



MATLAB[®] & SIMULINK[®]

Metodická příručka
pro učitele základů

Karel Zaplatílek

Tato elektronická publikace byla zakoupena u: Karel Zaplatílek, slunce007@seznam.cz

Jméno a příjmení kupujícího:

E-mail kupujícího:

Upozorňuji, že elektronická kniha je dílem chráněným podle autorského zákona a je určena jen pro osobní potřebu kupujícího. Kniha jako celek ani žádná její část nesmí být volně šířena na internetu, ani jinak dále zveřejňována.

Obsah

Předmluva.	
Jak pracovat s publikací	5
Cvičení 1 Úvod do prostředí MATLAB, základní způsoby práce	6
Cvičení 2 Elementární práce s čísly	9
Cvičení 3 Práce s vektory - úvod	11
Cvičení 4 Práce s vektory - dokončení	14
Cvičení 5 Práce s maticemi - úvod	17
Cvičení 6 Práce s maticemi - dokončení	19
Cvičení 7 Datové třídy <i>Cell Array</i> a <i>Structure Array</i>	22
Cvičení 8 Práce s textovými řetězci	25
Cvičení 9 Ukládání a načítání dat - úvod	27
Cvičení 10 Ukládání a načítání dat - dokončení	29
Cvičení 11 Programování aplikací; práce se skripty, základní programátorské techniky, správa paměti, cykly <i>for</i> a <i>while</i>	32
Cvičení 12 Programování aplikací; základní programátorské techniky, podmínka <i>if</i> , přepínač <i>switch</i> , ladění zdrojového kódu	38
Cvičení 13 Programování aplikací; základní programátorské techniky, vstup z klávesnice a z myši, příkazy <i>assignin</i> a <i>evalin</i> , měření doby trvání kódu, časový snímek aplikace, použití záložek, příkazy pro datum a čas	45
Cvičení 14 Programování aplikací; práce s funkcemi, správa paměti, vstupní a výstupní parametry, více funkcí v jednom m-souboru, vzájemné volání funkcí, uživatelské funkce jako zdroj dat, nepřímé volání funkce technikou <i>function handle</i> , anonymní funkce	52
Cvičení 15 Matematické rovnice; polynom 3. stupně, nepřímé volání technikou <i>function handle</i> , anonymní funkce, symbolické řešení rovnic, řešení soustav lineárních algebraických a nelineárních algebraických rovnic	58
Cvičení 16 Základy řešení obyčejných diferenciálních rovnic (ODE); lineární ODE 1., 2. a 3. řádu	63
Cvičení 17 Polynomiální aproximace naměřených dat	67
Cvičení 18 Generování průběhů s využitím knihovny Signal Processing Toolbox™	72
Cvičení 19 Základy práce v prostředí Simulink®; tvorba prvního modelu, nastavení parametrů simulace, export a import signálů, nástroj <i>Data Inspector</i>	79
Cvičení 20 Základy práce v prostředí Simulink®; simulace ODE 1. a 2. řádu	89
Cvičení 21 Práce v <i>Live Editoru</i>	93

Cvičení 22	Spektrální analýza monofonní audionahrávky v MATLAB.....	100
Cvičení 23	Číslicová filtrace monofonní audionahrávky v MATLAB.....	109
Cvičení 24	Číslicová filtrace signálu s aditivním šumem v Simulink.....	116
Cvičení 25	Modelování a simulace obyčejné lineární diferenciální rovnice 3. řádu	119
Cvičení 26	Tvorba a simulace modelů dalších vybraných systémů v Simulink	133
Cvičení 27	Tvorba grafického uživatelského rozhraní (GUI).....	141
Cvičení 28	Práce s daty ve vybraných formátech z reálné praxe.....	148
Literatura a odkazy.....		157

Předmluva

Tato metodická příručka je určena především pro učitele a lektory základů práce v prostředí MATLAB&Simulink anebo výuku předmětů, na něm založených. Obsah i netradiční forma jsou výsledkem mnohaletých zkušeností a experimentů s výukou uvedených předmětů na technické fakultě univerzity v různých typech studia (bakalářské, magisterské i doktorské). Mimoto se osvědčily také při pořádání různých seminářů a kurzů jako kvalitní a rychlé „noty“ pro lektory. Největší síla tohoto díla se v praxi neplánovaně projevila tam, kde se na výuce či školení podílel větší počet učitelů nebo lektorů.

