

Inhoudsopgave

1	INLEIDING	7
1.1	STRUCTUUR	7
1.2	GESCHIEDENIS VAN RADIO, RADIOGOLVEN	7
1.2.1	<i>Het prille begin</i>	7
1.2.2	<i>Draadloze communicatie ontdekt</i>	7
1.2.3	<i>De spraak op kabel en in de ether</i>	8
1.2.4	<i>De uitvinding van de huidige radio</i>	8
2	GOLVEN	9
2.1	INLEIDING	9
2.2	BASISBEGRIPPEN	9
2.3	GELUIDSGOLVEN	10
2.4	ELEKTROMAGNETISCHE GOLVEN	10
2.5	HET ELEKTROMAGNETISCH SPECTRUM	11
2.5.1	<i>Inleiding</i>	11
2.5.2	<i>Radiogolven</i>	12
2.5.3	<i>Microgolven</i>	12
2.5.4	<i>Infrarode straling</i>	12
2.5.5	<i>Zichtbaar licht</i>	13
2.5.6	<i>Ultraviolet licht</i>	13
2.5.7	<i>Röntgenstraling</i>	13
2.5.8	<i>Gammastralen</i>	13
3	VERSTERKING UITDRUKKEN IN DECIBEL	14
3.1	INLEIDING	14
3.3	SPANNINGSVERSTERKING IN DECIBEL	14
3.3.1	<i>Omzettingstabel</i>	15
4	FOURIER ANALYSE	16
4.1	INLEIDING	16
4.2	WISKUNDIGE VOORSTELLING	17
4.3	SPECTRUM	17
4.4	BELANGRIJKE EIGENSCHAPPEN	18
4.4.1	<i>Eigenschap 1</i>	18
4.4.2	<i>Eigenschap 2</i>	18
4.5	VOORBEELD	19
5	MODULATIE	22
5.1	INLEIDING	22
5.2	ALGEMENE PRINCIPES	23
5.3	LABO PROEF OPMETEN VAN DRAAGGOLF	23
5.3.1	<i>Inleiding</i>	23
5.3.2	<i>Benodigdheden</i>	23
5.3.3	<i>Werkwijze</i>	24
5.3.4	<i>Resultaten</i>	25
5.4	AMPLITUDE MODULATIE OF AMPLITUDE MODULATION (AM)	26
5.4.1	<i>Wat?</i>	26
5.4.2	<i>Theoretische benadering</i>	26
5.4.2.1	Modulatiediepte	26
5.4.2.2	Moduleren van een sinus	28
5.4.3	<i>Praktische uitvoering</i>	30
5.4.3.1	Inleiding	30
5.4.3.2	Benodigdheden	30
5.4.3.3	Optellen van signalen	30
5.4.3.3.1	Werkwijze	30
5.4.3.3.2	Meting 1: Sinus en gelijkspanning	31
5.4.3.3.3	Meting 2: Twee dezelfde sinussen	32
5.4.3.3.4	Meting 3: Twee dezelfde sinussen met verschillende fase	32
5.4.3.3.5	Meting 4: Twee verschillende sinussen	33

5.4.3.4	Vermenigvuldigen van signalen	34
5.4.3.4.1	Werkwijze	34
5.4.3.4.2	Vermenigvuldigen van twee dezelfde signalen	35
5.4.3.4.3	Vermenigvuldigen van twee verschillende signalen	35
5.4.4	Moduleren van een niet-zuivere sinus	37
5.4.5	Bandbreedte	38
5.4.6	Vermogenverdeling bij AM	39
5.4.6.1	Vermogenverdeling	39
5.4.6.2	Verandering van de HF-stroom bij modulatie	41
5.4.7	Voordelen van amplitude modulatie	42
5.4.8	Nadelen van amplitude modulatie	42
5.5	ZIJBAND MODULATIE (SSB EN DSB)	42
5.5.1	Inleiding	42
5.5.2	Single side band	43
5.5.3	Double sideband	44
5.5.3.1	Double sideband suppressed carrier (DSBSC)	44
5.5.3.2	Double sideband reduced carrier (DSBRC)	45
5.5.4	Voordelen en nadelen van SSB en DSB in vergelijking met AM	45
5.6	HOEKMODULATIE	47
5.6.1	Inleiding	47
5.6.2	Frequentie modulatie of frequency modulation (FM)	47
5.6.2.1	Definitie	47
5.6.2.2	Spectrum van een FM-golf	50
5.6.3	Fase modulatie of phase modulation (PM)	52
6	RUIS	54
6.1	INLEIDING	54
6.2	OORZAAK	54
6.3	WITTE - EN ROZE RUIS	54
6.4	RUISVERMOGEN - RUISSPANNING	54
6.5	SIGNAAL/RUIS VERHOUDING	54
6.6	RUISGETAL OF RUISFACTOR	55
7	RADIO	56
7.1	BLOKSCHEMA, SUPERHETERODYNE PRINCIPE	56
7.1.1	Het Radio Frequent gedeelte	57
7.1.2	Het gedeelte om de frequentie te verschuiven	57
7.1.3	Het middenfrequent en detectiegedeelte	57
7.1.4	het AF-gedeelte	57
7.2	ANTENNE	58
7.2.1	Inleiding	58
7.2.2	AM-Antennes	58
7.2.3	FM-Antennes	58
7.3	FILTERS	59
7.3.1	inleiding	59
7.3.2	De ideale filter	59
7.3.3	De niet ideale filter	59
7.3.4	Actieve en passieve filters	59
7.3.4.1	De laagdoorlaatfilter	60
7.3.4.1.1	Opmeten van een laagdoorlaatfilter	62
7.3.4.2	De hoogdoorlaatfilter	64
7.3.4.3	De banddoorlaatfilter	65
7.3.4.3.1	Opmeten van de bandbreedte van een banddoorlaatfilter	66
7.3.5	Afstemming en filtering in de praktijk	68
7.4	AM DETECTOR	68
7.4.1	Inleiding	68
7.4.2	Omhullende detector	68
7.4.2.1	Labo meting	70
7.4.2.1.1	Werkwijze	70
7.4.2.1.2	Omhullende detectie met enkelzijdige gelijkrichting	70
7.4.2.1.3	Dubbelzijdige gelijkrichting	74
7.5	FM DETECTOR	77
7.5.1	inleiding	77
7.5.2	Flankdetectie	77

7.5.3	<i>de Foster-Seeley detector</i>	77
7.6	DE VERSTERKER	80
7.6.1	<i>Inleiding</i>	80
7.6.2	<i>Blokschema van een versterker</i>	80
7.6.3	<i>Eigenschappen van versterkers</i>	81
7.6.4	<i>Invloed van de ingangsimpedantie van een versterker</i>	81
7.6.5	<i>Spanningsbron</i>	82
7.6.5.1	<i>Ideale spanningsbron</i>	82
7.6.5.2	<i>Praktische spanningsbron</i>	82
7.6.6	<i>Stroombron</i>	82
7.6.6.1	<i>Ideale stroombron</i>	82
7.6.6.2	<i>Praktische stroombron</i>	83
7.6.7	<i>Klassen van versterkers</i>	83
7.6.8	<i>De transistor als laag frequent versterker van kleine signalen in klasse A</i>	84
7.6.8.1	<i>DC instelling van de transistor</i>	84
7.7	LUIDSPREKER	93
7.7.1	<i>Inleiding</i>	93
7.7.2	<i>Principe</i>	93
7.7.3	<i>Eigenresonantie</i>	94
7.7.4	<i>Luidspreker impedantie</i>	94
8	BESLUITEN	95
9	BIJLAGEN	96
9.1	MEETPROGRAMMA'S	96
9.1.1	<i>laagdoorlaat</i>	96
9.1.2	<i>banddoorlaat</i>	97
9.2	MEETPROGRAMMA BANDBREEDTE BIJ VERSTERKER	99
9.3	MEETRESULTATEN KLASSE A VERSTERKER	102
9.3.1	<i>Meetresultaten</i>	102
9.3.2	<i>Grafieken</i>	104
9.3.2.1	<i>R_L is 100 Ω</i>	104
9.3.2.2	<i>R_L is 1 kΩ</i>	105
9.3.2.3	<i>R_L is 100 kΩ</i>	106
9.3.2.4	<i>R_L is 1kΩ en parasitaire Condensator</i>	107
9.4	METEN MET EEN OSCILLOSCOOP	108
9.4.1	<i>Multimeter SEFRAM 7341</i>	108
9.4.1.1	<i>Spanningsmeting</i>	108
9.4.1.2	<i>Weerstandsmeting</i>	108
9.4.1.3	<i>Diode tester</i>	108
9.4.1.4	<i>Geleidingstester</i>	108
9.4.1.5	<i>Stroommeting</i>	109
9.4.1.6	<i>Capaciteitsmeting</i>	109
9.4.1.7	<i>Frequentie en duty factor meting</i>	109
9.4.1.8	<i>Temperatuursmeting</i>	109
9.4.2	<i>De oscilloscoop</i>	109
9.5	SCHEMA VAN SOMMATOR EN VERMENIGVULDIGER	115
9.5.1	<i>de sommotor</i>	115
9.5.2	<i>de vermenigvuldiger</i>	115
9.6	MEETRESULTATEN VAN FILTERS	117
9.6.1	<i>Laagdoorlaat filter</i>	117
9.6.2	<i>Banddoorlaatfilter</i>	118
10	LOGBOEKEN	119
10.1	<i>LOGBOEK TOMAS</i>	119
10.2	<i>LOGBOEK JOREN</i>	120
11	BRONNEN	122
11.1	<i>BOEKEN</i>	122
11.2	<i>INTERNETLINKS</i>	122
12	DANKWOORD	123

Motivatie

Het idee om onze GIP over de radio te doen vloeide voort uit interesse voor Dolby surround maar dit leek net iets te hoog gegrepen. En daar de belangstelling voor geluid, elektronica en voor de nodige portie wiskunde er al was, was de stap naar radio niet groot.

De radio heeft in de 1^{ste} helft van de twintigste eeuw de wereld totaal veroverd en op vele gebieden sterk veranderd. Dag na dag en in alle delen van de wereld luisteren mensen naar de radio en dag na dag zijn miljoenen radio's in bedrijf.

Het is een niet te verslaan medium geworden om snel informatie door te geven. Daarom vroegen wij ons af hoe zo'n radio nu juist werkt. Het lijkt ons een uitdaging om dit zo gestructureerd en duidelijk mogelijk uit te leggen.

In de aanvang van ons project zijn we eerst op zoek gegaan naar informatie over het verschijnsel elektromagnetische golven, omdat geluid bij de radio via deze golven wordt overgedragen. Daarna zijn we gaan kijken hoe je een geluidssignaal via die elektromagnetische golven kunt verzenden. Men maakt de omzetting van geluid naar elektromagnetische golf met modulatie. Met demodulatie kan je het omgekeerde doen. Dit moduleren en demoduleren proberen we wiskundig en elektronisch te verklaren. Ook gaan we dit via enkele metingen deze theorie in praktijk brengen.

Motivation

The idea to make our integrated project about radio is a result of the interest for Dolby surround but that was too hard. And because the interest for sound, electronics and for math was already there, the step to radio was not big.

The radio has conquered the whole world in the first part of the twentieth century and has changed it in many ways. Day after day millions of people listen to the radio.

The radio is an unbeatable medium to exchange information. That's why we wondered how a radio works. It seems like a great challenge to explain this in a structured and clear way.

We have been looking for information about the phenomenon electromagnetic waves, because information that is sent is carried by these waves. After that we looked how you can send a sound signal with these waves. This happens with modulation: to convert the electromagnetic wave back to a sound signal you have to demodulate it. We are going to explain this modulation and demodulation mathematically and electronically. We are also going to carry out some measurements to put this theory in practice.

Motivation

L'idée initiale était de rédiger notre essai intégré sur la radio. Cette idée résultait de notre intérêt pour dolby surround mais ce thème s'est avéré comme difficile. En plus l'intérêt pour le son, l'électronique et les mathématiques était déjà présent, ainsi le pas vers le radio était petit.

La radio a conquis le monde dans la première partie du vingtième siècle et a changé ce monde de différentes manières. Jour après jour, il y a des millions de gens qui écoutent la radio.

La radio est un medium qui peut rapidement changer des informations. Voilà pourquoi nous nous sommes très intéressés au fonctionnement de la radio. C'est un grand défi d'expliquer le fonctionnement d'une radio.

Nous nous sommes renseignés sur le phénomène onde électromagnétique, parce que l'information se répand sous cette forme. Ensuite nous avons examiné comment on envoie des sons par le biais des ondes électromagnétiques. Ceci est possible à l'aide de modulation. Pour obtenir l'effet opposé il y a la démodulation. Nous expliquerons ces phénomènes en nous servant des mathématiques et de l'électronique. Nous mesurerons aussi pour mettre la théorie en pratique.

1 Inleiding

1.1 structuur

Hoe kun je informatie gemakkelijk van de ene plaats naar de andere verzenden, zonder veel verlies van kwaliteit van die informatie? Dit doe je bijvoorbeeld met een radio, maar hoe werkt een radio? Een radio zal de informatie in een elektromagnetische golf brengen en die doorzenden. We zijn dus eerst gaan kijken wat golven juist zijn en specifiek wat elektromagnetische golven zijn. De informatie wordt dus via een elektromagnetische golf verzonden, maar hoe gebeurt dat dan? Dit gebeurt via modulatie technieken. Amplitude (AM), frequentie (FM) en fasemodulatie (PM) zijn de meest voorkomende modulatie technieken en die hebben we dan ook onderzocht. Om gemoduleerde signalen goed te kunnen begrijpen maken we gebruik van Fourier analyse waarbij signalen in functie van de tijd omgezet worden naar signalen in functie van de frequentie. Bij het versturen van gemoduleerde signalen moet men ook rekening houden met ruis. We zijn dan ook op zoek gegaan hoe je ruis zoveel mogelijk kan voorkomen en als er ruis aanwezig is, hoe je die eventueel kunt wegfilteren. Het gemoduleerd signaal wordt aan de ontvangerzijde gedemoduleerd en versterkt. Bij de opbouw van een AM FM radio moet men rekening houden met alle bovenstaande gegevens en omzetten naar elektronische componenten.

1.2 Geschiedenis van radio, radiogolven

1.2.1 *Het prille begin*

Indien er nooit onweer had bestaan, dan hadden we vandaag de dag waarschijnlijk geen radio gekend. De bliksemschichten worden beschouwd als 'de eerste vonkzenders', want er wordt immers elektriciteit mee 'verzonden'. Eeuwen geleden al heeft men zich afgevraagd hoe dit natuurverschijnsel werkte, wat men ermee kon doen en hoe men zelf bliksem kon maken. Een begin wordt gemaakt door Von Guericke, die in 1643 de eerste elektriseermachine ontwikkelt, waarmee hij elektriciteit van een onweersbui kan opslaan. In 1753 krijgt de door Benjamin Franklin verder ontwikkelde elektriseermachine voor het eerst een praktische toepassing. Er werd een soort telegraaf toestel gemaakt. Deze werkte zo: „Er werden evenveel draden gespannen als er letters in het alfabet waren. Aan het eind van ieder draadeinde stond iemand die een sein moest geven als hij een schok voelde. Men wist dan welke letter werd bedoeld. Zo seinde men een bericht over." De ontwikkelingen gaan gestaag door en overal ter wereld komen kabels te liggen voor de telegrafie, waarbij men later met morsecodes gaat werken. De letters in het alfabet worden dan vertaald in combinaties van korte en lange tekens. Vervolgens werden die tekens als lange en korte stroomstoten door de kabel gestuurd.

1.2.2 *Draadloze communicatie ontdekt*

In 1820 ontdekt de natuurkundige Hans Christiaan Oersted dat elektrische stroom door een draad de richting van een kompasnaald beïnvloedt. Zijn conclusie luidt: elektriciteit wekt magnetisme op! Michael Faraday doet vervolgens het omgekeerde: hij laat een magneet op en neer bewegen door een spoel en merkt dat op die manier een elektrische stroom op te wekken is. Faraday toonde op basis van de ontdekking van Oersted aan dat bij twee evenwijdig gespannen draden een variabele stroom door de ene draad ook een veranderende stroom in de andere draad veroorzaakte, terwijl de draden verder niet elektrisch met elkaar verbonden waren!

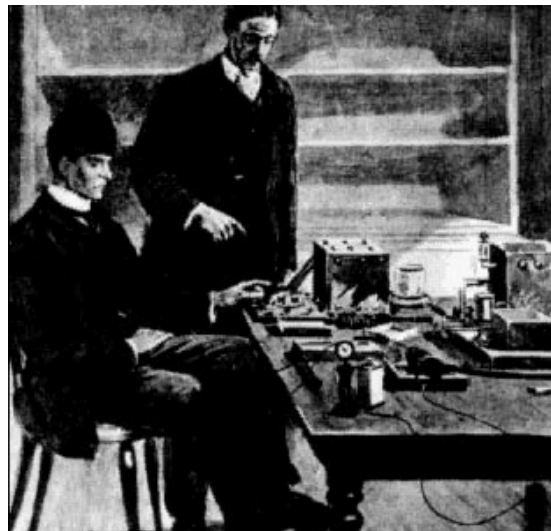
De ontdekking van de 'beïnvloeding door de lucht' is een feit. Het bestaan van de draadloze communicatie is ontdekt. De kabels zijn niet langer alleen nodig voor de verspreiding van berichten.

1.2.3 *De spraak op kabel en in de ether*

Op 14 februari 1876 wordt een mijlpaal in de geschiedenis van de verspreiding van communicatie op afstand bereikt. Alexander Graham Bell vindt de telefoon uit. Aanvankelijk wordt de telefoon gebruikt voor de ontvangst van morsesignalen, maar twee jaar later ontwerpt professor D.E. Hughes de eerste bruikbare microfoon. Dankzij deze beide uitvindingen wordt het mogelijk om spraak, zij het nog altijd per kabel, over te brengen. In 1879 lukt het professor Hughes echter om draadloos signalen over te brengen op een afstand van 500 meter. Hij ontdekt dat een buisje met metaalvijsel geleidend wordt door op afstand veroorzaakte vonken. Hij doet er weinig mee, waardoor zijn uitvinding pas in 1906 wordt herontdekt.

1.2.4 *De uitvinding van de huidige radio*

Niemand weet precies wie de radio, zoals wij die nu kennen, heeft uitgevonden. We hebben veel te danken aan Guglielmo Marconi. Maar voor de Russen is de naam 'Popoff' veel belangrijker en Amerikanen daarentegen noemen ook wel 'Loomis'. Rollema merkt hierover op: 'Zo heel simpel ligt het niet met de uitvinding van de radio. Het is dan ook de vraag of we wel van een 'uitvinding' kunnen spreken. Een radiozender of -ontvanger bestaat uit een samenvoegsel van een aantal bouwstenen die ieder voor zich een aparte ontwikkelingsgang hebben doorgemaakt'. Zo heeft de Rus Popoff al eerder draadloos berichten verzonden dan Marconi, maar heeft Marconi een belangrijke, praktische bijdrage geleverd aan de ontwikkeling van de radio.



Het lukt Marconi om in augustus 1895 draadloos morseseinen te ontvangen over een afstand van drie kilometer. Hij ontdekt dat een hoge antenne en een goede aardleiding van groot belang is voor de ontvangst van de signalen. Op 13 mei 1897 lukt het hem met een vonkenzender, met een soort bliksem, over een afstand van 8.7 mijl berichten over te seinen bij het kanaal van Bristol. De draadloze telegrafie, die later radio wordt genoemd, is een feit. Marconi heeft oog voor de commerciële en militaire mogelijkheden van de draadloze communicatie en pakt het groots aan, waardoor de radio zich in snel tempo verder kan ontwikkelen. Het is een mogelijke verklaring voor het feit dat Marconi vrijwel altijd als enige wordt genoemd als degene die voor het eerst draadloos morseseinen verzond en ontving.

2 Golven

2.1 Inleiding

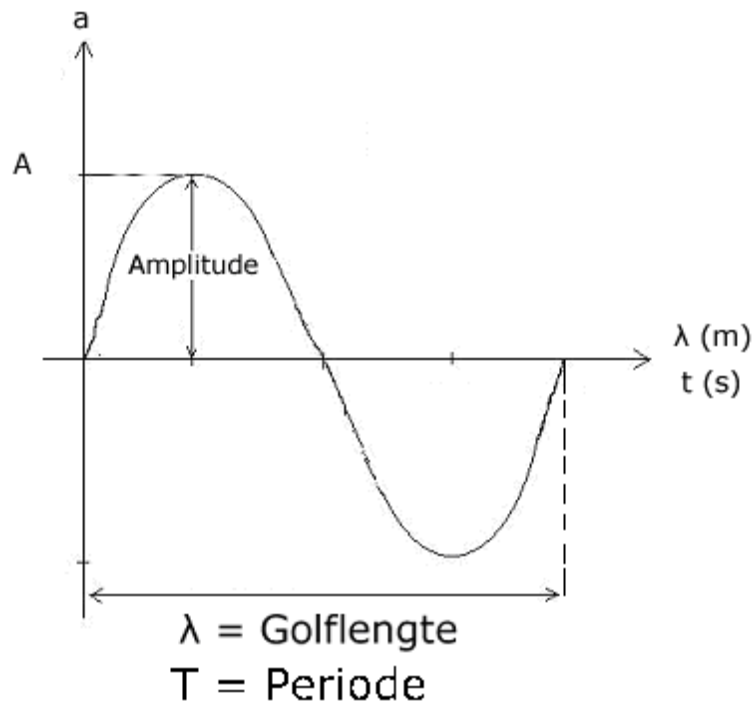
Een radio ontvangt elektromagnetische golven, uitgezonden door een zendantenne, en zet deze om in geluidsgolven.

Wat zijn nu precies die elektromagnetische golven en waaruit zijn ze opgebouwd?

2.2 basisbegrippen

De lengte van één golf is de golflengte (λ) en is uitgedrukt in meter.

De Amplitude (A) van een golf is de afstand van de normaal tot de top van de golf. Het geeft de intensiteit of sterkte van de golf weer en het houdt ook verband met het vermogen.



De tijd om één golfbeweging te maken is de periode (T). De periode wordt uitgedrukt in seconden.

De frequentie (f) geeft het aantal trillingen of perioden per seconde aan, dus:

$$f = 1/T$$

en is uitgedrukt in Hz.

De golflengte en frequentie van (elektromagnetische) golven staan met elkaar in verband. De golflengte is afhankelijk van de periode en de voortplantingssnelheid (v) van de trilling:

$\lambda = cT$	λ	=	golflengte in meter
	c	=	voortplantingssnelheid van de golf in m/s
	T	=	periode van de golf, gelijk aan 1/f in s
$\lambda = \frac{c}{f}$	f	=	frequentie of perioden per seconde in Hz

Voor elektromagnetische golven, die zich voortplanten in lucht, is de snelheid gelijk aan de lichtsnelheid (c) en die is in vacuüm gelijk aan 300.000.000 m/s.

Voorbeeld:

De golflengte van een signaal met frequentie $f=100$ MHz (radio) bedraagt:

$$\lambda = v/f \quad \text{met } v=c=300.000.000 \text{ m/s}$$

$$\lambda = c/f = 300.000.000/100.000.000 = 3 \text{ m}$$

Nu we weten wat golven zijn maken we de stap naar elektromagnetische golven.

2.3 Geluidsgolven

Geluidsgolven zijn longitudinale golven. Dit zijn golven die zich voortplanten volgens de bewegingsrichting van de golf in een medium zoals bijvoorbeeld lucht, water, metaal, ...

De voortplantingssnelheid van het geluid is afhankelijk van de temperatuur, het medium en de druk. De amplitude is afhankelijk van de sterkte van de geluidsbron.

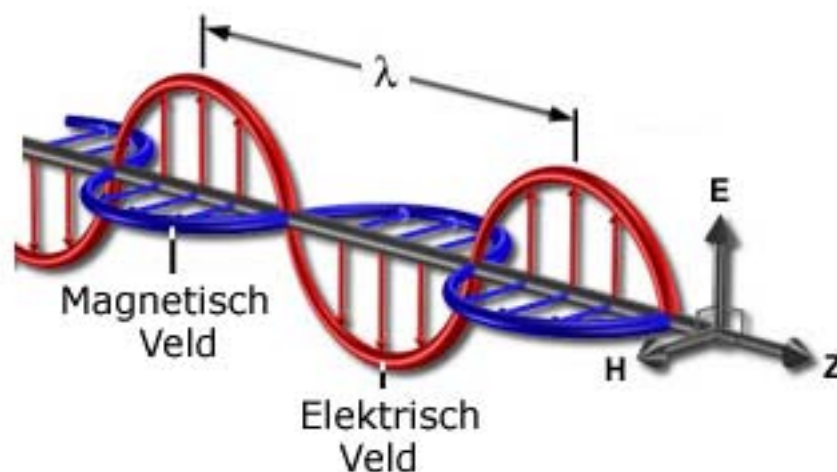
Deze sterkte wordt uitgedrukt W/m^2 .

De frequentie bepaalt de toonhoogte, en de klankkleur is afhankelijk van de nevenfrequenties (zie Fourier analyse). De mens kan geluidsgolven van 20 Hz tot 20.000 kHz waarnemen.

2.4 Elektromagnetische golven

Elektromagnetische golven zijn golven met verschillende frequenties. En werden in het jaar 1864 door Maxwell ontdekt. Deze golven zijn samengesteld uit een elektrische golf (veld) en een magnetische golf (veld). Elektromagnetische straling ontstaat bijvoorbeeld door een trillende elektrische lading die een trillende elektrisch veld opwekt, dat op zijn beurt weer aanleiding geeft tot een magnetisch veld. De velden volgen elkaar op en planten zich voort door de ruimte. De elektrische en magnetische golven staan loodrecht op elkaar.

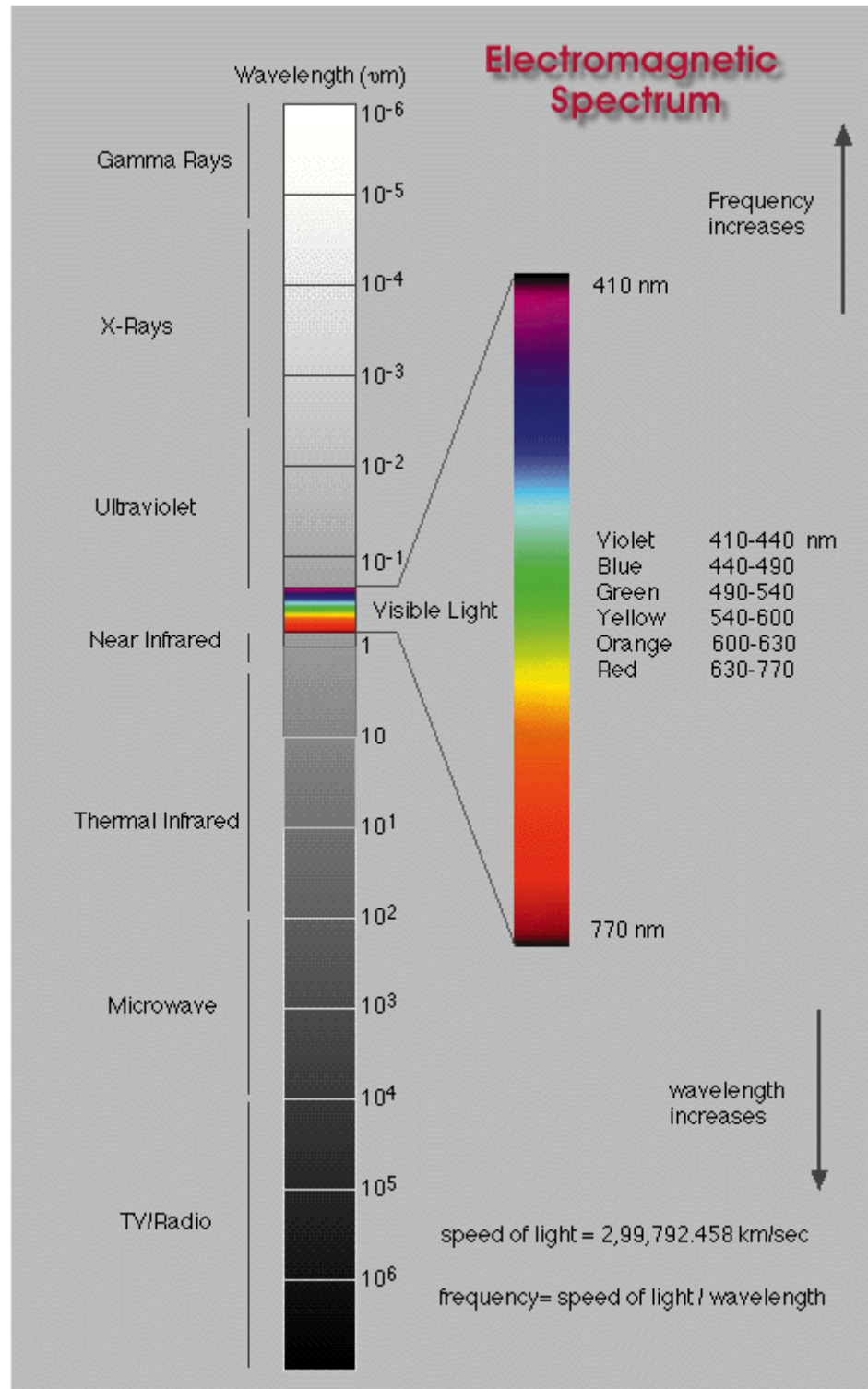
De frequentie of de golflengte van de elektromagnetische straling bepaalt de soort straling, zo heeft het zichtbare licht een golflengte van 390nm tot 780nm.



2.5 Het elektromagnetisch spectrum

2.5.1 Inleiding.

Het elektromagnetisch spectrum kan men, volgens de frequentie of golflengte, indelen in verschillende groepen. Deze groepen gaan we kort bespreken van kleine naar grote frequentie.



2.5.2 Radiogolven

De radiogolven zijn ontdekt door Heinrich Hertz in 1888. Radiogolven hebben de grootste golflengte van het elektromagnetische spectrum. De golflengte van radiogolven liggen tussen de vele kilometers tot 30 cm (1 GHz). Radiogolven worden voornamelijk afgegeven door elektronische . De netfrequentie is maar 50 trillingen per seconde. Dit betekent dat de elektromagnetisch golf die wordt uitgestraald, een golflengte van 6000 kilometer heeft.

Radiogolven worden in het dagelijkse leven veel gebruikt. Zo worden ze bijvoorbeeld gebruikt om radio en tv-signalen te verzenden en te ontvangen. Hiervoor worden radiogolven gebruikt met hoge frequenties.

2.5.3 Microgolven

Microgolven hebben een golflengte tussen de 30 cm en 1mm. Dit betekent dat microgolven een frequentie hebben van 1 GHz tot 300 GHz.

Microgolven lijken een beetje op lichtstralen wat betreft afbuiging en weerkaatsing, maar microgolven kunnen in tegenstelling tot lichtstralen ook in niet-transparante materialen binnendringen.



Dit wordt bijvoorbeeld toegepast in de magnetron. Hierin worden de microgolven door middel van een ronddraaiende verspreider verspreid in de magnetron. Microgolven worden geabsorbeerd door water in ons eten. Dit heeft als gevolg dat de watermoleculen gaan trillen en vervolgens het eten warm wordt. Microgolven worden ook toegepast voor communicatie (bijvoorbeeld in de ruimte of bij een radarinstallatie) en in de sterrenkunde.

2.5.4 Infrarode straling

De infrarode straling is ontdekt door William Herschel (ontdekker van de planeet Uranus) in 1800. Infrarode straling heeft een golflengte van 1 mm tot 780 nm. Omdat infrarode straling warmte afgeeft als het bijvoorbeeld op de huid valt, wordt deze straling ook wel warmtestraling genoemd. Infrarode straling wordt veel toegepast in fotografie en afstandsbevestigingen, maar ook in bijvoorbeeld warmtelampen.

Zo worden infrarood foto's gemaakt door middel van de infrarode straling die voorwerpen afgeven. Deze wordt opgevangen op een film die gevoelig is voor infrarode straling. Hierdoor is het mogelijk om bijvoorbeeld in het donker foto's te maken of om in het donker te kunnen zien (nachtkijkers). Rond om de aarde zweven verschillende satellieten die de mogelijkheid hebben om infrarode foto's te maken van de aarde of een ander hemellichaam.

2.5.5 Zichtbaar licht

Het zichtbare licht heeft een golflengte van 780 nm tot 380 nm. Dit gebied wordt ook wel lichtspectrum genoemd. De kleur rood heeft een golflengte van 780 nm en de kleur violet een golflengte van 380 nm. Tussen rood en violet bevinden zich een aantal andere kleuren, namelijk: oranje, geel, groen, blauw en indigo. Deze kleuren zijn ook terug te vinden in de regenboog of na breking van licht doormiddel van een prisma.

2.5.6 Ultraviolet licht

Het ultraviolet licht is in 1801 door Johann Ritter ontdekt toen hij met zilverchloride werkte (ultraviolet licht doet zilverchloride snel van kleur veranderen). De golflengte van ultraviolet licht ligt tussen de 380 nm en de 12 nm. Onze zon is een natuurlijke bron van ultraviolette straling, maar de meeste straling wordt in de dampkring geabsorbeerd door het ozongas. Dit is erg belangrijk omdat een te grote hoeveelheid ultraviolette straling dodelijk kan zijn voor al het leven, maar we kunnen eigenlijk ook niet zonder. Doormiddel van ultraviolet licht wordt onze huid bruin en wordt er in ons lichaam vitamine D aangemaakt. Ultraviolette straling wordt onder andere gebruikt om bacteriën te doden in ruimten die steriel moeten zijn.

2.5.7 Röntgenstraling

In 1895 ontdekte Wilhelm Konrad Röntgen de X stralen. Later werden deze stralen vernoemd naar de ontdekker en werden ze röntgenstralen genoemd. Röntgenstralen hebben een golflengte die tussen de 12 nm en de 0,002 nm ligt.



Een kenmerkende eigenschap van röntgenstraling is dat het door bijna alle stoffen heen dringt. Hierbij gaat een deel verloren door absorptie. Een andere eigenschap is dat veel stoffen fluorescerend worden wanneer ze in aanraking komen met röntgenstralen. Wanneer er een menselijk lichaam tussen een röntgenapparaat en een fluorescerend scherm wordt geplaatst, dan verschijnen op het scherm schaduwen van de botten. Dit komt omdat bot de röntgenstralen beter absorberen

dan de zachte delen. In plaats van een fluorescerend scherm kan ook een film worden gebruikt. Dit wordt veel toegepast in ziekenhuizen.

2.5.8 Gammastralen

De gammastralen zijn in 1903 voor het eerst vastgesteld door Antoine Henri Becquerel. De golflengte van gammastralen ligt beneden de 0,002 nm. Gammastraling heeft een heel grote doordringende kracht. Gammastraling komt vrij bij materiaal dat radioactief is (uranium). Het is ook vaak te vinden in de buurt van kerncentrales of op plaatsen waar een kernexplosie heeft plaatsgevonden. De straling is zelfs in staat om door lood en cement heen te gaan. De straling is gevaarlijk omdat het levend weefsel beschadigd.

3 Versterking uitdrukken in decibel

3.1 Inleiding

Omdat we in een van de volgende hoofdstukken het zullen hebben over vermogenversterking, spanningsversterking in decibel, volgt hierover een kort woordje uitleg. De versterkings -of verzwakkingsfactor wordt bij filters, versterkers en andere versterkende of verzwakkende elementen meestal uitgedrukt in decibel (dB). Ook bij ruis wordt de ruisversterking uitgedrukt in dB.

Uit de theorie van de wiskunde weten we dat:

$$\text{Als } \log A = B \text{ dan } A = 10^B$$

$$\log A.B = \log A + \log B$$

$$\log \frac{A}{B} = \log A - \log B$$

$$\log A^n = n \cdot \log A$$

$$\text{Tevens is } \begin{array}{l} \log 1 = 0 \\ \log 10 = 1 \end{array}$$

Per definitie is de vermogenversterking in dB:

$$\left| A_p \right|_{dB} = 10 \log \frac{P_u}{P_i} \quad \text{met: } \begin{array}{l} P_u = \text{uitgangsvermogen} \\ P_i = \text{ingangsvermogen} \\ A_p = \text{vermogenversterking in decibel} \end{array}$$

3.3 Spanningsversterking in decibel

Als je weet dat de vermogenversterking in dB $\left| A_v \right|_{dB} = 10 \log \frac{P_u}{P_i}$ is en je weet dat je

vermogen ook kunt uitdrukken als: $P=U \cdot I$ met $I=U/R$ en dus $P=U^2/R$ dan is:

$$\left| A_p \right|_{dB} = 10 \log \left(\frac{U_u}{U_i} \right)^2 \cdot \frac{R_i}{R_u}$$

uit $\log A.B = \log A + \log B$ volgt dan:

$$\left| A_p \right|_{dB} = 10 \log \left(\frac{U_u}{U_i} \right)^2 + 10 \log \frac{R_i}{R_u}$$

Als $R_i=R_u$ dan is de term $10 \log \frac{R_i}{R_u}$ gelijk aan nul! Dan wordt de spanningsversterking in dB:

$$|A_v|_{dB} = 10 \log \left(\frac{U_u}{U_i} \right)^2 = 20 \log \frac{U_u}{U_i} = 20 \log \frac{U_u}{U_i}$$

Dus is de spanningsversterking uitgedrukt in dB:

$$|A_v|_{dB} = 20 \log \frac{U_u}{U_i}$$

3.3.1 Omzettingstabel

Spanningsverhouding	Decibels	Vermogenverhouding
1	0 dB	1
1.22	1 dB	1.25
$2^{1/2}$	3 dB	2
4	12 dB	16
8	18 dB	64
10	20 dB	10^2
100	40 dB	10^4
1000	60 dB	10^6
10.000	80 dB	10^8
100.000	100 dB	10^{10}

Bij 3dB Heb je dus dubbel zoveel vermogen aan de uitgang dan aan de ingang. Bij -3dB heb je de helft van het ingangsvermogen aan de uitgang: de vermogenverhouding is dan

$$\frac{P_u}{P_i} = \frac{1}{2}.$$

Dit -3dB punt is belangrijk bij onder andere filters (zie hoofdstuk 7)

4 Fourier analyse

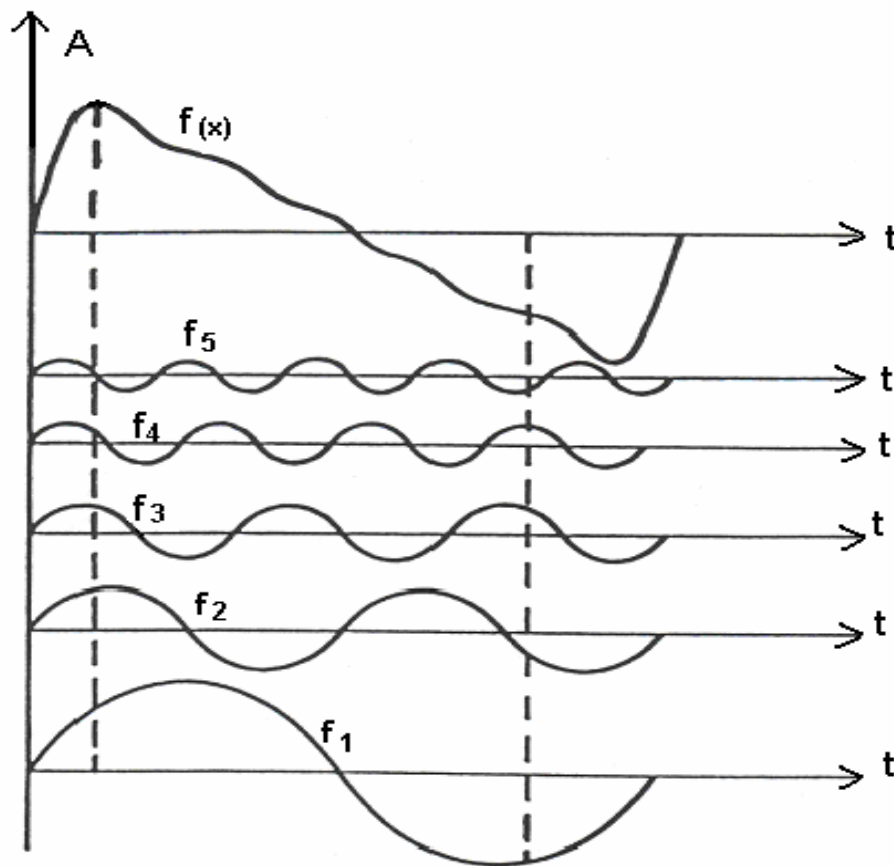
4.1 Inleiding

Bij sommige geluiden (golven) ontbreekt alle periodiciteit: men spreekt over ruis.

Vb.: De geluidsgolven van een blad papier dat scheurt voor een microfoon.

Bij andere geluiden (golven) kan men dan weer een periodiek terugkerend patroon waarnemen: men spreekt over tonen. Vb.: Het aanslaan van een stemvork geeft een zuivere sinusoidale voorstelling op een oscilloscoop. Een dergelijke toon noemt men een enkelvoudige toon.

Een toon voortgebracht door een muziekinstrument heeft eveneens een periodiek verloop dat echter niet meer sinusoidaal is. Een dergelijke toon noemt men een samengestelde toon. Zo'n samengestelde toon blijkt uit één welbepaalde grondtoon en een reeks van boventonen te bestaan waarvan de frequenties gehele veelvouden van de frequentie van de grondtoon zijn. De grondtoon heeft over het algemeen de grootste amplitude en bepaalt daardoor de algemene indruk van de samengestelde toon.



In deze figuur is $f(x)$ de samengestelde, f_1 de grondtoon en f_2, f_3, f_4, f_5 de boventonen. In deze figuur bestaat de samengestelde toon uit juist 5 boventonen, maar bij een willekeurige toon kunnen er dat een oneindig aantal zijn.

