

# Kurs-PM för HE1030 Analog Elektronik 8 hp, HT22

## *Ur kursplanen*

### **Lärandemål**

Studenten ska efter kursen förstå egenskaper hos analoga elektronikkretsar och hur dessa kan konstrueras med komponenter såsom operationsförstärkare och transistorer. Studenten kan efter kursen utifrån en problemställning eller specifikation självständigt dimensionera, simulera, bygga och testa en analog elektronikkoppling för låga frekvenser.

Efter genomförd kurs ska studenten kunna för godkänt betyg:

- Definiera och beräkna förstärkaregenskaper (förstärkning, in- och utimpedans) för operationsförstärkarkopplingar och grundläggande transistorförstärkarsteg samt välja och dimensionera lämpliga förstärkarkopplingar.
- Bestämma överföringsfunktionen för frekvensberoende förstärkarkopplingar samt att kunna rita Bodediagram och beräkna gränshfrekvenser.
- Beskriva funktionen och redogöra för egenskaper för operationsförstärkare, dioder och transistorer.
- Definiera begrepp vid motkoppling och förklara varför det kan bli instabilitet i motkopplade förstärkarkopplingar.
- Konstruera enkla RC-oscillatorer med operationsförstärkare.
- Beskriva ström-spännings-diagram och storsignalmodeller för dioden och transistorer av bipolär- och MOS-typ samt beräkna transistorens småsignalparametrar och använda småsignalmodeller.
- Verifiera gjorda konstruktioner med SPICE simuleringsverktyg (eller andra simuleringsverktyg) och göra kopplingar och utföra mätningar på dessa.

För högre betygsnivå skall studenten dessutom kunna:

- Analysera effekter av offsetspänning och förströmmar i operationsförstärkarkopplingar och kunna avgöra om kompensering av dessa effekter krävs.
- Beräkna stabilitetsmarginaler för motkopplade förstärkare och dimensionera nät för kompensering av potentiellt instabila förstärkare.
- Skapa modeller för analoga förstärkare och därur härleda uttryck för förstärkning, in- och utimpedans.
- Beräkna hur transistorens högfrekvensgenskaper påverkar en förstärkarkoppling samt konstruera flerstegsförstärkare med transistorer.

## Litteratur

Litteratur: Analog elektronik, Molin, Upplaga: 3

Förlag: Studentlitteratur År: 2020

ISBN: 978-91-44-14190-9

Lösningar till övningsuppgifter och kompletterande material till boken: [www.ingbm.se](http://www.ingbm.se)

## Examinationsmoment

LAB1 - Laborationer, 2,0 hp, betygsskala: P, F

TEN1 - Tentamen, 6 hp, betygsskala: A, B, C, D, E, Fx, F

## Kursens delar och deras utsträckning i tid

Under period 2 genomförs teorikursen med föreläsningar, övningar, räknestugor, en datorövning och fyra laborationer. Teoridelen av kursen tenteras under tentamensperioden efter period 2.

## Angående tentamen

Ordinarie tentamen äger rum torsdag 12/1 – 2023, och omtentamen under omtentaperioden i april 2023. Se schemat för tidpunkterna.

## Lärare på kursen

Elias Said,

kursansvarig och examinator,

08-790 4819,

[esaid@kth.se](mailto:esaid@kth.se)

Linus Remahl,

Ansvarig för laborationsmomentet i kursen,

[remahl@kth.se](mailto:remahl@kth.se)

## Krav för slutbetyg

Godkänd tentamen (TEN1; 6 hp), betygsskalan A-F.

Godkända laborationer (LAB1; 2 hp), betygsskalan P/F

*(Observera att laborationsmomentet måste vara helt avklarat under läsåret 2021/2022, annars får hela laborationsmomentet göras om).*

Slutbetyg grundas på samtliga moment. Betygsskala A-F.

## Allmän information

För ett lyckat resultat på kursen är det viktigt med ett kontinuerligt studiearbete redan från kursens början. Laborationerna innehåller förberedelseuppgifter som skall vara lösta och gjorda före laborationens start. Oförberedda studenter har ej rätt att delta i laborationerna.

All kursmaterial, dvs. detaljplanering, Lab instruktioner, tidigare givna tentamen, etc. kommer att finnas på kursens hemsida i Canvas. Hemsidan uppdateras kontinuerligt under kursens gång.

