Въведение в Simulink

Практикум по приложение на графични програмни среди

Владимир Димитров

Катедра Силова Електроника
Факултет по Електронна Техника и Технологии

5 ноември 2018 г.

Съдържание

Въведение в Simulink

Въведение в Simulink

Основни понятия и дефиниции

Какво е Simulink?

Simulink

Simulink е система за графично (блоково) моделиране, симулиране и анализиране на динамични системи.

Какво е Simulink?

Simulink

Simulink е система за графично (блоково) моделиране, симулиране и анализиране на динамични системи.

- Как се дефинира блок в Simulink?

Какво е Simulink?

Simulink

Simulink е система за графично (блоково) моделиране, симулиране и анализиране на динамични системи.

- Как се дефинира блок в Simulink?
- Как се представлява динамична система и как се моделира в Simulink?

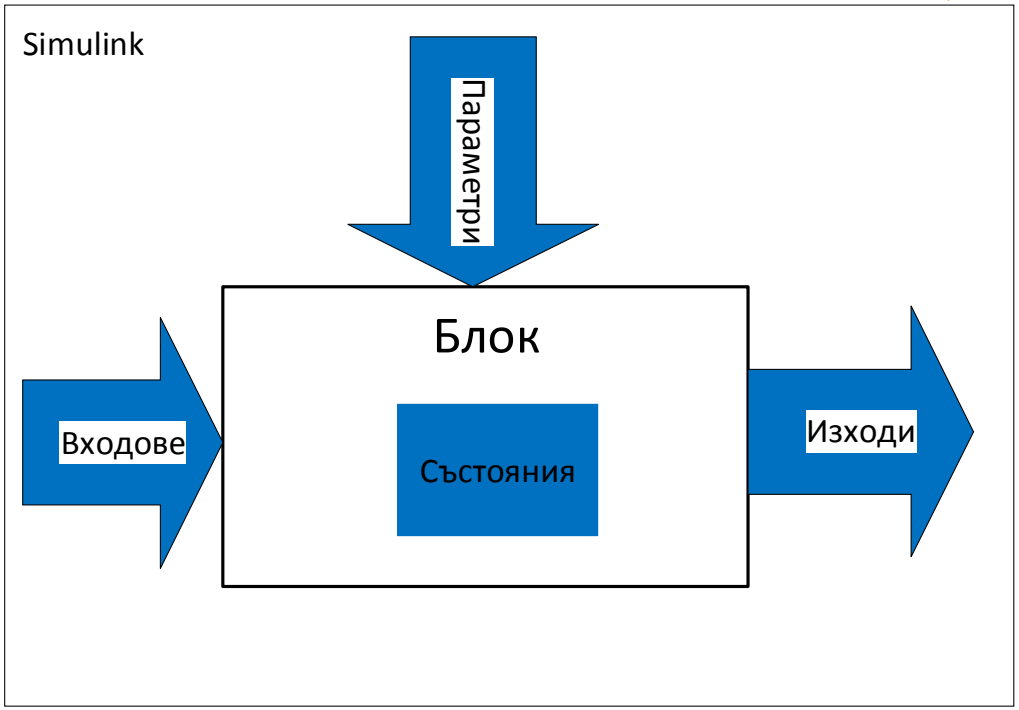
Какво е Simulink?

Simulink

Simulink е система за графично (блоково) моделиране, симулиране и анализиране на динамични системи.

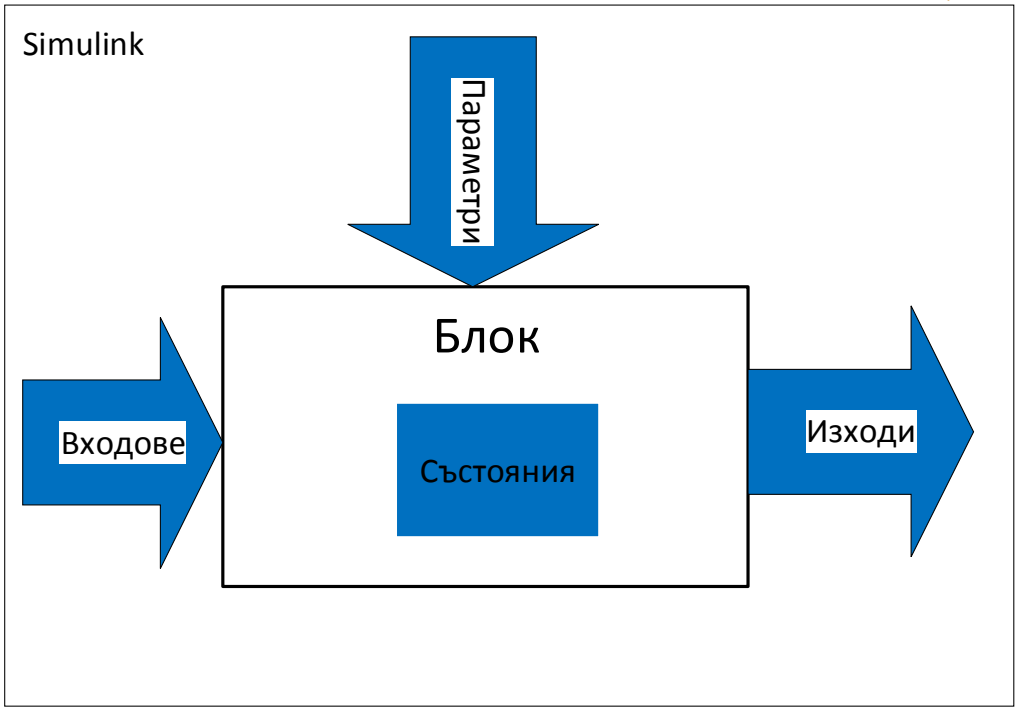
- Как се дефинира блок в Simulink?
- Как се представлява динамична система и как се моделира в Simulink?
- Как се настройки има симулацията?

Блок в Simulink?



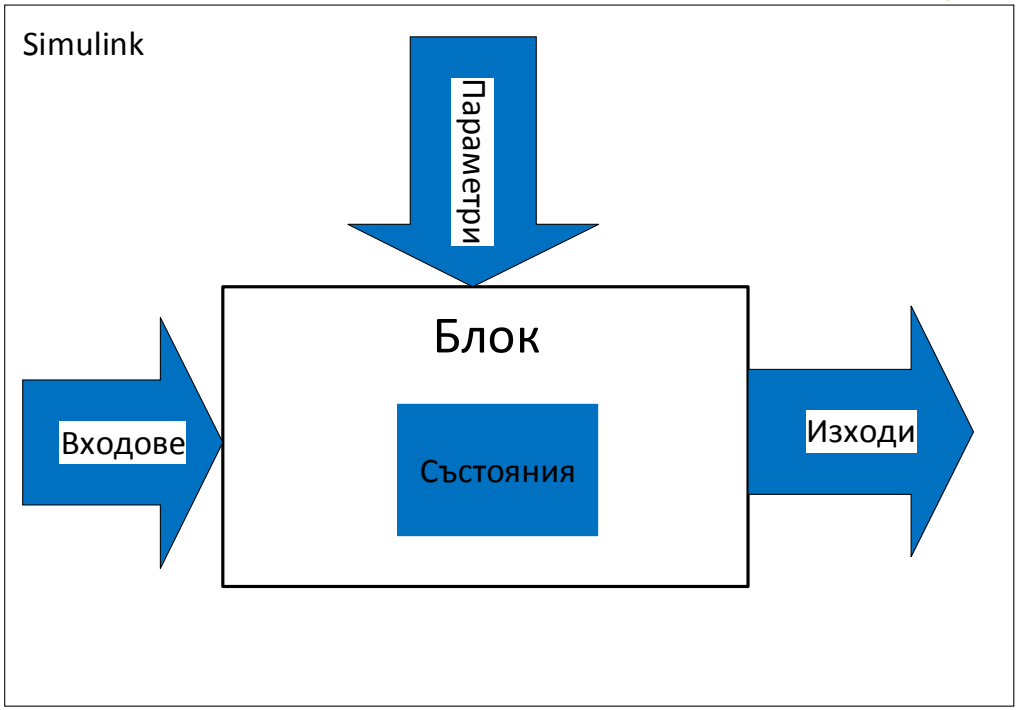
- Simulink дефинира всеки блок с три типа данни

Блок в Simulink?



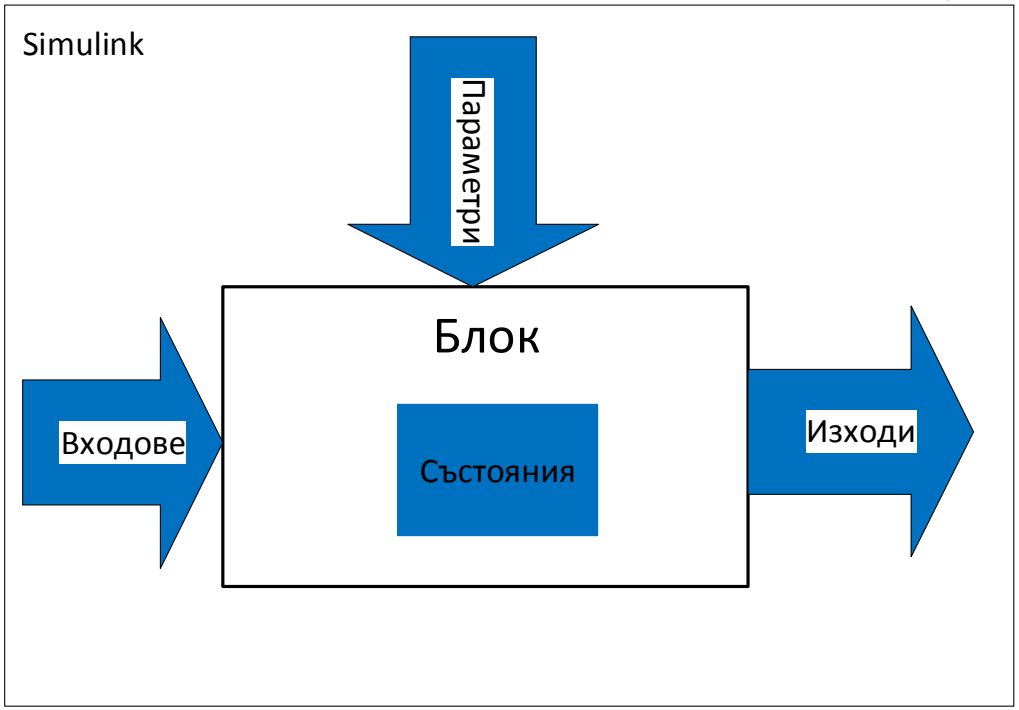
- Simulink дефинира всеки блок с три типа данни
  - Сигнали - входове и изходи на блок

Блок в Simulink?



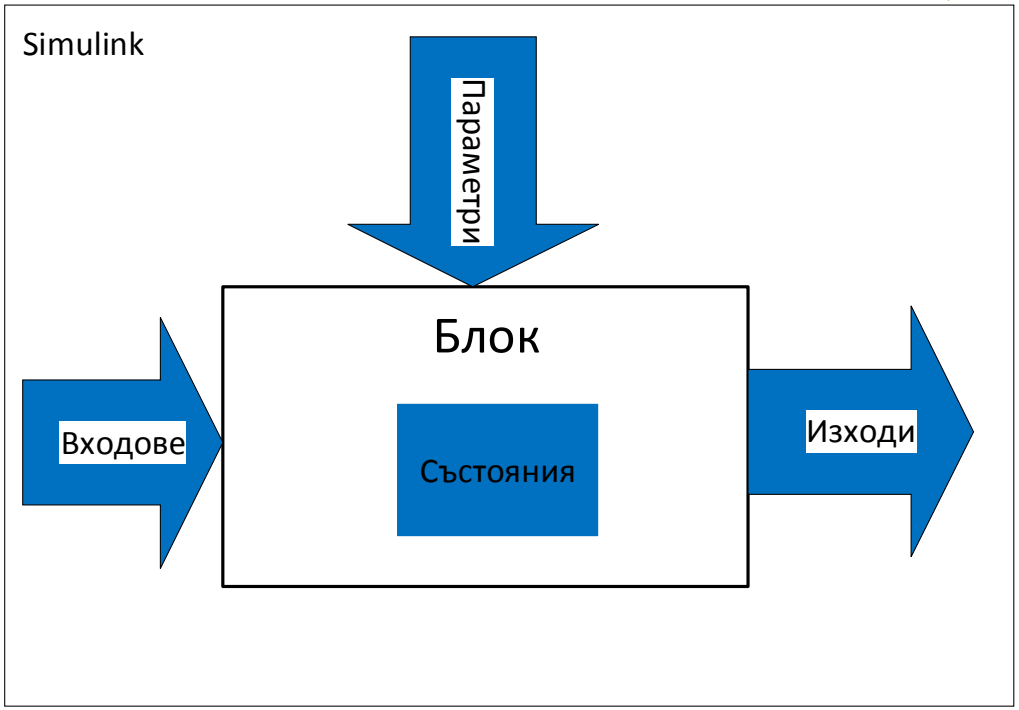
- Simulink дефинира всеки блок с три типа данни
  - Сигнали - входове и изходи на блок
  - Състояния - вътрешни стойности описващи динамиката на блока

Блок в Simulink?



