

Naam: Klas: Studentnummer:

Inleiding

In dit lab ga je meten aan de schakeling die je in lab 1 op een PCB hebt gezet. Je kunt pas aan dit lab beginnen als het PCB werkt.

Om te verifiëren of de schakeling werkt, kun je deze simuleren in LTSpice. De LM358 komt niet voor in de standaard library en moet je dus zelf toevoegen. Het model kun je downloaden via deze [link](#). Hoe je het model in LTSpice importeert wordt uitgelegd in deze [video \(3:27\)](#).

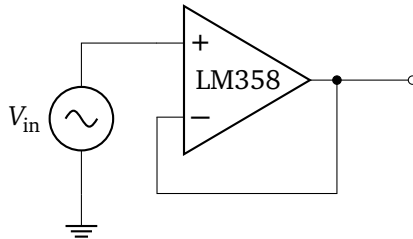
Leerdoelen

- Componenten importeren in LTSpice en deze verifiëren.
- Opbouwen van- en meten aan een Voltage Controlled Oscillator (VCO).
- Opbouwen van- en meten aan een actief filter.
- Bodeplot van een schakeling maken met behulp van de oscilloscoop.

Opdracht 1: Voorbereiding

Neem de MSP430 mee naar dit practicum.

Opdrachten



Schakeling 1: Op-amp als buffer

Opdracht 2: Simulatie van LM358

Om te controleren of je simulatiemodel goed is geïmporteerd zullen we een kleine simulatie doen.

1. Wat is de GBW (waar staat dit ook alweer voor 😊?) van de opamp? Je kunt dit vinden in de datasheet.
2. Wat is de gain van [schakeling 1](#)? Welke bandwidth verwacht je van deze schakeling?
3. Maak een Bodeplot in LTSpice van 1 Hz tot 100 THz. Wat is de gesimuleerde bandwidth? Komt dit overeen met de gespecificeerde bandwidth? Let op! De datasheet bevat meerdere componenten.
4. In de datasheet van de opamp kun je de gesimuleerde Bodeplot terug vinden. Vind deze grafiek in de datasheet en kopieer dit figuur in je verslag.
5. Bij regeltechniek is uitgelegd hoe je uit een Bodeplot de stabiliteit van de opamp kan bepalen. Is [schakeling 1](#) stabiel? Leg kort uit hoe je dit hebt bepaald.

Nu het simulatiemodel is geverifieerd kun je het schema van [Lab 1](#) in LTSpice zetten.

De schakeling op je PCB bestaat uit twee gedeelten. Een VCO en een actief filter. We gaan aan beiden metingen doen.

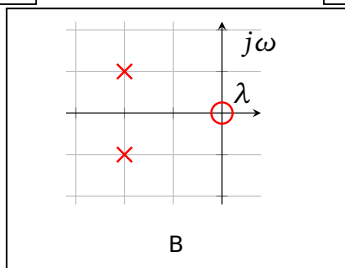
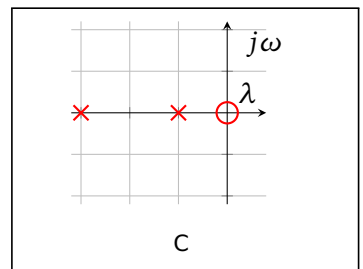
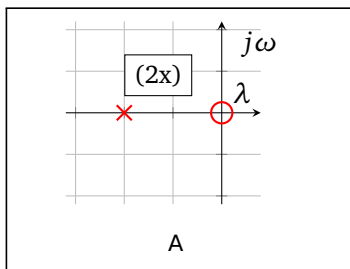
Opdracht 3: Actief filter

Een Bodeplot maken doe je door op de ingang een frequentiesweep te zetten en de ingang en de uitgang van je schakeling te meten (zie [figuur 1](#)). Onze geliefde scoop kan dit automatisch voor je doen. Hiervoor maken we gebruik van de [arbitrary waveform generator \(AWG\)](#) uitbreiding. Hoe je een Bodeplot hiermee maakt staat uitgelegd in de [manual](#) en in deze [handleiding](#), gemaakt door meneer Eckhardt. Het maken van een Bodeplot kan even duren, dus geduld 😊.

1. Meet de frequentieresponsie van het actieve filter van 1 Hz tot 100 MHz. Kies nog even voor een lage resolutie (10 punten per decade) om de grafiek te begrijpen. Zet vervolgens een figuur met hoge resolutie in je verslag.
2. Wat voor soort overdracht is dit? Lowpass, bandpass of highpass?
3. Wat is de gain bij de maximale amplitude? Geef het numerieke antwoord en het getal in decibel.
4. Wat is de bandbreedte van je filter?
5. In [figuur 2](#) staan drie Pool Nulpunt (PN) beelden weergegeven. Welk PN-beeld hoort bij jouw filter? Leg kort uit hoe je dit hebt bepaald.



Figuur 1: De testopzet voor een bodeplot. Links de oscilloscoop met de AWG en rechts een labvoeding.



Figuur 2: Welk pool-nulpuntenbeeld hoort bij jouw actieve filter?

Opdracht 4: VCO

Een Voltage Controlled Oscillator (VCO) geeft aan de uitgang een frequentie die varieert wanneer je de ingangsspanning varieert.

