

# Välkommen till TSDT84 Signaler & System samt Transformer!

# Inledning

- **Examinator: Lasse Alfredsson**
  - [Lasse.Alfredsson@liu.se](mailto:Lasse.Alfredsson@liu.se)
  - **Tjänsterum 2D:549** mellan ing. B25 & B27, markplanet, D-korridoren
  - Universitetslektor vid avdelningen **Datorseende** på ISY
  - Disputerat inom diskret matematik / signalbehandling / **transformer** / VLSI
- **ISY – Institutionen för Systemteknik, [www.isy.liu.se](http://www.isy.liu.se).**

## Avdelningar:

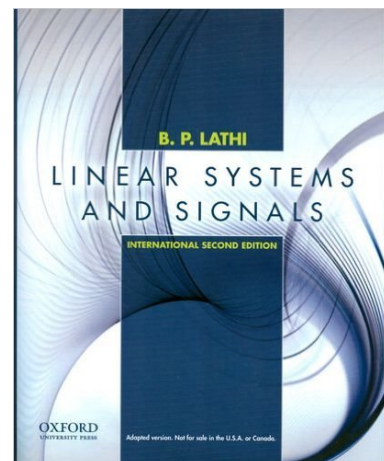
- **Datorseende** *Visuella (t.ex. robot-)system (autonoma farkoster), bildbehandling, maskininlärning m.m.*
- **Datorteknik** *Design av processorarkitekturer och digital logik, integrerade kretsar (VLSI) m.m.*
- **Elektroniska kretsar och system** *Integrerade kretsar (VLSI) och deras tillämpningar 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** *Kontrolloptimering, robotik och autonoma system, sensorfusion, systemidentifiering m.m.*

# Kurslitteratur

## Se kurswebbsidan (TSDT18):

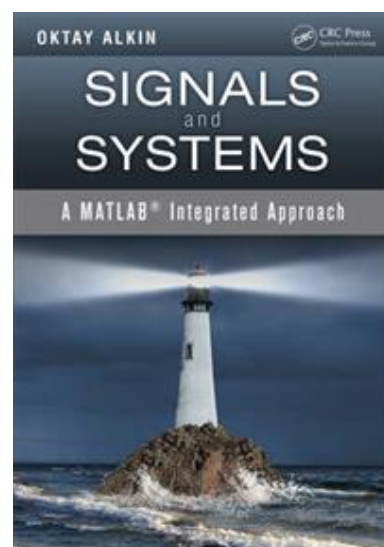
Det finns en bred flora av böcker som är lämpliga som kurslitteratur. Den här kursen följer innehållet i "**Linear Systems and Signals**" av B. P. Lathi, 2:a upplagan från 2010.

- Innehåller *teoridel & lektionsuppgifter*
- Finns även som **e-bok**, läs via biblioteket.  
(Dock finns en del OCR-fel, se info om kurslitteraturen på kurswebbsidan!)



## Det finns andra böcker som kan rekommenderas som *alternativ teoribok*:

- "**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.
  - Priset är ungefär samma som Lathis bok. Finns också 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 bara i ett lite dyrare paket med tillhörande övningsbok och formelsamling.



- **Framtida kursbok:** Kursanpassad bok med delar från olika böcker + Lasses kompletterande material?

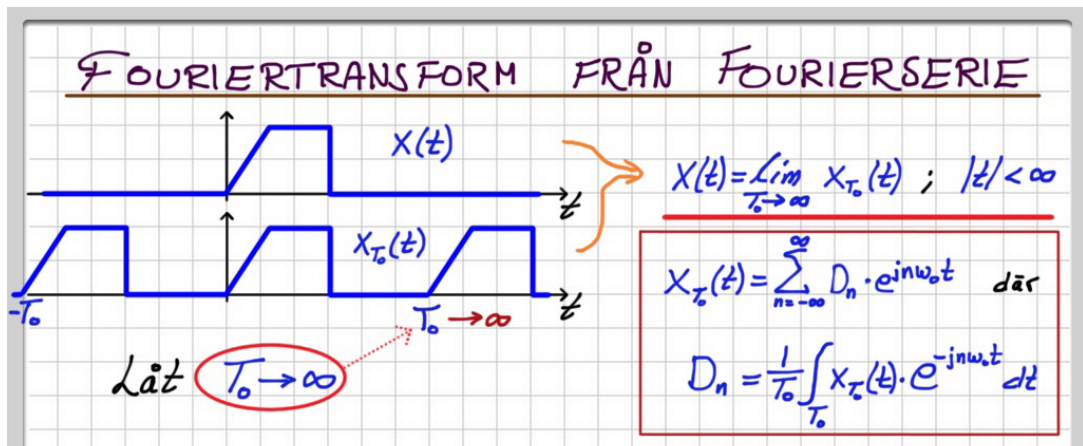
## Det som tillkommer, utöver kursbok, är:

