

Aard : Afstudeerverslag  
Omvang : 222 pagina's  
Datum : 14 december 1978  
UDC :  
INSPEC :

Vakgroep : Transmissie van Informatie

Codenummer : 05-1-565(1978)28-154

Auteur : B.M. Janssen

Titel : De leesbaarheid van handgeschreven  
informatie bij overdracht via een  
kortegolf-verbinding.

Korte inhoud : Het onderzoek beperkt zich tot één modulatiemethode om  
handgeschreven informatie over te brengen via een kortegolf-  
verbinding. Het modulaat bestaat uit twee FM-gemoduleerde  
draaggolven.

Na een literatuuronderzoek naar de aard en de grootte  
van de storingen die bij ionosferische verbindingen kunnen  
optreden, werd een experimentele verbinding tot stand ge-  
bracht. Hiertoe werd een compleet modulatiesysteem gereali-  
seerd; bovendien werd een testbeeld-generator gebouwd, die  
willekeurige handgeschreven informatie kan onthouden en re-  
produceren. Daarmee was systematisch onderzoek naar de in-  
vloed van storingen op de beeldkwaliteit mogelijk.

Aan de hand van de meetresultaten worden conclusies ge-  
geven over de toegestane signaal/stoor-verhoudingen en over  
eventuele verbeteringen aan het gebouwde systeem.

Mentor : Ir. A.S.T. Kruijf

INHOUD

LIJST VAN GEBRUIKTE AFKORTINGEN	5
1 INLEIDING	7
1.1 Het doel van het onderzoek	7
1.2 Simulatie van het kanaal of een experimentele verbinding?	9
1.3 De opzet van het onderzoek	11
1.4 Het interpreteren van de meetresultaten	13
2 TRANSMISSIE VAN INFORMATIE VIA DE KORTE GOLF	15
2.1 Inleiding	15
2.2 Propagatie van HF-radiogolven	17
2.3 Selectieve fading en andere storingen	27
2.4 De keuze van de zendfrequentie en de antennepolarisatie	37
3 REALISATIE VAN HET SYSTEEM	41
3.1 Inleiding	41
3.2 Nummeringsafspraken	42
3.3 De opbouw van het tableau	45
3.4 De opbouw van het geheugen	47
3.5 De opbouw van de ontvanger	53
3.6 De opbouw van het interface	57
3.7 De gebruikte kortegolf-zender	59
3.8 De gebruikte kortegolf-ontvanger	65
4 METINGEN IN DE TESTFASE	66
4.1 Inleiding	66
4.2 Schrijfsignalen in de basisband	69
4.3 Schrijfsignalen in de LF-modulaatvorm (modulaat Doventelefoon)	77
4.4 Schrijfsignalen in de HF-modulaatvorm	95



5	METINGEN BIJ EEN AANTAL EXPERIMENTELE KORTEGOLF-VERBINDINGEN	103
5.1	Inleiding	103
5.2	Een verbinding in de 80-meterband over een afstand van 2 km	105
5.3	Een verbinding in de 80-meterband van Valkenburg naar Delft	113
5.4	Een verbinding in de 40-meterband van Valkenburg naar Delft	125
6	TOEPASBAARHEID EN MAATSCHAPPELIJKE RELEVANTIE	131
7	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	133
7.1	De resultaten die met het onderzoek verkregen zijn	133
7.2	Mogelijke verbeteringen aan het gebouwde systeem	137
7.3	Aanbevelingen voor verder onderzoek	141
	BIJLAGEN	145
A	CCIR Report 549: HF Ionospheric channel simulators	145
B	Documentatie van het tableau	155
C	Documentatie van het geheugen	161
D	Documentatie van de ontvanger	185
E	Documentatie van het interface	196
F	Documentatie van de netvoeding	198
G	De afregeling van het gehele systeem	200
H	Fotomateriaal bij paragraaf 4.2	202
I	Fotomateriaal bij paragraaf 4.3	209
J	De gebruikte apparatuur en de herkomst ervan	214
K	Het fotografisch vastleggen van schriftfragmenten en tekeningen	215
L	Literatuurlijst	217

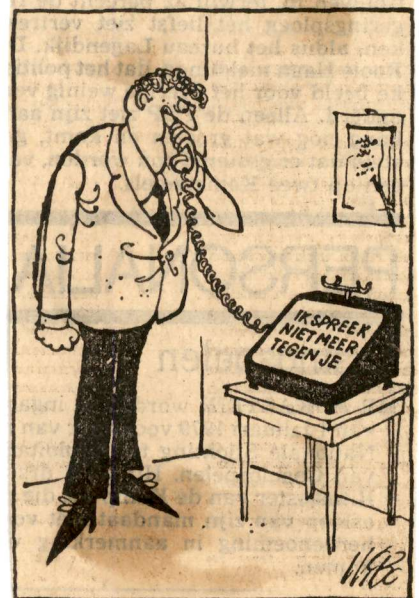
LIJST VAN GEBRUIKTE AFKORTINGEN

A/D	= analoog/digitaal
ADC	= analoog/digitaal converter
AF	= audio frekwent
AGC	= automatic gain control
CCIR	= international radio consultative committee
D/A	= digitaal/analoog
DAC	= digitaal/analoog converter
DC	= direct current
EPROM	= erasable programmable read-only memory
FM	= frekwentie modulatie
FSK	= frequency shift keying
HF	= hoog frekwent
HDF	= hoog doorlatend filter
IM	= intermodulatie
ITL	= informatie transmissie laboratorium
LF	= laag frekwent
LDF	= laag doorlatend filter
LSB	= 1. lower side band 2. least significant bit
MSB	= most significant bit
MUF	= maximum usable frequency
PLL	= phase locked loop
RAM	= random access memory
SF	= selectieve fading
SID	= sudden ionospheric disturbance
SSB	= single side band
TH	= technische hogeschool
TTL	= transistor-transistor logic
USB	= upper sideband
VCO	= voltage controled oscillator

'all the writing tips in the world can't help the fuzzy thinker, or the fellow trying to write a progress report with no progress to report'



schrijftelefoon



1 INLEIDING

1.1 Het doel van het onderzoek

De vakgroep Transmissie van Informatie doet onder meer onderzoek naar het overbrengen van handgeschreven informatie. Daarbij worden een aantal modulatiemethoden bekeken op hun eigenschappen en tekortkomingen.

Dit rapport behandelt de invloed van storingen op één van die modulaten.

Bovendien wordt de invloed van ruis op schrijfsignalen in de basisband nagegaan.

Bij het verlenen van de opdracht werd speciaal gedacht aan het via de korte golf overdragen van schrijfinformatie. Door meerwegpropagatie en absorptieverschijnselen ontstaat (selectieve) fading; dit type storing vormt de 'bottleneck' voor iedere kortegolf-verbinding. De opdracht was daarom om, naast de invloed van ruis en intermodulatie, vooral de invloed van selectieve fading op de over te zenden beelden na te gaan.

Kortegolf-kanalen kunnen door meerwegpropagatie en fading zo slecht zijn, dat informatieoverdracht, ongeacht het gekozen modulatiesysteem, soms onmogelijk wordt. Het idee achter het onderzoek is, om na te gaan of de in het handschrift aanwezige redundantie niet gebruikt kan worden om, juist bij zeer slechte ontvangstcondities, toch nog de boodschap te kunnen ontcijferen.

De gedachte is dat het menselijk oog ons, dank zij een mechanisme van aandacht en intelligentie, in staat stelt signalen van de ruis te onderscheiden, die een mechanische ontvanger beslist niet zou kunnen onderscheiden (patroonherkenning). Dergelijke beschouwingen gelden ook voor storing en interferentie door zenders buiten het communicatienetwerk.

Het onderzochte modulaat bestaat uit twee FM-gemoduleerde draaggolven:

$$\hat{e} \cdot \cos[2\pi(f_z + 1400 + 90 \cdot X)t] + \hat{e} \cdot \cos[2\pi(f_z + 2200 + 140 \cdot Y + 50 \cdot Z \cdot \cos(200\pi t))t]$$

met: X = de X-coördinaat van de pen (  $-1 \leq X \leq 1$  )  
Y = de Y-coördinaat van de pen (  $-1 \leq Y \leq 1$  )  
Z = de pen op/van het papier informatie ( Z=1: pen op het papier,  
f<sub>z</sub> = zendfrequentie in Hz. Z=0: pen van het papier)



Indien  $f_z=0$  komt het modulaat overeen met het modulaat dat bij de Doventelefoon [37] toegepast wordt. Zie voor een meer gedetailleerde beschrijving van het modulaat pagina 77.

Dit modulaat werd voor een eerste onderzoek aangewezen omdat de relatie tussen de optredende fouten en de gevolgen ervan in het schrift gemakkelijk te interpreteren lijkt.

Gezien de gecompliceerdheid van het systeem en vooral van het kanaal werd afgezien van een zuiver theoretische benadering van het probleem. Het is een nogal praktisch gericht onderzoek geworden.

Het leeuwedeel van de beschikbare tijd werd besteed aan de bouw van het systeem en van de testbeeld-generator. Hierdoor bleef er helaas weinig tijd over voor de metingen aan de experimentele kortegolf-verbinding. Gedurende in totaal 100 uur, verspreid over een 12-tal dagen, werd de verbinding onderhouden.

Om het inwerken van een eventuele opvolger te vergemakkelijken en doublures bij het literatuuronderzoek te voorkomen, werd een samenvatting van het literatuuronderzoek geschreven (hoofdstuk 2).

Ook met het oog op een eventuele voortzetting van het onderzoek of delen ervan, werd meer dan normale aandacht besteed aan de documentatie van de gebouwde apparatuur (bijlage B t/m G).

## 1.2 Simulatie van het kanaal of een experimentele verbinding?

Simulatie van het kanaal, de kortegolf-weg, zou in een aantal opzichten ideaal zijn: geen last van andere stations, bekende en te reproduceren storingen en men is niet afhankelijk van het al dan niet optreden van de juiste propagatiecondities. Daarnaast moet ook het voordeel niet onderschat worden, dat de zender en de ontvanger op één laboratoriumtafel kunnen staan.

Het nadeel is dat de simulatie zo goed is als het model dat er aan ten grondslag ligt. Uit Report 549 (zie bijlage A) van de CCIR [24] blijkt, dat de 12 onderzochte simulators op 10 verschillende modellen gebaseerd zijn en dat hun capaciteit om diverse real-time ionosferische condities na te bootsen, in verschillend opzicht beperkt is.

Simulators zijn vooral van nut bij het vergelijken van twee of meer systemen. Het rapport noemt de belangrijkste parameters voor een HF-ionosferische kanaalsimulator. Voor een aantal propagatiecondities worden representatieve waarden voor deze parameters gegeven.

Aangezien een kanaal-simulator niet aanwezig was en het bouwen ervan niet haalbaar leek, werd gekozen voor een niet gesimuleerde verbinding via de kortegolf. Door een geschikte keuze van de zendfrequentie, het tijdstip van zenden en de afstand tussen de zender en de ontvanger kan zelfs bij verbindingen over een kleine afstand een zeer gestoord kanaal verkregen worden. Bij de metingen in de praktijk werd selectieve fading tot ca. 30 dB gevonden.

Mochten de resultaten van het verkennende onderzoek in dit rapport daartoe aanleiding geven, dan kunnen later verbindingen onder andere condities of over grotere afstanden geprobeerd worden. Als deze verbindingen om organisatorische of andere redenen niet uitvoerbaar zijn, kan het gebruik van een kanaalsimulator alsnog overwogen worden.

TH Delft  
experimentele schrijf  
verbinding via de  
korte golf.

Het origineel

TH Delft  
experimentele schrijf  
verbinding via de  
korte golf.

Weergave via een cassette-recorder

Figuur 1. De beeldkwaliteit van een, op een cassette-recorder opgenomen, tekstfragment.

### 1.3 De opzet van het onderzoek

Een literatuuronderzoek leverde de benodigde gegevens op over de propagatie-eigenschappen van de ionosfeer. Daaruit bleek dat een verbinding met de gewenste slechte kwaliteit ook bij afstanden binnen Nederland te realiseren is. Hierna werd overgegaan tot de bouw van het modulatiesysteem.

Hoe een en ander gerealiseerd is, wordt in hoofdstuk 3 en de bijlagen B t/m G beschreven.

Van begin af aan is er van uitgegaan dat het zendstation liefst automatisch en onbemand moest kunnen functioneren. Dit stelt hoge eisen aan de betrouwbaarheid van het materiaal.

Daarnaast werd rekening gehouden met het verplaatsen van de zender naar een aantal locaties. Daarom is extra aandacht besteed aan de robuustheid van de gebouwde apparatuur.

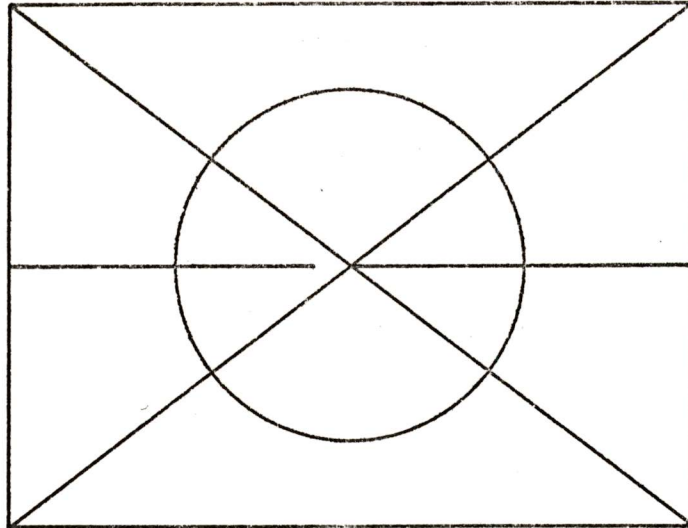
Essentieel voor een onderzoek naar de storingsgevoeligheid is, dat steeds hetzelfde testsignaal ter beschikking staat, zodat vergelijkende metingen gedaan kunnen worden. In ons geval hebben we een generator nodig, die handschrift-fragmenten of tekeningen levert.

Eerst werd aan een bandrecorder gedacht, waarmee de tekeningen in de LF-modulaatvorm vastgelegd konden worden. De beelden in figuur 1 laten de inferieure beeldkwaliteit zien, als gebruik gemaakt wordt van een goed werkende cassette-recorder. Afgezien hiervan, maakt het gebruik van een bandrecorder het realiseren van een onbemand zendstation niet goed mogelijk.

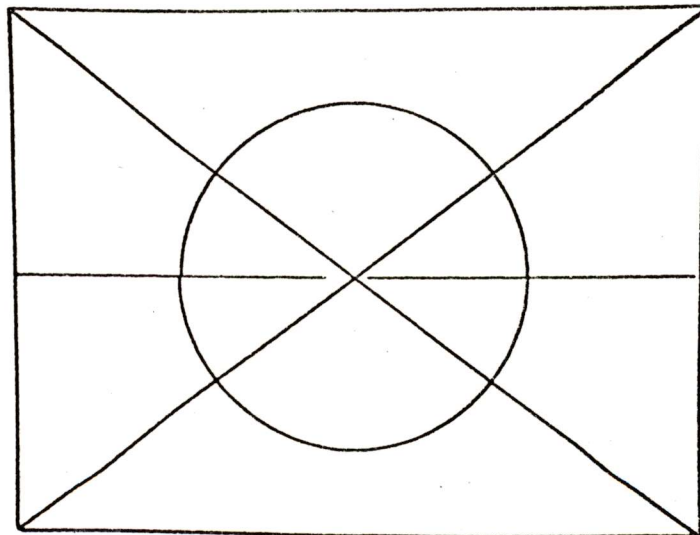
Daarom is een beeld-generator gebouwd, die 5 verschillende tekstfragmenten of tekeningen kan leveren. Vier beelden zijn permanent aanwezig, het vijfde kan naar believen veranderd worden. Dit veranderen gebeurt door simpelweg de nieuwe tekst of tekening op het tableau te schrijven. De opslag van de beelden vindt plaats in digitale vorm in RAM's en EPROM's; om deze reden wordt de testbeeld-generator verder het geheugen genoemd.

Na de bouw volgde het uittesten van het systeem onder laboratoriumomstandigheden. De meetresultaten hiervan zijn in hoofdstuk 4 te vinden.





Het ontworpen testbeeld



Een foto van het testbeeld

Fig 2. De beeldvervorming, die ontstaat door een foute camera-opstelling en het niet goed afgeregeld zijn van de memoscoop.

Bij de eerste reële verbinding via de kortegolfweg werd de afstand klein genomen (2 km). Dit in verband met de bereikbaarheid van de zender. Deze verbinding had voornamelijk de functie van een praktijktest voor het systeem onder reële condities.

Later werd de zender naar Valkenburg (Z-H) verplaatst. Bij deze verbinding werd selectieve fading verwacht en gevonden.

#### 1.4 Het interpreteren van de meetresultaten

Bij het onderzoek is in hoofdzaak gebruik gemaakt van twee testbeelden: een tekst-fragment en een, met de computer berekend, volledig meetkundig testbeeld.

Het eerste laat vooral de invloed van storing op de leesbaarheid zien. Aan de hand van het tweede testbeeld kan de beeldkwaliteit goed beoordeeld worden.

De foto's zijn op ware grootte weergegeven. De grootte van het originele schrijfvlak is 89 x 67 mm.

In alle beelden komt eenzelfde fout voor die niet het gevolg is van tekortkomingen van de gebouwde apparatuur of van -al dan niet opzettelijk aangebrachte- stoorsignalen. Deze is een lichte trapeziumvormige vertekening van de beelden. De vertekening is het beste te zien bij het meetkundige testbeeld, zie figuur 2 .

Er zijn twee oorzaken voor aan te wijzen:

1. De, als display gebruikte, memoscoop was niet geheel correct afge-regeld. De gevolgen daarvan zijn vooral zichtbaar aan de linker onderkant van het beeld.
2. Bij het maken van de foto's van het beeldscherm was het filmoppervlak niet altijd planparallel aan het scherm.

Deze vervorming is echter gemakkelijk te onderscheiden van de andere, door het gebouwde systeem veroorzaakte, storingen, zoals het afronden van snel getrokken scherpe hoeken en het niet precies op de goede plaats beginnen van een lijnstuk.

De afrondingen zijn het gevolg van de aanwezigheid van de 7,5 Hz LD-filters in het systeem. Het niet op de juiste plaats beginnen van een lijnstuk wordt veroorzaakt door een onjuiste vertraging van het pen-up/pen-down-signaal; deze vertraging is nodig om de looptijd van het X- en

Y-signaal door de 7,5 Hz LD-filters te compenseren.

## 2 TRANSMISSIE VAN INFORMATIE VIA DE KORTE GOLF

### 2.1 Inleiding

Bij de literatuurstudie werd een aantal voor dit onderzoek uitstekend bruikbare publicaties gevonden. In plaats van deze hier sterk verkort en vermoedelijk onvolledig weer te geven, wordt volstaan met een verwijzing naar deze publicaties. Alleen de meest elementaire zaken worden in dit hoofdstuk vermeld.

#### Propagatie

De propagatie van radiogolven is in het algemeen een complex geheel. Maar met name bij verbindingen via de ionosfeer in het frequentiegebied van 3 tot 30 MHz is de propagatie afhankelijk van een groot aantal parameters. Om er een paar te noemen:

- tijdstip van de dag
- jaargetijde
- de 11-jarige zonnecyclus
- de geografische ligging
- ionosferische stormen
- plotselinge verstoringen van de ionosfeer (SID's)
- verstrooiing (scattering)
- via welke laag (lagen) verloopt de verbinding

In de loop der tijd is veel -meestal statistisch- onderzoek gedaan naar de invloed van deze variabelen. Voor een groot aantal effecten is een model opgesteld of zijn er statistische gegevens bekend. Op basis hiervan kan een prognose gedaan worden over het percentage van de tijd dat een bepaalde verbinding mogelijk is.

In de volgende paragrafen zullen alleen een paar eenvoudige propagatiemechanismen besproken worden.

Een uitstekende inleiding is te vinden in hoofdstuk I van [25]. Veel uitgebreidere informatie over het onderwerp geeft [20]. Naast de nodige theorie bevat het boek een handleiding voor het zelf berekenen van radioverbindingen. Ook de literatuurlijst van ruim 400 titels kan van nut zijn. Veel nuttige, maar vaak nogal gedetailleerde, informatie staat in de boeken van de CCIR: [12], [13], [14], [22], [23] en [24].



Fading heeft een beslissende invloed op de prestatie van radio-communicatie systemen en op het type modulaat dat met succes gebruikt kan worden. Het is dan ook essentieel de hevigheid en de snelheid van de fading te kennen om in staat te zijn het noodzakelijke zendvermogen, de mate van bescherming tegen interferentie te specificeren en te beslissen welk systeem de effecten van fading het meest effectief en economisch de baas is.

