

# Simulering og eksperimentel modelbestemmelse

Klaus Trangbæk

`ktr@es.aau.dk`

Automation & Control

Aalborg University

Denmark

# Dagens program

- Modeller og modellering: koncepter
  - Definitioner
  - Simulering
  - Matematiske modeller
- Modelbeskrivelse
  - Overføringsfunktioner
  - Tilstandsbeskrivelse
  - Blok-diagrammer
- Diskretiseringsmetoder
- Simulering af lineære og ulineære dynamiske systemer i Matlab

# Modeller og modellering: koncepter

## Definition:

**Model:** en *repræsentation* – i en brugbar form – af de *essentielle dele* af et system.

# Karakterisering af modeller/modellering

Modeller:

**matematiske** – andre  
**parametriske** – ikke-parametriske  
**kontinuert tid** – diskret tid  
**input/output** – **tilstands**  
**lineære** – **ulineære**  
**dynamisk** – statisk  
**tidsinvariant** – tidsvarierende  
**SISO** – **MIMO**

Modellering/systemidentifikation:

**teoretisk (fysisk)** – **eksperimentel**  
white-box – **gray-box** – black-box  
**strukturbestemmelse** – **parameter-estimation**  
**tidsdomæne** – **frekvensdomæne**  
**direkte** – indirekte

# Fysiske parametre

Fysiske parametre er **modelparametre** med en indlysende **fysisk mening** eller betydning.

# Simulering

## Formål:

- At opnå forståelse af systemet
- Forudsigelse af fremtidigt system output
- Design og test af kontrolsystem
- Optimering af konstruktion
- Træning af operatører på real-tids simulatorer
- Model parameter estimation fra eksperimenter

# Simulering

## Formål:

- At opnå forståelse af systemet
- Forudsigelse af fremtidigt system output
- Design og test af kontrolsystem
- Optimering af konstruktion
- Træning af operatører på real-tids simulatorer
- Model-parameter-estimation fra eksperimenter

## En computer simulation forudsætter:

- En diskrettid-model
- Mulighed for at udføre eksperimenter på modellen, fx. specificere inputsignal og parametre
- Grafiske værktøjer til at præsentere resultatet

# Matematiske Modeller

Modelbeskrivelser:

- Overføringsfunktion
- Tilstandsbeskrivelse
- Blok-diagram



# Diskretiseringsmetoder

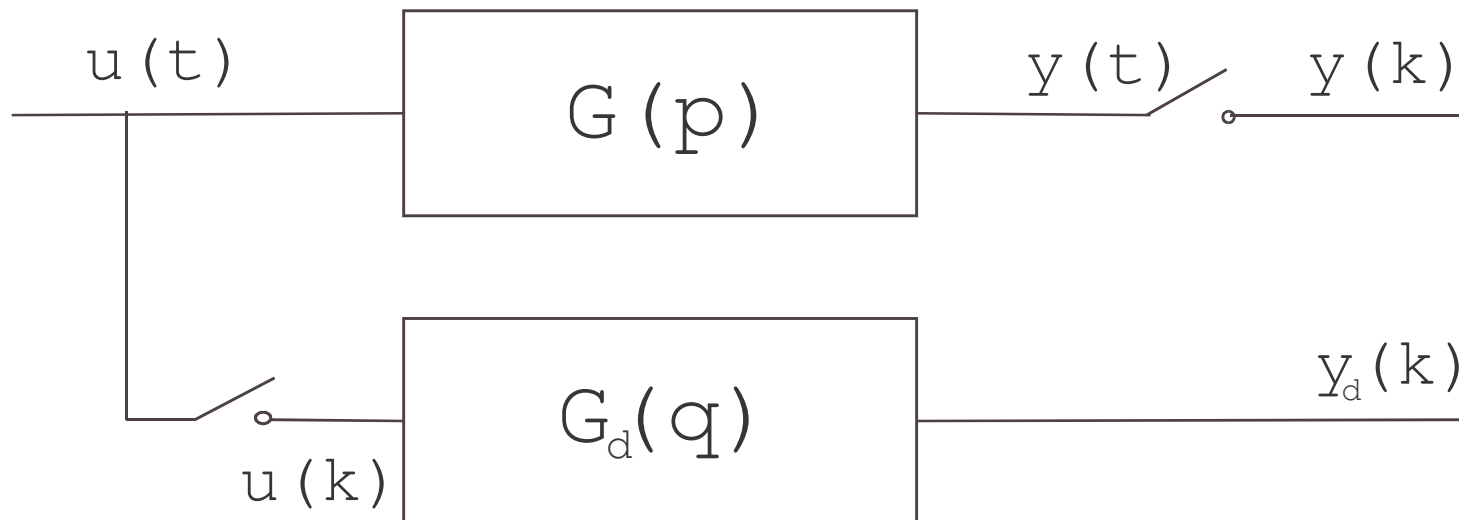
Navn	Algoritme	Karakteristik
Forward Euler	$s \rightarrow \frac{z - 1}{T}$	$x'(t)$ konstant over perioden
Tustin (Bilineær transformation)	$s \rightarrow \frac{2}{T} \frac{z - 1}{z + 1}$	$x'(t)$ variere lin. over perioden
Step invariant (ZOH ækvivalent)	$G_d(z) = (1 - z^{-1})Z\{\frac{1}{s}G(s)\}$	$u(t)$ konstant over perioden
Ramp invariant (Tr H ækvivalent)	$G_d(z) = \frac{(1 - z^{-1})^2}{z^{-1}T}Z\{\frac{1}{s^2}G(s)\}$	$u(t)$ variere lin. over perioden
Pole-Zero mapping	$z_0 = e^{s_0 T}$	

