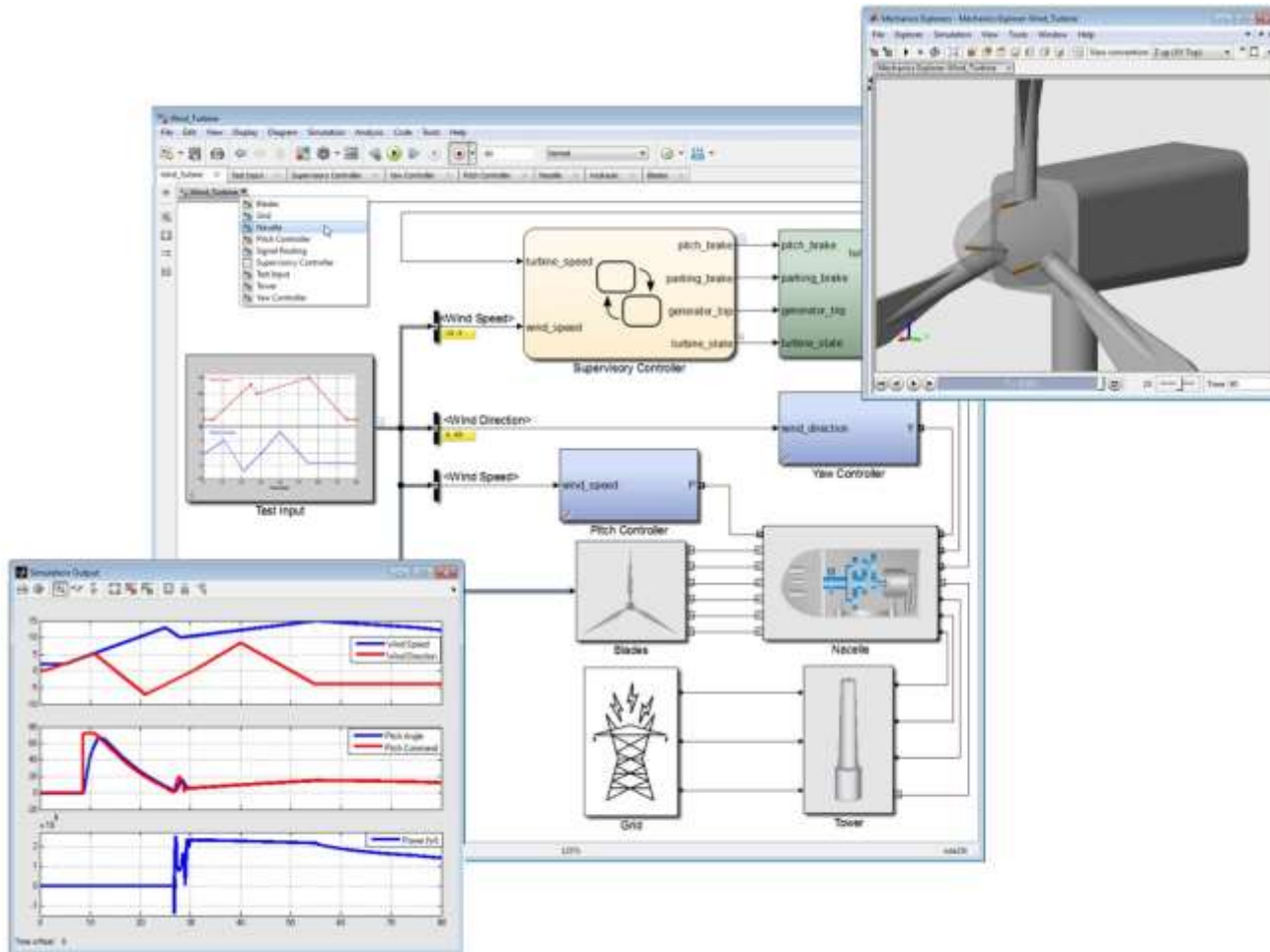


# Računarsko projektovanje u elektroenergetici

## MatLab-Simulink



# SIMULINK

Simulink je softverski paket MATLABA za modeliranje, simulaciju i analizu dinamičkih sistema. U njemu je moguće modelirati linearne i nelinearne sisteme, u kontinualnom i diskretnom vremenu.

Simulink obezbeđuje grafički interfejs za pravljenje modela kao blok dijagrama, jednostavnim klikom-izborom i prevlačenjem blokova na radnu površinu.

# Pokretanje SIMULINKA

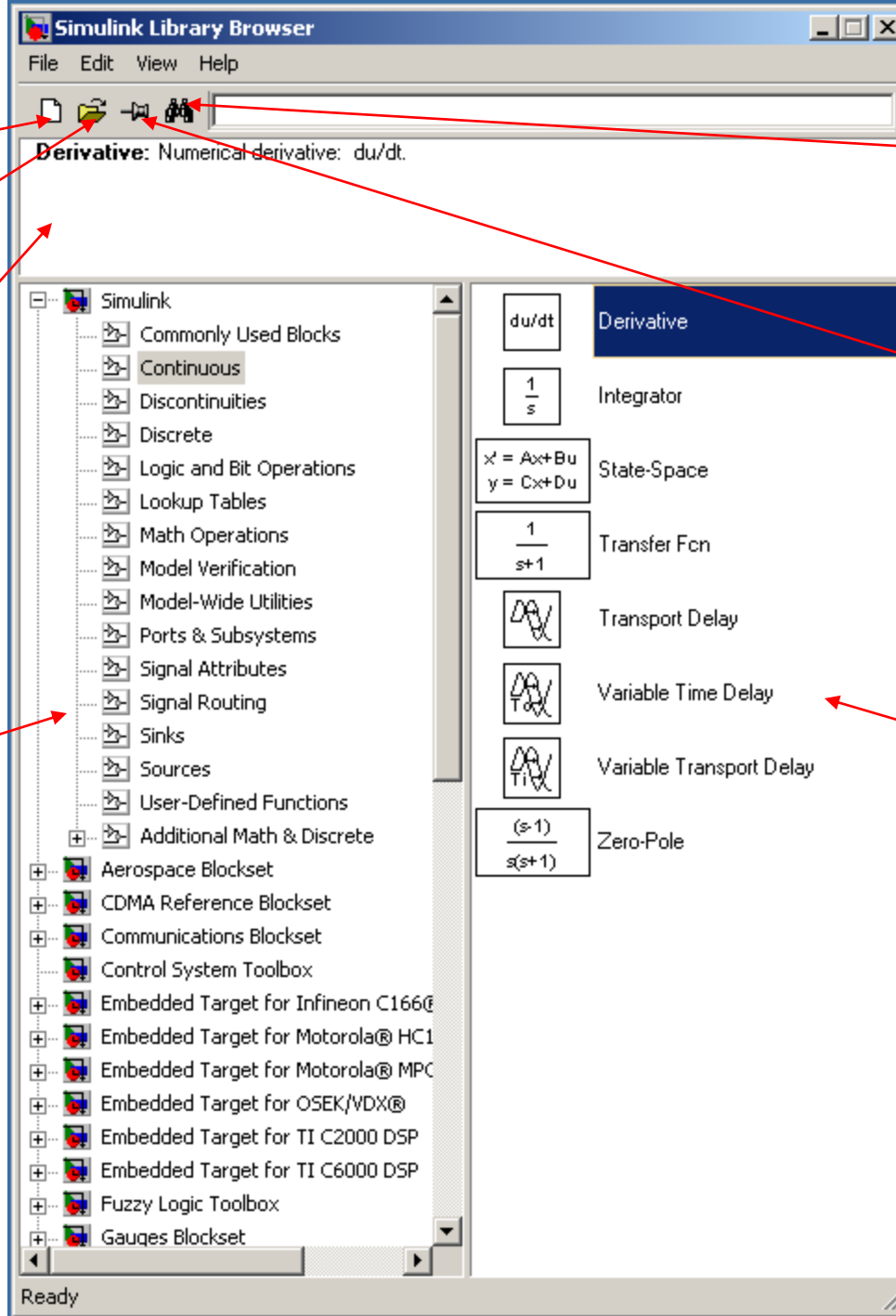
Simulink se pokreće iz komandnog prompta MATLAB-a ukucavanjem komande `simulink` ili klikom na dugme radne linije označeno ikonom .

