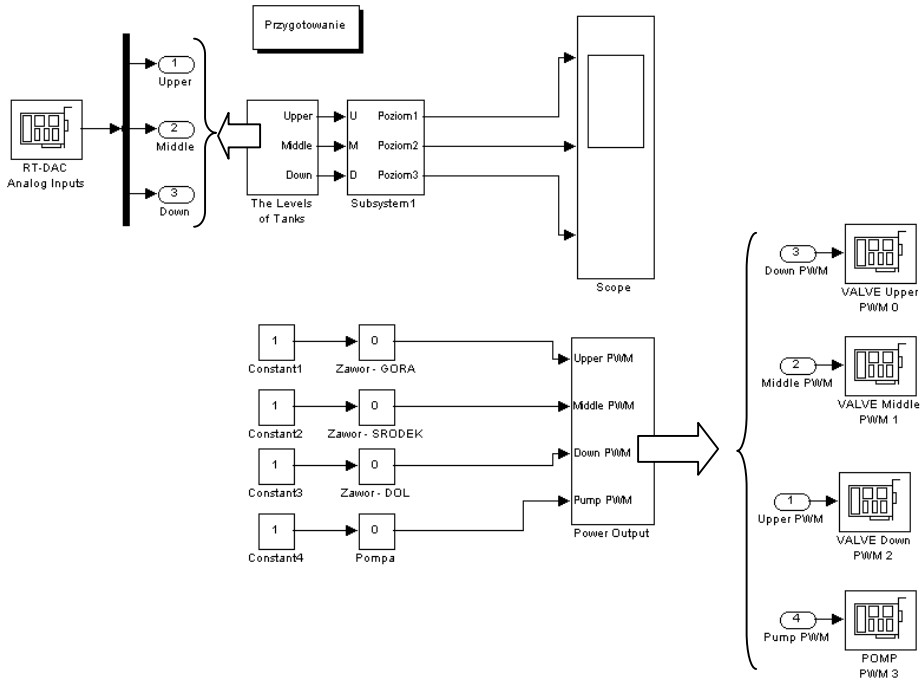
Model czasu rzeczywistego systemu zbiorników

Na Rys. 1 pokazany jest model *tanki_rtwt.mdl*, który umożliwia pomiary i sterowanie w czasie rzeczywistym systemem zbiorników. Model jest skonfigurowany do generacji kodu wykonywalnego czasu rzeczywistego z wykorzystaniem przyborników RTW i RTWT. Jest on bazą, na której można skonstruować dowolny układ regulacji dla układu zbiorników podczas zajęć laboratoryjnych.
W niniejszej instrukcji opisano szczegóły budowy i obsługi tego modelu czasu rzeczywistego.



Rys. 1. Schemat modelu czasu rzeczywistego zrealizowany w Simulinku

Przedstawiony model posiada bloki wejść i wyjść komunikujące model Simulinka z obiektem rzeczywistym poprzez kartę I/O RTDAC/PCI. Są dwa podstawowe bloki:

- blok pomiarów *Levels of Tanks* zawierający device driver obsługi kanałów A/C karty I/O,
- blok sygnałów sterujących *Power Output* zawierający device drivery kanałów PWM karty I/O.

