

# Förstudierapport

TIF083C - Avancerad Elektrisk Mätteknik.  
Våren 2025

Laborationsnamn: Brus och Stör

Uppgiftsnummer: 7

Antal sidor (totalt): 9

Antal ord (totalt): 1126

Max 7 Mb dokumentstorlek!

Studentnamn: Blend Ahmed Omar

KursID: Y0 Email: blend@student.chalmers.se

Studentnamn: Edvin Hansson

KursID: X11 Email: edvhans@student.chalmers.se

Information: Har inget att skriva här.

Förstudieinlämning (datum): 2025-05-13

Förstudiesamtal (datum): -

Laboration (datum): 2025-05-19

## Saknar rubrik

### Sammanfattning

Förstudien syftar till att planera mätningar av en operationsförstärkares egenskaper med fokus på förstärkning, biasströmmar och elektriskt brus. Mätningarna kommer att genomföras i olika uppkopplingar, både med och utan återkoppling, för att undersöka hur återkoppling påverkar förstärkningsförmåga och stabilitet. En lock-in förstärkare används för att möjliggöra mätning av svaga signaler även i närvaro av störningar. Förstärkningsförhållandena i closed-loop-kopplingar kommer att jämföras med det teoretiska sambandet till open-loop gain. Syftet är bland annat att verifiera dessa samband och säkerställa att uppkopplingarna möjliggör noggranna, repeterbara resultat inför laborationens genomförande.

## Innehåll

OK/Bra. Man kan lyfte fram lite mer mätte

<b>1</b>	<b>Introduktion</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Teori</b>	<b>1</b>
2.1	Betyg-3-uppgift . . . . .	1
2.2	Betyg-4-uppgift . . . . .	2
2.3	Betyg-5-uppgift . . . . .	2
<b>3</b>	<b>Metod</b>	<b>2</b>
3.1	Försöksuppställning . . . . .	2
3.1.1	Betyg-3-uppgift . . . . .	2
3.1.2	Betyg-4-uppgift . . . . .	3
3.1.3	Betyg-5-uppgift . . . . .	4
3.2	Utförande . . . . .	4
3.2.1	Betyg-3-uppgift . . . . .	4
3.2.2	Betyg-4-uppgift . . . . .	4
3.2.3	Betyg-5-uppgift . . . . .	5
<b>4</b>	<b>Förväntade resultat</b>	<b>5</b>
4.1	Betyg-3-uppgift . . . . .	5
4.2	Betyg-4-uppgift . . . . .	5
4.3	Betyg-5-uppgift . . . . .	6
<b>5</b>	<b>Diskussion</b>	<b>6</b>
5.1	Betyg-3-uppgift . . . . .	6
5.2	Betyg-4-uppgift . . . . .	6
5.3	Betyg-5-uppgift . . . . .	6
	<b>Referenser</b>	<b>7</b>

# 1 Introduktion

Att mäta svaga elektriska signaler är en grundläggande men ofta utmanande uppgift inom experimentell fysik och elektronik. Vid låg signalnivå kan störningar och termiskt brus ofta dominera, vilket gör det svårt att extrahera användbar information ur mätdata. En lösning på detta problem är att använda så kallad lock-in förstärkning, där en signal **moduleras med en referensfrekvens och sedan extraheras via faskänslig detektion. Denna teknik möjliggör selektiv förstärkning av signaler på en specifik frekvens, även när de är dolda i brus.**

I många mätuppkopplingar används operationsförstärkare för att behandla signaler före vidare analys. En Op-Amps förstärkningsbeteende påverkas kraftigt av om den arbetar med eller utan återkoppling. I så kallad open-loop-konfiguration är förstärkningen mycket hög men instabil och frekvensberoende, medan en återkopplad krets (closed-loop) ger lägre men väldefinierad förstärkning. Samtidigt är förståelsen av interna störkällor som ingångsbrus och biasströmmar avgörande för att kunna tolka mätdata korrekt [1].

Syftet med denna förstudie är att planera och motivera mätningar av en operationsförstärkares förstärknings-, brus- och biasrelaterade egenskaper. Fokus ligger bland annat på att undersöka hur återkoppling påverkar förstärkningens frekvensberoende samt hur lock-in förstärkning kan användas för att möjliggöra noggrann analys av svaga signaler trots närvaro av termiskt brus och andra störningar.

