

# EQ1120 Tidsdiskreta Signaler & System

## Allmän information för Period 4, 2021/2022

### 1 Kursansvarig

Joakim Jaldén, [jalden@kth.se](mailto:jalden@kth.se), 08-790 7788  
EECS, Teknisk Informationsvetenskap.

### 2 Lärare

Joakim Jaldén, [jalden@kth.se](mailto:jalden@kth.se), 08-790 7788  
EECS, Teknisk Informationsvetenskap.

Lissy Pellaco, [pellaco@kth.se](mailto:pellaco@kth.se)  
EECS, Teknisk Informationsvetenskap.

Javier Kipen, [kipen@kth.se](mailto:kipen@kth.se)  
EECS, Teknisk Informationsvetenskap.

### 3 Kursens lärandemål

Kursen ger grundläggande kunskaper om tidsdiskreta signaler och system och hur dessa kan beskrivas och analyseras med hjälp av differensekvationer och transformmetoder, samt implementeras i mjukvara såsom Matlab.

Efter godkännande på kursen så ska studenten kunna

- lösa enklare linjära differensekvationer med och utan initialvillkor
- numeriskt kunna implementera och simulera tidsdiskreta system i Matlab
- redogöra för definitionen och innebörden av systemegenskaper såsom linjäritet, tidsinvarians, kausalitet och stabilitet
- beskriva linjära och tidsinvarianta system med hjälp av deras impulssvar, och genom faltning kunna beräkna utsignalen för ett system givet en insignal
- beräkna den tidsdiskreta Fouriertransformen och dess invers för givna signaler baserat på definition samt allmänna egenskaper för transformen
- beräkna den dubbel- och enkelsidiga  $z$ -transformen för en given signal, använda dessa transformer för att lösa differensekvationer och beräkna utsignaler för system, samt genom partialbråksuppdelning och tabeller kunna återfå tidsdomänbeskrivningen av lösningar och utsignaler
- tolka polers och nollställens placeringar i termer av det tidsdiskreta systemts frekvensegenskaper

- bestämma stabiliteten hos kausala LTI system genom polernas placering
- redogöra för begreppen sampling och rekonstruktion genom pulsamplitud-modulering
- beskriva vikning i tid- och frekvensdomänen
- beskriva en samplad signals spektrum i termer av originalsignalens spektrum, och redogöra för betydelsen av Nyquistkriteriet (samplingsteoremet)
- beräkna den totala överföringsfunktionen för ett samplat system
- beskriva i tal och skrift hur ett system löser en given signalbehandlingsuppgift

För högre betyg så skall studenten dessutom kunna

- visa förståelse för sambanden mellan de olika beskrivningarna av tidsdiskreta system och dess egenskaper i tid- och transformdomänen
- kunna välja lämpliga lösningsmetoder för ett givet problem
- kombinera olika begrepp och metoder från kursen och applicera dem på mer komplexa matematiska och tekniska problemformuleringar

## 4 Förkunskaper

- Begreppen kring tidskontinuerliga linjära och tidsinvarianta signaler och system; linjäritet, impulssvar, faltning, Fourier- och Laplacetransform.
- Grundläggande analys; derivering, integrering, serieutveckling, beräkna geometriska summor.
- Komplexa tal; räkneregler, absolutbelopp, argument (polär form), geometrisk tolkning av de fyra räknesätten.

dvs kurserna EQ1110 tidskontinuerliga signaler och system, SF1625 Envariabelanalys, SF1624 Algebra och geometri, samt SF1626 Flervariabelanalys. Notera dock att endast SF1625 utgör ett formellt förkunskapskrav.

## 5 Kursupplägg

- Förinspelade föreläsningvideos.
- 12 schemalagda “föreläsningssessioner” med flipped classroom.
- 12 schemalagda räkneövningar.
- Två hemuppgifter (PRO1, 1 hp, samt PRO2, 1 hp) **obligatoriska**
- En tentamen (TEN1, 4 hp) **obligatorisk**

## 6 Kurslitteratur

### Kursbok:

B. P. Lathi, "Signal Processing and Linear Systems", Oxford University Press, ISBN 978-0-19-539257-4.

Detta är samma bok som används i EQ1110 Tidskontinuerliga Signaler och System.