Nakon toga otvara se **Simulink Library Browser**.

# Simulink Library Browser

Prozor Simulink Library Browser-a je podeljen u dva dela. Sa leve strane se nalazi drvo u kome su smešene sve biblioteke Simulinka, dok su sa desne strane prikazani svi blokovi koji pripadaju izabranoj biblioteci.

Kroz meni i radnu liniju moguće je stvarati nove modele, otvarati postojeći model, održavati prozor uvek vidljivim, pretraživati blokove po imenu itd.



Novi model

Otvori postojeći model

Opis bloka

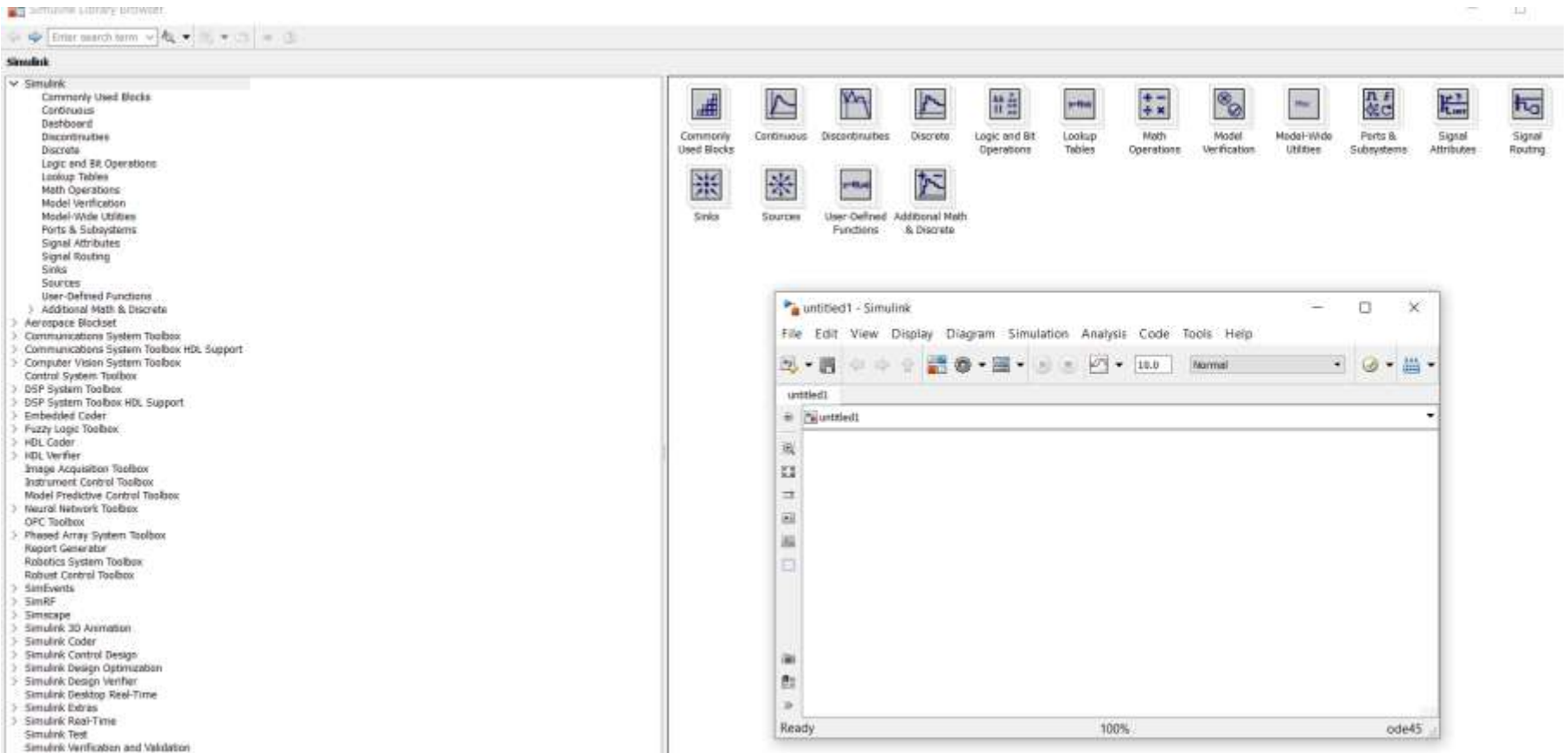
Simulink biblioteke

Pronađi blok po nazivu

Prozor je uvek vidljiv

Blokovi

# Prozor modela

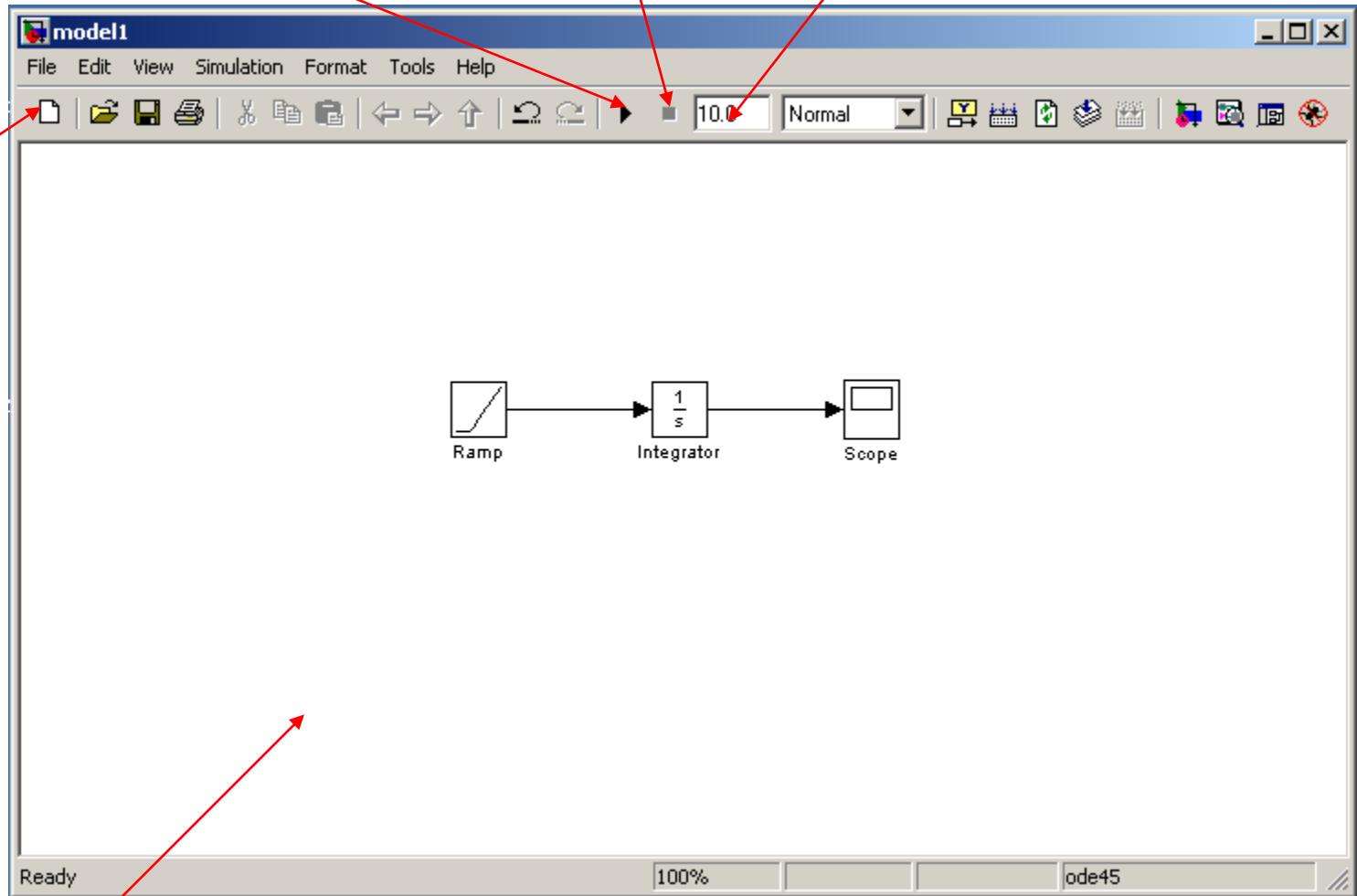


Novi model

Izvrši model

Zaustavi izvršavanje

Vreme simulacije



Radna površina modela

Configuration Parameters: untitled/Configuration

Select:

- Solver
- Data Import/Export
- Optimization
- Diagnostics
  - Sample Time
  - Data Validity
  - Type Conversion
  - Connectivity
  - Compatibility
  - Model Referencing
- Hardware Implementation
- Model Referencing
- Real-Time Workshop
  - Comments
  - Symbols
  - Custom Code
  - Debug