Annars: Bra

## 2 Teori

Den teoretiska grunden för experimentet läggs här, för bättre insikt i vad som ligger bakom de olika delarna av laborationen.

### 2.1 Betyg-3-uppgift

Biasströmmen ( $i_b$ ) är den ström som behövs för att driva transistorerna inuti operationsförstärkaren och kan räknas ut från kretsen i figur 1 med ekvation 1 där  $V$  är den uppmätta spänningen från operationsförstärkarens utgång.

Njaa, detta kan inte vara

$$V = i_b \cdot R \quad (1)$$

OBS: Ni behöver visa, Brusströmmen ( $i_n$ ) och brusspänningen ( $e_n$ ) kan räknas ut med hjälp av RMS-spänningen som mäts i Lock-in förstärkaren. Då används ekvationerna 2 respektive 3.

$$V_{RMS} = i_n \cdot R \cdot \sqrt{\Delta f} \quad (2)$$

$$V_{RMS} = e_n \cdot \sqrt{\Delta f} \quad (3)$$

Nästan

I referensbladet [2] för operationsförstärkaren OPA137 kan man hitta värdena  $i_b = 5\text{pA}$ ,  $i_n = 45\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$  och  $e_n = 1.2\text{fA}/\sqrt{\text{Hz}}$  vid  $f = 1\text{kHz}$ .

Detta är typiska övre gräns.

Detta om  $i_n$  är fel et

## 2.2 Betyg-4-uppgift

Förstärkningen av en operationsförstärkare varierar beroende på uppkopplingen, där de två mest intressanta fallen är open-loop och closed-loop. Förstärkningen bestäms som bekant med

$$A = \frac{V_{ut}}{V_{in}}, \quad (4)$$

där  $A$  är förstärkningen,  $V_{ut}$  är utspänningen, och  $V_{in}$  är inspanningen. Specifikt för en closed-loop uppkoppling kan förstärkningen uppskattas med

$$A \approx \frac{R_2}{R_1}, \quad (5)$$

men det finns även ett samband mellan open-loop och closed-loop förstärkning:

$$A_{CL} = \frac{A_{OL}}{1 + A_{OL} \cdot \beta}, \quad \text{Mao } A_{CL} \leq A_{OL} \quad (6)$$

där  $\beta$  är återkopplingsfaktorn. För en inverterad förstärkarkoppling gäller att

$$\beta = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad (7)$$

[3].

## 2.3 Betyg-5-uppgift

Har inget att skriva här.

## 3 Metod

Den experimentella uppställningen och utförandet kommer här att beskrivas på så sätt att experimentet i efterhand kan replikeras och utvärderas.

### 3.1 Försöksuppställning

Här presenteras försöksuppställningen för laborationen. Operationsförstärkaren som kommer att användas är en OPA137.