4.2 Wiskundige voorstelling

Veronderstel dat f een periodieke functie is met periode T , d.w.z.

$$\forall x \in \text{dom } f: f(x + T) = f(x)$$

De functie f kan dan ontwikkeld worden in een som van cosinussen en sinussen:

$$f_{(x)} = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} (a_k \cos(k \frac{2\pi}{T} x) + b_k \sin(k \frac{2\pi}{T} x))$$

met

$$a_k = \frac{2}{T} \int_0^T f(x) \cos(k \frac{2\pi}{T} x) dx$$

$$b_k = \frac{2}{T} \int_0^T f(x) \sin(k \frac{2\pi}{T} x) dx$$

4.3 Spectrum

Wat is nu de periode T_k van de k -de component uit de Fourierreeks?

$$\cos(k \frac{2\pi}{T} (x + T_k) - \varphi_k) = \cos(k \frac{2\pi}{T} x - \varphi_k)$$

$$\Rightarrow k \frac{2\pi}{T} T_k = 2\pi$$

$$\Rightarrow T_k = \frac{T}{k}$$

Stellen we de frequentie van de opgegeven functie f voor door:

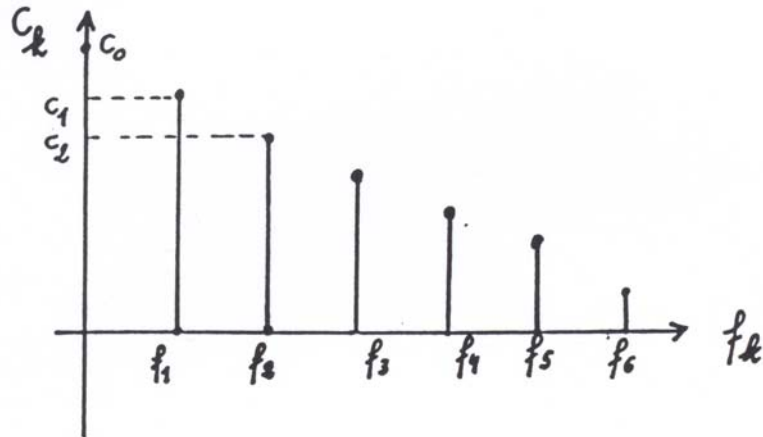
$$f_0 = \frac{1}{T}$$

dan is dus de frequentie f_k van de k -de component uit de fourierreeks gegeven door:

$$f_k = \frac{1}{T_k} = \frac{k}{T} = k f_0$$

$$\Rightarrow f_k = kf_0$$

De eerste component ($k=1$) uit de Fourierreeks heeft dus steeds dezelfde frequentie als de opgegeven functie f : vandaar de naam grondtoon of fundamentele toon. Men spreekt ook over de eerste harmoniek. De k -de component uit de Fourierreeks van de periodieke functie f wordt bekomen door in abscis de frequenties f_k uit te zetten en in ordinaat de amplitudes C_k van de corresponderende harmonischen.



4.4 Belangrijke eigenschappen

4.4.1 Eigenschap 1

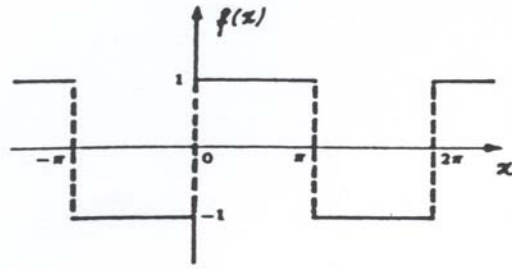
De waarden van de amplitudes a_k en b_k veranderen niet indien men in hun uitdrukkingen het integratie-interval $[0, T]$ vervangt door $[c, c+T]$ met $c \in \mathbb{R}_0$.

4.4.2 Eigenschap 2

Als f oneven is, d.w.z. $\forall x \in \text{dom } f: f(-x) = -f(x)$
 Dan zijn alle $a_k = 0$ $k=1, 2, 3, \dots$

Als f even is, d.w.z. $\forall x \in \text{dom } f: f(-x) = f(x)$
 Dan zijn alle $b_k = 0$ $k=1, 2, 3, \dots$

4.5 Voorbeeld



- f heeft als periode $T=2\pi$
- f is oneven want $f(-x) = -f(x) \Rightarrow a_k=0$ $k=1, 2, 3, \dots$
- $f(x)$ kan dus geschreven worden als:

$$f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} b_k \sin(kx)$$

met

$$a_0 = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) dx \quad \text{en} \quad b_k = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \sin(kx) dx$$

- Na enig rekenwerk volgt dan

$$a_0 = -\frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^0 dx + \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} dx = 0$$

en

$$b_k = -\frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^0 \sin(kx) dx + \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} \sin(kx) dx = 0$$

$$b_k = \frac{1}{k\pi} [\cos(kx)]_{-\pi}^0 - \frac{1}{k\pi} [\cos(kx)]_0^{\pi}$$

$$b_k = \frac{2}{k\pi} - \frac{2}{k\pi} \cos(k\pi)$$

- ⇒ voor k even is $b_k = 0$

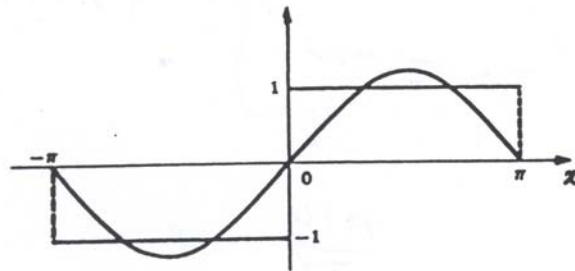
- ⇒ voor k oneven is $b_k = \frac{4}{k\pi}$

De Fourrierreeks voor $f(x)$ wordt dus gegeven door:

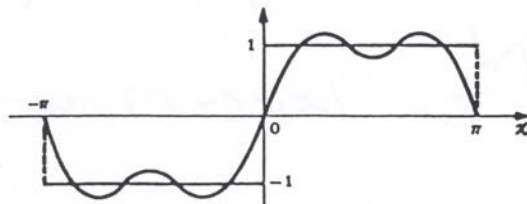
$$f(x) = \frac{4}{\pi} \sin(x) + \frac{4}{3\pi} \sin(3x) + \frac{4}{5\pi} \sin(5x) + \dots$$

De eerste term duidt de grondtoon aan, de tweede duidt de 3^{de} harmoniek aan en de derde term duidt de 5^{de} harmoniek aan.

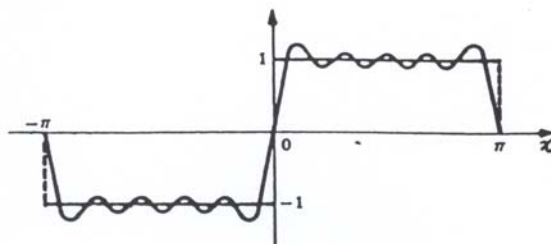
Grafische voorstelling van een aantal opeenvolgende benaderingen:



1ste harmoniek

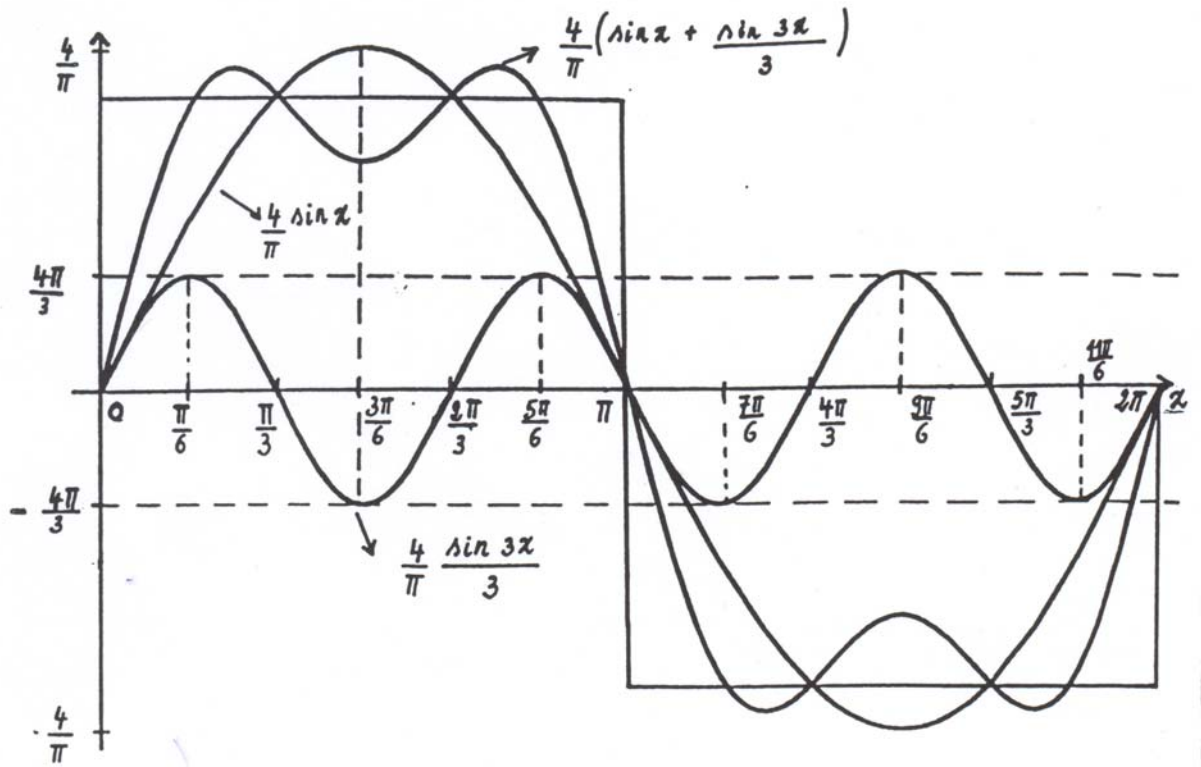


1ste + 3^e harmoniek



1ste + 3^e + 5^e harmoniek

Een detail van de som van de eerste + derde harmoniek ziet er als volgt uit:



5 Modulatie

5.1 Inleiding

De over te zenden informatie is meestal een signaal gelegen in het audio-frequentie gebied. Voor de mens bevinden deze signalen zich tussen 20 en 20.000 Hz, maar om de bandbreedte te beperken worden meestal alleen de signalen met een frequentie tussen 300 en 4000 Hz verzonden.

Modulatie zorgt voor de aanpassing van het te verzenden signaal aan het overbrengingskanaal.

Bijna alle transmissiesystemen gebruiken een of andere soort van modulatie. Dit is nodig om de volgende redenen:

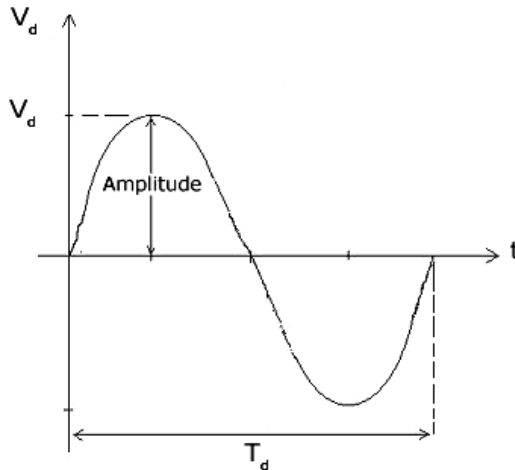
- De eigenschappen van het over te zenden signaal is niet altijd gunstig om een goede overdracht via een bepaald medium te verzekeren. Hierbij denken wij bijvoorbeeld aan geluid. De geluidsfrequentie is veel te laag om met behulp van een antenne uit te zenden. De oplossing bestaat erin een signaal te nemen dat wel uitgestraald kan worden en hiervan bepaalde eigenschappen te wijzigen in functie van de informatie die je wilt verzenden. Het informatiesignaal, bij AM-FM radio, bestaat uit geluid en tekst. Het signaal dat uitgestraald kan worden noemt men de drager. De informatie, het geluid is het modulerend signaal. Het signaal dat men na modulatie bekomt is het gemoduleerd signaal.
- Zelfs al was het mogelijk om een AF-signaal (Audio Frequentie) uit te stralen, zou het echter in de ontvanger onmogelijk zijn om dit uitgezonden signaal te onderscheiden van andere signalen, ontvangen door andere zenders in de omgeving.
Na modulatie bestaat ook dit probleem niet meer: naburige zenders kunnen verschillende draaggolffrequenties gebruiken, en ze doen dat ook. Zodat het onderscheiden van verschillende signalen in een ontvanger mogelijk wordt.
- Tengevolge van de elektromagnetische voortplanting ondergaat het gemoduleerd signaal verzwakkingen. Het wordt gemengd met ruissignalen. De mogelijkheid om het signaal te ontvangen hangt af van: Het niveau van het ingangssignaal aan de ingang van de ontvanger. En dat de ontvanger het onderscheid niet meer vindt tussen de ruis en het nuttig gemoduleerd signaal. Bij een goed modulatiesysteem is het makkelijker om het geluidssignaal te onderscheiden van de ruis.

5.2 Algemene principes

De algemene voorstelling van een ongemoduleerde golf is:

$$v_d = V_d \cdot \sin(\omega_d \cdot t + \phi)$$

v_d : momentele waarde van de draaggolf op het ogenblik t



V_d : amplitude van de draaggolf

ω_d : hoeksnelheid (rad/s)

ϕ : fase van de draaggolf in de oorsprong

met $\omega_d = 2\pi f_d$

f_d : Frequentie van de draaggolf (Hz)

T_d : Periode van de draaggolf (s)

De frequentie van de draaggolf is hoog zodat het gemoduleerd signaal geschikt is voor radio-overdracht. Alnaargelang het LF (laag frequente)-signaal dat gemoduleerd moet worden inwerkt op de amplitude van de draaggolf V_d of de hoek $(\omega_d \cdot t + \phi)$ van de draaggolf, spreken we respectievelijk van amplitude modulatie (AM) of frequentie modulatie (FM) en fase modulatie (PM). Deze twee laatste worden onder één noemer met hoekmodulatie aangeduid.

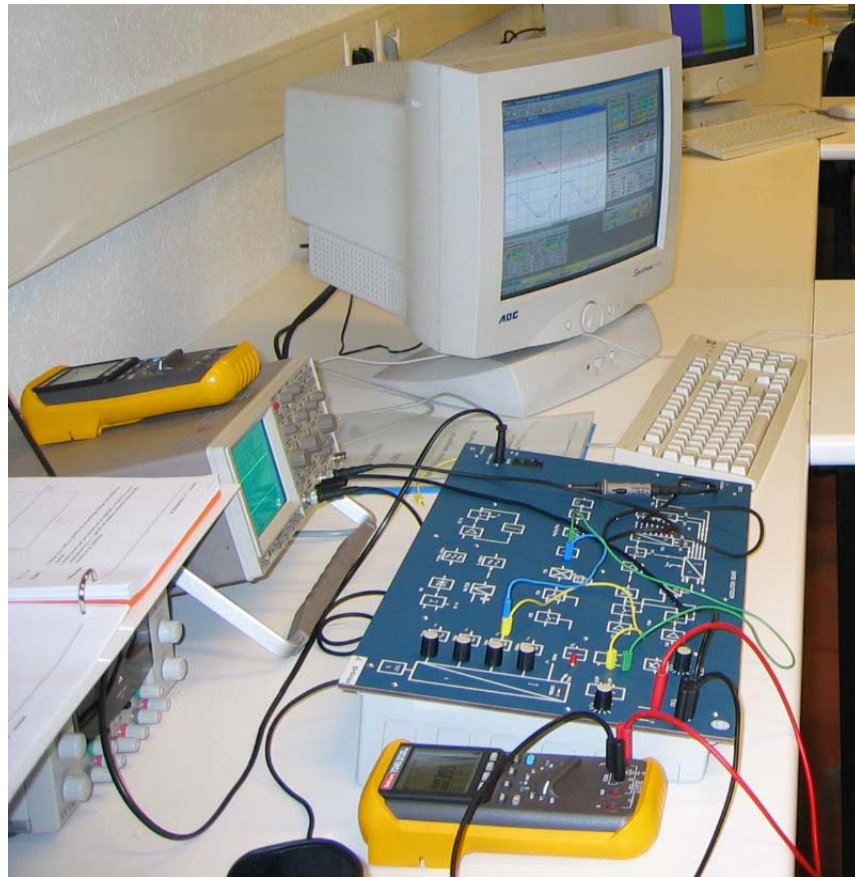
5.3 Labo proef opmeten van draaggolf

5.3.1 Inleiding

Om een signaal door te zenden heb je eerst en vooral een draaggolf nodig, deze kan zichtbaar gemaakt worden met een (digitale) oscilloscoop.

5.3.2 Benodigheden

- Modulatie-bord
- Snoeren (BNC-probe)
- De oscilloscoop Hameg Gm 407-2 verbonden aan de pc.
- Het besturingsprogramma om het scoopbeeld te verzenden naar de computer.
- Multimeter sefram 7341 (True-RMS)

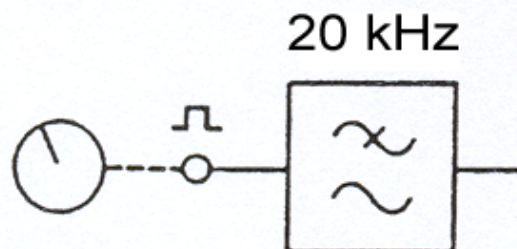


5.3.3 Werkwijze

- We regelen de spanning op 1.41 V, met behulp van de multimeter, zodat de maximale spanning van de draaggolf gelijk wordt aan:

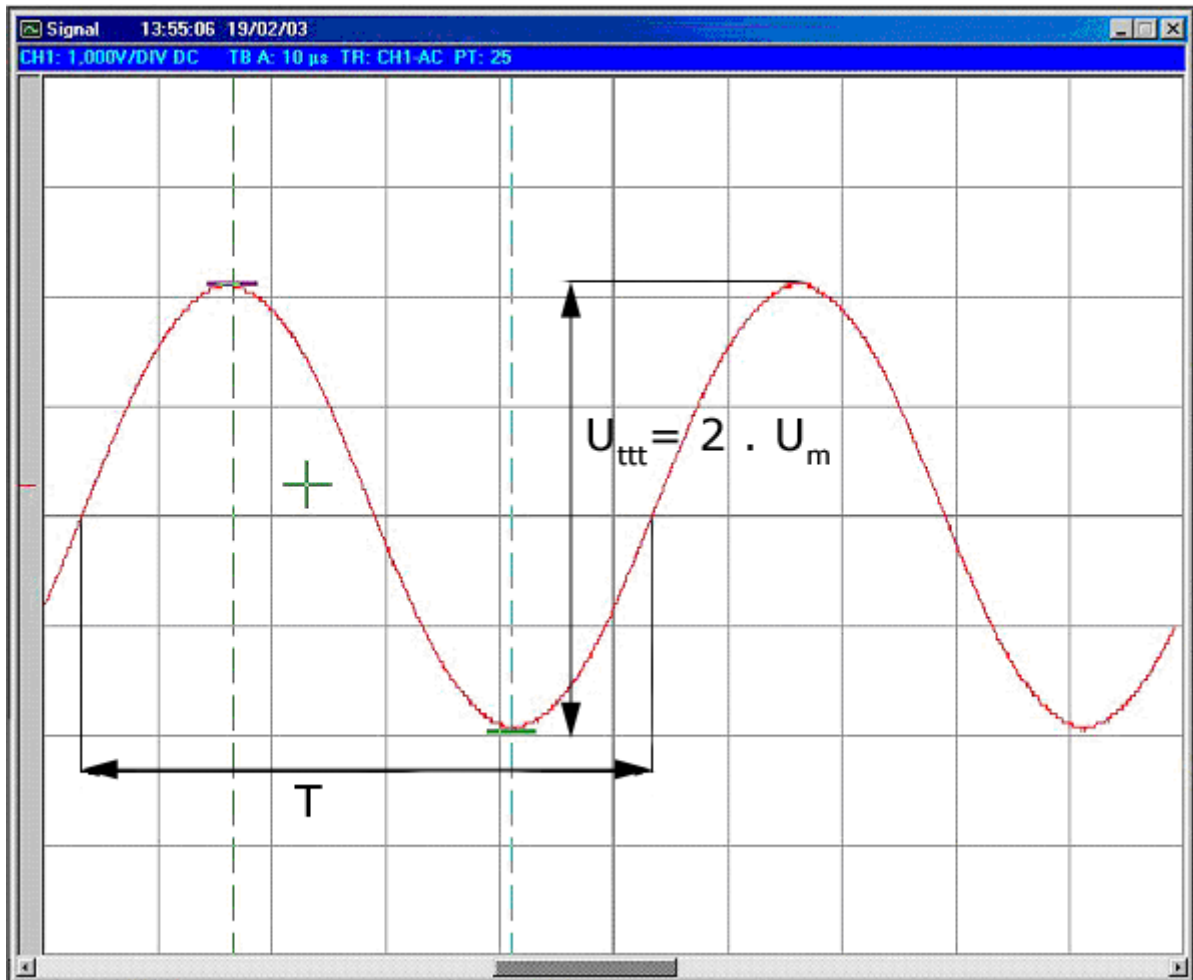
$$U_m = U_{\text{eff}} \cdot \sqrt{2} = 1.41 \text{ V} \cdot \sqrt{2} = 2 \text{ V}$$

- We sluiten kanaal 1 van de oscilloscoop aan op de uitgang van frequentieomvormer.



- We stellen de oscilloscoop in (bijlage 9.4).
- We drukken op de knop read (besturingsprogramma) om het scoopbeeld te verzenden naar de computer.

5.3.4 Resultaten



Dit zijn de gegevens over de cursors (groene strepen in de bovenstaande figuur).

Je kunt aflezen dat de top tot top waarde van de spanning 4,08 V is dus de amplitude bedraagt $4,08 \text{ V} / 2 = 2,04 \text{ V}$.

De frequentie over een halve golflengte bedraagt 40,9 kHz, dus is de frequentie over de volledige golflengte $40,9 \text{ kHz} / 2 = 20,45 \text{ kHz}$.

	Cursor I	Cursor II	CI - CII
CH I	1,840V	-2,240V	4,0800V
CH II	Off	Off	Off
dt	24,450 μs		Cursor I
1/dt	40,900 kHz		Cursor II

5.4 Amplitude modulatie of amplitude modulation (AM)

5.4.1 Wat?

Amplitude modulatie is een techniek die gebruikt wordt om informatie die niet kan uitgestraald worden met antennes toch te verzenden. Daardoor wordt de informatie in functie van de amplitude van de draaggolf, die wel verzonden kan worden via antenne, gezet.

Bij AM wordt de amplitude van de draaggolf op ieder ogenblik gewijzigd met een waarde die evenredig is met de momentele waarde van het modulerend signaal.

5.4.2 Theoretische benadering

5.4.2.1 Modulatiediepte

De modulatiediepte is een factor die aanduidt in welke mate de draaggolf gemoduleerd wordt:

$$m = V_m/V_d$$

met: V_d : amplitude van de draaggolf of de topwaarde van de draaggolfspanning.

V_m : amplitude van het gemoduleerde signaal of de topwaarde van de informatiespanningen.

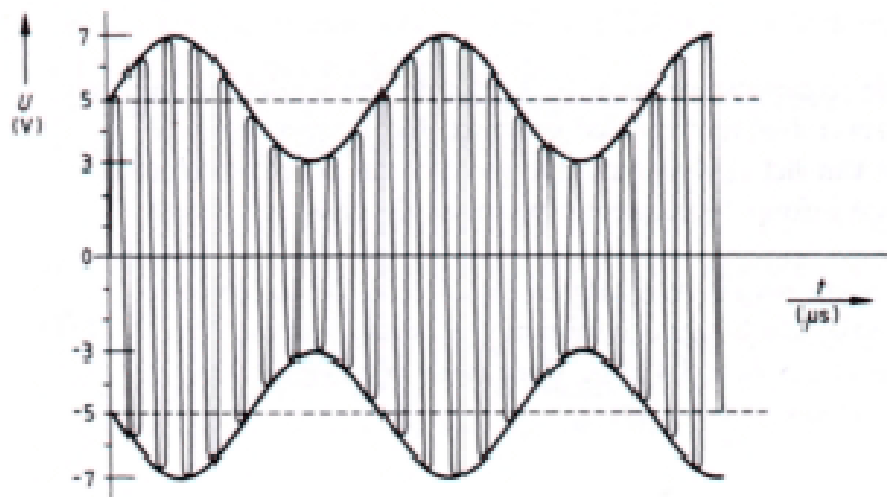
Gegeven een draaggolf heeft een topwaarde van 5 volt . Deze draaggolf wordt amplitude gemoduleerd met een te moduleren signaal (sinus), die een topwaarde bezit van 2 volt.

Voor het AM signaal geldt dan:

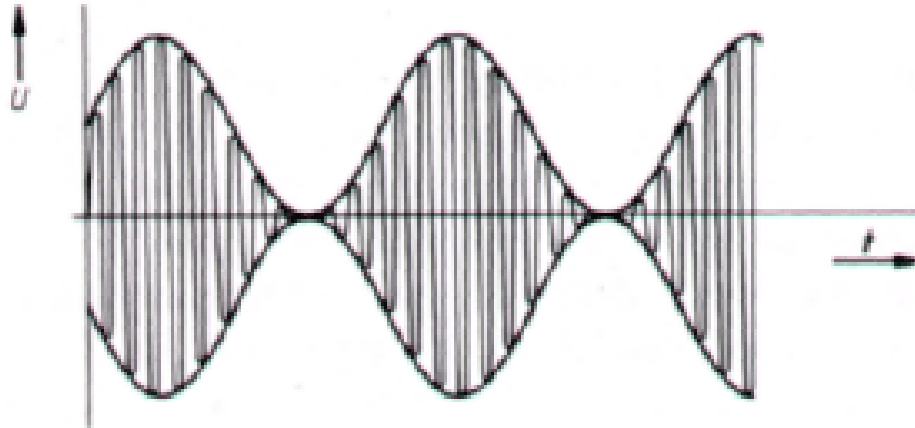
$$\text{Maximum spanning: } V_d + V_m = 5 + 2 = 7 \text{ volt.}$$

$$\text{Minimum spanning: } V_d - V_m = 5 - 2 = 3 \text{ volt.}$$

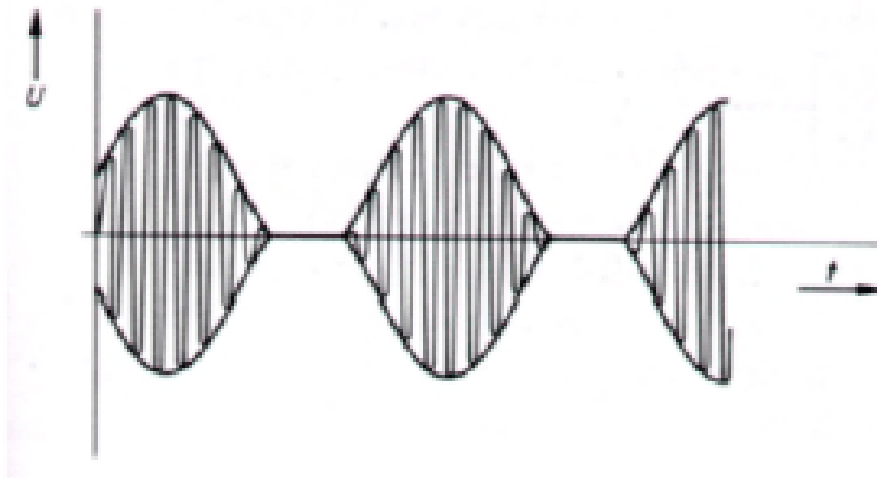
De tijdsfunctie waaruit deze maximale en minimale spanning af te lezen is, is getekend in de volgende figuur:



Indien de draaggolfamplitude (V_d) constant wordt gehouden en de informatieamplitude (V_m) groter wordt gemaakt, dan ontstaat er uiteindelijk een situatie waarin draaggolfamplitude en informatieamplitude even groot zijn. Het AM signaal is dan maximaal gemoduleerd (100%). Dit is weergegeven in de onderstaande figuur:



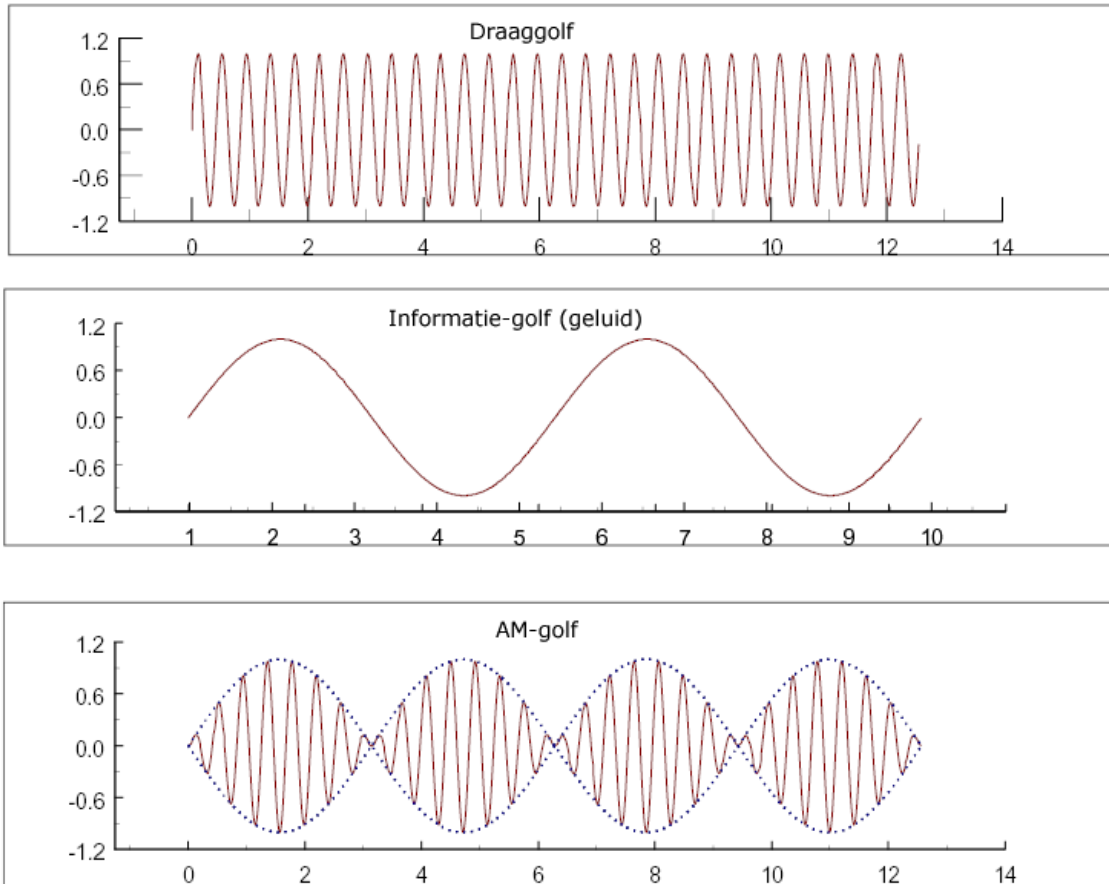
Als de informatieamplitude nu nog verder wordt vergroot, ontstaat de zogenaamde overmodulatie. Dit is weergegeven in de onderstaande figuur:



Het gevolg van overmodulatie is dat de omhullende van het AM signaal niet meer overeenkomt met de momentele waarde van het oorspronkelijke informatie signaal. Bij een normale omroepuitzending is de modulatie diepte maximaal 60%.

5.4.2.2 Moduleren van een sinus

Het informatie signaal (2) wordt amplitude gemoduleerd met de draaggolf (1), zodat men volgend AM-signaal (3) bekommt.



Nu gaan we deze signalen in een wiskundige vergelijking omzetten. Om de formules zo eenvoudig mogelijk te houden nemen we als modulerend signaal (informatie) een sinus:

$$v_m = V_m \cdot \sin(\omega_m \cdot t + \phi)$$

Als we veronderstellen dat de faseverschuiving $\phi = 0$ dan geldt:

$$v_m = V_m \cdot \sin(\omega_m \cdot t)$$

Hierin is:

- v_m De momentele amplitude van het gemoduleerd signaal.
- V_m De amplitude van het gemoduleerd signaal.
- ω_m De hoeksnelheid van het gemoduleerd signaal.
- t De tijd.

De momentele waarde van de AM-golf kan dus worden geschreven als:

$$v = (V_d + V_m \cdot \sin(\omega_m \cdot t)) \cdot \sin(\omega_d \cdot t)$$

Hierin is:

- v De momentele waarde van de amplitude van de AM-golf.
- V_d De amplitude van de draaggolf.
- ω_d De hoeksnelheid van het draaggolf.
- V_m De amplitude van het gemoduleerd signaal.
- ω_m De hoeksnelheid van het gemoduleerd signaal.
- t De tijd.

Als we deze formule verder uitwerken dan krijgen we:

$$v = V_d \cdot \sin(\omega_d \cdot t) + V_m \cdot \sin(\omega_m \cdot t) \cdot \sin(\omega_d \cdot t)$$

door toepassing van de formules van Simpson:

$$v = V_d \cdot \sin(\omega_d \cdot t) + \frac{1}{2} V_m \cdot \cos(\omega_d - \omega_m) \cdot t - \frac{1}{2} V_m \cdot \cos(\omega_d + \omega_m) \cdot t$$

met $\omega = 2\pi f$

$$v = V_d \cdot \sin(2\pi f_d \cdot t) + \frac{1}{2} V_m \cdot \cos(2\pi f_d - \omega_m) \cdot t - \frac{1}{2} V_m \cdot \cos(2\pi f_d + \omega_m) \cdot t$$

met f_d : de frequentie van de draaggolf. En $m = V_m/V_d$ dus $V_m = m \cdot V_d$

$$v = V_d \cdot \sin(\omega_d \cdot t) + \frac{1}{2} \cdot m \cdot V_d \cdot \cos(\omega_d - \omega_m) \cdot t - \frac{1}{2} \cdot m \cdot V_d \cdot \cos(\omega_d + \omega_m) \cdot t$$

of:

$$v = V_d \cdot \sin(2\pi f_d \cdot t) + \frac{m}{2} \cdot V_d \cdot \cos(2\pi f_d - \omega_m) \cdot t - \frac{m}{2} \cdot V_d \cdot \cos(2\pi f_d + \omega_m) \cdot t$$

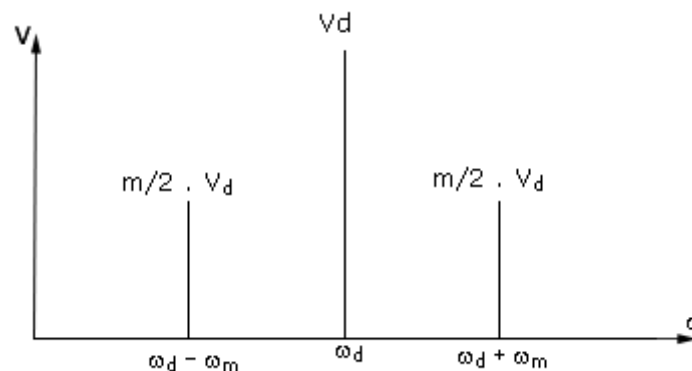
Uit deze formule kunnen we afleiden dat het AM-signaal opgebouwd is uit drie signalen met verschillende frequentie:

- De draaggolfrequentie: $V_d \cdot \sin(\omega_d \cdot t)$ of $V_d \cdot \sin(2\pi f_d \cdot t)$

- Twee neventrillingen:

- de onderste trilling $+ \frac{m}{2} \cdot V_d \cdot \cos(\omega_d - \omega_m) = + \frac{m}{2} \cdot V_d \cdot \cos(2\pi(f_d - f_m))$

- de bovenste trilling $- \frac{m}{2} \cdot V_d \cdot \cos(\omega_d + \omega_m) = - \frac{m}{2} \cdot V_d \cdot \cos(2\pi(f_d + f_m))$



De frequentie van het gemoduleerd signaal blijft gelijk aan het signaal van de oorspronkelijke draaggolf. Dit kunnen we aantonen met de beginformule:

$$v = (V_d + V_m \cdot \sin(\omega_m \cdot t)) \cdot \sin(\omega_d \cdot t)$$

Hierin is $V_d + V_m \cdot \sin(\omega_m \cdot t)$ is v de momentele waarde van de amplitude op het ogenblik t .

5.4.3 Praktische uitvoering

5.4.3.1 Inleiding

We hebben deze labo meting uitgevoerd om een beter inzicht te krijgen hoe signalen in de praktijk elektronisch worden opgeteld en vermenigvuldigd. Op papier zet je er gewoon een + of een * tussen maar hoe gaat dat praktisch in zijn werk?

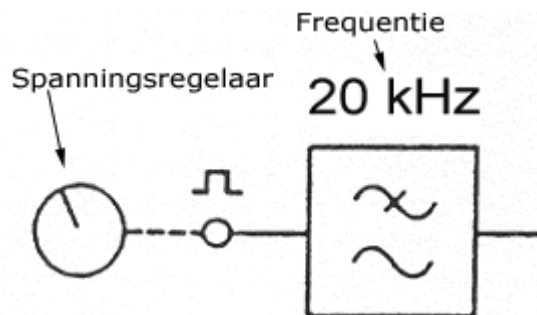
5.4.3.2 Benodigdheden

- Modulatiebord
- Snoeren (BNC-snoeren)
- De Oscilloscoop Hameg Gm 407-2 verbonden aan de computer.
- Het besturingsprogramma om het scoopbeeld te verzenden naar de computer.
- Multimeter sefram 7341 (True-RMS)

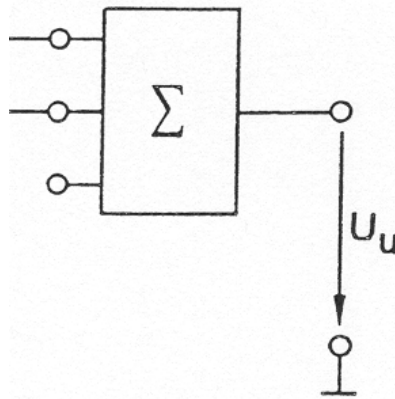
5.4.3.3 Optellen van signalen

5.4.3.3.1 Werkwijze

- Instellen van het signaal: Op het modulatiebord de juiste frequentie kiezen, hieronder is die van 20kHz afgebeeld, en de spanning instellen van de beide signalen.



- Je sluit de signalen aan op de "som". U_u is de spanning aan de uitgang. De elektronische schakeling van de sommatoren staat in bijlage 9.5.

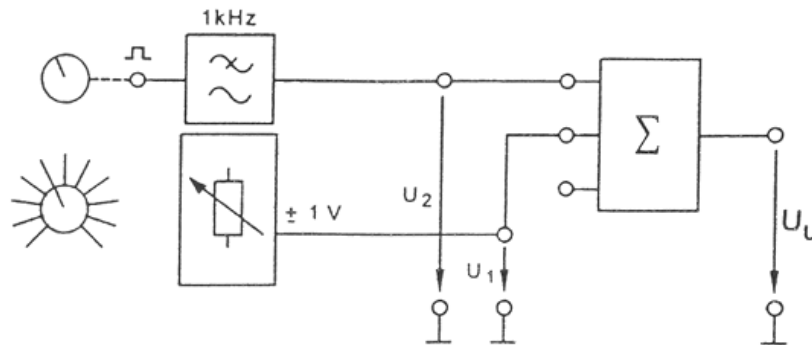


- Je stelt de oscilloscoop goed in (zie bijlage 2)
- Je bekijkt het signaal en drukt op "read" in het computerprogramma om het scoop-beeld in de computer te importeren.

5.4.3.3.2 Meting 1: Sinus en gelijkspanning

Optellen van een sinusvormige spanning met een frequentie van 1kHz met een maximum spanning van 1V en een gelijkspanning van 1V.

Meetopstelling:

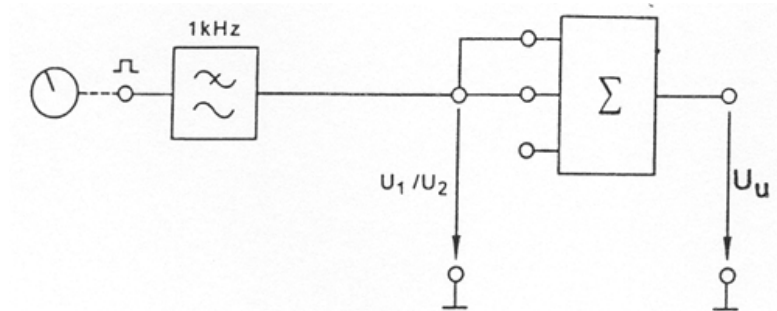


Resultaat: de nullijn van de sinus wordt met 1V verhoogt. In dit geval van 0V naar 1V. De frequentie, de amplitude en de faseverschuiving van het signaal blijven hetzelfde.

5.4.3.3.3 Meting 2: Twee dezelfde sinussen

Optellen van twee sinussen met een frequentie van 1kHz en een maximum spanning van 1V.

Meetopstelling:



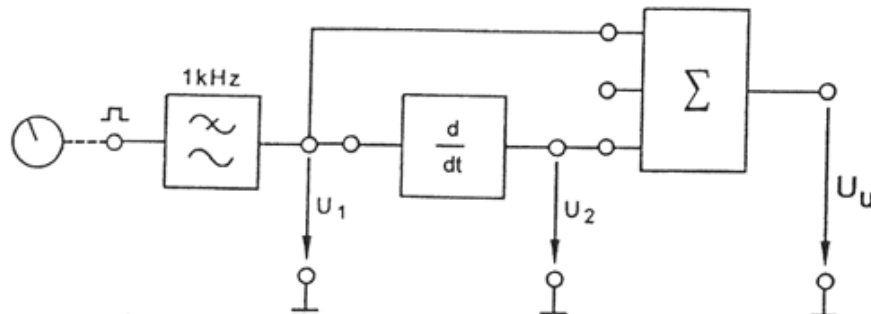
Resultaat: De amplitude van het signaal verdubbeld maar de frequentie en de faseverschuiving blijven gelijk

Meetresultaten: De frequentie na de optelling: 988 Hz, de amplitude: 1,88 V.

5.4.3.3.4 Meting 3: Twee dezelfde sinussen met verschillende fase

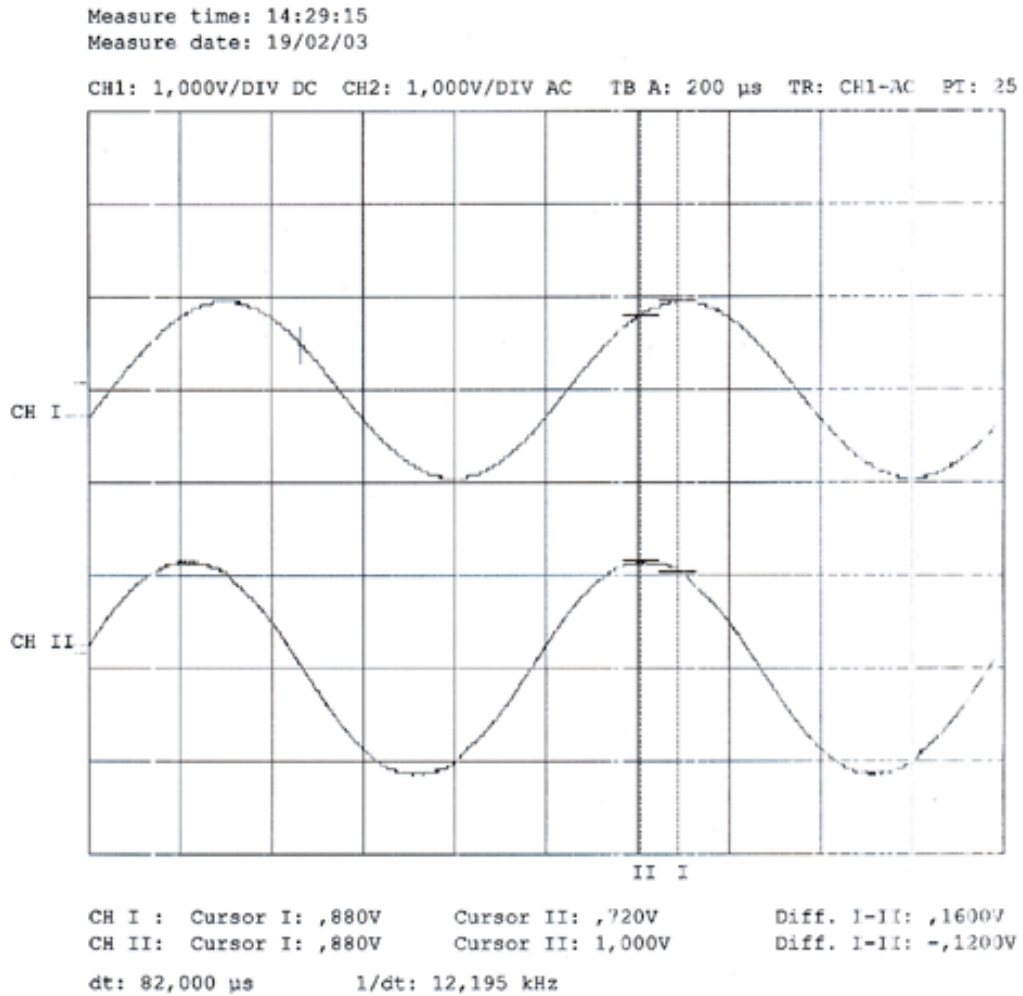
Optellen van 2 sinussen met een frequentie van 1kHz en een maximale spanning van 1V. Maar met een faseverschuiving van $29^{\circ}31'$

Meetopstelling:



$\frac{d}{dt}$ is een component dat de fase van het signaal met $29^{\circ}31'$ verandert.