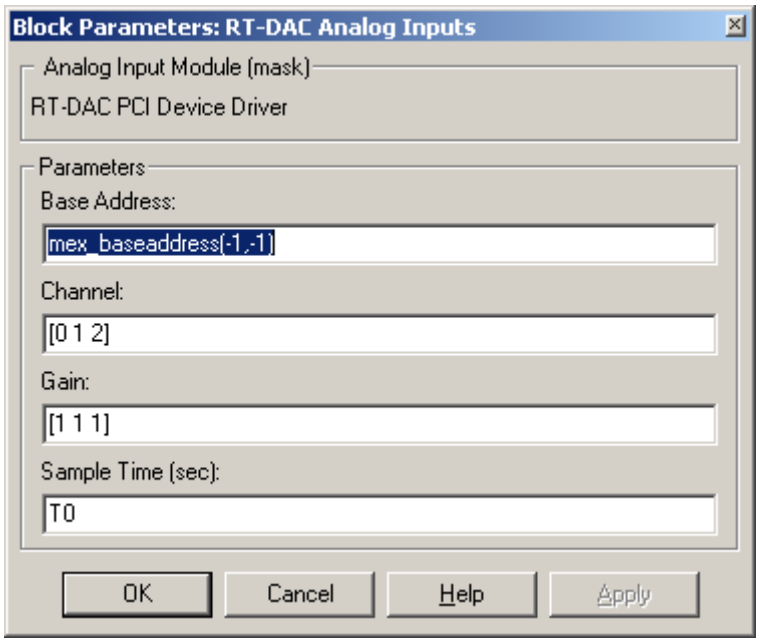
Device drivery, czyli moduły obsługi funkcji karty I/O są S-funkcjami napisanymi w języku C umożliwiającymi czytanie rejestrów karty (czyli odczyt pomiarów) oraz wpisywanie do karty sygnału sterującego (w naszym przypadku sygnały sterujące to sygnały PWM).

Opisywane bloki używa się w ten sam sposób jak inne bloki biblioteczne Simulinka. Trzeba jeszcze zaznaczyć pewne różnice w stosunku do znanych nam modeli Simulinka. A mianowicie:

- przedstawiony model nie jest wykonywany w trybie symulacji *Normal,* jak zwykły model symulacyjny, ale musi być przed użyciem skompilowany do kodu czasu rzeczywistego za pomocą RTW i RTWT, i dopiero potem wykonany w trybie *External.*

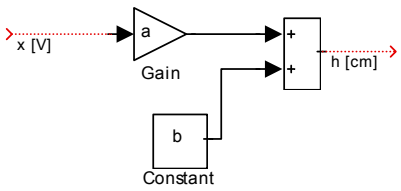
- Model jest specjalnie skonfigurowany. Konfiguracja ta jest ukryta w opcjach okna modelu i będzie wyjaśniona w następnym punkcie.

Na Rys. 2 pokazano maskę device drivera obsługującego kanały A/C karty I/O. W polu *Channel* wybrane są trzy kanały 0,1 i 2 (ogółem karta posiada 16 wejść A/C). Każdy z wybranych kanałów ma ustawione wzmocnienie równe 1. Okres próbkowania jest równy *T0*. Czyli w przestrzeni roboczej Matlaba trzeba przypisać wartość zmiennej *T0*. Blok ten mierzy sygnały napięciowe z czujników ciśnienia umieszczonych w każdym z trzech zbiorników. Sygnały odczytywane z kanałów A/C są zawarte w zakresie $[0 \div 10\ \mathrm{V}]$.