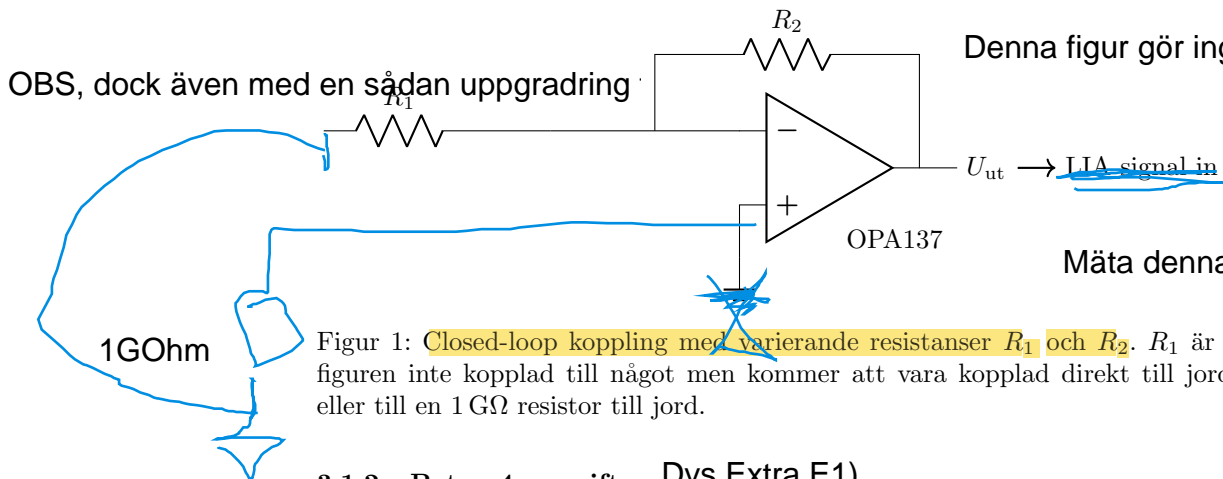
Jag saknar lite teori om

#### 3.1.1 Betyg-3-uppgift

För mätning av  $i_b$  samt  $i_n$  kommer kretsen i figur 1 att användas med  $R_1$  kopplad till en  $1G\Omega$  resistor som i sin tur är kopplad till jord. Anledningen till att en så stor resistans används är att brusströmmen som mäts är så liten så att man behöver en stor resistans för att få något man kan mäta. Men för att mäta  $e_n$  kommer  $R_1$  istället vara direkt kopplad till jord. Systemet kommer att vara återkopplat med resistorn  $R_2$  där relationen är  $R_2 = R_1 \cdot 100$ . Denna relation används på grund av att det är väldigt låga spänningar som mäts och relationen ger en förstärkning på 100.

Njaa, faktiskt mer för

Utgången i alla tre fall kommer att kopplas till en Lock-in förstärkare som också kommer att vara kopplad med en funktionsgenerator som skickar en 1kHz fyrkantsvåg som referenssignal.

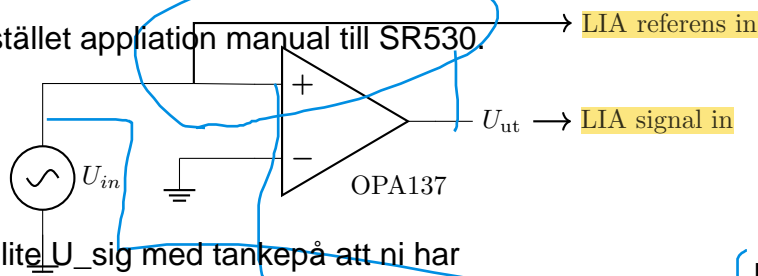


### 3.1.2 Betyg-4-uppgift Dvs Extra E1)

För att studera Op-Ampens råförstärkning kommer kretsschemat i figur 2 att användas. Lock-in förstärkaren kommer att användas då den möjliggör exakt mätning av mycket små signaler även i närvaro av brus. Eftersom open-loop förstärkningen är mycket hög kan utgångssignalen bli svår att analysera med vanliga metoder utan att den klipper. Genom att ta upp både referenssignal och utsignal kan lock-in förstärkaren separera signalen från bruset i frekvensdomänen [4].

Se istället appliation manual till SR530.

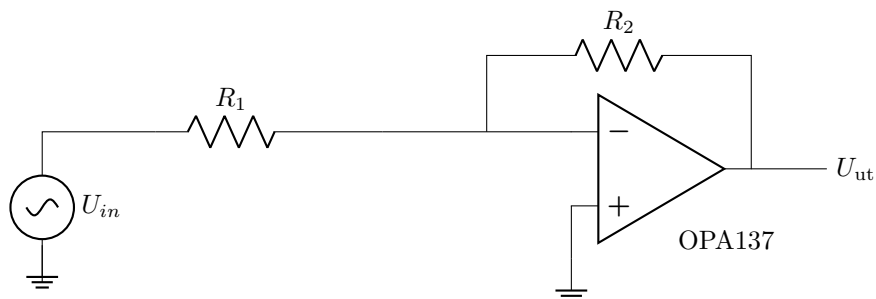
Här finns kortversion i ca



Figur 2: Open-loop koppling av en operationsförstärkare (OPA137).

Då operationsförstärkarens vanliga förstärkning ska studeras kommer kretsen i figur 2 att användas.

OBS: även med denna uppgrät



Figur 3: Closed-loop koppling med varierande resistanser  $R_1$  och  $R_2$ .

### 3.1.3 Betyg-5-uppgift

Har inget att skriva här.

## 3.2 Utförande

Här beskrivs utförandet för laborationen.

