

Inhoudsopgave

1	Kleurentheorie	7
1.1	Inleiding	7
1.2	Het licht	7
1.2.1	Definitie	7
1.2.2	Voortplantingssnelheid	7
1.2.2.1	Snelheid van elektromagnetische golven	7
1.2.2.2	Specifieke snelheid van het licht	8
1.2.3	Zichtbaar licht	8
1.2.4	Energie-inhoud van elektromagnetische golven	9
1.3	Deeltjesvergelijking van het licht	9
1.3.1	Absorptie	9
1.3.1.1	Absorptiespectrum	9
1.3.1.2	Strooilicht	10
1.3.2	Emissie	10
1.4	Licht treft een voorwerp	11
1.4.1	Inleiding	11
1.4.2	Reflectie	11
1.4.2.1	Spiegelende reflectie	11
1.4.2.2	Diffuse reflectie	11
1.4.3	Breking of diffractie	12
1.4.4	Transmissie	12
1.5	Fysiologische achtergrond van het oog	13
1.5.1	Het oog	13
1.5.2	Samenstelling van het oog	13
1.5.2.1	Het hoornvlies	13
1.5.2.2	De voorste oogkamer	13
1.5.2.3	De pupil	13
1.5.2.4	De lens	13
1.5.2.5	Het glasachtig lichaam	14
1.5.2.6	Het netvlies	14
1.5.2.7	Opbouw van de oogzenuw	14
1.5.3	Werking van het oog	14
1.6	Kleur	15
1.6.1	Fotopisch en scotopisch zien	15
1.6.2	Soorten kleurmenging	15
1.6.2.1	Additieve kleurmenging	16
1.6.2.2	Subtractieve kleurmenging	16
1.6.3	De kleurendriehoek	17
1.6.3.1	Ontstaan	17
1.6.3.2	Kleurmenging met behulp van de kleurendriehoek	20
2	Cathode Ray Tubes (CRT)	22
2.1	Opbouw van het beeld bij CRT	22
2.1.1	Inleiding	22
2.1.2	Aftasten van een beeld	22
2.1.3	Beeldoverdracht	22
2.1.4	Elektrische overdracht van bewegende beelden	22
2.1.5	Interliniëringssysteem	23
2.1.5.1	Wat is interliniëren	23
2.1.5.2	Begrippen	24
2.1.6	Lijnsignaal en gelijkloopteken	25
2.1.7	Het Salvo- of Burstsignaal	26
2.1.8	Beeldwisselingsimpulsen	26
2.1.9	Van beeld tot beeldsignaal	27
2.1.9.1	Fotokathode en signaalplaat	27
2.1.9.2	Principe van een camerabuis	28
2.2	Kleurenbeeldbuis	29

2.2.1	Opbouw van een kleurenbeeldbuis _____	29
2.2.2	De fabricage van een kleurenbeeldbuis _____	30
3	Plasma display panel (PDP) _____	32
3.1	Inleiding _____	32
3.2	Plasma display panel versus CRT/LCD _____	32
3.2.1	Levensduur _____	32
3.2.2	Flikkervrij beeld _____	32
3.2.3	Schermgrootte _____	32
3.2.4	Schermdikte _____	32
3.2.5	Kijkhoek _____	32
3.2.6	Magnetische straling _____	33
3.2.7	Helderheid _____	33
3.3	Werking van een PDP _____	33
3.3.1	Opbouw _____	33
3.3.2	Fysische werking _____	34
3.3.3	Spanningswerking _____	34
4	Liquid Chrystal Displays (LCD) _____	37
4.1	Inleiding _____	37
4.2	Geschiedenis _____	37
4.3	Werkingsprincipe van TN LCD's _____	37
4.4	Grafische LCD displays _____	39
5	Modulatie _____	41
5.1	Inleiding _____	41
5.2	Algemene principes _____	41
5.3	Amplitude modulatie of amplitude modulation (AM) _____	41
5.3.1	Modulatiediepte _____	41
5.3.2	Algemene formule _____	41
5.3.2.1	Moduleren van een sinus _____	41
5.3.2.2	Moduleren van een niet-zuivere sinus _____	42
5.3.2.3	Bandbreedte _____	43
5.3.3	Vermogenverdeling bij AM _____	44
5.3.3.1	Vermogenverdeling _____	44
5.3.3.2	Verandering van de HF-stroom bij modulatie _____	45
5.3.4	Nadelen van amplitude modulatie _____	46
5.4	Enkele zijband modulatie of single side band (SSB) _____	46
5.4.1	Inleiding _____	46
5.4.2	Wat is single side band _____	46
5.4.3	Double sideband _____	46
5.4.3.1	Double sideband suppressed carrier (DSBSC) _____	46
5.4.3.2	Double sideband reduced carrier (DSBRC) _____	47
5.4.4	Single Side Band (SSB) _____	47
5.4.5	Voordelen en nadelen van SSB in vergelijking met AM _____	48
5.5	Hoekmodulatie _____	48
5.5.1	Inleiding _____	48
5.5.2	Frequentie modulatie of frequency modulation (FM) _____	49
5.5.2.1	Definitie _____	49
5.5.2.2	Voordeel t.o.v. AM _____	50
5.5.3	Fase modulatie of phase modulation (PM) _____	50
5.6	Zendermodulatie _____	51
5.6.1	Frequentieverdeling bij de beeld- en geluidzenders _____	51
5.6.2	Naburige (aangrenzende) zenders _____	51
5.6.3	Blokschema van een televisiezender _____	54

6	Teletekst	56
6.1	Historie	56
6.2	Hoe is een teletekstbeeld opgebouwd?	56
6.3	Werking van teletekst	56
6.4	Nadeel	56
6.5	Evolutie	57
6.6	Flop – Top	57
6.7	Habbit watch	57
	Bronvermelding	58

Inleiding

De televisie en de computer hebben in de 2^{de} helft van de twintigste eeuw de wereld totaal veroverd en op vele gebieden sterk veranderd. Dag na dag en in alle delen van de wereld kijken mensen naar televisie; en dag na dag zijn miljoenen computermonitoren in bedrijf over een immens gebied in sterk verschillende toepassingen.

Schermen zijn een niet te verslaan medium geworden om elektronische informatie (tekst of grafieken), stilstaande of bewegende beelden weer te geven. Geen enkel ander medium heeft de veelzijdigheid, de snelheid en de interactie als die van een scherm. Belangrijkste kenmerken van een scherm zijn de weergavekwaliteit en de reactietijd. Ze bestaan in alle soorten, maten en gewichten. Afhankelijk van de doelgroep ziet men dat er zich bepaalde weergavetechnieken profileren, zoals bijvoorbeeld, voor grote groepen, zal er meer gebruik gemaakt worden van projectoren dan van enig andere techniek. Net zoals met verplaatsbare schermen, hier ziet men hoofdzakelijk maar flat panel displays (FPD). Deze kunnen nog wel onderverdeeld worden in bepaalde technieken maar steeds zullen dit FPD's zijn. Bij schermen voor persoonlijk gebruik die stabiel moeten zijn is wel een grote verscheidenheid aan weergavetypes. Men zal deze daarom nog onderverdelen in bepaalde toepassingsgebieden zoals op het hoofd gemonteerde schermen, muurgemonteerde schermen, bureauschermen...

Het zou onmogelijk zijn om alle beeldvormingprincipes voldoende te kunnen belichten, daarom hebben wij ons beperkt tot het bespreken van drie beeldvormingprincipes, namelijk CRT (Cathode Ray Tube), PDP (Plasma Display Panel) en LCD (Liquid Chrystal Display) omdat dit tot op heden de meest courante beeldschermen zijn. Voorafgaand aan deze hoofdstukken hebben wij de eigenschappen van licht en kleur en de werking van het oog uitgelegd, dit om de werking van de verschillende technieken te kunnen begrijpen. Vervolgens is er ook een hoofdstuk over modulatie in ons eindwerk opgenomen, om de zendermodulatie van televisie te kunnen begrijpen en tot slot hebben wij nog een hoofdstukje over teletekst.

Motivatie

Als onderwerp voor onze geïntegreerde proef hebben gekozen voor schermtechnologie. Heden ten dage is het een alombekend en onmisbaar apparaat geworden in de wereld van de informatica en de wetenschap. Wij vroegen ons af op welke principes de verschillende schermtechnologieën steunen.

Omdat het onderwerp schermtechnologie té uitgebreid is om volledig te kunnen bespreken, zullen we ons beperken tot CRT (Cathode Ray Tube) en/of LCD (Liquid Chrystal Display) en heel eventueel ook plasma en LEP (Light Emmiting Polymer).

Hierin zijn namelijk verschillende vakgebieden die we in onze richting hebben vertegenwoordigd:

- Electriciteit & elektronica: digitale en analoge signalen, elektromagnetisme, transistoren (LCD/TFT)
- Chemie: opwekking van licht m.b.v. elektronen en elektronenkanon (CRT).
- Wiskunde

Praktisch is het misschien ook mogelijk om een scherm via pc aan te sturen en zo ook nog wat informatica in onze GIP te verwerken.

1 Kleurentheorie

1.1 Inleiding

Voor we op de televisietechnologie kunnen ingaan, is het vereist dat we eerst enkele begrippen definiëren die noodzakelijk zijn om de televisietechnologie te kunnen begrijpen. Deze begrippen zijn samengebundeld in het hoofdstuk kleurentheorie. We zullen de definitie en de karakteristieken van kleur geven. We beginnen met een bespreking van zijn voortplanting, want zonder licht is er geen kleur.

1.2 Het licht

1.2.1 Definitie

Algemeen kunnen we licht definiëren als het zichtbare deel van het totale elektromagnetisch spectrum.

Licht heeft een ambivalente (tweeslachtige) natuur: het moet zowel beschouwd worden als golfmodel en als deeltjesmodel. We verklaren bepaalde eigenschappen a.d.h.v. één van beide theorieën omdat ze zo eenvoudiger te begrijpen zijn.

1.2.2 Voortplantingssnelheid

1.2.2.1 Snelheid van elektromagnetische golven

Om licht als deel van het elektromagnetisch spectrum beter te kunnen begrijpen, is het nodig om iets meer te weten over de theorie van de golfbeweging.

Elektromagnetische golven, dus ook licht, planten zich voort als een transversaal lopende golf: de trillingsrichting en de voortplantingsrichting van de golven staan loodrecht op elkaar. We kunnen dit vergelijken met het op en neer bewegen van een hangend touw (fig. 1). De totale lengte van een berg plus een dal noemen we de golflengte λ .

$$v = \lambda \times f$$

v: snelheid van een golf
 λ : golflengte
f: frequentie

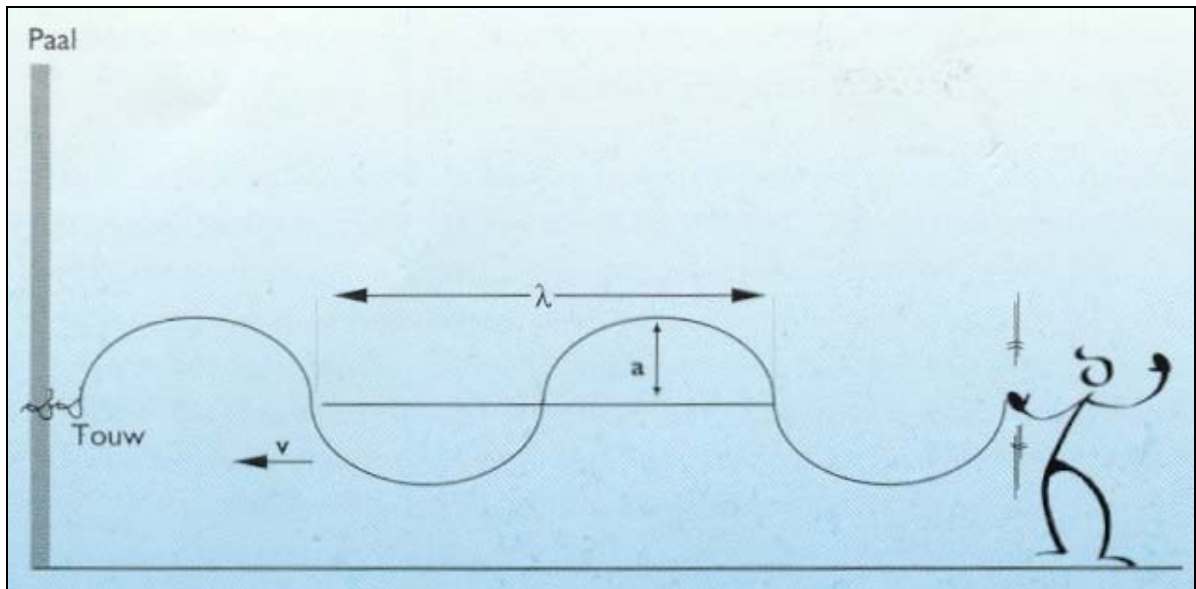
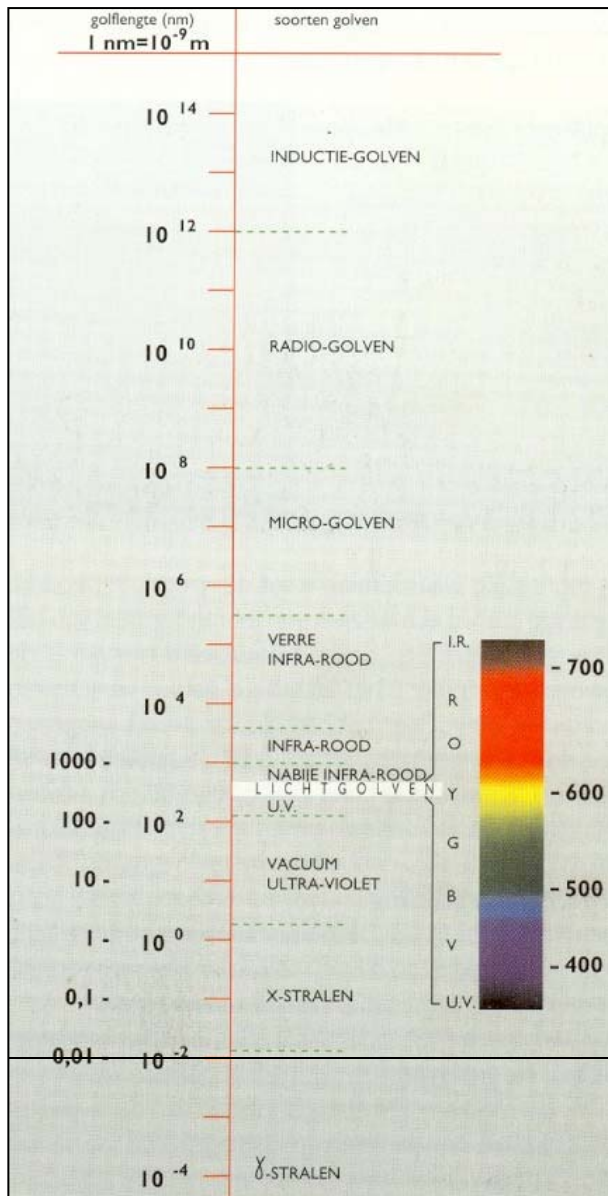


fig. 1

1.2.2.2 Specifieke snelheid van het licht

De lichtsnelheid wordt meestal aangeduid met c . Vervolgens geldt de formule $c = \lambda \times f$. De meest nauwkeurige snelheid van het licht tot nu toe gemeten is $299\,792.5 \pm 0.8$ km/s, wij ronden af naar 300 000 km/s.

1.2.3 Zichtbaar licht



Van het totale elektromagnetische frequentie- en golflengtegebied neemt het menselijk oog slechts een heel klein deel waar: het zichtbare licht (fig. 2). De voor ons waarneembare golflengtes lopen (ongeveer) van 380 nm tot 780 nm. Binnen dit gebied onderscheiden we enkele honderden kleurnuances. De overgang van kleur naar kleur verloopt vloeiend. De menselijke waarneming is tot dit spectrum beperkt (tabel 1).

Buiten het voor mensen zichtbare gebied, treffen we golven aan die we weliswaar niet rechtstreeks kunnen zien, maar waarvan we de aanwezigheid of werking wel op een andere wijze kunnen bemerken of meten. Het gaat hier om golven langer dan 780 nm en korter dan 380 nm. Aan de kant van de lange golven, de 'rode' kant, bevindt zich allereerst het infrarood, dit nemen we waar als warmte. Aan de kant van de korte golven, de 'blauwe' kant, vinden we ultraviolette straling, die er voor verantwoordelijk is dat

we bruin worden of zelfs verbranden in de zon.

fig. 2

Golflengte (nm)	Kleur	Golfgebied
780-630 630-600 600-570	Rood Oranje Geel	Langgolvig
570-550 550-520 520-500	Geelgroen Groen Blauwgroen	Middengolvig
500-450 450-380	Blauw Violet	Kortgolvig

tabel 1

1.2.4 Energie-inhoud van elektromagnetische golven

Het kleinste lichtdeeltje, een foton of quant, is in feite een klein golfpakketje. Elk foton heeft een specifieke energie-inhoud, afhankelijk van de frequentie:

$$E_F = h \times f$$

E_F : energie-inhoud van het foton in Joule
 h : constante van Planck (6.625×10^{-34} Js)
 f : frequentie in s^{-1}

De energie-inhoud is dus recht evenredig met de frequentie.

1.3 Deeltjesvergelijking van het licht

1.3.1 Absorptie

1.3.1.1 Absorptiespectrum

Elektronen van een atoom of molecule bewegen zich op verschillende (ellipsvormige) banen rond de kern. Iedere baan heeft een bepaalde energie-inhoud. Hoe dichter bij de kern, hoe lager de energie-inhoud van het elektron.

Voegen we energie toe, bijvoorbeeld onder de vorm van een foton dat botst met een elektron, dan kan dat elektron van een lagere naar een hogere baan overspringen. Dit gebeurt als de energie-inhoud van de laagste baan precies de vrijgekomen energie van het botsend foton lager ligt dan de energie-inhoud van de hoger gelegen baan (fig. 3). In formulevorm wordt dit:

$$E_H = E_L + E_F$$

E_H :	energie-inhoud van de hoogste baan in Joule
E_L :	energie-inhoud van de lager gelegen baan in Joule
E_F :	energie-inhoud van het foton in Joule

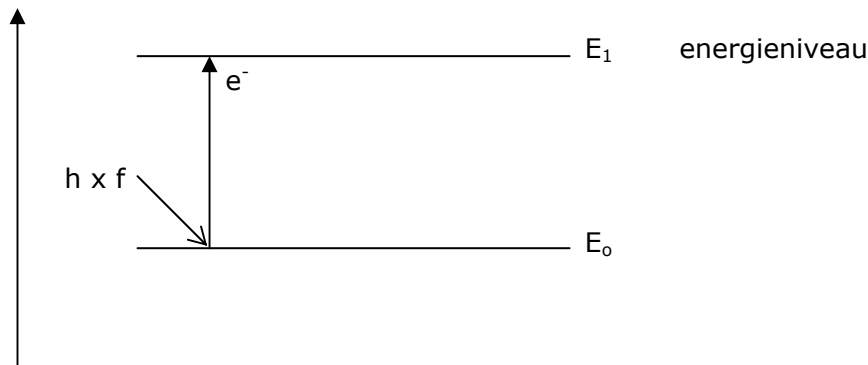


fig. 3

Elke stof absorbeert een eigen verzameling van frequenties. Deze groep frequenties heet het absorptiespectrum. Zo kan a.d.h.v. de frequentie van licht achterhaald worden van welke stof het afkomstig is.

Het absorptiespectrum bepaalt de kleur van de stof die wij waarnemen.

Een voorwerp absorbeert zelden al het invallende licht. Er wordt bijna altijd nog een deel gereflecteerd. Dit heet selectieve absorptie. Voorwerpen die al het licht absorberen zijn zwart.

