

C2000 Piccolo LaunchPad (1)

(Pierwszy) program w środowisku programowym CCS v5



Code Composer Studio (CCS) jest zintegrowanym środowiskiem projektowym IDE dostarczanym przez firmę Texas Instruments. Obecna wersja CCSv5 jest utworzona z użyciem najnowszej wersji środowiska Eclipse i może pracować pod kontrolą systemów Windows i Linux. Do tworzenia w środowisku CCSv5 programów przeznaczonych dla procesorów rodziny F2802x Piccolo firmy Texas Instruments jest również potrzebny pakiet programowy controlSUITE tej firmy. Zawiera on oprogramowanie „firmware”, biblioteki, opisy zestawów sprzętowych oraz projekty przykładowe dla wszystkich serii procesorów rodziny C2000.

W artykule najpierw zostało opisane instalowanie środowiska CCSv5.3.0 i pakietu programowego controlSUITEv3.1.2. Następnie jest opisane ćwiczenie praktyczne z zastosowaniem zestawu ewaluacyjnego *C2000 Piccolo LaunchPad* oraz środowiska programowego *CCSv5*. Zastosowano przykładowy program projektu *Example_F2802xLEDBlink* z pakietu programowego controlSUITE. Ćwiczenie jest zorganizowane tak, że działania są wykonywane w kolejnych punktach i krokach uzupełnionych o szczegółowe opisy. Opis zestawu ewaluacyjnego *C2000 Piccolo LaunchPad* został zamieszczony w artykule „Zestaw ewaluacyjny C2000 Piccolo LaunchPad” opublikowanym w EP/01/2013.

Nie ma żadnego spójnego opisu ani podręcznika do środowiska CCSv5. Przydatne i obszernie informacje są zgromadzone na kilku stronach internetowych oraz w pomocy samego środowiska. Podstawowym źródłem informacji o CCSv5 jest witryna *TI Embedded Processors Wiki* kategoria *Code Composer Studio v5* [4]. Jest to bazowa strona dokumentacji środowiska CCSv5. Znajdują się tu bardzo obszerne i często aktualizowane informacje. Tutaj znajduje się rozbudowany indeks odnośników do stron z opisem różnych zagadnień. Opis jest bardzo szczegółowy (ale niekompletny) i dotyczy sposobu wykorzystania poszczególnych funkcji i operacji dostarczanych przez środowisko. Ale nie ma opisu w jakim celu ich użyć, w jakiej kolejności i w jakim kontekście. Zamieszczony opis nie nadąża za szybkimi zmianami kolejnych wersji środowiska.

Wersje CCSv5

Na stronie produktu <http://www.ti.com/ccs> są informacje o aktualnych wersjach CCS [2]. Obecnie najbardziej aktualna jest wersja CCSv5.3.0.00090. Jest tylko jedna wersja CCSv5 (oznaczana jako TMDCCS-ALLxx z wariantami opcji licencji) która obsługuje wszystkie rodziny procesorów produkcji Texas Instruments: ARM, C28x, C54x, C55x, C6000, DaVinci, MSP430, Stellaris, TMS470, TMS570, Sitara, oraz OMAP. CCSv5 jest przeznaczony dla komputera z systemem operacyjnym Microsoft Windows 7 lub XP oraz Linux. Plik instalacyjny jest wspólny dla wszystkich opcji licencji. Dostępne są różne opcje darmowych licencji na środowisko CCSv5. Są one aktywowane po zainstalowaniu (i uruchomieniu) pakietu:

Dodatkowe informacje:

<ftp://ep.com.pl>, user: 32858, pass: 4285avne

- **EVALUATE**: Darmowa licencja pełna o ograniczonym czasie użytkowania do 30 dni. Z możliwością przedłużenia (extension) o kolejne 90 dni. Daje to darmowe użytkowanie próbne przez 120 dni.
- **FREE LICENCE**: Darmowa licencja do używania z emulatorem klasy XDS100 oraz razem z zakupionym sprzętowym zestawem uruchomieniowym lub EVM.
- **CODE SIZE LIMITED (MSP430)**: Darmowa licencja pełna o ograniczonym rozmiarze kodu do 16 kB dla rodziny procesorów MSP430

Pobieranie pliku instalacyjnego CCSv5.x

Na stronie *Download CCS* [3] dostępna jest wersja aktualna i wersje archiwalne plików instalacyjnych CCSv5 do pobrania (osobno dla systemu Windows i Linux):

- *Web Installer* – Małe pliki (<2 MB) instalatora sieciowego pozwalają po pobraniu i uruchomieniu pobierać resztę plików instalacyjnych bezpośrednio w trakcie instalowania programu.
- *Offline Installer* – Duże pliki (ok 1,2 GB) instalatora pełnego zawierają kompletny obraz płyty DVD. Po ich rozpakowaniu można przeprowadzić kompletną instalację bez konieczności połączenia z siecią Internet.

Na stronie *Download CCS* zamieszczone są również odnośniki do strony informacji o wersji (Release Notes).

Do pobrania pliku instalacyjnego jest potrzebna wcześniejsza rejestracja na stronie <http://www.ti.com/myTI> [5]. Po kliknięciu na stronie *Download CCS* na link pobierania przeprowadzane jest logowanie poprzez system myTI i wyświetlany jest formularz do wypełnienia. Oprócz danych osobowych trzeba krótko opisać zastosowanie. Trzeba też podać stronę internetową instytucji/uczelni. Praktyka pokazuje, że najlepiej jest podać wersję angielskojęzyczną strony, gdyż jest ona otwierana przy weryfikacji. Przeprowadzana jest szybka weryfikacja i gdy wynik jest pozytywny aktywowany jest link do pobierania. Wysyłany jest też e-mail z tym linkiem, aktywny przez 72 godziny. Może to okazać się bardzo pomocne gdyż pobieranie trwa długo i może zostać bezpowrotnie przerwane.

