

# Välkommen till TSDT84 Signaler & System samt Transformer!

[www.cvl.isy.liu.se/education/undergraduate/TSDT84](http://www.cvl.isy.liu.se/education/undergraduate/TSDT84)

**Examinator: Lasse Alfredsson**

**Föreläsare HT1: Mårten Wadenbäck**

- Lasse.Alfredsson@liu.se
- Marten.Wadenback@liu.se
- Tjänsterum 2D:549 resp. 2D:527 mellan ing. B25 & B27, markplanet, D-korridoren
- Universitetslektor resp. bitr. universitetslektor vid avdelningen **Datorseende** på ISY
- Lasse disputerat inom diskret matematik / signalbehandling / **transformer** / VLSI
- Mårten disputerat inom matematik och datorseende

## **Lektionsassistenter**

- Karl Holmquist (doktorand)
- Frida Blomstedt, (student, D4)

- **Datorseende** *Visuella (t.ex. robot-)system (autonoma farkoster), bildbehandling, maskininlärning m.m.*
- **Datorteknik** *Design av processorarkitekturer och digital logik, integrerade kretsar (VLSI) m.m.*
- **Elektroniska kretsar och system** *Integrerade kretsar (VLSI) och deras tillämpningar i sammansatta system m.m.*
- **Fordonssystem** *Kontroll, diagnos och övervakning av olika säkerhets- och prestandafunktioner m.m. i fordon*
- **Informationskodning** *Datasäkerhet, kvantkryptografi, datorgrafik, datakompression, organisk elektronik m.m.*
- **Kommunikationssystem** *Digital och trådlös kommunikation – bl.a. MIMO & 5G-system, energieffektiv signalbehandling m.m.*
- **Reglerteknik** *Kontroll, robotik och autonoma system, sensorfusion, systemidentifiering m.m.*

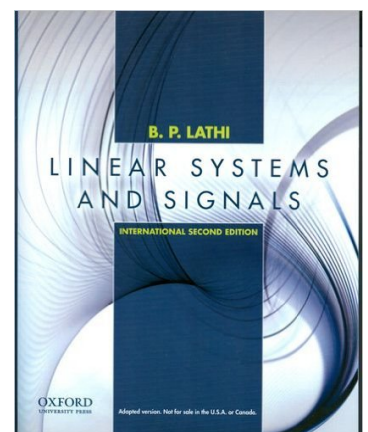
## Kurslitteratur

### Från kurswebbsidan (TSDT18):

Det finns en bred flora av böcker som är lämpliga som kurslitteratur. Den här kursen följer innehållet i "**Linear Systems and Signals**" av **B. P. Lathi**, 2:a upplagan från 2010.

- Innehåller *teoridel & lektionsuppgifter*
- Finns även som **e-bok**, läs via biblioteket.

*(Dock finns en del OCR-fel, t.ex. några minustecken saknas och "–t" har på något ställe blivit "–1".  
Läs om detta i info om kurslitteraturen på kurswebbsidan!)*

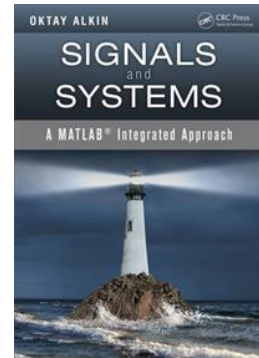


## Exempel på *alternativa* teoriböcker

- "**Signals and Systems, A Matlab Integrated Approach**" av Oktay Alkin, CRC Press 2014.

En *mycket* trevlig och lättläst bok, med många medföljande matlabfunktioner som stöd för inläringen.

- Pris: Ungefär samma som Lathis bok – finns på Bokakademin.
- Bokens webbsida: [signalsandsystems.org](http://signalsandsystems.org)
- Finns även som e-bok!



- "**Från insignal till utsignal**", Sune Söderkvist, Tryckeriet Erik Larsson 2007.