1.3.1.2 Strooilicht

Alle golflengtes die niet worden geabsorbeerd worden door de stof gereflecteerd: het strooilicht. Dit strooilicht wordt door onze ogen opgevangen en geeft zo de kleur van de stof weer. Nemen wij als voorbeeld een stof die het lange golfgedeelte (rood) en het korte golfgedeelte (violet) absorbeert. Dan wordt het middengolfgedeelte door die stof gereflecteerd en door onze ogen opgevangen: we zien een groene kleur. Later gaan we dieper in op de kleurvorming van voorwerpen.

1.3.2 Emissie

Als elektronen in een stof van een hogere baan naar een lagere terugvallen, komt een hoeveelheid energie vrij (fig. 4). Dit kan gebeuren als warmte maar ook als licht. We noemen dit het emissiespectrum.

Het is ook mogelijk als elektronen in een stof naar een hogere baan stijgen door het toevoegen van fotonen met een voor ons onzichtbare frequentie (absorptie), dat die elektronen niet terugvallen naar het oude niveau, maar naar een ander energieniveau. Als hierbij fotonen worden uitgezonden, kunnen deze een andere frequentie hebben dan het invallende foton. Zo kan straling met een onzichtbare golflengte omgezet worden in straling met een voor ons zichtbare golf (fig.4). Fosforen bijvoorbeeld, zetten zo'n onzichtbare straling om in zichtbare. Daarom worden fosforen gebruikt bij monitoren.

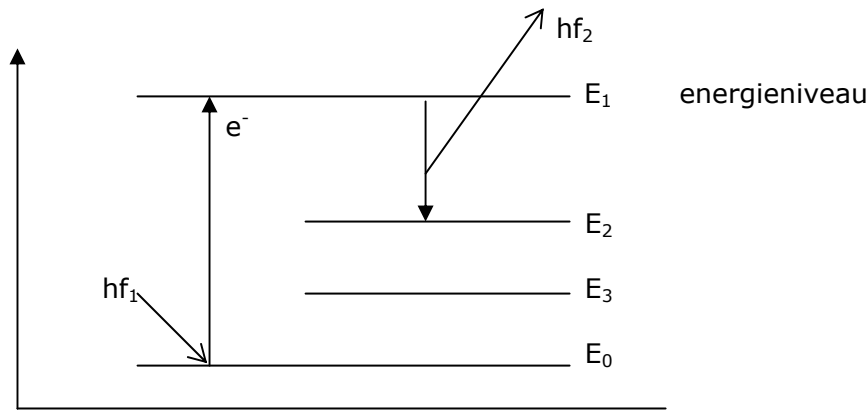


fig. 4

1.4 Licht treft een voorwerp

1.4.1 Inleiding

Als licht op een voorwerp invalt, dan kan het licht op verschillende manieren reageren op de bepaalde stof waarop het invalt. Licht kan geabsorbeerd worden, teruggekaatst, en bij transparante stoffen gebroken en getransmitteerd. Dit uitgebreid behandelen zou ons te ver van ons onderwerp leiden, maar om volledig te zijn behandelen we elk van deze verschijnselen kort.

1.4.2 Reflectie

1.4.2.1 Spiegelende reflectie

Beschouwen wij het vlakke golffront $a b c$ op het ogenblik dat de golfstraal a op de hindernis aankomt. Laat A het invalspunt zijn en AD het beschouwde golffront. Van A gaat een teruggekaatste elementaire golf uit.

Een ogenblik later zal de golfstraal b de hindernis bereiken in B , vanwaar eveneens een elementaire golf uitgaat. Nog een ogenblik later bereikt de golfstraal c de hindernis C .

Op dit laatste ogenblik is de straal van de elementaire golf uitgaande van A gelijk aan DC en die van de elementaire golf uitgaande van B is gelijk aan EC . De afstanden DC en EC zijn immers gelijk aan de lengten die de golfstralen a en b respectievelijk hebben doorlopen na hun terugkaatsing op de hindernis. Op het ogenblik dat de golfstraal c de hindernis raakt is het teruggekaatste golffront dus CA' en de teruggekaatste golfstraal: AA' , BD en CC' . Ze liggen met de normaal CNN' in eenzelfde vlak. Hieruit kunnen we ook besluiten dat de hoek van instraling gelijk is aan de hoek van terugkaatsing (fig. 5).

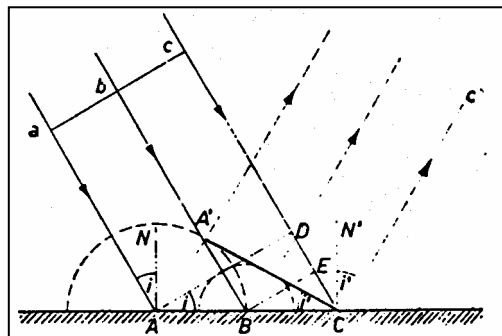


fig. 5

1.4.2.2 Diffuse reflectie

Bij de meeste voorwerpen wordt het licht onder willekeurige hoeken teruggekaatst, dus niet zoals bij spiegelende reflectie. Dit komt omdat het oppervlak waarop het licht instraalt, eigenlijk is opgebouwd uit t.o.v. elkaar willekeurig opgestelde vlakjes (fig. 6). Dit heet diffuse reflectie of strooiing.

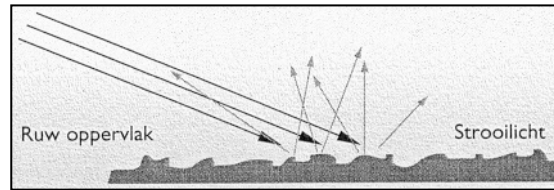


fig. 6

1.4.3 Breking of diffractie

Bij transparante stoffen wordt naast absorptie en reflectie ook nog een deel van het invallende licht gebroken. Dit wil zeggen dat het licht het voorwerp doordringt. Daarbij verandert de richting van de invallende lichtstralen. De verandering van hoek is afhankelijk van de lichtsnelheid door beide media. Als de lichtsnelheid in het eerste medium groter is dan die in het tweede medium, dan wordt de lichtstraal gebroken naar de normaal toe (fig. 7), in het andere geval is dat omgekeerd. De hoek waarover gebroken wordt, is rechtstreeks afhankelijk van de exacte snelheden van het licht doorheen de beschouwde middenstoffen:

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_1}{v_2}$$

i: invalshoek

r: terugkaatsinghoek

v_1 : snelheid van het licht door de eerste middenstof

v_2 : snelheid van het licht door de tweede middenstof

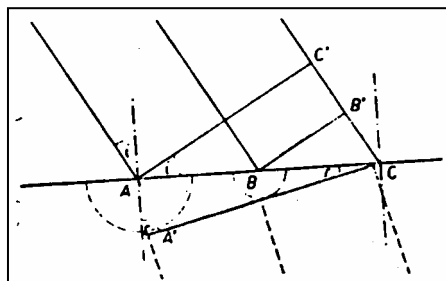


fig. 7

1.4.4 Transmissie

Als de absorptie heel klein is, dan spreekt men van transmissie: bijna al het licht wordt doorgelaten. Ook hier wordt de term diffuus gebruikt. Diffuse transmissie treedt op als een doorvallende lichtstraal in alle richtingen wordt verstrooid. Dit gebeurt bij bijvoorbeeld wazig glas. De oorzaak zijn deeltjes die zich in het glas bevinden en het doorvallende licht verstrooien (fig. 8).

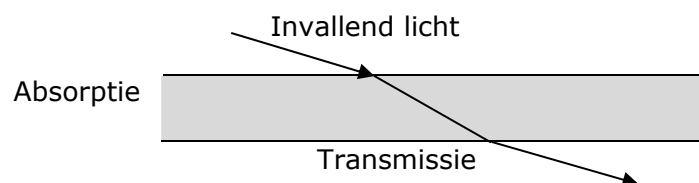


fig. 8

1.5 Fysiologische achtergrond van het oog

1.5.1 Het oog

Om beelden waar te nemen gebruiken we één van onze vijf zintuigen, nl. het oog. Het oog is een bijzonder zintuig dat in staat is dingen van heel dichtbij maar ook in kilometers ver weg waar te nemen. Het menselijk oog bestaat uit een vrijwel ronde oogbol, met als hulporganen o.a. twee oogleden, een traanklier en zes oogspieren (fig. 9).

1.5.2 Samenstelling van het oog

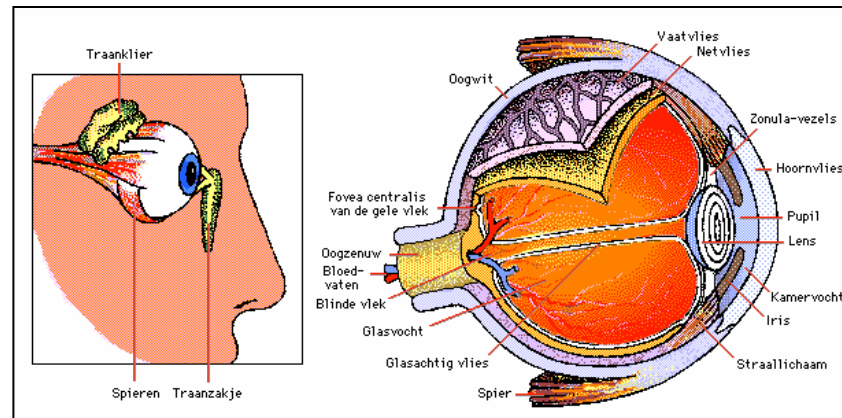


fig. 9
1.5.2.1

H

et hoornvlies

Het hoornvlies (de cornea) is de opening waardoor het licht ons oog binnenkomt. De cornea is helder, zodat de stralen 'ongehinderd' het hoornvlies kunnen passeren. Het hoornvlies is verantwoordelijk voor een belangrijk deel van de totale lichtbreking. Het hoornvlies bevat veel zenuwuiteinden. Daardoor is aanraken van het hoornvlies heel pijnlijk.

1.5.2.2 De voorste oogkamer

De voorste oogkamer is de ruimte tussen het hoornvlies en de iris. Deze is gevuld met het kamerwater. Dit kamerwater bevat zuurstof en voedingsstoffen. De functie van het kamerwater is de voeding van hoornvlies, lens en glasachtig lichaam. Er is steeds een constante hoeveelheid kamerwater in de ruimte aanwezig, omdat er een constante hoeveelheid wordt aangevoerd en ook weer afgevoerd.

1.5.2.3 De pupil

De pupil wordt gevormd door de iris. De pupil is in feite niets anders dan een opening in de iris. Hiermee kan de hoeveelheid licht die het oog binnenkomt worden geregeld. De pupil kan groter en kleiner worden, afhankelijk van de hoeveelheid licht in de omgeving. Bij veel licht (b.v. fel zonlicht) wordt de pupil kleiner om het netvlies af te schermen voor te veel licht. Bij weinig licht (b.v. in een donkere ruimte) wordt de pupil juist groter om meer licht tot het oog toe te laten.

1.5.2.4 De lens

De lens breekt de lichtstralen die het oog binnenvallen, en zorgt er voor dat het beeld precies op het netvlies valt en daardoor scherp wordt gezien. De lens dient helder te zijn. De lens kan van vorm veranderen; hij kan plat en boller zijn.

Als iemand naar een beeld op afstand kijkt, komen de lichtstralen van dat voorwerp evenwijdig het oog binnen. De lens zorgt dan in zijn meest platte vorm voor een scherp beeld op het netvlies.

Anderzijds, als iemand naar een voorwerp op korte afstand kijkt (b.v. bij lezen), komen de stralen divergent (uit elkaar lopend) het oog binnen. De lens wordt dan boller waardoor een sterkere lichtbreking ontstaat en daardoor ook een scherp beeld op het netvlies. Dit noemt men accommodatie.

1.5.2.5 Het glasachtig lichaam

Het glasachtig lichaam (of glasvocht) bestaat uit een gelei-achtige vloeistof. De binnenste holte van het oog wordt opgevuld door dit glasachtig lichaam. Hierdoor worden de lagen die de binnenbekleding van het oog vormen (netvlies en vaatvlies) tegen de buitenwand aangedrukt. Het glasachtig lichaam is mooi helder.

1.5.2.6 Het netvlies

De retina (= netvlies) is het beeldscherm waarop het beeld wordt geprojecteerd. Het is een flinterdun vlies dat de binnenzijde van het oog bekleedt. De retina bevat 2 soorten hele kleine zenuwcellen: de kegeltjes en de staafjes. Eén oog, of specifieker, één netvlies bezit ongeveer 6 miljoen kegeltjes en 120 miljoen staafjes. Deze zetten lichtenergie om in zenuwprikkels die naar de hersenen gestuurd worden. Daar worden de zenuwprikkels geïnterpreteerd.

De kegeltjes nemen alleen details en kleuren waar. Ze hebben licht nodig om te kunnen functioneren. Dit noemen we fotopisch zien. Elk kegeltje heeft een aparte verbinding met de hersenen. Dit brengt de hoge gevoeligheid voor details mee.

De staafjes daarentegen nemen enkel de grove contouren waar, maar geen details. Dit noemen we scotoptisch zien. We gebruiken ze bij (schemer)donker, ze zijn heel lichtgevoelig en hebben dus weinig licht nodig. Met de staafjes kunnen we geen kleuren zien, maar nemen we alles in grijstinten waar. Ze zijn in groepjes van enkele cellen samen geschakeld en hebben vervolgens een verbinding met de hersenen. Dit verklaart dat staafjes meer voor de grovere beeldvorming dienen.

Precies in het centrum, recht achter de pupil, ligt de macula of gele vlek. Deze is heel klein, en bevat alléén maar kegeltjes.

Rondom de macula bevindt zich de periferie. In de periferie liggen veel staafjes en in veel mindere mate kegeltjes. Het aantal kegeltjes neemt af naarmate de afstand tot de macula toeneemt.

Aan de nasale (neus) kant van de gele vlek bevindt zich de blinde vlek. Dit is de plek waar alle zenuwvezels samen worden gebundeld en waar de also gevormde oogzenuw het oog verlaat. Met deze 'blinde vlek' kan men niets zien, omdat zich op deze plaats geen zenuwcellen bevinden.

1.5.2.7 Opbouw van de oogzenuw

De zenuwbundels die de informatie van het oog naar de visuele centra in de hersenen brengen, noemen we de visuele banen. Deze banen beginnen zoals hierboven vermeld in het netvlies. De zenuwcellen hebben hun verbinding met de hersenen via zenuwvezels. Deze vezels vormen samen de oogzenuwen.

1.5.3 *Werking van het oog*

De zintuigcellen van het netvlies zetten de invallende lichtstralen om in elektrische zenuwprikkels. Via de oogzenuw worden de zenuwprikkels doorgegeven aan de hersenen. Hier wordt de ontvangen informatie verwerkt en samengesteld tot een beeld.

Uit onderzoek is gebleken dat er slechts drie verschillende soorten kegeltjes bestaan, niettegenstaande het oog enkele miljoenen kleurschakeringen kan waarnemen. Deze drie groepen kegeltjes zijn gevoelig in de kleurgebieden blauw, groen en rood. Door verschil in sterkte van de prikkels veroorzaakt door invallend licht kunnen alle verschillende kleuren waargenomen worden.

1.6 Kleur

1.6.1 *Fotopisch en scotopisch zien*

Het menselijk oog is in staat tot lichtwaarneming over een zeer groot bereik van luminantieniveau's. De kwaliteit van het onderscheid dat we kunnen maken tussen kleuren is afhankelijk van de lichtintensiteit. Het zien bij lage lichtniveau's heten we scotopisch zien. Hierbij kunnen we moeilijk of geen kleuren meer onderscheiden. Dit komt omdat de staafjes in het netvlies van het oog onvoldoende functioneren bij gebrek aan licht. We hebben dit reeds besproken in het hoofdstuk fysiologische achtergrond. Bij hogere lichtintensiteit spreekt men van fotopisch zien. Hier kunnen we logischerwijs wel kleuren onderscheiden, omdat de staafjes bij voldoende licht wel behoorlijk functioneren.

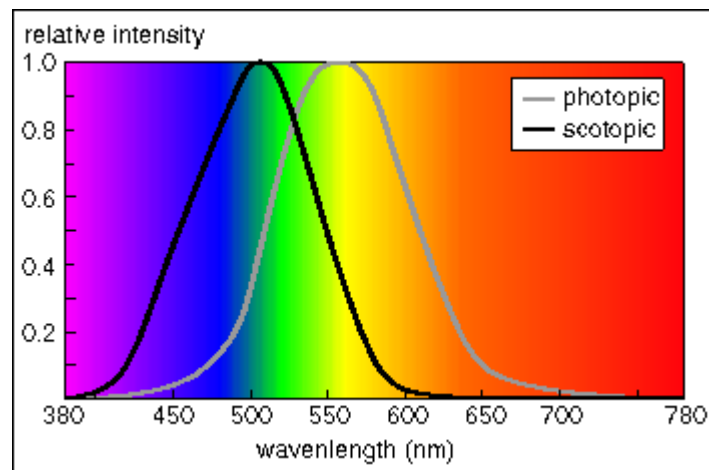


fig. 10

Figuur 10 toont dat we in het scotopische gebied het gevoeligst zijn voor korte golven, het blauwe gebied. In het fotopisch gebied ligt het meer verschoven naar het middengolvig gebied, de felle kleuren (geelgroen).

1.6.2 *Soorten kleurmenging*

1.6.2.1 Additieve kleurmenging

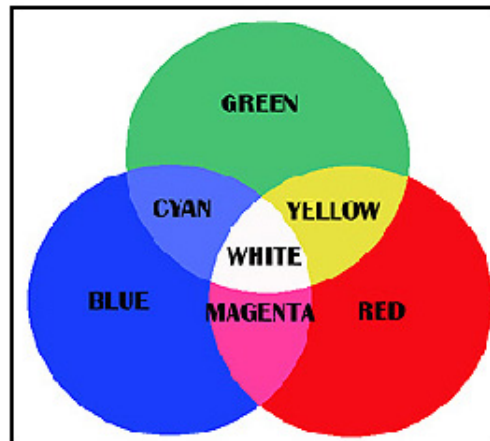


fig. 11

Hieronder verstaan we het mengen van gekleurd licht. Additieve menging ontstaat door het bundelen van verschillend gekleurde lichtbundels. Bundelen we alle kleuren samen tot een lichtbundel, dan krijgen we wit licht. Omgekeerd kunnen uit wit licht alle kleuren ontbonden worden. Dit kunnen we bijvoorbeeld door licht te breken m.b.v. een glazen prisma (fig. 11). Dit komt doordat de lichtsnelheid in glas kleiner is dan in lucht en wel voor iedere golflengte verschillend. Kortgolvig (blauw) licht buigt sterker af dan langgolvig (rood) licht, bepaald door de brekingsindex (zie 1.4.3 Breking of diffractie). In de natuur onthult wit licht (zonlicht) zijn ware inhoud als het gebroken wordt door regendruppels; dan ontstaat de regenboog.

Kleurentelevisie berust eveneens op additieve kleurvorming. Het is opgebouwd uit drie soorten fosforen, die als ze aangeschoten worden door elektronen, de drie hoofdkleuren rood, groen en blauw emitteren. Deze fosforen zijn zo klein dat als ze elk apart licht uitstralen, door onze hersenen als één kleur worden waargenomen (we zien de resulterende kleur door bundeling). Zodoende is het beeld opgebouwd uit meer dan één miljoen puntjes in groepjes van drie (RGB) om een beeld van afzonderlijke puntjes te kunnen opbouwen.

1.6.2.2 Subtractieve kleurmenging

In tegenstelling tot additieve menging, waar de kleuren bij elkaar worden 'opgeteld', worden bij subtractieve kleurmenging de kleuren van elkaar 'afgetrokken' (fig. 12). Dit is het geval bij het mengen van verf en andere gepigmenteerde stoffen. De subtractieve primaire of basiskleuren zijn magenta, geel en cyaan.

Beeldvorming heeft uiteraard te maken met licht. Subtractieve kleurenmenging is echter niet van belang voor onze geïntegreerde proef. We vermelden dit ter info.