- En **kursspecifik formelsamling**, "*Formelsamling för Signaler & System*", ver. 2.0 från 2015, av Lasse Alfredsson. Köps på Bokakademin.
- **Examinators lösningar** till lektionsuppgifterna i **HT1** – se lektionswebbsidan.
  - *Under hösten skriver jag kanske ett material med bättre och tydligare lösningar till uppgifterna i HT2.*
- **Bokförfattarens & examinatorns lösningsförslag** till de lektionsuppgifterna i **HT2**.  
Finns under lektionswebbsidan [.../TSDT18/lektioner/uppgiftslosningar](#)  
Webbadressen kommer att skickas till kurs-epostlistan [tsdt84-ht2017@student.liu.se](mailto:tsdt84-ht2017@student.liu.se)
- Ett **laborationshäfte** (HT2)

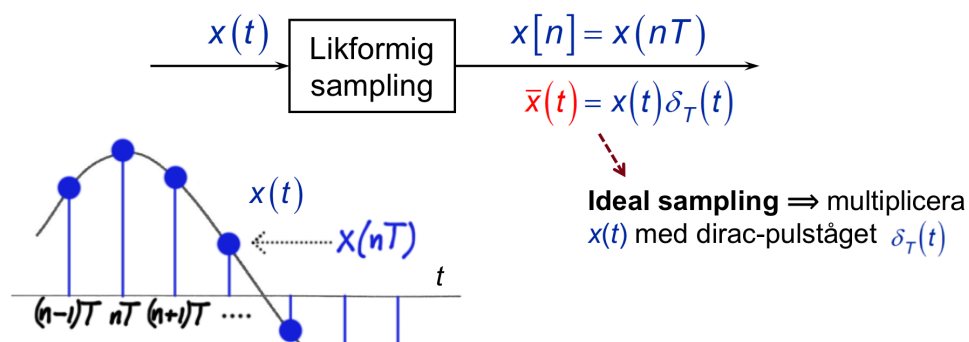
# Kursupplägg

## • HT1: Transformteori

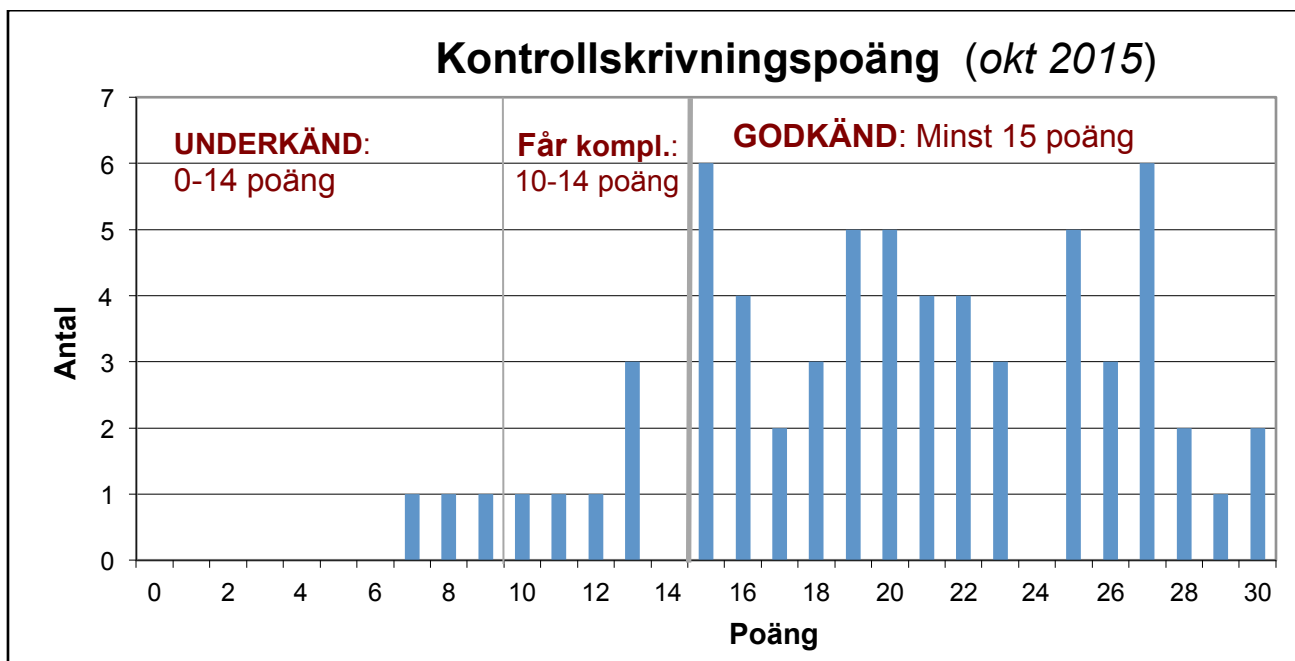
- **Föreläsningsform: Flippat klassrum** (Nytt från 2015)
  - Studenterna ser 2–3 **videoklipp** på 6–18 min/st innan **respektive föreläsning**:
    - Teorigenomgångar varvat med något förtydligande exempel.
    - Länk från föreläsningswebbsidan till videoklippen på **YouTube**.
    - Konsekvens: Mer 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 läser motsvarande avsnitt i kursboken.
  - **Videoexempel 1**, från föreläsning 2 ([https://youtu.be/laM\\_yrD5tlQ](https://youtu.be/laM_yrD5tlQ)):



- **Videoexempel 2**, från föreläsning 4 (<https://youtu.be/j0qNAGcBtWI>):