  - Interface

Simulation time

Start time: 0.0 Stop time: 10.0

Solver options

Type: Variable-step Solver: ode45 (Dormand-Prince)

Max step size: auto Relative tolerance: 1e-3

Min step size: auto Absolute tolerance: auto

Initial step size: auto

Zero crossing control: Use local settings

Automatically handle data transfers between tasks

OK Cancel Help Apply



# Često korišćeni blokovi

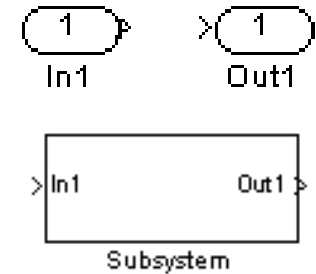
U ove blokove spadaju:

- Ulazni, izlazni port i blok podsistema
- Uzemljenje,
- Terminator,
- Konstanta,
- Blok množenja,
- Scope blok,
- Multiplekser i demultiplekser,

# Često korišćeni blokovi

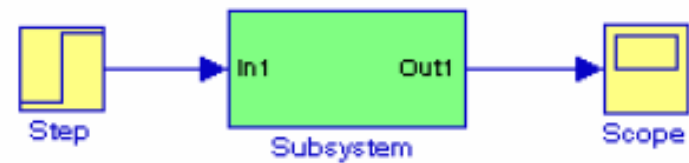
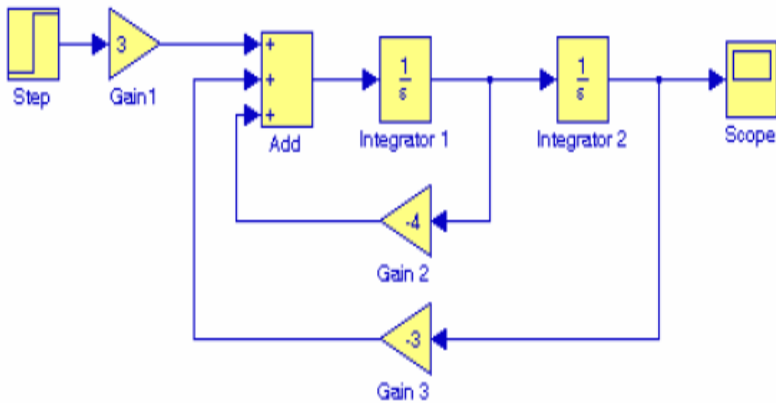
- Prekidač,
- Sabirač,
- Pojačavač

# Ulazni, izlazni port i blok podsistema

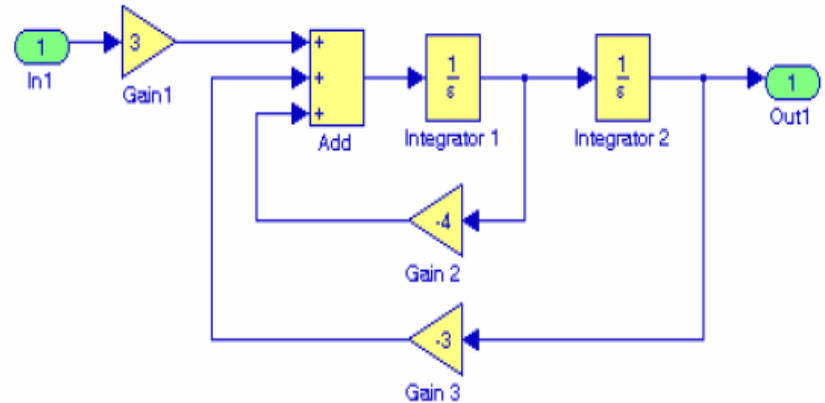


Ulazni portovi povezuju spoljašnost sa unutrašnjosti sistema. Izlazni portovi predstavljaju izlaze za sisteme. Blok podsistema predstavlja podsistem sistema koji ga sadrži. Ukoliko se složenost modela povećava moguće ga je pojednostaviti grupisanjem određenih delova u podsisteme.

