

SIMULINK

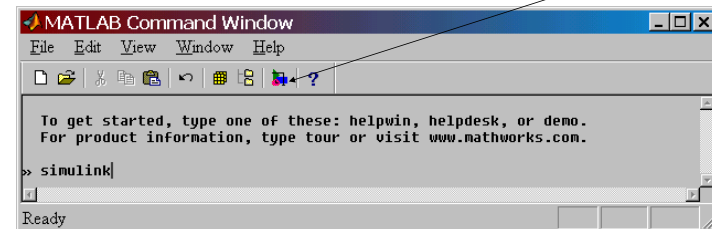
Uvodni primjeri

Nenad Bolf

Zavod za mjerenja i automatsko vođenje procesa
Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije
Sveučilišta u Zagrebu

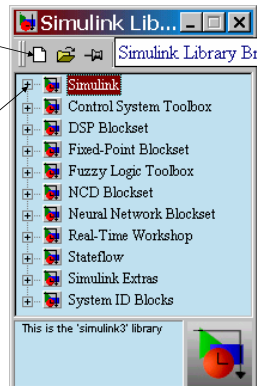
Pokretanje Simulink-a

U MATLAB *Command window*-u,
upisati `>> simulink` i pritisnuti
← Enter ili otvoriti Simulink pomoću ikone



Kreiranje novog modela

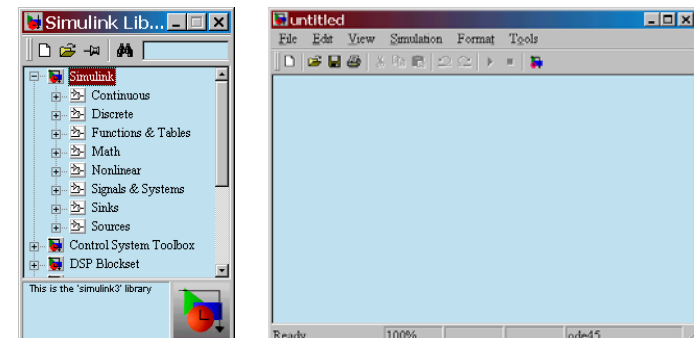
- Kliknuti na ikonu za otvaranje novog Simulink modela u gornje lijevom uglu
- Odabrati ikonu Simulink da bi odabrali elemente modela



Radna površina

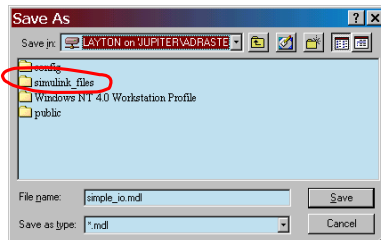
Knjižnica elemenata

Model se gradi u posebnom prozoru



Spremanje modela

- Moguće je otvoriti novi pretinac, npr. *simulink_files*
- Simulink datoteke imaju ekstenziju **.mdl**

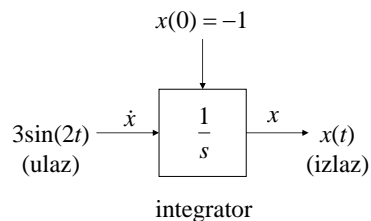


Primjer 1: Jednostavni model

- Izraditi model u Simulinku za rješavanje diferencijalne jednačbe
$$\dot{x} = 3 \sin(2t)$$
- Početni uvjet $x(0) = -1$.
- Prvo, prikažimo simulacijski dijagram matematičkog modela (jednačba)

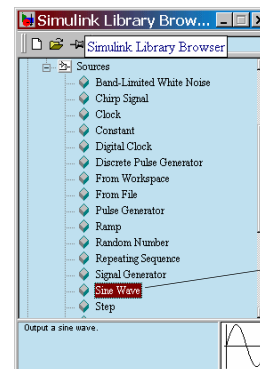
Prikaz modela

- Ulaz je pobudna funkcija $3\sin(2t)$
- Izlaz je rješenje diferencijalne jednačbe $x(t)$

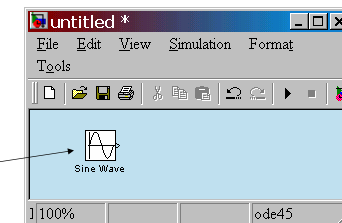


- Izradimo sada model u Simulinku

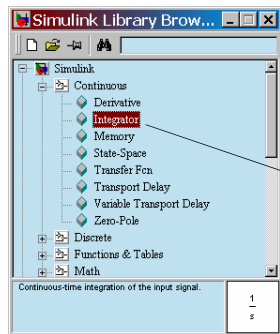
Odabir ulaznog bloka



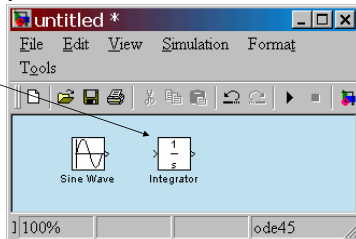
Povucimo blok *Sine Wave* iz *Sources library* u prozor modela