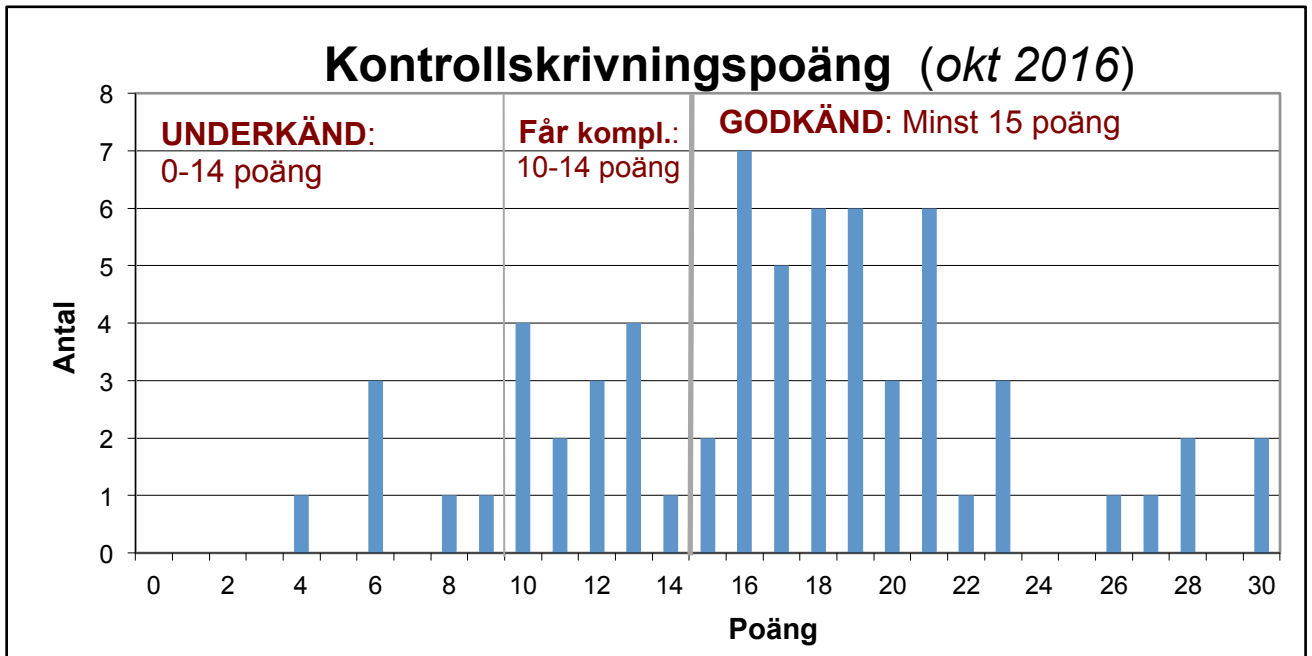
- **KTR1:** Kontrollskrivning i transformteori (2 hp), betyg **U/G**
  - Syfte: Inlärningshjälp för dig!
  - Den som följer med i HT1 som "normalstudent" klarar kontrollskrivningen.
  - **Flervalsfrågor** – dina beräkningar lämnas som bilaga. Max 30 poäng:
    - $\geq 15$  p  $\Rightarrow$  **Godkänd**
    - 10–14 p  $\Rightarrow$  **Underkänd**, men du får lämna skriftlig **komplettering** på dina egna lösningar (om du gjort mindre slarv-/tankefel).
    - $< 10$  p  $\Rightarrow$  **Underkänd**
- **Statistik 2015**
  - **Första KTR, okt 2015, 58/64 = 91% godkända:**
    - $\geq 15$  p: 55/64 = 86% Godkända
    - 10–14 p: 6/64 = 9% erbjöds komplettering, varav
      - 3 kompletterade till Godkänt
      - 3 kompletterade inte – 2 av dem hade inte lämnat lösningar...
    - $< 10$  p: 3/64 = 5% Underkända



- **Om-KTR, jan 2016:**  $\geq 15$  p: 8/8 = **100% Godkända**

## Statistik 2016:

- Första KTR, okt 2016, 45/65 = 69% godkända



- Om-KTR, jan 2017:  $\geq 15$  p: 14/15 = 93% Godkända

## KURT – webbaserade kursutvärderingen:

2013:	3.41	
2014:	3.47	
2015:	3.71	(Gyllene Moroten-nominering av D-sektionen)
2016:	4.15	

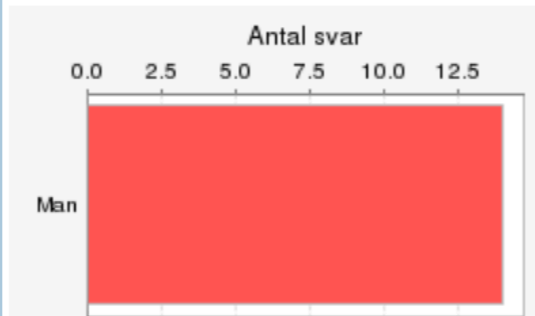
### Sammanställningar - TSDT84/HT2016-2

#### Sammanställning - TSDT84/HT2016-2 Signaler och system samt transformers

Besvaras mellan	2017-01-20 - 2017-02-01	Kursvärderingens svarsfrekvens	19% (14 / 73)
Ansvarig	adm-tekfak	Medelvärde sammanfattningsbetyg	4.15
Medelvärde antal timmar per vecka	35.4		
Gå till enkät nummer	<input type="text"/> av 14	<input type="button" value="Utför"/>	

