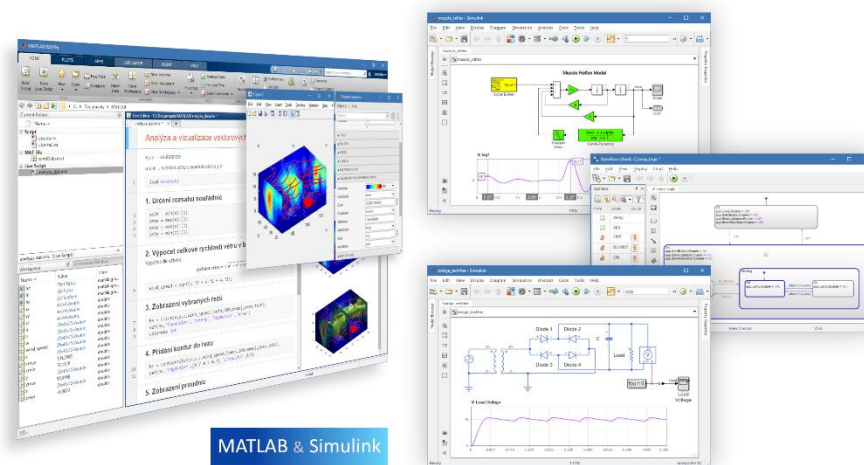


10.9.2020 Brno

TCC 2020

Simulink = "vícejazyčné" prostředí pro modelování a simulace systémů a algoritmů



Jaroslav Jirkovský
jirkovsky@humusoft.cz

www.humusoft.cz
info@humusoft.cz

www.mathworks.com

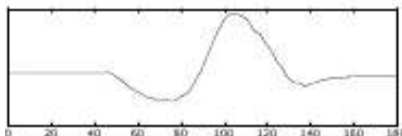
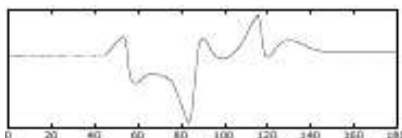
System

SYSTEM

Vstup



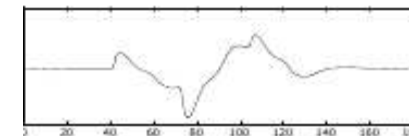
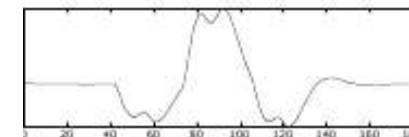
směrovka
křídélko
tah



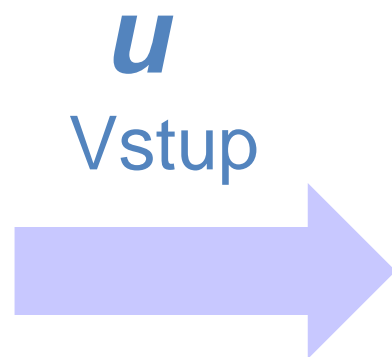
Výstup



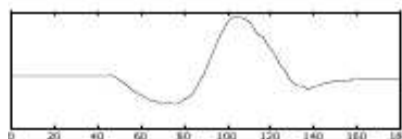
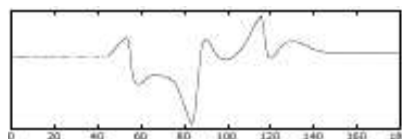
rychlost
náklon



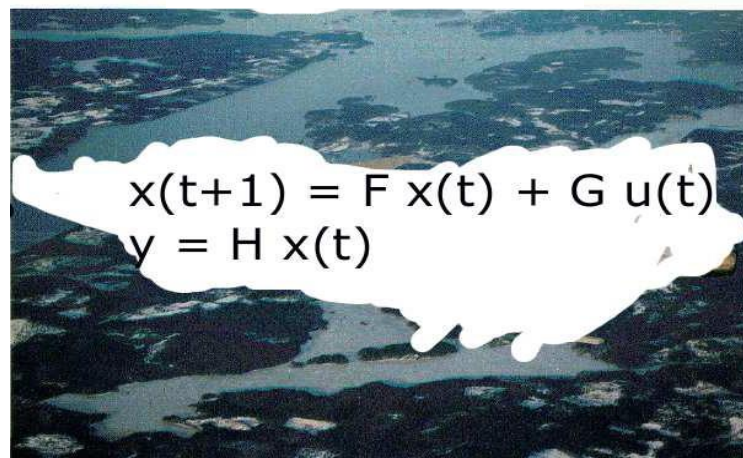
Matematický model systému



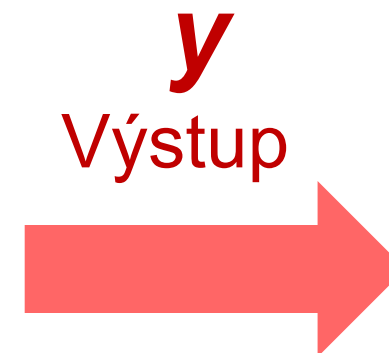
směrovka
křídélko
tah



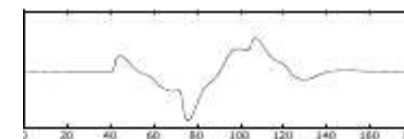
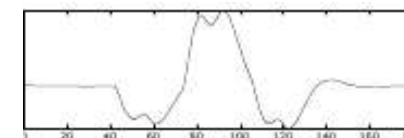
MODEL



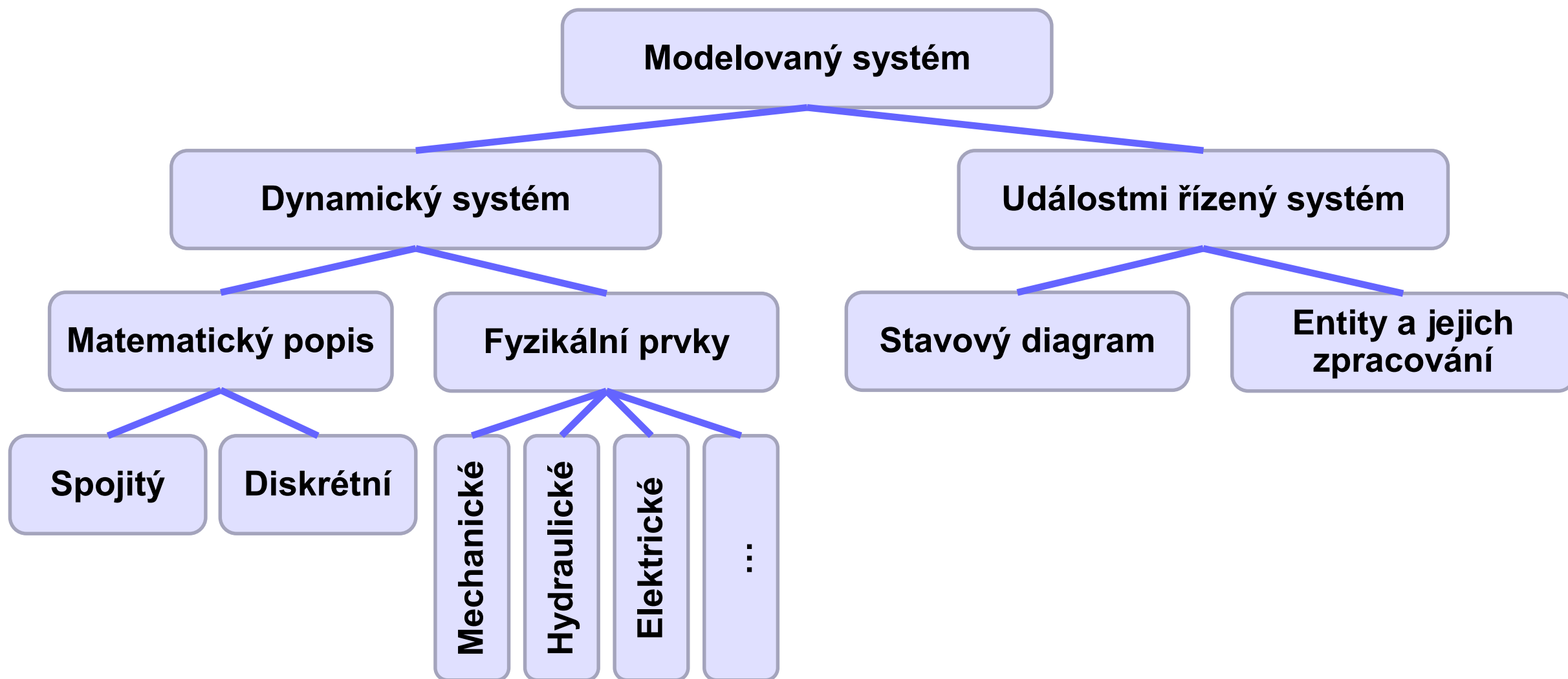
u, y: měřené signály v časové nebo frekvenční oblasti