### Modulatievormen

Hoewel het onderzoek zich tot één modulatiesysteem beperkt, is het toch interessant om iets te weten over andere modulatiesystemen, die bij kortegolfverbindingen gebruikt worden. Vooral de bestudering van die systemen, die gebruik maken van frequentiemodulatie (FSK, facsimile e.d.), kan gegevens opleveren voor het onderzoek.

Hoofdstuk III van [25] geeft een kort overzicht van de in gebruik zijnde zend- en ontvangstechnieken. Verder zijn er een groot aantal publicaties van de CCIR beschikbaar. Waar gebruik gemaakt is van de conclusies of aanbevelingen uit deze rapporten wordt dit vermeld.

### Het opzetten van een HF-radioverbinding

Behalve het al eerder vermelde boek [20] geeft in het bijzonder hoofdstuk IV van [25] een duidelijk overzicht van de eisen, waaraan een HF-radioverbinding moet voldoen en hoe deze opgezet moet worden. De laatstgenoemde publicatie doet dat nogal uitgebreid.

Er wordt onderscheid gemaakt tussen een verbinding met een hoge en met een matige betrouwbaarheid.

De betrouwbaarheid van een verbinding is gedefinieerd als de waarschijnlijkheid dat communicatie met succes tot stand gebracht wordt op een gegeven frequentie op een gegeven tijdstip; het succes van de communicatie hangt ook af van een geschikte signaal/ruis verhouding bij de ontvanger.

Bij een verbinding met een hoge betrouwbaarheid is de waarschijnlijkheid van de communicatie 90 procent van de dagen per maand. Bij een matige betrouwbaarheid is dat 50 procent.

De genoemde getallen maken duidelijk dat een verbinding, ongeacht het toegepaste modulatiesysteem, soms onmogelijk is.

## 2.2 Propagatie van HF-radiogolven

De propagatie van radiogolven wordt beïnvloed door het medium waarin de golven zich voortplanten en hangt af van de frequentie van de gebruikte golven. Voor het overbruggen van grote afstanden worden onder meer HF-radiogolven gebruikt (3-30 MHz). Hierbij wordt dan gebruik gemaakt van het reflecterend vermogen van de diverse lagen in de ionosfeer.

De verbinding komt tot stand via de indirecte (gereflekteerde) golf of via de direkte golf (grondgolf) of via een combinatie van beide. De grondgolf is echter in dit frequentiegebied alleen van betekenis bij het verzenden van informatie over kleine afstanden.

### De opbouw van de atmosfeer

De atmosfeer van de aarde is te verdelen in twee gebieden:

Van het aardoppervlak tot een hoogte van ca. 20 km spreken we van de troposfeer. Hierin is de ionisatie van de aanwezige gassen te verwaarlozen en de dielektrische constante ervan is ongeveer een. Afgezien van onweersontladingen, die elektromagnetische storingen veroorzaken, onder vinden HF-radioverbindingen weinig invloed van de troposfeer.

De ionosfeer ligt tussen ca. 60 en 500 km hoogte. Door de invloed van de zonnestraling worden de aanwezige gassen geïoniseerd. Er is geen scherpe scheidingslijn tussen de geïoniseerde lagen; ze vormen een continue zone in de atmosfeer die niet uniform is geïoniseerd en die tenminste vier niveaus heeft waarin een vergrootte dichtheid van vrije elektronen optreedt.

Noch de elektronen dichtheid, noch de hoogte van de diverse niveaus is constant in de tijd of als functie van de geografische locatie. De vier belangrijkste niveaus worden gewoonlijk als volgt ingedeeld:

- D-laag, op ongeveer 65-85 km: de elektronen dichtheid is gevoelig voor zonneuitbarstingen; bestaat hoofdzakelijk tijdens de uren dat het licht is.
- E-laag, op ongeveer 90-130 km: gekarakteriseerd door een duidelijke regelmaat in aanwezigheid en gedrag; de maximale hoogte wordt in de winter bereikt; op een hoogte van ongeveer 100-120 km wordt soms een laag, die  $E_g$  (sporadische E) genoemd wordt, gevonden die net zo sterk geïoniseerd kan zijn als de  $F_2$ -laag.



- F<sub>1</sub>-laag, op ongeveer 150-250 km: bestaat in hoofdzaak overdag; de hoogte ervan is het grootst in de winter.
- F<sub>2</sub>-laag, op ongeveer 220-450 km: dit is de meest onstabiele laag; de hoogte varieert met de zonne-activiteit; de grootste hoogte wordt in de zomer bereikt.

### Het mechanisme van de ionosferische reflectie

Het is gebruikelijk te zeggen dat de ionosfeer radiogolven reflecteerd. Deze reflectie kan echter niet vergeleken worden met die van een spiegel. Het is nauwkeuriger te zeggen dat een opeenvolging van brekingen optreedt met verschillende brekingsindices, het uiteindelijke resultaat hiervan is een reflectie.

Of een golf al dan niet gereflecteerd wordt hangt af van de frequentie ervan, de hoek van inval en de mate van ionisatie van de ionosferische laag. Ook van deze factoren is afhankelijk hoe diep een gereflecteerde golf in een laag doordringt.

Ontvangst van de indirecte golf is onmogelijk in het gebied tussen de zender en het punt waar de eerste gereflecteerde golf de grond bereikt. Stralen die met een meer verticale richting vanuit de zendantenne vertrekken worden niet gereflecteerd maar penetreren de lagen in de ionosfeer en gaan in de ruimte verloren. De zone rond de zender waar ontvangst via de indirecte golf onmogelijk is wordt de skip zone genoemd.

Als we golven beschouwen die vertikaal omhoog gaan, dan worden deze, afhankelijk van de condities, gereflecteerd of niet. De frequentie, waarbij de grens tussen totale reflectie en penetratie bereikt wordt, heet de critische frequentie.

De term maximaal bruikbare frequentie (MUF) geeft de hoogste frequentie op een gegeven tijdstip aan waarbij transmissie via ionosferische afbuiging verzekerd is. Bij voorbeeld: MUF (2000) F<sub>2</sub>. Het getal tussen de haakjes geeft de te overbruggen afstand (in km) aan. F<sub>2</sub> geeft de laag aan waarop de gegeven MUF betrekking heeft.

Voor een verticale straal geldt dat de kritische frequentie = MUF(0). Aangezien de demping, die radiogolven ondervinden, omgekeerd evenredig met de frequentie is, wordt een verbinding het liefst tot stand gebracht

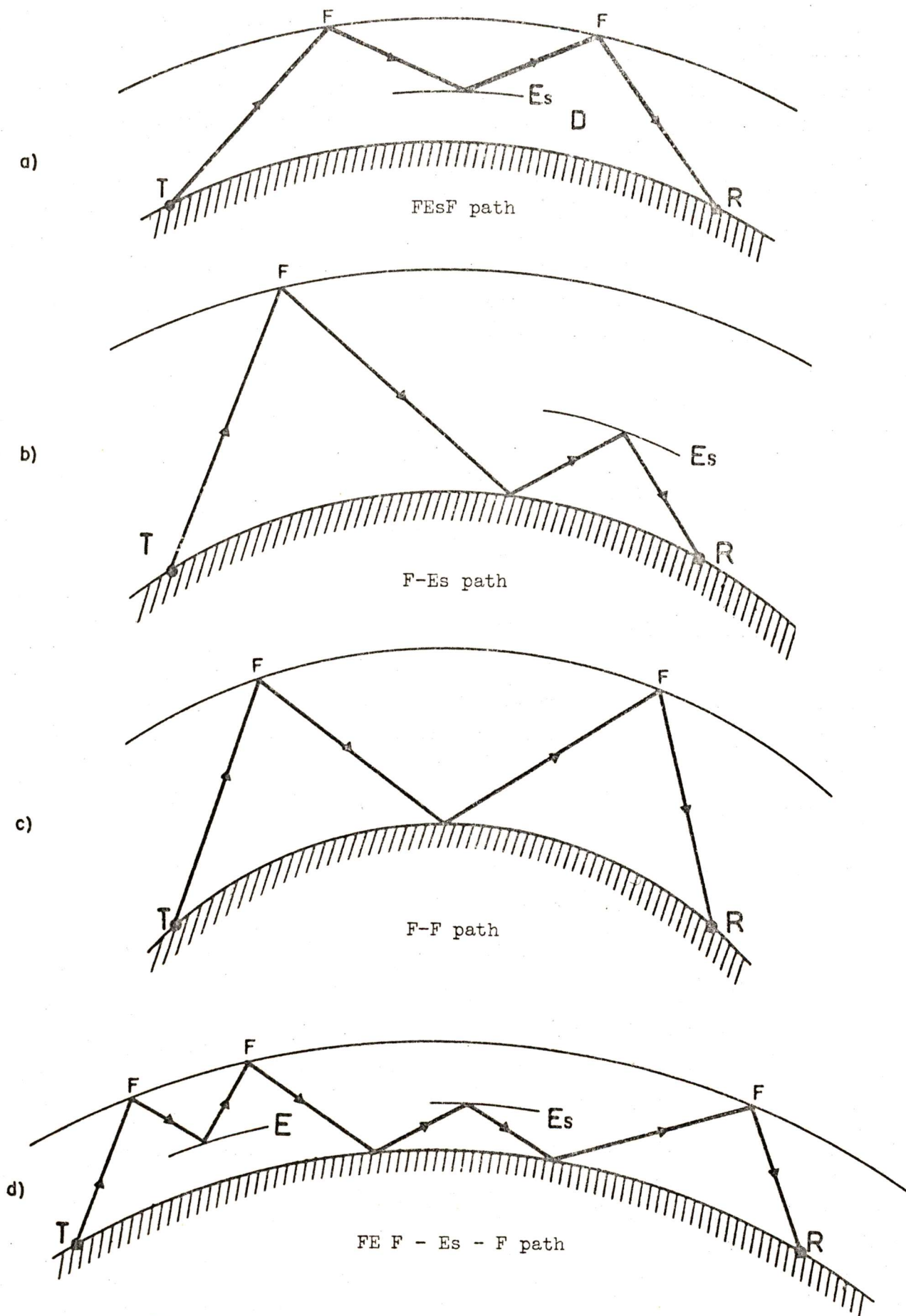


Fig. 3. Examples of multi-hop transmission paths

E = E layer

T = Transmitter

Es = Sporadic-E layer

R = Receiver

F = F region



bij een frequentie die iets lager (ca 10 procent) is als de MUF voor die laag en voor die afstand.

Hoe groter de afstand, d.w.z. hoe horizontaler de stralen, des te hoger is de MUF.

#### De geometrie van de transmissie weg

Met een-hops transmissiewegen worden die wegen bedoeld waarbij maar één reflectie tegen een geïoniseerde laag optreedt. De kleinste afstand tussen de zender en de ontvanger hangt af van de MUF; is de zendfrequentie lager als de kritische frequentie dan ontstaat geen skip-zone. De grootste afstand die door een eenhop-verbinding overbrugd kan worden is 4000 km bij reflectie via de  $F_2$ -laag en 2000 km voor de E-laag.

Naast eenhops-wegen vinden we in de praktijk vaak meerhops-verbindingen. Er is dan sprake van meervoudige reflecties tegen een laag of een serie van reflecties tegen verschillende lagen, voorbeelden hiervan staan in figuur 3 a t/m d. Er moet rekening mee gehouden worden dat de lagere lagen (E en  $E_s$ ) zo sterk geïoniseerd kunnen zijn dat zij een afscherming vormen tussen de F-lagen en de aarde.

Vele wegen, vooral die langer dan 1000 km zijn, kunnen in hoge mate asymmetrisch zijn, aangezien de hoogtes en de kritische frequenties van hoogst waarschijnlijk variëren langs de weg. Een golf kan bijvoorbeeld voor een deel van de weg door de E-laag gereflekteerd worden en door de  $F_2$ -laag voor de rest van de weg.

#### Regelmatige variaties in de ionosfeer

Aangezien de ionisatie van de ionosfeer ontstaat door zonnestraling, waarvan de ultraviolette stralen het meest actief zijn, variëren alle ionosferische karakteristieken gedurende de dag en in overeenstemming met het seizoen. Bovendien varieert de intensiteit van de ioniserende straling van de zon gedurende de 11-jarige zonnevlekkencyclus.

Bij deze variatie in de tijd moeten nog de variaties gevoegd worden, die het gevolg zijn van de lengte- en de breedtegraad.

Hieruit volgt dat de waarden van de MUF in de tijd en naar de plaats zal variëren.

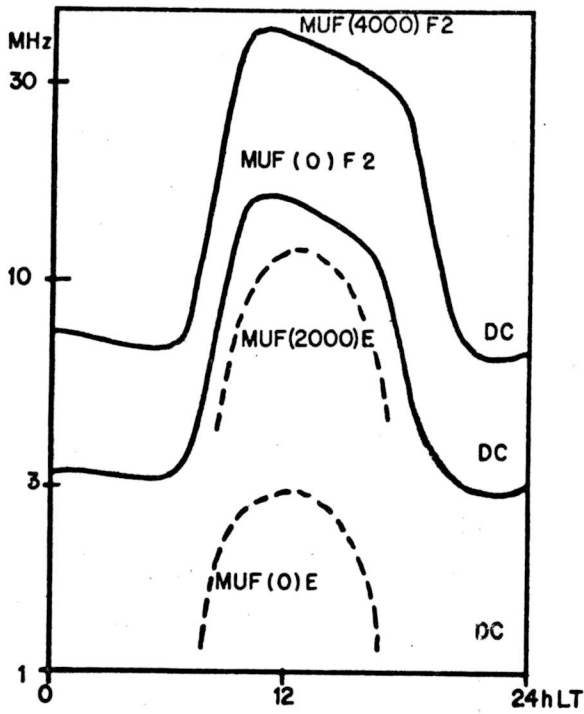


Fig. 4  
Variation of MUF in 24 hours  
(local time) (Northern hemisphere)  
DC = December

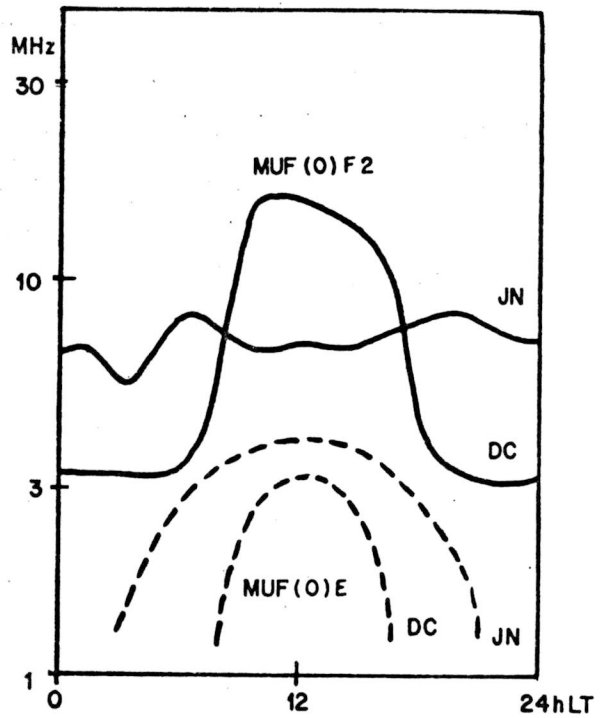


Fig. 5  
Variation of MUF with season  
(local time) (Northern hemisphere)  
JN = June  
DC = December

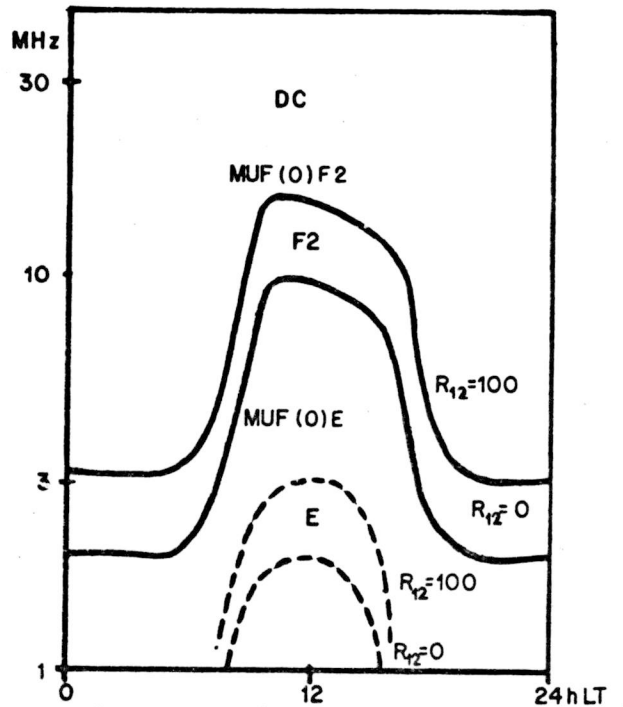
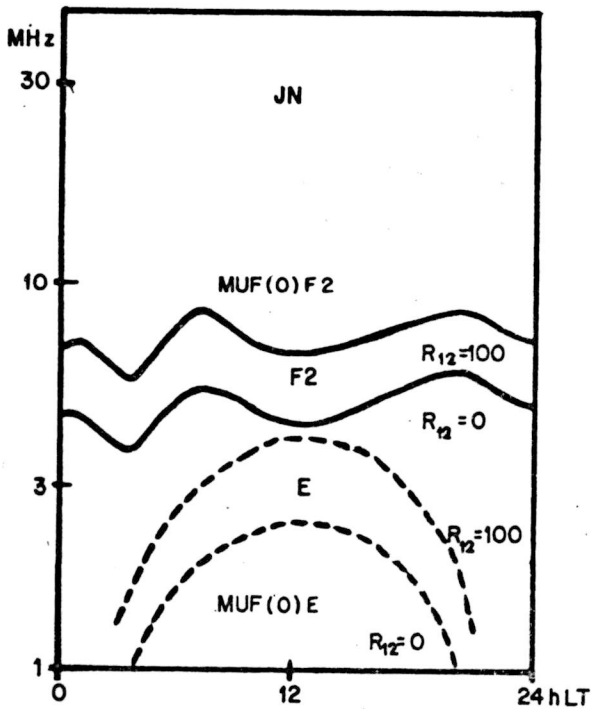


Fig. 6. Variation of MUF with sunspot activity (local time)  
(Northern hemisphere)

$R_{12}$  = Relative sunspot number

JN = June

DC = December

Dagelijkse variaties: Zodra een deel van een geïoniseerde laag niet langer door de zon verlicht wordt, vindt geen nieuwe ionisatie meer plaats, terwijl de aanwezige ionen door recombinitie verdwijnen. Daarom vertoont de MUF een minimum dat meestal net voor zonsopgang waar te nemen is en een maximum rond, of kort na, de plaatselijke middag (zie fig. 4 ).

Seizoenvariaties: Figuur 5 geeft een indruk van de invloed van het jaargetijde.

Variaties t.g.v. de zonnevlekken-cyclus: Het aantal zonnevlekken beïnvloedt de MUF. In jaren van intense zonnevlekken activiteit is er meer ionisatie en zijn alle MUF's in het algemeen hoger (zie fig. 6 ).

Variaties als functie van de lengte- en breedtegraad: Hoe hoger de zon aan de hemel staat, des te groter is de ionisatie en zijn de E-MUF's en de  $F_1$ -MUF's hoger.

De  $F_2$ -MUF is op een nog ingewikkelder manier afhankelijk van de geografische ligging. Figuur 7 laat iets meer van deze afhankelijkheid zien.

#### Onregelmatige variaties in de ionosfeer

De lagen in de ionosfeer zijn geenszins stabiel. Sterke horizontale en verticale bewegingen van de gasmassa's veroorzaken statistische fluctuaties in allerlei waargenomen gegevens, of ze nu te maken hebben met de MUF, de hoogte van de lagen of de signaalsterkte. Een deel van de energie van de invallende straal wordt in alle richtingen verstrooid, zelfs achterwaarts.

Fading, d.w.z. variaties in de sterkte van het ontvangen signaal is in de HF-banden het gevolg van een aantal oorzaken:

- variaties in de ionosferische absorptie.
- interferentie tussen de verschillende samengestelde golven van een signaal, dat gepropageerd is langs verschillende wegen of door verschillende modes en dat dus verschillende propagatietijden heeft.
- veranderingen in de polarisatie van de, naar de aarde gereflekteerde, indirecte golf.

Fading kan nadelige gevolgen hebben op zowel de korte als de lange termijn.

