

Onderwerp: Amplitudemodulatie

Leerdoelen

Aan het einde van dit onderwerp ben je in staat om:

- Te werken met GNU Radio Companion en de PLUTO SDR;
- AM zenders kunnen moduleren en demoduleren, waaronder DSB, DSB-SC en SSB.

Vorbereiding op de les

- Installeer de laatste versie van GNU Radio en de drivers m.b.v. [deze handleiding](#).
- Lees de hoofdstukken van PySDR zoals vermeld in de planning op de wiki
- Bekijk de introductie videos op Brightspace.

Beoordeling

Maak als groep een screencast van maximaal 10 minuten waarin jullie de uitwerking van elke opdracht met punten van dit onderwerp onderbouwen. Zorg ervoor dat beide personen aan woord komen en dat je aan de volgende punten aandacht besteedt:

1. Leg uit wat je in de wiskunde hebt gedaan.
2. Onderbouw voor de GNU Radio Companion schemas met name de instellingen van de blokken die je hebt gebruikt. Waarom heb je deze instellingen gekozen?
3. Laat zien dat het werkt, dit mag een korte opname met je telefoon zijn waarin in duidelijk is dat jouw schema worden gebruikt en dat je muziek hoort.

De screencast wordt beoordeeld volgens de rubric en beschrijving die op brightspace is geplaatst. Hou de deadlines van de cursushandleiding aan.

Opdrachten

20 pt

We gaan gebruik maken van GNU Radio Companion. Net als Simulink maakt GNU Radio Companion gebruik van blokken om acties uit te voeren. Er zijn verder sinks en sources om respectievelijk signalen in te stoppen of uit te halen. We zullen in eerste instantie wat signalen gaan aanpassen en bekijken maar later zullen we dit ook koppelen aan een Software Defined Radio om de signalen ook echt te zenden en ontvangen. **Zorg ervoor dat je de hoofdstukken uit de voorbereiding hebt gelezen en de videos van dit onderwerp op brightspace hebt bekeken.**

In de volgende opdracht gebruiken we de volgende blokken:

- *Signal Source* om een signaal te genereren.
- *Noise Source* om (witte) ruis te genereren.
- *Add* om twee of meerdere signalen bij elkaar op te tellen.
- *Multiply* om twee of meerdere signalen met elkaar te vermenigvuldigen
- *Low Pass Filter* om een signaal te filteren.
- *QT GUI Frequency Sink* om het frequentiedomein van een signaal te bekijken.

Opdracht 1: Spectrum nabouwen

Het doel van deze opdracht is om beter begrip te krijgen van het frequentiedomein en basisoperaties. Dit ga je doen door het spectrum na te bouwen wat de docent op het bord heeft getekend. Gebruik hiervoor de eerder benoemde blokken. Je mag overleggen met elkaar. Mocht je vastlopen, lees dan de tips. Zorg ervoor dat je het spectrum over tekent en ook laat zien in de screencast. ^{a b c d}

^a Vermenigvuldigen met een complexe e-macht levert een verschuiving in het frequentiedomein.

^b Witte ruis is een soort DC in het frequentiedomein; een vlakke PSD.

^c Gezien we complex werken is een filter met **reële** coëfficiënten altijd symmetrisch rond de 0 in het frequentiedomein. Ook het low pass filter!

^d Je kunt het aantal ingangen instellen voor de *QT GUI Frequency Sink*. Je kunt dan meerder signalen bekijken voordat ze bij elkaar worden opgeteld.

