



**KURSPROGRAM HT2019**  
**för**  
**IE1207 Analog elektronik 6,0hp**

**Kursplan**

**Kurs PM**

# Kursplan

## Analog elektronik

**IE1207**

**Nivå:** Grundläggande

**Huvudområde:** Teknik

**Examinator:** Bengt Molin

**Fr o m HT2015**

### Mål

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.

### För godkänt betyg skall studenten kunna

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.

För godkänt betyg skall studenten kunna:

- Definiera och beräkna förstärkning, in- och utimpedans för operationsförstärkarkopplingar och grundläggande transistorförstärkarsteg.
- Välja lämpliga förstärkarkopplingar och dimensionera dessa för att lösa olika typer av förstärkningsproblem.
- Bestämma överföringsfunktionen för frekvensberoende förstärkarkopplingar samt att kunna rita dess bodediagram (belopp- och faskurva) samt beräkna gränsfrekvenser.
- Beskriva funktionen och redogöra för egenskaper för operationsförstärkare, dioder och transistorer.
- Analysera effekter av operationsförstärkarens icke-ideala egenskaper i förstärkarkopplingar
- Definiera begrepp vid motkoppling: råförstärkning, resulterande förstärkning, slingförstärkning, motkopplingsfaktor och stabilitetsmarginaler.
- Förklara varför det kan bli instabilitet i motkopplade förstärkarkopplingar och beräkna stabilitetsmarginaler för motkopplade förstärkare.
- Beskriva ström-spännings-diagram och storsignalmodeller för dioden och transistorer av bipolär- och MOS-typ.
- Beräkna transistorens småsignalparametrar och använda småsignalmodeller för att beräkna förstärkning, in- och utresistans för förstärkarsteg med både bipolär transistorer och MOS-transistorer.
- Verifiera gjorda konstruktioner med SPICE simuleringsverktyg.
- Bygga en prototyp och genom mätningar utvärdera dess prestanda.
- Göra en skriftlig dokumentation av konstruerade kretsars egenskaper.

## Innehåll

Systemegenskaper hos analoga byggblock. Förstärkning, inimpedans, utimpedans och gränshfrekvenser.

Operationsförstärkare och dess egenskaper. Förstärkarkopplingar med operationsförstärkare. Differentialförstärkare, common mode, differential mode, CMRR. RC-filer och bodediagram. Frekvensberoende förstärkarkopplingar.

Principen för motkoppling. Stabilitetsproblem vid motkoppling.

Halvledarkomponenter, dioder och transistorer. Diodkopplingar. Förstärkarsteg med transistorer såsom GE-steg, GC-steg (emitterföljare) och differentialförstärkare.

Kopplingar för vilopunktsinställning.

Användning av kretssimuleringsprogram (PSPice) och mätningar på förstärkarkopplingar

## Litteratur

Molin, Analog elektronik, 2:a upplagan, Studentlitteratur  
ISBN 978-91-44-05367-7

alternativt

Sedra/Smith, Microelectronic Circuits  
Upplaga: 5 Förlag: Oxford University Press  
ISBN: 0-19-514252-7

## Undervisningsspråk: Svenska

### Behörighetskrav

EI1110 Elkretsanalys eller motsvarande

### Betygsskala: A/B/C/D/E/Fx/F

### Examination

LAB1 (2 hp) Lab- och konstruktionsuppgifter betyg P/F

TEN1 (4hp) Skriftlig tentamen betyg A-F  
Hjälpmedel: Räknedosa, formelblad finns bifogad tentamen

### Utvärdering

Kursen utvärderas och utvecklas i enlighet med KTH:s policy för kursanalys (intern föreskrift nr 18/99)

### Lärare

Bengt Molin Kursansvarig, examinator, föreläsare, övningslärare, lablärare  
Tel: 790 44 48 E-post: [bengtm@kth.se](mailto:bengtm@kth.se) Electrum, Isafjordsgatan 22, Hiss C, plan 4

Labassistenter: En labassistent kommer att finnas med som hjälp på lab.

## Webb

Kursinformation, kursdokument och kompletterande material hittar du på kursens sidor i Canvas.

Anmälan till laborationer och inlämning av labrapporter sker i Canvas.

Anmälan till tentamen sker via Mina sidor på KTH-webben.

## Föreläsningar

För att förbereda föreläsningarna ska du titta på en kort video som introducerar vad som kommer att avhandlas samt läsa igenom tillämpliga delar i läroboken. Föreläsningarna kommer att vara traditionella föreläsningar med genomgångar blandat med lärarledd övningsräkning. Du uppmuntras att fråga och diskutera vad som avhandlas så att det blir en dialog mellan lärare och studenter.