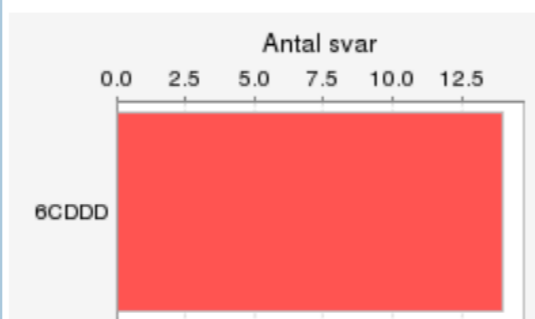
[Normal version](#) | [Utan diagram](#) | [Utan fritextsvar](#)

#### Kön



Svarsalternativ	Antal svar	Andel
Man	14	100%

#### Program.



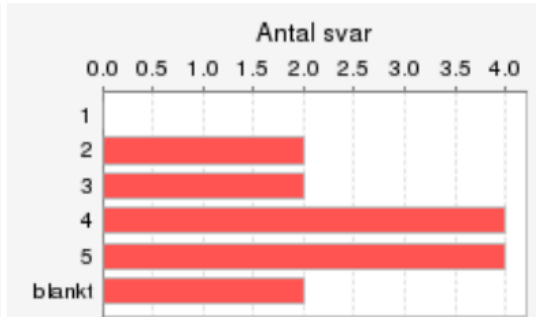
Svarsalternativ	Antal svar	Andel	Visa grupp
6CDDD	14	100%	→

In the evaluation form the value 1 is used to indicate that you do not agree at all with the statement, and the value 5 should be checked if you fully agree with the statement. If you don't want to answer any of the questions, mark the 'Blankt' alternative. Questions marked with [\*] are standard questions, used in evaluations of all LiTH courses. The questionnaire may also contain course specific questions, added by the examiner.

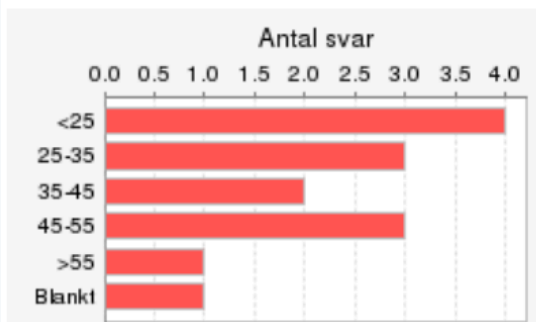


## Jag är nöjd med mina insatser under kursen / I am satisfied with my achievements during the course

Svarsalternativ	Antal svar	Andel	Visa grupp
1			→
2	2	14%	→
3	2	14%	→
4	4	29%	→
5	4	29%	→
blankt	2	14%	→

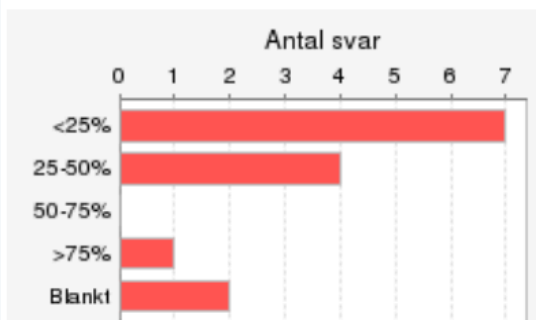


**Uppskatta hur många timmar per vecka som du under läsperioden har du arbetat aktivt med dina studier; schemalagd tid plus hemarbetstid totalt för samtliga kurser du läst. / Estimate how many hours per week in total you have worked actively with your courses: scheduled hours and self-study hours during the last study period.**



Svarsalternativ	Antal svar	Andel	Visa grupp
<25	4	29%	→
25-35	3	21%	→
35-45	2	14%	→
45-55	3	21%	→
>55	1	7%	→
Blankt	1	7%	→

**Hur stor procentuell andel av din totala arbetstid under läsperioden har lagts på denna kurs? / Evaluate in percent what proportion this course constituted of the whole study period.**



Svarsalternativ	Antal svar	Andel	Visa grupp
<25%	7	50%	→
25-50%	4	29%	→
50-75%	0		
>75%	1	7%	→
Blankt	2	14%	→

**Examinationen testade min förståelse av kursinnehållet på ett bra sätt / The assessment was a good test of my understanding of the course content.**



Svarsalternativ	Antal svar	Andel	Visa grupp
1	0		
2	0		
3	0		
4	5	36%	→
5	5	36%	→
blankt	4	29%	→

**Om examinationen har jag ytterligare att säga / Regarding the assessment I would like to add**

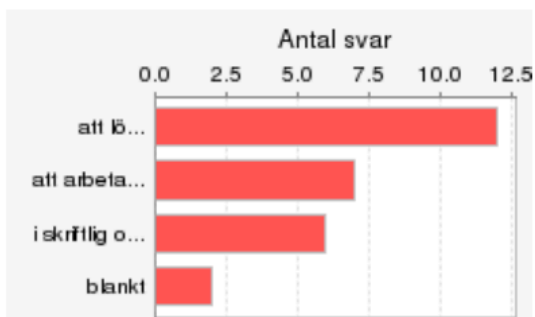
**Fritextsvar**

Visa enskild

Kontrollskrivningen vi gjorde i period 1 tyckte jag var bra.