Metodická příručka vytváří odborný a tématický rámec pro přípravu učitelů a lektorů se zachováním určitého stupně volnosti pro tvůrčí individualizaci. Obsahuje celkem 28 kapitol, pokrývajících 28 případných cvičení na počítačové učebně, příp. 28 témat pro školení či prezentaci. Každé téma je plánováno přibližně na 1 až 1,5 hodiny; některá témata jsou delší.

Hlavním cílem metodické příručky je vybudovat potřebné znalosti, zkušenosti a návyky z oblasti modelování a simulace základních matematických a technických úloh a procvičit si základní druhy modelů v prostředí MATLAB&Simulink.

Neskromně se domnívám, že moje dlouholetá učitelská praxe, spojená se zpětnou vazbou od studentů, učitelů a lektorů, skýtá záruku kvalitního pečlivě rozmyšleného a pedagogickou praxí vyzkoušeného obsahu.

Jak pracovat s publikací

Jak je zmíněno výše, je metodická příručka určena především učitelům a lektorům pro přípravu a vedení cvičení na počítačové učebně či pro prezentaci s počítačem a dataprojektorem. Proto obsahuje řadu zdrojových textů a modelů aplikací systému MATLAB&Simulink. Dále obsahuje metodické pokyny, jak řídit cvičení nebo prezentaci včetně mnoha vysvětlujících poznámek a tipů, zamýšlených jako domácí úkoly pro samostatnou práci. Barevná zvýraznění a větší fonty umožňují vést cvičení i v pološeru poslucháren či zasedacích místností.

Hlavní důraz je kladen na práci s grafikou (2-D a později 3-D), která je součástí téměř každého tématu. Zdrojové texty aplikací slouží jako základ, který lze modifikovat podle potřeby.

Během každého cvičení budou studenti či posluchači kurzů pod vedením učitele (lektora) zapisovat a ověřovat v MATLAB zdrojové texty se zachováním určité individualizace výsledků (úprava, barvy, popisy grafů, styl křivek, apod.). Každý použitý klíčový příkaz či blok by měl být řádně vysvětlen či doplněn.

Přeji si, aby se tato metodická příručka stala příručkou pro každodenní použití učitelům, lektorům a studentům. Prakticky každý software se dnes poměrně rychle vyvíjí; prostředí MATLAB&Simulink není výjimkou. Buďte proto flexibilní tam, kde to bude třeba.

Autor

MATLAB[®], Simulink[®], Signal Processing Toolbox[™] a DSP System Toolbox[™]
jsou registrovanými ochrannými známkami společnosti The MathWorks, Inc.

Cvičení 1/28

Úvod do prostředí MATLAB&Simulink. Struktura systému, orientace v prostředí, základní způsoby práce, licenční politika a uživatelská podpora, práce s helpem.

1. Vlastní práce v MATLAB

Stručně o programu MATLAB,

www.mathworks.com - tvůrcem MATLAB je firma The MathWorks, Inc. z USA (v prodeji od roku 1985).

www.humusoft.cz - prodejce v ČR a SR (sídlí v Praze) .

MATLAB je dnes rozsáhlým prostředím pro vědecko-technické výpočty, programování, práci se signály, spolupráci s hardware, vývoj aplikací, verifikaci kódu, měření, publikování, apod.

Simulink® – doplněk pro práci se signály a systémy, práce blokovou formou.

Knihovny (Toolboxes) jsou placená rozšíření orientovaná oborově - **zobrazit knihovny** na www.humusoft.cz stručně projít nabídku pod nabídkou **MATLAB & Simulink** (licence).