OBS: Det finns en annan bok av samma författare med en likartad titel, köp inte fel! Rätt bok har grön framsida. Det finns också tyvärr två versioner av kursboken, med samma ISBN. De kan särskiljas genom att se om kapitlet med matematisk bakgrund ligger i slutet av boken som Appendix A (i läsanvisningarna kallat version A), eller först i boken som kapitel B (i läsanvisningarna kallat version B).

## 7 Föreläsningar

Föreläsningarna i kursen bygger på flipped-classroom. Inför varje schemalagt tillfälle så finns ett antal videos, vilka det förutsätts att du som student har sett innan tillfället. Under den schemalagda tiden så kommer vi att fokusera på så kallade koncept-frågor samt gruppdiskussioner. Det är rekommenderat, men valfritt, om du vill närvara vid dessa moment. De schemalagda momenten sker i sal bokad för föreläsning.

Videos finns publicerade på kurshemsidan i Canvas, men kan även ses på YouTube via länk på kurshemsidan. Om du föredrar att läsa i boken istället för att se på video så finns läsanvisningar i kursboken för de avsnitt som motsvarar föreläsningens innehåll.

## 8 Räkneövningar

Räkneövningarna sker under schemalagda tider i övningssal. De specifika uppgifter som räknas på räkneövningarna är hämtade från kursboken och ett separat övningshäfte finns tillgängligt via kurshemsidan i Canvas. Inspelade räkneövningarna från 2021 finns också tillgängliga via kurshemsidan.

Datorövningen som är schemalagd i datorsal den 23e mars är främst avsedd att ge en introduktion till Matlab genom hjälp av lärarna för att komma igång med hemuppgift 1. Ett zoom-rum kommer att bemannas under schemalagd tid för att svara på frågor om hemuppgift 1.

## 9 Hemuppgifter (obligatoriska)

Kursen innefattar två obligatoriska hemuppgifter om 1 hp vardera. Hemuppgift 1 syftar till att ge praktisk erfarenhet i att arbeta med linjära och tidsinvarianta tidsdiskreta system i Matlab, och redovisas genom kortare svar på en serie

frågor, samt bifogad programkod och plottar. Hemuppgift 2 behandlar en öppnare frågeställning kring en tillämpning av tidsdiskreta signaler och system, och redovisas genom en teknisk rapport.

Arbetet med hemuppgifterna kan utföras individuellt eller i grupper av två studenter. Grupper större än 2 studenter tillåts inte. Rapporten för uppgift 2 kan skrivas på svenska eller engelska, men skall skrivas på dator.

Hemuppgift 1 betygsätts med godkänd / icke godkänd, och Hemuppgift 2 betygsätts med betyg A, C, E eller F, enligt följande betygsgränser:

**A:** God teknisk lösning. Väl upplagd, lättförståelig och välskriven rapport.

**C:** God teknisk lösning och acceptabel rapport, eller acceptabel teknisk lösning och väl upplagd, lättförståelig och välskriven rapport.

**E:** Acceptabel teknisk lösning och rapport.

**F:** Tekniska lösningen felaktig/icke fungerande och/eller oförståelig rapport.

Betyget för hemuppgift 2 delas av gruppens medlemmar då uppgiften löses i en grupp av 2 studenter. Återkoppling kring hemuppgift 2 sker under kursens sista föreläsning.

Deadline för att lämna in hemuppgift 1 är **söndagen den 3e april**, och uppgiften kan lösas utan någon egentlig bakgrund i tidsdiskreta signaler och system men underlättas av teorin som behandlas på föreläsningarna den 28e och 29e mars. Notera att deadline är ganska snart inpå kursstart.