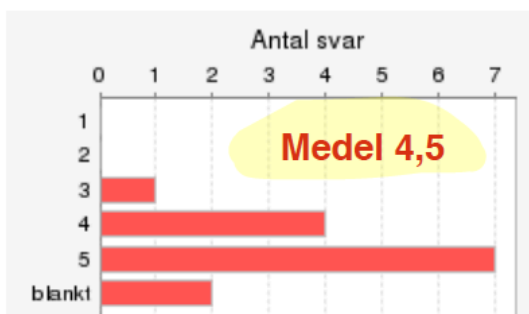
**Den här kursen har hjälpt till utveckla min förmåga / This course has assisted in developing my skills in**



Svarsalternativ [flervalsfråga]	Antal svar	Andel	Visa grupp
att lösa problem / problem solving	12	86%	→
att arbeta i grupp / team work	7	50%	→
i skriftlig och muntlig kommunikation / written and oral communication	6	43%	→
blankt	2	14%	→

**Om kompetensutvecklingen som kursen bidragit till har jag ytterligare att säga / Regarding the competence development the course has contributed to I would like to add**

**Insatsen av kursens lärare är värd beröm / The efforts of the teachers in the course is commendable**



Svarsalternativ	Antal svar	Andel	Visa grupp
1	0		
2	0		
3	1	7%	→
4	4	29%	→
5	7	50%	→
blankt	2	14%	→

**Om någon del av kursen avviker från ovanstående snittbedömning, ange det här. Ange då också undervisningsgrupp. / If any part of the course differs from the overall opinion stated above, please note it here. If so, please, include information about which study group have attended during the course.**

**Fritextsvar**

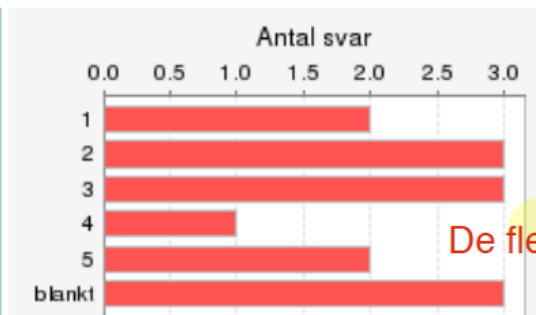
Visa enskild

Bra och tydlig föreläsare(Lasse Alfredsson)



## Jag har haft stor nytta av den anvisade kurslitteraturen i kursen / The assigned course literature has been very useful to me

Svarsalternativ	Antal svar	Andel	Visa grupp
1	2	14%	➔
2	3	21%	➔
3	3	21%	➔
4	1	7%	➔
5	2	14%	➔
blankt	3	21%	➔



De flesta har inte haft bra nytta av kurslitteraturen!

## Om undervisningskvalitet i denna kurs har jag ytterligare att säga / Regarding the quality of teaching in this course I would like to add

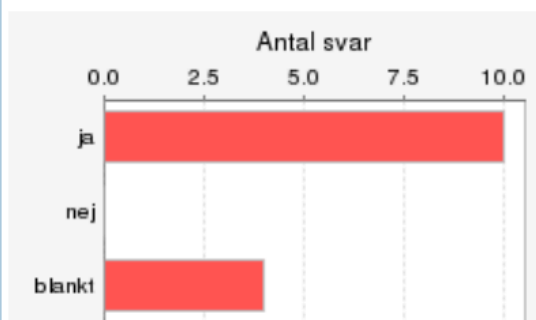
### Fritextsvar

Visa enskild

En av de bästa kurserna jag läst om inte den bästa. Jag tycker att du har lagt upp kursen på ett jättebra sätt och du försöker få alla att förstå alla delar. Man kan se att du verkligen vill lära ut kursens innehåll till skillnad från en del andra kurser.

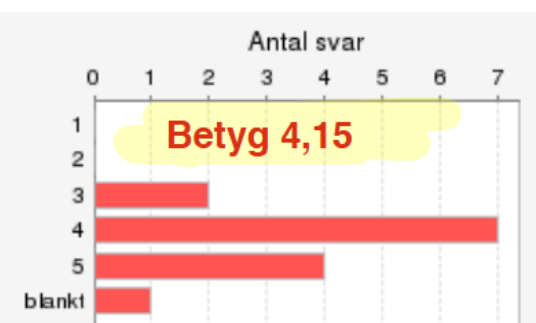
Upplägget med video i del 1 fungerade bra. Fortsätt gärna med fler videos till andra perioden! Gärna några exempel i föreläsningarna i andra perioden, eller ännu hellre i videoformat. Fler exempel på tillämpningar tidigt i kursen skulle uppskattas. Storseminarerna var hjälpsamma.

Tidigare resultat av kursvärderingar och åtgärder med anledning av detta gällande denna kurs har tagits upp av lärare under kursens gång. / The results of earlier evaluations of this course and any measures taken due to them have been reported by teachers during the course.