Spustit MATLAB

Ukázat a popsat jednotlivé panely, možnost jejich úpravy.

Dvojitá práce: zápis příkazů ve Workspace nebo v editoru zdrojových textů

Práce v okně Command Window (ruční zadávání příkazů, konzolový způsob programování).

Styl: zapsat příkaz + ENTER (rozlišuj malá&velká písmena - Case Sensitive), použití středníku ;

Studenti nyní budou zapisovat a potvrzovat příkazy přímo v MATLAB (příkazová řádka):

ver

2*log10(100) automatická proměnná **ans**

2*log10(100)*exp(-0.1)+pi zpětné vyvolání příkazu šipkami na klávesnici
nebo panel *Command History*

a=pow2(2)

whos a

clear a

clear all

D=(sin(-pi/2)/(2+tan(0.23)))^4 práce se závorkami, schválně udělat chybu (chybové hlášení)

D=(sin(-pi/2)/(2+tan(0.23)))^4; použití středníku

D vypíše obsah proměnné

Sc=sqrt(D)

Whos Sc

d rozlišovat malá a velká písmena v názvech proměnných a příkazů (**Case Sensitive**)

help elfun

help ops

clc

help analogicky pomocí **F1** nebo v záložce *Home* v horní pravé části (vyzkoušet)

d=log20(100) chybové hlášení

nabídka **preferences** v pravé horní části, nastavení prostředí, zejména fontů (jen ukázat)

panel **Command History** - nalezení již zadaného příkazu, vyzkoušet

panel **Workspace** - ukázání proměnných, vyzkoušet klikání myší

nastavení cesty do své složky – rozbalovací nabídka **Current Folder** v horní části + panel stejného jména (důležité po zapnutí).

2. Zápis zdrojového textu do souboru

Na disku např. **D** (nebo Flash) vytvořit svou složku, do ní nastavit MATLAB.

edit - spuštění vestavěného editoru, uspořádat si okna vedle sebe

záložka **Save/Save As...** - uložit pod jménem **Cviceni_01_1.m** na disk (příponu doplní systém).

Studenti sami postupně zapíší zdrojový text (kód) podle vzoru:

```
% cviceni 1, aplikace 1/2
% jednoduche matematicke prikazy
%-----
clc
a=rand(1); % nahodne cislo v promenne "a", co je to promenna?
whos % seznam vseh dosud vytvorených promenných
whos a % dotaz na typ a velikost promenne "a"
a
b=a^2*log(10) % pozor na log10(10)
pause(1) % ceka 1s
disp(b) % vypis v okne Command Window, help disp
P=input('Zadej hodnotu tlaku v [Pa]: '); % ceka na vstup hodnoty
a Enter
disp(['Hodnota tlaku je: ',num2str(P),' Pa']) % textove retezce
vedle sebe
a
A % chybove hlaseni
%-----
```

spuštění aplikace: **F5** nebo tlačítko **Run** v horní části editoru (zelený trojúhelník) nebo zápisem a potvrzením jména aplikace **Cviceni_1**

ladění zdrojového textu:

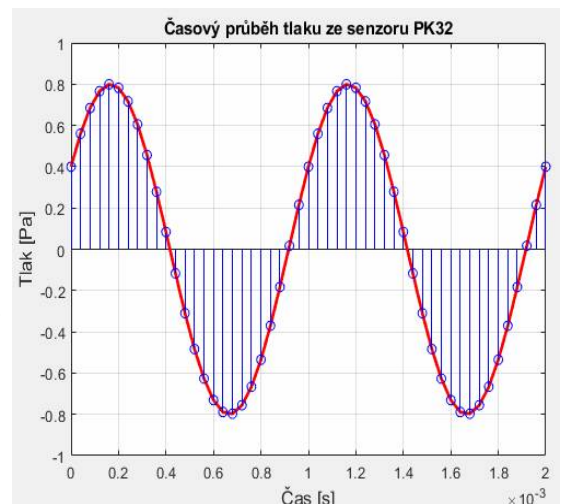
quit – ukončení práce s MATLAB.

