

Naam: Klas: Studentnummer:

Inleiding

Deze week beginnen met twee belangrijke concepten uit de analoge elektronica: Feedback en Stabiliteit. We gaan hierbij de grens opzoeken van stabiliteit: enerzijds om te kijken of een amplifier stabiel kan blijven, anderzijds gaan we juist op de grens zitten om een oscillator te bouwen.

Leerdoelen

- Weten hoe Gain Margin en Phase Margin gemeten kunnen worden bij een negatief-feedback systeem en dit kunnen simuleren in LT-Spice.
- Een DC-servo kunnen toepassen, zodanig dat Gain margin en Phase margin gemeten kunnen worden.
- Een Wien-bridge oscillator kunnen maken en hier metingen aan kunnen verrichten.

Vorbereiding op de les

LET OP: Zonder voorbereiding heb je GEEN toegang tot het practicum. Dit wordt bij aanvang van het practicum gecontroleerd.

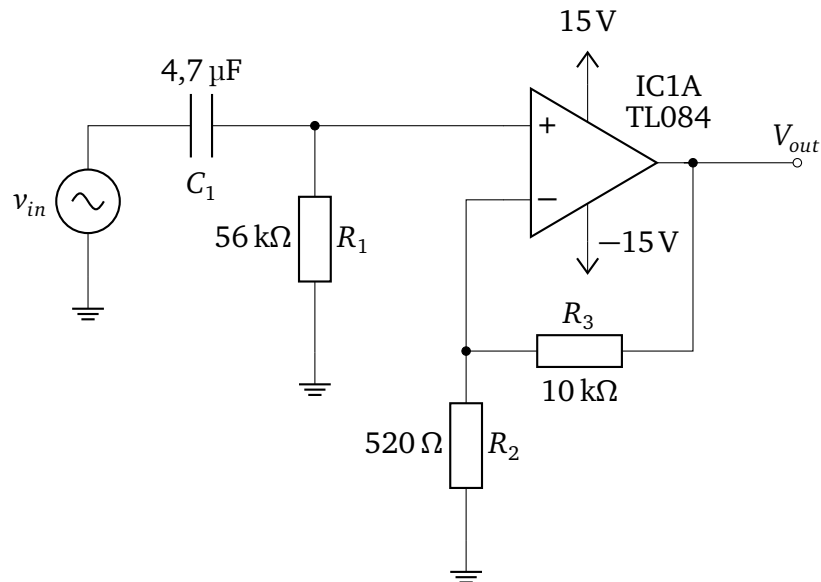
- Lees Neamen H12.8 ("Loop Gain") en H12.9 ("Stability of the Feedback circuit") door.
- Bekijk de YouTube video: <https://www.youtube.com/watch?v=ThoA4amCAX4> en leg in je eigen woorden uit hoe je Gain- en Phase-margin zou kunnen meten.
- Bereid de opdrachten **1.1 t/m 1.3, 2.2, 3.1, 4.1 en 4.2** thuis voor. Zorg dat je deze resultaten kunt laten zien bij aanvang van het practicum.

Opdrachten

In schakeling 1 is de basisschakeling gegeven voor dit practicum. Bouw deze schakeling nu op en gebruik dit bij opdracht 1.

Opdracht 1: Frequentieresponsie meten

1. Bekijk in de datasheet van de opamp wat de unity-gain bandwidth is. Dit wordt ook wel het Gain-Bandwidth-Product (GBP) genoemd. Welke bandbreedte verwacht je op basis hiervan bij schakeling 1?
2. Maak een grafiek van de frequentie-responsie in LT-Spice
3. Bekijk de datasheet en zoek de open-loop voltage-gain op. Dit wordt ook wel de Large-signal differential voltage amplification genoemd. Met hoeveel decibel