Svarsalternativ	Antal svar	Andel	Visa grupp
ja	10	71%	➔
nej	4	29%	➔
blankt	4	29%	➔

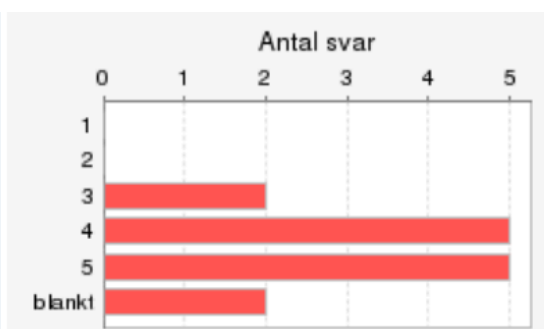
## På en femgradig skala ger jag kursen sammanfattningsbetyget / On a scale 1-5 (5 being the best) I give the overall credit to this course



Svarsalternativ	Antal svar	Andel	Visa grupp
1	0	0%	➔
2	0	0%	➔
3	2	14%	➔
4	7	50%	➔
5	4	29%	➔
blankt	1	7%	➔

## Kursen har motsvarat mina förväntningar vad gäller innehåll och genomförande / The course has corresponded to my expectations regarding content and organization

Svarsalternativ    Antal svar    Andel    Visa grupp    ?



Svarsalternativ	Antal svar	Andel	Visa grupp
1	0	0%	
2	0	0%	
3	2	14%	→
4	5	36%	→
5	5	36%	→
blankt	2	14%	→

## Jämfört med det antal poäng som kursen ger är den arbetsinsats som krävs i kursen / Compared to the number of credit points given for this course, the workload required to pass the course is



Svarsalternativ	Antal svar	Andel	Visa grupp
för liten / too low	1	7%	→
lagom / just right	10	71%	→
för hög / too high	1	7%	→
blankt	2	14%	→

## Om kursen som helhet har jag ytterligare att säga / I would like to add the following concluding general comments about the course

### Fritextsvar

Visa enskild ?

Storseminarierna är bra att ha även om jag inte ställde några frågor så kan man se vad andra frågat om, saker som jag inte tänkt på själv. →

Lasse vandrar lite väl ofta iväg på tangenter under föreläsningar, det brukar dock vara väldigt intressanta saker han pratar om men man tappar bort sig lite för lätt. →

Finns för många stora krävande kurser med labbar/projekt inklämda på andra perioden. Något borde flyttas (behöver inte nödvändigtvis vara sigsysen). Optimering och logik kanske kan byta plats? →

Lite många laborationer sista veckan, behöver spridas ut mer. Beror även på krock med TAOP 33 laborationerna →

## Den viktigaste förändring som bör göras i denna kurs är / The most important change that should be made in this course is

### Fritextsvar

Visa enskild ?

Jag tycker inte att något bör ändras för den är så bra som den är just nu! Du nämnde också i början av kursen att KMM:en kommer att ta upp mycket av tiden och att man ändå bör försöka lägga ner tid i denna (och andra kurser). KMM:en tog verkligen upp den mesta av tiden och gjorde att jag inte kunde lägga ner så mycket tid som jag hade velat i den här kursen men det är nog inget som du kan göra något åt. Ändå en jättebra kurs! →

Lite många laborationer sista veckan, behöver spridas ut mer. Beror även på krock med TAOP 33 laborationerna →

## Förändringar under HT1 2017:

- Mer/tydligare motiverande inledning till linjära systemdelen i HT2 under det inledande seminariet.
- Ytterligare en föreläsning, från 5 till 6, för att få mer tid för genomgång av fourierserier & fouriertransform.
- Ett frågeseminarium har tillkommit inför kontrollskrivningen, efter studenters önskan (*samma typ av seminarier som de två i HT2*).
- En kontinuerlig utveckling av material och pedagogisk framställning sker alltid från år till år. 😊

**Eventuella förändringar under HT2 tas upp under den perioden**

## • 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)
9. **Laplacetransformanalys** av tidskontinuerliga system
10. *forts. Laplacetransformanalys av tidskontinuerliga system*
11. *forts. Laplacetransformanalys av tidskontinuerliga system*  
Tidsdomänanalys av tidsdiskreta signaler och system:"
12. *forts. Tidsdomänanalys av tidsdiskreta signaler och system*
13. **z-transformanalys** av tidsdiskreta system
14. **Fourieranalys** av tidsdiskreta signaler och system

## Kurser i åk 3 med mer/mindre behov av transformkunskaper

### Termin 5, HT1 | HT2

<b>TSDT84 Signaler &amp; System samt Transformer</b>	
TDDC93 Programutvecklingsmetodik	TAOP33 Kombinatorisk optimering
TDDD88 Logik	TFMT13 Mätteknik
TSEA29 Konstruktion med mikrodatare, projektkurs ( <i>till viss del</i> )	

### Termin 6, VT1 | VT2

TDDD60 Interaktiva system	<b>TSKS10 Signaler, information och kommunikation</b>
<b>TSRT12 Reglerteknik</b>	
TDDD96 Kandidatprojekt i programvaruutveckling	