3. První graf 2-D, jeho tvorba a editace

příkazem **edit** (anebo symbolem + v editoru) založíme nový soubor **Cviceni_01_2.m**.

Po zapsání textu do souboru spustit aplikaci; výuka nadále pokračuje zápisem příkazů v příkazovém řádku, nezavírat okno s grafem.

```
% cviceni 1, aplikace 2 of 2
% moje prvni aplikace v MATLAB
% prvni graf 2-D, tvorba a editace
%-----
clc
close all % zavre okna s obrazky
%--- tvorba dat ---
t=0:2e-3/50:2e-3; % vektor casove osy
p=0.8*sin(2*pi*1000*t+pi/6);
%--- kresleni ---
h1=plot(t,p,'r','linewidth',2);
axis([t(1) t(end) -1 1]); % -Inf Inf
grid on % mrazka
hold on % kresleni do stejneho grafu
h2=stem(t,p,'color','b'); % 'color',[0 0 1]
%--- popis os a titulek ---
```



```

xlabel('Čas [s]', 'fontsize', 12)
ylabel('Tlak [Pa]', 'fontsize', 12)
title('Časový průběh tlaku ze senzoru PK32', 'fontsize', 14,
'fontsize', 'bold')
%--- vložení grafu do MS Word ---
% viz Edit/Copy Figure
%-----

```

Zapisujte v příkazové řádce, [nezavírat obrázek](#):

set(h2,'markerfacecolor','b') nastavení barvy markeru (zápis v příkazovém řádku)

set(h2,'marker','none') odstranění markeru, příkaz **set** je důležitý pro modifikaci grafiky

Tipy pro samostatnou práci

Průzkum příkazů (vyzkoušet na příkladech a zapsat do sešitu):

sin cos tan atan exp log log10 pow2 sqrt format
help elfun help elmat a=realmin b=realmax

Cvičení 9/28

Úvodní grafika 2-D. Ukládání a načítání proměnných - úvod.

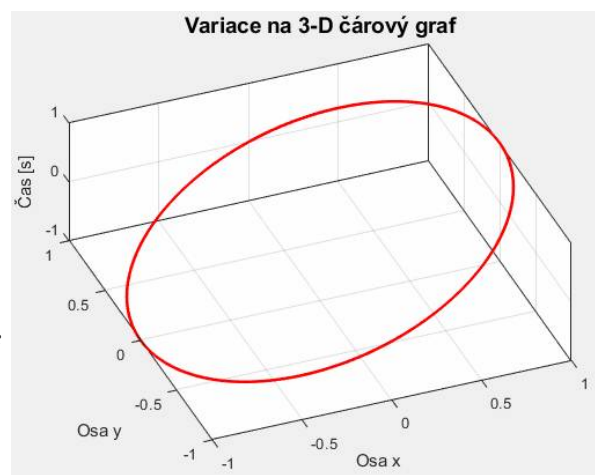
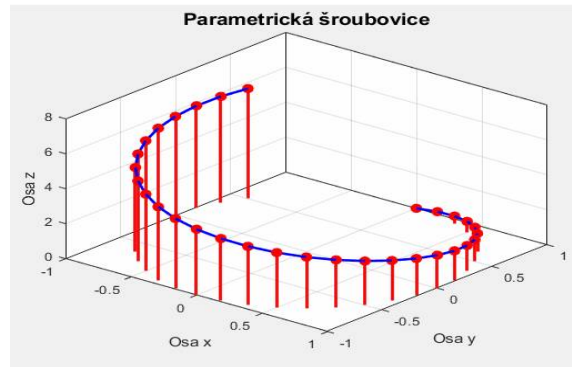
1. Úvodní grafika 2-D