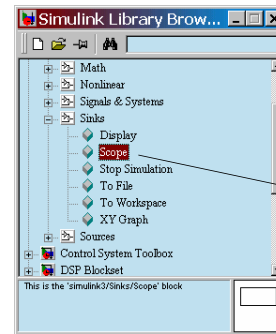
Odabir bloka operatora



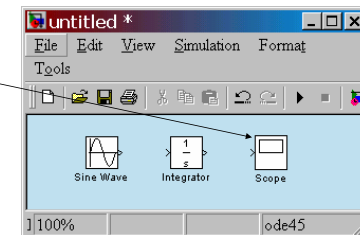
Povucimo blok *Integrator* iz *Continuous* knjižnice u prozor modela



Odabir izlaznog bloka

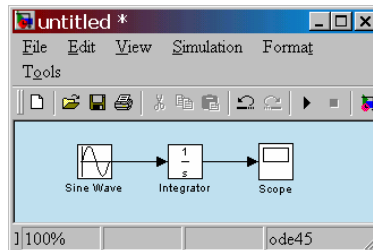


Povucimo blok *Scope* iz *Sinks* knjižnice u prozor modela



Povezivanje blokova (signali)

- Postavimo kursor na izlazni port (>) bloka *Sine Wave*
- Spojimo izlaz *Sine Wave*-a i ulaz *Integrator*-a
- Spojimo izlaz *Integrator*-a i ulaz *Scope*-a

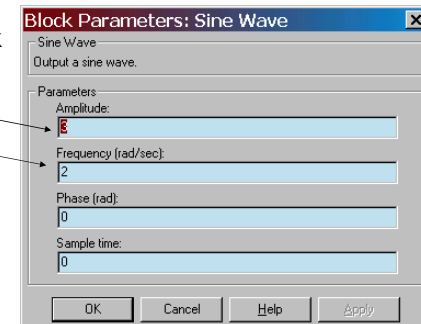


Strelice pokazuju na smjer toka signala.

Odabir simulacijskih parametara

Dvostruki klik na blok *Sine Wave* za unos amplitude i frekvencije

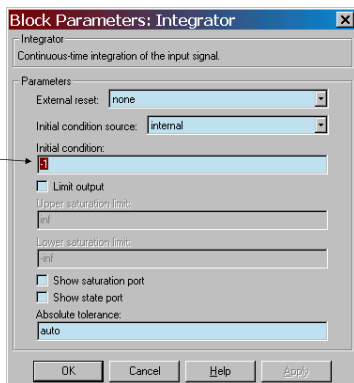
Definiramo željeni ulaz:
 $3\sin(2t)$



Odabir simulacijskih parametara

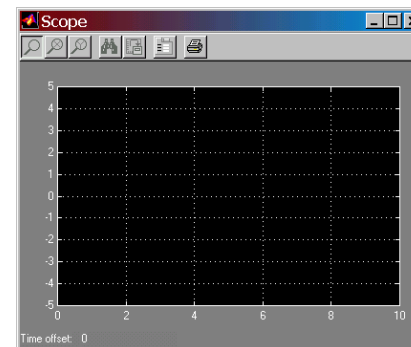
Dvostruki klik na blok *Integrator* za postavljanje početnih uvjeta

Naš početni uvjet je $x(0) = -1$.



Prikaz rezultata simulacije

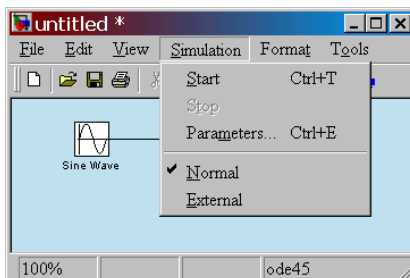
Dvostruki klik na blok *Scope* za prikaz rezultata simulacije



Pokretanje simulacije

U prozoru modela, iz padajućeg izbornika *Simulation*, odabiremo *Start*.

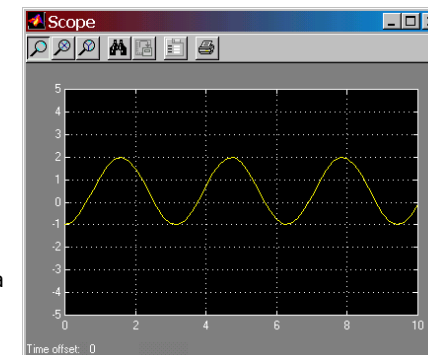
Pogledajmo izlaz $x(t)$ u prozoru *Scope*.