# Invariante transformationer

Givet et analogt system  $G(p)$ .

Bestem overføringsfunktionen  $G_d(q)$  for et diskret system (modellen), så outputtene er ens til samplingstidspunkterne:

$$t = kT \Rightarrow y_d(k) = y(kT)$$



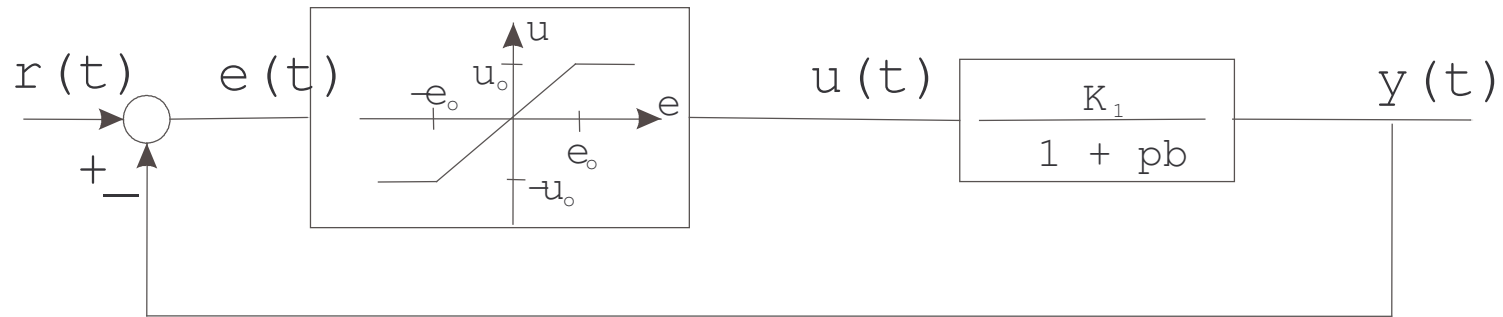
# Simulering af lineært system i Matlab

Senstools behøver en Matlab funktion:  $y = \text{simprocess}(u,t,\text{par})$

Eksempel: Lineært system  $\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{K}{1 + s\tau}$

- a) Tistandsmodel og for-løkke
- b) 'filter'/'dlsim' funktion
- c) 'lsim' fkt.