Příkazem **edit** (anebo symbolem + v editoru) založíme nový soubor **Cvicieni_09.m**

```
% cviceni 9
% grafika 3-D, carovy (line) graf
%-----
clc
close all % zavre okna s obrazky
%-----
%--- 3-D čárový (line) graf ---
%-----

delete(get(gcf,'children'))
t=0:2*pi/30:2*pi;
x=sin(t/1.2); y=cos(t/1.2); z=t; % parametricka sroubovice
h1=plot3(x,y,z,'linewidth',2,'color','b');
box on
grid on
xlabel('Osa x')
ylabel('Osa y')
zlabel('Osa z')
title('Parametrická šroubovice','fontsize',14)
[az,ele]=view % vychozi natoceni grafu
view(40,39) % vlastni natoceni grafu
hold on
pause(1.5)
h2=stem3(x,y,z,'fill'); % zvorkovy charakter
pause(1)
set(h2,'linewidth',2,'color','r','marker','o')
%-----
%--- dalsi 3-D čárový graf ---
%-----

pause(1.5)
figure(2)
delete(gca)
n=1; % prohnuti 3-D cary
t=0:2*pi/1000:2*pi;
N=length(t);
h3=plot3(sin(t),cos(t),sin(n*t));
box on
grid on
xlabel('Osa x')
ylabel('Osa y')
zlabel('Čas [s]')
title('Variace na 3-D čárový graf','fontsize',14)
set(h3,'color','r','linewidth',2)
[az,ele]=view;
pause(1)
view(-21.8,61.2)
```



2. Ukládání a načítání proměnných - úvod

Množství formátů, příkazů a parametrů, ručně nebo interaktivně.

1. Základní způsoby ukládání dat pomocí příkazů (ruční způsob)

v=[1 2 3 4 5]; zapisuj příkazy v příkazové řádce

M=[0 5 -11 6 100;-8 9 0 11 0];

save MojeData v M uloží proměnné **v**, **M** do souboru **MojeData.mat**
(speciální formát MATLAB)

save MojeData uloží všechny proměnné

save('MojeData','v','M') alternativní forma zápisu, uloží proměnné **v**, **M**

save MojeData.txt M -ascii uloží proměnnou **M** do souboru **MojeData.txt**
v textovém formátu (ASCII, resp. Unicode)

type MojeData.txt otevře soubor v MATLAB

save MojeData.txt v -ascii -append přidá proměnnou **v** do již existujícího
souboru v textovém formátu (ASCII)

type MojeData.txt otevře doplněný soubor v MATLAB

save('d:\Já\Práce\K-217\MojeData01.txt','-ascii') uložení včetně cesty

cd d:\Já\Práce\K-217 změna cílové složky MATLAB

Adr='d:\Já\Práce\K-217'; alternativa

cd(Adr)

whos -file MojeData.mat dotaz na proměnné v souboru **MojeData.mat**

Soubory typu *.mat si v sobě nesou proměnné i s jejich názvy !

2. Základní způsoby načítání dat pomocí příkazů (ruční způsob)

clear all vymazání všech proměnných z MATLAB

load MojeData načte soubor **MojeData.mat**,
všechny proměnné v něm se objeví v panelu **Workspace**

clear all vymazání všech proměnných z MATLAB

load MojeData.mat totéž

clear all

load MojeData.mat M načte pouze proměnnou **M** ze souboru **MojeData.mat**

clear all

load('MojeData.mat','v') načte jen proměnnou **v**

clear all

load MojeData.txt -ascii načte daný **ASCII** soubor

MojeData vypíše obsah proměnné

data=load('MojeData.txt','-ascii') alternativně, čte jen obdélníková (konzistentní) data !

data vypíše obsah proměnné

Cvičení 20/28

Základy práce v prostředí Simulink®.

Simulace obyčejných diferenciálních rovnic (ODE) 1. a 2. řádu, modelování a simulace Laplaceovy rovnice pro deskový kapacitor.

1. Lineární ODE 1. řádu

Vytvoříme nový model: **Simul_3_ODE_1.slx**

V okně nového modelu chceme simulovat lineární ODE 1. řádu (viz cvičení 16):

$\frac{du_2(t)}{dt} + Ku_2(t) = Ku_1(t)$, neboli $u_2' = -5 \cdot 10^4 u_2 + 5 \cdot 10^4 u_1$. Rovnici upravíme integrací na finální tvar: $u_2 = u_2(0) + \int_t (-5 \cdot 10^4 u_2 + 5 \cdot 10^4 u_1) dt$.