Rys. 2 Maska modułu pomiarów A/C

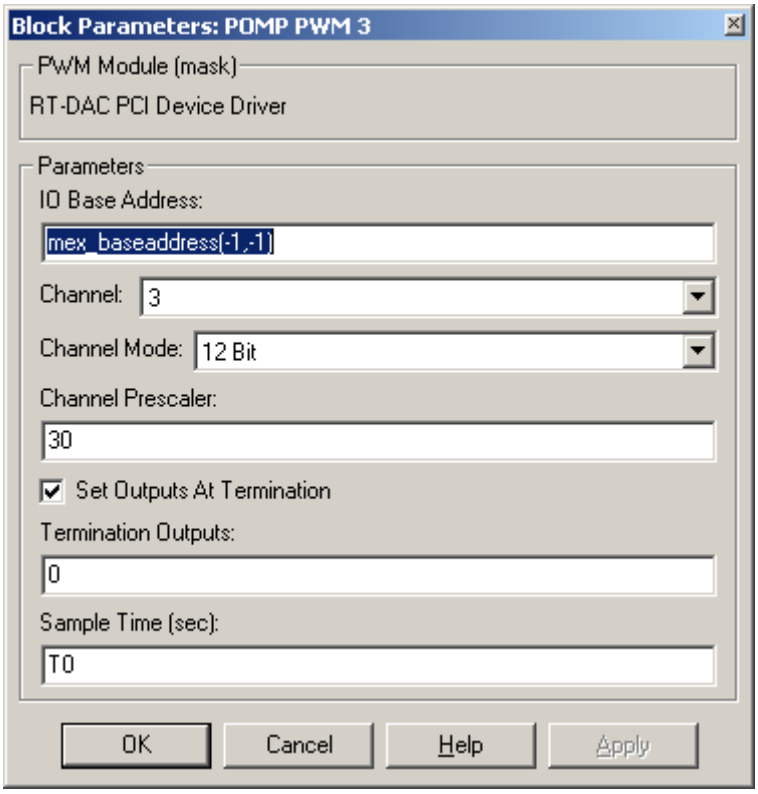
Ponieważ naszym celem jest pomiar poziomów wody w zbiornikach, mierzone sygnały muszą być przeliczone z [V] na [cm]. Zadanie to nosi nazwę „kondycjonowanie sygnałów". Blok *Subsystem1* realizujący przeliczanie jest pusty i musi być zaprojektowany przez użytkownika. Funkcję jego można opisać zależnością: $h\,[\mathrm{cm}] = ax[\mathrm{V}] + b$. Na Rys. 3 przedstawiono realizacje tego bloku. Należy jedynie dobrać parametry *a* i *b*.



Rys. 3 Kondycjonowanie pomiarów

Blok *Power Output* przekazuje sterowanie z modelu Simulinka do silnika pompy. Sygnał *PUMP PWM* wychodzący z suwaka *Pompa* jest bezwymiarowy i ograniczony do przedziału $[0 \div 1]$. Wartość tego sygnału odpowiada stopniowi wypełnienia (duty cycle) sygnału PWM, który fizycznie jest generowany przez logikę karty. Z kolei ten sygnał jest podawany na zewnętrzny moduł mocy i stąd przekazywany na silnik pompy.

Na Rys. 4 pokazana jest maska modułu PWM (jednego z czterech dostępnych na karcie RTDAC/PCI). Zauważmy, że pompa sterowana jest wyjściem z kanału trzeciego. Ponieważ zaznaczona jest opcja *Termination* i *Termination output* jest równe zeru oznacza to, że w momencie zakończenia działania modelu wyjściowa wartość kanału PWM ustawiana jest na zero. Czyli pompa zatrzymuje się.



