dosyć długo i należy koniecznie poczekać przed rozpoczęciem dalszej pracy na zakończenie ładowania kodu i pokazanie się okna perspektywy *CCS Debug*.

Wgląd w projekt LED_Boost_PC

9. W perspektywie *CCS Debug* zauważ w oknie edytora, że praca programu została zatrzymana na pierwszej linii kodu funkcji *main()*.

10. Otwórz okno *Disassembly* z menu *View → Disassembly*. W tym oknie można dokładnie zobaczyć jak naprawdę pracuje układ procesorowy Piccolo F28027.

11. Zapoznaj się z komentarzem na początku pliku *LED_Boost_PC_Main.c*.

12. Uruchom program. Wykonaj polecenie *Resume*.

Skonfigurowanie programu LED_BOOST_PC_GUI

Program *LED_BOOST_PC_GUI* wymaga ustawień separatora dziesiętnego zgodnego z amerykańską wersją systemu Windows. Dla Windows 7 PL 64 zmianę ustawień wykonuje się dosyć prosto.

13. Otwórz *Panel Sterowania*. Wybierz opcję „Zegar, język i region” a następnie „Region i język”.

14. Na zakładce *Formaty* zmień format z ustawienia „Polski (Polska)” na „Angielski (Stany Zjednoczone)”.

15. Kliknij na przycisk „Ustawienia dodatkowe” i upewnij się, że symbol dziesiętny jest kropką. Kliknij *Anuluj* a następnie *OK*.

Program projektu *LED_Boost_PC* wysłała informację poprzez port szeregowy układu procesorowego typu UART. Aby je wykorzystać należy najpierw zidentyfikować numer wirtualnego portu COM.

16. Kliknij prawym klawiszem myszy na *Mój komputer* (np. w menu *Start*). Wybierz *Właściwości* a następnie *Sprzęt* oraz

Menadżer urządzeń. Na liście Porty (COM i LPT) znajdź port o nazwie USB Serial Port (COMx), gdzie x jest numerem.

17. Uruchom program *LED_BOOST_PC_GUI.exe* ze ścieżki *C:\ti\controlSUITE\development_kits\C2000_LaunchPad\Example GUI*.

18. Kliknij na przycisk *Setup Connect*. Zaznacz na liście ustalony numer portu COMx. Upewnij się, że NIE jest zaznaczona opcja *Boot on Connect*. Kliknij *OK*.

19. Kliknij *Connect* w głównym oknie programu. Na pasku stanu pojawi się napis *Connected*.

Jeśli program informuje, że nie mógł się połączyć to odłącz kabel USB od zestawu *C2000 Piccolo LaunchPad* i ponownie go dołącz. Ponownie kliknij *Connect* w głównym oknie programu.

20. Zauważ cykliczne świecenie diod D7 (Rx) i D8 (Tx) w prawym górnym rogu zestawu ewaluacyjnego *C2000 Piccolo LaunchPad*. Sygnalizują one cykliczne wykonywanie transmisji po łączu UART pomiędzy komputerem PC i procesorem procesora F28027 Piccolo.

Uwaga! Zastosowane na płycie C2000 LED BoosterPack diody LED mocy mają bardzo dużą jasność. Patrzenie na nie bezpośrednio, przy ustawieniu dużego prądu, może spowodować uszkodzenie wzroku.

Sterowanie jasnością diod LED poszczególnych kolorów jest możliwe na dwa sposoby: automatycznie lub ręcznie.

Na pasku *Color Presets* znajdują się przyciski do automatycznego ustawienia kilku predefiniowanych kolorów świecenia (ustawienia prądów R/G/B w miliamperach): czerwony (0/0/30), pomarańczowy (0/10/35), żółty (0/25/35), zielony (0/30/0), niebieski (30/0/0), purpurowy (25/0/25), biały (15/20/25) i czarny (0/0/0).

Zaznaczenie opcji *Automatic LED Control* powoduje włączenie wykonywania sekwencji płynnej zmiany pomiędzy różnymi kolorami wykonywanej automatycznie.

Suwaki w polach *Target Current* umożliwiają niezależne ręczne sterowanie prądem diod LED koloru w granicach zero do 50 mA.

Włączanie i wyłączanie świecenia diod LED mocy jest wykonywane stopniowo z szybkością zadaną w oknie *LED Slew Rate*.

Wybór pozycji z listy przycisku *Update Rate* włącza cykliczne pokazywanie po prawej stronie okna wartości zmierzonego prądu dla diod LED każdego koloru.