- Simulink дефинира всеки блок с три типа данни
  - Сигнали - входове и изходи на блок
  - Състояния - вътрешни стойности описващи динамиката на блока
  - Параметри - стойности определящи поведението на блока

Блок в Simulink?



- Simulink дефинира всеки блок с три типа данни
  - Сигнали - входове и изходи на блок
  - Състояния - вътрешни стойности описващи динамиката на блока
  - Параметри - стойности определящи поведението на блока

- Данните на всеки блок в симулационен модел на Simulink са достъпни в Matlab с функцията [sys,x0,str,ts] = model([],[],[],'sizes')

Какви системи можем да моделираме?

- Според зависимостта между входа и изхода

Какви системи можем да моделираме?

- Според зависимостта между входа и изхода

- Според вида на променливите

Какви системи можем да моделираме?

- Според зависимостта между входа и изхода
  - Статични - ако сегашната стойност на изхода зависи само от сегашния вход.

- Според вида на променливите

Какви системи можем да моделираме?

- Според зависимостта между входа и изхода
  - Статични - ако сегашната стойност на изхода зависи само от сегашния вход.
  - Динамични - ако сегашната стойност на изхода на една система зависи и от предишни стойности на входа
- Според вида на променливите

Какви системи можем да моделираме?

- Според зависимостта между входа и изхода
  - Статични - ако сегашната стойност на изхода зависи само от сегашния вход.
  - Динамични - ако сегашната стойност на изхода на една система зависи и от предишни стойности на входа
- Според вида на променливите
  - Непрекъснати - ако сигналите са дефинирани за всеки момент от време, системите се моделират с диференциални уравнения.

Какви системи можем да моделираме?

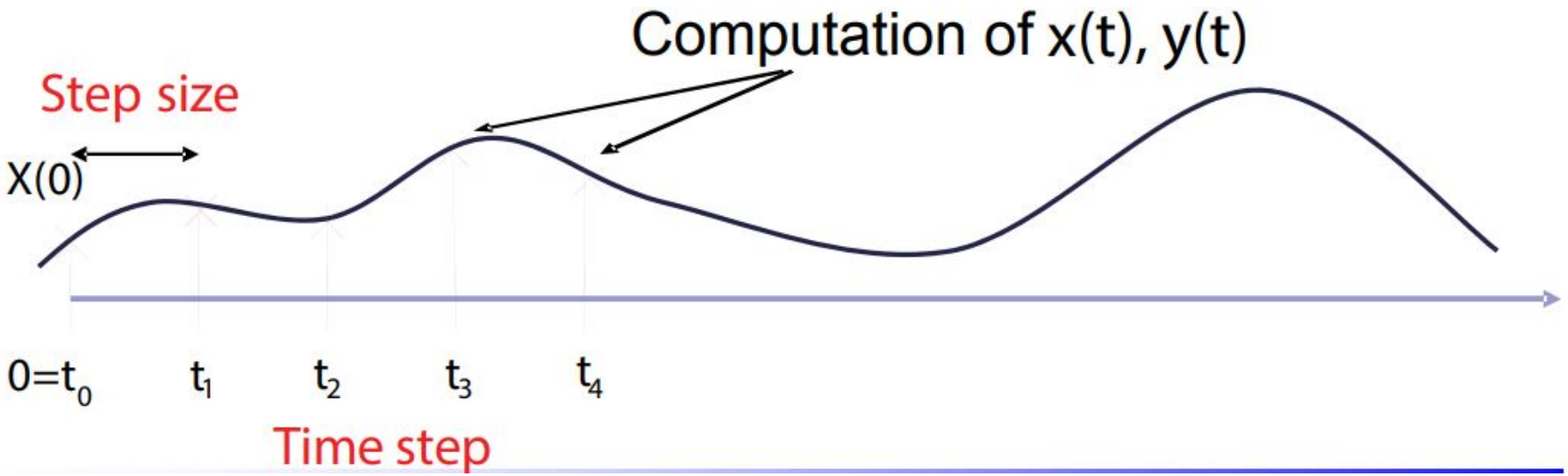
- Според зависимостта между входа и изхода
  - Статични - ако сегашната стойност на изхода зависи само от сегашния вход.
  - Динамични - ако сегашната стойност на изхода на една система зависи и от предишни стойности на входа
- Според вида на променливите
  - Непрекъснати - ако сигналите са дефинирани за всеки момент от време, системите се моделират с диференциални уравнения.
  - Дискретни - ако сигналите са дефинирани за дискретни моменти от време, системите се моделират с диференчни уравнения.

Какви системи можем да моделираме?

- Според зависимостта между входа и изхода
  - Статични - ако сегашната стойност на изхода зависи само от сегашния вход.
  - Динамични - ако сегашната стойност на изхода на една система зависи и от предишни стойности на входа
- Според вида на променливите
  - Непрекъснати - ако сигналите са дефинирани за всеки момент от време, системите се моделират с диференциални уравнения.
  - Дискретни - ако сигналите са дефинирани за дискретни моменти от време, системите се моделират с диференчни уравнения.
  - Хибридни - комбинация от горните

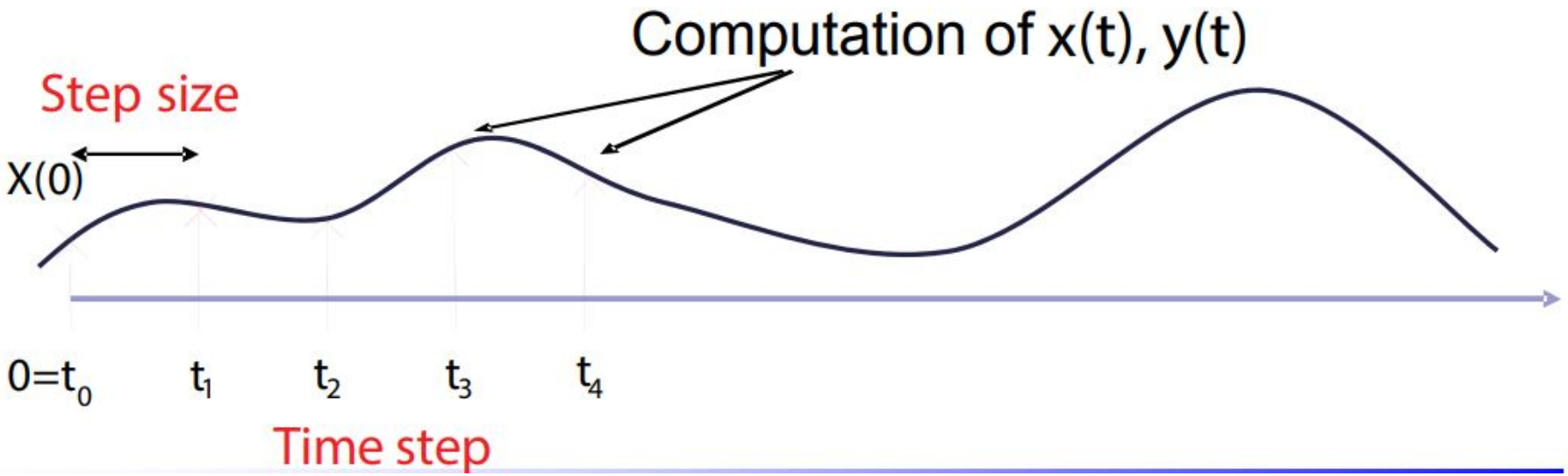
Какво се симулира?

- Симулиране на динамични система е процес на изчисляване на развитието на вектора с променливите на състоянието и изхода на системата за даден период от време.



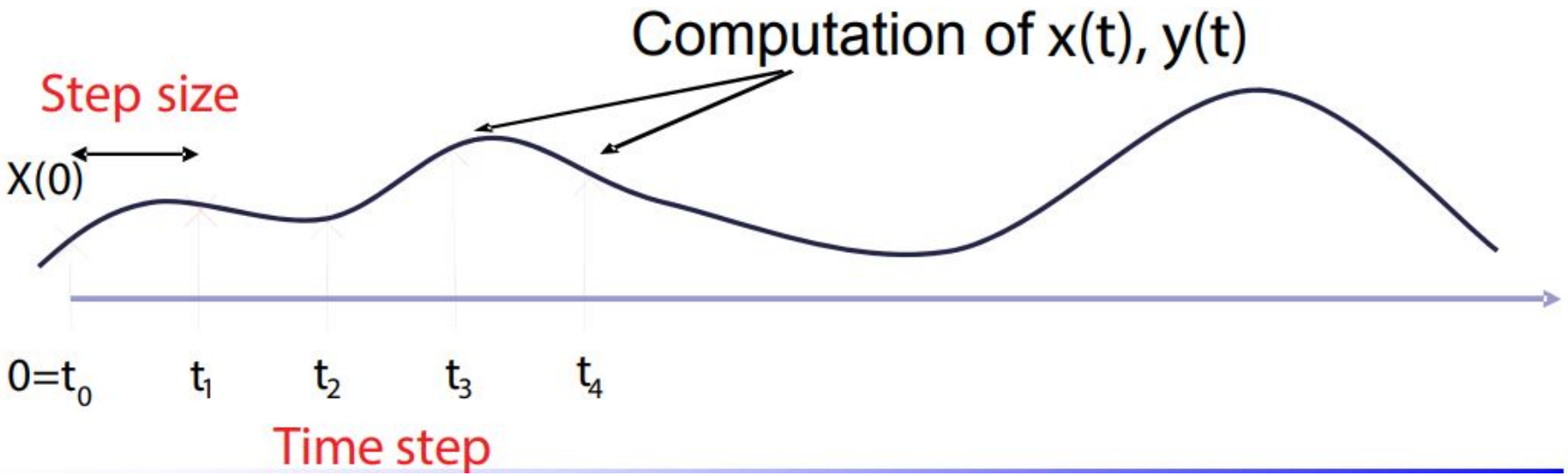
Какво се симулира?

- Симулиране на динамични система е процес на изчисляване на развитието на вектора с променливите на състоянието и изхода на системата за даден период от време.
- Те се изчисляват за определени моменти от време (time steps), които са разделени от определени интервали от време (step sizes).



Какво се симулира?

- Симулиране на динамични система е процес на изчисляване на развитието на вектора с променливите на състоянието и изхода на системата за даден период от време.
- Те се изчисляват за определени моменти от време (time steps), които са разделени от определени интервали от време (step sizes).
- Simulink решава диференциалните уравнения, описващи динамичната система посредством числено интегриране.



Основни проблеми при моделирането

- При моделиране с алгебрични уравнения

Основни проблеми при моделирането

- При моделиране с алгебрични уравнения
  - Алгебрични контури - за алгебрична връзка между входа и изхода на блока.