Pobieranie pliku instalacyjnego controlSUITEv3.x

Na stronie controlSUITE <http://www.ti.com/tool/control-suite> dostępna jest aktualna wersja pakietu [6]. Obecnie najnowsza jest wersja controlSUITEv3.1.2. Do pobrania pliku instalacyjnego jest potrzebna wcześniejsza rejestracja na stronie myTI [5]. Po kliknięciu na link pobierania przeprowadzane jest logowanie poprzez system myTI i udostępniany jest plik do pobrania. Jest on dosyć duży (obecnie ponad 700MB) i jest przesyłany raczej powoli.

Odinstalowanie środowiska CCS oraz pakietu controlSUITE

Przed rozpoczęciem instalowania należy odinstalować poprzednie środowisko CCS oraz pakiet controlSUITE. Najpierw w oknie *Odinstaluj program* w oknie *Panel sterowania* należy wykonać odinstalowanie w kolejności: wszystkie pakiety sterowników FTDI, pakiet sterowników Spectrum Digital, drajwer Blackhawk Emulation, pakiet DSP/BIOS oraz pakiet controlSUITE (jeśli jest). Dopiero teraz odinstaluj CCS. Może to potrwać dosyć długo. Na koniec należy wejść do foldera C:\ti i usunąć z niego wszystko. Dopiero teraz można rozpocząć instalowanie nowego oprogramowania.

Instalowanie środowiska CCSv5.x oraz pakietu controlSUITEv3.x

Pobrany plik *.zip środowiska CCSv5.x należy rozpakować. Następnie należy uruchomić program *setup*.exe. Środowisko należy zainstalować w proponowanej ścieżce C:\ti. Najlepiej zainstalować pełny zestaw narzędzi. Instalowanie jest dosyć długie. Najlepiej wyłączyć na ten czas program antywirusowy. W systemie Windows może w trakcie instalacji zachodzić konieczność ręcznego zezwolenia na wprowadzenie zmian w systemie. Instalowanie trwa długo, ok. pół godziny (na komputerze dwurdzeniowym 2,3 GHz).

Pobrany plik *.zip pakietu controlSUITEv3.x należy rozpakować. Następnie należy uruchomić program *setup*.exe. Środowisko należy zainstalować w proponowanej ścieżce C:\ti\controlSUITE\.

Pierwsze podłączenie zestawu C2000 Piccolo LaunchPad

Po zainstalowaniu środowiska CCSv5 można pierwszy raz dołączyć zestaw ewaluacyjny C2000 Piccolo LaunchPad kablem USB do wolnego portu USB komputera [1]. System Windows automatycznie rozpoznaje układ. Zostaną zainstalowane sterowniki systemu Windows dla emulatora XDS100v2 [8]. Należy poczekać aż system potwierdzi, że sprzęt jest gotowy do pracy. Do poprawnej pracy programu przykładowego wymagana jest podstawowa (standardowa) konfiguracja przełączników płytki drukowanej zestawu [1]. Zestaw ewaluacyjny jest dostarczany z wpisanym do pamięci Flash układu procesorowego programem przykładowym *Example_F2802xLaunchPadDemo*. Program automatycznie zaczyna pracować po dołączeniu zestawu do portu USB [1].

Budowa środowiska CCSv5

CCSv5 został zbudowany z użyciem aktualnej wersji Eclipse 3.6 oraz CDT 7.0 [4]. Zastosowanie środowiska Eclipse oznacza bezpośrednie użycie w pracy CCSv5 podstawowych koncepcji tego środowiska. CDT (C/C++ De-

velopment Toolkit) jest zbiorem wtyczek środowiska Eclipse które dostarczają obsługę języka C oraz C++. CDT dostarcza zintegrowane środowisko programistyczne IDE (Integrated Development Environment). CDT komunikuje się z narzędziami zewnętrznymi do wykonywania różnych operacji jak: budowanie (jak make), kompilacja (jak gcc) lub debugowanie (jak gdb). Podstawowe koncepcje i terminologia Eclipse są pokazane w ramce.

Budowa pakietu controlSUITEv3.x

Pakiet programowy controlSUITE jest zbiorem oprogramowania i narzędzi programowych dla układów procesorowych rodziny TMS320C2000 [13]. Zawiera również szczegółową dokumentację techniczną modułów sprzętowych. Pakiet controlSUITE jest instalowany w domyślnej ścieżce C:\TI\controlSUITE i zawiera przede wszystkim pakiety wsparcia tworzenia oprogramowania w ścieżce `\device_support` oraz materiały dla zestawów sprzętowych w ścieżce `\development_kits`. Każda seria układów procesorowych rodziny TMS320C2000 posiada własny pakiet programowy wsparcia tworzenia oprogramowania. Dla serii F2802x Piccolo opis modeli programowania procesora jest zamieszczony w dokumentach [10, 11] dostępnych w pakiecie controlSUITE w ścieżce `\device_support\F2802x\v210\doc\`

