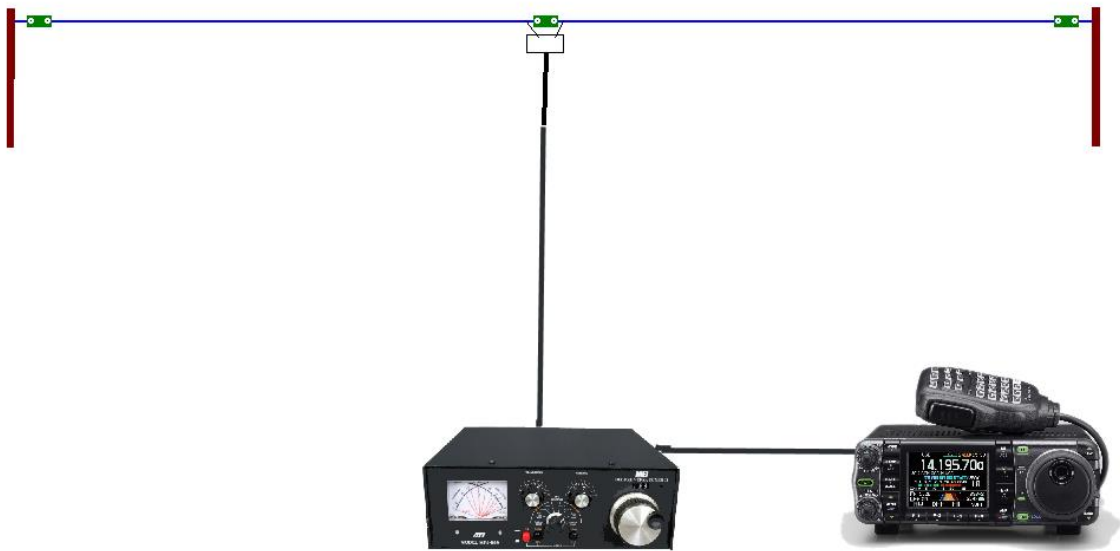


# Uitwerking exameneisen examen Zendamateurb N/F

---

*Op basis van exameneisen versie 30 juli 2010, referentie 944a.v1/944b.v1*

*Door Robert Elsinga, PC5E*



*Versie 1.02 d.d.08-03-2015*

[bewust lege pagina]

## Inhoudsopgave

|                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| Inhoudsopgave .....                                               | 3  |
| Inleiding .....                                                   | 6  |
| Doel van deze uitwerking .....                                    | 6  |
| Doelgroep .....                                                   | 6  |
| Opbouw, onderscheid N en F .....                                  | 6  |
| Gebruikte bronnen .....                                           | 6  |
| Copyright, verspreiding, gebruik en zo.....                       | 7  |
| Benodigde vaardigheden.....                                       | 7  |
| 1    Elektriciteitsleer, elektromagnetisme en radio theorie ..... | 9  |
| 1.1    Stroomgeleiding .....                                      | 9  |
| 1.2    Bronnen .....                                              | 10 |
| 1.3    Elektrisch veld.....                                       | 11 |
| 1.4    Magnetisch veld .....                                      | 11 |
| 1.5    Elektromagnetisch veld / radiogolven.....                  | 11 |
| 1.6    Sinusvormige signalen .....                                | 12 |
| 1.7    Niet sinusvormige signalen, .....                          | 13 |
| 1.8    Gemoduleerde signalen .....                                | 14 |
| 1.9    Vermogen en energie .....                                  | 17 |
| 1.10    Digitalisering van analoge signalen .....                 | 18 |
| 2    Componenten.....                                             | 21 |
| 2.1    Weerstand .....                                            | 21 |
| 2.2    Condensator .....                                          | 22 |
| 2.3    Spoel.....                                                 | 23 |
| 2.4    Toepassing en gebruik van transformatoren .....            | 24 |
| 2.5    Diode .....                                                | 24 |
| 2.6    Transistor.....                                            | 25 |
| 2.7    Overige componenten.....                                   | 28 |
| 3    Schakelingen.....                                            | 31 |
| 3.1    Combinatie van componenten .....                           | 31 |
| 3.2    Analoge filters.....                                       | 32 |
| 3.3    Voeding.....                                               | 37 |
| 3.4    Versterker .....                                           | 39 |

|      |                                                                    |    |
|------|--------------------------------------------------------------------|----|
| 3.5  | Detector.....                                                      | 41 |
| 3.6  | Oscilator .....                                                    | 43 |
| 3.7  | Phase Locked Loop (PLL) .....                                      | 44 |
| 3.8  | Mengtrap.....                                                      | 44 |
| 3.9  | Digitale signaalverwerking .....                                   | 45 |
| 4    | Ontvangers .....                                                   | 47 |
| 4.1  | Uitvoering.....                                                    | 47 |
| 4.2  | Blokschema's.....                                                  | 47 |
| 4.3  | Werking en functies van de volgende schakelingen [blokschema]..... | 49 |
| 4.4  | Ontvangerspecificaties .....                                       | 51 |
| 4.5  | Voorbeeld ontvanger.....                                           | 52 |
| 5    | Zenders .....                                                      | 55 |
| 5.1  | Uitvoering.....                                                    | 55 |
| 5.2  | Blokschema's.....                                                  | 55 |
| 5.3  | Werking en functie van de volgende schakelingen [n] .....          | 57 |
| 5.4  | Zenderspecificaties.....                                           | 58 |
| 6    | Antennes en transmissielijnen .....                                | 60 |
| 6.1  | Antennetypen.....                                                  | 60 |
| 6.2  | Antenne-eigenschappen .....                                        | 62 |
| 6.3  | Transmissielijnen.....                                             | 64 |
| 7    | Propagatie en frequentiespectrum .....                             | 67 |
| 7.1  | Algemeen.....                                                      | 67 |
| 7.2  | HF.....                                                            | 68 |
| 7.3  | VHF en hoger.....                                                  | 70 |
| 8    | Metingen .....                                                     | 72 |
| 8.1  | Metten .....                                                       | 72 |
| 8.2  | Meetinstrumenten .....                                             | 73 |
| 9    | Storing en immuniteit.....                                         | 75 |
| 9.1  | Storing in elektronische apparatuur.....                           | 75 |
| 9.2  | Oorzaak van de storing in elektronische apparatuur .....           | 75 |
| 9.3  | Maatregelen tegen storing.....                                     | 76 |
| 10   | Veiligheid.....                                                    | 77 |
| 10.1 | Het menselijk lichaam .....                                        | 77 |
| 10.2 | Netvoeding .....                                                   | 77 |

|      |                                                                                      |     |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 10.3 | Hoge spanningen .....                                                                | 78  |
| 10.4 | Bliksemontlading .....                                                               | 78  |
| 10.5 | Opstelling.....                                                                      | 78  |
| 11   | Nationale en internationale gebruisregels en procedures.....                         | 80  |
| 12   | Nationale en internationale regelgeving amateurdienst en amateursatellietdienst..... | 82  |
| 13   | Gedragsregels.....                                                                   | 85  |
| 13.1 | Maatschappelijke verantwoordelijkheden van de radiozendamateur .....                 | 85  |
| 13.2 | Operationele vaardigheden.....                                                       | 85  |
|      | Niet tot het examen behorende stof .....                                             | 86  |
|      | Amateurbanden met zijn eigenschappen .....                                           | 86  |
|      | Klasse van uitzending .....                                                          | 87  |
|      | RST.....                                                                             | 88  |
|      | Uitgebreide inhoudsopgave .....                                                      | 90  |
|      | Trefwoordenregister .....                                                            | 105 |

## Inleiding

Na jarenlang gekriebel heb ik begin 2012 besloten toch maar eens examen voor zendamateur (F) te gaan doen. Ik heb daarvoor in eerste instantie de Digitale Leeromgeving Zend Amateur (DLZA) gebruikt. Ik was begonnen met een samenvatting van de stof op de DLZA, maar de structuur was me niet echt naar de zin. Ik heb als alternatief de toen geldige exameneisen uitgewerkt, in de zelfde onderverdeling als de exameneisen F. Deze boden een mooie structuur én ik wist gelijk zeker dat ik alle stof ook op papier had. Omdat de stof op de DLZA voor mij soms minder goed werd ontvangen (pun intended ☺) heb ik later ook het cursusboek van de Veron aangeschaft. De indeling van het Veron boek bleek gelijk te zijn aan die van de exameneisen en dus overeen te komen met mijn gekozen indeling. Kennelijk was mijn keuze zo slecht nog niet. ☺

## Doel van deze uitwerking

Deze uitwerking is **niet** bedoeld als vervanging van de DLZA, het Veron boek (dat telt tenslotte rond de 400 pagina's!) of een cursus bij een vereniging. Ze is bedoeld als samenvatting van de benodigde stof die je moet kennen voor het examen voor Zendamateur N/F. Dus wel alle kennis, maar niet (altijd) een (uitgebreide) uitleg.

## Doelgroep

Deze uitwerking is bedoeld voor mensen die zich voorbereiden op het examen Zendamateur N of F in Nederland. Echter, ik schreef 'm voor mijzelf en mijn voorkennis is wellicht uitgebreider dan van iemand anders (ik heb 25 jaar geleden HTS Elektro gedaan bijvoorbeeld en werk nu in de ICT, dus basiskennis van componenten en binaire getallen heb ik wel en de uitleg daar zal dus erg beknopt zijn). Maar wellicht is deze uitwerking ook voor jou nuttig en hij is gratis en voor niets, met de bijbehorende garanties: er is geen enkele garantie dat de inhoud van deze uitwerking klopt, volledig is en dat je hiermee welk examen dan ook kunt halen. You get what you pay for. =8-)

## Opbouw, onderscheid N en F

Deze uitwerking bevat zowel de examenonderwerpen voor N als voor F. De indeling is op hoofdstuk en paragraaf niveau gelijk aan de exameneisen voor F en voor examen F dienen dus alle onderwerpen bekend te zijn. De onderwerpen die voor N bekend moeten zijn, worden per onderwerp aangegeven met een [N] in de titel. De overige onderwerpen behoren voor N dus **niet** tot de examenstof. In voorkomende gevallen staan in de exameneisen voor N aanvullende (meestal gecombineerde) onderwerpen, die niet specifiek in de exameneisen F staan. Deze zijn gemarkeerd met [n] en hoeven dus formeel **alleen voor examen N** bekend te zijn. Deze onderwerpen komen overigens in de F onderwerpen meestal voor als onderdeel van een ander onderwerp, dus ze doornemen is niet erg. =8-) Omgekeerd geldt ook dat in [N] onderwerpen die ook in de F exameneisen staan soms meer dingen genoemd worden dan strikt genomen nodig zijn voor N.

N.B. sommige onderwerpen zijn dermate eenvoudig, dat alleen een formule is genoemd. Andere onderwerpen zijn complexer en bevatten een samenvatting van de kennis en bijbehorende plaatjes.

## Gebruikte bronnen

- [Digitale Leeromgeving Zend Amateurs](#), DLZA, van de [Delta-India-Golf DX club](#)
- [Veron](#), Cursusboek voor F-examen (nieuw) ([bestelnummer 525](#)) (een aanrader trouwens!)
- [FORMULE BLAD - VERON ZENDCURSUS](#) (ook [hier](#))

- [gebruikersbepalingen-amateur-frequentiegebruik.pdf](#) van [Agentschap Telecom](#)
- [Exameneisen-N.pdf](#) en [Exameneisen-F.pdf](#) van [Agentschap Telecom](#)
- [studiehulpra.pdf](#) van [Stichting radio Examens](#)
- [Vademecum over elektriciteit en elektronica](#), van ON5WIS
- Wikipedia, zowel de [Nederlandstalige](#) als de [Engelstalige](#)
- Diverse homepages van zendamateurs en anderen, o.a. [www.pa0vro.nl](#) (N-cursus)
- De examens van de afgelopen jaren
- En niet te vergeten de hulp van gebruikers op [www.zendamateur.com](#)

Vrijwel alle gebruikte teksten zijn geheel of gedeeltelijk herschreven, maar de eer gaat uiteraard naar de oorspronkelijke schrijvers. Voetnoten kunnen verwijzen naar uitgebreidere uitleg (bijvoorbeeld Wikipedia) en/of bronpagina's.

### Copyright, verspreiding, gebruik en zo

Vrijwel alle teksten zijn door mij geschreven of herschreven, maar uiteindelijk afkomstig uit boeken of van websites. Ik claim daarom niet het © te hebben van enige of alle teksten in deze uitwerking. Echter, de compilatie is geheel door mijzelf gemaakt en voor zover ik weet op deze manier ook niet eerder gemaakt. Verspreiding is toegestaan zolang dit gebeurt in zijn geheel en zonder wijzigingen, inclusief bronvermelding en versienummer. Het PDF bestand op een website plaatsen mag, maar liever zie ik dat je linkt naar de laatste versie op mijn site (zie onder). Daarmee voorkom je dat er oudere versies aangeboden worden, waarin wijzigingen niet zijn opgenomen.

Gebruik je deze uitwerking, dan stel ik een reactie op prijs: [examen@pc5e.nl](mailto:examen@pc5e.nl). Op dat mailadres zijn ook correcties, aanvullingen en suggesties welkom.

De laatste versie van deze uitwerking is te downloaden via <http://www.pc5e.nl/info/examen>.

### Benodigde vaardigheden

Buiten de genoemde kennis dient de kandidaat ook de volgende vaardigheden te hebben:

#### Grootheden van de genoemde eenheden kennen

Machten van 10, vergrotingsfactoren: kilo (k)=  $10^3$ , mega (M)=  $10^6$ , giga (G)=  $10^9$ , tera (T)=  $10^{12}$ .  
Verkleiningsfactoren: milli (m) =  $10^{-3}$ , micro ( $\mu$ )=  $10^{-6}$ , nano (n) =  $10^{-9}$  en pico (p)=  $10^{-12}$ .

Bij een opdruk met drie getallen zonder expliciet aangegeven eenheid is ook het derde getal de vermenigvuldigingsfactor (macht van 10). Dus "104" =  $10 * 10^4$ .

#### Gangbare tekensymbolen

$\mu$  = micro,  $\pi$  = pi (3.141529...),  $\lambda$  = golflengte,  $\Omega$  = weerstand en anderen die in de tekst genoemd worden.

#### Wiskundige begrippen en bewerkingen

- Optellen, aftrekken, delen, vermenigvuldigen
- Breuken, percentages
- Machten van 10, exponenten, logaritmen
- Kwadrateren, vierkantswortels
- Omgekeerde waarden (1/x)
- Interpretatie van lineaire en niet-lineaire grafieken

- Binair getallenstelsel

### Formules omzetten

Verwacht wordt dat de examenkandidaat (en dus de lezer van deze uitwerking) formules kan omzetten in een andere vorm. Bijvoorbeeld:

- $a = b * c \rightarrow b = a / c$  of  $c = a / b$
- $a = b^2 \rightarrow b = \sqrt{a}$
- $U = I * R$  en  $P = U * I \rightarrow P = I^2 * R$



# 1 Elektriciteitsleer, elektromagnetisme en radio theorie

## 1.1 Stroomgeleiding

### Geleider, halfgeleider, isolator [N]

Een geleider in de elektriciteitsleer is een materiaal of voorwerp dat elektrische stroom doorlaat en een lage weerstand vertoont, die voor praktische doeleinden verwaarloosbaar is. Alle metalen zijn geleiders. De beste, dat wil zeggen met de kleinste soortelijke weerstand, zijn zilver en koper, maar ook aluminium is een goede geleider.

Sommige stoffen worden halfgeleider genoemd, omdat hun geleidingsvermogen niet groot is, maar wel sterk temperatuurafhankelijk en/of door een speciale bewerking (dotering) beïnvloed kan worden.

Een isolator geleidt geen stroom en heeft dus een oneindige weerstand. Voorbeelden zijn glas, de meeste kunststoffen en (droog) hout.

### Stroomsterkte, spanning, weerstand [N]

De stroomsterkte is de hoeveelheid stroom ( $I$ ) die door een geleider loopt, de spanning ( $U$ ) is de "sterkte" van de elektrische energie en weerstand ( $R$ ) is de moeilijkheid waarmee de elektrische energie stroomt.

### De eenheden ampère, volt en ohm [N]

De eenheid Ampere (A) wordt gebruikt voor de hoeveelheid stroom die er loopt, de eenheid Volt (V) voor de hoeveelheid spanning die op een punt aanwezig is en de eenheid Ohm ( $\Omega$ ) voor de weerstand van een geleider.

### De wet van Ohm [N]

Spanning (Volt) = Stroom (Ampere) \* Weerstand (Ohm):

$$U = I * R$$

### De wetten van Kirchoff

Het basisprincipe van de wetten is dat er geen stroom of spanning zomaar verdwijnt of tevoorschijn komt.

#### 1e Wet van Kirchoff

In een knooppunt van een schakeling van een aantal geleiders waarin stromen lopen, vormen in het knooppunt een totaal toegevoerde gezamenlijke stroom. Vanuit dit knooppunt zal de totaal afgevoerde stroom gelijk zijn aan de totaal stroom die is aangevoerd via de verschillende geleiders.

$$\sum I = 0$$

#### 2e Wet van Kirchoff

Rond gaande in een schakeling is de som van alle EMK's (spanningsbronnen) en alle spanningsvallen NUL.

$$\sum I * R + U = 0$$

### Elektrisch vermogen [N]

Vermogen (Watt) is Spanning (Volt) maal Stroom (Ampere):

$$P = U * I$$

$$(en\ dus\ P = I^2 * R\ en\ P = \frac{U^2}{R})$$

### De eenheid Watt [N]

De eenheid Watt (W) geeft aan hoeveel energie er in een bepaalde periode gebruikt is.

### Elektrische energie, de eenheid Joule

Energie (Joule of Watt-seconde) = Vermogen (Watt) \* tijd (in seconden)

$$W = P * t$$

Joule is dus de eenheid waarin je Elektrische energie uitdrukt en gelijk aan een Watt-seconde.

### Capaciteit van een batterij

De capaciteit van een batterij wordt uitgedrukt in Ampère-uur (Ah). Als een batterij een capaciteit heeft van x Ah, kan er gedurende één uur een stroom van x ampere worden getrokken of korter of langer een grotere of lagere stroom.

$$Q = I * t$$

## 1.2 Bronnen

### Spanningsbron, EMK, kortsluitstroom, inwendige weerstand en klemspanning

Een accu/batterij heeft een inwendige weerstand,  $R_i$ . Hierdoor gaat altijd een deel van de energie in de accu/batterij zelf verloren als we een externe gebruiker aansluiten.

Als we de accu kortsluiten (een weerstand van  $0\Omega$  aansluiten dus) bepaalt de  $R_i$  de kortsluitstroom:

$$I_k = \frac{\text{bronspanning}}{R_i}$$

EMK (ElektroMotorische Kracht) = klemspanning (=belast) + verliespanning:

$$EMK = U_{\text{klem}} + U_{\text{verlies}}$$

### Serie- en parallelschakeling van spanningsbronnen [N]

Bi serieschakeling van spanningsbronnen moeten de spanningen opgeteld worden. Bij parallelschakeling van bronnen met een verschillende spanning zullen de bronnen proberen op dezelfde spanning te komen (volgens de wet van Kirchof) en de bijbehorende stroom kan fors zijn en de bronnen beschadigen.

Stroombronnen kunnen alleen parallelgeschakeld worden en de stromen moeten dan (ook volgens de wet van Kirchof) opgeteld worden.

### **Batterij [n]**

Een batterij heeft een plus en min verbinding en levert altijd gelijkspanning.

### **Lichtnet [n]**

Het Nederlandse lichtnet heeft een spanning van 230 Volt wisselspanning, met een frequentie van 50 hertz.

## **1.3 Elektrisch veld**

### **Elektrische veldsterkte, eenheid Volt per meter**

Een elektrisch veld ontstaat als er tussen twee geleiders een verschil in spanning is.

Veldsterkte ( $E$ , in V/m) = spanning ( $U$ , in V) gedeeld door afstand ( $d$ , in m)

$$E = \frac{U}{d}$$

De veldsterkte wordt dus uitgedrukt in de eenheid Volt/meter.

Een elektrisch veld kan homogeen zijn, dan lopen de veldlijnen van het elektrisch veld evenwijdig aan elkaar, of niet-homogeen, dan lopen ze dus niet parallel.

### **Afscherming van elektrische velden**

Een elektrisch veld kan worden afgeschermd door er een geleider naast/omheen te plaatsen die met de massa verbonden is. Bijvoorbeeld de buitenmantel van een coaxkabel.

## **1.4 Magnetisch veld**

### **Magnetisch veld om een stroomvoerende geleider en om een spoel**

Magnetische velden ontstaan doordat er een stroom door een draad loopt. De sterkte wordt uitgedrukt in Ampere/meter. Bij een draad loopt het magnetisch veld rondom de geleider, met de klok mee tov de stroomrichting. Omdat een spoel eigenlijk een gewonden draad is, loopt het magnetisch veld hier op dezelfde manier. Allen: door de vorm van de windingen is het magnetisch veld nu in de lengterichting van de spoel, met de stroomrichting mee.

### **Afscherming van magnetische velden**

Afschermen van een magnetisch veld gebeurt door om de ruimte een doos van geleidend materiaal aan te brengen. Hoe lager de frequentie hoe beter het materiaal moet zijn. Voor LF is dat zogenaamd mu-materiaal.

## **1.5 Elektromagnetisch veld / radiogolven**

### **Radiogolven als elektroimagnetische golven [N]**

Door een zender wordt een spanning opgewekt, die in een antenne een stroom veroorzaakt. Samen vormt dit een elektromagnetisch veld, waarbij het elektrische veld en magnetisch veld loodrecht op elkaar staan.

### De voortplantingsnelheid en het verband hiervan met de frequentie en golflengte [N]

De voortplantingsnelheid van radiogolven is 300.000km/s. De golflengte ( $\lambda$ ) is gelijk aan de voortplantingsnelheid (300.000.000 m/s) gedeeld door de frequentie (f) in Hertz:

$$\lambda = \frac{300.000.000 \frac{m}{s}}{f (hz)} = \frac{300}{f (MHz)}$$

De laatste variant is makkelijker rekenen, maar let op dat deze alleen werkt bij frequenties in MHz. N.B. bij een andere voortplantingsnelheid (bijvoorbeeld in water) is de uitkomst dus ook anders!

### Polarisatie [N]

Polarisatie is de richting van het *elektrisch* veld en bij een staafvormige/draad antenne dus gelijk aan de stand van die antenne (omdat het spanningsverschil optreedt tussen boven en onderkant van de antenne).

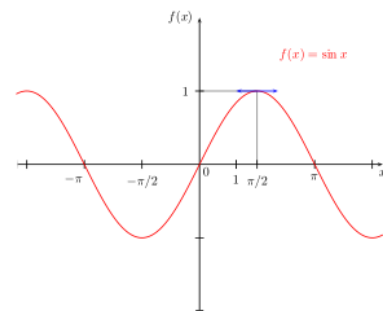
## 1.6 Sinusvormige signalen

### De grafische voorstelling in de tijd [N]

Een sinus ziet er in grafiekvorm uit als een regelmatige golf.

### Momentele waarde, amplitude, effectieve waarde en gemiddelde waarde

Op een bepaald moment geeft de grafiek een bepaalde waarde aan, dit is de momentele waarde. De maximale waarde is de waarde op een top van de sinus en noemen we de amplitude of  $U_{max}$ . De effectieve waarde van een zuiver sinusvormig signaal en dan net zoveel effect heeft als de overeenkomende gelijkspanning is:



$$U_{eff} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}}$$

De gemiddelde waarde van een zuiver sinusvormig signaal is:

$$U_{gem} = \frac{2}{\pi} * U_{max}$$

### Periode en periodeduur

Een complete periode van een sinusvormig signaal is gelijk aan een berg en een dal samen en in deze periode gaat de sinus dus 2x door de nul (1x omhoog en 1x omlaag).

### Frequentie [N]

Frequentie (MHz) = Voorplantingsnelheid (km/s, in lucht 300km/s) gedeeld door Golflente (meter):

$$freq = \frac{300}{golflengte}$$

Frequentie (Hz) = 1 gedeeld door periodetijd (sec):

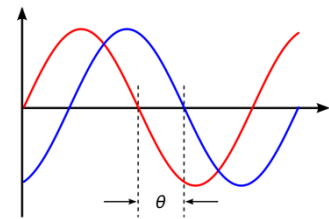
$$f = \frac{1}{T}$$

### De eenheid Hertz [N]

De eenheid Hertz geeft het aantal perioden per seconde aan, oftewel de frequentie. Meestal wordt de frequentie uitgedrukt in 1000-vouden: kilohertz, megahertz of terahertz.

### Faseverschil

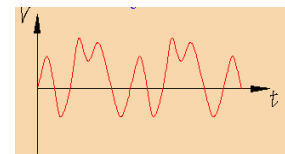
Als een grafiek van de stroom en spanning in een component niet exact gelijk lopen, dan zijn ze niet in fase en is er dus een faseverschil. Bij een weerstand zijn spanning en stroom in fase, bij condensatoren en spoelen niet. Het verschil in fase wordt de fasehoek genoemd en aangeduid met het symbool  $\theta$ .



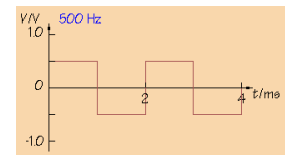
## 1.7 Niet sinusvormige signalen,

### Audio/ digitale signalen en de grafische voorstelling in de tijd [N]

Als een signaal niet exact 1 frequentie heeft, is het niet-sinusvormig. Dit kan bijvoorbeeld een audio-signaal zijn, dat wordt opgewekt door in een microfoon te praten.



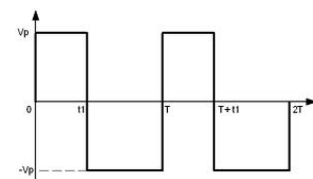
Een digitaal signaal is ook niet-sinusvormig, namelijk blokvormig. Ook een blokgolf heeft een bepaalde periode, net als een sinusvormig signaal.



Een blokgolf kan symetrisch zijn, waarbij de beide helften van een periode gelijk (maar tegengesteld) zijn, of a-symetrisch, waarbij dat niet het geval is.

### Gelijkspanningscomponent, grondgolf en zijn harmonischen

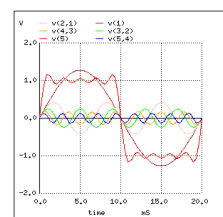
De gelijkspanningscomponent van een symetrische blokgolf is nul, omdat er boven en onder de nullijn evenveel spanning aanwezig is in de grafiek. Bij een asymetrische blokgolf is dat niet zo, hier moeten we het aantal eenheden boven en onder de nullijn met elkaar vergelijken.



De gelijkspanningscomponent/gelijkstroomcomponent is dan:

$$\text{gem. waarde} = \frac{\text{waarde boven nul} * \text{tijd boven nul} - \text{waarde onder nul} * \text{tijd onder nul}}{\text{tijd periode}}$$

Een symetrische blokgolf is ook te maken door een aantal sinusvormige signalen samen te voegen. Hierbij is de grondgolf een sinusvormig signaal met dezelfde periode als de blokgolf. De harmonischen zijn sinusvormige signalen van een oneven maal grotere frequentie/kleinere periode. Zo is een blokgolf



van 100Hz op te bouwen uit een grondgolf van 100Hz en de harmonische met frequenties van 300Hz, 500Hz, 700Hz enzovoort.

Een zender kan ook harmonische afgeven (en dat is niet de bedoeling) van  $2 \cdot f$  (2<sup>e</sup> harmonische),  $3 \cdot f$  (3<sup>e</sup> harmonische) enzovoort.

### Ruis, thermische ruis, via de antenne ontvangen ruis, ruisvermogen per Hz, ruisvermogen in de bandbreedte

Ruis wordt opgewekt in iedere component (vooral halfgeleiders) waar elektrische stroom doorheen vloeit. De ruisspanning  $U_n$  is temperatuur afhankelijk:

$$U_n = \sqrt{4 * k * T * B * R}$$

Waarbij  $k$  = constante van Boltzmann =  $1.3806 \cdot 10^{-23}$ ,  $T$  = temperatuur in Kelvin (= graden Celcius-273),  $B$  = bandbreedte in Hz en  $R$  = ohmse weerstand.

Atmosferische ruis is ruis veroorzaakt door natuurlijke verschijnselen (QRN), er is ook door de mens veroorzaakte ruis (QRM).

Het ruisvermogen per Hz bandbreedte = de constante van Boltzmann ( $k$ ) \* temperatuur (K):

$$P = k * T$$

Hierbij is de bandbreedte gelijk aan 1 Hertz.

Het maximale ruisvermogen dat een ruisbron kan afgeven is:

$$P_n = k * T * B$$

Waarbij  $k$  = constante van Boltzmann =  $1.3806 \cdot 10^{-23}$ ,  $T$  = temperatuur in Kelvin (= graden Celcius-273) en  $B$  = bandbreedte in Hz.

Aangezien het vermogen  $P = U^2/R$  is, is de ruisspanning mede afhankelijk van de belasting. Het ruisvermogen is dus **niet** afhankelijk van de weerstand!

## 1.8 Gemoduleerde signalen

Zie ook <sup>1</sup> voor een heel uitgebreide maar ook heel technische uitleg.

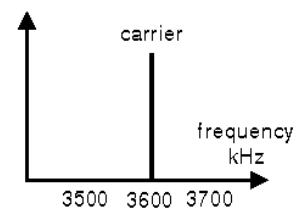
### Voor- en nadelen van [n]

Voordeel van modulatie is dat er per tijdseenheid meer informatie kan worden overgedragen.

Nadeel is dat de kans op fouten in de ontvangst toeneemt.

### CW

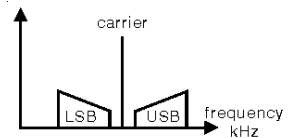
Een CW gemoduleerd signaal heeft eigenlijk geen modulatie, maar alleen een aan- of afwezige carrier. Het signaal is enkele honderden Hz breed, dus heel erg smalbandig. Alle energie van de zender wordt in de carrier gestopt.



### Amplitude modulatie [N]

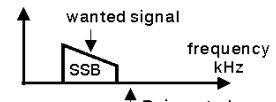
<sup>1</sup> [http://nl.wikipedia.org/wiki/Modulatie\\_\(radio\)](http://nl.wikipedia.org/wiki/Modulatie_(radio))

AM-modulatie wordt door amateurs bijna niet toegepast vanwege de relatief grote bandbreedte en omdat er 'onnodig' energie wordt gebruikt voor het uitzenden van een extra zijband en de draaggolf. Bij een AM zender is de bandbreedte twee keer zo groot als de breedte van het spraaksignaal.



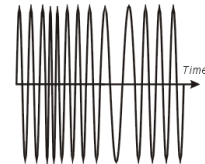
### Enkelzijbandmodulatie [N]

Bij enkelzijbandmodulatie (SSB) worden zowel de carrier als één van de zijbanden onderdrukt. Alle informatie is nog aanwezig, maar het kost veel minder energie. De carrier gebruikt bij AM modulatie de helft van het vermogen en de zijbanden elk een kwart. Door EZB te gebruiken heb je dus maar een kwart van het vermogen nodig. Nadeel is dat bij ontvangst de afstemming heel belangrijk wordt, omdat er geen carrier is als centraal punt in het signaal. De bandbreedte is even groot als de breedte van het spraaksignaal.



### Frequentiemodulatie [N]

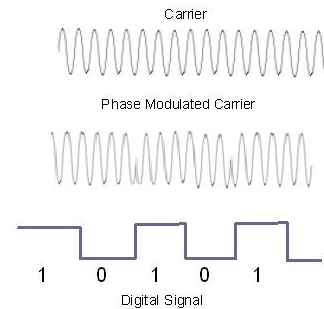
Bij FM modulatie wordt niet (zoals bij AM/SSB) met de sterkte van het signaal gemoduleerd, maar met de frequentie. Dus de frequentie van de draaggolf/carrier wisselt in het ritme van de spraak. De sterkte van het signaal is steeds gelijk.



### Fasemodulatie

Fasemodulatie lijkt op frequentiemodulatie, ook hier is de sterkte van de carrier steeds gelijk. Maar in plaats van de frequentie direct te veranderen (zoals bij FM) verandert hier de fase van de frequentie.

Qua bandbreedte is fasemodulatie gelijk aan frequentiemodulatie.



### Frequentiezwaai en modulatie-index

De frequentiezwaai geeft bij FM aan hoeveel de draaggolf van frequentie verandert per seconde, dit is ongeacht de frequentie van de spraak. De bandbreedte van een FM signaal is 2x de zwaai plus 2x de maximale frequentie van het LF signaal:

$$B = 2 * f(\text{zwaai}) + 2 * f_{\text{max}}(\text{LF})$$

De modulatie-index is de verhouding tussen de zwaai en de frequentie van het modulerende signaal:

$$m = \frac{f(\text{zwaai})}{f(\text{modulatie})}$$

### Draaggolf, zijbanden en bandbreedte [N]

Zie voorgaande paragrafen.

### Golfvormen van CW, AM, SSB/EZB en FM signalen (grafisch weergegeven)

Zie voorgaande paragrafen.

## Spectra van CW, AM, SSB/EZB en FM signalen (grafisch weergegeven)

Zie voorgaande paragrafen.

## Digitale modulatievormen: FSK, 2-PSK, 4-PSK en QAM

### FSK

FSK is de afkorting voor Frequency Shift Keying. Bij FSK worden de nullen en enen verzonden door het wisselen tussen twee frequenties (meestal met een verschil van 170Hz). Het gaat hier **niet** om tonen, maar om frequenties. Als het wel met tonen wordt gewerkt hebben we het over Audio Frequency Shift Keying, AFSK. Het voordeel van FSK ten opzicht van CW is dat er altijd een signaal aanwezig is, bij CW kan de afwezigheid van signaal ook de pauze tussen twee woorden zijn.

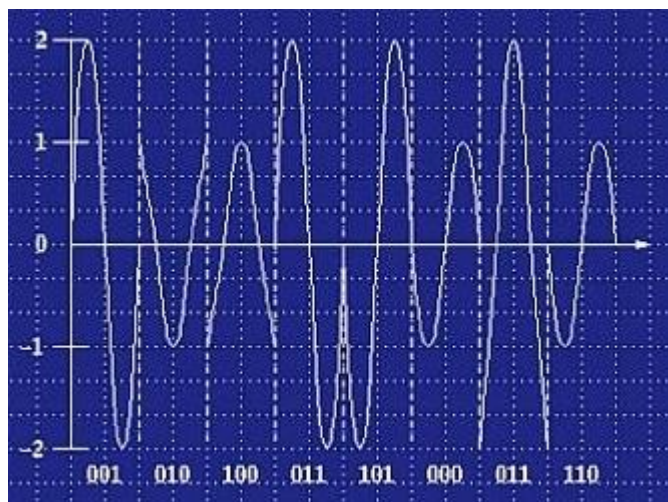
### 2-PSK, 4-PSK

PSK staat voor Phase Shift Keying. Hierbij blijft de zendfrequentie gelijk, maar verandert de fase van het sinusvormige signaal. Bij 2-PSK zijn er twee fasemogelijkheden (0 en 180 graden), bij 4-PSK zijn het er 4 (0, 90, 180 en 270 graden).

