Politechnika Wrocławska
Wydział Elektroniki
Systemy Mikroprocesorowe w Automatyce
Seminarium

HC12 i CodeWarrior
Nie za krótkie wprowadzenie do tematu

Autor:

Mateusz Cholewiński

3 listopada 2009

Pragnę podziękować dr inż. Markowi Wnukowi za cenne uwagi i czas, który przeznaczył na przejrzenie i poprawienie tego dokumentu.

Składam również podziękowania dla członków Koła Naukowego KoNaR za ukierunkowanie i pomoc przy projekcie.

Spis treści

Rozdział 1

Wprowadzenie

1.1 Mikrokontrolery HC12

HC12 jest rodziną szesnastobitowych mikrokontrolerów wyprodukowanych przez Freescale Semiconductors [1]. Mikrokontroler z tej rodziny został po raz pierwszy wyprodukowany w połowie lat 90-tych. Był naturalnym rozwinięciem modelu HC11 i szczególnie podkreślano, iż wykazuje kompatybilność z programami napisanymi na HC11. Warto wspomnieć, że rodzina 8-bitowych mikrokontrolerów HC11 była bardzo rozpowszechniona, m.in. w technice motoryzacyjnej i zastosowaniach robotycznych (również wśród amatorów). Główne różnice to szesnastobitowa architektura, kilka dodatkowych instrukcji, wiele nowych trybów adresowania, znacznie efektywniejsza implementacja listy rozkazów, szybszy zegar i większa ilość pamięci.
Poniżej przedstawiono najistotniejsze cechy wyróżniające mikrokontroler HC9S12A64 [2]:

- 16 bitowa jednostka centralna CPU12
- 64 kb pamięci FLASH
- 4 kb pamięci RAM
- 1 kb pamięci EEPROM
- 8 kanałowy, 10-o bitowy przetwornik ADC
- 16-o bitowy, 8-o kanałowy timer
- modulator PWM - 7 kanałów 8-o bitowych.
- interfejsy SCI (szeregowy asynchroniczny), SPI (szeregowy synchroniczny), magistrala I^2C
- interfejs BDM (Background Debug Mode)
- wbudowane instrukcje FuzzyLogic

Z punktu widzenia użytkownika i programowania urządzenia, najpotężniejszym narzędziem jest interfejs BDM. Za jego pomocą możemy, w czasie trwania programu, podglądać wartości zmiennych, a co więcej, nawet je zmieniać. Pozwala to na łatwe i szybkie odnajdowanie błędów w napisanym programie przez sprzętową realizację pracy krokowej oraz pułapek (breakpoint). Należy także wspomnieć o dużej ilości portów, co daje dużą elastyczność i ogromne możliwości. Możemy wykorzystać wyświetlacz LCD, generować sygnały PWM, świecić linijką diodową, połączyć się z komputerem, a mimo tego pozostaje jeszcze wiele niewykorzystanych wejść/wyjść.

1.2 Moduł HC12 i płytka testowa

Podczas demonstracji wykorzystywany był moduł z mikrokontrolerem HC12[4]. Sam moduł stanowi autonomiczną część, która (po zaprogramowaniu) wymaga tylko 5V zasilania.
Do nauki programowania i testowania aplikacji wykonano płytkę, opartą na płytce uniwersalnej.

Płytka zawiera:

- sekcję zasilania, opartą o mostek prostowniczy (zapobiega błędnej polaryzacji wtyczki zasilania) i stabilizator LM7805; dodatkowo napięcie +5V jak i masa zostały wyprowadzone na igły,
- sekcje komunikacji, opartą na układzie MAX232N,
- zestaw diód LED,
- 2 potencjometry (do testowania przetwornika ADC i do wysterowania kontrastu wyświetlacza LCD),
- złącze wyświetlacza LCD stowarzyszone z portem A.

Dodatkowo PortA i PortB mikrokontrolera został wyciągnięty na igły. Takie rozwiązanie pozwala na szybkie łączenie i modyfikację połączeń między mikrokontrolerami i innymi urządzeniami.

1.3 Interfejs BDM

Do debugowania i programowania wykorzystywany jest interfejs TBDML autorstwa Daniela Malika (wykorzystano projekt OSBDM/TBDML R. Kuczaja[5]). Podłączany jest do komputera za pomocą ininterfejsu USB. Jedną z ważniejszych zalet takiego rozwiązania, jest możliwość zasilania modułu wprost z programatora (do 500 mA w standardowym porcie, teoretycznie 3A w Power USB). Więcej w [3]

1.4 Code Warrior

1.4.1 Wiadomości ogólne

CodeWarrior jest zintegrowanym środowiskiem programistycznym stworzonym przez firmę Metrowerks. Dziś rozwija je i sprzedaje Freescale Semiconductors.
Pakiet zawiera wiele pomocnych narzędzi - podczas tworzenia nowego projektu jesteśmy zasypywani różnymi propozycjami. Jednocześnie sam nie jest wolny od błędów - pozostawanie przeźroczystych pasków i artefakty to coś normalnego.