Schakeling 1: Basisschakeling voor dit lab

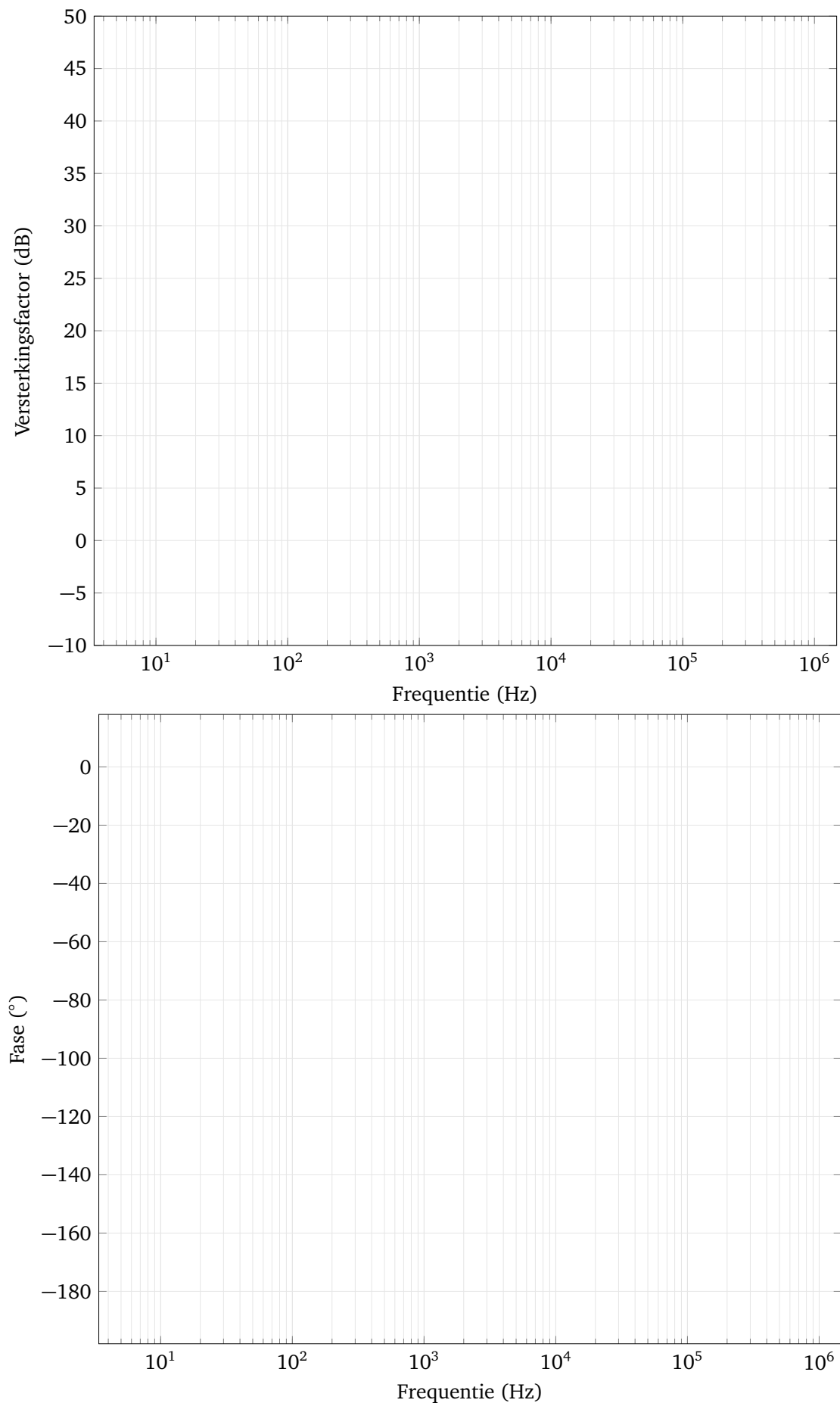
(dB) komt dit overeen? Dat is te groot voor figuur 1, maar teken het deel van de open-loop voltage-gain dat er wel in past. Voeg deze print toe aan dit lab-document.