### 3.2.1 Betyg-3-uppgift

Först kommer uppställningen för  $i_b$  och  $i_n$  att användas med en referenssignal på 1kHz till Lock-in förstärkaren. Med det uppmätta värdet på spänningen vid  $U_{ut}$  kommer ekvation 1 att användas för att räkna ut  $i_b$ . Sedan kommer RMS-spänningen vid  $U_{ut}$  att mätas och då kommer ekvation 2 att användas för att räkna ut  $i_n$ .

Till sist kommer 1GΩ resistorn att tas bort och med  $R_1$  kopplat direkt till jord kommer RMS-spänningen återigen mätas och då med ekvation 3 kommer  $e_n$  att räknas ut. Dessa värden kommer att jämföras med de från referensbladet för att se om de är lika.

### 3.2.2 Betyg-4-uppgift

Då råförstärkningen ska redovisas för Op-Ampen över frekvensintervallet 5 Hz till 30 kHz kommer frekvensen hos funktionsgeneratoren successivt att höjas, samtidigt som förstärkningen för varje steg noteras.

Liknande tillvägagångssätt kommer att användas för closed-loop förstärkningen. Mätsekvensen kommer här att genomföras två gånger, med en sekvens för  $R_2/R_1 = 20$  och en för  $R_2/R_1 = 2000$ . Detta kommer att uppnås genom att sätta  $R_1 = 10\ \Omega$  och  $R_2 = 200\ \Omega$ , respektive  $R_1 = 10\ \Omega$  och  $R_2 = 20\ 000\ \Omega$ .

För att pröva det teoretiska sambandet i ekvation (6) kommer de tidigare mätvärdena att stoppas in i ekvationen, för att sedan se om den uppfylls eller ej. Detta görs för flera mätvärden för att garantera repeterbarhet.

Jag ser inga fomrler

### 3.2.3 Betyg-5-uppgift

Har inget att skriva här.

## 4 Förväntade resultat

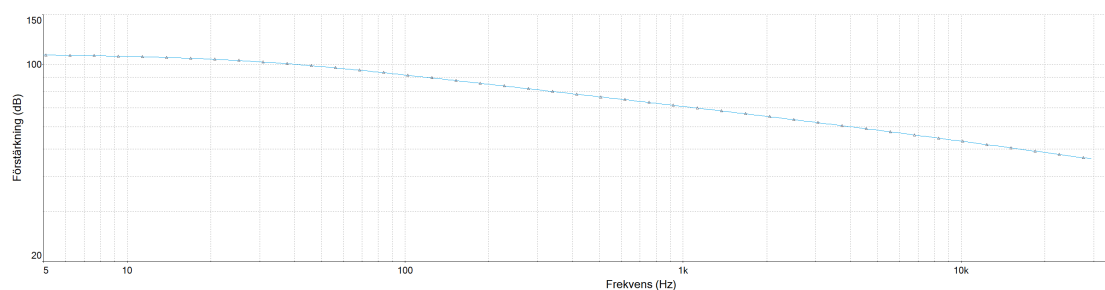
Här beskrivs de resultat som förväntas uppnås under genomförandet av laborationen.

### 4.1 Betyg-3-uppgift

Det är förväntat att mätvärdena för  $i_b$ ,  $i_n$  samt  $e_n$  kommer att vara ungefär lika med de värden som finns på referensbladet.

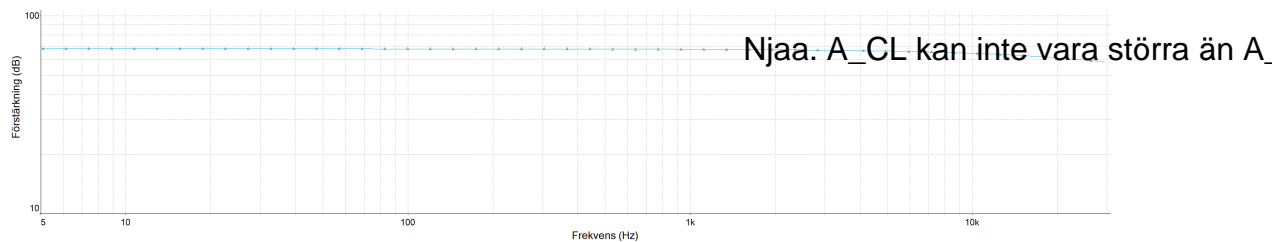
### 4.2 Betyg-4-uppgift

En operationsförstärkares råförstärkning förväntas sjunka då frekvensen ökar, se figur 4.