Deadline för att lämna in hemuppgift 2 är **söndagen den 1a maj**.

## 10 Tentamen

Tentamen ges vid två tillfällen per läsår. Första tillfället är **tisdagen den 7e juni, 2022, kl 08:00**. Tillåtna hjälpmedel är:

- Ett A4-blad (bak och framsida) med egna minnesanteckningar
- Formelsamling (rosa) i signalbehandling
- BETA mathematics handbook

Elektronisk utrustning (miniräknare, dator, mobiltelefon, ...) samt kursbok är **ej** tillåtna.

Tentamensanmälan är obligatorisk och sker via **Kurser** → **Tentamen** i personliga menyn. För att kunna anmäla dig till en tentamen måste du dels vara registrerad på kursen, dels vara terminsregistrerad för aktuell termin. Notera att man måste anmäla sig till tentan senast 14 dagar innan tentan.

Maximal poäng på tentamen är 50 poäng, och betyg sätts enligt Fx:23, E:25, D:30, C:35, B:40, A:45.

## 11 Slutbetyg

Slutbetyget på kursen vägs samman från betygen på den andra hemuppgiften (PRO2) respektive tentamen (TEN1), viktade i proportionerna 20/80, dvs enligt följande tabell.

PRO2\ TEN1	A	B	C	D	E	F
A	A	B	C	C	D	F
C	A	B	C	D	E	F
E	B	C	C	D	E	F
F	F	F	F	F	F	F

PRO1 påverkar ej slutbetyget. Vid komplettering av Fx på tentamen så är det högsta betyg som kan uppnås E, oberoende av resultatet på PRO2.

## 12 Kursnämnd

En kursnämnd bestående av 2-3 studenter från kursen. Vi kommer från kursledningen försöka ha kontakt med kursnämnden kontinuerligt under kursen, och kursnämnden bör ha kontakt med THS. Alla kommentarer tas tacksamt emot direkt av lärarna eller genom att kontakta någon i kursnämnden (i vilket fall de hanteras anonymt gentemot kursledningen). Vid kursens slut, ber vi också alla studenter att fylla i en web-baserad kursutvärdering (LEQ), vars resultat sedan används för att förbättra kursen inför kommande år.

## 13 Föreläsningsplanering och läsanvisningar

Angivna kapitel, och delkapitel, är med hänvisning till Lathi, "Signal Processing and Linear Systems"

Fö.	Tema	Läsanvisning för ver. A av kursboken	Läsanvisning för ver. B av kursboken.
1.	Kursintroduktion. Motiverande exempel, och kursupplägg.	8.1 (pp. 485 - 486), 8.2.1 - 8.2.4 (pp. 486 -491), 8.4 - 8.5 (pp. 504 - 512)	8.1 (pp. 540 - 541), 8.2.1 - 8.2.4 (pp. 541 - 546), 8.4 - 8.5 (pp. 559 - 568)
2.	Linjära differensekvationer. Impulssvar.	9.1 - 9.3 (pp. 517 - 529)	9.1 - 9.3 (pp. 573 - 585)
3.	Tidsdomänanalys av tidsdiskreta signaler och system. Faltning. Systemegenskaper.	9.4 - 9.4.1 (pp. 529 - 540), 9.6.1 (pp. 549-551)	9.4 - 9.4.1 (pp. 585 - 596), 9.6.1 (pp. 606-608)
4.	LTI system med exponentiella och sinusformade insignaler.	8.2.5 (pp. 491 - 502), 9.4.2 - 9.6 (pp. 540 - 549)	8.2.5 - 8.2.6 (pp. 546 - 557), 9.4.2 - 9.6 (pp. 596 - 606)
5.	Den tidsdiskreta Fourierserien och Fouriertransformen. Transformegenskaper.	10.1 - 10.4 (pp. 560 - 583)	10.1 - 10.4 (pp. 617 - 638)
6.	Systemanalys med hjälp av Fouriertransformen. Frekvenssvar.	10.5 (pp. 581 - 583), 12.1 (pp. 658 - 663)	10.5 (pp. 638 - 641), 12.1 (pp. 716 - 721)
7.	Den enkla och dubbelsidiga z-transformen.	10.7 (pp. 602 - 604), 11.1 - 11.2 (pp. 610 - 627), 11.7 (pp. 645 - 651)	10.7 (pp. 659 - 662), 11.1 - 11.2 (pp. 668 - 685), 11.7 (pp. 704 - 710)
8.	Z-transformer för att lösa differensekvationer.	11.3 - 11.5 (pp. 627 - 639)	11.3 - 11.5 (pp. 685 - 697)
9.	Systemanalys med hjälp av z-transformen. Poler och nollställen.	11.7 (pp. 645 - 651), 12.2 (664 - 670)	11.7 (pp. 740 - 710), 12.2 (722 - 728)
10.	Sampling och rekonstruktion.	5.1 - 5.1.3 (pp. 267 - 284)	5.1 - 5.1.3 (pp. 319 - 336)
11.	Samplade system.	11.6 (pp. 639 - 645)	11.6 (pp. 697 - 704)
12.	Sammanfattning	—	