4. Bouw nu schakeling 1 op en meet de uitgangsspanning als functie van de ingangsspanning over de volledige bandbreedte van de versterker. Meet ook het faseverschil tussen uitgang- en ingangsspanning. Werk deze waarden om naar decibelwaarden en teken deze resultaten in figuur 1. Komt dit overeen met de bode-plot uit de LT-Spice simulatie?

Conclusie 1

Opdracht 2: DC-offset meten met en zonder DC-Servo

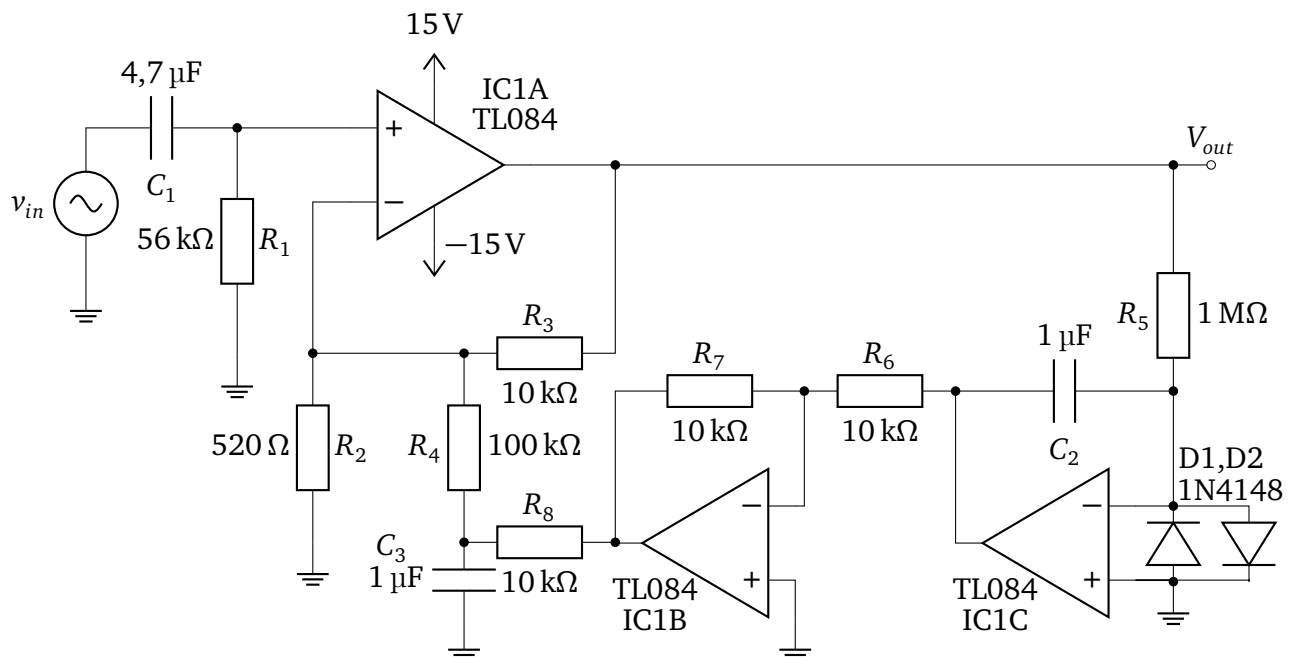
1. Sluit in schakeling 1 de ingang op GND aan. Meet zo nauwkeurig mogelijk met de oscilloscope de DC-offset op de uitgang. Vergelijk deze waarde met de waarde die je in de LT-Spice simulatie gevonden hebt.
2. Simuleer in LT-Spice schakeling 2 en beantwoord hiermee de volgende vragen voor jezelf:



Figuur 1: Bode plot of loop-gain Magnitude and Phase

- Hoe heet het circuit dat gevormd wordt door IC1C, R_5 en C_2 ?
 - Waarvoor dienen de dioden D_1 en D_2 ?
 - Hoe heet het circuit dat gevormd wordt door IC1B, R_7 en R_6 ? Hoeveel fasedraaiing wordt hierdoor geïntroduceerd? Leg uit waarom dit hier gedaan is.
 - Wat voor een type filter wordt gevormd door R_8 en C_3 ? Waarom zo'n type? Wat is de kantelfrequentie van dit filter?
 - Bepaal de frequentie-responsie van deze schakeling (in LT-Spice). Zijn er verschillen met de vorige schakeling? Zo ja, verklaar deze.
3. Bouw nu schakeling 2 op en meet opnieuw de DC-offset op de uitgang. Hoe verhoudt deze waarde zich tot de eerste meting zonder de DC-servo? Vergelijk deze waarde met de waarde die je in de LT-Spice simulatie gevonden hebt.

Conclusie 2



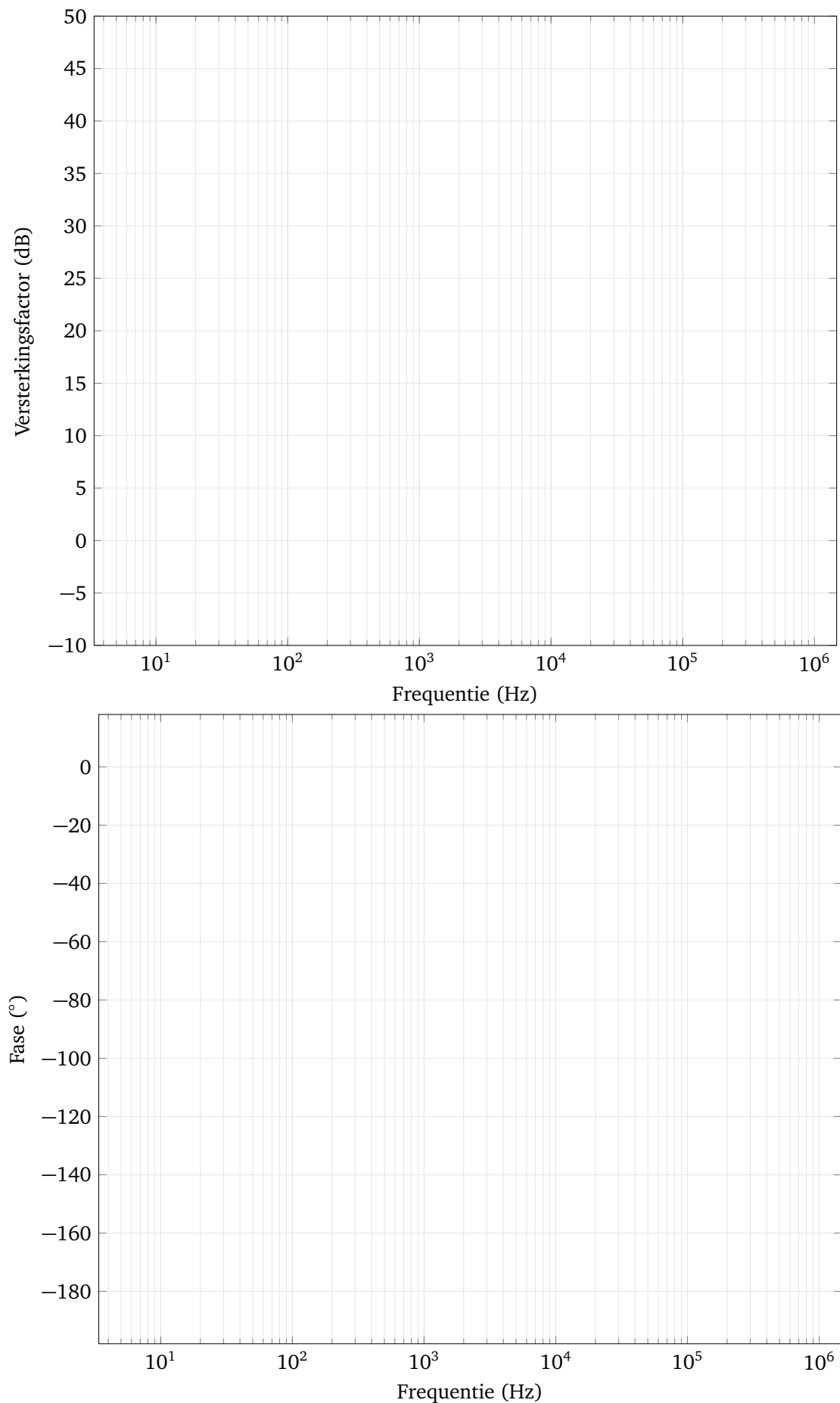
Schakeling 2: Op amp met DC-servo

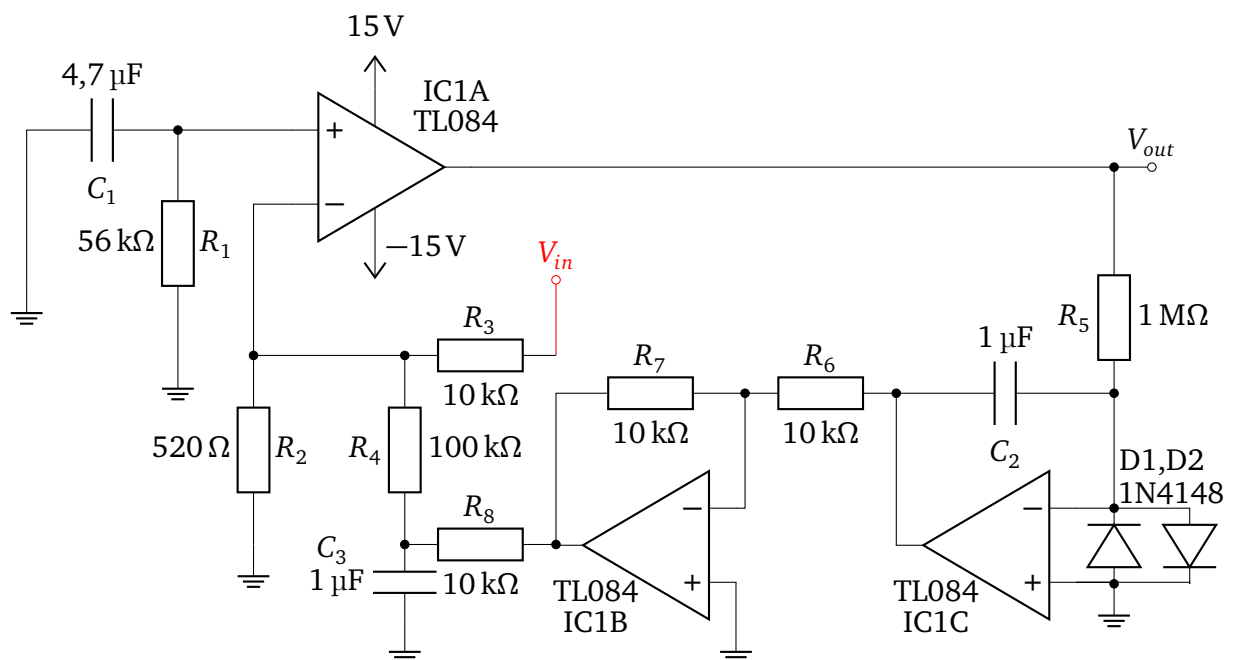
Opdracht 3: Gain-Margin en Phase Margin meten

We gaan nu beginnen met het meten van phase-margin en gain-margin. We hebben gezien dat hiermee de amplitude en fase van de loop-gain ($A \cdot \beta$) gemeten wordt. Dit lukt alleen door de loop te onderbreken, maar door wel de loop voor DC in stand te houden. Dat laatste gebeurt door de DC-Servo lus. Op het begin van de feedback-lus, waar de loop onderbroken wordt, wordt een wisselspanning gezet, dat is V_{in} . Op de uitgangsspanning wordt V_{out} zoals gebruikelijk gemeten. Dit is weergegeven in schakeling 3.