Finns också på Bokakademin, men säljs ev. bara i ett lite dyrare paket med tillhörande övningsbok och formelsamling.



## Det som tillkommer, utöver kursbok, är

- En **kursspecifik formelsamling**, "**Formelsamling för Signaler & System**", ver. 2.0 från 2015, av Lasse Alfredsson. Köps på Bokakademin.
  - Notera några få rättelser som finns längst bak i formelsamlingen (samt på kurswebbsidan)
- **Examinators lösningar** till lektionsuppgifterna i **HT1** – se lektionswebbsidan.
- Ett **laborationsmaterial** (HT2) – i år i digitalt format, **MatLab Live Script** (i stället för pappersformat, som gällde t.o.m. 2019).

## Kursupplägg HT1 – Transformteori

### Föreläsningsform: Flippat klassrum

- Studenterna ser 2–3 videoklipp på 6–18 min/st innan respektive föreläsning:
  - **Distansföreläsningar via Zoom** – vi önskar att du har webbkameran påslagen
  - Teorigenomgångar varvat med förtydligande exempel.
  - Länk från föreläsningssidan till videoklippen på **YouTube**.
  - Konsekvens: Mer tid på föreläsningen för räkneexempel, knyta samman olika kursdelar m.m. – dvs. mer inläring under föreläsningarna!
- **OBS: Upplägget förutsätter att du verkligen ser videoklippen** före varje föreläsning, annars kommer du inte att förstå vad som sker på föreläsningen!
  - Du som tycker att videogenomgångarna går för sakta kan antingen spela upp i högre hastighet eller läsa motsvarande avsnitt i kursboken.

## Kursupplägg HT1 – Transformteori

### Lektioner

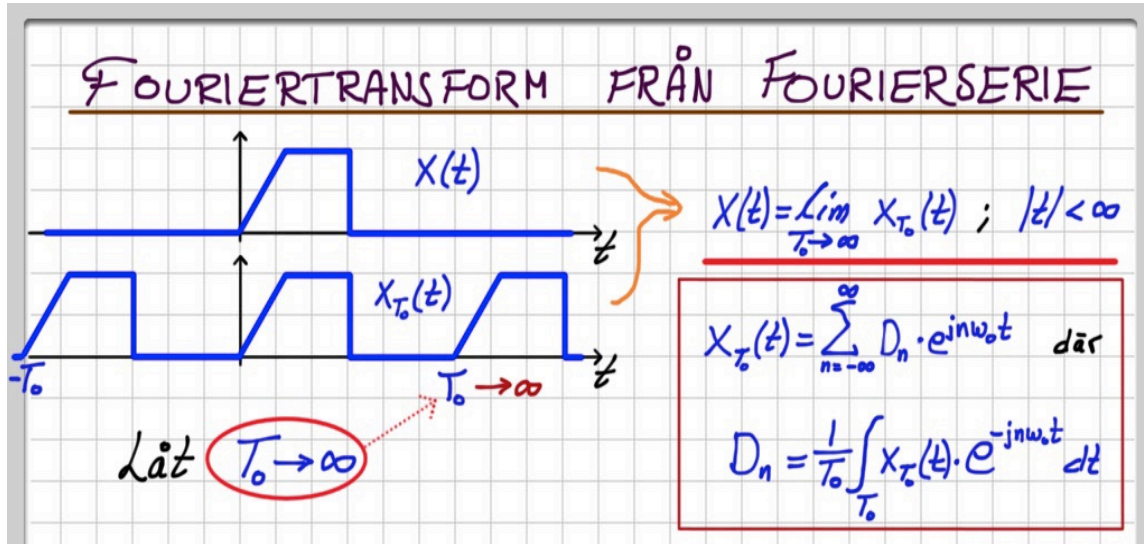
- Även lektionerna ges på distans via Zoom (*se länk på kurswebbsidan*):
  - Båda lektionsassistenterna finns tillgängliga i samma Zoom-mötesrum
  - Efter en inledande genomgång är assistenterna tillgängliga för hjälp
  - De som behöver hjälp tas till separata break out-rum
  - Försök gärna att lösa räkneuppgifter på egen hand *innan* respektive lektion och efterfråga hjälp under lektionstid för delar som du har frågor på
  - Du behöver inte ha webbkameran påslagen