Resultaat:

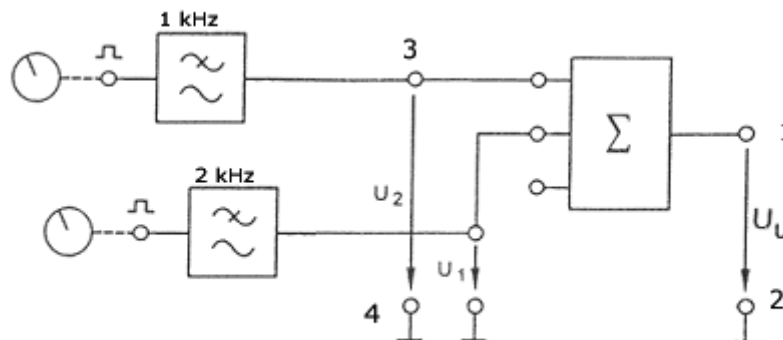


Je ziet dat het onderste signaal $29,31^\circ$ verschoven is tegenover de bovenste.

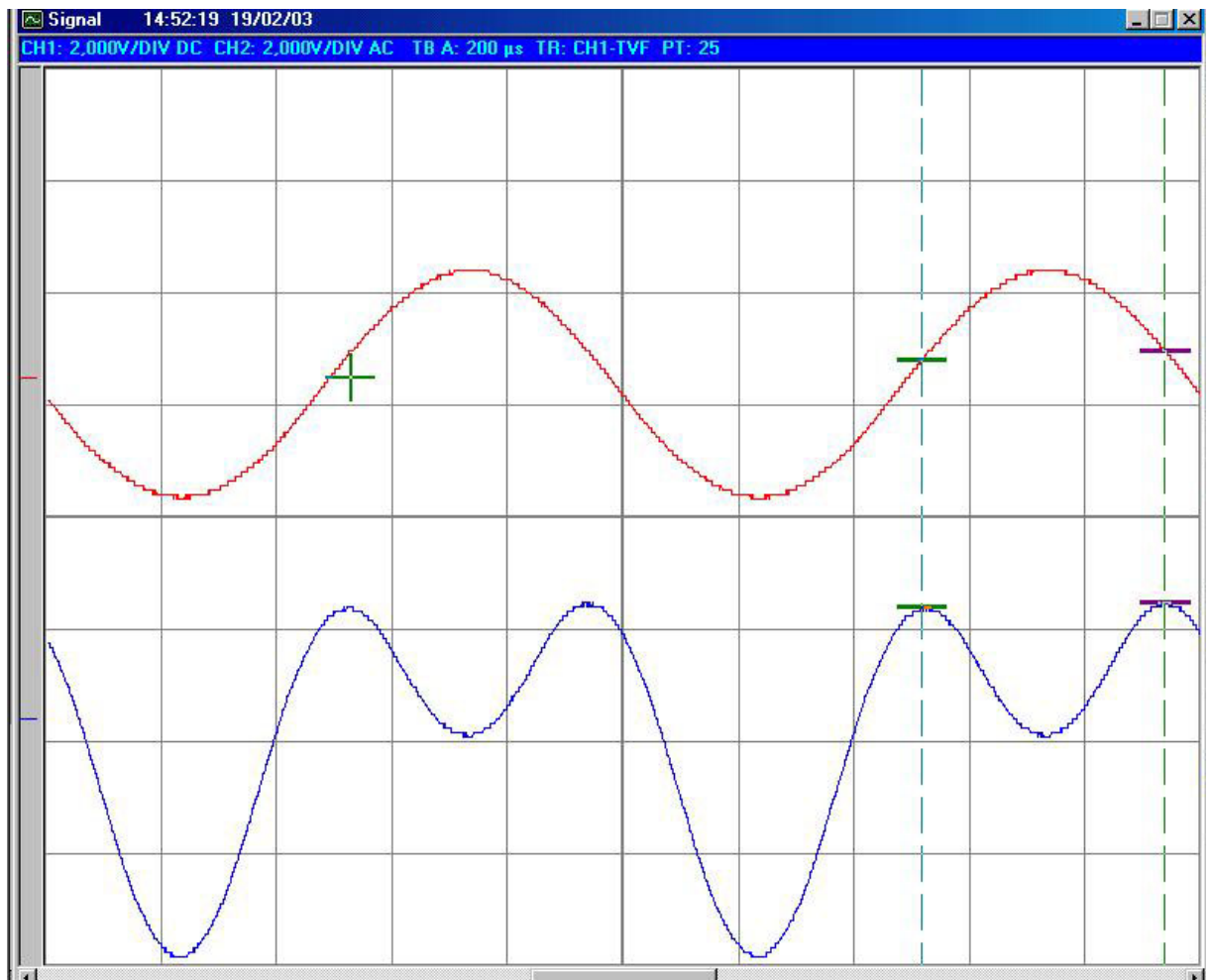
5.4.3.3.5 Meting 4: Twee verschillende sinussen

Optellen van een sinus met frequentie 1kHz en een maximale spanning van 1,5V en een sinus met een frequentie van 2kHz en een maximale spanning van 2V

Meetopstelling:



CH I van de oscilloscoop wordt aangesloten op 3,4 en CH II op 1,2
 Resultaat:



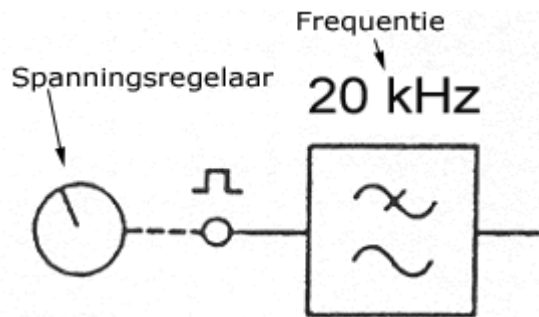
dt	Cursor I	Cursor II	CI - CII
CH I	.480V	.320V	.1600V
CH II	2.080V	2.000V	.0800V
dt	421.000 μ s	Cursor I	
1/dt	2.375 kHz	Cursor II	

In het onderste signaal zie je nog de "informatie" in dit geval een sinus met een frequentie van 2kHz.

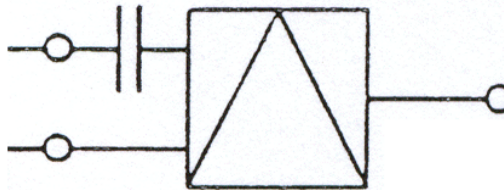
5.4.3.4 Vermenigvuldigen van signalen

5.4.3.4.1 Werkwijze

- De juiste frequentie en spanningen, van de beide signalen, die je wilt vermenigvuldigen instellen.



- Je sluit de signalen aan op de "vermenigvuldiger". U_u is de spanning aan de uitgang.

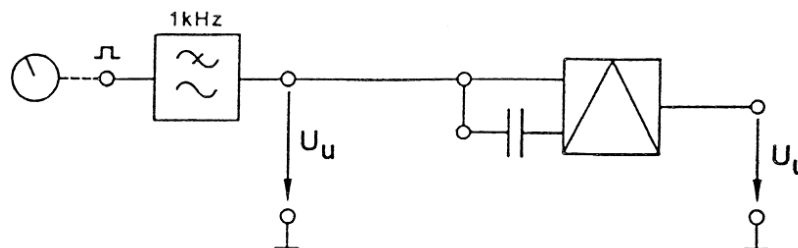


- Je stelt de oscilloscoop goed in (zie bijlage 9.4)
- Je bekijkt het signaal en drukt op "read" in het computerprogramma om het scoop-beeld in de computer te importeren.

5.4.3.4.2 Vermenigvuldigen van twee dezelfde signalen

Vermenigvuldigen van twee sinussen met een frequentie van 1 kHz en een maximale spanning van 1V

Meetopstelling:



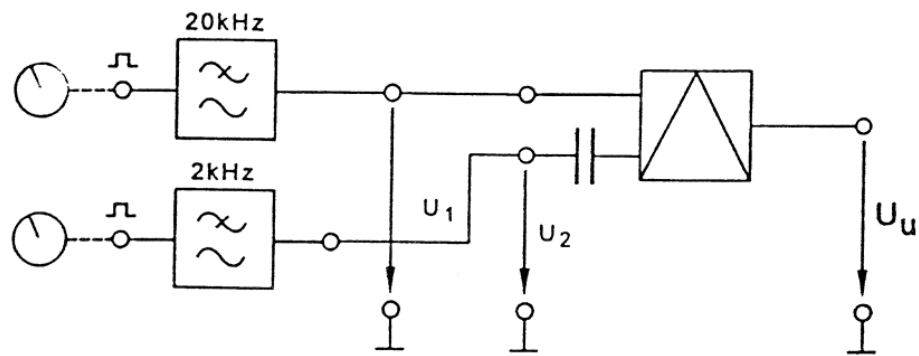
Resultaat:

Het signaal dat we bekommen heeft een frequentie van 2kHz (1.953 kHz) en een amplitude van 0.5 V. We merken dus dat de frequentie verdubbeld is en de amplitude gehalveerd.

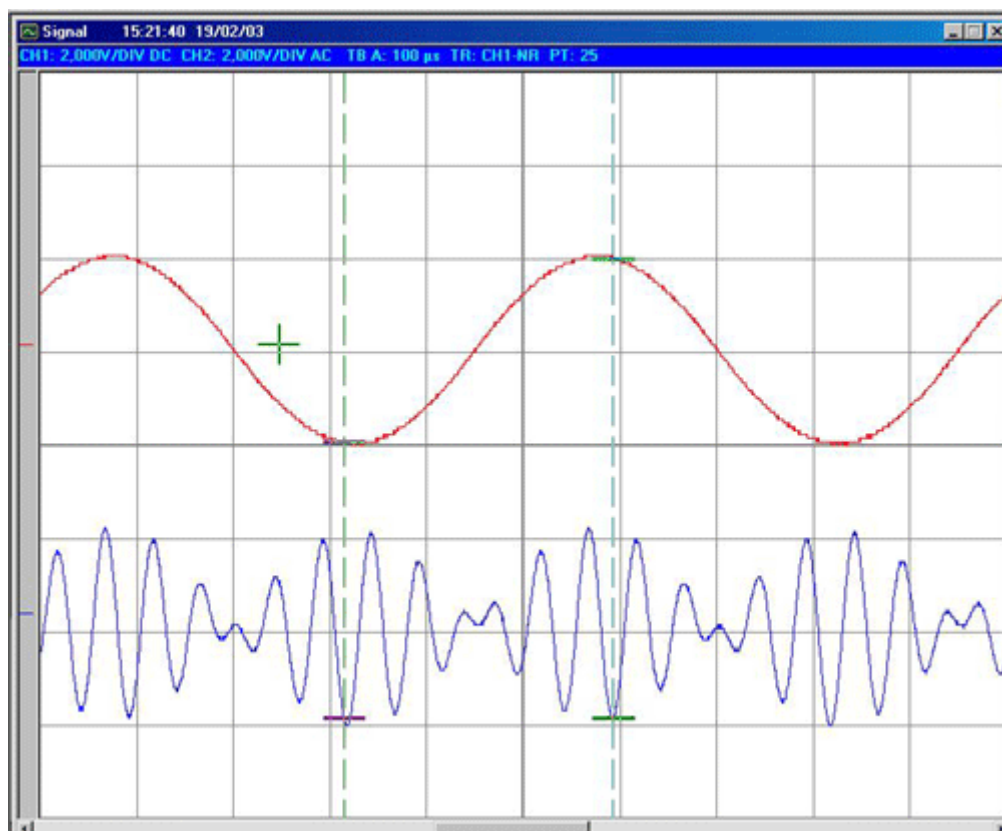
5.4.3.4.3 Vermenigvuldigen van twee verschillende signalen

Vermenigvuldigen van een sinus met een frequentie van 20 kHz met een maximale spanning van 1,5 V en een sinus met een frequentie van 2 kHz met een maximale spanning van 1,5 V.

Meetopstelling:



Resultaat:



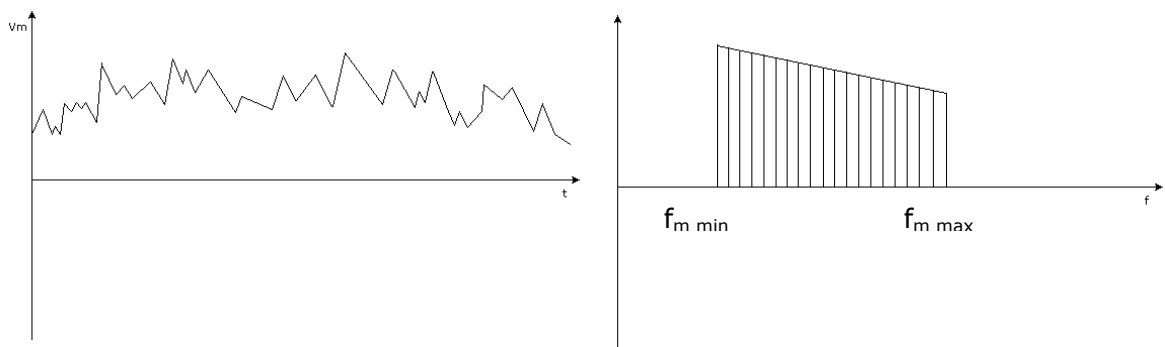
dt	Cursor I	Cursor II	CI - CII
Ref			
CH I	-2,080V	1,840V	-3,9200V
CH II	-2,240V	-2,240V	,0000V
dt	278,500 μ s	Cursor I	
1/dt	3,591 kHz	Cursor II	

Hierin zie je een gemoduleerd signaal: de 20 kHz is de draaggolf en het signaal van 2 kHz de informatie. Hieronder kun je zien dat de informatie nog altijd een frequentie heeft van ongeveer 2 kHz ($3.591 \text{ kHz} / 2 = 1.7955 \text{ kHz}$) Ook de amplitude van het signaal is ongeveer gelijk (1,5 V) gebleven.

In dit signaal zie je dat de amplitude van de draaggolf wordt gewijzigd in functie van de informatie. Dit is amplitudemodulatie.

5.4.4 Moduleren van een niet-zuivere sinus

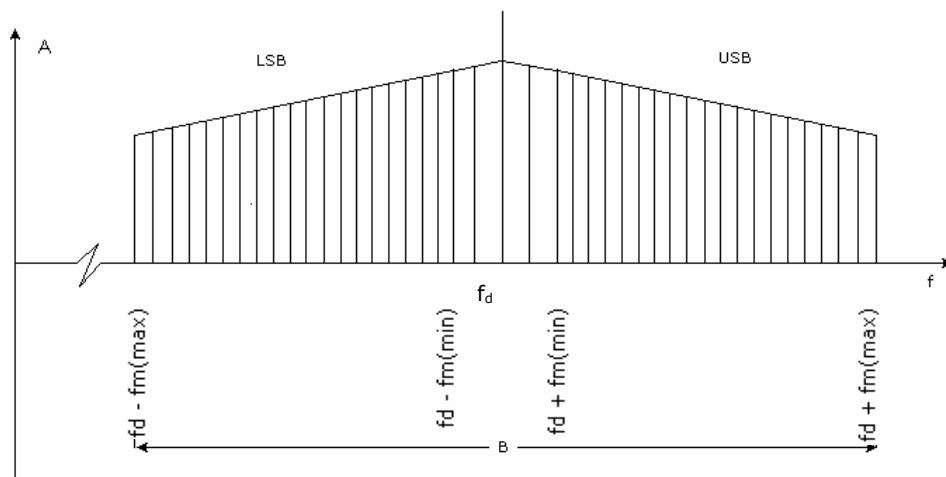
Alle signalen afkomstig van spraak, muziek, beeld, ... kunnen gemoduleerd worden. Elk signaal kan ontbonden worden in een aantal sinusvormige signalen met verschillende frequenties. Dit zal gebeuren met Fourier analyse. Op die manier geeft iedere sinusvormige component twee zijtrillingen in het gemoduleerde signaal (onderstaande figuur)



Zo vormen zich twee zijbanden (onderstaande figuur):

- USB = Upper Side Band (bovenste zijband)
- LSB = Lower Side Band (onderste zijband)

Alle frequenties kunnen worden voorgesteld met een spectrumanalyse. En worden uitgezet in een grafiek met op de Y-as de amplitude A en op de X-as de frequenties f , dus $A=f(f)$.



5.4.5 Bandbreedte

De bandbreedte duidt aan hoe groot het frequentiespectrum is dat een signaal beslaat. Ze is in de vorige figuur aangeduid met B. De bandbreedte is het dubbel van de maximum modulerende frequentie:

$$B = (f_d + f_{m(\max)}) - (f_d - f_{m(\max)})$$

$$B = 2 \cdot f_{m(\max)}$$

B = Bandbreedte
 $f_{m(\max)}$ = maximum modulerende frequentie

We kunnen de bandbreedte ook schrijven in functie van de golflengte. Als we weten dat:

$$\lambda = c \cdot T \quad \begin{array}{l} \lambda = \text{golflengte in meter} \\ c = \text{voortplantingssnelheid van de golf in m/s} \\ T = \text{periode van de golf, gelijk aan } 1/f \text{ in s} \end{array}$$

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad f = \text{frequentie of perioden per seconde in Hz}$$

ALS

$$\lambda_d = \frac{c}{f_d} \quad \lambda_1 = \frac{c}{f_d - f_{m(\max)}} \quad \lambda_2 = \frac{c}{f_d + f_{m(\max)}}$$

DAN IS

$$B = \lambda_1 - \lambda_2 \quad (\text{DE EENHEID VAN DE BANDBREEDTE IS DAN METER})$$

WE WERKEN VERDER UIT

$$B = c \cdot \left(\frac{1}{f_d - f_{m(\max)}} - \frac{1}{f_d + f_{m(\max)}} \right)$$

$$B = c \cdot \left(\frac{f_d + f_{m(\max)} - (f_d - f_{m(\max)})}{(f_d - f_{m(\max)}) (f_d + f_{m(\max)})} \right)$$

$$B = c \cdot \frac{2f_{m(\max)}}{f_d^2 - f_{m(\max)}^2} \quad (\text{hierin is } f_d^2 \text{ veel groter dan } f_{m(\max)}^2)$$

We kunnen stellen dat:

$$B \approx c \cdot \frac{2f_{m(\max)}}{f_d^2} \approx \frac{2f_{m(\max)}}{c} \cdot \lambda_d^2 \quad (\text{eenheid: meter})$$

Besluit:

De bandbreedte van een AM-signaal is afhankelijk van de golflengte van zijn draaggolf en zijn maximum modulatiefrequentie.

5.4.6 Vermogenverdeling bij AM

5.4.6.1 Vermogenverdeling

De zendantenne heeft een bepaalde stralingsweerstand R_A waarin het gemoduleerde signaal een vermogen uitstraalt.

$$P = U \cdot I \quad \text{met}$$

$$u = V_d \sin(\omega_d t) + \frac{m}{2} V_d \cos(\omega_d - \omega_m) \cdot t - \frac{m}{2} V_d \cos(\omega_d + \omega_m) \cdot t$$

Om de maximale spanning te bepalen is:

$$\sin(\omega_d t) = 1$$

$$\cos(\omega_d - \omega_m) \cdot t = 1$$

$$\cos(\omega_d + \omega_m) \cdot t = -1$$

En met ($I = U/R$):

$$P = U_{eff} \cdot \frac{U_{eff}}{R} = \frac{U_{eff}^2}{R}$$

(als de modulatie diepte $m = \text{maximaal} = 1$ dan vinden we maximale vermogen)

$$P_{tot} = \frac{U_{eff}^2}{R_A} \quad \text{met} \quad U_{max} = V_d + \frac{m}{2} V_d - \frac{m}{2} V_d$$

$$\text{en met} \quad U_{eff} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}}$$

$$\text{En met: } \frac{(U_{max})^2}{2 \cdot R_A} = \frac{\left(\frac{U_{max}}{\sqrt{2}}\right)^2}{R_A}$$

Het totale vermogen is de som van het vermogen van de drager, en de twee zijbanden:

$$P_{tot} = P_d + P_{lsb} + P_{usb}$$

$$P_{tot} = \frac{\left(\frac{V_d}{\sqrt{2}}\right)^2}{R_A} + \frac{\left(\frac{\frac{m}{2} V_d}{\sqrt{2}}\right)^2}{R_A} + \frac{\left(\frac{\frac{m}{2} V_d}{\sqrt{2}}\right)^2}{R_A}$$

Met:

$$P_d = \frac{\left(\frac{V_d}{\sqrt{2}}\right)^2}{R_A} \quad P_{usb} = P_{lsb} = \frac{\left(\frac{\frac{m}{2}V_d}{\sqrt{2}}\right)^2}{R_A}$$

$$P_{tot} = \frac{V_d^2}{2R_A} + \frac{m^2 V_d^2}{8R_A} + \frac{m^2 V_d^2}{8R_A}$$

$$P_{tot} = \frac{V_d^2}{2R_A} \cdot \left(1 + \frac{m^2}{4} + \frac{m^2}{4}\right) \quad (1)$$

LSB USB

$$P_{tot} = \frac{V_d^2}{2R_A} \cdot \left(1 + \frac{m^2}{2}\right)$$

$$P_{tot} = P_d \cdot \left(1 + \frac{m^2}{2}\right) = P_d \cdot \left(\frac{2 + m^2}{2}\right) \Leftrightarrow P_d = P_{tot} \cdot \left(\frac{2}{2 + m^2}\right)$$

P_d is het vermogen van de drager.

Deze laatste formule toont dat naarmate de modulatie diepte groter wordt, dat ook het uitgestraalde vermogen toeneemt.

- Het maximaal uitgestraalde vermogen wordt bekomen bij maximale modulatie, m.a.w. als $m=1$:

$$P_{tot} = 1,5 \cdot P_d \Leftrightarrow P_d = \frac{2}{3} P_{tot}$$

- Als $m=0$, dan bekomen we het minimaal uitgestraald vermogen.

$$P_{tot} = P_d$$

Dit ligt echter voor de hand, want als de modulatie diepte gelijk gesteld wordt aan nul is er geen modulatie en gaat alle vermogen als het ware op in de draaggolf.

Als we de formule uit (1) nog even herschrijven dan vinden we voor P_{USB} , het vermogen voor de upper side band, en P_{LSB} , het vermogen voor de lower side band:

$$P_{tot} = \frac{V_d^2}{2R_A} \cdot \left(1 + \frac{m^2}{4} + \frac{m^2}{4}\right)$$

$$P_{tot} = P_d + \frac{m^2}{4} P_d + \frac{m^2}{4} P_d \quad \text{Waaruit}$$

$$P_{USB} = P_{LSB} = \frac{m^2}{4} P_d$$

$$P_{USB} = P_{LSB} = \frac{m^2}{4} P_{tot} \left(\frac{2}{2+m^2} \right) = \frac{m^2}{2(2+m^2)} P_{tot}$$

- Als de modulatie diepte maximaal is, dan bevat één enkele zijband 1/6 van het gedissipeerde vermogen:

$$P_{USB} = P_{LSB} = \frac{1}{6} P_{tot}$$

- Is m gelijk aan nul dan wordt het vermogen van de zijbanden ook nul.

We besluiten dat in het beste geval (als m=1) de draaggolf 2/3 van het totale vermogen bevat en dat de zijbanden samen slechts 1/3 (=2*1/6) van het totale vermogen bevatten. Als de modulatie niet optimaal is (m ≠ 1) wordt het vermogen van de zijbanden nog kleiner. Als de modulatie diepte bijvoorbeeld 0.5 is, dan omvat het draaggolfvermogen 4/72 van het totale vermogen.

m = V_m/V_d met m=0.5 dus bvb.: V_m=1 V_d=2

$$P_{USB} = P_{LSB} = \frac{m^2}{2(2+m^2)} P_{tot} \text{ met } m=0.5$$

$$P_{USB} = P_{LSB} = \frac{0.5^2}{2(2+0.5^2)} P_{tot}$$

$$P_{USB} = P_{LSB} = \frac{0.25}{4.5} P_{tot}$$

$$P_{USB} = P_{LSB} = \frac{4}{72} P_{tot}$$

Aangezien de draaggolf en een groot deel van het vermogen en enkel dient om de informatie over te brengen en zelf geen informatie bevat, is AM dus een heel onefficiënte manier om informatie over te brengen.

5.4.6.2 Verandering van de HF-stroom bij modulatie

Bij een ongemoduleerde draaggolf is

$$P_{tot} = P_d = U \cdot I_{eff} = I_{eff}^2 \cdot R_A \quad (U=I \cdot R \text{ volgens wet van Ohm})$$

Na modulatie

$$P_{tot} = (I_{(mod)eff})^2 \cdot R_A \quad \text{en} \quad P_{tot} = P_d \cdot \left(1 + \frac{m^2}{2} \right)$$

$$P_{tot} = R_A \cdot I_d^2 \cdot \left(1 + \frac{m^2}{2} \right) \quad I_d = \text{effectieve waarde van } I_d$$

Als we dit nu gelijkstellen bekomen we:

$$I_{(mod)eff} = I_d \cdot \sqrt{1 + \frac{m^2}{2}}$$

Vullen we bij 100% modulatie (m=1)

$$I_{(\text{mod})\text{eff}} = 1,225.I_d$$

We stellen vast dat bij een AM-zender die 100% gemoduleerd wordt, de modulatiestroom met 22.5% stijgt tegenover de stroom van de draaggolf.

5.4.7 Voordelen van amplitude modulatie

- Een voordeel van middengolf (frequenties tussen de 526,5 en 1606,5 kHz) ten opzichte van FM is het grote bereik. Met één á twee zenders kan men heel België bedekken. Ook buiten België zijn de Belgische middengolf zenders nog te ontvangen, weliswaar met meer storing. Dit grote bereik is tevens ook een nadeel. Middengolfontvangst kan gestoord worden door veraf gelegen zenders die op dezelfde frequentie werken.

5.4.8 Nadelen van amplitude modulatie

- Heel onefficiënt als gevolg van een ongunstige vermogenverdeling (zie hiervoor)
- Er is slechts een beperkte bandbreedte toegestaan, onder andere om een overvolle ether tegen te gaan. Op die manier ontstaat er vervorming aan ontvangerszijde.

Het signaal, bij omroep het geluid dus, neemt ook een bepaalde bandbreedte in beslag. Het menselijke oor is in staat om geluid met frequenties tussen de 30 Hz en 15 tot 20 kHz te horen. Voor een natuurgetrouw geluid moeten al deze frequenties worden overgedragen. De bandbreedte die een zendsignaal in de ether in beslag neemt, is bij AM twee keer de bandbreedte van het uit te zenden geluid. In Europa heeft men afgesproken dat bandbreedte voor radio op de middengolf beperkt blijft tot 4,5 kHz. In de ether vergt dit dan een ruimte van $2 \times 4,5 = 9$ kHz. Om de 9 kHz is er dan een andere zender mogelijk. (Dit ziet men ook bij het doorstemmen van een moderne radio met digitale uitlezing, de frequenties gaan in stappen van 9 kHz.) Een goede kwaliteit geluid vergt een bandbreedte van 30 Hz tot 15 kHz. In de praktijk gebruikt men deze bandbreedtes:

Telefonie	:	300-3400 Hz
AM-omroep	:	100-4500 Hz
FM-omroep	:	50-15000 Hz

Omdat de beschikbare ruimte op de middengolf vastligt, zou er voor minder zenders plaats zijn als er een hoge kwaliteit geluid zou worden uitgezonden. De geluidskwaliteit op middengolf is dus beperkt. Alle hoge tonen worden niet uitgezonden. Op FM is dit anders, daar worden alle frequenties tot 15 kHz uitgezonden.

- Storingsgevoelig. Storingen zullen de amplitude van de draaggolf beïnvloeden. Door de onafhankelijkheidswet (wanneer een punt onderworpen is aan twee of meer trillingen dan beschrijft het punt een resulterende trilling waarvan de uitwijking gelijk is aan de vectoriële som van de verschillende uitwijkingen.) kunnen de trillingen worden gewijzigd door bvb. veraf gelegen zenders die op dezelfde frequentie werken of door een onweer.

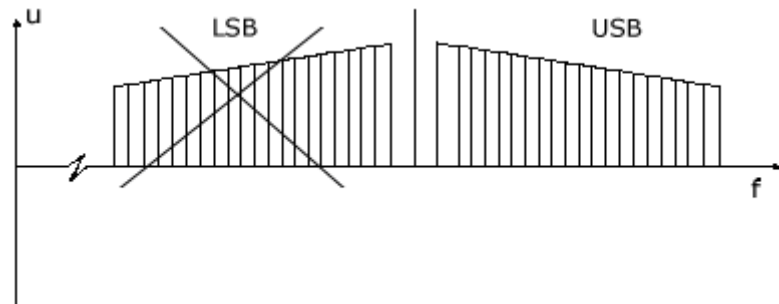
5.5 zijband modulatie (SSB en DSB)

5.5.1 Inleiding

Na enkele tientallen jaren enkel van AM gebruik te maken, begon men na enige tijd het AM-signalen om te vormen. Sommige van de elementaire signalen werden volledig of gedeeltelijk onderdrukt, zodat men alleen de echt nodige informatie zendt en niets meer. Er zijn verschillende manieren om een AM-gemoduleerd signaal bij te werken. Wij zullen ze kort bespreken en de voor- en nadelen ervan t.o.v. AM aanhalen.

5.5.2 Single side band

Single side band kunnen we eenvoudig omschrijven als een speciale vorm van AM. Aangezien de twee zijbanden van een AM-sigitaal het spiegelbeeld van elkaar zijn, is één ervan overbodig omdat hij toch geen extra informatie bevat. Ook de draaggolf bevat geen enkele informatie, hij bepaalt enkel de ligging van de informatie in het frequentiespectrum. Dus is het mogelijk om met één enkele zijband dezelfde informatie door te sturen als een volledig AM signaal.



Dit is de meest courante vorm voor het vereenvoudigen van AM-signalen. Bij SSB is het enkel één van de zijbanden die wordt uitgefilterd. Het is ook mogelijk dat de draaggolf gedeeltelijk of helemaal niet wordt onderdrukt. Op dezelfde manier als bij DSB kunnen we hier ook uit de algemene formule van een conventionele AM-sigitaal de algemene formules voor een golf met SSB vinden:

- Als de bovenste zijband en de volledige draaggolf weggefilterd worden en enkel de onderste zijband overblijft geldt: SSBSC (Single Side Band Supressed Carrier)

$$v = V_d/2 \cdot \cos(\omega_d - \omega_m)$$

- Als de onderste zijband en de volledige draaggolf weggefilterd worden en enkel de bovenste zijband overblijft geldt:

$$v = - V_d/2 \cdot \cos(\omega_d + \omega_m)$$

- Voor SSB met gedeeltelijk onderdrukte draaggolf geldt: SSBRC (Single Side Band Reduced Carrier)

$$v = x \cdot V_d \cdot \sin(\omega_d \cdot t) + m/2 \cdot V_d \cdot \cos(\omega_d - \omega_m) \cdot t$$

Als de bovenste zijband is onderdrukt

$$v = x \cdot V_d \cdot \sin(\omega_d \cdot t) - m/2 \cdot V_d \cdot \cos(\omega_d + \omega_m) \cdot t$$

Voor beide formules is $0 < x < 1$

- Voor SSB met niet onderdrukte draaggolf geldt:

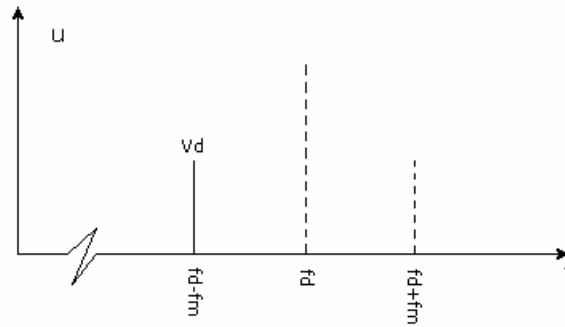
$$v = V_d \cdot \sin(\omega_d \cdot t) + m/2 \cdot V_d \cdot \cos(\omega_d - \omega_m) \cdot t$$

Als de bovenste zijband is onderdrukt

$$v = V_d \cdot \sin(\omega_d \cdot t) - m/2 \cdot V_d \cdot \cos(\omega_d + \omega_m) \cdot t$$

Als de onderste zijband is onderdrukt

Een voorbeeld van SSB met onderdrukte draaggolf en bovenzijband:

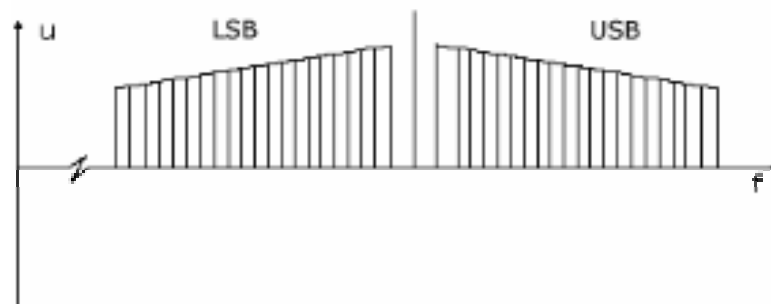


5.5.3 Double sideband

5.5.3.1 Double sideband suppressed carrier (DSBSC)

Bij DSBSC wordt de draaggolf van het gemoduleerd signaal volledig onderdrukt, en worden enkel de twee zijbanden verstuurd. Dit werd veel toegepast in de begintijd van signaalonderdrukking omdat het relatief eenvoudig is om een signaal met onderdrukte draaggolf te bekomen.

De algemene formule voor een gemoduleerd AM-sigitaal met onderdrukte draaggolf kunnen we afleiden uit de algemene formule van een conventioneel AM-sigitaal:



Bij een conventioneel AM-sigitaal:

$$v = (V_d + V_m \cdot \sin(\omega_m \cdot t)) \cdot \sin(\omega_d \cdot t) \quad (\text{we veronderstellen dat } \phi = 0)$$

(we werken dit verder uit)

$$v = V_d \cdot \sin(\omega_d \cdot t) + V_m \cdot \sin(\omega_m \cdot t) \cdot \sin(\omega_d \cdot t)$$

In deze formule valt de uitdrukking van de draaggolf $V_d \cdot \sin(\omega_d \cdot t)$ weg, want ze wordt onderdrukt:

$$v = V_m \cdot \sin(\omega_m \cdot t) \cdot \sin(\omega_d \cdot t)$$

(door toepassing van de formules van Simpson)

$$v = \frac{1}{2}V_m \cdot \cos(\omega_d - \omega_m) \cdot t - \frac{1}{2}V_m \cdot \cos(\omega_d + \omega_m) \cdot t$$

(Dit kan nog geschreven worden met de modulatie diepte)

$$v = M/2 \cdot V_D \cdot \cos(\omega_D - \omega_M) \cdot T - M/2 \cdot V_D \cdot \cos(\omega_D + \omega_M) \cdot T$$

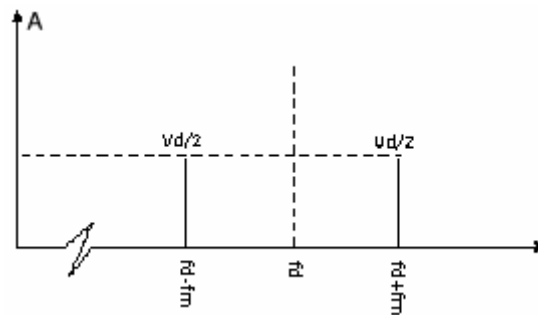
Stel nu dat $m=1$

$$v = V_d/2 \cdot \cos(\omega_d - \omega_m) - V_d/2 \cdot \cos(\omega_d + \omega_m)$$

$$\text{met } \omega = 2\pi \cdot f$$

$$v = V_d/2 \cdot \cos.2\pi.(f_d - f_m) - V_d/2 \cdot \cos.2\pi.(f_d + f_m)$$

We kunnen dit voorstellen met de onderstaande grafiek



5.5.3.2 Double sideband reduced carrier (DSBRC)

Het enige verschil met DSBSC is dat bij DSBRC de draaggolf niet volledig is onderdrukt, zoals de titel al doet vermoeden. Hierbij hoort opnieuw de formule van een conventioneel AM-signaal, tenzij de draaggolf hier niet volledig aanwezig is.

$$v = x \cdot V_d \cdot \sin(\omega_d \cdot t) + m/2 \cdot V_d \cdot \cos(\omega_d - \omega_m) \cdot t - m/2 \cdot V_d \cdot \cos(\omega_d + \omega_m) \cdot t$$

met $0 < x < 1$

5.5.4 Voordelen en nadelen van SSB en DSB in vergelijking met AM

- De bandbreedte van een SSB-signaal beperkt zich tot de helft van een AM-signaal. Dit is één van de belangrijkste voordelen van SSB, want het is bijzonder nuttig om de overbezette HF-band tegen te gaan.
- De smalle bandbreedte brengt ook nog als voordeel mee dat er een kleinere signaal-ruisverhouding is. D.w.z. dat ze minder storingsgevoelig is dan AM.

$$\frac{S}{N} = \frac{\text{Aanwezig Signaalspanning}}{\text{Aanwezig Ruisspanning}}$$

- Als er storing is op de zijband die gebruikt wordt, kan worden overgeschakeld op de andere zijband.

- Aangezien de draaggolf niet mee verstuurd wordt, slokt deze ook geen energie op en blijft bijgevolg (nagenoeg) alle energie voorbehouden voor de nuttige informatie.
- Met hetzelfde uitgestraalde vermogen kunnen in vergelijking met AM veel grotere afstanden overbrugd worden. Dit is te verklaren doordat er maar één band verzonden moet worden in plaats van twee bij DSB (Dubble side band)
- De uitgezonden frequentie van een SSB-signaal moet heel stabiel zijn om het signaal zuiver te houden. De stabiliteit van het uitgezonden signaal moet binnen de 100Hz liggen.
- De kringen in zenders en ontvangers zijn complexer dan bij AM-zenders en ontvangers. De nodige versterkers werken in klasse A of soms in klasse A/B, dus met weinig rendement. Dit heeft tot gevolg dat er voor grotere zenders grote koelinginstallaties nodig zijn. Dit brengt extra kosten met zich mee.

5.6 Hoekmodulatie

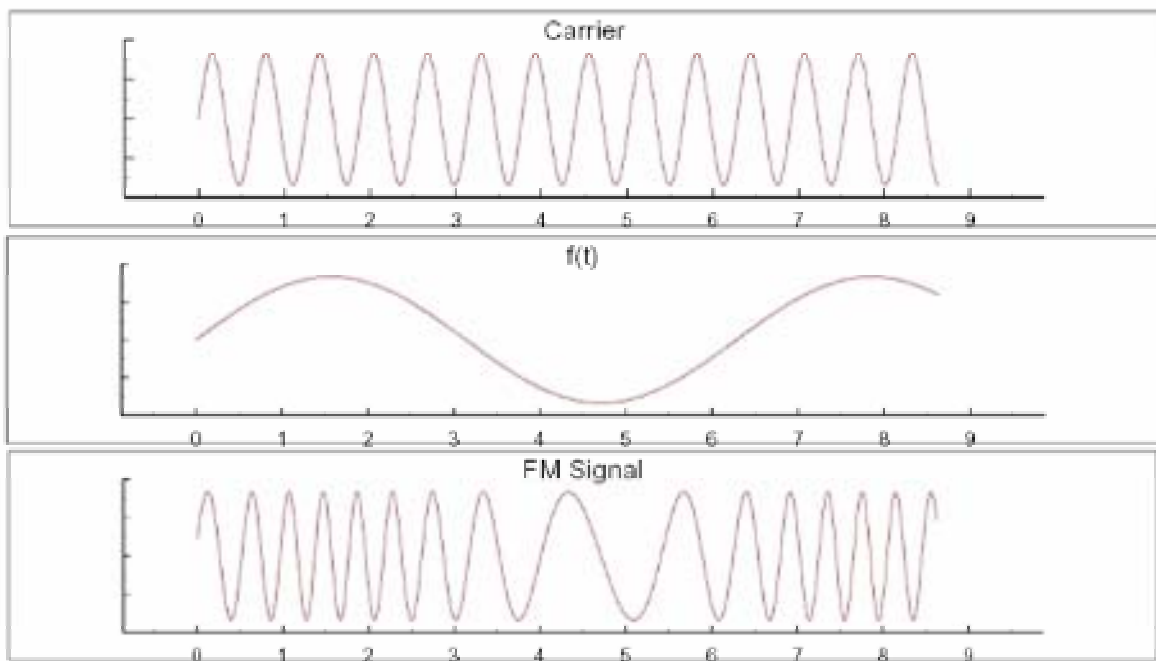
5.6.1 Inleiding

Het spreekt voor zich dat in dit geval het modulerend signaal zal inwerken op de hoek van de draaggolf. Dit kan gebeuren op twee manieren, genoemd frequentie modulatie en fase modulatie. Ze komen in het volgende stuk aan bod. Samen met de hierboven besproken modulatietechnieken AM en SSB vormen dit de meest eenvoudige en courante modulatievormen. Alle vormen hebben hun voor- en nadelen en kunnen aangepast worden naar behoefte van de door te sturen informatie, het medium waardoor verstuurd moet worden en eventuele andere vereisten.

5.6.2 Frequentie modulatie of frequency modulation (FM)

5.6.2.1 Definitie

Bij FM wordt de frequentie van de draaggolf op ieder ogenblik gewijzigd met een bedrag evenredig met de ogenblikkelijke waarde van het modulerend signaal. De draaggolfamplitude wordt door de modulatie niet beïnvloed. Onderstaande figuur maakt dit duidelijk.