Основни проблеми при моделирането

- При моделиране с алгебрични уравнения
  - Алгебрични контури - за алгебрична връзка между входа и изхода на блока.
- При моделиране с диференциални уравнения

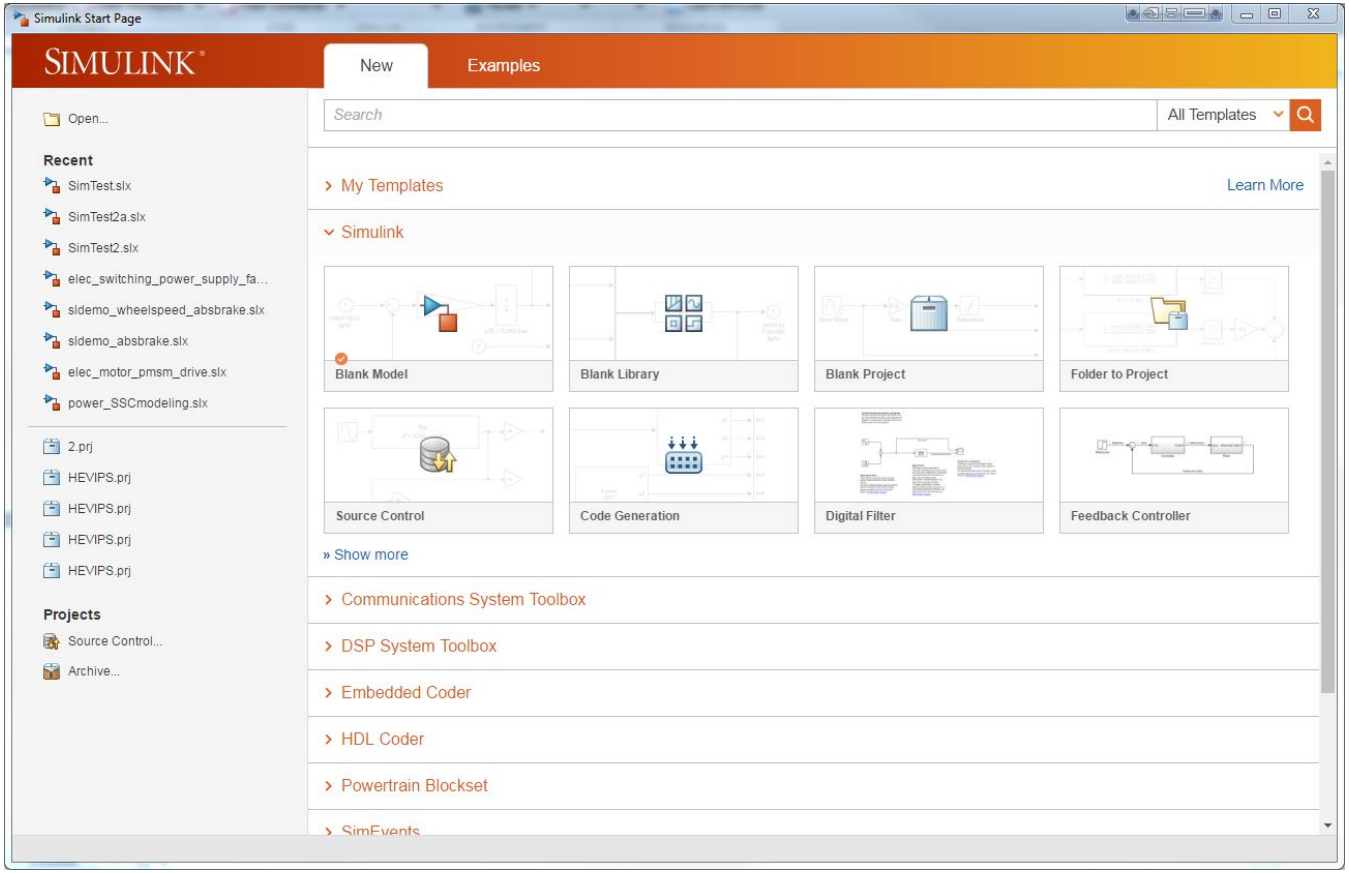
Основни проблеми при моделирането

- При моделиране с алгебрични уравнения
  - Алгебрични контури - за алгебрична връзка между входа и изхода на блока.
- При моделиране с диференциални уравнения
  - обикновени - Когато времеконстните участващи в диференциалното уравнение са от един порядък

Основни проблеми при моделирането

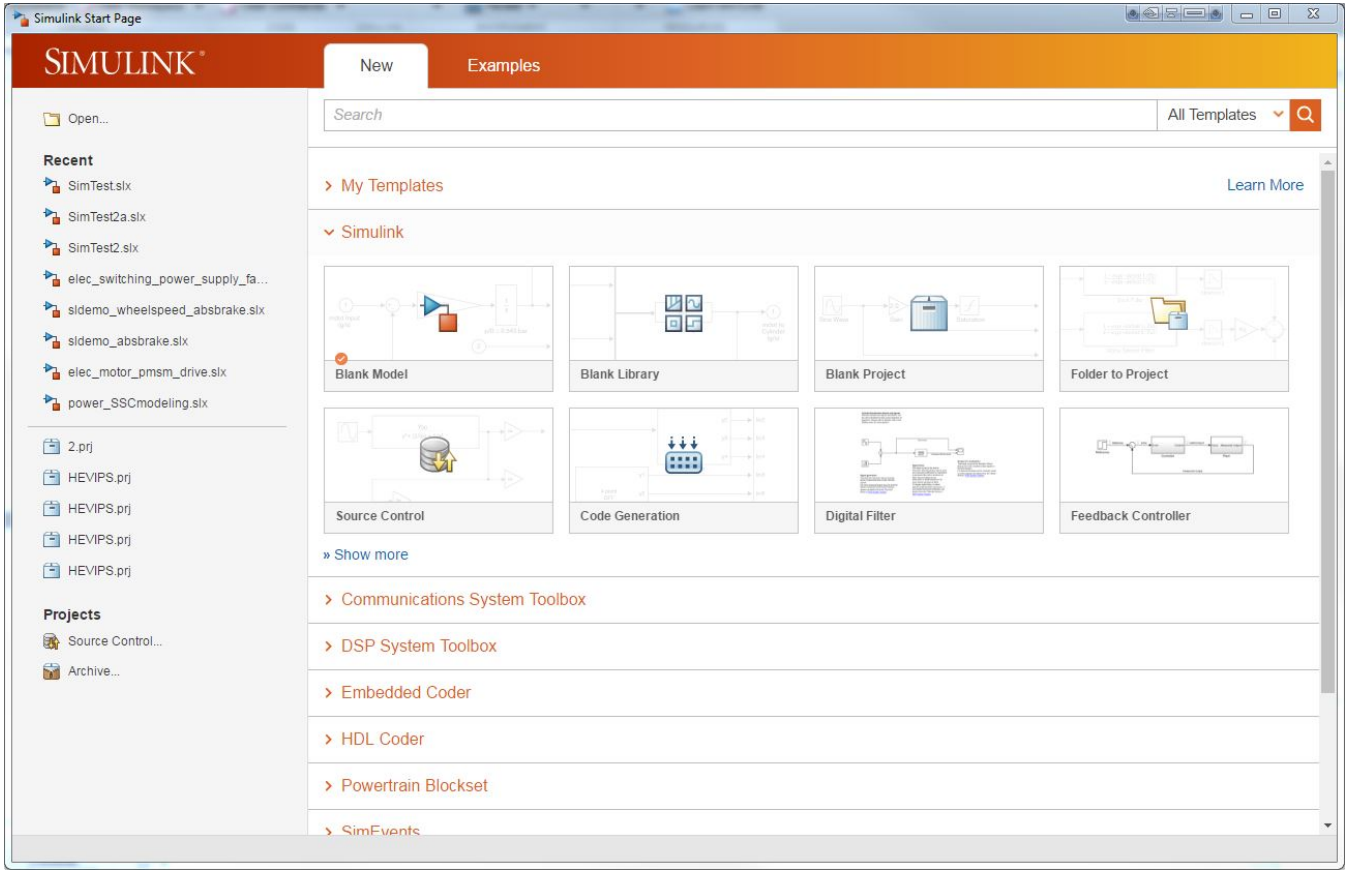
- При моделиране с алгебрични уравнения
  - Алгебрични контури - за алгебрична връзка между входа и изхода на блока.
- При моделиране с диференциални уравнения
  - обикновени - Когато времеконстните участващи в диференциалното уравнение са от един порядък
  - твърди - Системи, които имат едновременно много големи и много малки времеконстнати (stiff)

Методи за работа със Simulink



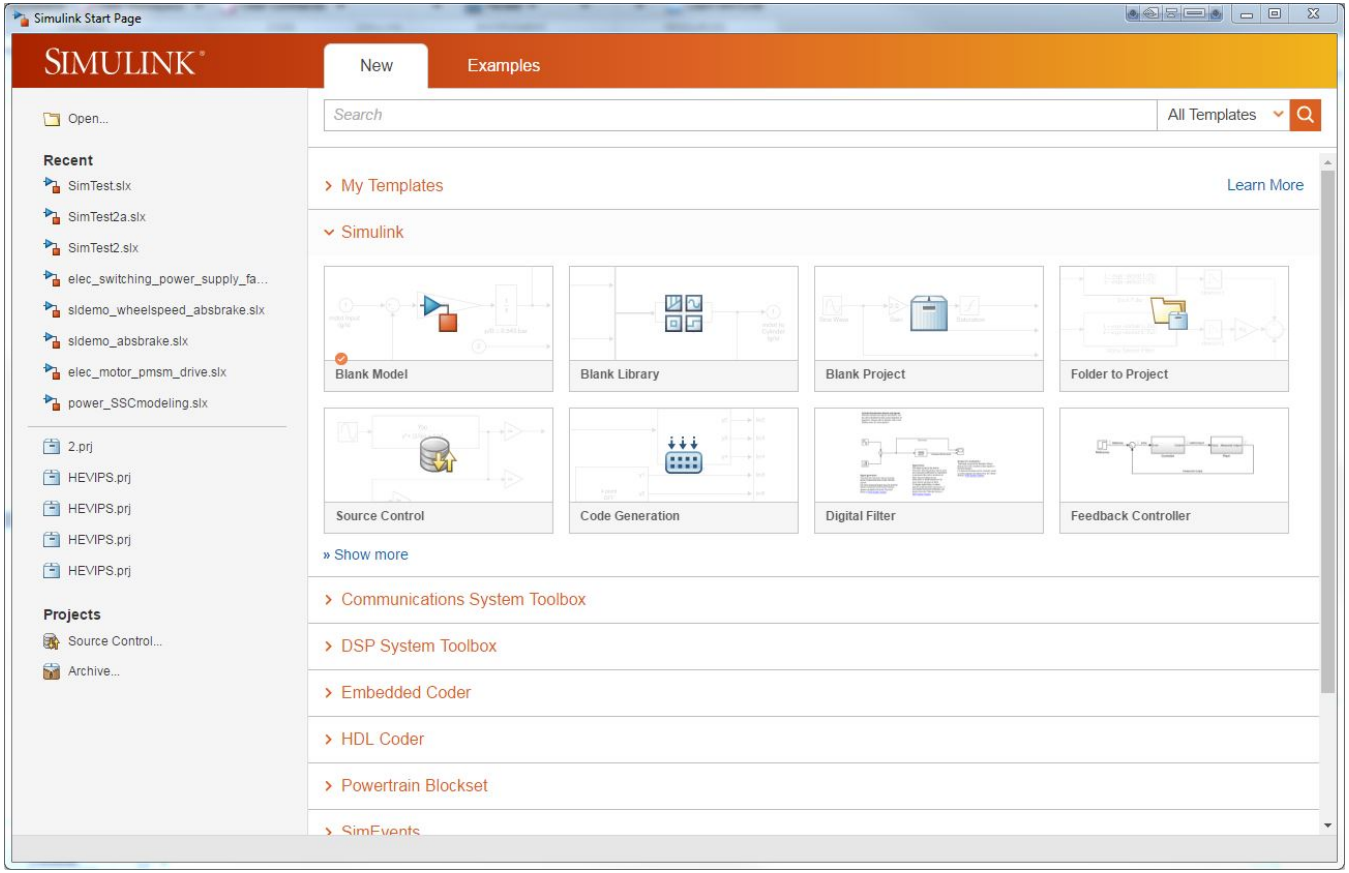
- Създаване на модел

Методи за работа със Simulink



- Създаване на модел
- Създаване на библиотека.

Методи за работа със Simulink



- Създаване на модел
- Създаване на библиотека.
- Създаване на проект - обединява няколко модела, инициализационни скриптове , възможност за контрол на

Празен модел

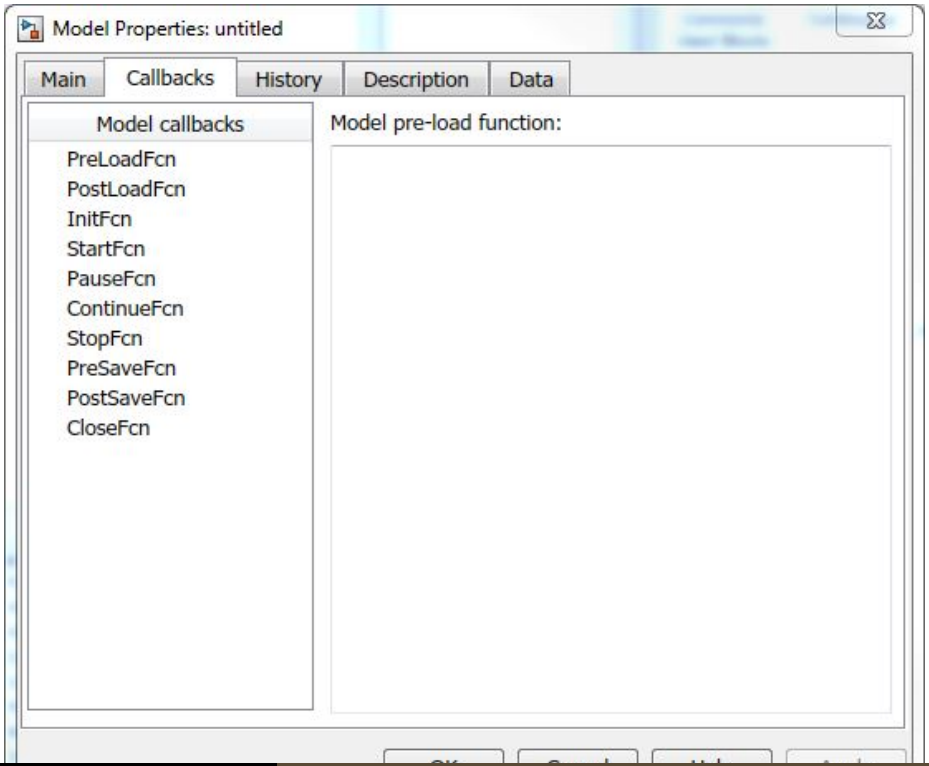
- Модел се създава чрез добавяне на готови блокове от библиотеки (двоен RMB или от Library browser)