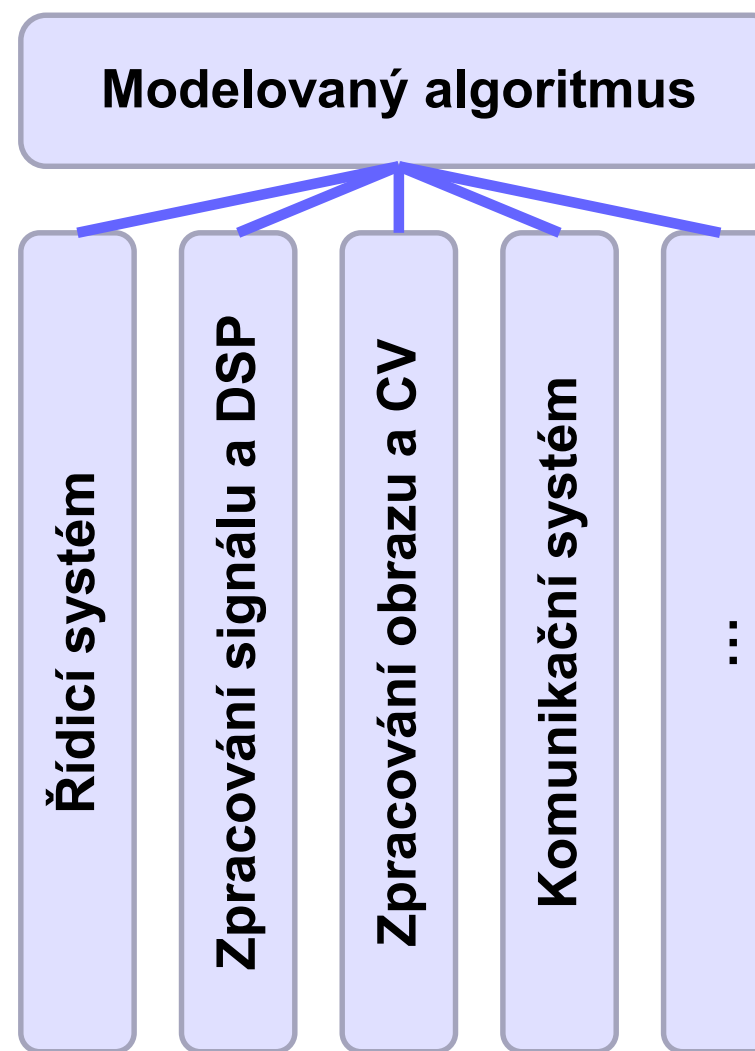
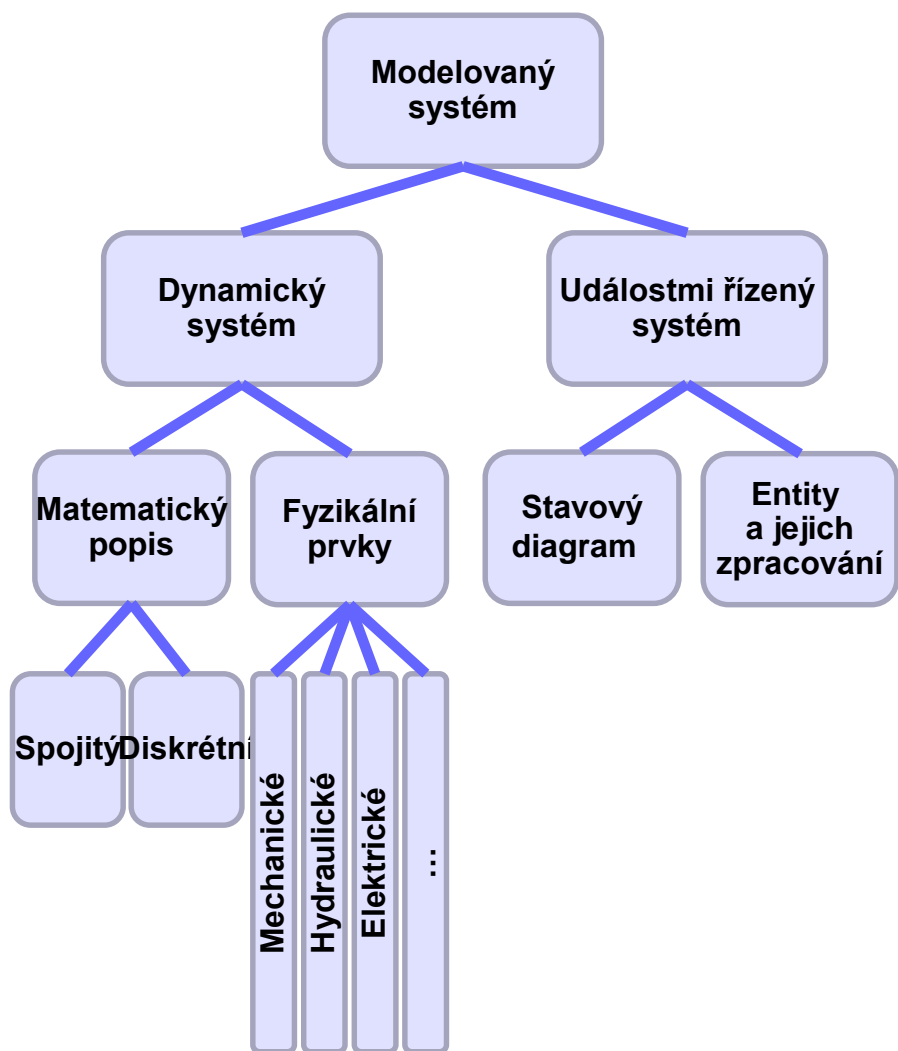
rychlost
náklon



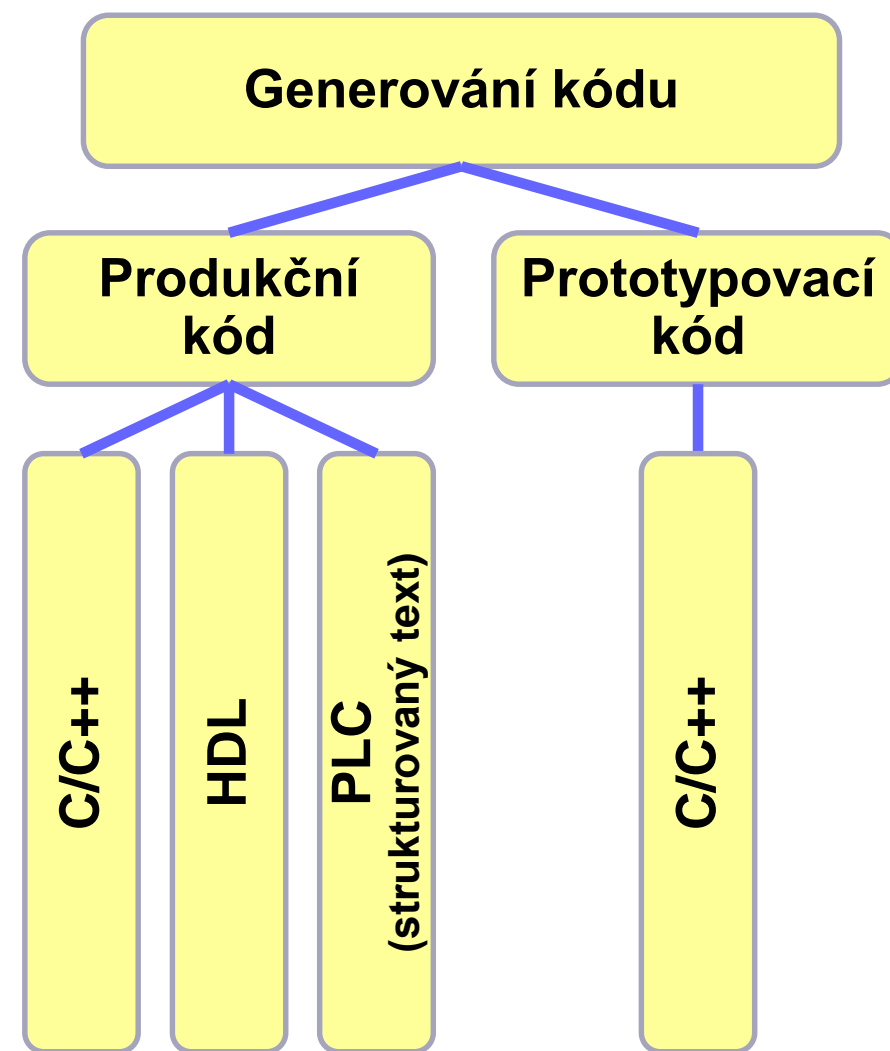
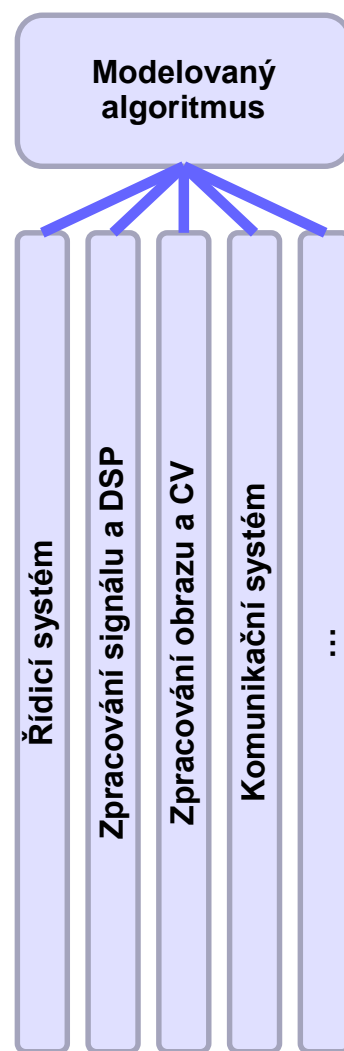
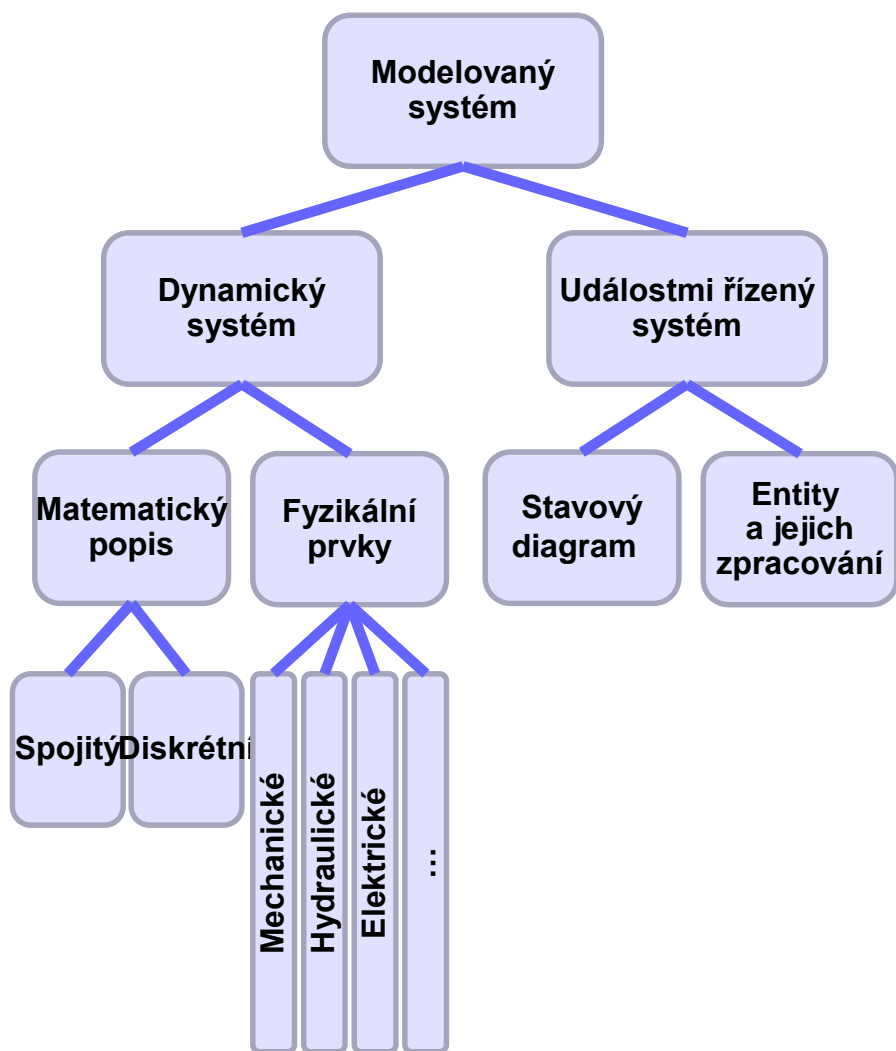
Chtěl bych modelovat a simulovat chování systému ...