1.4.2 Instalacja

Istnieje wiele wersji Code Warriora dla różnych mikrokontrolerów. Należy zawsze pamiętać, by pobrać odpowiednią aplikację. W przypadku naszego mikrokontrolera musimy ściągnąć **Code Warrior ...**. Sama instalacja przebiega jak w większości programów na Windows. Niestety, darmowa (darmowe wersje mają ograniczenie ilość kodu i liczby plików w projekcie, są oznaczone skrótem SE - Special Edition) jest tylko wersja dla Windows - wersja na Linuxa jest płatna. Można jednak uruchomić CW w wirtualnej maszynie, choć nie wiadomo jak będzie np. z RS.

1.4.3 Processor Expert i Device Initialization

Code Warrior nie byłby tak niezwykłym środowiskiem, gdyby nie Processor Expert (PE) i Device Initialization (DI, firmy UNIS). Są to nakładki, ułatwiające pisanie programów. Ułatwienie w PE sprowadza się do wybierania myszką interesującego nas peryferium, ustawienia opcji i przeciągnięcia pożądanej funkcji danego peryferium do pliku projektu. Device Initizalization pozwala tylko na łatwą inicjalizację peryferiów - wszystkie funkcje (dostarczane przez PE w poprzednim przypadku) musimy w DI już sami napisać.
PE pozwala nam na nie pamiętanie do czego służy dany rejestr lub co trzeba robić po kolei, aby uruchomić przetwornik ADC. Pewna znajomość rejestrów i zasad postępowania jest już potrzebna przy wykorzystywaniu DI. Obie nakładki wprowadzają niesamowity komfort pracy. Dla początkujących najlepszy jest PE (można zawsze podejrzeć co tak naprawdę robi funkcja wygenerowana w PE), dlatego też właśnie jemu będzie poświęcony ten raport.
Należy jednakże mieć świadomość, że cedowanie wszystkich aspektów na automatyczne narzędzie, pociąga za sobą skutki, mogące być dosyć nieprzyjemne. PE w generowanych plikach wstawia komentarze **Write your code here** lub **Write local variables definitions here**. Należy się mocno trzymać tych wskazówek, gdyż umieszczenie kodu powyżej tego zapisku skutkuje utrata tegoż kodu podczas generacji nowej wersji przez PE.
Również czasem nie jest zaznaczone, gdzie można pisać. Jednakże po pewnym czasie nabiera się wyczucia, co gdzie można umieścić.
Kod generowany przez PE nie zawsze jest optymalny lub czasami nawet dobry. Należy zawsze o tym pamiętać, szczególnie podczas pisania dużych projektów.

1.4.4 Beans

Fasolki (*beans*) to nic innego jak podstawowe funkcje stowarzyszone z "elementami" mikrokontorlera, jak np. rdzeń CPU, peryferia CPU itd., zamknięte w obiekcie. Takie zgrupowanie w jednym miejscu (obiekcie) niesamowicie poprawia i przyspiesza pracę.

Rozdział 2

Projekt

2.1 Tworzenie i parametry projektu

Po instalacji i uruchomieniu Code Warriora pojawia się monit przedstawiony na rysunku 2.1. Wybieramy opcję **Create New Project**. Czeka nas teraz szereg pytań, na które odpowiadamy domyślnie, poza następującymi:

- pytanie o Processor Expert (rysunek 2.1); odpowiadamy **Yes**,
- wybór urządzenia łączącego mikrokontroler z CW (rysunek 2.1); wybieramy tbdml jeśli wykorzystujemy wspomniany interfejs,
- ostatnie pytanie dotyczy obudowy mikrokontrolera; wykorzystując opisywany powyżej moduł, wybieramy wersję 80-o nóżkową (rysunek 2.1).

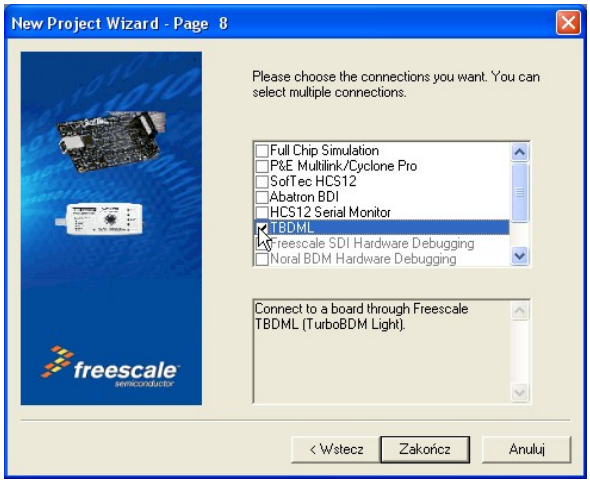
Po ustawieniu wszystkich opcji, CW wygeneruje niezbędne pliki i przygotuje dla nas środowisko.