### QAM

QAM staat voor kwadratuur amplitude modulatie, in het Engels Quadrature amplitude modulation. Dit is een modulatie-techniek om digitale signalen op een analoge draaggolf te plaatsen en zo te transporteren. Bij QAM wordt gebruikgemaakt van een combinatie van amplitude- en fasemodulatie, QAM is een vorm van multilevel codering waarbij meerdere bits tegelijkertijd getransporteerd kunnen worden.

De individuele bits worden in groepjes samen gebracht, en deze bitgroep vormt een unieke combinatie van amplitude en fase, van een frequentie. Zo kan men tot QAM64 en zelfs tot QAM 256 gaan. Hoe groter de levels hoe meer data er binnen een bandbreedte kan worden overgedragen. Bij ADSL wordt er tot QAM32 gegaan maar, hoe meer data, hoe gevoeliger voor storingen en hoe preciezer het modem moet zijn.



## Digitale modulatie: bitsnelheid, symboolsnelheid (baudrate) en bandbreedte

De bitsnelheid geeft aan hoeveel bits er per seconde worden overgestuurd. De baudrate of symboolsnelheid geeft aan hoeveel symbolen (karakters) er per seconde worden verstuurd. Duurt een symbool bij telex 150ms, dan is de baudrate  $1/150\text{ms} = 6,66$  Baud.

Het aan en uit schakelen van de draaggolf produceert een boven en onderzijband. Een serie van  $x$  bits/s genereert zijbanden van  $x$  Hz, waarbij het aantal zijbanden afhangt van de stijfheid van de flanken van de pulsen en dus de stijgtijd die daarbij hoort. Is die loodrecht, dan is het aantal zijbanden oneindig. In de praktijk wordt het aantal zijbanden beperkt door de flanken van de pulsen rustig op te bouwen. Het verband tussen de bandbreedte van een digitaal signaal en de stijgtijd van de flanken is logaritmisch.



**Foutdetectie en –correctie: CRC**

Als een digitaal signaal wordt overgebracht kunnen er fouten ontstaan door externe invloeden. Om deze fouten te herkennen worden checksums oftewel Cyclic Redundancy Checks (CRS) gebruikt. Hierbij wordt voor (een deel van) een boodschap een getal berekend wat ook verzonden wordt. Klopt de CRC met de boodschap, dan is alles correct ontvangen. Zo niet, dan was er sprake van verstoring en kan om herhaling worden gevraagd.

**Packet radio, ARQ en FEC (AMTOR)**

Bij Packet Radio wordt gewerkt met een CRC per stukje data (data frame), de Frame Check Sequence (FCS). Na ontvangst en bevestiging dat de FCS klopt wordt een ACK (bevestiging) teruggestuurd en kan het volgende data frame worden verzonden. Klopt de FCS niet, dan wordt een NACK (ontkenning) gestuurd en wordt het dataframe herhaald.

AMTOR werkt met twee methoden: ARQ en FEC. Bij ARQ (mode A) wordt een dataframe alleen herhaald als het ontvangende station daarom vraagt (ACK/NACK). Bij FEC (mode B) wordt ieder karakter 2x uitgezonden, omdat er geen mogelijkheid is voor ARQ (bijvoorbeeld bij alleen ontvangers).

**1.9 Vermogen en energie****HF-uitgangsvermogen [n]**

x

**Het vermogen van sinusvormige signalen [N]**

Het vermogen wordt berekend met de formule:

$$P = U * I$$

Bij wisselstroom en –spanning rekenen we met de effectieve waarden. De effectieve waarde wordt uit de topwaarde berekend met de formule:

$$U_{eff} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}}$$

**Vermogensverhoudingen van bekende dB waarden**

dB verhouding = 10 x log (P1 / P2):

$$dB = 10 * \log \left( \frac{P1}{P2} \right)$$

Er zijn een aantal (te onthouden) dB waarden die vaak voorkomen:

|             |     |     |     |      |      |
|-------------|-----|-----|-----|------|------|
| Versterking | 1x  | 2x  | 4x  | 10x  | 100x |
| Aantal dB   | 0dB | 3dB | 6dB | 10dB | 20dB |

Als het niet gaat om versterking, maar om verzwakking, dan zijn de dB waarden negatief. Winsten/verliezen in dB's kunnen worden opgeteld/afgetrokken. Dus 3dB + 2dB -2dB = 3dB, dit levert een versterking op van 2x.

### Aanpassing (maximale vermogensoverdracht)

Een belasting is aan een bron aangepast als:  $R_u$  (belastingsweerstand in Ohm) =  $R_i$  (inwendige weerstand in Ohm):

$$R_u = R_i$$

### De relatie tussen ingangsvermogen, uitgangsvermogen en rendement

Rendement (van een zender) is de verhouding in procenten tussen wat er in gaat (aan gelijkstroomvermogen) en wat er uit komt (aan HF vermogen). Dus 10 Watt erin, 8 Watt er uit, rendement = 80%.

$$\eta = \frac{P_1}{P_2} * 100\%$$

### Peak Envelop Power (PEP)

Het meten van een ongemoduleerd CW of FM zender is eenvoudig. Bij een AM/SSB zender is dat lastiger, omdat de draaggolf niet constant is. Hierom rekenen we daar met PEP. Peak Envelope Power (PEP) is het vermogen van het gemoduleerde signaal tijdens de piek van de modulatie. Bij AM is de PEP 4x zo groot als de ongemoduleerde draaggolf, waarbij in elke zijband een kwart van het vermogen zit en in de carrier de helft. Bij SSB zit alle vermogen in de ene zijband.

DE PEP uitrekenen aan de hand van een oscilloscoop met daarop de spanning kan ook (gebruik niet de top-top waarde, maar alleen de maximale positieve spanning!):

$$P_{PEP} = \frac{(U * 0.707)^2}{R} = \frac{U^2}{2 * R}$$

## 1.10 Digitalisering van analoge signalen

### Bemonsteren en kwantiseren

Het digitaliseren van een analoog signaal is het vertalen van dat analoog signaal in binaire waarden. Het meten van het analoge signaal om het daarna te kunnen omzetten heet "bemonsteren". Het omzetten wordt daarna ook wel "kwantificeren" genoemd.

### Minimale bemonsteringsfrequentie (Nyquistfrequentie)

Als je een analoog signaal met een bepaalde frequentie wilt omzetten, dan moet je minimaal 2x die frequentie per seconde meten om iets terug te krijgen wat enigszins lijkt op het analoge signaal. Je meet dan om en om de positieve en negatieve top van het signaal. Deze bemonsteringsfrequentie van 2x de signaalfrequentie heet de Nyquistfrequentie.

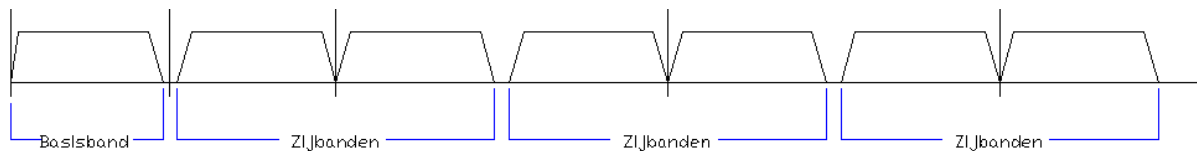
### Anti-aliasfilter, reconstructiefilter

De hoogste frequentie die je kunt bemonsteren is dus de helft van de bemonsteringsfrequentie. Je wilt daarom graag alle hogere frequenties niet in je bemonsteringsschakeling terugzien. Dit doe je met een laag-doorlaatfilter, dat hier anti-aliasfilter genoemd wordt.

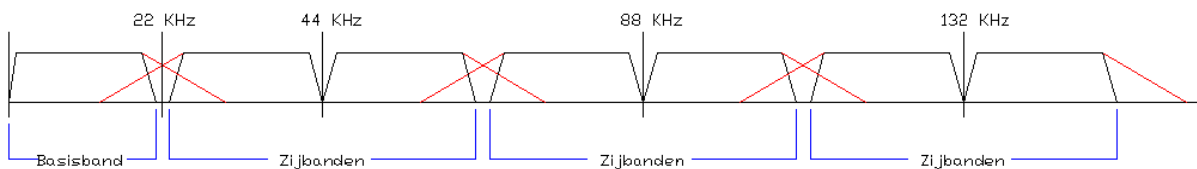
Na een digitaal analoog omzetting is het signaal nog geen net signaal, maar een soort blokgolf. Door ook hier een laagdoorlaatfilter te gebruiken worden de scherpe hoeken afgerond en eventueel harmonischen onderdrukt, dit wordt een reconstructiefilter genoemd.

### Convolutie (tijddomein/-frequentiedomein, grafische voorstelling)

Als we digitaliseren ontstaan er een heel spectrum aan signalen, omdat het uitgangssignaal een product is van twee signalen: het te digitaliseren signaal, de bemonsteringsfrequentie en een derde signaal dat het gevolg is van beide vorige signalen. Zie ook <sup>2</sup>.



Hierbij ontstaan rond de bemonsteringsfrequentie en elk van de harmonischen daarvan zijbanden, analoog aan het moduleren van een signaal in een zender.



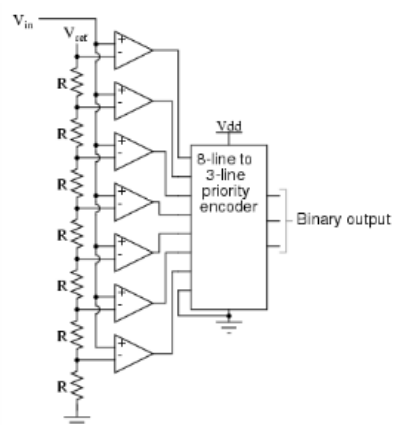
Door, zoals hierboven, te bemonsteren met 44kHz en frequenties tot 22kHz (wat maximaal te bemonsteren is, immers) door te laten ontstaan aliassen (voorgesteld door de rode gebieden) die binnendringen in de gebieden waar zich nuttige informatie bevindt. Deze storing is helaas niet meer uit te filteren als deze optreed. Wil je geen aliasing, dan zul het bronssignaal tot een lagere frequentie moeten afvlakken.

### ADC en DAC

#### ADC

Een ADC is een Analoog Digitaal Converter en zet dus analoog om in digitaal. Dit kan met een parallel ADC, waarbij hetingangssignaal vergeleken wordt met een aantal (netjes oplopende) vergelijkingsspanningen. Hiernaast staat een parallel ADC met 8 nivo's en 3-bits uitgang getoond.

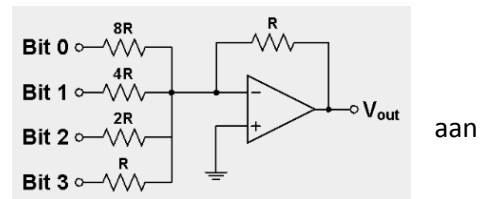
ADC voor meer bits werken anders, daar wordt hetingangssignaal vergeleken met een oplopende zaagtandspanning. Er wordt daarbij steeds doorgeteld totdat de zaagtandspanning gelijk is geworden aan deingangsspanning. De zaagtand moet hiervoor een heel hoge frequentie hebben tov de maximale ingangsfrequentie.



<sup>2</sup> <http://www.breem.nl/flttechniek/pgadda.htm>

### DAC

Bij een DAC worden de bits weer omgezet in een uitgangspanning. Hierbij wordt voor elke bit een stukje spanning toegevoegd aan het uitgangsignaal, wat gelijk is de spanningswaarde die bij dat bitje hoort. Hierbij is het hoogste bit meer spanning waard dan het laagste bit.



## 2 Componenten

### 2.1 Weerstand

#### Weerstand

##### Definitie en kleurcode [N]

Een weerstand is een elektrische component die de eigenschap elektrische weerstand heeft. Het is een voorwerp dat dient om elektrische stroom beperkt door te laten.<sup>3</sup>

De waarde van een weerstand wordt voorgesteld door een aantal gekleurde ringen, zoals weergegeven in de tabel rechts.

Ezelsbruggetje:

**"Zij bracht rozen op Gerrits graf bij vies grijs weer."**

Eerste ring is getal 1, tweede ring is getal 2, derde ring het aantal nullen dat achter de eerste twee cijfers komt. De vierde ring is de tolerantie. Geen kleur bij tolerantie is 20%, zilver = 10%, goud = 5%, bruin = 1%, rood = 2%.

Er zijn naast de "gewone" weerstanden ook weerstanden waarvan de weerstand verandert met de temperatuur (NTC/PTC) of licht (LDR).

##### Soortelijke weerstand

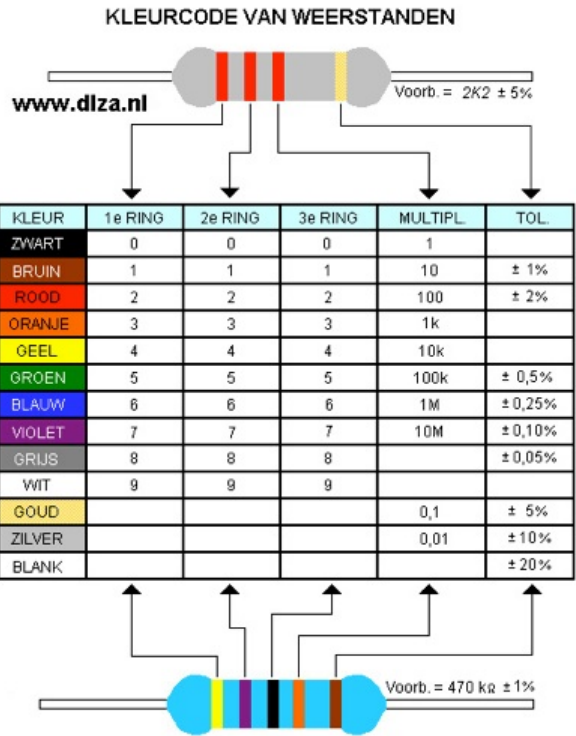
Weerstand = soortelijke weerstand van de geleider \* lengte (m) / doorsnede (m<sup>2</sup>):

$$R = \frac{\rho * L}{q}$$

Doorsnede:  $q = \pi r^2$ .

##### De eenheid Ohm [N]

Weerstand wordt uitgedrukt in de eenheid Ohm:  $\Omega$ .



| materiaal    | $R_0(\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m})$ | $R_{15}(\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m})$ |
|--------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| zilver       | 0,015                                      | 0,016                                         |
| koper        | 0,0165                                     | 0,0175                                        |
| aluminium    | 0,026                                      | 0,028                                         |
| wolfram      | 0,054                                      | 0,058                                         |
| zink         | 0,058                                      | 0,0625                                        |
| messing      | 0,068                                      | 0,072                                         |
| ijzer        | 0,091                                      | 0,099                                         |
| nikkel       | 0,123                                      | 0,135                                         |
| lood         | 0,2                                        | 0,212                                         |
| nikkeline    | 0,3322                                     | 0,3336                                        |
| constantaan  | 0,481                                      | 0,4809                                        |
| chroomnikkel | 0,986                                      | 0,996                                         |
| kwikzilver   | 0,943                                      | 0,953                                         |
| kool         | 65,04                                      | 65,-                                          |

(\*tabel1: soortelijke weerstand bij 0°C en 15°C)

<sup>3</sup> [http://nl.wikipedia.org/wiki/Weerstand\\_%28component%29](http://nl.wikipedia.org/wiki/Weerstand_%28component%29)

### Stroom-spanningskarakteristiek

Bij een weerstand zijn de stroom en spanning in fase. Voor normale weerstanden is de stroom-spanningskarakteristiek een rechte lijn. Bij sommige schakelingen (denk aan een gloeilamp) is het geen rechte lijn, omdat de weerstand van de gloeidraad toeneemt met de (stijgende) temperatuur als je de lamp aanzet.

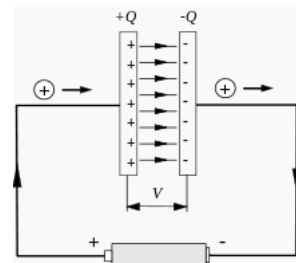
### Vermogensdissipatie [N]

In een weerstand wordt het vermogen  $P=I^2 \cdot R=U^2/R$  omgezet in warmte. Dit heet dissipatie. Als er teveel stroom door een weerstand loopt en dus het te dissiperen vermogen te groot wordt zal de weerstand te heet worden en verbranden of een deel van het weerstandsmateriaal verdampt en daardoor wijzigt de weerstand.

## 2.2 Condensator

### Definitie [N]

Een condensator is een elektrische component die elektrische lading en elektrische energie opslaat. Hij is opgebouwd uit twee geleiders met een relatief grote oppervlakte, die zich dicht bij elkaar bevinden en gescheiden zijn door een niet-geleidend materiaal of vacuüm, het diëlektricum. Wanneer de ene geleider positief geladen wordt ten opzichte van de andere, verplaatst de negatieve lading in het diëlektricum zich naar de positieve plaat.<sup>4</sup>



### Capaciteit en eenheid Farad[N]

Een condensator heeft een capaciteit van 1 Farad als deze wordt opgeladen tot een spanning van 1 Volt als aan de condensator, gedurende 1 seconde een constante stroom van 1 Ampere wordt toegevoerd.

### Gebruik van vaste en variabele condensatoren [n]

[nog in te vullen]

### De relatie tussen capaciteit, afmetingen en diëlektricum

De Capaciteit (**pF**) is gelijk aan  $\epsilon_0$  (absolute dielectrische constante) \*  $\epsilon_r$  (relatieve dielectrische constante) \*  $A$  (oppervlakte van de platen in  $\text{cm}^2$ ) /  $d$  (afstand tussen de platen in **cm**):

$$C = \frac{\epsilon_0 * \epsilon_r * A}{d} = \frac{0.088 * \epsilon_r * A}{d}$$

De capaciteit wordt groter als de platen groter worden of afstand tussen platen kleiner wordt.

### De impedantie en reactantie

De reactantie (schijnbare weerstand) van een condensator is niet nul, maar hangt af van de capaciteit en de frequentie van het signaal. De reactantie van een condensator kan worden berekend met de volgende formule:

$$X_c = \frac{1}{2 * \pi * f * C}$$

<sup>4</sup> <http://nl.wikipedia.org/wiki/Condensator>

### Faseverschil tussen stroom en spanning

De spanning ijlt 90 graden na op de stroom.

### Eigenschappen van vaste en variabele condensatoren

Een elektrolitische condensator (met een zure vloeistof als dielectricum) heeft een + en -, heeft grotere capaciteit dan lucht condensatoren.

## 2.3 Spoel

### Zelfinductie [N]

De impedantie van een component is de weerstand van dat component voor wisselspanningen. Het symbool voor weerstand is R en het symbool voor impedantie is X.

### De eenheid Henry [N]

Een spoel heeft een zelfinductie van 1 Henry als daarin een spanning van 1 Volt ontstaat t.g.v. een stroomverandering van 1 Ampère per seconde.

### Het effect van het aantal windingen, diameter, lengte en kernmateriaal op de zelfinductie

Als het aantal windingen groter wordt, dan wordt het magnetisch veld sterker. Het aantal windingen, wekt een spanning op. Dus  $n \times$  windingen =  $n \times$  spanning zo groot. Bij het verdubbelen van het aantal windingen neemt de zelfinductie kwadratisch toe. Als de lengte van de spoel groter wordt, en we houden een vast aantal windingen dan wordt de zelfinductie kleiner. Hoe hoger de frequentie van de wisselspanning, hoe hoger de inductiespanning. Hoe groter de wisselstroomweerstand.

Geen examenstof:

$$L = \frac{D^2 * n^2}{25 * (18 * D + 40 * l)}$$

L = zelfinductie in  $\mu\text{H}$ , D = diameter van de spoel in mm, n = aantal windingen, l = lengte van de spoel in mm.

### De reactantie

De weerstand van een spoel voor de elektrische stroom neemt toe naarmate de frequentie hoger wordt. Deze weerstand voor de elektrische wisselstroom noemen we de reactantie van de spoel.

Reactantie of wisselstroomweerstand van een spoel:

$$X_l = 2 * \pi * f * L$$

### Faseverschil tussen stroom en spanning

De spanning ijlt 90 graden voor op de stroom.

### Q-factor

$$Q = \frac{2 * \pi * f * L}{R_s} = \frac{X_l}{R_s}$$

$R_s$  = Grote of totale (serie)weerstand in Ohm (tezamen met een spoel in LR kring).

Een Q-factor van  $\Rightarrow 100$  is een goede waarde voor een spoel.

## 2.4 Toepassing en gebruik van transformatoren

### Ideale transformator [N]

Het vermogen aan de primaire kant is gelijk aan het vermogen aan de secundaire kant:

$$P_{\text{primair}} = P_{\text{secundair}}$$

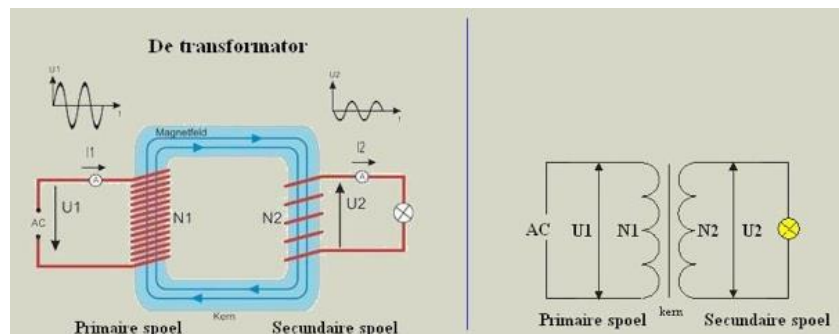
Als een ideale transformator aan de secundaire zijde voorzien wordt van een condensator dan is deze capaciteit ook aanwezig en meetbaar op de primaire wikkelingen van deze transformator:

$$C_1 = \frac{C_2}{(N_2)^2 * (N_1)^2}$$

### De verhouding tussen wikkelverhouding en spannings-, stroom- en impedantieverhouding

De verhouding tussen de spanningen is dus gelijk aan de verhouding van het aantal wikkelingen:

$$\frac{U_p}{U_s} = \frac{N_p}{N_s}$$



$$P_p = P_s \quad \text{en dus} \quad I_p * U_p = I_s * U_s$$

### Toepassingen van transformatoren

Transformatoren worden o.a. gebruikt voor het omhoog/omlaag transformeren van netspanning in een voedingsapparaat, aansluiten van een luidspreker op een eindtrap van een LF versterker, aansluiting van bepaalde typen microfoons op een LF versterker of het aan elkaar koppelen van middenfrequentversterkers in een ontvanger.

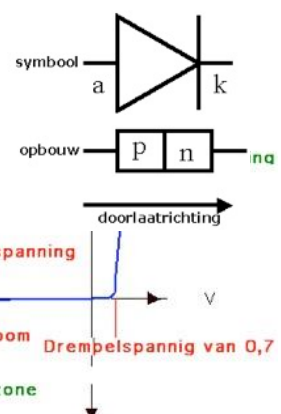
## 2.5 Diode

Gebruik en toepassing van diodes:

### Gelijkrichtdiode, zenerdiode, LED, varicap [N]

Diodes laten stroom maar in 1 richting door (in de richting van de pijl). Een germanium diode heeft een doorlaatspanning van 0,2V-0,3V (letter A aan begin typenummer), een silicium diode van 0,6V-0,7V (letter B).

De Anode is de "ingang"/positieve kant, de Kathode de





“uitgang”/negatieve kant (KNAP).

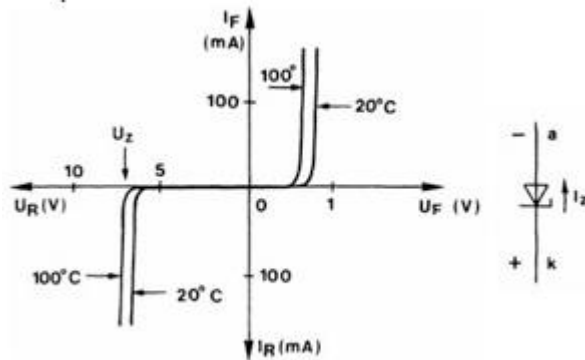
In doorlaat gaat er pas stroom lopen als de drempelspanning is bereikt.

Gesperd loopt er een heel kleine lekstroom en bij meer dan de doorslagspanning (70V voor germanium, 130V bij silicium) in sper gaat'ie ook geleiden en door de opgewekte warmte kapot.

In de Zener-diode wordt gebruik gemaakt van het "doorslaan" van de **diode in de sper-richting**. Hij is zo gemaakt, dat dit bij een goed gedefinieerde spanning gebeurt. De stroom kan dan in een vrij groot gebied variëren, terwijl de spanning over de diode nauwelijks verandert.

Een zener-diode in geleiding gedraagt zich als een normale diode. Pas in sper-richting onderscheidt de zener zich van een normale diode!

De 'waarde' van een zener-diode word in Volt gegeven; dit is de sper-spanning. Een zener-diode gaat echter niet kapot wanneer de spanning hoger dreigt te worden. Een zener-diode stabiliseert de spanning op de sper-spanning.



Een Varicap is een diode die eigenschappen van een condensator heeft en waarvan we de capaciteit kunnen wijzigen door de sperspanning te wijzigen: hogere sperspanning = lagere capaciteit. Voordelen: de “variabele condensator” is veel kleiner dan een gewone variabele condensator en de capaciteit is middels een eenvoudige spanning te regelen. Nadelen: temperatuursgevoelig, veel meer verliezen en een slechtere isolatie. Ook moet er in sper gewerkt worden, de afstemspanning moet dus altijd hoger zijn dan de topspanning van de wisselspanning.

### Doorlaatstroom

Dit is de stroom die er in doorlaat loopt, verder ontstaat er een doorlaatspanning over de diode en dus wordt er vermogen gedissipeerd. De maximum stroom wordt meestal bepaald door de maximale temperatuur die de diode mag hebben, waardoor kortstondige piekstromen veel groter kunnen zijn =

### Sperspanning en lekstroom

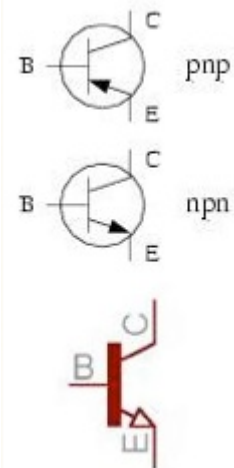
In sper treedt er een heel kleine lekstroom op, die toeneemt bij een hogere spenspanning. Op een gegeven moment neemt de stroom bij toenemende spanning sterk toe en slaat de diode door. Deze maximale sperspanning ( $U_R$ ) staat altijd aangegeven in de specificaties van de diode.

## 2.6 Transistor

### PNP- en NPN-transistor

Transistor is een afkorting van "transfer resistor" wat overdrachtsweerstand betekent. De transistor is een component waaruit 3 elektrische aansluitingen komen. Deze worden B (basis), C (collector), en E (emitter) genoemd. Een transistor is een elektronisch onderdeel dat een elektrische stroom kan versterken. De transistor bestaat uit een kristal van een halfgeleider in een afgesloten omhulling van metaal of kunststof.

Er zijn in het algemeen drie aansluitingen: B aan de basis wordt het te versterken signaal toegevoerd, C aan de collector kan het versterkte signaal worden onttrokken, E de emitter is voor beide signalen gemeenschappelijk. Wordt dus aan de basis een spanning aangeboden, dan zal er stroom vloeien tussen collector en emitter, in de richting van de pijl (dat deel van een transistor is gewoon een diode).



Ezelsbruggetje: Pijl Naar Plaat is een PNP, en van de NPN staat het pijltje niet naar de plaat.

Verder geldt volgens de wet van Kirchof:  $I_E = I_C + I_B$ . En de spanningsval over het diodegedeelte is hetzelfde als bij een echte diode.

### Stroomsturing

De basisstroom  $I_B$  heft een grote invloed op de collectorstroom  $I_C$ . Om een variatie in  $I_B$  te krijgen is een heel kleine spanningsvariatie  $U_{BE}$  nodig. Daarom noemen we dit stroomsturing.

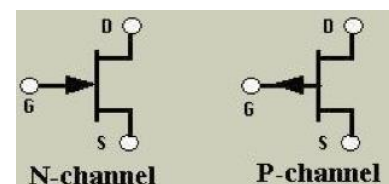
### Stroomversterking

De stroomversterking wordt aangeduid met  $h_{FE}$  (van Forward en gemeenschappelijk Emitter) of de letter  $\beta$ . FE staat in hoofdletters, omdat het om de *gelijkstroom* versterking gaat. Voor wisselstroomversterking gebruiken we de kleine letters  $h_{fe}$ .

$$h_{FE} = \beta = \frac{I_C}{I_B}$$

### Veldeffecttransistor

Een FET (field-effect-transistor) veldeffecttransistor, meestal aangeduid als FET, is een unipolaire transistor met gewoonlijk drie aansluitingen: de source (S), de drain (D) en de gate (G). Bij een MOSFET is er nog een vierde aansluiting, het substraat (B van bulk) die meestal niet naar buiten uitgevoerd is, maar intern verbonden met de source. Speciale typen zoals de "dual gate" MOSFET met twee gates, hebben extra aansluitingen. Een veldeffecttransistor bestaat uit een geleidingskanaal tussen de aansluitingen source (S) en drain (D), waarvan de geleiding beïnvloed kan worden door het elektrische veld van de spanning op de gate (G).



Het belangrijkste verschil met een gewone transistor is de wijze van aansturing, dit gebeurt namelijk met een spanning in plaats van een stroom. Eenvoudig gezegd komt het er op neer dat de ingang van een transistor op een vaste spanning staat en de ingangsstroom gemoduleerd wordt, terwijl bij een FET er geen ingangsstroom loopt (alleen een virtuele) en het potentiaal van de ingang gemoduleerd wordt met een spanning.

### Spanningsturing

Een FET wordt door spanning aangestuurd, terwijl de diode tussen G en S in sper is. De ingang van de FET is hoogohmig, waardoor er geen vermogen nodig is voor de ruststroom en ook niet voor het stuursignaal.

### Steilheid

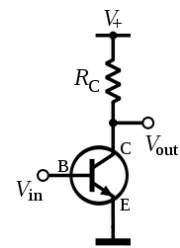
De steilheid geeft de verhouding aan van de verandering van de drainstroom afhankelijk van de stuurspanning:

$$S = \frac{\Delta I_D}{\Delta U_{GS}}$$

De steilheid wordt gegeven bij een bepaalde spanning aan de drainelektrode. Bij de afknijpspanning is de stroom nul.

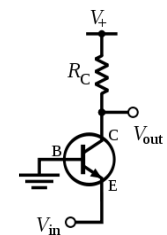
### De transistor in gemeenschappelijke emitter-[source]schakeling

Dit is de meest voorkomende versterkerschakeling. Het ingansignaal staat op de Basis, de uitgangspanning is beschikbaar op de Collector en de Emitter hebben ze gemeenschappelijk. De  $R_i$  van de transistor (op de Basis) is hoogohmig, de uitgang van de transistor ( $V_{out}$ ) is een ideale stroombron met daaraan parallel weerstand  $R_U$  (op de Collector).



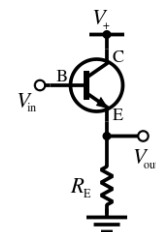
### De transistor in gemeenschappelijke basis-[gate]schakeling

In deze schakeling hebben ingang en uitgang de Basis gemeenschappelijk.



### De transistor in gemeenschappelijke collector-[drain]schakeling

Hier hebben de in- en uitgang de Collector gemeenschappelijk. De ingangspanning en uitgangspanning zijn vrijwel gelijk, alleen de BE diode zit er nog tussen. Hier is geen spanningsversterking mogelijk, maar wel grote stromen.



### In- en uitgangsimpedantie van bovenstaande schakelingen

| Transistor in gemeensch. | Ingangsimpedantie           | Uitgangsimpedantie  |
|--------------------------|-----------------------------|---------------------|
| Emitterschakeling        | Gemiddeld, 1..10 kΩ         | Hoog, 2..100 Ωk     |
| Basisschakeling          | Zeer laag, 5..100 Ω         | Hoog, 5..100 kΩ     |
| Collectorschakeling      | Hoog tot zeer hoog, >100 kΩ | Zeer laag, 5..100 Ω |

Dit zijn overigens globale waarden.

Voor FET's geldt in principe hetzelfde:

| FET in gemeensch. | Ingangsimpedantie   | Uitgangsimpedantie  |
|-------------------|---------------------|---------------------|
| Sourceschakeling  | Zeer hoog, >1 MΩ    | Hoog, 2..100 Ωk     |
| Gateschakeling    | Zeer laag, 5..100 Ω | Hoog, 5..100 kΩ     |
| Drainschakeling   | Zeer hoog, >1 MΩ    | Zeer laag, 5..100 Ω |

## Instelmethode

Het is van belang dat de versterker stabiel blijft onder alle omstandigheden. Bij een transistorschakeling wordt de stroom bepaald basis- en collectorstroom. Bij een buisschakeling geldt dit voor de anodestroom bepaald door de rooster en de anode spanning.

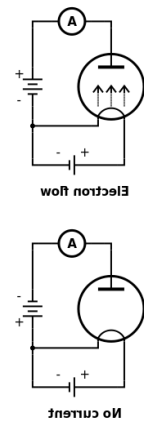
Om de onderlinge karakteristiek te bepalen en in te stellen, zal de samenhang bepaald moeten worden. Dit wordt dan het instelpunt genoemd. Het is van diverse factoren afhankelijk, zoals temperatuur, verliezen, het type halfgeleider, welke frequentie dit wordt toegepast.

## 2.7 Overige componenten

### Eenvoudige buizen (triode en pentode)

Buizen zijn over het algemeen vervangen door transistoren, maar soms nog handig. Bijvoorbeeld voor lineaire versterking van kleine signalen.

De werking berust op het vrijkomen van elektronen uit de gloeispiraal (kathode) bij hoge temperatuur, die zich dan vrij gaan bewegen. Deze bewegen zich naar een metalen plaatje tegenover de gloeispiraal (anode) als dit plaatje positief is en niet als het plaatje negatief is. De stroomsterkte hangt af van de temperatuur van de gloeidraad en de grootte van het spanningsverschil. De constructie werkt als een diode en is zeer geschikt voor hoge spanningen en stromen.