## 14 Rekommenderade räkneuppgifter

Rekommenderade räkneuppgifter för övningarna. Räkneuppgifter markerade med 'La' hämtas från kursboken (Lathi, version A eller B) och uppgifter markerade med 'Ex' hämtas från exempelsamlingen vilken är tillgänglig via kurshemsidan. Notera att alla rekommenderade uppgifter troligtvis inte kommer att hinnas med under övningstillfällena.

Öv.	Tema.	Uppgifter ver. A	Uppgifter ver. B
1.	Linjära differensekvationer och impulssvar.	La: 9.6, 9.6 <sup>1</sup> , 9.6 <sup>2</sup> , 9.8, 9.9 9.12	La: 9.2-1, 9.2-2, 9.2-3, 9.3-1, 9.3-2 9.3-5
2.	Tidsdomänanalys av tidsdiskreta signaler och system I.	Ex: 1.1-1.6	Ex: 1.1-1.6
3.	Tidsdomänanalys av tidsdiskreta signaler och system II.	Ex: 1.7, La: 8.3, 9.13, 9.19, 9.32, 9.26, 9.37	Ex: 1.7, La: 8.2-3, 9.4-1, 9.4-7, 9.5-3, 9.6-1, 9.6-2
4.	Fouriertransformer I.	Ex: 2.1-2.4, La: 10-11	Ex: 2.1-2.4, La: 10.3-2
5.	Fouriertransformer II.	Ex: 2.5-2.8, La: 10-13, 12-3	Ex: 2.5-2.8, La: 10.5-1, 12.1-3
6.	z-transformer.	Ex: 3.1-3.2, La: 11-3 a,b,e, 11-1, 11-2 c	Ex: 3.1-3.2, La: 11.1-3 a,b,e, 11.1-1, 11.1-2 c
7.	Att lösa differensekvationer med z-transform.	Ex: 4.1 - 4.5	Ex: 4.1 - 4.5
8.	Systemanalys med z-transform. Poler och nollställen.	Ex: 5.1 - 5.7	Ex: 5.1 - 5.7
9.	Sampling. Rekonstruktion.	Ex: 6.1 - 6.6	Ex: 6.1 - 6.6
10.	Samplade system.	Ex: 6.7 - 6.10	Ex: 6.7 - 6.10
11.	Repetition. Tentaräkning.	-	-
12.	Repetition. Tentaräkning.	-	-

<sup>1</sup> : med  $y[k+2] + 2y[k+1] + y[k] = 0$  och  $y[-1] = 1, y[-2] = 1$

<sup>2</sup> : med  $y[k+2] - 2y[k+1] + 2y[k] = 0$  och  $y[-1] = 1, y[-2] = 0$