Празен модел

- Модел се създава чрез добавяне на готови блокове от библиотеки (двоен RMB или от Library browser)
- Всеки модел може да използва или връща данни в работното пространство на Matlab

Празен модел

- Модел се създава чрез добавяне на готови блокове от библиотеки (двоен RMB или от Library browser)
- Всеки модел може да използва или връща данни в работното пространство на Matlab
- Всеки модел може да извиква Matlab скриптове преди, повреме или след своето изъплнение LMB->Model Properties->Callbacks

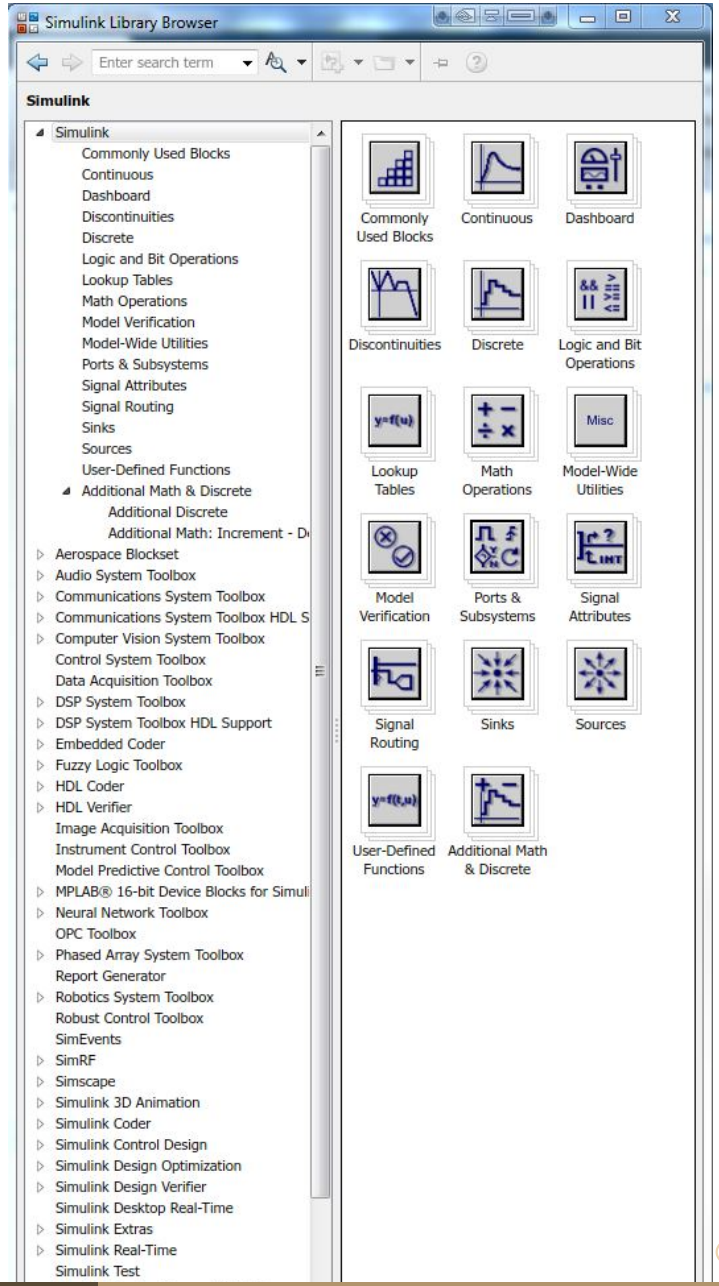


Въведение в Simulink

Библиотека Simulink

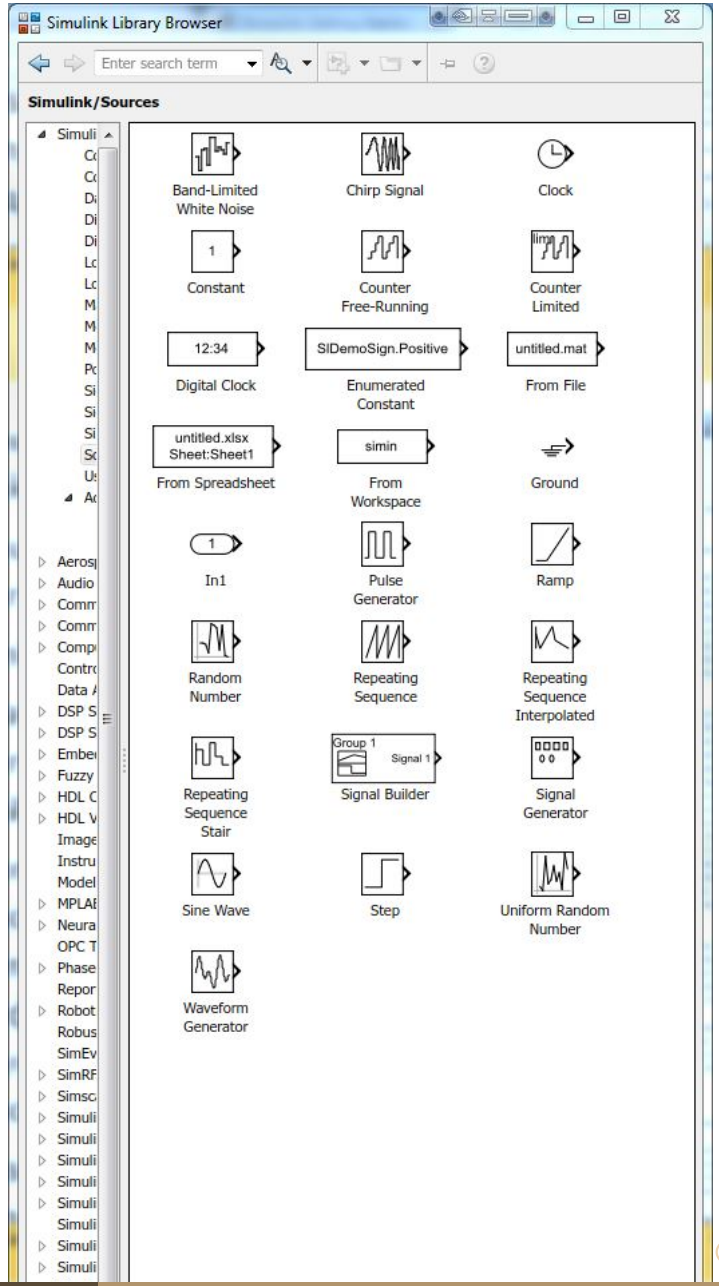
Основните блокове в библиотека Simulink

- Sources: За генериране на входни сигнали
- Sinks: За визуализация
- Math: Извършване на алгебрични математически действия
- Continuous: Блокове за работа с променливите на състоянието в непрекъснати системи - дефиниране на предавателни функциии, интегриране, производни.
- Discontinuous: Блокове за работа с променливите на състоянието в дискретни системи



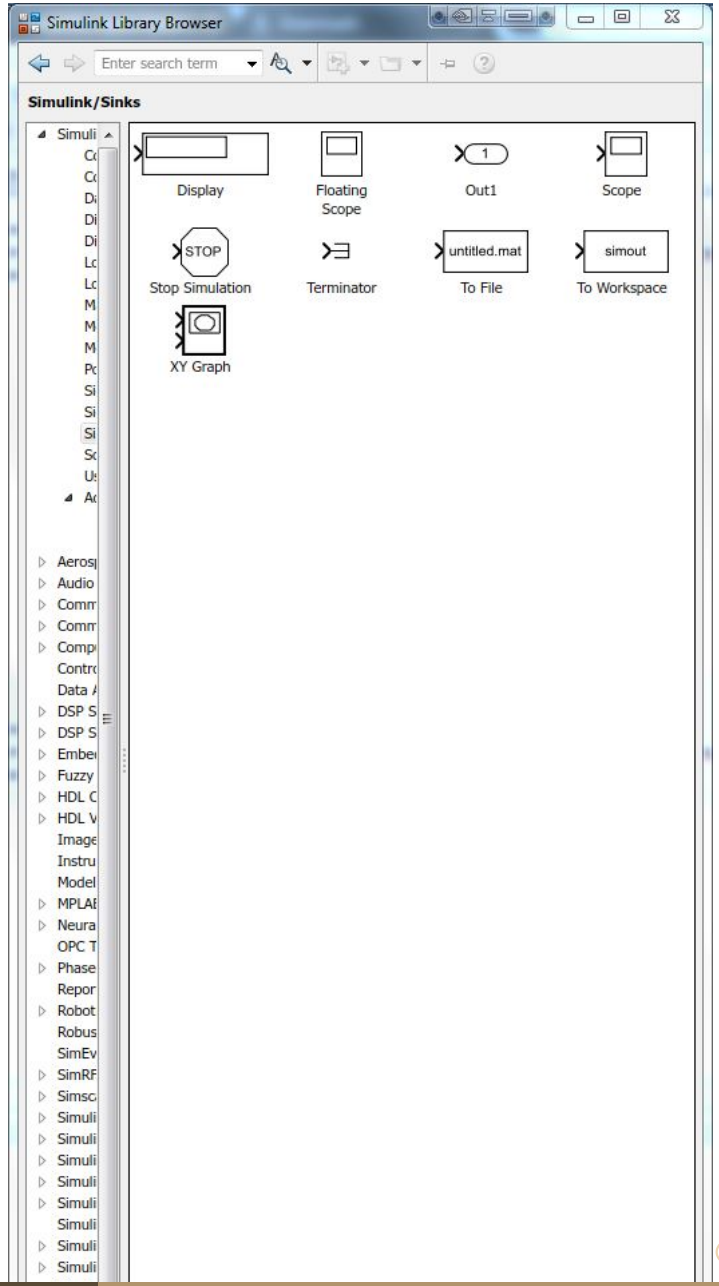
Основните блокове в библиотека Source

- Const: Константна
- Clock: Текущото време на симулация
- Signal Builder: За генериране на произволни сигнали
- From Workspace: Сигнал от Matlab във вид [time value]
- Pulse Generator: Правоъгълен сигнал, задаване на честота, амплитуда



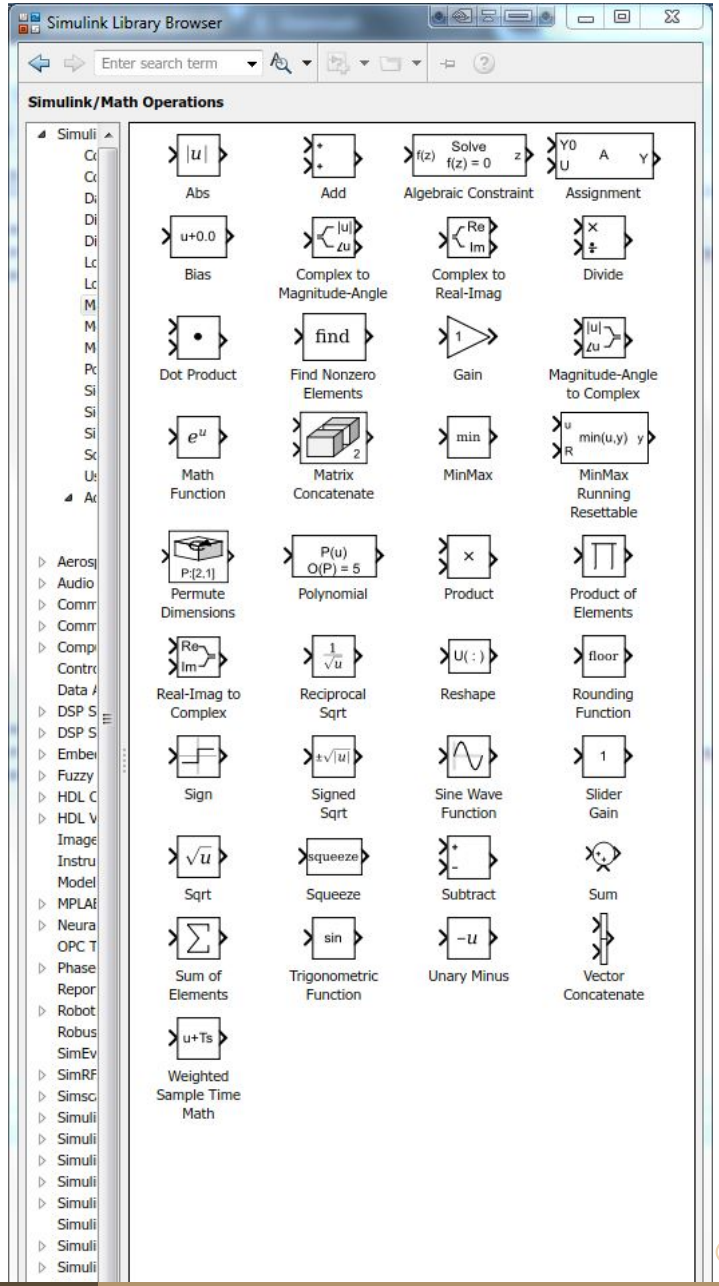
Основните блокове в библиотека Sinks

- Dislay: Изборазява текущата стойност, подобно на волтметър
- Scope: За изобразване на графики, подобно на осцилоскоп
- To Workspace: Записва данните в матрица [time value]