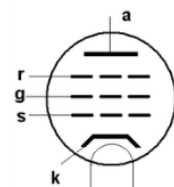


### Triode

Een triode heeft tussen kathode en anode een extra schermrooster (grid), dat de electronenstroom normaal gesproken doorlaat. Door echter een negatieve spanning ten opzichte van de kathode op dat rooster te zetten wordt de electronenstroom min of meer tegengehouden. De mate van doorlaten of tegengehouden wordt geregeld met de spanning.

### Pentode

Een pentode heeft naast het grid van de triode nog een (of meer) grid(s). Om onderscheid te maken tussen de verschillende roosters heet het eerste rooster nu stuurrooster en het tweede rooster het schermrooster/grid (er is ook nog een derde rooster, het remrooster, maar dat valt buiten de stof voor het examen). Het schermrooster heeft altijd een positieve spanning. Verder gedraagt het deel kathode/stuurrooster/schermrooster zich als triode, maar dan zonder de spanningsafhankelijkheid van de stuurspanning/



### Steilheid

De steilheid geeft aan hoeveel de anodestroom zal variëren ten opzichte van de stuurspanning op het rooster:

$$S = \frac{\Delta I_A}{\Delta U_G}$$

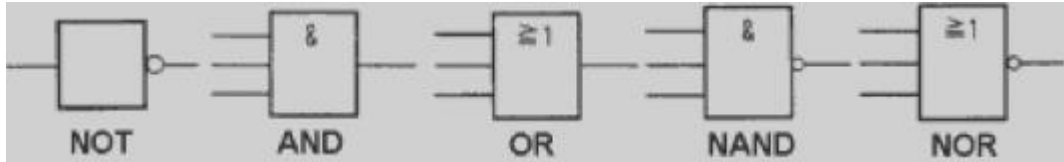
### Anode-roostercapaciteit

De anode zit op enige afstand van de kathode en de roosters en dus is er een capaciteit tussen deze onderdelen,  $C_{AG1}$  genoemd. Dit is een parasitaire capaciteit die je teniet wilt doen. De ene methode

heet neutrodyniseren, de andere methode is het plaatsen van een rooster tussen stuurrooster en anode te plaatsen.

### Eenvoudige digitale componenten (functie)

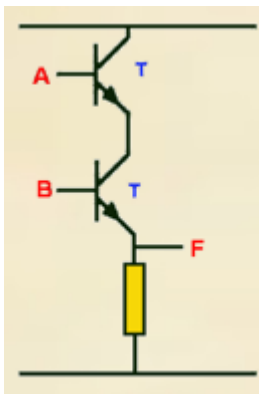
#### Poortschakelingen



AND = alle ingangen moeten hoog zijn voor een hoge uitgang, OR = minimaal 1 ingang moet hoog zijn voor een hoge uitgang.  $Nxx = NOT\ xx$ , dus inverse uitkomst.

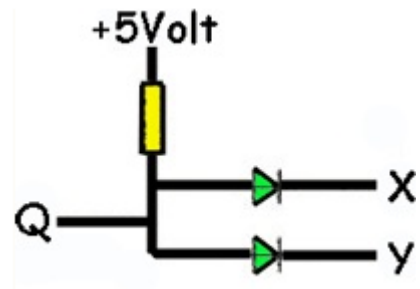
Met =1 in het blokje is de uitgang alleen geldig als slechts 1 ingang hoog is. Deze component is een (E)Xxx (XAND, XNAND, XOR, NXOR).

Digitale componenten worden ook wel gevraagd op het examen als vraag waarin ze gemaakt zijn met discrete componenten:

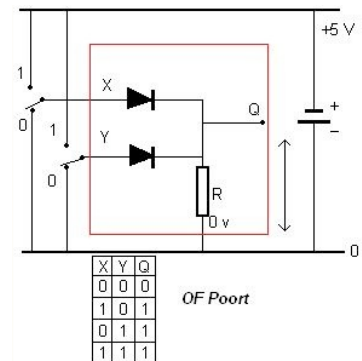
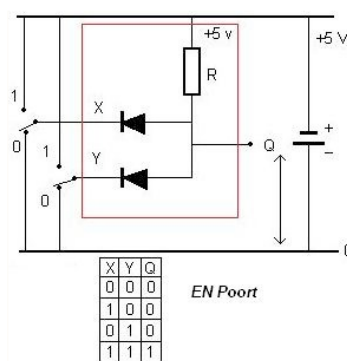


Links een AND schakeling (beide transistoren moeten in doorlaat staan voordat de uitgang hoog wordt).

Rechts een AND schakeling, X of Y moeten beide hoog zijn wil ook Q hoog zijn.



Nog twee voorbeelden:



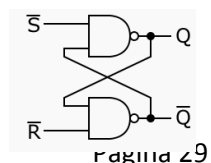
### Opteller (full adder)

Een opteller is een digitale schakeling

waarmee twee binaire getallen bij elkaar op kunnen worden geteld. Hierbij geldt:  $0+0 = 0$ ,  $0+1 = 1$  en  $1+1 = 10$ . In het laatste geval schuift dus de 1 een plekje op naar een hogere positie (carry bit).

### Flipflop

Een flipflop is een digitale schakeling (een OR met daarachter twee maal een NOT) die een bepaalde waarde aan de uitgang houdt, zelfs als de ingang niet meer actief is. Dit kan door de uitgang weer terug te voeren naar de ingang. Alleen, de uitgang blijft nu altijd hoog, omdat de



ingang dat nu ook altijd blijft. Door de uitgang naar de ingang terug te koppelen met een NOR kan de state gereset worden door op de NOR de tweede ingang hoog te maken. De schakeling wordt dan een Set/Reset flipflop.

**Deler**

Een deler kan een aantal pulsen tellen en omzetten in een binair getal. Dit gebeurt door een aantal flipflops in serie te zetten.

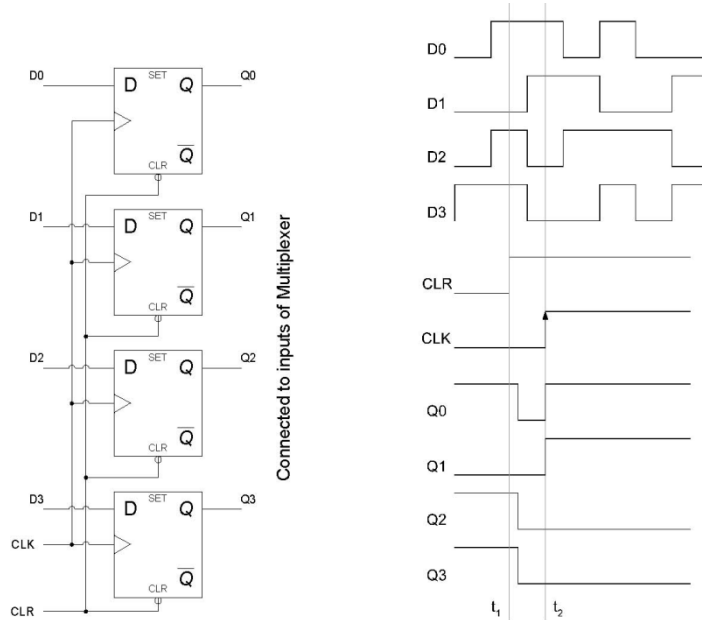


Figure 24.1 D-flip-flops used for Parallel Data Storage  
In the timing diagram shown the data at inputs D0, D1, D2 and D3 is constant

## 3 Schakelingen

### 3.1 Combinatie van componenten

#### Serie- en parallelschakelingen van...

##### *weerstand* [N]

Weerstand in serie:  $R_{tot} = R_1 + R_2 + \dots + R_x$

Weerstand parallel:  $R_{tot} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_x}}$  (dus altijd kleiner dan de kleinste)

##### *spoelen*

Spoelen in serie of parallel worden net als weerstanden uitgerekend (serie = optellen, parallel =  $1/x$  formule). Hierbij mogen de spoelen zich **niet** in elkaars nabijheid bevinden!

##### *condensatoren* [N]

Condensatoren parallel aangesloten:  $C_{tot} = C_1 + C_2 + \dots + C_x$

Condensatoren in serie aangesloten:  $C_{tot} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_x}}$  (altijd kleiner dan de kleinste dus)

##### *transformatoren*

Hou bij transformatoren rekening met in fase of tegenfase zijn van primair en secundair! Ligt aan de wikkelrichting van de spoelen. Serieschakeling gebruiken we om een hogere spanning te creëren dan met 1 transformator, parallelschakeling doen we om een hogere stroom te creëren dan met 1 transformator. Bij parallelschakelingen moeten de secundaire spanningen overigens EXACT gelijk zijn, anders gaat er tussen beide transformatoren een stroom gaan lopen!

##### *diodes*

Door serieschakeling wordt de sperspanning verhoogd. Parallelschakeling van diodes komt weinig voor, omdat de stroomkarakteristiek van de diodes nooit helemaal gelijk is en zo het effect van parallelschakeling al snel teniet is gedaan. Het kan, maar dan met exact identiek zijn en exact dezelfde temperatuur hebben.

#### **Stromen en spanningen in deze schakelingen**

Bij het in serie schakelen van componenten is de *stroom* door de componenten gelijk, maar de spanning over de componenten verschillend. Ook zal de fase van spanning en stroom bij een wisselspanning niet gelijk kunnen zijn.

Bij parallelschakeling van componenten zal de *spanning* over de componenten gelijk zijn en geldt voor stroom de wetten van Kirchof. Ook hier kunnen stroom en spanning uit fase zijn.

#### **Impedantie van deze schakelingen**

Als bij serie- of parallelschakeling de stroom of spanning tussen componenten niet in fase is (bij serieschakeling kunnen de spanningen uit fase zijn, bij parallelschakeling de stromen) kun je ze niet

zomaar bij elkaar optellen. Is er sprake van een faseverschil van 90° tussen stroom en spanning (bij een spoel en een condensator), dan gebruiken we de wet van Pythagoras ( $a^2+b^2=c^2$ ) om de impedantie (schijnbare weerstand) uit te rekenen.

### Gedrag van niet-ideale weerstanden, condensatoren en spoelen (parasitaire effecten)

Weerstanden zijn opgebouwd uit staafjes niet ideale koolstof (die ruis produceren bij hogere frequenties) of draadgewonden weerstanden (die op hogere frequenties dus een heel kleine condensator/spoel-combinatie zijn). De weerstand kan (vanwege de spoel/condensator combi) een impedantie worden bij hogere frequenties. Bij heel hoge frequenties hebben zelfs de aansluitdraden enige zelfinductie!

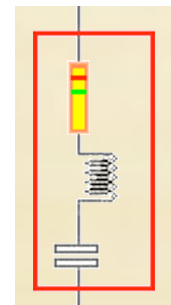
Condensatoren kunnen lekken door het diëlektrikum heen of een zelfinductie hebben door de opgerolde folie.

## 3.2 Analoge filters

### Seriekring en parallelkring [N]

#### Seriekring

Een seriekring bestaat vaak uit een condensator (C), een spoel (L) en verliesweerstand (R). Deze worden vaak gevoed met een wisselstroom I en wisselspanning U. Over de verliesweerstand R komt een wissel stroom en – spanning te staan. Deze kunnen we berekenen met de wet van Ohm  $U_R = I \times R$ . Het geheel is in fase.



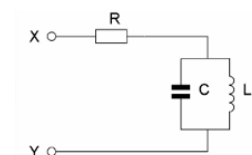
Over de condensator ontstaat een spanning  $U_C$  met een schijnbare weerstand (capacitieve reactantie)  $X_C = 1 / (2 * \pi * f * C)$ . Deze kan ook weer berekend worden met de Wet van Ohm  $U_C = I * X_C$ . De stroom ijlt 90 graden voor op de spanning.

Over de spoel (verliesvrije zelfinductie) L ontstaat een spanning  $U_L$ , met een schijnbare weerstand (inductieve reactantie)  $X_L = 2 * \pi * f * L$  kunnen we de stroom berekenen met de wet van Ohm  $U_L = I * X_L$ . De stroom ijlt 90 graden na op de spanning.

| Frequentie        | Lager dan $f_{\text{resonantie}}$ | $f_{\text{resonantie}}$ | Hoger dan $f_{\text{resonantie}}$ |
|-------------------|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| Impedantie L en C | $X_C > X_L$                       | $X_C = X_L$             | $X_L > X_C$                       |
| Gedrag seriekring | Capacitief                        | Weerstand®              | Inductief                         |

#### Parallel kring

Bij een parallelkring staat de stroom en spanning direct over de condensator, weerstand en de spoel. Dit in tegenstelling tot de serie-schakeling. Hier geldt dat een  $I_L$ ,  $I_R$  en  $I_C$  in de schakeling aanwezig is, ook geldt dit voor de spanning U.



De totale stroom gelijk is aan de som van de 3 stromen over de componenten.

| Frequentie        | Lager dan $f_{\text{resonantie}}$ | $f_{\text{resonantie}}$ | Hoger dan $f_{\text{resonantie}}$ |
|-------------------|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| Impedantie L en C | $X_C > X_L$                       | $X_C = X_L$             | $X_L > X_C$                       |
| Gedrag seriekring | Inductief                         | Weerstand®              | Capacitief                        |



### Impedantie [N]

De impedantie van een spoel neemt lineair toe met de frequentie, de impedantie van een condensator neemt kwadratisch af met de frequentie. In een seriekring is de impedantie het laagst als beide gelijk zijn, dat is bij de resonantiefrequentie. Als een parallelkring in resonantie is, is de impedantie hoog. Als de spoel en condensator geen verlies zouden hebben zou de impedantie zelfs oneindig hoog zijn. Maar dat is in de praktijk niet haalbaar, er treedt altijd verlies op, o.a. door de weerstand van het spoeldraad.

De impedantie is dus niet oneindig maar zal een bepaalde waarde hebben, het lijkt dus net of er parallel aan de spoel en condensator een weerstand geschakeld zit, dit noemen we de parallelweerstand van de kring  $R_p$ :

$$R_p = 2 * \pi * L * Q$$

Bij een seriekring is de impedantie bij de resonantie-frequentie juist erg laag. Als er geen verlies zou zijn zou de impedantie nul Ohm zijn bij resonantie, maar ook hier treden altijd verliezen op. In resonantie houden we dan een kleine weerstand over, welke we de serieweerstand van de kring noemen  $R_s$ . Hoe hoger de Q-factor van de kring, hoe lager de serieweerstand  $R_s$ :

$$R_s = \frac{2 * \pi * f * L}{Q}$$

### Frequentie karakteristiek [N]

Verband impedantie en resonantiefrequentie:

| Frequentie            | Lager dan $f_{\text{resonantie}}$ | $f_{\text{resonantie}}$ | Hoger dan $f_{\text{resonantie}}$ |
|-----------------------|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| Impedantie seriekring | hoog                              | minimaal                | hoog                              |
| Impedantie par.kring  | laag                              | maximaal                | laag                              |

### Resonantiefrequentie [N]

Een afgestemde kring bestaande uit een spoel L ( met de eenheid Henry) en een condensator C (met de eenheid Farad) heeft een bepaalde resonantie frequentie:

$$f_{\text{res}} = \frac{1}{2 * \pi * \sqrt{L * C}}$$

Praktischer is een formule met de capaciteit in pF en de zelfinductie in  $\mu\text{H}$ , omdat de condensatoren en spoelen waarden in die orde van grootte hebben. Dan kom je uit op:

$$f_{\text{res}} = \sqrt{\frac{25339}{L * C}}$$

### Kwaliteitsfactor van een afgestemde kring

De Q-factor van een seriekring is:

$$Q = \frac{X_L}{R_S} = \frac{2 * \pi * f * L}{R_S}$$

De Q-factor van een parallelkring is:

$$Q = \frac{R_P}{X_L} = \frac{R_P}{2 * \pi * f * L}$$

Hoe hoger de Q-factor van de kring, des te kleiner de bandbreedte, en dat is gunstig om naast elkaar gelegen zenders uit elkaar te kunnen houden. Hoe hoger de Q-factor, hoe hoger ook de spanning over de kring van het station dat we willen ontvangen, dus een hogere gevoeligheid van de ontvanger.

De Q-factor kan variëren van minder dan 100 voor spoelen met massief draad, tot 400 of meer voor spoelen met litze draad. De Q-factor van een LC kring zal afnemen als we er een antenne en detector op aansluiten, de antenne en detector zorgen immers voor extra weerstand parallel aan de LC kring. Hierdoor zal de selectiviteit van de kring afnemen.

### Bandbreedte

Bij de resonantie frequentie is de impedantie van een parallelkring het hoogst, de spanning over de kring zal dan ook het hoogst zijn. Boven of onder de resonantie frequentie zal de spanning over de kring afnemen. Er zijn twee frequenties waarbij de spanning over de kring tot een factor 0,707 is afgenomen, namelijk een frequentie vlak onder  $f_{res}$ , die noemen we  $f_l$  en een vlak boven  $f_{res}$ , die noemen we  $f_h$ . De afname van de spanning tot een factor 0,707 noemen we een afname van 3 dB. De stroom in de kring is daar ook met 0,707 afgenomen, en het vermogen in de kring is daar dus de helft ( $0,707 \times 0,707 = 0,5$ ). De bandbreedte van de afgestemde kring is:  $BW = f_h - f_l$

$$B = \frac{f_{res}}{Q}$$

De bandbreedte van een antenne is het frequentiegebied waarin de SWR van de antenne laag genoeg is om 'm te kunnen gebruiken zonder aanpassingen.

De bandbreedte van een gevouwen dipool is altijd groter ten opzichte van de bandbreedte van een open dipool. De impedantie van een gevouwen dipool is namelijk groter als van een open dipool. De impedantie zal met een soort transformator naar beneden getransformeerd moeten worden, doorgaans gebeurt dit met een balun. De gevouwen dipool is symmetrisch en de coax kabel is asymmetrisch. Deze koppeling geeft een iets grotere bandbreedte die bij de hogere frequenties merkbaar is.

### Bandfilter

Een bandfilter is een schakeling die een bepaald frequentiegebied doorlaat of spert.

Een bandsperfilter kan opgebouwd worden met een R met een LC seriekring of een LC parallelkring met een R. Omgekeerd kan een banddoorlaatfilter opgebouwd worden met een LC seriekring en een R of een R en een LC parallelkring.

Een steiler filter kan gemaakt worden door de R in de schakeling te vervangen door een LC combinatie van de andere soort dan er al aanwezig is (dus LC serie met een LC parallel). Er worden dan 2 afgestemde kringen gecombineerd die elkaar versterken.

### Laag-, hoog, banddoorlatende en bandsperrende filters opgebouwd uit passieve elementen

#### Toepassing en gebruik [N]

Met een filter kun je ongewenste frequenties blokkeren of juist alleen de gewenste frequenties doorlaten.

#### Schakelingen

Een schakeling opgebouwd uit een spoel en een condensator kan als laag- of hoogdoorlaatfilter worden gebruikt, afhankelijk van hoe de schakeling is opgebouwd.

Met de condensator tussen + en – is het een laag doorlaatfilter, de condensator gaat bij hogere frequenties immers steeds beter geleiden. Met de spoel tussen + en – is het een hoog doorlaat filter, omdat de spoel bij lage frequenties het beste geleidt.

#### Kantelfrequentie

Ongeacht of een L/C schakeling een hoog doorlaatfilter of een laag doorlaatfilter is, de kantelfrequentie wordt op dezelfde manier berekend:

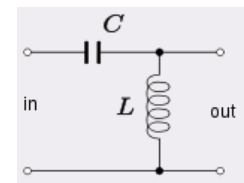
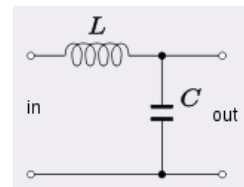
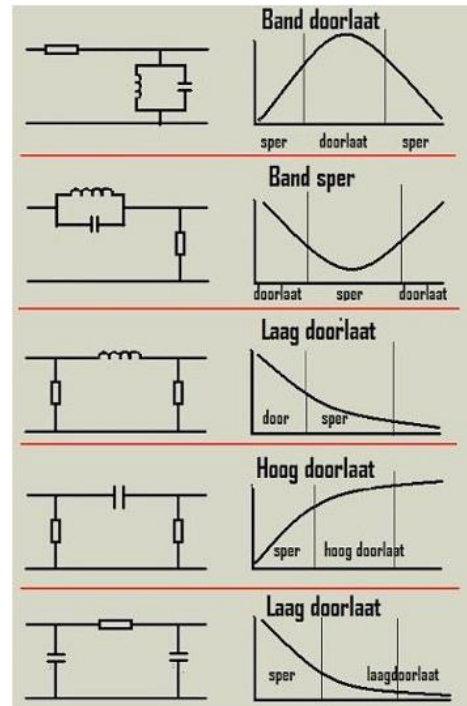
$$f = \frac{1}{2 * \Omega * \sqrt{L} * C}$$

Bij een RL of RC schakeling wordt de kantelfrequentie als volgt berekend:

$$RL: f = \frac{R}{2 * \pi * L} \text{ en } RC: f = \frac{1}{2 * \pi * R * C}$$

#### Frequentiekaracteristiek

De frequentiekaracteristiek van een schakeling is een grafiek waarbij de versterking/verzwakking wordt weergegeven als functie van de frequentie.



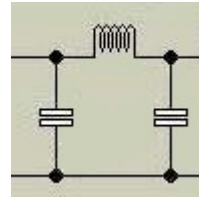
## PI-filter en T-filter

### Pi-filter

Het pi filter vervult 2 functies: het is een laagdoorlaat-filter en bij de 2e condensator ook nog een banddoorlaat-filter.

De uitgangspanning van een pi filter wordt berekend uit de ingangspanning, de reactantie van de condensator en spoel:

$$U_{uit} = \left( \frac{X_{c2}}{X_{c2} + X_l} \right) * U_{in}$$

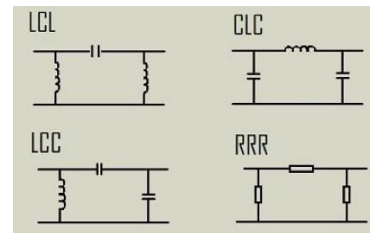


### T-filter

Er zijn 4 typen T model filters te weten;

- LCL (spoel - condensator - Spoel )
- CLC (Condensator - spoel - Condensator)
- LCC (Spoel - Condensator - Condensator)
- RRR ( 3 x Weerstand)

Bij een LCL filter nader bekeken, is dit een hoog doorlaat filter. Het is afhankelijk van de toegepaste onderdelen en de toegepaste resonantie-frequentie. Dit filter wordt vaak toegepast bij smalband toepassingen. Ook zal het ingesteld moeten worden op de toepassing.

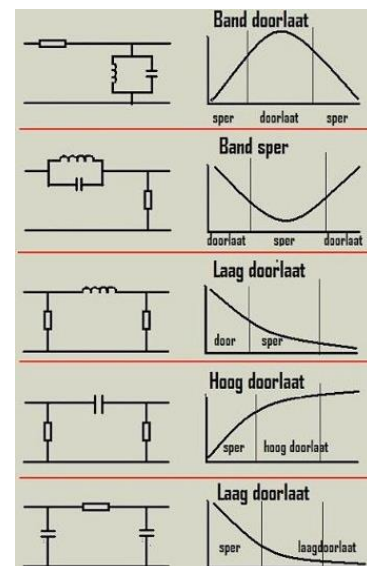


In een speciale situatie is  $X_L$  gelijk aan  $X_C$ .

Bij CLC filter worden de hogere frequenties moeilijk doorgelaten, maar worden de lagere frequenties makkelijker doorgelaten. Ook hier is er sprake van resonantiefrequentie en een speciale situatie, zie hierboven.

Bij LCC filter wordt gebruikt in aanpas netwerkjes voor HF transistor versterkingstrappen. Het filter is aangepast op de frequentie van de zendertrap en werk in de combinatie van 2 condensatoren. Bij juiste aanpassing zorgt het voor de volgende laag-Ohmige ingang van de volgende HF versterker-trap.

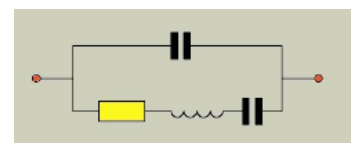
Bij RRR type zal altijd over signaal over een groot gebied verzwakken, de geijkte signaal-verzwakkers. Dit worden vaak attenuators genoemd. Ook deze filters worden aangepast aan de toe te passen toepassing.



### Kwartsfilter; vervangingsschema, serie- en parallelresonantie

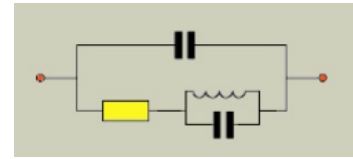
Kwarts kent een eigen resonantiefrequentie, zogenaamde mechanische trillingsverschijnsel.

Het gebruikelijke serie vervangingsschema voor een kwartskristal is:



Tussen de plaatjes van de bovenste parallelle condensator zit het kristal gemonteerd. De Q factor is zeer hoog, wat wil zeggen dat de kwaliteit van de zelfinductie (L) zeer hoog is en van de weerstand R zeer laag.

Er is ook een parallelvariant van het vervanging schema:



Condensator en de spoel rechts vertegenwoordigen het X-tal als afgestemde kring met een zeer hoge Q. De weerstand vertegenwoordigd de verliezen die erg laag zijn, de bovenste condensator is de parasitaire capaciteit tussen de aansluitingen van het X-tal. Bij serieresonantie is de impedantie van een kristal laag, bij een kristal met serieresonantie zijn L en  $X_x$  met elkaar in resonantie en vormen dan een kortsluiting. Er blijft dan alleen een lage verliesweerstand R over. De restcapaciteit staat daaraan parallel, hierdoor wordt de totale impedantie nog iets lager.

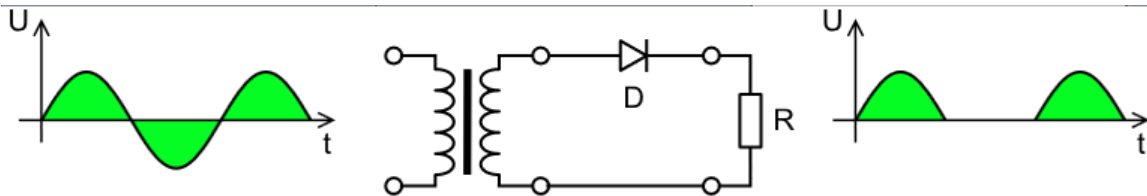
$$Q = \frac{2 * \pi * f * L}{R}$$

### Gevolgen van het toepassen van niet-ideale componenten (parasitaire effecten)

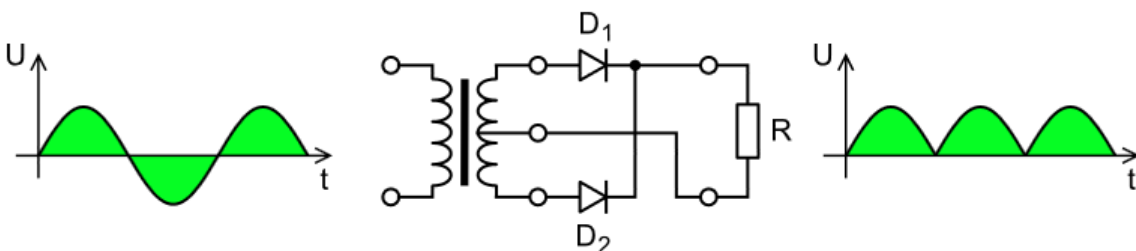
Is vooral van belang voor hoge frequenties, omdat dan de parasitaire eigenschappen gaan spelen.

## 3.3 Voeding

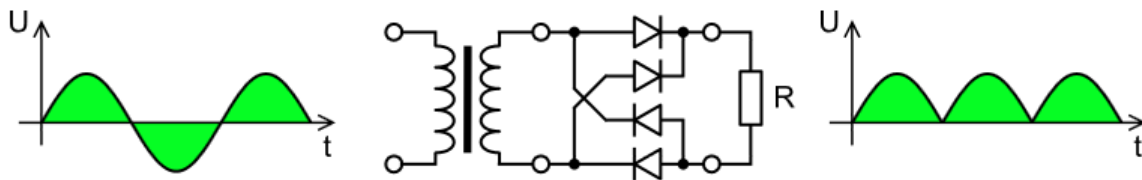
### Schakelingen voor enkel- en dubbelzijdige gelijkrichting en de bruggelijkrichter



Enkelzijdige gelijkrichting, met 1 diode, zonder condensator: alleen de bovenste helft van de sinus blijft over.

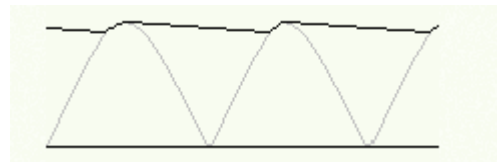


Dubbelzijdige gelijkrichting met een trafo met middenaftakking en 2 diodes, zonder condensator: nu krijgen we de onderste helft van de sinus er bij.



Dubbelzijdige gelijkrichting met een bruggelijkrichter, uitgang is gelijk aan die van een trafo met middenaftakking.

Als we een condensator toevoegen aan de uitgang, dan krijgen we het volgende spanningsverloop:

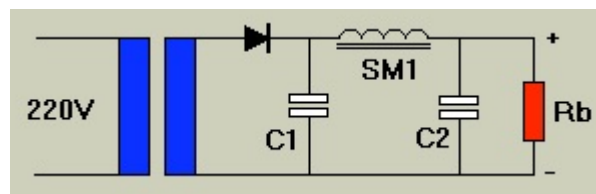


Hoe groter de condensator, hoe vlakker de uitgangsspanning.

### Afvlakschakelingen

Na gelijkrichting blijft, zelfs als een condensator wordt gebruikt altijd een rimpelspanning over. Om deze wisselspanning weg te werken kunnen we een laagdoorlaatfilter gebruiken, immers de gelijkspanning is nul Hertz en de rimpelspanning 50/100Hz (afhankelijk van enkelzijdige of dubbelzijdige gelijkrichting).

Dit filter, hiernaast C1+SM1+C2, filtert de rimpelspanning weg. Hierbij fungeert SM1 als smoorspoel.

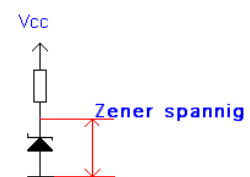


De verzwakking van de rimpelspanning is:

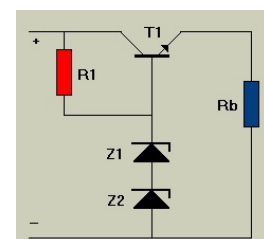
$$U_{uit} = \frac{X_{C2}}{X_{C2} + X_L} * U_{in}$$

### Stabilisatieschakelingen in laagspanningsvoedingen

De eenvoudigste vorm van spanningstabilisatie is met een zenerdiode. Zolang de toegevoerde spanning maar hoger is dan de sperspanning van de zenerdiode, is de uitgangsspanning gelijk aan de zenerspanning.



Een andere stabilisatieschakeling is eentje waarbij we een transistor gebruiken om de spanning te regelen en de zenerdiode(s) om de spanning te bepalen. Voordeel is dat er veel minder stroom door de zenerdiodes hoeft te lopen, omdat deze de basisstroom leveren.



### Schakelende voedingen, isolatie en EMC

Een schakelende voeding werkt volgens het principe dat een pulserende spanning die door een spoel/condensator combinatie loopt een EMK opwekt in de spoel. De aan/uit verhouding (duty-cycle) heeft invloed op de spanning:

$$U_{uit} = \left( \frac{t_{aan}}{t_{periode}} \right) * U$$

Vaak is de frequentie vrij hoog, zo'n 10kHz en dus de periodetijd vrij laag. Daardoor kunnen de spoelkernen veel kleiner zijn en de voeding dus compacter. Door geen normale spoel te gebruiken maar een transformator kan de uitgangspanning ook nog eens hoger dan de ingangspanning zijn.

Als nu als ingangspanning een gelijkgerichte 230V (dus  $\sqrt{2} * 230 = 325V$ ) wordt gebruikt, met daarachter een transformator, dan hebben we gelijk een galvanische scheiding tussen netspanning en uitgangspanning geregeld. En dat is weer veilig.

Doordat een schakelende voeding met blokgolven werkt zal deze ook harmonischen produceren. Om die reden moet alles goed afgeschermd en gefilterd worden.

### 3.4 Versterker

#### Lf en hf-versterker

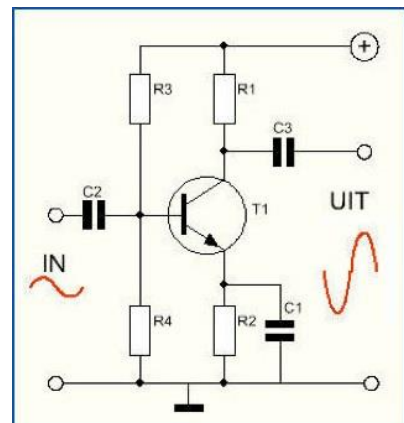
##### LF-versterker

Voor deze LF versterker wordt een eenvoudige transistorschakeling gebruikt, waarbij de ingang op de basis van de transistor is aangesloten en de uitgang tussen collector en emitter zit.

In een LF versterker zitten geen spoelen.

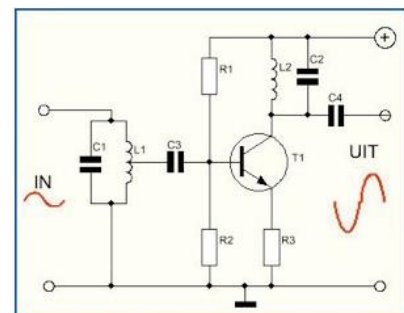
De spanningsversterking A kan worden uitgerekend:

$$A = \frac{R_C}{R_E} = \frac{R_1}{R_2}$$



##### HF versterker

Een HF versterker is een versterker met een ingangs- en/of uitgangsfiler, bestaande uit een L/C combinatie.

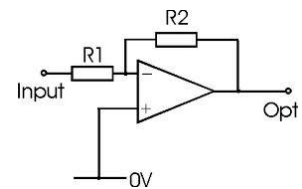


#### Operationele versterker (OpAmp)

Een OpAmp is een (goedkope) geïntegreerde schakeling die een zeer grote versterking heeft. Hij heeft een normale en een 180° fasevershoven (geïnverteerde) ingang. De ingang is zeer hoogohmig en belast de voorgaande schakeling dan ook nauwelijks.

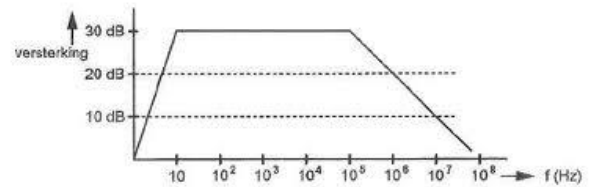
### Versterkingsfactor

In een schakeling waarbij de OpAmp als spanningsversterker wordt gebruikt is de versterking de verhouding tussen  $R_2$  en  $R_1$ :  $A = R_2/R_1$ .