# Simulering af ulineært system i Matlab

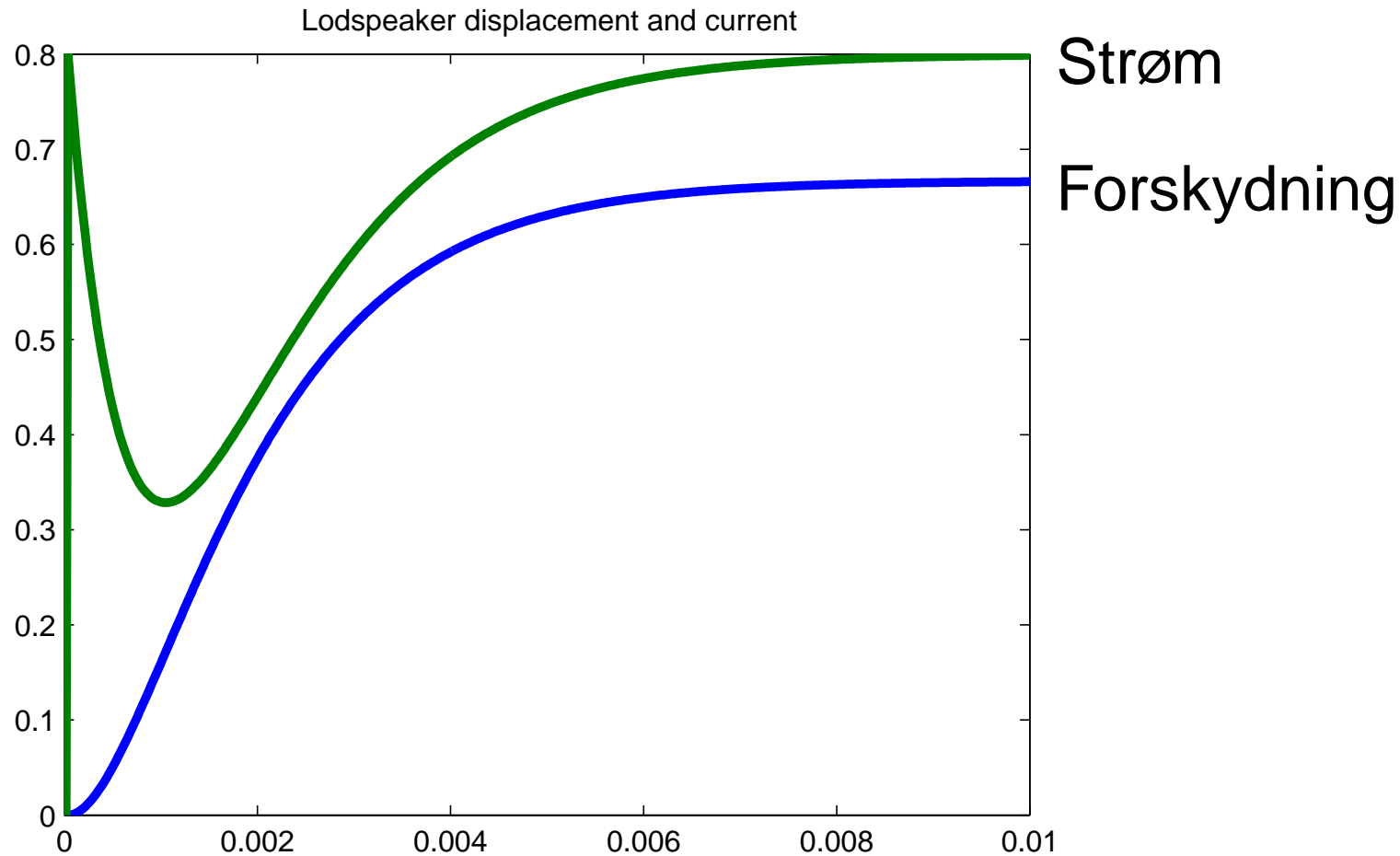


Mætning:

