

# 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**

- [Lasse.Alfredsson@liu.se](mailto:Lasse.Alfredsson@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

## **Föreläsare HT1: Mårten Wadenbäck**

- [Marten.Wadenback@liu.se](mailto:Marten.Wadenback@liu.se)

## **Lektionsassistenter**

- Karl Holmquist (doktorand)
- Frida Blomstedt, (amanuens, Dhögre)

## ISY – Institutionen för Systemteknik, [www.isy.liu.se](http://www.isy.liu.se) Avdelningar:

- **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

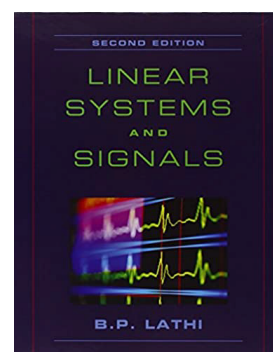
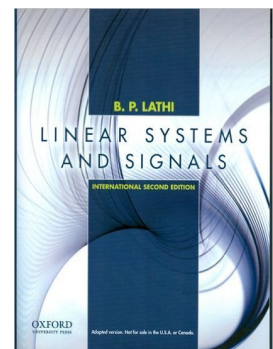
### Från kurswebbsidan:

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*
  - *Examinatorns lektionsuppgifter på svenska som komplement*
- Finns även som **e-bok**, som läses via LiU-bibliotekets webbplats.

(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!)

- Kan också **hyras** på [Bokab.net](http://Bokab.net), 483 kr/år. Samma ver. som kan lånas?

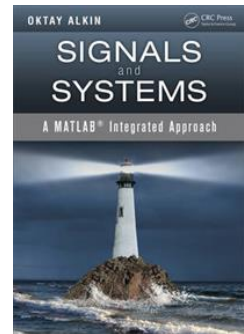


## Exempel på *alternativa* teoriböcker

- "**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)
- **Examinatorns lösningar** till lektionsuppgifterna i **HT1** – se lektionswebbsidan.
  - Under hösten tar jag fram ett nytt lektionshäfte med uppgifter på svenska, bland annat från kursboken.
  - Innehåller uppgifter, svar, lösningstips, lösningar.
  - Materialet läggs upp på lektionswebbsidan allteftersom.
  - Tacksam får återkoppling! 😊
- Ett **laborationsmaterial** (HT2) i digitalt format, **MatLab Live Script** (nytt från 2020).

## 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** (även så *alla studenter känner sig närvarande i gruppen*)
  - Teorigenomgångar varvat med förtydligande exempel.
  - Länk från föreläsningssidan till videoklippen på examinatorns **YouTubekanal**.
- **OBS: Upplägget förutsätter att du verkligen ser videoklippen** före varje föreläsning, annars kommer du inte att förstå vad som sker på föreläsningen!
  - Om du tycker att en videogenomgångarna går för sakta, så kan du antingen spela upp i högre hastighet eller läsa motsvarande avsnitt i kursboken.
  - **Pausa ibland för att anteckna och reflektera!**

## Kursupplägg HT1 – Transformteori

### Lektioner: Ges på distans via **Teams**:

**”TSDT84 Signaler och system samt transformer, HT2021”**

- **Allmänt:** Allmän kommunikation mellan Mårten/mig och er. (*I stället för kursens e-postlista*)
- **Lektion:**
  - Här kan du när som helst skriva frågor. Lektionsassistenterna (och ev. Mårten) besvarar frågor då och då. Du får också hjälpa till!
  - **Schemalagda lektioner** inleds med en gemensam **genomgång**. Därefter besvarar assistenterna frågor som ställs under lektionstid. **Assistenterna ringer upp studenter och grupper på Teams i turordning.**
  - Försök gärna att lösa räkneuppgifter på egen hand *innan* respektive lektion, så du kan använda assistenterna på bästa sätt med frågor som dykt upp!
- **Grupprum 1, ... , Grupprum 9:**
  - Nio grupprum där ni kan studera tillsammans – under kursens gång och under lektionstid.

# Kursupplägg HT1 – Transformteori

## Frågeseminarium – innan kontrollskrivningen

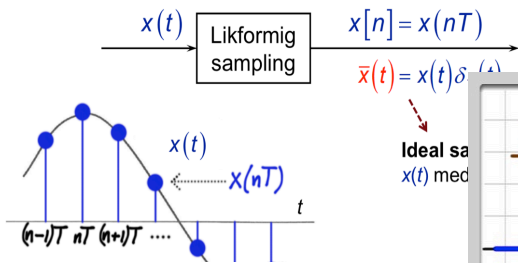
- Mårten svarar på frågor som studenterna på förhand har skickat in i Teams
- Skicka in dina frågor senast dagen innan seminariet!