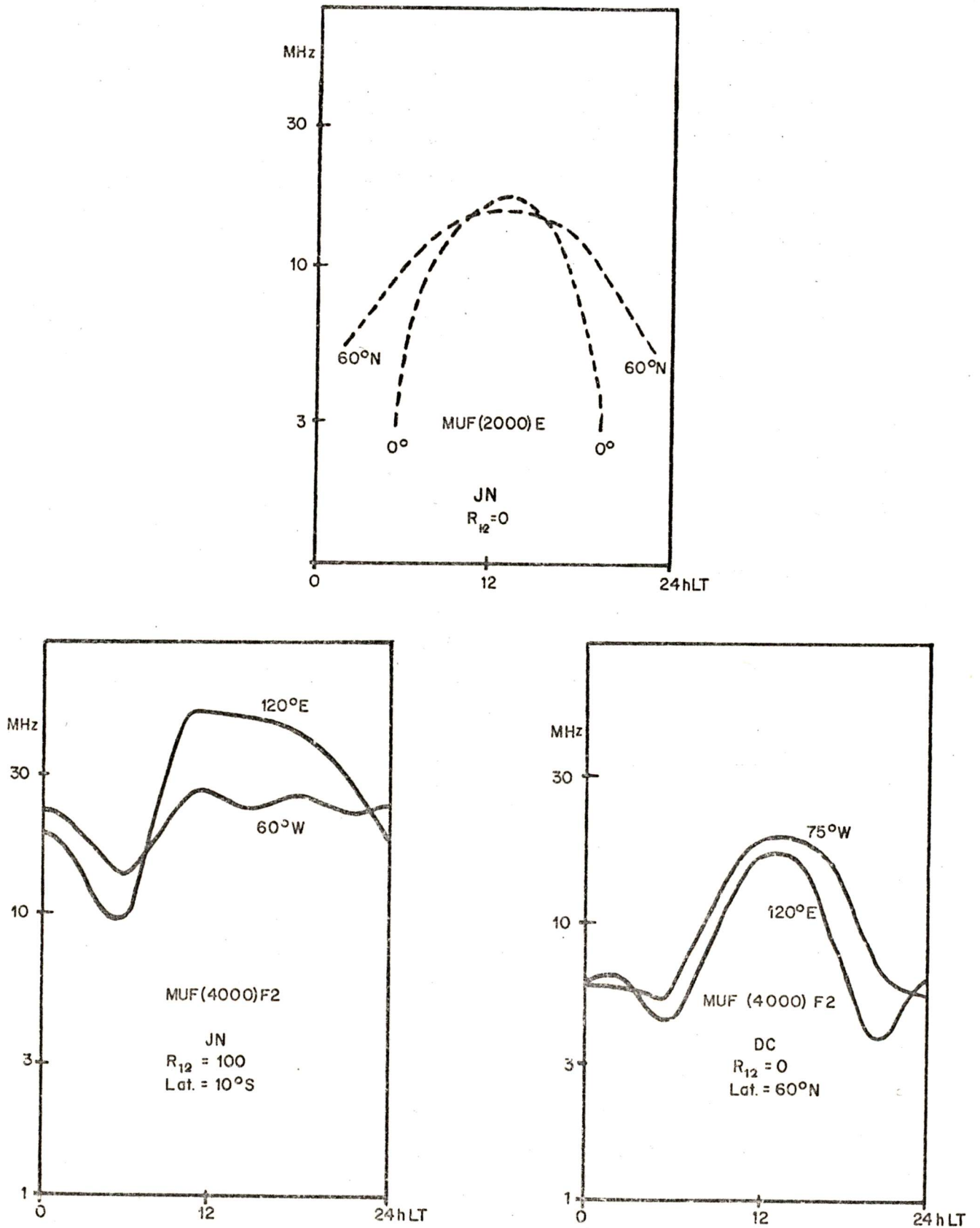


Fig. 7 Variation of MUF with latitude and longitude (local time)

R<sub>12</sub> = Relative sunspot number

JN = June

DC = December

LT = Local time

Plotselinge ionosferische verstoringen (SID) kunnen een plotselinge toename in de absorptieeigenschappen veroorzaken. Vooral de lagere banden hebben er last van. Soms kunnen alle frequenties op een bepaalde weg onbruikbaar worden; er is dan sprake van een totale uitval van de verbinding.

SID's duren relatief kort, zelden langer als 2 uur; ze treden alleen overdag op.

Ionosferische stormen worden veroorzaakt door allerlei andere door de zon of door de aarde veroorzaakte fenomenen, zoals magnetische stormen, aurora's e.d. De storingen duren enkele dagen; vooral de hogere banden worden aangetast.

Meteoor inslagen in de ionosfeer kunnen zich snel verplaatsende geïoniseerde gebieden in de ionosfeer veroorzaken. Als het om een grote meteoor gaat, kan zo'n spoor een aanzienlijke hoeveelheid energie reflektieren. Aangezien er sprake is van beweging, ondergaat de gereflekteerde golf t.g.v. het Doppler-effect een frequentieverandering ([20], pag 111).

#### Veldsterkte en atmosferische ruis

De MUF vertegenwoordigt een natuurlijke beperking van HF-radiocommunicaties, bepaald door de dichtheid van de vrije elektronen en de geometrie van de radiostralen.

Is reflectie mogelijk i.v.m. de MUF, dan moet nog voldaan worden aan een voldoende grote S/N verhouding aan de ontvangstkant van de verbinding. De veldsterkte als functie van de afstand tussen de zender en de ontvanger neemt af door transmissieverliezen en absorptie.

De storing die optreedt is te verdelen in ontvangerruis, atmosferische storing en door mensen veroorzaakte storing. Hiervan overheerst normaliter de atmosferische ruis.

Transmissie verliezen: In de vrije ruimte zou de veldsterkte geleidelijk aan afnemen met een toenemende afstand tussen de zender en de ontvanger. In de praktijk gebeurt dit zelden, omdat verstrooiing, veranderingen in de polarisatie of inhomogeniteiten extra verliezen veroorzaken, terwijl focusering van meerdere stralen een extra winst kan opleveren.

Verder moet rekening gehouden worden met de verliezen die bij reflectie tegen de aarde of ionosfeer optreden.

Absorptie: Na zonsopgang wordt de D-laag (die 's nachts verdwenen was) steeds dikker en werkt dan als een absorberend filter dat in de stralengang geplaatst is. Na 12 uur plaatselijke tijd neemt de absorptie weer af. De absorptie van de D-laag is omgekeerd evenredig met de frequentie. De absorptie van de D-laag wordt niet-deviatief genoemd, omdat de richting van de stralen niet veranderd wordt. In de E- en F<sub>2</sub>-lagen moet ook rekening gehouden worden met de deviatieve absorptie, die altijd samen gaat met breking.

Op het punt van ontvangst treedt een natuurlijke atmosferische ruis op, die op het gewenste signaal gesuperponeerd wordt. Elektrische verschijnselen in de atmosfeer werken in feite als natuurlijke radiozenders, verspreid over een groot gebied en hebben een zeer breed frequentiespectrum. Ruis wordt dus gepropageerd door direkte en indirecte golven over willekeurig verdeelde elevatiehoeken. De MUF-bependingen zijn ook van toepassing op de ruis. Wanneer de frequentie toeneemt neemt de ruis af, afhankelijk van het tijdstip, seizoen en de geografische ligging. CCIR Report 322 beschrijft de meetgegevens van de atmosferische ruis over de hele wereld voor verschillende uren en seizoenen.



### 2.3 Selectieve fading en andere storingen

Of een verbinding via de ionosfeer mogelijk is, hangt af van het beschikbaar zijn van een propagatieweg (keuze van de juiste frequentie) én van een voldoende grote S/N-verhouding voor het te gebruiken modulaat. Nu het propagatiemechanisme enigszins duidelijk is, komen de storingen aan de beurt.

Hiervan is fading, die meestal selectief is, het meest funest voor de communicatie via de ionosfeer. Fading kan maar ten dele bestreden worden door het vergroten van het zendvermogen. Meer succes heeft het toepassen van het diversity-principe (twee of meer ontvangst-antennes of zendfrequenties). Meer gegevens over diversity in [25] par. 2.4.2, en [26] hoofdstuk 16.

De S/N-verhouding aan de ontvangstkant wordt verder bepaald door de sterkte van de ongewenste stoorsignalen, zoals atmosferische, buitenaardse en door mensen veroorzaakte storing en niet te vergeten andere stations in hetzelfde kanaal. Deze storingen zijn te overwinnen door het toepassen van grotere zendvermogens.

Bij de passage door de ionosfeer treden ook nog veranderingen in de fase en de frequentie van de radiogolven op. Deze zijn het gevolg van het Doppler-effect.

#### Fading

Fading heeft een beslissende invloed op de prestaties van radiocommunicatie-systemen en het type modulaat dat met succes gebruikt kan worden. Daarom is het essentieel de hevigheid en de snelheid van de fading te kennen, om zo in staat te zijn het benodigde zendvermogen en de verdere vereisten voor de verbinding uit te kunnen rekenen.

De fading kan regelmatig of onregelmatig zijn, afhankelijk van de oorzaak ervan. Zo is bv. de fading die het gevolg is van polarisatieveranderingen over het algemeen regelmatig, terwijl interferentiefading zowel regelmatig als onregelmatig van aard kan zijn.

De periode van een enkele fading kan variëren van een fraktie van een seconde (bv. 0,01 s) tot meer dan een uur, afhankelijk van het type fading. Meestal zullen meerdere typen fading tegelijkertijd optreden. Wanneer dit het geval is, is het soms mogelijk een overheersende fadingcyclus te onderscheiden.

frequentie (MHz)	bereik (km)	tijd van de dag	type fading	fading- diepte (%)	periode
0,1	0	nacht	interferentie	50	1 tot 5 minuten
1	1000	nacht	interferentie	85	0,1 tot 1,0 minuut
1	1000	dag	interferentie	0	geen merkbare fading
10	0 tot 10.000	dag en nacht	interferentie	100	1 tot 10 seconde
10	3000	avond	flutter	?	0,1 tot 0,01 seconde

Figuur 8 . Fading snelheden als functie van de frequentie (grootte-orde)

Een grove indruk van de grootteorde van de fadingperiodes van verschillende types van propagatie kan uit de tabel in fig. 8 verkregen worden. De gegeven waarden zijn het gemiddelde van een bereik van meerdere decades en moeten ook zo gehanteerd worden.

Fading kan veroorzaakt worden door een aantal verschillende effecten, zoals:

- de beweging van de ionosfeer en veranderingen in de meerwegs-propagatie, die interferentie veroorzaken;
- veranderingen in de polarisatie van een indirecte golf die naar de aarde gereflekteerd wordt;
- variatiies in de ionosferische absorptie als functie van de tijd;
- focussering en het tijdelijk verdwijnen van het signaal door een plotselinge grote verandering van de MUF.

De periodes van interferentie- en polarisatiefading kunnen in de orde van een fractie van een seconde tot enkele seconden duren; focussering duurt ongeveer 15 tot 30 minuten, absorptiefading kan meer dan een uur duren; plotselinge variaties in de MUF zijn in hoge mate onregelmatig en treden op in periodes van in- en uitfaden.

Fading tendeert ernaar sneller te zijn bij hoge frequenties dan bij lage frequenties.

Op een grote schaal gezien bestaat de ionosfeer uit concentrische homogene lagen; maar hij bestaat, wanneer men naar details kijkt, uit bepaalde inhomogeniteiten, en is in een voortdurende beweging, die tot gevolg heeft dat de lagen niet permanent horizontaal zijn, maar zich voortdurend verplaatsen ten opzichte van de grond.

Dit betekent dat een ontvanger meestal signaal zal ontvangen via een aantal wegen. Omdat deze wegen niet allemaal even lang zijn, treedt interferentie op tussen de verschillende stralen. De lengte van de wegen varieert voortdurend en de fases van de stralen zijn willekeurig verdeeld - ze hebben de fading in de ontvangen signaalsterkte ten gevolge.

Interferentiefading is meestal selectief, omdat het verschil in weglengte, uitgedrukt in golflengtes, een functie is van de frequentie. Als er een behoorlijk verschil in weglengte is en de golflengtes klein zijn, dan worden er vlak naast liggende frequenties (zelfs diegenen die tot hetzelfde kanaal behoren) door de fading niet op dezelfde manier en niet op hetzelfde moment aangetast. Door deze selectieve fading wordt bv. spraakcommunicatie ernstig vervormd.

Polarisatie-fading is het resultaat van veranderingen in de polarisatie van de EM-golven van het ontvangen signaal ten opzichte van de orientatie van de ontvangstantenne. Wanneer de polarisatie van de golf overeenkomt met die van de antenne, is de geïnduceerde spanning in de antenne maximaal. Meer over deze vorm van fading staat in [10] par. 13.6.3.

Variaties in de absorptie van de D, E en/of F-laag veroorzaken fading. De demping is maximaal in de buurt van de collision-frequentie. Meer informatie hierover in [10] par. 13.4 en [20] par 6.2.1.3.

Doordat een bundel stralen via een gekromde ionosferische 'spiegel' teruggekaatst wordt, kan focussing van de stralen optreden. [10] par. 13.3.1 behandelt dit verschijnsel.

Er is sprake van MUF-fading als interferentie ontstaat tussen de signalen die optreden wanneer een golf op het punt staat door de ionosfeer heen te dringen. [10] par. 13.6.2 behandelt dit verschijnsel.

Bij het onderzoek wordt alleen naar de invloed van snelle fading gekeken, omdat alleen die een invloed op de leesbaarheid van schrift heeft, waarbij nog gebruik gemaakt kan worden van de niet gestoorde gedeeltes van een woord. De duur van de storing moet dan in de grootteorde liggen van de tijd die nodig is om één letter te schrijven (ca. 1/3 seconde). Dat wil zeggen dat we allen geïnteresseerd zijn in snelle fading, d.w.z. in hoofdzaak interferentie-fading. Dit type fading is meestal selectief.

In [14] Report 266-3, [24] Report 549 (bijlage A), [10] par. 13.6.4 en [15] hoofdstuk:300 kHz-30MHz wordt nader ingegaan op de statistische verdeling van de fading en de snelheid van de fading. Behandeld worden de Rayleigh- en de Nakagami-Rice-verdeling.

Het fadingbereik wordt vaak gedefinieerd als het verschil (in dB) tussen de signaalniveaus, die gedurende 10 en 90 procent van de tijd overschreden worden; waarden van  $13 \pm 3,2$  en  $16,6 \pm 3,2$  dB gemeten over periodes van enkele minuten worden gegeven voor lange afstandsverbindingen [14] Report 266-3. Maar wanneer er sprake is van situaties, waarbij twee nagenoeg even sterke golven interfereren, dan is veel sterkere fading te verwachten.

De fadingsnelheid wordt meestal in de vorm van experimentele waarden gegeven en deze liggen tussen een fading per 0,01 seconde tot een per meerdere seconden.

De aanwezigheid van fading maakt een groter zendvermogen nodig - ongeveer 13 dB sterker dan nodig zou zijn als de fading niet bestond. Bovendien vermindert de fading de kwaliteit van het ontvangen signaal, vooral bij radiotelefonie.

Stel dat een ionosferische verbinding van een gemiddelde kwaliteit funktioneert voor 90 procent van de tijd. Is een betrouwbaarheid van 99 procent vereist, dan moet het zendvermogen met maar liefst 18 dB vergroot worden.

### Frequentieveranderingen

De frequentieveranderingen die radiogolven ondergaan bij reflectie via de ionosfeer zijn normaal in de orde van enkele Hz. Alleen bij enkele zeldzame en zeer kort durende gebeurtenissen treedt een frequentieverschuiving tot ongeveer 50 Hz op. [24] Report 111 en [10] hoofdstuk 9.

Doordat de lagen in de ionosfeer bewegen kan een gereflekteerde golf ten gevolge van het Doppler-effekt een frequentieverschuiving (positief of negatief) ondergaan.

Grote verschuivingen treden alleen op na een plotselinge uitbarsting van ioniserende straling van de zon. Door de straling treedt ineens een sterke ionisatie op, waardoor de reflecterende laag snel uitdijt en zo een frequentieverschuiving veroorzaakt. Dit verschijnsel duurt maximaal 15 minuten, meestal maar 2 of 3 en de frequentieafwijking is meestal maar enkele Hz. Meer details hierover en over andere oorzaken van frequentieverschuivingen, die alle zeer gering zijn, vindt U in [10] hoofdstuk 9, [11] hoofdstuk 28 en 29 en [20] par. 6.1.2.6.

Gezien de geringe normale frequentieverschuivingen van hoogstens enkele Hz zijn er weinig problemen voor het gebruikte modulaat te verwachten i.v.m. Dopplereffekten. Een afwijking van 2 Hz geeft een verschuiving van 0,7 procent in de beeldbreedte of 1,1 procent in de beeldhoogte. Dit is, zeker gezien de fouten in de apparatuur, te waarlozen.

### Meerwegspropagatie en telegraafsnelheid

Bij een verbinding via de ionosfeer zijn meestal een aantal verschil-



lende propagatiewegen tegelijkertijd van belang. Elk van deze wegen heeft een andere looptijd. Een erg ongunstig geval, dat alleen bij grote afstanden optreedt, is wanneer het het signaal via twee verschillende kanten om de aarde naar de ontvanger komt.

Het bestaan van meervoudige signalen, of echo's, beperkt de seinsnelheid van overgezonden signalen tot een waarde van

$V \leq \frac{1}{\Delta t}$  baud. Hierin is  $\Delta t$  = het verschil tussen de looptijden.

Het is gebleken dat voor afstanden tussen 1000 en 4000 km, en bij gebruikmaking van een zendfrequentie dicht in de buurt van de MUF, het verschil tussen de looptijden normaal kleiner dan  $5 \cdot 10^{-4}$  seconde is, wat een seinsnelheid van 2000 baud toelaat.

Bij dezelfde frequentie neemt de bruikbare seinsnelheid snel af met het verkleinen van het zendbereik en langzaam met het vergroten van het bereik.

Bij gebruik van een willekeurige frequentie, ligt het meest gunstige zendbereik tussen 2000 en 8000 km. Telegrafie met 300 baud is bij deze afstanden altijd mogelijk. Bij 200 km neemt de maximale praktische snelheid af tot 125 baud.

Meer informatie is te vinden in [24] Report 203.

Uit de gegevens blijkt onder meer dat bij een eventueel gebruik van het scribofonie-signaal, een verbinding over kleine afstanden onmogelijk is. Het scribofonie-signaal bestaat uit een spraaksignaal met een bandbreedte van 3100 Hz en een digitaal schrijfsignaal, dat in een 'gat' in de frequentieband van het spraaksignaal is aangebracht. De seinsnelheid van dit digitale signaal is 200 baud.

Bovendien lijkt de beschikbare bandbreedte van 2100 Hz (CCIR aanbeveling: maximaal 2600 Hz) wat te klein om spraak en schrift gelijktijdig over te brengen, zeker als de verstaanbaarheid door selectieve fading nog eens extra wordt aangetast.

### Ruis

Afgezien van de interne ruis van de ontvanger, die normaal altijd te verwaarlozen is, wordt de S/N-verhouding aan de ontvangstkant beperkt door atmosferische, buitenaardse en door mensen veroorzaakte storingen.

Atmosferische storing bestaat uit korte pulsen met een grote amplitude, die willekeurig voorkomen, gesuperponeerd op ruis met een lager niveau. De gemiddelde waarde zijn over het algemeen, gemeten in perioden van enkele minuten, per uur constant; behalve tijdens plaatselijk onweer en tijdens de ionosferische zonsop- en ondergang.

De dagelijkse variatie in de gemiddelde waarde per uur heeft te maken met de veranderende propagatiecondities en de onweersactiviteiten.

In het algemeen is de atmosferische ruis het grootste bij lage frequenties, terwijl deze relatief onbelangrijk wordt boven de 30 MHz.

Bij onweersontladingen treden stromen tussen 10 en 100 kA op met een gemiddelde waarde van 20 kA. De hoogte van de ontladingen ligt tussen de 2 en 4 km, en de periode van de gedempte oscillatie ervan ligt in de orde van 0,01 ms.

We hebben dus te maken met een onregelmatige opeenvolging van pulsen, die gemiddeld 0,01 ms duren en waarvan het vermogen zeer groot is (enkele GW piekverm.) Het frequentiespektrum van deze pulsen is zeer breed, zodat een plaatselijke onweersbui zeer intensieve storing veroorzaakt, zelfs in de HF-band. De uitgestraalde energie bereikt een maximum bij frequenties in de buurt van 10 kHz.

Meer details over onweer in [14] Report 254-3.

De buitenaardse ruis kan van de zon komen, van de sterren en uit de ruimte. Zonnevlekken kunnen, als ze optreden, een aanzienlijke toename in het ruisniveau veroorzaken.