## Detaljplanering för kursen HE1030 Analog Elektronik HT22, period 2

### Föreläsningar, övningar och räknestugor

Föreläsningarna samt övningarna kommer i huvudsak att ges på plats. Undervisning i hybridform (dvs. både digitalt och på plats) kan förekomma under kursens gång. Vissa tillfällen kan även komma att enbart ges digitalt via Zoom och information om vilka tillfällen det handlar om kommer att ges under kursens gång. Ifall undervisningen ges på hybridform eller enbart digitalt kommer det att vara över Zoom via zoomlänken som publiceras på kursens hemsida i Canvas.

Vecka	Förel. Övn. nr	Preliminärt innehåll	Avsnitt i boken <sup>1</sup>	Rek. Övn. Uppg.
44	Fö. 01	<b>Kursinformation.</b> <b>Systemegenskaper för analoga kopplingar.</b> - Förstärkning, decibel. - Förstärkarens kretsmodell: In- och utresistans - Gränsfrekvenser och bandbredd - Distorsion - CMRR - Beteckningar och symboler	Kap 1	Kap 1: 1.1 – 1.9
	Fö. 02	<b>Halvledarkomponenter: PN-diod</b> - introduktion till PN-övergången - Den ideala dioden, diodkaraktäristik - Vanliga kiseldiod - Zenerdiod - Lysdioder <b>Diodkopplingar</b>	Kap 7	Kap 7: 7.1, 7.2
	Fö. 03	<b>Diodkopplingar (Fortsättning)</b> <b>MOS-transistor:</b> - Komponenten - Karakteristik, Transistorns arbetsområden - Kanallängdsmodulation och tröskelspänning - Olika typer av MOS-transistorer	Kap 8	Kap 8: 8.1 – 8.4
	Fö. 04	<b>MOS-transistor, fortsättning</b> <b>Förstärkning med MOS-transistorn:</b> - Vilopunktsinställning - Transistorns småsignalmodell Grundläggande förstärkarkopplingar: - GS-steg, gemensam source, utan Rs - GS-steg med sourceresistor - GD-steg, gemensam drain (sourceföljare) - GG-steg, gemensam gate	Kap 8 Kap 9.1 – 9.4	Kap 8: 8.1 – 8.4 Kap 9: 9.1, 9.2, 9.3, 9.4, 9.5, 9.6, 9.7
45	Fö. 05	<b>Fortsättning: Förstärkning med MOS-transistorn:</b> - Differentialförstärkare - Höga frekvenser	Kap 9.5 – 9.6	Kap 9: 9.8, 9.9, 9.10 Extra: 9.11, 9.12
	Övn. 1	<b>Diverse övningar om diod- och MOS transistor kopplingar.</b> Föreslå gärna uppgifter/övningar inför denna övning		
	Fö. 06	<b>Bipolartransistorn:</b> - Komponenten - Karakteristik, transistorns diagram - Transistorn som switch <b>Förstärkare med BJT:</b> - Förstärkning med BJT - Vilopunktsinställning - Transistorns småsignalmodell	Kap 10 Kap 11.1 – 11.3	Kap 10: 10.1 Kap 11: 11.1, 11.2