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

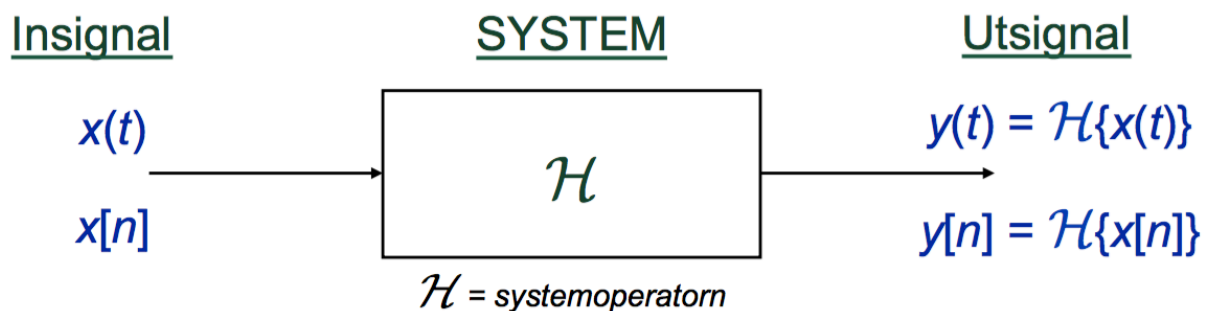
# Signaler & System – kort introduktion

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.



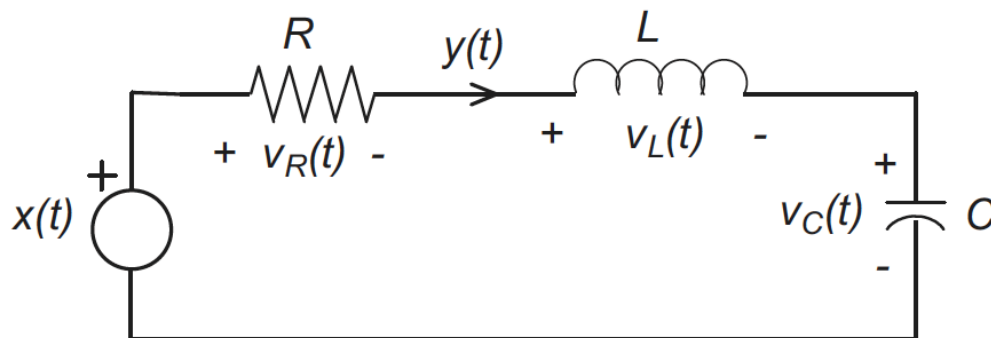
# Linjära modeller av icke-linjära system

Lasse Alfredsson

## Differentialekvation - Signaler & System

Ex, Elektrisk krets,

Spänningskällan = insignal,  
Strömmen = utsignal:



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

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

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

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

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

De flesta linjära system av intresse kan beskrivas m.h.a. en **linjär differentialekvation med konstanta koefficienter**, som ovan.

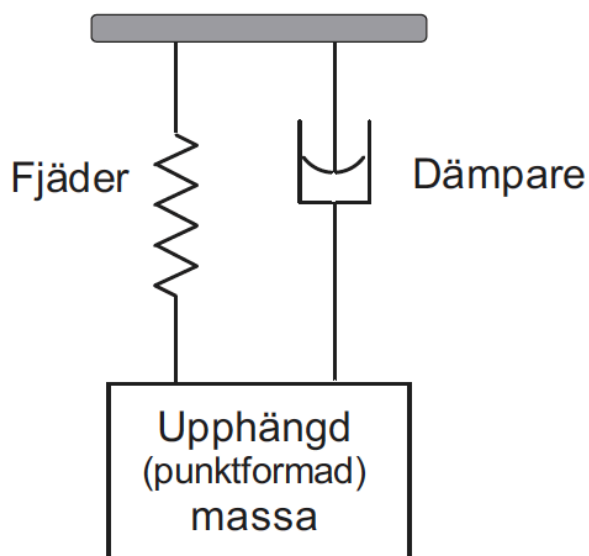
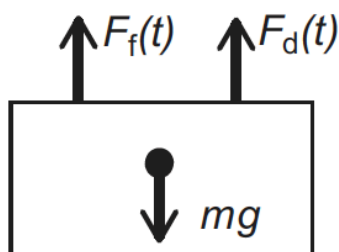
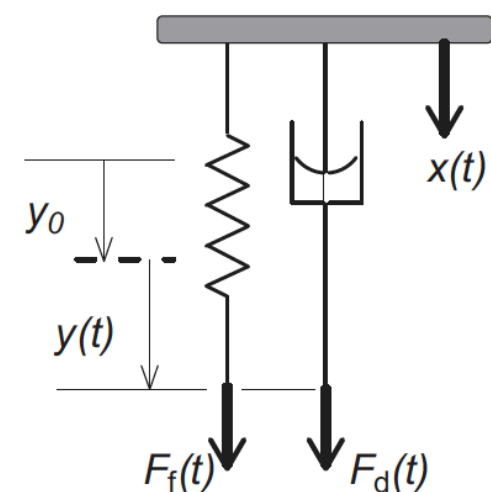
Fler systemexempel och deras frekvensegenskaper tas upp på tavlan – speciellt svängningssystemet med en häftapparat som hänger i en lång gummisnodd, se linjär modell på nästa sida!