Rys. 4 Maska modułu PWM sterującego pompą

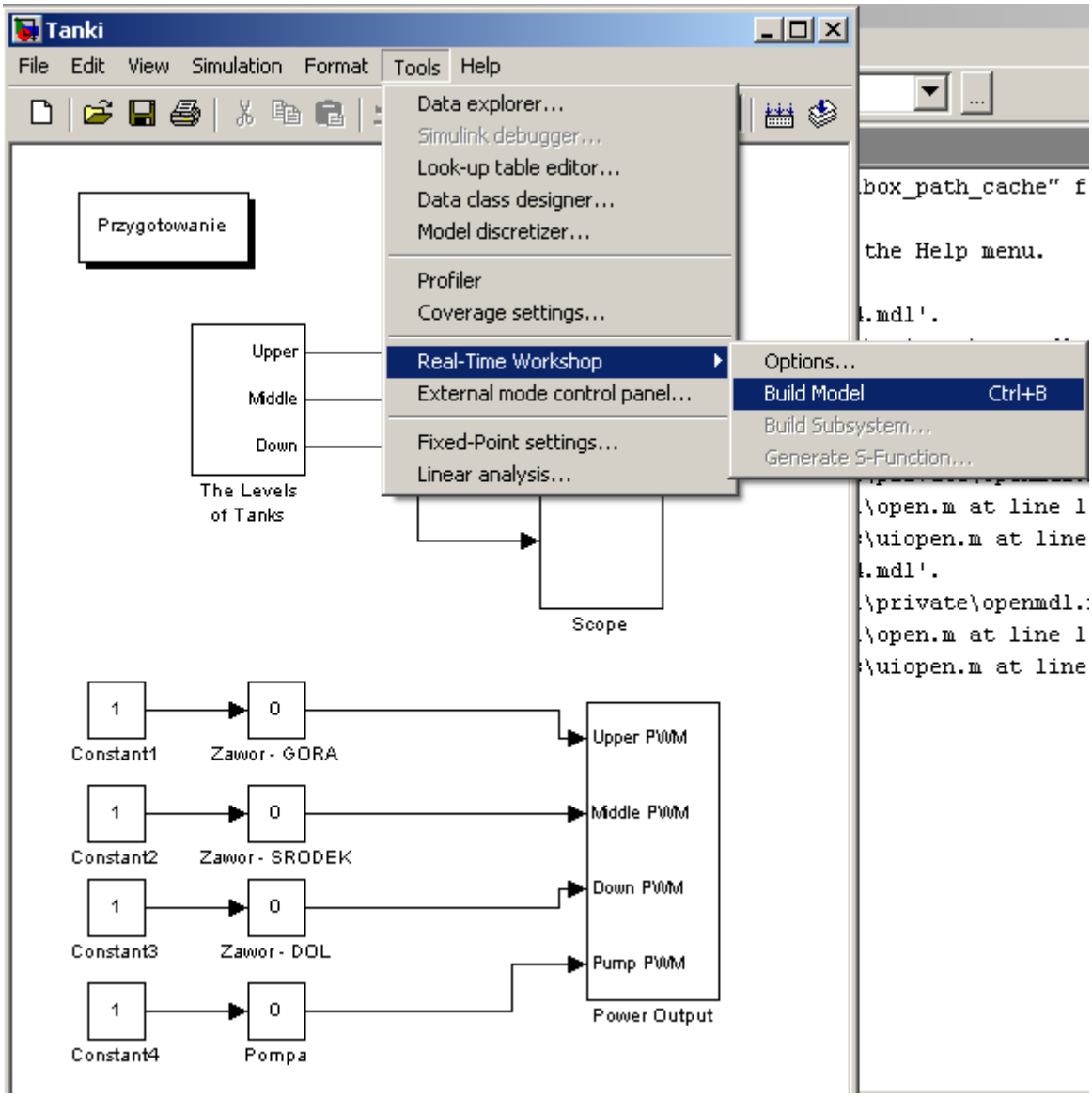
Podsumowując, device drivery modelu zbiorników realizują dwa główne zadania:

- Udostępniają pomiary z czujników ciśnienia, które to sygnały są proporcjonalne do wysokości cieczy w zbiornikach, i przekazują je do komputera.
- Generują sygnał sterujący silnikiem pompy. Sygnał sterujący są bezwymiarowy i należy do przedziału $[0 \div 1]$.

Projektowanie własnego modelu czasu rzeczywistego w środowisku Matlaba/Simulinka

Żeby zbudować system, który będzie działał w czasie rzeczywistym należy kolejno:

- zbudować w Simulinku model systemu sterowania używając dedykowanego dla zbiorników device driverów (jak to jest po polsku ?) oraz potrzebnych bloków bibliotecznych,
- wygenerować kod czasu rzeczywistego wybierając odpowiednią opcję w menu modelu (patrz Rys. 5) lub stosując skrót klawiaturowy *Ctrl+B*,
- uruchomić kod poprzez kliknięcie kolejno opcji w menu modelu: *Simulation/Connect to target* i *Simulation/Start real-time code*.