# Primer 1



Prevođenje složenog sistema na jednostavniji oblik korišćenjem portova i podsistema.

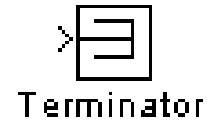


# Uzemljenje



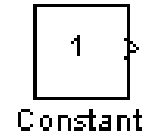
Blok uzemljenja služi da poveže blokove čiji ulazni portovi nisu povezani sa drugim blokovima. Ukoliko izvršavamo simulaciju sa blokovima koji imaju nepovezane ulazne portove Simulink vraća poruke upozorenja. Znači, blok uzemljenja daje signal sa nultom vrednošću. Tip podatka signala je isti kao i porta na koji je povezan.

# Terminator



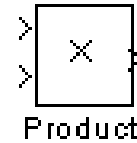
Blok terminator služi da zatvori nepovezane izlaze pojedinih blokova. Simulink vraća poruku upozorenja ukoliko su neki od izlaza blokova nepovezani.

# Konstanta



Blok konstante se koristi da definiše realnu ili kompleksnu vrednost. Ovaj blok prihvata skalarne, vektorske ili matricne izlaze, u zavisnosti od dimenzija parametra konstante vrednosti koji specificiramo i postavljanjem vektora interpretacije kao 1-D vrednosti. Izlaz bloka ima iste dimenzije kao parametar konstante vrednosti.

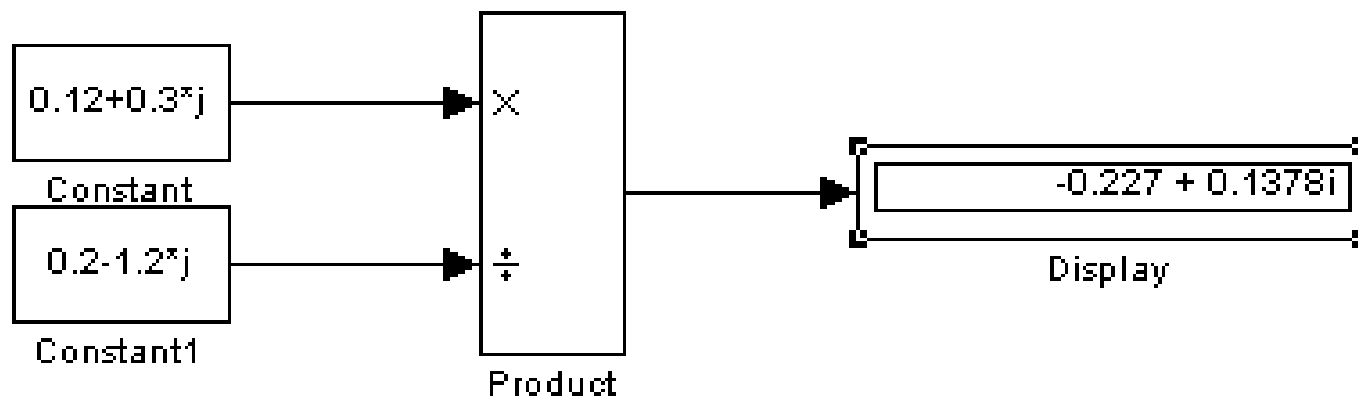
# Množenje



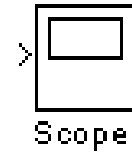
Blok množenja služi za množenje ili deljenje njegovih ulaza. Ovaj blok daje rezultat bilo korišćenjem skalarnog množenja ili matričnog množenja prosleđenih ulaza u zavisnosti od vrednosti parametra množenja. Takođe je korišćenjem parametra moguće podesiti broj ulaza u ovaj blok. Znak množenja (\*) ili deljenja (/) specificira operaciju koja će se vršiti nad ulazima.



# Primer 2

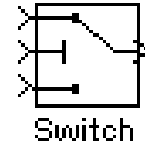


# Scope



Blok scope prikazuje signal na ulazu kao funkciju vremena. Scope blok može imati višestruke y-ose sa uobičajenim vremenskim opsegom. Možemo podešavati vreme i opseg prikazanih vrednosti, možemo pomerati ili uvećavati Scope prozor i možemo modifikovati njegove parametre u toku izvršenja simulacije. Ulazni signal ili signali u scope blok biće prikazani ako po završetku simulacije dva puta kliknemo na scope blok. Scope blok dodeljuje boje svakom elementu signala sledećim redom: žuta, magenta, cijan, crvena, zelena ili tamno plava.

# Prekidač



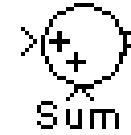
Blok prekidač kao izlaz daje prvi ili treći ulaz u zavisnosti od vrednosti drugog ulaza. Prvi i treći ulaz se nazivaju podacima. Drugi ulaz se naziva kontrolnim ulazom i on je specificiran u funkcijskim parametrima bloka prekidača. Raspoložive su sledeće opcije:

$u2 \geq \text{Treshold}$

$u2 > \text{Treshold}$

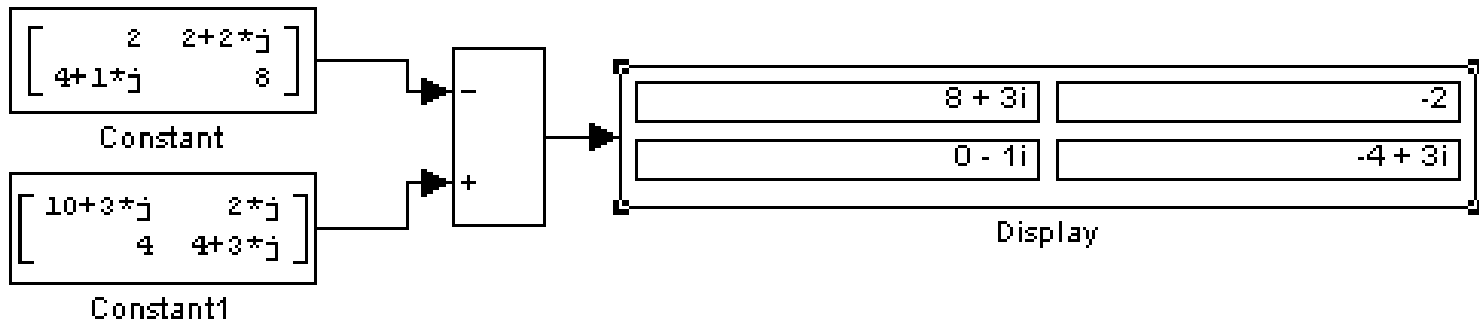
$u2 \sim 0$  (ne nulti uslov)