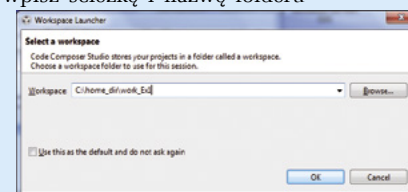
Pierwsze uruchamianie środowiska CCSv5

Działanie środowiska CCSv5 wymaga określenia czterech ścieżek dostępu:

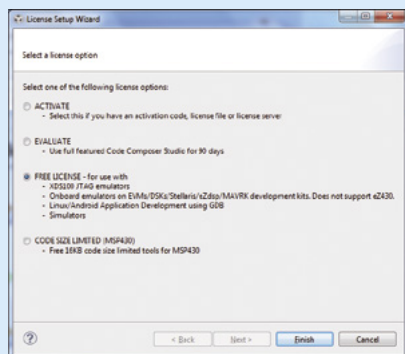
- Ścieżka do pliku licencji (o ile jest potrzebna). Wskazywana jeden raz przy aktywacji licencji.
- Ścieżka foldera roboczego (workspace). Wskazywana każdorazowo przy uruchamianiu środowiska CCSv5.
- Ścieżka foldera projektu. Wskazywana jeden raz przy tworzeniu/importowaniu projektu w środowisku CCSv5. Definiuje ona folder podstawowy (root) projektu.
- Ścieżka foldera pliku konfiguracji sprzętowego systemu docelowego (zestawu ewaluacyjnego, układu procesorowego). Wskazywana jeden raz przy określaniu (tworzeniu) konfiguracji systemu docelowego dla projektu w środowisku CCSv5.

Po uruchomieniu środowiska CCSv5 pokazywane jest okno edycyjne *Workspace Launcher* ustawiania lokalizacji foldera roboczego (rys. 1). W oknie *Workspace* należy wpisać/wskazać ścieżkę dla lokalizacji foldera (workspace) roboczego projektu. Można ją też wskazać przy użyciu standardowego przycisku *Browse* systemu Windows. Odznaczenie (wyłączenie) opcji *Use this as the default and do not ask again* oznacza pracę z osobnym folderem roboczym. Folder z projektem można umieścić w folderze roboczym. Ale nie odwrotnie. Przy ponownym uruchomieniu środowiska CCSv5 pokazywana jest w oknie *Workspace Launcher* ścieżka lokalizacji foldera roboczego używana przy ostatnim zamknięciu CCSv5.

W oknie *Workspace* wpisz ścieżkę i nazwę folderu roboczego. Powinna być ona krótka i musi być zlokalizowana na dysku w miejscu, dla którego są uprawnienia dostępu (zapisu). Dla indywidualnej pracy proponowa-



Rysunek 1. Okno dialogowe definiowania foldera roboczego CCSv5



Rysunek 2. Okno dialogowe wyboru opcji licencji CCSv5

na jest ścieżka `<C:/home_dir>`. Dla tego pierwszego ćwiczenia proponowana jest nazwa folderu `workEx1`.

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. Może to

trwać dosyć długo i należy koniecznie poczekać na zakończenie inicjalizacji środowiska przed rozpoczęciem dalszej pracy.

Wybór opcji licencji środowiska CCSv5

Zestaw ewaluacyjny *C2000 Piccolo LaunchPad* jest wyposażony w emulator XDS100v2 [1]. Dla pracy środowiska CCSv5 z zestawem najlepsza wydaje się opcja darmowej licencji o nazwie **FREE LICENCE**.

Po pokazaniu się okna edycyjnego *License Setup Wizard* (rys. 2) zaznacz opcję **FREE LICENCE** i kliknij *Finish*. Na pasku stanu (na dole) pojawi się napis *Licensed*.

Projekty przykładowe pakietu controlSUITE

W oknie *TI Resource Explorer* perspektywy *CCS Edit* pokazywana jest strona *Welcome* (w html). Zawiera ona graficzne 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 (rys. 3). Jeśli pokazywana jest tylko jedna linia *controlSUITE* z gałęzią *English* to udostępni ona tylko dokumentację pakietu. Aby dodać przykłady należy na stronie *Home* (rysunek 3) kliknąć na odnośnik *Configure Resource Explorer*. W oknie dialogowym *Package Configuration* trzeba kliknąć na *Add*, wskazać folder `C:\ti\controlSUITE` i kliknąć OK. Nazwa *controlSUITE* pojawi się w oknie wyboru i należy kliknąć OK. Po dłuższej chwili pojawi się w drzewie druga linia *controlSUITE* zawierająca pozycje: *development kits*, *device_support* oraz *libs*.

Zastosowanie projektu Example_F2802xLEDBlink

Dla pracy z rodziną układów procesorowych F2802x Piccolo rozwiń w oknie *TI Resource Explorer* drugą pozycję *controlSUITE*. Następnie rozwiń drzewo *controlSUITE* → *device_support* → *f2802x* → *v210* → *f2802x_examples*. Potem kliknij na nazwę wybranego projektu **Example_F2802xLEDBlink**.

W prawym oknie zostanie wyświetlona instrukcja jak krok po kroku zbudować i uruchomić projekt (rys.4).

Krok1: Importowanie projektu Example_F2802xLEDBlink do CCS v5

Krok1 umożliwia zaimportowanie wybranego projektu do CCSv5.