1. Wat voor toepassingen kun je bedenken waarbij je een VCO nodig hebt?
2. Kun je het PN beeld schetsen voor een VCO? *Hint:* is een oscillator stabiel? Waar liggen de polen?

Sluit een voedingsbron aan op de ingang van de VCO. Dat is connector J2 in het schema van [lab 1](#). Zet de voedingsbron op 0V.

3. Meet de uitgang van je schakeling met de oscilloscoop en bepaal de frequentie, periodetijd en de duty cycle.
4. Verhoog de ingangsspanning van 0V tot aan de voedingsspanning van de opamp. Maak een tabel en noteer bij iedere spanningsstap de frequentie, periodetijd en de duty cycle. Maak drie plots van deze metingen^a.
5. Vind de ingangsspanning waarbij de uitgang precies de topwaardes bereikt. Bij welke spanning is dat? Door welk component wordt dit gelimiteerd?
6. Heeft deze VCO een lineaire overdracht en waarom? Leg ook kort uit wat een lineaire overdracht is.

^a Je zou ook kunnen kiezen om een zaagtand van 0V tot aan de voedingsspanning te kunnen verhogen, de meetwaarden met een USB te exporteren en het met Excel, Python of Matlab te laten plotten, maar handmatig mag ook 😊.

Tegenwoordig kunnen oscilloscopen eenvoudige protocollen als I2C, SPI, UART en nog meer decoderen zoals weergegeven in [figuur 3](#). Zolang het protocol minder dan vier signalen heeft, kun je het met deze oscilloscoop meten. Bij meer pins protocollen moet je gebruik maken van een [uitbreiding](#). Hoe dit precies in zijn werk gaat, staat ook uitgelegd in de [handleiding](#), gemaakt door meneer Eckhardt. Dit is ontzettend handig voor je metingen in de toekomst 😊.

Opdracht 5: UART signaal

Voor deze opdracht heb je de MSP430 nodig. Je hoeft niets te programmeren, alleen het signaal wat uit de microcontroller te decoderen met de oscilloscoop.

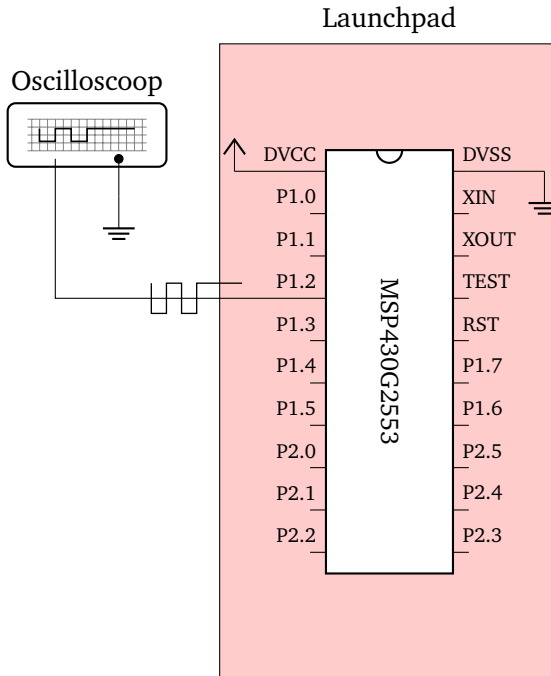
1. Programmeer de MSP430 met de volgende [code](#). Sluit de microcontroller aan als weergegeven in [schakeling 2](#). Maak een foto van de opstelling en zet deze in je verslag.

Het signaal wat uit de MSP430 komt is een UART-signaal met de volgende parameters:

2. Decodeer het signaal met de oscilloscoop. De instellingen hiervoor staan in [tabel 1](#). Maak gebruik van de [handleiding](#) en de [manual](#). Het is slim om gebruik te maken van de single trigger knop van de oscilloscoop. Anders gaat het te snel voor de oscilloscoop om te decoderen. Er wordt een tekst verzonden, wat zegt deze? Maak een screenshot van het scherm met de USB en zet deze in je verslag. Je weet dat je het goed hebt gedaan als je een beeld zoals [figuur 3](#) op je scope ziet.

Tabel 1: Instellingen voor UART.

Parameter	Eenheid
Baudrate	9600
Data bits	8
Parity	None
Stop bits	1
Bit order	LSB first
Idle level	High



Schakeling 2: Aansluitschema MSP430 aan oscilloscoop.

Bij het practicum van ANE10 heb je nu geleerd om geavanceerdere metingen met je oscilloscoop te doen. De oscilloscoop kan wiskundig rekenwerk uit handen nemen, bode plots maken en protocollen decoderen. Het is belangrijk om je probe te compenseren en je hebt nu al gezien dat regeltechniek en analoge elektronica elkaar versterken.

Je hebt nu ook de vaardigheden om een deftig PCB te maken. Het is nuttig om bij ieder programma even te googlen naar een [cheatsheet](#)¹. Als je de meestgebruikte hotkeys even snel opzoekt, versnelt dit je (pcb) ontwerp proces enorm. Bewaar al je PCB's en neem ze mee naar (stage)-sollicitaties. Het is de portfolio van een elektrotechnisch ingenieur 😊.

¹ Ook LTSpice heeft een [cheatsheet](#). 😊



Figuur 3: Decoderen van een SPI-sigitaal.