### Frågeseminarium – innan kontrollskrivningen

- Mårten svarar på frågor som studenterna på förhand har skickat in
- Distansseminarium
- **Skicka in dina frågor!**

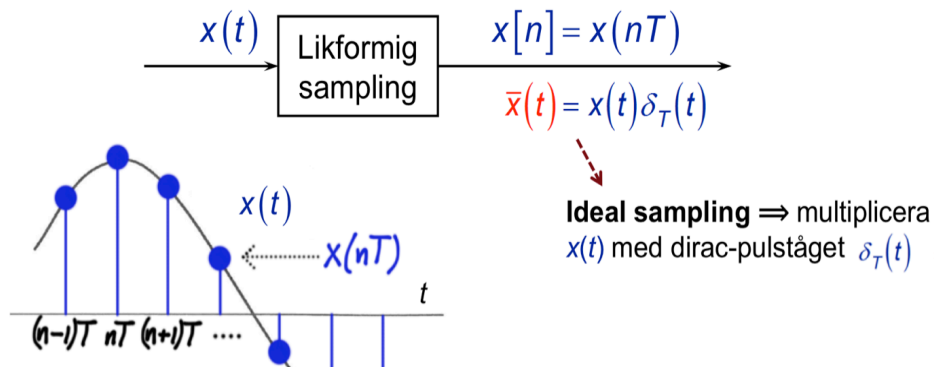
## Föreläsningsvideor – Exempel 1

Från föreläsning 2 ([youtu.be/laM\\_yrD5tlQ](https://youtu.be/laM_yrD5tlQ))



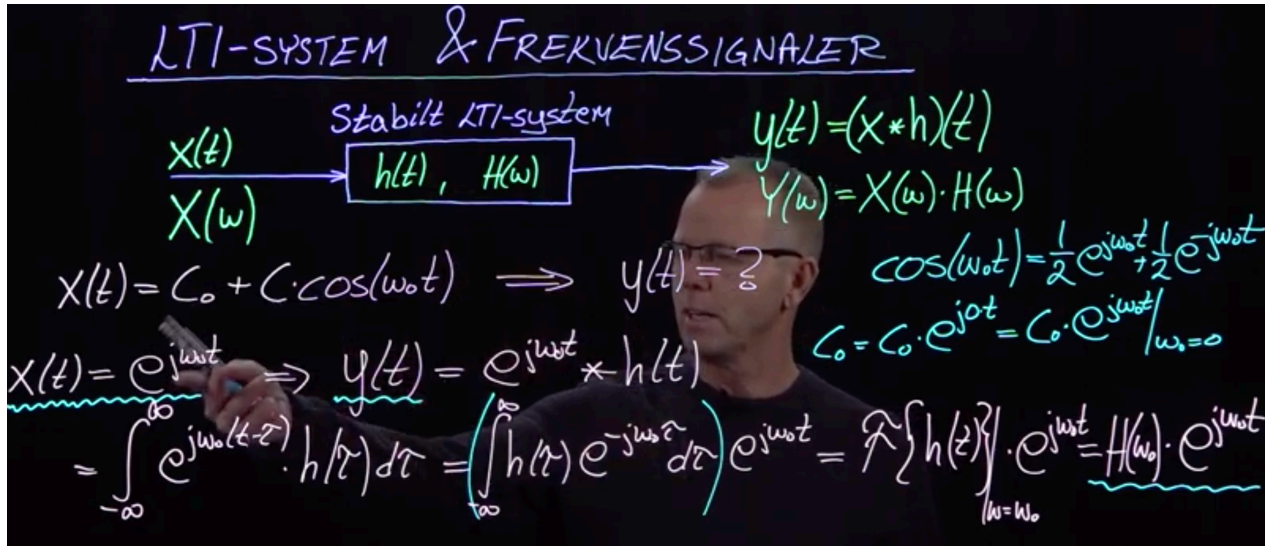
## Föreläsningsvideor – Exempel 2

Från föreläsning 4 ([youtu.be/j0qNAGcBtWI](https://youtu.be/j0qNAGcBtWI))