Rezultati simulacije

Da bi provjerili je li ovaj prikaz predstavlja rješenje zadatka, pogledajmo analitičko rješenje.

Analitičko rješenje, $x(t) = \frac{1}{2} - \frac{3}{2} \cos(2t)$ odgovara egzaktno simulacijskim rezultatima (gafički prikaz).



Primjer 2

- Izradimo Simulink model koji rješava sljedeću diferencijalnu jednačbu
 - Jednačba 2.rede - sustav *masa-opruga* (prigušeno titranje)
 - Početni uvjeti su jednaki nuli (0)
 - ulaz $f(t)$ je skok veličine 3
 - Parametri: $m = 0.25, c = 0.5, k = 1$

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = f(t)$$

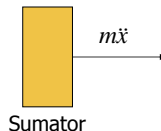
Prikaz modela procesa

- Sljedeći slajdovi:
 - Korak po korak gradimo simulacijski dijagram za rješavanje obične diferencijalne jednačbe.
 - U svakom koraku dodajemo elemente u Simulink model.

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = f(t)$$

(nastavak)

- Prvo, riješimo model za član s derivacijom najvišeg reda
$$m\ddot{x} = f(t) - c\dot{x} - kx$$
- Lijevu stranu ove jednačbe prikazimo kao izlaz bloka sumatora (*summing block*)

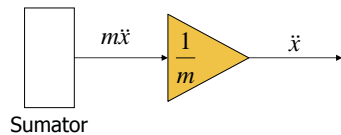


Povucimo blok *Sum* iz *Math* knjižnice

Dvostruki klik da bi promijenili oblik bloka u pravokutni (*rectangular*) i postavili + - -

(nastavak)

- Dodajemo blok *Gain* (množenje) da bi eliminirali koeficijente i izrazili odvojeno najvišu derivaciju



Povucimo blok *Gain* iz *Math* knjižnice

Gain je 4 budući da je $1/m=4$.

Block Parameters: 1/mass

Gain
Scalar or vector gain, $y = k \cdot u$

Parameters:
Gain:

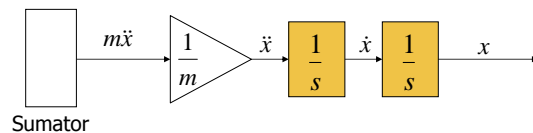
Saturate on integer overflow

OK Cancel Help Apply

Dvostruki klik da bi promijenili parametre bloka.

(nastavak)

- Dodajmo integratore da bi dobili željenu izlaznu varijablu



Povucimo blok *Integrator* iz *Continuous* knjižnice

Početni uvjeti integratora iznose 0.

Block Parameters: 1/s

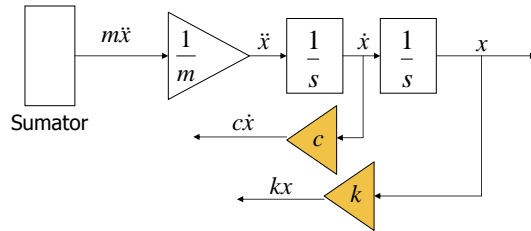
Continuous-time integration of the input signal.

1/s

Dodajemo *Scope* iz *Sinks* knjižnice.
Povezujemo ulazne i izlazne portove.
Imenujemo signale dvostrukim klikom na liniju.

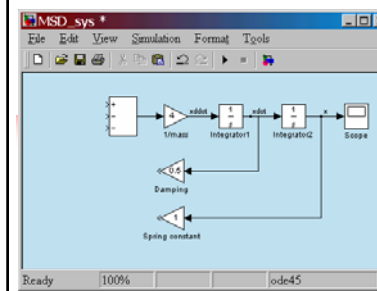
(nastavak)

- Povezujemo integrirane signale s *Gain* blokovima da bi dobili desnu stranu jednačbe



Dovlačimo novi *Gain* blok iz *Math* knjižnice

Okrenimo blok *Gain*, tako da ga selektiramo i odaberemo *Flip Block* s padajućeg izbornika *Format*.