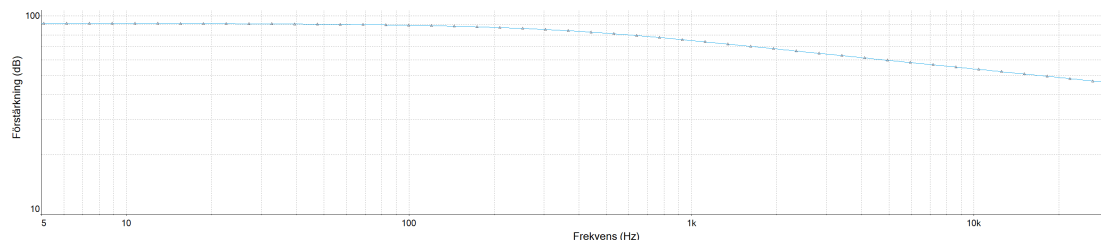


Figur 4: Förväntad råförstärkning för Op-Ampen över frekvensintervallet 5 Hz till 30 kHz.

Då operationsförstärkaren är uppkopplad som en closed-loop förväntas förstärkningen bero på frekvensen för de två fallen enligt figur 5 och figur 6.



Figur 5: Förväntat frekvensberoende för Op-Ampens vanliga förstärkning (closed-loop gain) från 5 Hz till 30 kHz vid återkoppling  $R_2/R_1 = 20$ .



Figur 6: Förväntat frekvensberoende för Op-Ampens vanliga förstärkning från 5 Hz till 30 kHz vid återkoppling  $R_2/R_1 = 2000$ .

### 4.3 Betyg-5-uppgift

Har inget att skriva här.

## 5 Diskussion

I detta avsnitt presenteras en reflektion av förstudien, med syftet att tydliggöra att planen för laborationens genomförande är både grundligt genomtänkt och välplanerad.

### 5.1 Betyg-3-uppgift

Teorin för experimentet är tydlig och planen för utförandet är genomtänkt, vilket betyder att allt bör gå som planerat och mätvärden som liknar de teoretiska värdena bör erhållas.

### 5.2 Betyg-4-uppgift

Open-loop förstärkningen förväntas visa ett tydligt frekvensberoende, där förstärkningen minskar kraftigt vid ökande frekvens till följd av att op-ampens interna förstärkningsförmåga inte är konstant över hela frekvensområdet. För closed-loop förväntas förstärkningen vara mer stabil fram till en viss brytpunkt, vilken beror på återkopplingens styrka.

Eftersom teorin för closed-loop förstärkning bygger på antagandet att open-loop förstärkningen är mycket stor, kan praktiska avvikelser uppstå, särskilt för stora förstärkningsfaktorer såsom  $R_2/R_1 = 2000$ . Det finns därför en viss osäkerhet i hur väl den ideala relationen  $A = \frac{R_2}{R_1}$  kommer att funka i praktiken.

### 5.3 Betyg-5-uppgift

Har inget att skriva här.



## Referenser

1. Wikipedia contributors, utg. Operational amplifier. Tillgänglig från: [https://en.wikipedia.org/wiki/Operational\\_amplifier](https://en.wikipedia.org/wiki/Operational_amplifier) [Accessed on: 2025 May 12]
2. BURR - BROWN, utg. LOW COST FET-INPUT OPERATIONAL AMPLIFIERS. Tillgänglig från: [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgglefindmkaj/https://www.ti.com/lit/ds/symlink/opa137.pdf?ts=1747155692373&ref\\_url=https%253A%252F%252Fwww.google.com%252F](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgglefindmkaj/https://www.ti.com/lit/ds/symlink/opa137.pdf?ts=1747155692373&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.google.com%252F) [Accessed on: 2025 May 13]
3. Molin B. Analog elektronik. Studentlitteratur AB, 2001
4. Wikipedia contributors, utg. Lock-in amplifier. Tillgänglig från: [https://en.wikipedia.org/wiki/Lock-in\\_amplifier](https://en.wikipedia.org/wiki/Lock-in_amplifier) [Accessed on: 2025 May 12]