Deze galactische ruis wordt sterker dan de atmosferische ruis bij frequenties boven 10 MHz.

In de HF-band kan door mensen veroorzaakte storing de belangrijkste bijdrage leveren aan de totale ruis ter plekke. De storing wordt door willekeurig welk elektrisch apparaat dan ook veroorzaakt.

In het algemeen wordt deze storing door netleidingen en de grondgolf gepropageerd en wordt dus niet door ionosferische condities beïnvloed. Het niveau van de storing is in hoge mate gecorreleerd met de bevolkingsdichtheid in de buurt van de ontvanger.

Bij het opzetten van een experimentele verbinding moet de meeste storing verwacht worden van de atmosferische ruis en in het bijzonder van onweer. Ook is de door mensen veroorzaakte storing in de TH-wijk niet te verwaarlozen.

Omdat het storingsniveau op een gegeven plaats en op een gegeven tijd-

stip een vast gegeven is, kan een vereiste S/N-verhouding bij een gegeven frequentie alleen door aanpassing van het zendvermogen verkregen worden.

#### Andere stations

Doordat gebruik gemaakt wordt van de amateurbanden en geen eigen kanaal ter beschikking staat, is de kans op interferentie met andere stations groot.

Overdag wordt er in de 80-meterband minder hinder van ondervonden, doordat de demping van de D-laag verafgelegen stations onderdrukt en de E-laag de  $F_2$  laag afschermt.

De hinder die van andere stations ondervonden wordt, kan verkleind worden door het kiezen van een relatief weinig bezette frequentie en door voldoende vermogen te gebruiken.

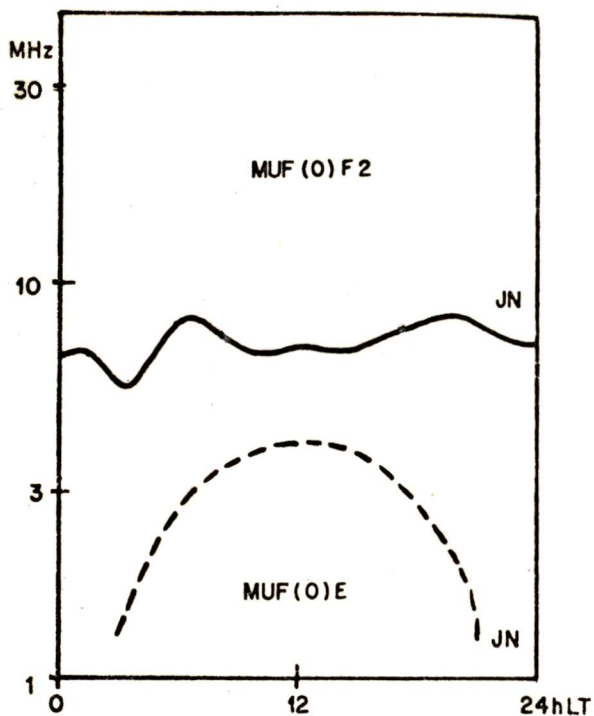


Fig. 9 . Variatie van de E- en F<sub>2</sub>-MUF met de plaatselijke tijd. (noordelijk halfrond). JN = juni.

		De verbinding tussen:		
		D-D	V-D	T-D
Frequentie	3 MHz	81	43	-12
	7,5 MHz	67	26	-35

D = Delft  
V = Valkenburg

Fig. 10. De veldsterkte van de grondgolf, gegeven in dB t.o.v. 1 uV/m, als functie van de afstand en de zendfrequentie.

		De verbinding tussen:		
		D-D	V-D	T-D
Frequentie	4 MHz	?	37-23	35-8

D = Delft  
V = Valkenburg

Fig. 11. De veldsterkte van de ionosferische golf, gegeven in dB t.o.v. 1 uV/m, als functie van de afstand.

## 2.4 De keuze van de zendfrequentie en de antennepolarisatie

Om redenen van praktische uitvoerbaarheid is alleen aan een verbinding binnen Nederland gedacht; hoewel een verbinding over een afstand van ongeveer 2000 km wat betreft storingen ook relevant is.

Bij het kiezen van de experimentele verbindingen werd aan een drietal afstanden gedacht, namelijk: Over een afstand van 2 km in Delft (D-D), over een afstand van 18 km tussen Valkenburg (Z-H) en Delft (V-D) en, hoewel deze verbinding door gebrek aan tijd niet uitgevoerd werd, over een afstand van 200 km van de TH-Twente naar Delft (T-D).

### De keuze van de frequentieband

Voor een zendbereik tot ca. 400 km zijn alleen eenhops-verbindingen via de E-laag of de F-laag van belang. De 1xE verbinding is altijd mogelijk als de gebruikte frequentie lager is dan de E-MUF die voor die afstand geldt. De 1xF mode is alleen mogelijk als de zendfrequentie hoger is dan de MUF(xx)E maar lager dan de MUF(xx)F.

Van de ter beschikking staande amateurbanden kunnen alleen de frequentiebereiken 3,5-4 MHz en 7-7,5 MHz voldoen aan de eis dat de frequentie lager is dan de MUF's die voor beide lagen bij kleine afstanden gelden (zie figuur 9 ).

### Waarom selectieve fading?

Selectieve fading ontstaat door interferentie tussen twee of meer stralen. De fading is het hevigst bij interferentie van twee stralen, vooral als de verhouding van hun veldsterktes tussen 2 en 0,5 ligt.

Bij kleine afstanden kan zulke sterke fading ontstaan door interferentie tussen de directe en de indirecte ionosfeer golf.

Daarnaast kan ook fading ontstaan in de periodes van de dag dat de E-laag de reflectie van de F<sub>2</sub>-laag overneemt, zie figuur 9 . Dit gebeurt alleen met zendfrequenties in de 80-meterband. 's Nachts wordt de indirecte golf door de F<sub>2</sub>-laag gereflekteerd, maar in de ochtenduren neemt de kritische frequentie van de E-laag toe en komt op een gegeven moment boven de zendfrequentie te liggen. Dan neemt de E-laag de reflectie over en tijdens deze overgangperiode kan fading ontstaan doordat de stralen deels via de E en deels via de F<sub>2</sub>-laag komen.



Om na te gaan hoe sterk de bijdrage van de grondgolf bij deze verbindingen is, werd de sterkte ervan globaal berekend voor de diverse afstanden en voor een zendfrequentie van 3 en 7,5 MHz. De berekende waarden (zie figuur 10) geven de veldsterkte in dB t.o.v. 1 uV/m, uitgaande van 20 W effectief uitgestraald zendvermogen.

De veldsterkte van de indirekte golf werd op een dergelijke manier zeer globaal geschat. De veldsterkte wordt weer in dB t.o.v. 1 uV/m gegeven (zie figuur 11). De verschillen in de genoemde twee getallen hangen samen met het al dan niet aanwezig zijn van demping (D-laag); het eerste getal geldt 's nachts, het tweede om 12 uur plaatselijke tijd.

#### Het verwachte gedrag van de experimentele verbindingen

Voor het drietal experimentele verbindingen werd hetvolgende gedrag verwacht bij een zendfrequentie van ca. 3,5 MHz:

- D-D: Een zeer stabiele direkt zicht verbinding; de bijdrage van de indirekte golf is te verwaarlozen; de verwachting is weinig of geen selectieve fading te ondervinden.
- V-D: Tijdens de nacht een eenhops verbinding via de F-laag; in de ochtend- en avonduren een periode waarin de demping van de ionosferische golf door de D-laag zodanig is dat de grondgolf en de indirekte golf even sterk worden (en dus sterke selectieve fading te verwachten is); overdag overheerst de direkte golf en is de verbinding redelijk stabiel (geringe selectieve fading).

Als de grondgolf zwak blijkt te zijn is het ook mogelijk dat tijdens de ochtenduren de hierboven beschreven overname van de reflectie van de ionosfeergolf van de F-laag door de E-laag optreed; ook dan is verhoogde selectieve fading te verwachten; overdag overheerst de verbinding via de stabiele E-laag en is de selectieve fading gering.

- T-D: De grondgolf is te verwaarlozen; 's nachts verbinding via de F-laag; tijdens de ochtend- en avonduren vindt de overname van de reflectie van de F-laag door de E-laag en andersom plaats (dan is verhoogde selectieve fading te verwachten); overdag een vrij stabiele verbinding via de E-laag (geringe selectieve fading).

### De polarisatie van de antenne

Bij de gebruikte zendfrequentie is de grondgolf bij kleine afstanden sterker dan de ionosferische golf. Maar voor sterke selectieve fading moeten beide golven bij het punt van ontvangst ongeveer even sterk zijn; daarom is het belangrijk te weten welke invloed de antennepolarisatie heeft op de verschillende manieren van propagatie (zie ook [20] par. 7.1.1).

Als de antenne zich op een geringe hoogte (liefst kleiner dan  $\lambda/4$ ) bevindt, dit is meestal het geval bij de gebruikte frequenties, dan is het mogelijk óf de ionosferische golf óf de grondgolf te bevoordelen door een geschikte keuze van de polarisatie. De beschouwing die hier volgt geldt echter alleen voor verbindingen over kleine afstanden.

Het gebruik van een verticale antenne geeft een vertikaal gepolariseerde golf met een sterke grondgolf. De straling van de antenne in de verticale richting zal daarentegen erg zwak zijn, en hetzelfde geldt voor de ionosferische golf. De communicatie wordt dan tot stand gebracht door middel van de grondgolf. Antennes voor middengolfzenders zijn gebaseerd op dit principe.

Wanneer een horizontale antenne, waarvan de hoogte kleiner dan  $\lambda/4$  is, gebruikt wordt kan de grondgolf verwaarloosd worden vanwege de slechte horizontale propagatie. Maar een maximale straling zal plaats vinden in de verticale richting en vooral ionosferische golven zullen gepropageerd worden.

Voor de verbinding over 2 km in Delft maakt de polarisatie weinig uit, er is sprake van een direct zicht verbinding met een sterk overheersende direkte golf. Gekozen werd voor een horizontale antenne, omdat die het eenvoudigste te maken is.

Bij de verbinding tussen Valkenburg en Delft (20 km), waarbij de grondgolf nogal sterk is in vergelijking met de indirecte golf, lijkt het goed een horizontaal gepolariseerde antenne te gebruiken, zodat de grondgolf benadeeld wordt t.o.v. de ionosferische golf.

De grondgolf is van geen betekenis meer in een verbinding tussen Twente en Delft. Ook hier kan een horizontale antenne gebruikt worden; deze lanceert de ionosferische golf het beste voor deze afstand.

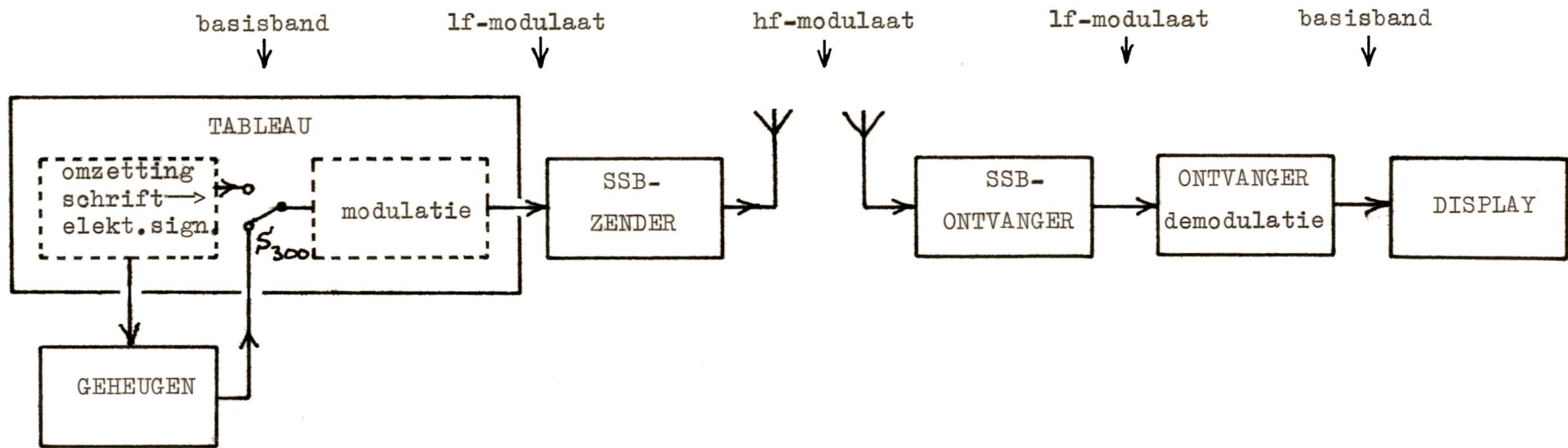


Fig. 12. Het gebruikte systeem

### 3 REALISATIE VAN HET SYSTEEM

#### 3.1 Inleiding

Uitgangspunt bij het opzetten van het systeem is geweest zo veel mogelijk gebruik te maken van al bestaande apparatuur. Gekozen werd voor een organisatie volgens het blokschema van fig. 12.

De werking van het TABLEAU is in twee stukken te verdelen.

1. De met de pen geschreven informatie wordt omgezet in elektrische signalen in de basisband. De X- en Y-signalen bestaan uit een spanning evenredig met de X- respectievelijk Y-coördinaat van de penpunt. Het Z-sigitaal (pen op/van papier) is als binair signaal beschikbaar.

2. De signalen uit de basisband worden omgezet in het lf-modulaat. De X-informatie wordt door een draaggolf met een frequentie tussen 1300 en 1500 Hz vertegenwoordigd. De frequentie is evenredig met de X-coördinaat. De Y- en Z-informatie zijn gecombineerd aanwezig in een draaggolf met een frequentie tussen ca 2000 en 2400 Hz. De Z-informatie bestaat uit het al dan niet aanwezig zijn van een frequentiezwaai van  $\pm 55$  Hz; de frequentie waarmee gezwaaid wordt is 100 Hz. De centrale frequentie ten opzichte waarvan gezwaaid wordt komt overeen met de Y-coördinaat van het geschrevene.

Behalve door direkt op het tableau te schrijven kunnen ook schrijfsignalen uit een GEHEUGEN verkregen worden. In dit geheugen kunnen zowel tijdelijk (RAM) als langdurig (EPROM) tekeningen of schriftfragmenten opgeslagen worden. Om te kunnen beschikken over een nauwkeurig gedefinieerd testbeeld werd met behulp van een computer de coördinatenset van een testbeeld berekend en op ponsband gezet. De ponsband werd gebruikt om EPROM's te programmeren.

Het hf-modulaat ontstaat door het lf-modulaat naar een hogere frequentie ligging te verschuiven. (enkele MHz). Hiervoor werd gebruik gemaakt van een bestaande SSB-ZENDER. Speciale aandacht kregen de frequentiestabiliteit en de, bij continu gebruik optredende, dissipatieproblemen. Ook zijn de vervorming en het dempingsverloop in de doorlaatband bekeken.

Aan de ontvangstkant is het lf-modulaat beschikbaar aan de uitgang van een ter beschikking staande SSB-ONTVANGER. Net als bij de zender waren frequentiestabiliteit, vervorming en het dempingsverloop in de doorlaatband van belang.

Demodulatie van lf-modulaat naar basisband vindt plaats in de ONTVANGER. Tevens is een schakeling ingebouwd met behulp waarvan de grootte van de selectieve fading, die op de transmissieweg optreedt, gemeten kan worden. De meetresultaten werden door middel van een papierrecorder vast gelegd.

Als DISPLAY werd een geheugenscoop (Tektronix 611) gekozen. De 611 is speciaal voor de weergave van grafische informatie ontworpen en heeft een grote resolutie. Door het gebruik van een geheugenscoop waren beelden met slechts eenmaal optredende fouten erin enige tijd beschikbaar voor bestudering en fotoregistratie.

De schrijfsignalen die beschikbaar zijn aan de uitgang van het geheugen kunnen niet zonder meer aangeboden worden aan de display. Daar onderzoek naar de storingsgevoeligheid van deze signalen interessant leek werd een INTERFACE ontworpen dat de noodzakelijke aanpassing verzorgt. De schakeling werkt tevens als sommator voor schrijfsignalen en stoor-signalen.

Om bij transport niet met een groot aantal netvoedingen (6 stuks) te maken te krijgen werd een NETVOEDING gebouwd die vijf, voor het tableau en het geheugen benodigde, voedingsspanningen levert.

In de volgende paragrafen wordt de opbouw van de onderdelen van het systeem kort besproken; meer uitgebreide documentatie is in de bijlagen te vinden.

### 3.2 Nummeringsafspraken

Er zijn 5 apparaten gebouwd, te weten: het tableau, het geheugen, de ontvanger, het interface en een netvoeding. Om tot enige uniformiteit te komen bij de nummering of benaming van in- en uitgangen, schakelaars en potmeters zijn de volgende codes vast gelegd.



Externe aansluitingen worden door 3 letters gekenmerkt. (b.v. GIX)

1<sup>e</sup> letter: G=geheugen

I=interface

O=ontvanger

T=tableau

2<sup>e</sup> letter: I=ingang

S=ingang stoorsignaal

U=uitgang

3<sup>e</sup> letter: F=niveau selectieve fading

H=niveau fading 2200 Hz toon

L=niveau fading 1400 Hz toon

M=lf-modulaat

P=pen

S=spraak (microfoon)

T=modulaat voor hf-zender

X=horizontale schriftinformatie

Y=verticale schriftinformatie

Z=pen op/van papier informatie

Interne aansluitingen worden door 1 letter +cijfers gekenmerkt (b.v.B127)

A=besturing + 0 t/m 99: van geheugen (periodiek)

100 t/m 199: van geheugen (niet periodiek)

200 t/m 299: van ontvanger

300 t/m 399: van tableau

B=signaal + 0 t/m 99: in geheugen (digitaal)

100 t/m 199: in geheugen (analoog)

200 t/m 249: in ontvanger (digitaal)

250 t/m 299: in ontvanger (analoog)

300 t/m 349: in tableau (digitaal)

350 t/m 399: in tableau (analoog)

C=adressering + 0 t/m 99: in geheugen

Schakelaars worden door S + cijfers gekenmerkt. (b.v. S300)

0 t/m 99: in geheugen

200 t/m 299: in ontvanger

300 t/m 399: in tableau

Potmeters worden door P + cijfers gekenmerkt. (b.v. P301)

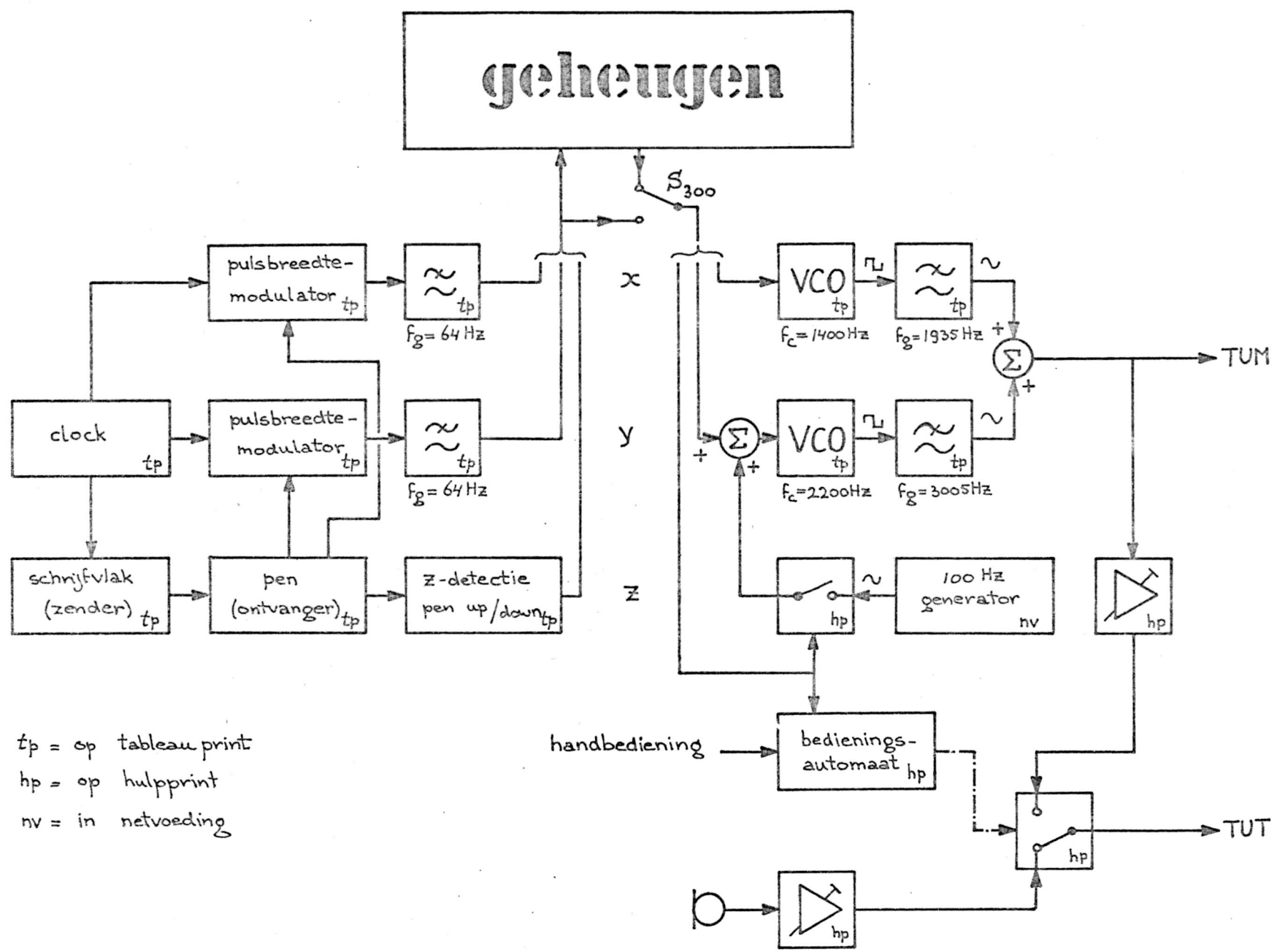
0 t/m 99: in geheugen

200 t/m 299: in ontvanger

300 t/m 399: in tableau

400 t/m 499: in interface

500 t/m 599: in netvoeding



$t_p$  = op tableau print  
 $hp$  = op hulpprint  
 $nv$  = in netvoeding

Figuur 13

### 3.3 De opbouw van het tableau

Het ontwerp van het tableau volgt grotendeels het ontwerp van de doventelefoon [37]. Dit tableau werd gekozen omdat er geen informatie-reductie van het schrijfsignaal in toegepast wordt. Daarnaast heeft het systeem de eigenschap dat de coördinaten van de penpunt, ook als de penpunt op enige afstand van het papier is, gevolgd worden. Bevindt de pen zich erg ver van het papier dan worden in plaats van de werkelijke coördinaten, die van het midden van het schrijfvlak gegeven. Een en ander heeft tot gevolg dat er weinig sprongen in de X- en Y-signalen optreden en als ze optreden is de pen zeker van het papier. Sprongen leiden tot slinger-verschijnselen in de filters van het systeem, waardoor het op het juiste moment schakelen van de Z-informatie nogal kritisch wordt. Het gekozen tableau is hier minder gevoelig voor, wat de kwaliteit van het schrift bij weergave ten goede komt.