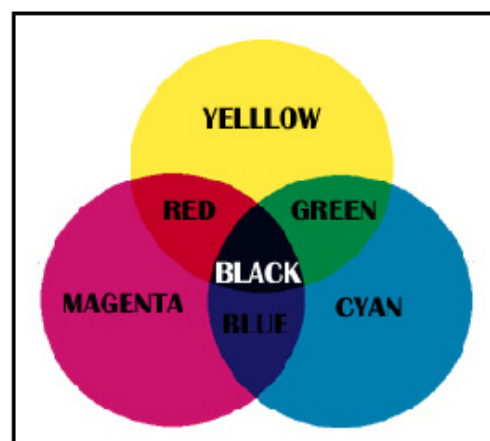


fig. 12

1.6.3 De kleurendriehoek

1.6.3.1 Ontstaan

Hier wordt, sterk vereenvoudigd, het ontstaan van de kleurendriehoek aangetoond. Meer gedetailleerde beschrijvingen hieromtrent kunnen in gespecialiseerde opticalectuur gevonden worden. We hebben enkel tot doel de kleurendriehoek te kunnen gebruiken voor KTV (Kleurentelevisie) -toepassingen.

We kunnen met 3 van elkaar onafhankelijke kleuren praktisch alle bestaande kleuren creëren.

- rood: 700,0 nm
- groen: 546,1 nm
- blauw: 435,8 nm

Willen we hiervan een voorstelling maken, dan moet dit uiteraard een driedimensionale zijn. De volgende figuur geeft dit weer.

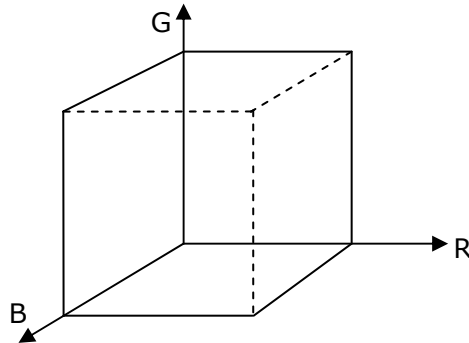


fig. 13

De drie ribben van de kubus dienen als hoofdasen voor de basiskleuren rood (X-as), groen (Y-as) en blauw (Z-as).

Merk op dat de kubus, gevormd door de assen G en B, alle kleurovergangen tussen deze twee kleuren bevat. De diagonaal van dit vlak is dus cyaan. Aldus wordt de diagonaal van het G-R-vlak de gele kleur. Dit laatste vlak levert dus alle overgangen van rood via oranje en geel naar groen op. In het derde B-R-vlak vinden we alle magenta-tinten terug. In deze drie-dimensionale voorstelling kan men iedere kleur een plaats geven.

We kunnen ons de vraag stellen waar wit thuishoort in dit diagram. De kleur wit is eigenlijk een vaag begrip. Men kan bijvoorbeeld een wit kiezen waarin alle spectrale kleuren even sterk vertegenwoordigd zijn. Aldus bekomt men een wit dat men de benaming wit-E (equal energy white) meegeeft.

In voorgaande kubus stelt bijgevolg de hoofddiagonaal van het nulpunt naar de overstaande hoek de "wit"-as voor. Deze as biedt plaats voor het gehele grijsgamma, vanaf zwart (in het nulpunt) via grijs naar wit. Bepalen we de meetkundige plaats van alle kleuren met eenzelfde bepaalde helderheid, dus waarvan we kunnen zeggen dat de som van de 3 gedeelten van de hoofdkleuren gelijk is aan een constante, dan bekomen we een driehoek die diagonaal in de kubus ligt, zie figuur.

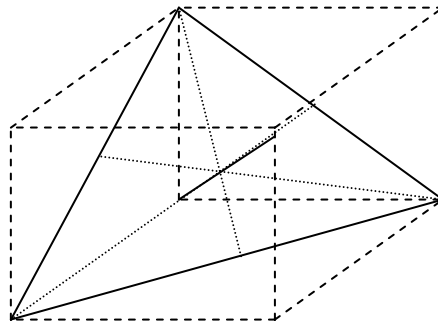


fig. 14

Dit vlak ligt loodrecht op de wit-as.

Deze driehoek kan nu los van de kubus behandeld worden, en zo verkrijgen we een twee-dimensionale voorstelling.

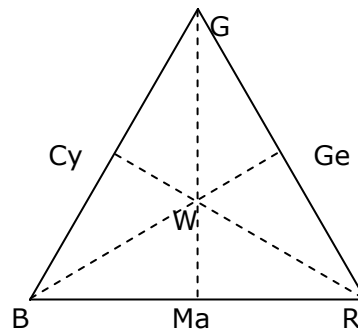


fig. 15

De zwaartelijnen van deze gelijkzijdige driehoek bezorgen ons de mengkleuren cyaan, magenta en geel. Wit vinden we op het snijpunt van deze lijnen. Ieder punt kan in deze driehoek bepaald worden indien men twee van de drie zijden als referentieassen gebruikt:

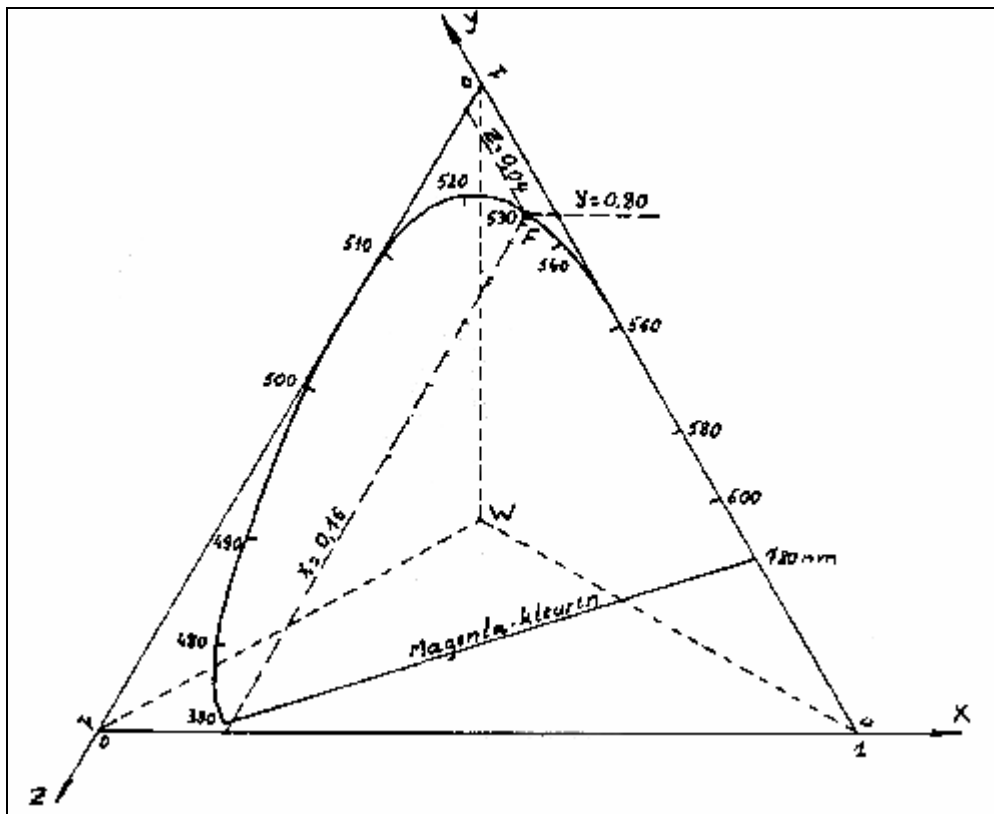


fig. 16

In deze figuur werden alle spectrale kleuren die in het zonlicht voorkomen getekend. De verbindingslijn tussen al deze punten levert de typische hoefijzervorm op. Het valt duidelijk op dat hier een referentieas overbodig is. Ieder punt kan bijvoorbeeld met de X- en Y-as bereikt worden. Door as-transformatie gaat men nu deze figuur die in een gelijkzijdige driehoek staat, gaan verplaatsen in een rechthoekige driehoek. Medebepalend is dat één van de assen de helderheid van de kleuren moet weergeven, in dit geval is dit de Y-as. Aldus ontstaat de veelvuldig voorkomende onderstaande figuur, die de naam van kleurendriehoek krijgt.

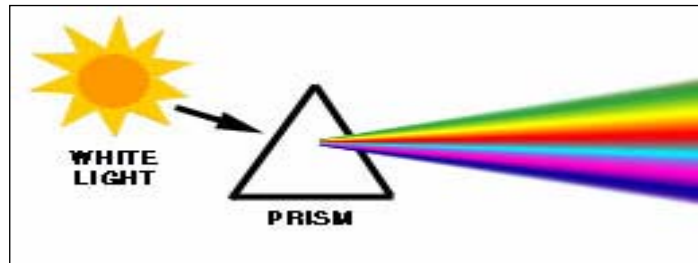


fig. 17

Bij KTV is het nu van belang met behulp van drie soorten fosforen zoveel mogelijk natuurlijke kleuren te kunnen nabootsen. Dit hangt af van het voorhanden zijn van de bruikbare fosforen. Aldus is men tot de overeenkomst gekomen een driehoek te nemen binnenin het hoefijzer, zie voorgaande figuur. Zeer sterk verzadigde kleuren komen in de natuur zelden voor, zodat deze driehoek gerust kleiner mag zijn. De primaire kleuren die voor KTV aldus vastgelegd werden, hebben in de kleurendriehoek volgende coördinaten:

	X	Y
Blauw	0.14	0.08
Groen	0.21	0.71
Rood	0.67	0.33
Wit-C	0.310	0.316

tabel 2

Het soort wit dat in KTV gebruikt wordt, helt iets naar de blauwe kant op, en wordt vaak wit-C genoemd. Ook kan men de dominerende golflengten van bovenstaande kleuren vastleggen:

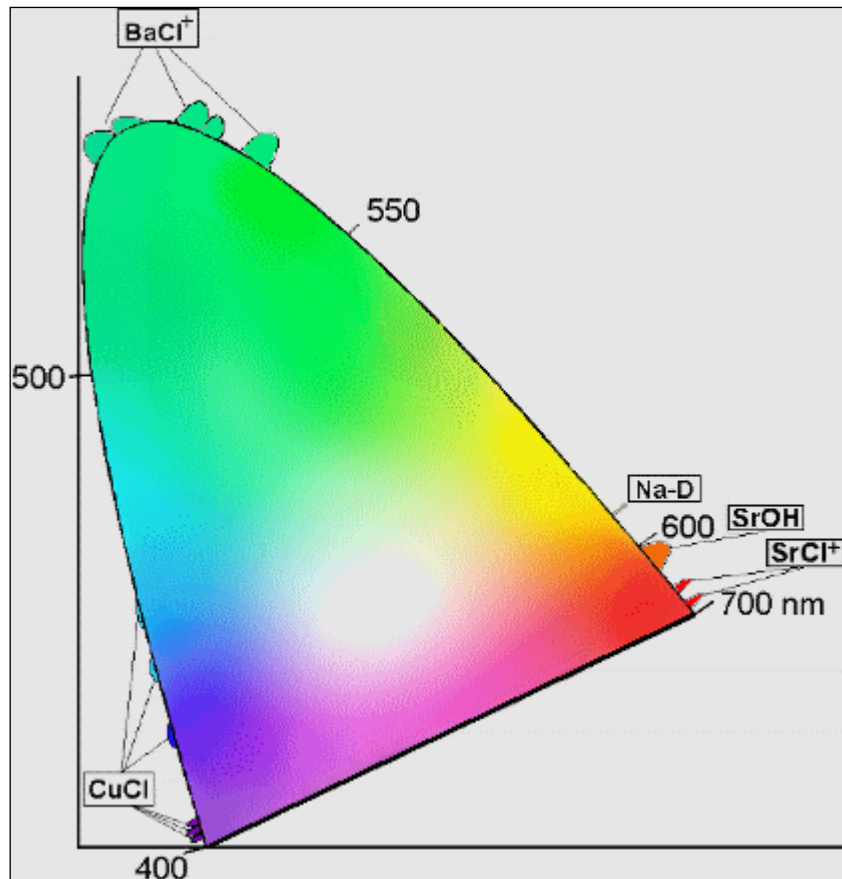


fig. 18

1.6.3.2 Kleurmenging met behulp van de kleurendriehoek

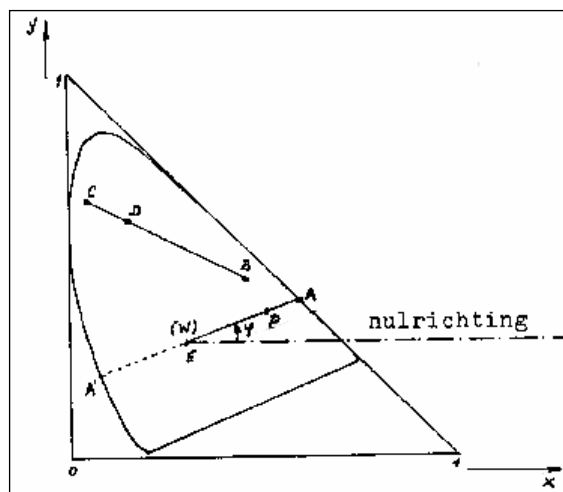


fig. 19

Een rechte lijn van E naar een willekeurig punt A op de spectrale kromme doorloopt het gebied van één bepaalde kleurtint. Dit is met één dominerende golflengte. In punt A is de kleur zuiver (100 % verzadigd). Hoe dichterbij E komen, hoe meer wit erbij wordt gemengd. De verzadiging noemen we het procent van kleur dat nog in menging aanwezig is. Voor een willekeurig punt P op de lijn EA is de verzadiging gelijk aan de verhouding van de lijnstukken EP/EA, nl.: in de menging zijn er EP delen van A en AP delen van E. De verzadiging is dus de mengverhouding van de spectrale kleuren met wit. Trekken we de lijn door voorbij E, dan ligt de complementaire kleur van A er juist tegenover (A'). Een rechte lijn tussen twee willekeurige kleurpunten B en C doorloopt het gebied van de mengkleuren van B en C. Een punt D op de lijn BC is de mengkleur, die wordt verkregen met de mengverhouding CD-delen van kleur van B en BD-delen van kleur C. Een rechte lijn door E laten we ronddraaien om E. De hoek ρ t.o.v. een

aangenomen nulrichting bepaalt nu de kleurtint en de relatieve lengte van de vector de verzadiging.

2 Cathode Ray Tubes (CRT)

2.1 Opbouw van het beeld bij CRT

2.1.1 Inleiding

Om een beeld te kunnen overbrengen moeten we eerst enkele begrippen bespreken om een beter inzicht te krijgen in de opbouw van een beeld.

2.1.2 Aftasten van een beeld

Om een beeld over te brengen van de ene plaats naar de andere moet men het beeld dat overgebracht wordt, opsplitsen in vele kleine puntjes, pixels genoemd. Een cameralens die in feite een beeld aftast met een elektronenstraal, zet de helderheidswaarden om en die worden dan naar de ontvanger gestuurd. Daar worden ze opnieuw omgezet in de oorspronkelijke helderheidswaarden. De helderheid van een beeldpunt wordt ook wel de lichtdichtheid of luminantie genoemd. Het basisprincipe van beeldoverdracht houdt dus in, dat de helderheidswaarden van het object of beeld puntsgewijs worden afgetast en dat deze in dezelfde volgorde naar de ontvanger worden gestuurd.

2.1.3 Beeldoverdracht

Om beelden over te brengen kunnen we een paar basisstappen gebruiken die voor elke overdracht gelden: (zie fig. 20)

- Het object wordt lijn na lijn afgetast in de vorm van een raster. Bij een televisie gebeurt dit met een fijne elektronenstraal. Wanneer de elektronenstraal op het einde van een lijn komt moet deze terugspringen naar het begin van een volgende lijn. Om deze terugslag op het juiste moment in te kunnen zetten, wordt aan het eind van elke lijn een bijzonder signaal, de zogenaamde lijnpuls, gegeven. Deze lijnpuls geeft aanleiding voor een terugslag van de elektronenstraal en zorgt ervoor dat ze terug op de juiste plaats van de volgende lijn begint.
- Nu worden de helderheidswaarden van elk punt omgezet in elektrische signalen.
- Deze signalen worden nu één voor één verzonden naar de ontvanger.
- Wanneer ze bij de ontvanger aangekomen zijn worden de elektrische signalen opnieuw omgezet in helderheidswaarden. Bij TV's is dat het geval in de beeldbuis.
- De toegevoegde synchronisatietekens aan het eind van iedere lijn zorgen ervoor dat de straal naar het begin van de volgende lijn terugspringt. Dit noemt men de terugslag.

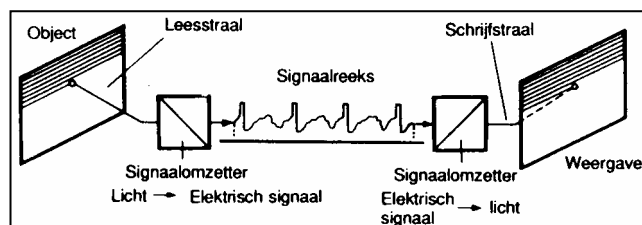


fig. 20

Figuur 24 geeft het principe weer van beeldoverdracht.

2.1.4 Elektrische overdracht van bewegende beelden

Bewegende beelden kunnen in principe opgesplitst worden in oneindig veel beelden. Maar door de traagheid van het oog smelten de afzonderlijke beelden bij ongeveer 16 tot 25 beelden per seconde samen.

Elk afzonderlijk beeld wordt opnieuw in lijnen en punten onderverdeeld, waarbij de helderheidswaarden worden omgezet in spanningsvariaties die na elkaar worden verzonden. Aan het eind van elke lijn wordt een kort impuls gegeven, een gelijkloopteken of synchronisatiepuls. Na volledig beeld echter worden diverse op elkaar volgende impulsen gegeven. Deze zorgen ervoor dat een nieuw beeld in de linker bovenhoek begint. Deze deelbeelden versmelten dan, net als bij de film, voor het oog tot één vloeiende beweging. (fig. 21)

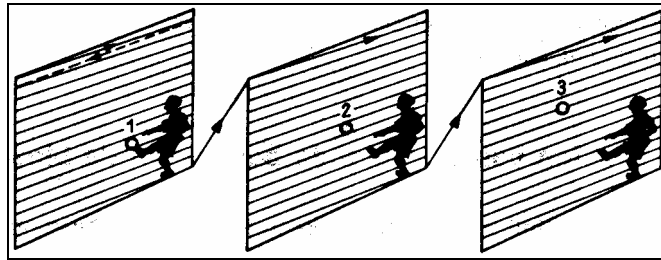


fig.21

Figuur 25 geeft de overdracht weer van op elkaar volgende deelbeelden.

2.1.5 Interliniëringssysteem

2.1.5.1 Wat is interliniëren

Om het televisiebeeld flikkervrij te maken, dienen er net als in de bioscoop ongeveer 50 beeldwisselingen per seconde plaats te vinden. Dit stelt zware eisen aan versterkers en overdrachtssystemen. Daarom stuurt men slechts 25 beelden over en past men dezelfde 'misleiding' als bij de film toe. Eerst worden in 1/50 seconde alleen de oneven beeldlijnen en daarna in de volgende 1/50 seconde de even beeldlijnen overgestuurd, zodat in $2/50 = 1/25$ seconde een compleet beeld ontstaat. In Amerika, Japan en enkele Latijns-Amerikaanse landen wordt er gekozen voor 30 beelden (dus een beeldfrequentie van 30 Hz) met 525 lijnen. In beide gevallen is de verhouding tussen breedte en hoogte van het beeld 4 : 3. Dit is nog een oud overblijfsel van de filmtechnologie uit de jaren veertig.