## Föreläsningvideor – två typer i HT1 (sedan 2015)



### z-transformen – härledning

⇐ Baserade på powerpointbilder



**FOURIERTRANSFORM FRÅN FOURIERSERIE**

$X(t) = \lim_{T_0 \rightarrow \infty} X_{T_0}(t) ; |t| < \infty$

$X_{T_0}(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} D_n \cdot e^{jn\omega_0 t}$  där

$D_n = \frac{1}{T_0} \int_{T_0} X_{T_0}(t) \cdot e^{-jn\omega_0 t} dt$

låt  $T_0 \rightarrow \infty$

Handskrivna, "på tavlan" ⇒

## Föreläsningsvideor – Ny videotyp i HT2 (sedan 2020)

Se min YouTubekanal: [www.youtube.com/c/LasseAlfredsson](https://www.youtube.com/c/LasseAlfredsson)

Lasse Alfredsson  
292 prenumeranter

HEM VIDEOR SPELLISTOR KANALER DISKUSSION OM

Uppladdningar SPELA UPP ALLA SORTERA EFTER

z transformanalys av tidsdiskreta LTI system	Egenskaper hos tidsdiskreta system	Tidsdiskreta signaloperationer	Tidsdiskreta signaltyper	Demonstration av pzchange
595 visningar · för 8 månader sedan	313 visningar · för 8 månader sedan	310 visningar · för 8 månader sedan	368 visningar · för 8 månader sedan	702 visningar · för 9 månader sedan

## 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).

- Om kontrollskrivningen måste ske på **distans** (som jan 2021), så **ändras frågetypen**.

## Exempel – kontrollskrivningens flervalsfrågor,

### 1-poäng: Oftast en grundläggande kunskapsfråga

4. Diracimpulsen definierades under en fouriertransformföreläsning.

Vilket av nedstående 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 (sammanfattningsvis)**

- 46/141 = 33% svarande (2019: 14/124 = 11%)
- Helhetsbetyg 4,04 (2019: 4,00)
- Några kommentarer rörande HT1 (*kursens transformteori-del*):
  - Distansläget funkade i allmänhet mycket bra.
  - Arbetsbelastningen: 50% rimlig, 24% för hög, 7% för låg, 20% vet ej
  - Föreläsningarna i HT1 får gärna också spelas in
  - Några föreläsningsexempel upplevdes röriga
  - Gärna även en utvärdering efter HT1
  - Svårare KTR på distans i januari
- Jag hade även egna frågor, specifikt angående
  - Föreläsningvideorna
  - Föreläsningarna
  - Lektionerna
  - Labbarna



## Förra årets kursutvärdering, Evaluate (sammanfattningsvis)

### Förändringar i HT1 jämfört med föregående år:

- Fortsatt helt i distansläge (liksom 2020)
- Inspelning av föreläsningarna?? [*Ja – önskemål om detta under seminariet*]
- Mårten ser över fö-exemplen
- Utvärdering efter HT1
- **Lektioner:** I Teams i stället för GitLab + Zoom
- **Lektionshäfte** under framtagande – jag lägger upp dokument med **uppgifter, lösningstips, svar och lösningar** löpande under kursens gång

De flesta av kommentarerna gäller linjära system-delen i HT2.

- Jag tar upp dessa kommentarer och förändringar för alla (TSDT84 + TSDT18) i början av HT2.

## 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. Tidsdomänanalys av tidskontinuerliga system.
3. **Fourierserieanalys** av tidskontinuerliga periodiska signaler **HT1: Fö 1–2**
4. **Fouriertransformanalys** av tidskontinuerliga signaler **HT1: Fö 2–3**
5. *forts: Fouriertransformanalys av tidskontinuerliga signaler & system*
6. Sampling & rekonstruktion
7. Rekonstruktion  
Diskreta fouriertransformen (DFT)

## Föreläsningsplanering HT2

8. **Laplacetransformanalys** av tidskontinuerliga system **HT1: Fö 4**
9. *forts. Laplacetransformanalys av tidskontinuerliga system*
10. *forts. Laplacetransformanalys av tidskontinuerliga system*  
Tidsdomänanalys av tidsdiskreta signaler och system
11. *forts. Tidsdomänanalys av tidsdiskreta signaler och system*
12. **z-transformanalys** av tidsdiskreta system **HT1: Fö 5**
13. **Fourieranalys** av tidsdiskreta signaler och system **HT1: Fö 6**