De werking van het tableau wordt uitgelegd aan de hand van het blok-schema in fig. 13. Het linker deel van de tekening verzorgt de omzetting van schijfsignalen naar elektrische signalen in de basisband; voor de werking wordt verwezen naar [36] en [37].

De verkregen signalen kunnen, afhankelijk van de stand van schakelaar  $S_{300}$ , hetzij direkt, hetzij via tijdelijke opslag in het geheugen, toegevoerd worden aan de modulator. Het geheugen kan, indien gewenst, ook de vast ingeprogrammeerde testbeelden aan de modulator toevoeren.

Het X-signaal stuurt een spanningsgestuurde oscillator (VCO); de frequentie ervan varieert afhankelijk van de X-coördinaat tussen 1310 en 1490 Hz. Het Z-signaal bestuurt een elektronische schakelaar, die een 100 Hz-signaal, afkomstig van de 100 Hz-generator, doorlaat als de pen op papier is en spert als de pen van papier is. Het zo verkregen signaal wordt, gesommeerd met het Y-signaal, toegevoerd aan een tweede VCO. De momentele frequentie varieert, bij afwezigheid van 100 Hz, tussen 2060 en 2340 Hz afhankelijk van de Y-coördinaat. Bij aanwezigheid van de 100 Hz treedt een extra frequentiezwaai van  $\pm 55$  Hz op.

De uit de VCO's afkomstige blokvormige signalen worden door de er op volgende laagdoorlaat-filters ( $2^e$  orde) zo veel mogelijk van hun hogere harmonischen ontdaan en daarna gecombineerd tot het gewenste lf-modulaat (TUM).

Naar keuze kan met de hand ( $S_{301}$ ) of automatisch spraak of schrijfsignaal via de SSB-zender uitgezonden worden. In de stand automatisch wordt bij pen op papier schrijfsignaal uitgezonden. Om te voorkomen dat bij kortstondig de pen van papier halen op spraak wordt overgeschakeld werd een instelbare ( $P_{310}$ ) tijdvertraging aangebracht.

De juiste aanpassing van de signaalniveaus aan de ingangsgevoeligheid van de zender wordt door twee instelbare versterkers verzorgd (microfoon:  $P_{311}$ , schrijfsignaal:  $P_{312}$ ).

Bij het ontwerpen is in het bijzonder op de invloed van temperatuureffecten gelet. Schema's, mechanische opbouw en meer details vindt U in bijlage B op pag. 155.

#### 3.4 De opbouw van het geheugen

Het geheugen neemt op commando schrijfsignalen uit de basisband op, onthoudt deze en geeft ze, naar wens één maal of repeterend, weer. Fragmenten tekst of tekeningen, die van speciaal belang zijn als vast ter beschikking staand testbeeld, kunnen door het apparaat in digitale vorm op ponsband vastgelegd worden. De ponsband is nodig voor het programmeren van de EPROM's (3 per tekening), die in het geheugen gebruikt worden voor langdurige opslag van testbeeldgegevens.

In het geheugen is plaats voor vier vaste tekeningen met een tekenduur van 25 seconden elk; daarnaast kan één tekening van 25 seconden (eventueel 1 min 40 sec) tijdelijk opgeslagen worden.

Gekozen werd voor opslag van de gegevens in digitale vorm in RAM's en EPROM's. Bij het inlezen worden de X-, Y- en Z-signalen bemonsterd en vervolgens worden de X- en Y-monsters gedigitaliseerd met behulp van analoog/digitaal-converterers. De zo verkregen gegevens worden parallel in een RAM opgeslagen.

Bij uitlezing worden de gegevens uit de RAM's door D/A-converterers weer in schrijfsignalen in de basisband omgezet. Hetzelfde principe wordt toegepast bij de uitlezing van de extern geprogrammeerde EPROM's.

Bij vorige onderzoeken [35] is gebleken dat de X- en Y-coördinaten met minimaal 9 bits vastgelegd moeten worden. In het gebouwde systeem worden 10 bits per coördinaat gebruikt, aangezien de grotere nauwkeurigheid

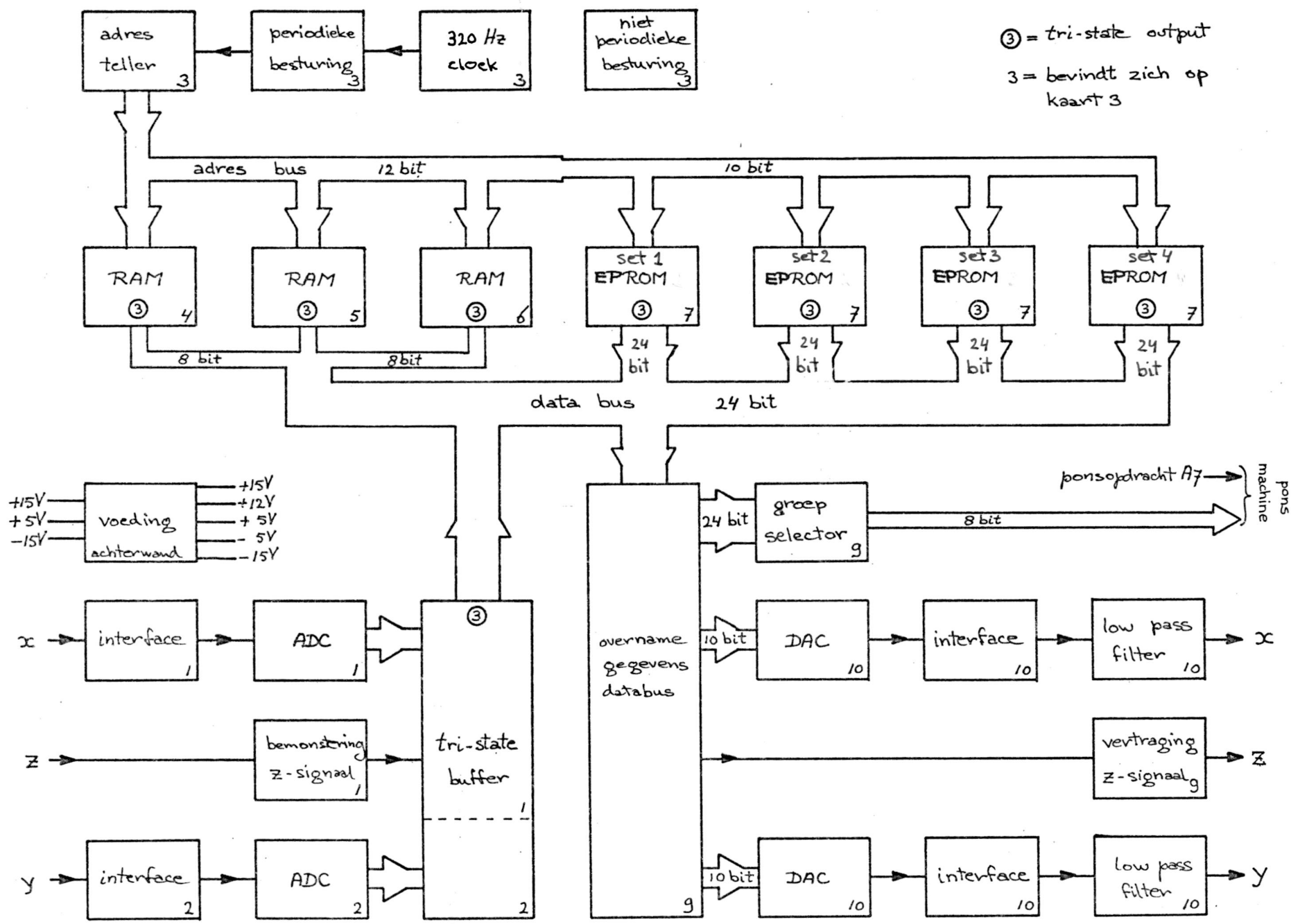


Fig. 14.

versie 1



heid zonder extra materiaalkosten te bereiken was.

In de meeste scribosystemen wordt de toestand van het Z-sigitaal eens in de 25 msec bepaald. De fouten in het schrift blijven nog aanvaardbaar bij deze 40 Hz-bemonsterfrequentie.

Bij de doventelefoon wordt de bandbreedte van het X- en Y-sigitaal in de basisband tot DC-7,5 Hz beperkt. Theoretisch kon dus met een bemonsterfrequentie van 15 Hz worden volstaan. Maar om tot een eenvoudig ontwerp te komen werd de bemonsterfrequentie voor het X-, Y- en Z-sigitaal gelijk genomen, n.l. 40 Hz.

Omdat de conversiesnelheid van de A/D-converterers relatief hoog (<40 usec) is in vergelijking met de snelheid van de variaties in het schrijfsigitaal, werd afgezien van een sample and hold schakeling. De afstand tussen twee te onderscheiden posities is minimaal  $\frac{67}{1024}$  (mm) (aant.niv.) = 0,065mm. De verplaatsing van de penpuntgedurende de conversie is maximaal 0,004 mm als we uitgaan van een (grote) schrijfsnelheid van 10 cm/sec. De kans dat tijdens conversie een grens tussen twee niveaus overschreden wordt is dus klein. Gebeurt dit toch dan blijven de fouten klein aangezien de converter de meer significante bits eerst bepaald. In de praktijk blijken er dan ook geen zichtbare fouten op te treden.

In de nu volgende bespreking van het geheugen-systeem wordt verwezen naar het blokschema in fig. 14.

De periodieke besturing deelt de 320 Hz-klokfrequentie en geeft achtereenvolgens een reeks opdrachten aan de verschillende systeemonderdelen. Na iedere cyclus wordt de adresteller met één verhoogd. Bij het bereiken van adres 1023 wordt, afhankelijk van de toestand van de niet-periodieke besturing, gestopt dan wel opnieuw bij adres 0 begonnen.

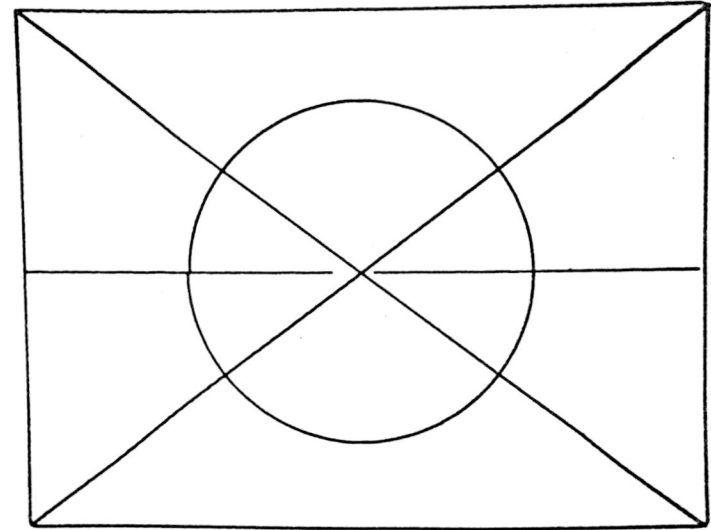
Het inlezen van het geheugen gebeurt met de uitgangen van de tri-state-buffer 'on' en met alle andere tri-state-uitgangen 'off'. Aanpassing van het X- en Y-sigitaal aan het ingangsbereik van de A/D-converterers wordt verkregen door twee interfaces. Op commando van de periodieke besturing converteren de ADC's en neemt een D-flip-flop de toestand van het Z-sigitaal over. De zo verkregen gegevens worden via de tri-state-buffer op de databus gezet. Hierna volgt overname van de gegevens in drie parallel geschakelde RAM's. Hiervoor zijn bestaande microprocessor-geheugenkaarten (4k byte van 8 bits) gebruikt.

1 2 3 4 5 6 7 8 9

A B C D E F G

H I J K L

A



B

TH Delft  
experimentele schrijf  
verbinding via de  
korte golf.

C



D

Fig. 15. De bij het onderzoek gebruikte testbeelden

De gegevens van de databus worden ook door de uitgang overgenomen en volgens de hieronder beschreven procedure uitgelezen.

In de stand uitlezen brengt de niet-periodieke besturing de tri-state-buffer in de 'off'-toestand. De inhoud van de 3 RAM-kaarten of van één van de sets EPROM's wordt byte voor byte op de databus gezet. Telkens volgt overname van de gegevens van de databus, D/A-conversie en aanpassing van het signaalniveau. De oorspronkelijke X- en Y-signalen worden teruggewonnen door filtering met een 7,5 Hz laagdoorlaat-filter. Om de looptijdvertraging van de filters te compenseren wordt het Z-signaal vertraagd.

Bij het maken van ponsband verloopt het proces identiek aan het normale uitlezen, alleen wordt met de groepselector groep A, B of C (8 bits) gekozen uit het byte van 24 bits. De groep wordt aan de ponsmachine aangeboden, waarna een ponsopdracht volgt.

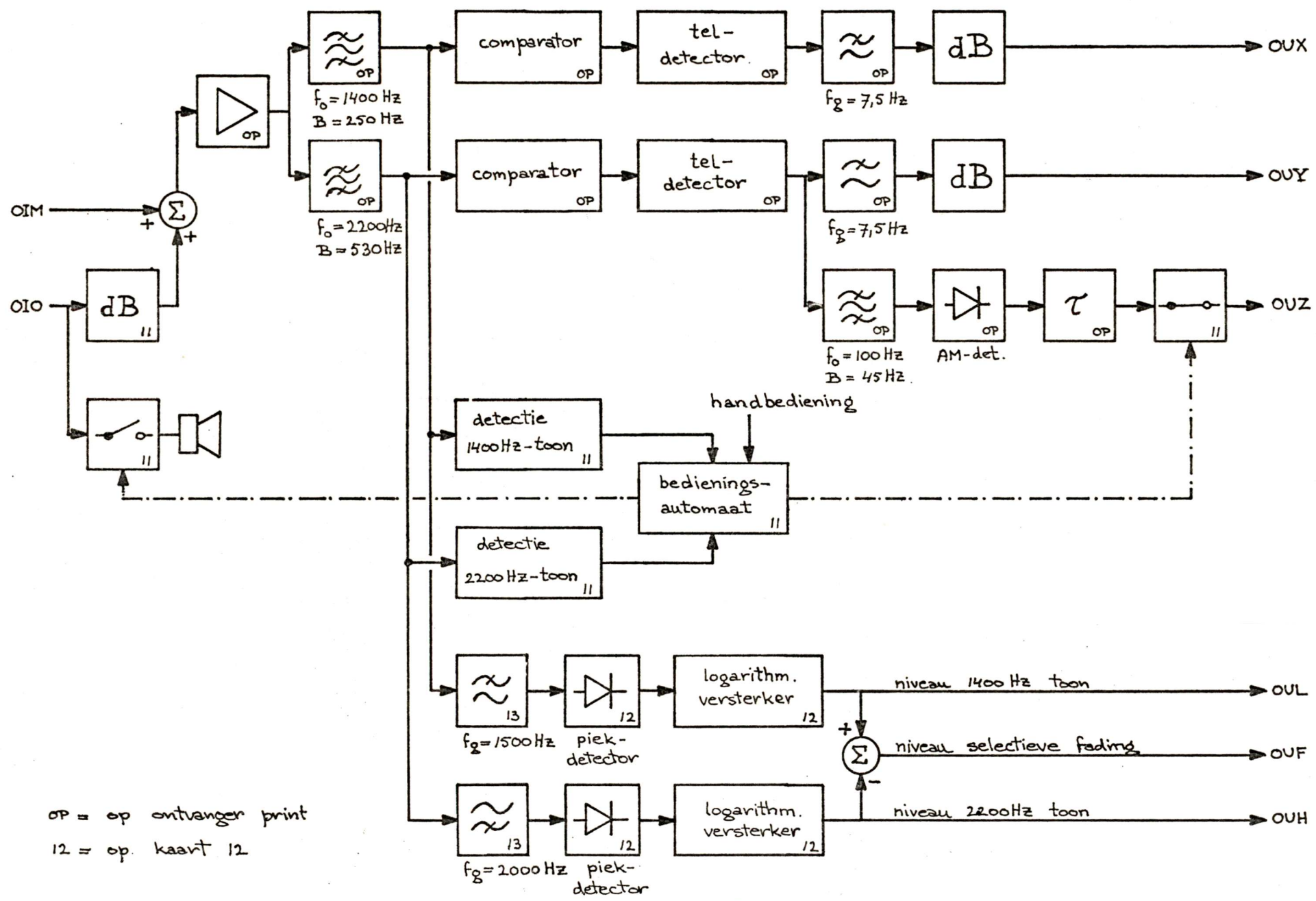
Figuur 15 laat de testbeelden zien die bij het onderzoek gebruikt zijn. De beelden A, C en D zijn opgenomen via het tableau, vastgelegd op ponsband en daarna in de EPROM's aangebracht.

Met behulp van een computer is een testbeeld geconstrueerd en op ponsband uitgevoerd. Door de informatie direkt in de EPROM's aan te brengen zijn fouten in het opnamesysteem vermeden, denk b.v. aan lineariteitsfouten in het tableau, in de interfaces of bij de analoog/digitaalconversie.

Dit testbeeld (fig. 15B) is zo gemaakt dat er geen discontinuïteiten in de X- en Y-coördinaten voorkomen, ongeacht het op of van papier zijn van de pen. Het testbeeld doorloopt eerst met een normale schrijfsnelheid een rechthoek, de diagonalen en een cirkel, daarna wordt in 400 msec een lijn van links naar rechts getrokken (equivalent met een schrijfsnelheid van 22,25 cm/sec op het tableau). Na 175 msec treedt in deze lijn gedurende 25 msec een pen-omhoog commando op. Met behulp van dit 'gat' is de korrekte afregeling van de Z-informatie in het gehele systeem te controleren.

Schema's, tijddiagrammen, gegevens over de mechanische opbouw en andere details vindt U in bijlage C op pagina 161. Daar staat ook het gebruikte computerprogramma.