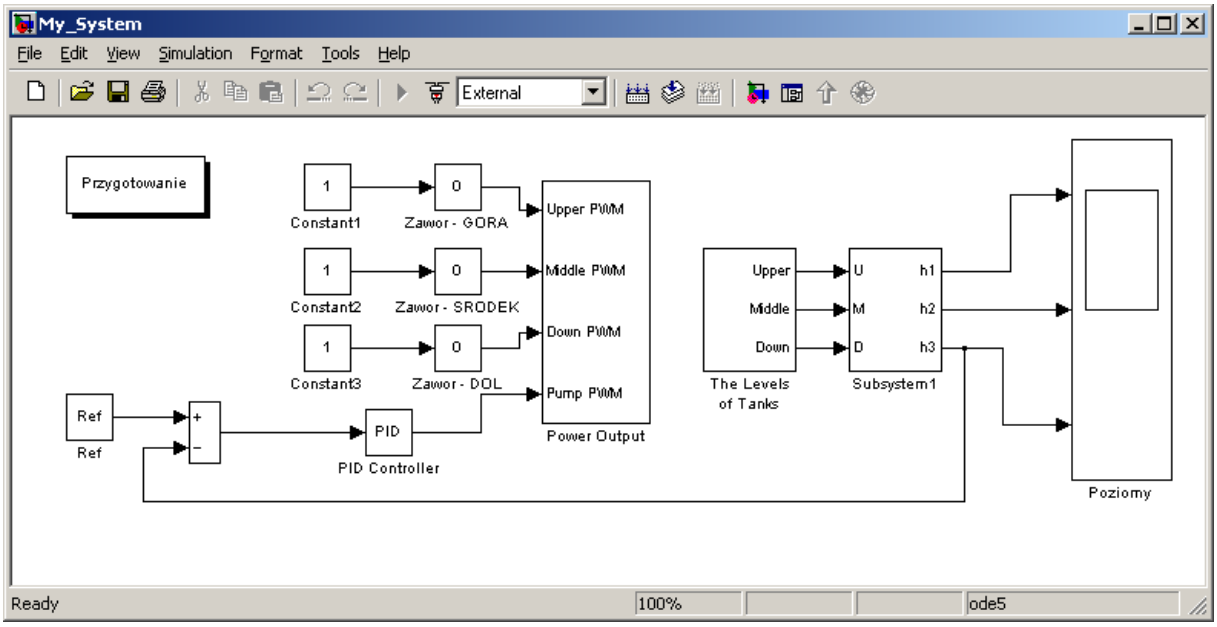
Rys. 5. Generacja kodu czasu rzeczywistego

Budowa modelu

Najprostszym sposobem zbudowania własnego modelu czasu rzeczywistego jest wykorzystanie jako wzorca dostępnego modelu *Tanki_rtwt.mdl.* Należy otworzyć model, zapisać go pod inną nazwą (np. *My_System)* i zmodyfikować. W prezentowanym na Rys. 6 modelu zaimplementowano regulator PID śledzący zadany (*Ref)* poziom w zbiorniku dolnym h_3.

Budowa własnego modelu na bazie już istniejącego zapewnia, że wszystkie wewnętrzne opcje modelu zostaną właściwie ustawione. Te opcje są konieczne do poprawnego przeprowadzenia procesów generacji, kompilacji i linkowania kodu czasu rzeczywistego.