Vecka	Förel. Övn. nr	Preliminärt innehåll	Avsnitt i boken <sup>1</sup>	Rek. Övn. Uppg.
46	Fö. 07	<b>Fortsättning: Förstärkare med BJT</b> - GE-steg - GC-steg (emitterföljare) - Gränsfrekvenser - Transistormodell för höga frekvenser - Kaskad- och Par- kopplingar	Kap 11.4 – 11.7, 11.9, 11.10, 11.11	Kap 11: 11.3, 11.4, 11.5, 11.6,
	Övn. 2	<b>Övningar på Transistorförstärkare, vilopunkt, småsignalschema</b>	Kap 11	Kap 11: 11.7, 11.8, 11.9
	RS 1	Räknestuga för eget problemlösande och möjlighet till frågor och hjälp, <i>ingen genomgång på tavlan</i>		
47	Fö. 08	- Differentialförstärkare och flerstegsförstärkare (CMRR)	Kap 11.8 – 11.11	Kap 11: 11.10 Extra: 11.11, 11.12
	Fö. 09	<b>Operationsförstärkarförstärkarkopplingar:</b> - Den ideala OP:en - Komparatorkopplingar, Schmitt-trigger - Icke inverterande och Inverterande förstärkarkopplingar: - differentialförstärkare. - Instrumentförstärkare.	Kap 2	Kap 2: 2.1 – 2.8, 2.10, 2.11, 2.12, 2.13, 2.14 <b>Extra:</b> 2.15, 2.16, 2.17
	KS??	Denna vecka eller vecka 48		
48	Fö. 10	<b>Operationsförstärkarens egenskaper</b> - Verklig OP. - Databladsuppgifter - Likspänningsegenskaper: Förstärkning, förströmmar, Offset, CMRR. - Växelspänningsegenskaper: Frekvenskurva, Slew rate.	Kap 3	Kap 3: 3.1, 3.2, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9
	Fö. 11	<b>Frekvensberoende kopplingar</b> - RC-filter. - Bodediagram. - Frekvensberoende operationsförstärkarkopplingar	Kap 5.1– 5.4	Kap 5: 5.1 – 5.3
	Övn. 3	<b>Övningar på operationsförstärkarkopplingar</b>	Kap 5	Kap 5: 5.4, 5.5, 5.6, 5.7, 5.8, 5.9, 5.10, 5.11
49	Fö. 12	<b>Motkoppling eller Negative feedback:</b> - Den generella motkopplingsstrukturen - Känslighet för variationen av råförstärkning - Olika motkopplingsfall  <b>Stabilitet:</b> - Stabilitetsvillkor (ett instabilt exempel)	Kap 6.1 – 6.6	Kap 6: 6.1, 6.2, 6.4, 6.5, 6.6
50	Fö. 13	<b>Stabilisering av förstärkare</b> -Kompenseringsprinciper: Dominerande pol, Fasretarderande och fasavancerande nät  <b>Stabilitetsproblem med OP</b> - Strökapacitanser - Kapacitiv last	Kap 6.7 – 6.8	Kap 6: 6.7, 6.8, 6.9, 6.10, 6.11, 6.12 <b>Extra:</b> 6.14, 6.15, 6.16
	Övn. 4	Svängningsvillkor för oscillator. RC-oscillatorer: - Fasskiftoscillatorn och Wienbryggoscillatorn - Amplitudstabilisering  <b>Övningar</b> på motkoppling och stabilisering av förstärkare	Kap 13.1 – 13.3	Kap 13: 13.1

Vecka	Förel. Övn. nr	Preliminärt innehåll	Avsnitt i boken <sup>1</sup>	Rek. Övn. Uppg.
	Fö. 14	Repetition		
	RS 2	Räknestuga för eget problemlösande och möjlighet till frågor och hjälp, <i>ingen genomgång på tavlan</i>		
<b>2 (2023)</b>	<b>TEN1</b>	<b>Tentamen</b>		<b>Torsdag 12/1 – 2023, kl. 8-13</b>

<sup>1</sup>Molin, Bengt: *Analog Elektronik*, 3:a upplagan, Studentlitteratur, ISBN 978-91-44-14190-9

### Laborationer

Innehållet i instruktioner för varje laboration kan komma att uppdateras eller ändras under kursens gång.

Godkänt på alla laborationsdelar är obligatoriskt för godkänt (P) på lab-momentet i kursen. Förberedelseuppgifter ska vara gjorda före lab-tillfället. Laborant ska alltid vara beredd att visa sina förberedelser vid laborationens början. Om förberedelseuppgifterna ej är gjorda har studenten ej rätt att delta på laborationen. En laboration anses vara godkänd om dess förberedelser är gjorda och godkända, laborationen är genomförd samt laborationsrapporten är inlämnad och godkänd.

Laborationsgenomförande görs i grupp om två. Inlämning av labrapporten görs på kursens hemsida i Canvas.

Kursens laborationsmoment anses vara underkänt och därmed erhålls betyget F om det inte blir godkänt under det läsåret kursen ges, dvs. under läsåret HT22/VT23.

Vecka	Lab nr.	Innehåll (Tema)	Avsnitt i boken <sup>1</sup>	Förberedelse Uppgifter?
	Dator-övning	<b>Handledning:</b> OrCad PSpice Simuleringsövningar samt intro inför förberedelseuppgifter för laborationerna		<i>Simuleringsövningar finns i laborationshäftet</i>
45	LAB 1	Diod- och Transistorkopplingar Se instruktionen för Lab 1	<i>Kap 7 och 8 (kap 4 läses generellt inför laborationerna)</i>	JA Förberedelse finns i Lab-instruktioner LAB-rapport
47	LAB 2	Transistorkopplingar Se instruktionen för Lab 2	<i>Kap 11.4 – 11.5 och 11.7 – 11.8  Extra: Kap 12.5 och 12.7 – 12.8</i>	JA Förberedelse finns i Lab-instruktioner LAB-rapport
48	LAB 3	Grundkopplingar OP Se instruktionen för Lab 3	<i>Kap 2, kap 3 och kap 5</i>	JA Förberedelse finns i Lab-instruktioner LAB-rapport