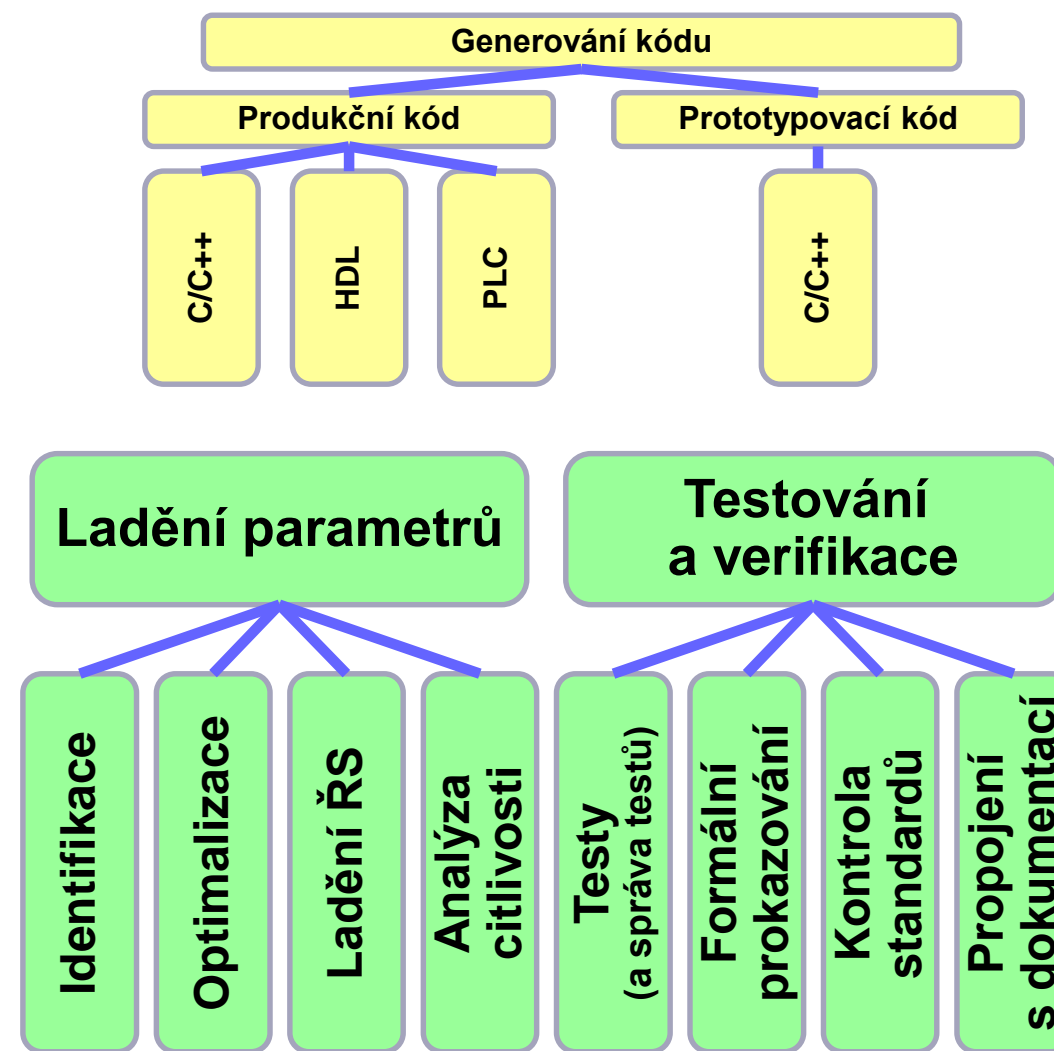
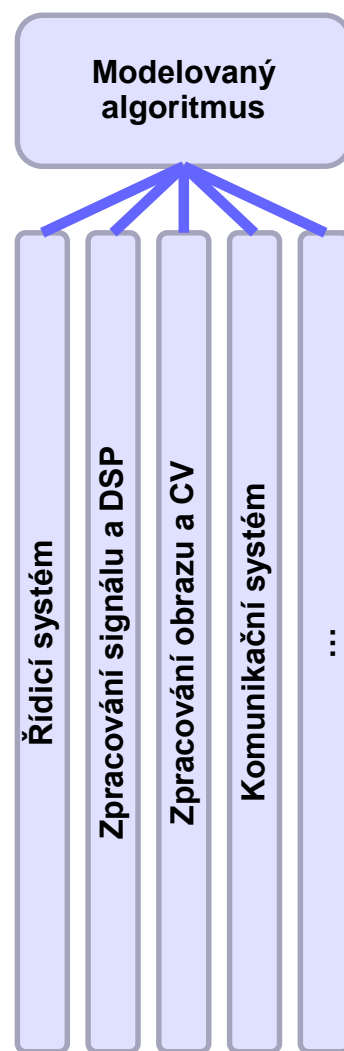
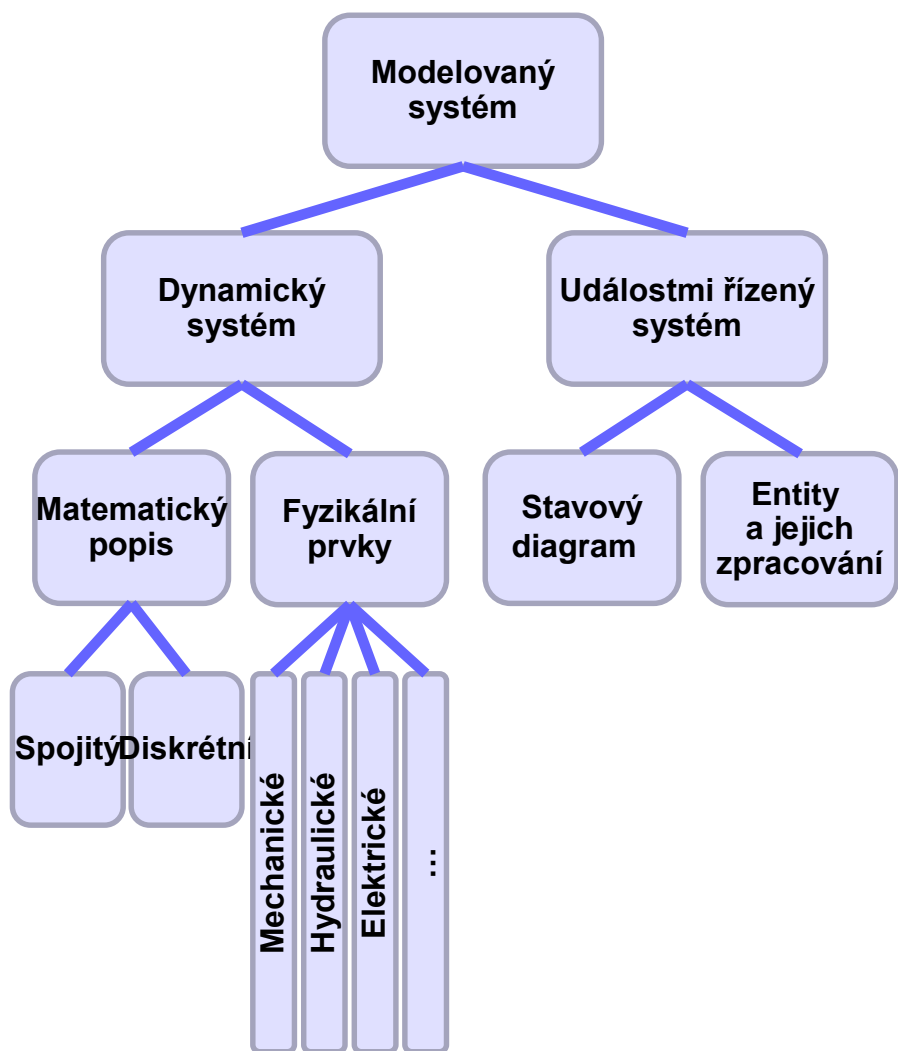
Chtěl bych modelovat a simulovat chování algoritmu ...



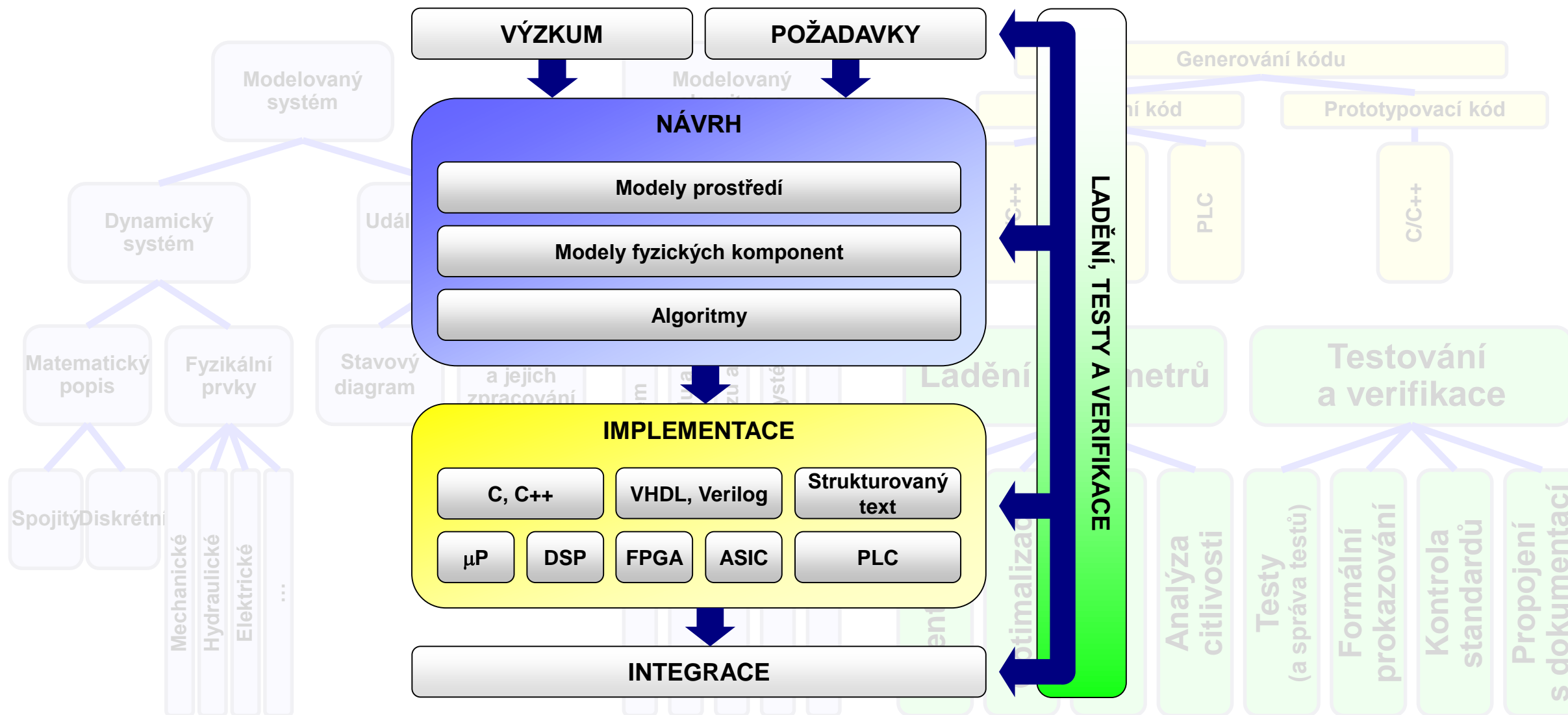
Chtěl bych algoritmy implementovat ...