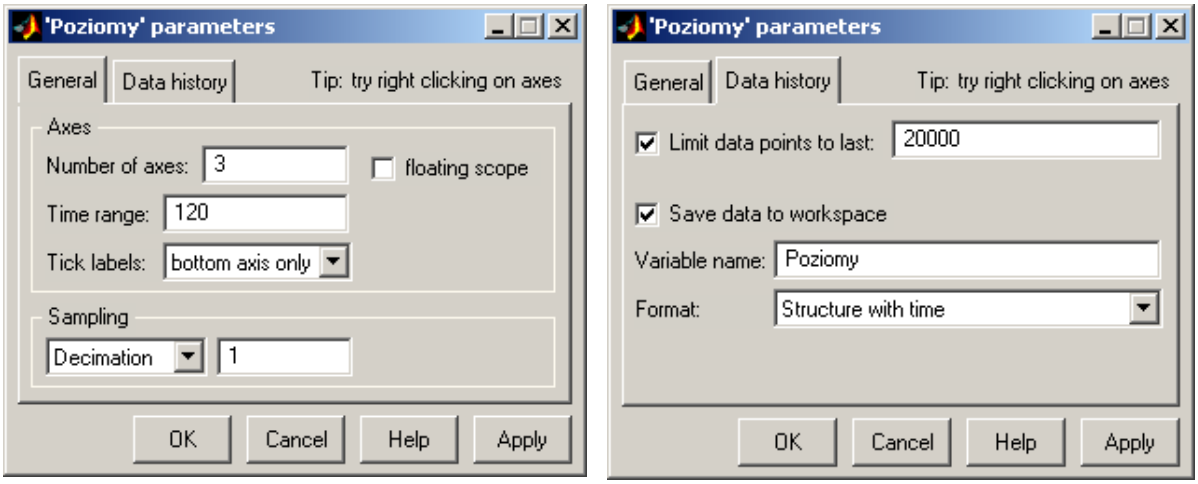
Użytkownik ma całkowitą dowolność przy projektowaniu własnego układu regulacji. Może użyć większości bibliotecznych bloków dostępnych w bibliotece Simulinka. Nie wolno mu jedynie usunąć device drivera, ponieważ model utraci połączenie z obiektem rzeczywistym



Rys. 6. Model układu regulacji w Simulinku

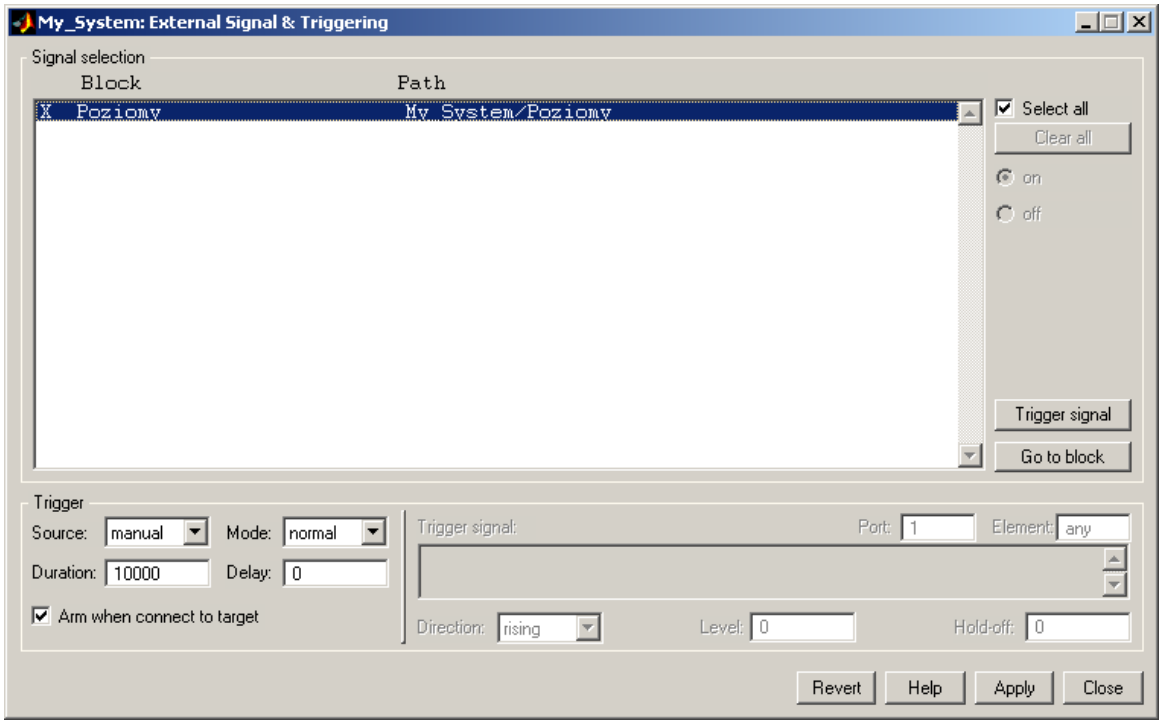
Chociaż nie jest to konieczne zalecane jest również pozostawienie oscyloskopu. Będzie on potrzebny do obserwacji zachowania się modelu. Właściwości oscyloskopu są dostępne w zakładce *Scope/Properties* (patrz Rys. 7). Zapamiętanie danych pomiarowych, w celu późniejszej obróbki off line, można wymusić zaznaczając opcję *save data to workspace*. Dane zostaną zapisane w zmiennej o nazwie wpisanej do okienka edycyjnego *Variable name*. Ten sposób jest jedyny dla pomiarów w czasie rzeczywistym, ponieważ normalnie używany blok *To Workspace* nie działa w RTWT.