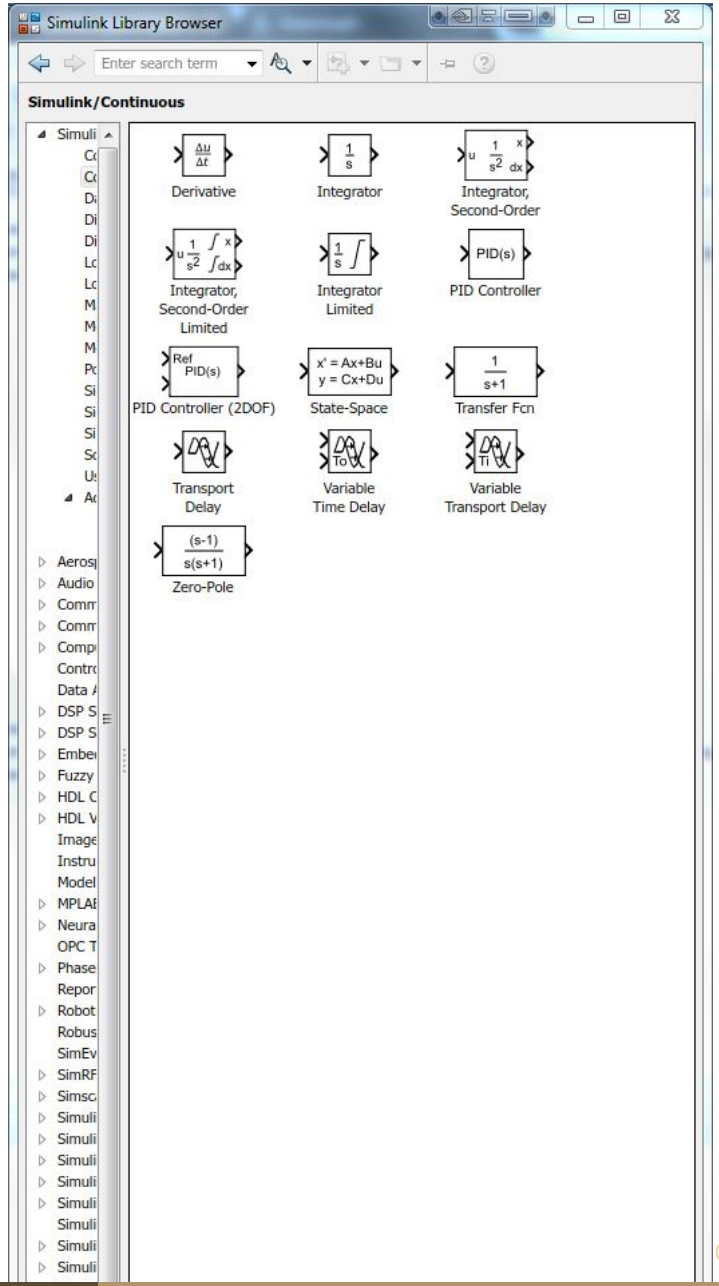
Основните блокове в библиотека Math

- Math function: основни аналитични функции - експонента, логаритъм,степен, реципрочно, модул
- Sum, Gain, Divide, product, bias, abs - елементарни математически операции



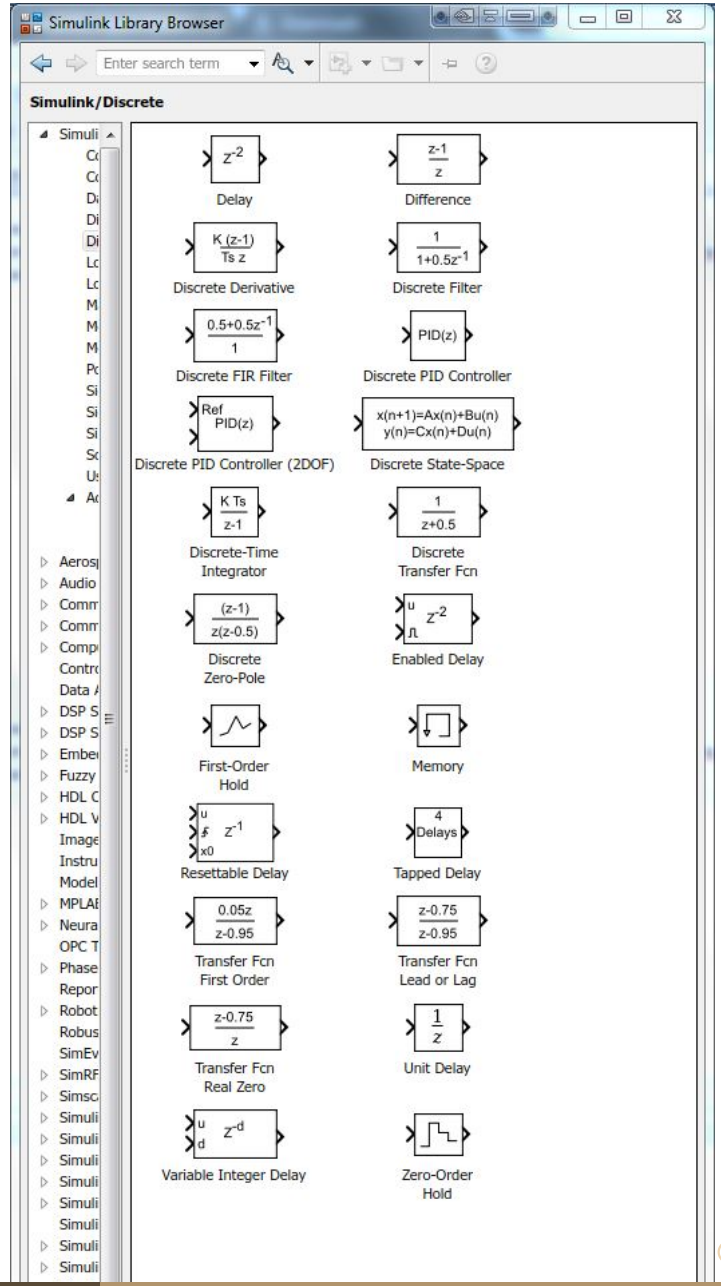
Основните блокове в библиотека Continuous

- Integrator: Интегриране, като има възможност за задаване на външно нулиране, началната стойност. Варианти с двойно интегриране или с ограничение
- PID: Настройка на регулатор, възможност за задаване на всеки от коефициентите, външно или вътрешно заданием вид на реализацията и начално условия
- Transfer Fcn: Задаване на произволна предавателна функция (от Лапласово преобразуване).
- State-Space: Записване на матрично



Основните блокове в библиотека Discrete

- Memory: Закъснение с една стъпка на входа - за елиминиране на алгебрични контури.
- Discrete PID: Настройка на регулатор, възможност за задаване на всеки от коефициентите, външно или вътрешно заданием вид на реализацията и начално условия
- Discrete Transfer Fcn: Задаване на произволна предавателна функция (от Z - преобразуване).
- Discrete State-Space: Записване на матрично описание на динамичната система.



Пример

Simulink Демонстрация

Да се състави система, посредством Simulink за автоматично регулиране на скоростта на автомобил (Cruise control). Системата да изпълнява следните задачи:

- Да чете желаната стойност на скоростта на движение [km/h]
- Да чете текущата стойност на скоростта на движение [km/h]
- Да управлява ускорението чрез въздействие на педала за ускорение в диапазона (0 - не е натиснат до 1- напълно натиснат)

Управлението да се реализира посредством ПИ регулатор:

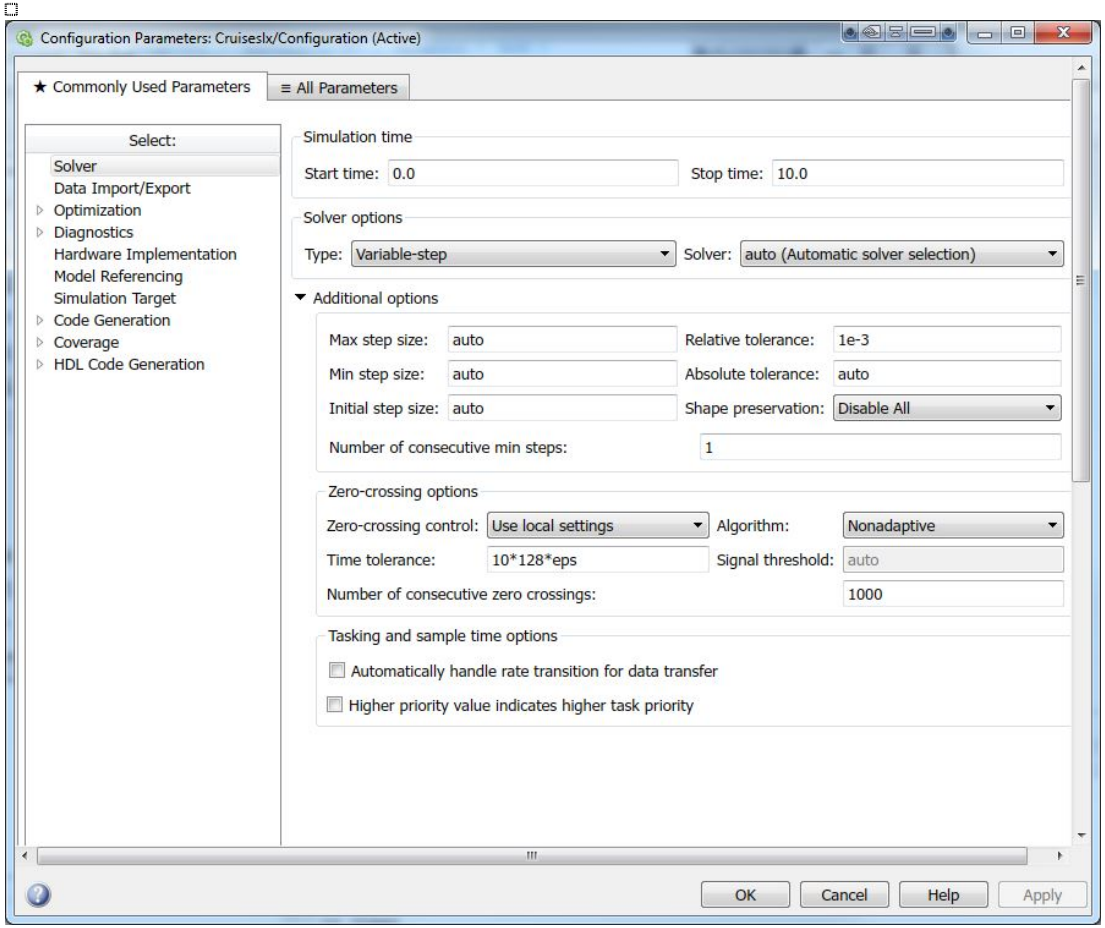
$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau)\, d\tau$$

