



Univerza v Ljubljani
Fakulteta *za elektrotehniko*

SIMULACIJE

- Področja uporabe simulacij
- Koncept simulacij
- Razvoj simulacij skozi zgodovino
- Uvod v MATLAB/Simulink
- Kratka priprava na laboratorijske vaje



Simulacije

Simulirati poškodbo, bolezen, udarec...

simulacija

[lat. *simulatio* iz *similis*] ... podoben

simulirati

[lat. *simulare*] ... napraviti podobno

Simulacije na različnih **področjih**

(od preprostih do kompleksnih sistemov)...

področje simulacij... zelo obsežno

Literatura:

B. Zupančič (s prispevki R. Karbe in Draga Matka):

Simulacija dinamičnih sistemov (FE, 1995)



Simulacije

Nekatera področja s primeri, kjer srečamo simulacije:

◆ Tehnika

- Jedrska elektrarna
- Simulator letenja
- Poskusna trčenja
- Aerodinamika
- Naprave v elektrotehnikih:
 - ◆ digitalna, analogna vezja
 - ◆ elektromagnetne strukture
 - ◆ komunikacijska omrežja
- Regulacijski sistemi
- ...



Simulacije

Nekatera področja s primeri, kjer srečamo simulacije:

◆ Narava

- Vreme
- Številčnost populacij različnih vrst v ekosistemih
- Sinteza beljakovin
- Genetski inženiring

◆ Družba

- Sociologija
- Mikroekonomija
- Makroekonomija

◆ Navidezna resničnost (simulacija v realnem času ↑↑)



Simulacije

Koncept simulacij:

Model sistema \Leftrightarrow diferencialne enačbe

Bistvo simulacijskega postopka:

- **reševanje diferencialnih enačb za podani model**

Različne metode reševanja diferencialnih enačb:

- **indirektna** (zaporedno **integriranje** dane enačbe)
- direktna
- implicitna
- prenosna funkcija...



Simulacije

Računalniki za simulacije:

- **Mehanski analogni** (vrtenje, natakanje tekočine...)



$$\varphi(t) = \int_0^t \omega(\tau) d\tau$$

$$V(t) = \int_0^t \phi(\tau) d\tau$$

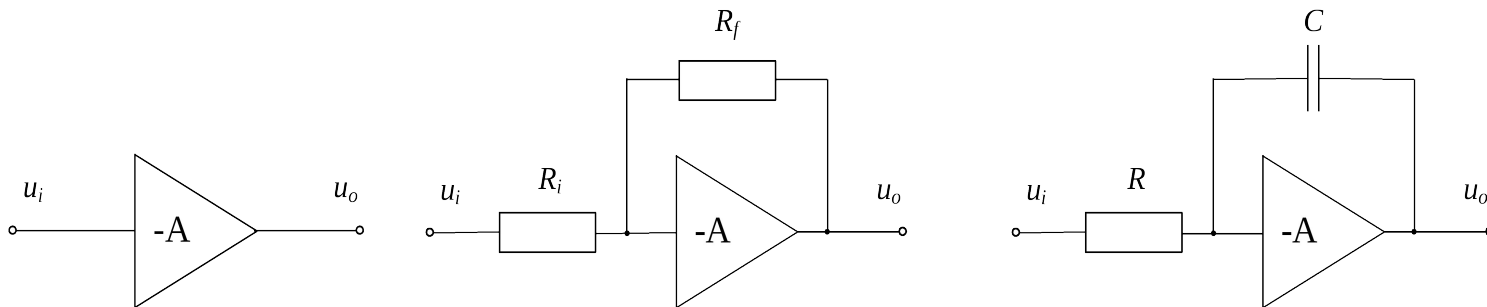
- **Elektromehanski analogni**
- **Digitalni - RELEJSKI**



Simulacije

Računalniki za simulacije:

- **Elektronski** analogni (osnova - operacijski ojačevalnik)



$$u_o = -A \cdot u_i$$

$$u_o = -\frac{R_f}{R_i} \cdot u_i$$

$$u_o = -\frac{1}{RC} \cdot \int u_i dt$$

- **Hibridni** (analogni+digitalni):

prednost: analogni koncept integriranja

(paralelno procesiranje: sočasno integriranje več integratorjev)



Simulacije

Računalniki za simulacije:

- **Elektronski digitalni**

◆ Koncept programskih paketov za digitalno simulacijo:

- izhaja iz **analogne simulacije**

◆ *Numerične metode:*

- trapezna, pravokotniška, Simpsonova, Eulerjeva, Runge-Kutta...
- enokoračne, večkoračne, eksplicitne...

◆ *Časovna diskretizacija* (diferencialne enačbe \Rightarrow diferenčne enačbe)



Simulacije

Računalniki za simulacije:

- **Elektronski digitalni**

- ◆ *Predstavitev problema (simuliranega modela):*

- strojni jezik
- višji programski jeziki (Fortran, Pascal, C)
 - ◆ uporaba že izdelanih funkcij iz knjižnic
- ukazi (posebni simulacijski jeziki, npr. ACSL, PADSIM, SIMCOS)
- grafično (vezje, elektromagnetna struktura, blokovna shema...)

- ◆ *Splošni simulacijski podatki:*

- integracijska metoda
- simulacijski čas ("tek"); to je čas v **modelu**
- časovni korak pri integriranju (v modelu!):
 - ◆ konstanten
 - ◆ spremenljiv (toleranca!)

$$\Delta t_{\max} < \frac{T_{\min}}{10}$$



Simulacije

Računalniki za simulacije:

- **Elektronski digitalni**

- ◆ *Čas računanja (!) odvisen od:*

- simulacijskega časa
- integracijskega časovnega koraka
- uporabljene integracijske metode
- zahtevnosti obdelovanega modela
- učinkovitosti programskega paketa
- zmogljivosti računalnika