Kliknij na odnośnik kroku 1. Po poprawnym wykonaniu importowania w oknie *Project Explorer* pojawia się

drzewo projektu i oknie *TI Resource Explorer* pokazywany jest zielony znaczek ✓ na prawo od linii nazwy kroku. Projekt *Example_F2802xLEDBlink* został zaimportowany z kopiowaniem projektu i pliku **Example_2802xLEDBlink.c** do foldera roboczego projektu. Aby dobrze zrozumieć co zostało wykonane trzeba najpierw poznać trochę informacji o środowisku CCSv5.

Perspektywa CCS Edit

Środowisko CCSv5 po uruchomieniu nowego projektu ma standardowo utworzoną perspektywę *CCS Edit*. Druga standardowa perspektywa *CCS Debug* zostanie automatycznie otwarta po uruchomieniu debuggera. Wszystkie perspektywy używają tych samych okien edycyjnych. Każda perspektywa określa zbiór zasobów środowiska CCSv5 ukierunkowany funkcjonalnie na określone zadanie lub rodzaj pracy. Podczas pracy w CCSv5 bardzo często wykonywane jest przełączanie pomiędzy perspektywami.

Okno perspektywy jest podzielone na panele (ramki) mogące zwierać okna robocze lub edycyjne. Okna w panelu są zorganizowane w postaci zakładek. Same okna mogą również zawierać zakładki wewnętrzne. Każdy panel posiada pasek narzędzi. Zawiera on ikonki: minimalizuj, maksymalizuj, przywróć. Narzędzia okien mogą się integrować na jednym pasku z narzędziami panela.

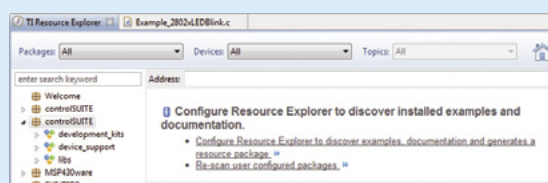
Okno perspektywy *CCS Edit* po utworzeniu nowego projektu jest podzielone na dwa panele. Lewy panel zawiera okno *Project Explorer* (typowo jest ono zminimalizowane). Prawy panel zawiera okno *TI Resource Explorer*. Jest do wyboru duża liczba okien, które można otworzyć w perspektywie *CCS Edit*. Służą do tego menu *View*, *Help* oraz *Tools*.

Okno Project Explorer

W oknie *Project Explorer* perspektywy *CCS Edit* pokazywana jest struktura plików projektu przedstawiona w postaci drzewa (rysunek 5). Pozwala to na łatwą nawigację po zasobach projektu. Widok zmienia się w zależności od wykonywanych operacji. Zostaje on bardzo uszczegółowiony po wykonaniu budowania projektu.

Reprezentacja struktury katalogowej projektu jest podzielona na gałęzie:

- *Binaries* – Pokazywany jest plik wynikowy *.out po wykonaniu budowania projektu.
- *Includes* – Pokazywane są wszystkie foldery zawierające pliki włączane do projektu w opcjach operacji budowania projektu. Rozwinięcie (+) widoku powoduje pokazanie wszystkich plików typu *.h oraz *.inc folderu. Pokazywane są pliki używane i nie używane przez projekt.
- *RAM* – Pokazywane są wszystkie pliki debugowe, włączając pliki *.map i *.obj generowane podczas budowania projektu. Nazwa tej gałęzi jest zgodna z nazwą konfiguracji budowania projektu.



Rysunek 3. Drzewo z gałęzią projektów przykładowych pakietu controlSUITEv3

- *targetConfigs* - Pokazywane są pliki konfiguracji sprzętowej systemu docelowego.
- Poniżej w drzewie pokazane są wszystkie pliki źródłowe projektu. Rozwinięcie (+) widoku struktury pliku powoduje pokazanie wszystkich deklaracji i definicji funkcji, plików nagłówkowych, nazw skrótów występujących w pliku. Dwukliknięcie na nazwę wybranego pliku tej listy powoduje otwarcie pliku w oknie edycyjnym.

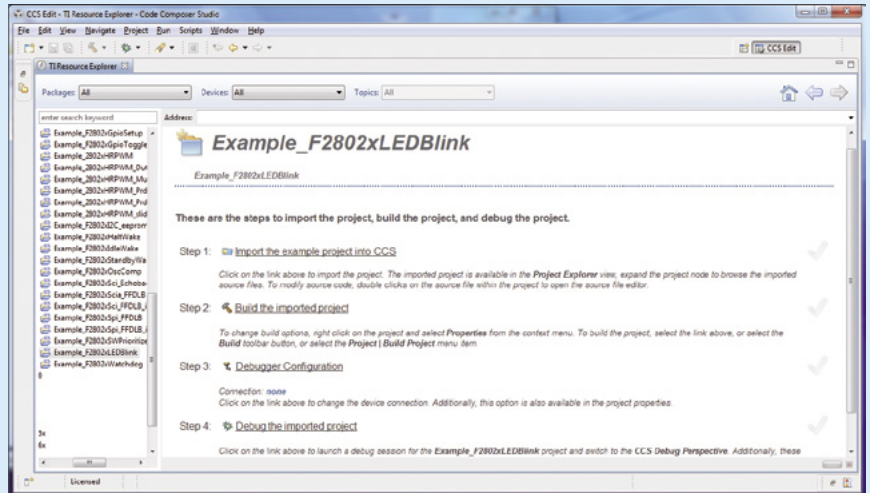
Wygląd ikon po lewej stronie elementów drzewa jest modyfikowany w zależności od kontekstu. Na ikonki rodzaju pliku nakładane są ikonki pokazujące dodatkowe informacje. Pliki, które są połączone (link) z projektem mają nałożoną nakładkę w postaci strzałki. Po wykonaniu budowania projektu pliki w których wystąpiły błędy mają nałożoną nakładkę w postaci znaku ics.