De informatie een zuivere sinus:

$$v_m = V_m \cdot \sin(\omega_m \cdot t + \phi)$$

Waarvoor geldt dat de fase in de oorsprong gelijk is aan nul. Dus geldt:

$$v_m = V_m \cdot \sin(\omega_m \cdot t)$$

De drager is ook een zuivere sinus:

$$v_d = V_d \cdot \sin(\omega_d \cdot t + \phi)$$

v_d : momentele waarde van de draaggolf op het ogenblik t
 V_d : amplitude van de draaggolf
 ω_d : hoeksnelheid
 ϕ : fase van de draaggolf in de oorsprong

Waarbij de fase in de oorsprong gelijk is aan nul. Dus geldt:

$$v_d = V_d \cdot \sin(\omega_m \cdot t)$$

Bij frequentie modulatie moet de informatie worden meegedeeld aan de frequentie van de draaggolf.

De gemoduleerde draaggolf zal dus als momentele frequentie hebben:

$$f = f_d \cdot (1 + K \cdot v_d) = f_d \cdot (1 + K \cdot V_d \cdot \cos(\omega_m \cdot t))$$

waarin: f_d : De frequentie van de ongemoduleerde draaggolf
 f_m : De frequentie van de het geluidssignaal
 f : De frequentie van de gemoduleerde draaggolf
 K : Een evenredigheidsfactor

We gebruiken een cosinus omdat dit de berekeningen eenvoudiger maakt.

Maximale modulatie treedt op bij $\cos(\omega_m \cdot t) = 1$.

De factor $f_d K V_m$ noemt men de deviatie of zwaai (δ).

$$\delta = K \cdot f_d \cdot V_m$$

De zwaai duidt aan wat het grootste verschil in frequentie is tussen de ongemoduleerde draaggolf en de gemoduleerde draaggolf. Voor FM radio is de zwaai 75 kHz. Dit wil zeggen dat de maximale audio-amplitude aanleiding geeft tot een frequentieverschuiving van de drager van 75kHz.

Het is belangrijk dat je inziet dat de frequentie van de draaggolf veranderd wordt door de modulatie. De amplitude van de modulatie bepaalt hoeveel de draaggolfrequentie zal afwijken. De frequentie van de modulatie bepaald met welke snelheid dat gebeurt.

De momentele waarde van een in frequentie gemoduleerd signaal wordt dus gegeven door:

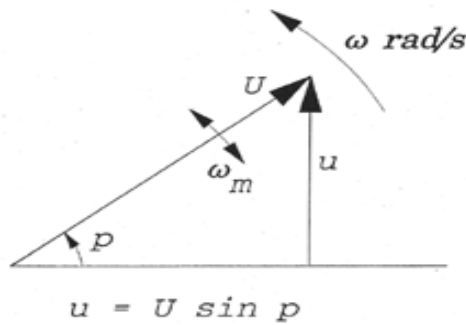
$$u_d = U_d \cdot \sin f(\omega_d, \omega_m)$$

Hierin is f een functie van ω_d en ω_m we stellen die functie gelijk aan p . Dus geldt:

$$u_d = U_d \cdot \sin p$$

Maar waaraan is die functie p nu gelijk?

Stel ω is de hoekfrequentie van het gemoduleerde signaal. De momentele waarde van de gemoduleerde spanning u_d is de projectie p op de y -as (de x -as is de tijd) van vector U_d (zie figuur).



Deze vector roteert niet met een eenparige hoeksnelheid maar met een hoeksnelheid die voortdurend verandert volgens ω_m . Neemt ω_m toe dan versnelt ω ; daalt ω_m , dan vertraagt ω . Zonder modulatie is $\omega = \omega_m$.

We weten dat $\omega = \omega_d (1 + K \cdot U_m \cdot \cos(\omega_m \cdot t))$

Om p te vinden moeten we ω integreren in de tijd:

$$p = \int \omega dt = \omega_d \int (1 + K U_m \cos(\omega_m t)) dt$$

$$p = \omega_d \left(t + \frac{K U_m \sin(\omega_m t)}{\omega_m} \right)$$

$$p = \omega_d t + \frac{\omega_d K U_m \sin(\omega_m t)}{\omega_m}$$

$$p = \omega_d t + \frac{2\pi f_d K U_m \sin(\omega_m t)}{2\pi f_m}$$

$$p = \omega_d t + \frac{f_d K U_m \sin(\omega_m t)}{f_m}$$

Waarin $\delta = K \cdot f_d \cdot V_m$

$$p = \omega_d t + \frac{\delta}{f_m} \sin(\omega_m t)$$

Ingevuld in $u_d = U_d \cdot \sin p$:

$$u_d = U_d \cdot \sin \left(\omega_d t + \frac{\delta}{f_m} \sin(\omega_m t) \right)$$

En als we weten dat de modulatie index $m_f = \delta / f_m$ dan geldt:

$$u_d = U_d \cdot \sin(\omega_d t + m_f \sin(\omega_m t))$$

De term $\frac{\delta}{f_m} \sin(\omega_m t)$ is de faseafwijking ($\Delta\phi$) de maximale faseafwijking bedraagt dan:

$\frac{\delta}{f_m}$ en daar $\delta = K \cdot f_d \cdot V_m$ geldt:

$$\Delta\varphi = \frac{K \cdot f_d \cdot V_m}{f_m}$$

De fasezwaai in FM is dus evenredig met de amplitude van het modulerend signaal (V_m) en omgekeerd evenredig met zijn frequentie (f_m)

5.6.2.2 Spectrum van een FM-golf

Iedere modulatie van een draaggolf doet zijbanden ontstaan: het spectrum blijft dus niet beperkt tot de draaggolf. De amplitude modulatie bezit volgende kenmerken:

- de draaggolf blijft onveranderd
- er worden twee zijbanden gevormd, die verder van de draaggolf liggen naarmate de modulatiefrequentie hoger is.
- De grootte van de modulatiespanning beïnvloedt de bandbreedte niet.
- De totale bandbreedte van een AM-uitzending bedraagt 2 maal f_d waarbij f_d de grootste modulatiefrequentie is

Het bepalen van het spectrum van een AM-uitzending is relatief eenvoudig. Het bepalen van het spectrum van een FM golf is helaas wat moeilijker. Doordat de vergelijking van een in frequentie gemoduleerd signaal een sinusfunctie van een sinusfunctie bevat:

$$u_d = U_d \cdot \sin(\omega_d t + m_f \sin(\omega_m t))$$

Om hiervan het spectrum te bepalen heb je de Besselse functies nodig. Uit deze functies kun je halen dat:

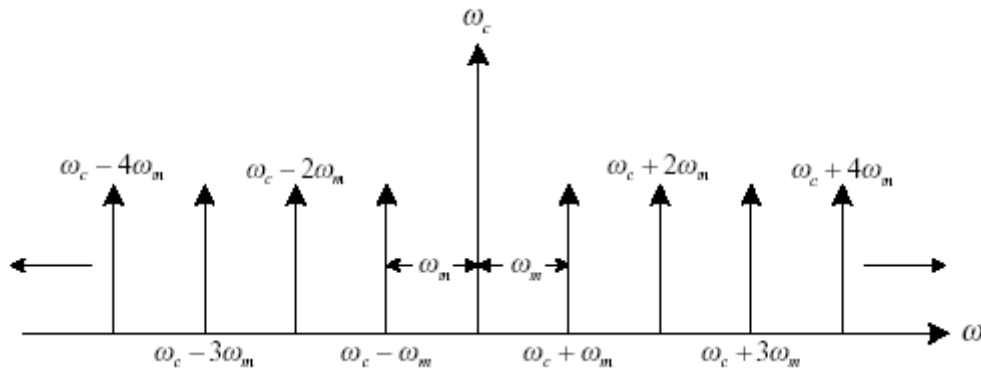
- Zelfs in het eenvoudigste geval ontstaan er een oneindig aantal zijbanden
- Die zijgolven verdelen zich symmetrisch aan weerszijden van de centrale frequentie f_d
- De zijbanden bestaan uit de frequenties:

Bovenste zijband	Onderste zijband
$f_d + f_m$	$f_d - f_m$
$f_d + 2 \cdot f_m$	$f_d - 2 \cdot f_m$
$f_d + 3 \cdot f_m$	$f_d - 3 \cdot f_m$
$f_d + 4 \cdot f_m$	$f_d - 4 \cdot f_m$
$f_d + 5 \cdot f_m$	$f_d - 5 \cdot f_m$
...	...
$f_d + n \cdot f_m$	$f_d - n \cdot f_m$
...	...
enz.	enz.

Dus geldt ook:

Bovenste zijband	Onderste zijband
$\omega_d + \omega_m$	$\omega_d - \omega_m$
$\omega_d + 2 \cdot \omega_m$	$\omega_d - 2 \cdot \omega_m$
$\omega_d + 3 \cdot \omega_m$	$\omega_d - 3 \cdot \omega_m$
$\omega_d + 4 \cdot \omega_m$	$\omega_d - 4 \cdot \omega_m$
$\omega_d + 5 \cdot \omega_m$	$\omega_d - 5 \cdot \omega_m$
...	...
$\omega_d + n \cdot \omega_m$	$\omega_d - n \cdot \omega_m$
...	...
enz.	enz.

Hieronder staat het frequentiespectrum van een FM-signaal. Let wel in de figuur wordt i.p.v ω_d ω_c gebruikt.



- De amplitude van de component ω_d (hierboven voorgesteld als ω_c) verandert met de modulatie index
- In de praktijk worden niet alle zijgolven uitgezonden. Hoe meer zijgolven hoe groter de kwaliteit van het signaal en hoe groter de bandbreedte. De getrouwheid van de weergave bij ontvangst hangt dus af van de gekozen bandbreedte van het uitgezonden FM-signaal

4.6.2.1 Voordelen en nadelen van FM

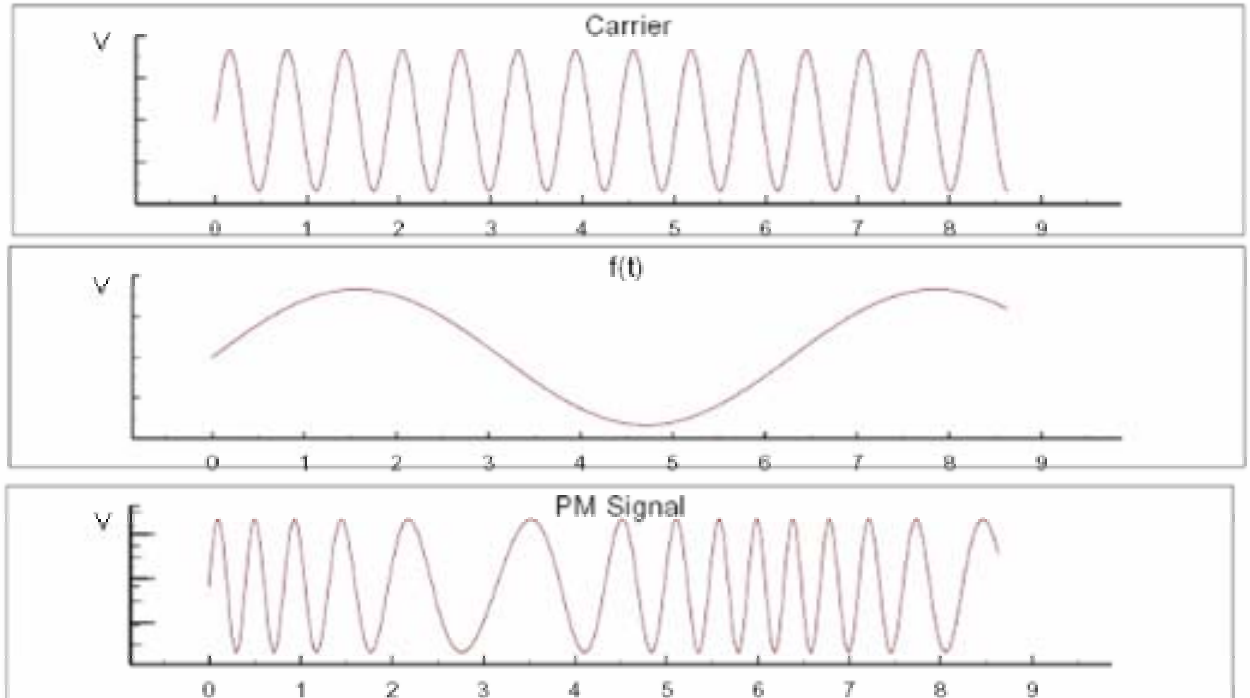
De belangrijkste voordelen aan FM zijn:

- De amplitude is constant en daar storingen vooral op de amplitude invloed hebben. FM is daardoor veel minder storingsgevoelig dan AM
- Omdat FM omroep later startte dan de AM-omroep probeerde men om de problemen van AM omroep te vermijden. Door een betere zenderplanning had men minder onderlinge storing. En men zorgde ervoor dat er minder storing was op grote afstand, doordat het bereik van de van de gebruikte frequenties minder kleiner is.

Het belangrijkste nadeel aan FM is de veel grotere bandbreedte. Een FM-radiosignaal neemt evenveel plaats in in het spectrum als 20 AM-omroepzenders!

5.6.3 Fase modulatie of phase modulation (PM)

Bij PM wordt de fase van de draaggolf op ieder ogenblik gewijzigd met een bedrag dat evenredig is met de ogenblikkelijke waarde van het modulerende signaal, hier werkt de te moduleren golf in op de faseverschuiving ϕ . Dit wordt geïllustreerd in onderstaande figuur.



We veronderstellen een draaggolf die een sinus is :

$$v_d = V_d \cdot \sin(\omega_d \cdot t)$$

v_d : momentele waarde van de draaggolf op het ogenblik t
 V_d : amplitude van de draaggolf
 ω_d : hoeksnelheid

We veronderstellen ook dat de informatie een zuivere sinus is:

$$v_m = V_m \cdot \sin(\omega_m \cdot t)$$

Bij fase modulatie is de verandering van de fase van de draaggolf op elk ogenblik evenredig met de waarde van het informatiesignaal (geluidssignaal). De uitdrukking om de fasewaai uit te drukken wordt dan:

$$\Delta\phi = k_p \cdot V_m$$

waarin: k_p : de fazemodulatieconstante
 V_m : de momentele waarde van de informatie

De fasewaai is dus enkel afhankelijk van de amplitude van het modulerend signaal en onafhankelijk van zijn frequentie.

De fasehoek van het fasegemoduleerd signaal wordt:

$$\Phi = \omega_d \cdot t + K_p \cdot v_m$$

Daar $v_m = V_m \cdot \sin(\omega_m \cdot t)$ hetzelfde signaal is als $v_m = V_m \cdot \cos(\omega_m \cdot t)$:

$$\Phi = \omega_d \cdot t + K_p \cdot V_m \cdot \cos(\omega_m \cdot t)$$

De algemene vorm voor de fasegemoduleerde golf wordt dan:

$$u = U_d \cdot \cos \Phi$$

$$u = U_d \cdot \cos (\omega_d \cdot t + K_p \cdot V_m \cdot \cos(\omega_m \cdot t))$$

De totale hoeksnelheid van de golf (ω) wordt dan:

$$\omega = \frac{d\Phi}{dt} = \omega_d - K_p \cdot V_m \cdot \omega_m \cdot \sin(\omega_m \cdot t)$$

$$\text{daar } \omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

$$f = \frac{\omega}{2 \cdot \pi} = f_d - K_p \cdot V_m \cdot f_m \sin(\omega_m \cdot t)$$

Deze laatste vergelijking toont dat de fasemodulatie eveneens een frequentieverandering teweegbrengt, de ogenblikkelijke frequentieafwijking Δf :

$$\Delta f = K_p \cdot V_m \cdot f_m \sin(\omega_m \cdot t)$$

de maximale frequentiezwaai bedraagt dan:

$$\Delta f_{\max} = K_p \cdot V_m \cdot f_m$$

deze is dus gelijktijdig evenredig met de amplitude en de frequentie van het informatie-sigitaal.

6 Ruis

6.1 Inleiding

Ruis wordt men bij audio systemen vaak gewaar onder de vorm van een hinderlijk blazen in de luidspreker. Bij TV geeft ruis "sneeuw in het beeld".

Wanneer ruis hevig is dan kan de verzonden basisinformatie maar gedeeltelijk of helemaal niet toekomen. Dit moet vermeden worden.

6.2 Oorzaak

Radiosignalen hebben nogal wat last van kosmische straling. Ook onweer, reflectie van signalen, radiostations die in hetzelfde frequentiegebied uitzenden, kunnen ruis tot gevolg hebben.

Er kan ook ruis ontstaan in de elektronische schakeling dit is een gevolg van thermische agitatie van de elektronen in de geleiders en in de andere componenten. Omdat bij het absolute nulpunt ($-273^{\circ}\text{C} = 0^{\circ}\text{K}$) de elektronen niet bewegen hebben we in de elektronische schakeling bij die temperatuur dan ook geen ruis.

6.3 Witte - en roze ruis

Indien ruis een frequentieband beslaat van 0^{∞} Hz en in elk gelijk frequentie-interval de ruisenergie dezelfde waarde heeft, spreken we van "witte ruis". Alle frequenties zijn even sterk of zwak vertegenwoordigd, de ruis heeft geen voorkeurfrequenties, dus geen timbre of "kleur", van daar de naam: wit. Bij witte ruis is de ruisenergie evenredig met de frequentieband B.

Verdelen we het spectrum in octaven ($f \times 2$) dan heeft elk volgend octaaf de dubbele breedte in Hz. En dus het dubbele ruisvermogen (+3dB zie hoofdstuk 3). We kunnen ons ook een ruisspectrum voorstellen, waarin de ruisenergie in elk octaaf dezelfde waarde heeft. Per constante bandbreedte neemt de ruis dan af met 3 dB per interval, naarmate de frequentie toeneemt.

In analogie met licht, waarin de hogere (blauwere) frequenties relatief minder sterk vertegenwoordigd zijn, noemen we dit een "roze" ruis.

6.4 Ruisvermogen - Ruisspanning

Bij een "witte" ruis (constante ruisdichtheid over het gehele beschouwde frequentiegebied) is het ruisvermogen evenredig met de temperatuur, de bandbreedte en met de weerstandswaarde waarover we de ruis uitdrukken.

6.5 Signaal/ruis verhouding

$$\frac{S}{N} = \frac{\text{Aanwezig Signaalvermogen}}{\text{Aanwezig Ruisvermogen}}$$

Tevens is

$$\left| \frac{S}{N} \right|_{dB} = 10 \cdot \log \frac{S}{N}$$

Als S en N in plaats van resp. het signaal en ruisvermogen de signaal- en ruisspanning voorstellen dan geldt:

$$\frac{S}{N} = \frac{\text{Aanwezig Signaalspanning}}{\text{Aanwezig Ruisspanning}}$$

en

$$\left| \frac{S}{N} \right|_{dB} = 20 \cdot \log \frac{S}{N}$$

6.6 Ruisgetal of ruisfactor

Deze factor wordt bepaald door de ruis/signaalverhouding aan de ingang en de uitgang van de schakeling. Het bepaalt de ruiskwaliteit van een schakeling, bvb. van een versterker.

$$F = \frac{S_i / N_i}{S_u / N_u} \quad \text{Opgelet: alle grootheden zijn vermogens.}$$

$$\text{Nu is } F = \frac{S_i \cdot N_u}{S_u \cdot N_i} \quad S_i \text{ en } S_u \text{ zijn constant}$$

dus geldt:

$$A = \frac{S_i}{S_u} \quad \text{met A is een constante.}$$

$$S_u = S_i \cdot A$$

en dus:

$$N_u = F \cdot A \cdot N_i$$

Het ruisgetal F geeft dus aan hoeveel maal de uitgangruis groter is dan A maal de ingangruis. Het ruisgetal zegt hoeveel de "ruisbijdrage" van de schakeling zelf is. Als F één is produceert de schakeling geen ruis. In alle andere gevallen is F strikt groter dan één.

Het ruisgetal wordt meestal in dB uitgedrukt:

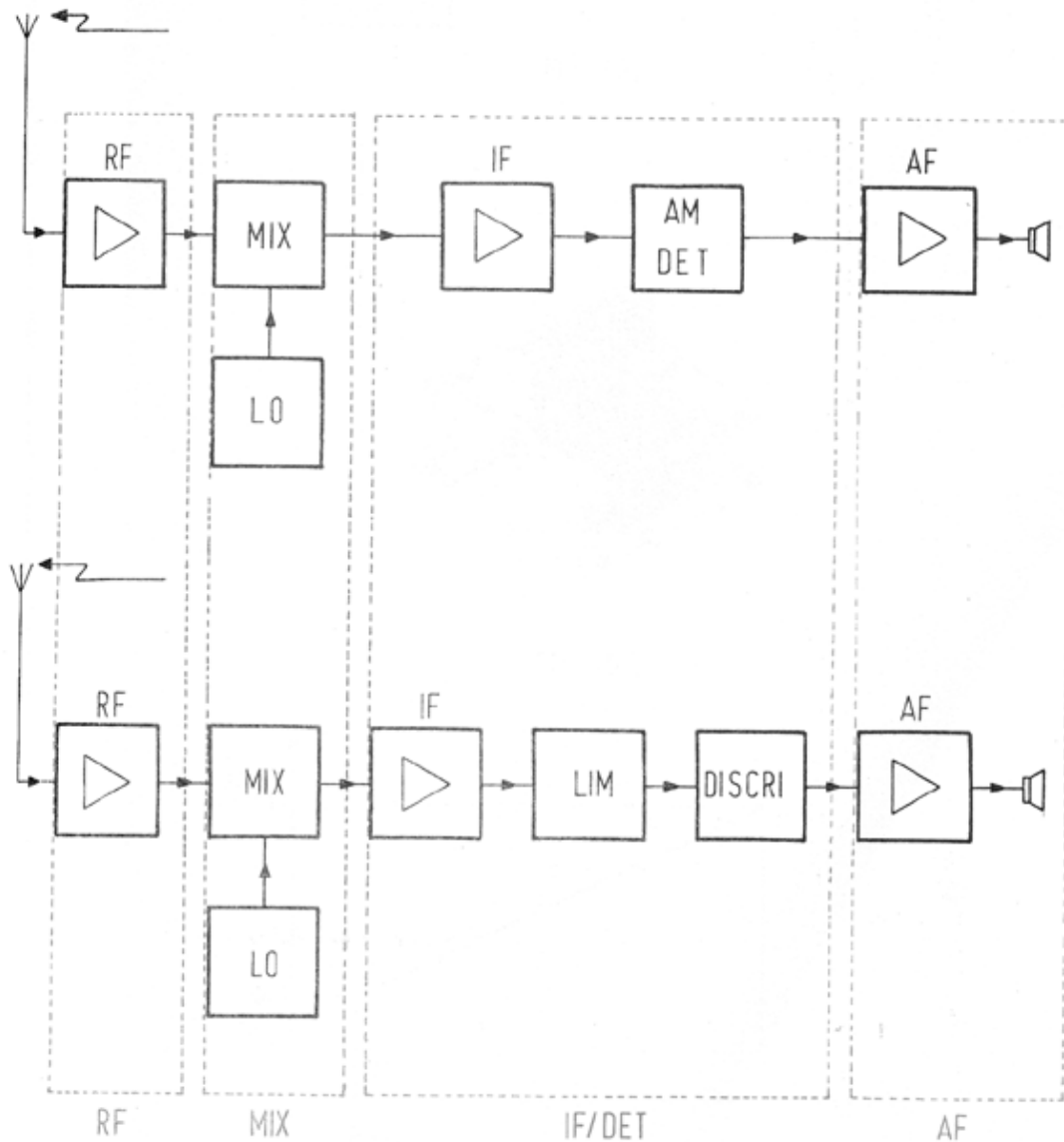
$$\left| F \right|_{dB} = 20 \cdot \log F = 20 \cdot \log \frac{S_i}{N_i} - 20 \cdot \log \frac{S_u}{N_u}$$

Hierin zijn S en N spanningen.

7 Radio

7.1 Blokschema, superheterodyne principe

De meest verspreide radio-ontvanger is de superheterodyne-ontvanger. Dit super heterodyne principe wordt zowel in AM - als FM-ontvangst gebruikt, ze zijn bijna identiek van opbouw. De onderstaande figuur geeft het blokschema van AM, daaronder staat die voor FM. Het basisprincipe bestaat erin het middenfrequent, de detectie en het AF-gedeelte (Audio Frequent) onafhankelijk te maken van de frequentie van het door de antenne ontvangen signaal.



De radio-ontvanger bevat vier hoofddelen:

- Het RF gedeelte (Radio Frequent);
- Het gedeelte dat de frequentie verschuift, op het schema aangeduid met MIX;
- Het IF en detectie gedeelte (IF = Intermediate Frequency of middenfrequentie);
- Het AF gedeelte (Audio Frequent)

Die gaan we nu kort bespreken. Daarna bespreken we elk onderdeel in afzonderlijke hoofdstukken.

7.1.1 Het Radio Frequent gedeelte

Dit gedeelte versterkt het door de antenne ontvangen AM of FM-signaal tot een voldoende niveau om een optimale signaal ruisverhouding te bekomen, vooraleer de menging en de detectie aan te vatten.

Het RF- gedeelte is selectief: enkel de nuttige frequenties worden doorgelaten, ongewenste signalen worden weggefilterd. Dit wordt gedaan met filters.

7.1.2 Het gedeelte om de frequentie te verschuiven

In dit gedeelte wordt het ontvangen signaal van de oorspronkelijke frequentie verschoven naar een vaste middenfrequentie . Dit gedeelte bestaat uit een of meer mengtrappen, gescheiden door filters en eventueel door versterkers. De frequenties nodig voor de mengingen zijn afkomstig van oscillatoren.

7.1.3 Het middenfrequent en detectiegedeelte

In de AM-ontvanger vindt men in dit gedeelte een IF-versterker gevolgd door een detector werkende op een vaste middenfrequentie. De doorlaatband van de IF-versterkertrappen is smal omdat het AM-signaal dat ook is.

Bij de FM-ontvanger echter moeten de IF-versterkers een brede doorlaatband hebben, omdat de bandbreedte van een FM-signaal tot twintig keer groter is. De bandbreedte van versterkers wordt besproken in het hoofdstuk over versterkers.

7.1.4 het AF-gedeelte

Dit gedeelte heeft als doel het gedemoduleerd geluidssignaal te versterken zodat je het kan laten horen door luidsprekers of een hoofdtelefoon.

Om dezelfde reden als hiervoor zal de bandbreedte van de AF-versterker groter zijn bij een FM-ontvanger.

7.2 Antenne

7.2.1 Inleiding

Wanneer er een magnetisch veld over een draad gaat dan genereert er zich elektriciteit in die draad. Doordat radio golven uit een magnetisch en een elektrisch veld bestaat, zal er ook een elektrische stroom ontstaan in die draad (antenne). De stroom zal met dezelfde frequentie en met dezelfde amplitude veranderen als de radio golf die over de draad (antenne) gaat. De antenne is tegengesteld aan de zender omdat de ontvanger een elektromagnetisch signaal omzet in een stroom, terwijl bij de zender stroom in een elektromagnetisch signalen wordt omgezet.

7.2.2 AM-Antennes

Voor de ontvangst van een AM-signaal zijn de meeste ontvangers voorzien van een ingebouwde ferrietantenne. Deze antenne is erg gevoelig. Met kleine signaalsterkte kan nog een redelijke ontvangst worden bereikt. Een nadeel is echter dat ook de stoorsignalen door de gevoelige ferrietantenne worden opgevangen en de ontvangst van de gewenste zender kunnen storen. De ferrietantenne is tevens richtinggevoelig. Door het toestel te draaien of te verplaatsen kan de ontvangst in veel gevallen worden verbeterd

7.2.3 FM-Antennes

Voor de ontvangst op de FM-band zijn portable ontvangers uitgerust met een sprietantenne. Een sprietantenne kan een goede ontvangst geven, maar is daarbij afhankelijk van de opstelplaats van de ontvanger. Een optimale ontvangst wordt bereikt door het richten van de sprietantenne en/of verplaatsen van de ontvanger.

In bijvoorbeeld een gebouw of in een (aluminium) caravan, is de ontvangstmogelijk niet optimaal. Ook is het stoorniveau binnenshuis vaak hoger dan buiten. Dit omdat sommige (oudere) elektrische apparaten, in de directe omgeving van de ontvanger, storing in de ontvangst kunnen veroorzaken.

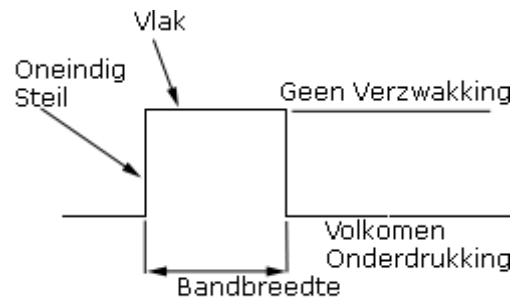
7.3 Filters

7.3.1 inleiding

De Filter wordt gebruikt om één signaal af te zonderen uit een groot aanbod van signalen. Zo wensen we bvb uit de hele FM-band slechts één zender te ontvangen. Om die zender te isoleren uit het volledige aanbod wordt gebruik gemaakt van een tuner. Filteren is dus ingrijpen op de amplitude van een signaal.

7.3.2 De ideale filter

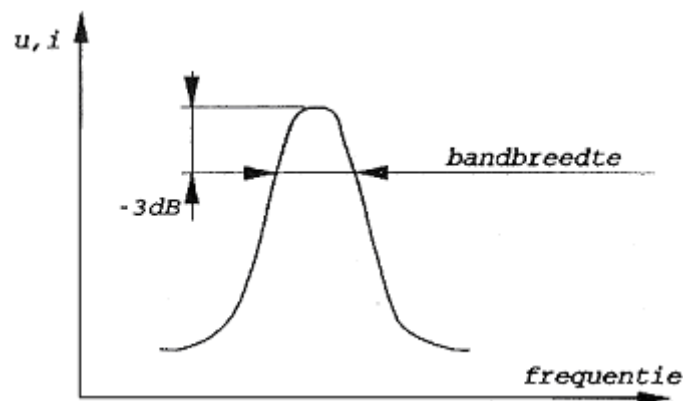
De doorgelaten band is volkomen vlak buiten de doorlaat is de verzwakking volledig. De hellingen zijn oneindig steil:



In realiteit is deze doorlaatkarakteristiek niet realiseerbaar.

7.3.3 De niet ideale filter

In de realiteit ziet de doorlaat karakteristiek van een filter er ongeveer zo uit:



7.3.4 Actieve en passieve filters

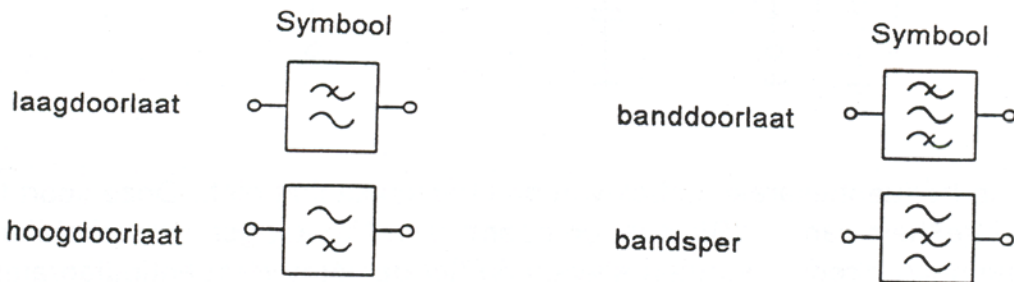
Actieve filters zijn filters die het signaal filteren en versterken. Dit gebeurt meestal met OPAMP's, transistorschakelingen, waarbij in het terugkoppelnetwerk frequentieafhankelijke componenten (meestal condensatoren) en weerstanden zijn opgenomen. Passieve filters zijn filters die alleen maar filteren, de filterschakeling gebruikt dus alleen maar passieve componenten zoals een weerstand, een condensator, ...

De hieronder vermelde filters bestaan in passieve en actieve vorm. We bespreken alleen de passieve.

Er zijn verschillende soorten filters:

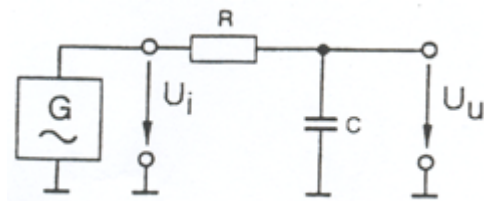
- Laagdoorlaatfilter (LDF)
- Hoogdoorlaatfilter (HDF)
- Banddoorlaatfilter (BDF)
- Bandsperfilter (BSF)

Dit zijn hun symbolen:



Deze filters hebben elk hun eigen functie en karakteristiek die we kort bespreken:

7.3.4.1 De laagdoorlaatfilter



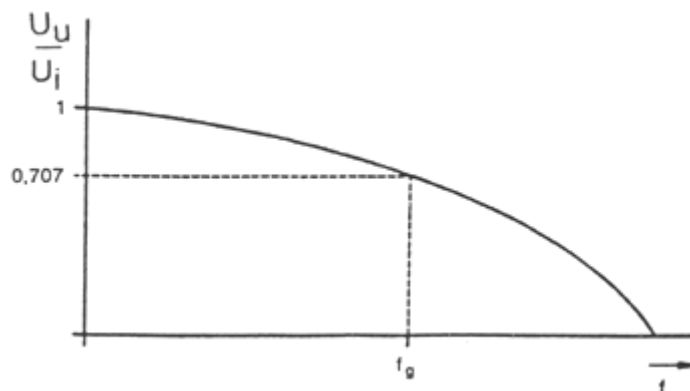
Op de grensfrequentie bedraagt de uitgangsspanning slechts 0,707 maal de ingangsspanning de grensfrequentie wordt als volgt bepaalt:

$$f_g = \frac{1}{2\pi \cdot R \cdot C}$$

$$20 \cdot \log(0,707) = -3$$

0,707 is dus het -3db punt.

In de onderstaande grafiek zie je welke frequenties door de laagdoorlaatfilter worden doorgelaten: de lage vandaar ook de naam.



Voorbeeld:

$$\begin{aligned}
 A_v &= \frac{U_o}{U_i} = \frac{X_c}{R + X_c} & X_c &= -i \frac{1}{\omega c} & (\text{i is een complex getal}) \\
 &= \frac{-i \frac{1}{\omega c}}{R - i \frac{1}{\omega c}} \\
 &= \frac{1}{i \omega c (R - i \frac{1}{\omega c})} \\
 &= \frac{1}{i \omega c R + 1}
 \end{aligned}$$

Met:

$$\tau = R.C = 103 \mu s$$

waarin τ een tijdsconstante is die gelijk is aan 1/5 van de oplaattijd van de condensator (dus 5 maal τ is de oplaattijd)

$$\omega_g = \frac{1}{\tau} = 9671 \text{ rad/s}$$

Deze omrekening gebeurt via de frequentie die uitgedrukt is in Hz (1/s) en aangezien $\omega = 2\pi \cdot f$ krijg je de hier bovenstaande formule

$$A_v = \frac{1}{1 + i(\frac{\omega}{\omega_g})} \quad \Rightarrow \quad f_g = \frac{\omega_g}{2\pi} = 1539 \text{ Hz}$$

$$\begin{aligned}
 20 \log A_v &= 20 \log \frac{1}{\sqrt{1 + (\frac{\omega}{\omega_g})^2}} \\
 &= -10 \log(1 + (\frac{\omega}{\omega_g})^2)
 \end{aligned}$$

Als $\omega = \omega_g$ dan geldt: $f = f_g \Rightarrow$ het -3dB punt ligt op $f_g = 1539 \text{ Hz}$

7.3.4.1.1 Opmeten van een laagdoorlaatfilter

Benodigheden:

Een computer aangesloten op (van boven naar beneden):

- een functie generator
- een digitaal meettoestel
- Twee switches
- Een DC-bron

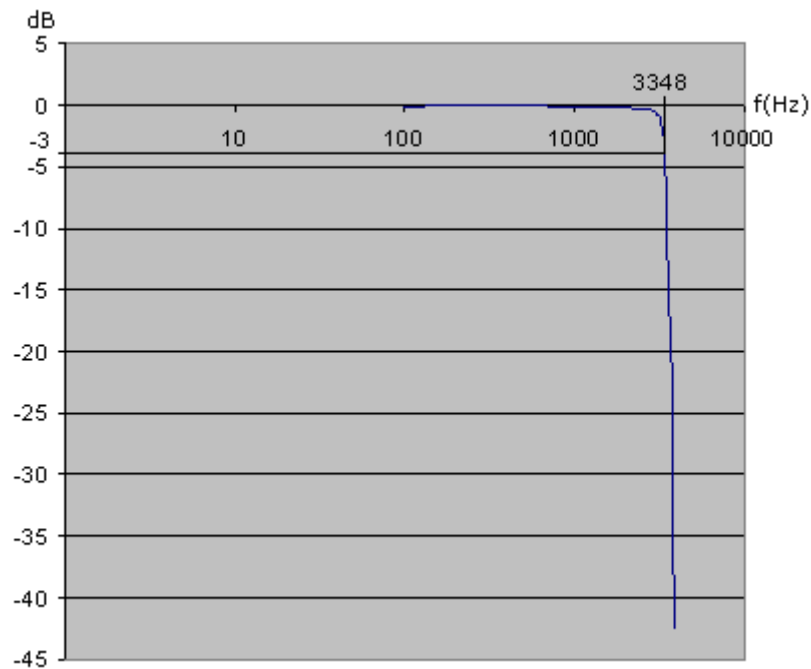


- 3 computerprogramma's geschreven in quickbasic (zie bijlage 10.1).

Werkwijze:

Er worden spanningsmetingen uitgevoerd bij verschillende frequenties. Er moeten veel metingen uitgevoerd worden om een correcte karakteristiek te krijgen, daarom gebeurt dit best automatisch.

De meetresultaten staan in tabelvorm in bijlage 10.9.6

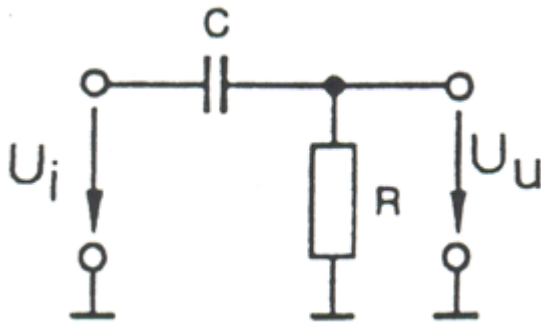


Bij het bepalen van het -3dB punt gaan we als volgt te werk:

- Je bepaalt hoogste waarde van de grafiek (in dit geval 0 dB)
- Je trekt er 3 dB vanaf (0-3= - 3dB)
- Je bepaalt wat de kantelfrequentie is door dat punt te projecteren op de frequentie-as.

Voor deze filter is de kantelfrequentie 3348 Hz.

7.3.4.2 De hoogdoorlaatfilter

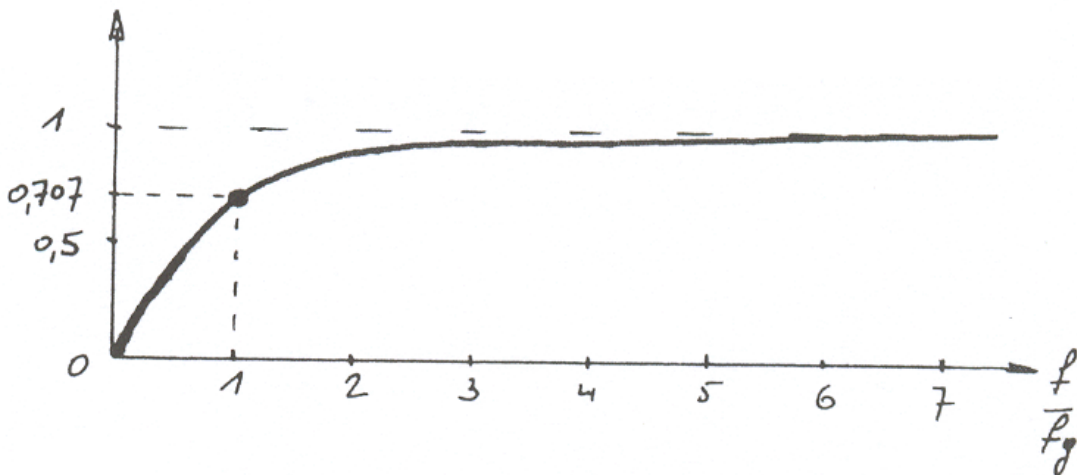


Deze filter ontstaat door in een laagdoorlaatfilter R en C van plaats te wisselen.

De grensfrequentie kan gevonden met:

$$f_g = \frac{1}{2\pi \cdot R \cdot C}$$

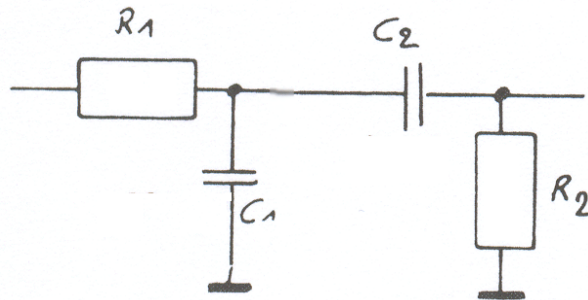
De hoogdoorlaatfilter laat de hoge frequenties door:



De berekeningen zijn analoog aan die van de laagdoorlaatfilter

7.3.4.3 De banddoorlaatfilter

Deze filter laat een bepaalde band door uit het spectrum, je kunt er dus de bandbreedte van bepalen.