Chtěl bych modely a kód ladit a testovat ...



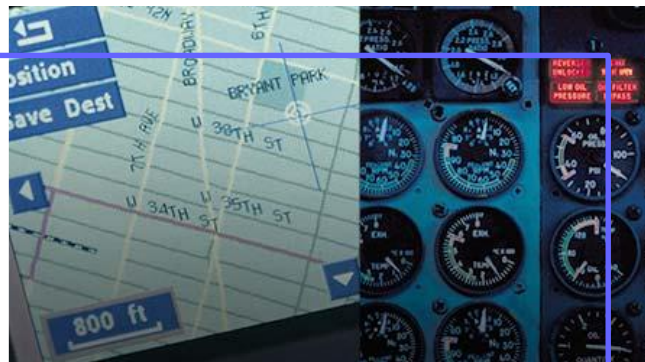
Vývoj metodou Model-Based Design



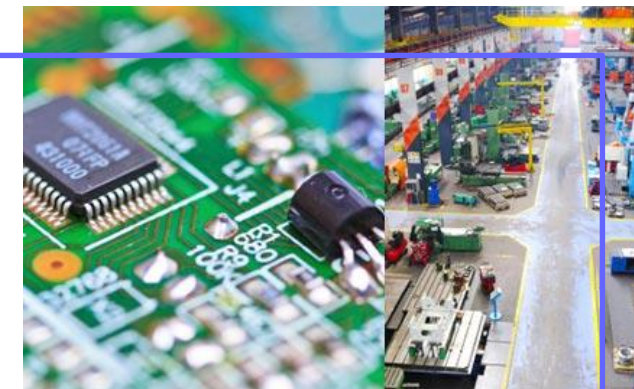
Simulink: „Vícejazyčné“ simulační prostředí



Dynamické systémy



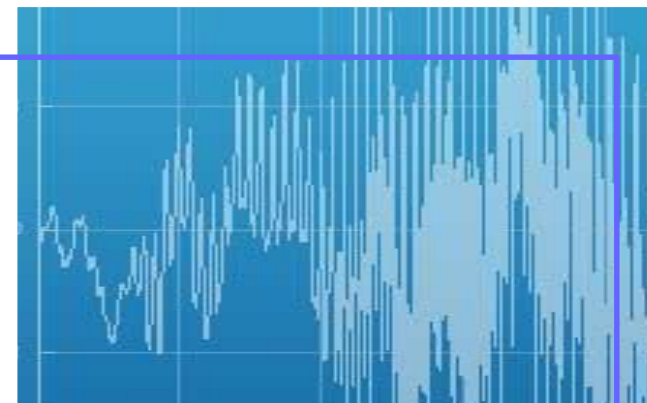
Stavové systémy



Událostní systémy

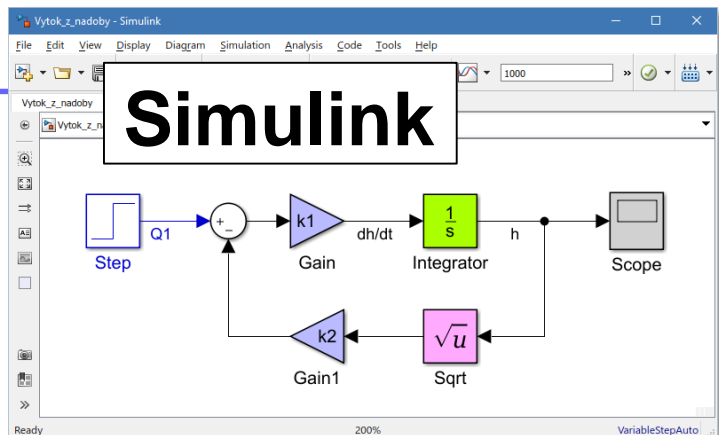


Fyzikální modelování

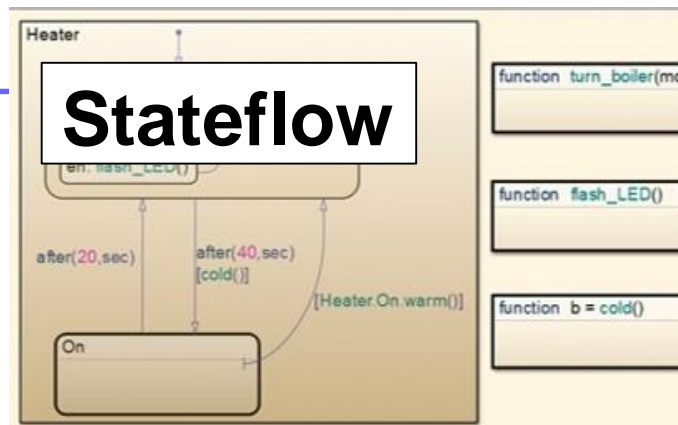


Programy

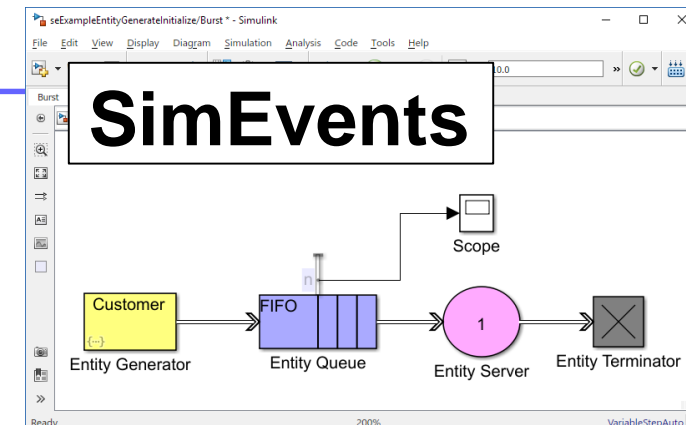
Simulink: „Vícejazyčné“ simulační prostředí



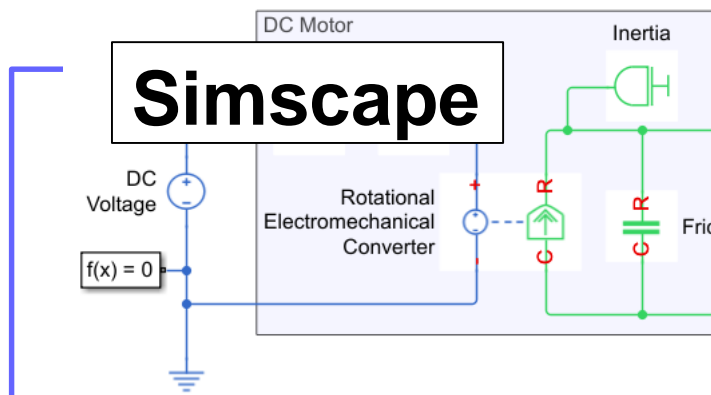
Dynamické systémy



Stavové systémy



Událostní systémy



Fyzikální modelování

```

1 function [mean,stdev] = stats(vals)
2
3
4
5
6
7 - len = length(vals);
8 - mean = avg(vals,len);
9 - stdev = sqrt(sum((vals-avg(vals,len)).^2)/len);
10 - coder.extrinsic('plot');
11 - plot(vals,'--');
12
13 function mean = avg(array,size)
14 - mean = sum(array)/size;

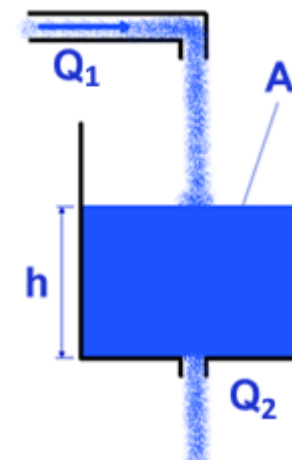
```

Programy

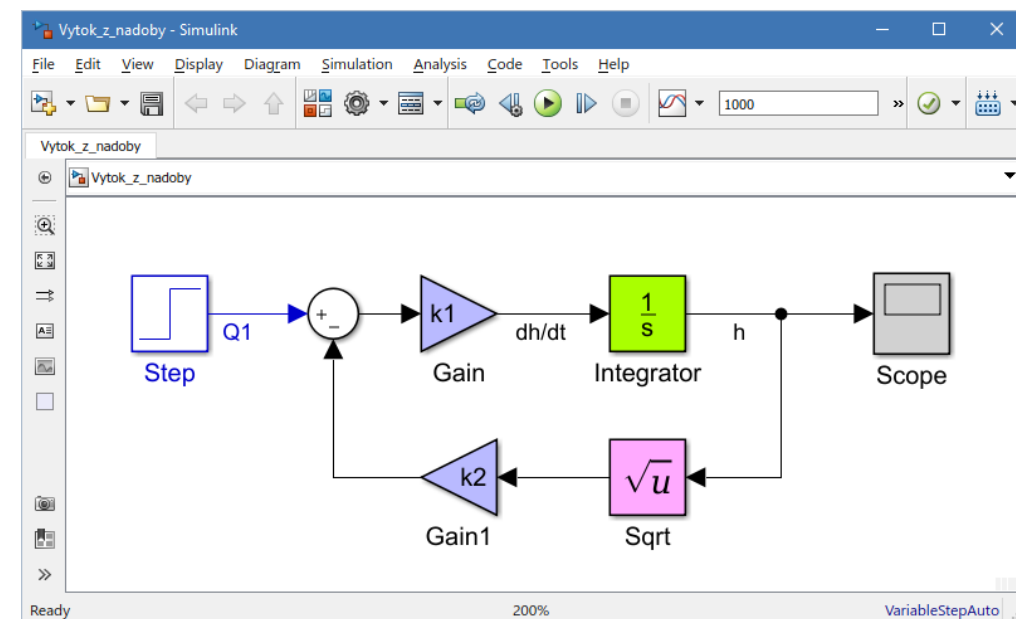
Matematické modelování soustav

- Popis matematickými rovnicemi
- Bloková schémata
- Bloky pro:
 - spojité i diskrétní systémy
 - matematické operace
 - nelinearity
 - vstupní signály
 - grafické výstupy – grafy, ukazatele
 - funkce v jazyce MATLAB nebo C