# Differentialekvation - Signaler & System

Lasse Alfredsson

## 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):

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

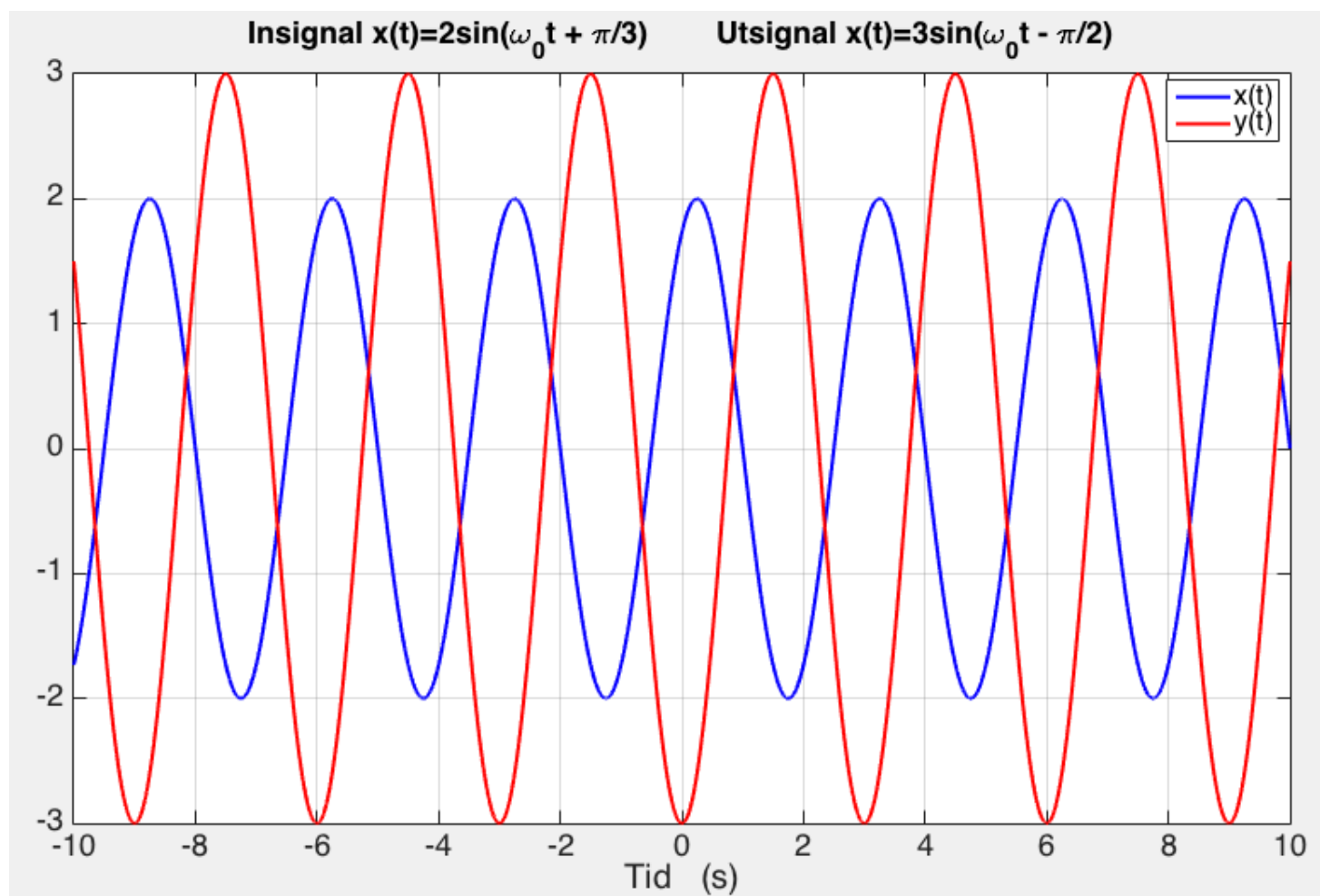
Vid vila är  $x = 0$ ,  $y = 0$ ,  $y' = 0$   
 och  $y'' = 0 \Rightarrow k \cdot y_0 = m \cdot g$

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

# Stabila linjära tidsinvarianta system

Även detta känner ni delvis igen från **TSTE24 Elektronik**:

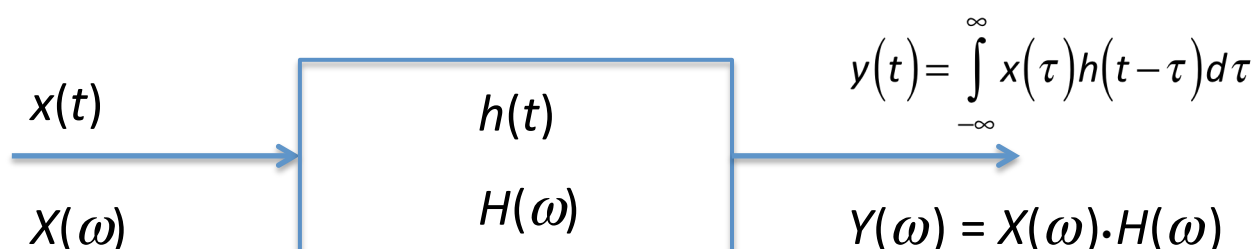
**Systemet amplitudskalar och fäsförskjuter stationära frekvenssignaler (cos/sin):**



Amplitudskalningen och fäsförskjutningen 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**!