2.2 Wygląd środowiska

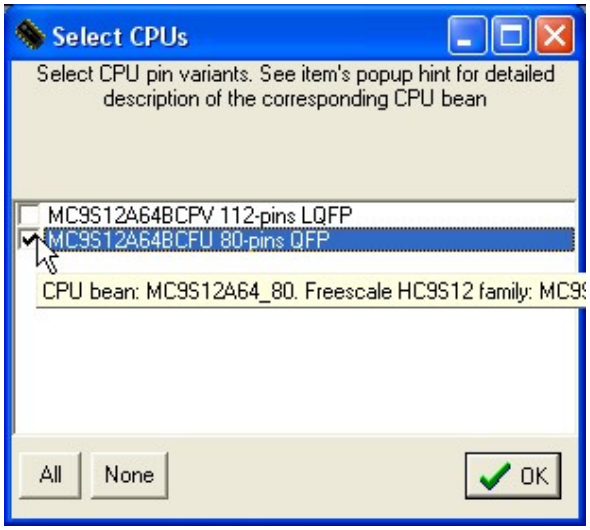
Na rysunku 2.2 przedstawiony jest wygląd przykładowego, pustego jeszcze projektu. W lewej części zebrane są najważniejsze elementy naszego projektu. Na niebiesko zaznaczony jest przycisk Make. Z jego pomocą kompilujemy nasz projekt. Na czerwono oznaczony jest przycisk który powoduje kompilację, wysłanie programu i przejście w tryb debugowania. Na początku należy kliknąć przycisk Make; stworzony zostanie plik o takiej samej nazwie jak nasz projekt i plik **Events.c**, który zawiera obsługę przerwań. Wszystkie te pliki pojawią się w polu zaznaczonym seledynową ramką.
Środkowe okno zawiera ustawienia samego mikrokontrolera. W polu **Clock settings -> Input Clock -> Clock frequency** ustawiamy prędkość mikrokontrolera. Prędkość wewnętrznej szyny danych jest dwukrotnie mniejsza. W polu **Clock settings -> Input Clock -> Clock type** ustawiamy źródło zegara mikrokontrolera.
W prawym górny rogu znajduje się rysunek poglądowy mikrokontrolera. Jeśli powiększymy okno to pokażą się opisy każdego pinu wraz z funkcją jaką aktualnie pełni.
W prawym dolnym rogu, w oknie **Bean Selector** przedstawione są wszystkie peryferia mikrokontrolera. Wybieramy z menu pożądaną funkcję i klikamy dwukrotnie. Funkcja i odpowiednie pliki zostają dodane do projektu.