Deze methode, waarin steeds een lijn wordt overgeslagen, wordt lijnsprongstelsel of interliniëring (line interlacing; lijnverstregeling) genoemd (fig. 22). Voor het oog ontstaat de indruk van 50 beelden per seconde en het flikkeren neemt af. Het aantal volledige beelden per seconde wordt beeldwisselingsfrequentie genoemd. Bij de televisie bedraagt deze 25Hz, in Amerika, Japan en enkele Latijns-Amerikaanse landen 30Hz. Het aantal deelbeelden, dat per seconde wordt afgetast, is de deelbeeld- of rasterfrequentie, ook wel verticale frequentie genaamd, omdat aan het begin van een nieuw deelbeeld de schrijfpunt loodrecht (verticaal) naar boven moet springen. Omdat een volledig beeld uit twee deelbeelden (met even en oneven lijnen of rasters) bestaat, bedraagt de rasterfrequentie 50Hz, of 60Hz in het ander geval. In het spraakgebruik zijn de begrippen beeldwisselingsfrequentie (25Hz) en deelbeeldfrequentie (50Hz) wat vervaagt. Men verstaat onder beeldfrequentie meestal de rasterfrequentie van 50Hz. De juiste term rasterfrequentie wordt in het jargon vaak afgekort tot raster.

Omdat beide rasters een gelijk aantal lijnen plus een halve lijn hebben, bestaat een volledig televisiebeeld steeds uit een oneven aantal lijnen die geometrisch zijn vervlochten of verstregeld. Bij de Europese televisienorm is dat 625 lijnen. Elk deelbeeld bestaat dus uit 312,5 lijnen. Bij 25 beelden met elk 625 lijnen worden per seconde $625 \times 25 = 15625$ lijnen afgetast. Deze norm werd in 1950 door de CCIR

(Comité Consultativ International des Radiocommunications) aanbevolen en is door Gerber, de voorzitter van de commissie, verder uitgewerkt. Daarom wordt deze norm ook wel aangeduid met CCIR-norm of Gerber-norm.

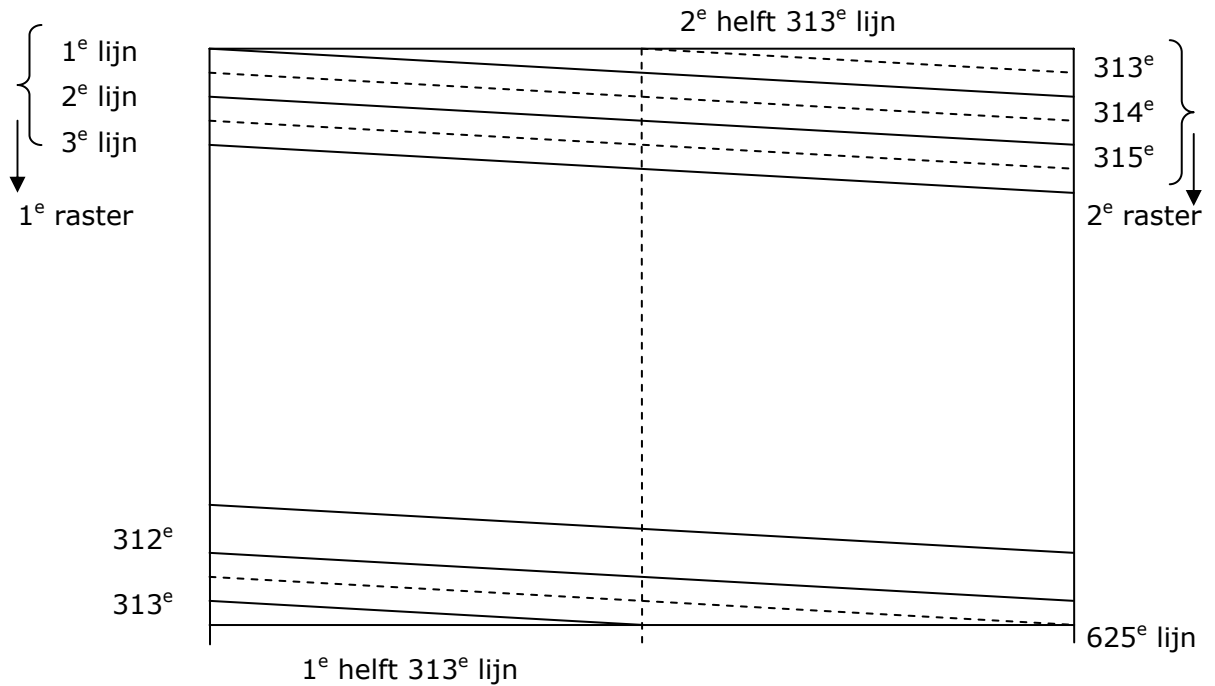


fig. 22

Figuur 22 geeft een interliniërend beeld weer.

Een computer, videospel, enzovoort geven een niet interliniërend beeld van 624 lijnen (fig. 23). De rasterfrequentie is eveneens 50Hz zodat er geen flickering zichtbaar wordt. De 2 rasters vallen volledig op elkaar.

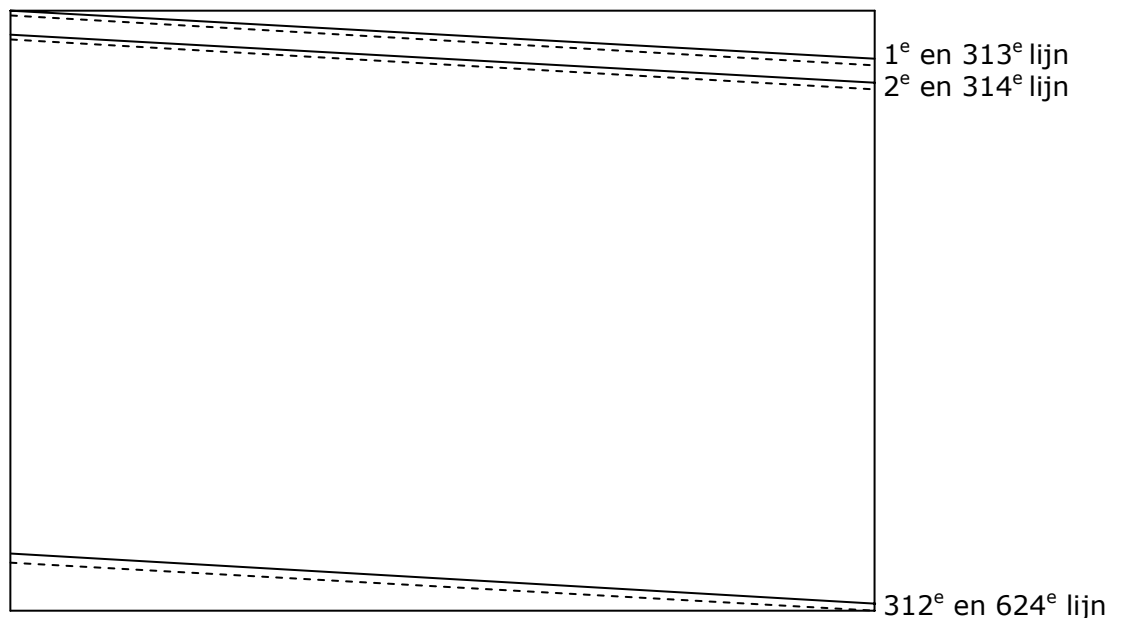


fig. 23

Figuur 23 geeft een niet interliniërend beeld weer.

2.1.5.2 Begrippen

Om een overzicht in deze termen te behouden, resumeren wij enkele van deze begrippen:

- Beeldwisselingsfrequentie: dit is het aantal volledige beelden per seconde in Europa gelijk aan 25Hz, in de andere voorgenoemde landen 30Hz.
- Rasterfrequentie, verticale frequentie of raster: dit is het aantal deelbeelden per seconde. We werken hier met 2 deelbeelden. Er is dus $2 \times 25\text{Hz} = 50\text{Hz}$.
- Lijnfrequentie: dit is het totaal aantal lijnen per seconde. Er zijn 312,5 beelden per raster met een frequentie van 50Hz. We krijgen nu een lijnfrequentie van 15625Hz of ook 625 lijnen vermenigvuldigd met 25Hz, dit geeft ons ook 15625 Hz. De lijnfrequentie wordt ook wel de horizontale frequentie genoemd, omdat de lijn ongeveer horizontaal (parallel) verlopen.

2.1.6 Lijnsignaal en gelijkloopteken

Het signaal van een lijn bestaat uit de beeldinhoud en het gelijkloop- of synchronisatieteken aan het eind van een lijn. De lijnfrequentie van 15625Hz staat voor een tijdsduur van $64\mu\text{s}$:

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{15625} = 64 \times 10^{-6} = 64 \mu\text{s}$$

Daarvan wordt $11,5\mu\text{s}$ voor het onderdrukings- en synchronisatieteken in beslag genomen. Dit bestaat uit een kleine voorstoep, de ongeveer $5\mu\text{s}$ brede synchronisatie-impuls en een tweede, eveneens ongeveer $5\mu\text{s}$ brede achterstoep. (fig. 24)

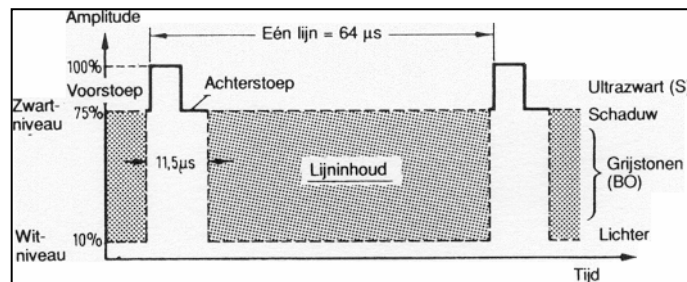


fig. 24

De synchronisatie-impulsen hebben een hoogte van 75%...100% van de maximale amplitude van het lijnsignaal. Het niveau van 75% geeft tegelijkertijd het zwartniveau weer dat overeen komt met de donkerste beeldpositie. De synchronisatietekens lijken daarom in het beeld nog zwarter dan zwart. Ze liggen in het ultrazwart gebied en blijven zonder meer buiten het beeldveld. De achterstoep voorkomt dat de lijnterugslag als heldere lijn verschijnt. De terugspringende straal wordt dus donkergeschakeld of onderdrukt. Het witniveau voor de helderste beeldpositie ligt op 10% van de maximale waarde. Tussen twee lijnimpulsen bouwt het helderheidsverloop van een lijn zich op in de vorm van amplitudevariaties. De impuls aan het eind van een lijn kan min of meer worden gezien als een gongslag, waardoor de zender/ontvanger er op attent wordt gemaakt om met een nieuwe lijn te beginnen.

De beeldinhoud duidt men afgekort aan met B (beeldsignaal). Het onderdrukkingssignaal, het zwartniveau dus, met O. Het synchronisatieteken met een S. Het complete elektrische televisiesignaal wordt daarom kortweg het BOS-signaal. In het Engels is dit het VBS-signaal (video, blanking en synchronization). De algemene aanduiding is (samengesteld) videosignaal.

2.1.7 Het Salvo- of Burstsignaal

Met de komst van de kleurentelevisie was het noodzakelijk om nog een signaal i.v.m. kleuren van waarnemer naar ontvanger te zenden, namelijk de zogenaamde kleurendraagolffrequentie van 4,43MHz. Daarbij is het voldoende om binnen een lijnsignaal slechts enkele perioden van deze frequentie over te zenden. Ook voor deze impulsen is nog een plaatsje gevonden. Men voegt aan de achterstoep van het synchronisatieteken tien tot twaalf perioden van deze 4,43MHz frequentie toe. (fig. 25) Het korte extra gedeelte dat toegevoegd werd wordt burst of salvo genoemd.

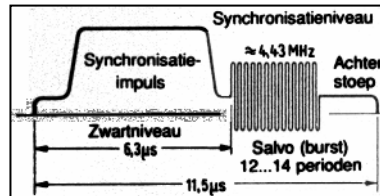


fig. 25

Figuur 29 stelt een synchronisatie-impuls met salvosignaal voor uitzendingen in kleur voor.

2.1.8 Beeldwisselingsimpulsen

De beeldwisselingsimpulsen of rasterimpulsen aan het eind van een deelbeeld of raster zijn breder dan de lijnimpulsen en er worden meerdere tekens na elkaar gegeven. Vergelijken we de lijnimpuls met een gongslag, die de ontvanger attent maakt op het begin van een nieuwe lijn, zo kunnen we de rasterimpulsen vergelijken met tromgeroffel dat meerdere lijnlengten duurt en het begin van een nieuw deelbeeld aankondigt.

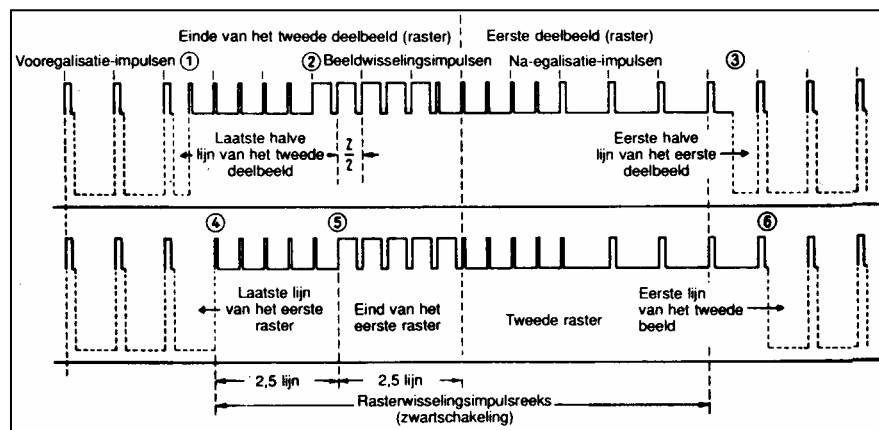


fig. 26

Het eerste deelbeeld van figuur 26 eindigt bij (1) met een halve lijn). Dan volgen eerst vijf smalle vooregalisatie-impulsen en bij (2) begint in het midden van een lijn de eerste van de vijf brede beeldwisselingsimpulsen. Daarop volgen nogmaals vijf smalle na-egalisatie-impulsen en bij (3), eveneens in het midden van de lijn, begint dan de bovenste rechte lijnlengte van het eerste deelbeeld. Tussen de na-egalisatie-impulsen en het begin van het eerste deelbeeld bij (3) worden vervolgens enkele perioden met zwartniveau ingevoegd. Gedurende deze tijd kan de schrijfstraal zich naar boven spoeden zonder een lichtindruk achter te laten (onzichtbaar verplaatsen: de lijninterugslag wordt onderdrukt).

Het eerste deelbeeld eindigt bij (4) met een hele lijn. De daaropvolgende eerste brede beeldwisselingsimpuls moet daarom bij (5) in het midden van een lijn starten, zodat bij (6) de hele lijn van het nieuwe totaalbeeld kan beginnen.

Aan de verschuiving van de beide impulsreeksen met een halve lijnbreedte moet in de zender zeer nauwkeurig worden voldaan, zodat de beide deelbeelden ten opzichte van elkaar niet wankelen of trillen. De egalisatie-impulsen dienen om het begin en eind van de beeldimpulsen aan te geven. Ze dragen ertoe bij, dat in de ontvanger voor de beide rasters heel gelijkvormige synchronisatietekens ontstaan. Wanneer de brede beeldwisselingsimpulsen direct aan het eind van de lijn zouden starten, dan zouden in de ontvanger bij het scheiden van lijn- en beeldimpulsen synchronisatietekens van ongelijke grootte kunnen ontstaan. De lijnen van de deelbeelden zouden dan paarsgewijs in elkaar kunnen schuiven, waardoor het beeld wordt 'gepaard' en aan scherpte en fijnheid zou verliezen, zodat het raster storend zichtbaar zou kunnen worden. De totale impulsreeks voor de beeldwisseling is zodanig opgezet, dat het ritme van de lijntekens permanent behouden blijft. Bij elke loodrecht gestippelde lijn van figuur 26, die overeenkomt met de lijntijd, is een stijgende impulsflank aanwezig. Daardoor blijft de lijntijd ook tijdens beeldwisselingen behouden en start het begin van de lijn precies bij het begin van een nieuw beeld. Gedurende de complete beeldwisselingsimpulsreeks wordt een aantal lijnen onzichtbaar geschreven. Het zichtbare televisiebeeld bestaat daarom strikt genomen helemaal niet uit 625 lijnen, maar telt er ongeveer 3% minder.

2.1.9 *Van beeld tot beeldsignaal*

Aan het begin van de televisie-overdrachtsketen staat de signaalomzetter die het vlakke beeld omzet naar een sequentiële elektrische signaalreeks. Hiervoor dient de beeldopneembuis of camerabuis. Deze bevat, net zoals een oscilloscoop, een elektronenstraalsysteem maar heeft in plaats van een fluorescentiescherm een fotokathodevlak. Valt hier licht op, dan geeft de kathode stroom af. Er zijn verschillende uitvoeringen van camerabuizen zoals een iconoscoop, orthicon, vidicon en plumbicon. Hier wordt alleen het algemene werkingsprincipe van dergelijke buizen besproken.

2.1.9.1 Fotokathode en signaalplaat

Fotokathoden zijn al heel lang bekend in de vorm van vacuüm of gasgevulde fotocellen. Deze fotocellen bevatten een diodesysteem, waarvan de anodestroom door de helderheid van het licht wordt gestuurd. De kathode van dit systeem is bedekt met een laagje zilver-caesium of zilver-antimoon. Valt hier licht op, dan zendt deze onder invloed van de anodespanning elektronen uit. Hoe helderder het erop vallende licht, dus hoe groter het aantal lichtquanten (fotonen), des te groter is het aantal elektronen en daarmee de elektronenstroom.

Bij de beeldopnamebuis bestaat deze fotokathode uit een doorzichtige glasplaat, waarop aan de binnenkant een fotolaag is aangebracht. Op deze plaat wordt het over te sturen tafereel met behulp van een objectief afgebeeld. Op de fotolaag ontstaat hierdoor een afbeelding, net zoals op de film van een normale fotocamera. De verschillende plaatsen van de laag zenden nu, afhankelijk van de aanwezige helderheid van het beeld, elektronen uit en het licht wordt omgezet in elektronenstromen.

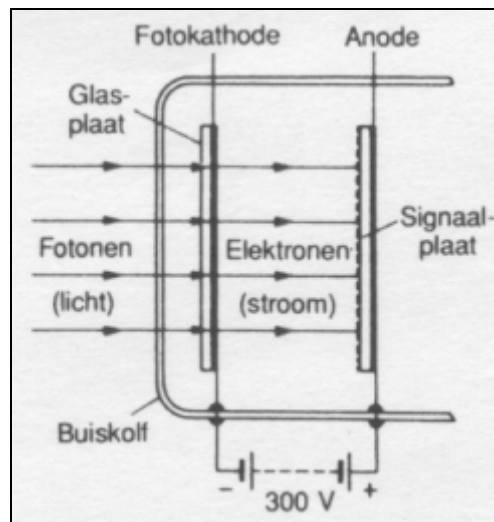


fig. 27

De signaalplaat van figuur 27 werkt als anode van het diodesysteem. Ten gevolge van de tussen fotokathode en signaalplaat aangelegde spanning van enkele honderden volt vormt zich daartussen een homogeen elektrisch veld. De uit de kathode uittredende elektronen vliegen daardoor in rechte lijn en parallel naar de signaalplaat toe. Deze plaat bestaat volgens figuur 28 uit een dun, rechthoekig micaplaatje. Aan de voorkant bevindt zich een mozaïek van miljoenen minuscule, van elkaar geïsoleerde zilverkorreltjes, terwijl de achterkant geheel is voorzien van een opgedampte metaallaag. Elke afzonderlijke cel van het mozaïek vormt met de metaallaag een kleine condensator. Treffen elektronen de mozaïekplaat, dan laden deze afzonderlijke condensatoren zich op. In plaats van een optisch beeld ontstaat op de mozaïekplaat een elektrisch landingsbeeld.