# Sabirač

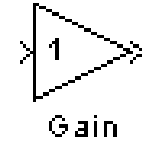


Ovaj blok izvršava sabiranje ili oduzimanje njegovih ulaza. Ovaj blok može da sabere ili oduzme skalarne, vektorske i matrice ulaze. U dijalogu parametri blokova možemo izabrati oblik ikone bloka, pravougaoni ili kružni. Operacije bloka specificiramo kroz parametar lista znaka. Plus (+), minus (-) ili pipe (| - za formiranje razmaka između znakova ulaza) znaci indiciraju operacije koje treba da budu sprovedene nad ulazima. Ukoliko postoje dva ili više ulaza, tada je broj znaka jednak broju ulaza. Na primer, “+ - +” zahteva tri ulaza i konfigurise blok na oduzimanje drugog (srednjeg) ulaza od prvog i sabiranje trećeg (donjeg) ulaza sa prethodna dva.

# Primer 3



# Pojačavač



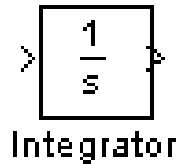
Blok pojačavača množi ulaz u blok konstantom vrednošću (pojačanjem, dobitkom). Vrednost pojačanja specificiramo u parametru pojačanje. Parametar množenja nam omogućava da postavimo način množenja skalarno ili matrično.

# Blokovi za opis linearnih kontinualnih sistema

U ove blokove spadaju:

- Integrator,
- Diferencijator,
- Funkcija prenosa sistema,
- Funkcija prenosa sistema u razdvojenom obliku
- Model sistema u prostoru stanja,
- Transportno kašnjenje

# Integrator



Blok integratora integri signal koji je doveden na njegov ulaz. Simulink tretira integrator kao dinamički sistem sa jednim stanjem, njegovim izlazom.

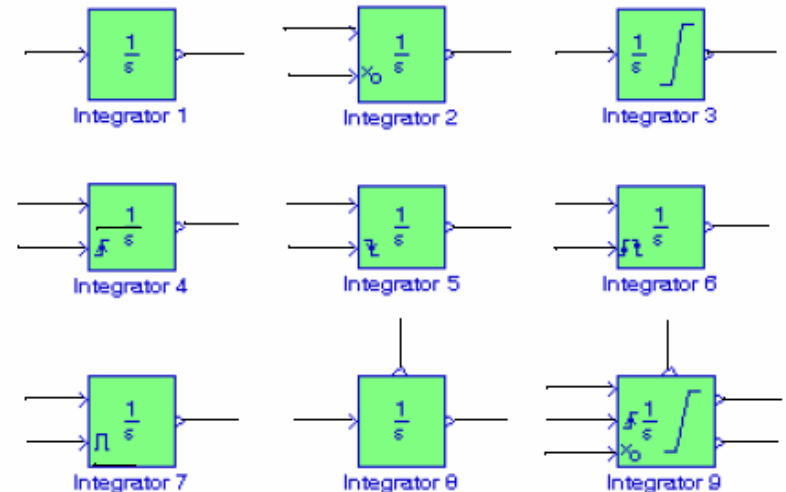
Izabrani algoritam integracije (u Configuration Parameters prozoru) izračunava izlaz iz bloka integratora u tekućem vremenskom trenutku, koristeći ulaz u tekućem trenutku i stanje sistema iz prethodnog trenutka.

Algoritmu integracije je takođe moguće proslediti i početni uslov, kojim se inicira stanje sistema. Po defaultu ta vrednost je 0.

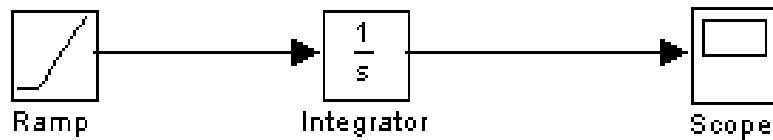


# Moguće konfiguracije bloka integratora

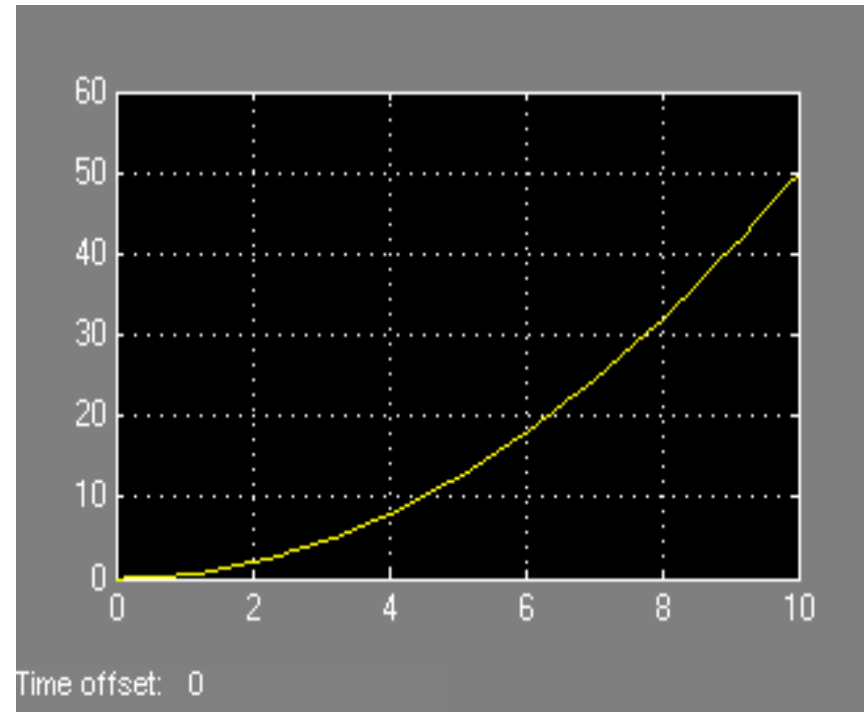
1. Difolt integrator
2. Spoljni izvor početnih uslova
3. Ograničeni izlaz
4. Resetuj stanje kada je spoljni signal rastući
5. Resetuj stanje kada je spoljni signal opadajući
6. Resetuj stanje kada je spoljni signal raste ili opada
7. Resetuj stanje i drži ga na početnom uslovu sve dok je signal različit od nule
8. Prikazan je port stanja
9. Sve opcije su uključene



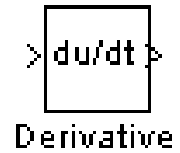
# Primer 1



Nagibna funkcija na ulazu integratora, na izlazu će se dobiti kvadratna funkcija.