## Föreläsningsvideor – Exempel 3

Nya videor som kommer under HT2 ([youtu.be/R7KHqdg5bDU](https://youtu.be/R7KHqdg5bDU))



## Kontrollskrivning i transformteori efter HT1

- KTR1 – Kontrollskrivning i transformteori (2 hp), betyg **U/G**
    - Syfte: **Inlärningshjälp för dig!**
    - Den som följer med i HT1 som "normalstudent" bör klara kontrollskrivningen!
    - **Flervalsfrågor** – dina beräkningar lämnas som bilaga.
- Max 30 poäng:

|                   |                       |                           |
|-------------------|-----------------------|---------------------------|
| 0 – 9 p: <b>U</b> | 10 – 14 p: <b>U/K</b> | 15 – 30 p: <b>Godkänd</b> |
|-------------------|-----------------------|---------------------------|



**Underkänd**, men du får lämna skriftlig **komplettering** på dina egna lösningar (om du gjort mindre slarv-/tankefel).

**OBS:** Om kontrollskrivningen sker på distans kan poänggränserna komma att justeras!

### Exempel – kontrollskrivningens flervalsfrågor,

#### 1-poäng: Oftast en grundläggande kunskapsfråga

4. Diracimpulsen definierades under en fouriertransformföreläsning.

Vilket av nedastående samband, som involverar diracimpulsen, är *korrekt*?

(1 p)

a)  $\delta(t) = \int_{-\infty}^t u(\tau) d\tau$

b)  $\delta(t) = \lim_{\tau \rightarrow 0} (u(t-\tau) - u(t))$

c)  $\delta(t) = \frac{du(t)}{dt}$

d)  $u(t) = \frac{d\delta(t)}{dt}$

### Exempel – kontrollskrivningens flervalsfrågor,

#### 2-poäng: Oftast att härleda/visa någon transformegenskap

8. Om  $X(s)$  är den enkelsidiga laplacetransformen till  $x(t)$ , vilken enkelsidig laplacetransform

$Y(s)$  har i så fall signalen  $y(t) = \frac{dx(t)}{dt}$ ?

(2 p)

a)  $Y(s) = sX(s) - x(0^-)$

b)  $Y(s) = sX(s) + x(0^-)$

c)  $Y(s) = sX(s)$

d)  $Y(s) = \frac{dX(s)}{ds}$

**Exempel – kontrollskrivningens flervalsfrågor,**  
**3-poäng: Oftast en beräkningsfråga**

12. Vilken av uttrycken nedan utgör inversa z-transformen till  $X[z] = \frac{z^2 + 12z}{z^2 - z - 6}$ ,  $|z| > 3$ ? (3 p)

a)  $x[n] = (3^{n+1} - (-2)^{n+1})u[n]$

b)  $x[n] = (3^{n+1} + (-2)^{n+1})u[n]$

c)  $x[n] = (3^{n+1} - 2^{n+1})u[n]$

d)  $x[n] = (3^{n+1} + 2^{n+1})u[n]$

**Förra årets kursutvärdering, Evaluate (lite inledningsvis)**

- Endast 11% svarande (14 av 124)
- Helhetsbetyg 4,0
- Jag återkommer med mer detaljer i HT2, när Signaler & system-delen börjar!
- Dock några allmänna kommentarer:
  - Omvänt klassrum bra!
  - Lektionsassistenterna var inte alltid så väl förberedda
  - Boken är för tjock