De filter is een combinatie van een hoogdoorlaat en een laagdoorlaat. De kantelfrequenties kunnen op dezelfde manier bepaald worden:

Het laagdoorlaat gedeelte: $f_{gH} = \frac{1}{2\pi \cdot R_1 \cdot C_1}$

Het hoogdoorlaat gedeelte: $f_{gL} = \frac{1}{2\pi \cdot R_2 \cdot C_2}$

Gegeven: $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$
 $C_1 = 330 \text{ pF}$
 $R_2 = 100 \text{ k}\Omega$
 $C_2 = 33 \text{ nF}$

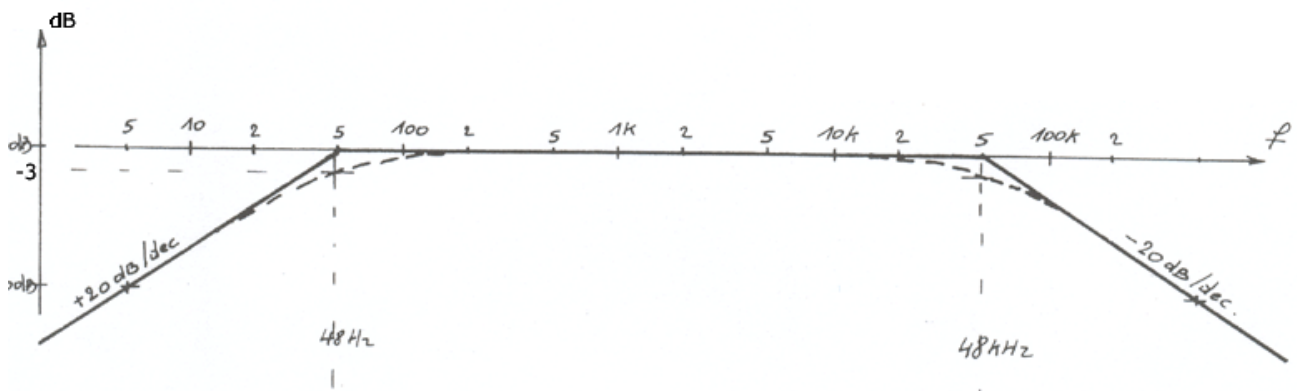
Gevraagd: doorlaatkarakteristiek, bandbreedte

Oplossing:

$$f_{gH} = \frac{1}{2\pi \cdot R_1 \cdot C_1} = 48 \text{ kHz}$$

$$f_{gL} = \frac{1}{2\pi \cdot R_2 \cdot C_2} = 48 \text{ Hz}$$

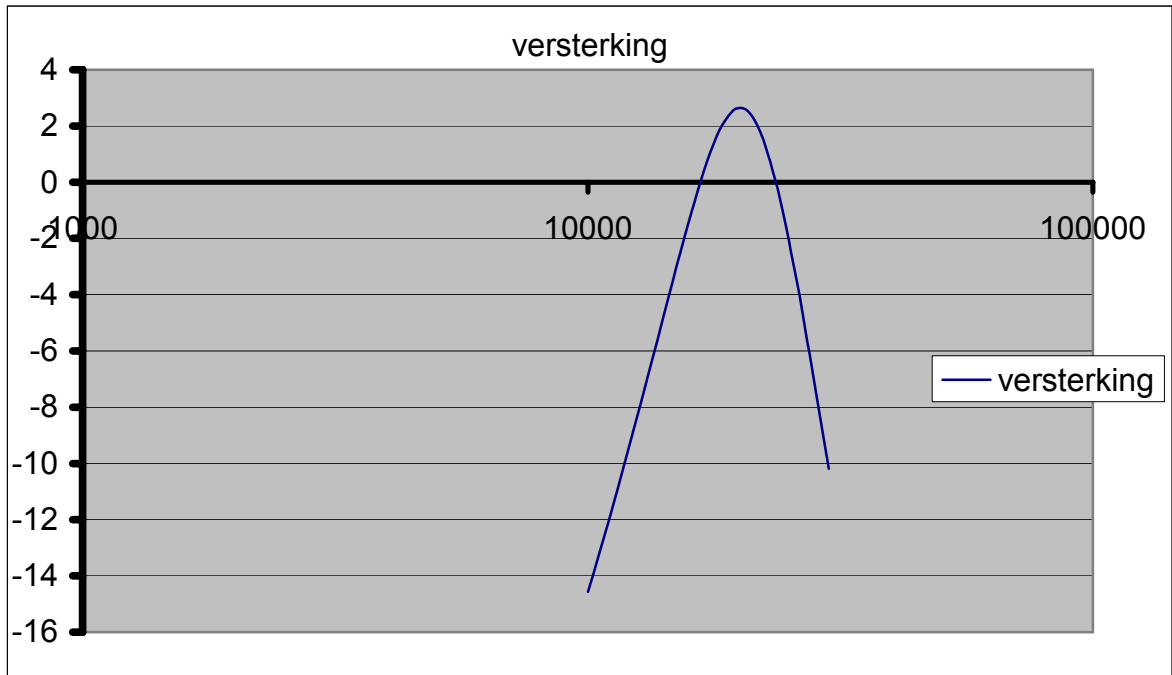
$$\text{Bandbreedte: } 48 \text{ kHz} - 48 \text{ Hz} = 47,952 \text{ kHz}$$



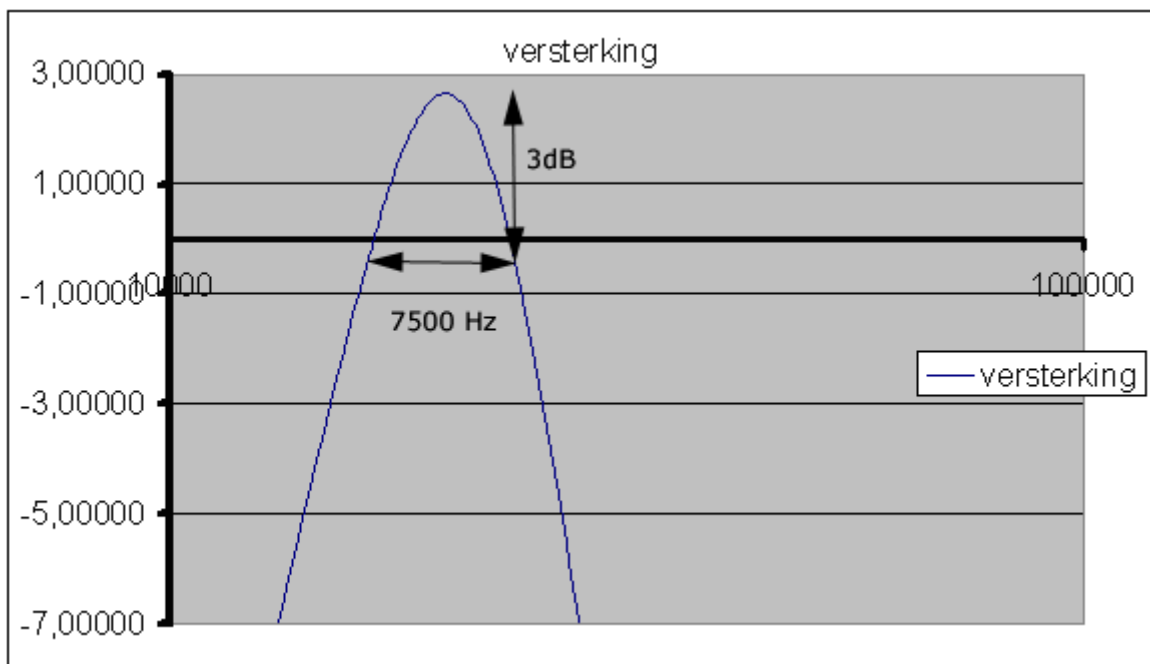
7.3.4.3.1 Opmeten van de bandbreedte van een banddoorlaatfilter

De meetresultaten staan in tabelvorm in bijlage 10.9.6

Er worden spanningsmetingen uitgevoerd bij verschillende frequenties. Er moeten veel metingen uitgevoerd worden om een correcte karakteristiek te krijgen, daarom gebeurt dit best automatisch. Om de onderstaande karakteristiek te bepalen werden er 41 spanningsmetingen uitgevoerd.



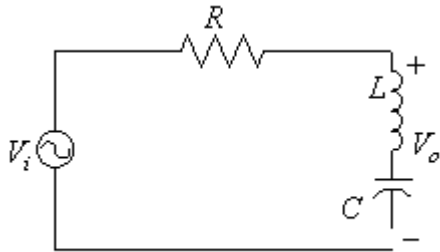
Bepalen van -3dB punt:



Bij het bepalen van het -3dB punt gaan we als volgt te werk:

- Je bepaalt de top van de grafiek (in dit geval 2,595 dB)
- Je trekt er 3 dB vanaf ($2,595 - 3 = -0,405$ dB)
- Je meet hoeveel Hz er op die lijn (-0,405 dB) tussen de grafiek zit (7500 Hz) dit is de bandbreedte van de banddoorlaatfilter.

7.4.5.3 De bandsperfilter



Deze filter is wat moeilijker te berekenen omdat er een spoel in voorkomt. Een spoel heeft de omgekeerde eigenschappen van een condensator.

Als de frequentie gelijk wordt aan nul (de hoeksnelheid gelijk aan nul) dan gedraagt de spoel zich alsof hij kortgesloten is en de condensator gedraagt zich als een open schakelaar. Dus er vloeit geen stroom en U_i is gelijk aan U_o . Daar de spanningsversterking gelijk is aan $A_v = \frac{U_o}{U_i}$ wordt de spanningsversterking 1.

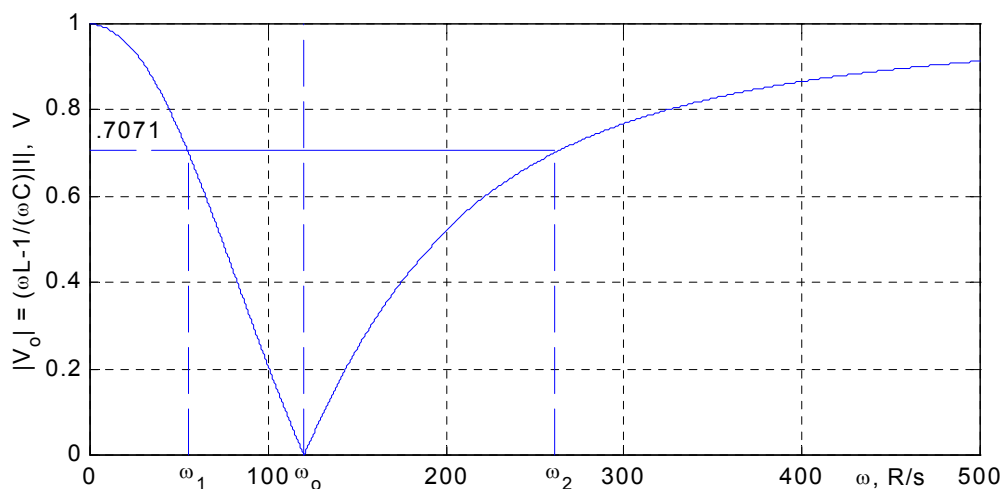
ningsversterking 1.

Als de frequentie oneindig groot (hoeksnelheid gelijk aan oneindig) is gedraagt de spoel zich als een open schakelaar en de condensator als een gesloten schakelaar. Dus ook hier vloeit er geen stroom en U_i is gelijk aan U_o dus wordt de spanningsversterking opnieuw 1.

Als $Z=0$ wordt de uitgangsspanning nul.

$$Z = \omega L - \frac{1}{\omega C} = 0 \text{ dus } \omega_g = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Zo bekomt men de volgende grafiek:



7.3.5 Afstemming en filtering in de praktijk

In de praktijk worden meestal actieve filters gebruikt, die een hogere kwaliteit en een betere selectiviteit leveren.

De afstemming gebeurt door de condensatoren te regelen.

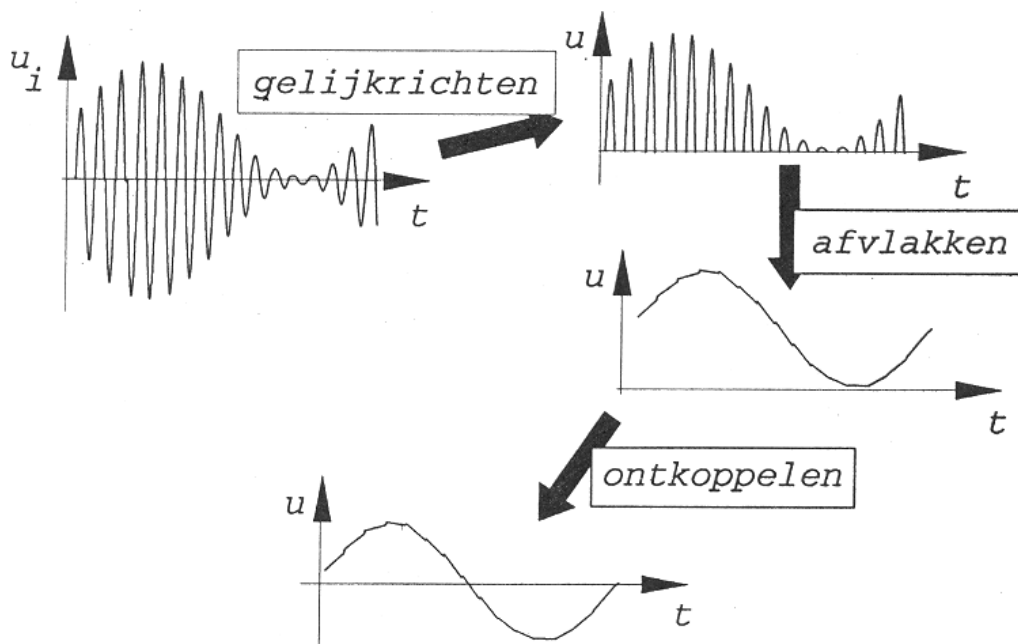
7.4 AM detector

7.4.1 Inleiding

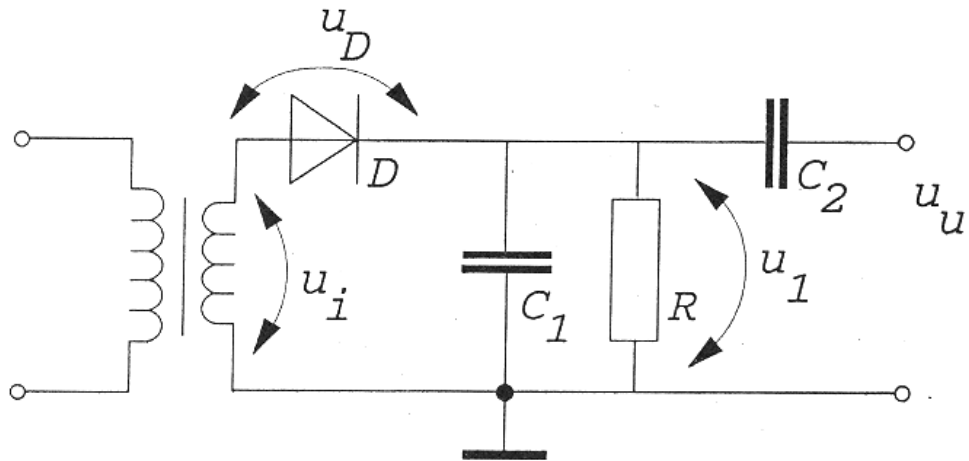
Voor AM hebben we twee types demodulatoren. Het eerste type is eenvoudig van opbouw: de omhullende-detector. Een tweede steunt op het principe van mixing of vermenigvuldiging. De detector of demodulator is het onderdeel van de radio die ervoor zorgt dat de elektromagnetische radio frequente golf omgezet wordt in een geluidsgolf.

7.4.2 Omhullende detector

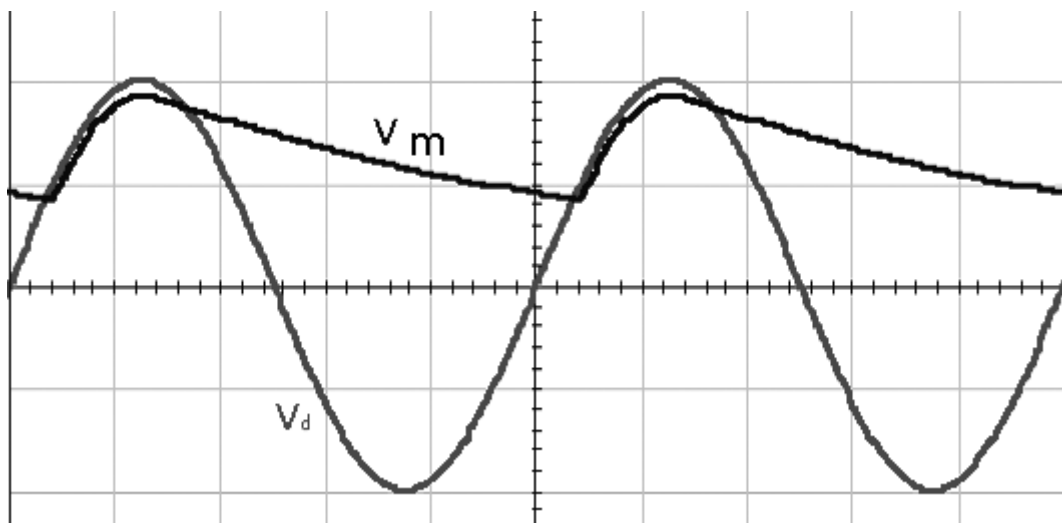
Dit is wat men bereikt met een omhullende detector:



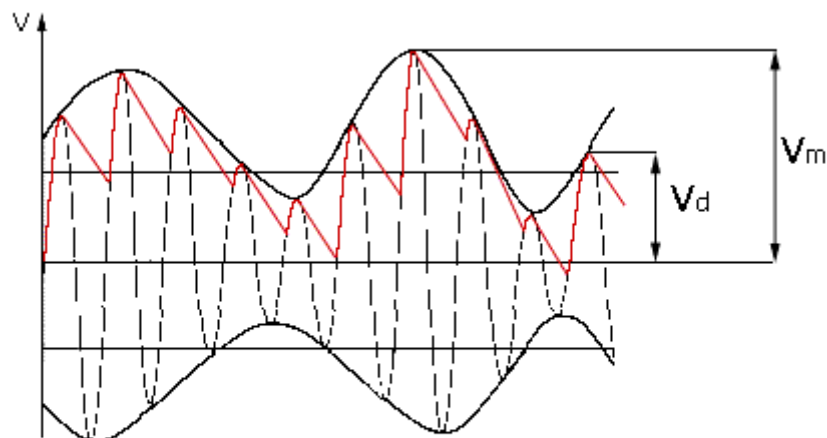
Schema van een omhullende detector ook wel peak detector genoemd.



We bespreken de werking van de schakeling aan de hand van het volgende voorbeeld:



Zolang de momentele waarde van de draaggolf v_d groter is dan de spanning over de condensator (momentele waarde van het gemoduleerd signaal v_m) dan geleidt de diode en wordt de condensator c opgeladen. Wanneer de momentele waarde van v_d kleiner is dan V_m (de maximale waarde van het gemoduleerd signaal). Dan geleidt de diode niet meer en ontlad de condensator c zich over de weerstand R .



V_m : amplitude van het gemoduleerde signaal

V_d : amplitude van de draaggolf

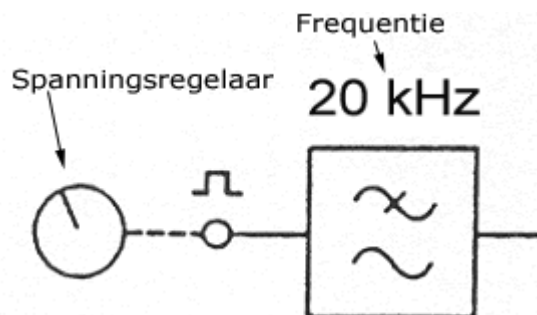
De piekwaarde van het AM gemoduleerd signaal wordt gelijkgericht en afgevlakt. Het signaal volgt als het ware de omhullende en geeft de oorspronkelijke golfvorm weer.

De condensator C_2 dient voor het ontkoppelen d.w.z. de DC-component eruit weghalen. Zodat je alleen nog het oorspronkelijke (geluids-)signaal overhoudt. Het signaal moet wel nog versterkt worden zodat het kan afgespeeld worden door boxen of een hoofdtelefoon. In 7.6 bespreken we de versterker.

7.4.2.1 Labo meting

7.4.2.1.1 Werkwijze

- Instellen van de frequentie en amplitude van het te moduleren signaal en de draaggolf:.

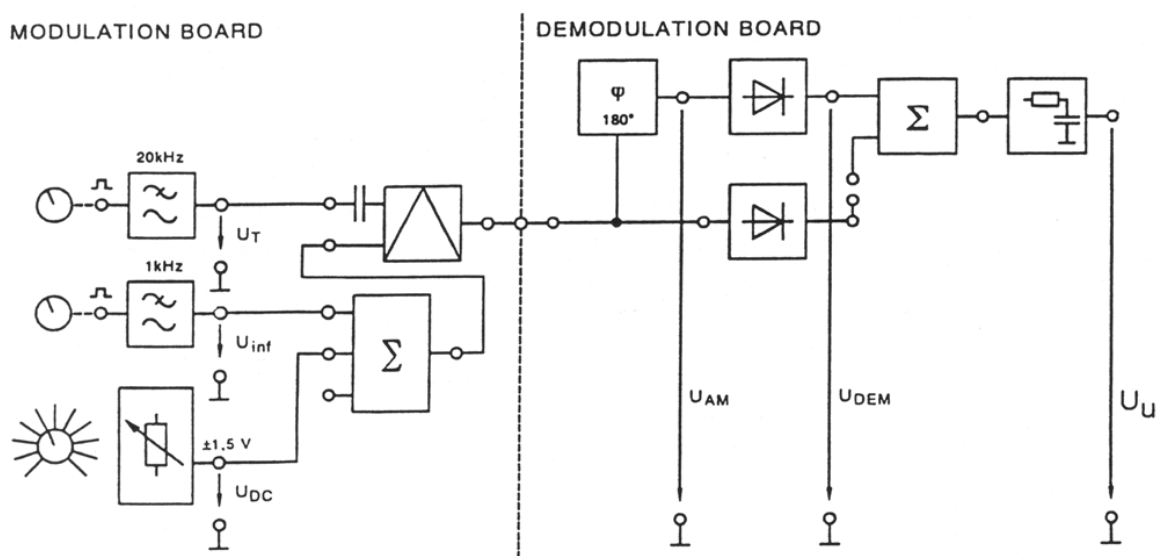


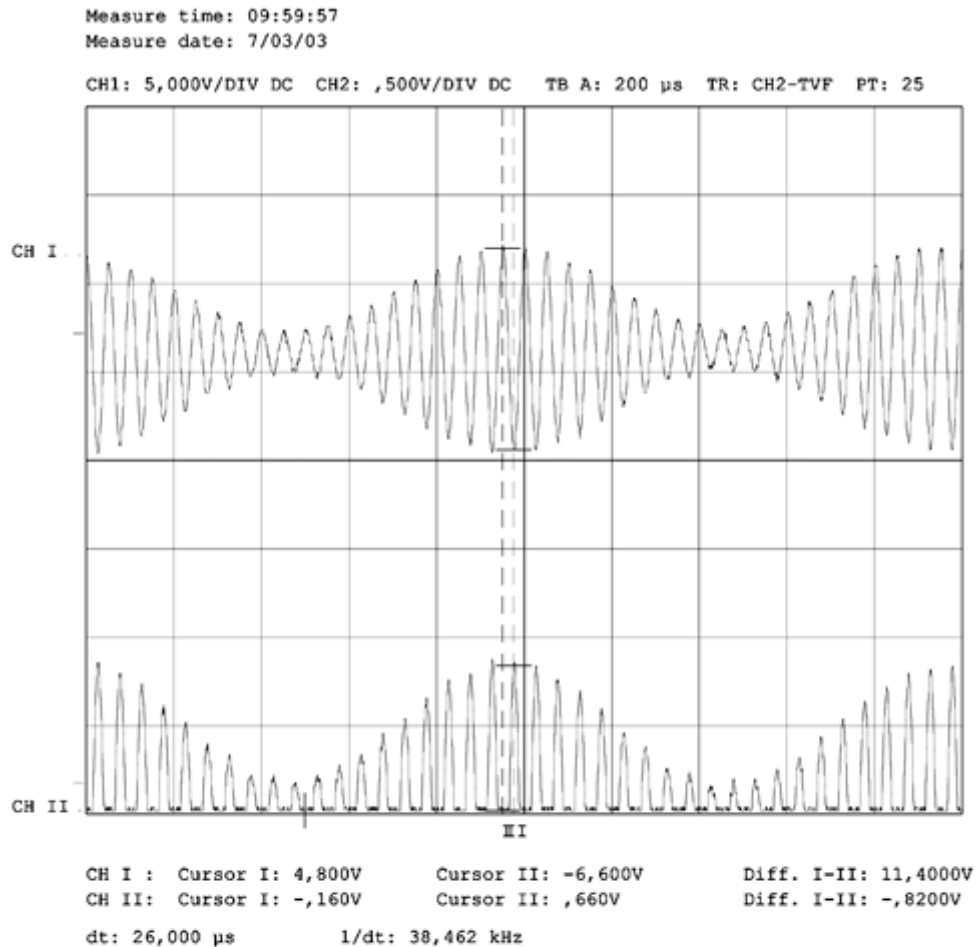
- Verbinding maken tussen modulatie en demodulatie bord..
- Je stelt de oscilloscoop goed in (zie bijlage 9.4)
- Scoopbeeld doorsturen naar de computer.

7.4.2.1.2 Omhullende detectie met enkelzijdige gelijkrichting

De draaggolf is 20kHz en heeft een maximale spanning van 2V en het te moduleren signaal is een sinus van 2kHz met een maximale spanning van 1V. De DC offset spanning bedraagt 1,5 V.

Meetopstelling:



Resultaten:**Notes:**

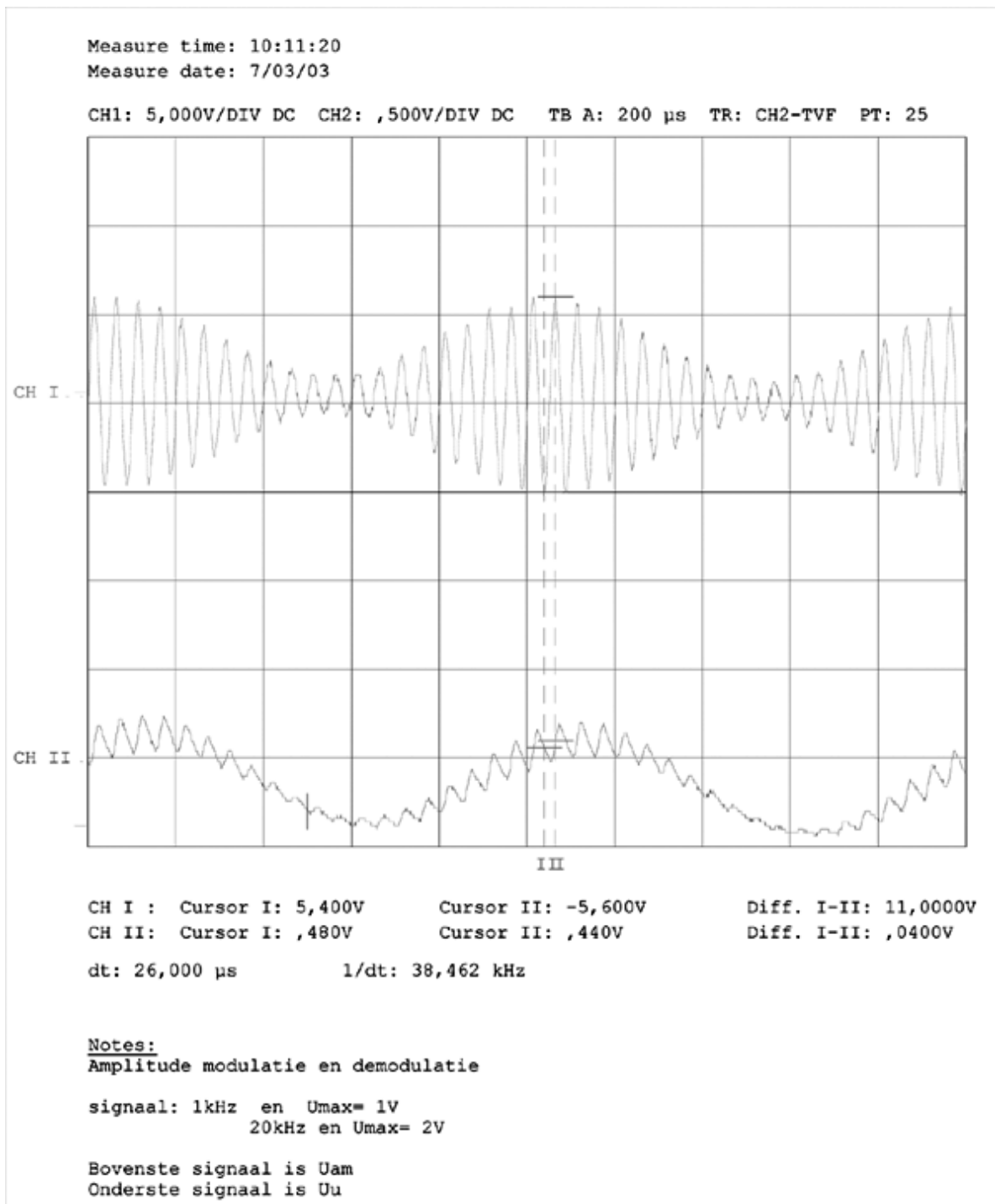
Amplitude modulatie en demodulatie

signaal: 1kHz en $U_{max} = 1V$
20kHz en $U_{max} = 2V$

Bovenste signaal is U_{am}
Onderste signaal is U_{dem}

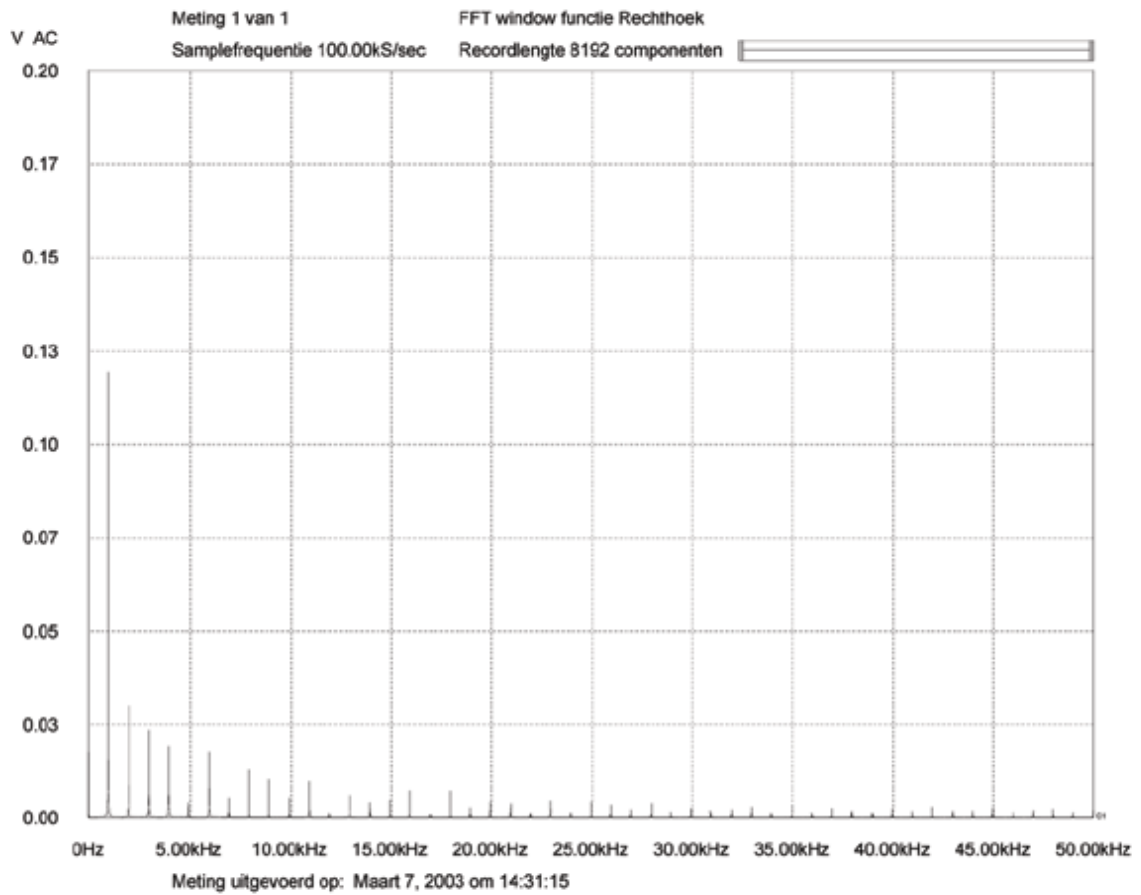
Kanaal 1 (CH1) is de gemoduleerde draaggolf.

Kanaal 2 (CH2) geeft de gemoduleerde draaggolf die enkelzijdig is gelijk gericht weer.



Kanaal 1 (CH1) is de gemoduleerde draaggolf.

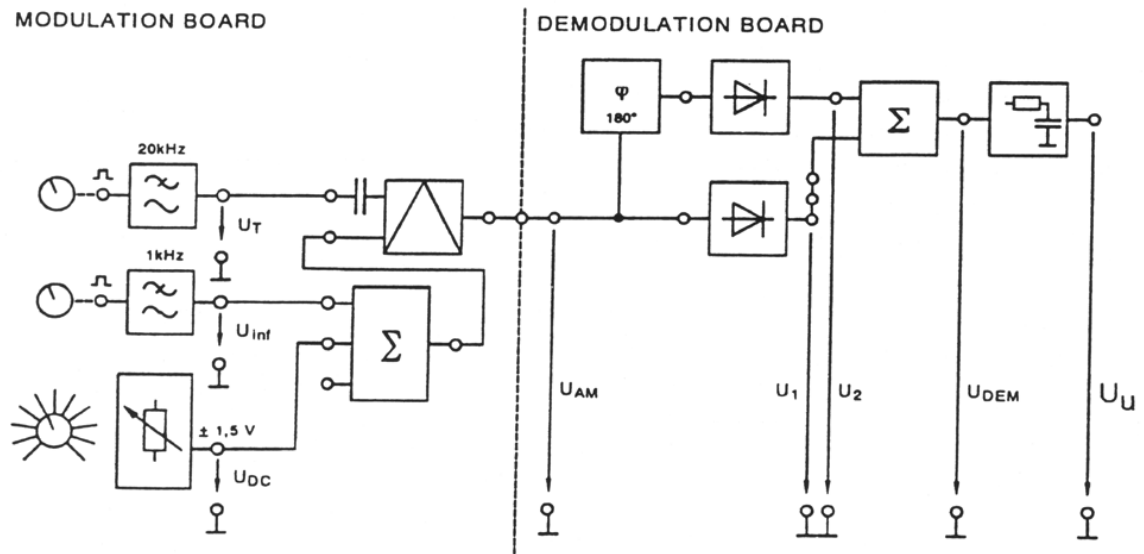
Kanaal 2 (CH2) geeft het oorspronkelijke signaal weer.

Het frequentiespectrum:**Besluit:**

Er zit nog veel storing op het uiteindelijke signaal. In het frequentiespectrum is dit ook duidelijk: er zijn veel zijbanden. Deze detectie is dus kwalitatief slecht. Er treden hoorbare veranderingen op t.o.v. het oorspronkelijke signaal. En dat is niet gewenst!

7.4.2.1.3 Dubbelzijdige gelijkrichting

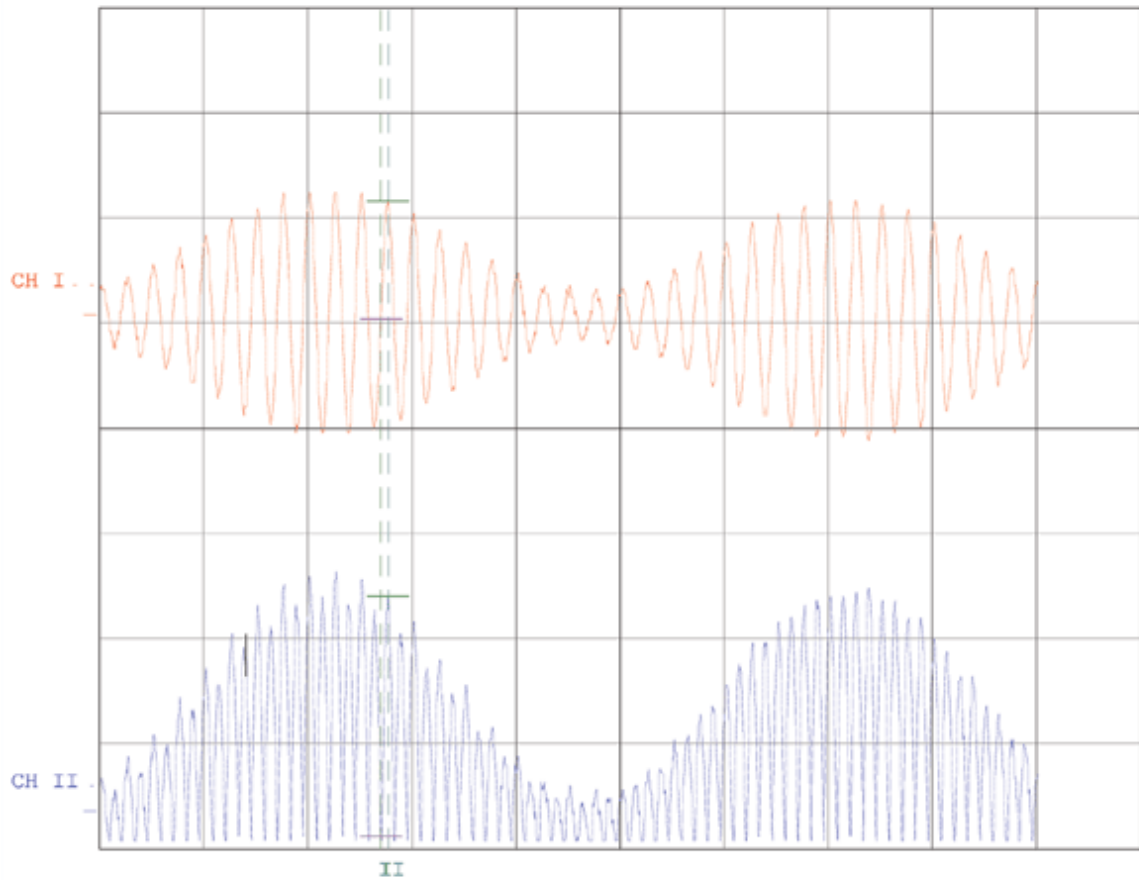
Meetopstelling:



Resultaten:

Measure time: 10:20:29
Measure date: 7/03/03

CH1: 5,000V/DIV DC CH2: ,500V/DIV DC TB A: 200 μ s TR: CH2-TVF PT: 25



CH I : Cursor I: -,200V Cursor II: 5,400V Diff. I-II: -5,6000V
CH II: Cursor I: -,120V Cursor II: 1,020V Diff. I-II: -1,1400V
dt: 14,000 μ s 1/dt: 71,429 kHz

Notes:

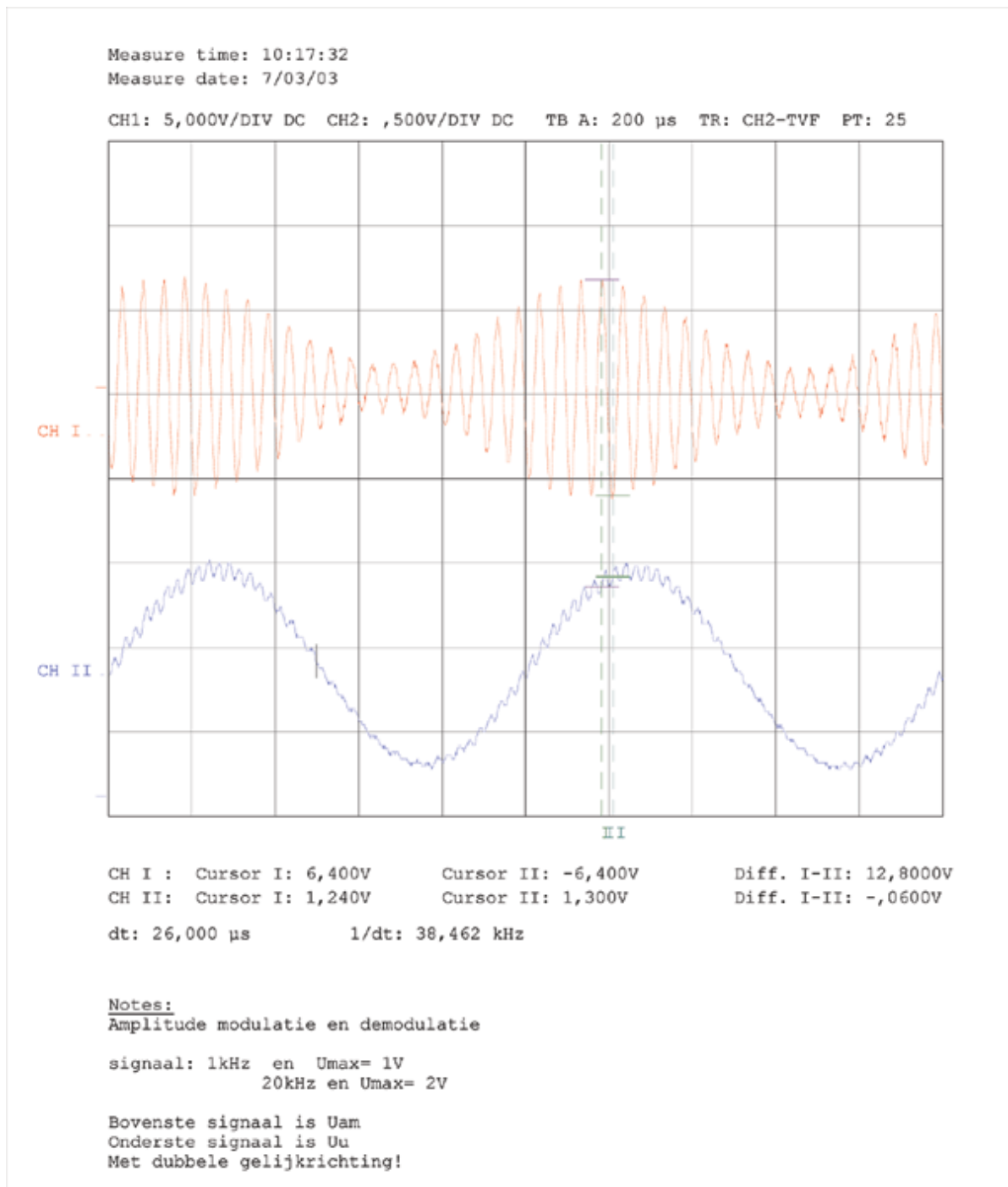
Amplitude modulatie en demodulatie

signaal: 1kHz en $U_{max} = 1V$
20kHz en $U_{max} = 2V$

Bovenste signaal is U_{am}
Onderste signaal is U_{dem}
Met dubbele gelijkrichting!

Kanaal 1 (CH1) is de gemoduleerde draaggolf.

Kanaal 2 (CH2) geeft de gemoduleerde draaggolf die dubbelzijdig gelijkgericht is weer.



Kanaal 1 (CH1) is de gemoduleerde draaggolf.

Kanaal 2 (CH2) geeft het gedemoduleerd signaal weer.

Besluit:

Detectie met dubbelzijdige gelijkrichting geeft al veel minder storing in het uiteindelijke signaal dan detectie met enkelzijdige gelijkrichting. De vervorming is al veel minder hoorbaar maar ze is wel nog aanwezig.

7.5 FM detector

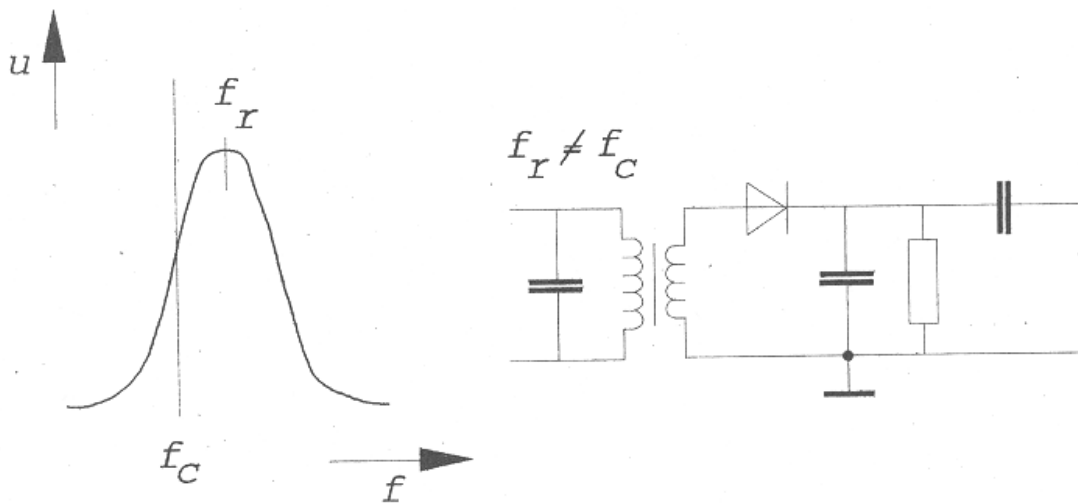
7.5.1 inleiding

Nu we weten hoe een AM-golf gedemoduleerd wordt gaan we bestuderen hoe dit in zijn werk gaat bij FM.