# Diferencijator

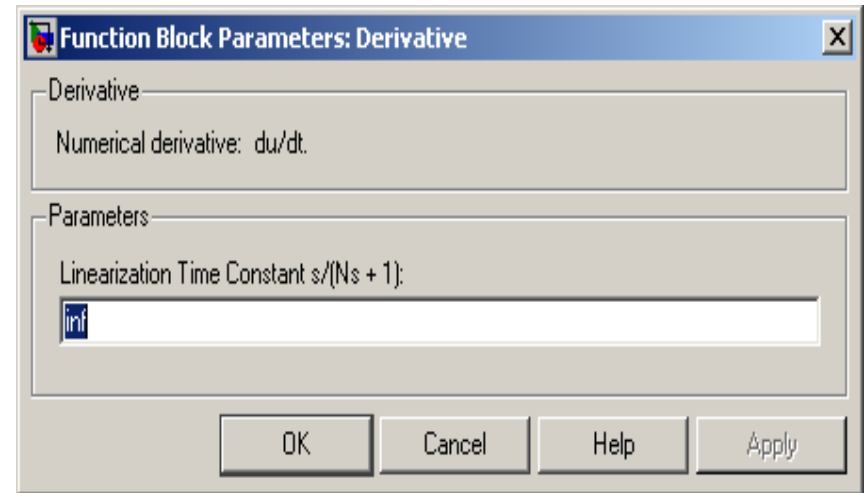


Blok diferencijatora aproksimira izvod njegovog ulaza. Tačnost rezultata zavisi od veličine vremenskog koraka koji je postavljen u simulaciji. Mali koraci omogućavaju tačniji izlaz iz ovog bloka.

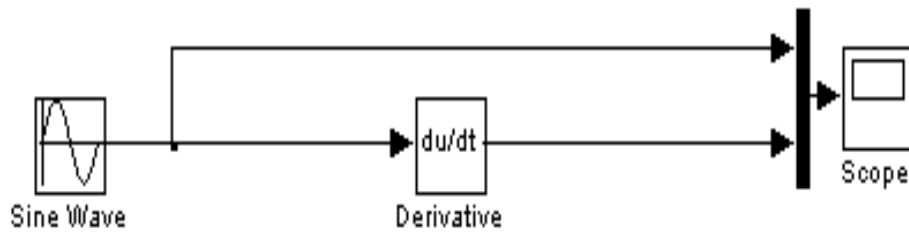
Za razliku od ostalih blokova koji imaju kontinulna stanja algoritam ne uzima manje korake kada se ulaz brzo menja. Izvod se dobija kao razlika ulaza u sadašnjem trenutku i ulaza u prethodnom trenutku podeljena sa vremenskim korakom.

# Parametri funkcijskog bloka: Diferencijator

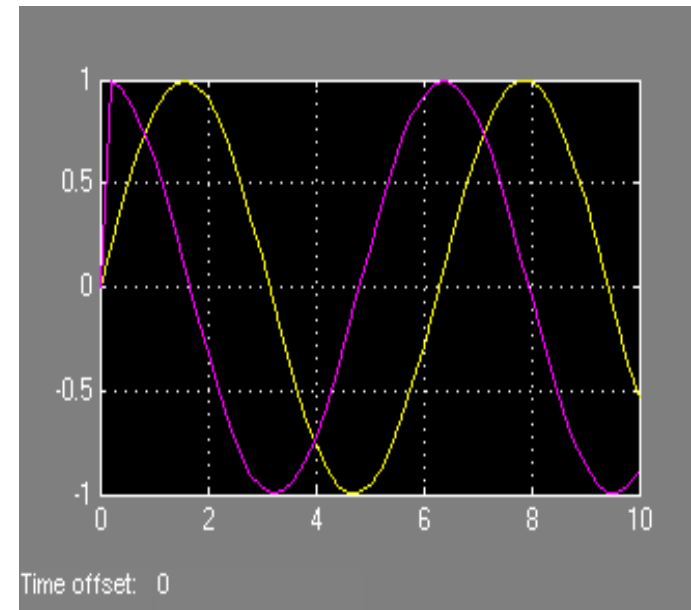
Jedini parametar funkcijskog bloka diferencijatora je Vremenska konstanta linearizacije koja služi za aproksimaciju linearizacije bloka diferencijatora.



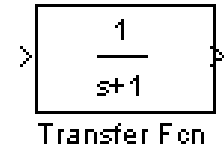
# Primer 2



Sinusoidalni signal ulazi u multiplekser zajedno sa njegovim izvodom. Oba signala se prikazuju u scope bloku.



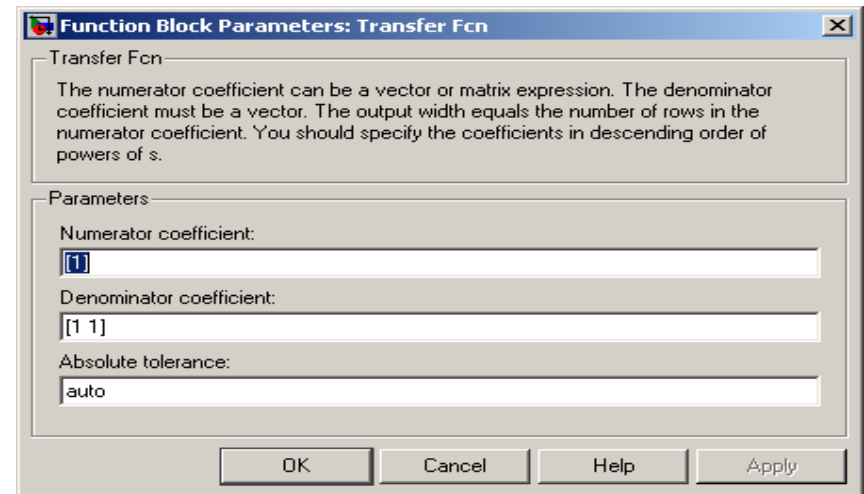
# Funkcija prenosa sistema



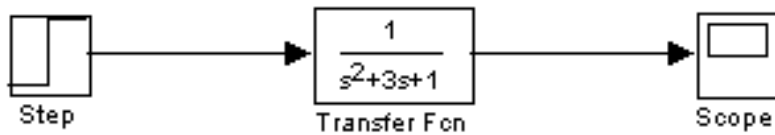
Blok funkcije prenosa sistema realizuje funkciju prenosa linearnog sistema koja se dobija kao odnos likova izlaza i ulaza sistema.