Rysunek 2.1: Ekran powitalny

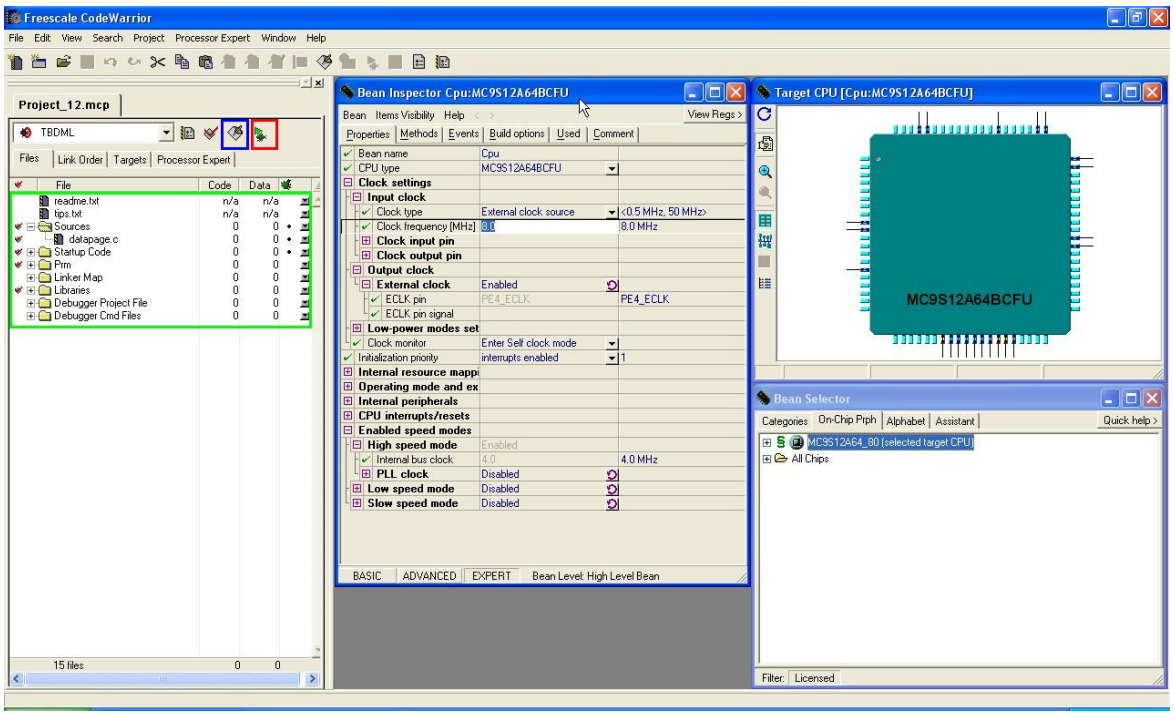
Rysunek 2.2: Processor Expert



Rysunek 2.3: Urządzenie łączące mikrokontroler z PC



Rysunek 2.4: Wybór obudowy



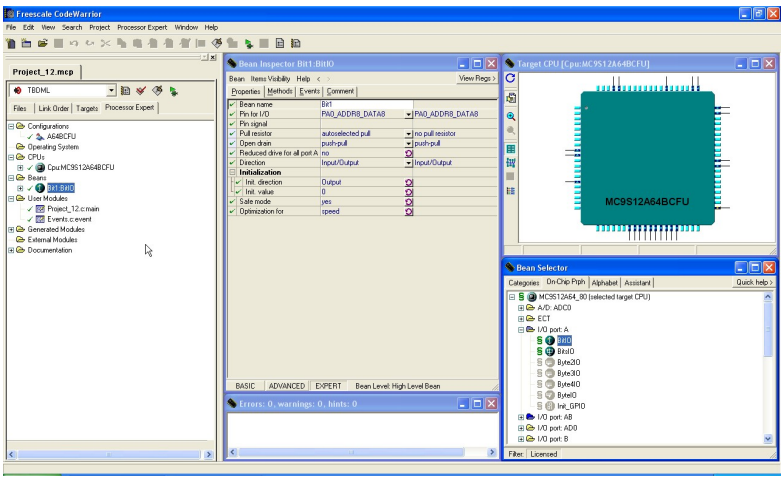
Rysunek 2.5: Menu główne tuż po ustawieniach