7.5.2 Flankdetectie

Een FM-sigitaal demoduleren kan met flankdetectie kan niet in een stap dit moet in twee stappen:

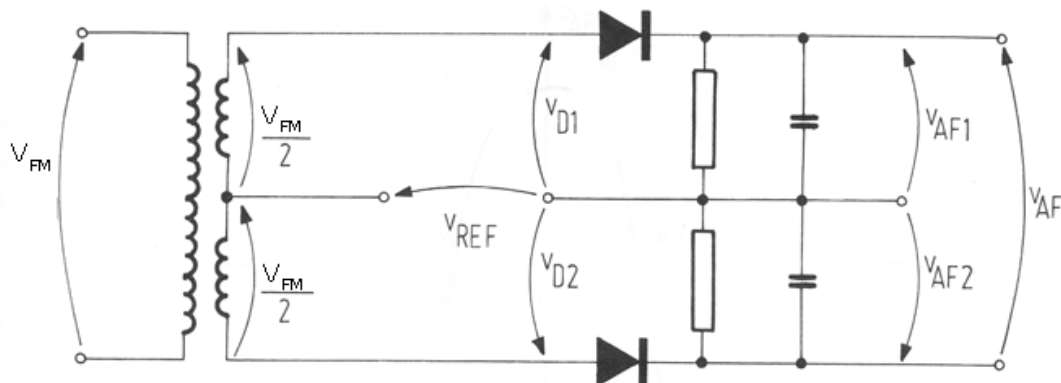
- conversie van FM-modulatie naar AM modulatie
- AM demodulatie



In de ingangskring (de condensator en de twee spoelen) worden frequentievariëaties omgezet in amplitudevariëaties. Hierna volgt gewone AM-detectie.

7.5.3 de Foster-Seeley detector

Dit is het schema van de Foster-Seeley detector:



Deze detector levert een spanning V_{AF} evenredig met het verschil in fase tussen een inkomend frequentiegemoduleerd signaal en een referentiesignaal V_{REF} .

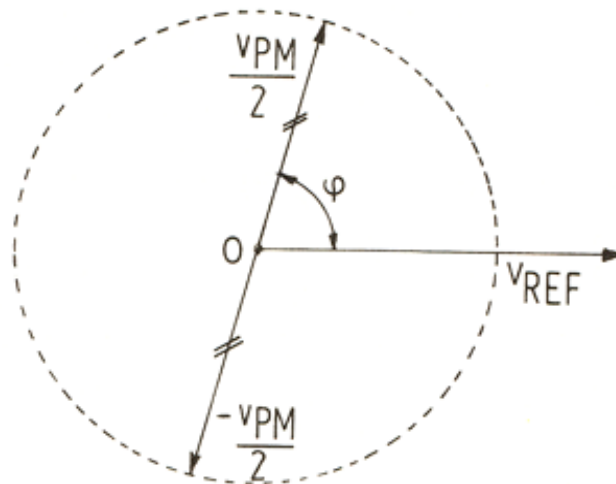
Dit gaan we nu aantonen:

Bij een ideale ingangstransformator (secundaire spanning gelijk aan de primaire) hebben we:

$$V_{D1} = V_{REF} + \frac{V_{FM}}{2}$$

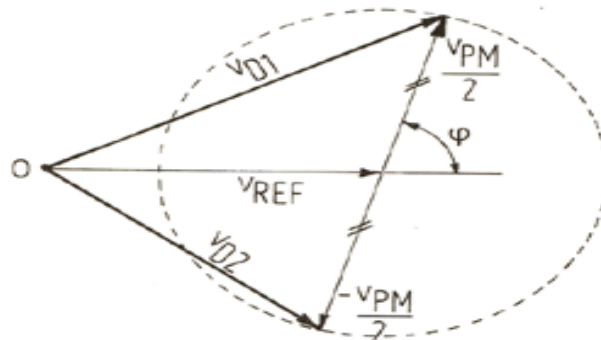
$$V_{D2} = V_{REF} - \frac{V_{FM}}{2}$$

V_{REF} is een referentie wisselsignaal met een amplitude en fase die constant blijven. Het FM signaal. V_{FM} heeft een veranderlijke fase en een constante amplitude. De onderstaande figuur toont de vectoriele voorstelling van V_{D1} en V_{D2} .



We plaatsen V_{REF} horizontaal, deze vector is vast en heeft een constante lengte. $+\frac{V_{FM}}{2}$ en $-\frac{V_{FM}}{2}$ zijn twee vectoren met gelijke lengte maar tegengesteld (-). De fase ϕ is veranderlijk zodat de eindpunten van de vectoren een cirkel vormen.

Onderstaande figuur toont de vectoriele voorstelling van V_{D1} en V_{D2} , deze voorstelling bekomen we door $V_{D1} = V_{REF} - \frac{V_{FM}}{2}$ en $V_{D2} = V_{REF} + \frac{V_{FM}}{2}$:



V_{D1} en V_{D2} zijn dus in amplitude gemoduleerd op het ritme van de fase φ , daarna ondergaan ze een gewone amplitude detectie zoals besproken in hoofdstuk 7.4.

De amplitude van het signaal V_{D1} is dus gelijk aan V_{AF1} en $V_{D2} = V_{AF2}$.

Het uitgangssignaal wordt dus:

$$V_{AF} = V_{AF1} - V_{AF2} = V_{D1} - V_{D2}$$

- voor $\varphi = +90^\circ$ en $\varphi = -90^\circ$ geldt:

$$V_{D1} = V_{D2} \text{ dus } V_{AF} = 0$$

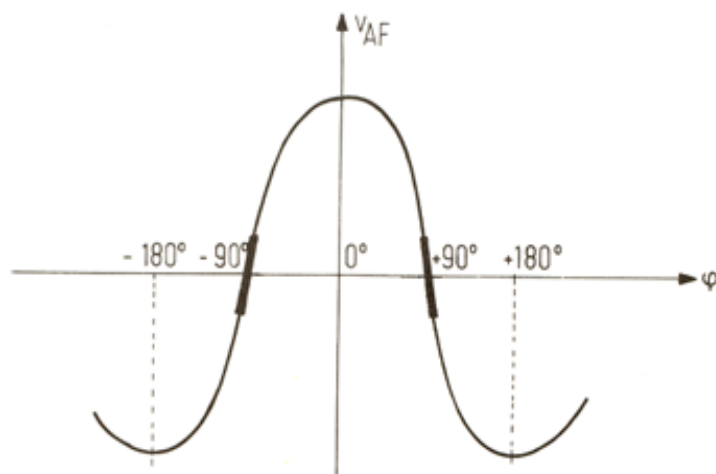
- voor $\varphi = 0^\circ$:

$$V_{D1} = V_{D1\max}, V_{D2} = V_{D2\min} \text{ zodat } V_{AF} \text{ maximaal en positief is.}$$

- voor $\varphi = +180^\circ$ en $\varphi = -180^\circ$ geldt:

$$V_{D1} = V_{D1\min}, V_{D2} = V_{D2\max} \text{ zodat } V_{AF} \text{ zijn maximale negatieve waarde bereikt.}$$

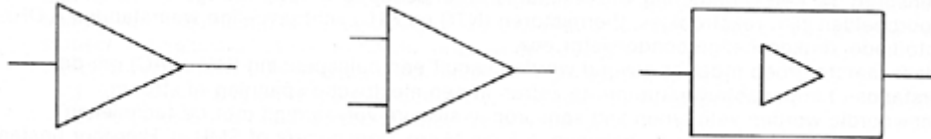
Zo bekomt men het originele geluidssignaal: $V_{AF} = f(\varphi)$



7.6 De Versterker

7.6.1 Inleiding

Versterkers zijn noodzakelijk om zwakke elektrische signalen, in de vorm van kleine stromen of spanningen te vergroten tot bruikbare signalen. Het algemene symbool is een driehoek waarbij de punt de zin van de signaalstroom aangeeft. In blokschema's wordt vaak een rechthoek gebruikt waarin eventueel een driehoek geplaatst wordt.

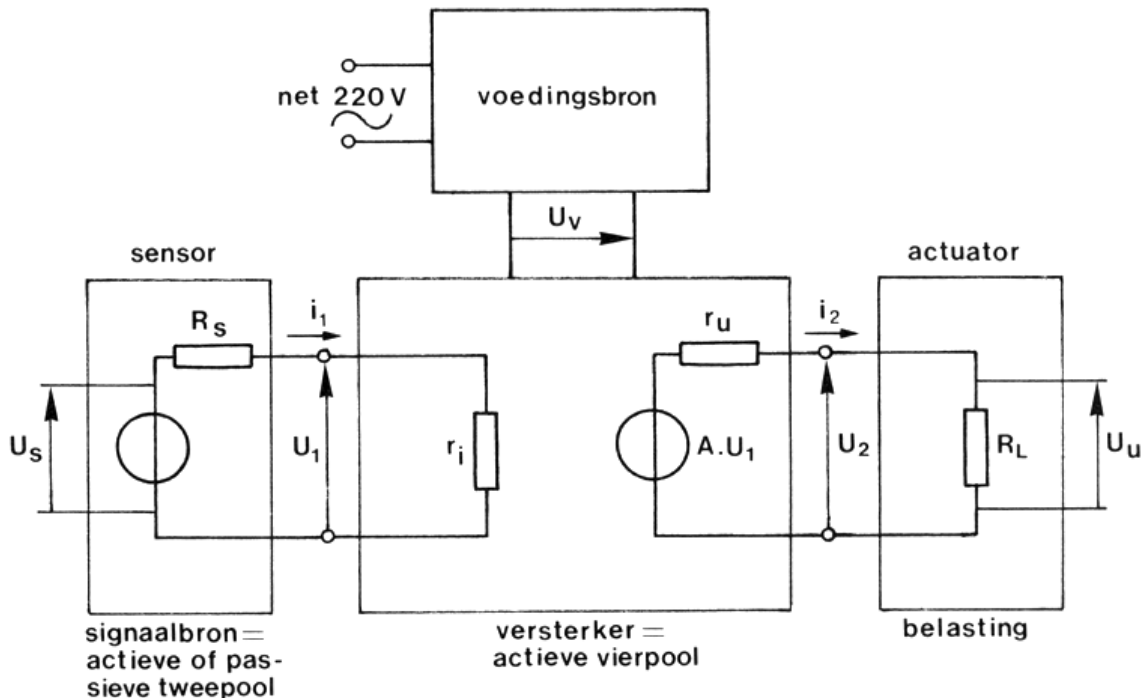


Het hoofdbestanddeel van een versterker wordt gevormd door:

- één of meerdere transistors;
- één of meerdere veldeffecttransistor;
- een geïntegreerde schakeling (Integrated Circuit afgekort IC) waarbij één siliciumschijfje een volledige versterkercombinatie bevat.

7.6.2 Blokschema van een versterker

Een versterker kan als volgt worden voorgesteld:



In de middelste black box kunnen verschillende versterker of verzwakkings-elementen zitten.

Bijvoorbeeld:

- een Bipolaire transistor;
- een FET: JFET of MOSFET;
- een Opamp

In het linkse deel kan bijvoorbeeld een sensor of signaalbron zitten.
In het rechtse deel zit een verbruiker. Bijvoorbeeld:

- een Luidspreker;
- een ohmse weerstand;
- een motor;
- een zoemer;
- ...

7.6.3 Eigenschappen van versterkers

$$Z_i = \frac{u_1}{i_1}$$

$$Z_o = \frac{u_2}{i_2}$$

$$A_i = \frac{i_2}{i_1}$$

$$A_v = \frac{u_2}{u_1}$$

$$A_p = \frac{P_2}{P_1} = A_v \cdot A_i$$

Waarin:

- U_1 is de ingangsspanning
- U_2 is de uitgangsspanning
- U_v is de voedingsspanning
- i_1 is de ingangsstroom
- i_2 is de uitgangsstroom
- P_1 is het ingangsvermogen
- P_2 is het uitgangsvermogen
- Z_i is de ingangsimpedantie
- Z_o is de uitgangsimpedantie

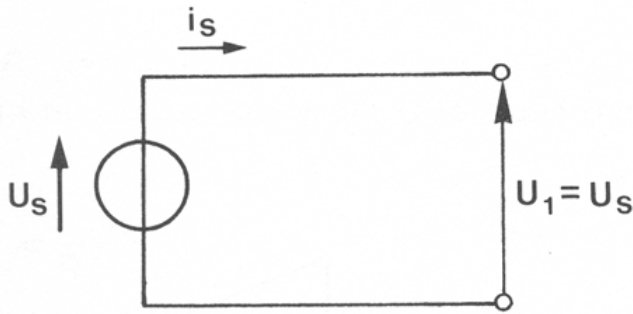
7.6.4 Invloed van de ingangsimpedantie van een versterker

De ingangsimpedantie van een versterker is meestal hoogohmig zodat er slechts een geringe ingangsstroom i_1 vloeit

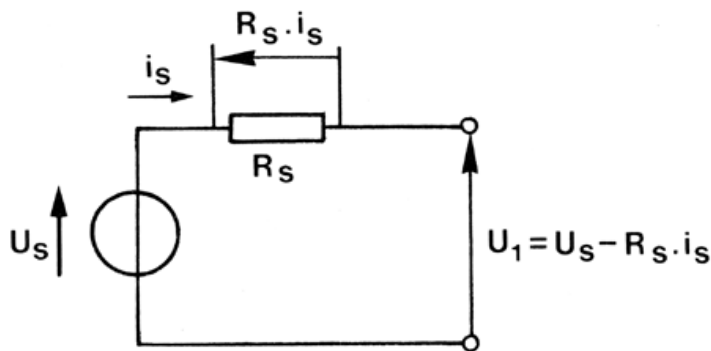
7.6.5 Spanningsbron

7.6.5.1 Ideale spanningsbron

Een ideale spanningsbron heeft een rendement van 100%, er gaat niets van spanning verloren. De opgewekte spanning is dan ook gelijk aan de uitgangsspanning. Een ideale spanningsbron bezit tussen haar twee klemmen een spanning die onafhankelijk is van de geleverde stroom. De geleverde stroom kan dus veranderd worden zonder dat er tussen de klemmen een spanningsverandering optreedt. Dit kan enkel als de inwendige weerstand nul is. In de praktijk bestaan er geen ideale spanningsbronnen maar men treft wel bronnen aan met een geringe inwendige weerstand. Hiernaast staat een ideale spanningsbron.



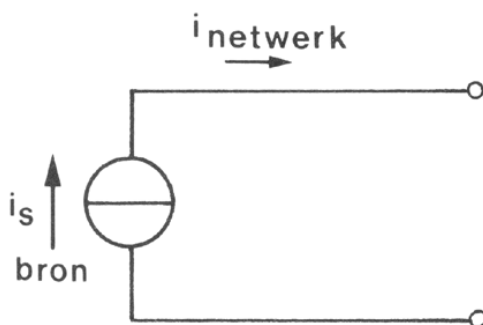
7.6.5.2 Praktische spanningsbron



Daar we een zo constant mogelijke spanning, bij veranderlijke belasting wensen te krijgen op de klemmen van de spanningsbron (U_1) is het duidelijk dat R_s best zo klein mogelijk is want $U_1 = U_s - R_s \cdot i_s$

7.6.6 Stroombron

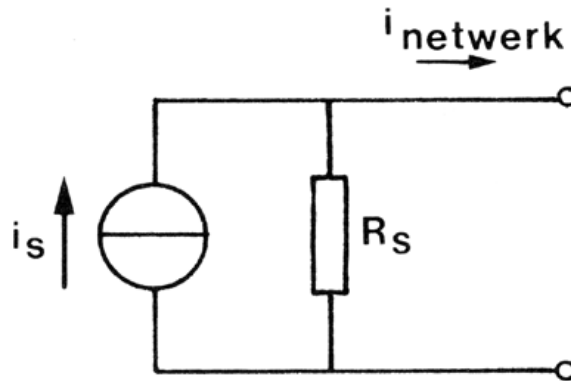
7.6.6.1 Ideale stroombron



Een ideale stroombron levert steeds dezelfde stroom die onafhankelijk is van de belastingssituatie. Dit is enkel mogelijk als de stroombron een oneindig grote inwendige weerstand bezit. Naarmate de belastingweerstand toeneemt, zal de spanning tussen de klemmen van de stroombron toenemen zonder dat dit invloed heeft op de geleverde stroom. Vandaar dat de enige belastingssituatie die door een stroombron niet verdragen wordt een open keten is. In de figuur wordt de oneindig grote weerstand voorgesteld door een horizontale streep in de cirkel.

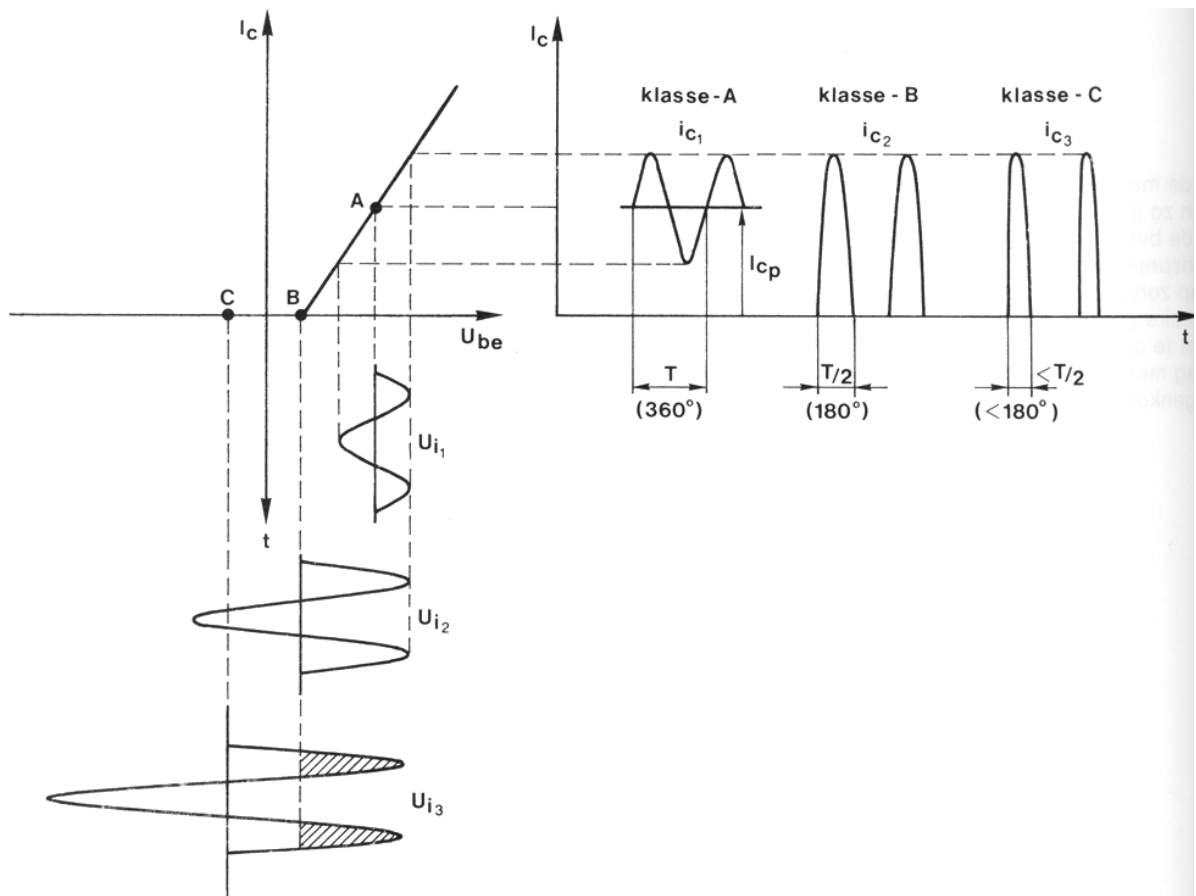
7.6.6.2 Praktische stroombron

Daar het onmogelijk is om een oneindig grote weerstand de schakelen is de weerstand R_s best zo groot mogelijk



7.6.7 Klassen van versterkers

Het werkpunt P van een transistor is gelegen op de belastingslijn. De plaats van het werkpunt wordt bepaald door de instellingen van de basis van de transistor. De instellingen van de basis zijn afhankelijk van de functie van de transistor. Voor elke functie heeft men een verschillende klassen van instellingen.



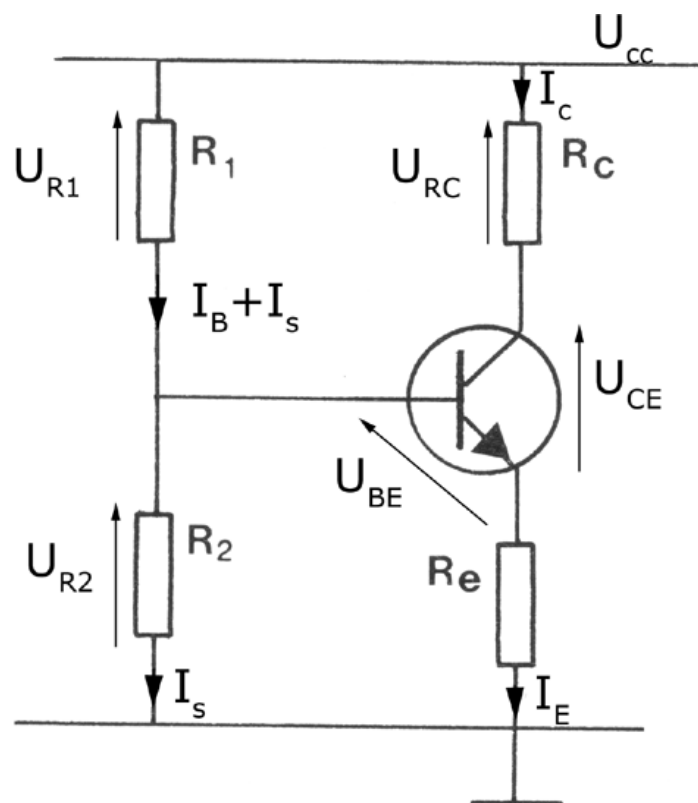
- Klasse A: Wordt gebruikt voor het versterken van kleine signalen. Zowel de positieve als negatieve halve periode wordt versterkt. Je hebt aan één transistor voldoende om het signaal te versterken.
- Klasse B: Deze wordt gebruikt voor vermogenversterkers. Hier wordt slechts per transistor de halve periode versterkt. Dus heb je er twee nodig om het volledige signaal te versterken. Dit is duidelijk te zien op de bovenstaande figuur.
- Klasse C: Bij hoogfrequentversterkers gebruikt men een instelling klasse C. Hier moet de wisselspanning reeds een bepaalde waarde aangenomen hebben alvorens de transistor het signaal begint te versterken.

7.6.8 De transistor als laag frequent versterker van kleine signalen in klasse A

7.6.8.1 DC instelling van de transistor

7.6.3.1.1 De transistor als GES

We schakelen deze transistor in een gemeenschappelijke emitter schakeling (GES):



We gebruiken de BC547B Transistor. We halen de volgende gegevens uit een databoek:

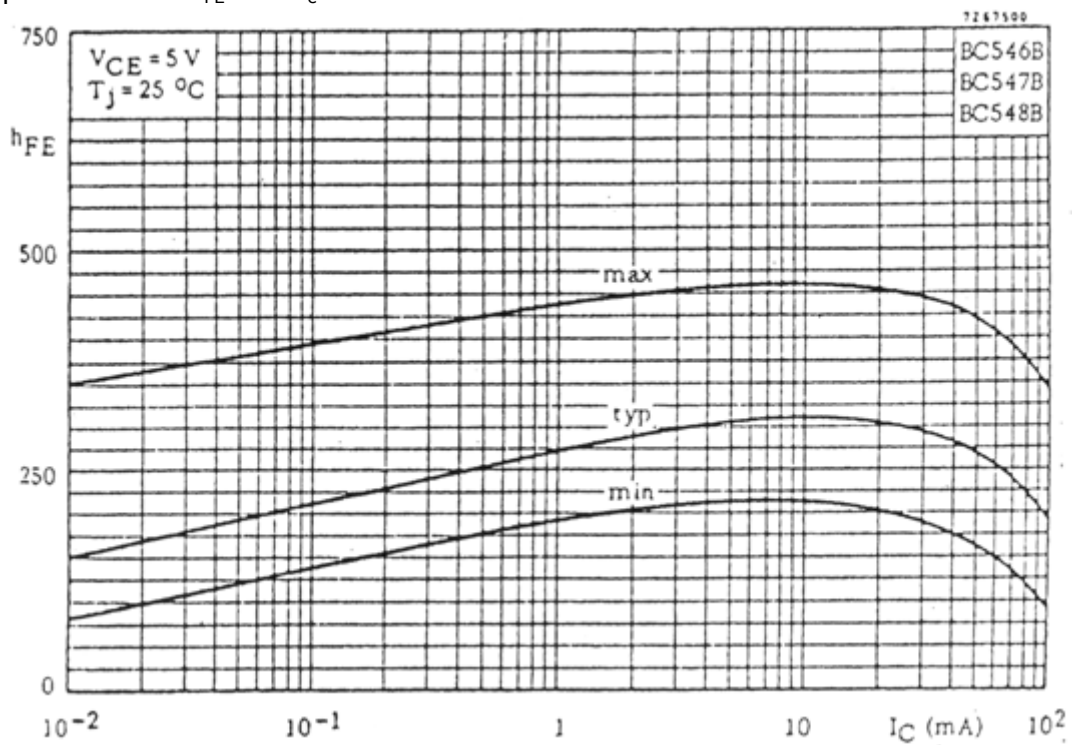
H parameters:

		Minimum	3,2 k Ω
Ingang impedantie	h_{ie}	Typisch	4,5 k Ω
		maximum	8,5 k Ω

		Minimum	240
Versterking	h_{fe}	Typisch	330
		Maximum	500

		Typisch	30 $\mu\text{A/V}$
Uitgang impedantie	h_{oe}	Maximum	60 $\mu\text{A/V}$

Bepalen van de H_{FE} met $I_c=10\text{mA}$:



Uit de bovenstaande karakteristiek leiden we af dat H_{FE} ongeveer 275 is.

$$\text{Met } h_{fe} = \frac{I_c}{I_B}$$

Als voorbeeld gebruiken we: $U_{CC}=15\text{V}$; $I_c= 10\text{ mA}$; $U_{BE}= 0.7\text{V}$. U_{BE} is de diffusiespanning en is nagenoeg constant.

Aangezien het een klasse A is:

$$U_{CE} = \frac{U_{CC}}{2}$$

$$U_{RE} = \frac{U_{CC}}{6}$$

$$I_S = 10 \cdot I_B$$

Met de spanning en stroomwetten van kirchoff kunnen we afleiden dat:

$$U_{RC} = U_{CC} - U_{RE} - U_{CE}$$

$$U_{R2} = U_{RE} + U_{BE}$$

$$U_{R1} = U_{CC} - U_{R2}$$

$$I_E = I_C + I_B$$

En volgens de wetten van Ohm:

$$R_C = \frac{U_{RC}}{I_C}$$

$$R_E = \frac{U_{RE}}{I_E}$$

$$R_1 = \frac{U_{R1}}{I_S + I_B}$$

$$R_2 = \frac{U_{R2}}{I_S}$$

Eigenschap van de transistor

$$H_{FE} \cdot I_B = I_C$$

Toegepast op het voorbeeld:

$$U_{CE} = \frac{U_{CC}}{2} = \frac{15V}{2} = 7,5V$$

$$U_{RE} = \frac{U_{CC}}{6} = \frac{15V}{6} = 2,5V$$

$$U_{RC} = U_{CC} - U_{RE} - U_{CE} = 15V - 2,5V - 7,5V = 5V$$

$$U_{R1} = U_{RE} + U_{BE} = 2,5V + 0,7V = 3,2V$$

$$U_{R2} = U_{CC} - U_{R2} = 15V - 3,2V = 11,8V$$

$$I_B = \frac{I_C}{H_{FE}} = \frac{10mA}{275} = 36,36\mu A$$

$$I_S = 10 \cdot I_B = 10 \cdot 36,36\mu A = 363,6\mu A$$

$$I_E = I_C + I_B = 10mA + 36,36\mu A = 10,036mA$$

$$R_C = \frac{U_{RC}}{I_C} = \frac{5V}{10mA} = 500\Omega$$

$$R_E = \frac{U_{RE}}{I_E} = \frac{2,5V}{10,036mA} = 249\Omega$$

$$R_1 = \frac{U_{R1}}{I_S + I_B} = \frac{3,2V}{363,6\mu A + 36,36\mu A} = \frac{3,2V}{400\mu A} = 8k\Omega$$

$$R_2 = \frac{U_{R2}}{I_S} = \frac{11,8V}{363,6\mu A} = 32,453k\Omega$$

	Berekende waarde	Eenheid
U_{RC}	5	V
U_{R1}	11,8	V
U_{R2}	3,2	V
U_{RE}	2,5	V
U_{CE}	7,5	V
I_B	36,36	μA
I_S	363,6	μA
I_E	10,036	mA
R_C	500	Ω
R_E	249	Ω
R_1	8	k Ω
R_2	32,453	k Ω

Aangezien het merendeel van de weerstanden, zoals 32,453 k Ω , niet in de handel te verkrijgen zijn moeten we de weerstanden zo dicht mogelijk benaderen.

7.6.3.1.2 Meting op de gelijkstroom instelling

We probeerden in onze schakeling de berekende weerstanden zo dicht mogelijk te benaderen:

$$R_1: 10 \text{ k}\Omega // 10 \text{ k}\Omega + 2,2 \text{ k}\Omega + 1 \text{ k}\Omega = 8,2 \text{ k}\Omega$$

$$R_2: 22 \text{ k}\Omega + 10 \text{ k}\Omega = 32 \text{ k}\Omega$$

$$R_C: 330 \text{ }\Omega + 470 \text{ }\Omega = 800 \text{ }\Omega$$

$$R_E: 220 \text{ }\Omega + 22 \text{ }\Omega = 242 \text{ }\Omega$$

	Theoretisch	Gemeten	Eenheid
U_{BE}	0,7	0,67	V
U_{RC}	5	4,465	V
U_{R1}	11,8	12,04	V
U_{R2}	3,2	2,80	V
U_{RE}	2,5	2,18	V
U_{CE}	7,5	8,25	V
I_C	10	8,976	mA
I_B	36,36	29	μ A
I_S	363,6	346	μ A
I_E	10,036	8,925	mA
R_C	500	800	Ω
R_E	249	242	Ω
R_1	8	8,2	k Ω
R_2	32,453	32	k Ω

De praktische hfe waarde is dus:

$$h_{fe} = \frac{I_C}{I_B} = \frac{8,976 \text{ mA}}{0,029 \text{ mA}} = 309,51$$

Volgens gegevens uit catalogussen ligt h_{fe} van de BC547B Transistor tussen 240 en 500

		Minimum	240
Versterking	h_{fe}	Typisch	330
		Maximum	500

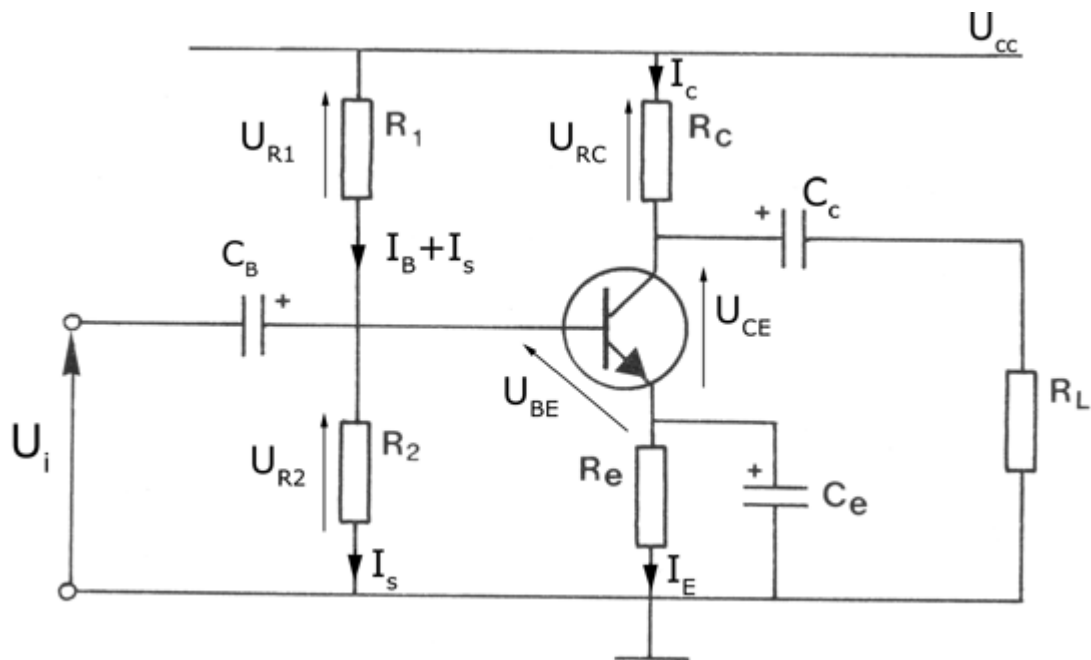
Deze verschillen kunnen we verklaren door:

- de transistoreigenschappen wijken iets af van de gegeven waarden in de databoeken
- de gebruikte weerstanden zijn niet dezelfde als de berekende waarden van de weerstanden
- er zijn interne meetfouten door de nauwkeurigheid van het meettoestel maar deze zijn nagenoeg verwaarloosbaar.
- De voedingsspanning (U_{cc}) die niet precies 15 V is.

7.6.3.2 AC-instelling van de transistor

7.6.3.2.1 AC-eigenschappen van een GES

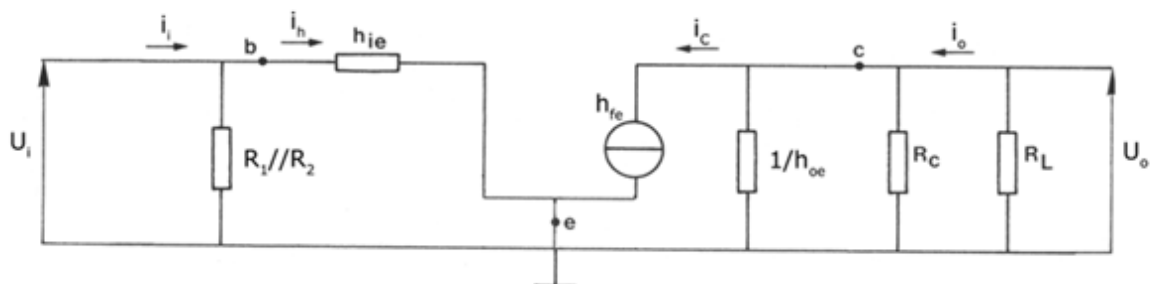
Dit is de AC-schakeling van een GES:



In het AC equivalent schema worden er twee veronderstellingen gemaakt:

- DC spanning is massa voor AC
- Condensatoren vormen kortsluiting

Deze veronderstellingen in acht genomen krijgen we in plaats bovenstaand schema dit AC equivalent schema:



Waarin $1/h_{oe}$ verwaarloosbaar is.

Uit dit schema kunnen we enkele formules halen:

$$\text{De spanningsversterking } A_V = \frac{U_o}{U_i}$$

Daar U_o gelijk is aan U_{CE} en U_i gelijk is aan U_{BE} geldt:

$$A_V = \frac{U_{CE}}{U_{BE}} \quad \text{Pas je hier de wet van Ohm op toe dan krijg je:}$$

$$A_V = \frac{-i_C \cdot (R_C // R_L)}{i_B \cdot h_{ie}} = \frac{-i_B \cdot h_{fe} \cdot (R_C // R_L)}{i_B \cdot h_{ie}} = \frac{-h_{fe} \cdot (R_C // R_L)}{h_{ie}}$$

$$A_V = \frac{i_o}{i_i} = ? \quad U_{CE} = i_o \cdot (R_C // R_L)$$

$$U_{CE} = i_o \cdot R_L$$

$$i_i \cdot (R_C // R_L) = i_o \cdot R_L$$

dus:

$$A_V = \frac{i_o}{i_i} = \frac{(R_C // R_L)}{R_L}$$

$$h_{fe} = \frac{i_c}{i_B} \quad U_{BE} = i_B \cdot h_{ie}$$

$$U_{BE} = i_i \cdot (h_{ie} // R_1 // R_2)$$

dus:

$$\frac{i_B}{i_i} = \frac{h_{ie} // R_1 // R_2}{h_{ie}}$$

$$A_p = A_V \cdot A_i$$

$$Z_i = \frac{u_i}{i_i} = h_{ie} // R_1 // R_2$$

$$Z_o = R_C // R_L$$

R_L is de belasting, behoort dus eigenlijk niet meer tot de versterker zelf.

Uit de berekeningen van het DC deel weten we dat:

	Theoretisch	Gemeten	Eenheid
U_{BE}	0,7	0,67	V
U_{RC}	5	4,465	V
U_{R1}	11,8	12,04	V
U_{R2}	3,2	2,80	V

U_{RE}	2,5	2,18	V
U_{CE}	7,5	8,25	V
I_C	10	8,976	mA
I_B	36,36	29	μ A
I_S	363,6	346	μ A
I_E	10,036	8,925	mA
R_C	500	800	Ω
R_E	249	242	Ω
R_1	8	8,2	k Ω
R_2	32,453	32	k Ω

Uit databoekgegevens halen we dat $h_{ie}=3,2 \text{ k}\Omega$ Dus:

$$Z_i = h_{ie} // R_1 // R_2 = \frac{1}{\frac{1}{32} + \frac{1}{8,2} + \frac{1}{3,2}} = 2,14 \text{ k}\Omega$$

Als je weet dat:

- $X_{CB} = \frac{Z_i}{10}$
- $X_{CE} = \frac{R_E}{10}$
- $X_{CC} = \frac{R_L}{10}$

dan geldt:

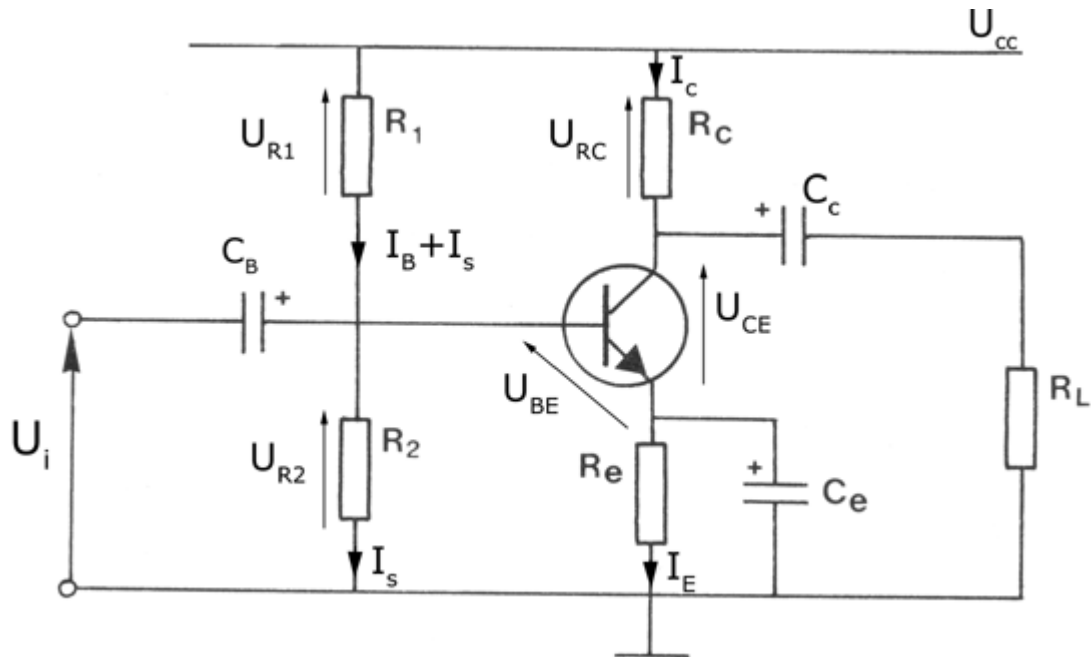
$$C_B = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot X_{CB}} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 20 \text{ Hz} \cdot 214 \Omega} = 37 \mu\text{F}$$

$$C_E = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot X_{CE}} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 20 \text{ Hz} \cdot 24,2 \Omega} = 331,57 \mu\text{F}$$

$$C_c = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot X_{CC}} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 20 \text{ Hz} \cdot 100 \Omega} = 79 \mu\text{F}$$

7.6.3.2.1 Bandbreedte van de versterker

Op dezelfde manier als bij filters kunnen we ook bij versterkers de bandbreedte bepalen. De gemeten waarden staan in bijlage 9.3 in tabelvorm. We hebben metingen gedaan op deze schakeling:



Met deze waarden:

	Theoretisch	Eenheid
U_{BE}	0,7	V
U_{RC}	5	V
U_{R1}	11,8	V
U_{R2}	3,2	V
U_{RE}	2,5	V
U_{CE}	7,5	V
U_{CC}	15	V
I_C	10	mA
I_B	36,36	μA
I_S	363,6	μA
I_E	10,036	mA
R_C	800	Ω
R_E	242	Ω
R_1	8,2	k Ω
R_2	32	k Ω
C_B	37	μF
C_E	331,5	μF
C_C	79	μF

De waarde R_L is variabel (het is de belasting). We hebben een meting gedaan voor:

- $R_L = 100 \Omega$
- $R_L = 1 \text{ k}\Omega$
- $R_L = 100 \text{ k}\Omega$
- $R_L = 1 \text{ k}\Omega$ met een parasitaire condensator van 1nF (parallel erop geschakeld)

De laatste is de enige waarvan we de bandbreedte hebben kunnen bepalen. Van de ander lag de tweede -3db punt buiten het bereik van onze meetapparatuur. Hieronder bespreken we alleen de schakeling waarbij R_L 1 k Ω is met parallel daarop een parasitaire condensator van 1nF. De andere meetresultaten zowel in tabelvorm als in grafiekvorm staat in bijlage 9.3.

De functie van de parasitaire condensator is duidelijk. De spanningen bij hoge frequenties afzwakken.