# Parametri funkcijskog bloka: Funkcija prenosa sistema

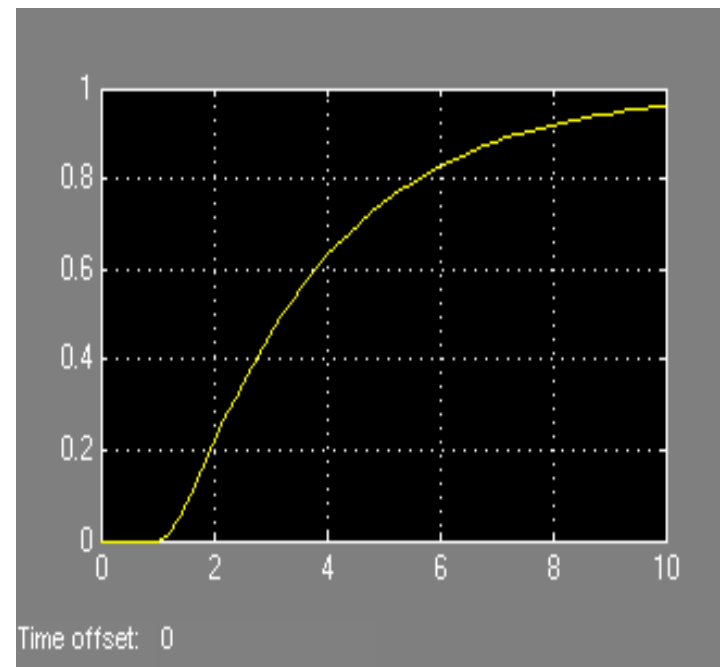
Parametri ovog bloka su koeficijenti imenoca i brojioca funkcije prenosa koji se parametrima prosleđuju u vidu vektora. Apsolutna tolerancija omogućava da se kontroliše greška prilikom rešavanja svih stanja ovog sistema.



# Primer 3

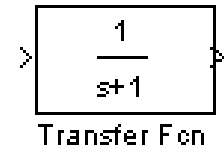


Prelazna funkcija kola inercije dugog reda.





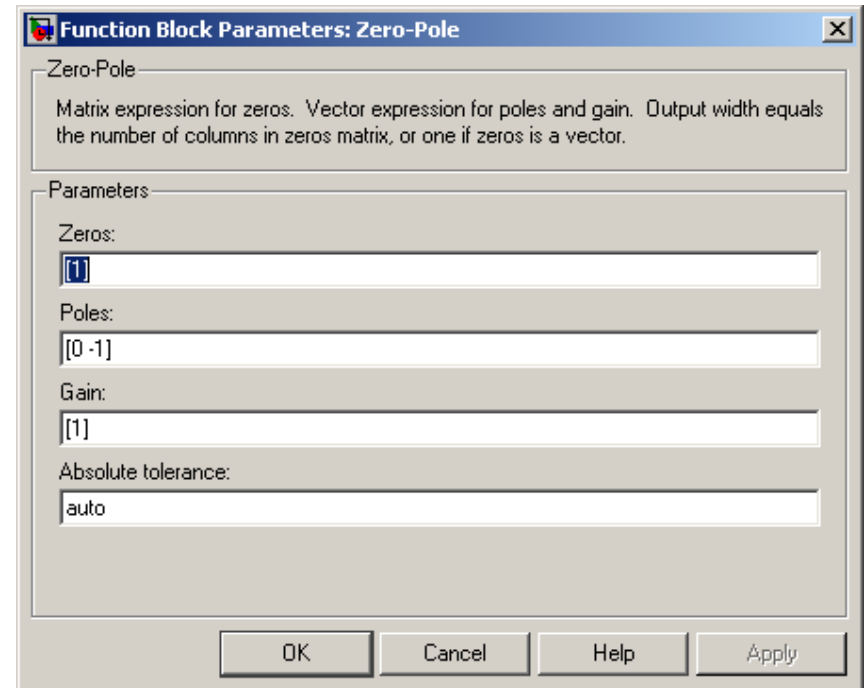
# Funkcija prenosa sistema u razdvojenom obliku



Blok funkcije prenosa sistema u razdvojenom obliku realizuje funkciju prenosa linearnog sistema koja se dobija kao odnos likova izlaza i ulaza sistema. Jedina razlika između ovog i prethodnog bloka je u tome što je u prethodnom slučaju sistem bio zadat koeficijentima polinoma brojioca i imenioca, a u ovom slučaju polovima, nulama i pojačanjem sistema.

# Parametri funkcijskog bloka: Funkcija prenosa sistema

Parametri ovog bloka su nule, polovi i pojačanje funkcije prenosa koji se parametrima prosleđuju u vidu vektora. Apsolutna tolerancija omogućava da se kontroliše greška prilikom rešavanja svih stanja ovog sistema.



Function Block Parameters: Zero-Pole

Zero-Pole

Matrix expression for zeros. Vector expression for poles and gain. Output width equals the number of columns in zeros matrix, or one if zeros is a vector.

Parameters

Zeros:  
[1]

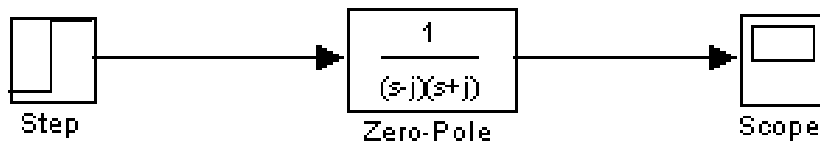
Poles:  
[0 -1]

Gain:  
[1]

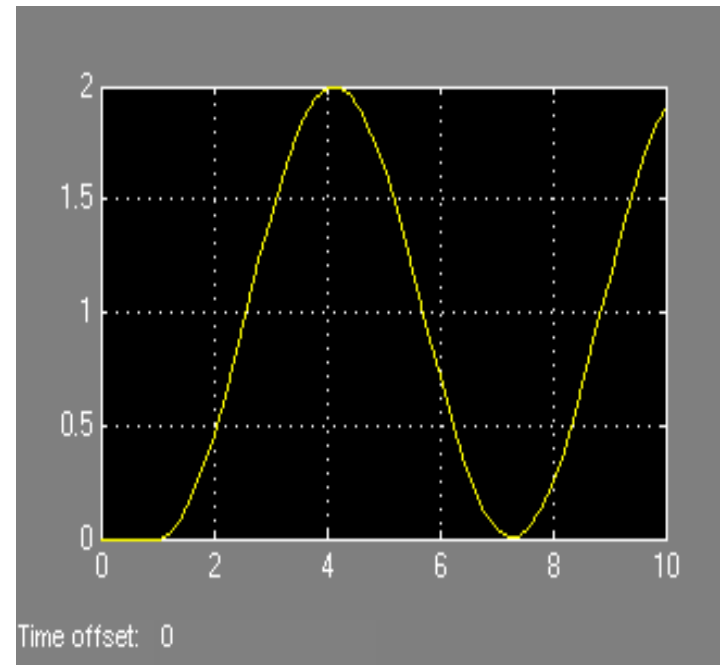
Absolute tolerance:  
auto

OK Cancel Help Apply

# Primer 4



Prelazna funkcija kola inercije drugog reda.