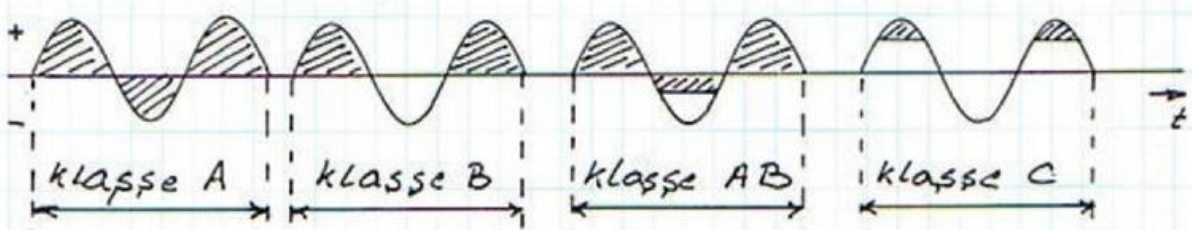


### Amplitude-frequentiearakteristiek en bandbreedte (bandbreedte t.o.v. afgestemde trappen)

De amplitude-frequentiearakteristiek is de kromme die het verloop aangeeft van de uitgangspanning van een versterker ten opzichte van de frequentie van de ingangspanning. Bij een ideale versterker is dit een horizontale rechte lijn, maar in de praktijk is deze afhankelijk van de ontkoppelcondensatoren (lage frequenties) en de parasitaire eigenschappen (hoge frequenties) in de versterker. De bandbreedte van een versterker wordt gedefinieerd als dat deel van de frequenties de binnen de -3dB afvalpunten in de grafiek liggen.



### Instelling in klasse A, A/B, B en C



#### Klasse A

Hierbij ligt het werkpunt in een zo vlak mogelijk deel van de  $I_A-U_G$  karakteristiek van een buis. Hierdoor neemt de versterker altijd vermogen op, maar ook worden zowel het positieve als negatieve deel van de ingangspanning versterkt (A).

#### Klasse B

Het werkpunt ligt bij het nulpunt van de karakteristiek, waardoor de versterker zonder ingangspanning ook geen stroom verbruikt. Helaas wordt ook alleen het positieve deel van de ingangspanning versterkt (B). Door de versterker uit te voeren als dubbele versterker (een versterker voor het positieve en een voor het negatieve deel van de ingang), een balansversterker, wordt dit opgelost. Hierbij zijn twee ingangsignalen nodig die in tegenfase zijn, waarvoor een transformator met middenaftakking kan worden gebruikt. Alleen: als beide versterkers niet 100% identiek zijn is de uitgangspanning vervormt tov de ingangspanning.

#### Klasse AB

Dit is een klasse B versterker waarbij de afstelling zo wordt gekozen dat er bij rust al een zekere stroom vloeit. Dit heft het nadeel van de zuivere klasse B versterker gedeeltelijk op (C).

#### Klasse C

Hier ligt het werkpunt nog lager dan bij klasse B, waardoor alleen de toppen van de ingangspanning worden versterkt (D). Een klasse C versterker kan als frequentievermenigvuldiger gebruikt worden, door met de kleine puls een kring aan te sturen die harmonischen oplevert.



### Harmonische vervorming en intermodulatievervorming, oversturing van versterkertrappen

Als de vorm het ingangssignaal en de vorm van het uitgangssignaal gelijk zijn (dus versterking uitgezonderd), dan is er geen vervorming. De verhouding tussen ingang- en uitgangssignaal is dus altijd gelijk = lineair.

Lineaire vervorming treedt op als de amplitude-frequentie karakteristiek niet horizontaal loopt.

Niet-lineaire vervorming treedt op als de versterkingskarakteristiek van een versterker niet recht is.

Intermodulatievervorming treedt op als een versterker tegelijk meerdere signalen krijgt aangeboden. Bij frequenties  $p$  en  $q$  aan de ingang zullen door niet-lineairiteit (naast  $p$  en  $q$ ) ook  $2^*p-q$ ,  $2^*q-p$  (3<sup>e</sup> orde intermodulatie),  $3^*p-2^*q$ ,  $3^*q-2^*p$  (5<sup>e</sup> orde intermodulatie), et cetera op de uitgang aanwezig zijn.

Oversturing treedt op als het ingangssignaal vervormd wordt omdat het te groot is.

### Vermogensversterkers met buizen, spanningen en impedanties, impedantiëtransformatie

Vermogensversterkers met buizen zie je eigenlijk alleen nog maar in eindtrappen van zenders en zijn grotendeels verdrongen door de MOSFET's. In een buizenversterker kan snel een spanning van 1000V of meer optreden bij een impedantie van 1.750 ohm. Daarom is er nog een impedantiëtrafo nodig om er 50 ohm van te maken.

### Parasitaire oscilaties

Door de geaarde roosterschakeling, waarbij het rooster tussen anode en massa zit, kan daar geen parasitaire oscilatie ontstaan. Echter alle buizenversterkers hebben de neiging tot oscileren bij frequenties veel hoger dan de werkfrequentie (een HF versterker bij 75-250MHz bijvoorbeeld). Om dit te verminderen moet de resonantie op de hoge frequentie voldoende gedempt worden, door bijv. een laagohmige weerstand met de spoel die de afstemming veroorzaakt.

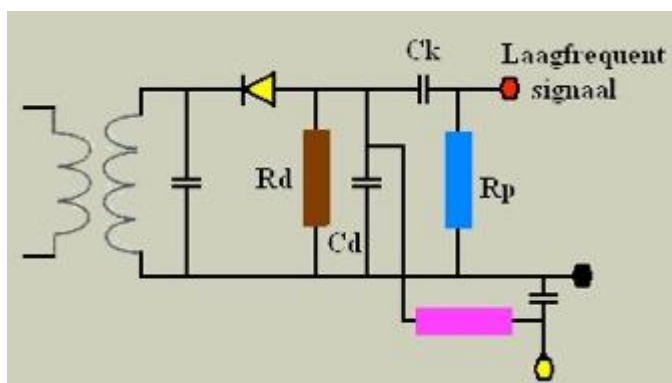
Bij transistor versterkers kan ook oscilatie optreden, dit wordt vaak met ferrietkralen in serie met de basis en/of collector tegengegaan.

## 3.5 Detector

### AM-detectoren

Een detector filtert uit de gemoduleerde draaggolf het Laagfrequent (LF) signaal. Het haalt de modulatie uit het ontvangen gemoduleerd signaal, dit noemen we demodulatie. Voor elke modulatiesoort is er een bijpassende detector.

Als over de diode een HF SPANNING staat, met een polariteit in de geleidende richting, zal de diode geleiden en condensator CD opladen. De condensatorspanning zal toenemen en de toppen van de gemoduleerde draag-golf volgen. Zodra de topspanning van de gemoduleerde draaggolf lager wordt, zal de diode stoppen met geleiden. De weerstand RD zorgt er nu



voor dat de condensator CD weer ontladen wordt.

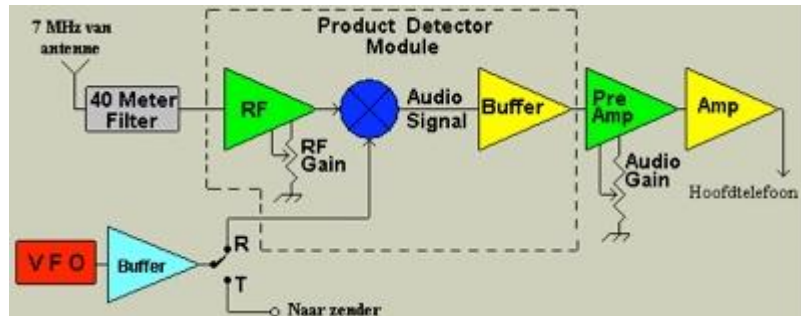
De RC tijd is zeer belangrijk, je kan dit berekenen met de volgende formule:

$$R_d * C_d = \frac{1}{2\pi * f_{lf}(\max)}$$

### Diode detector

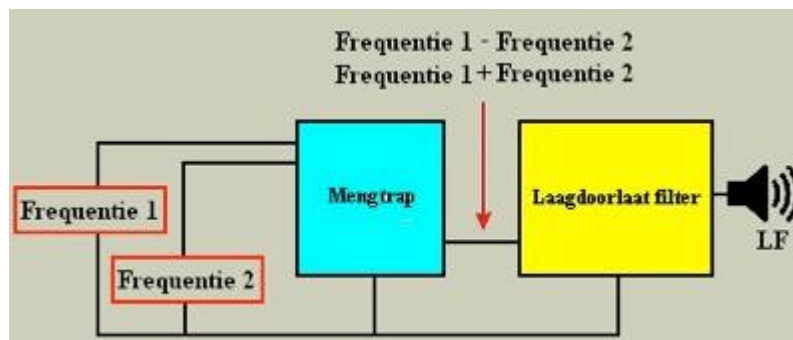
### Productdetector en BFO

In een mengtrap worden twee wisselspanningssignalen met elkaar gemengd. Het resultaat is een aantal frequenties aan de uitgang. De twee oorspronkelijke frequenties, HF en de frequentie van de oscillator, de som- en verschilfrequentie van deze



twee frequentie is waar we mee verder kunnen. SSB heeft echter GEEN draaggolf. Een AM diode detector alleen zal hier niet werken. Er zal nog een aparte schakeling bij moeten komen, omdat er geen draaggolf wordt ontvangen. Er zal dus een draaggolf opgewekt moeten worden om het signaal te moeten demoduleren.

De productdetector heeft een lokale oscillator en zal door middel van optelling en/of aftrekking van de frequenties van de signalen op deze wijze een (hulp)-draaggolf opwekken. Voor de



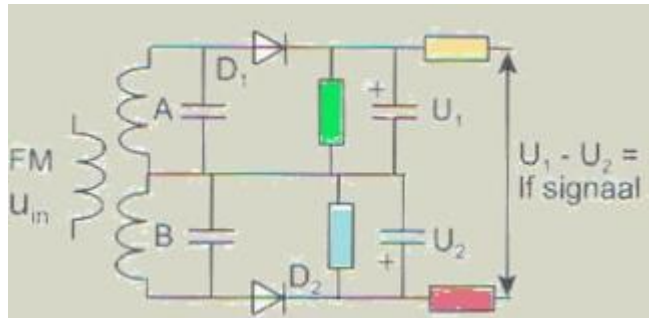
duidelijkheid er wordt hier NIET aan frequentie vermenigvuldiging gedaan. De detector doet niks anders dan  $f_1+f_2$  en  $f_1-f_2$  waarna deze gemengd wordt met een laag doorlaat-filter voor demodulatie.

Dit houdt in dat het voor het afstemmen op de juiste frequentie een goede nauwkeurigheid vereist is voor de ontvangst van de SSB signalen. Deze nauwkeurigheid is dus veel hoger als die noodzakelijk is voor AM of FM ontvangst. De lokale oscillator wordt ook wel de BFO genoemd, **Beat Frequency Oscillator**.

### FM-detectoren

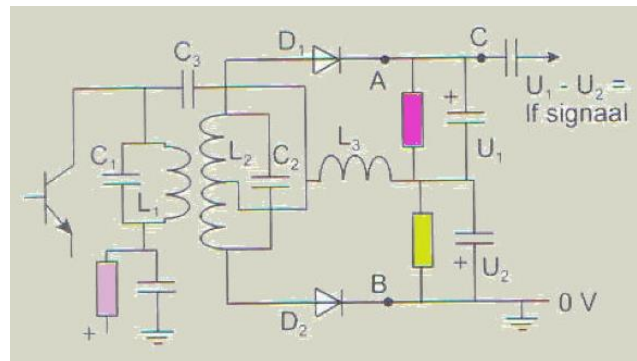
In het begin werd flankdetectie toegepast, maar dat was niet handig: er ontstond vervorming en de resonantiekromme was vaak te steil voor het signaal. Daarom werd later de FM-discriminator gebruikt.

Een FM-discriminator is een diode detector in dubbele uitvoering. Het principe om uit te rekenen blijft gelijk zoals uitgelegd in productdetector. De detector A neemt het bovenste gedeelte van het signaal om te "vertalen" en het onderste gedeelte van het signaal wordt door B "vertaald".



### Foster-Seeley-discriminator

Dit is een speciale uitvoering om FM te "vertalen" oftewel te detecteren. Deze werkt met LC resonantie kringen, waarna het product als ook de manier van uitrekenen hetzelfde blijft, echter met dit verschil dat bij geen modulatie de spanning (en stroom) op de nullijn samenvallen, zodat er verder geen spanning of stroom verloren gaat.



## 3.6 Oscilator

### Factoren die de frequentie en frequentiestabiliteit bepalen

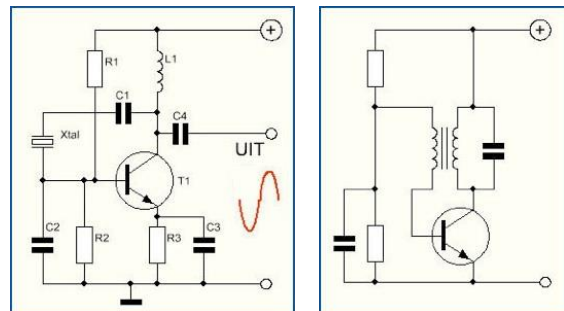
Xx

### Oscileervoorwaarden

Xx

### LC-oscilator, kristaloscilator, overtone-oscilator

Met een oscilator kun je een HF signaal met een bepaalde frequentie opwekken. Dit gebeurt door in een versterker (met transistor dus) het uitgangssignaal terug te koppelen naar de ingang, waardoor de schakeling gaat rondzingen. De frequentie die je wilt maken laat je als enige door middels een kristal of een L/C filter. Een oscilator heeft meestal geen ingang, alleen een uitgang. Als er wel een ingang en uitgang in een versterkerschakeling zitten, maar ook een terugkoppeling van uitgang naar ingang, dan is het geen versterker maar een oscilator.

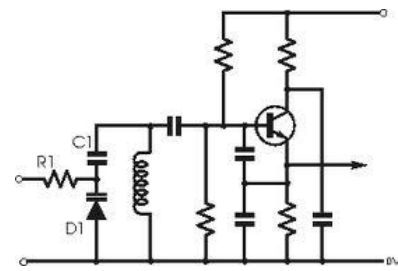


De frequentiestabiliteit van de oscilator is afhankelijk van de componenten, deze moeten dus zeer stabiel zijn (onafhankelijk van temperatuur, aangesloten wisselspanning, mechanische trillingen) en in een afgeschermd omgeving geplaatst. Om de invloed van de schakeling na de oscilator te minimaliseren wordt een bufferschakeling gebruikt (lineaire versterker met hoge ingangsimpedantie). Door het wijzigen van de condensator in een L/C oscilator kan de frequentie gewijzigd worden.

### Spanningsgestuurde oscillator (VCO, frequentiemodulator)

Door de condensator in een L/C oscillator te vervangen door een Varicap-diode, dan kunnen we de capaciteit (en dus de frequentie van de oscillator) sturen met een spanning.

Hiernaast is D1 de varicap. Als de regelspanning een wisselspanning is, bijvoorbeeld een spraaksignaal, dan wordt de frequentie van de oscillator in het ritme van het lf-sigitaal gemoduleerd en hebben we FM-modulatie.



### Faseruis

Faseruis ontstaat in de oscillator van een zender of ontvanger, door de thermische ruis van de componenten.

### 3.7 Phase Locked Loop (PLL)

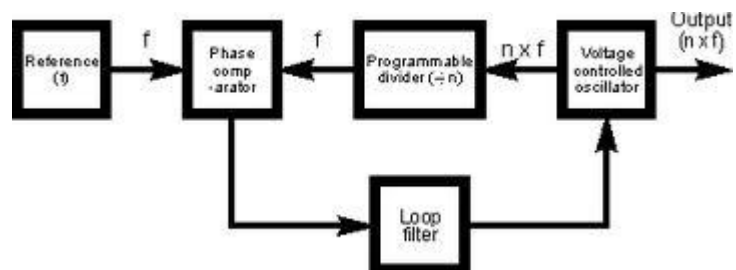
Een PLL wordt gebruikt om in een zender/ontvanger de frequentie heel nauwkeurig in te stellen.

#### Regellus met fasevergelijkschakeling

De regellus werkt door het toevoeren van twee bloksignalen van gelijke frequentie aan een XOR schakeling, waarbij het faseverschil van de twee signalen resulteert in een gemiddeld heel nauwkeurige uitgangsspanning. Als we dit uitgangssignaal als referentiespanning terugvoeren naar de ingang van de oscillator het geringste verschil in fase te detecteren.

#### Regellus met instelbaar deeltal

Door nu in een regellus een frequentiedeler op te nemen en de opgewekte frequentie steeds te vergelijken met een referentiefrequentie (meestal een kristal), dan kunnen we door het instellen van het deelgetal hele kleine frequentievariatiaties opwekken.



#### Filter in de regellus

Het filter in de regellus dient ervoor om de oscillator op de juiste frequentie te houden.

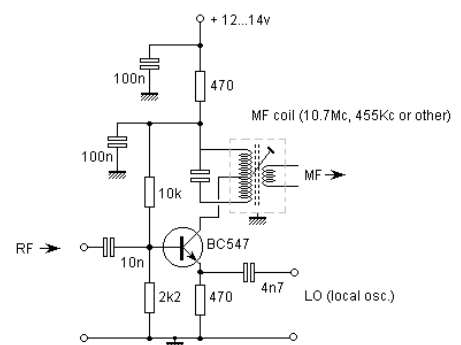
#### Modulatie in de VCO

Als we voor de spanning op de varicap in een oscillator een lf-sigitaal nemen hebben we een FM-modulator gemaakt.

### 3.8 Mengtrap

#### Mengtrap met transistor, JFET of dioden

Een mengtrap mengt de twee frequenties ( $f_1$  en  $f_2$ ) aan de ingang tot  $f_1 + f_2$  en  $f_1 - f_2$ . Bij een transistor of diodeschakeling wordt gebruik gemaakt van de niet-lineairiteit van de componenten. Hiernaast worden RL en LO gemengd tot MF.



### Som- en verschilmenging, spiegelrequentie

Een mengtrap mengt de twee frequenties ( $f_1$  en  $f_2$ ) aan de ingang tot  $f_1 + f_2$  en  $f_1 - f_2$ . Maar, omdat de mengtrap een niet-lineaire schakeling bevat, komen in het uitgangssignaal ook harmonischen van  $f_1$  en  $f_2$  voor:  $2*f_1 +/- f_2$ ,  $f_2 - f_1$ ,  $2*f_2 +/- f_1$ , enzovoort. Dus:  $n*f_1 +/- m*f_2$  (waarbij  $n$  en  $m$  gehele getallen zijn). Om deze reden moet een mengtrap altijd gevolgd worden door een filter dat alleen de gewenste frequentie(s) doorlaat.

### Amplitudemodulator

En amplitudemodulator kan gemaakt worden met een buis, door de anodespanning te variëren. Om deze reden noemen we dat anodemodulatie. Tegenwoordig wordt een AM signaal meestal gemaakt door een SSB/EZB signaal niet door een smal SSB/EZB filter te sturen en door op het juiste moment een draaggolf toe te voegen.

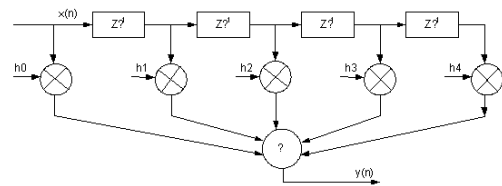
### Balansmodulator

Dit is een geïntegreerde schakeling met als bijzonderheid dat de oorspronkelijke ingangsfrequenties niet in het uitgangssignaal zitten.

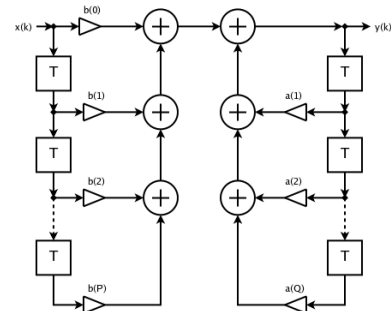
## 3.9 Digitale signaalverwerking

### FIR en IIR filter blokschema

Bij een FIR (Finite Impulse Response) filter worden de bits aan een schuifregister toegevoerd en kunnen zo een aantal bits tegelijk bewerkt worden. Voordeel: vertraging onafhankelijk van de frequentie, dus geen fase- of looptijdverschillen. Nadeel: hoe meer bits tegelijk hoe meer rekenkracht nodig en moeilijker te programmeren.



Een IIR (Infinite Impulse Response) filter werkt anders, hierbij wordt het resultaat teruggekoppeld naar de ingang. Een signaal kan dus tot in het oneindige invloed hebben op de uitgang. Voordeel: kost minder rekentijd. Nadeel: vertraging afhankelijk van de ingangsfrequentie (gedraagt zich als L/C filter) en door terugkoppeling kans op oscilleren.



### Fourier transformatie (grafische weergave)

Fourier transformaties worden steeds meer gebruikt bij DSP en SDR toepassingen, vooral voor signaal analyse en filtering.

### DFT

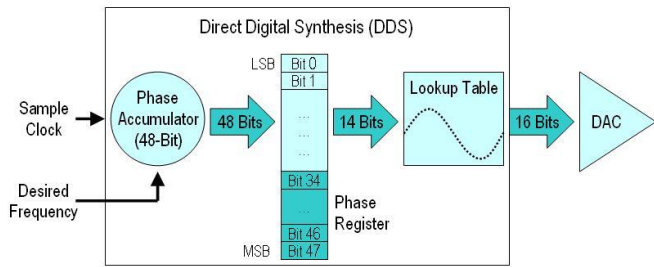
Discrete Fourier Transformation wordt gebruikt om te meten welke frequenties in een signaal het meeste voorkomen, bepalen welke amplitude deze frequenties hebben en het ontwerpen van digitale filters met veel elementen.

### FFT

Fast Fourier Transformation maakt gebruik van wiskundige truukjes om de berekeningen snel uit te kunnen voeren.

### Directe digitale frequentiesynthese (DDS)

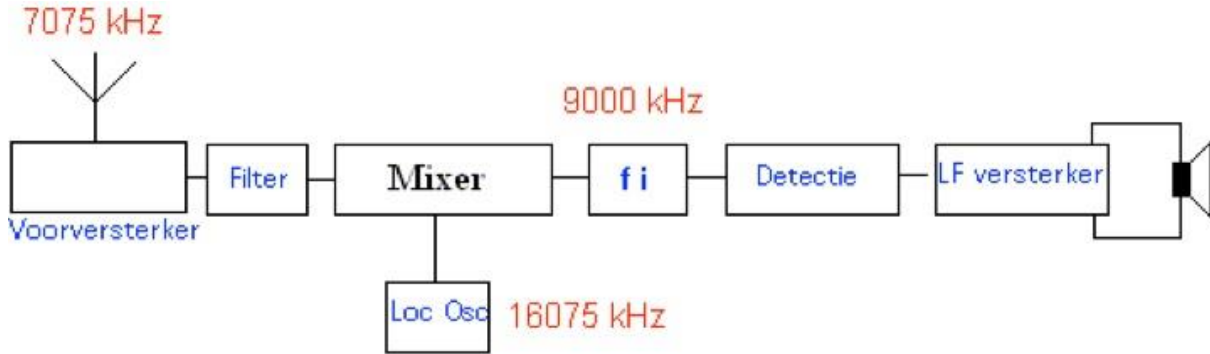
Is een andere manier van signaalopwekking dan PLL, omdat er (in tegenstelling tot PLL) geen terugkoppeling wordt gebruikt. Er wordt met de gewenste frequentie opgewekt aan de hand van een opzoektabel en een DAC. De klokfrequentie moet vele malen hoger zijn dan de op te wekken frequentie en met een laagdoorlaatfilter worden de klokfrequentie en de harmonische daarvan en van de opgewekte frequentie uitgefiltert.



## 4 Ontvangers

### 4.1 Uitvoering

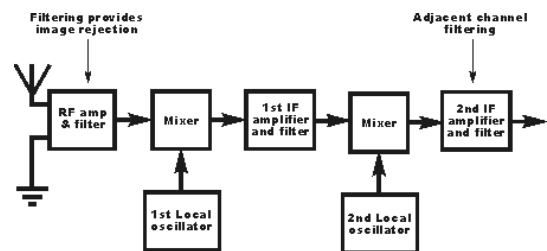
#### Enkelsuperheterodyne ontvanger [N]



De mengtrap/mixer laat toe om het ontvangen signaal om te vormen tot één met een VASTE frequentie. De middenfrequent-versterker van een superheterodyneontvanger bepaalt de selectiviteit van de ontvanger. Nadeel: de spiegelrequentie wordt ook ontvangen en het ligt aan de kwaliteit van het MF filter of deze spiegelrequentie uitgefilterd wordt.

#### Dubbelsuperheterodyne ontvanger

Bij een dubbelsuperheterodyne ontvanger zijn er niet één maar twee mixer/oscillator/filter trappen. Grote voordeel: de spiegelrequentie is verdwenen omdat de 2<sup>e</sup> oscillator een lage frequentie heeft en heel goed te filteren valt.

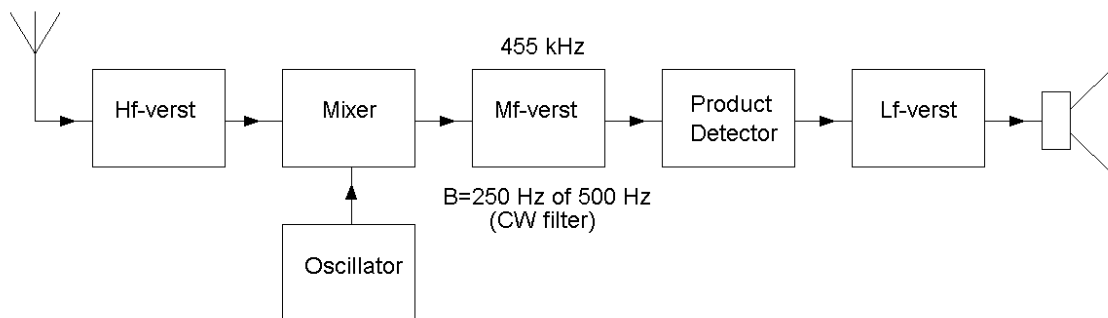


#### Directe conversie / rechtuitontvanger [N]

Als je bij een enkele superheterodyne ontvanger de ontvangsfrequentie mengt met *dezelfde* frequentie krijg je na het filter direct een laagfrequent signaal. Dat LF signaal kan direct gebruikt worden voor CW/AM/SSB ontvangst, maar niet voor FM. Dit soort ontvangers kan maar voor 1 band gebruikt worden en wordt veel gebruikt voor vossejachten.

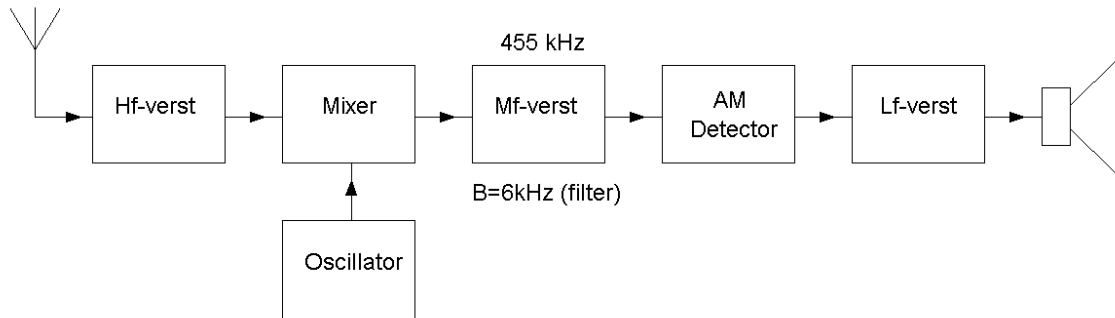
### 4.2 Blokschema's

#### CW ontvanger [A1A] [N]

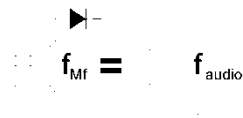


De CW ontvanger heeft als productdetector een Beat Frequency Oscillator BFO), om de draaggolf hoorbaar te maken.

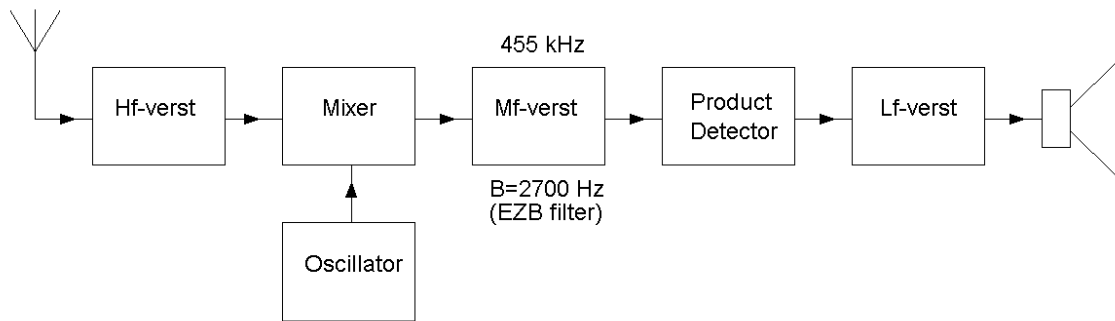
### AM-ontvanger [A3E] [N]



De AM detector is een eenvoudige diode-detector:

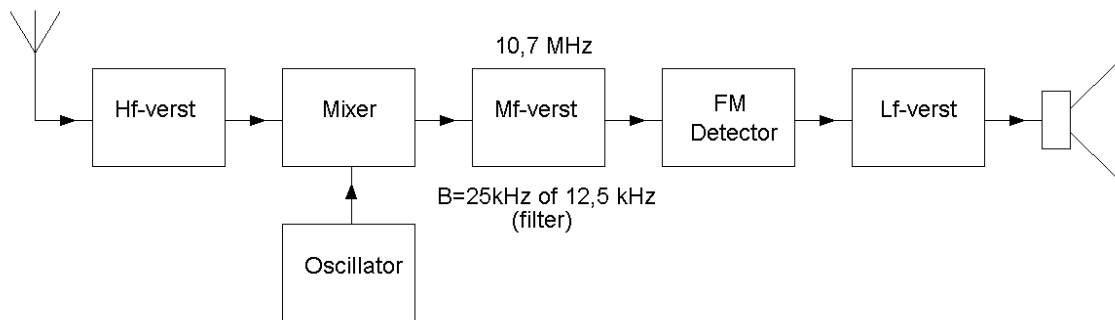


### EZB-ontvanger [J3E] [N]

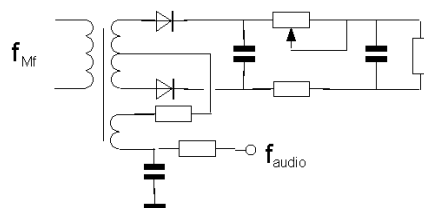


Bij een EZB ontvanger heeft de productdetector ook weer een BFO (er is immers geen draaggolf), net als de CW ontvanger.

### FM-ontvanger [F3E] [N]



De FM detector is hier een discriminator;





### 4.3 Werking en functies van de volgende schakelingen [blokschema]

#### HF-versterker [smalband of breedband] [N]

De Hf-versterker dient het hoogfrequente antennesignaal ( 0,1 a 10 uV) te versterken, d.w.z. in amplitude te vergroten (een factor 100 a 1000). Ook dient er een zekere voorselectie in de versterker plaats te vinden, d.w.z. signalen die in frequentie relatief ver van de te ontvangen frequentie liggen dienen verzwakt te worden. Om dit te bewerkstelligen is de Hf-versterker vaak afstembaar.



Een Hf-versterker heeft een ingang voor het Hf-antennesignaal en een uitgang voor het versterkte Hf-signaal.

#### Oscillator [vast of variabel] [N]

Een oscillator produceert een wisselspanningssignaal, in dit geval een Hf-wisselspanningssignaal. Indien men slechts een frequentie wenst te ontvangen, kan men een oscillator met een vaste frequentie toepassen. Een kristal is dan vaak het frequentiebepalende element. Wil men alle frequenties kunnen ontvangen in een bepaalde band dan moet men gebruik maken van een oscillator met een variabele frequentie. In deze oscillator is een af te stemmen kring het frequentie bepallende element. De resonantiefrequentie van deze kring kan gevarieerd worden door de capaciteit of de zelfinductie van de kring te variëren.

Een oscillator heeft geen ingang maar slechts een uitgang ten behoeve van het opgewekte wisselspanningssignaal

#### Mengtrap [N]

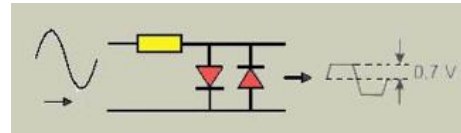
In een mengtrap worden twee wisselspanningssignalen met elkaar gemengd. Het resultaat is een aantal frequenties aan de uitgang. De twee oorspronkelijke frequenties:  $f_{Hf}$  en  $f_{osc}$  en de som- en verschilfrequentie van deze twee:  $f_{Hf} - f_{osc}$  en  $f_{Hf} + f_{osc}$ . De middenfrequenttrap selekteert de verschilfrequentie  $f_{Hf} - f_{osc}$  eruit, maar dit kan ook al in de mengtrap plaatsvinden als aan de uitgang een filter aanwezig is, dat op deze frequentie is afgestemd. Een mengtrap of mixer heeft twee ingangen en een uitgang: een ingang voor het versterkte antenne signaal, een ingang voor het oscillatorsignaal en een uitgang voor de mengproducten of als de filtering al plaats heeft gevonden, het signaal met de verschilfrequentie.

#### Middenfrequentversterker [N]

De middenfrequentversterker doet hetzelfde als een Hf-versterker, alleen op een andere in het algemeen beduidend lagere frequentie, op de middenfrequentie. Veel gebruikte middenfrequenties zijn 455 kHz en 10,7 MHz. Doordat deze frequentie relatief laag is, is er een hoge selectiviteit te realiseren, die nog verbeterd kan worden door de toepassing van een kristal-, mechanisch- of keramisch- filter. Dit filter moet natuurlijk passen bij de bandbreedte van de toegepaste modulatie, CW: 250 a 500 Hz, EZB: 2700 Hz, AM: 6kHz en FM: 12,5 of 25 kHz (afhankelijk van de kanaalafstand behorend bij de toegepaste frequentiezwaaai). Ook de versterking en daarmee de gevoeligheid kan, doordat de middenfrequentversterker op een vaste frequentie werkt, geoptimaliseerd worden.