- **Simulink**



$$\frac{dh}{dt} = k_1(Q_1 - k_2\sqrt{h})$$



Příklad: Výtok z nádoby

- **Odvození**

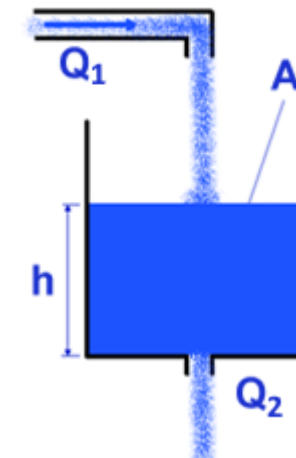
$$\frac{dV}{dt} = Q_1 - Q_2 \quad V = A h \quad Q_2 = A_0 \sqrt{2gh}$$

$$A \frac{dh}{dt} = Q_1 - A_0 \sqrt{2gh}$$

$$\frac{dh}{dt} = \frac{1}{A} (Q_1 - A_0 \sqrt{2g} \sqrt{h}) \quad k_1 = \frac{1}{A} \quad k_2 = A_0 \sqrt{2g}$$

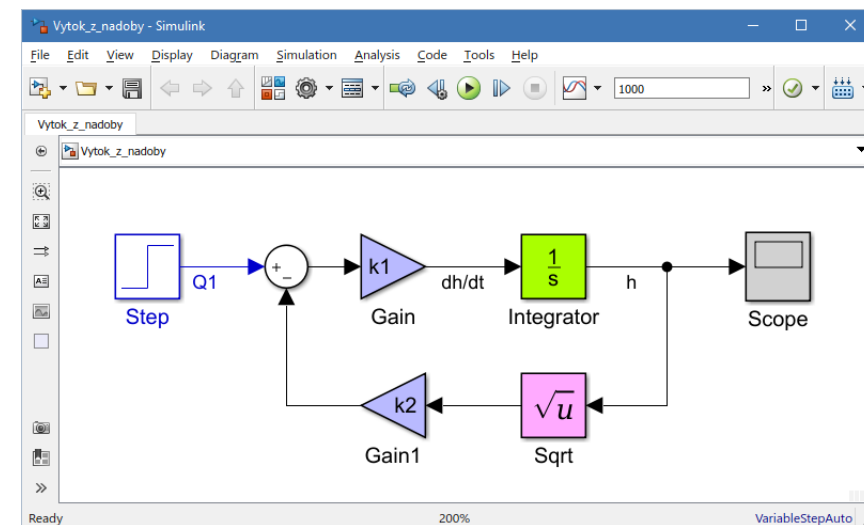
- **Tvar vhodný pro modelování v Simulinku**

$$\frac{dh}{dt} = k_1 (Q_1 - k_2 \sqrt{h})$$



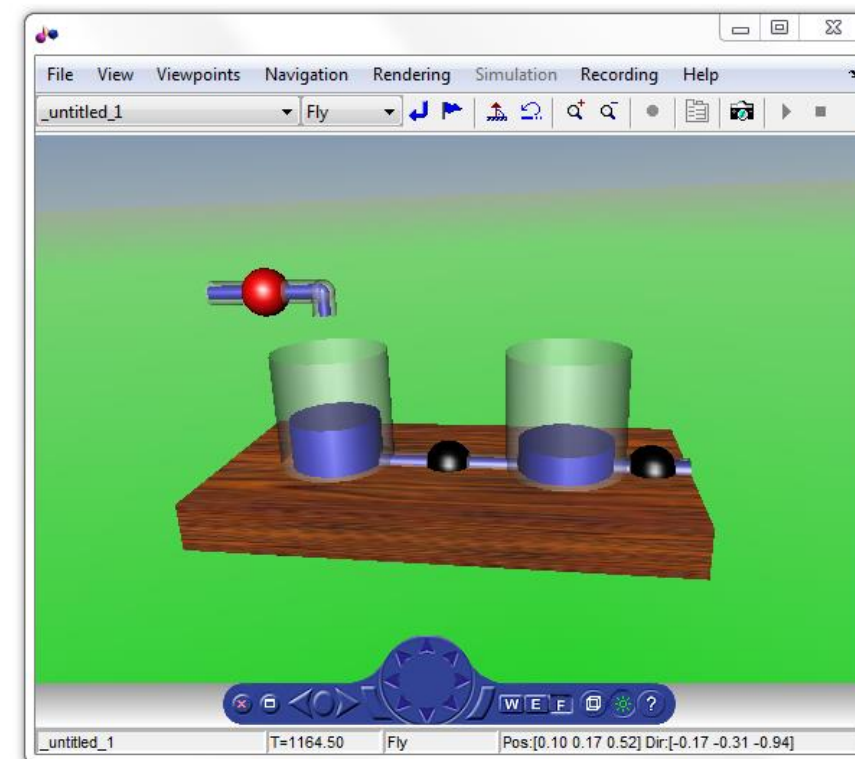
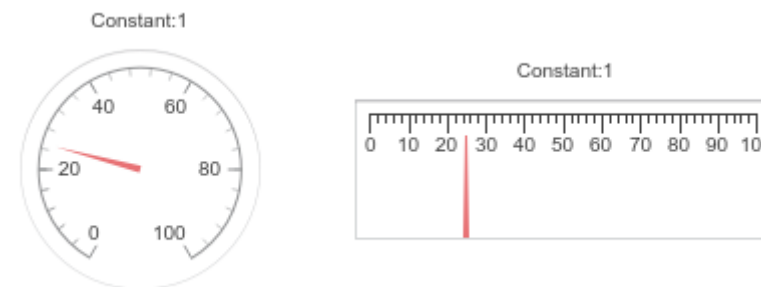
Hodnoty parametrů:

- $A = 0.2 \text{ m}^2$
- $A_0 = 0.002 \text{ m}^2$
- $Q_1 = 0.005 \text{ m}^3/\text{s}$



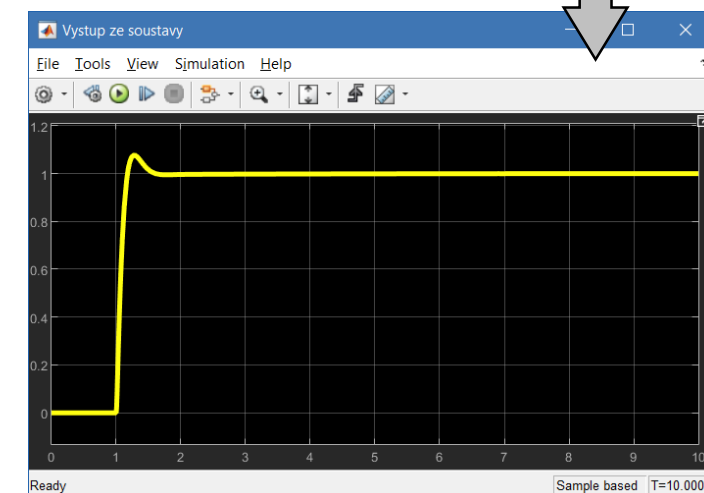
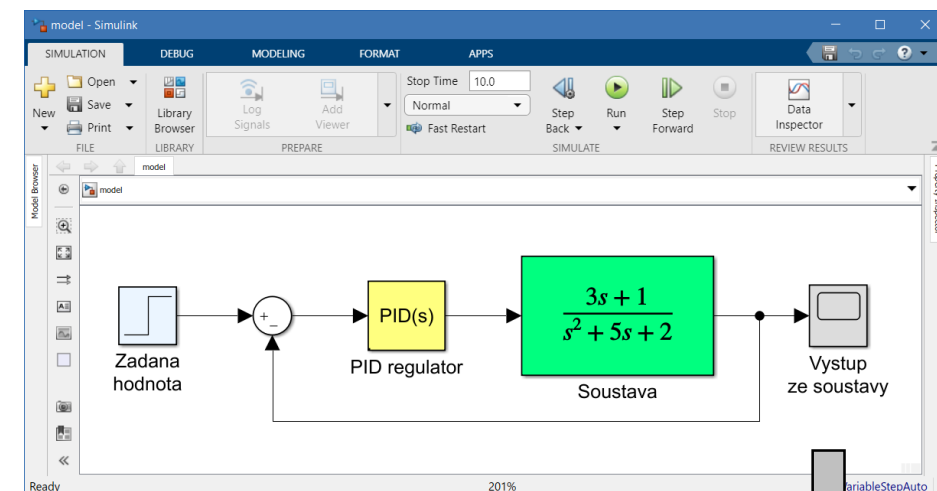
Vizualizace

- Grafy
- Grafické ukazatele
- Grafický 3-D model
 - živá vizualizace během simulace
 - tvorba grafického modelu
 - editor virtuálních scén
 - export z CAD systémů



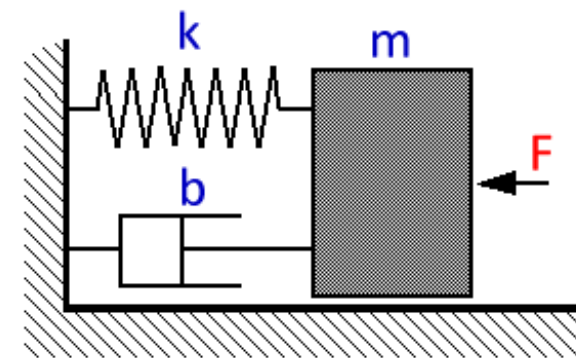
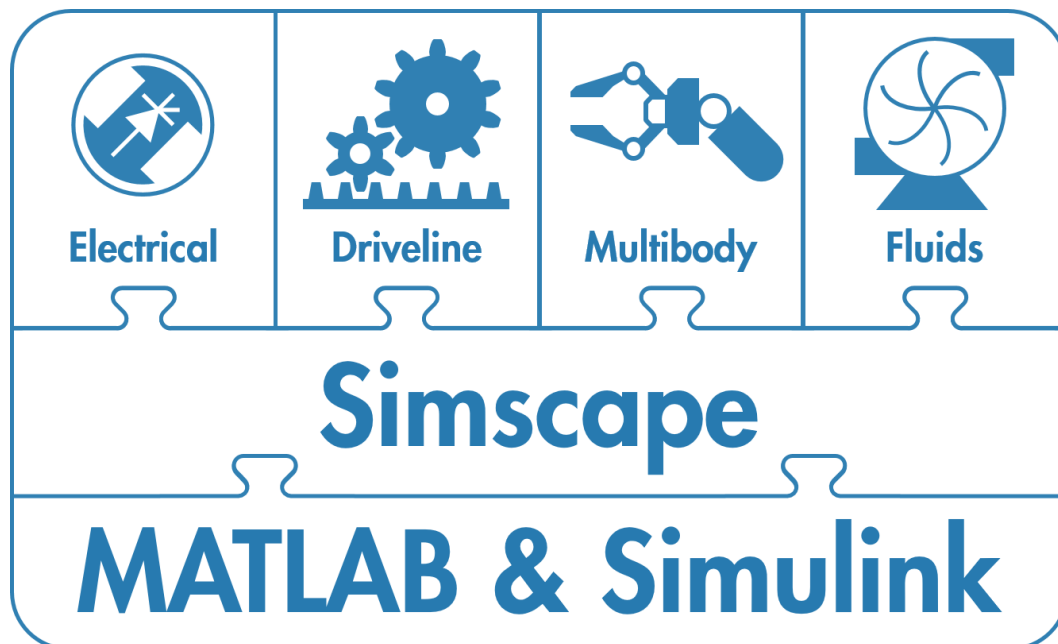
Modelování algoritmů