# Model sistema u prostoru stanja

$$\begin{cases} \dot{\mathbf{x}} = \mathbf{Ax} + \mathbf{Bu} \\ \mathbf{y} = \mathbf{Cx} + \mathbf{Du} \end{cases}$$

State-Space

Blok modela sistema u prostoru stanja opisuje sistem jednačinom stanja i jednačinom izlaza.

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{Ax} + \mathbf{Bu}$$

$$\mathbf{y} = \mathbf{Cx} + \mathbf{Du}$$

Gde su  $\mathbf{x}$ ,  $\mathbf{u}$  i  $\mathbf{y}$  vektori kolone,  $\mathbf{A}$  je matrica stanja dimenzija  $n \times n$  ( $n$  broj stanja),  $\mathbf{B}$  matrica ulaza dimenzija  $n \times r$  ( $r$  broj ulaza),  $\mathbf{C}$  matrica izlaza dimenzija  $m \times n$ , ( $m$  broj izlaza) i  $\mathbf{D}$  je matrica koja povezuje ulaz sa izlazom dimenzija  $m \times r$ .

# Parametri funkcijskog bloka: Model sistema u prostoru stanja

Parametri ovog bloka su matrice A, B, C, D i početne vrednosti vektora stanja. Apsolutna tolerancija omogućava da se kontroliše greška prilikom rešavanja svih stanja ovog sistema.

Function Block Parameters: State-Space

State Space

State-space model:  
 $\frac{dx}{dt} = Ax + Bu$   
 $y = Cx + Du$

Parameters

A: 1

B: 1

C: 1

D: 1

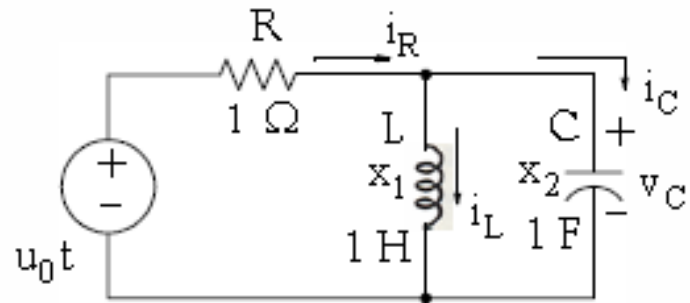
Initial conditions: 0

Absolute tolerance: auto

OK Cancel Help Apply

## Primer 5

Električno kolo prikazano na slici potrebno je opisati modelom u prostoru stanja i naći prelaznu funkciju sistema. Vrednosti odziva prikazivati u bloku display, tokom izvršenja simulacije.



$$\dot{x}_1 = Ax + Bu \rightarrow \begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} u_0 t$$

$$y = Cx + Du \rightarrow \begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \end{bmatrix} u_0 t$$

$$x_0 = \begin{bmatrix} x_{10} \\ x_{20} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

# Primer 6

Parameters

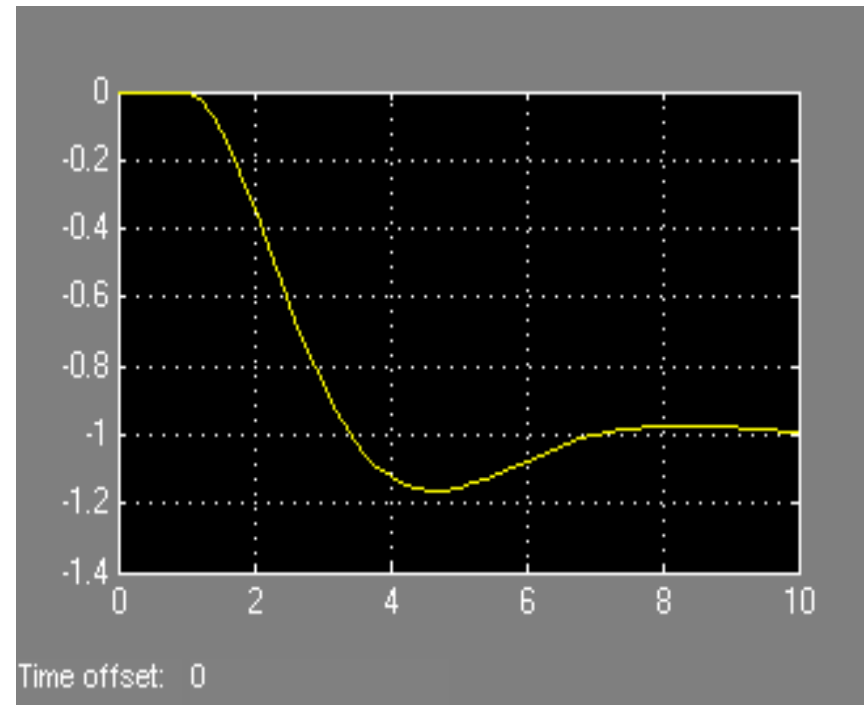
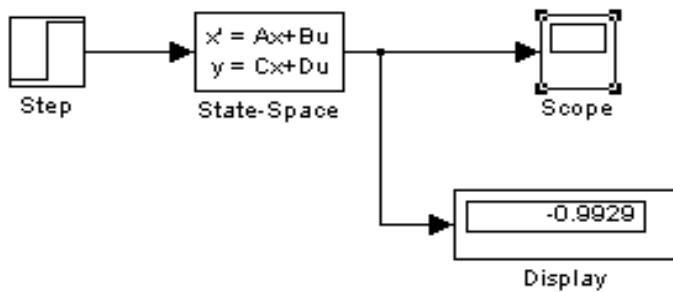
A:  
[0 1; -1 -1]

B:  
[1 0]

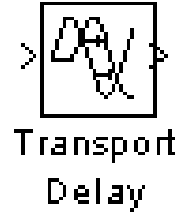
C:  
[0 1]

D:  
0

Initial conditions:  
[0 0]



# Transportno kašnjenje



Blok transportnog kašnjenja zadržava ulaz za određeno, specificirano vreme. Na početku simulacije blok vraća vrednost parametra početnog ulaza sve dok vreme simulacije ne prekorači parametar vremenskog kašnjenja. Parametar vremenskog kašnjenja mora da bude veći od nule. Najbolji rezultati se postižu kada je kašnjenje veće vremenskog koraka simulacije.



# Parametri funkcijskog bloka: Transportno kašnjenje

Parametri ovog bloka su vremensko kašnjenje, početni izlaz, startna veličina bafera za memorisanje vrednosti ulaza, da li koristi fiksiranu veličinu bafera ili se veličina bafera menja u toku izvršenja simulacije u zavisnosti od potrebe i parametri vezani za linearizaciju modela.

Function Block Parameters: Transport Delay

Transport Delay  
Apply specified delay to the input signal. Best accuracy is achieved when the delay is larger than the simulation step size.

Parameters

Time delay: 1

Initial output: 0

Initial buffer size: 1024

Use fixed buffer size

Direct feedthrough of input during linearization

Pade order (for linearization): 0

OK Cancel Help Apply

# Primer 7