#### Begrenzer

Een begrenzer, ook wel limiter genoemd, wordt toegepast in de MF-versterker van een FM-ontvanger. De spanning over de diodes kan daarbij nooit groter worden dan de doorlaatspanning van de diodes. De serieweerstand zorgt ervoor dat er geen te grote stroom door de parallelschakeling van de diodes vloeit. De uitgangsspanning wordt door deze schakeling begrensd tot de doorlaatspanning van de diodes. Een en ander is aangegeven in het rechter deel van de figuur. Men kan de diodes elk ook een negatieve voorspanning geven. De uitgangsspanning wordt dan begrensd tot een waarde die gelijk is aan die voorspanning, vermeerderd met de doorlaatspanning van de desbetreffende diode.



### Detector [N]

Een detector haalt de modulatie uit het ontvangen gemoduleerd signaal, dit noemen we demodulatie. Gezien er vele modulatie soorten zijn, zijn er dus ook verschillende detectoren. Bij een AM ontvanger hebben we slechts een heel eenvoudige detector nodig om de spraak te demoduleren. Bij een FM ontvanger wordt een ingewikkelder detector toegepast voor de spraakdemodulatie. De FM-detector is tegenwoordig wel iets simpeler als voorheen omdat het tegenwoordig verkrijgbaar is in één IC (chipje).

### Zwevings-oscillator [BFO] [N]

De BFO reconstrueert een draaggolf bij EZB en maakt de geschakelde draaggolf in CW hoorbaar.

### Productdetector

In een mengtrap worden twee wisselspanningssignalen met elkaar gemengd. Het resultaat is een aantal frequenties aan de uitgang. De twee oorspronkelijke frequenties, HF en de frequentie van de oscillator, de som- en verschilfrequentie van deze twee frequentie is waar we mee verder kunnen. De detector doet niks anders dan  $f_1+f_2$  en  $f_1-f_2$  waarna deze gemengd wordt met een laag doorlaatfilter voor demodulatie.

### LF-versterker [N]

Versterkt de audio.

### Automatische versterkingsregeling [AVR/AVC] [N]

Vaak is er achter de middenfrequentversterker, parallel aan de audiodetector, een tweede diode en een afvlakschakeling aanwezig die een gelijkspanning produceren evenredig met het mf-signaal. Met deze gelijkspanning wordt de instelling van de transistoren in de Hf-trap en de middenfrequenttrap beïnvloed. Dit heeft als resultaat dat de versterking afneemt als het signaal groter wordt. Hiermee wordt een nagenoeg constant audiosignaal verkregen. Dit is erg prettig als er sprake is van "fading". Bij "fading" varieert het antennesignaal sterk. De AVR zorgt er dan voor dat we hier niets van merken.

### S-meter

Standaard schaal aanduiding voor ontvangststerkte. S 9 staat voor: antenne-spanning op HF van 50µ Volt en antenne-spanning op VHF van 5µ Volt. Elke S-punt is 6dB (factor 4).

### Ruisonderdrukker [squelch] [N]

[N alleen doel] De ruisonderdrukker kijkt of het signaal boven een bepaalde (vaak instelbare) drempel uitkomt. Is dit het geval dan wordt het Lf-signaal aan de Lf-versterker doorgegeven. Is dit

niet het geval dan gebeurt dit niet en komt er dus geen geluid uit de luidspreker. Hiermee voorkomt men dat een ontvanger hinderlijk staat te ruisen als er geen signaal is. De ruisonderdrukker is meestal te vinden tussen de detector en de Lf-versterker

### Voeding [n]

De voeding zet de wisselspanning van het net om in gelijkspanningen die de ontvanger nodig heeft om goed te kunnen functioneren. Elke trap van de ontvanger waarin actieve elementen voorkomen (transistoren, fet's, buizen, ic's, opamp's enz) moet gevoed worden met gelijkspanning om te kunnen functioneren. Deze gelijkspanningen kunnen verschillend zijn, zowel wat spanning, vermogen en stabilisatie betreft. Dus van de voeding lopen er elektrische verbindingen naar deze actieve componenten om deze te voeden.

## 4.4 Ontvangerspecificaties

### Nabijselectiviteit

Dit is het vermogen van de ontvanger om bij het afstemmen een voldoende groot onderscheid te maken tussen zenders, die in frequentie dicht bij elkaar liggen. Dit is niet afhankelijk van de soort modulatie. De kreet '-6dB' geeft aan op welke punten van de filter karakteristiek je de bandbreedte meet. In dit geval zijn dat de punten waar de spanning die door het filter gaat voor de helft (= -6dB) wordt verzwakt. De afstand tussen die twee frequenties heet dan de "-6dB bandbreedte".

### Verafselectiviteit

Hierbij moet de ontvanger onderscheid kunnen maken tussen een gewenst signaal (middelmatig zwak) en een zeer sterk signaal dat in frequentie veel afwijkt van het gewenste signaal. Als het signaal namelijk doordringt tot het middenfrequent (mf) dan wordt het eruit filteren onbegonnen werk.

Het is dus van belang dat het filteren al voor de eindtrap/HF versterkers gebeurt. Ook het uitfilteren van spiegelfrequenties of verzwakken hiervan is van belang! Om nu te voorkomen dat de spiegelfrequenties en de signalen op de middenfrequentie(s) geen uitgangssignaal geven in de mf-versterkers, moet ervoor worden gezorgd dat signalen met deze frequentie niet in de ontvanger kunnen komen. Hiervoor dienen de filter-schakelingen in de hf-trap(pen).

### Gevoeligheid, ruisgetal

(10dB S+N/N ratio) uitgedrukt in microVolts, ook voor de diverse modes. Hier wordt het volgende bedoeld: welke ingangsspanning voor de ontvanger heb je nodig om het vermogen in de luidspreker met 10dB te laten toenemen t.o.v. geen signaal.

### Stabiliteit

Korte-duur stabiliteit = mate waarin de ontvanger tijdens ontvangst rond de ontvangstfrequentie schommelt. 100Hz is bij CW/SSB heel vervelend, maar merk je bij AM/FM weinig van. Lange-duur stabiliteit is verlopen na langere tijd, beetje terug afstemmen is dan nodig.

## Intermodulatie; kruismodulatie

### Intermodulatie

Dit is het mengen van twee of meer sterke signalen binnen het doorlaatgebied van de HF-trappen (eentje meestal gewenst, de anderen ongewenst). Bij twee ongewenste signalen kan bijvoorbeeld de gewenste frequentie gevormd worden, wat tot verstoring van de ontvangst leidt.

### Kruismodulatie

Dit is het effect dat wordt veroorzaakt door een (ongewenste) sterke zender vlakbij een (gewenst) zwak signaal, waarbij het zwakke signaal lijkt te moduleren met de modulatie van het sterke signaal. Hoe beter de selectiviteit van de ontvanger, hoe minder dit effect.

### Reciproke menging (faseruis)

Deze ruis wordt veroorzaakt door de oscillator en kan mengen met een sterk ongewenst signaal. Hierdoor kan een gewenst signaal "in de ruis verdwijnen".

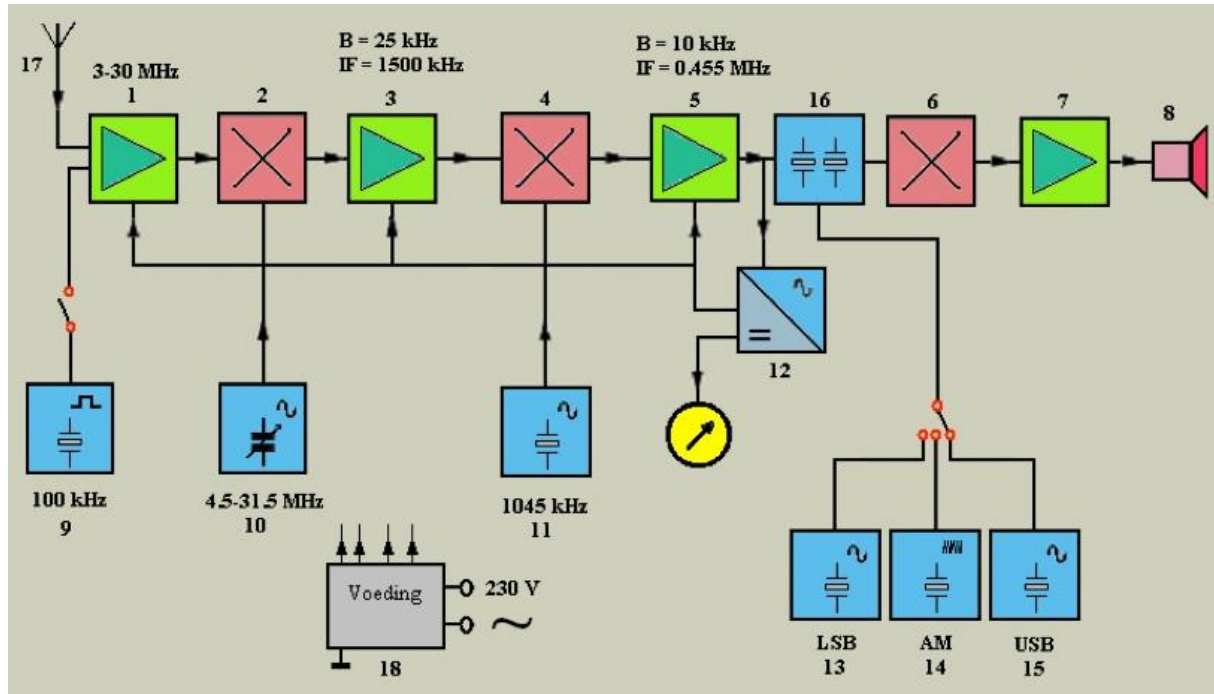
### Gevoeligheidsvermindering (desensitization)

Dit is het bewust verminderen van de gevoeligheid van een ontvanger, waardoor bovenstaande versotringen minder snel optreden.

### Blokking

Dit is de mate waarin een relatief sterk signaal ervoor zorgt dat de gevoeligheid van de ontvanger afneemt.

## 4.5 Voorbeeld ontvanger



1. Hoogfrequentversterker. De hoogfrequentversterker geeft al aan dat de ontvanger bedoeld is voor 3-30 MHz, alle HF signalen in dit gebied zullen versterkt worden. De Hf-versterker dient het hoogfrequente antennesignaal (0,1 a 10 uV) te versterken, d.w.z. in amplitude te vergroten (een factor 100 a 1000).

2. Mengtrap of mixer, in een mengtrap worden twee wisselspanningssignalen met elkaar gemengd. Het resultaat is een aantal frequenties aan de uitgang. De twee oorspronkelijke frequenties:  $f_{Hf}$  en  $f_{osc}$  en de som- en verschilfrequentie van deze twee:  $f_{Hf} - f_{osc}$  en  $f_{Hf} + f_{osc}$ . De middenfrequenttrap selecteert de verschilfrequentie  $f_{Hf} - f_{osc}$  eruit, maar dit kan ook al in de mengtrap plaatsvinden als aan de uitgang een filter aanwezig is, dat op deze frequentie is afgestemd. Een mengtrap of mixer heeft twee ingangen en een uitgang: een ingang voor het versterkte antenne signaal, een ingang voor het oscillatorsignaal en een uitgang voor de mengproducten of als de filtering al plaats heeft gevonden, het signaal met de verschilfrequentie.
3. Middenfrequentversterker. Is de eerste m.f. versterker, bandbreedte 25 kHz en de doorlaatfrequentie is 1,5 MHz. De middenfrequentversterker doet hetzelfde als een Hf-versterker, alleen op een andere in het algemeen beduidend lagere frequentie, op de middenfrequentie. Veel gebruikte middenfrequenties zijn 455 kHz en 10,7 MHz. Doordat deze frequentie relatief laag is, is er een hoge selectiviteit te realiseren, die nog verbeterd kan worden door de toepassing van een kristal-, mechanisch- of keramisch- filter. Dit filter moet natuurlijk passen bij de bandbreedte van de toegepaste modulatie, CW: 250 a 500 Hz, EZB: 2700 Hz, AM: 6 kHz en FM: 12,5 of 25 kHz (afhankelijk van de kanaalafstand behorend bij de toegepaste frequentiezwaaai).
4. Is een mengtrap die de doorlaatfrequentie omlaag brengt naar 455 KHz met een band breedte van 10 kHz.
5. Dit is weer een m.f. versterker op 0,455 MHz.
6. Dit is een mengtrap bedoelt om een enkelzijband signaal of c.w. signaal te detecteren. De beat-oscillator heeft met behulp van kristallen een vaste frequentie.
7. Lf-versterker. In deze versterker wordt het audiosignaal op een niveau gebracht, waarbij dit signaal krachtig genoeg is om de conus van de luidspreker te bewegen. Moderne ontvangers zijn ook nog extra uitgerust met DSP filters voordat het LF signaal aan de lf-versterker wordt aangeboden. Hierbij bedoelen we het laagfrequent DSP dat anders is als het middenfrequent DSP, sommige zendontvangers hebben beide.
8. luidspreker of koptelefoon
9. Dit is een ijk oscillator op 100 kHz, die in dit geval blokgolven produceert, waardoor ook op de hogere frequenties een goed ijk signaal aanwezig is om de ontvangst frequentie te kunnen ijken.
10. Een oscillator produceert een wisselspanningssignaal, in dit geval een Hf-wisselspanningssignaal. Indien men slechts een frequentie wenst te ontvangen, kan men een oscillator met een vaste frequentie toepassen. Een kristal is dan vaak het frequentiebepalende element. Wil men alle frequenties kunnen ontvangen in een bepaalde band dan moet men gebruik maken van een oscillator met een variabele frequentie. In deze oscillator is een af te stemmen kring het frequentie bepalende element. De resonantiefrequentie van deze kring kan gevarieerd worden door de capaciteit of de zelfinductie van de kring te variëren. Een oscillator heeft geen ingang maar slechts een uitgang ten behoeve van het opgewekte wisselspanningssignaal.
11. Mengoscillator, kristal gestuurd, om het 1e m.f. omlaag te mengen naar 455 kHz.
12. Dit is een detectie systeem die van het h.f. signaal omzet naar een gelijkspanning, die evenredig is met de sterkte van het signaal. Hierop kan dan een S-meter worden

aangesloten. Tevens wordt met deze spanning de m.f. en voorversterker mee geregeld om oversturing te voorkomen.

13. AM en EnkelzijBand Modulatie. De productdetector wordt zowel voor de detectie van EZB als AM toegepast. Een productdetector is opgebouwd uit een mixer en een oscillator. De oscillator wekt een signaal op met een frequentie die past bij de draaggolf van het EZB-sig-naal. Het middenfrequent EZB-sig-naal wordt toegevoerd aan de mixer. Hetzelfde gebeurt met het oscillatorsig-naal. De verschil-frequentie is dan het gewenste audiosig-naal.
14. Productdetector AM
15. Productdetector USB
16. Dit is een omschakelbaar kristalfilter, bedoeld voor de hoge of de lage zijband.
17. de antenne
18. de voeding

## 5 Zenders

### 5.1 Uitvoering

#### Zender met of zonder frequentietransformatie

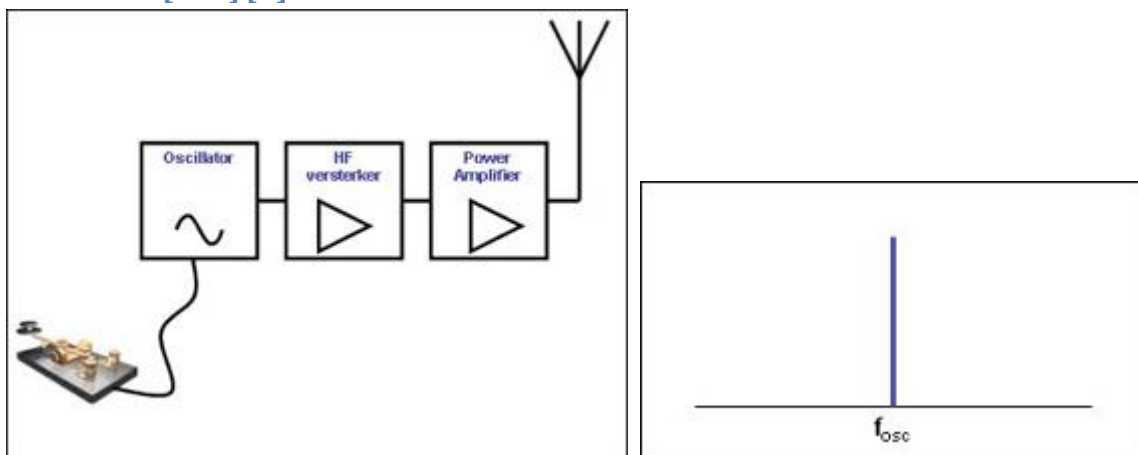
Bij een zender zonder frequentietransformatie wordt de opgewekte frequentie direct door een versterker en eindtrap gebruikt. Bij een zender met frequentietransformatie wordt de opgewekte frequentie eerst gemengd met een andere frequentie of een aantal maal vermenigvuldigd om zo de gewenste frequentie te krijgen, die daarna pas wordt versterkt.

#### Transceiver (TRX)

Dit is een combinatie van transmitter (zender) en receiver (ontvanger).

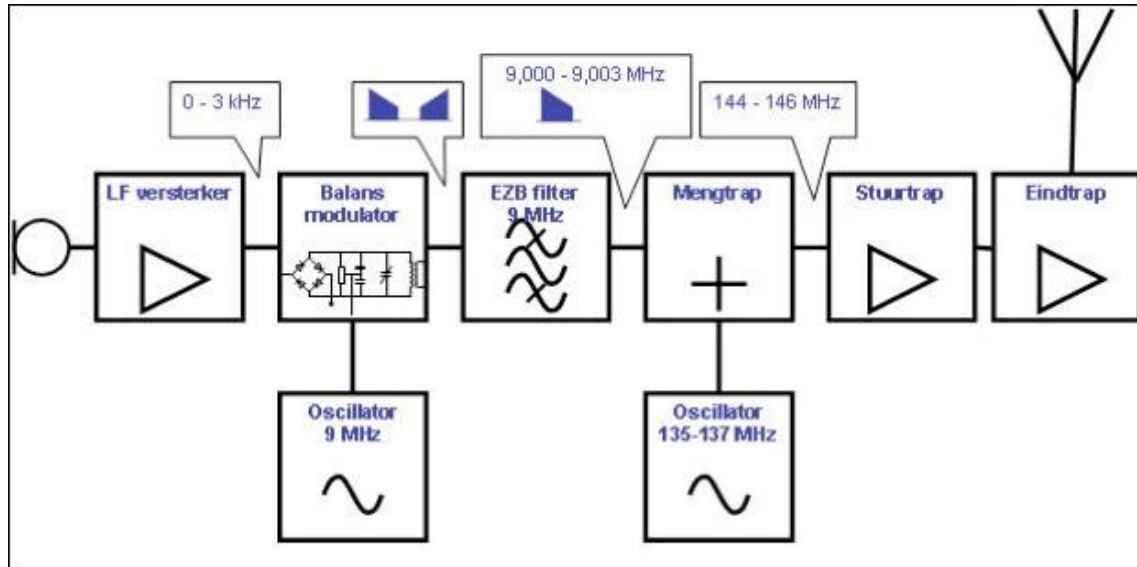
### 5.2 Blokschema's

#### CW-zender [A1A] [N]



De bandbreedte van een CW-zender is het kleinst, dit komt doordat er alleen maar een draaggolf wordt uitgezonden en er geen modulatie plaatsvindt. Bij CW is het alleen de carrier, 100 a 200 Hz. Sleutelklikken worden vermeden door het toepassen van R/C schakelingen.

### EZB-zender [J3E] [N]

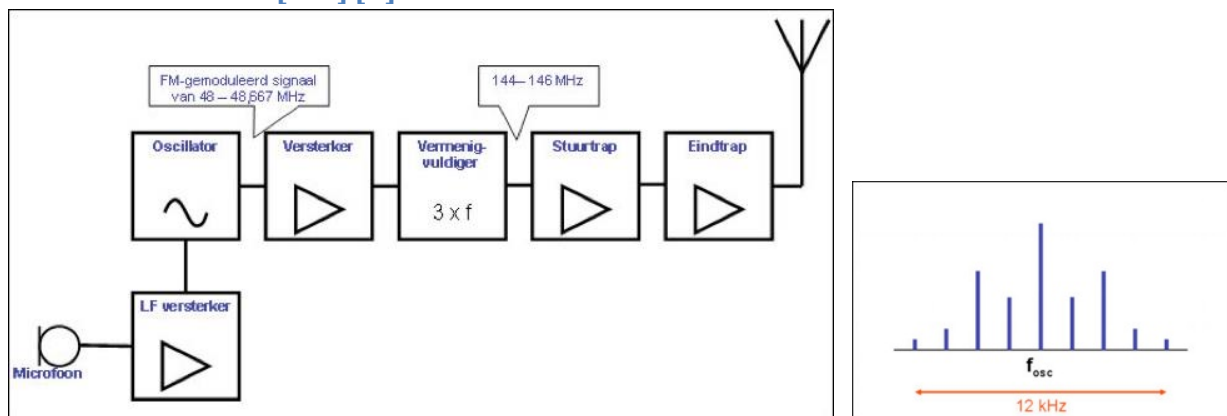


Bij SSB is de bandbreedte alleen 1 van de zijbanden, dus net zoveel als de spraakinfo.

Een voordeel van enkelzijbandmodulatie vergeleken met amplitudemodulatie is: De vervorming ten gevolge van selectieve fading is minder hinderlijk.

EZB-modulatie is mogelijk door gebruik te maken van een ring- of balansmodulator. In een EZB-zender wordt gebruik gemaakt van een kristalfilter om één van de zijbanden uit te filteren. Om een EZB-sigitaal in frequentie te verhogen, moet gebruik worden gemaakt van een mengtrap. Voor de versterkertapen moet gebruik worden gemaakt van klasse A of AB, om vervorming te voorkomen.

### FM-zender met PLL [F3E] [N]



Bij een FM-zender is het uitgezonden vermogen of de bandbreedte niet afhankelijk van de modulatie. De bandbreedte neemt wel toe als de vermenigvuldigingsfactor groter wordt.

Frequentiemodulatie is mogelijk door het gebruik van een varicapdiode. In een FM-zender wordt gebruik gemaakt van één of meer frequentievermenigvuldigers. Een voordeel van frequentiemodulatie vergeleken met enkelzijbandmodulatie is: de eindtrap van de zender kan in klasse C worden ingesteld.



De bandbreedte van een FM-zender is het grootst, dit komt door het grote aantal zijbanden dat ontstaat als gevolg van de modulatie. Bij een FM zender is de bandbreedte  $2x$  (zwaai + spraakbandbreedte).

### 5.3 Werking en functie van de volgende schakelingen [n]

#### *Mengtrap*

Een mengtrap mengt twee signalen, er ontstaan de som en verschilfrequenties.

#### *Oscillator (kristal en VFO)*

Wekt een bepaalde frequentie op. VFO is vrij instelbaar, met kristallen worden alleen vaste frequenties opgewekt.

#### *Scheidingstrap*

Dit is een versterkertrap met een hoge ingangsimpedantie, vaak na een oscillator. Voorkomt invloed van de versterker op de schakeling aan de ingang.

#### *Stuurtrap*

Dit is een versterker waarin geen vermenigvuldiging of menging plaatsvindt, bedoeld om hogere vermogens te genereren. Vaak wel met filters gecombineerd.

#### *Frequentievermenigvuldiger*

Hierin wordt de uitgangsfrequentie gemaakt door eeningangssignaal een aantal keren te vermenigvuldigen. Lijkt op een HF versterker, maar door vervorming ontstaan harmonischen die nu echter selectief uitgefilterd/doorgelaten worden.

#### *Vermogensversterker*

Deze versterker genereert het uiteindelijke eindvermogen van een zender.

#### *Aanpassing*

Dit is het gebruik van filters om een eindtrap aan te passen aan de antenne(s).

#### *Uitgangsfilter [pi-filter]*

Gebruikt om ongewenste uitstraling van (meestal) harmonischen van de zendfrequentie te voorkomen.

#### *Frequentiemodulator (FM signaal)*

Een ingangssignaal LF wekt een verandering van de oscillatorfrequentie op, waardoor de uitgangsfrequentie wijzigt. Het verschil tussen maximale en minimale spanning levert de grootste verandering in frequentie op. De maximale frequentiewijziging heet de frequentiezwaai of deviatie.

#### *LF begrenzer*

De grootte van het LF signaal bepaalt bij:

- AM de grootte van de modulatie diepte ( $\leq 100\%$ )
- FM de grootte van de frequentiezwaai ( $\leq 3\text{kHz}$ )
- EZB de grootte van het uitgezonden signaal, de PEP waarde ( $\leq$  toegelaten waarde)

Boven deze grenzen spreken we van overmodulatie, het signaal klinkt vervormd (AM/EZB) of is te breed (FM). Met een spraakbegrenzer (analoog aan de ASR van een ontvanger) kunnen we dit netjes voorkomen/

### **Balansmodulator**

Een balansmengtrap mengt LF met een oscillatorsignaal dat net boven of net onder (2.7kHz) de mengtrap frequentie ligt. Na mengen wordt de niet benodigde zijband er met een kristalfilter uitgefilterd.

### **Fasemodulator**

In een fasemodulator wordt een LF signaal omgezet in een fase gemoduleerd HF signaal. Hiervoor wordt de fase van het HF signaal door het LF signaal gemoduleerd.

### **Zijbandfilter**

Dit is een banddoorlaatfilter met hele steile flanken.

## **5.4 Zenderspecificaties**

### **Frequentiestabiliteit [N]**

Geeft aan hoe constant de frequentie is waarop een zender utizend. Hier zijn twee mogelijkheden: de korte-duur stabiliteit en de lange-duur stabiliteit. Zie ook 4.4 Ontvangerspecificaties.

### **HF bandbreedte [N]**

Dit is de bandbreedte die het uitgeonden signaal inneemt in het frequentiespectrum (waarin 99.5% van het signaal zit). Dit is inclusief al dan niet onderdrukte draaggolf, gewenste én ongewenste zijbanden en ongewenste modulatieproducten. Bij AM is de bandbreedte 2x het hoogste LF signaal. Bij FM is de maximale bandbreedte ongeveer 12 kHz, bij SSB 3 kHz. Videosignalen zijn enkele MHz'en breed.

### **Zijbanden [N]**

Zijn het gevolg van het modulatieproces. Bij AM zijn er 2 symetrische zijbanden, bij FM meerdere. Alleen SSB heeft maar 1 zijband (als de andere zijband tenminste goed onderdrukt is).

### **Lf-bandbreedte**

Hiervan is o.a de breedte van het HF signaal afhankelijk en deze moet tot 3kHz beperkt worden met laagdoorlaatfilters.

### **Niet-lineariteit (harmonische en intermodulatievervorming)**

Een zender moet zo lineair mogelijk werken, dus de sinusvormige LF en HF signalen moeten zo onvervormd mogelijk zijn. Als dat niet zo is, treedt vervorming op. Om de lineariteit te testen wordt een SSB zender vaak aangestuurd met 2 LF signalen (meestal 1300 en 1500Hz). Als de zender niet-lineair is ontstaan dan mengproducten, o.a. 1700Hz.

### **Uitgangsimpedantie**

Als de uitgangsimpedantie van de zender (meestal 50Ω) en belasting teveel van elkaar afwijken kan niet het maximale zendevermogen worden afgegeven. Aanpassen kan met een antennetuner.

### **Uitgangsvermogen [N]**

Dit is het HF vermogen dat aan de belasting wordt afgegeven. Officieel het gemiddeld vermogen over 1 periode tijdens het maximum van de omhullende (PEP).

### **Rendement**

Dit is het verschil tussen het aan de eindtrap toegevoerde DC vermogen en het afgegeven HF vermogen. Wordt over het algemeen gemeten met een aangesloten bekende belasting, de dummyload.

### **Frequentiezwaai**

Van belang bij FM en fasemodulatie, maximaal 3 kHz.

### **Modulatie-index**

Zie 1.8 Gemoduleerde signalen. Voor zendamateur is de maximale modulatieindex 1.

### **Sleutelklikken en chrips**

Sleutelklikken ontstaan door het (te) abrupt inschakelen van de eindtrap bij CW, waardoor harmonischen ontstaan. Chirp ontstaat door het veranderen van de oscillatorfrequentie als gevolg van het inzinken van de voedingsspanning doordat de eindtrap ineens veel vermogen vraagt.

### **Ongewenste hf-uitstralingen [N]**

Dit zijn uitstralingen op andere frequenties dan de zendfrequentie en de voor modulatie benodigde frequenties.

Deze moeten volgens de regeling frequentiegebruik onderdrukt worden met -36dBc. Voor de dBm waarden voor zenders gelden wisselende waarden: -60 tot 1.7MHz, -40 tot 35MHz, -40 --> -60 tot 50MHz en -60 tot 1000MHz. Voor ontvangers geldt -57 dBm.

### **Effecten van oversturing**

Als een sinusvormig signaal wordt overstuurd, dan worden de toppen afgesneden en treden harmonischen op.

### **Faseruis**

Wordt opgewekt door niet-lineairiteit in de onderdelen van een zender en moet weggefilterd worden.

### **Kaststraling**

Als een zender niet goed is afgeschermd kan ook de kaststraling kunnen afgeven.

### **Harmonische [n]**

Dit zijn signalen die een veelvoud van de zendfrequentie bedragen, dus  $n \cdot \text{freq}$ , waarbij  $n$  een geheel getal is vanaf 1. Let op: de zendfrequentie is de eerste harmonische!

## 6 Antennes en transmissielijnen

Een antenne is een straler die HF vermogen omzet in een elektromagnetisch veld. Dit veld plant zich voort in de ruimte en kan op een andere plek weer door een antenne omgezet worden in een HF signaal.

Een antenne heeft een eigen resonantie frequentie, hier wordt het maximale vermogen uitgestraald/ontvangen.

### 6.1 Antennetypen

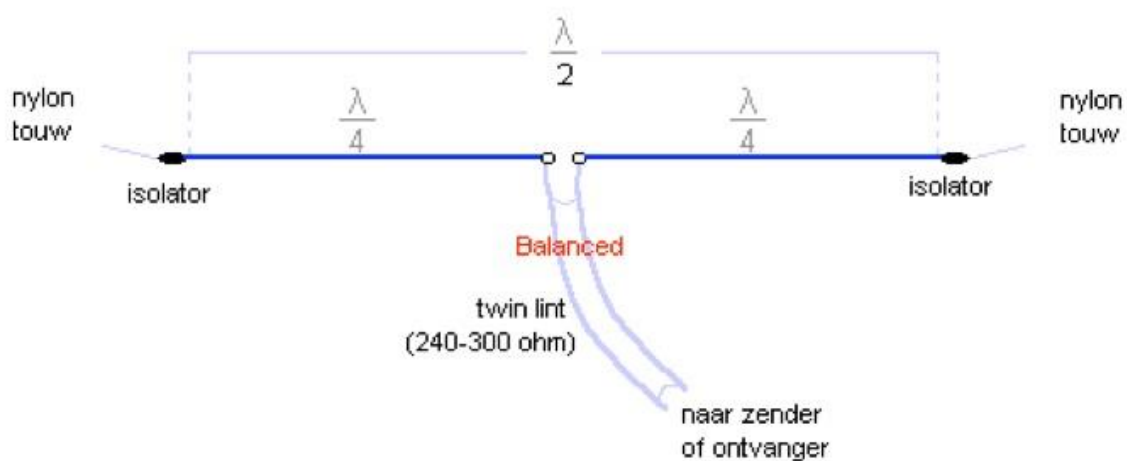
[voor N alleen opbouw, richteigenschappen en polarisatie]

#### Halvegolfantenne met voeding in het midden [N]

Bekijken we de open dipool antenne dan zien we dat het horizontale gedeelte uit twee delen bestaat met een isolator in het midden, dit is de eigenlijke antenne. Het opgewekte elektrische signaal wordt via de twee verticale draden naar de ontvanger gevoerd. Wanneer deze antenne als zendantenne dienst doet dan wordt het in de zender opgewekte elektrische signaal via de twee draden naar de antenne gebracht en veroorzaken daar het E-M veld naar de ruimte toe. Deze 2 verticale draden noemen we de voedingsdraden (feeder). Op regelmatige afstanden zijn isolatoren (afstandhouders) geplaatst om de draden op hun plaats te houden. De totale lengte van de antenne is voor maximaal rendement gelijk aan de halve golflengte aangezien de voeding in het midden geplaatst is, zijn de twee delen ieder voor zich een kwart golflengte lang.

De impedantie van een halve golf dipool is  $70\Omega$ .

#### Dipool draadantenne

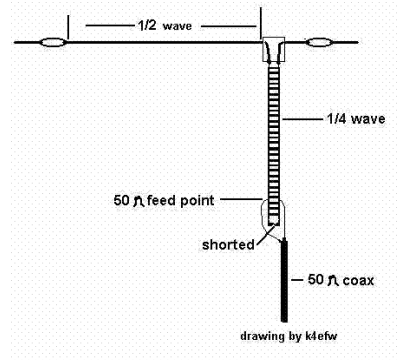


Nadeel: lintdraad moet vrij hangen anders wordt de impedantie anders en is gevoelig voor instraling van stoorsignalen, het is echter wel verliesarm. Coax is mooier, want afgeschermd en dus minder te beïnvloeden, maar helaas unbalanced, dus heb je een balun nodig:



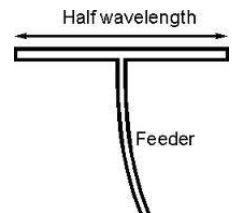
**Halvegolfantenne met voeding aan het einde [N]**

Hier is meestal de straler een halve golflengte lang en wordt ook met open voedingslijn gevoed. Als de voedingslijn een kwart golflengte lang is, noemen we deze antenne een Zeppelin antenne.



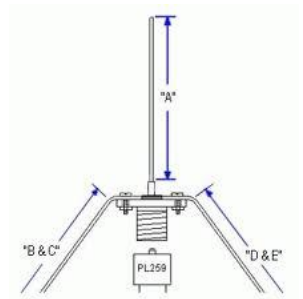
**Gevouwen dipool**

Een gevouwen dipool heeft ten opzichte van een open dipool een hogere aansluitimpedantie, namelijk ongeveer 4x zo hoog (300Ω). De antenne is opgebouwd uit twee halve golflengten straler, die aan elkaar zijn gekoppeld. Dat kan omdat de uiteinden van een halve golf dipole geen spanning dragen (anders zou er een kortsluiting zijn).