# Kurser i åk 3 med behov av transformkunskaper

## Termin 5

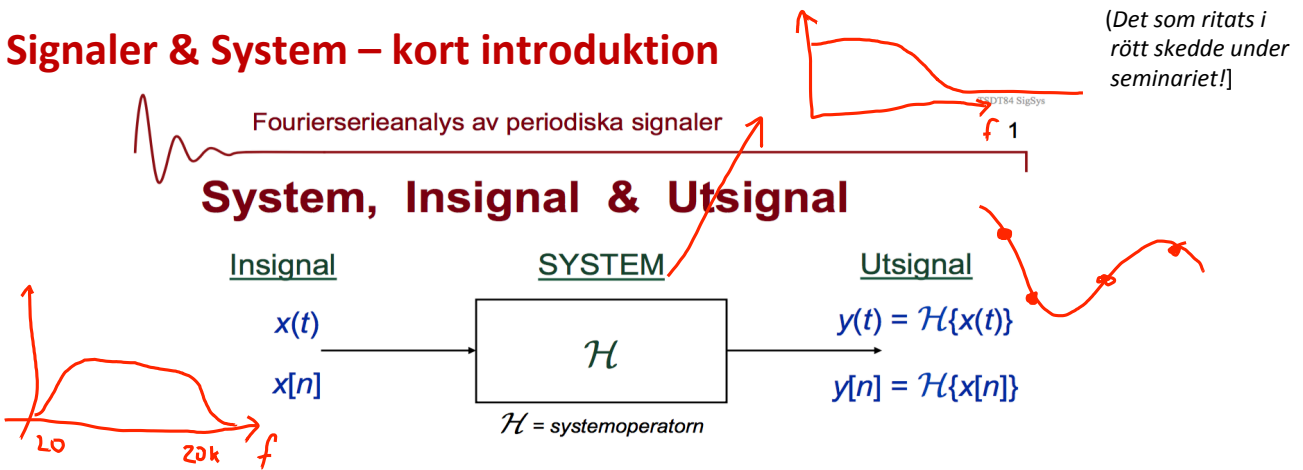
- TSDT84 Signaler & System samt Transformer

## Termin 6

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

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

## Signaler & System – kort introduktion

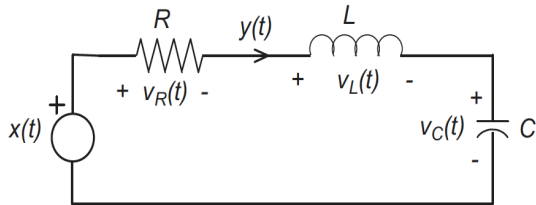


- ♦ Ett **SYSTEM** = en **matematisk modell** av ett fysikaliskt system, alt. en **algorithm**, som för olika **insignaler**  $x$  genererar olika **utsignaler**  $y$ .
- ♦ En **SIGNAL** = en informationsbärande matematisk **funktion** som **representerar** en (ofta mätbar) fysikalisk storhet.
- ♦ Signalerna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

## Differentialekvationsbeskrivning Signaler & System

### 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)  $\Rightarrow$

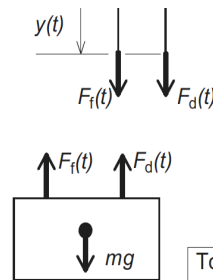
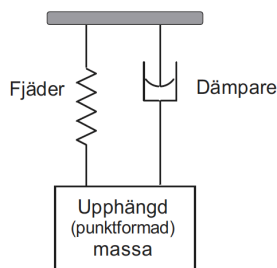
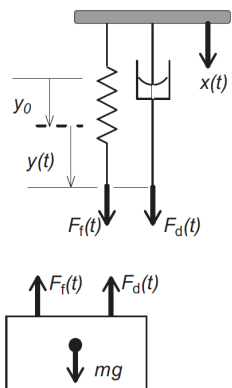
$$\underline{y(t)} = C \cdot \frac{dv_C(t)}{dt} = C \cdot \frac{dx(t)}{dt} - RC \cdot \frac{dy(t)}{dt} - LC \cdot \frac{dy^2(t)}{dt^2}$$

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

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

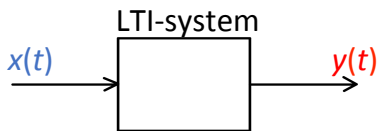
Vid vila är  $x=0$ ,  $y=0$ ,  $y'=0$   
och  $y''=0 \Rightarrow k \cdot y_0 = m \cdot g$