21. Kliknij na przyciski wyboru ustawień koloru (**rysunek 3**).

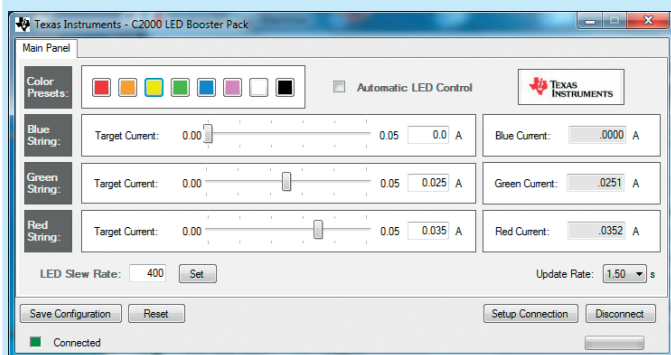
22. Zobacz efekty barwne uzyskane dla każdego ustawienia (**fotografia 4**). Efekt dla ustawienia koloru białego jest pokazany w nagłówku artykułu.

23. Poeksperymentuj z ręcznym ustawianiem wartości prądów kolorów. Zobacz, jakie są pokazywane wartości pomiaru prądu.

24. Zobacz automatyczną zmianę koloru po wybraniu opcji *Automatic LED Control* (wideo „Automatyczna zmiana kolorów”).

25. Na koniec ustaw wartości wszystkich kolorów na zero. Dopiero po zgaśnięciu diod LED kliknij na przycisk *Disconnect*. Zamknij okno programu.

Po zakończeniu pracy z programem *LED_BOOST_PC_GUI* należy przywrócić poprzednie ustawienia systemu Windows. Otwórz *Panel Sterowania*. Wybierz opcję „Zegar, język i region” a następnie „Region i język”. Na zakładce *Formaty* zmień format z ustawienia „Angielski (Stany Zjednoczone)” na „Polski (Polska)”. Kliknij *OK*.



Rysunek 3. Okno programu *LED_BOOST_PC_GUI* po wybraniu opcji koloru żółtego

Drugi projekt – Sterowanie dotykowe jasnością

Jest również możliwość sterowania dotykowego jasnością diod LED-RGB płytki rozszerzeniowej C2000 LED BoosterPack. Odczytane wartości sterowania są transmitowane bezpośrednio z procesora MSP430 do procesora F28027 Piccolo poprzez łącze UART.

26. W perspektywie *CCS Debug* kliknij na przycisk *Disconnect*.

Zmień konfigurację sprzętową.

27. Odłącz wtyczkę zasilacza DC 12V od gniazdka J1 płytki rozszerzeniowej *C2000 LED BoosterPack*

28. Ustaw przełącznik S1 płytki rozszerzeniowej *C2000 LED BoosterPack* w pozycji górnej.

29. Dołącz do płytki *C2000 LED BoosterPack* płytkę *Capacitive Touch BoosterPack*.

30. Dołącz wtyczkę zasilacza DC 12V do gniazdka J1 płytki rozszerzeniowej *C2000 LED BoosterPack*

31. W perspektywie *CCS Debug* kliknij na przycisk *Connect*.

Zastosowanie drugiego projektu: LED_Boost_CapTouch

32. W perspektywie *CCS Edit* w oknie *TI Resource Explorer* rozwiń drugą pozycję *controlSUITE*. Następnie rozwiń w tym oknie drzewo *controlSUITE* → *development_kits* → *C2000_LaunchPad* → *f2802x_examples*. Potem kliknij na nazwę wybranego projektu *LED_Boost_CapTouch*.

Krok1B: Importowanie projektu LED_Boost_CapTouch do CCSv5

W oknie *TI Resource Explorer* kliknij na odnośnik kroku 1.

Projekt *Example_F2802xECap_apwm* został zaimportowany z kopiowaniem projektu i pliku *LED_Boost_CapTouch_Main.c* do foldera roboczego projektu. W oknie *Project Explorer* został pokazany drugi projekt ustawiony jako aktywny.

Krok2B: Budowanie projektu LED_Boost_CapTouch

33. W oknie *TI Resource Explorer* kliknij na odnośnik kroku 2.

Został zbudowany projekt w konfiguracji budowania o nazwie RAM. Budowanie projektu *LED_Boost_CapTouch* zostało zakończone poprawnie. Został utworzony wynikowy plik binarny *LED-ColorMix.out* (zobacz okno *Console*). Zostały jednak zgłoszone ostrzeżenia (zobacz okno *Problems*). Na razie są one nieistotne.