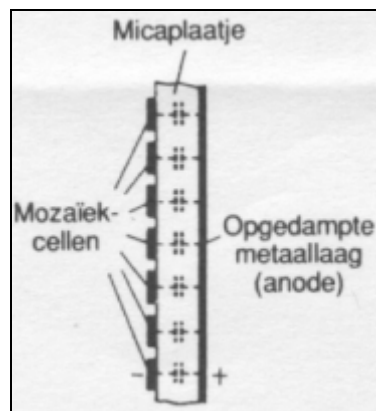


fig. 28

Heldere plekken van het optische beeld slaan veel elektronen los uit de fotokathode en veroorzaken op deze plaatsen van de mozaïekplaat een sterke oplading. Donkere plekken zenden geen elektronen uit en de mozaïekplaat wordt niet opgeladen. De oplaadsterkte komt daarmee punt voor punt overeen met de belichtingssterkte van de optische afbeelding.

2.1.9.2 Principe van een camerabuis

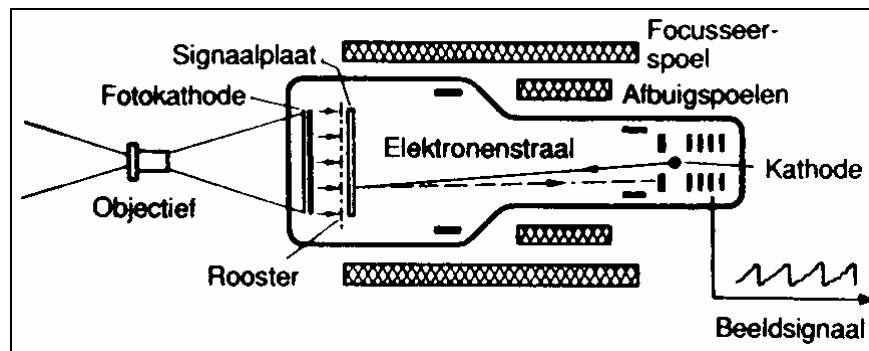


fig. 29

Hierboven in de buiskolf van figuur 29 bevinden zich de fotokathode en de signaalplaat. Daartussen is bij dit buistype nog een rooster aangebracht, dat bepaalde storende invloeden (secundaire emissie) tegengaat. Rechts in de buiskolf bevinden zich een verhitte kathode en een straalstelsel. Net als bij de uit de meettechniek bekende oscilloscoopbuizen, worden de van deze kathode uittredende elektronen tot een fijne straal geconcentreerd (focuseerspoel). De straal wordt dan door zaagtandvormige afbuigspanningen rastervormig over de signaalplaat geleid. Overeenkomstig de televisienorm worden 625 lijnen geschreven. Deze straalafbuiging vindt magnetisch plaats door het buiten de buiskolf aangebrachte afbuigspoelenpakket.

Het camera-objectief projecteert, door het glas van de buis heen, een optisch beeld op de fotokathode. Deze geeft het als elektrisch ladingsbeeld door aan de signaalplaat. De elektronenstraal tast de signaalplaat lijn voor lijn af en ontladit daardoor de afzonderlijke, wisselend sterk opgeladen condensatorelementen. Hij 'wist' de ladingen uit, omdat elk element zoveel negatieve elektronen opneemt, dat de door de beelddinwerking ontstane positieve lading wordt gecompenseerd. De overblijvende elektronen van de straal keren terug (in de figuur met een onderbroken lijn aangegeven). De grootte van deze omkeerstraal is gelijk aan de op de overeenkomstige beeldplek geldende helderheidswaarde. De omkeerstraal valt dan op de eerste elektrode van een achter de kathode opgestelde meertraps elektronenvermenigvuldiger. Deze versterkt de aanvankelijk zeer zwakke beeldsignalen 200...500-voudig. Aan de uitgang hiervan zijn de op elkaar volgende lijnsignalen beschikbaar.

Nadat de signaalplaat is afgetast en 'uitgewist', ontstaat onmiddellijk daarop een nieuw ladingsbeeld voor het volgende raster.

2.2 Kleurenbeeldbuis

2.2.1 Opbouw van een kleurenbeeldbuis

Een kleurenbeeldbuis bestaat in hoofdzaak uit een glazen ballon met aan de voorzijde een beeldscherm en aan de achterzijde een elektronenkanon en een afbuigspoel. Op het beeldscherm is aan de binnenzijde een lichtgevoelige (fluorescerende) fosforlaag in rode, groene en blauwe stippen (fig. 30) of lijnen (fig. 31) aangebracht. Het kleurenbeeld wordt opgebouwd uit deze drie primaire kleuren rood, groen en blauw, waaruit alle kleuren gemaakt kunnen worden.



fig. 30

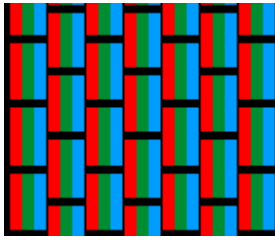


fig. 31

In de zgn. hals van de buis bevindt zich het elektronenkanon met drie kathodes voor het rode, groene en blauwe signaal. De kathodes zijn bedekt met een stof die bij verhitting elektronen afgeeft. De bundels elektronen worden door de 'lenswerking' van de op verschillende elektrische spanningen aangesloten metalen onderdelen van het elektronenkanon gefocuseerd en met grote snelheid in de richting van het beeldscherm geschoten. De elektronen komen tegen de fosforlaag van het beeldscherm waardoor deze op de geraakte plaatsen oplicht.

Aan de binnenzijde van het beeldscherm is op ongeveer 10 mm vóór de fosforlaag een dunne metalen plaat geplaatst, voorzien van een patroon van kleine gaatjes. Deze plaat, het zgn. schaduwmasker, zorgt voor de 'kleurselectie' d.w.z. bepaalt dat de elektronen, afgegeven door de drie afzonderlijke kathodes, de fosforlaag achter het schaduwmasker op de juiste plaats treffen.

2.2.2 De fabricage van een kleurenbeeldbuis

Een kleurenbeeldbuis is hoofdzakelijk opgebouwd uit een glazen beeldscherm, een schaduwmasker, een glazen conus, een elektronenkanon (zie fig. 32), een metalen binnenconus en een afbuigspoel.



fig. 32

Voordat het beeldscherm diverse bewerkingen ondergaat ten behoeve van het aanbrengen van de lichtgevoelige fosforen, wordt eerst het schaduwmasker hierin 'pas' gemaakt; beeldscherm en schaduwmasker vormen samen dan de zgn. maskerschermcombinatie.

Het schaduwmasker en het beeldscherm behoren vanaf deze fabricagebewerking bij elkaar en mogen bij de verdere procesgang niet meer verwisseld worden.

De lichtgevoelige fosfor wordt aan de binnenzijde van het beeldscherm aangebracht en vormt uiteindelijk stippen of verticale lijnen, telkens naast elkaar opgebouwd uit de kleuren rood, groen en blauw.

Bij het aanbrengen hiervan in het zogenaamde 'flow coat'-proces wordt als eerste de oplossing met groene fosfor in het beeldscherm gegoten. Na het drogen wordt het schaduwmasker in het beeldscherm gemonteerd, waarna met behulp van een ultraviolette (UV) lichtbron de lichtgevoelige groene fosfor belicht wordt. Daar waar het schaduwmasker het licht doorlaat, wordt de fosfor uitgehard. Na het uitnemen van het schaduwmasker wordt de onbelichte fosfor uit het beeldscherm gewassen. Deze wordt opgevangen, teruggewonnen en eventueel later opnieuw gebruikt. Op het scherm zijn nu uitgeharde stippen of verticale lijnen van groene fosfor achtergebleven. Hierna worden op dezelfde wijze de blauwe en de rode fosforlagen aangebracht.

Nadat de drie kleurfosforen zijn aangebracht, wordt het gehele fosforpatroon met een laag aluminium bedekt. De aluminiumlaag zorgt voor de geleiding van de elektronen en kaatst tevens het naar binnen uitgestraalde licht van de oplichtende fosfor naar buiten terug (spiegelwerking).

Intussen is de glazen conus aan de binnenzijde bedekt met ijzeroxide. Op de conusrand wordt een emaillepasta aangebracht waarna conus en maskerschermcombinatie, met de inmiddels gemonteerde metalen binnenconus, onder hoge temperatuur aan elkaar worden geplakt. De metalen binnenconus dient voor magnetische afscherming. (zie fig. 33)

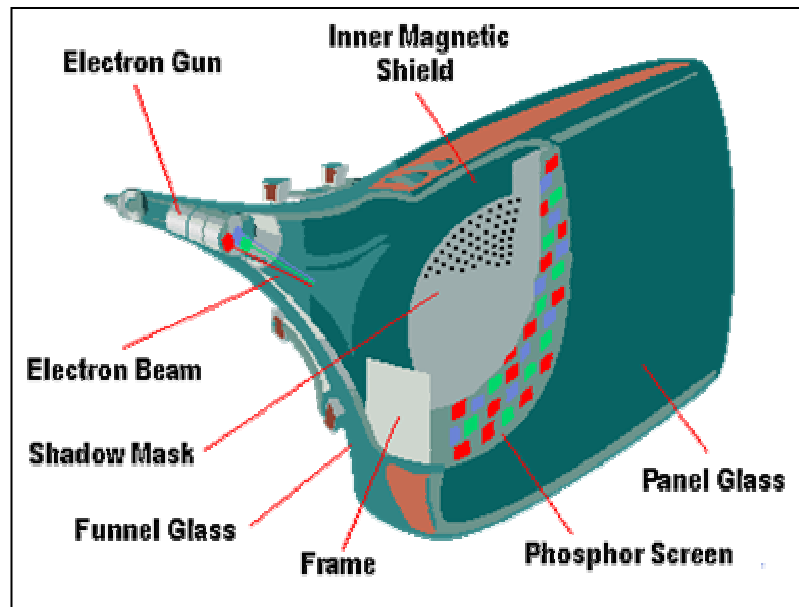


fig. 33

3 Plasma display panel (PDP)

3.1 Inleiding

Het Plasma Display Panel (PDP) is de volgende generatie beeldschermen voor onze computers en televisies. De ontwikkeling ervan begon 30 jaar geleden, tijdens het begin van het computertijdperk. Nu zijn de PDP's genoeg ontwikkeld om deze te commercialiseren. Het plasmascherm is ontwikkeld met relatief eenvoudige fysische principes. Maar deze worden op een volledig nieuwe manier toegepast (zie punt 1.3).

3.2 Plasma display panel versus CRT/LCD

3.2.1 Levensduur

De CRT heeft, in vergelijking met een plasma display panel, een zeer lange levensduur. De levensduur van een scherm wordt gemeten via het aantal werkende uren. Een normale cathode ray tube heeft ongeveer een levensduur van 40 000 tot 100 000 uren, terwijl dit van een kleur PDP een ongeveer 30 000 uren is. Voor een kleuren PDP is dit 30 000 uren. Voor een zwart/wit PDP is dit evenwel 50 000. Ter info: 30 000 uren komt overeen met 10 jaar lang 8 uur per dag gebruiken.

3.2.2 Flickervrij beeld

Omdat een PDP niet werkt zoals een CRT maar anders (zie verder) zit er geen flikkering in het beeld.

3.2.3 Schermgrootte

De PDP-technologie laat toe om zeer grote schermen te maken met een nog steeds handelbaar gewicht. Bijvoorbeeld een 42" heeft ongeveer een gewicht van 18 kg.

3.2.4 Schermdikte

Het paradepaartje van de PDP is de dikte van het scherm. Het "naakte" scherm heeft een diepte van 78mm. Ingebouwd in een frame komt dit op ongeveer 146 mm

3.2.5 Kijkhoek

De "wide view angle" bedraagt 160°. Nog een voordeel is dat een plasmascherm geen last heeft van geometrie problemen. (zie fig. 34)

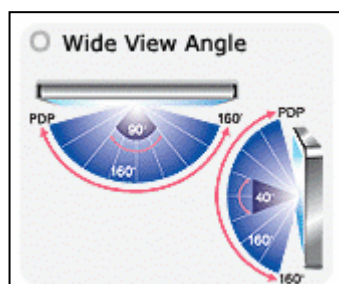


fig. 34

3.2.6 Magnetische straling

Een plasma scherm is niet beïnvloedbaar door magnetische straling. In tegenstelling tot een CRT. (zie fig. 35)

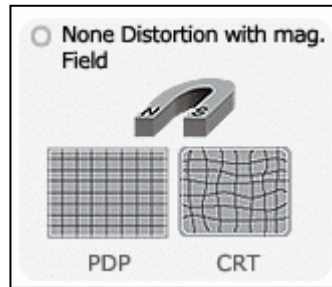


fig. 35

3.2.7 Helderheid

De helderheid van een beeld is zeer belangrijk. Dit bepaalt de "levendigheid" van een beeld. De helderheid van een beeld wordt uitgedrukt in candelas per m². De PDP's hebben een gemiddelde helderheid van 100CD/m², de waarden zijn maximum 350CD/m², een CRT daarentegen heeft een lichtoutput van meer dan 500CD/m². Een andere veelgebruikte manier om een PDP met een CRT te vergelijken is hun vermogendissipatie in luminantie per Watt.

PDP = 1.0 lm/W

CRT= 75lm/W

Dit betekent niet dat een CRT altijd helderder is dan een PDP, maar dat een PDP voor dezelfde lichtopbrengst een veel grotere stroom nodig heeft.

3.3 Werking van een PDP

3.3.1 Opbouw

Het plasmascherm bestaat uit 2 vlakke glasplaten die evenwijdig op elkaar zijn bevestigd. Tussen die twee glasplaten zit er een gas. Aan de binnenkant van de glasplaten bevinden er doorzichtige elektroden. Het scherm bestaat uit pixels, elke pixel bestaat uit 3 cellen: een groene, een rode en een blauwe fosfor. Die zijn van elkaar gescheiden met kleine glaspaneeltjes. (zie fig. 36)

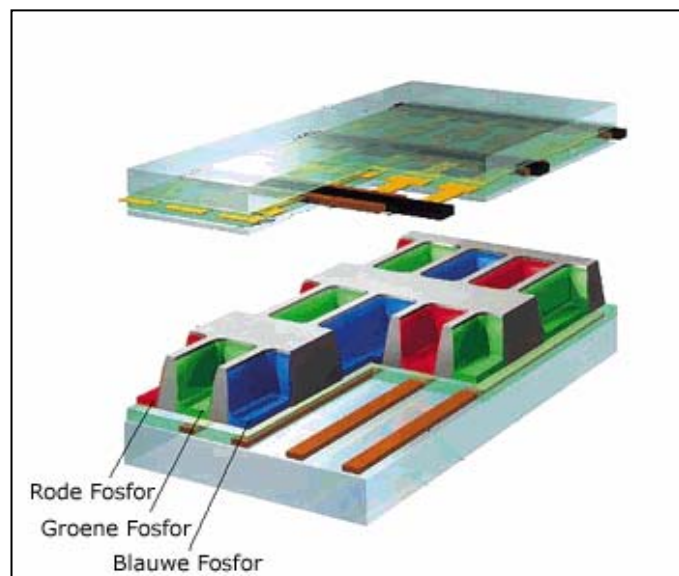


fig. 36

3.3.2 Fysische werking

Op de binnenkant van de glazen platen bevinden zich twee sets transparante elektroden, horizontale en verticale, bedekt met een dunne glaslaag. Dat maakt een monochroom display die de neiging heeft om een oranje tot blauwe gloed af te geven wanneer het ingesloten gas onder spanning staat. De kleur van die gloed is afhankelijk van het gasmengsel. Om kleuren te maken zijn fosfors in elke cel geplaatst, die wanneer ze door ultraviolet licht worden geraakt de gewenste kleur afgeven. De fosfors zijn gescheiden door kleine tussenribben zodat wanneer een fosfor op spanning wordt gezet, andere fosfors niet onder invloed geraken van die spanning. (zie de fig. 37)

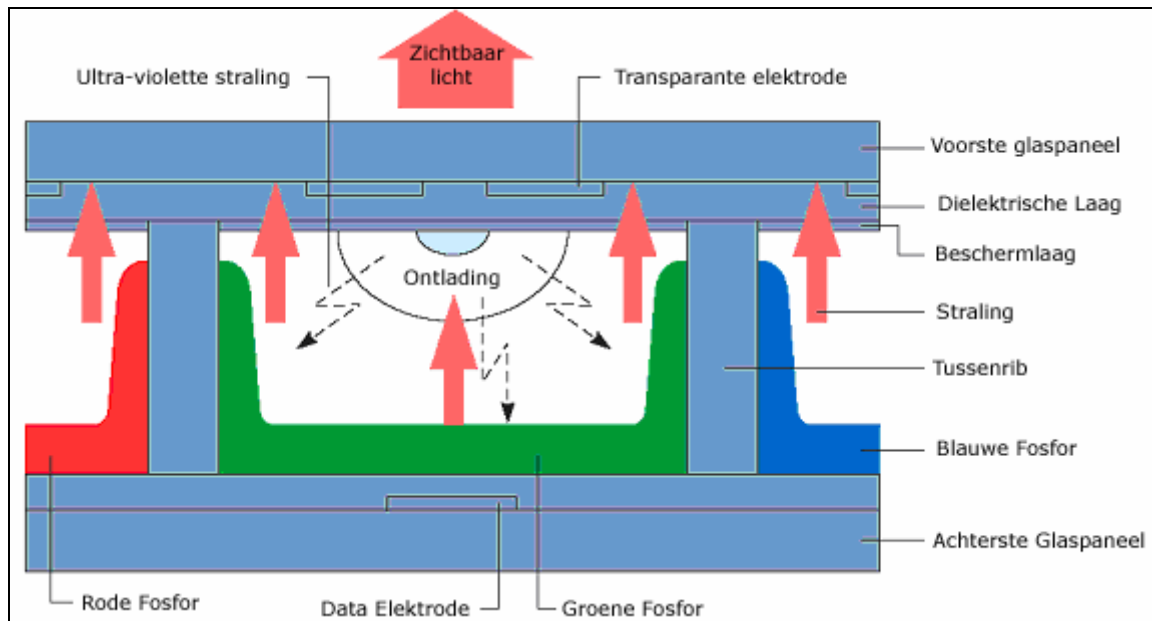


fig. 37

3.3.3 Spanningswerking

Een PDP is een matrix van plasmacellen. Hier wordt uitgelegd hoe één cel werkt (Figuur 38 toont een cel). De elektroden zijn verbonden aan een wisselspanningsbron. Deze bron genereert een AC blok golf met tussenpozen. De positieve richting (niet de positieve kant van de lading) wordt aan gegeven met een (+) en de negatieve richting met het (-) teken. Een blok golf met tussenpozen ontstaat wanneer een spanningsbron voor een bepaalde tijd een negatieve spanning vormt, dan is de spanning een korte tijd nul, daarna wordt er een positieve spanning gevormd. Een volledige cyclus bestaat dus uit een negatieve, een korte tijd geen, en een positieve spanning. De positieve zijde van het circuit volgt uit het afwezig zijn van elektronen. De overige elektronen die aan de andere kant van het circuit stromen zijn verbonden met de positieve elektrode. De AC spanningsbron genereert een spanning (V_E) over het circuit gelijk aan de helft van de ontstekings spanning van het gasmengsel ($1/2V_0$). Deze spanning heet het onderhoudend signaal, alleen is deze niet genoeg om het gas tussen de twee panelen te ontsteken.