$e < -e_0:$	$u = -u_0$
$-e_0 \leq e \leq e_0:$	$u = ke$
$e_0 < e:$	$u = u_0$

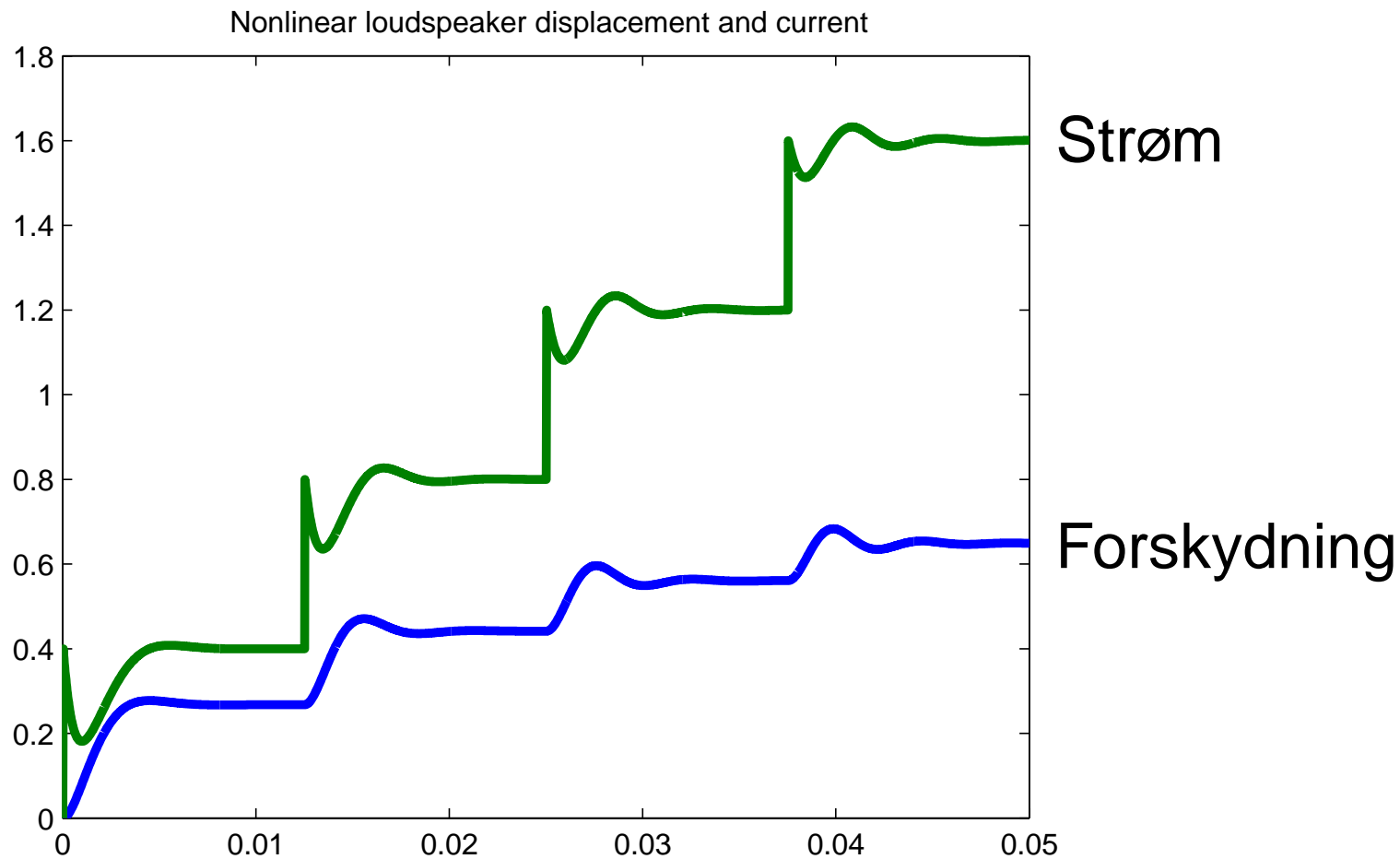
# Modellering og simulering af højttaler

Steprespons:



# Ulineær højtalermodel

Steprespons:



# Simulering af ulineært system i Matlab

Senstools behøver en Matlab funktion:  $y = \text{simprocess}(u,t,par)$

- a) Tistandsmodel og for-løkke
- b) 'odexxx' funktion
- c) 'simulink'

# Næste Forelæsning

Næste gang ser vi på:

- Senstools
- Parameter-estimation med Senstools