Bardzo przydatne jest menu podręczne rozkładane po kliknięciu w oknie *C/C++ Projects* prawym klawiszem myszy na nazwę projektu. Menu daje dostęp do operacji na plikach: kasowanie, dodawanie (skopiowanie) do projektu (add), dołączanie (link) do projektu. Najbardziej istotny jest dostęp z menu do okna ustawień parametrów (properties) projektu.

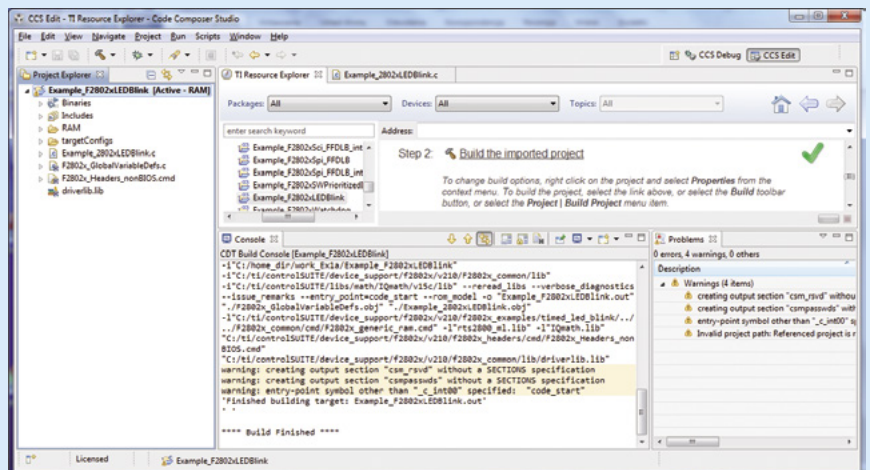
Importowanie istniejącego projektu

Tworzenie nowego projektu jest dość pracochłonne. Za każdym razem trzeba powtórzyć te same czynności konfiguracji narzędzi kompilacji oraz ogólnej konfiguracji układu procesorowego. Łatwiejszym sposobem rozpoczęcia pracy jest użycie gotowego (działającego!) przykładowego projektu i zmodyfikowanie go do swoich potrzeb.

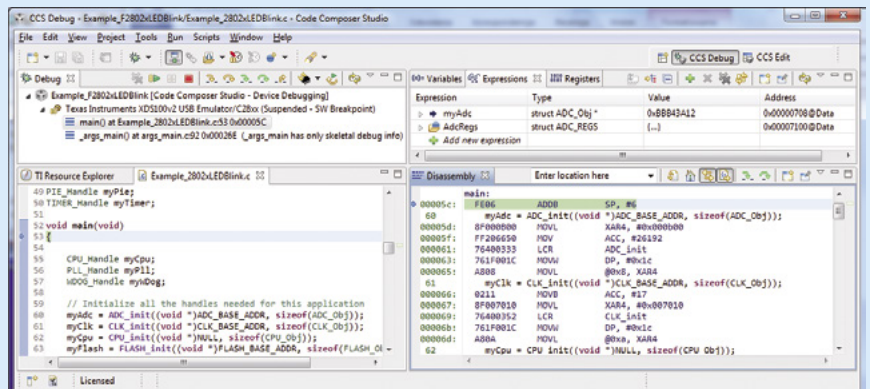
W celu importowania projektu CCSv5 należy po uruchomieniu środowiska CCSv5 wybrać z menu pozycję *File → Import Existing CCS/CCE Eclipse Project*. W oknie *Import* należy określić ścieżkę dostępu (root directory) do plików projektu. Pokazywane są wtedy dostępne projekty we wskazanej lokalizacji. Gdy zaznaczony jest wybór *Copy Project into workspace* to cały folder projektu zostanie przepisany do aktualnego foldera roboczego. W przeciwnym wypadku otwierany jest projekt we wskazanej lokalizacji. Wtedy wszystkie zmiany będą wprowadzane w plikach źródłowego projektu. Po kliknięciu na przycisk *Finish* struktura zaimportowanego projektu jest pokazywana w oknie *Project Explorer* perspektywy *CCS Edit*.



Rysunek 4. Drzewo z wybranym projektem przykładowym pakietu controlsUITE i instrukcją jego krokowego budowania i uruchamiania



Rysunek 5. Perspektywa CCS Edit po wykonaniu budowania projektu



Rysunek 6. Perspektywa CCS Debug po wystartowaniu sesji debugowej

Krok2: Budowanie projektu Example_F2802xLEDBlink

Krok2 umożliwił wykonanie budowania wybranego projektu.