OP = op ontvanger print  
 12 = op kaart 12

Figuur 16

### 3.5 De opbouw van de ontvanger

In de ontvanger zijn drie afzonderlijke funkties samengebracht:

In de eerste plaats wordt demodulatie van het lf-modulaat gerealiseerd en komen de basisband-signalen beschikbaar. Het gebouwde ontwerp is voor een groot deel ontleend aan een oudere versie van de doventelefoon [37]. De AVR ervan en het deel dat de aanwezigheid van het lf-modulaat constateert werden achterwege gelaten.

Ten tweede is een automaat ontworpen om het bedieningsgemak te vergroten. Deze gaat na of zowel het signaal van ca 1400 Hz als dat van ca 2200 Hz in voldoende mate aanwezig zijn. Zo ja dan wordt het ontvangen signaal als een schrijfsignaal beschouwd. De drempelwaarde voor de beide tonen is zodanig gekozen dat de demodulator bij deze waarde nog voldoende signaal ontvangt. Als het lf-modulaat aanwezig is wordt het display geactiveerd en staat de luidspreker af, zo niet dan wordt het beeld onderdrukt en werkt de luidspreker.

De automaat is vooral bedoeld om tijdens metingen niet voortdurend het signaal te moeten horen, maar wel de eventueel optredende storingen. Daarnaast is ook het afstemmen van de SSB-ontvanger vereenvoudigd: aan de afstemknop draaien totdat schrijfsignaal geconstateerd wordt en de luidspreker wordt uitgeschakeld. Hierna is nog slechts een zeer kleine frequentie-correctie nodig.

Het derde en laatste deel verzorgt de meting van de selectieve fading. Het meet de sterkte van de 1400- en 2200 Hz-draaggolven en om makkelijk te interpreteren meetwaarden te krijgen wordt logaritmische conversie toegepast. Beide waarden zijn extern beschikbaar maar worden ook intern van elkaar afgetrokken en het resultaat is een maat voor de selectieve fading.

De schakeling verwerkt onderlinge verschillen tot ca 30 dB goed. De voor automatische verwerking gebruikte papierrecorder registreert, bij de gekozen gevoeligheidsbereiken, de selectieve fading (OUF) goed tot 25 dB en sterkteverschillen in de 2200 Hz-toon (OUH) tot 35 dB (beide metingen  $\pm 0,5$  dB nauwkeurig).

Als ingangssignaal voor de ontvanger (fig. 16) kan het lf-modulaat ofwel direct op nominaal niveau (-20,5 dBm absoluut) ofwel afkomstig uit de luidsprekeruitgang van een hf-ontvanger gebruikt worden. De ingangen worden gesommeerd en samen verder versterkt. Dan zorgen



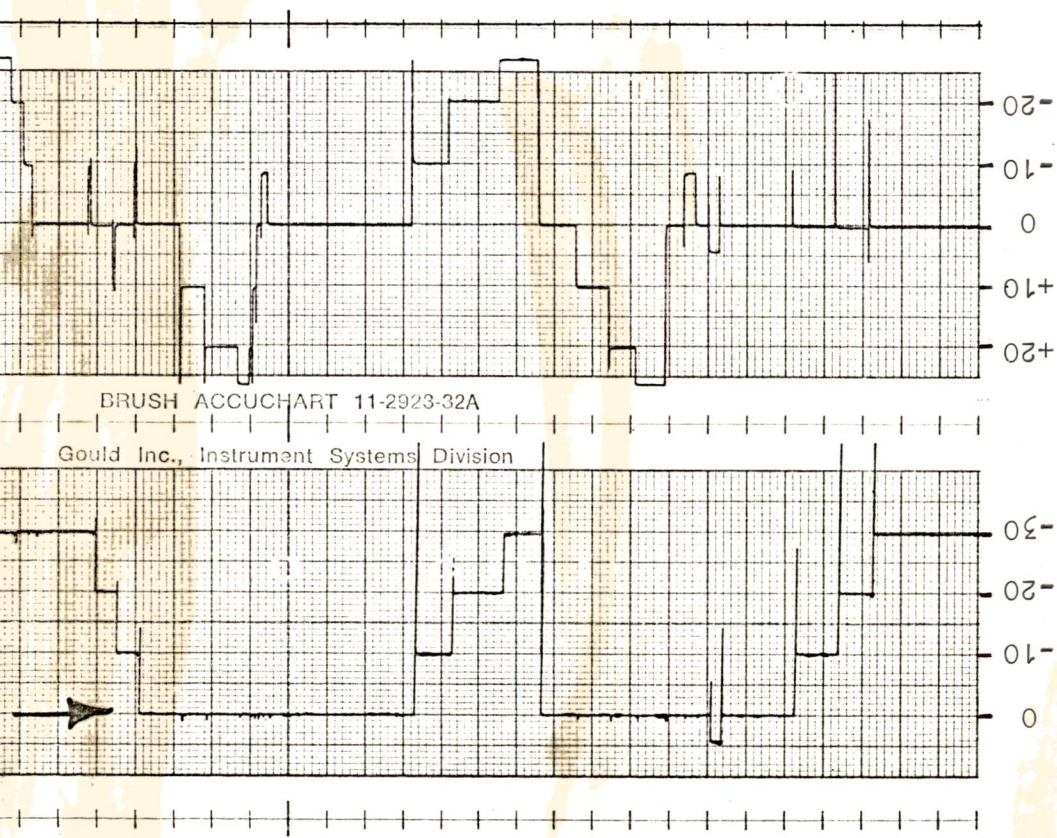


Fig. 17

bandfilters (flanksteilheid 12 dB/okt) voor het uitfilteren van de gewenste bandjes rond 1400 en 2200 Hz.

De er op volgende comparatoren werken rond het nulpunt en hebben een hysteresis van ca 350 mV. Hoewel het de gevoeligheid voor ruis vergroot is toch voor deze lage drempel gekozen om werking bij lage signaalniveaux mogelijk te maken. Deze kunnen optreden door selectieve fading of door een lage stand van de volumeregelaar van de ontvanger.

Het X-sigitaal wordt teruggewonnen middels een teldetector en een laagdoorlaat-filter (3<sup>e</sup> orde equiripple fase). Verzwakking is nodig voor de aanpassing aan de memoscoop. Het Y-sigitaal wordt op gelijke wijze verkregen. Uit het sigitaal dat na de 2200 Hz-teldetector verkregen is wordt met behulp van een banddoorlatend-filter de 100 Hz-component teruggewonnen. Het na AM-detectie herwonnen Z-sigitaal ondergaat dan nog een vertraging om de looptijd van de 7,5 Hz-laagdoorlaat-filters te compenseren.

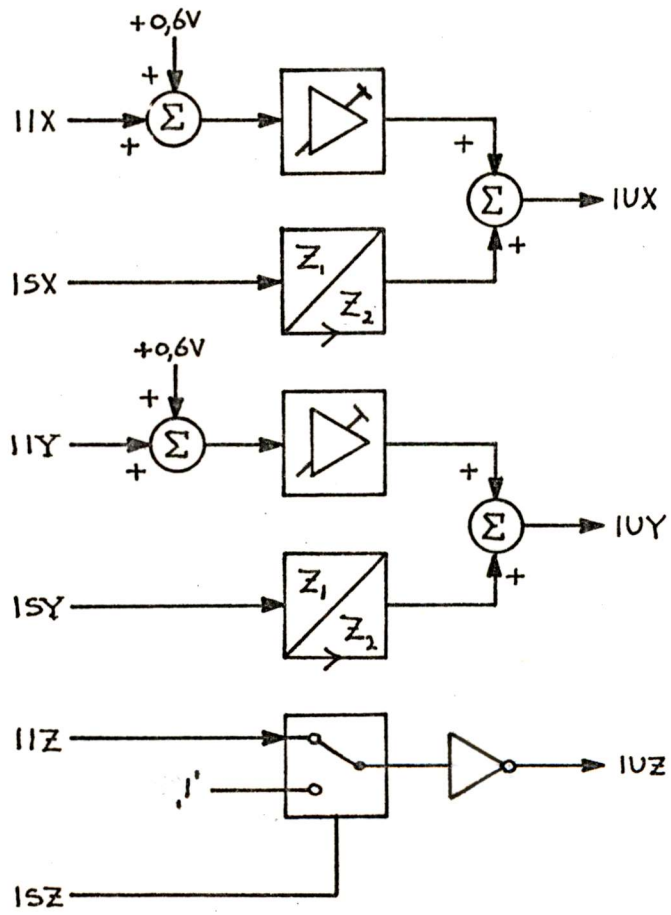
De automaat detecteert met behulp van geïntegreerde PLL-toondecoders de aanwezigheid van de 1400 en 2200 Hz tonen. In de bedieningsautomaat bevindt zich de logica die nodig is om de schakelaars in de Z- (elektro-nisch) en de luidsprekerleiding (reedrelais) te besturen.

Om de overspraak tussen het 1400 en 2200 Hz sigitaal nog verder te verkleinen is een splitsfilter aangebracht (damping LDF:  $\geq 30$  dB voor  $f > 2000$  Hz, damping HDF:  $\geq 30$  dB voor  $f < 2000$  Hz). Hierna volgt piek-detectie door een piekdetector die speciaal ontworpen is om ook bij kleine signaalniveaux (mV's) goed te werken.

De logaritmische versterkers verzorgen de gewenste omzetting over een bereik van ca 35 dB (conversie: 10 dB  $\rightarrow$  500 mV). Figuur 17 laat de responsie zien van het meetsysteem als de ingangssignalen in stappen van 10 dB gevarieerd worden. Links is de selectieve fading geregistreerd, rechts het niveau van de 2200 Hz toon.

Bij de bouw werd speciaal gelet op de temperatuurgevoeligheid van de schakeling. Driftverschijnselen zijn hierdoor binnen aanvaardbare grenzen gehouden, nl. verschuivingen in het beeld  $\leq 1$  procent van de breedte. Schema's, mechanische opbouw en meer details vindt U in bijlage D op pagina 185.

# blokschema interface



Figuur 18

### 3.6 De opbouw van het interface

In het interface zijn twee functies ondergebracht.

Ten eerste verzorgt het de aanpassing tussen het tableau en de memoscoop. Hierdoor komen de X-, Y- en Z-signalen uit de basisband beschikbaar voor directe bestudering op het scherm van de memoscoop.

De tweede functie van het interface maakt het mogelijk op een eenvoudige manier stoorsignalen aan het X- en Y-signaal in de basisband toe te voegen. Bovendien kan door het aanbieden van een '0' aan de ingang ISZ een 'pen op papier'-signaal gegenereerd worden, waardoor het gedrag van de 'penpunt' tijdens pauzes, d.w.z. als de pen van het papier is, te zien is.

Voor de memoscoop moet voor de spanningen op de X- en Y-ingang gelden:  $-0,5\text{Volt} \leq (U_x, U_y) \leq +0,5\text{V}$ . Een spanning  $U_x = U_y = 0$  Volt komt overeen met een positie van de lichtstip op het midden van het scherm.

Om de juiste aanpassing te krijgen worden de uit het tableau afkomstige signalen IIX en IIY eerst 0,6 V verschoven zodat ze symmetrisch rond 0 V variëren. Dan volgt versterking van de signalen tot een waarde die een afbeelding van het gewenste formaat op het scherm geeft.

De ingangen voor het stoorsignaal, ISX en ISY, hebben door de impedantie-omzeters een ingangsimpedantie van 600 ohm; die is nodig voor een goede afsluiting van de stoorbron, b.v. een lf-ruisgenerator. Het stoorsignaal en het aangepaste basisbandsignaal worden per kanaal gesommeerd en aan de memoscoop aangeboden.

Als een logische 1 aan de ingang ISZ aanwezig is (ingang open laten), dan geeft de schakelaar het Z-signaal door van de ingang IIZ naar de uitgang IUZ. Wordt een logische 0 aan de ingang ISZ aangeboden (ingang kortsluiten), dan veroorzaakt dit een 0 aan de uitgang IUZ en kan de lichtstip op het scherm niet onderdrukt worden.

De ruis die door de schakeling zelf aan het signaal wordt toegevoegd geeft geen zichtbare vervormingen in het beeld en is dus van voldoende laag niveau.

Het schema, de mechanische opbouw en meer details vindt U in bijlage E op pagina 196.



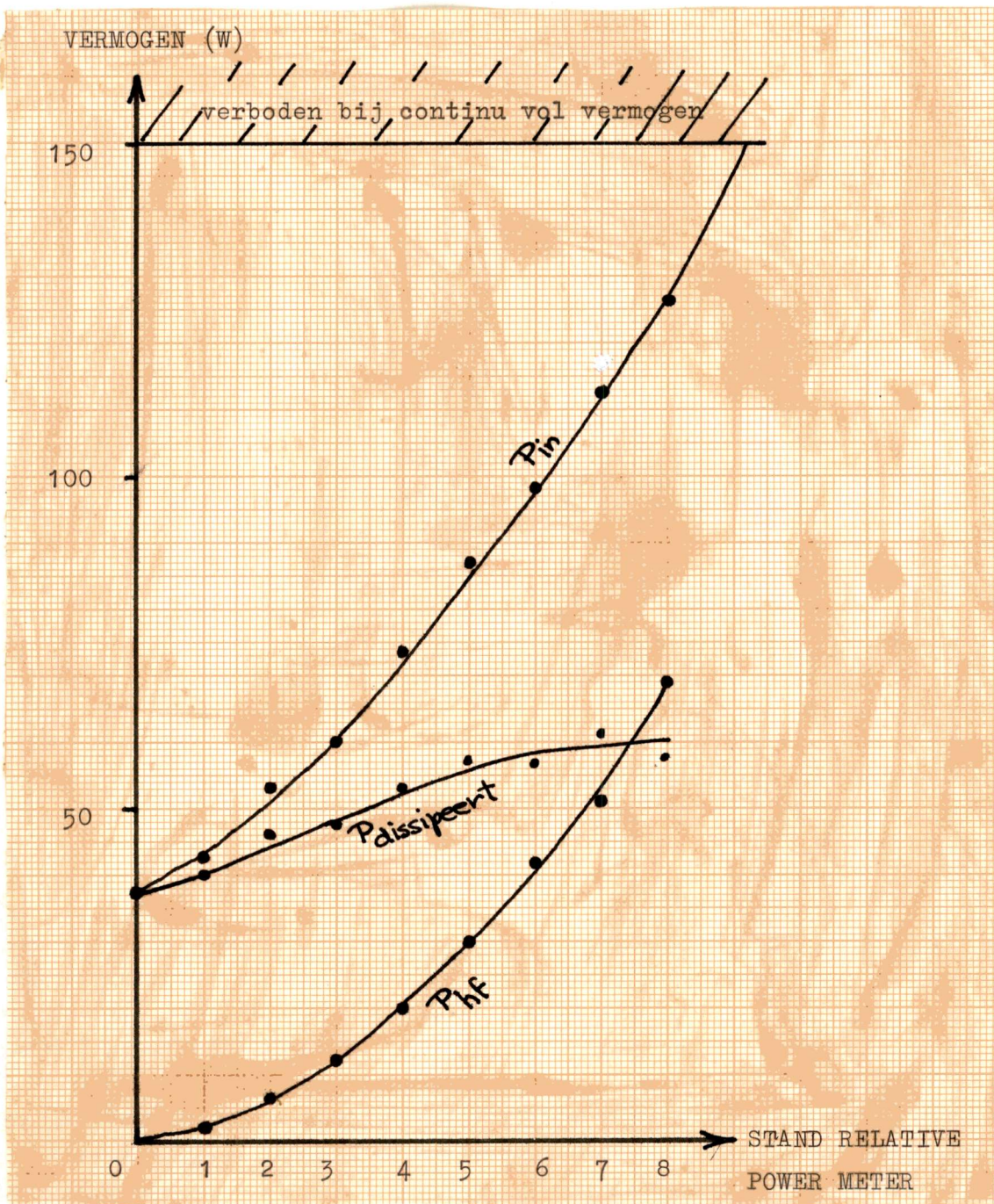


Fig. 19 De vermogens  $P_{in}$ ,  $P_{dissipeert}$  en  $P_{hf}$  als functie van de uitslag van de relative power meter van de SB-102. Het HF-vermogen werd gedissipeert in de dummyload. De meting werd bij een zendfrequentie van 3,7 MHz gedaan.



### 3.7 De gebruikte kortegolf-zender

De kortegolf-verbinding is tot stand gebracht met bestaande amateur-apparatuur. Een verouderde, volledig met buizen uitgeruste, zender-ontvanger (Heathkit SB 102) diende als hf-zender. De zender is geschikt voor de modulaatvormen SSB met onderdrukte draaggolf (Class A<sub>3J</sub>) en CW (Class A<sub>1</sub>); alleen de SSB mogelijkheid werd benut.

De SB-102 werd voor het experiment op geen enkele wijze gemodificeerd. Het uit het tableau afkomstige schrijf- of spraaksignaal (TUT) wordt eenvoudigweg aan de microfooningang van de zender aangeboden.

Vier zaken kregen voor het in gebruik nemen van de zender bijzondere aandacht: de toegestane dissipatie, de frequentiedrift van de oscillatoren, de frequentieresponsie van de zender en de vervormingsprodukten in de gewenste band.

Zowel spraak als morsesignalen bevatten pauzes, waarin tijdens het zenden weinig of geen hf-vermogen ontwikkeld wordt. Het schrijfsignaal in de door ons gebruikte modulaatvorm vraagt continu hetzelfde maximale hf-vermogen van de zender. De voeding en de koeling zijn hier echter niet op berekend.

Aangezien het zendstation gedurende lange tijd continu gebruikt ging worden en dit bovendien nog zonder direkt toezicht, werd veel aandacht besteed aan het voorkomen van oververhitting van de zender.

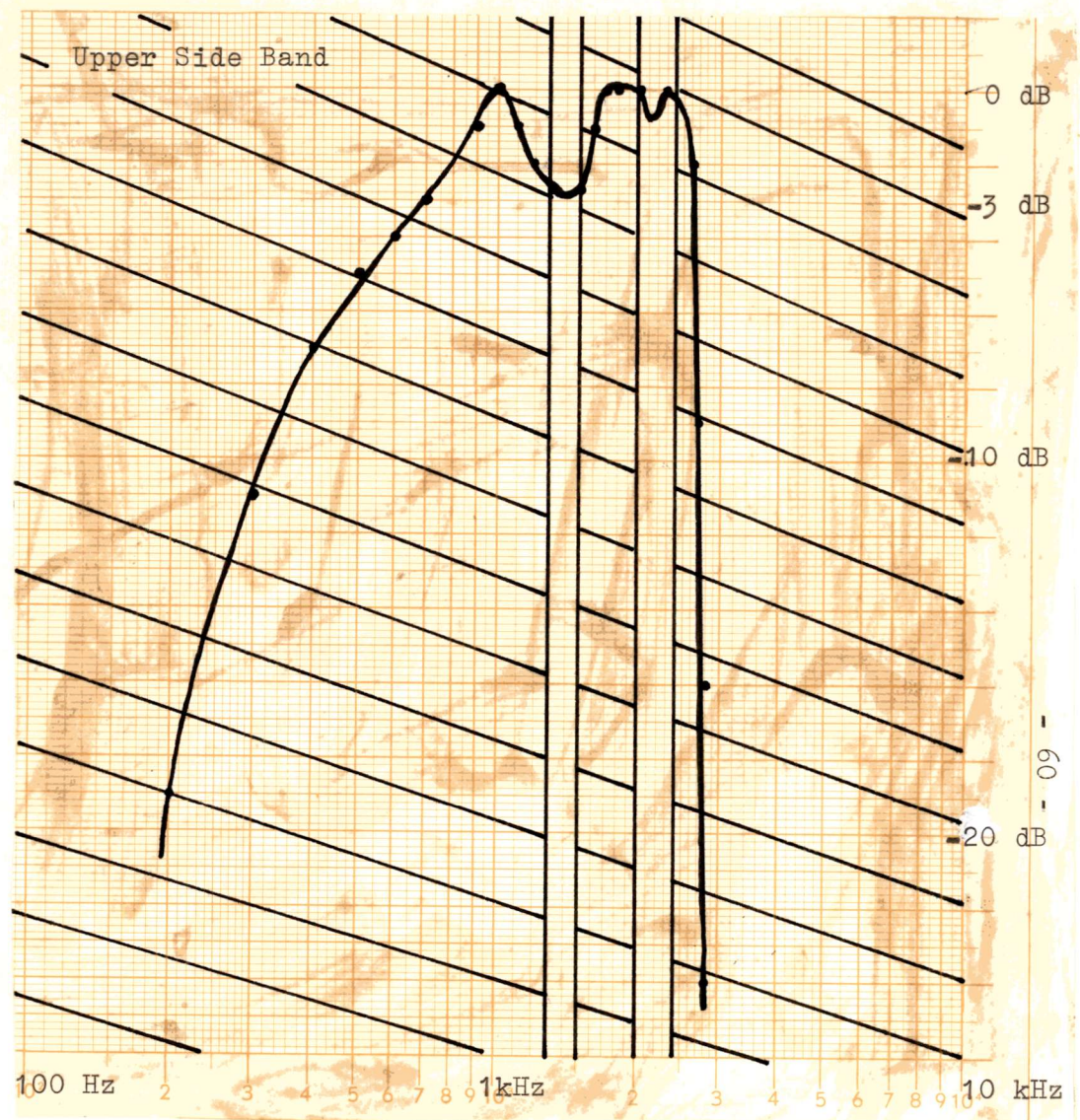
De fabrikant geeft aan dat een continue grote uitsturing (b.v. bij RTTY) geprobeerd kan worden als voor extra koeling gezorgd wordt en bovendien het vermogen dat aan de eindtrap toegevoerd wordt < 150 W blijft.