Rozdział 3

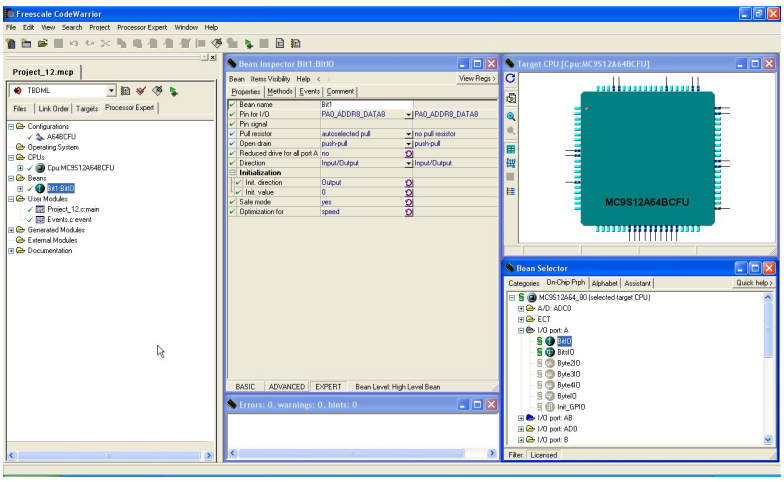
Przykładowe implementacje

3.1 Świecąca dioda

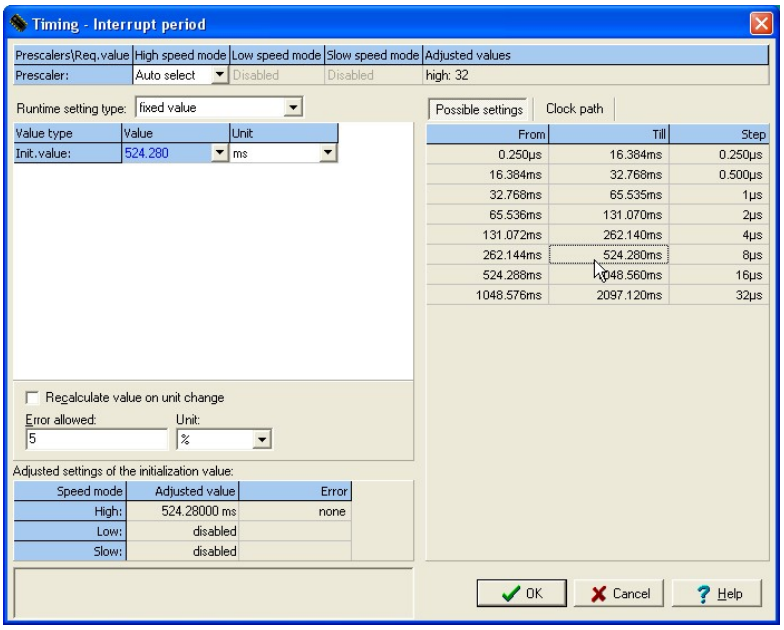
Przed przystąpieniem do pracy musimy zadbać, aby jedna z nóżek diody była podłączona do wybranej przez nas nóżki mikrokontrolera (należy pamiętać o wstawieniu rezystora ograniczającego, np 220Ω). Musimy także przyjąć konwencję jakim stanem świecimy: wysokim czy niskim. Dobrym zwyczajem jest uruchamianiem urządzeń stanem niskim. Większość mikrokontrolerów zaraz po ustawia porty dwukierunkowe jako wejściowe, co przy zastosowaniu wbudowanych (lub zewnętrznych) rezystorów podciągających (pull-up), daje stan wysoki (1). W przypadku, np. podłączonego silnika skutkuje to natychmiastowym, niekontrolowanym uruchomieniem urządzenia. Należy wspomnieć, iż CW pozwala na ustawienie początkowego stanu danej nóżki.
Przy pierwszym uruchomieniu projektu należy użyć polecenia *Generate code* lub *Make*, które kryją się pod odpoiwednimi przyciskami, aby pojawiły się pliki i struktura projektu.
Załóżmy, że dioda podłączona jest do portu A, do wyjścia 0. Wybieramy w **Bean Selector I/O port: A**. W menu widać poszczególne *beany*. Mamy do wyboru kontrolowanie pojedynczego bita, kilka bitów jak i całe bajty. Wybieramy **BitIO** i ustawiamy opcje tak jak na rysunku 3.1. *Bean* jest tak ustawiony, że po wgraniu programu na mikrokontroler, dioda od razu zaświeci.
Jeśli teraz klikniemy na przycisk oznaczony plusem przy **Bit1:BitIO** w oknie po lewej stronie, to rozwinie się menu funkcji w jakie wyposażony jest nasz *bean*. Po najechaniu kursorem myszki na dowolną funkcję, uzyskamy podpowiedź co dana funkcja robi. Odznaczmy **NegValue** - funkcja ta pozwala na zanegowanie stanu na porcie. Będzie przydatna przy obsłudze przer-



Rysunek 3.1: Wybór *beana*



Rysunek 3.2: Bean przerwania cyklicznego

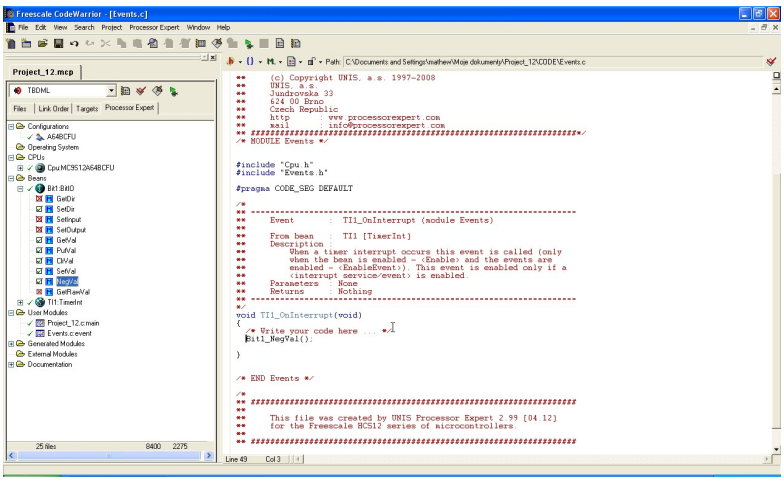


Rysunek 3.3: Ustawienia przerwania cyklicznego

wania cyklicznego. Wróćmy do opcji i ustawmy wartość początkową na 1 - po uruchomieniu, dioda nie będzie świecić. Aby teraz zmusić ją do pracy, należy w oknie po lewej stronie, w menu **User Modules** wybrać plik **Project_x.c:main**, gdzie x to numer naszego projektu. Jest to plik główny projektu. Odnajdujemy komentarz **Write your code here**. Powracamy w lewym oknie do naszego *beana* **Bit1:BitIO**, rozwijamy menu i odnajdujemy **ClrValue**. Przeciągamy tę funkcję do głównego pliku projektu w miejsce, o którym wcześniej wspomniałem i... naciskamy przycisk z zieloną strzałką (kompilacja i wgranie programu). Pojawi się wiele okien, na pytanie o wymazanie pamięci odpowiadamy twierdząco zaznaczając opcję "Nie pytaj mnie więcej". Gdy już wszystko się ustabilizuje klikamy w oknie *debuggera* przycisk z zieloną strzałką (start programu) i cieszymy się widokiem świecącej diody.