- Řídicí systémy
 - Zpracování signálu, DSP a komunikace
 - Zpracování obrazu a počítačové vidění
 - a další ...
-
- Společná simulace soustav a algoritmů
 - Generování kódu
 - C/C++, HDL, PLC, Cuda
 - nasazení algoritmů na cílové platformy

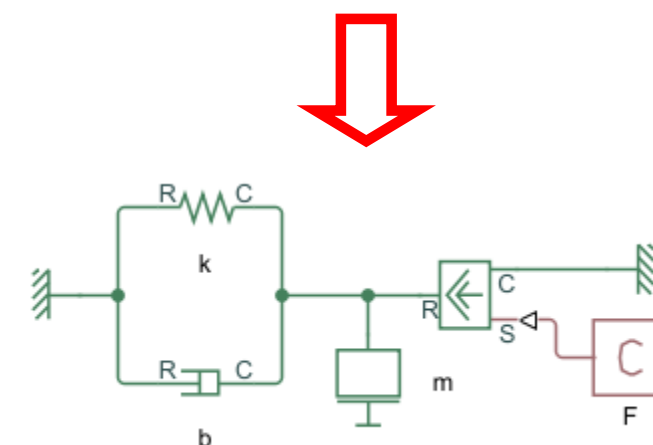


Fyzikální modelování soustav

- Knihovny Simscape
- Bloky reprezentující reálné prvky
 - skládání na základě fyzické struktury
 - bez zápisu diferenciálních rovnic

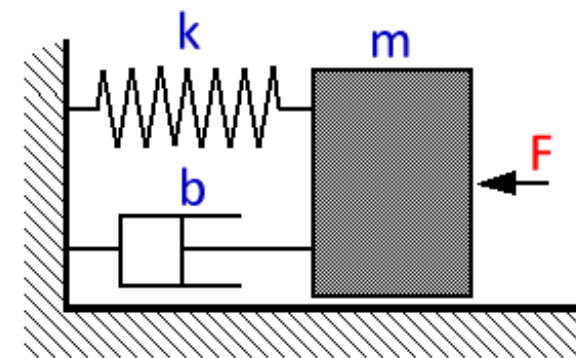


~~$$m\ddot{x} + b\dot{x} + kx = F$$~~



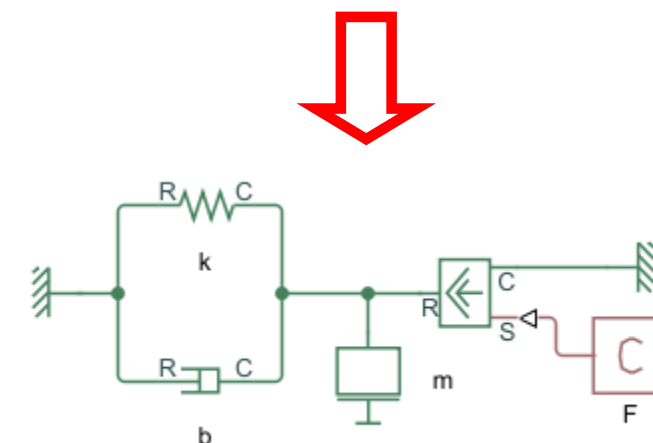
Fyzikální modelování soustav

- Knihovny Simscape
- Bloky reprezentující reálné prvky
 - skládání na základě fyzické struktury
 - bez zápisu diferenciálních rovnic



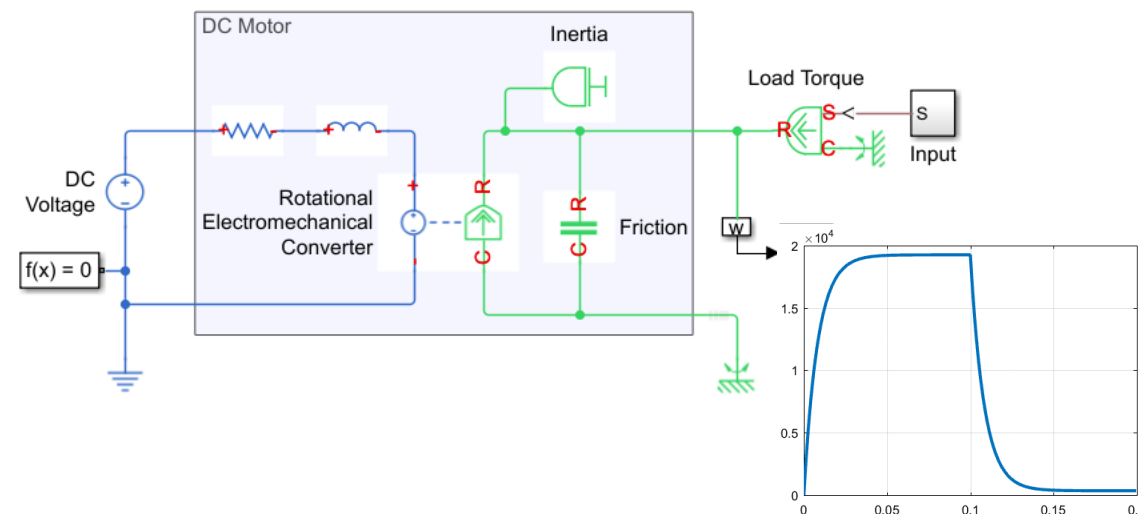
~~$$m\ddot{x} + b\dot{x} + kx = F$$~~

Simscape	základní prvky soustav: <i>mechanických, elektrických, hydraulických,</i> ...
Simscape Fluids	hydraulické soustavy
Simscape Multibody	mechanické soustavy ve 3-D
Simscape Driveline	převodová ústrojí
Simscape Electrical	elektrické obvody, pohony, energetika

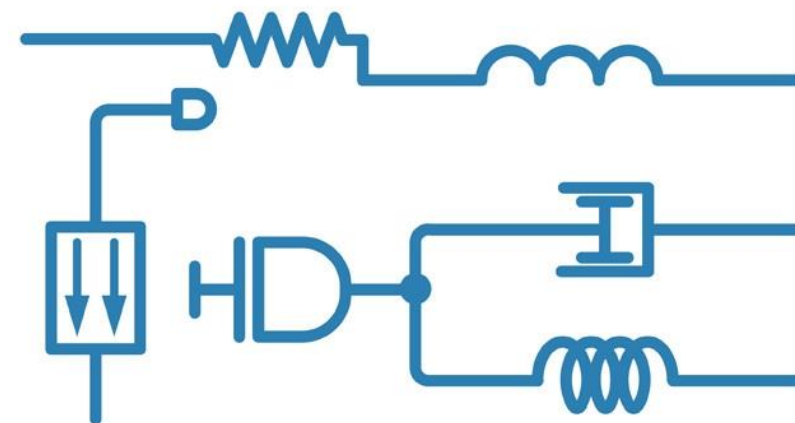


Fyzikální modelování soustav

- Knihovny Simscape
- Bloky reprezentující reálné prvky
 - skládání na základě fyzické struktury
 - bez zápisu diferenciálních rovnic



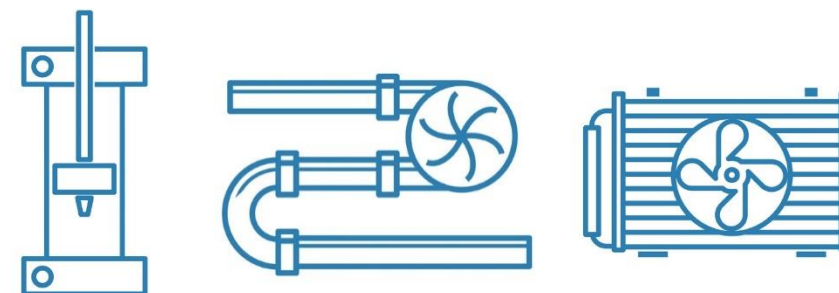
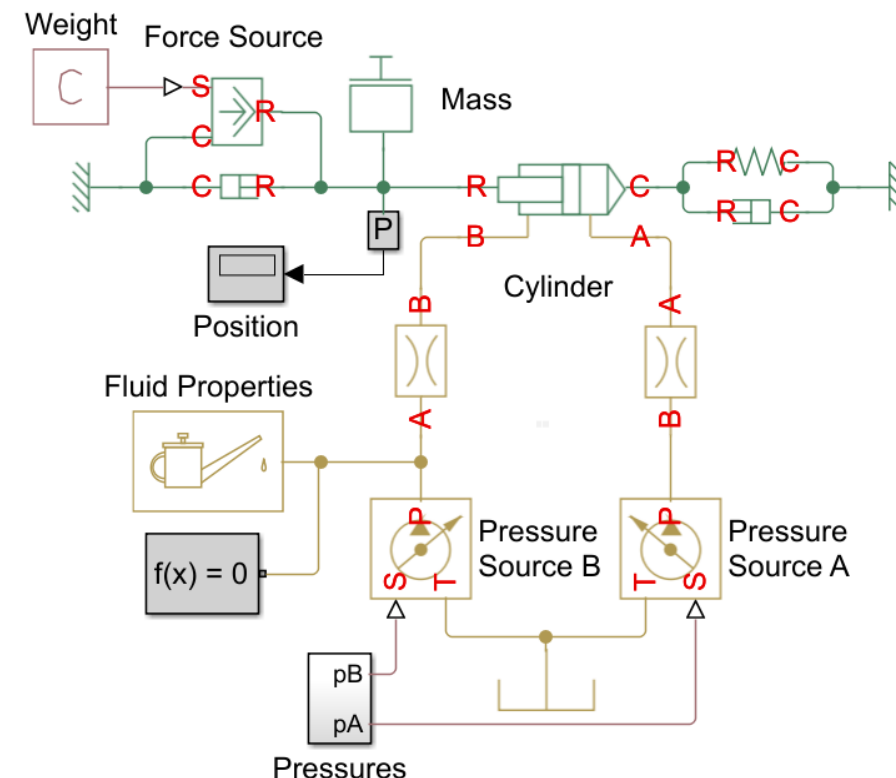
Simscape	základní prvky soustav: <i>mechanických, elektrických, hydraulických,</i> ...
Simscape Fluids	hydraulické soustavy
Simscape Multibody	mechanické soustavy ve 3-D
Simscape Driveline	převodová ústrojí
Simscape Electrical	elektrické obvody, pohony, energetika