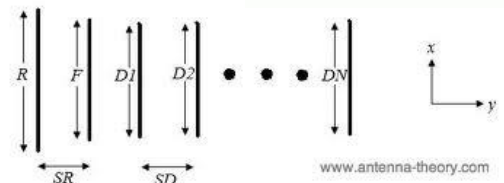
**Kwartgolf verticale antenne [groundplane] [N]**

Als van een groundplane de radialen schuin omlaag lopen in plaats van horizontaal dan wordt de voedingsimpedantie vergroot. Een GP antenne horizontale radialen heeft een impedantie van 30Ω, bij radialen die 30 graden omlaag gebogen zijn wordt dat 50Ω (ideaal voor aanpassing aan de meeste zenders).



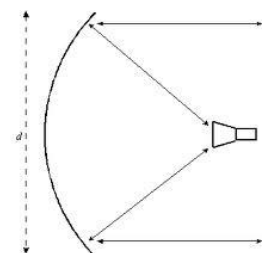
**Antenne met parasitaire elementen [Yagi] [N]**

Van een yagi antenne is de reflector altijd groter dan de halve golf straler, de directoren zijn altijd kleiner. De straler bepaalt wat de impedantie is (een halve golf dipool is dus 70Ω, een gevouwen dipool 300Ω). De reflector is altijd een paar procent langer dan de straler, de director(en) een paar procent korter. Hoe eer directoren, hoe sterker de richtingsgevoeligheid.



**Apertureantennes (parabolische reflector, hoorn)**

De afmetingen van een parabool antenne hangen samen met de te gebruiken frequentie/golflengte. Ze worden vaak pas boven 1GHz gebruikt, omdat de afmetingen anders te groot worden. De parabool antenne reflecteert de signalen naar de in het brandpunt opgehangen antenne, vaak een hoornantenne. Door de bundelende werking van de reflector kan de

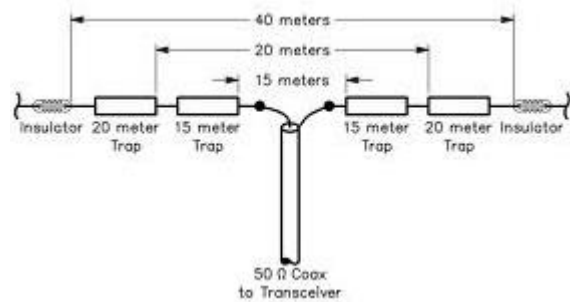


antennewinst 20 tot 40 dB zijn.

### Dipool met sperkringen (traps)

Door het toevoegen van traps (afgestemde kringen) wordt een dipool antenne geschikt gemaakt voor meerdere banden. Een trap werkt als blokkering voor frequenties lager dan de frequentie waarvoor het middelste deel ontworpen is, maar laat de frequenties die ook het buitenste deel moeten gebruiken gewoon door.

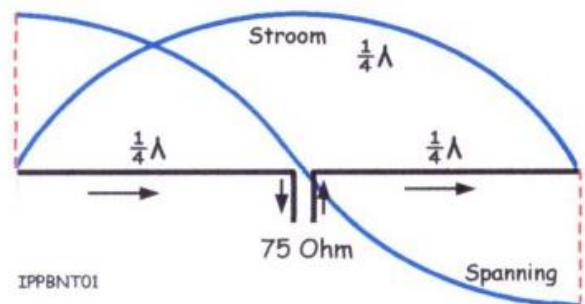
Daardoor lijkt de antenne voor hogere frequenties kort en voor lage frequenties lang. Zo kun je dus een antenne maken die op 2 (of meer) frequenties resonant is.



## 6.2 Antenne-eigenschappen

### Stroom- en spanningsverdeling

Rechts staat de stroom- en spanningsverdeling op een in het midden gevoedde halve golf dipool aangegeven. De spanning is in het voedingspunt nul, de stroom maximaal. Aan de uiteinden is dit omgekeerd. Per golflengte voor de frequentie die gebruikt wordt wordt een hele sinus getekend.



Bij een vertikaal geplaatste antenne is het verloop identiek (maar soms zal de onderste helft van de antenne in de aarde aanwezig zijn en dus geen fysieke antenne zijn).

Bij een eindgevoedde antenne is het verloop identiek, spanningsnul en stroommaximum bij de voeding, maar doet de kwart golf afgestemde voedingslijn nu mee. Omdat de spanning en stroom aan beide uiteinden van de kwartgolf voedingslijn tegengesteld zijn, is de impedantie dat ook. Laag aan het begin van de voedingslijn en hoog aan het einde. Omdat de spanning/stroom op beide geleiders in tegenfase zijn straalt de voedingslijn echter niet.

Verder geldt dat bij het bepalen van het verloop van spanning en stroom op een antenne draad de spanning op het open einde altijd maximaal is en de stroom minimaal. Dit is vooral van belang bij niet goed afgestemde antennes.

Een dipool is in resonantie op een grondfrequentie en de *oneven* veelvouden hiervan. Bij *even* veelvouden is de impedantie in het voedingspunt zeer hoog.

### Impedantie in het voedingspunt

In de vrije ruimte is de voedingsimpedantie van een resonante halve golfdipool met voeding in het midden steeds +/- 73 Ohm (zowel als horizontale als verticale dipool). Een gevouwen hele golf dipool heeft een impedantie van 300 Ohm. Een halve golf eindgevoedde dipool heeft een zeer hoge impedantie. Een groundplane antenne met radialen onder een hoek van 90 graden heeft een impedantie van 36 Ohm, met radialen onder een hoek van 135 graden (dus schuin naar beneden) is de impedantie een mooie 50 Ohm.

### Capacitieve of inductieve impedantie buiten resonantie

Hiervoor was de antenne steeds in resonantie. Als dat echter niet zo is, dan verandert de impedantie. Een antenne gedraagt zich namelijk als LC-seriekring. Bij frequenties lager dan de resonantiefrequentie gedraagt een dipool zich capacitief, bij een frequentie hoger dan de resonantiefrequentie inductief. Om de antenne weer af te stemmen moet bij capacitief gedrag er een spoel in serie geplaatst worden en bij inductief gedrag een condensator (omgekeerd dus).

### Polarisatie [N]

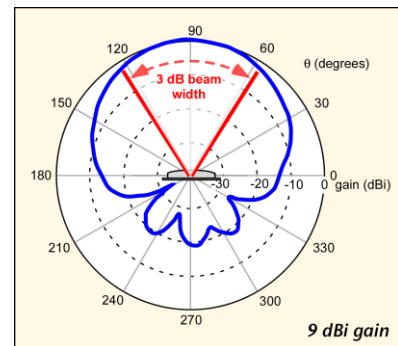
Met de polarisatie geven we de richting aan van het elektrische veld aan. Zoals we al eerder hebben gezien staat het magnetische veld hier loodrecht op. Een elektrische veld heeft dezelfde richting als de dipool of de draad van een antenne. Om als tegen station een maximaal signaal te kunnen ontvangen is het van belang dat de zendantenne en de ontvangstantenne de zelfde polarisatie hebben.

### Richteffect, rendement en antennewinst

Een (denkbeeldige) ideale antenne straalt in alle richtingen even sterk, dit is een isotrope antenne. Echte antennes stralen altijd in één of andere richting meer én in andere richtingen minder, de totale uitgestraalde energie is echter gelijk aan die van een isotrope antenne (en komt tenslotte geen energie zomaar bij). Bij een verticale rondstraler straalt de antenne in alle richtingen in het horizontale vlak (nagenoeg) even sterk, in de verticale vlak is dat echter niet zo. De antenne straalt in het verlengde van de antenne vrijwel niet. En wat daar niet wordt uitgestraald komt er in het horizontale vlak bij. Een antenne met een reflector (yagi) straalt ook in het horizontale vlak vele meer in de ene richting dan de andere. Dit is het richteffect.

Het rendement van een antenne is maximaal 100% (er komt nog steeds niet zomaar energie bij), maar hoe kleiner de antenne ten opzichte van de golflengte, hoe slechter het rendement wordt.

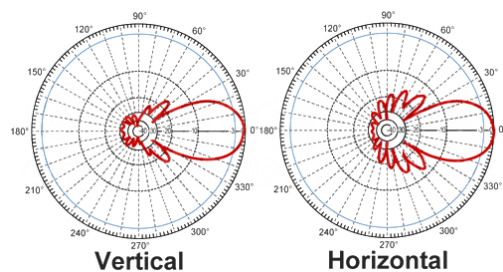
De antennewinst (versterking) van een antenne (in een bepaalde richting!) is altijd evenredig met zijn richteffect. Hoe smaller de openingsbundel, hoe hoger de antennewinst in die richting. In de overige richtingen is er een evenredige verzwakking (er komt nog steeds geen energie zomaar bij).



### Effectief uitgestraald vermogen [ERP, EIRP]

Het ERP is het effectief uitgestraald vermogen van je antenne. De ERP wordt berekend door de verliezen van een antenne systeem af te trekken van de winsten van datzelfde systeem en dat te vermenigvuldigen met het aan dat antennesysteem toegevoerde zendvermogen.

Als een zender 10W in een antennesysteem stopt, waarbij de coaxkabel een verlies geeft van 3dB en de antenne in de gewenste richting een versterking/winst van 6dB, dan is de ERP  $10W * (-3dB + 6dB = 3dB = 2) = 20W$ .





### Voor/achterverhouding

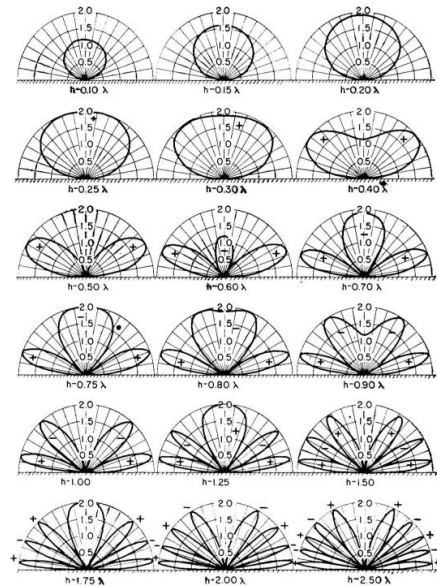
Dit is de verhouding tussen het maximaal uitgestraalde vermogen in voorwaartse richting en het maximale uitgestraalde vermogen in achterwaartse richting.

### Horizontale en verticale stralingsdiagrammen

Een antenne straalt niet in alle richtingen even sterk, zowel horizontaal als vertikaal. Bij een richtantenne komt dit door de reflector, bij een dipool met name door hoe hoog de antenne boven de grond is opgehangen in verhouding tot de golflengte.

Een dipool die op hoger opgehangen wordt straalt horizontaler af, terwijl een dipool die "vlak boven de grond" (ten opzichte van de golflengte) wordt opgehangen behoorlijk vertikaal straalt.

Dit effect speelt duidelijk meer op de lage banden (160 en 80 meter) dan op de hogere banden, omdat de golflengte daar al snel langer is dan de ophanghoogte.



### Effectief opvangend oppervlak

Het werkzame oppervlak van een antenne is een maat hoeveel elektromagnetische energie de antenne kan opnemen of afgeven. Dit effectief opvangende oppervlak is rekenkundig afhankelijk van  $1/\lambda^2$  en bij hogere frequenties neemt dit dus relatief af. Daar moet je dus antennes met een hogere gain (en dus meer richtingsgevoeligheid) gebruiken om dit te compenseren.

## 6.3 Transmissielijnen

### Open lijn [N]

Open lijn bestaat uit twee parallel lopende geleiders met afstandshouders ertussen. Als de afstand tussen de geleiders zeer klein is ten opzichte van de golflengte, dan heft het magnetisch veld veld zich op. De karakteristieke impedantie is meestal  $300\Omega$ . Open lijn is een symmetrische voedingslijn die zeer weinig verliezen kent.

### Coaxiale kabel [N]

Coaxkabel is opgebouwd rond een geleider, waar omheen een isolator ligt (diëlektricum) en daaromheen weer een afschermd geleider. De karakteristieke impedantie is meestal  $50\Omega$ , maar  $75\Omega$  komt ook voor. Coaxkabel is een asymmetrische voedingslijn, die op hogere frequenties steeds hogere verliezen kent.

### Golfpijp

In een golfpijp worden de binnenkomende golven steeds schuin geweerkaatst tussen de wanden. De grootste golflengte die kan worden doorgelaten is circa 2x de grootste afstand van de dwarsdoorsnede van de pijp, waardoor de golfpijp vooral voor zeer hoge frequenties gebruikt wordt.

### Karakteristieke impedantie

De twee geleiders van een transmissielijn hebben een capaciteit ten opzichte van elkaar. Ook is elke geleider te beschouwen als een zelfinductie. Samen vormen ze een impedantie, dit is de



karakteristieke impedantie. Deze wordt uitgedrukt in Ohm en is van belang voor de aanpassing van een zender op de transmissielijn en de transmissielijn op de antenne.

### Verkortingsfactor

De snelheid van een golf in lucht is 300.000 km/s. In een ander medium dan lucht is dat echter (veel) langzamer. Om een stuk coax van een halve golf uit te meten kun je dus niet gewoon  $300/\lambda$  uitrekenen, maar moet je de verkortingsfactor weten:

$$Verkortingsfactor = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}}$$

Praktische waarden zijn 0.66 voor polyethyleen of 0.75..0.70 voor schuim polyethyleen of 0.86 voor teflon. Bij een open lintlijn is de invloed van het isolatiemateriaal minder of afwezig, praktische waarden zijn 0.82 voor 300Ω lintlijn of 0.95 voor open kippenladder.

### Standegolfverhouding

De SWR is een getal dat aangeeft in hoeverre de antenne is aangepast op de antennekabel. Bij een verhouding van 1:1 wordt geen energie door de antenne teruggekaatst naar de zender en is de combinatie perfect op elkaar afgestemd. Buiten de frequentie waarop de SWR 1:1 is wordt de SWR groter en is er dus een misaanpassing. Bij een SWR van 1:2 is de impedantie van de antenne 2x zo groot of klein dan de impedantie van de zender.

### Open en gesloten leiding als afgestemde kring

Een open kwartgolf transmissieleiding heeft een impedantie van nul ohm, een gesloten kwartgolf transmissieleiding heeft een impedantie die zeer hoog is. Bij een halvegolf transmissieleiding is dit precies omgekeerd: open lage impedantie, kortgesloten hoge impedantie. Dit kunnen we gebruiken om stoorsignalen te verminderen: een open kwartgolf of gesloten halvegolf transmissielijn gedraagt zich als zuigfilter op de gebruikte golflengte.

### Balun

Om een asymmetrische voedingslijn (coax) te verbinden met een symmetrische antenne (dipool) moet een balun gebruikt worden. Doen we dat niet, dan straalt de coaxkabel mee met de antenne. Er vindt geen impedantietransformatie plaats.

### Kwartgolflijn als impedantietransformator

Als er wel een impedantietransformatie moet plaatsvinden, bijvoorbeeld omdat we een antenne met een 300 ohm impedantie willen voeden met een 75 ohm coaxkabel, dan kan dat met een kwartgolflijn. Deze gedraagt zich als 1:40 transformator, als aan de voedingskant de coaxkabel mantel aan mantel en kern aan kern wordt verbonden, met de kern aan de ene kant van de antenne, en aan de andere kant ook de kern aan de antenne maar de massa verbonden met de massa aan het voedingspunt.

Dit is echter voor lange golflengten onpraktisch en hiervoor kunnen we dan de voedingslijn enkele malen rond een ferietkern wikkelen.

### Antenne aanpassingseenheid [N]

Een antennetuner zorgt ervoor dat het stuk voedingslijn tussen zender en antenne-tuner goed afgestemd is. Zo zorg je er in ieder geval voor dat je zender een juiste aanpassing ziet. Hierdoor geeft

hij geen onnodige stoorsignalen af, regelt hij niet terug en gaat ook niet door een misaanpassing kapot.

Een goed afgestelde antenne tuner past de impedantie van de er aan gekoppelde antenne dusdanig aan, dan de eraan gekoppelde zender een impedantie van 50 ohm ziet. Verder past de tuner de reactantie van de antenne aan, zodat deze voor de zender de juiste lengte lijkt te hebben. Beide gebeuren overigens tegelijk.

De antennetuner plaats je zo dicht mogelijk bij de antenne.

## 7 Propagatie en frequentiespectrum

### 7.1 Algemeen

#### Signaalverzwakking, signaalruisverhouding

Signaal verzwakking treedt op als een signaal door de ruimte van zender naar ontvanger reist.

De signaalruisverhouding is de verhouding tussen het vermogen van het gewenste signaal en het vermogen van de (ongewenste) ruis bij de ontvanger. De ontvanger kan dit niet van elkaar onderscheiden en versterkt beide.

#### Zichtbereikverbinding, vrije-ruimtepropagatie

Een verbinding over korte afstand of op hogere frequenties maakt vaak gebruik van een zichtverbinding, (de antennes van) zender en ontvanger "zien" elkaar. Hoe hoger de antennes worden opgesteld, hoe groter de afstand waarover een zichtverbinding mogelijk is (dit is afhankelijk van de kromming van de aarde). Bij een zichtverbinding is er sprake van vrije-ruimte propagatie, er wordt niets weerkaatst tegen een laag in de ionosfeer of de aarde.

#### Kosmische ruis

Kosmische ruis is ruis afkomstig uit het heelal, bijvoorbeeld van de zon en andere kosmische bronnen.

#### Basisbegrippen van de propagatievoorspelling (link budget)

Bij een verbinding met vrije-ruimtepropagatie kunnen we de radioverbinding vrij nauwkeurig berekenen, als we maar alle parameters kennen. Zo'n berekening is een link-budget.

#### Overheersende ruisbron (bandruis t.o.v. ontvangerruis)

De overheersende ruisbron is (afgezien van man made noise, QRM) de atmosferische ruis/kosmische ruis. Boven een bepaalde frequentie begint ook de thermische ruis van de ontvanger mee te spelen.

#### Minimaal benodigde signaal-ruisverhouding

Om een signaal te ontvangen moet het uiteindelijk hoorbaar zijn. Dat is zo al het ontvangen signaal groter is dan de totale ruis (ok die vande ontvanger zelf), met een marge van 10dB.

#### Minimaal benodigd ontvangen signaalvermogen

Om de ontvangen ruis te minimaliseren wordt een zo smal mogelijk filter gekozen, want alle ruis die niet ontvangen wordt heb je ok geen last van. Om te zien wat het vermogen is wat een signaal moet hebben bij ontvangst kijken we naar de gevoeligheid van de ontvanger. Hierbij gebruiken we de standaard vermogensformule  $P=U^2/R$ , met  $R=50\Omega$ .

Als dus de gevoeligheid van een ontvanger  $0.2\mu\text{V}$  is, dan is het minimaal benodigde vermogen  $P = (0.2 \cdot 10^{-6})^2 / 50 = 0.8 \cdot 10^{-16}$  W.

#### Trajectverliezen

De verzwakking als gevolg van afstand en frequentie kan uitgerekend worden met de volgende formule:

$$\propto (dB) = 32.45 + 20 \log(f) + 0 \log(R)$$

Hierbij is  $f$  de frequentie en  $R$  de afstand in kilometers. Een verdubbeling van de afstand of een verdubbeling van de frequentie geven dus een verzwakking van 6dB (factor 4) extra. De verzwakking neemt dus kwadratisch toe.

### Antennewinst

Bij trajectverliezen wordt altijd uitgegaan van een theoretische en ideale antenne, de isotrope straler. De antennewinst is de mate waarin een antenne in de hoofdrichting meer vermogen uitstraalt dan de isotrope straler. Deze mag bij de berekening van het linkbudget zowel aan zender- als ontvangerkant worden meegenomen.

### Transmissielijnverliezen

Ook een transmissielijn is niet verliesvrij. De verliezen hiervan worden meestal uitgedrukt in dB bij een lengte van 100m op een bepaalde frequentie. Ook deze moeten meegerekend worden.

### Minimaal benodigd zendvermogen

Nu we alle getallen hebben kunnen we bepalen met hoeveel vermogen een zender moet zenden om net hoorbaar te zijn bij een ontvanger. Hiervoor berekenen we eerst het minimale vermogen dat de ontvanger nodig heeft en schatten n hoeveel dB het gewenste signaal sterker moet zijn dan de externe ruisbronnen (meestal 40d) en trekken daar alle verliezen (transmissielijn, propagatie/traject) van af en tellen de winsten (antennes) er bij op. Door nu het minimaal benodigde ontvangstvermogen te vermenigvuldigen met de totale winst/verlies weten we het vermogen dat de zender moet maken.

## 7.2 HF

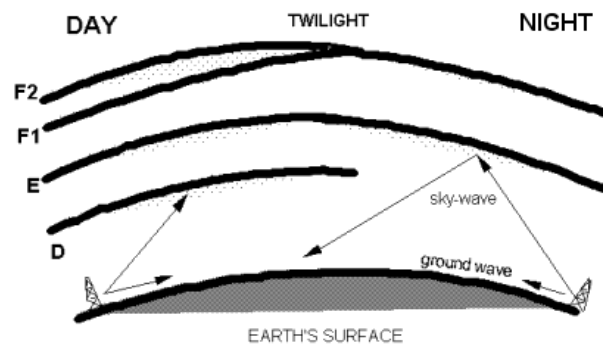
### Ionosfeerlagen [N]

Onze dampkring is opgebouwd uit verschillende lagen. De laag tot ongeveer 10km hoogte noemen we de Troposfeer. De laag tussen ongeveer 100km hoogte en 400km hoogte noemen we de Ionosfeer. In de Ionosfeer bevinden zich lagen met vrije elektronen, die van invloed zijn op de propagatie van HF signalen.

De D-laag ligt op 50-90km hoogte, de E laag op ongeveer 120km hoogte, de F1 laag op ongeveer 200km hoogte en de F2 laag op 300 tot 400km hoogte.

Tijdens de nacht en winter combineren de F1 en F2 zich tot 1 laag rond de 250km hoogte.

De D-laag ontstaat overdag en absorbeert signalen tot ongeveer 5MHz. Deze kunnen dan de E-laag niet bereiken. De E-laag ontstaat ook overdag en reflecteert signalen van ongeveer 5 tot 20MHz. De F1-laag is minder belangrijk, omdat signalen die door de E of D laag al zijn geabsorbeerd of gereflecteerd er niet komen. Signalen van 10-20Mhz kunnen wel worden gereflecteerd door de F1-laag, signalen groter dan 20Mhz worden doorgelaten. De F2-laag wordt overdag opgebouwd en blijft 's nachts bestaan. De F2-laag relecteert signalen tot 14MHz of bij veel zonnevlekken tot wel 50Mhz. Omdat de andere lagen 's nachts verdwijnen is dan alleen de F2-laag actief.



### Kritische frequentie

Dit is de hoogste frequentie van een loodrecht omhoog gestuurd signaal dat nog wordt gereflecteerd. Sturen we een signaal niet loodrecht omhoog, dan worden hogere frequenties dan de kritische frequentie nog gereflecteerd. De hoogste niet-loodrecht gereflecteerde frequentie is de Maximum Usable Frequency (MUF).

### Invloed van de zon op de ionosfeer [N]

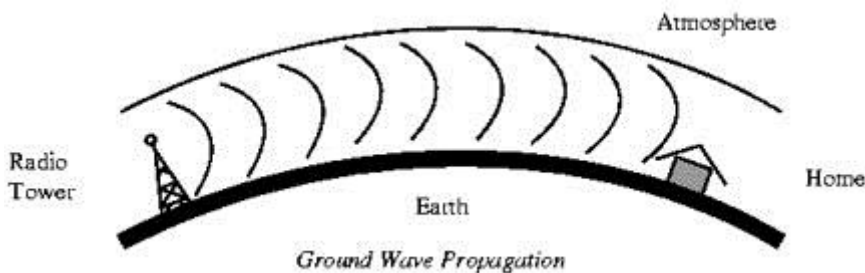
De zon bepaalt de mate van ionisatie in de lagen van de Ionosfeer en dus absorptie en reflectie. Er zijn drie cycli van de zon die hier invloed hebben:

- De elfjaren cyclus, waarbij zonnevlekken om de 10-13 jaar wisselen tussen minder en meer actief.
- De tijd van het jaar, waarbij in de zomer er meer zonnestraling is en in de winter minder
- De tijd van de dag, waarbij er overdag wel zonnestraling is en 's nachts niet (maar de dag en nacht vallen over de hele aarde uiteraard op verschillende tijdstippen!)

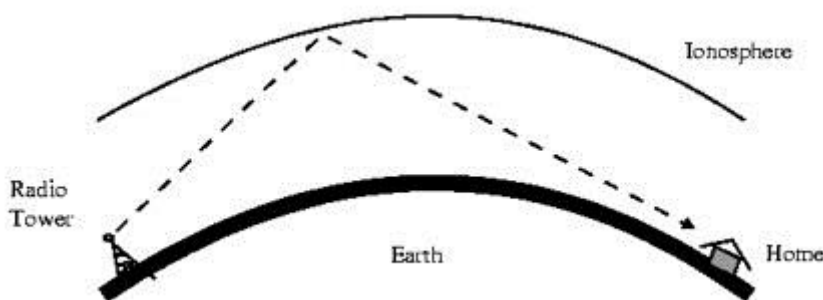
### Maximum Usable Frequency [MUF]

De MUF is mede afhankelijk van het aantal zonnevlekken, hoe meer zonnevlekken, hoe hoger de MUF.

### Grondgolf en ruimtegolf



Bij een grondgolf wordt het radiosignaal langs de grond voortgeplant. De reikwijdte is sterk afhankelijk van de samenstelling (en dus geleidbaarheid) van de aarde en de frequentie (hoe hoger hoe slechter). Ze spelen vooral een rol onder de 2MHz.



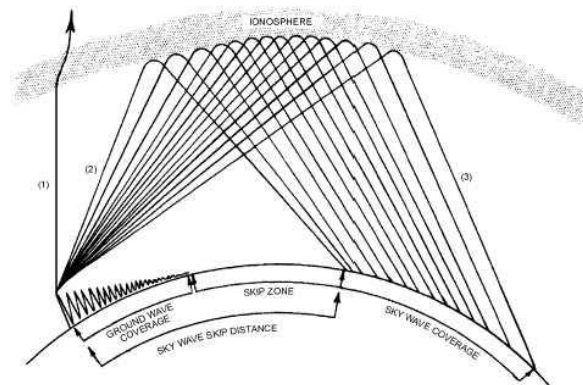
Een ruimtegolf plant zich voort via reflectie tegen een laag in de Ionosfeer.

### Opstralingshoek, invloed antennehoogte

De hoogte van een antenne boven de grond heeft invloed op de opstralingshoek. Een dipool straalt pas zoveel mogelijk horizontaal als 'ie minimaal  $1/4\lambda$  boven de grond hangt. Hoe lager, hoe hoger de opstraalhoek.

### Dode zone en skip distance

Een signaal kan op een aantal manieren bij de ontvanger komen: direct/grondgolf of via reflectie in de ionosfeer. De Skip Distance is alleen van belang voor frequenties boven de kritische frequentie en onder de MUF, onder de kritische frequentie worden ze namelijk altijd gereflecteerd, boven de MUF nooit.



De dode zone is het gebied die niet meer door de grondgolf wordt bereikt en nog niet via reflectie. De skip distance is de afstand die via een reflectie wordt overbrugd.

### Multipadeffecten in ionosferische propagatie, fading [N]

De E en F lagen in de ionosfeer fungeren als spiegel voor radiosignalen. Als een signaal dat door de F-laag wordt gereflecteerd niet de aarde bereikt maar door de D of E laag weer omhoog wordt gereflecteerd, dan noemen we dat een Multi-pad. Aangezien de lagen instabiel zijn, kan dit effect zeer snel wisselen. Dat noemen we Fading. Fading is ook het effect van een signaal dat ons via meerdere paden tegelijk bereikt, omdat de signalen een verschillende tijd over hun weg via de ionosfeer hebben gedaan.

### Atmosferische ruis

Atmosferische ruis wordt voornamelijk veroorzaakt door bliksemontladingen tijdens onweersbuien.

## 7.3 VHF en hoger

### Troposfeer [N]

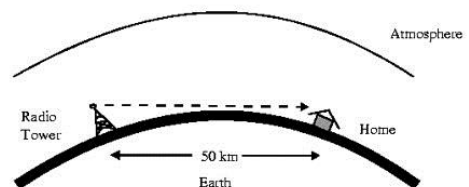
De Troposfeer is het deel van de atmosfeer tot ongeveer 10km, waar wij leven en de vliegtuigen vliegen. Hierin vinden meestal de VHF/UHF/SHF verbindingen plaats.

### Verstrooiing (scattering) [N]

Ten gevolge van de lokale verschillen in samenstelling van de troposfeer (wolke, turbulentie) of regen treedt een kleine verspreiding van het signaal op en wordt het signaal gereflecteerd. Hierdoor kunnen soms verbindingen tot ver over de horizon gemaakt worden.

### De invloed van de antenne op de overbrugbare afstand (radio horizon)

Als er geen sprake is van reflectie plant een VHF/UHF signaal rechtlijnig voort. En omdat de aarde bol is, kun je alleen met elkaar communiceren als de antennes elkaar "zien". De afstand van een antenne tot de horizon is te berekenen met:

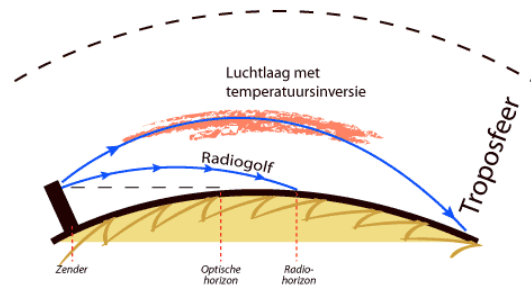


$$d(\text{km}) = 4 * \sqrt{\text{hoogte}(\text{m})}$$

Voor communicatie tussen twee antennes moet je beide afstanden optellen.

### Temperatuurinversie [N]

in de Troposfeer komen zo nu en dan luchtlagen voor met een scherpe scheiding tussen warme en koude lucht. Deze kan dan voor een scherpe afbuiging van radiosignalen zorgen. Hierdoor kan de radiogolf verder komen dan normaal.



### Golfgleidervorming in de atmosfeer (ducting) [N]

Als er een warme luchtlaag tussen twee koudere luchtlagen in zit, dan kan de radiogolf tussen de koudere lagen heen en weer reflecteren. De warme laag werkt dan als een soort kanaal (duct) voor de radiogolf, waardoor deze heel erg ver kan komen.

### Sporadische E-reflectie [N]

In de zomer kan de E-laag zo sterk geïoniseerd raken dat hogere frequenties wel worden gereflecteerd. Dit begint als eerste bij de 10 meter band, via de 6 meter band tot soms ook de 2 meter band. Dit wordt sporadische E genoemd, waarbij ook hier weer heel erg grote afstanden kunnen worden overbrugd.

### Aurorareflectie

Aurora is het verschijnsel waarbij boven de Noordpool een grote hoeveelheid geladen/geïoniseerde deeltjes ontstaat. Deze laag buigt vooral 6m en 2m signalen af, waardoor ze weer veel verder kunnen komen. Echter wordt hierdoor de normale HF propagatie vaak erg verstoord.

### Meteorscatter

Als een meteor in de atmosfeer verbrand ontstaat ook een pad met geïoniseerde deeltjes, de "staart" van de meteor. De staart blijft maar enkele (tientallen) seconden bestaan, maar reflecteert VF signalen erg goed.

### Maanreflectie (EME)

Hierbij wordt de maan als reflector gebruikt. Hierbij zijn grote vermogens en antennes met veel versterking nodig.

### Thermische ruis van het aardoppervlak

\*\*\* Niet aanwezig in het Veron boek \*\*\*

## 8 Metingen

### 8.1 Meten

#### Het meten van...

##### *Gelijk- en wisselspanningen [N]*

Een spanningsmeter wordt geacht een oneindig grote ingangsweerstand te hebben, al is dat in de praktijk niet zo. Met de maximale uitslag en de te meten spanning kun je de voorschakelweerstand berekenen.

Voor het meten van wisselspanning moet de spanning eerst gelijkgericht worden. Verder dient  $U_{gem}$  aangehouden te worden. Er dient wel rekening gehouden welke gelijkrichting er plaatsvindt of wordt toegepast.

Bij enkelfasige gelijkrichting is  $U_{gem} = 1/\pi * U$

Bij dubbelfasige gelijkrichting is  $U_{gem} = 2/\pi * U$

Verder dient er nog rekening gehouden te worden met de drempel-spanning van de diodes die worden opgenomen in de gelijkrichter, zoals germanium en silicium.

##### *Gelijk- en wisselstromen [N]*

Het meten van stroom gebeurt in serie met de stroombron. Een stroommeter heeft een heel lage weerstand (nul ohm ideaal, maar dat bestaat niet), om de stroom zo min mogelijk te beïnvloeden. Wil je een grotere stroom meten dan de meter aankan, dan moet er een weerstand parallel aan de meter worden geschakeld, waar het teveel aan stroom doorheen loopt.

##### *Weerstand [N]*

Een weerstand kan gemeten worden door er een bekende stroom door te sturen en dan de spanning af te lezen.

##### *Gelijkstroom- en hoogfrequentvermogen [gemiddeld vermogen, Peak Envelope Power] [N]*

Voor gelijkstroomvermogen wordt de bekende  $P=U*I$  of  $P = U^2/R$  formule gebruikt. Voor hoogfrequentvermogen kan dat ook, door een dummyload als weerstand te gebruiken.

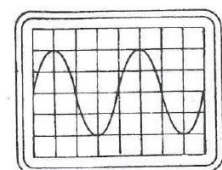
##### *Staandegolfverhouding*

De staandegolfverhouding is de verhouding tussen het door de zender uitgestuurde vermogen en het door de antenne teruggereflecteerde vermogen.

##### *Golfvorm van de omhullende van een hoogfrequent signaal*

Als je van een sinusvormig signaal de topwaarde van de uitgangsspanning weet, zoals dat op een bekende weerstand afgegeven wordt (dummyload), dan kun je daarmee het uitgangsvermogen berekenen:

$$P = \frac{U_{eff}^2}{R} = \frac{(U_{max} * \sqrt{2})^2}{50\Omega}$$





### ***Frequentie [N]***

De frequentie van een signaal kun je op een aantal manieren bepalen:

- Met een resonantiemeter, die de te meten kring zo weinig mogelijk belast. Dit is de onnauwkeurigste meetmethode
- Met een frequentieteller, die het aantal sinusvormige signalen per seconde telt

### ***Resonantiefrequentie [N]***

Van een kring kan de resonantiefrequentie bepaald worden, door van buiten af een HF signaal eraan toe te voegen en te meten wanneer de spanning over de kring het grootste is. Op de dan toegevoerde frequentie is de kring resonant.