3.2 Przerwanie cykliczne

W wielu projektach niezbędne jest wykorzystanie przerwania cyklicznego. Odpowiedni timer w mikrokontrolerze zostaje obarczony zadaniem liczenia do ustalonej wartości. Gdy już do niej

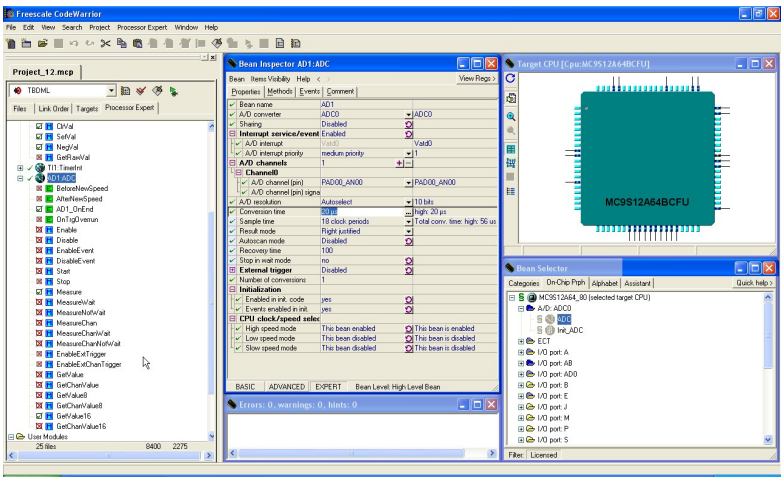


Rysunek 3.4: Plik przerwań - Events.c

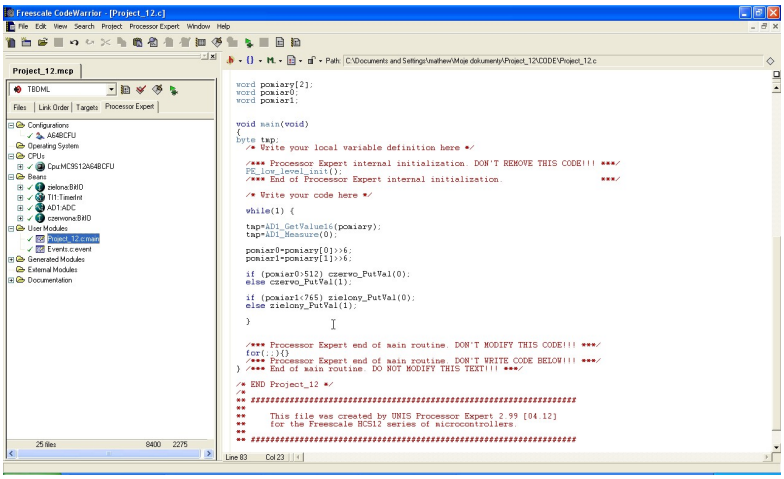
doliczy zgłasza przerwanie, mikrokontroler przerywa wszelkie aktualne zajęcia, magazynuje swój stan na stosie i zajmuje się obsługą przerwania. Po zakończeniu przerwania ściąga wszystkie dane ze stosu i kontynuuje poprzednie zadanie; timer zostaje zresetowany i zaczyna liczyć od początku.
Aby zaimplementować przerwanie cykliczne należy z **Bean Selector** wybrać zakładkę **ECT**, a następnie **Free Counter**. Po dwukrotnym kliknięciu na *beana*, pojawią się jego opcje. Należy wybrać czas, co jaki ma występować przerwanie. Jest to pokazane na rysunku 3.2. Należy teraz skompilować projekt. Następnie w zakładce **User Modules** wybieramy plik **Events.c** (3.2). Zawiera on funkcje obsługi przerwań. W opcjach beana przerwania zdefiniowana jest nazwa przerwania, jakie timer generuje. Nazwę tę odnajdujemy w pliku **Events.c** i poniżej znanego komentarza **Write your code here** przeciągamy funkcję **NegValue** z *beana* obsługi diody. Kompilujemy program i wgrywamy na mikrokontroler. Uruchamiamy debugowanie i oto płytka już do nas mruga.