Należy jeszcze zwrócić uwagę na ustawienie próbkowania. Jeżeli *Decimation* jest równe 1 to znaczy, że każda próbka jest rysowana na wykresie i równocześnie jest zapamiętywana w zmiennej. Ustawienie *Decimation* równe 10 oznacza, że jedynie co dziesiąta próbka jest zapamiętywana i wyświetlana.



Rys. 7. Parametry bloku oscyloskopu

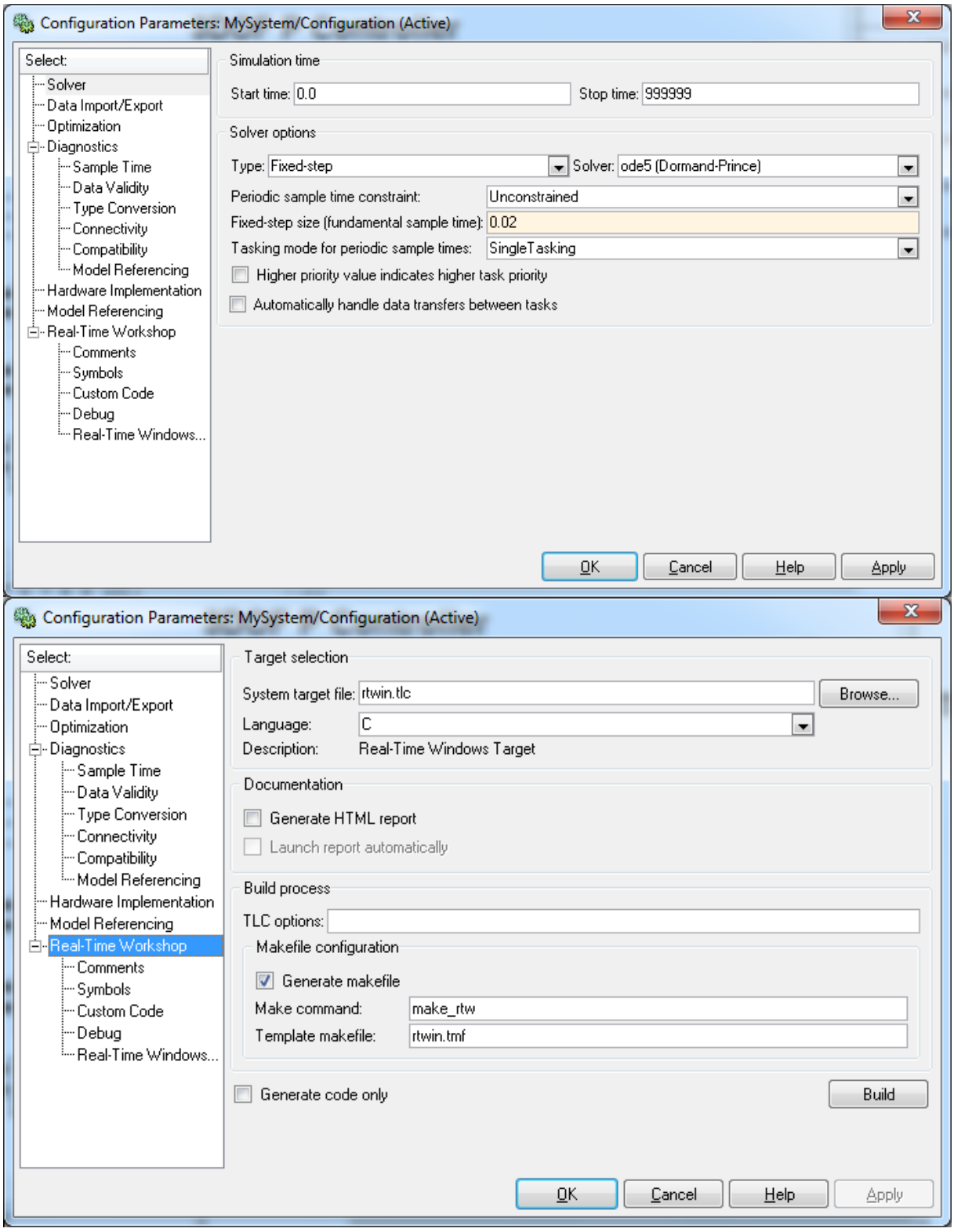
Sposób zbierania danych pomiarowych w czasie rzeczywistym określa się również w opcji *Tools/External Mode Control Panel*. Po kliknięciu klawisza *Signal Triggering* otworzy nam się okno pokazane na Rys. 8. Należy zaznaczyć blok oscyloskopu czyli *Poziomy* (tzn., że tam będą zbierane dane pomiarowe), ustawić *Source* jako manual, a *Duration* równe liczbie próbek, którą będziemy chcieli zapamiętać na wykresach w oscyloskopie. Wielkość ta nie powinna być mniejsza niż zadeklarowana długość bufora w bloku *Scope*. Należy także zaznaczyć opcję *Arm when connect to target.*



