

Välkommen till TSBB32 Linjära System

www.cvl.isy.liu.se/education/undergraduate/TSBB32/

Sätt gärna på din webbkamera! 😎

Examinator & föreläsare i kursens linjära system-del:

Lasse Alfredsson – Lasse.Alfredsson@liu.se

- Universitetslektor vid avdelningen **Datorseende** på ISY
- Doktorerat inom diskret matematik / signalbehandling / **transformer** / VLSI

Ansvarig för kommunikationsdelen, projektuppgiften samt alla lektioner:

Mårten Wadenbäck – Marten.Wadenback@liu.se

- Biträdande universitetslektor vid **Datorseende**
- Doktorerat inom matematik och datorseende

Övergripande kursinformation

- **Coronapandemi** ⇒ Kursen ges helt på **distans** i olika Zoom-rum
- **Kurswebbsida:** www.cvl.isy.liu.se/education/undergraduate/TSBB32/
(se mitt välkomstmål till alla i söndags)
- **Föreläsningar:** Ofta med **videor** som behöver ses *innan* respektive föreläsning
(finns redan för en stor del av kursen, men ännu inte för de första föreläsningarna)
 - Se mer info, videor & kompletterande material på **föreläsningsswebbsidorna** för VT1 & VT2!
(Webbsidan för VT2 uppdateras senare)
 - Om du prenumererar på min **YouTubekanal** (www.youtube.com/c/LasseAlfredsson) så får du en notis när nya videor läggs upp
 - Se repetitionsdokumentet om **komplexa tal** på kurswebbsidan!
 - Jag kan **spela in föreläsningarna** om ni önskar
 - Ha gärna **webbkameran påslagen** under föreläsningarna – både för kurskamraternas och för min skull!

Övergripande kursinformation

- **TRP-lektioner** (Tillgodoräknade Poäng)
 - Studenter löser tentaliknande uppgifter och presenterar lösningsgången för alla. Motivera varje lösningssteg! Efterföljande samtal om lösningsgång + lärartips
 - Lottning mellan dem som löst uppgifterna – 2 uppgifter/lektion, 2–4 studenter
 - Lösta uppgifter ger bonuspoäng, TRP, till tentan (KTR1)

| Antal "X" | 0-3 | 4-5 | 6-7 | 8-9 | 10-12 |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-------|
| TRP | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |

Jfr: 12 p, inkl. TRP, för betyg 3
22 p för betyg 5, max 25 p

- Om du inte har löst uppgifterna i en viss TRP-lektion, så närvara ändå!
Detaljerad information finns på **lektionswebbsidan!**
- **Viktigt:** Lös rekommenderade uppgifter från övningsboken innan varje lektion!
- Den första lektionen, i morgon, är ingen TRP-lektion – den hör till kursens kommunikationsdel och ska betraktas som **obligatorisk**.

Övergripande kursinformation

- **Projektuppgift** med rapport
 - UPG1, **Kommunikation** = teknisk rapportskrivning. Betyg U/G
 - UPG2, **Grupparbete** = själva projektarbetet. Betyg U/3/5
 - **Kursbetyg** = medelvärdet av UPG2 och TEN1 (Tentan: Betyg U/3/5)
 - Bilda, **senast nu på fredag den 22/1**, projektgrupper a' 4 personer
 - 36 registrerade studenter (& 36 i BG:na) ⇒ **9 grupper**
 - Gruppens kommunikationen sker i första hand till/från Mårten
(*Men tag gärna med mig på CC inledningsvis*)
 - Tag alltid med **hela gruppen på CC** vid kommunikation med Mårten, så alla får hans svar. Gäller under hela kursen!
 - Ni ska föreslå ett **mekaniskt svängningssystem** som ni under kursen kommer att undersöka egenskaperna för. Ni kommer att tillämpa det mesta ni lär er i kursen vid den analysen!
 - Det finns *mycket* och detaljerad information på **projektuppgiftens webbsida** – **du behöver läsa allt noga!** (*Den uppdateras i veckan med några viktiga datum*)



Låt inte detta bli din grupp!

Kontakta Mårten och/eller mig om samarbetsproblem uppstår!