**Nytt för i år:**

- Kursen går i huvudsak i distansläge, p.g.a. coronapandemin
- Konverterat labbhäfte till digitalt format, Matlab Live Script

## HT2: Signaler & System

- 100% samläsning med TSDT18 Signaler & System för Y3, Yi3, Med3, I3/li3-system
- Transformteori är *nödvändig* förkunskap inför Signaler & System-delen!
- Två frågeseminarier
- **TEN3**: Tentamen i Signaler & System (5 hp), betyg U, 3, 4, 5
- **LAB1**: Laborationer i Signaler & System, betyg U, G

## Föreläsningsplanering HT2

1. Inledning, Signaler & System
2. *forts. Inledning, Signaler & System*  
Tidsdomänanalys av tidskontinuerliga system
3. *forts. Tidsdomänanalys av tidskontinuerliga system.*
4. **Fourierserieanalys** av tidskontinuerliga periodiska signaler
5. **Fouriertransformanalys** av tidskontinuerliga signaler
6. *forts: Fouriertransformanalys av tidskontinuerliga signaler & system*
7. Sampling & rekonstruktion
8. Rekonstruktion  
Diskreta fouriertransformen (DFT)

**HT1: Fö 1–2**

**HT1: Fö 2–3**

## Föreläsningsplanering HT2

9. **Laplaceformanalys** av tidskontinuerliga system

**HT1: Fö 4**

10. *forts. Laplaceformanalys av tidskontinuerliga system*

11. *forts. Laplaceformanalys av tidskontinuerliga system*  
Tidsdomänenanalys av tidsdiskreta signaler och system

12. *forts. Tidsdomänenanalys av tidsdiskreta signaler och system*

13. **z-formanalys** av tidsdiskreta system

**HT1: Fö 5**

14. **Fourieranalys** av tidsdiskreta signaler och system

**HT1: Fö 6**

## Kurser i åk 3 med behov av transformkunskaper

### Termin 5

- TSDT84 Signaler & System samt Transformer

### Termin 6

- TSRT12 Reglerteknik (*för D*)
- TSKS10 Signaler, information och kommunikation

**Många andra kurser, speciellt på ISY men även andra institutioner, använder också transformer som "matematiska verktyg"!**

# Signaler & System – kort introduktion

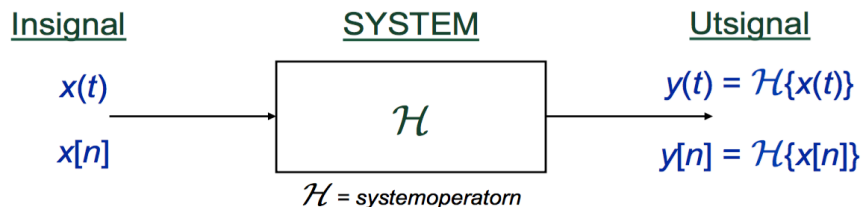


Fourierserieanalys av periodiska signaler

TSDT84 SigSys

1

## System, Insignal & Utsignal



- ♦ Ett **SYSTEM** = en **matematisk modell** av ett fysikaliskt system, alt. en **algorithm**, som för olika **insignaler**  $x$  genererar olika **utsignaler**  $y$ .
- ♦ En **SIGNAL** = en informationsbärande matematisk **funktion** som *representerar* en (ofta mätbar) fysikalisk storhet.
- ♦ Signalerna är här oftast deterministiska, endimensionella, periodiska eller icke-periodiska, tidskontinuerliga eller tidsdiskreta.