3.3 Przetwornik ADC

Przetwornik ADC służy do pomiaru napięcia. Sygnał analogowy napięcia jest przetwarzany na cyfrowy o wartości od 0 do 1023 (dla 10-bitowego przetwornika). W naszym przypadku 0 to 0V, 1023 to 5V. Przed przystąpieniem do programowania należy zadbać aby pin VRL był zwarty z pinem VSSA(GND), a VRH z VDDA(+5V). Pin VRH to "górna" granica napięcia jakie chcemy badać, a VRL to "dolna" granica.
Z menu **Bean Selector**, zgodnie z rysunkiem 3.3 wybieramy przetwornik i ustawiamy ile kanałów chcemy wykorzystywać. Musimy także ustalić czas konwersji. W kodzie, przedstawionym później, założona jest obsługa dwóch kanałów; czas konwersji można przyjąć 20μs, gdyż gwarantuje to wynik nieobarczony błędem związanym ze zbyt krótkim czasem konwertowania wartości. Ważna jest również opcja **Result mode**. Mówi ona czy wynik ma być wyrównany do bardziej znaczących czy do mniej znaczących bitów. Ustawiamy wersje **right justified**.
Do otrzymywania wyników pomiaru wykorzystujemy funkcję **GetValueX**, gdzie X oznacza 8 lub 16 bitów. Należy zadbać, aby zmienna do której pobieramy wynik, miała odpowiednią wielkość. Na rysunku 3.3 zaproponowana jest zmienna typu word. Jeśli przeciągnęliśmy funkcję **GetValueX** do głównego pliku projektu, to po najechaniu na nią wskaźnikiem i kliknięciu prawym przyciskiem, mamy możliwość podejrzenia deklaracji funkcji. Nie trzeba chyba wspominać jak bardzo przydaje się ta opcja. Proponuję przepisać kod z 3.3, aby łatwiej było zrozumieć metodę działania przetwornika i uzyskiwania wartości. Dodatkowo w kodzie zaim-



Rysunek 3.5: Bean przetwornika analog-cyfra

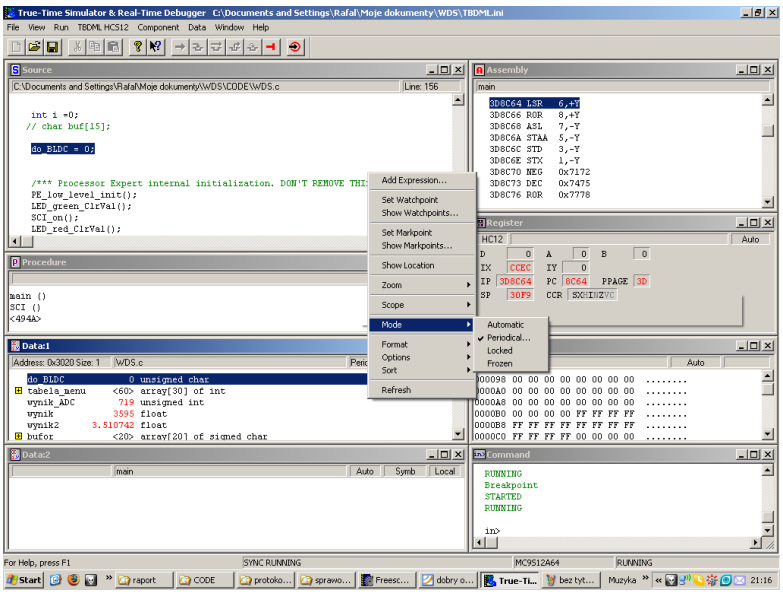


Rysunek 3.6: Programik do przetwornika ADC

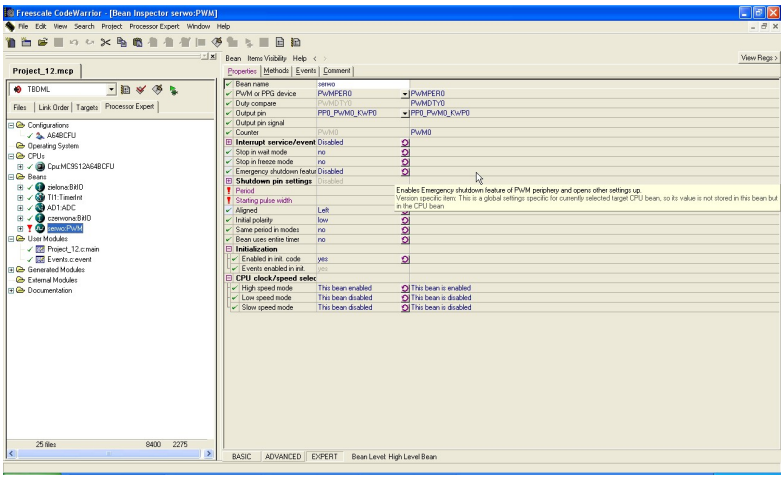
plementowano załączanie się diód przy odpowiednich wartościach mierzonego napięcia. Jeśli mamy uruchomione przerwanie cykliczne, w którym migamy diodą, należy odpowiednią linijkę zakomentować w celu wyeliminowania dziwnego zachowania diody.
Interfejs BDM daje możliwość podglądania wartości zmiennych w czasie działania programu. Proponuję zmienne przechowujące zmierzone wartości uczynić globalnymi. Po wgraniu zaproponowanego programu przechodzimy do opcji debugowania. W oknie (3.3 - pochodzi z innego projektu) **Data 1** mamy wypisane wszelkie zmienne globalne, wraz z wartościami. Klikając prawym przyciskiem myszy i wybierając **Mode -> Periodical** ustawiamy jak często odświeżają się wartości zmiennych w tym oknie. Aplikacja przetwornika została napisana, aby obsłużyć dalmierz laserowy Sharp. Z pomocą dokumentacji sensora, możemy dobrać tak progi, że czerwona dioda świeci w odległości 30 cm lub więcej, zielona - 50 cm itd.