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

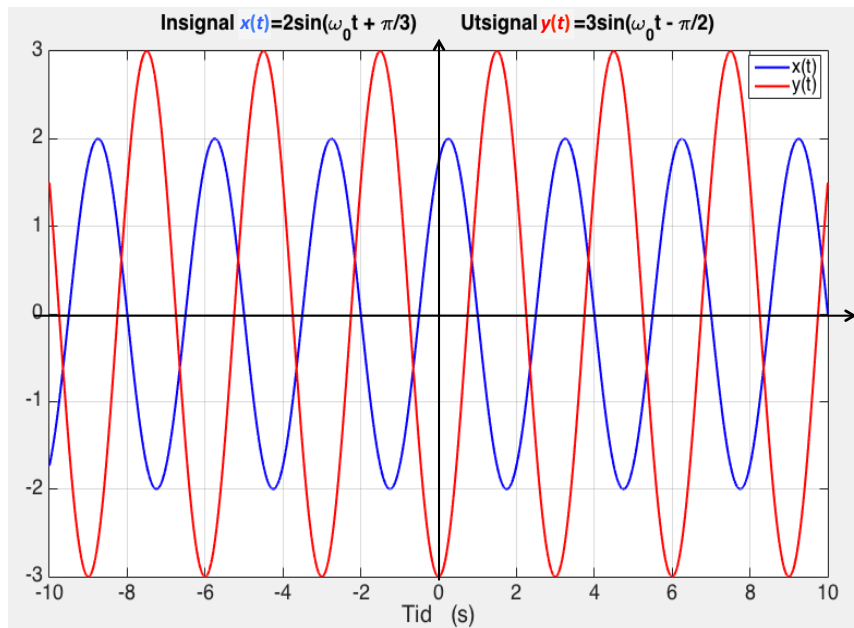
**De flesta LTI-system av praktiskt intresse kan i tidsdomänen beskrivas m.h.a. en differentialekvation!**

## Stabila linjära tidsinvarianta system, LTI-system

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



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

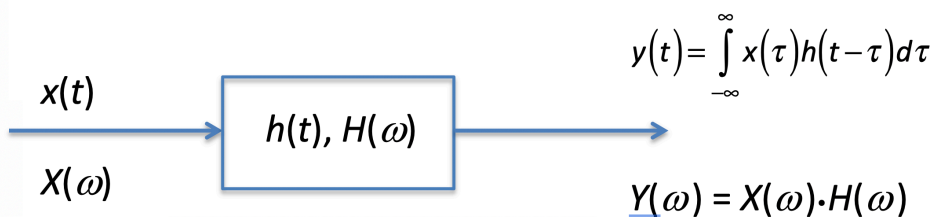


## Stabila linjära tidsinvarianta system, LTI-system

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

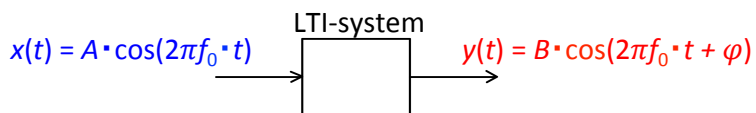
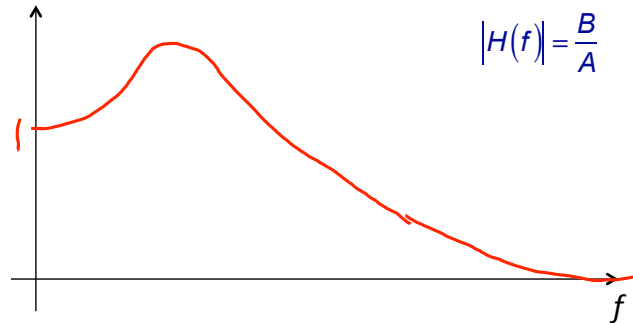
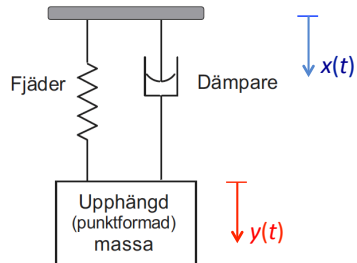
systemets, signalens respektive utsignalens **frekvensegenskaper**.



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

## Stabila linjära tidsinvarianta system, LTI-system

Exempel – massa som är upphängd i en gummisnodd = fjäder + dämpare



(Den röda grafen ovan ritades under seminariet, i samband med en demonstration!)