## Seminarier, obligatoriska studentövningar

Under kursen är det schemalagt fyra studentövningar som baseras på att studenter löser uppgifter och redovisar dessa under övningen. Studentövningarna kommer att gå till på följande sätt:

När övningen startar får du markera i en lista vilka uppgifter du har löst. Sedan kommer en student slumpmässigt att utses att presentera sin lösning. Det är fritt för alla att ställa frågor och diskutera lösningen eller visa alternativa lösningar. Syftet är att uppmuntra till övningsräknande och en fördjupad förståelse av kursens innehåll kontinuerligt under kursen så att du som student blir väl förberedd för tentamen. De uppgifter som du markerar skall du också vara beredd att redovisa. **Dina lösningar skall innan övningen börjar vara inlämnade i Canvas.** Skulle du ha markerat en uppgift som du inte kan redovisa lösning till kommer antalet markeringar för den övningen att nollställas.

Det är totalt 24 uppgifter (6 uppgifter / övning). Du måste lösa minst 15 uppgifter för att bli godkänd på övningarna. Det är ingen betygsättning på dina lösningar. Den kommer inte heller att strykas om du har gjort något fel, men du skall kunna förklara hur du tänkt. Är du inte godkänd på seminarierna får du inte tentera kursen. **Det är ett krav att du gör lösningar på minst 15 uppgifter och deltar i seminarierna för att få tentera.**

Skulle du bli sjuk till en övning ska du naturligtvis inte komma på seminariet. Om du blir sjuk eller har något annat giltigt skäl att utebli så ska du meddela kursansvarig detta så får vi diskutera hur du skall redovisa för att hämta in övningen.

## Laborationer, obligatoriska

Laborationssalarna finns i Electrum, Kista. De är tillgängliga även för eget laborerande utanför de schemalagda laborationspassen. Ta i så fall kontakt med kursansvarig för att få åtkomst med passerkort till salen. Under kursen är två laborationspass schemalagda. Laborationspassen är till för att mättekniskt verifiera funktionen hos de två konstruktionsuppgifter som du skall göra under kursen. Laborationerna genomförs i grupper om **två** studenter. Praktiskt experimenterande och mätande ingår naturligt i en elektronikingenjörs arbete. Du planerar själv förberedelse och genomförande av laborationerna utifrån de krav som anges i lab-PM. Laborationspassen skall vara **förberedda** så att laborationstiden kan utnyttjas huvudsakligen för koppling, mätning, felsökning och dokumentation. Se lab-PM för närmare detaljer.

I momentet LAB ingår två konstruktionsuppgifter.

- L1 Förstärkare från mikrofon till högtalare.
- L2 Konstruera en förstärkare uppbyggd med transistorer.

Arbetsgången med konstruktionsuppgifterna är

- Dimensionering med handräkning
- Verifiering med simulering
- Koppla upp en prototyp och testa, dokumentera med mätning
- Redovisa fungerande koppling
- Lämna in labrapport

Dimensionering och verifiering skall vara gjorda före labpasset. Alla papper som lämnas in till examination **skall vara personligen** skrivet av den student som examineras och lämnas in i ett exemplar per student. **Inga gruppinlämningar godkänns!** Närmare detaljer hittar du i lab-PM.

## Verktyg

I analog elektronikkonstruktion är det de facto standard att använda SPICE-simulator för simuleringar på krets nivå. Vi använder i denna kurs PSpice eller QUCS. Du hittar introduktion till programvarorna på kurswebben. Vill du använda annan Spice-simulator, till exempel LTSpice, går det bra om du fixar det på egen hand.

## Kurskrav

Det är obligatorisk närvaro vid laborationer och seminarier. Om du på grund av sjukdom eller annan giltig orsak inte kan närvara skall du snarast ta kontakt med kursansvarig lärare.

## Betygsättning tentamen

Kursen är indelad i fyra moduler; operationsförstärkarkopplingar, motkoppling och stabilitet, MOS-transistorkopplingar och bipolartransistorkopplingar. På varje modul ges två uppgifter på tentamen. För godkänt på tentamen krävs att alla delar av kursen finns redovisade med minst 3 poäng på varje modul och en totalsumma på lägst 20 poäng.

Hjälpmedel: Räknedosa + formelblad som finns bifogad tentamen

## Betygsgränser

F	<=17
F <sub>x</sub>	18-19
E	20-21
D	22-25
C	26-30
B	31-35
A	36-40

## Rättningsprinciper:

-1p för enklare fel

-2p för allvarigare fel eller där felet borde upptäckts vid enkel kontroll

I övrigt ges poäng enligt angiven fördelning på tentamen. Lösningen skall vara korrekt och lätt att följa för att kunna erhålla poäng. Gjorda approximationer måste anges och motiveras.