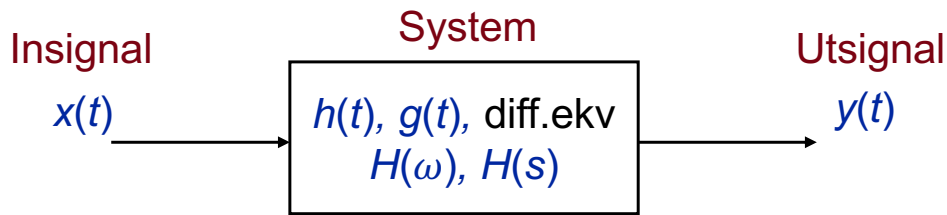
Kursupplägg, Föreläsningar, Lektioner, Vinjetter & Rapportdeadlines i TSBB32 Linjära System VT2021

| Vecka | Nr. | Föreläsningar – Linjära system | Nr. | Kommunikationsdelen & projektet | Nr. | Lektioner | Vinjetter |
|--|-----|--|-----|---|-----|--|-------------------------------------|
| 3 | 1 | Allmänt om kursen & projektuppgiften | | | | | |
| | | | | <i>Anmäl projektgrupp senast 22/1</i> | 1 | Kommunikation – rapportskrivning | |
| 4 | | | | 2 | | Teknisk rapportskrivning, del 1 | |
| | | | | 3 | | Teknisk rapportskrivning, del 2: LaTeX | |
| 5 | 4 | Elektriska kretsar – inledande begrepp | | | | | |
| | 5 | Elektriska kretsar – diff.ekv, sp-deln. m.m. | | <i>Systemdiskussion med Mårten – 30 min/grupp</i> | | | |
| 6 | | | | 7 | | Teknisk rapportskrivning, del 3 | |
| | 6 | Elektriska kretsar – <i>iw</i> -metoden | | | | | |
| 7 | | | | | 2 | TRP-lektion 1: Elektriska kretsar | Om Elektriska kretsar |
| | 8 | Inledning, Signaler & System | | | | | |
| | 9 | Faltning & differentialekvationsbeskrivn. | | | | | |
| 8 | | | | | 3 | TRP-lektion 2: Faltning | |
| 9 | 10 | Fourierserieanalys | | | | | |
| | 11 | Fourierserieanalys | | <i>Deadline, inlämning av första rapportdelen</i> | | | |
| 10 | | | | | 4 | TRP-lektion 3: Fourierserieanalys | |
| 11–12 PERIODVILA (omtentaperiod HT2 och tentaperiod VT1) | | | | | | | |
| 13 | 12 | Rep. Fourierserier. Inledning fouriertransform | | | | | Om Fourierserier & Fouriertransform |
| | 13 | Fouriertransformanalys av signaler | | | | | |
| 14 | 14 | Fouriertransformanalys av LTI-system | | | | | |
| | 15 | Forts. fouriertransformanalys av LTI-system | | | | | |
| 15 | | | | – | | Seminarium, rapportskrivning | |
| | | | | | 5 | TRP-lektion 4: Fouriertransformanalys | |
| 16 | 16 | Laplaceformanalys av signaler | | | | | |
| | 17 | Laplaceformanalys av LTI-system | | | | | |
| | 18 | Laplaceformanalys forts. | | | | | |
| 17 | | | | | | | |
| 18 | | | | | 6 | TRP-lektion 5: Laplaceformanalys | |
| | 19 | Passiva/frekvensselektiva filter | | | | | |
| | | | | <i>Gruppdiskussion med Mårten – 30 min/grupp</i> | | | |
| 19 | 20 | Forts. Passiva/frekvensselektiva filter | | | | | |
| 20 | | | | | 7 | TRP-lektion 6: Passiva filter | |
| 21 | 21 | Frågeseminarium inför tentan | | <i>Deadline, inlämning av rapporten</i> | | | |

Återkoppling – kursutvärderingen@Evaluate 2020

- Kursen gick första gången – ny version av tidigare kurs TSKS06
- VT1 i sal, VT2 på distans
- **Helhetsbetyg: 4,30** (36% svarade, 10 av 28)
- Den främsta önskade **förbättringen**:
 - Några önskemål om bättre handledning och rapportåterkoppling
 - **Svar:** Berodde på pandemikonsekvens plus att Mårten var ny med stor arbetsbelastning. I år finns mer handledningstid samt nu har Mårten större erfarenhet från kursen.
- Den främsta **uppskattade** delen:
 - Videorna uppskattades mycket – särskilt det nya formatet i VT2.
- *Ett antal av studenterna svarade även på ett särskilt utvärderingsformulär om bl.a. undervisningen och handledningen på distans (Zoom), videorna och tentaformen med flervalsuppgifter.*