Benodigheden:

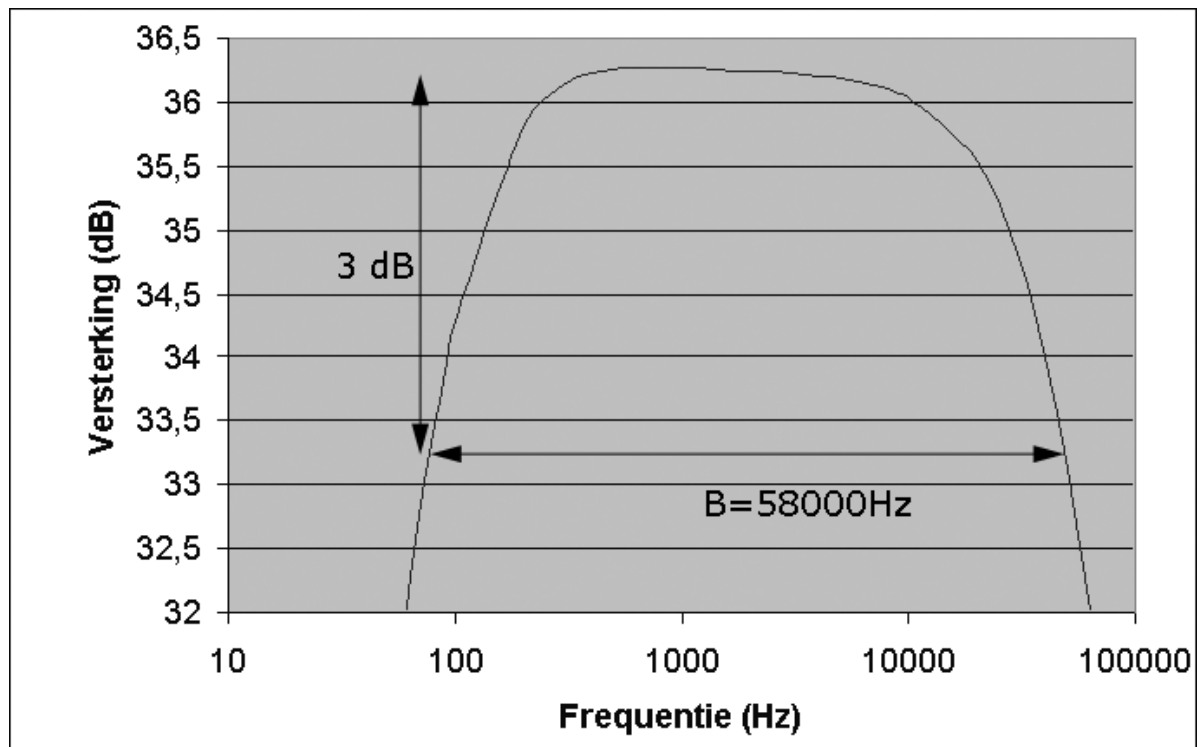
Een computer aangesloten op:

- een functie generator
- een digitaal meettoestel
- Twee switchen
- Een DC-bron
- Een schakelbord met de versterkerschakeling erop geschakeld.
- een computerprogramma geschreven in quickbasic (zie bijlage 9.2).

Werkwijze:

Er worden spanningsmetingen uitgevoerd bij verschillende frequenties. Er moeten veel metingen uitgevoerd worden om een correcte karakteristiek te krijgen, daarom gebeurt dit best automatisch.

De meetresultaten staan in tabelvorm in bijlage 9.3



Bij het bepalen van het -3dB punt gaan we als volgt te werk:

- Je bepaalt hoogste waarde van de grafiek (in dit geval 36,23 dB)
- Je trekt er 3 dB vanaf ($36,23 - 3 = 33,23$ dB)
Je trekt de eerste frequentie die snijdt met de horizontale -3dB lijn af met de tweede. Hier is de bandbreedte 58000 Hz

De signalen tussen de 70Hz en 58000Hz worden dus versterkt.

7.7 Luidspreker

7.7.1 Inleiding

Bij luidsprekers treffen we drie verschillende mechanismen aan om geluid te maken uit het versterker signaal: Elektrostatisch, Piëzo-elektrisch of Magnetodynamisch.

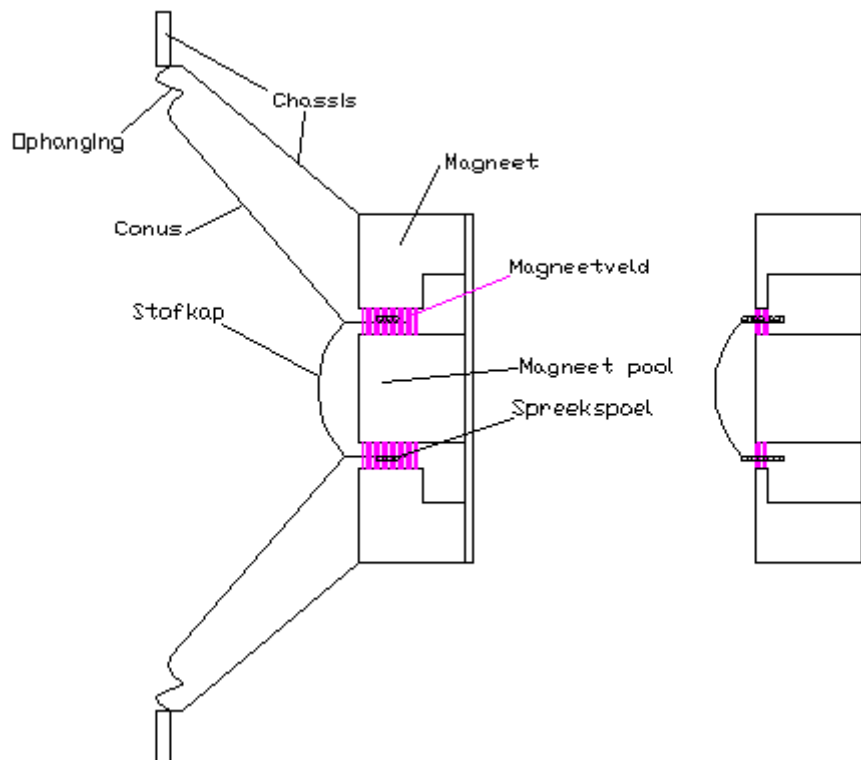
-In het eerste geval berust de werking op elektrostatische aantrekking en afstoting. Dit levert meestal luidsprekers van zeer goede kwaliteit.

-Bij Piëzo luidsprekers is het een vaste stof die van vorm verandert onder invloed van een elektrische spanning. Het werkt alleen redelijk bij de hoogste audio frequenties; je ziet wel eens tweeters volgens dit principe, vaak met een aangebouwd hoorntje. De geluidskwaliteit is meestal matig, omdat het piëzo materiaal vaak nogal wat interne resonanties vertoont, en het hoorntje geeft een sterke richtwerking.

-"Magnetodynamisch" is eigenlijk een verkeerde term, want dat zou betekenen dat er een magneet beweegt, en er zijn goede redenen om die nou juist stil te laten staan. Veruit de meeste luidsprekers zijn gebouwd volgens dit principe, waarbij een spoel van koper- of aluminium draad beweegt in een magnetenveld. Dit type is het meest voorkomende type luidspreker.

7.7.2 Principe

Hieronder zie je een doorsnede van een Magnetodynamische luidspreker.



De permanente magneet zorgt voor een magnetisch veld. De spreekspoel bevindt zich in de lichtspleet van dat magnetisch veld. De spreekspoel kan vrij bewegen in die lichtspleet. De versterker levert een spanning die een stroom in de spreekspoel ver-

oorzaakt. De stroom in de spreekspoel veroorzaakt een magnetisch veld. De interactie van die twee velden zorgt voor een beweging van de conus. Door het trillen van de conus wordt de lucht in beweging gezet en ontstaan er drukgolven of geluid.

Bij luidsprekers is het erg belangrijk dat de beide luidsprekers van een stereo installatie met dezelfde polariteit aangesloten zijn. Als dat niet het geval is heb je een sterk vertekend ruimtelijk geluidsbeeld, vaak een zwakke basweergave en mogelijk treedt er "luister moeheid" op doordat je oren met een onwerkelijke situatie geconfronteerd worden.

7.7.3 *Eigenresonantie*

Iedere luidspreker heeft een bepaalde massa (gewicht van de conus) en een veerkracht die door de ophanging van de conus bepaald wordt. Samen vormen deze een systeem dat een sterke voorkeur heeft voor 1 bepaalde frequentie. Beneden die resonantie frequentie geeft een luidspreker hoegenaamd geen geluid af, en bas-tonen bij de resonantie frequentie kunnen erg overheersend zijn.

Bas luidsprekers hebben een eigenresonantie ergens tussen 20 en zo'n 60 Hz. Voor middentoners ligt dat bij 100 of 200 Hz of zo, en (dome) tweeters kunnen wel 1 of 2 KHz vertonen.

Een luidspreker wordt altijd gebruikt boven de eigenresonantie frequentie, want daar onder komt er niets van terecht.

De demping die een versterker geeft dwingt de conus weliswaar te bewegen zoals de versterker wil, maar dat lukt maar ten dele.

Alle behuizingen voor magnetodynamische luidsprekers zijn bedoeld om dit effect en dat van de kale luidspreker te minimaliseren.

7.7.4 *Luidspreker impedantie*

Luidsprekers worden geleverd met een impedantie of weerstand van 8 Ohm of 4 Ohm. Soms zie je wel eens 2 Ohm of 16 Ohm.

Voor huiskamer Hifi is 8 Ohm het meest gebruikelijk.

Bij luidsprekers voor gebruik in de auto is 4 Ohm de standaard. De achtergrond is de beperkte voedingsspanning van 12 Volt in de auto. Met een lagere luidspreker impedantie kun je bij de zelfde spanning meer vermogen maken.

Het een is niet beter of slechter dan het andere. Maar sommige versterker kunnen er niet mee overweg. Alle versterkers kunnen met 8 Ohm luidsprekers werken. Ze zijn alleen geschikt voor 4 Ohm als dat er duidelijk op staat.

Op een versterker voor 4 Ohm kun je gerust luidsprekers van 8 Ohm aansluiten, maar dan wordt het maximum versterker vermogen niet gehaald.

Andersom is af te raden, want je kunt de versterker opblazen.

8 Besluiten

Eerst wilden we een gip maken over Dolby Surround, achteraf gezien hebben we dat gelukkig niet gedaan. Want we zouden nooit zo'n goed inzicht in alle aspecten kunnen krijgen zoals we die nu bij radio hebben. Het zou veel vager zijn en het zou niet de indruk hebben gegeven dat je werkelijk het hele verhaal daar rond bekeken en begrepen hebt.

We hebben alle aspecten proberen te behandelen die bij de radio horen. Op deze manier hebben we aan den lijve ondervonden dat een radio niet zomaar wat golven opvangen is en dat omzetten in geluid. Er zit veel meer achter dan je op het eerste zicht zou denken. Er zit veel wiskunde in, fysica, chemie en natuurlijk elektronica.

We hebben meerdere labo proeven gedaan waardoor we goed het verband zagen tussen theorie en praktijk. We leerden de verschillende delen van een radio berekenen en meten. Waarna we deze resultaten konden vergelijken.

We hebben geleerd waarom er in de praktijk er meer gebruik wordt gemaakt van FM dan van AM: de betere geluidskwaliteit. Hoewel AM ook zijn voordelen heeft t.o.v. FM: de kleinere bandbreedte.

We hebben ook dingen geleerd die weinig met het onderwerp te maken hebben. Zo hebben we onszelf met vallen en opstaan wat discipline moeten aanleren om de gip tot een goed einde te brengen. Dingen organiseren, zoals afspreken om labo metingen te doen en maken dat je alles mee hebt. Zoals bijvoorbeeld diskettes genoeg meenemen om de meetresultaten mee naar huis te nemen en bij de gip te voegen. Dat we niet elk apart aan hetzelfde werk beginnen, enz. Ook regelmatig met elkaar overleggen en zeggen wat je bijgeleerd hebt zodat de andere ook mee is met het werk dat de andere dan weer gedaan heeft. Ook uit de samenwerking met Dhr. Boterberge hebben we geleerd. Een persoon met inzicht in zo'n onderwerp kan een nieuwe wending geven een nieuwe kijk waardoor je zelf nieuwe inzichten krijgt en je verder in het onderwerp kan laten groeien.

Het is een ervaring die ook een blijvende herinnering zal zijn aan het laatste jaar I.W. Het heeft voor ons niet alleen een grote educatieve waarde qua inhoud maar ook qua structuur, planning, opbouw, samenwerking, organisatie,...

9 Bijlagen

9.1 Meetprogramma's

9.1.1 laagdoorlaat

REM File : Laagdoorlaatfilter.
 REM setup file for Philips/Fluke Instrument drivers
 REM This will assign logical names to the instruments
 REM and initialize the instruments

REM Following include statements can be removed in Interactive window

```
REM $INCLUDE: '\lw\instr\generato.inc'
REM $INCLUDE: '\lw\instr\multimet.inc'
REM $INCLUDE: '\lw\instr\switches.inc'
REM $INCLUDE: '\lw\instr\general.inc'
```

DEFINT A-Z

```
COMMON SHARED /MASTER1/MASTER1 AS INTEGER
COMMON SHARED /GNR1/GNR1 AS INTEGER
COMMON SHARED /SWI1/SWI1 AS INTEGER
COMMON SHARED /DMM1/DMM1 AS INTEGER
```

```
CALL res.glb
MASTER1 = 711 "PM2101/S06,A 711,N MASTER1"
CALL reset.config
CALL config(GNR1,"PM5191/V2.5,A 707,N GNR1")
CALL config(SWI1,"PM2121/S04,A 711,U 210,N SWI1")
CALL config(DMM1,"PM2525/S09,A 722,N DMM1")
CALL allinit(DEFAULT.SET)
IF glb.stat > 1 THEN
  PRINT "Error: ",glb.str :REM Print global error string
  call res.glb :REM Reset global error status
ELSE
IF glb.stat = 1 THEN
  PRINT "Warning: ",glb.str :REM Print global warning string
  call res.glb :REM Reset global error status
END IF
END IF
```

```
CALL set.waveform (GNR1%, SINE%)
AI!=3.00
CALL set.amplitude (GNR1%, VRMS%, AI!)
CALL set.function (DMM1%, VOLT.RMS%)
```

```
dim f#(50),M#(50)
cls
FREQ!=100.0
CALL meet (FREQ!,AI!,AM!)
f#(1) = FREQ!
M#(1) = AM!
```

```
for i%=1 to 38
  FREQ!=FREQ! +100.0
  call meet (FREQ!,AI!,AM!)
  f#(i%+1)=FREQ!
  M#(i%+1)=AM!
next i%
```

```

Sub meet (FREQpar!,AIPar!,AMpar!)
  CALL set.frequency (GNR1%, FREQpar!)
  CALL measure (DMM1%, AU!)
  IF AU!=0 THEN
    Print "Frequentie (Hz) : ";FREQpar!;"Versterking (dB) :00.000000"
    AMpar! = 00.000000
  ELSE
    AMpar! = 20*log10 (AU!/AIPar!)
    Print "Frequentie (Hz) : ";FREQpar!;"Versterking (dB) :";AMpar!
  END IF
End sub

```

```
CALL GrfReset (4)
```

```

CALL SetAxName (0,"Frequentie (Hz)")
CALL SetAxGridVis (0,1)
CALL SetAxScale (0,0)
CALL SetAxAuto (0,0)
CALL SetAxRange (0, 100.0, 5000.0, 10)

```

```

CALL SetAxname (1,"Versterking (dB)")
CALL SetAXGridVis (1,1)
CALL SetAxScale (1,0)
CALL SetAXAuto (1,0)
CALL SetAxRange (1, -40.00, 10.0, 10)

```

```

CALL SetTitle ("Doorlaatkromme LDF (3,3 kHz).")
CALL SetFrmColor (0)
CALL SetTtlColor (0)
CALL SetGrdColor (0)
CALL SetBckColor (15)
CALL SetPortFrame (1)

```

```

CALL SetCrvColor (0)
CALL SetPlotMode (2)
CALL SetCurv2D (0)
CALL SetXDataType (4)
CALL SetYDataType (4)
CALL GrfCurv2D (f#(), M#(), 50)
CALL GrfReset (0001)
END

```

9.1.2 *banddoorlaat*

```

REM File : Banddoorlaatfilter.
REM setup file for Philips/Fluke Instrument drivers
REM This will assign logical names to the instruments
REM and initialize the instruments

```

```
REM Following include statements can be removed in Interactive window
```

```

REM $INCLUDE: '\lw\instr\generato.inc'
REM $INCLUDE: '\lw\instr\multimet.inc'
REM $INCLUDE: '\lw\instr\switches.inc'
REM $INCLUDE: '\lw\instr\general.inc'

```

```
DEFINT A-Z
```



```

COMMON SHARED /MASTER1/MASTER1 AS INTEGER
COMMON SHARED /GNR1/GNR1 AS INTEGER
COMMON SHARED /SWI1/SWI1 AS INTEGER
COMMON SHARED /DMM1/DMM1 AS INTEGER

CALL res.glb
MASTER1 = 711  "PM2101/S06,A 711,N MASTER1"
CALL reset.config
CALL config(GNR1,"PM5191/V2.5,A 707,N GNR1")
CALL config(SWI1,"PM2121/S04,A 711,U 210,N SWI1")
CALL config(DMM1,"PM2525/S09,A 722,N DMM1")
CALL allinit(DEFAULT.SET)
IF glb.stat > 1 THEN
    PRINT "Error: ",glb.str  :REM Print global error string
    call res.glb           :REM Reset global error status
ELSE
IF glb.stat = 1 THEN
    PRINT "Warning: ",glb.str :REM Print global warning string
    call res.glb           :REM Reset global error status
END IF
END IF

CALL set.waveform (GNR1%, SINE%)
AI!=3.00
CALL set.amplitude (GNR1%, VRMS%, AI!)
CALL set.function (DMM1%, VOLT.RMS%)

dim f#(50),M#(50)
cls
FREQ!=10000.0
CALL meet (FREQ!,AI!,AM!)
f#(1) = FREQ!
M#(1) = AM!

for i%=1 to 40
    FREQ!=FREQ! +500.0
    call meet (FREQ!,AI!,AM!)
    f#(i%+1)=FREQ!
    M#(i%+1)=AM!
next i%

Sub meet (FREQpar!,AIPar!,AMPpar!)
    CALL set.frequency (GNR1%, FREQpar!)
    CALL measure (DMM1%, AU!)
    IF AU!=0 THEN
        Print "Frequentie (Hz) : ";FREQpar!;"Versterking (dB) :00.000000"
        AMPpar! = 00.000000
    ELSE
        AMPpar! = 20*log10 (AU!/AIPar!)
        Print "Frequentie (Hz) : ";FREQpar!;"Versterking (dB) :";AMPpar!
    END IF
End sub

CALL GrfReset (4)

CALL SetAxName (0,"Frequentie (Hz)")
CALL SetAxGridVis (0,1)
CALL SetAxScale (0,0)
CALL SetAxAuto (0,0)

```

```

CALL SetAxRange (0, 1000.0, 50000.0, 10)

CALL SetAxname (1,"Versterking (dB)")
CALL SetAXGridVis (1,1)
CALL SetAxScale (1,0)
CALL SetAXAuto (1,0)
CALL SetAxRange (1, -40.00, 10.0, 10)

CALL SetTitle ("Doorlaatkromme BDF (15 kHz - 25 kHz).")
CALL SetFrmColor (0)
CALL SetTtlColor (0)
CALL SetGrdColor (0)
CALL SetBckColor (15)
CALL SetPortFrame (1)

CALL SetCrvColor (0)
CALL SetPlotMode (2)
CALL SetCurv2D (0)
CALL SetXDataType (4)
CALL SetYDataType (4)
CALL GrfCurv2D (f#(), M#(), 50)
CALL GrfReset (0001)
END

```

9.2 Meetprogramma Bandbreedte bij versterker

```

REM File : GES.bas
REM setup file for Philips/Fluke Instrument drivers
REM This will assign logical names to the instruments
REM and initialize the instruments

REM Following include statements can be removed in Interactive window

REM  $INCLUDE: '\lw\instr\generato.inc'
REM  $INCLUDE: '\lw\instr\multimet.inc'
REM  $INCLUDE: '\lw\instr\switches.inc'
REM  $INCLUDE: '\lw\instr\general.inc'

DEFINT A-Z

COMMON SHARED /MASTER1/MASTER1 AS INTEGER
COMMON SHARED /GNR1/GNR1 AS INTEGER
COMMON SHARED /SWI1/SWI1 AS INTEGER
COMMON SHARED /DMM1/DMM1 AS INTEGER

CALL res.glb
MASTER1 = 711  ""PM2101/S06,A 711,N MASTER1"
CALL reset.config
CALL config(GNR1,"PM5191/V2.5,A 707,N GNR1")
CALL config(SWI1,"PM2121/S04,A 711,U 210,N SWI1")
CALL config(DMM1,"PM2525/S09,A 722,N DMM1")
CALL allinit(DEFAULT.SET)
IF glb.stat > 1 THEN
    PRINT "Error: ",glb.str  :REM Print global error string
    call res.glb           :REM Reset global error status
ELSE
IF glb.stat = 1 THEN
    PRINT "Warning: ",glb.str :REM Print global warning string
    call res.glb           :REM Reset global error status
END IF

```

END IF

CALL set.waveform (GNR1%, SINE%)
 AI!=0.010
 CALL set.amplitude (GNR1%, VRMS%, AI!)
 CALL set.function (DMM1%, VOLT.RMS%)
 CALL set.range (DMM1%, 2.0)

dim f#(50),M#(50)
 cls
 FREQ!=10.0
 CALL meet (FREQ!,AI!,AM!)
 f#(1) = FREQ!
 M#(1) = AM!

for i%=1 to 9
 FREQ!=FREQ! +10.0
 call meet (FREQ!,AI!,AM!)
 f#(i%+1)=FREQ!
 M#(i%+1)=AM!
next i%

for i%=1 to 9
 FREQ!=FREQ! + 100.0
 call meet (FREQ!,AI!,AM!)
 f#(i%+10)=FREQ!
 M#(i%+10)=AM!
next i%

for i%=1 to 9
 FREQ!=FREQ! + 1000.0
 call meet (FREQ!,AI!,AM!)
 f#(i%+19)=FREQ!
 M#(i%+19)=AM!
next i%

for i%=1 to 9
 FREQ!=FREQ! + 10000.0
 call meet (FREQ!,AI!,AM!)
 f#(i%+28)=FREQ!
 M#(i%+28)=AM!
next i%

for i%=1 to 9
 FREQ!=FREQ! + 100000.0
 call meet (FREQ!,AI!,AM!)
 f#(i%+37)=FREQ!
 M#(i%+37)=AM!
next i%

Sub meet (FREQpar!,AIpar!,AMpar!)
 CALL set.frequency (GNR1%, FREQpar!)
 CALL measure (DMM1%, AU!)
 IF AU!=0 THEN
 Print "Frequentie (Hz) : ";FREQpar!;"Versterking (dB) :00.000000"
 AMpar! = 00.000000
 ELSE
 AMpar! = 20*log10 (AU!/AIpar!)

```
    Print "Frequentie (Hz) : ";FREQpar!;"Versterking (dB) :";AMpar!  
    END IF  
End sub  
  
CALL GrfReset (12)  
CALL SetAxName (0,"Frequentie (Hz)")  
CALL SetAxGridVis (0,1)  
CALL SetAxScale (0,1)  
CALL SetAxAuto (0, 0)  
CALL SetAxRange (0, 10.0, 10000000.0, 10)  
  
CALL SetAxname (1,"Versterking (dB)")  
CALL SetAXGridVis (1,1)  
CALL SetAxScale (1,0)  
CALL SetAXAuto (1,0)  
CALL SetAxRange (1, 0.00, 50.0, 10)  
  
CALL SetTitle ("Versterker met BC 547B.")  
CALL SetFrmColor (15)  
CALL SetTtlColor (15)  
CALL SetGrdColor (15)  
CALL SetBckColor (0)  
CALL SetPortFrame (1)  
  
CALL GrfReset (4)  
CALL SetCrvColor (15)  
CALL SetPlotMode (2)  
CALL SetCurv2D (0)  
CALL SetXDataType (4)  
CALL SetYDataType (4)  
CALL GrfCurv2D (f#(), M#(), 50)  
END
```

9.3 Meetresultaten klasse A versterker

9.3.1 Meetresultaten

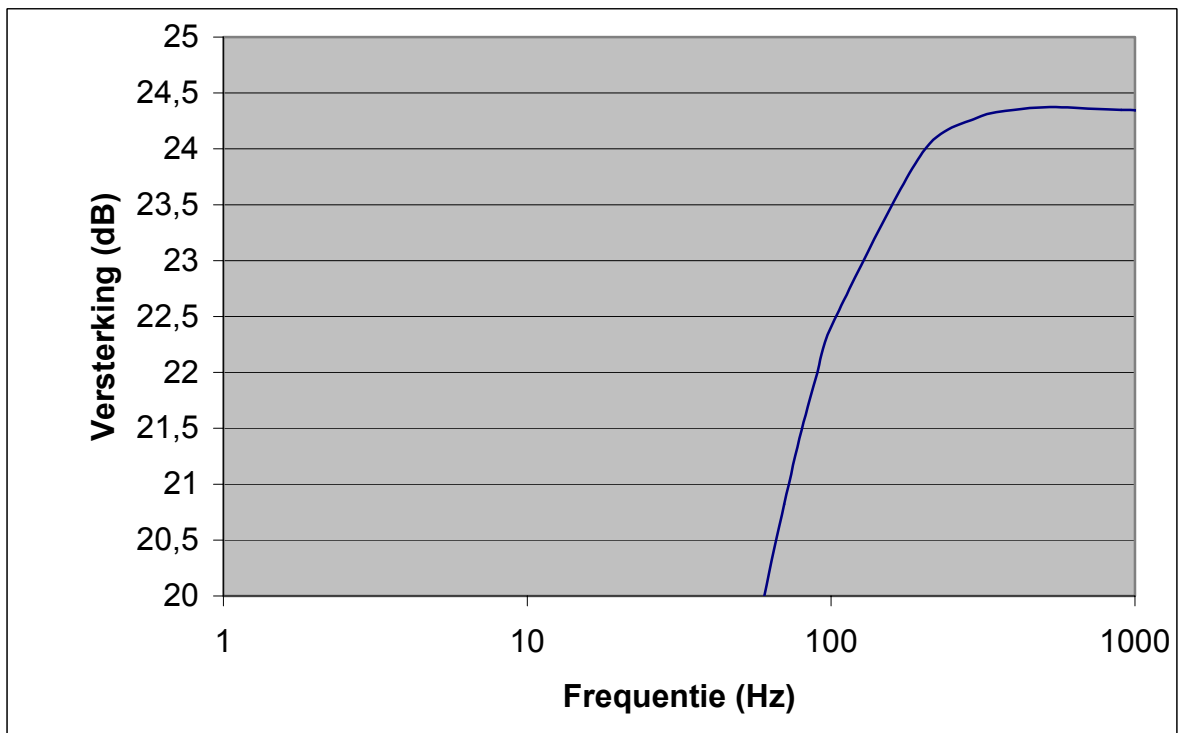
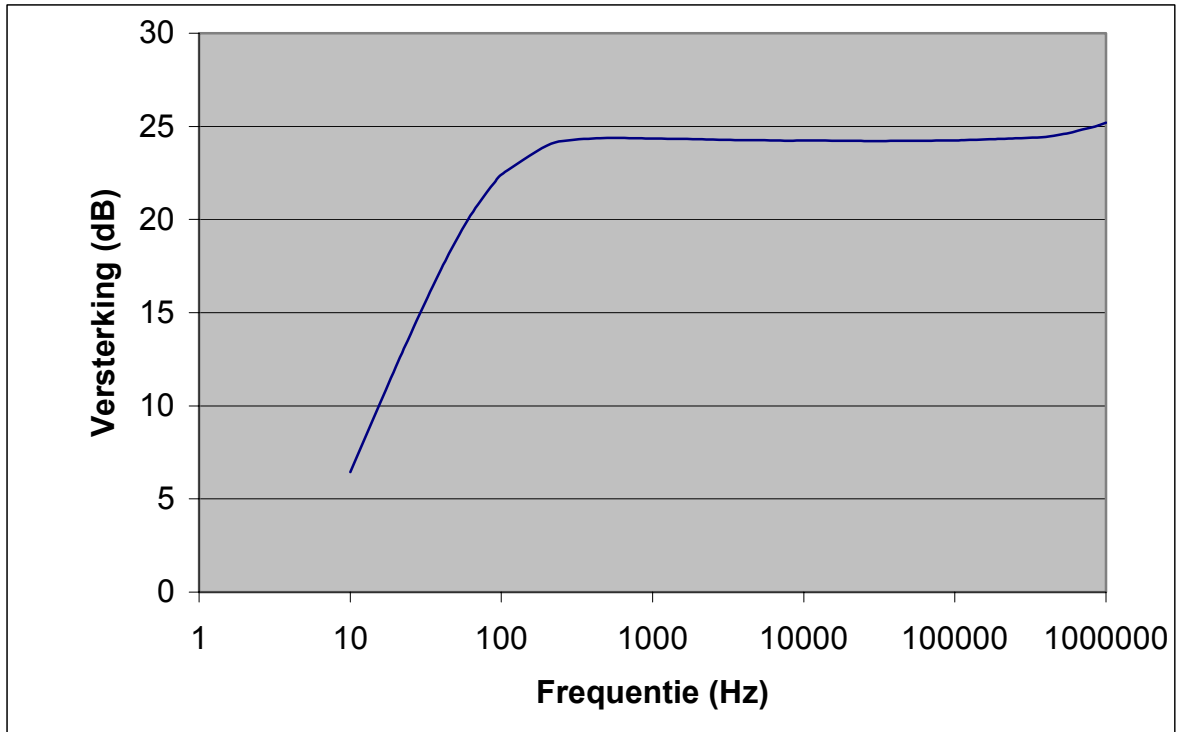
100 Ω	
Frequentie Hz	Versterking dB
10	6,444386
20	12,084521
30	15,223516
40	17,34935
50	18,859992
60	19,973903
70	20,819954
80	21,481694
90	21,993613
100	22,404896
200	23,967643
300	24,275666
400	24,349679
500	24,37071
600	24,37071
700	24,360201
800	24,354941
900	24,349679
1000	24,344413
2000	24,302172
3000	24,280974
4000	24,265041
5000	24,249079
6000	24,243752
7000	24,243752
8000	24,227751
9000	24,238422
10000	24,238422
20000	24,217067
30000	24,21172
40000	24,217067
50000	24,217067
60000	24,227751
70000	24,227751
80000	24,238422
90000	24,238422
100000	24,243752
200000	24,318036
300000	24,37596
400000	24,4335
500000	24,562872
600000	24,690346
700000	24,840885
800000	24,944731
900000	25,057061
1000000	25,191878

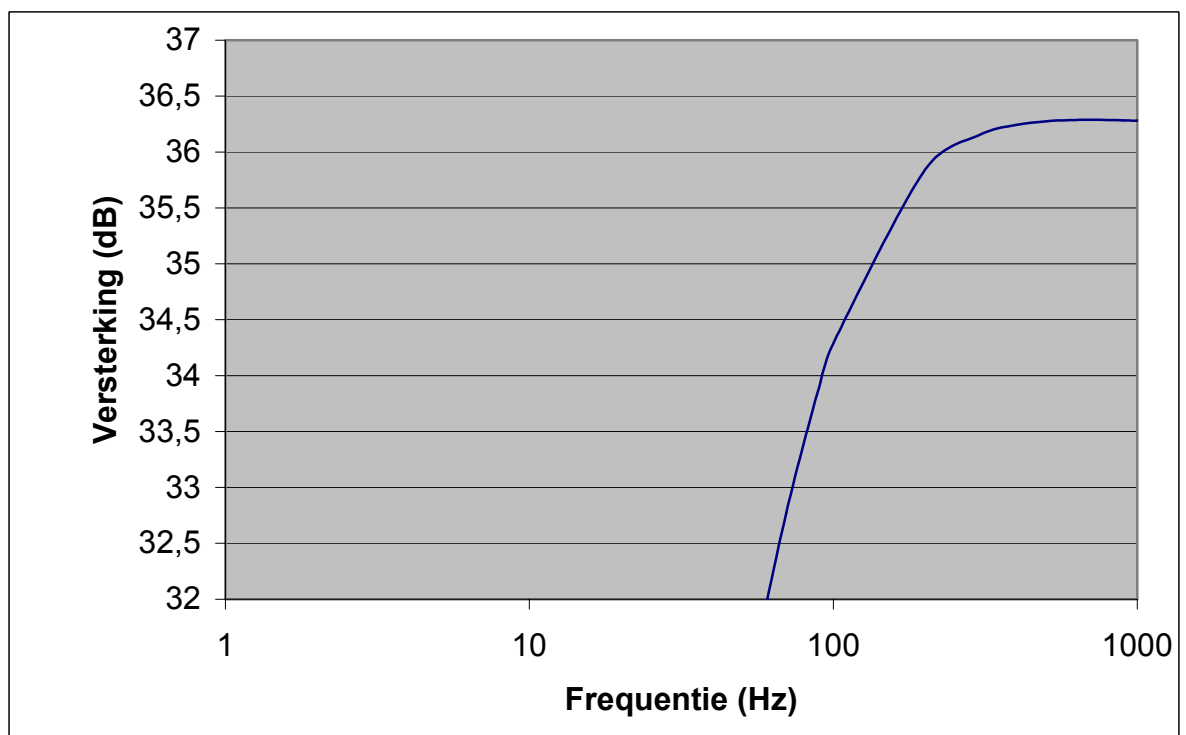
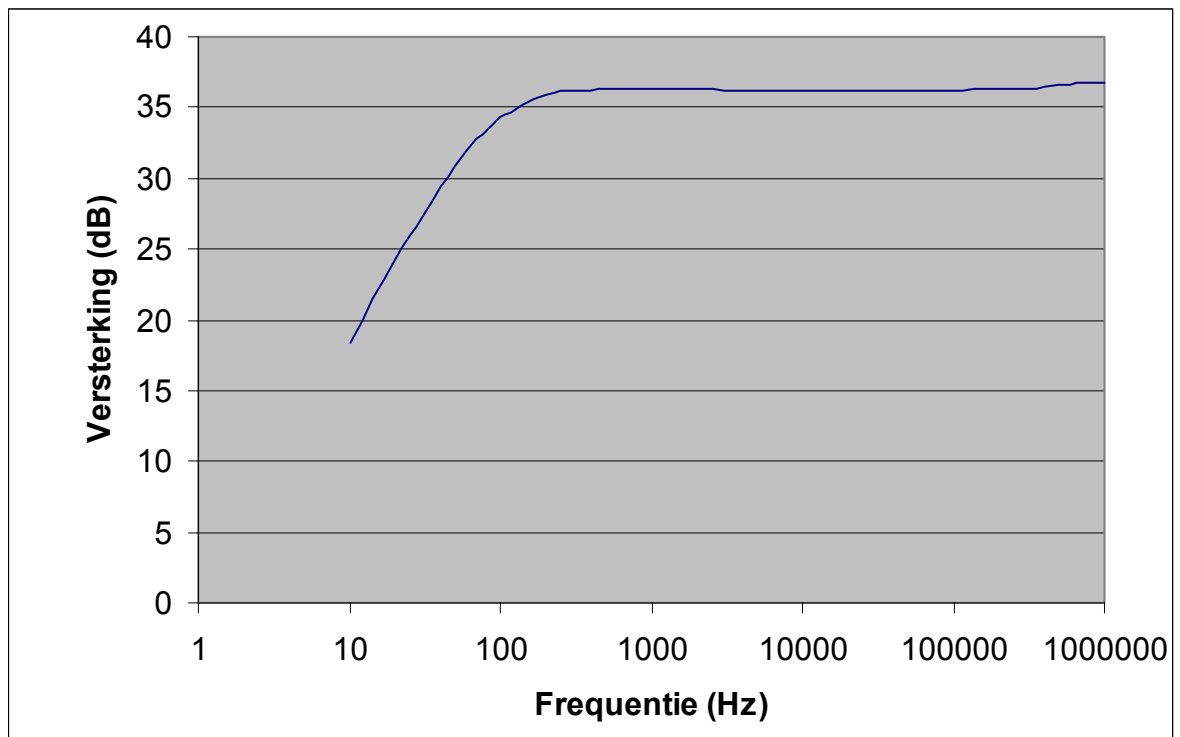
1 k Ω	
Frequentie (Hz)	Versterking (dB)
10	18,381562
20	24,104087
30	27,287267
40	29,372853
50	30,849039
60	31,940733
70	32,769785
80	33,401204
90	33,900873
100	34,289948
200	35,839424
300	36,147994
400	36,243555
500	36,272954
600	36,284952
700	36,288948
800	36,284952
900	36,28362
1000	36,280954
2000	36,264946
3000	36,251583
4000	36,240878
5000	36,23552
6000	36,228819
7000	36,226137
8000	36,222112
9000	36,222112
10000	36,218086
20000	36,214057
30000	36,211371
40000	36,211371
50000	36,208683
60000	36,214057
70000	36,212714
80000	36,216743
90000	36,219428
100000	36,223454
200000	36,276955
300000	36,363198
400000	36,442053
500000	36,546093
600000	36,629717
700000	36,711275
800000	36,7062
900000	36,693499
1000000	36,736606

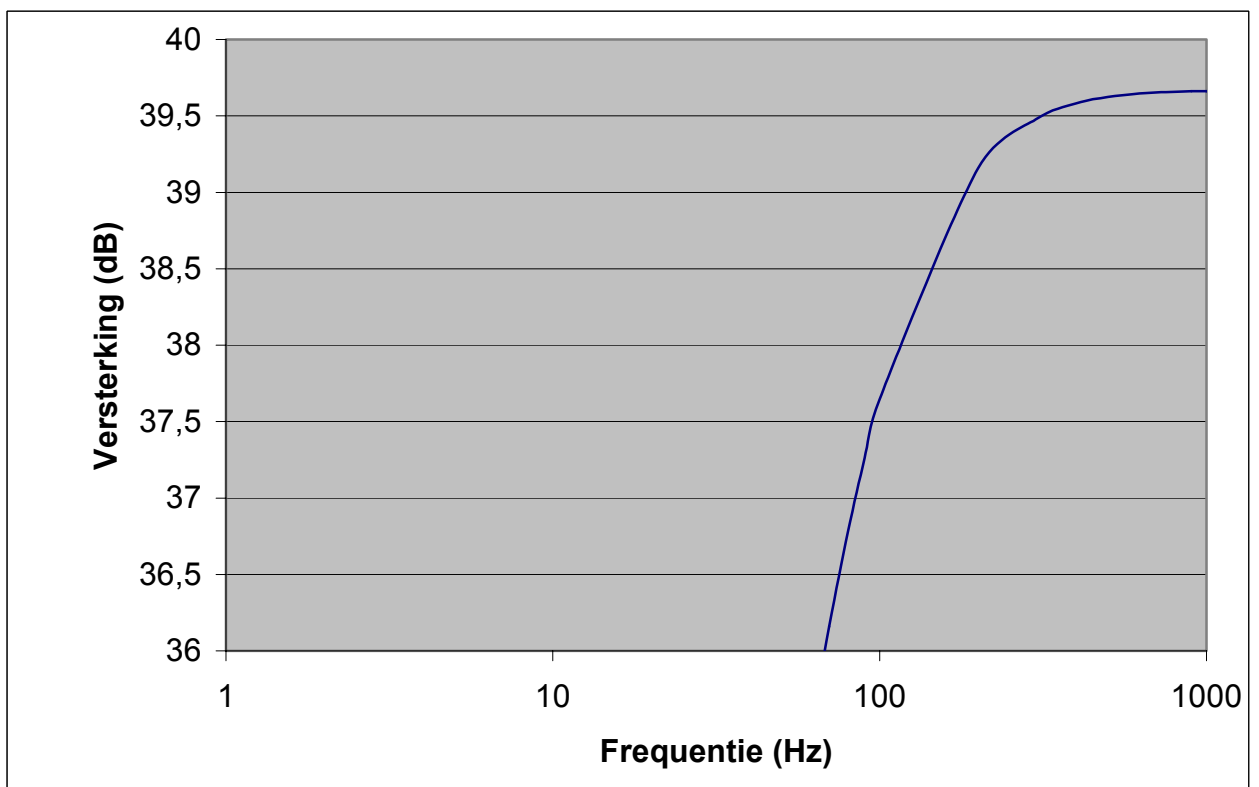
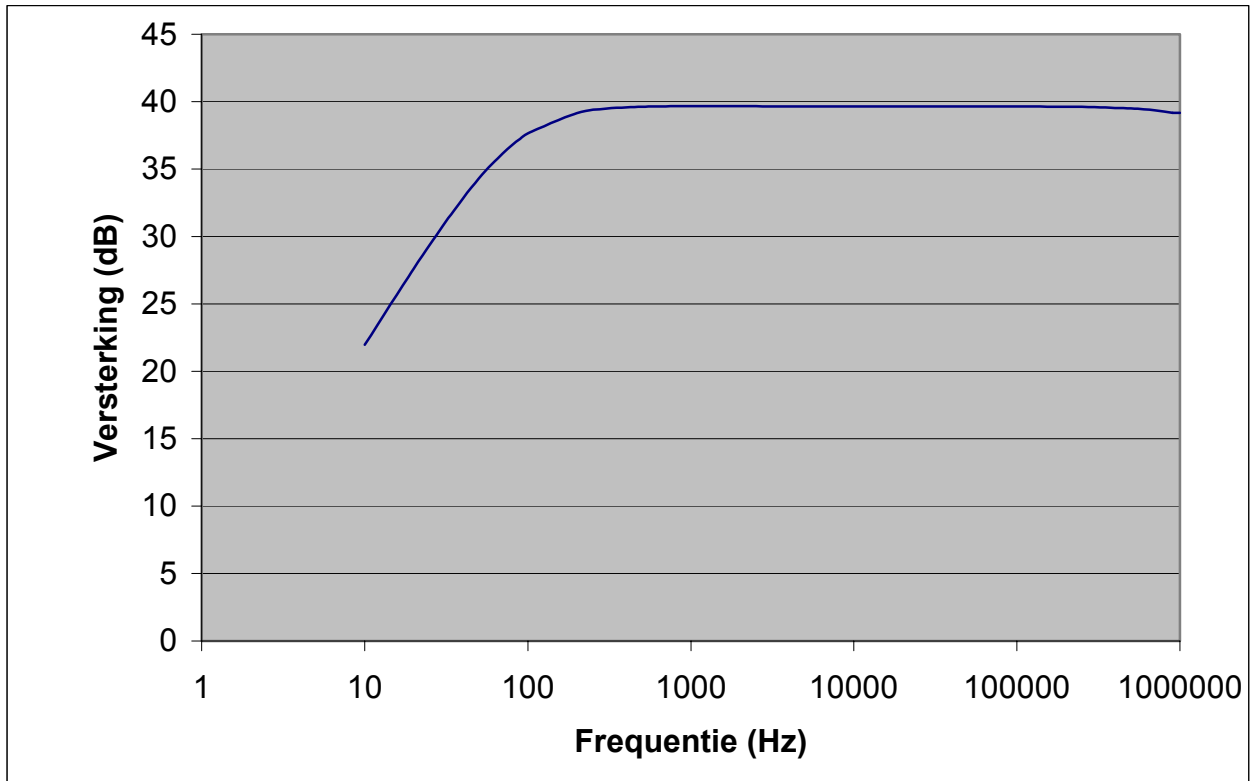
100 kΩ	
Frequentie Hz	Versterking dB
10	21,972875
20	27,615075
30	30,761416
40	32,823531
50	34,279885
60	35,349054
70	36,158814
80	36,780757
90	37,262887
100	37,645936
200	39,156933
300	39,478251
400	39,582769
500	39,623683
600	39,643615
700	39,65266
800	39,658082
900	39,660792
1000	39,660792
2000	39,660792
3000	39,656275
4000	39,653564
5000	39,650852
6000	39,649043
7000	39,648139
8000	39,646329
9000	39,648139
10000	39,648139
20000	39,650852
30000	39,651756
40000	39,648139
50000	39,645425
60000	39,646329
70000	39,645425
80000	39,643615
90000	39,64271
100000	39,639994
200000	39,620961
300000	39,594609
400000	39,537083
500000	39,492076
600000	39,427373
700000	39,369659
800000	39,254015
900000	39,179873
1000000	39,158847