Fyzikální modelování soustav

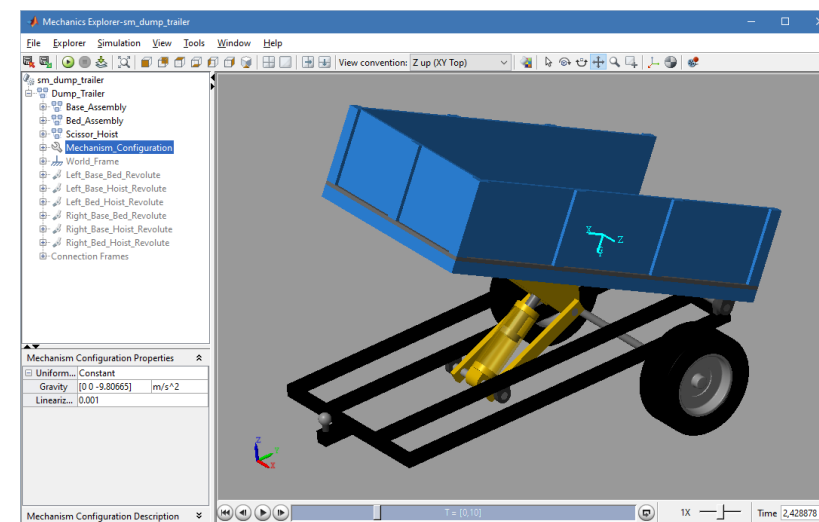
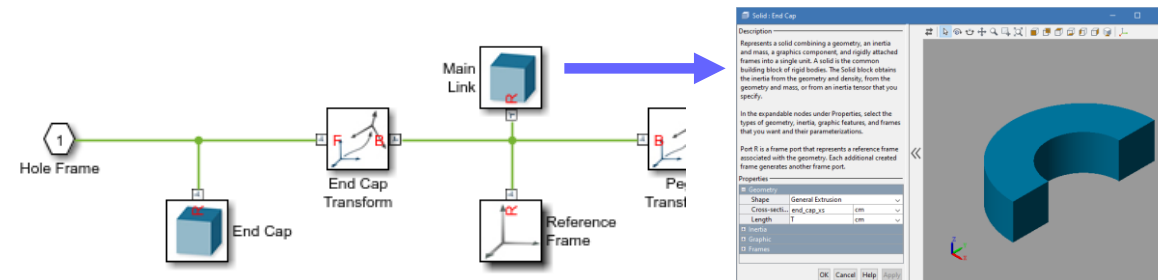
- Knihovny Simscape
- Bloky reprezentující reálné prvky
 - skládání na základě fyzické struktury
 - bez zápisu diferenciálních rovnic

Simscape	základní prvky soustav: <i>mechanických, elektrických, hydraulických,</i> ...
Simscape Fluids	hydraulické soustavy
Simscape Multibody	mechanické soustavy ve 3-D
Simscape Driveline	převodová ústrojí
Simscape Electrical	elektrické obvody, pohony, energetika

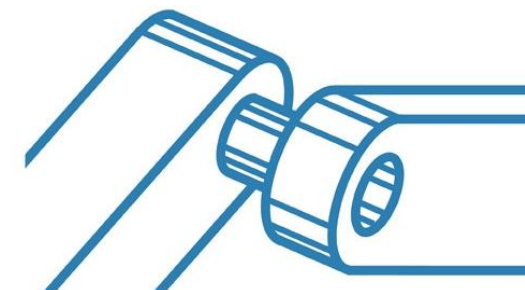


Fyzikální modelování soustav

- Knihovny Simscape
- Bloky reprezentující reálné prvky
 - skládání na základě fyzické struktury
 - bez zápisu diferenciálních rovnic



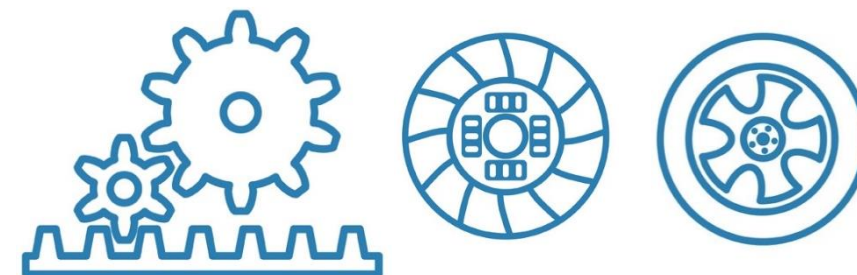
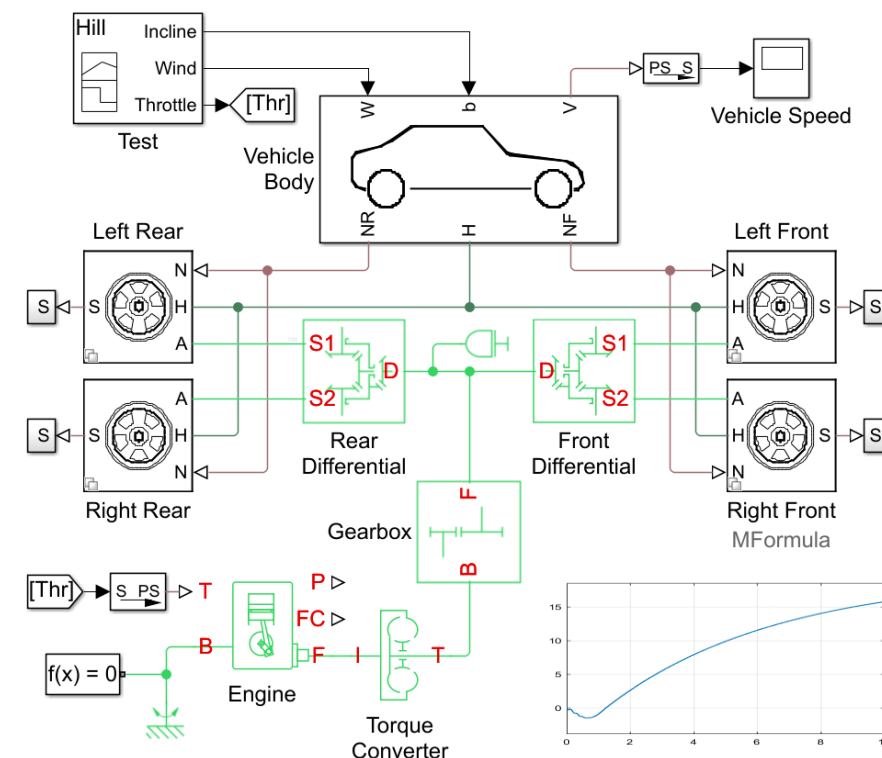
Simscape	základní prvky soustav: <i>mechanických, elektrických, hydraulických,</i> ...
Simscape Fluids	hydraulické soustavy
Simscape Multibody	mechanické soustavy ve 3-D
Simscape Driveline	převodová ústrojí
Simscape Electrical	elektrické obvody, pohony, energetika



Fyzikální modelování soustav

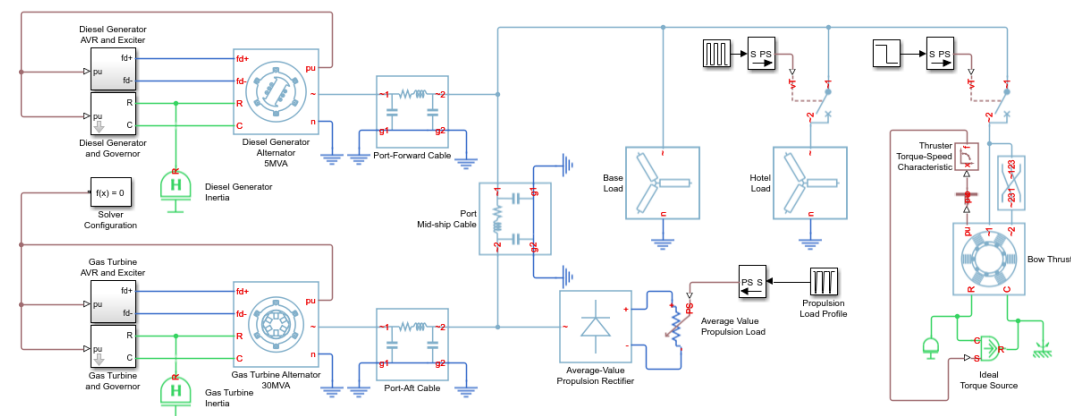
- Knihovny Simscape
- Bloky reprezentující reálné prvky
 - skládání na základě fyzické struktury
 - bez zápisu diferenciálních rovnic

Simscape	základní prvky soustav: <i>mechanických, elektrických, hydraulických,</i> ...
Simscape Fluids	hydraulické soustavy
Simscape Multibody	mechanické soustavy ve 3-D
Simscape Driveline	převodová ústrojí
Simscape Electrical	elektrické obvody, pohony, energetika