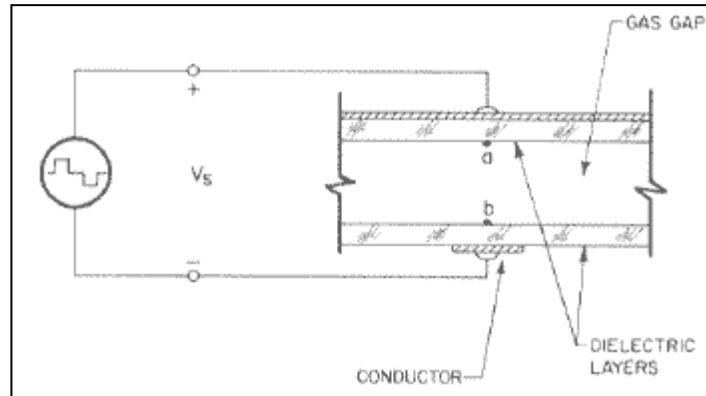


fig. 38

Het glas werkt als een condensator: dit betekent dat de glazen wand elektronen en positieve ionen zal verzamelen. De positief geladen ionen, gegenereerd door de AC bron verzamelen op het glazen vlak, de elektronen verzamelen aan de buitenkant van het andere paneel. Dit gebeurt alleen wanneer de twee elektroden in elkaars invloed komen. Elke andere cel is niet onder invloed van dit proces. De cel ontsteekt nog niet omdat het alleen onder invloed is van het onderhoudend signaal, dat is $1/2 V_f$. Omdat de cel zou ontsteken wordt er een vuursignaal (V_{vs}) gelijk aan $1/2 V_v$ gestuurd in de richting waar er een negatieve lading is. Wanneer dit gebeurt kunnen de twee spanningsvectoren worden samengeteld (ze hebben dezelfde richting dus: $V_E + V_{V_s} = V_v$) en die ontsteken het gas. Het gas is niet meteen tot zijn eerste energietrap gebracht maar vormt een plasma waarbij de valentie-elektronen gescheiden worden van het gas. Dit zorgt voor een concentratie van positieve en negatieve elektronen. De positieve ionen worden aangetrokken door de negatieve elektrode en de elektronen worden aangetrokken tot de positieve elektrode. Door de capacitantie van het glas, wordt er een lading gevormd op het glas gelijk aan $1/2 V_v$. Niet alle ionen verzamelen zich op de glazen plaat. (zie fig. 39)

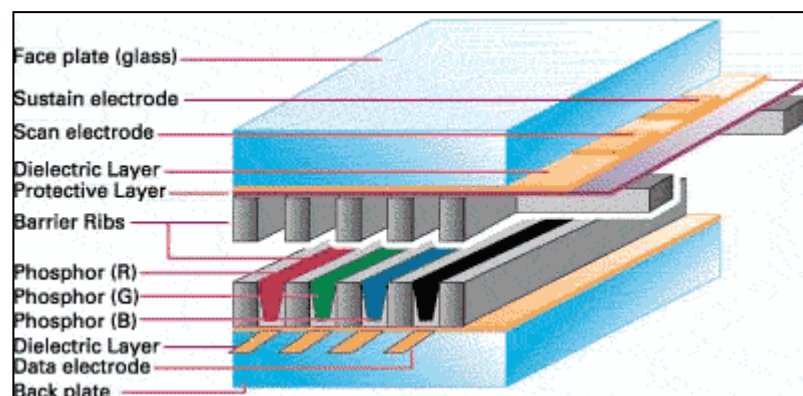


fig. 39

Sommige ionen vallen terug op hun basis of grond energieniveau en vormen in dat proces licht. Afhankelijk van het gas, kan het licht ultraviolet of gekleurd licht zijn (zie het elektromagnetisch spectrum). Dit is het midden van de cyclus. Het onderhoudend signaal wordt terug naar nul gebracht (0) voor een kort moment. Op dit moment is er alleen een inwendige spanning in de cel (V_I) die is gelijk aan $1/2 V_v$, en er is geen externe spanning (V_E). Wanneer het onderhoudend signaal van richting verandert, is er opnieuw een verzamelen van elektronen op de negatieve elektrode en op van positieve ionen op de positieve elektrode. Let op want: wat nu de negatieve en de positieve elektroden zijn, waren een halve periode geleden resp. de positieve en de negatieve elektroden. De lading die zich had opgestapeld op het glas is daar nog, maar nu zijn de elektronen verzameld op $V_I = 1/2 V_f$ plus de spanning van het

onderhoudend signaal $V_E = 1/2V_v$. Daar deze twee vectoren dezelfde richting hebben, mogen ze worden samengeteld en zijn ze samen gelijk aan de vuurspanning (V_v). Het gas ontsteekt opnieuw en er vormen zich ionen. De ionen en elektronen verzamelen zich wederom, respectievelijk aan de negatieve en de positieve elektrode. Andermaal wordt er licht uitgestoten wanneer de ionen terugkeren naar hun basis of grond energieniveau en de cyclus herhaalt zich. Deze laatste stap zet de elektrische velden netjes terug op hun beginplaats. Het eenmalige vuursignaal is alleen nodig bij de eerst ontsteking van het gas. Daarna is het onderhoudend signaal alles wat nodig is doordat er nog een lading over is op het glas. Het veranderen van de ladingen op het glas houdt de cel opgelicht. Dit wordt het "built-in memory effect" genoemd. Om de cel te doven wordt er een spanning die omgekeerd is in richting gestuurd en dus de lading van het glas haalt. Daarna licht de cel niet meer op tot er een vuursignaal gezonden wordt naar die cel. Eigenlijk is het circuit in essentie een RC circuit ($R =$ weertand, $C =$ capaciteit)

De werking van een plasmacel is eigenlijk relatief simpel. De manier om een plasmascherm te maken is veel moeilijker dan het omschrijven van het proces waarmee dit gebeurt: wat men nog nooit had geprobeerd was die elektroden op de buitenkant van het glas zetten en het glas gebruiken al een condensator. Door dit moeilijke productieproces is het plasmascherm duur.

4 Liquid Chrystal Displays (LCD)

4.1 Inleiding

Vloeibare kristallen werden zowat honderd jaar geleden reeds ontdekt. Maar het eigenlijke verhaal begint in de jaren '60, wanneer wetenschappers de impact en mogelijkheden van dit materiaal beginnen te onderkennen. Sindsdien worden, vooral in Japan, grote bedragen geïnvesteerd om draagbare apparatuur en industriële operator panels te voorzien van tekst- of grafische LCD's.

4.2 Geschiedenis

Vloeibare kristallen werden ontdekt door de Oostenrijkse plantkundige Rheinitzer in 1888. In 1963 stelde ene Mr. Williams, werkend voor RCA, vast dat de lichtdoorgang doorheen vloeibare kristallen kon gewijzigd worden door het aanbrengen van een externe spanningsbron. Vijf jaar later demonstreerde Mr. Heilmeyer van RCA een prototype werkend op dit principe. De eerste prototypes vertoonden echter een zeer onstabiel gedrag. Een doorbraak werd gerealiseerd aan de Universiteit van Hull (UK) met de ontdekking van een stabiel vloeibaar kristal (biphenyl). Het Japanse Sharp werkte verder op de gevonden resultaten, en introduceerde in 1973 de EL-8025, de eerste elektronische rekenmachine voorzien van een LCD.

4.3 Werkingsprincipe van TN LCD's

LCD's zelf produceren geen enkele vorm van licht, zoals dat wel het geval is voor CRT's (Cathode Ray Tubes). LCD's laten ofwel extern licht door ofwel blokkeren zij de doorgang van dit externe licht. Het externe licht wordt geproduceerd door een aan de zijkant of achterkant geplaatste lichtbron. De term 'vloeibare kristallen' is van toepassing op een breed gamma materialen die de eigenschappen van vaste stoffen en vloeistoffen combineren. Het zijn uiteraard vloeistoffen met moleculen die georiënteerd zijn in een bepaalde richting (zij vertonen een langwerpige kristalstructuur, eigen aan vaste stoffen). Wanneer men in staat zou zijn telkens een doorsnede te maken van een dergelijke vloeistof zou men de oriëntatie van die kristallen (bvb in de Y-richting) kunnen observeren. Vloeibare kristallen zijn ook 'thermotropisch', dit wil zeggen dat de eigenschappen sterk veranderen bij wisselende temperaturen.

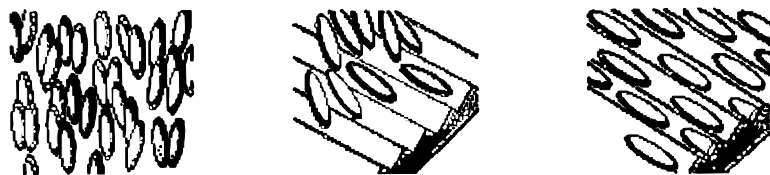


fig. 40

Voor display toepassingen worden LCD's ook wel aangeduid als TN (varianties hierin zijn STN, OSTN, MSTN, ...) TN staat hier voor Twisted Nematic. 'Twisted' duidt op het draaien van de kristallen onder invloed van een elektrisch veld. Om aldus plaatselijk 'zwart' of 'wit' te bekomen op een scherm, worden de onderliggende vloeibare kristallen al dan niet 90° gedraaid.

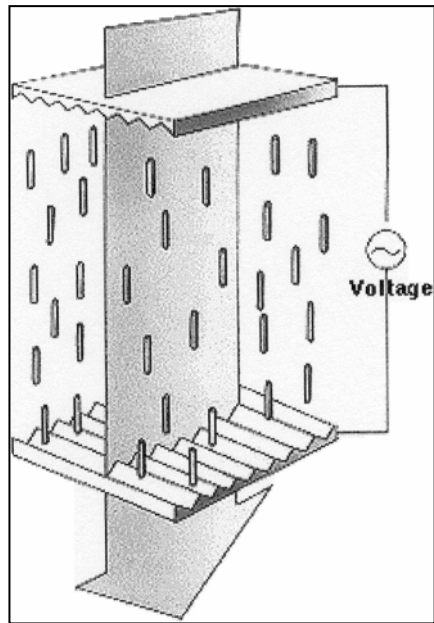


fig. 41

Dit betekent echter ook, dat het licht, voor het de waarnemer bereikt dient gestuurd te worden door 2 polariserende filterlagen. Aangezien de vloeibare kristallen zich bevinden tussen 2 glaslagen, worden op beide glaslagen polariserende emulsies aangebracht. Door het gebruik van polariserende emulsies op het glas wordt echter een groot deel van het licht geabsorbeerd zodat krachtige lichtbronnen dienen gebruikt te worden om een aanvaardbaar contrast te bekomen.

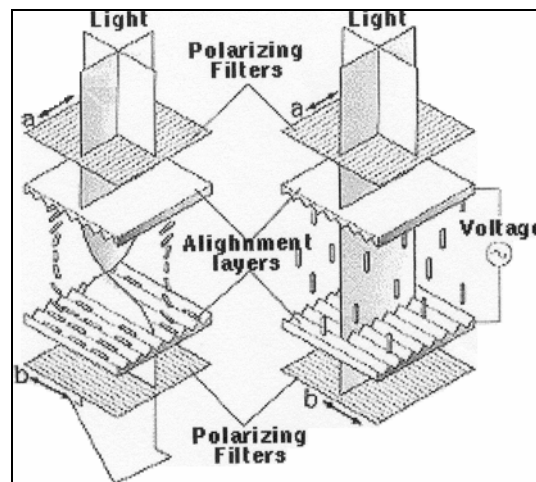


fig. 42

De beeldkwaliteit wordt voor een deel ook bepaald door de initiële oppervlakte alineëring van de kristallen. Hiervoor wordt de door de firma 'Dai- Nippon Screening' ontwikkelde methode toegepast: het onder- en bovenglas wordt bedekt met een polyamide film, en vervolgens wordt op het bovenglas met een speciaal doek in een bepaalde richting gewreven. Het onderglas ondergaat dezelfde bewerking maar onder een hoek van 90° . Door het wrijven worden minuscule groefjes aangebracht in de polyamide film, zodat een polariserend effect wordt bekomen. Bij TN displays worden de kristallen 90° gedraaid tussen boven- en onderkant om een 'zwart' effect te bekomen. Bij STN, of super twisted nematic, bedraagt de draaiing vaak meer dan 200° , zodat de polarisatiefilters ook niet meer haaks staan ten opzichte van elkaar. Hier wordt bij fabricage de polarisatie aangepast om optimale resultaten te bekomen. Het STN materiaal zelf is chemisch verschillend en vertoont aldus ook andere elektrische eigenschappen. Uit Figuur 2 (response karakteristiek van TN) en Figuur

3(responsekarakteristiek van STN) blijkt dat bij TN materiaal een grote drempelspanning (threshold voltage) dient aangebracht te worden om de kristallen te doen draaien.

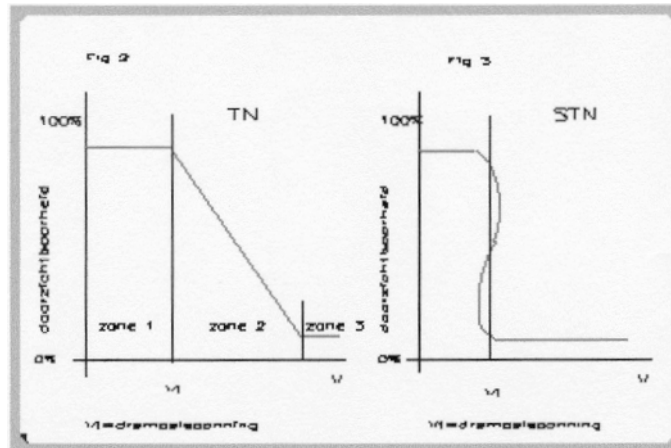


fig. 43

Fig. 2: Responsekarakteristiek van een TN display Fig. 3: Responsekarakteristiek van een STN display.

Bij STN ligt deze waarde lager en is de overgang bovendien veel abrupter. Bij TN is het dus mogelijk om in Zone II verschillende grijswaarden te bekomen door een aangepaste sturing. STN displays kunnen herkend worden aan hun 'geel op blauw' schijn. Om dit verschijnsel tegen te gaan ontwikkelde Sharp het DSTN display. DSTN's worden gevormd door 2 afzonderlijke STN's boven elkaar te lijmen. De bovenliggende STN is niet voorzien van elektrodes of een polariserende laag. Een dergelijke opstelling verhoogt blijkbaar het contrast en geeft een 'zwart op wit' schijn. Nadeel is uiteraard een grotere lichtabsorptie en een dikkere zwaardere constructie. Een nieuwere techniek FCSTN (Film compensated STN) vangt ook deze nadelen op, en wordt vandaag courant gebruikt. Bij dit type wordt een polymeerfilm aangebracht op het glas als compensatielaag.

4.4 Grafische LCD displays

Bij grafische schermen spreekt men over een matrix van 'pixels'. Een matrix is opgebouwd uit rijen en kolommen. Bij passieve matrix displays (meestal in combinatie met STN technologie) wordt elke pixel (bijvoorbeeld op positie x,y) aangestuurd door een spanning te plaatsen op de respectievelijke rij en kolom. Men kan met deze methode echter geen 2 pixels gelijktijdig (in de verschillende rij en kolom) aansturen. Wanneer men bijvoorbeeld zou pogen om pixel x,y en pixel p,q aan te sturen, dan worden uiteindelijk 4 pixels geactiveerd: x,y ; p,q ; x,q en y,p . Een scherm moet dus rij per rij worden 'geschreven'. De geactiveerde pixels 'faden' echter weg na een tijdje (elektrisch veld daalt omdat de lading op de elektrodes weglekt) zodat het scherm regelmatig dient te worden herschreven (refresh). Dit is de achilleshiel van de passieve matrix LCD's: de traagheid van de schermopbouw. Snel veranderende beelden worden dus niet vloeiend weergegeven. Bij actieve matrix displays wordt elke pixel gestuurd door een dunne film transistor (TFT: thin film transistor). Amorfe Si TFT LCD's werden geïntroduceerd omstreeks 1979-80 en worden meer en meer toegepast. Bij kleurendisplays is elke pixel opgebouwd uit 3 deelpixels (rood, groen, blauw) en zijn er dus 3 transistoren per pixel nodig. Figuur 7 toont een dergelijke TFT opbouw.

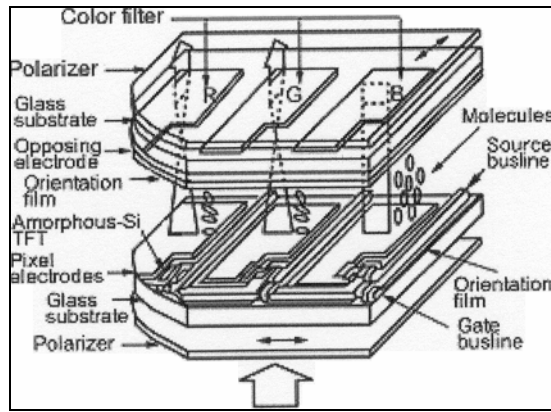


fig. 44

5 Modulatie

5.1 Inleiding

Modulatie van een golf is het omvormen van een draaggolf zodanig dat deze golf de informatie van de originele, modulerende golf zo goed als mogelijk bevat. Een gemoduleerde golf kan dan bijvoorbeeld in een ander medium (door de ether i.p.v. door geleiders) en over een langere afstand verstuurd worden. Dit is dus noodzakelijk voor het versturen van radio-signalen maar ook voor het versturen van televisiesignalen via antenne. Dit is de reden waarom dit hoofdstuk in onze geïntegreerde proef werd opgenomen. We zullen de eigenschappen van de meest courante modulatietechnieken bespreken en aantonen waarom welke technieken gebruikt worden voor het versturen van televisiesignalen.

5.2 Algemene principes

De algemene voorstelling van een ongemoduleerde golf is:

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

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

met $\omega_d = 2\pi f_d$ f_d : frequentie van de draaggolf

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

5.3 Amplitude modulatie of amplitude modulation (AM)

5.3.1 Modulatiediepte

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

$$m = V_m/V_d$$

De modulatiediepte ligt tussen nul en één. Enkel als V_m gelijk is aan V_d is de modulatiediepte één.

5.3.2 Algemene formule

5.3.2.1 Moduleren van een sinus

Bij AM wordt de amplitude van de draaggolf op ieder ogenblik gewijzigd met een waarde die evenredig is met de momentele waarde van het modulerend signaal. Om de formule zo eenvoudig mogelijk te houden nemen we als modulerend signaal een sinusoidale golf. De momentele waarde van de gemoduleerde drager kan dus worden geschreven als:

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

$$\begin{aligned}
 & \text{(we werken dit verder uit)} \\
 v &= V_d \cdot \sin(\omega_d \cdot t) + V_m \cdot \sin(\omega_m \cdot t) \cdot \sin(\omega_d \cdot t) \\
 & \text{(door toepassing van de formules van Simpson)} \\
 v &= V_d \cdot \sin(\omega_d \cdot t) + \frac{1}{2} V_m \cdot \cos(\omega_d - \omega_m) \cdot t - \frac{1}{2} V_m \cdot \cos(\omega_d + \omega_m) \cdot t \\
 & \text{(Dit kan nog geschreven worden met de modulatie diepte)} \\
 v &= V_d \cdot \sin(\omega_d \cdot t) + \frac{m}{2} \cdot V_d \cdot \cos(\omega_d - \omega_m) \cdot t - \frac{m}{2} \cdot V_d \cdot \cos(\omega_d + \omega_m) \cdot t
 \end{aligned}$$

Uit deze formule kunnen we afleiden dat het AM-sigitaal opgebouwd is uit drie hoogfrequente (HF) signalen. Ze zijn alledrie geschikt voor radio-overdracht.

- De draaggolffrequentie: $V_d \cdot \sin(\omega_d \cdot t)$
- Twee neventrillingen:
 - de onderste trilling $+ \frac{m}{2} \cdot V_d \cdot \cos(\omega_d - \omega_m)$
 - de bovenste trilling $- \frac{m}{2} \cdot V_d \cdot \cos(\omega_d + \omega_m)$

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

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

Hierin is $V_d + V_m \cdot \sin(\omega_m \cdot t)$ de momentele amplitude op het ogenblik t en v de momentele waarde op het ogenblik t , ongeacht de beschouwing van drie componenten met elk hun eigen frequentie. $\omega_m = 2\pi f_d$ met f_d de draaggolffrequentie.