Kliknij na odnośnik kroku 2. W oknie *Console* pokazywane są bieżące informacje o postępie budowania. W oknie *Problems* pokazywane są opisy błędów, ostrze-

Wymagania systemowe dla instalacji CCSv5

Na stronie *System Requirements* są podane aktualne wymagania [2]:

- Pamięć RAM: 1GB minimum, 4GB - zalecane.
- Przerzeń dyskowa: 300MB minimum, 2GB - zalecane
- Procesor: 1.5GHz minimum, Dual core - zalecane.
- System operacyjny: Windows XP SP3, Windows 7.

```

145 Interrupt void gpu_timer_isr(void)
146 {
147     InterruptCount++;
148 }
149
150 // Toggle LED
151 GPIO_toggleYsio, GPIO_Number_0;
152 GPIO_toggleYsio, GPIO_Number_1;
153 GPIO_toggleYsio, GPIO_Number_2;
154
155 // Acknowledge this interrupt to receive more interrupts from group 1
156 P2I_clearIntPfls, P2I_GroupNumber_0;
157

```

Rysunek 7. Kod funkcji obsługi przerwania Timer0

zeń i informacji. Po poprawnym wykonaniu budowania pokazywany jest w oknie *TI Resource Explorer* zielony znaczek ✓ na prawo od linii nazwy kroku (rysunek 5).

Kliknięcie na odnośnik kroku 3 powoduje automatyczne budowanie projektu – podobnie jak po przyciśnięciu przycisku *Build*. Powinno to spowodować zapisanie wszystkich plików ze zmianami przed rozpoczęciem budowania projektu. Tak się typowo dzieje w przypadku użycia przycisku *Build*. Czasami występują jednak kłopoty z plikami nagłówkowymi. Jednak w przypadku wykonywania kroku 3 zapisywanie nie jest wykonywane.

W oknie *Project Explorer* rozwiń drzewo projektu i kliknij na jego nazwę. Został zbudowany projekt w konfiguracji budowania o nazwie RAM.

Budowanie projektu **Example_F2802xLEDBlink** zostało zakończone poprawnie. Został utworzony wynikowy plik binarny *Example_F2802xLEDBlink.out*. Jednak zostały zgłoszone cztery ostrzeżenia. Na razie są one nieistotne.

Aby dobrze zrozumieć co zostało wykonane trzeba najpierw zapoznać się z następnymi informacjami o środowisku CCSv5.

Konfiguracje budowania projektu

Konfiguracja budowania projektu (build configuration) grupuje ustawienia dla wykonania budowania projektu. Projekt może mieć zdefiniowane wiele konfiguracji budowania. Każda ma badaną nazwę własną. Przełączanie pomiędzy konfiguracjami budowania projektu można wykonać w perspektywie *CCS Edit* w oknie *Project Explorer* poprzez kliknięcie prawym klawiszem na nazwę projektu. Z podręcznego menu należy wybrać pozycję *Active Build Configuration* i z listy wybrać konfigurację do aktywowania.

Po załadowaniu projektu wybrana jest automatycznie jedna z dostępnych konfiguracji budowania projektu.

Podstawowe koncepcje i terminologia Eclipse:

- Workbench – Aplikacja ekranowego środowiska programowego. Integruje zasoby użyte do prezentacji graficznej, tworzenia i debugowania oprogramowania oraz tworzenia zarządzania i nawigowania po zasobach przestrzeni roboczej (workspace).
- Workspace – Jest głównym folderem roboczym dla CCSv5. Zawiera dane dotyczące ustawień środowiska, preferencji użytkownika oraz konfiguracji środowiska. Może zawierać foldery z plikami projektów.
- View – Okno jest indywidualną reprezentacją graficzną która wizualizuje informacje w ramach Workbench.
- Perspective – Perspektywa definiuje zbiór okien i układ graficzny ich prezentacji. Perspektywa typowo składa się z okna edytora (editor area) oraz kilku okien (views). Perspektywa zawiera funkcjonalności ukierunkowane na specyficzne zadanie, np. debugowanie. Okno Workbench może zawierać jedną perspektywę lub więcej. Środowisko CCSv5 zostało zorganizowane w postaci dwóch perspektyw.
- Project – Projekt typowo zawiera foldery i pliki. Domyślnie może być umieszczony wewnątrz foldera Workspace. W ramach jednego Workbench otwartych może być kilka projektów.
- Focus – „Wskazanie” – odnosi się do zaznaczonego fragmentu Workbench. Wiele operacji w środowisku Eclipse jest wykonywanych w zależności od aktualnego wskazania, np. budowanie projektu.
- W CCSv5 nie ma osobnego wskazywania projektu aktywnego. Wybrany (zaznaczony) projekt w oknie *Project Explorer* perspektywy *CCS Edit* jest projektem aktywnym (Active). Również zaznaczony w oknie *Project Explorer* lub w oknie edytorów pliku źródłowego identyfikuje, który projekt jest aktywny.

Należy zwrócić uwagę, czy jest ona odpowiednia. Często wybierana jest konfiguracja *Release*, która jest nieprzydatna przy debugowaniu programu i należy ją zmienić na *Debug*. Druga możliwość wyboru to konfiguracja RAM (dla programu ładowanego do pamięci RAM) oraz Flash.

Krok3: Definiowanie konfiguracji sprzętowego systemu docelowego

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

Kliknij na odnośnik kroku 3. W oknie dialogowym *Debugger Configuration* rozwiń listę i wybierz pozycję **Texas Instruments XDS100v2 USB Emulator**. Kliknij OK. Pole *Connection* pokazuje teraz typ *Texas Instruments XDS100v2 USB Emulator*. Zielony znaczek ✓ pokazywany jest 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).

Ponownie trochę informacji o środowisku CCSv5.

Definiowanie konfiguracji sprzętowego systemu docelowego

Debugowanie projektu wymaga zdefiniowania konfiguracji sprzętowej systemu docelowego (target configuration setting). Konfiguracja systemu docelowego jest wpisywana do pliku w formacie XML z rozszerzeniem „ccxml”. Konfiguracja określa niezależnie dwa elementy:

- Połączenie (connection) – określa typ emulatora lub symulatora.
- Docelowy układ/płytkę – określa typ układu scalonego (układu procesorowego) lub strukturę płytki drukowanej.