Matematiska linjära modeller av fysikaliska system

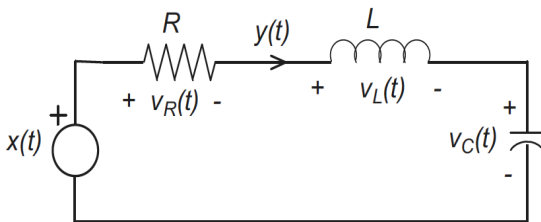


- ♦ Ett **SYSTEM** = en **matematisk modell** av ett fysikaliskt system, som för olika **insignaler** genererar olika **utsignaler**.
- ♦ En **SIGNAL** = en funktion som *representerar* en fysisk storhet eller variabel och innehåller **information** om dess uppförande eller fenomenets egenskaper.
- ♦ Signalerna är här oftast deterministiska, endimensionella, periodiska eller icke-periodiska och tidskontinuerliga.

Differentialekvationsbeskrivning av linjära 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

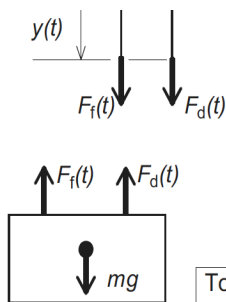
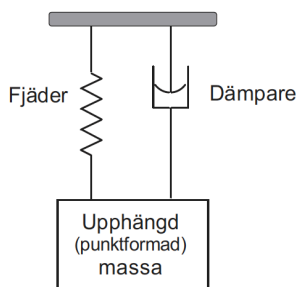
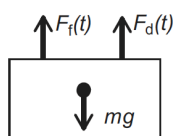
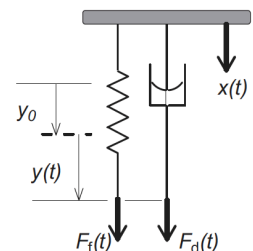
$$y(t) = C \cdot \frac{dv_C(t)}{dt} = C \cdot \frac{dx(t)}{dt} - RC \cdot \frac{dy(t)}{dt} - LC \cdot \frac{dy^2(t)}{dt^2}$$

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

Differentialekvationsbeskrivning av linjära system

Ex: Mekaniskt svängningssystem

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):

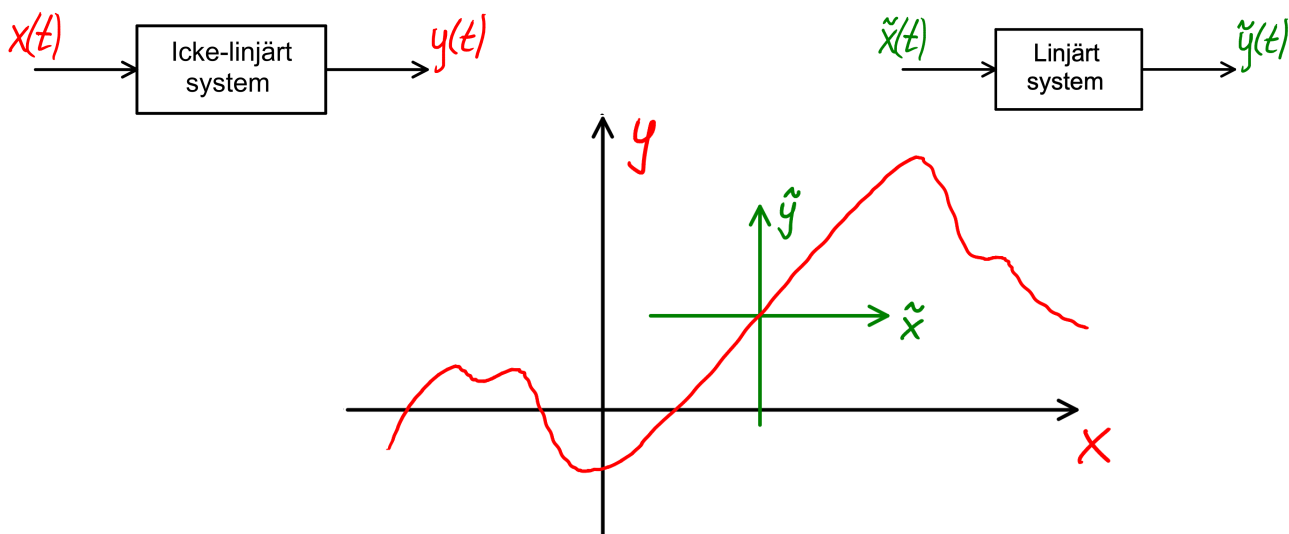
$$m \cdot g - F_f(t) - F_d(t) = m \cdot a = m \frac{dy^2(t)}{dt^2}$$