5.3.2.2 Moduleren van een niet-zuivere sinus

Als signalen afkomstig van spraak, muziek, beeld enzomeer moeten gemoduleerd worden, dan kan dit sigitaal ontbonden worden in een aantal sinusvormige signalen met verschillende frequenties. Dit kan met de Fourieranalyse. Op die manier geeft iedere sinusvormige component twee zijtrillingen in het gemoduleerde sigitaal (fig. 45)

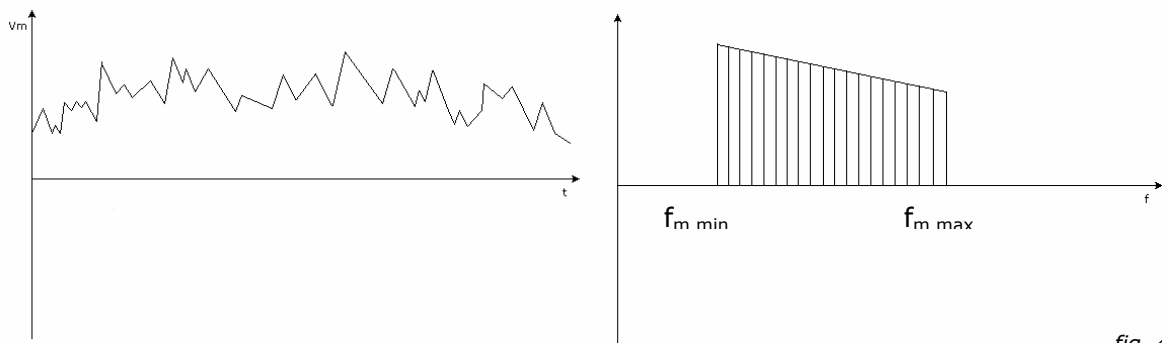


fig. 45

Zo vormen zich twee zijbanden (fig. 46):

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

Alle frequenties kunnen worden voorgesteld met een spectrumanalyser en uitgezet in een grafiek met op de Y-as de amplitude A en op de X-as de frequenties f , dus $A=f(f)$ (fig. 20 en 21).

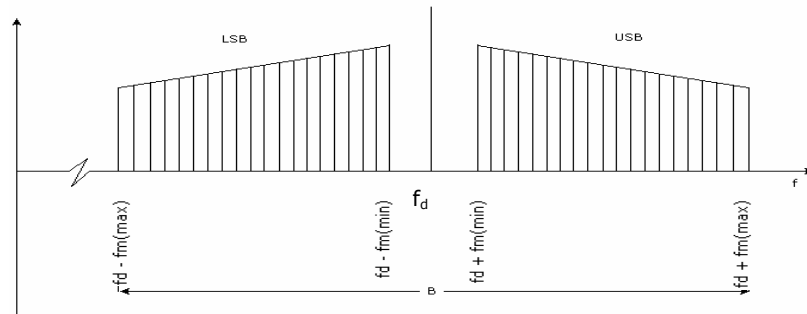


fig. 46

5.3.2.3 Bandbreedte

De bandbreedte duidt aan hoe groot het frequentiespectrum is dat een signaal beslaat. Ze is in fig. 21 aangeduid met B. De bandbreedte is het dubbel van de maximum modulerende frequentie:

$$B = 2 \cdot f_{m(\max)} \quad \begin{array}{l} B = \text{Bandbreedte} \\ f_{m(\max)} = \text{maximum modulerende frequentie} \end{array}$$

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

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

als

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

dan is

$$B = \lambda_1 - \lambda_2 \quad (\text{de eenheid van de bandbreedte is dan meter})$$

we werken verder uit

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

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

we kunnen dus stellen dat

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

5.3.3 Vermogenverdeling bij AM

5.3.3.1 Vermogenverdeling

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

$$P = U \cdot I \quad \text{met} \quad U = V_a \sin(\omega_a \cdot t) + \frac{m}{2} V_a \cos(\omega_a - \omega_m) - \frac{m}{2} V_a \cos(\omega_a + \omega_m)$$

$$P = U \cdot \frac{U}{R} = \frac{U^2}{R} \quad (\text{I} = U/R)$$

$$P_{tot} = \frac{U^2}{R_A} \quad \text{met} \quad U = V_d + \frac{m}{2} V_d + \frac{m}{2} V_d$$

(als $m = \max = 1$ dan vinden we het totale vermogen)

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

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

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

LSB USB

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

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

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

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

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

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

$$P_{tot} = P_d$$

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

Als we de formule uit (1) nog even herschrijven dan vinden we voor P_{USB} en P_{LSB} :

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

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

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

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

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

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

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

We besluiten dat in het beste geval (als m=1) de draaggolf 2/3 van het totaal vermogen bevat en dat de zijbanden samen slechts 1/3 van het totaal vermogen bevatten. Als de modulatie niet optimaal is (m ≠ 1) wordt het vermogen van de zijbanden nog kleiner. Als de modulatie diepte bijvoorbeeld 0.5 is, dan omvat het draaggolfvermogen 8/9 van het totaal vermogen. Aangezien de draaggolf enkel dient om de informatie over te brengen en zelf geen informatie bevat, is AM dus een heel onefficiënte manier om informatie over te brengen.

5.3.3.2 Verandering van de HF-stroom bij modulatie

Bij een ongemoduleerde draaggolf is

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

Na modulatie

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

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

Als we dit nu gelijkstellen bekomen we:

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

Vullen we bij 100% modulatie (m=1)

$$I_{(mod)eff} = 1,225 \cdot I_{eff}$$

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

5.3.4 *Nadelen van amplitude modulatie*

Om te besluiten sommen we de meest karakteristieke nadelen van amplitude modulatie op.

- Heel onefficiënt als gevolg van een ongunstige vermogenverdeling
- Er is slechts een beperkte bandbreedte toegestaan, onder andere om een overvolle ether tegen te gaan. Op die manier ontstaat er vervorming aan ontvangerszijde.
- Storingsgevoelig. Storingen zullen de amplitude van de draaggolf beïnvloeden.

5.4 **Enkele zijband modulatie of single side band (SSB)**

5.4.1 *Inleiding*

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

5.4.2 *Wat is single side band*

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

5.4.3 *Double sideband*

5.4.3.1 Double sideband suppressed carrier (DSBSC)

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

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

Bij een conventioneel AM-signaal:

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

(we werken dit verder uit)

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

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

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

(door toepassing van de formules van Simpson)

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

(Dit kan nog geschreven worden met de modulatie diepte)

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

Stel nu dat $m=1$

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

We kunnen dit voorstellen met de grafiek uit fig. 47.

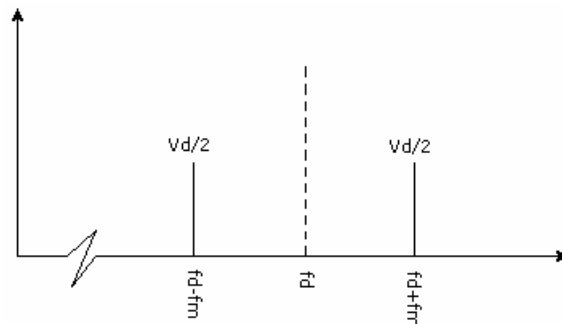


fig. 47

5.4.3.2 Double sideband reduced carrier (DSBRC)

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

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

met $0 < x < 1$

5.4.4 Single Side Band (SSB)

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

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

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

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

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

- Voor SSB met gedeeltelijk onderdrukte draaggolf geldt:

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

als de bovenste zijband is onderdrukt

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

voor beide formules is $0 < x < 1$

- Voor SSB met niet onderdrukte draaggolf geldt:

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

als de bovenste zijband is onderdrukt

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

als de onderste zijband is onderdrukt

Een voorbeeld van SSB met onderdrukte draaggolf en bovenzijband:

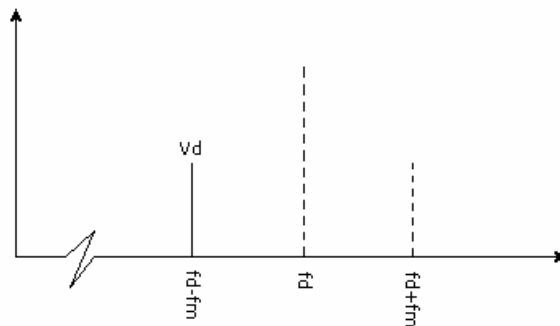


fig. 48

5.4.5 Voordelen en nadelen van SSB in vergelijking met AM

- De bandbreedte van een SSB-sigitaal beperkt zich tot de helft van een AM-sigitaal. Dit is één van de belangrijkste voordelen van SSB, want het is bijzonder nuttig om de overbezette HF-band tegen te gaan.
- De smalle bandbreedte brengt ook nog als voordeel mee dat er een kleinere signaal-ruisverhouding is. D.w.z. dat ze minder storingsgevoelig is dan AM.
- Als er storing is op de zijband die gebruikt wordt, kan worden overgeschakeld op de andere zijband.
- Aangezien de draaggolf niet mee verstuurd wordt, slokt deze ook geen energie op en blijft bijgevolg (nagenoeg) alle energie voorbehouden voor de nuttige informatie.
- Met hetzelfde uitgestraalde vermogen kunnen in vergelijking met AM veel grotere afstanden overbrugd worden.
- De uitgezonden frequentie van een SSB-sigitaal moet heel stabiel zijn om het sigitaal zuiver te houden. De stabiliteit van het uitgezonden sigitaal moet binnen de 100Hz liggen.
- De kringen in zenders en ontvangers zijn complexer dan bij AM-zenders en ontvangers. De nodige versterkers werken in klasse A of soms in klasse A/B, dus met weinig rendement. Dit heeft tot gevolg dat er voor grotere zenders grote koelingsinstallaties nodig zijn. Dit brengt extra kosten met zich mee.

5.5 Hoekmodulatie

5.5.1 Inleiding

Het spreekt voor zich dat in dit geval het modulerend sigitaal zal inwerken op de hoek van de draaggolf. Dit kan gebeuren op twee manieren, genoemd frequentie modulatie en fase modulatie. Ze komen in het volgende stuk beknopt aan bod. Samen met de hierboven besproken modulatietechnieken AM en SSB vormen dit de meest eenvoudige en courante modulatievormen. Alle vormen hebben hun voor- en nadelen en kunnen

aangepast worden naar behoefte van de door te sturen informatie, het medium waardoor verstuurd moet worden en eventuele andere vereisten.

5.5.2 Frequentie modulatie of frequency modulation (FM)

5.5.2.1 Definitie

Bij FM wordt de frequentie van de draaggolf op ieder ogenblik gewijzigd met een bedrag evenredig met de ogenblikkelijke waarde van het modulerend signaal. De draaggolfamplitude wordt door de modulatie niet beïnvloed. Onderstaande figuren maken dit duidelijk (fig. 49 & 50).

In figuur 24 wordt de gemoduleerde golf van een binair signaal voorgesteld in AM, FM en PM. Er zijn dus slechts twee toestanden mogelijk: logisch nul en logisch één.

We kunnen zien dat bij FM de frequentie hoogst is als de amplitude van de informatie ook hoogst is, namelijk 1.

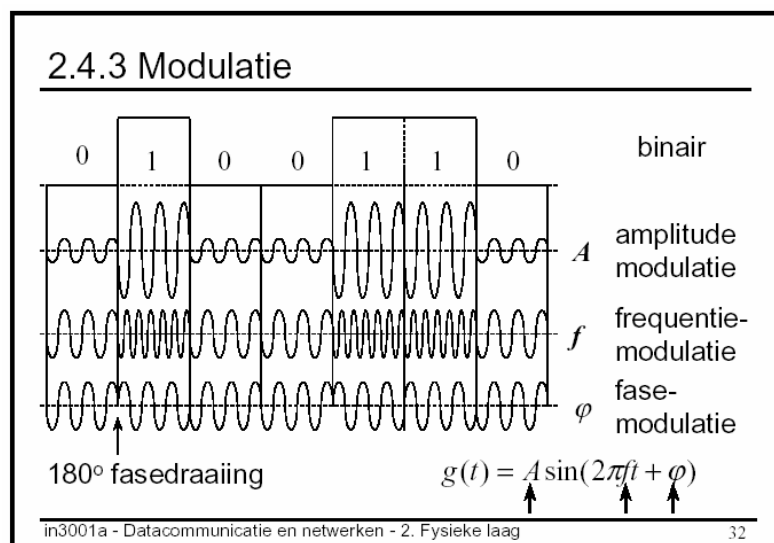


fig. 49

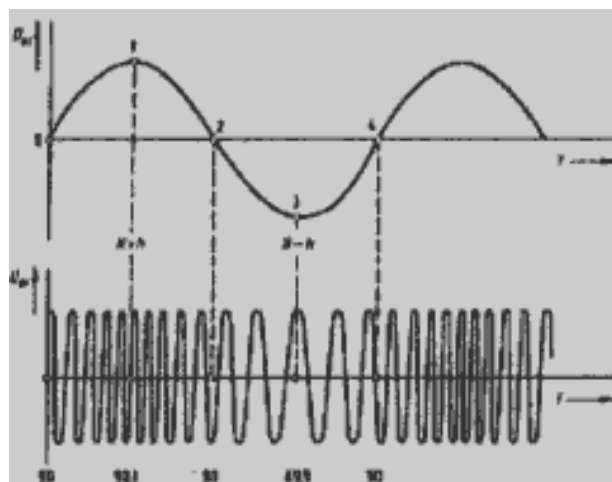


fig. 50

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

v_d : momentele waarde van de draaggolf op het ogenblik t

V_d : amplitude van de draaggolf

ω_d : hoeksnelheid

ϕ : fase van de draaggolf in de oorsprong

Hier werkt de te moduleren golf in op de frequentie f en dus op de hoeksnelheid van de draaggolf ω_d :

$$\omega_d = 2\pi f_d \quad f_d: \quad \text{frequentie van de draaggolf}$$

5.5.2.2 Voordeel t.o.v. AM

Frequentiemodulatie heeft als belangrijkste voordeel t.o.v. amplitudemodulatie dat storingen beter onderdrukt worden. Omdat de amplitude van het gemoduleerde signaal geen informatie bevat, kan een storing, die zich uit als een amplitudemodulatie, met een begrenzingversterker in de ontvanger onderdrukt worden.

5.5.3 Fase modulatie of phase modulation (PM)

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

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

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

Ook hier kunnen we dit illustreren met bovenstaande figuur (fig. 24). We zien een fasedraaiing van 180° als het te moduleren signaal van de ene (logische nul) toestand naar de andere (logische één) toestand overgaat en omgekeerd.

5.6 Zendermodulatie

5.6.1 Frequentieverdeling bij de beeld- en geluidsenders

Bij amplitudemodulatie ontstaat links en rechts van de draaggolf een zijband waarvan de breedte door de hoogte van de modulatiefrequentie wordt bepaald. Bij een televisiezender zou de totale breedte dan $\pm 5 \text{ MHz} = 10 \text{ MHz}$ bedragen. Omdat echter één zijband in de ontvanger voldoende is om na gelijkrichting het oorspronkelijke signaal terug te winnen, wordt de onderste zijband in de zender gedeeltelijk onderdrukt en zelfs niet eens uitgestraald, zie fig. 51.

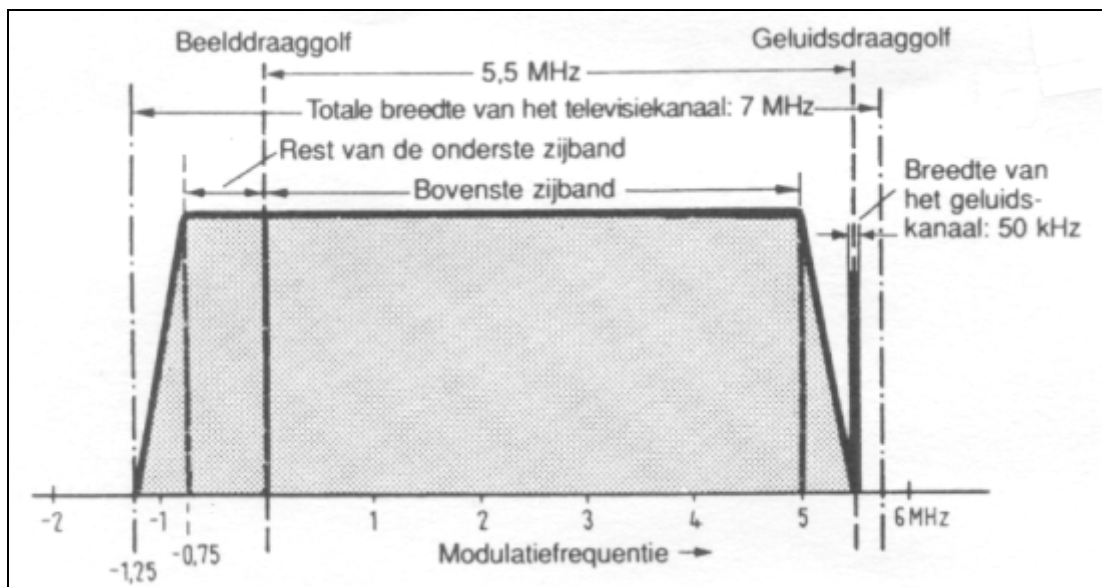


fig. 51

Wat overblijft is een zogenaamde restzijband. Hierdoor is het mogelijk om meer zenders in de toegewezen banden onder te brengen.

Naast de beeldzender is er nog een 2^{de} zender nodig voor het bijhorende geluid en eventueel een 3^{de} zender voor het 2^{de} geluidskanaal. Een geluidszender werkt op een 5,5 MHz hogere frequentie dan met de van FM-omroepzenders bekende frequentiemodulatie. De frequentiezwaaai voor 100% modulatie te bekomen bedraagt hierbij $\pm 50 \text{ kHz}$. Hij neemt daarom ten opzichte van de brede beeldmodulatie een relatief smalle band in beslag. Door de verschillende modulatievormen doen zich in de ontvanger minder storingsmogelijkheden tussen de geluid- en beeldfrequentie voor. De kanaalbreedte voor beeld- en geluidsenders bedraagt volgens de Europese televisienorm in de banden I en III (VHF) elk 7 MHz. In de decimetergolfbanden IV en V (UHF) is de kanaalbreedte, met het oog op andere televisienormen, op 8 MHz vastgesteld. De verschillende frequenties voor de vier genoemde banden zijn in de tabellen 1-2 en 1-3 weergegeven. De afkortingen VHF en UHF komen uit het Engels en betekenen respectievelijk Very High Frequencies (zeer hoge frequenties) en Ultra High Frequencies (ultra hoge frequenties)

5.6.2 Naburige (aangrenzende) zenders

De frequentietabellen 1-2 en 1-3 hebben betrekking op de modulatiefrequenties van een zender die zich links en rechts van de beelddraaggolffrequentie bevindt. Voor een goed begrip van de doorlaatkrommen en voor afregelwerkzaamheden aan televisieontvangers, kunnen de verhoudingen eenvoudig worden verduidelijkt aan de hand van

het modulatiespectrum van een zenderkanaal, in relatie tot de triggerfrequentie van de aangrenzende zender. Hiertoe dient een zender in kanaal 10 van band III, zie fig. 52.

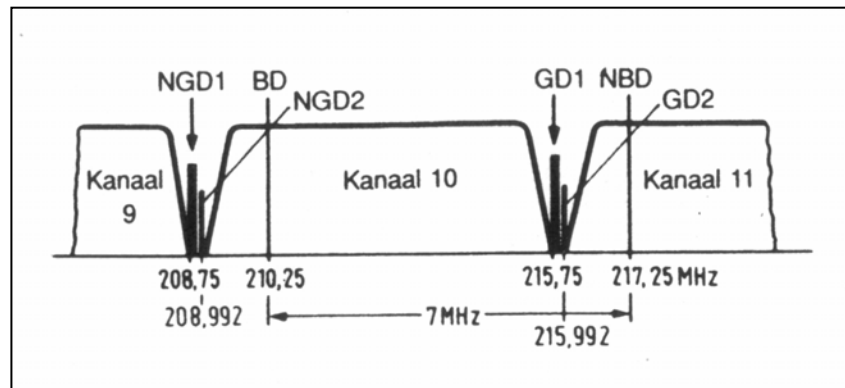


fig. 52

De beelddraaggolf BD ligt op 210,25 MHz, de geluidsdraaggolf GDI op 215,75 MHz en geluidsdraaggolf GD2 op 215,992 MHz. Op een kanaalafstand van 7 MHz van de beelddraaggolf BD verschijnt rechts op 217,25 MHz de naburige beelddraaggolf NBD van kanaal 11. De restzijband hiervan komt met 1 MHz vlak in de buurt van de geluidsdraaggolf GD1.