### ***Meetfouten***

Een analoge meter heeft een meetfout die een percentage is van de volle schaal. Elke aflezing is op die waarde nauwkeurig. Bijvoorbeeld 5% van 10v = 0.5v. Lees je 3v af, dan ligt de waarde tussen 2.5 en 3.5v! Een digitale meter heeft iets soortgelijks, maar dan een percentage en een aantal digits. 0.5% plus 2 digits levert bij een spanning van 5v een marge op tussen 4.98 en 5.02 (2 digits) en dan nog 0.5%, dus plus of min 0.025v.

### ***Invloed van de frequentie***

Een meter is maar te gebruiken tot een bepaalde frequentie. Een multimeter tot enkele kilohertzen, een oscilloscoop tot bijvoorbeeld 40MHz. Boven de maximale frequentie is de meting niet betrouwbaar. Ook het aansluiten van twee meetinstrumenten met lange aansluitsnoeren levert door een mogelijke overdracht van signaal tussen de aansluitsnoeren een invloed op.

### ***Invloed van de golfvorm***

Meters zijn vaak bedoeld voor sinusvormige signalen. Bij een blokgolf zal de meter dus teveel aanwijzen.

### ***Invloed van de inwendige impedantie van meetinstrumenten***

Een meter die parallel aan een schakeling wordt gebruikt moet een ingangsimpedantie/weerstand hebben die groot is ten opzicht van de te meten weerstand, liefst oneindig hoog. Een meter die in serie wordt gebruikt moet juist een zo laag mogelijke weerstand hebben.

## **8.2 Meetinstrumenten**

### **Het meten met...**

#### ***Universeelmeter (digitaal en analoog) [N]***

Wordt gebruikt om:

- Spanning over een component te meten, wordt parallel aan de component aangesloten en is dan zeer hoogohmig.
- Stroom te meten op een bepaalde plek in een schakeling, wordt daar dan in serie aangesloten en is dan zeer laagohmig.
- Om weerstand te meten, stuurt daarvoor een bekende spanning door die (losse) weerstand en meet dan de bijbehorende stroom die loopt. Via  $R = U/I$  is dan de weerstand bekend.

### **Staandegolfmeter [N]**

Meet de heengaande en teruggaande antennestroom tijdens het zenden.

### **Frequentieteller [N]**

Wordt gebruikt om de uitgezonden frequentie van een zender te meten. Telt het aantal keren dat de sinus hoog is (of de nuldoorgang in 1 richting) van een signaal per seconde.

### **Absorptiefrequentiemeter [n]**

Hiermee kan worden bepaald waar in het frequentiespectrum een uitzending plaatsvindt. Door de toleranties van de gebruikte afstemkring kan echter geen exacte frequentie vastgesteld worden.

### **Dipmeter [n]**

Een (grid) dipmeter gebruik je om de resonantiefrequentie van kringen te bepalen, zonder dat de kring in gebruik is. Werkt door het bepalen op welke frequentie de kring die je wilt meten energie onttrekt aan de meter, daar is de te meten kring dan in resonantie (en zuigt energie op).

### **Spectrumanalyser**

Een SA geeft van een stukje frequentiespectrum het ontvangen signaal in kleine stapjes weer, waardoor je in een grafiek het frequentiegebruik kunt aflezen. De aflezing is gecalibreerd, dus ook de verhoudingen van signalen zijn zichtbaar.

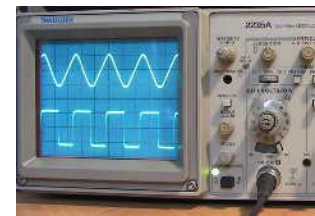


### **Signaalgenerator**

Een signaalgenerator wekt een sinusvormig signaal op met een bepaalde frequentie en grootte.

### **Oscilloscoop**

Een oscilloscoop laat de golfvorm van het ingangssignaal zien. Hier zijn de tijdbasis en maximum amplitude instelbaar.



### **Kunstantenne [dummy load], HF-vermogensmeter [N]**

De dummyload is een "nep antenne" die een antenne met een 50 ohm impedantie simuleert, maar alle energie in warmte omzet en dus niet straalt. Bedoeld voor metingen aan zenders, waarbij je dus geen signaal de ether in wilt sturen (wat anderen zou kunnen hinderen).

## 9 Storing en immuiniteit

### 9.1 Storing in elektronische apparatuur

#### Blokking [werkpuntverschuiving]

Een ontvanger, afgestemd op frequentie X, zal door een zender op frequentie Y geblokkeerd worden als de zender dicht genoeg bij de ontvanger staat en het vermogen groot genoeg is. Door de blokkering wordt het ontvangen signaal op de gewenste frequentie X weggedrukt en dus onhoorbaar. De zender blokkeert hier dus de ontvangst op een andere frequentie.

#### Interferentie met het gewenste signaal [N]

Dit is storing van ontvangst door een (ongewenste) zender die vlakbij of op de gewenste frequentie aanwezig is. Voorbeeld is een niet voldoende onderdrukt middenfrequentie.

#### Intermodulatie

Intermodulatie ontstaat door het mengen van twee sterke signalen, waarbij som en verschil frequenties ontstaan. Zon ontstaan uit een sterke zender op 152 Mhz en een sterke zender op 160 MHz mengproducten, bijvoorbeeld  $2 \cdot 152 - 160 = 144$  MHz

#### Laagfrequentdetectie [N]

Laagfrequentidetectie ontstaat door het opwekken van o.a. versterkertrappen door een te sterk elektromagnetisch veld, dat inwerkt op de componenten van elektronische apparatuur.

### 9.2 Oorzaak van de storing in elektronische apparatuur

#### Veldsterkte van de zender [N]

Door uit te zenden vormt zich een elektromagnetisch veld rond de antenne. De sterkte van dat veld noemen we de veldsterkte, gemeten in V/m. Hogere veldsterktes leiden eerder tot storing dan lagere veldsterktes, ook de afstand tot de antenne is hierbij van belang.

#### Ongewenste uitstraling van de zender [parasitaire uitstraling, harmonischen] [N]

Dit zijn signalen als:

- Harmonische van de zendfrequentie, die niet voldoende onderdrukt zijn
- Mengproducten in de zender zelf, die niet voldoende uitgefilterd zijn
- Parasitaire signalen, ontstaan door ongewenst oscileren van een eindtrap bijvoorbeeld

#### Ongewenste beïnvloeding van apparatuur [N]

##### Via de antenne-ingang [antennespanning, ingangselectiviteit]

Een sterk ingangssignaal (buiten het gewenste ontvangstbereik van de ontvanger) kan onvoldoende verzwakt worden, dan is de selectiviteit van de ontvanger onvoldoende. Gevolg; storing.

##### Via andere aangesloten leidingen

Elke draad die aan of in een elektronisch apparaat zit kan zich gaan gedragen als antenne en elektromagnetisch signaal oppikken.

### *Door directe instraling*

Als de veldsterkte bij/in een apparaat groter is dan het kan weerstaan, dan treedt ook storing op.

## **9.3 Maatregelen tegen storing**

### **Voorzieningen ter voorkoming en opheffing van storingen**

#### *Filteren [N]*

We kunnen met hoogdoorlaat-, laagdoorlaat- of bandfilters de ongewenste signalen filteren.

#### *Ontkoppelen [N]*

Dit is het verbreken van de verbinding voor het ongewenste signaal, wat erg lijkt op filteren.

#### *Afscherming [N]*

Het blokkeren van de overdracht van signalen van waar ze opgewekt worden of versterkt worden aan plekken waar ze storing kunnen veroorzaken. Voorbeeld: uitgang van een versterker afschermen van de ingang, om oscilleren te voorkomen.

#### *Afstand tussen zendantenne en radio-/TV-antenne [n]*

Hoe groter de afstand hoe beter, de veldsterkte neemt namelijk kwadratisch af met de afstand.

#### *Vermijden van gebruik van eindgevoede antennes [n]*

Hierbij straalt de coaxkabel mee.

#### *Minimum vermogen*

Hoe meer vermogen, hoe meer kans op storing. Gebruik dus niet meer vermogen dan nodig voor een verbinding.

#### *Goede hf-aarding [n]*

Bij een slechte aarding gaat er van alles (mee)stralen, wat weer tot storing kan leiden.

#### *Sociale aspecten (goede relatie met de burens)*

Hou de burens (waar de meeste kans op storing is) te vriend. Los problemen op.

## 10 Veiligheid

### 10.1 Het menselijk lichaam

#### Weerstand van het menselijk lichaam

Het lichaam bestaat voor het grootste deel uit water, wat spanning goed geleidt. Ook heeft het lichaam een lage weerstand, zodat er snel grote stromen optreden.

#### Toegelaten aanraakspanning

Minder gevaarlijk: max 50V wisselspanning of tot 120V echte gelijkspanning.

#### De gevolgen van elektrische schok [N]

Een elektrische spanning veroorzaakt verwarming (verbranding eventueel) en samentrekken van spieren.

#### Voorzorgmaatregelen tegen elektrische schok [n]

Afschermen.

#### Toegelaten vermogensdichtheid van een hoogfrequentveld

Max 10W/m<sup>2</sup>, dus nooit vlakbij antennes komen, zeker niet bij een sterk richteffect. De ogen en hersenen zijn extra gevoelig.

### 10.2 Netvoeding

#### Verskil tussen fase, nul en aarde [kleurcode] [N]

In Nederland is de netspanning 230V wisselspanning, met een frequentie van 50Hz.

De kleurcodering van de draden voor netspanning zijn: blauw = nul, bruin = fase, geel/groen = aarde. Daarnaast is er nog zwart, dat is een geschakelde fase-draad (kan dus wel of geen fase bevatten).

Door een chassis van een apparaat met de (rand)aarde te verbinden kan het chassis geen hoge spanning ten opzichte van de aarde krijgen. Da's dus veilig.

Echter, een bliksemafleider sluit je nooit aan op de randaarde (anders gaat de boel kapot bij een inslag), maar altijd op een aparte aardelektrode.

#### Uitvoeringen van aardverbindingen [N]

Een aardedraad van de netspanningsinstallatie kan met veel omzwervingen aangesloten zijn op de aardaansluiting in de meterkast. Daarom moet een antenneinstallatie een eigen en zo kort mogelijke verbinding met een aardverbinding hebben. Hiervoor mag ook niet de koperen waterleiding of (nog erger!) gasleiding worden gebruikt.

#### Aardlekschakelaar

Deze schakelt de spanning af als er een verschil is tussen ingaande stroom en uitgaande stroom. Het verschil is ergens naar aarde afgevoerd en dat is een teken van storing.

#### Snelle en trage veiligheids [N]

Elke zekering zal direct doorsmelten bij kortsluiting. Is er alleen sprake van overbelasting, dan bepaalt de snelheid van een zekering hoe lang het duurt voordat de zekering doorbrandt. Bij 3x de nominale

stroom zal een snelle zekering tussen de 0.03 en 1 seconde nodig hebben om door te branden, een trage zekering tussen de 0,5 en 7 seconden.

## 10.3 Hoge spanningen

### Isolatie [N]

Hou bij een voeding voor hoge spanningen bij hoge spanningen (>1000V) minimaal 5mm afstand tussen aansluitpunten met hoge spanning en andere delen van de voeding. Scherm bovendien hoge-spaning voerende delen zoveel mogelijk af.

### Afscherming [N]

Scherm alle delen die een hoge spanning (kunnen) dragen af tegen aanraking. Grondregel is dat hoge spanning nooit aangeraakt kan worden.

### Aarding [N]

Hoe hoger de spanning hoe belangrijker de aarding.

### Geladen condensatoren [N]

Als de voedingspanning wegvalt houden geladen condensatoren hun spanning en als ze niet worden belast, dan kan dat heel lang zo zijn! Bij hoogspanningscondensatoren kan dat een hoge spanning zijn, bij laagspanningscondensatoren van hoge capaciteit kan bij belasting (kortsluiting) een grote stroom gaan lopen. Daarom moet een condensator altijd een belasting aanwezig zijn, bijvoorbeeld een weerstand over de condensator.

## 10.4 Bliksemontlading

### Gevaar [N]

Bliksem kent twee gevaren:

- Directe inslag, waarbij de bliksem bijvoorbeeld de antenne van een zendinstallatie of een fase van het lichtnet treft en de hoge spanning en stroom zijn weg naar aarde zoekt en onderweg alles beschadigt.
- Ontlading in de nabijheid, waarbij het E.M. veld van de ontlading elektrische spanningen in metalen delen opwekt. Deze opgewekte spanningen kunnen onderdelen beschadigen.

### Bescherming [N]

Een directe inslag kun je niet voorkomen, je kunt deze wel met een zo direct mogelijke goede geleider afvoeren naar een aardelektrode. Verder is het verstandig bij bliksem in de omgeving de antenne van de apparatuur los te koppelen.

## 10.5 Opstelling

### Apparatuur binnen

Voorkom dat je onder spanning kan komen te staan en dat de apparatuur zo veilig mogelijk is opgebouwd, geïsoleerd en van een deugdelijke aarde is voorzien.

### Apparatuur buiten

Voorkom binnendringen van vocht, de boel deugdelijk geaard is (denk ook aan een verlengsnoer, dat dus randaarde moet hebben!) en ga nooit vlakbij antennes staan die in gebruik kunnen zijn.

### **Antenne**

Voorkom dat uitgaande leidingen een hoge spanning kunnen krijgen of dat de delen van een antenne die een hoge spanning kunnen krijgen aangeraakt kunnen worden. Bouw antennemasten deugdelijk op en plaats antennes zo dat hoge EM velden zoveel mogelijk uit de buurt van mens en dier optreden (hoog is dus beter!).

## 11 Nationale en internationale gebruisregels en procedures

### Q-codes [N]

#### Q-code Vraag

|     |                                          |
|-----|------------------------------------------|
| QRA | Wat is de naam van u station?            |
| QRK | Wat is de neembaarheid van mijn signaal? |
| QRL | Bent u bezig?                            |
| QRM | Heeft u last van storing?                |
| QRN | Heeft u last van atmosferische storing?  |
| QRO | Zal ik het zendvermogen verhogen?        |
| QRP | Zal ik mijn zendvermogen verminderen?    |
| QRT | Zal ik stoppen met zenden?               |
| QRV | Bent u beschikbaar?                      |
| QRX | Op welke tijd zult u mij weer roepen?    |
| QRZ | Door wie word ik geroepen?               |
| QSA | Wat is de sterkte van mijn signaal?      |
| QSB | Veranderd de sterkte van mijn signaal?   |
| QSL | Kunt u de ontvangst bevestigen?          |
| QSO | Kan u rechtstreeks werken met ...?       |
| QSY | Zal ik op een andere frequentie zenden?  |
| QTH | Wat is de locatie van het station?       |

#### Antwoord-Mededeling

|                                                      |
|------------------------------------------------------|
| Mijn station heet....                                |
| De neembaarheid is ....                              |
| Ik ben bezig                                         |
| Ik heb last van storing. (QRM Mensen)                |
| Ik heb last van atmosferische storingen (QRN Natuur) |
| Verhoog zendvermogen. (QRO Output)                   |
| Ik verminder mijn zendvermogen                       |
| Ik stop met zenden                                   |
| Ik ben beschikbaar                                   |
| Ik zal u om... weer aanroepen                        |
| U word geroepen door                                 |
| De sterkte van u signaal is ....                     |
| De sterkte van uw signaal verandert                  |
| Ik zal u de ontvangst bevestigen                     |
| Ik kan rechtstreeks met ... werken                   |
| Ga op een andere frequentie zenden                   |
| Mijn locatie is ...                                  |

### Overige codes [N]

|     |                                                                               |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------|
| BK  | Een lopende uitzending onderbreken (break)                                    |
| CQ  | Algemene oproep aan alle stations (CQ DX = oproep aan veraf gelegen stations) |
| CW  | Ononderbroken draaggolf (continuous wave)                                     |
| DE  | Van, om de roepletters van het oproepen en oproepende station te scheiden.    |
| K   | Uitnodiging om te zenden (over)                                               |
| MSG | Bericht (messages)                                                            |
| PSE | Alstublieft (please)                                                          |
| R   | Ontvangen (receive)                                                           |
| RX  | Ontvanger (receiver)                                                          |
| TX  | Zender (transmitter)                                                          |
| UR  | Uw (your)                                                                     |

### Internationaal nood-, spoed- en veiligheidsverkeer en verkeer bij natuurrampen [N]

In morse: ... --- ... (SOS), in spraak MAYDAY. Uitsluitend in geval van noodtoestanden mag een amateur berichten van derden doorgeven.

### Roepletters [N]

De roepletters van een station moeten aan het begin, einde en elke 5 minuten worden uitgezonden, waarbij een reeks van korte doorgangen als 1 doorgang telt. Uitzending van de roepletters moet in een herkenbare modulatie (o.a. spraak A3E/H3E/J3E/R3E/F3E/G3E, morse max 30wpm, enz).

Roepletters blijven na opzegging voor 1 jaar gereserveerd voor de opzegger, bij verenigingen tot 5 jaar na opzegging.



**Prefix**

PA-PH voor individuen, PI voor instellingen, 0-5/7-9 voor individuen, 4 voor verenigingen, 5 voor onderwijsinstellingen

**Suffix**

1 t/m 3 letters 9excl. SOS, QOA-QUZ en onwelvoegelijke combinaties)

**Internationaal spellingsalfabet**

|   |         |   |          |   |         |   |        |
|---|---------|---|----------|---|---------|---|--------|
| A | Alfa    | H | Hotel    | O | Oscar   | V | Victor |
| B | Bravo   | I | India    | P | Papa    | W | Whisky |
| C | Charlie | J | Julieta  | Q | Québec  | X | X-ray  |
| D | Delta   | K | Kilo     | R | Romeo   | Y | Yankee |
| E | Echo    | L | Lima     | S | Sierra  | Z | Zulu   |
| F | Foxtrot | M | Mike     | T | Tango   |   |        |
| G | Golf    | N | November | U | Uniform |   |        |

## 12 Nationale en internationale regelgeving amateurdisnt en amateursatellietdienst

### ITU Radio Regulations [N]

Door de ITU worden wereldwijd frequenties verdeeld. Hiervoor is de wereld opgedeeld in 3 regio's: Regio 1 = Europa en Afrika, Regio 2 is Noord- en Zuid-Amerika, Regio 3 is de rest. Nederland valt dus in Regio 1.

### CEPT aanbevelingen [N]

Dit zijn regels die (voornamelijk) handig zijn als je met de zender de grens over wil.

### Telecommunicatiewet [N]

Deze wet regelt de Nederlandse zaken.

### Algemene Maatregelen van Bestuur [N]

?

### Voorschriften en beperkingen

Zie voor de volledige voorschriften en beperkingen [gebruikersbepalingen-amateur-frequentiegebruik.pdf](#) van Agentschap Telecom. Hieronder de belangrijkste zaken die nog niet eerder zijn genoemd.

### Registratie

Personen die een radiozendapparaat willen bedienen, moeten met goed gevolg een examen hebben afgelegd. Daarnaast moet de persoon ten minste veertien jaren oud zijn voor de F-registratie (volledige toegang frequentieruimte) en een leeftijd van ten minste twaalf jaren voor de N-registratie (beperkte toegang frequentieruimte).

Een persoon die hieraan niet voldoet mag onder voorwaarde een radiozendapparaat bedienen indien de bediening plaatsvindt in directe aanwezigheid en onder verantwoordelijkheid van een persoon die met goed gevolg een examen heeft afgelegd en staat geregistreerd in het frequentiegebruikersregister.

### Algemene gebruiksbepalingen

De radiozendamateur die het radiozendapparaat bedient, is bij het station aanwezig, of draagt er zorg voor dat alleen hij zijn station op afstand kan bedienen.

De houder van de registratie draagt er voor zorg dat als het geregistreerde radiostation door een ander wordt bediend hij/zij daar zelf bij aanwezig is en de in de regeling bepaalde voorschriften worden nageleefd.

Het uitzenden van omroepprogramma's, muziek, reclame of berichten van of voor derden is niet toegestaan.

De radioroepnaam wordt ten minste bij het begin en bij het einde van elke uitzending en ten minste eenmaal per periode van vijf minuten uitgezonden, waarbij een reeks kortdurende uitzendingen wordt aangemerkt als één uitzending. De radioroepnaam is bij data- en beeldoverdracht aan de ontvangtzijde na demodulatie in leesbaar schrift zichtbaar.

Bij automatische telegrafie en bij data - of beeldoverdracht waarbij technische belemmeringen het onmogelijk maakt om in de voorgeschreven regelmaat de radioroepnaam uit te zenden, wordt de radioroepnaam kenbaar gemaakt door middel van spraak of morsetelegrafie.

Informatie wordt niet versleuteld verzonden.

Radioverbindingen worden alleen tot stand gebracht met andere gebruikers van frequentieruimte met de bestemming "amateur" of "amateursatelliet".

Bij frequentiegebruik met een secundaire status wordt altijd voorrang verleend aan frequentiegebruik met een primaire status. De secundaire gebruiker stelt zelf vast dat er geen uitzendingen plaatsvinden door primaire gebruikers alvorens de zender in te schakelen. Bij frequentiegebruik met een Non Interference Base status wordt altijd voorrang verleend aan frequentiegebruik met een primaire status of met een secundaire status.

Er wordt zo weinig mogelijk storing of belemmering veroorzaakt in het gebruik van frequentieruimte door anderen.

Tijdens een radiowedstrijd die door meer dan één geregistreeerde zendamateur wordt georganiseerd met de vorming van een groepsstation, kunnen de deelnemers de radioroepnaam van één van de geregistreeerden gebruiken. De voorwaarden behorende bij de registratie van deze roepletters zijn daarbij van toepassing.

Bij radioamateurpeil-evenementen die georganiseerd zijn door een geregistreeerde vereniging van radiozendamateurs behoeft geen radiozendamateur bij het station aanwezig te zijn.

Bij gebruik van een radiostation door leden van Scouting Nederland tijdens evenementen die georganiseerd worden door de werkgroep Radio Scouting Nederland wordt aan de radioroepnaam /J toegevoegd.

### Begrippen

Radiozendamateur: Degene die vanuit een persoonlijke belangstelling en zonder financieel oogmerk gebruik maakt van frequentieruimte ten behoeve van het opdoen van vaardigheden, het communiceren via de radio en het doen van technisch onderzoekingen.

Radiostation: Een of meer radiozendapparaten met de daartoe behorende antenne-inrichtingen

### Frequentiegebruik

| Categorie registratie <sup>1)</sup> | Toegestane zendvermogen in watt (PEP) <sup>2)</sup> | Frequentiebanden in MHz |                                                           | Status van de amateurbanden (NFP) <sup>3)</sup> |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
|                                     | 400                                                 | 0,1357 - 0,1378         | Alleen de klasse A1A                                      | S                                               |
|                                     | 400                                                 | 1,81 - 1,85             |                                                           | P                                               |
|                                     | 400                                                 | 1,85 - 1,88             |                                                           | S                                               |
|                                     | 400                                                 | 3,5 - 3,8               |                                                           | P                                               |
|                                     | 400                                                 | 7,0 - 7,1               |                                                           | P                                               |
|                                     | 250                                                 | 7,1 - 7,2               |                                                           | P                                               |
|                                     | 400                                                 | 10,1 - 10,15            | Alleen A1A, F1A, G1A, J2A; contesten zijn niet toegestaan | S                                               |

Uitwerking exameneisen examen Zendamateur N/F

|   |     |          |   |          |                                             |   |
|---|-----|----------|---|----------|---------------------------------------------|---|
| F | 400 | 10,14    | - | 10,15    | Data, bandbreedte max. 500                  | S |
|   | 400 | 14,0     | - | 14,35    |                                             | P |
|   | 400 | 18,068   | - | 18,168   |                                             | P |
|   | 400 | 21,0     | - | 21,45    |                                             | P |
|   | 400 | 24,89    | - | 24,99    |                                             | P |
|   | 400 | 28,0     | - | 29,7     |                                             | P |
|   | 120 | 50,0     | - | 50,45    | Alleen A1A en J3E                           | S |
|   | 30  | 50,0     | - | 50,45    |                                             | S |
|   | 30  | 50,45    | - | 52,0     | Crossband- en duplex verbindingen zijn niet | S |
|   | 400 | 144,0    | - | 146,0    |                                             | P |
|   | 400 | 430,0    | - | 436,0    |                                             | P |
|   | 400 | 436,0    | - | 440,0    |                                             | S |
|   | 120 | 1240,0   | - | 1300,0   |                                             | S |
|   | 120 | 2320,0   | - | 2400,0   |                                             | S |
|   | 120 | 2400,0   | - | 2450,0   | Uitsluitend satellietverkeer                | S |
|   | 120 | 3400,0   | - | 3410,0   |                                             | S |
|   | 120 | 5650,0   | - | 5850,0   |                                             | S |
|   | 120 | 10000,0  | - | 10500,0  |                                             | S |
|   | 120 | 24000,0  | - | 24050,0  |                                             | P |
|   | 120 | 24050,0  | - | 24250,0  |                                             | S |
|   | 120 | 47000,0  | - | 47200,0  |                                             | P |
|   | 120 | 75500,0  | - | 76000,0  |                                             | P |
|   | 120 | 76000,0  | - | 77500,0  |                                             | S |
|   | 120 | 77500,0  | - | 78000,0  |                                             | P |
|   | 120 | 78000,0  | - | 81500,0  |                                             | S |
|   | 120 | 122250,0 | - | 123000,0 |                                             | S |
|   | 120 | 134000,0 | - | 136000,0 |                                             | P |
|   | 120 | 136000,0 | - | 141000,0 |                                             | S |
|   | 120 | 241000,0 | - | 248000,0 |                                             | S |
|   | 120 | 248000,0 | - | 250000,0 |                                             | P |
| N | 25  | 7,050    | - | 7,1      |                                             | P |
|   | 25  | 14,0     | - | 14,25    |                                             | P |
|   | 25  | 28,0     | - | 29,7     |                                             | P |
|   | 25  | 144,0    | - | 146,0    |                                             | P |
|   | 25  | 430,0    | - | 436,0    |                                             | P |
|   | 25  | 436,0    | - | 440,0    |                                             | S |

Zendvermogen: het door de direct met de antenne-inrichting te koppelen trap van het radiozendapparaat afgegeven gemiddeld vermogen, gerekend over één periode van de hoogfrequente uitgangswisselspanning tijdens het maximum van de omhullende (Peak Envelope Power).

PEP is het daadwerkelijke toegepaste zendvermogen.

Ongewenste hoogfrequente uitstralingen zijn alle uitstralingen op andere frequenties dan:

- de zendfrequentie;
- de frequenties die noodzakelijkerwijs in verband met het modulatieproces in beslag worden genomen.

## 13 Gedragsregels

### 13.1 Maatschappelijke verantwoordelijkheden van de radiozendamateur

#### Gewenst gedrag in het radioverkeer

##### *Binnen de amateurdienst*

Beperk (mogelijke) overlast zoveel mogelijk en los storing in goede harmonie op. Hou je aan de regels.

##### *T.o.v. andere diensten*

Primair heeft voorrang boven Secundair gebruik, Secundair gebruik heeft voorrang boven Non Interference base gebruik. Onderling is er per categorie geen voorrang, maar mag men elkaar niet storen.

##### *IARU aanbevelingen [N]*

Er zijn drie regio/zones:

- IARU Region 1: Europe, Africa, Middle East and Northern Asia
- IARU Region 2: The Americas
- IARU Region 3: Asia-Pacific

Het IARU bandplan geldt per regio en heeft als doel frequenties voor zekere activiteiten op een dusdanige manier toe te wijzen dat alle huidige gebruikers de verschillende wijzen van amateur-radio kunnen uitoefenen met een minimum aan onderlinge storing, mits technisch goede apparatuur en communicatietechnieken gebruikt worden. Het zijn afspraken/aanbevelingen, geen voorschriften.

#### **Opheffen van storingen**

Zie H9.

#### **Reageren op noodverkeer**

Alleen als dat nodig is en dan doorgeven aan 112.

### 13.2 Operationele vaardigheden

#### **Gebruik kunstantennes**

Zie H8.2

#### **Verbindingsprocedures**

Je kunt of zelf CQ roepen of reageren op een CQ. Tijdens elke verbinding hoort een RST signaalrapport gegeven te worden.

#### **Aanpassen vermogen aan de situatie**

Gebruik zo weinig mogelijk vermogen, dus net genoeg om de verbinding te kunnen maken.

## Niet tot het examen behorende stof

### Amateurbanden met zijn eigenschappen

#### **160 meter band 1810-1850 kHz.**

Overdag zijn lokale verbindingen door grondgolven tot ca. 50km over land, maar een grotere afstand over zee is mogelijk. Het hele jaar bruikbaar, 's Nachts zijn doorgaans afstanden mogelijk van ca. 800km tot enige duizenden kilometers. In de zomer moet rekening gehouden worden met ernstige statische etherstoring.

#### **80 meter band 3,50 - 3,80 MHz.**

Altijd zijn er Europese stations te beluisteren. 's Avonds zijn zij het sterkst; het bereik omvat hier doorgaans West-Europa. Daardoor zijn er veel zendamateurs uit ons land en omliggende landen aan te treffen. 's Nachts zijn de te overbruggen afstanden erg variabel maar enige duizenden kilometers kunnen in de winter worden overbrugd.

#### **40 meter band 7,00 - 7,20 MHz, spraak vanaf 7,04 MHz.**

Er zijn voornamelijk stations uit Europa te horen. Dezelfde gegevens als de 80 meterband, maar de maximale afstanden zijn meestal groter.

#### **30 meter band 10,10 - 10,15 MHz, alleen morse.**

Overdag een goede band voor lange afstandsverkeer (DX). Minder geschikt voor korte afstand. 's Nachts redelijk geschikt voor het lange afstandsverkeer (DX) tijdens bepaalde jaargetijden.

#### **20 meter band 14,00 - 14,35 MHz, spraak vanaf 14,10 MHz, DX rond 14,20 MHz.**

's Avonds zijn er vooral stations van over de gehele wereld te horen. Dit is een band voor het DX-verkeer.

#### **17 meter band 18,068 - 18,168 MHz.**

Een prima band voor lange afstandsverkeer (DX)

#### **15 meter band 21,000 - 21,450 MHz, spraak vanaf 21,100 MHz.**

Zendamateurs van alle delen van de wereld zijn in deze band vaak te beluisteren. Laat in de avond is deze band meestal niet bruikbaar. Er is een sterke beïnvloeding door ionosferische omstandigheden merkbaar (condities). Deze band wordt meestal voor het DX-verkeer gebruikt. De eigenschappen liggen tussen die van de 17 meterband en de 12 meterband in. Vaak is de band 'open' als de 10meter band 'dicht' is.

#### **12 meter band 24,89 - 24,99 MHz.**

Overdag kan op deze band afhankelijk van de ionosferische omstandigheden-uitstekend lange afstandsverkeer (DX) worden gewerkt. 's Nachts alleen geschikt voor lokale grondgolf verbindingen.

#### **10 meterband 28,000 - 29,700 MHz, spraak vanaf 28,200 MHz, DX rond 28,500 MHz.**

Deze band is alleen gedurende bepaalde periodes bruikbaar en dan nog voornamelijk overdag. Er is een nog sterkere invloed van condities dan op 15 meter. Tijdens de goede condities vindt er veel DX-verkeer op plaats. Overdag is deze band af en toe beter dan de 20meter band, maar dat is sterk afhankelijk van ionosferische omstandigheden. Grondgolf verbindingen zijn vaak slecht. 's Nachts alleen geschikt voor lokale grondgolf verbindingen.

### **6 meterband 50.00 - 52.00 MHz.**

In Nederland vanaf 1988 aan radiozendamateurs toegewezen, kreeg al snel de naam magic band. De band waar F vergunning houders leuke DX verbindingen kunnen maken. Doorgaans mogen F vergunning houders 400 Watt PEP uitgangsvermogen toe passen echter op deze band een beperking van 120W in de klasse A1A en J3E, vanaf 50.45 MHz is maximaal 30 Watt. Onder normale omstandigheden gedraagt deze band zich als de 10 meterband en zijn er alleen grondgolf verbindingen mogelijk. Bij meervoudige 'sporadische E-laag reflectie' ( ES ) en een hoog zonnevlekgetal zijn verbindingen over grote afstanden mogelijk. Soms wereldwijde verbindingen ook met TEP (Trans Evenaar Propagatie) zijn leuke verbindingen te maken tot aan bijvoorbeeld Zuid Afrika. Door het onvoorspelbare gedrag van deze band kreeg hij als bijnaam de 'Magic Band'.

### **2 meterband 144- 146 MHz.**

De meest gebruikte band onder de zendamateurs. Iedere amateur heeft wel een of meerdere zendontvangers welke in de 2meter band werken. Deze band is mede zo populair door de vele repeaters met een goede dekking in het hele land. Men kan met een eenvoudige portofoon via deze repeaters vanuit de woonkamer de hele regio bewerken. De reikwijdte is doorgaans beperkt tot circa 100 kilometer, tijdens bepaalde atmosferische omstandigheden tot ca. 1500 kilometer. Met behulp van aurora reflectie, sporadische E-laag reflectie, tropo, reflectie op meteorenregens zijn afstanden tot wel 1800 kilometer mogelijk.

### **70 cm band 430 - 440 MHz.**

Deze band leent zich zeer goed voor het doen van allerlei experimenten. Deze band wordt intensief gebruikt voor Packetradio. Dezelfde eigenschappen als de 2meter band maar topografische omstandigheden hebben ook een veel grotere invloed. Er worden ook hogere eisen gesteld aan antennes en coaxkabels.

### **23 cm band 1240 - 1300 MHz.**

In deze band kunnen verbindingen over korte afstanden gemaakt worden en worden veel amateur televisie en packetradio experimenten gedaan.

## **Klasse van uitzending**

Het eerste symbool staat voor de wijze van moduleren:

- N = ongemoduleerde draaggolf
- A = dubbelzijband
- B = onafhankelijke zijbanden
- H = enkelzijband, volledige draaggolf
- R = enkelzijband, gereduceerde of variabele draaggolf
- J = enkelzijband, onderdrukte draaggolf
- C = restzijband, rudimentaire zijband
- F = frequentiemodulatie
- G = fasemodulatie
- D = zowel amplitude - als frequentie - of fasegemoduleerd
- P = ongemoduleerde pulstrein
- K = amplitudegemoduleerde pulstrein
- L = in lengte of duur (?) gemoduleerde pulstrein
- M = in positie of fase gemoduleerde pulstrein
- Q = pulstrein waarbij de draaggolf frequentie - of fasegemoduleerd is tijdens de pulstrein
- V = pulstrein gemoduleerd met een combinatie van methoden
- W = gevallen die door N t/m V niet worden gedekt

X = gevallen waarin niet is voorzien

Het tweede symbool, het type modulerende signaal (type 4, 5, en 6 worden niet gebruikt):

0 = geen modulatie aanwezig

1 = een kanaal met niet-analoge informatie, zonder modulerende hulpdraaggolf

2 = een kanaal met niet-analoge informatie, met modulerende hulpdraaggolf

3 = een kanaal met analoge informatie

7 = twee of meer kanalen met niet-analoge informatie

8 = twee en meer kanalen met analoge informatie

9 = tegelijk een of meer kanalen met niet-analoge informatie en of meer kanalen met analoge informatie

X = gevallen waarin niet is voorzien

Het derde symbool, de soort uitgezonden informatie:

N = geen informatie

A = Morse-telegrafie, op het gehoor op te nemen

B = Morse-telegrafie bestemd voor automatische ontvangst

C = facsimile

D = datatransmissie

E = telefonie

F = televisie

W = combinatie van bovenstaande

X = gevallen waarin niet is voorzien

De meest voorkomende klasse van uitzendingen voor radio-zendamateurs zijn:

A3E = AM, F3E = FM, F8E = WFM, A1A = CW, J3E voor spraak op LSB of USB.