Plik konfiguracji systemu docelowego musi być określony dla każdego indywidualnego projektu środowiska CCSv5.

Krok4: Uruchamianie sesji debugowej dla projektu Example_F2802xLEDBlink

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.








Kliknij na odnośnik kroku 4. Powoduje to automatyczne rozpoczęcie sesji debugowej – podobnie jak po przyciśnięciu przycisku *Debug*.

Najpierw trochę nowych informacji o środowisku CCSv5.

Wykonanie budowania projektu z uruchomieniem sesji debugowej

Wykonanie w perspektywie *CCS Edit* polecenia *Debug* powoduje wykonanie budowania inkrementacyjnego aktywnego projektu, uruchomienie debugera, automatyczne dołączenie debugera (connection) do docelowego układu procesorowego oraz załadowanie kodu wynikowego (programu) do pamięci wewnętrznej RAM/Flash układu procesorowego. Otwierana jest również perspektywa *CCS Debug*. Wykonanie tej operacji wymaga

Tabela 1. Ikony paska narzędziowego okna Debug

Ikona	Nazwa	Opis
	Restart	Typowo powoduje ono uruchomienie układu procesorowego, wykonanie kodu inicjacji środowiska języka C, czyli od adresu <code>c_int00</code> i zatrzymanie wykonania na początku funkcji <code>main()</code> . Zatrzymanie jest realizowane jako pułapka.
	Resume	Wznawia wykonywanie na układzie procesorowym wątku aktualnie wybranego.
	Suspend	Zawiesza wykonywanie na układzie procesorowym wątku aktualnie wybranego.
	Terminate	Zamyka sesję debugową.
	Step Into	Praca krokowa poziomu kodu źródłowego C/C++ z wchodzeniem do zaznaczonej instrukcji (funkcji) i zatrzymaniem wykonania.
	Step Over	Praca krokowa poziomu kodu źródłowego C/C++ z wykonaniem zaznaczonej instrukcji (funkcji) i zatrzymaniem wykonania na pierwszej instrukcji po powrocie na ten sam poziom
	Step Return	Wykonuje kod bieżącej funkcji do końca i powraca do funkcji która ją wywołała.

wcześniejszego utworzeniu sprzętowej konfiguracji docelowej i dołączenia układu sprzętowego z emulatorem sprzętowym do komputera. Załadowany program jest uruchamiany i jego wykonywanie jest zatrzymywane na pierwszej instrukcji funkcji `main()`.

Perspektywa CCS Debug

Standardowa perspektywa *CCS Debug* środowiska CCSv5 jest automatycznie otwierana po uruchomieniu sesji debuggera. Po dołączeniu debuggera do układu procesorowego oraz po załadowaniu do układu procesorowego kodu programu typowo otwierane są okna *Debug*, *Variables*, *Expressions* oraz *Registers* oraz okno edy-

tora z kodem źródłowym pliku zawierającego funkcję `main()`. Przy uruchamianiu projektu kolejny raz mogą być również otwierane inne okna, np. *Disassembly*.

Po lewej stronie okna edycyjnego jest pasek wyboru (*Selection Margin*). Gdy załadowany jest plik wyników programu do pamięci układu procesorowego i wykonywanie programu jest zatrzymane w obrębie kodu pokazywanego w oknie to na pasku wyboru pokazywana jest kolorowa strzałka. Jest ona powiązana z zawartością licznika rozkazów PC. Wskazuje na linię kodu języka C związanego z instrukcją (assemblerową) spod adresu w PC. Oznacza to następną (!) instrukcję po ostatnio wykonanej.

REKLAMA



Cortex

ARM KEIL

Wspieramy aplikacje Cortex
narzędziami projektowymi

MDK-ARM
&
DS-5

Wypróbuj wersje ewaluacyjne
www.wg.com.pl/eval

Okno Debug

Okno *Debug* jest dostępne w perspektywie *CCS Debug* środowiska CCSv5. W oknie pokazywany jest stan stosu dla aktualnie debugowanego układu procesorowego. Na pasku narzędzi okna są dostępne podstawowe przyciski wykonywania programu. Są one omówione w tab. 1.

Po zatrzymaniu działania programu pokazywana jest w perspektywie *CCS Debug* zawartość okien dla ramki umieszczonej na szczycie stosu. Można także oglądać stan dla innych ramek stosu.

Wgląd w projekt Example_F2802xLEDBlink

1. Zauważ, że praca programu została zatrzymana na pierwszej linii kodu funkcji *main()* (rysunek 6).
2. Otwórz okno *Disassembly* z menu *View* → *Disassembly*. W tym oknie można dokładnie zobaczyć jak naprawdę pracuje układ procesorowy.
3. Zapoznaj się z komentarzem na początku pliku *Example_2802xLEDBlink.c*.

Krótki opis projektu przykładowego oraz założenia i wymagania sprzętowe są zamieszczone na początku głównego pliku każdego projektu przykładowego z pakietu programowego controlSUITE.