Eveneens op een afstand van 7 MHz links van de eigen geluidsdraaggolf verschijnt op 208,75 MHz de naburige geluidsdraaggolf NGD1 van kanaal 9. De naburige beelddraaggolf en geluidsdraaggolf kunnen de ontvangst van de gewenste zender storen en moeten daarom door resonantiekeringen met een goede selectiviteit of door verzwakkers en sperfilters worden onderdrukt. Verder wordt de restzijband van de gewenste zender in de ontvanger door een speciaal gevormde filterflank beïnvloed.

In band IV/V met 8 MHz kanaalbreedte liggen de naburige beeld- en geluidsdraaggolven verder van de eigen geluids- en beelddraaggolf af, namelijk 2,5 MHz in plaats van 1,5 MHz. Hierdoor kunnen ze de ontvangst minder storen. Bovendien houdt men er bij het plannen van zendernetten rekening mee dat zenders, waarvan de frequenties dicht bij elkaar liggen, zo ver mogelijk van elkaar worden opgesteld zodat ze elkaar niet kunnen storen.

Tabel 1-2: VHF/UHF kanaalverdeling

Draaggolffrequenties in MHz (CCIR-norm; VHF: 7 MHz, UHF: 8 MHz kanaalafstand)								
Band	Kanaal	Beeld	Geluid	Band	Kanaal	Beeld	Geluid	
VHF I 41...68 MHz	2	48,25	53,75	Kabeluitbreiding	S34	392,25	397,75	
	2	55,25	60,75		S35	399,25	404,75	
	4	62,25	67,75		S36	406,25	411,75	
Kabel	S1	105,25	110,75		S37	413,25	418,75	
	S2	112,25	117,75		S38	420,25	425,75	
	S3	119,25	124,75		S39	427,25	432,75	
	S4	126,25	131,75		S40	434,25	439,75	
	S5	133,25	138,75		S41	441,25	446,75	
	S6	140,25	145,75		UHF IV 470...606 MHz	21	471,25	476,75
	S7	147,25	152,75			22	479,25	484,75
	S8	154,25	159,75	23		487,25	492,75	
	S9	161,25	166,75	24		495,25	500,75	
	S10	168,25	173,75	25		503,25	508,75	
VHF III 174...223 MHz	5	175,25	180,75	26		511,25	516,75	
	6	182,25	187,75	27		519,25	524,75	
	7	189,25	194,75	28		527,25	532,75	
	8	196,25	201,75	29		535,25	540,75	
	10	210,25	215,75	30		543,25	548,75	
	11	217,25	222,75	31	551,25	556,75		
	9	203,25	208,75	32	559,50	564,75		
Kabel	12	224,25	229,75	33	567,25	572,75		
	S11	231,25	236,75	34	575,25	580,75		
	S12	238,25	243,75	35	583,25	588,75		
	S13	245,25	250,75	36	Radar			
	S14	252,25	257,75	37	599,25	604,75		
	S15	259,25	264,75	UHF V 606...861 MHz	Radio-astronomie			
	S16	266,25	271,75		38	615,25	620,75	
	S17	273,25	278,75		39	623,25	628,75	
	S18	280,25	285,75		40	631,25	636,75	
	S19	287,25	292,75		41	639,25	644,75	
S20	294,25	299,75	42		647,25	652,75		
Kabeluitbreiding	S21	301,25	306,75		43	655,25	660,75	
	S22	308,25	313,75		44	655,25	660,75	
	S23	315,25	320,75		45	663,25	668,75	
	S24	322,25	327,75		46	671,25	676,75	
	S25	329,25	334,75	47	679,25	684,75		
	S26	336,25	341,75	48	687,25	692,75		
	S27	343,25	348,75	49	695,25	700,75		
	S28	350,25	355,75	50	703,50	708,75		
	S29	357,25	362,75	51	711,25	716,75		
	S30	364,25	369,75	52	719,25	724,75		
	S31	371,25	376,75	53	727,25	732,75		
	S32	378,25	383,75	54	735,25	740,75		
	S33	385,25	390,75	55	743,25	748,75		
			56	751,25	756,75			
			57	759,25	764,75			

tabel 2

Tabel 1-3: VHF/UHF kanaalindeling

Band	Kanaal	Beeld	Geluid	Band	Kanaal	Beeld	Geluid
UHF V 606...861 MHz	58	775,25	772,75	UHF V 606...681 MHz	66	831,25	836,75
	59	775,25	780,75		67	839,25	844,75
	60	783,25	788,75		68	847,25	852,75
	61	791,25	796,75		69,	855,25	860,75
	62	799,25	804,75		exte.	863,25	868,75
	63	807,25	812,75		exte.	871,25	876,75
	64	815,25	820,75		exte.	879,25	884,75
	65	823,25	828,75		exte.	887,25	892,75

tabel 3

5.6.3 Blokschema van een televisiezender

Om een volledig televisiesignaal uit te stralen, moeten drie verschillende signaalgroepen met elkaar worden gecombineerd:

1. De van de microfoon komende LF-spectra worden versterkt en daarmee worden de geluidszenders gemoduleerd. Bij moderne zendsystemen worden de beeld- en geluidssignalen al in de voorversterkertrappen samengevoegd en via een gemeenschappelijke eindtrap, die het zendvermogen levert, aan de zendantenne toegevoerd.
2. De televisiecamera levert het beeldsignaal (B). De camera wordt gestuurd met horizontale en verticale afbuigspanningen uit de impulscentrale.
3. Dezelfde impulscentrale levert de onderdrukings- en synchronisatie-impulsen, dat wil zeggen het OS-signaal.

Beeldsignaal en OS-signaal worden in een codeerschakeling (Coder) samengevoegd tot een compleet BOS-signaal en in de vorm van amplitudemodulatie aan de beeldzender toegevoerd. De HF-trillingen van geluid- en beeldzender worden via de gemeenschappelijke antenne uitgestraald. In fig. 53 is opnieuw het complete HF-modulatiespectrum met de beelddraaggolf en geluidsdraaggolf aangegeven. Het lijnfrequente BOS-signaal met een duur van 64 μ s per lijn en het modulatiespectrum met 5 MHz bandbreedte zijn zeer belangrijk om de werking van een televisieontvanger te kunnen begrijpen. Deze diagrammen spelen ook bij het foutzoeken en bij de afregeling een grote rol. Het diagram voor het BOS-signaal toont het signaalverloop in de tijd gezien. Bij het modulatiespectrum zijn daarentegen frequentiewaarden op de horizontale as toegevoegd.

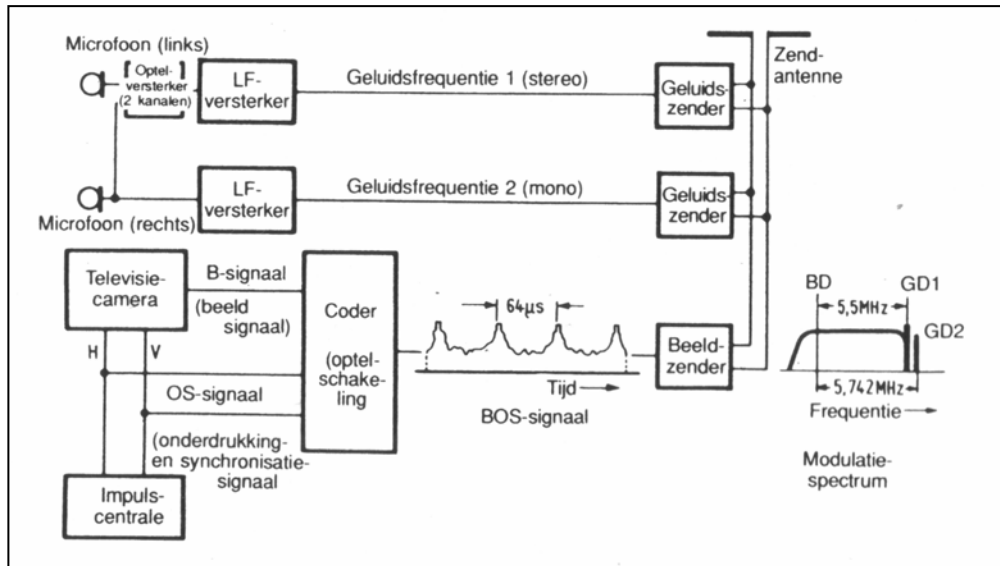


fig. 53

In de ontvanger verlopen de processen in omgekeerde volgorde t.o.v. de zender. Het modulatiespectrum moet hier eerst worden verterkt. Vervolgens worden daaruit de geluidsfrequentieband voor de luidspreker en de B-signalen voor de televisiebeeldbuis afgetakt. Het OS-sigitaal wordt in H- en V-impulsen opgedeeld. Ze synchroniseren de afbuigingsspanningen voor de elektronenstraal van de televisiebeeldbuis.

6 Teletekst

6.1 Historie

Een 15 jaar geleden kwam er een nieuwe eigenschap onze tv's binnengevallen, nl. Teletekst. Het was het begin van een nieuw tijdperk: het informatietijdperk. TXT kan aanzien worden als de voorloper van de informatiesnelweg. In één adem werd Teletekst genoemd met "Viewdata", dit was een informatiekanaal afkomstig van een centrale computer via de telefoonlijn. De opkomst van de PC nam viewdata over maar Teletekst bleef een eigen leven leven. Het was duidelijk dat via deze weg heel wat informatie naar de Tv-kijker kon gestuurd worden.

6.2 Hoe is een teletekstbeeld opgebouwd?

Het TXT signaal wordt samen met het normaal TV signaal uitgezonden. Dit gedurende enkele niet zichtbare lijnen van het beeld (rasterterugslag). Men kan dus TXT opvragen van zodra een zender begint uit te zenden.

Het scherm kan gevuld worden met één bladzijde informatie (page) en is verdeeld in 24 regels (rows) van 40 karakters. Deze karakters zijn: hoofdletters en kleine letters, cijfers, leestekens en blokjes (graphics) om tekeningen te maken zoals de weerkaart of zeer grote letters.

De hoofding (page header) bevat gewoonlijk naast de gekozen bladzijde, het TV station, dag en datum en de tijd in uren, minuten en seconden. Bij het zoeken naar een andere bladzijde wordt ook de bladzijde die op dit ogenblik binnenkomt in de hoofding weergegeven.

100 bladzijden vormen een magazine, er zijn 8 magazines zodat 800 bladzijden kunnen weergegeven worden.

Als er slechts 2 regels per raster uitgezonden worden betekent dit dat 1 bladzijde 0,24 sec. nodig heeft. Een magazine duurt 24 sec. en wanneer er 8 magazines volgeschreven worden duurt het $8 \times 24 \text{ sec.} = 3 \text{ min. } 12 \text{ sec.}$ voordat de volledige cyclus doorlopen wordt.

Rubrieken met informatie die niet op 1 bladzijde kan wordt met rollend bladzijde uitgezonden. Dit betekent dat het eerste deel eerst op het scherm verschijnt, wanneer de bladzijde nogmaals uitgezonden wordt het vervolg hiervan getoond en zo tot alle informatie gegeven is. In de ontvanger kunnen we ook één van deze bladzijden behouden.

6.3 Werking van teletekst

Bij het teletekstsysteem wordt gebruik gemaakt van het onderdrukingsinterval tijdens de beeldwisselingen. Tijdens de beide rasterimpulsen aan het eind van het eerste en het tweede deelbeeld zijn er steeds 12,5 regels zonder beeldinformatie. Dit is het onderdrukingsinterval tijdens de beeldwisseling. Gedurende deze onderdrukingsperiode kunnen aan de zenderkant extra tekens voor tekstinformatie in digitaal gecodeerde vorm worden ingevoerd. In de ontvanger zijn een uitbreiding voor teletekst en extra bedieningstoetsen nodig.

6.4 Nadeel

Het nadeel van het eerste TXT systeem is het tergend langzaam binnenkomen van de bladzijden. Als gebruiker moet je eerst een bladzijde kiezen, meestal een inhoudsbladzijde en dan wachten tot deze bladzijde binnenkomt. Dit neemt ongeveer 20 a 30 seconden in beslag, dan kies je een rubriek, weer wachten, de volgende bladzijde moet je opnieuw wachten. Je zit meer te wachten dan te lezen. Vooral wanneer een bladzijde niet in uitzending is blijf je wachten tot je het door hebt dat deze bladzijde niet komt.

6.5 Evolutie

Een eerste stap vooruit is de CCT (computer controlled TXT) die 4 blz. ineens kan ontvangen. Terwijl men een bladzijde leest is uw TXT ontvanger reeds de volgende aan het zoeken. Vooral als je opeenvolgende bladzijde leest is de wachttijd enorm ingekort. Intelligente systemen laten toe uw vaste voorkeurspagina's te programmeren of via de inhoud een 20 tal bladzijden in een geheugen op te slaan. Zeer handig voor iemand die wat met het systeem vertrouwd is maar voor de gewone gebruiker is de bediening er niet eenvoudiger op geworden.

6.6 Flop – Top

Als gebruiksvriendelijkere uitzendsystemen komt het FLOF (Full Level One Features) systeem eerst naar voor. Onderaan uw TXT bladzijde staan 4 rubrieken aangegeven elk in een verschillende kleur. Als je bvb sport gekozen hebt vind je onderaan VOETBAL (rood) WIELRENNEN (groen) TENNIS (geel) AUTOSPORT (blauw). Door een kleurtoets van uw afstandsbediening in te drukken bvb groen krijg je onmiddellijk de bladzijde WIELRENNEN op je scherm. Deze bladzijde kan weer verdere "links" bevatten waardoor je met je kleurtoetsen de gewenste bladzijde kan kiezen. Je hoeft de bladzijdennummers niet meer in te tikken. Vooral als je de voorbestemde bladzijden na elkaar leest is dit systeem gebruiksvriendelijk, wil je een willekeurige bladzijde lezen dan duurt het terug iets langer voor je de gewenste pagina krijgt. BBC en TVE maken gebruik van het FLOF TXT systeem.

De Duitse zenders maken gebruik van het TOP (table of pages) systeem. Hier wordt de inhoud ingedeeld in blokken: NIEUWS, SPORT, WEER VERKEER, enz... Iedere blok wordt ingedeeld in groepen: onder sport vinden we een groep VOETBAL, WIELRENNEN, TENNIS, enz ... Onderaan het scherm vinden we ook bij TOP 4 gekleurde rubrieken: namelijk vorige pagina (rood), volgende groep (groen), volgend blok (geel) en volgende bladzijde (blauw). Wil je hier in een bepaalde groep bvb wielrennen alle bladzijden lezen kan je onmiddellijk de volgende of voorgaande pagina lezen. Wil je overschakelen naar tennis dan kan dat ook meteen. Indien je wil overschakelen naar het volgend blok bvb weer en verkeer dan kan dat ook met de kleurtoetsen. Een voordeel hiervan is dat de uitgezonden bladzijden bijgehouden worden en de volgende bladzijde steeds de volgende bladzijde in uitzending zoekt. Ook TOP is een gebruiksvriendelijk systeem als je de volgorde van de zender respecteert.

6.7 Habbit watch

Habbit watch is een intelligent systeem dat in de TXT-decoder ingebouwd is en niet door de zender beïnvloed wordt. Omdat iedereen zijn eigen voorkeurbladzijden heeft en de volgorde zelf wil bepalen probeert habbit watch te voorspellen welke bladzijden de gebruiker zal oproepen. Eerst zoekt hij de volgende en voorgaande pagina's in uitzending op, ook zoekt hij alle pagina's van de inhoudslijst op en verder houdt hij een lijst bij met de meest gevraagde bladzijden van die gebruiker. Zo heeft de Habbit watch TXT een geheugen gevuld met 64 bladzijden klaar voor de gebruiker, uit die 64 blz. zal de gebruiker wellicht zijn keuze maken.

7 Bronvermelding

kleurentheorie:

Licht Op Kleur: Inleiding tot de theorie van Kleurvorming en Kleurwaarneming
Auteur: C. H. Kleemans
Cursus Fysica 6^e jaar
Auteur: D. Verhaeghe
Interne cursus KTV van N.V. PHILIPS INDUSTRIAL ACTIVITIES
Auteur : G. Uyttenhove
Televisietechniek deel I: Inleidende basistheorie
Auteur: Ing. M. Struye (Hoger Technisch Instituut Oostende)
<http://146.201.224.61/primer/lightandcolor/polarization.html>

Modulatie:

http://www.thelinuxreview.com/howto/intro_to_networking/c4014.htm
<http://www.howstuffworks.com/radio5.htm>

Overdracht televisiebeelden:

Televisietechniek deel I: Inleidende basistheorie
Auteur: Ing. M. Struye (Hoger Technisch Instituut Oostende)
Televisie Techniek (tweede editie)
Auteurs: O. Limann
H. Pelka

Opbouw van het beeld:

Televisietechniek deel I: Inleidende basistheorie
Auteur: Ing. M. Struye (Hoger Technisch Instituut Oostende)
<http://www.howstuffworks.com/tv.htm>
<http://www.howstuffworks.com/dtv.htm>
<http://www.howstuffworks.com/hdtv.htm>
<http://www.sparkysworld.co.uk/interlacing.htm>

Kleurenbeeldbuis:

Interne cursus KTV van N.V. PHILIPS INDUSTRIAL ACTIVITIES
Auteur: G. Uyttenhove
Televisietechniek deel I: inleidende basistheorie
Auteur: Ing. M. Struye (Hoger Technisch Instituut Oostende)
<http://www.hardwareinfo.nl/artikelen.php?id=39>
<http://www.howstuffworks.com/question694.htm>
<http://www.howstuffworks.com/monitor.htm>

Teletekst:

Interne cursus KTV van N.V. PHILIPS INDUSTRIAL ACTIVITIES
Auteur: G. Uyttenhove
<http://myweb.tiscali.co.uk/themicrouser/issues/05-03/howteletextworks.htm>

<http://teletext.mb21.co.uk/>

Plasma:

http://www.clavis.lt/nak%20soundspace/pdp42/pdp42_specs.htm
<http://projectionone.com/pdf/502.pdf>
http://www.pdpdisplay.com/eng/tech/e_intro.asp
<http://www.pctechguide.com/07pan2.htm>
<http://www.plasma.com.ru/products/pdp/component/component.html>

lcd :

<http://www.sin.khk.be/~hanne/ict/Nederlands/Nederlands.html>
<http://www.hardwareinfo.nl/artikelen.php?id=44&page=2>
<http://146.201.224.61/primer/lightandcolor/polarization.html>

*Noot: Enkele malen dezelfde bronnen omdat die in meerdere hoofdstukken gebruikt werden.

8 Dankwoord

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

Daarmee denken wij vooral aan de begeleidende leerkrachten. Dhr. Dirk Verhaeghe heeft ons neuswijs gemaakt in de lichtleer en technieken van de beeldvorming. Onze klastitularis Mevr. Degryse en Dhr. Develter, die onze schrijftaal een beetje heeft verzorgd. Dhr. Vanhooren bracht ons een heel interessant boek over televisietechniek en hij heeft ons op de opendeurdag enkele meetborden bezorgd waarmee wij konden experimenteren op modulatie technieken, waarvoor wij hem bedanken.

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

Verder bedanken wij nog Dhr. Filip Maeghe, die ons interne cursussen van Philips Electronics N.V. heeft kunnen bezorgen.

Wij mogen ook niet vergeten om onze materiële middelen te vernoemen. Er zijn enkele onmisbare instrumenten gebruikt: HP scanjet 5300c en LifeTec LT 9385 scanners, HP DeskJet 843c, HP DeskJet 610c, HP DeskJet 840c printers. Ook Bill Gates zijn wij erg dankbaar voor het starten van Microsoft. Om deze GIP te maken hebben wij namelijk Word 2002, Excel 2002, PowerPoint 2000 en Windows XP gebruikt.