Vstupní napětí je $u_1 = \sin(2\pi 10^5 t)$, vektor počátečních podmínek $u_{20} = [0 \ 1 \ 2] \text{ V}$. Cílem je výpočet časového průběhu napětí $u_2(t)$ v časovém intervalu $t \in \langle 0, 80 \mu\text{s} \rangle$.

Je zřejmé, že budeme potřebovat tyto bloky (knihovna):

Sine Wave (Sources), Amplitude 1, Bias 0, Frequency $2 \cdot \pi \cdot 10^5$, Phase 0, Sample time 0

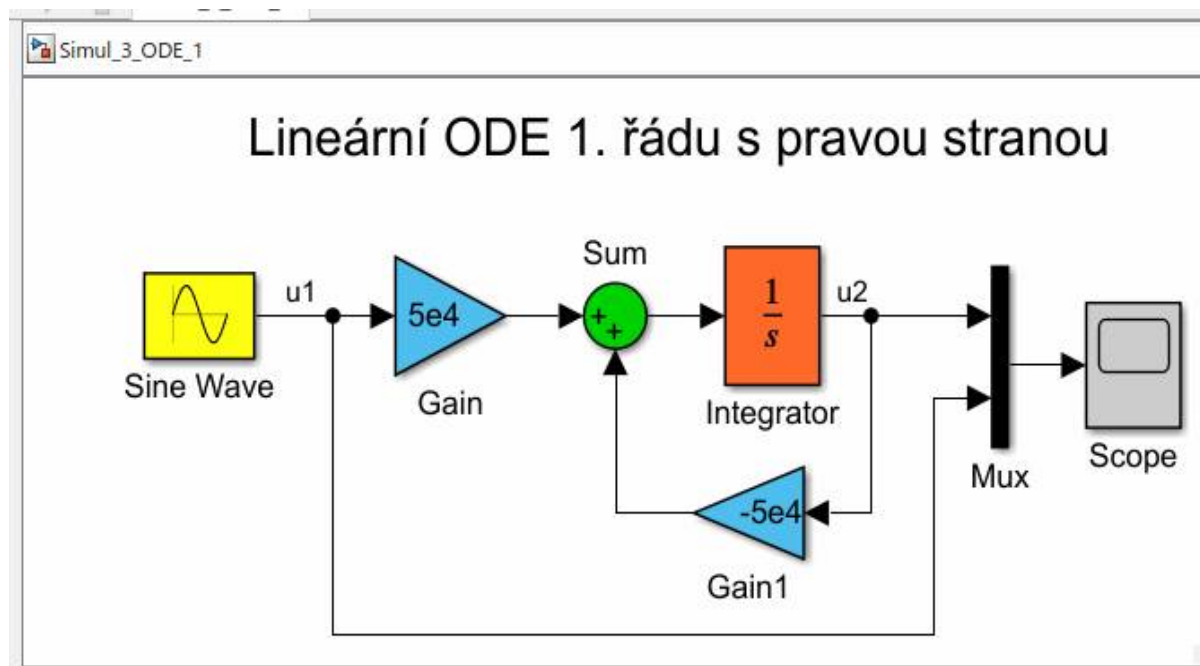
Gain (Commonly Used Blocks)