## RST

### R = Readability = Leesbaarheid

|                 |                          |
|-----------------|--------------------------|
| Leesbaarheid 1  | Onverstaanbaar           |
| Leesbaarheid 2  | Bijna niet verstaanbaar  |
| Leesbaarheid 3  | Moeilijk verstaanbaar    |
| Leesbaarheid 4  | Verstaanbaar             |
| Leesbaarheid 5  | Perfect verstaanbaar     |
| Leesbaarheid Q5 | Prachtig, onverbeterbaar |

### S = Signal = Signaalsterkte

|                  |                   |
|------------------|-------------------|
| Signaal 0        | Onhoorbaar        |
| Signaal 1        | Bijna onhoorbaar  |
| Signaal 2        | Heel zwak         |
| Signaal 3        | Zwak              |
| Signaal 4        | Goed              |
| Signaal 5        | Redelijk sterk    |
| Signaal 6        | Sterk             |
| Signaal 7        | Redelijk krachtig |
| Signaal 8        | Krachtig          |
| Signaal 9        | Zeer krachtig     |
| Signaal 9 + 10dB | Prachtig          |
| Signaal 9 + 20dB | Extreem sterk     |

S wordt van de S-meter afgelezen



**T = Tone = Toon**

|        |                                    |
|--------|------------------------------------|
| Toon 1 | Ruw                                |
| Toon 2 | Gerold, zonder muzikaal karakter   |
| Toon 3 | Gerold, lage toon, licht muzikaal  |
| Toon 4 | Licht gerold, half muzikaal        |
| Toon 5 | Muzikaal                           |
| Toon 6 | Gemoduleerd, met vleugje draaggolf |
| Toon 7 | Bijna zuiver, nog wat gemoduleerd  |
| Toon 8 | Zuiver, met vleugje modulatie      |
| Toon 9 | Absoluut zuiver                    |

T wordt bijna nooit gebruikt en is subjectief.

## **Uitgebreide inhoudsopgave**

|                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| Inhoudsopgave .....                                                            | 3  |
| Inleiding .....                                                                | 6  |
| Doel van deze uitwerking .....                                                 | 6  |
| Doelgroep .....                                                                | 6  |
| Opbouw, onderscheid N en F .....                                               | 6  |
| Gebruikte bronnen .....                                                        | 6  |
| Copyright, verspreiding, gebruik en zo.....                                    | 7  |
| Benodigde vaardigheden.....                                                    | 7  |
| Grootheden van de genoemde eenheden kennen .....                               | 7  |
| Gangbare tekensymbolen .....                                                   | 7  |
| Wiskundige begrippen en bewerkingen.....                                       | 7  |
| Formules omzetten .....                                                        | 8  |
| 1    Elektriciteitsleer, elektromagnetisme en radio theorie .....              | 9  |
| 1.1    Stroomgeleiding .....                                                   | 9  |
| Geleider, halfgeleider, isolator [N] .....                                     | 9  |
| Stroomsterkte, spanning, weerstand [N] .....                                   | 9  |
| De eenheden ampère, volt en ohm [N].....                                       | 9  |
| De wet van Ohm [N] .....                                                       | 9  |
| De wetten van Kirchoff.....                                                    | 9  |
| 1e Wet van Kirchoff .....                                                      | 9  |
| 2e Wet van Kirchoff .....                                                      | 9  |
| Elektrisch vermogen [N] .....                                                  | 10 |
| De eenheid Watt [N] .....                                                      | 10 |
| Elektrische energie, de eenheid Joule .....                                    | 10 |
| Capaciteit van een batterij .....                                              | 10 |
| 1.2    Bronnen .....                                                           | 10 |
| Spanningsbron, EMK, kortsluitstroom, inwendige weerstand en klemspanning ..... | 10 |
| Serie- en parallelschakeling van spanningsbronnen [N] .....                    | 10 |
| Batterij [n] .....                                                             | 11 |
| Lichtnet [n] .....                                                             | 11 |
| 1.3    Elektrisch veld.....                                                    | 11 |
| Elektrische veldsterkte, eenheid Volt per meter.....                           | 11 |

|                                                                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Afscherming van elektrische velden.....                                                                        | 11 |
| 1.4 Magnetisch veld .....                                                                                      | 11 |
| Magnetisch veld om een stroomvoerende geleider en om een spoel.....                                            | 11 |
| Afscherming van magnetische velden.....                                                                        | 11 |
| 1.5 Elektromagnetisch veld / radiogolven.....                                                                  | 11 |
| Radiogolven als elektroimagnetische golven [N] .....                                                           | 11 |
| De voortplantingsnelheid en het verband hiervan met de frequentie en golflengte [N] .....                      | 12 |
| Polarisatie [N] .....                                                                                          | 12 |
| 1.6 Sinusvormige signalen .....                                                                                | 12 |
| De grafische voorstelling in de tijd [N] .....                                                                 | 12 |
| Momentele waarde, amplitude, effectieve waarde en gemiddelde waarde .....                                      | 12 |
| Periode en periodeduur .....                                                                                   | 12 |
| Frequentie [N] .....                                                                                           | 12 |
| De eenheid Hertz [N] .....                                                                                     | 13 |
| Faseverschil .....                                                                                             | 13 |
| 1.7 Niet sinusvormige signalen, .....                                                                          | 13 |
| Audio/ digitale signalen en de grafische voorstelling in de tijd [N] .....                                     | 13 |
| Gelijkspanningscomponent, grondgolf en zijn harmonischen .....                                                 | 13 |
| Ruis, thermische ruis, via de antenne ontvangen ruis, ruisvermogen per Hz, ruisvermogen in de bandbreedte..... | 14 |
| 1.8 Gemoduleerde signalen .....                                                                                | 14 |
| Voor- en nadelen van [n].....                                                                                  | 14 |
| CW .....                                                                                                       | 14 |
| Amplitude modulatie [N].....                                                                                   | 14 |
| Enkelzijbandmodulatie [N] .....                                                                                | 15 |
| Frequentiemodulatie [N].....                                                                                   | 15 |
| Fasemodulatie .....                                                                                            | 15 |
| Frequentiezwaai en modulatie-index.....                                                                        | 15 |
| Draaggolf, zijbanden en bandbreedte [N].....                                                                   | 15 |
| Golfvormen van CW, AM, SSB/EZB en FM signalen (grafisch weergegeven) .....                                     | 15 |
| Spectra van CW, AM, SSB/EZB en FM signalen (grafisch weergegeven).....                                         | 16 |
| Digitale modulatievormen: FSK, 2-PSK, 4-PSK en QAM .....                                                       | 16 |
| FSK .....                                                                                                      | 16 |
| 2-PSK, 4-PSK.....                                                                                              | 16 |

|                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| QAM.....                                                                        | 16 |
| Digitale modulatie: bitsnelheid, symbolsnelheid (baudrate) en bandbreedte ..... | 16 |
| Foutdetectie en –correctie: CRC.....                                            | 17 |
| Packet radio, ARQ en FEC (AMTOR) .....                                          | 17 |
| 1.9    Vermogen en energie .....                                                | 17 |
| HF-uitgangsvermogen [n].....                                                    | 17 |
| Het vermogen van sinusvormige signalen [N].....                                 | 17 |
| Vermogensverhoudingen van bekende dB waarden .....                              | 17 |
| Aanpassing (maximale vermogensoverdracht).....                                  | 18 |
| De relatie tussen ingangsvermogen, uitgangsvermogen en rendement .....          | 18 |
| Peak Envelop Power (PEP).....                                                   | 18 |
| 1.10   Digitalisering van analoge signalen .....                                | 18 |
| Bemonsteren en kwantiseren .....                                                | 18 |
| Minimale bemonsteringsfrequentie (Nyquistfrequentie).....                       | 18 |
| Anti-aliasfilter, reconstructiefilter .....                                     | 18 |
| Convolutie (tijddomein/-frequentiedomein, grafische voorstelling).....          | 19 |
| ADC en DAC .....                                                                | 19 |
| ADC .....                                                                       | 19 |
| DAC .....                                                                       | 20 |
| 2    Componenten.....                                                           | 21 |
| 2.1    Weerstand .....                                                          | 21 |
| Weerstand.....                                                                  | 21 |
| Definitie en kleurcode [N] .....                                                | 21 |
| Soortelijke weerstand .....                                                     | 21 |
| De eenheid Ohm [N].....                                                         | 21 |
| Stroom-spanningskarakteristiek .....                                            | 22 |
| Vermogensdissipatie [N] .....                                                   | 22 |
| 2.2    Condensator .....                                                        | 22 |
| Definitie [N] .....                                                             | 22 |
| Capaciteit en eenheid Farad[N].....                                             | 22 |
| Gebruik van vaste en variabele condensatoren [n] .....                          | 22 |
| De relatie tussen capaciteit, afmetingen en diëlektricum .....                  | 22 |
| De impedantie en reactantie.....                                                | 22 |
| Faseverschil tussen stroom en spanning.....                                     | 23 |

|                                                                                                 |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Eigenschappen van vaste en variabele condensatoren .....                                        | 23 |
| 2.3 Spoel .....                                                                                 | 23 |
| Zelfinductie [N] .....                                                                          | 23 |
| De eenheid Henry [N] .....                                                                      | 23 |
| Het effect van het aantal windingen, diameter, lengte en kernmateriaal op de zelfinductie ..... | 23 |
| De reactantie .....                                                                             | 23 |
| Faseverschil tussen stroom en spanning .....                                                    | 23 |
| Q-factor .....                                                                                  | 23 |
| 2.4 Toepassing en gebruik van transformatoren .....                                             | 24 |
| Ideale transformator [N] .....                                                                  | 24 |
| De verhouding tussen wikkelverhouding en spannings-, stroom- en impedantie verhouding .....     | 24 |
| Toepassingen van transformatoren .....                                                          | 24 |
| 2.5 Diode .....                                                                                 | 24 |
| Gelijkrichtdiode, zenerdiode, LED, varicap [N] .....                                            | 24 |
| Doorlaatstroom .....                                                                            | 25 |
| Sperspanning en lekstroom .....                                                                 | 25 |
| 2.6 Transistor .....                                                                            | 25 |
| PNP- en NPN-transistor .....                                                                    | 25 |
| Stroomsturing .....                                                                             | 26 |
| Stroomversterking .....                                                                         | 26 |
| Veldeffecttransistor .....                                                                      | 26 |
| Spanningsturing .....                                                                           | 26 |
| Steilheid .....                                                                                 | 27 |
| De transistor in gemeenschappelijke emitter-[source]schakeling .....                            | 27 |
| De transistor in gemeenschappelijke basis-[gate]schakeling .....                                | 27 |
| De transistor in gemeenschappelijke collector-[drain]schakeling .....                           | 27 |
| In- en uitgangsimpedantie van bovenstaande schakelingen .....                                   | 27 |
| Instelmethode .....                                                                             | 28 |
| 2.7 Overige componenten .....                                                                   | 28 |
| Eenvoudige buizen (triode en pentode) .....                                                     | 28 |
| Triode .....                                                                                    | 28 |
| Pentode .....                                                                                   | 28 |
| Steilheid .....                                                                                 | 28 |
| Anode-roostercapaciteit .....                                                                   | 28 |

|                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Eenvoudige digitale componenten (functie).....                                               | 29 |
| Poortschakelingen .....                                                                      | 29 |
| Opteller (full adder).....                                                                   | 29 |
| Flipflop.....                                                                                | 29 |
| Deler .....                                                                                  | 30 |
| 3 Schakelingen.....                                                                          | 31 |
| 3.1 Combinatie van componenten .....                                                         | 31 |
| Serie- en parallelschakelingen van... ..                                                     | 31 |
| weerstanden [N].....                                                                         | 31 |
| spoelen .....                                                                                | 31 |
| condensatoren [N].....                                                                       | 31 |
| transformatoren.....                                                                         | 31 |
| diodes .....                                                                                 | 31 |
| Stromen en spanningen in deze schakelingen .....                                             | 31 |
| Impedantie van deze schakelingen .....                                                       | 31 |
| Gedrag van niet-ideale weerstanden, condensatoren en spoelen (parasitaire effecten) .....    | 32 |
| 3.2 Analoge filters.....                                                                     | 32 |
| Seriekring en parallelkring [N].....                                                         | 32 |
| Seriekring.....                                                                              | 32 |
| Parallel kring.....                                                                          | 32 |
| Impedantie [N] .....                                                                         | 33 |
| Frequentie karakteristiek [N] .....                                                          | 33 |
| Resonantiefrequentie [N].....                                                                | 33 |
| Kwaliteitsfactor van een afgestemde kring.....                                               | 33 |
| Bandbreedte.....                                                                             | 34 |
| Bandfilter .....                                                                             | 34 |
| Laag-, hoog, banddoorlatende en bandsperrende filters opgebouwd uit passieve elementen... .. | 35 |
| Ttoepassing en gebruik [N].....                                                              | 35 |
| Schakelingen.....                                                                            | 35 |
| Kantelfrequentie.....                                                                        | 35 |
| Frequentie karakteristiek .....                                                              | 35 |
| PI-filter en T-filter .....                                                                  | 36 |
| Pi-filter .....                                                                              | 36 |
| T-filter .....                                                                               | 36 |

|                                                                                                 |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Kwartsfilter; vervangingsschema, serie- en parallelresonantie .....                             | 36 |
| Gevolgen van het toepassen van niet-ideale componenten (parasitaire effecten).....              | 37 |
| 3.3 Voeding.....                                                                                | 37 |
| Schakelingen voor enkel- en dubbelzijdige gelijkrichting en de bruggelijkrichter .....          | 37 |
| Afvlakschakelingen .....                                                                        | 38 |
| Stabilisatieschakelingen in laagspanningsvoedingen.....                                         | 38 |
| Schakelende voedingen, isolatie en EMC.....                                                     | 38 |
| 3.4 Versterker .....                                                                            | 39 |
| Lf en hf-versterker .....                                                                       | 39 |
| LF-versterker.....                                                                              | 39 |
| HF versterker .....                                                                             | 39 |
| Operationele versterker (OpAmp) .....                                                           | 39 |
| Versterkingsfactor .....                                                                        | 40 |
| Amplitude-frequentiekarakteristiek en bandbreedte (bandbreedte t.o.v. afgestemde trappen) ..... | 40 |
| Instelling in klasse A, A/B, B en C .....                                                       | 40 |
| Klasse A.....                                                                                   | 40 |
| Klasse B.....                                                                                   | 40 |
| Klasse AB.....                                                                                  | 40 |
| Klasse C.....                                                                                   | 40 |
| Harmonische vervorming en intermodulatievervorming, oversturing van versterkertrappen ....      | 41 |
| Vermogensversterkers met buizen, spanningen en impedanties, impedantietransformatie .....       | 41 |
| Parasitaire oscilaties.....                                                                     | 41 |
| 3.5 Detector.....                                                                               | 41 |
| AM-detectoren .....                                                                             | 41 |
| Diodedetector .....                                                                             | 42 |
| Productdetector en BFO.....                                                                     | 42 |
| FM-detectoren .....                                                                             | 42 |
| Foster-Seeley-descriminator .....                                                               | 43 |
| 3.6 Oscillator .....                                                                            | 43 |
| Factoren die de frequentie en frequentiestabiliteit bepalen .....                               | 43 |
| Oscileer voorwaarden .....                                                                      | 43 |
| LC-oscillator, kristaloscillator, overtone-oscillator.....                                      | 43 |
| Spanningsgestuurde oscillator (VCO, frequentiemodulator).....                                   | 44 |
| Faseruis.....                                                                                   | 44 |

|     |                                                                     |    |
|-----|---------------------------------------------------------------------|----|
| 3.7 | Phase Locked Loop (PLL) .....                                       | 44 |
|     | Regellus met fasevergelijkschakeling .....                          | 44 |
|     | Regellus met instelbaar deeltal .....                               | 44 |
|     | Filter in de regellus .....                                         | 44 |
|     | Modulatie in de VCO .....                                           | 44 |
| 3.8 | Mengtrap .....                                                      | 44 |
|     | Mengtrap met transistor, JFET of dioden .....                       | 44 |
|     | Som- en verschilmenging, spiegelfrequentie .....                    | 45 |
|     | Amplitudemodulator .....                                            | 45 |
|     | Balansmodulator .....                                               | 45 |
| 3.9 | Digitale signaalverwerking .....                                    | 45 |
|     | FIR en IIR filter blokschema .....                                  | 45 |
|     | Fourier transformatie (grafische weergave) .....                    | 45 |
|     | DFT .....                                                           | 45 |
|     | FFT .....                                                           | 45 |
|     | Directe digitale frequentiesynthese (DDS) .....                     | 46 |
| 4   | Ontvangers .....                                                    | 47 |
| 4.1 | Uitvoering .....                                                    | 47 |
|     | Enkelsuperheterodyne ontvanger [N] .....                            | 47 |
|     | Dubbelsuperheterodyne ontvanger .....                               | 47 |
|     | Directe conversie / rechtuitontvanger [N] .....                     | 47 |
| 4.2 | Blokschema's .....                                                  | 47 |
|     | CW ontvanger [A1A] [N] .....                                        | 47 |
|     | AM-ontvanger [A3E] [N] .....                                        | 48 |
|     | EZB-ontvanger [J3E] [N] .....                                       | 48 |
|     | FM-ontvanger [F3E] [N] .....                                        | 48 |
| 4.3 | Werking en functies van de volgende schakelingen [blokschema] ..... | 49 |
|     | HF-versterker [smalband of breedband] [N] .....                     | 49 |
|     | Oscillator [vast of variabel] [N] .....                             | 49 |
|     | Mengtrap [N] .....                                                  | 49 |
|     | Middenfrequentversterker [N] .....                                  | 49 |
|     | Begrenzer .....                                                     | 49 |
|     | Detector [N] .....                                                  | 50 |
|     | Zwevings-oscillator [BFO] [N] .....                                 | 50 |



|                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------|----|
| Productdetector .....                                         | 50 |
| LF-versterker [N].....                                        | 50 |
| Automatische versterkingsregeling [AVR/AVC] [N].....          | 50 |
| S-meter .....                                                 | 50 |
| Ruisonderdrukker [squelch] [N] .....                          | 50 |
| Voeding [n] .....                                             | 51 |
| 4.4 Ontvangerspecificaties .....                              | 51 |
| Nabijsselectiviteit.....                                      | 51 |
| Verafselectiviteit .....                                      | 51 |
| Gevoeligheid, ruisgetal.....                                  | 51 |
| Stabiliteit .....                                             | 51 |
| Intermodulatie; kruismodulatie .....                          | 52 |
| Intermodulatie.....                                           | 52 |
| Kruismodulatie .....                                          | 52 |
| Reciproke menging (faseruis).....                             | 52 |
| Gevoelighedsvermindering (desensitization).....               | 52 |
| Blokking.....                                                 | 52 |
| 4.5 Voorbeeld ontvanger.....                                  | 52 |
| 5 Zenders .....                                               | 55 |
| 5.1 Uitvoering.....                                           | 55 |
| Zender met of zonder frequentietransformatie .....            | 55 |
| Transceiver (TRX).....                                        | 55 |
| 5.2 Blokschema's.....                                         | 55 |
| CW-zender [A1A] [N] .....                                     | 55 |
| EZB-zender [J3E] [N] .....                                    | 56 |
| FM-zender met PLL [F3E] [N].....                              | 56 |
| 5.3 Werking en functie van de volgende schakelingen [n] ..... | 57 |
| Mengtrap.....                                                 | 57 |
| Oscillator (kristal en VFO).....                              | 57 |
| Scheidingstrap .....                                          | 57 |
| Stuurtrap .....                                               | 57 |
| Frequentievermenigvuldiger .....                              | 57 |
| Vermogensversterker .....                                     | 57 |
| Aanpassing.....                                               | 57 |

|                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------|----|
| Uitgangsfiler [pi-filer].....                                 | 57 |
| Frequentiemodulator (FM signaal) .....                        | 57 |
| LF begrenzer .....                                            | 57 |
| Balansmodulator .....                                         | 58 |
| Fasemodulator.....                                            | 58 |
| Zijbandfilter .....                                           | 58 |
| 5.4    Zenderspecificaties.....                               | 58 |
| Frequentiestabiliteit [N] .....                               | 58 |
| HF bandbreedte [N].....                                       | 58 |
| Zijbanden [N].....                                            | 58 |
| Lf-bandbreedte.....                                           | 58 |
| Niet-lineariteit (harmonische en intermodulatievorming) ..... | 58 |
| Uitgangsimpedantie .....                                      | 58 |
| Uitgangsvermogen [N] .....                                    | 58 |
| Rendement.....                                                | 59 |
| Frequentiezwaai .....                                         | 59 |
| Modulatie-index .....                                         | 59 |
| Sleutelklikken en chrips.....                                 | 59 |
| Ongewenste hf-uitstralingen [N].....                          | 59 |
| Effecten van oversturing .....                                | 59 |
| Faseruis.....                                                 | 59 |
| Kaststraling .....                                            | 59 |
| Harmonische [n] .....                                         | 59 |
| 6    Antennes en transmissielijnen .....                      | 60 |
| 6.1    Antennetypen.....                                      | 60 |
| Halvegolfantenne met voeding in het midden [N].....           | 60 |
| Halvegolfantenne met voeding aan het einde [N] .....          | 61 |
| Gevouwen dipool .....                                         | 61 |
| Kwartgolf verticale antenne [groundplane] [N] .....           | 61 |
| Antenne met parasitaire elementen [Yagi] [N].....             | 61 |
| Apertureantennes (parabolische reflector, hoorn).....         | 61 |
| Dipool met sperkringen (traps) .....                          | 62 |
| 6.2    Antenne-eigenschappen .....                            | 62 |
| Stroom- en spanningsverdeling.....                            | 62 |

|                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------|----|
| Impedantie in het voedingspunt .....                             | 62 |
| Capacitieve of inductieve impedantie buiten resonantie .....     | 63 |
| Polarisatie [N] .....                                            | 63 |
| Richteffect, rendement en antennewinst .....                     | 63 |
| Effectief uitgestraald vermogen [ERP, EIRP] .....                | 63 |
| Voor/achterverhouding.....                                       | 64 |
| Horizontale en verticale stralingsdiagrammen .....               | 64 |
| Effectief opvangend oppervlak .....                              | 64 |
| 6.3 Transmissielijnen .....                                      | 64 |
| Open lijn [N] .....                                              | 64 |
| Coaxiale kabel [N].....                                          | 64 |
| Golfpijp .....                                                   | 64 |
| Karakteristieke impedantie .....                                 | 64 |
| Verkortingsfactor.....                                           | 65 |
| Staandegolfverhouding .....                                      | 65 |
| Open en gesloten leiding als afgestemde kring .....              | 65 |
| Balun.....                                                       | 65 |
| Kwartgolflijn als impedantietransformator .....                  | 65 |
| Antenne aanpassingseenheid [N].....                              | 65 |
| 7 Propagatie en frequentiespectrum .....                         | 67 |
| 7.1 Algemeen.....                                                | 67 |
| Signaalverzwakking, signaalruisverhouding .....                  | 67 |
| Zichtbereikverbinding, vrije-ruimtepropagatie .....              | 67 |
| Kosmische ruis .....                                             | 67 |
| Basisbegrippen van de propagatievoorspelling (link budget) ..... | 67 |
| Overheersende ruisbron (bandruis t.o.v. ontvangerruis) .....     | 67 |
| Minimaal benodigde signaal-ruisverhouding.....                   | 67 |
| Minimaal benodigd ontvangen signaalvermogen.....                 | 67 |
| Trajectverliezen .....                                           | 67 |
| Antennewinst .....                                               | 68 |
| Transmissielijnverliezen .....                                   | 68 |
| Minimaal benodigd zendvermogen .....                             | 68 |
| 7.2 HF.....                                                      | 68 |
| Ionosfeerlagen [N].....                                          | 68 |

|                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Kritische frequentie .....                                                            | 69 |
| Invloed van de zon op de ionosfeer [N] .....                                          | 69 |
| Maximum Usable Frequence [MUF] .....                                                  | 69 |
| Grondgolf en ruimtegolf.....                                                          | 69 |
| Opstralingshoek, invloed antennehoogte .....                                          | 69 |
| Dode zone en skip distance .....                                                      | 70 |
| Multipadeffecten in ionosferische propagatie, fading [N].....                         | 70 |
| Atmosferische ruis.....                                                               | 70 |
| 7.3 VHF en hoger.....                                                                 | 70 |
| Troposfeer [N] .....                                                                  | 70 |
| Verstrooiing (scattering) [N].....                                                    | 70 |
| De invloed van de antenne op de overbrugbare afstand (radio horizon).....             | 70 |
| Temperatuurinversie [N] .....                                                         | 71 |
| Golfgeleidervorming in de atmosfeer (ducting) [N] .....                               | 71 |
| Sporadische E-reflectie [N] .....                                                     | 71 |
| Aurorareflectie .....                                                                 | 71 |
| Meteorscatter.....                                                                    | 71 |
| Maanreflectie (EME).....                                                              | 71 |
| Thermische ruis van het aardoppervlak.....                                            | 71 |
| 8 Metingen .....                                                                      | 72 |
| 8.1 Meten .....                                                                       | 72 |
| Het meten van... .....                                                                | 72 |
| Gelijk- en wisselspanningen [N] .....                                                 | 72 |
| Gelijk- en wisselstromen [N] .....                                                    | 72 |
| Weerstand [N] .....                                                                   | 72 |
| Gelijkstroom- en hoogfrequentvermogen [gemiddeld vermogen, Peak Envelope Power] [N] . | 72 |
| Staandegolfverhouding .....                                                           | 72 |
| Golfvorm van de omhullende van een hoogfreuentsignaal.....                            | 72 |
| Frequentie [N] .....                                                                  | 73 |
| Resonantiefrequentie [N].....                                                         | 73 |
| Meetfouten .....                                                                      | 73 |
| Invloed van de frequentie .....                                                       | 73 |
| Invloed van de golfvorm.....                                                          | 73 |
| Invloed van de inwendige impedantie van meetinstrumenten .....                        | 73 |

|     |                                                                                        |    |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 8.2 | Meetinstrumenten .....                                                                 | 73 |
|     | Het meten met... .....                                                                 | 73 |
|     | Universeelmeter (digitaal en analoog) [N] .....                                        | 73 |
|     | Staandegolfmeter [N] .....                                                             | 74 |
|     | Frequentieteller [N] .....                                                             | 74 |
|     | Absorptiefrequentiemeter [n] .....                                                     | 74 |
|     | Dipmeter [n] .....                                                                     | 74 |
|     | Spectrumanalyser .....                                                                 | 74 |
|     | Signaalgenerator .....                                                                 | 74 |
|     | Oscilloscoop .....                                                                     | 74 |
|     | Kunstantenne [dummy load], HF-vermogensmeter [N] .....                                 | 74 |
| 9   | Storing en immuniteit .....                                                            | 75 |
| 9.1 | Storing in elektronische apparatuur .....                                              | 75 |
|     | Blokking [werkpuntverschuiving] .....                                                  | 75 |
|     | Interferentie met het gewenste signaal [N] .....                                       | 75 |
|     | Intermodulatie .....                                                                   | 75 |
|     | Laagfrequentdetectie [N] .....                                                         | 75 |
| 9.2 | Oorzaak van de storing in elektronische apparatuur .....                               | 75 |
|     | Veldsterkte van de zender [N] .....                                                    | 75 |
|     | Ongewenste uitstraling van de zender [parasitaire uitstraling, harmonischen] [N] ..... | 75 |
|     | Ongewenste beïnvloeding van apparatuur [N] .....                                       | 75 |
|     | Via de antenne-ingang [antennespanning, ingangselectiviteit] .....                     | 75 |
|     | Via andere aangesloten leidingen .....                                                 | 75 |
|     | Door directe instraling .....                                                          | 76 |
| 9.3 | Maatregelen tegen storing .....                                                        | 76 |
|     | Voorzieningen ter voorkoming en opheffing van storingen .....                          | 76 |
|     | Filteren [N] .....                                                                     | 76 |
|     | Ontkoppelen [N] .....                                                                  | 76 |
|     | Afscherming [N] .....                                                                  | 76 |
|     | Afstand tussen zendantenne en radio-/TV-antenne [n] .....                              | 76 |
|     | Vermijden van gebruik van eindgevoede antennes [n] .....                               | 76 |
|     | Minimum vermogen .....                                                                 | 76 |
|     | Goede hf-aarding [n] .....                                                             | 76 |
|     | Sociale aspecten (goede relatie met de burens) .....                                   | 76 |

|      |                                                                                         |    |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 10   | Veiligheid.....                                                                         | 77 |
| 10.1 | Het menselijk lichaam .....                                                             | 77 |
|      | Weerstand van het menselijk lichaam .....                                               | 77 |
|      | Toegelaten aanraakspanning .....                                                        | 77 |
|      | De gevolgen van elektrische schok [N].....                                              | 77 |
|      | Voorzorgmaatregelen tegen elektrische schok [n] .....                                   | 77 |
|      | Toegelaten vermogensdichtheid van een hoogfrequentveld .....                            | 77 |
| 10.2 | Netvoeding .....                                                                        | 77 |
|      | Verschil tussen fase, nul en aarde [kleurcode] [N].....                                 | 77 |
|      | Uitvoeringen van aardverbindingen [N].....                                              | 77 |
|      | Aardlekschakelaar .....                                                                 | 77 |
|      | Snelle en trage veiligheids [N] .....                                                   | 77 |
| 10.3 | Hoge spanningen.....                                                                    | 78 |
|      | Isolatie [N] .....                                                                      | 78 |
|      | Afscherming [N].....                                                                    | 78 |
|      | Aarding [N] .....                                                                       | 78 |
|      | Geladen condensatoren [N] .....                                                         | 78 |
| 10.4 | Bliksemontlading.....                                                                   | 78 |
|      | Gevaar [N] .....                                                                        | 78 |
|      | Bescherming [N] .....                                                                   | 78 |
| 10.5 | Opstelling.....                                                                         | 78 |
|      | Apparatuur binnen .....                                                                 | 78 |
|      | Apparatuur buiten.....                                                                  | 78 |
|      | Antenne .....                                                                           | 79 |
| 11   | Nationale en internationale gebruiksregels en procedures.....                           | 80 |
|      | Q-codes [N].....                                                                        | 80 |
|      | Overige codes [N] .....                                                                 | 80 |
|      | Internationaal nood-, spoed- en veiligheidsverkeer en verkeer bij natuurrampen [N]..... | 80 |
|      | Roepletters [N] .....                                                                   | 80 |
|      | Prefix.....                                                                             | 81 |
|      | Suffix .....                                                                            | 81 |
|      | Internationaal spellingsalfabet.....                                                    | 81 |
| 12   | Nationale en internationale regelgeving amateurdisnt en amateursatellietdienst.....     | 82 |
|      | ITU Radio Regulations [N].....                                                          | 82 |

|                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| CEPT aanbevelingen [N] .....                                                       | 82 |
| Telecommunicatiewet [N] .....                                                      | 82 |
| Algemene Maatregelen van Bestuur [N] .....                                         | 82 |
| Voorschriften en beperkingen.....                                                  | 82 |
| Registratie.....                                                                   | 82 |
| Algemene gebruiksbeperkingen .....                                                 | 82 |
| Begrippen .....                                                                    | 83 |
| Frequentiegebruik .....                                                            | 83 |
| 13 Gedragsregels.....                                                              | 85 |
| 13.1 Maatschappelijke verantwoordelijkheden van de radiozendamateur .....          | 85 |
| Gewenst gedrag in het radioverkeer.....                                            | 85 |
| Binnen de amateurdienst.....                                                       | 85 |
| T.o.v. andere diensten.....                                                        | 85 |
| IARU aanbevelingen [N] .....                                                       | 85 |
| Opheffen van storingen.....                                                        | 85 |
| Reageren op noodverkeer .....                                                      | 85 |
| 13.2 Operationele vaardigheden.....                                                | 85 |
| Gebruik kunstantennes .....                                                        | 85 |
| Verbindingsprocedures .....                                                        | 85 |
| Aanpassen vermogen aan de situatie .....                                           | 85 |
| Niet tot het examen behorende stof .....                                           | 86 |
| Amateurbanden met zijn eigenschappen .....                                         | 86 |
| 160 meter band 1810-1850 kHz. ....                                                 | 86 |
| 80 meter band 3,50 - 3,80 MHz.....                                                 | 86 |
| 40 meter band 7,00 - 7,20 MHz, spraak vanaf 7,04 MHz. ....                         | 86 |
| 30 meter band 10,10 - 10,15 MHz, alleen morse.....                                 | 86 |
| 20 meter band 14,00 - 14,35 MHz, spraak vanaf 14,10 MHz, DX rond 14,20 MHz. ....   | 86 |
| 17 meter band 18,068 - 18,168 MHz.....                                             | 86 |
| 15 meter band 21,000 - 21,450 MHz, spraak vanaf 21,100 MHz. ....                   | 86 |
| 12 meter band 24,89 - 24,99 MHz.....                                               | 86 |
| 10 meterband 28,000 - 29,700 MHz, spraak vanaf 28,200 MHz, DX rond 28,500 MHz..... | 86 |
| 6 meterband 50.00 - 52.00 MHz. ....                                                | 87 |
| 2 meterband 144- 146 MHz. ....                                                     | 87 |
| 70 cm band 430 - 440 MHz.....                                                      | 87 |

Uitwerking exameneisen examen Zendamateur N/F

|                                     |     |
|-------------------------------------|-----|
| 23 cm band 1240 - 1300 MHz.....     | 87  |
| Klasse van uitzending .....         | 87  |
| RST .....                           | 88  |
| R = Readability = Leesbaarheid..... | 88  |
| S = Signal = Signaalsterkte .....   | 88  |
| T = Tone = Toon .....               | 89  |
| Uitgebreide inhoudsopgave .....     | 90  |
| Trefwoordenregister .....           | 105 |



## Trefwoordenregister

---

DLZA · 6

### **D**

Digitale Leeromgeving Zend Amateur · 6