Krok3B: Definiowanie konfiguracji sprzętowego systemu docelowego

34. W oknie *TI Resource Explorer* kliknij na odnośnik kroku 35. W oknie dialogowym *Debugger Configuration* rozwiń listę wyboru. Wybierz pozycję *Texas Instruments XDS100v2 USB Emulator*. Kliknij OK.

Krok4B: Uruchamianie sesji debugowej dla projektu LED_Boost_CapTouch

36. W oknie *TI Resource Explorer* kliknij na odnośnik kroku 4.

37. W oknie *Launching Debug Session* kliknij Yes.

38. Poczekać na zakończenie ładowania kodu i pokazanie się okna perspektywy *CCS Debug*.

39. Zapoznaj się z komentarzem na początku pliku *LED_Boost_CapTouch.c*

40. Wykonaj polecenie *Resume* .

41. Dotknij dwukrotnie środkowego pola płytki sterowania (*Capacitive Touch BoosterPack*). Powoduje to początkowe włączenie diod LED.

42. Przeciągnij palcem dookoła koła płytki sterowania. Spowoduje to przejście przez spektrum kolorów.

43. Ponownie dotknij środkowego pola płytki sterowania. Spowoduje to wyłączenie diod LED.

W projektach demonstracyjnych zastosowano precyzyjne i efektywne sterowanie programowe szeregi diod LED. Jednak jego organizacja jest dość skomplikowana i zostanie opisana osobno.

Henryk A. Kowalski
kowalski@ii.pw.edu.pl
Zdjęcia: Robert Piątkowski,
Jakub Rak
Wideo: Piotr T. Kowalski

Bibliografia

[1] Code Composer Studio, strona produktu <http://www.ti.com/ccs>

[2] *controlSUITE Getting Started Guide (Rev. B), SPRUGU2B*, 09 June 2011

[3] *C2000 LED BoosterPack User's Guide, SPRUHH9*, 25 Jul 2012

[4] *LED BoosterPack Quick Start Guide, SPRZ384*, 17 May 2012

[5] *Multi-DC/DC Conversion & Color LED Control Integrated on a C2000 Microcontroller, Application Report, SPRABR7*, 01 Feb 2012

[6] Strona TI WIKI *C2000 Piccolo LaunchPad: Project 1* http://processors.wiki.ti.com/index.php/C2000_LaunchPad:Project_1

[7] *F2802x Firmware Development Package USER'S GUIDE v. 210 [f2802x-FRM-EX-UG.pdf]*, pakiet *controlSUITE*

[8] Henryk A. Kowalski „*C2000 Piccolo LanuchPad (2) – Łatwe programowanie z pakietem controlSUITE*”, *Elektronika Praktyczna* 03/2013

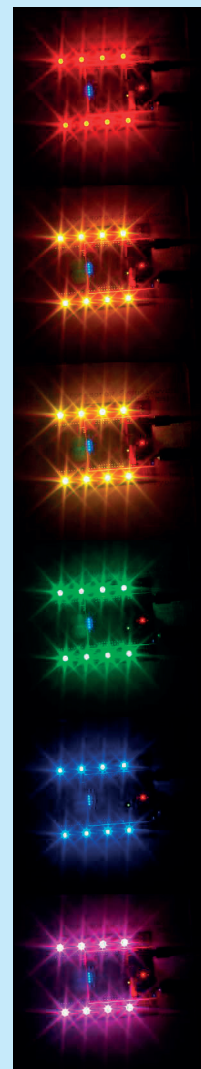
[9] Henryk A. Kowalski, „*Zestaw ewaluacyjny C2000 Piccolo LaunchPad*”, *Elektronika Praktyczna* 01/2013

[10] *C2000 Piccolo LanuchPad (8) – Budowanie biblioteki drivelib dla procesorów serii Piccolo F2802x*, *EP* 12/2013

[11] Henryk A. Kowalski, *Procesory DSP dla praktyków, BTC*, Warszawa, 2011 <http://ii.pw.edu.pl/kowalski/dsp/book/>

[12] *Options abound to power your LEDs!*, John Betten Dec 21 2013, http://e2e.ti.com/blogs_/b/powerhouse/default.aspx

[13] Schemat płytki *C2000 LED BoosterPack C:\TI\controlSUITE\development_kits\C2000_LaunchPad\BOOSTXL-C2KLED*



Fotografia 4.
Predefiniowane kolory świecenia (od góry): czerwony, pomarańczowy, żółty, zielony, niebieski, purpurowy