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

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

De flesta linjära system av praktiskt intresse kan beskrivas m.h.a. en differentialekvation!

Linjärisering av icke-linjära system



Projektuppgiften – inledningen av VT1

- Alla grupper väljer (hittar på) ett **fysikaliskt mekaniskt svängningssystem** som man vill undersöka egenskaperna hos
- Skapa/skriv ett systemförslag i enlighet med **systemförslagsmallen** på kurswebbsidan
 - Beskriv systemets **uppförande**
 - Beskriv den **linjära modell** som ni ansätter
 - Rita de efterfrågade **skisserna!**
- **Viktigt**, vilket brukar brista hos många grupper:
Definiera tydligt systemets **insignal och utsignal** (med referensnivåer/-lägen) i enlighet med systemförslagsmallen!

Exempel: Pendlande linjal

Ni ska definiera ert föreslagna system på motsvarande sätt!
Detta är från systemförslagsmallen

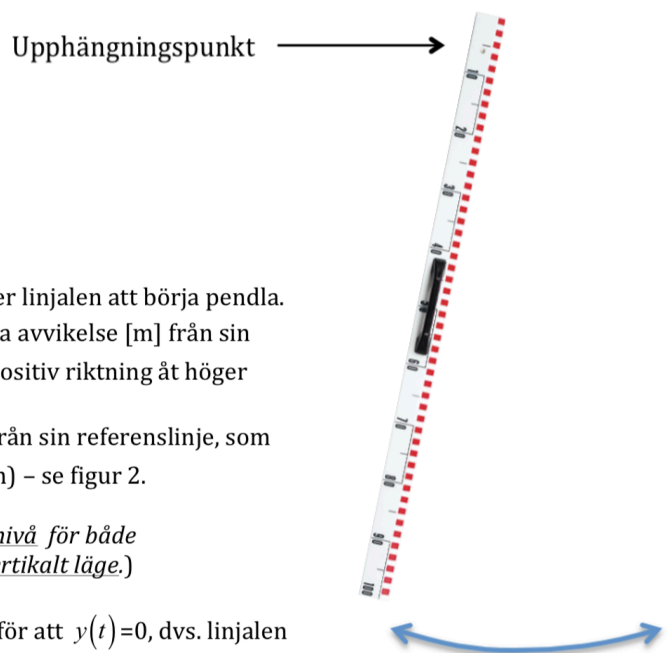
Systemuppförande

När linjalens upphängningspunkt förskjuts horisontellt, så kommer linjalen att börja pendla.