Rys. 8. Okno *External Signal & Triggering*

Proces generacji kodu czasu rzeczywistego

Kod jest generowany z użyciem Target Language Compiler (TLC) (patrz opis *Simulink Target Language*). Plik makefile jest używany do automatycznego budowania i załadowania zbiorów **.obj* związanych z zastosowanymi driverami systemu rzeczywistego
Rys. 9 przedstawia jak muszą być ustawione opcje dotyczące procesu tworzenia kodu czasu rzeczywistego, żeby proces ten nie generował błędów.



Rys. 9 Poprawnie ustawione parametry w opcji *Simulation parameters*

Plik o nazwie *make_rtw* zarządza procesem generacji. Plik *rtwintmf* to tzw. *template makefile*. Plik ten jest odpowiedzialny za generację kodu w C z użyciem zainstalowanego w systemie kompilatora Open Watcom.

Zakładka *Solver* pozwala ustawić parametry symulacji. Konieczne jest ustawienie opcji *Fixed Step* czyli stałego kroku próbkowania. Wartość kroku próbkowania należy ustawić równą 0.01 [s].

Uwaga – jeżeli w modelu używane są bloki dyskretne należy pamiętać, że bloki te i ustawiony krok próbkowania muszą mieć wspólny podzielnik.

Po ustawieniu wszystkich parametrów możemy wygenerować kod czasu rzeczywistego. W tym celu naciskamy klawisz *Build* w zakładce *Real Time Workshop* opcji *Simualtion/Simulation Parameters* lub przy aktywnym oknie modelu naciśniemy kombinację klawiszy Ctrl+B. Pomyślna generacja kodu kończy się informacją w oknie Matlaba:

Model My_System.rtd successfully created

Successful completion of Real-Time Workshop build procedure for model: My_System

Uruchomienie modelu czasu rzeczywistego

W celu uruchomienia kodu czasu rzeczywistego musimy kolejno kliknąć klawisz *Simulation/Connect to target* – kod zostanie załadowany do pamięci. Następnie należy kliknąć opcję *Run real-time code* co uruchamia działanie modelu w czasie rzeczywistym.

Klikając opcję *Stop* w menu okna modelu zatrzymujemy uruchomiony model w dowolnej chwili.