Om een goede koeling van de eindtrap te verkrijgen, is een ventilator-unit gebouwd, die direkt op de stalen afschermingskooi van de eindbuizen past. De door de ventilator veroorzaakte trillingen gaven geen problemen met de frequentiestabiliteit van de oscillatoren.

In de fig. 19 is het gemeten verband gegeven tussen  $P_{in}$ ,  $P_{dissipeert}$ ,  $P_{hf}$  en de uitslag van de relative power meter\* van de zender. De meting is niet bijzonder nauwkeurig uitgevoerd, maar geeft toch een goede indruk van de onderlinge samenhang.

\* opmerking. De uitslag van deze meter is instelbaar. Hier is de volgende instelling gebruikt: Als de zender met de dummyload afgesloten is dan bij zenden de stand 7 overeen met  $I_{plate} = 155 \text{ mA}$ . (Bij 3,7 MHz.)





Figuur 20



Om geen problemen met de dissipatie te krijgen werd tijdens de experimenten gewerkt met  $I_{\text{plate}} \leq 125$  mA, dit komt bij een ideale afsluiting overeen met stand 5,5 op de rel. power-meter. Er is dan hf-vermogen tot maximaal 30 W beschikbaar voor de experimenten.

Bij een onjuiste afsluiting van de zender wordt een deel van het hf-vermogen gereflekteerd.

In het ergste geval wordt al het vermogen dat de eindtrap ingaat gedissipeerd ( $P_{\text{in}} = P_{\text{dissipeert}}$ ). Dit kan funest zijn voor de eindtrap, zodat een goede antenneaanpassing van groot belang is.

Een verschil tussen de afstemfrequentie van de zender en die van de ontvanger uit zich bij het te onderzoeken modulaat in een diagonale verschuiving van het beeld. De beide 'draaggolven' die de schrijfinformatie bevatten worden met hetzelfde aantal Hz in frequentie omhoog of omlaag geschoven.

Voor spraak geldt dat misafstemmingen van ca 20 Hz niet te horen zijn ([30] pag 29). Maar een dergelijke foute afstemming leidt bij een schrijfsignaal al tot een verschuiving over 11 procent van de beschikbare beeldbreedte.

Snelle variaties in de afstemfrequentie, deze kunnen b.v. ontstaan door een slechte stabilisatie van de voedingsspanning van de oscillatoren, bleken bij de gebruikte zender te verwaarlozen te zijn. De frequentiedrift op de wat langere termijn is dat niet. De fabrikant geeft op dat deze, na een opwarmperiode van 10 minuten, kleiner is dan 100 Hz per uur. In de praktijk bleek deze waarde, na een langere opwarmtijd, kleiner te zijn. Wel is het nodig de, tussen de zender en de ontvanger optredende, verschillen in afstemfrequentie na verloop van tijd (ca een kwartier) aan de ontvangstkant te verkleinen. Het bijregelen van kleine frequentieverschillen blijkt in de praktijk vrij lastig uitvoerbaar te zijn.

De SSB-zender verschuift het LF-modulaat in frequentie van het audio-gebied naar een kanaal in een van de HF-banden. Bij dit proces moet in het gewenste kanaal de amplitudeverdeling als functie van de frequentie onveranderd blijven.

In fig. 20 is weergegeven hoe de amplitude van het HF-signaal varieert als functie van de frequentie van een sinusvormig signaal aan de microfooningang; de amplitude van het ingangssignaal wordt hierbij constant gehouden.

De karakteristieken zijn zowel voor de USB als voor de LSB gemeten. In de grafiek geven de niet-gearceerde gebieden het frequentiebereik aan dat doorlopen kan worden door de 'draaggolven', die de coördinaten van de penpunt vertegenwoordigen.

De sterkteverschillen in amplitude zijn  $\leq 1$  dB bij het doorlopen van de bandjes. De 'draaggolf' van de X-coördinaat (1300-1500 Hz) wordt ca 3 dB benadeeld t.o.v. die van de Y-coördinaat.

Het is van belang de samenhang tussen de positie van de pen en de amplitude van de 'draaggolven' in het modulaat te kennen. Aan de ontvangstkant van de kortegolfweg moeten namelijk twee oorzaken onderscheiden worden voor het optredende verschil in amplitude tussen de beide 'draaggolven'.

Enerzijds ten gevolge van de net beschreven afhankelijkheid van de positie van de pen, deze ontstaat door onvolkomenheden in het modulatiesysteem; voornamelijk door het niet vlak zijn van de amplitude-frequentie karakteristiek van de filters in hun doorlaatband.

Anderzijds door de selectieve fading op de transmissieweg. Hiervan moet de grootte bepaald worden, zodat we de invloed ervan op de overgezonden beelden kunnen nagaan.

Door de opzet van het meetsysteem voor de selectieve fading wordt aan de ontvangstkant de invloed van oorzaken gezamenlijk geregistreerd. Bij de evaluatie van de meetresultaten moet nagegaan worden of de invloed van de positie-afhankelijkheid verwaarloosd mag worden. Is dit niet het geval dan moeten de meetstroken met een grafische methode gecorrigeerd worden. Zie hiervoor verder paragraaf 4.4.



Ten gevolge van niet-lineariteiten in de AF-versterkertrappen en in de balansmodulator van de zender ontstaan in het gewenste HF-kanaal vervormingsprodukten. Aan de onvangstkant worden het HF-modulaat + de ontstane vervormingsprodukten weer naar een ligging in de LF-band teruggeschoven. De extra vervorming die daarbij ontstaat wordt bij de HF-ontvanger behandeld.

Voor de frequentie van de X-'draaggolf' geldt:  $1300 \text{ Hz} \leq f_1 \leq 1500 \text{ Hz}$  en voor de frequentie van de Y-'draaggolf':  $2000 \text{ Hz} \leq f_2 \leq 2400 \text{ Hz}$ . De vervormingsprodukten  $2f_1$ ,  $2f_2$ ,  $f_2 - f_1$ ,  $f_2 + f_1$ ,  $2f_1 - f_2$ ,  $2f_2 - f_1$  en  $2f_2 - 2f_1$  zijn bekeken.

Op het eerste gezicht lijkt het alsof alleen het produkt  $2f_2 - 2f_1$  van belang is, de frequentie daarvan kan n.l. als enige in een frequentieband van het LF-modulaat terecht komen. Maar ook de vervormingsprodukten, waarvan de frequentie dicht bij een van beide banden ligt, moeten zo klein mogelijk zijn. Denk aan de situatie dat een dergelijk produkt relatief sterk aanwezig is; de banddoorlatende filters in de schriftontvanger onderdrukken dit stoorsignaal slecht, aangezien de steilheid ervan 12 dB/oktaaf is. Tegelijkertijd wordt de gewenste 'draaggolf' door selectieve fading sterk verzwakt. De FM-detektor reageert dan op de vervormingscomponent i.p.v. op het eigenlijke signaal.

Met een HF-spectrumanalyser werden de S/D verhoudingen in het HF-modulaat bepaald bij een zendvermogen van 30 W. Hierbij bleek  $S/D \geq 48 \text{ dB}$  voor harmonischen en  $S/D \geq 20 \text{ dB}$  voor IM-produkten. Voor  $2f_2 - 2f_1$  gold  $S/D \geq 30 \text{ dB}$ .

Concluderend kunnen we aannemen dat bij een selectieve fading  $\leq 20 \text{ dB}$  geen problemen ten gevolge van vervorming van de zender zullen optreden.

Verdere informatie over de opbouw, de specificaties en het gebruik van de SB-102 vindt U in [33].

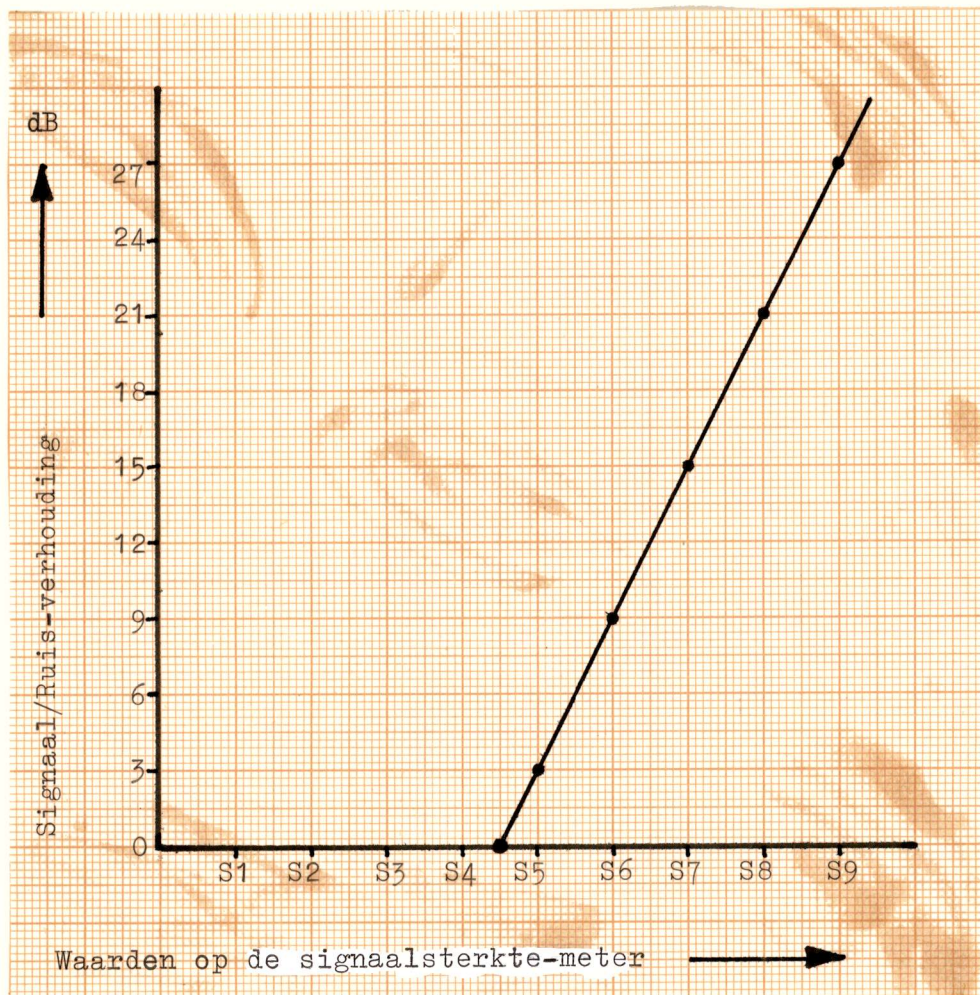


Fig. 21. De ijk-kromme van de signaalsterkte-meter van de SB-303.

De signaal/ruis-verhouding wordt gegeven t.o.v. de eigen ruis van de correct afgesloten ontvanger.

De gegeven kromme geldt alleen voor de gebruikte ontvanger én bij een maximale gevoeligheidsinstelling (RF-attenuator minimaal).

Gemeten werd bij 3,7 MHz.



### 3.8 De gebruikte kortegolf-ontvanger

Net als bij het zenden werd ook bij de ontvangst gebruik gemaakt van bestaande, niet gemodificeerde, amateur-apparatuur. De ontvanger (Heathkit SB-303) is echter volledig getransistoriseerd.

Voor het gebruik ervan waren vooral van belang: de frequentie-stabiliteit, de frequentieresponsie, de grootte van de vervormingsprodukten aan de uitgang en de ijking van de signaalsterkte-meter.

Zoals bij de zender al is uitgelegd, is ook bij de ontvanger de frequentiestabiliteit van belang. Snelle variaties in de ontvangstfrequentie waren niet merkbaar, langzame wel. De frequentiedrift van de oscillatoren was, mede omdat de werkt temperatuur sneller bereikt wordt, minder hinderlijk dan bij de zender en daarnaast ook kleiner. De ontvanger bleek nogal gevoelig voor mechanische schokken; die veroorzaakten frequentiesprongen van enkele tientallen Hz.

De meting van de frequentieresponsie van de hele keten gaf geen aanleiding tot nader onderzoek. Daarom werd de frequentieresponsie van de ontvanger niet afzonderlijk gemeten, maar die zal niet veel verschillen met de responsie, die bij de zender gevonden werd.

Als het hf-modulaat aan de antenne-ingang aangeboden wordt, ontstaan ten gevolge van niet-lineariteiten in de ontvanger vervormingsprodukten in het uitgangssignaal. Bij een normaal luisterniveau werden aan de luidsprekeruitgang de volgende waarden gevonden:  $S/D \geq 35$  dB voor harmonischen en  $S/D \geq 25$  dB voor IM-produkten.

De S-meter van de ontvanger is gebruikt om de maximaal ter beschikking staande S/N-verhouding van de ontvangen signalen te bepalen. In figuur 21 wordt de theoretisch maximaal beschikbare S/N-verhouding als functie van de uitslag van de S-meter gegeven (Een ingangssignaal van  $1,9 \mu\text{V}$  komt overeen met een S9 waardering). De waarden worden gegeven t.o.v. de eigen ruis van de ontvanger. Omdat de eigen ruis altijd kleiner is dan de op de transmissieweg optredende atmosferische ruis, is de S/N-verhouding tijdens uitzendingen in werkelijkheid slechter.

Meer uitgebreide informatie over de opbouw en het gebruik van de SB-303 vindt U in [34].

## 4 METINGEN IN DE TESTFASE

### 4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt de invloed van stoorsignalen op de gebruikte modulaatvormen bepaald. De gevolgen van de stoorsignalen in het beeld worden naar aard en grootte onderzocht.

Welke vervorming in het beeld nog acceptabel is, hangt sterk af van het doel van de verbinding, d.w.z. wat is vereist: goede beeldkwaliteit of leesbaarheid, is er sprake van schrift of van tekeningen. Daarnaast bestaat er natuurlijk nog een verschil in de beoordeling van de beeldkwaliteit tussen de diverse waarnemers.

Bij een werkelijk systematisch onderzoek naar de beeldkwaliteit en de leesbaarheid van vervormde tekst, moet tenminste voldaan zijn aan de volgende voorwaarden:

- een groot aantal waarnemingen is nodig.
- de beelden moeten door een aantal personen beoordeeld worden.
- rekening moet gehouden worden met de vorm en de grootte van het schrift.
- voorkennis van de tekst of van de tekening moet liefst afwezig zijn.
- door zijn woordenschat kan de waarnemer slecht of niet leesbare letters raden. De invloed hiervan kan eventueel uitgeschakeld worden door het gebruik van fantasie-woorden.

Hoewel een dergelijk onderzoek met de gebouwde apparatuur zeer goed mogelijk is, werd, vanwege de te voorziene omvang, van dit systematische onderzoek afgezien.

De hier genoemde toelaatbare signaal/stoor-verhoudingen e.d. zijn dus vrij globaal. Om de lezer ook zelf te kunnen laten oordelen over wat acceptabel is en wat niet, worden de foto's van de meetseries zoveel mogelijk compleet gegeven. Deze series bestaan meestal uit beelden gerangschikt naar afnemende storingsinvloed.

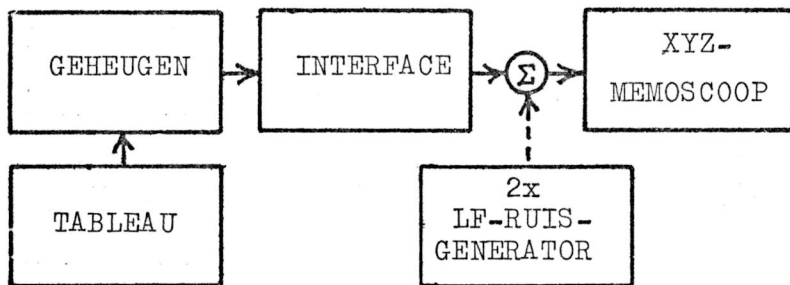
Hoewel het niet direkt met het gebruikte modulatiesysteem te maken heeft, is er toch eerst onderzoek gedaan naar de storingsgevoeligheid van handgeschreven informatie in de meest elementaire modulaatvorm. In paragraaf 4.2 wordt de invloed van ruis op het beeld behandeld; de bandbreedte van de ruis wordt gevarieerd.

In paragraaf 4.3 wordt het LF-modulaat onderzocht, dit modulaat is ook bij de Doventelefoon [37] in gebruik.

Omdat het HF-modulaat uit het LF-modulaat ontstaat door het in frequentie te verschuiven, maakt het in principe niet veel uit of de storingsgevoeligheid in het hoogfrequente of het laagfrequente kanaal gemeten wordt. Gekozen werd voor het onderzoeken van het LF-modulaat, omdat dan de kwaliteit van de HF-zender en de HF-ontvanger geen rol speelt. Bovendien is het eenvoudiger laagfrequent betrouwbare metingen te doen. De invloed van de HF-apparatuur wordt in paragraaf 4.4 besproken.

De invloed van ruis, sinusvormige signalen, spraak- en muziekfragmenten werd gemeten en vastgelegd. De gevonden resultaten dienen als een soort staalkaart van mogelijke beeldfouten bij het later volgende onderzoek naar storingen op de HF-transmissieweg. Op die weg komen de storingsoorzaken natuurlijk niet zo keurig gescheiden voor en het blijkt erg nuttig te zijn om aan de hand van de optredende beeldvervorming de oorzaak (oorzaken) te kunnen schatten, zodat gericht zoeken mogelijk is.

Tenslotte wordt de hele transmissieketen met gebruikmaking van een gesimuleerd, storingsvrij HF-kanaal getest. De resultaten daarvan staan in paragraaf 4.4.



Bij deze meetopstelling zijn de volgende verbindingen aangebracht:

TUX = GIX

TUY = GIY

TUZ = GIZ

GUX = IIX

GUY = IIY

GUZ = IIZ

IUX = X-ingang van de memoscoop (type 611)

IUY = Y-ingang van de memoscoop

IUZ = Z-ingang van de memoscoop

ISX = uitgang LF-ruisgenerator 1 (type HP 3722A)

ISY = uitgang LF-ruisgenerator 2 (type HP 3722A)

Fig. 22 . De meetopstelling

## 4.2 Schrijfsignalen in de basisband

### Meetmethode

Met behulp van de meetopstelling in figuur 22 zijn de gevolgen van ruis op handgeschreven informatie nagegaan. De schrijfinformatie is dan beschikbaar in een elementaire vorm: de X- respectievelijk Y-coördinaat wordt gegeven door een spanning  $U_x$  respectievelijk  $U_y$  ( $-0,45 \leq (U_x, U_y) \leq +0,45V$ ). De bandbreedte van deze signalen is beperkt van DC tot 7,5 Hz (de afsnijfrequentie van het laagdoorlatend filter in het geheugen). Deze bandbreedte werd tijdens het experiment niet veranderd.

Aan beide spanningen  $U_x$  en  $U_y$  werd ruis toegevoegd, doordat gebruik gemaakt werd van twee ruisgeneratoren, is de ruis in de beide kanalen niet gecorreleerd. De bandbreedte van de toegevoegde ruis is wel gevariëerd; bij het onderzoek werden bandbreedtes van DC tot respectievelijk 0,5, 1,5, 5, 15 en 50 Hz gebruikt. Daarnaast werd het ruisniveau in stappen van 5 dB verzwakt.

De gebruikte ruisgeneratoren (HP 3722A) zijn pseudo-random noise generators, ze hebben het voordeel dat in een vaste cyclus alle amplitudewaarden tussen nul en het maximum tenminste één maal doorlopen worden. De maximale amplitude beperkt tot 3,75 maal de RMS waarde. De generator levert witte, gaussische ruis. De bandbreedte kan tussen DC en een instelbare bovengrens beperkt worden. Bij het variëren van de bandbreedte blijft de RMS-waarde van de amplitude gehandhaaft.

Een sinusvormige stoorspanning van  $0,3 V_{RMS}$  veroorzaakt een beeldfout over de gehele hoogte of breedte van het beeld. Daarom is  $0,3 V_{RMS}$  als referentiewaarde voor de amplitude van de ruis genomen.