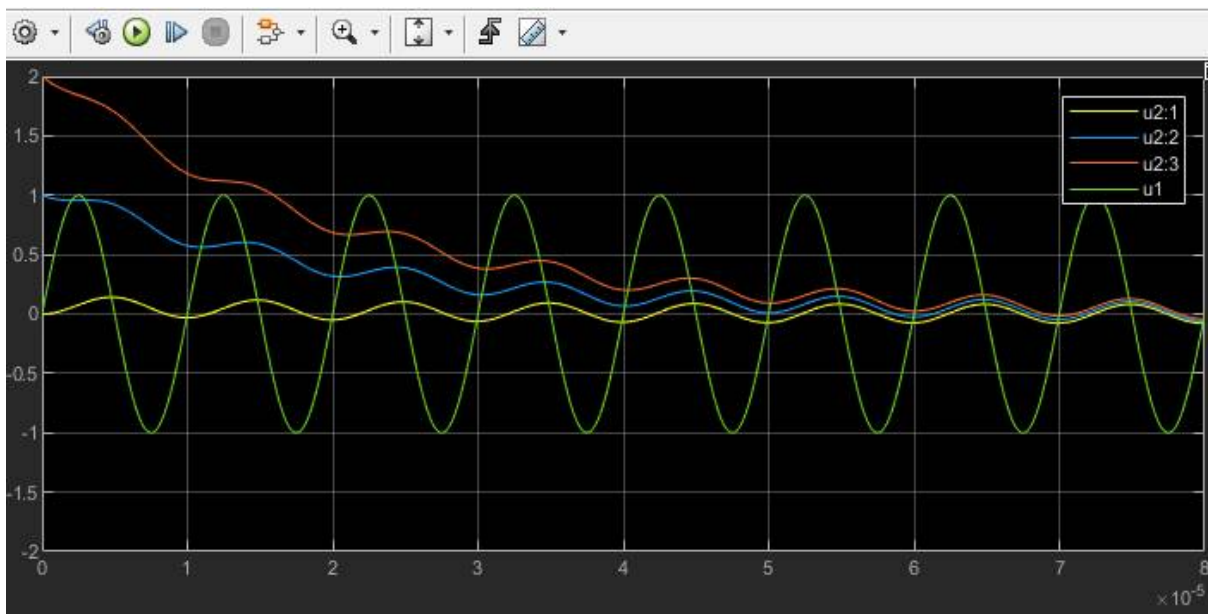
Sum (Commonly Used Blocks)

Integrator (Commonly Used Blocks), Initial conditions: $[0 \ 1 \ 2]$

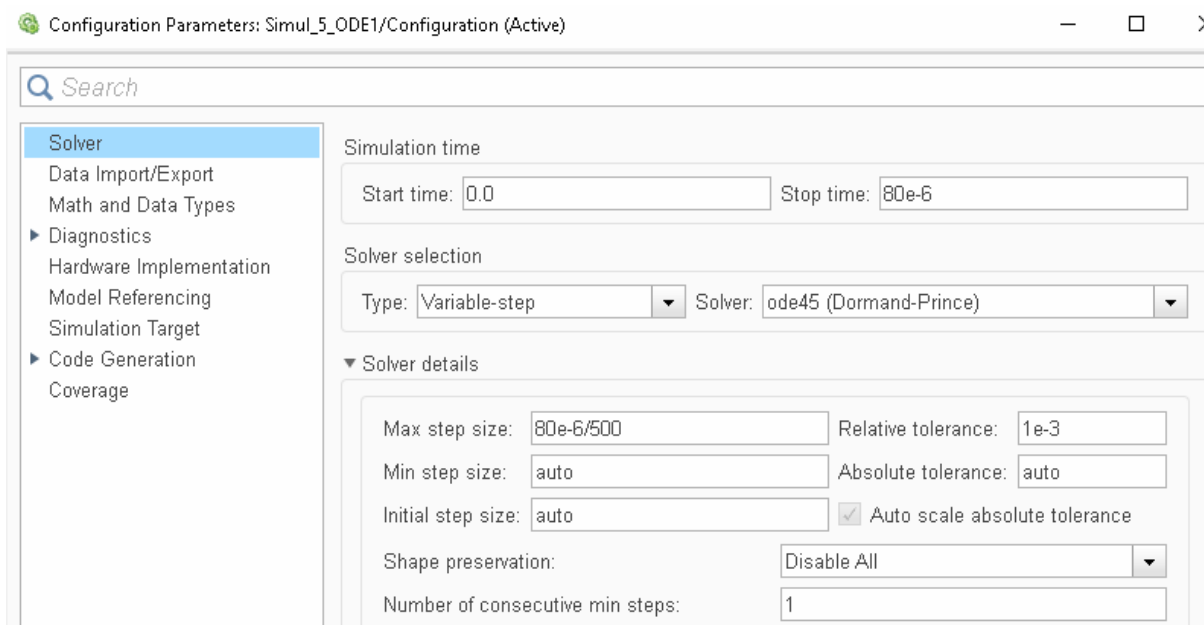
Mux (Commonly Used Blocks)