Opdracht 2: Theorie van mixers**[4 pt]**

Wiskundig begrijpen wat een vermenigvuldiging in het tijdsdomein doet in het frequentiedomein is essentieel voor de telecommunicatie. Beantwoord wiskundig a.d.h.v. de formule van euler $e^{j\omega t} = \cos(\omega t) + j \sin(\omega t)$ de volgende vragen:

1. Hoe druk je de cosinus uit in complexe e-machten? (Hint: Tel de formule van euler en de formule van euler met negatieve exponent bij elkaar op.)
2. Hoe druk je de sinus uit in complexe e-machten?
3. Stel we voeren een reële vermenigvuldiging uit: $\cos(\omega_1 t) \cdot \cos(\omega_2 t)$. Bereken de uitkomst en teken het (complexe) frequentiespectrum van het resultaat.
4. Stel we vermenigvuldigen een cosinus met een complexe e-macht: $\cos(\omega_1 t) \cdot e^{j\omega_2 t}$. Bereken de uitkomst en teken het (complexe) frequentiespectrum van het resultaat.
5. Stel we voeren een complexe vermenigvuldiging uit: $e^{j\omega_1 t} \cdot e^{j\omega_2 t}$. Bereken de uitkomst en teken het (complexe) frequentiespectrum van het resultaat.
6. Test nu de eigenschappen die je hebt berekend in de vorige opdracht met GNU Radio Companion. Gebruik hiervoor een [Signal Source](#) als reele of complexe bron, een [Multiply](#) voor de vermenigvuldiging en een [QT GUI Frequency Sink](#) als uitgang.

Conclusie 2

Opdracht 3: AM zenden en ontvangen

[3 pt]

Laten we nu wat muziek over gaan zenden! Als eerste bouwen we een AM zender en ontvanger met draaggolf, ook wel **Double Side Band (with carrier) (DSB)** genoemd.

1. Volg de tutorial op brightspace van het opzetten van een AM modulator. De docent zal een AM-ontvanger klaarzetten op een frequentie van 433,5 MHz en het spectrum laten zien. Zorg ervoor dat je jouw AM gemoduleerde signaal kunt verschuiven naar de juiste frequentie van de ontvanger. Wanneer je jouw muziek hoort op de ontvanger, kun je door naar de volgende opdracht.
2. Volg nu de tutorial om jouw eigen AM zender te ontvan en je eigen muziek te horen. Kies hiervoor een andere frequentie dan de docent, zodat je niet elkaars signaal ontvangt. Daarnaast zou het leuk zijn een ander WAV bestand te gebruiken. Wanneer je jouw muziek hoort op de ontvanger, kun je door naar de volgende opdracht.

Opdracht 4: AM zonder draaggolf**[8 pt]**

Nu gaan we kijken naar AM zonder draaggolf, ook wel [Double Side Band Suppressed Carrier \(DSB-SC\)](#) en [Single Side Band \(SSB\)](#) genoemd.

- Dupliceer de schakelingen van [opdracht 3](#) en pas de zender en ontvanger aan zodat er geen draaggolf meer wordt gebruikt. Pas de technieken toe die in de video worden uitgelegd. Wanneer je jouw muziek hoort op de ontvanger, kun je door naar het volgende punt.
- Twee banden gebruiken nog steeds meer dan 1 band! Dupliceer en bouw de schakeling nu om naar [Single Side Band \(SSB\)](#) zodat er nog maar 1 band wordt gebruikt. Wanneer je jouw muziek hoort op de ontvanger, ben je klaar met deze opdracht.

Opdracht 5: Vermogensverbruik**[5 pt]**

In PySDR wordt verteld hoe je het vermogen van een signaal kunt bepalen. Bepaal de vermogens van de verschillende AM signalen die je hebt verzonden met behulp van GNU Radio. Laat in de screencast jouw resultaten zien (flow-graph en waarden) en leg uit hoe de vermogens verschillen tussen de verschillende AM technieken en waarom dat zo is.

Conclusie 5

Woordenlijst

DSB Double Side Band (with carrier). [4](#)

DSB-SC Double Side Band Suppressed Carrier. [5](#)

GR GNU Radio. [1](#)

GRC GNU Radio Companion. [1–3](#)

SSB Single Side Band. [5](#)