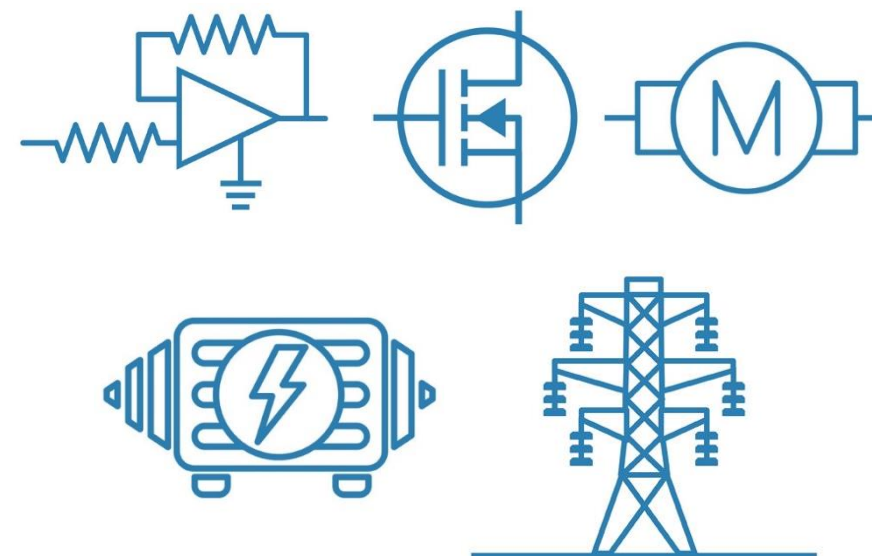


Fyzikální modelování soustav

- **Knihovny Simscape**
- **Bloky reprezentující reálné prvky**
 - skládání na základě fyzické struktury
 - bez zápisu diferenciálních rovnic

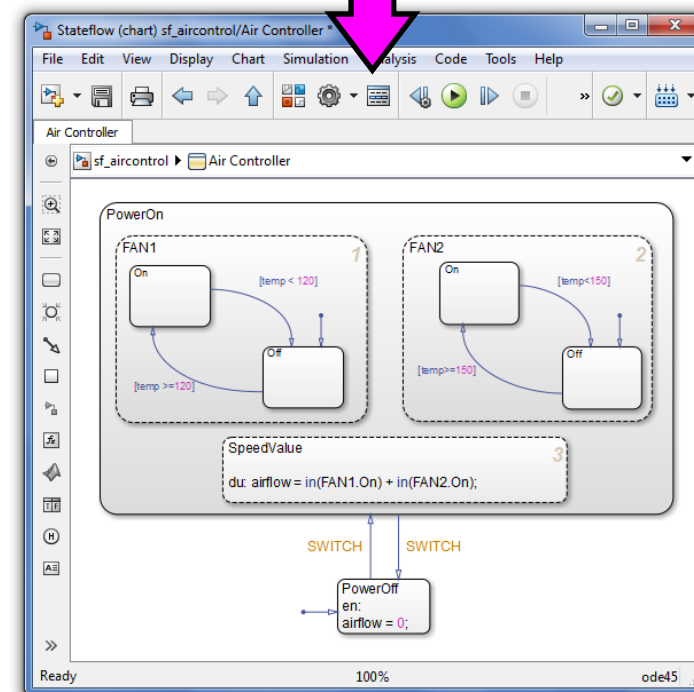
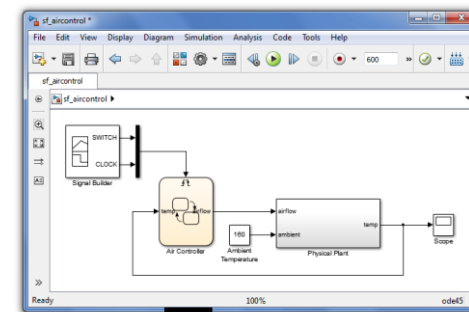


Simscape	základní prvky soustav: <i>mechanických, elektrických, hydraulických,</i> ...
Simscape Fluids	hydraulické soustavy
Simscape Multibody	mechanické soustavy ve 3-D
Simscape Driveline	převodová ústrojí
Simscape Electrical	elektrické obvody, pohony, energetika



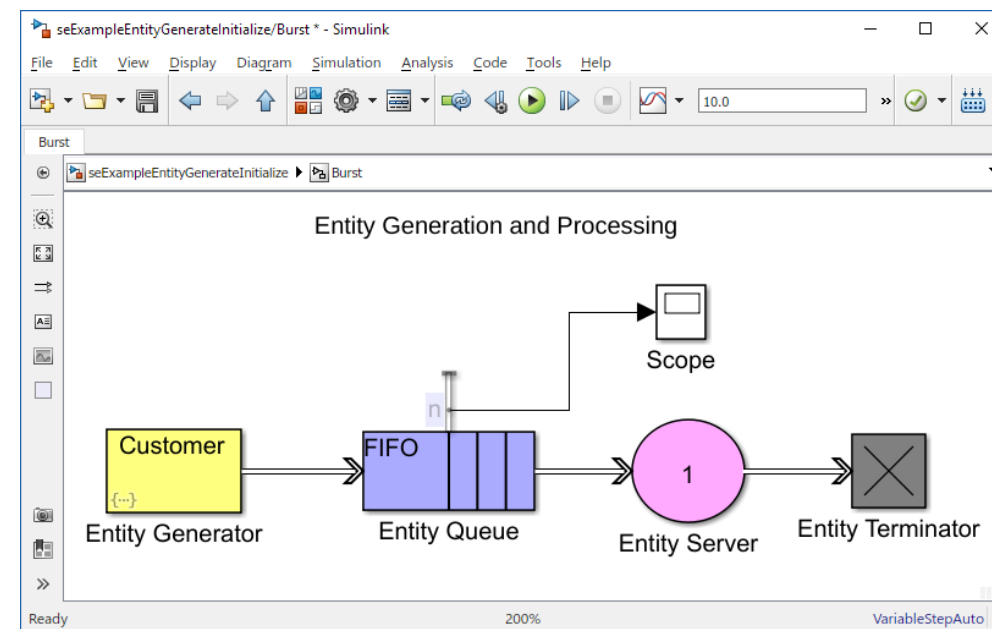
Řídicí a rozhodovací logika, událostmi řízené systémy

- Grafický „jazyk“ Stateflow
- Modelování řídicí logiky a událostmi řízených soustav pomocí stavových diagramů
 - stavy
 - přechody mezi stavy
 - podmínky / události
- Intuitivní grafické uživatelské rozhraní
- Plná integrace do modelů v Simulinku



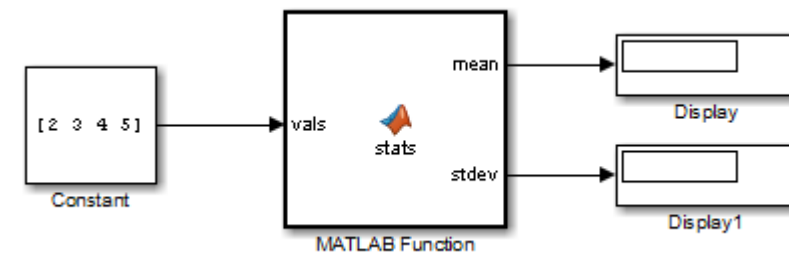
Systemy diskretních událostí

- **Knihovna SimEvents**
- **Modelování průchodu entit systémem**
 - fronty, servery, přepínače ...
 - procesní zpoždění, řízení priorit
- **Studie a analýzy**
 - vliv časování úloh, dostupnost zdrojů
- **Typické aplikace**
 - distribuované řídicí systémy a komunikační sítě
 - softwarové a hardwarové architektury
 - plánování kapacity a řízení dodávky zdrojů



Programy v jazyce MATLAB nebo C

- **Blok MATLAB Function**
 - funkce v jazyce MATLAB volaná v Simulinku
- **Bloky C Caller a C Function**
 - funkce v jazyce C volaná v Simulinku



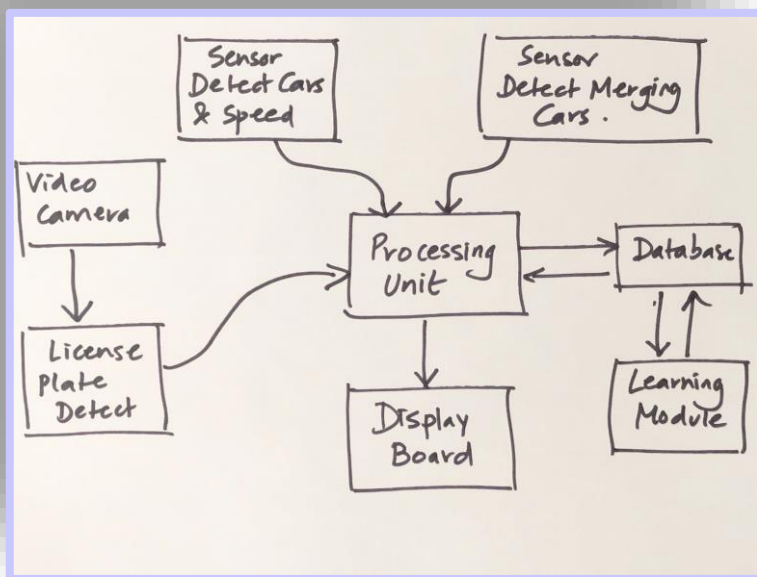
```

1  function [mean,stdev] = stats(vals)
2  % #codegen
3
4  % calculates a statistical mean and a standard
5  % deviation for the values in vals.
6
7  - len = length(vals);
8  - mean = avg(vals,len);
9  - stdev = sqrt(sum(((vals-avg(vals,len)).^2))/len);
10 - coder.extrinsic('plot');
11 - plot(vals,'-+');
12 |
13 function mean = avg(array,size)
14 - mean = sum(array)/size;

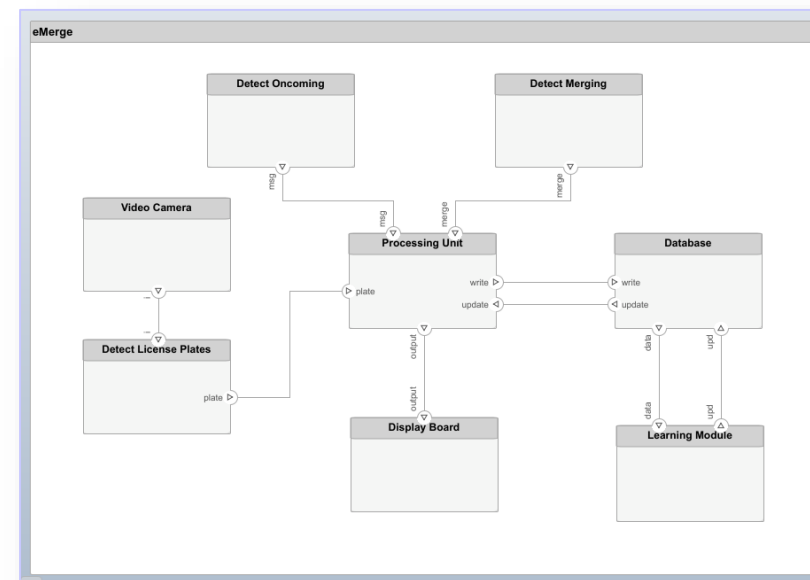
```


Návrh architektury systémů a software

- **Nástroj System Composer**



Description
 ==
Architecture



- **Prolinkování s požadavky pomocí Simulink Requirements**

Děkuji za pozornost