Въведение в Simulink

Основни настройки на модел

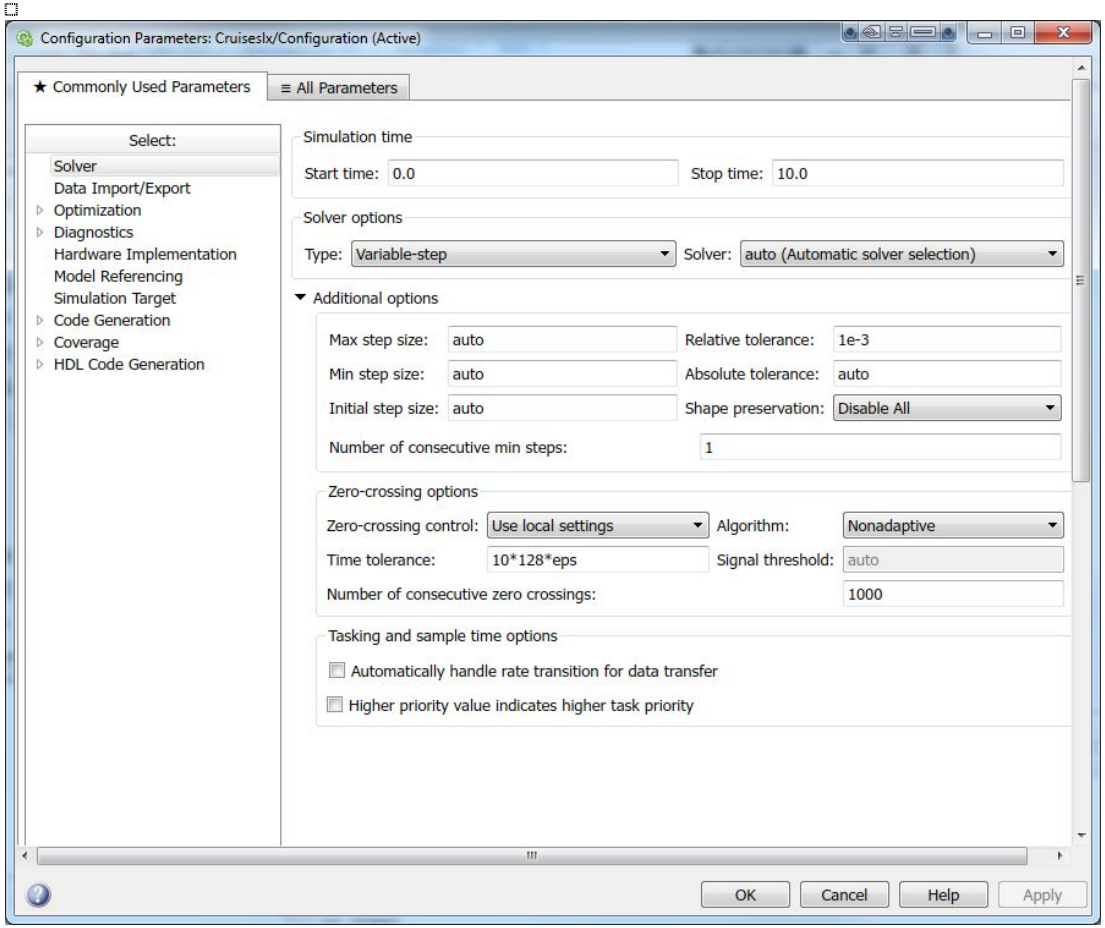
Настройки за модел

- Начално време(Start time) и крайно време (Stop time)



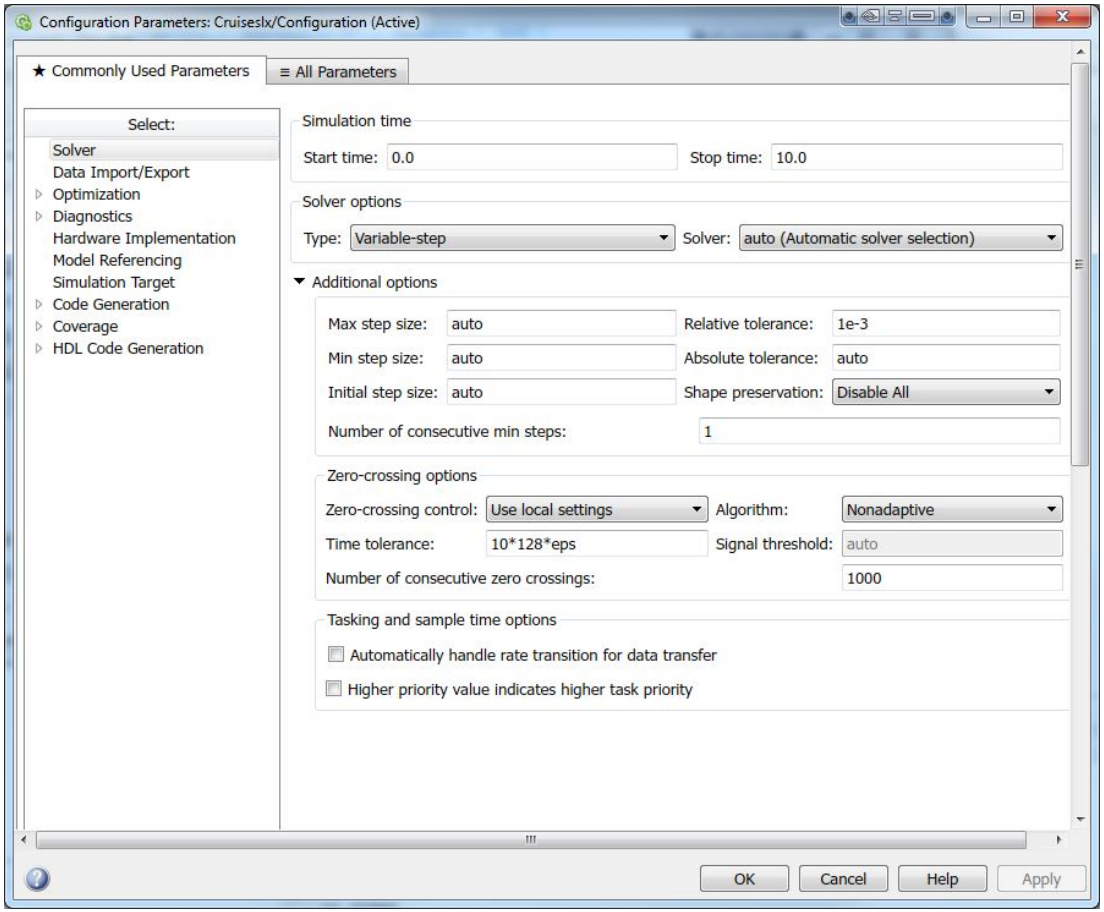
Настройки за модел

- Начално време(Start time) и крайно време (Stop time)
- Променлива или фиксирана стъпка на интегриране



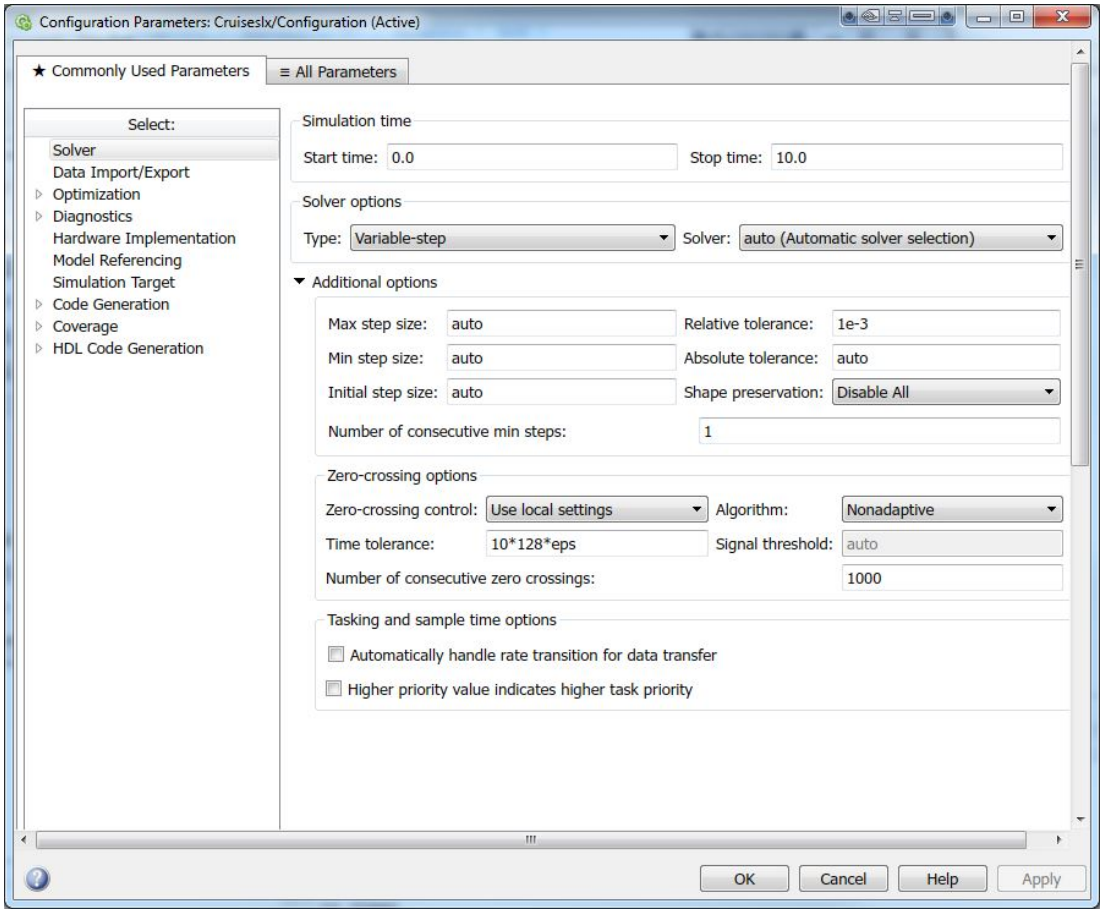
Настройки за модел

- Начално време(Start time) и крайно време (Stop time)
- Променлива или фиксирана стъпка на интегриране
- Метод за числено интегриране



Настройки за модел

- Начално време(Start time) и крайно време (Stop time)
- Променлива или фиксирана стъпка на интегриране
- Метод за числено интегриране
- Избор на максимална, минимална стъпка по аналогия с Pspice



Основните настройки

- Relative tolerance - определя общата грешка, като процент на получената стойност (1e-3 означава 0.1%)

Основните настройки

- Relative tolerance - определя общата грешка, като процент на получената стойност (1e-3 означава 0.1%)
- Absolute tolerance - максималната стойност на грешката. При auto Simulink задава първоначално 1e-6, след това го задава до макимслната грешка получена за зададения Relative tolerance

Основните настройки

- Relative tolerance - определя общата грешка, като процент на получената стойност (1e-3 означава 0.1%)
- Absolute tolerance - максималната стойност на грешката. При auto Simulink задава първоначално 1e-6, след това го задава до макимслната грешка получена за зададения Relative tolerance
- Shape preservation - при изключен се увеличава точността при резки промени на производната на решението, за сметка на времето на симулация

Основните настройки

- Relative tolerance - определя общата грешка, като процент на получената стойност (1e-3 означава 0.1%)
- Absolute tolerance - максималната стойност на грешката. При auto Simulink задава първоначално 1e-6, след това го задава до макимслната грешка получена за зададения Relative tolerance
- Shape preservation - при изключен се увеличава точността при резки промени на производната на решението, за сметка на времето на симулация
- Number of consecutive min steps- дефинира колко пъти симулатора да пробва с по-малка от зададената минимална стъпка преди да се генерира съобщение за грешка

Променлива или фиксирана стъпка

- Variable time step - Променлива стъпка, дава по-добри при симулация на процеси на компютър, поради по-малкия брой изчисления

Променлива или фиксирана стъпка

- Variable time step - Променлива стъпка, дава по-добри при симулация на процеси на компютър, поради по-малкия брой изчисления
- Fixed time step- Фиксирана стъпка, задължителна при генериране на код за микроконтролери или програмируема логика (системи в реално време)

Използван метод за числено интегриране

- Непрекъснати системи с обикновени диференциални уравнения по подразбиране е ode45.

Използван метод за числено интегриране

- Непрекъснати системи с обикновени диференциални уравнения по подразбиране е ode45.
  - Ode23 е по-бързо.