Scope (Sinks)





Ctrl-T



2. Lineární ODE 2. řádu

Vytvoříme nový model: **Simul_4_ODE_2.slx**

V okně nového modelu chceme simulovat lineární ODE 2. řádu $\frac{d^2 i}{dt^2} + K_1 \frac{di}{dt} + K_2 i = 0$, kde $K_1 = 150$, $K_2 = 6,25 \cdot 10^5$. Řešení (průběh proudu) provedeme pro počáteční podmínky $A_1 = 0,02$ a $A_2 = -0,02$ v časovém intervalu $t \in \langle 0, 50ms \rangle$. Ve cvičení 11 byl vysvětlen rozklad ODE 2. řádu na **dvě ODE 1. řádu** (tzv. stavový model):

$$\begin{aligned}
 i_1' &= i_2 \\
 i_2' &= -150i_2 + 6,25 \cdot 10^5 i_1
 \end{aligned}
 \quad \text{upravíme integraci:}
 \quad
 \begin{aligned}
 i_1 &= i_1(0) + \int_0^t i_2 dt \\
 i_2 &= i_2(0) + \int_0^t (-150i_2 + 6,25 \cdot 10^5 i_1) dt, \text{ viz model:}
 \end{aligned}$$

Literatura

- [1] ZAPLATÍLEK, Karel. *MATLAB[®] pro začínající uživatele* [učebnice]. 1. vyd. Brno: Tribun EU, 2020. 201 s. ISBN 978-80-263-1589-6. Dostupné na WWW: <<http://www.knihovnicka.cz>>.
- [2] ZAPLATÍLEK, Karel. *MATLAB[®]. Grafické uživatelské rozhraní* [učebnice]. 1. vyd. Brno: Tribun EU, 2020. 65 s. ISBN 978-80-263-1606-0. Dostupné na WWW: <<http://www.knihovnicka.cz>>. [4] ZAPLATÍLEK, Karel. *MATLAB[®] : začínáme se systémy* [učebnice]. 1. vyd. Brno: Tribun EU, 2011. 217 s. ISBN 978-80-7399-299-6. Dostupné na WWW: <<http://www.knihovnicka.cz>>.
- [3] ZAPLATÍLEK, Karel. *MATLAB[®] : Začínáme se signály* [učebnice]. 1. vyd. Brno: Tribun EU, 2015. 234 s. ISBN 978-80-263-0898-0. Dostupné na WWW: <<http://www.knihovnicka.cz>>.
- [4] ZAPLATÍLEK, Karel. *MATLAB[®] : začínáme se systémy* [učebnice]. 1. vyd. Brno: Tribun EU, 2011. 217 s. ISBN 978-80-7399-299-6. Dostupné na WWW: <<http://www.knihovnicka.cz>>.
- [5] ZAPLATÍLEK, Karel a kol. *Řešení vybraných vojensko-technických úloh v prostředí MATLAB[®] & Simulink[®]* [učební pomůcka]. 1. vyd. Brno: Univerzita obrany v Brně, 2019. 174 s. ISBN 978-80-7582-089-1.

Odkazy

<https://www.humusoft.cz/events/www-seminars/>
<https://www.mathworks.com/videos.html>
<https://www.mathworks.com/matlabcentral/>

MATLAB[®] & Simulink[®]
Meodická příručka pro učitele základů
prof. Ing. Karel Zaplatílek, Ph.D.