Vecka	Lab nr.	Innehåll (Tema)	Avsnitt i boken <sup>1</sup>	Förberedelse Uppgifter?
49 och 50	LAB 4	Konstruktionsuppgift: Ljudförstärkare Se instruktionen för Lab 4		JA Förberedelse finns i Lab-instruktioner
50	LAB 1-4	Extra Lab-tillfälle (Anmälan krävs)		JA, Förberedelse uppgifter finns under respektive LAB LAB-rapport

## Examination och Tentamen

Vid tentamen kan betygen F, Fx, E, D, C, B eller A erhållas. Tentamen kommer att vara uppdelad i två delar enligt följande:

- **Den första delen avser betygen D och E.** Den omfattar grundläggande kännedom om hela kursmaterialet samt alla punkter som krävs för ett godkänt betyg under lärandemål som är angivna under lärandemål.
- **Den andra delen avser betygen A, B och C.** Den omfattar alla punkter som krävs för högre betygsnivå som är angivna under lärandemål. För att erhålla något av betygen A, B eller C måste kravet för betyget D vara uppfyllt.

### ***Tentamens poängfördelning ser ut på följande sätt:***

För godkänd tentamen krävs både godkänd Del A och minst 10 poäng av totalt 24 möjliga poäng. Poängfördelning mellan delarna är 15 poäng för Del A och 9 poäng för Del B.

- Tentamens Del A är godkänd om dess poäng är minst 8 poäng av 15 möjliga poäng som är avsedda för denna del.
- Tentamens Del B rättas ej om Del A inte är godkänd, dvs. antal erhållna poäng understiger 8 poäng.
- För betyget Fx krävs 8 eller 9 poäng som motsvarar godkändnivå för Del A. Om komplettering är godkänd rättas tentamens Del B.

**Hjälpmedel vid tentamen:** kursens formelsamling, Bodediagram samt miniräknare

### ***Komplettering***

En student som erhållit betyget Fx vid tentamen har rätt till komplettering. Fx är ett underkänt betyg. Om kompletteringen är godkänd rättas tentamens Del B, annars rapporteras betyget F. Enbart godkänd Fx-komplettering ger betyget E.

Anmälan om komplettering ska göras till examinator senast fem vardagar efter offentliggörandet av tentamensresultat. Examinator beslutar om hur kompletteringen ska ske. Tidpunkten för komplettering bestämmas av examinator i samråd med tentanden. Om kompletteringen inte genomförs inom sex veckor från skrivna tentamens tidpunkt rapporteras betyget F.

### **Frivillig bonusgivande aktivitet**

Under kursens gång kommer det att ges en frivillig bonusgivande aktivitet som kan ge bonuspoäng enbart vid tentamens första del. Erhållna bonuspoäng räknas enbart vid den första skrivna tentamen under det läsåret kursen går dvs. läsåret HT22/VT23 och nollställs därefter. Denna aktivitet kommer förmodligen att vara en kontrollskrivning som är tänkt under vecka 47 eller vecka 48 (mer info kommer att ges under i början av kursen).

Beroende på resultatet kommer denna aktivitet att ge 3 poäng på tentamens som motsvarande den första uppgiften som då inte behöver lösas.

Denna aktivitet kommer preliminärt att äga rum under vecka 47 eller vecka 48 och innefattar såväl alla moment som ingår under veckorna 44, 45 och 46 i detaljplanering.

### **Viktigt:**

*Vid kursens alla examinationsmoment är studenten skyldig att ta del av och följa givna instruktioner om vad som gäller vid examinationen. Om instruktionerna inte följs det kan leda till disciplinära påföljder i form av varning eller avstängning.*

*I fråga om skriftlig tentamen (salstentamen, kontrollskrivningar, ) framgår eventuella konsekvenser i anvisning om tentamensregler vid KTH som hittas på KTH:s hemsida [Skriftlig tentamen | Student \(kth.se\)](#)*

### **Att höja ett godkänt betyg (plussning) i det sjugradiga betygssystemet**

För kursmoduler som betygssätts enligt det sjugradiga betygssystemet (A, B, C, D, E, Fx och F) finns möjlighet till plussning av ett godkänt betyg för att uppnå ett högre betyg.

Vid plussning skall följande punkter noteras:

- Det gäller dock inte för kurs som ingår i en redan utförd examen eller kurs för examensarbete.
- Det gäller inte heller i de fall examinator bedömer att plussning inte kan komma ifråga, exempelvis vid vissa projektarbeten, seminarier eller laborationer.
- Om plussning tillåts ska det genomföras vid ordinarie examination eller vid tillfälle för omexamination. Det anordnas **inte** ett särskilt tillfälle för plussning.