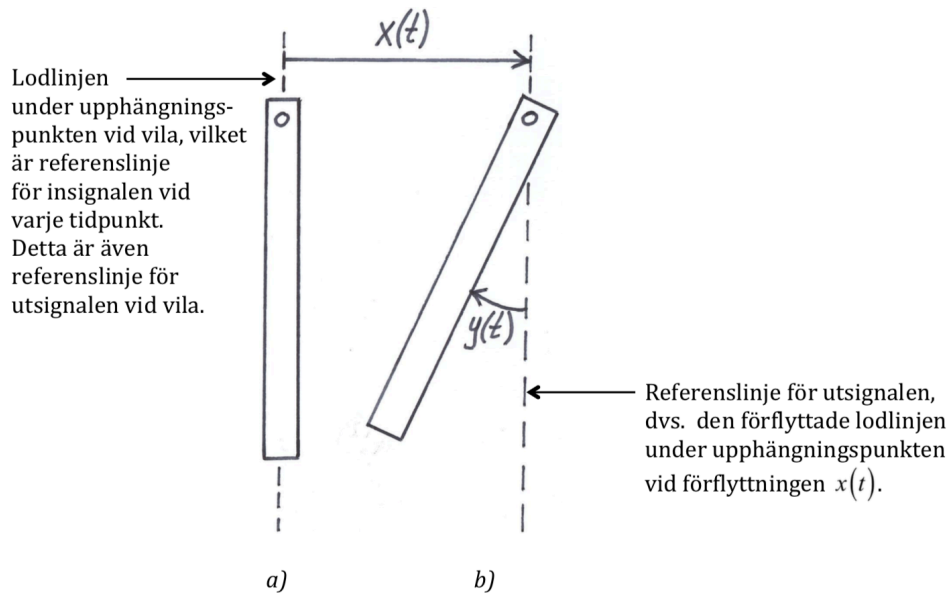
- Systemets insignal $x(t)$ är infästningspunktens horisontella avvikelse [m] från sin referensläge/-linje, som är linjalens lodlinje vid vila, med positiv riktning åt höger i figur 1. Se även förtydligad beskrivning i figur 2.
- Systemets utsignal $y(t)$ är linjalens vinkelavvikelse [rad] från sin referenslinje, som är den förflyttade lodlinjen (dvs. efter insignalens påverkan) – se figur 2.

(Anm: Här är det lämpligare att prata om referenslinje än referensnivå för både insignal och utsignal. "Nivå" relateras mer naturligt till ett vertikalt läge.)

Vid vila är $x(t)=0$, dvs. upphängningspunkten är stilla, vilket medför att $y(t)=0$, dvs. linjalen hänger stillastående rakt ned längs lodlinjen.

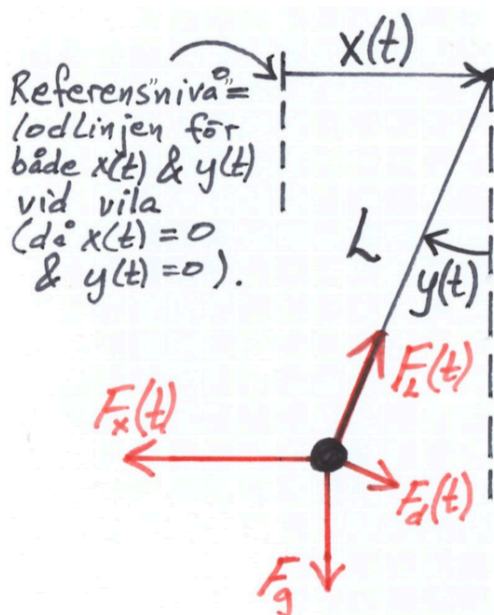


Exempel: Pendlande linjal



Figur 2. a) Systemet vid vila, dvs. för insignalen $x(t)=0$ som ger utsignalen $y(t)=0$.
b) Systemet efter påverkan av insignalen $x(t)$ som resulterar i utsignalen $y(t)$.

Exempel: Pendlande linjal



Systemmodell

Vi modellerar det fysikaliska systemet som en punktformad massa m som är upphängd i en viktlös lina av längd L , där m är linjalens massa och L är avståndet från upphängningspunkten till linjalens tyngdpunkt, se figur 3.

F_g är tyngdkraften, $F_d(t)$ är en dämpningskraft, $F_L(t)$ är den kraft som linan håller upp massan med och $F_x(t)$ är en ekvivalent skenbar kraft som vill flytta punktmassan åt vänster om upphängningspunkten är stilla i stället för att flyttas sträckan $x(t)$ åt höger (som examinatorn förklarade vid den inledande linjära system-föreläsningen).

Newtons 2:a lag i tangentens riktning samt linjärisering \Rightarrow

$$\frac{d^2 y(t)}{dt^2} + \frac{c}{m} \frac{dy(t)}{dt} + \frac{g}{L} y(t) = \frac{1}{L} \frac{d^2 x(t)}{dt^2}$$

En ideal modell av det fysikaliska pendelsystemet.