C van 10 nF en 1 kΩ	
Frequentie (Hz)	Versterking (dB)
10	18,381562
20	24,09867
30	27,275999
40	29,366947
50	30,849039
60	31,936339
70	32,755797
80	33,391916
90	33,886838
100	34,288272
200	35,814146
300	36,135805
400	36,226137
500	36,259603
600	36,270285
700	36,272954
800	36,272954
900	36,27162
1000	36,270285
2000	36,248908
3000	36,227478
4000	36,207339
5000	36,185806
6000	36,161517
7000	36,133094
8000	36,103218
9000	36,070508
10000	36,036303
20000	35,535476
30000	34,821455
40000	33,991552
50000	33,12963
60000	32,270494
70000	31,436505
80000	30,655088
90000	29,913661
100000	29,211944
200000	24,006064
300000	20,407226
400000	17,729815
500000	15,692346
600000	14,014074
700000	12,506249
800000	10,980065
900000	9,455129
1000000	7,818702

9.3.2 Grafieken

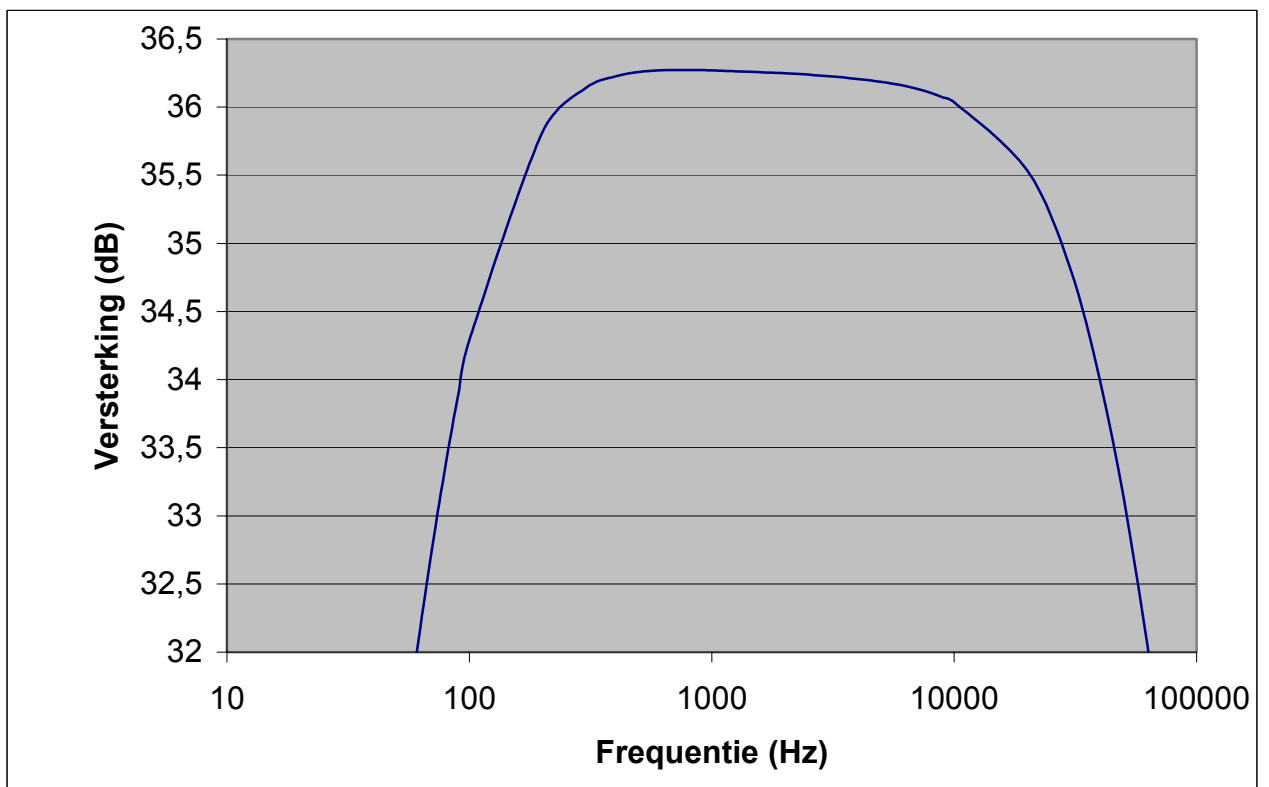
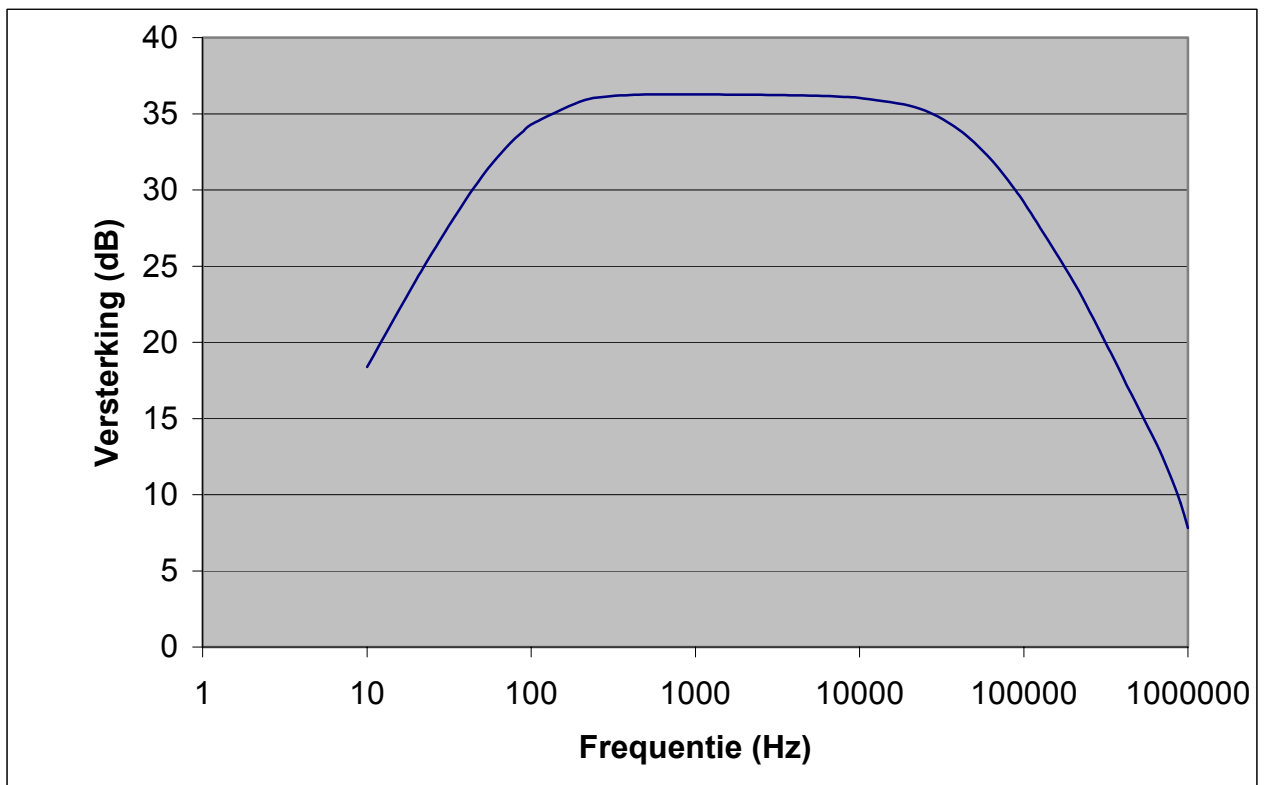
9.3.2.1 R_L is 100 Ω 

9.3.2.2 R_L is 1 K Ω 

9.3.2.3 R_L is 100 k Ω 

9.3.2.4 R_L is $1k\Omega$ en parasitaire Condensator

Over de weerstand R_L is een parasitaire condensator geschakeld van 10 nF



9.4 Meten met een oscilloscoop

9.4.1 Multimeter SEFRAM 7341

9.4.1.1 Spanningsmeting

[2] : Keuze tussen V en mV

[Blauwe knop] : Instelling tussen

1. DC : Gelijkspanningsmeting:
waarde van een constante gelijkspanning of DC-offset spanning.
2. AC : Wisselspanningsmeting :
de effectieve waarde van een sinusvormige wisselspanning.
3. AC + DC : True RMS meting :
de effectieve waarde van een wisselspanning.

Opmerking:

1. Bij AC- meting wordt eveneens de frequentie en periodeduur van het te meten signaal zichtbaar.
2. Aansluiting steeds parallel tussen COM en V.

9.4.1.2 Weerstandsmeting

[2]: Instellen tussen ohm en $LV\Omega$.

[Blauwe knop]: keuze tussen ohm en $LV\Omega$. (L=low)

-Bij $LV\Omega$ gebeurt de weerstandsmeting op een testspanning lager dan 0.5 B zodat halfgeleider componenten niet in geleiding treden.

Opm.: -Aansluiting tussen COM en V.

-Component uit de schakeling nemen, indien niet mogelijk. (Zeker de spanning uitschakelen.

9.4.1.3 Diode tester

Uittesten van een halfgeleider zoals diode en transistor.

Bij doorlaat wordt de doorlaatspanning weergegeven.

Bij sper wordt de testspanning van de meter weergegeven $U= 2.927V$

Component steeds uit de schakeling halen en aansluiten tussen COM en V.

9.4.1.4 Geleidingstester

Indrukken van de blauwe knop.

Geleidbaarheid meten tussen COM en V.

VB.: Doormeten van punten op een schakeling of munt op zoek naar fouten.

9.4.1.5 Stroommeting

[2]: Keuze tussen A en mA

[Blauwe knop]: Instellen tussen.

1. De Gelijkstroommeting:
waarde van een constante gelijkstroom of DC-offset stroom.
2. Ac wisselstroommeting :
effectieve waarde van een sinusvormige wisselstroom.
3. AC + DC True RMS meting:
Effectieve waarde van een wisselspanning.

Opmerking:

1. Bij AC-meting wordt eveneens frequentie en periodeduur van een te meten signaal zichtbaar.
2. Aansluiting steeds in serie tussen COM en mA of A.

9.4.1.6 Capaciteitsmeting

Waarde bepaling van een condensator. [2]

Component uit de schakeling halen en aansluiten tussen COM en V.

9.4.1.7 Frequentie en duty factor meting

Om de frequentie [2] of de duty factor [2 + blauwe knop] van een signaal te bepalen plaatst men het signaal tussen de COM en V.

$$F = 1/T$$

δ = duty factor

$$\delta = T_{on} / (T_{on} + T_{off})$$

$$= T_{on} / T (\times 100)$$

9.4.1.8 Temperatuursmeting

De temperatuursmeting kan slechts uitgevoerd worden d.m.v. een meetprobe en een adapter. De kamertemperatuur kan wel zonder deze accessoires worden weergegeven in °C of Fahsenheit (blauwe knop)

9.4.2 De oscilloscoop

Om wisselspanningen zichtbaar te maken zullen we nu gebruik van een oscilloscoop. Met behulp van dit meettoestel kunnen we niet alleen een idee krijgen van de vorm van dit signaal maar ook van de grootte en de periodeduur.
In de bijlage vindt men een afdruk van het frontpaneel van de Hitachi V-552 terug.

Net zoals bij een multimeter moet men eerst het meettoestel instellen om een correcte meting te kunnen uitvoeren.

Het instellen van de oscilloscoop zullen we nu stap voor stap overlopen.

Stap 1 : Spanning

[1] : Powerknop : oplichten van alle led's + automatische test.

[2] : autoset : automatische instelling van de scope.

Stap 2 : Knoppen

Alle instellingen behalve de powerknop [1], calibratieknop [H4], de focus instelling van beeldratatie [5] zijn elektronisch m.b.v. de PC opvraagbaar en instelbaar.

Stap 3 : Elektronen straal

[4] : Intensiteitsknop (lichtsterkte)

[6] : focusering (lichtscherpte)

Stap 4 : Correcte meting

[7] : -Ingedrukt houden: Omschakelen tussen analoge mode en geheugen mode.

-Korte druk : Omschakelen naar digitale mode.

Stap 5 : Basis instelling

[33-37] : Ingangen worden met ground GD verbonden.

[21] : CH-1 mode.

[22] : Dual (CH1 en CH2-mode) of X9-mode.

[25] : CH2-mode.

Stap 6 : Schaal

[20] : Schaalinstelling CH1.

[24] : Schaalinstelling CH2.

[28] : Schaalinstelling tijd.

Stap 7 : Zoeken en vastleggen van de nullijn

[13] : Regelen van de nullijn verticaal CH1.

[14] : Regelen van de nullijn verticaal CH2/

[18] : Regelen van beide nullijnen horizontaal (tijd).

De oscilloscoop is nu ingesteld zodat we kunnen overgaan naar het meten van een signaal.

Het opmeten van een signaal gebeurt opnieuw in verschillende stappen.

Stap 1 : Keuze soort signaal en kanaal

[21] : - Enkel signaal van CH1 met triggering op CH1
-Variabele calibratie van CH1.

[25] : - Enkel signaal van CH1 met triggering op CH2.
-Variabele calibratie van CH2.

[22] : -Teken van zowel CH1 en CH2.
-Teken van CH1 t.o.v. CH2.

[22 en 21] : -COP (CH1 en CH2 in stukjes kleiner of gelijk aan 50Hz) of Alt (na elkaar -HF) [23].

[22 + 25] : -Add: som van CH1 en CH2.

[32 en 33] : -Functie schakelaar AC-DC en GD voor CH1 probleemstelling

[36 en 37] : - Functie schakelaar AC-DC en GD voor CH2 probleemstelling

⇒ in de stand GND

Ingang(en) worden met de ground (GD) verbonden.

Instellen van oscilloscoop

[37] : inverteren van het signaal van CH2.

Met behulp van de potentiometer " position " kunnen we de nullijn of de tijdas van het beeld op een bepaalde horizontale rasterlijn leggen, b.v. rasterlijn 1, 2 of 3 (zie fotocopie rasterblad). Wanneer we b.v. een zuivere sinusoidale wisselspanning meten dan leggen we deze nullijn meestal op rasterlijn 2. Bij het meten van positieve potentialen wordt dit rasterlijn 1, voor negatieve potentialen op rasterlijn 3.

⇒ in de stand DC

Hier wordt reeds het **volledige signaal** (zowel DC-component als de AC-component) op het scherm getekend.

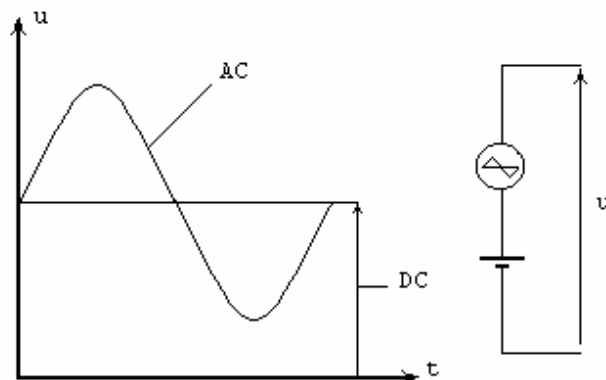


Fig. 1 : AC component gesuperponeerd op een DC componente

⇒ **In de stand AC**

Enkel de **wisselspanningscomponent** verschijnt op het scherm. De DC-component wordt geblokkeerd door een condensator.

Stap 2 : Keuze van de schaal

[20] : Omschakelaar CH1 of X-schaal v/div.

[24] : Omschakelaar CH1 of Y-schaal v/div.

[28] : Omschakelaar tijdschaal Time/div.

⇒ De **meetbereiken** voor amplitude kunnen we instellen met :

Volts/div : div=divisie verdeling.

20V – 1mV : vaste instelling via stappen

⇒ De **meetbereiken** voor frequentie kunnen we instellen met :

Time/div : div=divisie verdeling.

100s en 50 ms: vaste instelling via stappen.

Het beeldraster telt 8 divisies verticaal en 10 divisies horizontaal.

Van de Hameg HM 407 b.v. kunnen we de omschakelaar volts/div. instellen op :

1mV; 2 mV ; 5 mV ; 10 mV ; 20 mV ; 50 mV ; 100 mV ; 200 mV ; 500 mV ; 1V; 2V;
5V; 10V; 20V

Opm.: afhankelijk van probe instelling

en voor de omschakelaar time/div hebben we volgende instel mogelijkheden :

50ns ; 100ns; 200ns; 500ns; 1µs; 5µs; 10µs;20µs; 50µs; 100µs; 200µs; 500µs; 1ms;
2ms; 5ms; 10ms; 20ms; 50ms; 100ms; 200ms; 500ms; -21s; 2s; 5s; 10s; 20s; 100s

Wat is de grootst mogelijke top-tot-top waarde die we kunnen meten (aflezen) met deze sloop ?

8 div (verticaal) x 20V/div = 160V

Stap 2' : Vergroten van het signaal

[19] : -Telkens deze drukknop bediend wordt zal de functie x 10 aan of uit gaan. Indien de x 10 led oplicht, worden de signalen 10x uitgerokken slechts 1/10 van het signaal zichtbaar wordt.

[18] : -Met deze potentiometer kan het meest interessante deel van het signaal zichtbaar gemaakt worden.

Stap 3 : Triggering

Het trigger-level (level = niveau) bepaalt het startpunt van het beeld op het scherm.

Voorbeeld :

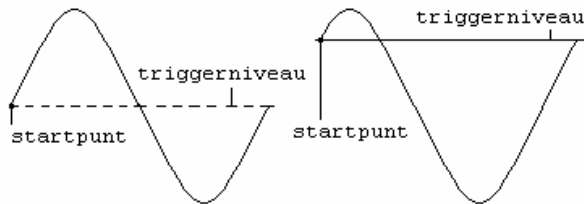


Fig. 2: triggerniveau

[17] : Met bedienen van deze knop laat je toe een andere triggerpunt in te stellen. Met triggerpunt wordt aangeduid met een pijlpunt.

[23] : Keuze van de triggerbron en de bijhorende let indicatie volgens volgende sequentie.

$I - I_2 - \text{Ext.} - I$	in dual en ADD - mode
$I - \text{Ext} - I$	indien enkel CH1 aanwezig is
$I_2 - \text{Ext} - I_2$	indien enkel CH2 aanwezig is.

[26] : Keuze van de triggermode

AC: DC inhoud wordt genegeerd

DC: DC inhoud is actief

HF: HDF snijdt frequenties beneden de 50 kHz af.

LF: LDF snijdt frequentis boven de 1.5 kHz af

TVF: TV signalen; raster impuls triggering

Sin : lijn */ net triggering

[15] : Keuze van de helling (positieve of negatieve flank)

Overschakelen van automatisch (peikwaarde) naar normale triggering (NM) en omgekeerd.

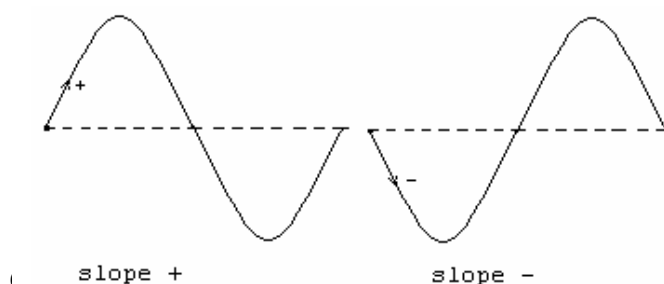


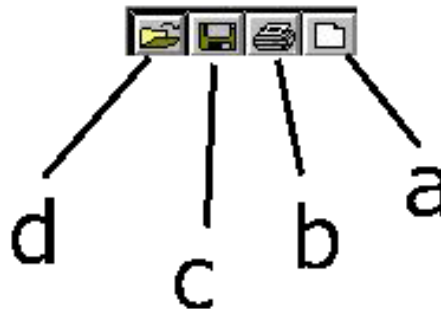
Fig. 3: positieve of negatieve periode

Een oscilloscoop is een V-meter die telkens meet t.o.v. het massaniveau PAS OP VOOR KORTSLUITINGEN.

Extra :

Hoe kan ik oscilloscoop beelden inlezen op de computer en bewerken (waarden aflezen, afdrukken,...)

1. Nodig : programma SP 107^e
2. Oscilloscoop in digitale mode
3. Verbinding COM2 m.b.v. config
4. -Inlezen van de waarde van de oscilloscoop: Read
 -Instellen van de waarde van de oscilloscoop : Set
 -Inlezen + instellen van de waarde van de oscilloscoop : SET/Read
5. a. : Schrijven van een extra informatie
 b. : Afdrukken oscillogram + tekst
 c. : Opslaan van oscillogram
 d. : Openen van een opgeslagen oscillogram



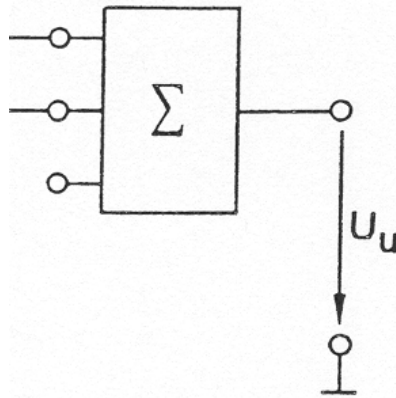
6. - Channels is informatie over CH1 en CH2.
 -Automeasurement is informatie over automatische meetresultaten
 -Intens is informatie over intensiteit van het beeld
 -dt is informatie over cursor
 -Storage is informatie over opslaan van oscillogram in het geheugen van de oscilloscoop.
 -Trigger is informatie over de triggering
 -Time base is informatie over tijdsinstelling van de oscilloscoop.

9.5 Schema van sommatoren en vermenigvuldiger

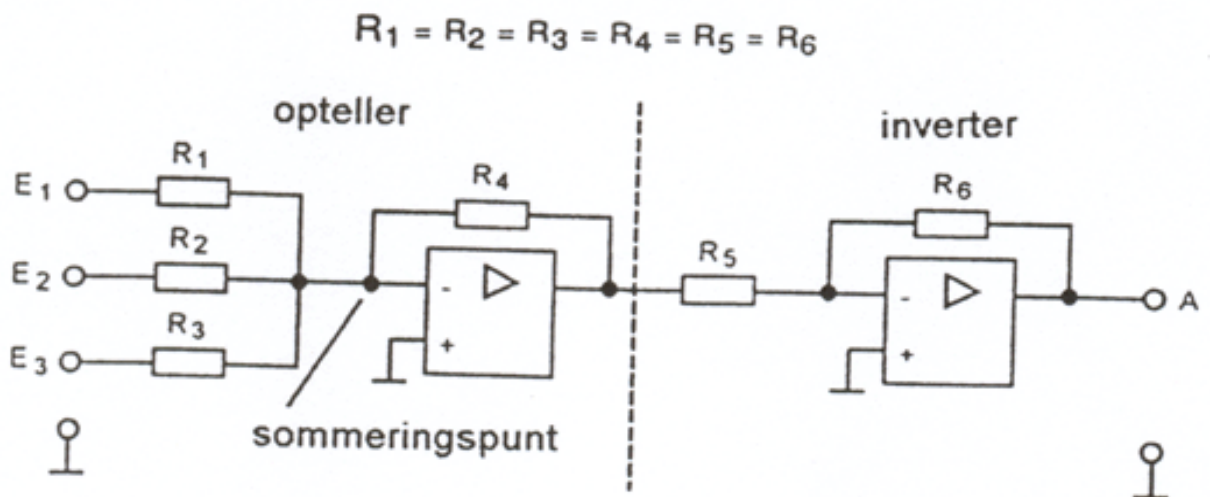
9.5.1 de sommatoren

Een kring waarmee de som van twee of meer ingangssignalen wordt gevormd, noemt men een sommatoren. De schakeling wordt in de telecommunicatie o.a. gebruikt als:

Dit is het symbool van de sommatoren:



Dit is het prinsipschema van de sommatoren gebruikt in de labo metingen.

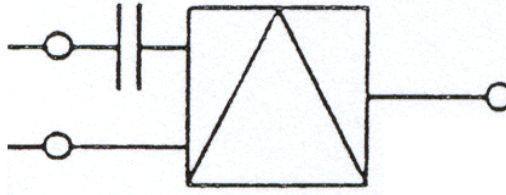


9.5.2 de vermenigvuldiger

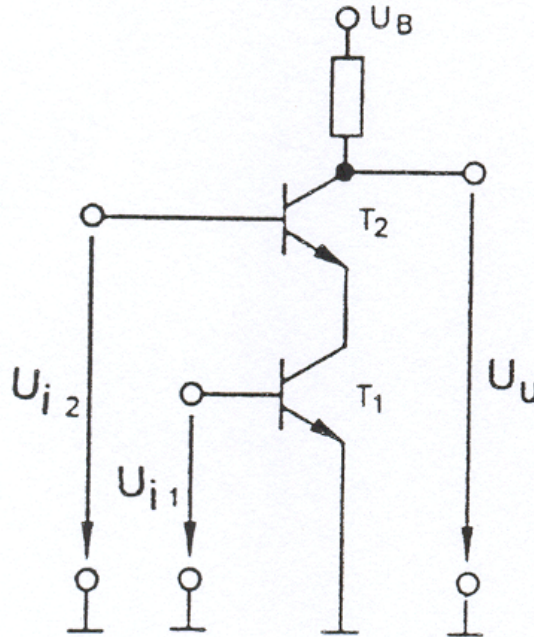
Een kring waarmee het product van twee of meer ingangssignalen wordt gevormd, noemt men een vermenigvuldiger. De schakeling wordt in de telecommunicatie o.a. gebruikt als:

- Productmodulator
- Fasecomparator
- Frequentievermenigvuldiger (x2)
- Actieve balans- of ringmodulator
- Demodulator voor coherente demodulatie

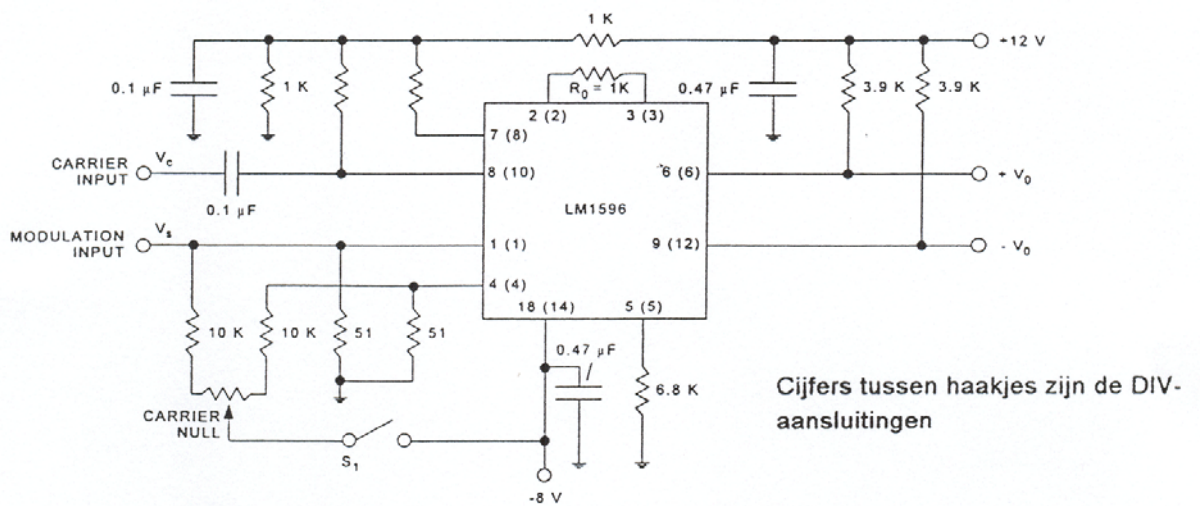
Dit is het symbool van de vermenigvuldiger:



Dit is het prinsipeschema van de vermenigvuldiger:



Dit is de effectieve schakeling van de vermenigvuldiger:



9.6 Meetresultaten van filters
 9.6.1 Laagdoorlaat filter

Laagdoorlaatfilter 1	
Frequentie (hz)	Versterking (dB)
100	-0,12834
200	-0,02900
300	-0,02029
400	-0,02610
500	-0,03772
600	-0,04936
700	-0,06685
800	-0,07561
900	-0,09022
1000	-0,09900
1100	-0,10486
1200	-0,11072
1300	-0,11072
1400	-0,11072
1500	-0,10779
1600	-0,10486
1700	-0,10779
1800	-0,11659
1900	-0,12834
2000	-0,14599
2100	-0,17253
2200	-0,19915
2300	-0,23477
2400	-0,27054
2500	-0,30645
2600	-0,34855
2700	-0,38479
2800	-0,43944
2900	-0,50977
3000	-0,61168
3100	-0,73684
3200	-0,91515
3300	-1,95269
3400	-4,41288
3500	-8,48778
3600	-15,22403
3700	-22,70978
3800	-31,18287
3900	-42,52584

Laagdoorlaatfilter 2	
frequentie	Versterking (dB)
2500	-0,07853
2600	-0,18730
2700	-0,33349
2800	-0,51591
2900	-0,74315
3000	-1,03174
3100	-1,37084
3200	-1,76265
3300	-2,20277
3400	-2,69792
3500	-3,23982
3600	-3,82228
3700	-4,43698
3800	-5,09694
3900	-5,76217
4000	-6,44360
4100	-7,13490
4200	-7,83447
4300	-8,53638
4400	-9,23858
4500	-9,93781
4600	-10,63305
4700	-11,32247
4800	-12,00307
4900	-12,67652
5000	-13,34316
5100	-13,99534
5200	-14,63468
5300	-15,26926
5400	-15,89591
5500	-16,50137
5600	-17,10229
5700	-17,69667
5800	-18,27518
5900	-18,84161
6000	-19,39610
6100	-19,93941
6200	-20,46383
6300	-20,97325
6400	-21,46972
6500	-21,96720
6600	-22,45257
6700	-22,93415
6800	-23,41393
6900	-23,85832
7000	-24,29340
7100	-24,73194
7200	-25,14759
7300	-25,55336
7400	-25,94737

9.6.2 Banddoorlaatfilter

Meetresultaten:

Frequentie (Hz)	Versterking (dB)
10000	-14,56936
10500	-13,29218
11000	-12,03888
11500	-10,81014
12000	-9,60519
12500	-8,42492
13000	-7,27158
13500	-6,14835
14000	-5,05954
14500	-4,00951
15000	-2,99525
15500	-2,03647
16000	-1,14001
16500	-0,32146
17000	0,42103
17500	1,07181
18000	1,62214
18500	2,05553
19000	2,37631
19500	2,57445
20000	2,64519
20500	2,59595
21000	2,42682
21500	2,14420
22000	1,76272
22500	1,28167
23000	0,7326
23500	0,10647
24000	-0,56830
24500	-1,29321
25000	-2,04746
25500	-2,84130
26000	-3,63548
26500	-4,45823
27000	-5,28004
27500	-6,10556
28000	-6,93125
28500	-7,75634
29000	-8,57048
29500	-9,38150
30000	-10,18398

10 Logboeken

10.1 Logboek Tomas

datum	Duur	Taakomschrijving
4/09/2002	1:30:00	Zoeken van informatie en kiezen van een onderwerp
12/10/2002	1:00:00	Zoeken van informatie op het net om een inhoudsopgave
4/11/2002	0:04:12	Afspreken i.v.m. samenkomst woensdag en bibliotheekbezoek .
6/11/2002	2:00:00	Het opmaken van een tekst deel voor de GIP (elektromagnetische golven)
6/11/2002	5:20:22	Samenkomst bij Joren: maken van inhoudstafel, samenleggen van informatie en schrijven van onderdelen van de GIP
14/11/2002	0:27:51	Bespreken en verbeteren van de tijdelijke versie van de GIP met Dhr Boterberg.
16/12/2002	00:04:03	Afspreken om naar bib te gaan
20/12/2002	5:27:53	Bezoek aan de Bib van de hogeschool in Oostende.
26/12/2002	0:02:55	Afspreken samenkomst bij mij
19/01/2003	6:08:09	Verder werken GIP o.a. inleiding schrijven in engels, modulatie verder werken
25/01/2003	1:30:00	Doornemen en verwerken van informatie voor de GIP
12/02/2003	2:09:36	Uitmeten van 3 filters en maken van excell grafiek over de metingen
19/02/2003	2:35:07	labo over sommator, vermenigvuldigers, ...
19/02/2003	0:30:30	Inscannen van de meting figuren
20/02/2003	0:47:21	Inscannen van meetopstellingen , en inpassen in de GIP
23/02/2003	2:33:32	samenkomst bij Joren, verwerking van de labo's verdelen van de verdere taken, strategie bespreken
26/02/2003	2:37:31	Meting op modulatie diepte. Uitleg over fouten die in onze GIP zaten door Dhr. Boterberge waarvoor dank.
4/03/2003	3:52:17	We gingen metingen doen op school maar er was geen elektriciteit dan zijn we naar Joren gegaan en het stuk over vermogenverdeling bij AM verder uitgewerkt, aan de lay-out gewerkt, besproken wat we nog gingen doen, ...
7/03/2003	5:54:19	Labo metingen op school: Metingen op AM modulatie en demodulatie, FM modulatie en demodulatie en de frequentiespectra van de verschillende AM modulatie en demodulatie methoden
17/04/2003	0:30:55	Inleiding GIP schrijven
7/05/2003	4:30:52	Labo meting op versterker (transistor in GES)
14/05/2003	4:20:32	Meting op de bandbreedte van een versterker, samen met dhr Boterberge
21/05/2003	4:10:31	Verbeteringen aanbrengen in zowel structuur van de GIP en aan de tekst
23/05/2003	2:11:03	stuk over modulatie afwerken
24/05/2003	6:11:03	Verbeteringen aanbrengen, uitbreidingen, bronnen, dankwoord,
25/05/2003	3:30:00	Het stuk Fourier Analyse maken.
28/05/2003	4:55:11	Informatie zoeken op het web i.v.m. luidsprekers en antennes en schrijven tekst over Luidsprekers en beginnen schrijven stuk antennes tezamen met Dhr. Boterberge in school.
29/05/2003	3:15:54	Logboek afwerken, betere informatie zoeken over antennes.
30/05/2003	5:02:25	Antennes afwerken, overlezen GIP, besluit schrijven.

10.2 Logboek Joren

datum	Duur	Taakomschrijving
2/09/2002	2:29:50	Zoeken van informatie en kiezen van onderwerp
6/09/2002	1:20:36	verder opzoeken van informatie
4/10/2002	8:31:14	maken van een logboek in asp (active server pages) met een Access database.
7/10/2002	0:21:16	zoeken van informatie vooral elektronische schema's van fm-am ontvangers
8/10/2002	1:34:20	verder werken aan dit logboek (cookies, paspoortbeveiliging)
12/10/2002	0:36:39	Zoeken van schema's
22/10/2002	5:50:34	maken van de rest van de website over het eindwerk (nieuws, links + db-ontwerp)
4/11/2002	0:04:12	Afspreken i.v.m. samenkomst woensdag en bibliotheekbezoek .
6/11/2002	5:20:22	Samenkomst bij Joren: maken van inhoudsopgave, samenleggen van informatie en schrijven van onderdelen van de GIP
7/11/2002	0:09:42	Afdrukken GIP
14/11/2002	0:27:51	Bespreken en verbeteren van de tijdelijke versie van de GIP met Dhr Boterberg.
16/11/2002	1:50:40	Ik ben vanmorgen naar mijn buur geweest om wat informatie. Hij studeert graduaat elektronica. En heb nog wat informatie gezocht op het Internet en gevonden om de fouten die Dhr. Boterberg heeft gevonden te kunnen verbeteren.
17/11/2002	1:14:01	verder verbeteren en aanvullen van tekst.
16/12/2002	00:04:03	Afspreken om naar bib te gaan
20/12/2002	5:27:53	Bezoek aan de Bib van de hogeschool in Oostende.
26/12/2002	0:02:55	Afspreken samenkomst bij Tomas
11/01/2003	0:54:29	Schrijven aan een stukje over AM demodulatie
14/01/2003	1:55:04	Verder schrijven aan het stuk over AM modulatie
19/01/2003	6:08:09	Verder werken GIP o.a. inleiding schrijven in engels, modulatie verder werken
19/01/2003	0:50:45	Afwerken van de inleiding in het Frans
22/01/2003	0:13:17	Verbeteren van de inleiding in het Frans.
23/01/2003	0:18:18	Verbeteren van de Nederlandse en Engelse inleiding
28/01/2003	2:36:49	Cursus in KHBO-Oostende over radiocommunicatie
12/02/2003	2:09:36	Uitmeten van 3 filters en maken van excell grafiek over de metingen
12/02/2003	0:26:05	Verder afwerken van de lay-out van de grafieken
14/02/2003	0:43:48	Schrijven over het deel over vermogensversterking in decibel
16/02/2003	0:24:15	Verder werken aan het deel over vermogenversterking in dB
19/02/2003	2:35:07	labo over optelers, vermenigvuldigers, ...
23/02/2003	2:33:32	samenkomst bij Joren, verwerking van de labo's verdelen van de verdere taken, strategie bespreken
25/02/2003	1:46:23	verwerken van de meetresultaten van vorige week i.v.m modulatie, afprinten GIP om morgen te geven aan dhr. Boterberge opmaak GIP verbeteren.
26/02/2003	2:37:31	Meting op modulatiediepte. Uitleg over fouten die in onze GIP zaten door dhr. Boterberge waarvoor dank.
26/02/2003	1:11:16	Verwerking meetresultaten en verbeteringen aanbrengen. Vooral aan het stuk over SSB

datum	Duur	Taakomschrijving
4/03/2003	2:52:17	We gingen metingen doen op school maar er was geen elektriciteit dan zijn we naar Joren gegaan en het stuk over vermogenverdeling bij AM verder uitgewerkt, aan de lay-out gewerkt, besproken wat we nog gingen doen, ...
7/03/2003	5:54:19	Labo metingen op school: Metingen op AM modulatie en demodulatie, FM modulatie en demodulatie en de frequentiespectra van de verschillende AM modulatie en demodulatie methoden
15/03/2003	0:50:52	Het stuk over 'aanpassing' uitschrijven en de ingescande figuren inpassen
10/03/2003	0:50:19	Inscannen figuren in verband met aanpassing
19/04/2003	0:30:45	Herwerken van het deel over ruis: verschil tussen witte en roze ruis duidelijker gemaakt
13/05/2003	2:40:48	stuk over dc instelling van transistor schrijven (versterking)
14/05/2003	4:20:32	Meting op de bandbreedte van een versterker, samen met Dhr. Boterberge
21/05/2003	4:10:31	Verbeteringen aanbrengen in zowel structuur van de GIP en aan de tekst
23/05/2003	2:11:03	stuk over modulatie afwerken
24/05/2003	6:11:03	Verbeteringen aanbrengen, uitbreidingen, bronnen, dankwoord,
28/05/2003	4:55:11	Stuk PM en FM bijwerken en uitbreiden, onder begeleiding van Dhr. Boterberge in school.
29/08/2003	6:36:12	Verder werken aan stuk over filters en versterkers.
30/08/2003	10:54:49	De volledige GIP afwerken: hier en daar iets bijvoegen, filters afwerken, versterkers afwerken, figuren nummeren,...
31/08/2003	2:15:56	GIP afprinten, lezen en verbeteren en daarna laten inbinden.

11 Bronnen

11.1 boeken

Analoge technieken: versterkerschakelingen met bipolaire en unipolaire transistoren
Cuppens j. Saeys H. isbn: 90 6200 474 1

Digitale technieken: opleiding elektronica voor testers deel 2
Jan poelaert
Isbn

Telecommunicatie 1
Tony Vandeborn onder redactie van H. Saeys isbn: 90 6200 834 8

Basiskursus elektronica: boekdeel 4 de modulatie en de demodulatie.
Centrum voor transmissie en elektronica

Ruis door Jan Genou cursus analoge elektronica voor de katholieke hogeschool limburg
departement industriële wetenschappen en technologie

Analog modulation door Timothy X Brown Olivera Notaros, Nishant Jadhav
Voor de University of Colorado, Boulder

Frequency Modulation (FM), Generation and detection door Prof. Gabriel M. Rebeiz
Voor de University of Michigan

FM Demodulation door Dr. Murad Hizlan voor de Cleveland State University

Navy Electricity and Electronics Training Series Module 12: Modulation

Modulatie Theorie door Andree Toonk en Bart Lubberdink, Hogeschool van Utrecht.

Modulatoren en modulatie methoden door D. van Belzen voor de hogeschool van Eindhoven

Elektronica 2^e jaar door Johan decock, cursus graduaat van Katho departement VHTI

11.2 internetlinks

www.epanorama.net

www.howstuffworks.com

http://www.thelinuxreview.com/howto/intro_to_networking/c4014.htm

<http://www.howstuffworks.com/radio5.htm>

http://nl.wikipedia.org/wiki/Fourier_analyse

<http://www.tetech.nl/begripAP.htm>

<http://www.ham-radio.nl/modulatie.htm>

<http://www.nozema.nl/radiotv/Ontvangst.html>

<http://www.kyes.com/antenna/dipole.html>

12 Dankwoord

Tot slot van onze geïntegreerde proef willen wij nog een bijzonder woord van dank richten aan de mensen die ons geholpen en begeleid hebben. Zonder hen zou het onmogelijk geweest zijn om deze opdracht tot een succesvol einde te brengen.

Eerst en vooral willen wij onze mentor Dhr. Boterberge danken. Hij heeft ongelooflijk veel van zijn tijd in dit project gestoken. Hij heeft talloze metingen begeleid, de fouten in ons eindwerk aangewezen, ons verder geholpen toen we vast kwamen te zitten met een of ander onderwerp,...

Gert Wittouck zijn wij ook erg dankbaar omdat hij ons zijn cursussen van elektronica heeft uitgeleend en er uitleg heeft bij gegeven. Met name in het hoofdstuk filters hebben wij dit goed kunnen gebruiken.

Het VTI van Torhout om het mogen gebruiken van de meetapparatuur, de computers, de internetverbinding, ... Zonder het VTI hadden we geen enkele labo meting kunnen uitvoeren.

Onze ouders die zich achter ons geschaard hebben, omdat zij ons ook dit keer de kansen en mogelijkheden hebben gegeven om dit te kunnen maken. Het hoeft geen betoog dat wij hen daar bijzonder dankbaar voor zijn.