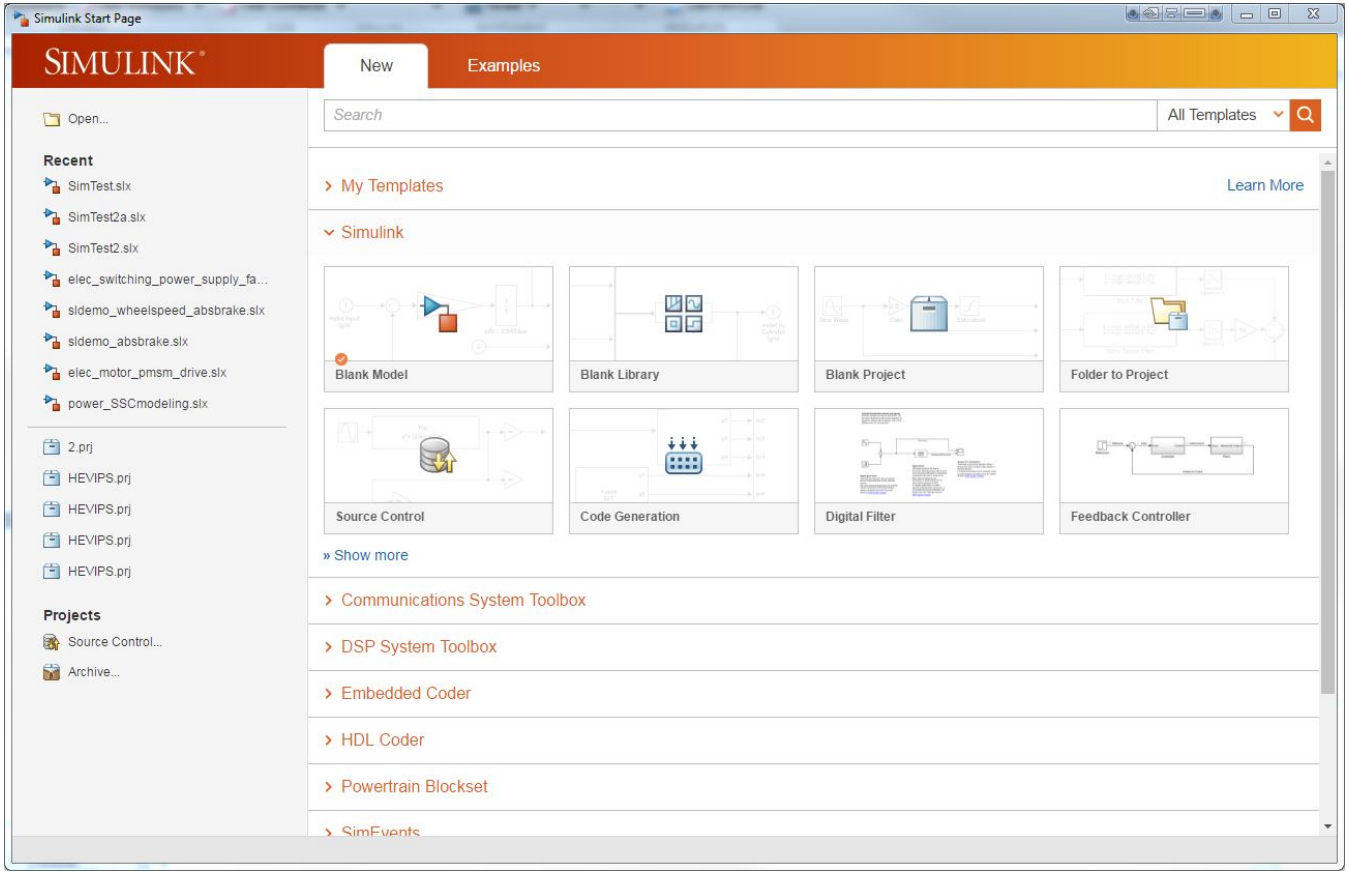
Използван метод за числено интегриране

- Непрекъснати системи с обикновени диференциални уравнения по подразбиране е ode45.
  - Ode23 е по-бързо.
  - Ode113 е по-точно.
- Дискретни системи по подразбиране е ode1

Използван метод за числено интегриране

- Непрекъснати системи с обикновени диференциални уравнения по подразбиране е ode45.
  - Ode23 е по-бързо.
  - Ode113 е по-точно.
- Дискретни системи по подразбиране е ode1
- За твърди диференциални уравнения - ode15s,ode23s,ode23t,ode23tb

Проекти в Simulink



Пример

Да се създаде проект на създадения модел и да се демонстрират възможностите за контрол на версиите

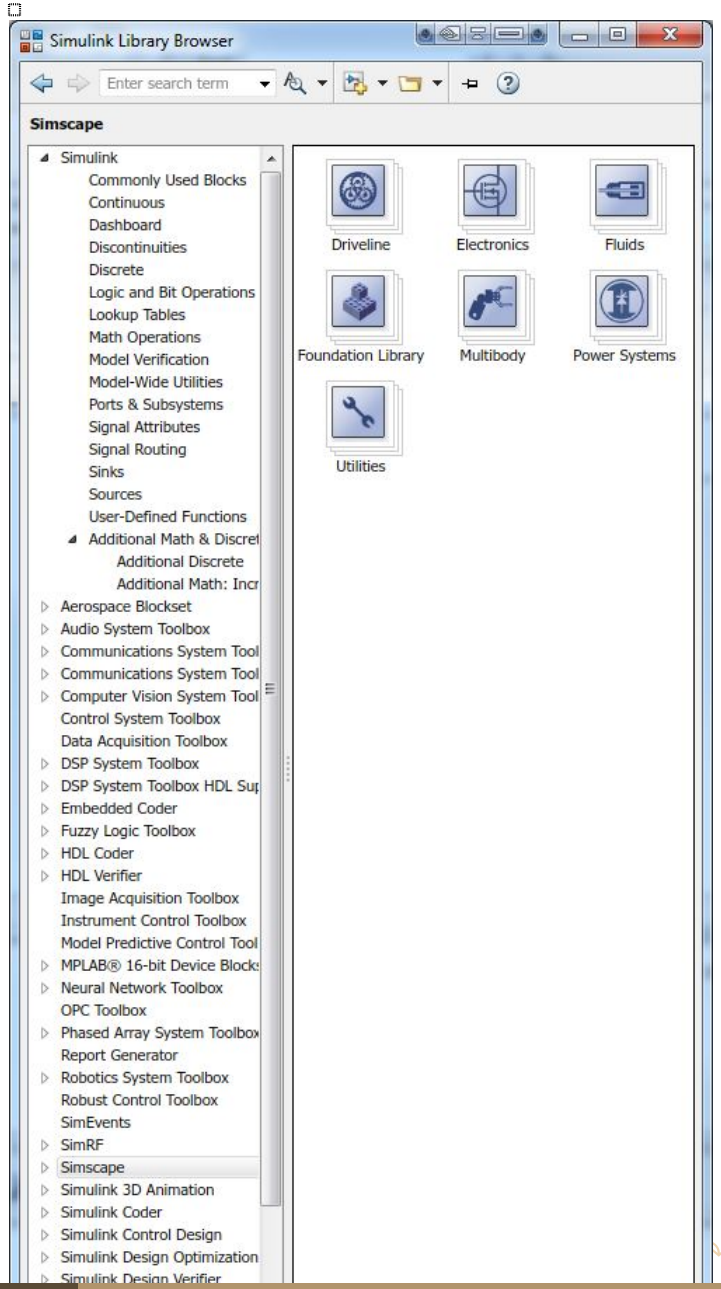
Симулиране на електронни схеми

Симулиране на електронни схеми

Библиотека Simscape

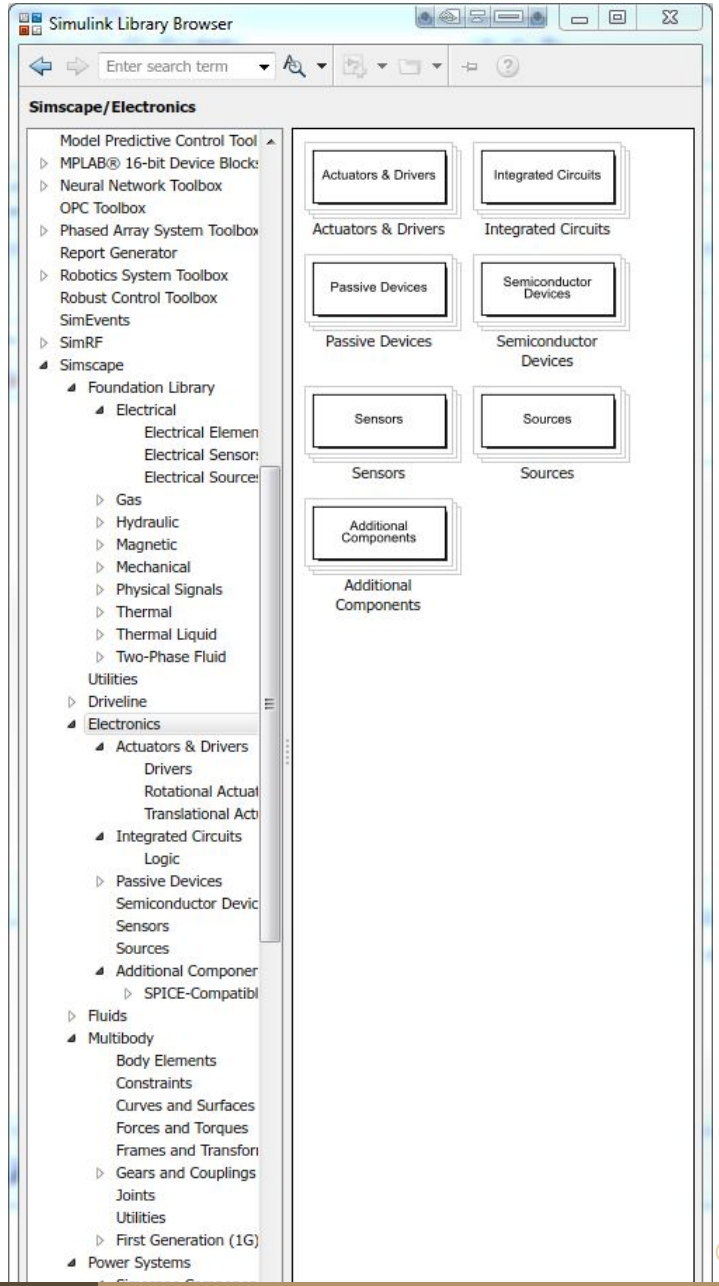
Библиотека Simscape

- Driveline - за моделиране на моторни превозни средства
- Electronics - Модели на електронни елементи
- Fluids - симулация на хидравлични системи
- Power systems - модели на електрически машини, прекъсвачи, силови електронни устройства, възобновяеми източници
- Utilities - елементи за връзка с други елементи от Simulink библиотеката
- Foundation Library - Базови елементи в електрически, магнитни, хидравлични, топлинни и други



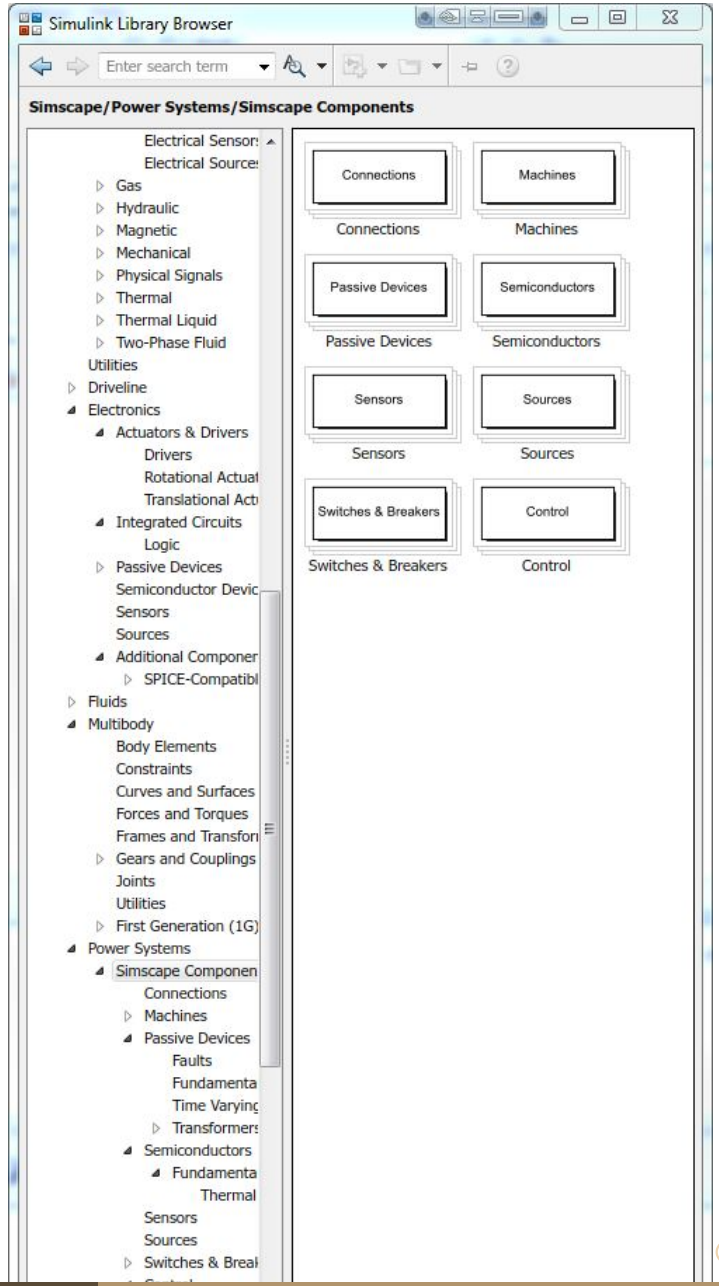
Блок Electronics на Simscape

- Semiconductor devices - Модели на полупроводникови елементи
- Additional Components - Spice базирани модели на пасивни и активни елементи
- Sources - Модели на батерия, фотоволтаична клетка, dc/dc преобразувател
- Sensors - модели на електрически сензори измерващи налягане, светлина, разтояние, енкодери, сила, топлина.