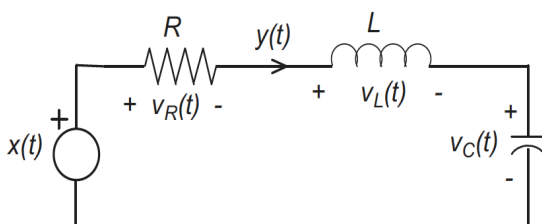
Copyright © Lasse Alfredsson, LiU

## Differentialekvationsbeskrivning Signaler & System

Lasse Alfredsson

### Ex: Elektriskt system

Spänningskällan = insignal.  
Strömmen = utsignal:



$$v_R(t) = R \cdot y(t) \quad (1) \quad v_L(t) = L \cdot \frac{dy(t)}{dt} \quad (2)$$

$$y(t) = C \cdot \frac{dv_C(t)}{dt} \quad (3) \quad v_C(t) = x(t) - v_R(t) - v_L(t) \quad (4)$$

(1) & (2) i (4). Därefter (4) i (3)  $\Rightarrow$

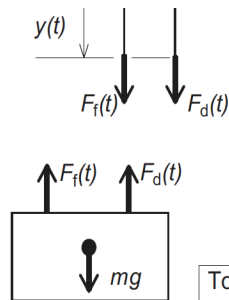
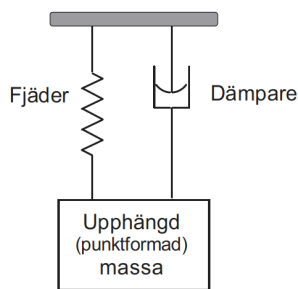
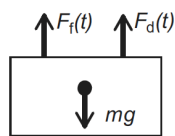
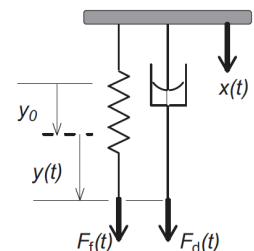
$$\underline{y(t)} = C \cdot \frac{dv_C(t)}{dt} = \underline{C \cdot \frac{dx(t)}{dt} - RC \cdot \frac{dy(t)}{dt} - LC \cdot \frac{dy^2(t)}{dt^2}}$$

dvs. 
$$\boxed{LC \frac{dy^2(t)}{dt^2} + RC \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = C \frac{dx(t)}{dt}}$$

## Differentialekvationsbeskrivning Signaler & System

### Ex: Mekaniskt system

Frilägg och sätt ut krafter!



$y_0$  = utdragslängd vid vila, dvs. jämviktsläge  
 $y(t)$  = avvikelser från jämviktsläget  
 $x(t)$  = lägesförändring av infästningspunkten

$k$  = fjäderkonstant  
 $c$  = dämpningskonstant  
 $v$  = hastighet i y-led  
 $a$  = acceleration i y-led

Totalt utdragen längd:  $y_{tot}(t) = y_0 + y(t) - x(t)$

Fjäderkraften  $F_f(t) = k \cdot y_{tot}(t)$

Dämpkraften  $F_d(t) = c \cdot v(t) = c \cdot \frac{dy_{tot}(t)}{dt}$

För massan gäller:

Newtons 2:a lag ( $\sum$  krafter i y-led):

$$m \cdot g - F_f(t) - F_d(t) = m \cdot a = m \cdot \frac{dy^2(t)}{dt^2}$$

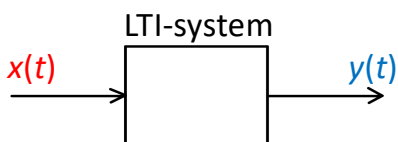
Vid vila är  $x=0$ ,  $y=0$ ,  $y'=0$   
 och  $y''=0 \Rightarrow k \cdot y_0 = m \cdot g$

$$\dots \Rightarrow \frac{dy^2(t)}{dt^2} + \frac{c}{m} \cdot \frac{dy(t)}{dt} + \frac{k}{m} \cdot y(t) = \frac{c}{m} \cdot \frac{dx(t)}{dt} + \frac{k}{m} x(t)$$