3.4 Generator sygnału PWM

Mikrokontroler jest wyposażony w sprzętowy generator sygnałów PWM. Za pomocą tegoż sygnału możemy sterować serwomechanizmem, lub silnikiem poprzez mostek H. PWM można scharakteryzować dwoma parametrami: okresem trwania i długością stanu wysokiego.Więcej informacji można znaleźć w internecie [6].
Aby wykorzystać generator PWM, należy dodać odpowiedniego *beana*. Znajdziemy go w

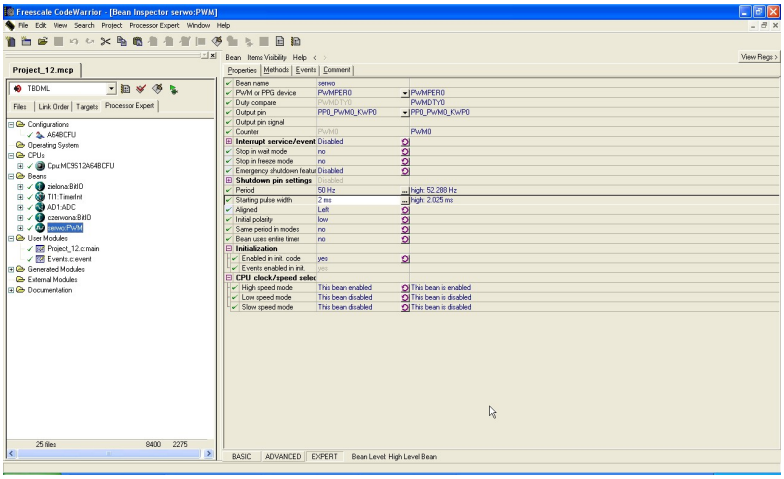


Rysunek 3.7: Opcje podglądania zmiennych



Rysunek 3.8: Bean generatora PWM

Bean Selector w sekcji **PWM**. Po dodaniu ukazuje się okno przedstawione na 3.4. Widać wykrzykniki przy polach **Period** i **Starting Pulse Width**. Standardowe serwomechanizmy zawierają zintegrowane mostki, działające dobrze na częstotliwości ok 50Hz. Wybieramy częstotliwość najbliższą tej wartości. Sterując wypełnieniem sygnału (stosunkiem długości czasu stanu wysokiego do trwania całego okresu) powodujemy obrót w lewo, w prawo lub po prostu utrzymywanie pozycji przez serwo. Należy też pamiętać o ustawieniu odpowiedniego pinu jako wyjścia generatora PWM. Należy mieć świadomość, że dla typowych serwomechanizmów sterujemy w rzeczywistości czasem trwania impulsu, który dla typowych serwomechanizmów wynosi od 1 do 2 ms, przy czym długość 1,5 ms oznacza stop. Stąd też niewielki zakres wypełnienia jest wykorzystywany, co zmniejsza rozdzielczość sygnału sterującego.
Na rysunku 3.4 przedstawiony jest przykład konfiguracji.



Rysunek 3.9: Ustawienia dla standardowego serwomechanizmu

Rozdział 4

Podsumowanie

Niniejszy dokument powstał w ramach seminarium z Systemów Mikroprocesorowych w Automatyce. Jest on opisem demonstracji, przeprowadzonej na zajęciach seminaryjnych z przedmiotu Systemy Mikroprocesorowe w Automatyce. Dodatkowo ma być dokumentem pozwalającym na szybkie i łatwe wprowadzenie do programowania mikrokontrolerów firmy Freescale Semiconductors.
W dokumencie omówiono podstawowe aplikacje na mikrokontrolerze; internet pełen jest rozwiązań jak np. poradzić sobie z wyświetlaczem LCD. Przede wszystkim: warto eksperymentować i wymyślać sobie coraz to nowsze zadania.

Powodzenia!

Bibliografia

[1] www.freescale.com

[2] http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/M/C/9/S/MC9S12A64.shtml

[3] http://rab.ict.pwr.wroc.pl/m̃w/pdfs/osbdm_tbdml.pdf

[4] http://www.konar.ict.pwr.wroc.pl/module.php?op=download&cmd=click&id=112

[5] http://www.konar.ict.pwr.wroc.pl/module.php?op=download&cmd=click&id=127

[6] http://www.netrino.com/Embedded-Systems/How-To/PWM-Pulse-Width-Modulation