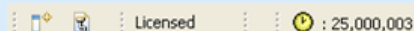
4. Dodaj zmienną *interruptCount* do okna *Expressions*. Zaznacz zmienną (dwukliknij na nią) w oknie edytora. Kliknij na nią prawym klawiszem myszy i wybierz *Add Watch Expression*. Kliknij *OK*.
5. W oknie *Registers* rozwiń strukturę *CPUTIMER*. Zauważ losową zawartość rejestrów *TIM*, *PRD*, *TCR* oraz *TPR*.
6. W oknie *Registers* zaznacz (z klawiszem *Shift*) wszystkie rejestry modułu *Timer0*. Kliknij na nie prawym klawiszem myszy i zmień *Number Format* na *Decimal*.
7. W pliku *Example_2802xLEDBlink.c* kliknij (zaznacz) na linię 102 kodu *TIMER_stop(myTimer)*; Kliknij prawym klawiszem na zaznaczoną linię i wybierz pozycję *Run to Line*.
8. Program zostanie uruchomiony i zatrzymany na zaznaczonej linii kodu.
9. Kliknij na przycisk pracy krokowej *Step Over* na pasku narzędziowym okna *Debug*.
10. Przejdź w pracy krokowej całej kod inicjalizacji modułu *CPU Timer0*. Zauważ, że wywoływane funkcje są częścią biblioteki *driverlib* dołączonej do projektu. W oknie *Registers* obserwuj zmianę zawartości rejestrów modułu. Opis modelu programowania procesora jest zamieszczony w dokumentach [10, 11] dostępnych w pakiecie controlSUITE w ścieżce `lf2802xlv210\docl`. Opis modułu *Timer0* jest zamieszczony w dokumentach [7, 9, 12].
11. Zapoznaj się z resztą kodu w pliku *Example_2802xLEDBlink.c*.

Uruchamianie projektu Example_F2802xLEDBlink

12. W pliku *Example_2802xLEDBlink.c* przejdź do kodu funkcji *cpu_timer0_isr(void)* i ustaw pułapkę w linii 147 z kodem *interruptCount++*; (rys.7). Dwukliknij na linię po lewej stronie od numeru linii kodu.
13. Kliknij na przycisk *Resume* na pasku narzędziowym okna *Debug*. Program zostanie uruchomiony i zatrzymany na pułapce (rys. 7).

Dotychczas w EP na temat zestawu ewaluacyjnego C2000 Piccolo LaunchPad "Zestaw ewaluacyjny C2000 Piccolo LaunchPad", EP 01/2013.

14. Sprawdź aktualną zawartość rejestrów modułu *CPU Timer0* w oknie *Registers*.
15. Z menu *Run* → *Clock* → *Enable* włącz opcję zliczania okresów zegara systemowego „*Counting Cycles*”. Zegar zostanie pokazany na pasku stanu perspektywy *CCS Debug*.
16. Kliknij na przycisk *Resume*. Obserwuj wartość zmiennej *interruptCount* w oknie *Expression* oraz stan licznika cykli.
17. Kliknij kilka razy na przycisk *Resume* i obserwuj te wartości.



Podpowiedź: Dwukliknięcie na ikonę zegara powoduje wyzerowanie licznika cykli.

18. Usuń pułapkę. Dwukliknij na linię po lewej stronie od numeru linii kodu.
19. Kliknij na przycisk *Resume*. Zaobserwuj błyskanie diod LED zestawu ewaluacyjnego.

Zaprezentowane w artykule postępowanie pozwala na łatwe zapoznanie się ze środowiskiem programowym CCSv5 oraz z uruchamianiem przykładowych programów pakietu programowego controlSUITEv3. W następnych odcinkach cyklu będzie okazja zapoznać się dokładniej z programowaniem z użyciem biblioteki *driverlib* oraz z programowaniem pamięci *Flash*.

Bibliografia

- [1] „Zestaw ewaluacyjny C2000 Piccolo LaunchPad”, EP 01/2013
- [2] Code Composer Studio, strona produktu <http://www.ti.com/ccs>
- [3] CCS, strona pobierania http://processors.wiki.ti.com/index.php/Download_CCS
- [4] Witryna TI Embedded Processors Wiki http://processors.wiki.ti.com/index.php/Category:Code_Compiler_Studio_v5
- [5] myTI, strona rejestracji <http://www.ti.com/myTI>
- [6] controlSUITE, strona pobierania <http://www.ti.com/tool/controlsuite>
- [7] Henryk A. Kowalski, Procesory DSP dla praktyków, BTC, Warszawa, 2011 <http://ii.pw.edu.pl/kowalski/dsp/book/>
- [8] Henryk A. Kowalski, Procesory DSP w przykładach, BTC, Warszawa, 2012 <http://ii.pw.edu.pl/kowalski/dsp/book/>
- [9] TMS320F28027, TMS320F28026, TMS320F28023, TMS320F28022, TMS320-F28021, TMS320F28020, Piccolo Microcontrollers, Data Sheet, SPRS523I, 31 Jul 2012
- [10] F2802x Firmware Development Package USER'S GUIDE v. 210 [f2802x-FRM-EX-UG.pdf], pakiet controlSUITE
- [11] F2802x Peripheral Driver Library USER'S GUIDE v. 210 [f2802x-DRL-UG.pdf], pakiet controlSUITE
- [12] TMS320x2802x/TMS320F2802xx Piccolo System Control and Interrupts Reference Guide (Rev. C) 29 Oct 2009, [SPRUFN3C]
- [13] controlSUITE Getting Started Guide (Rev. B), SPRUGU2B, 09 June 2011

Henryk A. Kowalski
kowalski@ii.pw.edu.pl