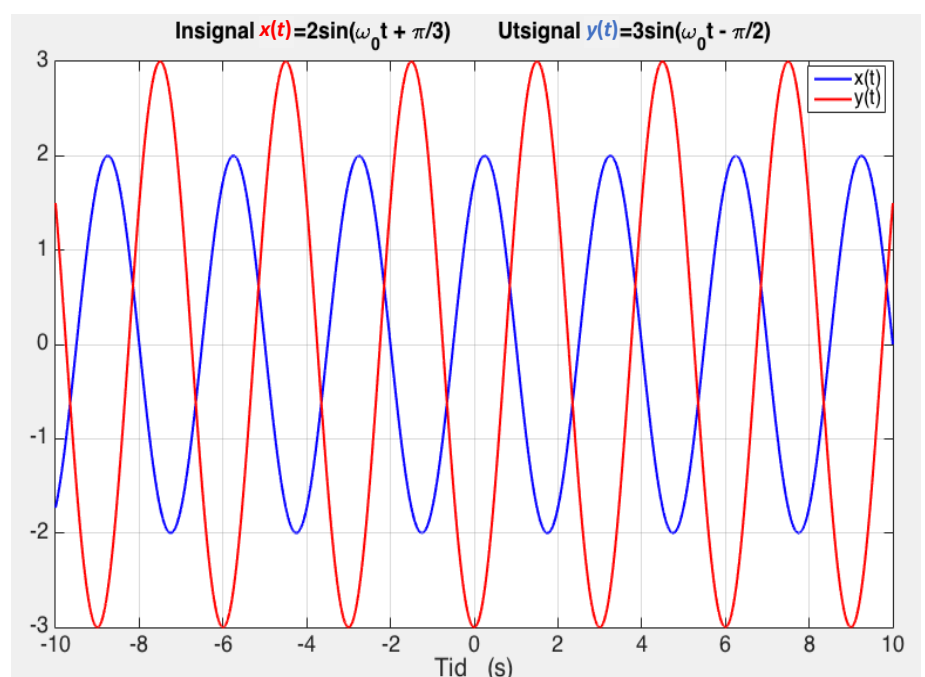
De flesta LTI-system av praktiskt intresse kan i tidsdomänen beskrivas m.h.a. en differentialekvation!

## Stabila linjära tidsinvarianta system, LTI-system

Detta stötte åtminstone  
 D:are på i kursen  
**TSTE24 Elektronik:**



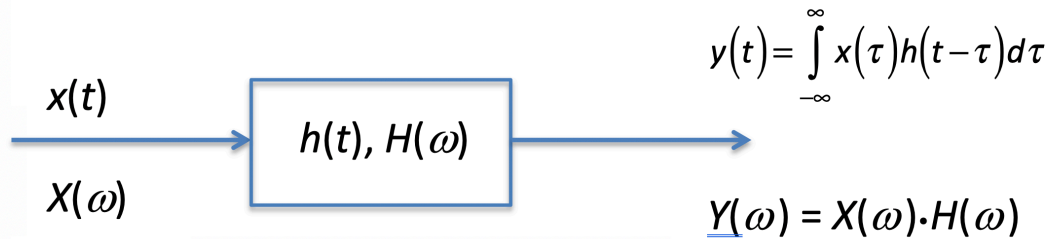
LTI-system **amplitudskalar**  
 och **fäsförskjut** stationära  
 frekvenssignaler (cos/sin).



## Stabila linjära tidsinvarianta system, LTI-system

Amplitudskalningen och fasförskjutningen ges av systemets frekvensfunktion

$H(\omega) = \frac{Y(\omega)}{X(\omega)}$ , där  $H(\omega)$ ,  $X(\omega)$  och  $Y(\omega)$  är fouriertransformer och beskriver systemets, insignalens respektive utsignalens frekvensegenskaper.



Det är ofta lättare att utföra beräkningar i **transformdomänen** än i **tidsdomänen**!