Tänk på att det i många uppgifter går att upptäcka fel genom att göra en enkel dimensionskontroll.

## Betygsättning labkurs

Krav på redovisning av laborationer framgår av lab-PM. På labmomentet ges betyget P/F.

## Slutbetyg

Slutbetyget på kursen blir lika med tentamensbetyget förutsatt att även labkursen är godkänd.

## Kursplanering IE1207 Analog elektronik

Uppgifter angivna vid föreläsningar är lämpliga att du räknar själv. Skulle du köra fast på något uppgift kan du ha hjälp av att det finns lösningar till alla bokens uppgifter att ladda ned från bokens webbsida.

F= Föreläsning, S= Seminarieövning, L= Laboration

Sidanvisningar till läroboken: Molin, Analog elektronik, 2:a upplagan, Studentlitteratur

P= Problem ur boken som rekommenderas för dig att lösa på egen hand

Angivna tider är med reservation för ändringar eller felskrivning. Kolla alltid schema!

	Innehåll	KTH Campus
F1	Kursinformation, Analogt vs. digitalt, Systemegenskaper för analoga kopplingar, Förstärkning, in- och utresistans, deciBel, beteckningar och symboler Kapitel 1, sid 15-37 P: 1.2-1.7	26/8 10-12
F2	Operationsförstärkare, ideal OP, förstärkarkopplingar med OP, inverterande och icke inverterande typkopplingar, differentialförstärkare, instrumentförstärkare Kapitel 2, sid 39-58 P: 2.1-2.7	27/8 10-12
F3	RC-filer. Bodediagram. Frekvensberoende kopplingar med OP. Gränsfrekvenser. Kapitel 5, sid 101-120 P: 5.1-5.4, 5.7, 5.9, 5.10, 5.11	28/8 13-15
F4	Verklig OP, förströmmar, offset, slew rate, frekvenskurva, CMRR, databladsuppgifter, integrator och differentiator med OP Kap 3, sid 61-78 P: 3.1, 3.2, 3.5, 3.6, 3.7	2/9 8-10
S1	Seminarie 1, studentövning 1	6/9 13-15
L1	Konstruktionsuppgift 1 - ljudförstärkare	11/9 8-12 13/9 8-12
F5	Motkoppling, stabilitet, stabilitetsmarginaler Kap 6, sid 127-165 P: 6.1, 6.2, 6.4 - 6.10	12/9 15-17
F6	Halvledarkomponenter, P och N, dioden, MOS-FET Kapitel 7, sid 175-191 P: 7.1, 7.3	16/9 10-12
S2	Seminarie 2, studentövning 2	17/9 10-12
F7	MOS-FET, komponenten, karakteristik, förstärkning med MOS Kapitel 8, 193-210 P: 8.1, 8.2 Kapitel 9, 212-249 P: 9.1, 9.2	18/9 10-12
F8	Förstärkare med MOS, vilopunktsinställning (bias), småsignalmodeller Kapitel 9, 212-249 P: 9.5, 9.6, 9.7	24/9 13-15
S3	Seminarie 3, studentövning 3	25/9 15-17
F9	Bipolartransistorn, komponent, karakteristik, förstärkning med BJT vilopunktsinställning, signalmodell Kapitel 10.1, sid 254-264 Kap 11.1-11.3, 271-289 P: 11.2-11.5	26/9 10-12

F10	Förstärkare med BJT, GE-steg, GC-steg (emitterföljare), Motkopplade GE-steg (ej avkopplad emitterresistor) Kapitel 11.4-11.7, sid 289-307, P: 11.3-11.9	30/9 13-15
F11	Transistorförstärkare vilopunkt, signalsschema hörfrekvensmodeller, gränshöjnings, differentialförstärkare och flerstegsförstärkare, Kapitel 11.8 - del av 11.13, sid 308-333 Kapitel 12.5, sid 350-358 Kap 11.9-11.10, sid 315-326 P: 11.10	2/10 13-15
F12	Strömgeneratorkopplingar och strömspeglar, förberedelse lab 2 Kapitel 12.3, sid 349-350, kapitel 12.5, sid 356-358 P: 12.1-12.2 12.9, 12.11	4/10 13-15
S4	Seminarie 4, studentövning 4	8/10 13-15
L2	Konstruktionsuppgift 2, videoförstärkare	10/10 fm 10/10 em
	Tentamen Onsdag 25 oktober kl 8-13 (Kolla i schemat att tid stämmer!) <b>Obs! Tentamen går på Campus Kista i Electrum</b>	

F: 12x2= 28,

Ö: 4x2= 8

L: 2x4= 8