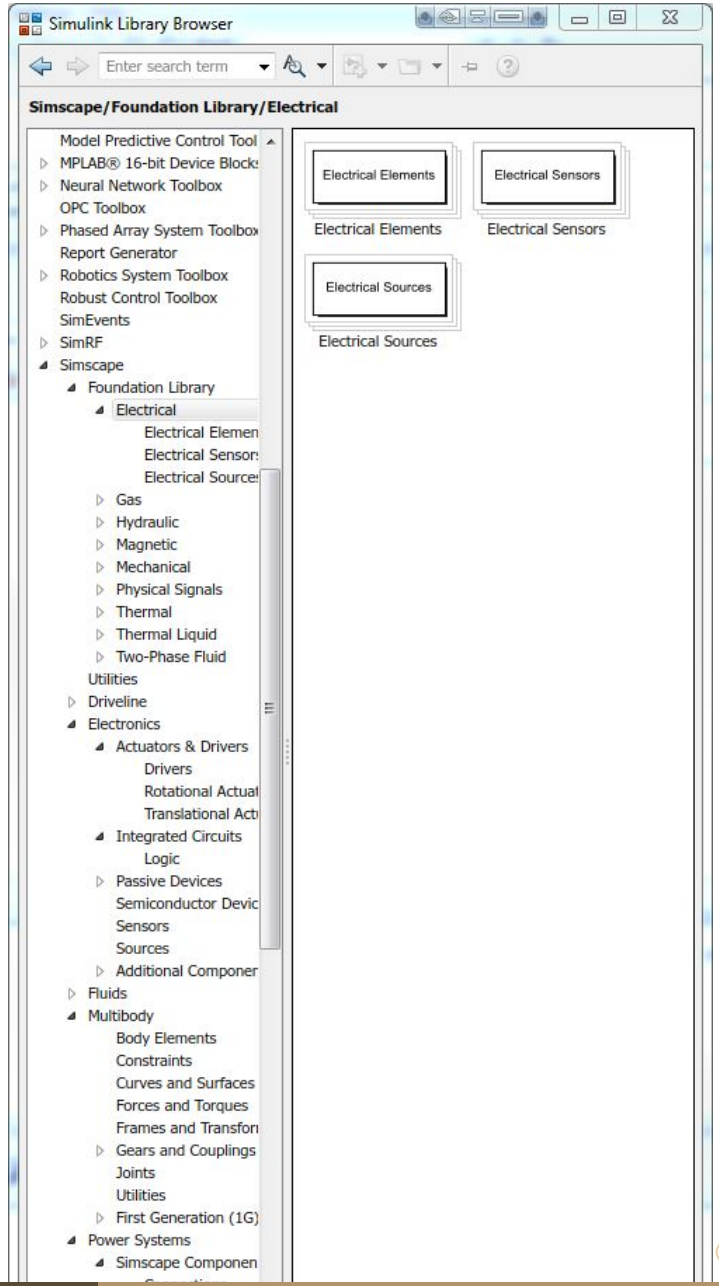
Блок Power Systems

- Machines - модели на електрически машини - асинхронни, синхронни, с постоянни магнити.
- Passive Devices - модели на трифазни товари - звезда, триъгълник, преносна мрежа
- Semiconductors - модели на изправители (управляеми и неуправляеми), базови елементи и топлиннен режим



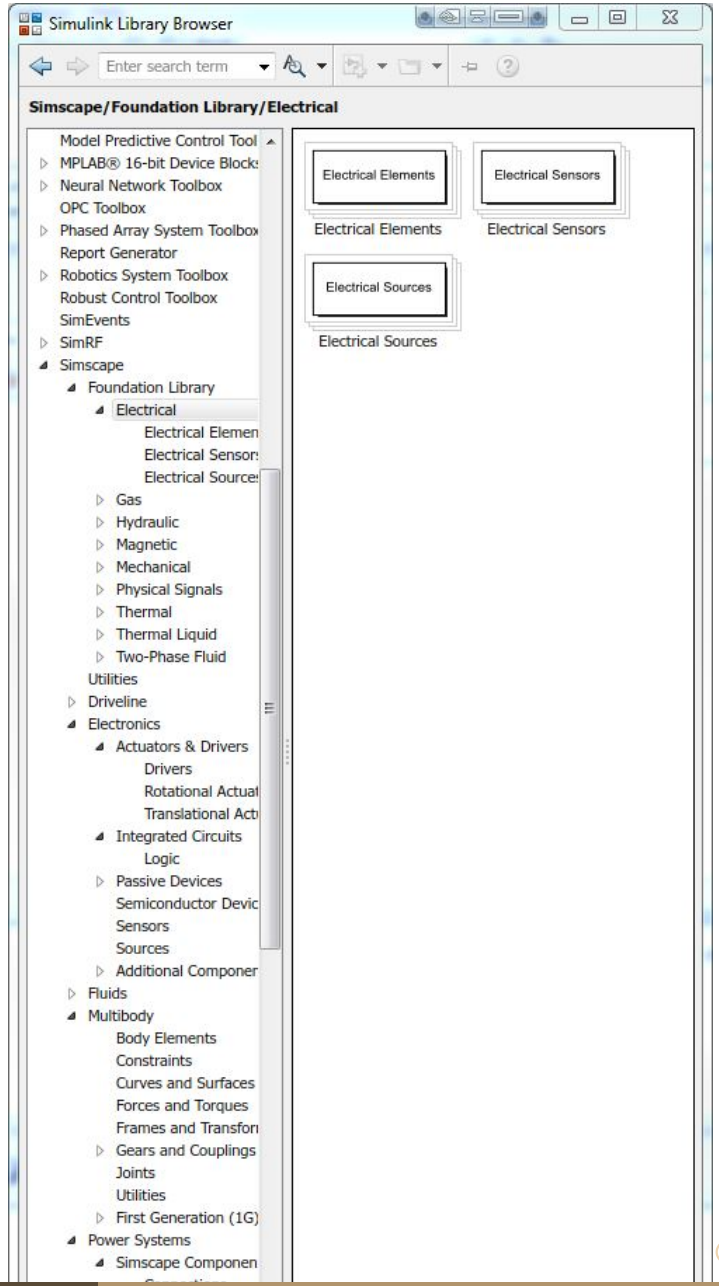
Блок Foundation Library/Electrical

- Electrical Elements - базови пасивни - R,L,C, трансформатори, ОУ, диод, ключ
- Electrical Sensors - сензори за мерене на ток и напрежение във верига
- Electrical Sources - неуправяеми източници на променлив или постоянен ток и управляеми(ГТУН, ГТУТ, ГНУН, ГНУТ)



Блок Utilities

- Electrical Elements - базови пасивни - R,L,C, трансформатори, ОУ, диод, ключ
- Electrical Sensors - сензори за мерене на ток и напрежение във верига
- Electrical Sources - неуправяеми източници на променлив или постоянен ток и управляеми(ГТУН, ГТУТ, ГНУН, ГНУТ)

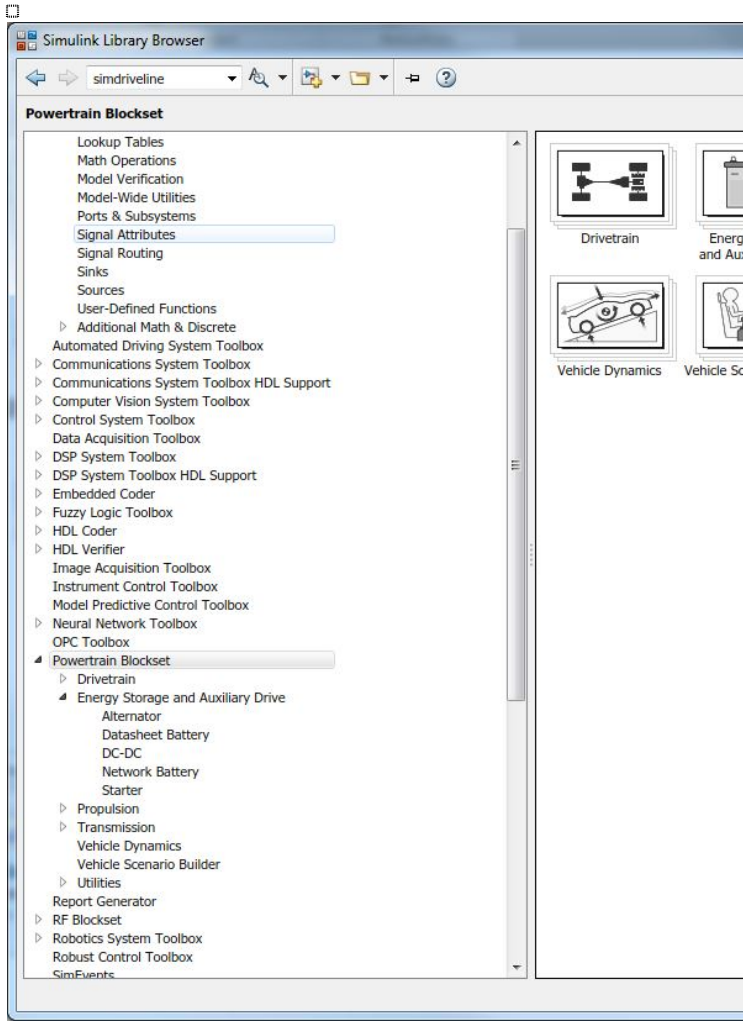


Симулиране на електронни схеми

Библиотека Powertrain Blockset

Библиотека Powertrain Blockset

- Drivetrain - Модели на съединители, планетарни механизми, диференциали и гуми
- Energy Storage and Auxiliary Drive - Модели на акумулаторни батерии, стартери и dc/dc преобразуватели
- Propulsion - Модели на двигатели с вътрешно горене или електрически
- Transmission - модели на скоростни кутии
- Vehicle Dynamics - модел на механичната динамика на автомобил
- Vehicle Scenario Builder - създаване на цикли за тест на ефективността
- Utilities - връзка с Simulink блокове



Пример2

Simulink Демонстрация

За изградения проект на Cruise control да се добави модел на автомобил по избор. За опростяване на модела да се моделират следните сили:

- Аеродинамична сила $F_{drag} = \frac{1}{2}\rho C_d A v^2$
- Сила на триене $F_{roll} = Kv$
- Двигателна сила F_e

Да се комбинират блоковете на автомобил и неговото автономно управление и да се конфигурират коефициентите на регулатора. Да се приеме, че двете сили се изравняват при 100km/h

Интегриране с Matlab

Параметричен анализ

Функции за комуникация със Simulink

- Програмно създаване на симулинк обект става с функция in = Simulink.SimulationInput('modelName')

Функции за комуникация със Simulink

- Програмно създаване на симулинк обект става с функция in = Simulink.SimulationInput('modelName')
  - modelName.slx трябва да е в същата директория от която се извиква скрипта.

Функции за комуникация със Simulink

- Програмно създаване на симулинк обект става с функция in = Simulink.SimulationInput('modelName')
  - modelName.slx трябва да е в същата директория от която се извиква скрипта.
- Задаване на нова променлива за симулация посредством setVariable(in,'Fcy',Fcy(i))

Функции за комуникация със Simulink

- Програмно създаване на симулинк обект става с функция in = Simulink.SimulationInput('modelName')
  - modelName.slx трябва да е в същата директория от която се извиква скрипта.
- Задаване на нова променлива за симулация посредством setVariable(in,'Fcy',Fcy(i))
- Програмно извикване на Simulink симулация с функция simOutputs = sim(simIn)

Функции за комуникация със Simulink

- Програмно създаване на симулинк обект става с функция in = Simulink.SimulationInput('modelName')
  - modelName.slx трябва да е в същата директория от която се извиква скрипта.
- Задаване на нова променлива за симулация посредством setVariable(in,'Fcy',Fcy(i))
- Програмно извикване на Simulink симулация с функция simOutputs = sim(simIn)
- Записват се само променливите индицирани в Simulink. RMB-> Log Selected Symbols
- SimOutputs е структура. simOutputs(1, 2).logsout4.Values връща вектор със стойностите от втората симулация

Пример

Simulink Демонстрация 2

Да се направи параметричен анализ на изградената система за контролиране на скоростта на автомобил. На обща графика да се изобразят за различни желани стойности на движение(или параметри на регулатора) изхода на системата.

Литература

На когото му се чете вкъщи . . .

- H. Klee.
  Simulation of Dynamic Systems with MATLAB and Simulink.
  CRC Press, 2019.
- E.B. Magrab, S. Azarm, B. Balachandran, J. Duncan, K. Herold, and G. Walsh.
  An Engineers Guide to MATLAB.
  Pearson Education, 2011.