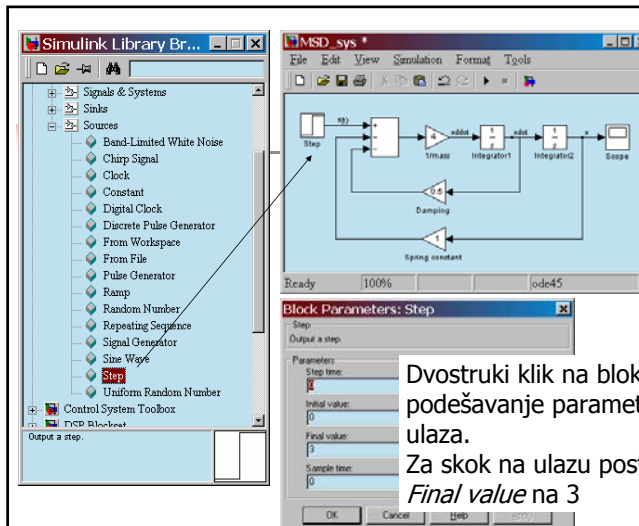
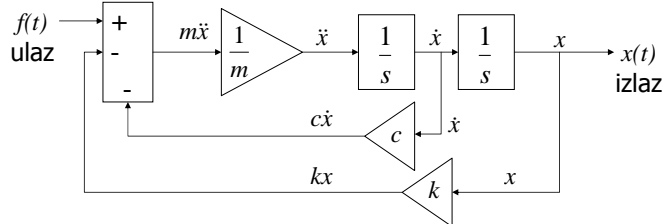


- Dvostruki klik na *Gain* blok da bi postavili parametre
- Povežimo ulaz *Gain* blokove unazad do točke grananja.
- Promjenimo ime *Gain* blokovima.



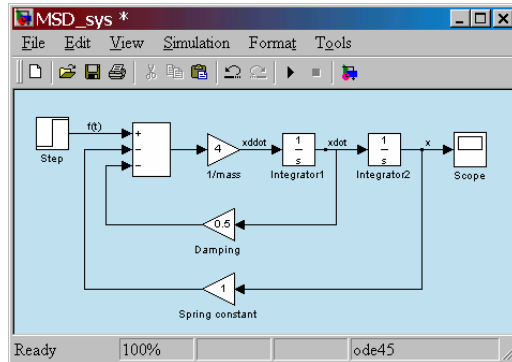
Završetak modela

- Dovodimo sve signale i ulaze na blok za sumiranje.
- Provjeravamo predznake na sumatoru.

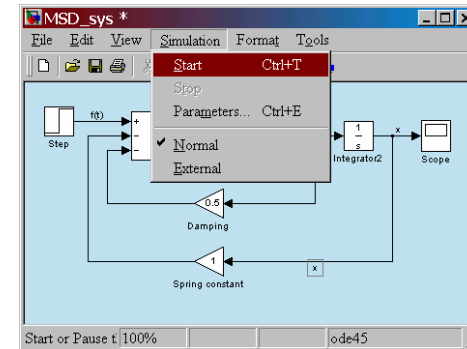


Dvostruki klik na blok *Step* za podešavanje parametara ulaza.
Za skok na ulazu postavljamo *Final value* na 3

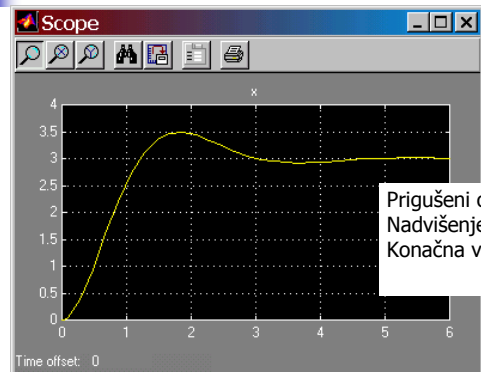
Konačni izgled Simulink modela



Pokretanje simulacije



Rezultat



Analiza na temelju jednadžbe gibanja

- Standardni oblik $\frac{\ddot{x}}{m} + \frac{c}{k}\dot{x} + x = \frac{1}{k}f(t)$
- Prirodna frekvencija $\omega_n = \sqrt{\frac{k}{m}} = 2.0$
- Koeficijent prigušenja $\frac{2\zeta}{\omega_n} = \frac{c}{k} \rightarrow \zeta = 0.5$
- Statička osjetljivost $K = \frac{1}{k} = 1$



Provjera rezultata simulacije

- Koeficijent prigušenja 0.5 je manji od 1.
 - Očekujemo prigušenu oscilaciju.
 - Očekujemo nadvišenje.
- Statička osjetljivost je 1.
 - Veličina izlaza je jednaka veličini ulaza
 - Iznos ulaza je 3, isto kao i izlaza.
- Rezultati simulacije slažu se s očekivanjima.



Završetak analize