1. Simuleer schakeling 3 in LT-Spice en maak een Bode-plot. Print deze uit en bepaal aan de hand van deze grafiek de phase-margin en de gain-margin. Voeg deze print toe aan dit lab-document.
2. Meet nu de uitgangsspanning als functie van de ingangsspanning over de volledige bandbreedte van de versterker. Meet ook het faseverschil tussen uitgang- en ingangsspanning. Werk deze waarden om naar decibelwaarden en teken deze resultaten in figuur 2. Teken in de grafiek de phase-margin en de gain-margin.
3. Hoe groot zijn de waarden voor de gain-margin en de phase-margin? Wat kun je hiermee zeggen over de stabiliteit van deze versterker?

Conclusie 3

**Figuur 2:** Bode plot of loop-gain Magnitude and Phase

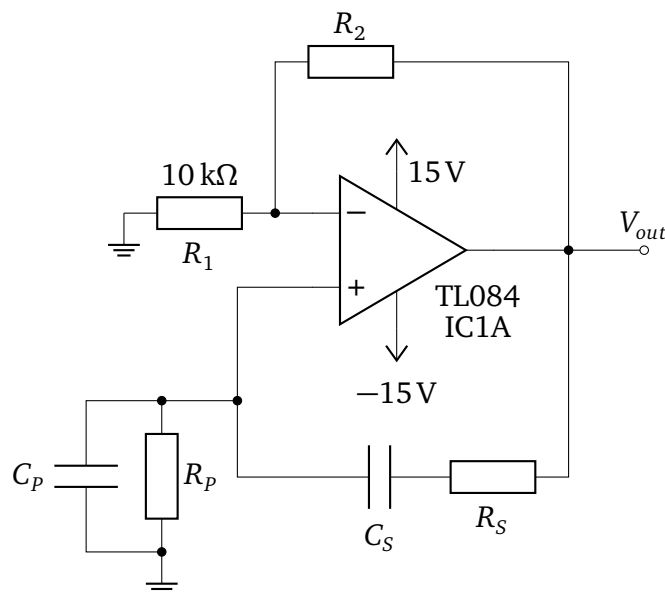


Schakeling 3: Gain- en Phase-Margin meten

Opdracht 4: Wien-bridge oscillator

Als laatste bouwen we een oscillator op. Dit is een Wien-brug die ook al in de theorie behandeld is. Een schema van deze Wien-brug is weergegeven in schakeling 4.

1. Bereken hoe groot R_2 (minimaal) moet zijn om een stabiele oscillatie te krijgen. Bereken ook de waarden van de weerstanden R_S , C_S , R_P en C_P (met R_S en $R_P \geq 10 \text{ k}\Omega$) om een oscillatiefrequentie te krijgen van 20 kHz.
2. Simuleer schakeling 4 in LT-Spice en verifieer de berekende waarden. Moet de waarde van R_2 nog aangepast worden om de oscillator te laten starten? Zo ja, welke waarde levert een goed resultaat op?
3. Bouw nu schakeling 4 op en verifieer de correcte werking met behulp van een oscilloscoop. Hoe groot is de gemeten oscillatiefrequentie?
4. Wat kun je nu zeggen over de phase-margin en de gain-margin? Je hoeft de meting zelf niet uit te voeren, maar beredeneer je antwoord.

Conclusie 4

Schakeling 4: Wien-bridge oscillator

Controle: controleer of je overal alle gegevens goed opgeschreven hebt. Zijn alle grafieken en tabellen volledig ingevuld? Heb je alle simulaties opgeslagen en foto's/filmpjes gemaakt

van alle opgebouwde schakelingen en uitgevoerde metingen? En heb je zinvolle conclusies opgeschreven en deze goed onderbouwd?