Neemt men storingen ter grootte van de gebruikte letterhoogte als referentieniveau (ca  $50 mV_{RMS}$ ), dan moeten de gevonden S/N-verhoudingen met 15 dB verminderd worden.

### De beoordeling van de beelden

Figuur 23 geeft in tabelvorm een overzicht van de beeldkwaliteit als functie van zowel de bandbreedte van de ruis als de amplitude van de ruis. Van alle met een V gewaardeerde beelden zijn foto's beschikbaar. De serie beelden, die ontstaat bij een ruisbandbreedte van 5 Hz, staat



		De bandbreedte van de ruis (Hz)				
		DC-0,5	DC-1,5	DC-5	DC-15	DC-50
De verzwakking van de ruis t.o.v. het referentieniveau (dB)	0	O	O	O	O	O
	5	O	O	O	O	O
	10	O	O	O	O	O
	15	O	O	O	O	O
	20	O	O	O	O	O
	25	V	V	O	O	O
	30	V	V	V	O	O
	35	V	V	V	V	O
	40	G	G	V	V	V
	45	G	G	V	V	V
	50	G	G	V	V	V
	55	G	G	G	V	V
	60	G	G	G	V	V
65	G	G	G	G	G	

Fig 23 . Een beoordeling van de beeldkwaliteit als zowel de bandbreedte als de amplitude van de storende ruis gevarieerd worden. De betekenis van de gebruikte tekens:

O = onleesbaar

V = min of meer vervormd

G = geen zichtbaar verschil met het niet gestoorde beeld



in figuur 24 . Afbeeldingen van soortgelijke meetreeksen, maar dan met een andere bandbreedte van de ruis, zijn in bijlage H te vinden.

De foto's zijn, in willekeurige volgorde, door twee waarnemers, onafhankelijk van elkaar, beoordeeld. Ze werden gewaardeerd met een van de volgende vijf beoordelingen:

- goed
- acceptabel
- leesbaar
- dubieus
- onleesbaar

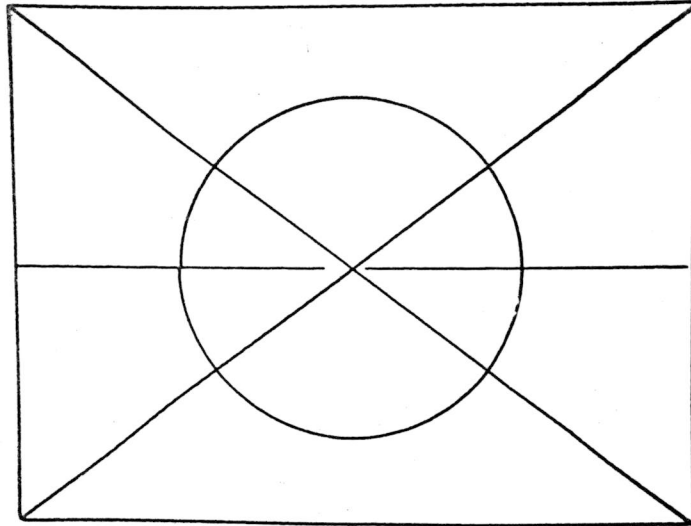
De uitkomsten zijn verwerkt in de grafiek in figuur 25.

### Conclusie

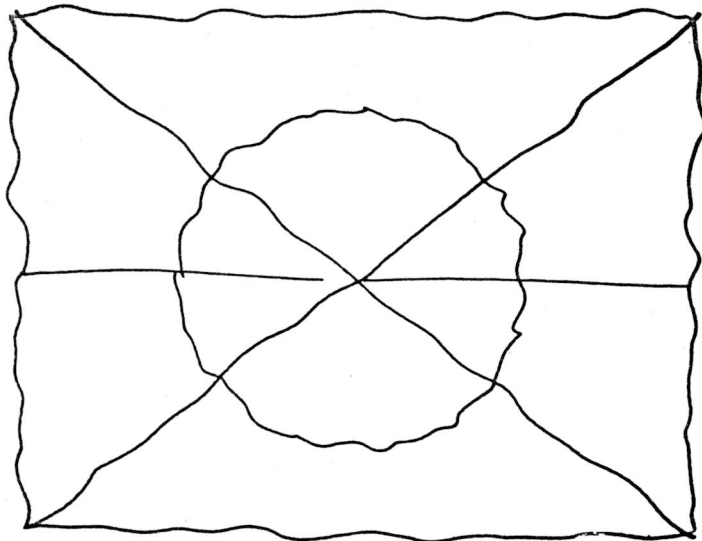
Hoewel de nauwkeurigheid van de gevonden numerieke waarden van de S/N-verhouding niet bijzonder groot is, gezien de eenvoudige opzet van het onderzoekje, zijn toch een aantal conclusies mogelijk:

1. Hoe groter de bandbreedte van de ruis, d.w.z. hoe sneller de variaties, des te groter is de S/N-verhouding, die nodig is voor een gelijkblijvende kwaliteitsbeoordeling. Bij toenemende ruisbandbreedte, maar bij een gelijkblijvende RMS-waarde, neemt de leesbaarheid af.
2. Bij vorige onderzoekingen werd vastgesteld dat bij handgeschreven informatie de bandbreedte van het basisbandsignaal van DC tot ca 5 Hz beperkt kan blijven. Gezien de hier gevonden resultaten verdient het aanbeveling deze niet groter te nemen dan strikt noodzakelijk is, aangezien anders een grotere S/N-verhouding vereist is.
3. Tekeningen vereisen een betere S/N-verhouding dan handschrift voor eenzelfde kwaliteitsoordeel. (ca 10 dB)

Fig. 24. De beeldfouten die ontstaan door ruis met een bandbreedte van 5 Hz. Het vermogen van de ruis wordt gevarieerd.



Het testbeeld zonder storende ruis



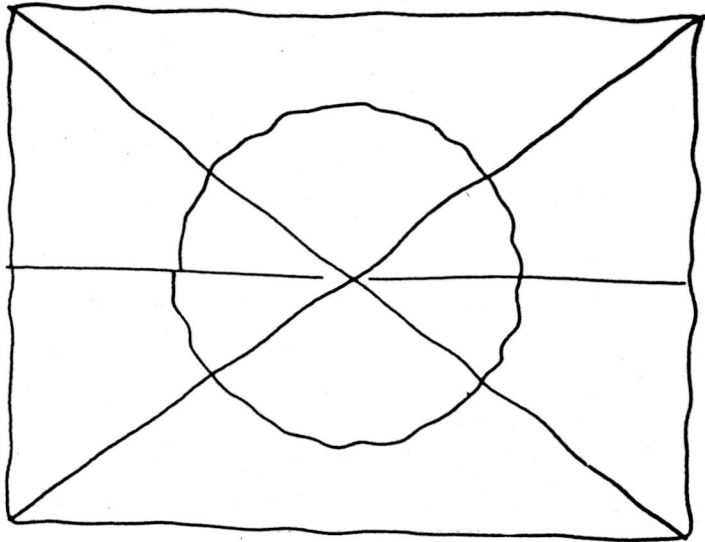
Bandbreedte: DC - 5 Hz    Ruisniveau: -35 dB

VH Delft  
experimentele schrift  
verbinding via de  
korte golf.

De tekst zonder storende ruis

VH Delft  
experimentele schrift  
verbinding via de  
korte golf.

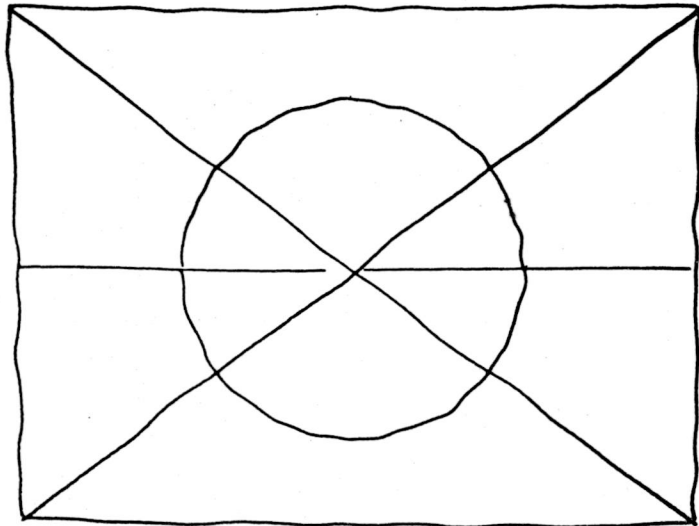
Bandbreedte: DC - 5 Hz    Ruisniveau: -35 dB



Bandbreedte: DC - 5 Hz Ruisniveau: -40 dB

TH Delft  
experimentele schrijf  
verbinding via de  
korte golf.

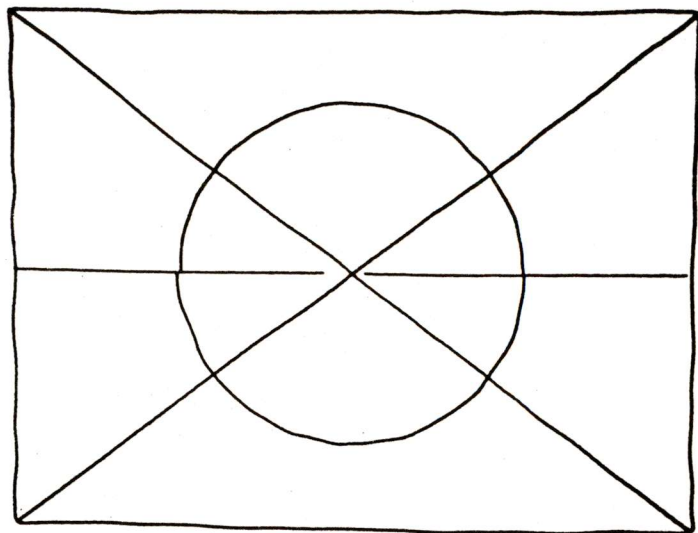
Bandbreedte: DC - 5 Hz Ruisniveau: -40 dB



Bandbreedte: DC - 5 Hz Ruisniveau: -45 dB

TH Delft  
experimentele schrijf  
verbinding via de  
korte golf.

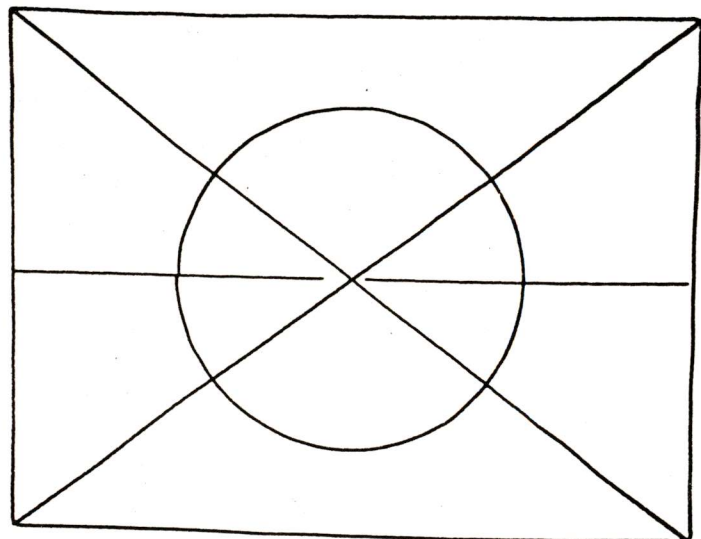
Bandbreedte: DC - 5 Hz Ruisniveau: -45 dB



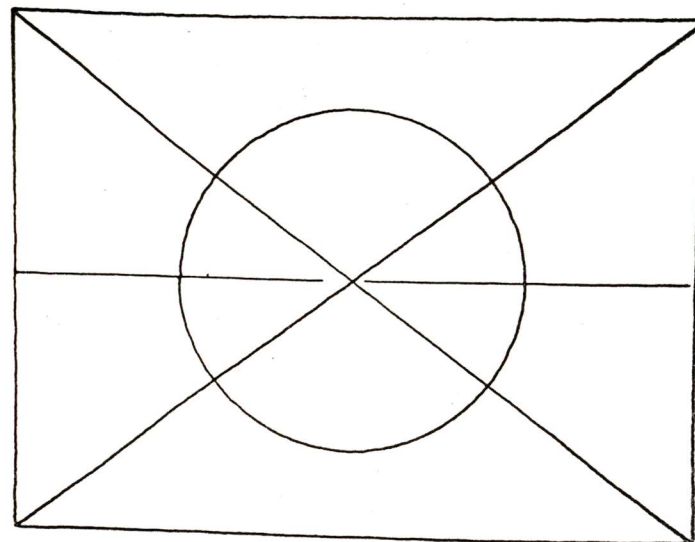
Bandbreedte: DC - 5 Hz Ruisniveau: -50 dB

T.H. Delft  
experimentele schrijf  
verbinding via de  
korte golf.

Bandbreedte: DC - 5 Hz Ruisniveau: -50 dB



Bandbreedte: DC - 5 Hz Ruisniveau: -55 dB



Bandbreedte: DC - 5 Hz Ruisniveau: -60 dB

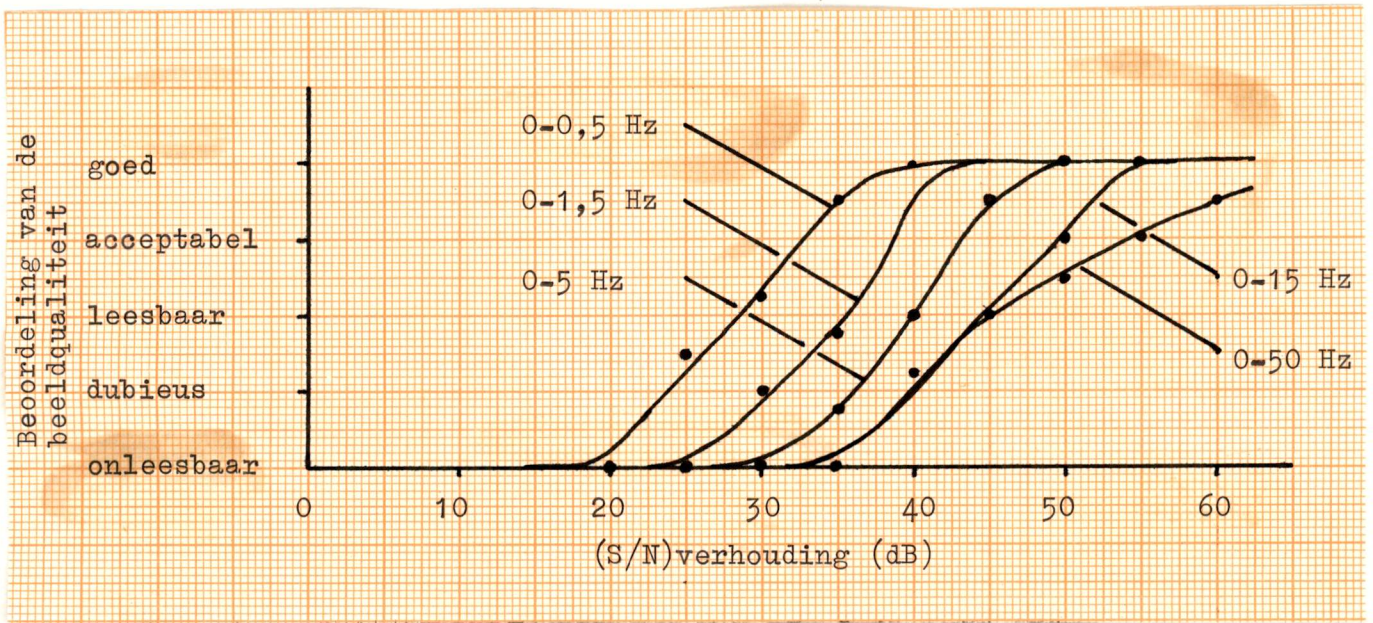


Fig. 25 . De kwaliteitsbeoordeling van een door ruis gestoorde tekst, als functie van de S/N-verhouding. De curves corresponderen met een vijftal ruisbandbreedtes.



#### 4.3 Schrijfsignalen in de LF-modulaatvorm (modulaat Doventelefoon)

De invloed van stoorsignalen op het LF-modulaat werd met de meetopstelling volgens figuur 26 gemeten. De testbeelden uit figuur 28 hebben de hele LF-keten doorlopen; ze zijn representatief voor een storingvrij overgezonden beeld.

Het modulaat bestaat uit twee even sterke, FM-gemoduleerde, 'draaggolven'; de draaggolf, die de X-coördinaat van de pen vertegenwoordigt (draaggolf 14), heeft, afhankelijk van waar de pen zich bevindt, een momentele frequentie tussen de 1307 en 1493 Hz; de momentele frequentie van de draaggolf, die de Y-coördinaat én de Z-informatie (pen op/van papier) vertegenwoordigt, ligt tussen  $2053 \pm 50$  en  $2347 \pm 50$  Hz.

De Y-coördinaat komt overeen met een frequentie tussen 2053 en 2347 Hz. Als de pen op het papier is, wordt rond deze 'centrale' frequentie nog eens extra met  $\pm 50$  Hz gezwaaaid; de modulerende frequentie van deze zwaai is 100 Hz. Is de pen van het papier, dan is de extra FM-zwaai afwezig en ligt de frequentie van de Y-draaggolf (draaggolf 22) tussen 2053 en 2347 Hz.

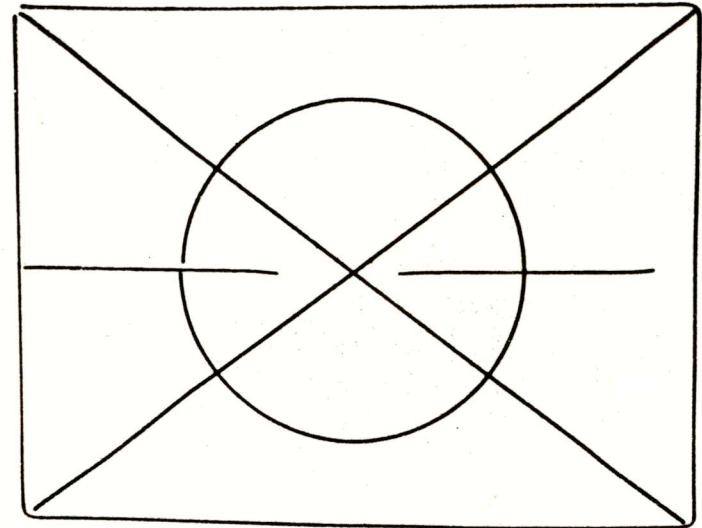
Figuur 27 toont het verband tussen de positie van de pen en de frequentie van de beide draaggolven.

De benodigde bandbreedte is theoretisch  $186 + 2 \times 7,5 = 201$  Hz voor het X-banddoorlatend filter; voor het Y + Z-sigitaal is een bandbreedte van  $294 + 2 \times 100 + 2 \times 7,5 = 509$  Hz nodig. Bij de in het ontwerp toegepaste filters liggen de -3dB-punten van de filters bij 1275, 1525, 1935 en 2465 Hz, zodat de -3dB-bandbreedte ervan 250 respectievelijk 530 Hz is; wat aan de ruime kant. De toegepaste banddoorlatende filters hebben een flanksteilheid van -12 dB/oktaaf; hierdoor is de onderdrukking van de niet-gewenste draaggolf aan de lage kant. De filters zijn ontworpen voor het gebruik van het systeem via telefoonlijnen, maar bij telefoonkanalen treedt geen selectieve fading op. Wordt transmissie over kanalen met selectieve fading gepleegd, zoals bij dit onderzoek, dan zijn vermoedelijk filters nodig die de overspraak van niet-gewenste signalen beter onderdrukken. Dit bleek in de praktijk ook inderdaad het geval.

1 2 3 4 5 6 7 8 9

A B C D E F G

H I J K L



JH Delft  
experimentele schrijf  
verbinding via de  
korte golf.



Fig. 28. Beelden die via de gehele LF-keten overgebracht zijn

## Ruis

Als de storing in het kanaal uit witte gaussische ruis bestaat, wordt de beeldkwaliteit als in figuur 29. De bandbreedte van de ruis werd d.m.v. een filter beperkt tot de bandbreedte van een telefoonkanaal (300-3100 Hz). De ruisniveaus zijn gemeten met een true RMS voltmeter (HP 3400); ze worden (in dB) gegeven ten opzichte van de nominale signaalsterkte.

Bij het gebouwde systeem is een S/N-verhouding van 8 à 10 dB voldoende voor leesbaarheid; 13 à 15 dB voor een uitstekende kwaliteit.

De Z- en Y-informatie blijken het meest kwetsbaar.

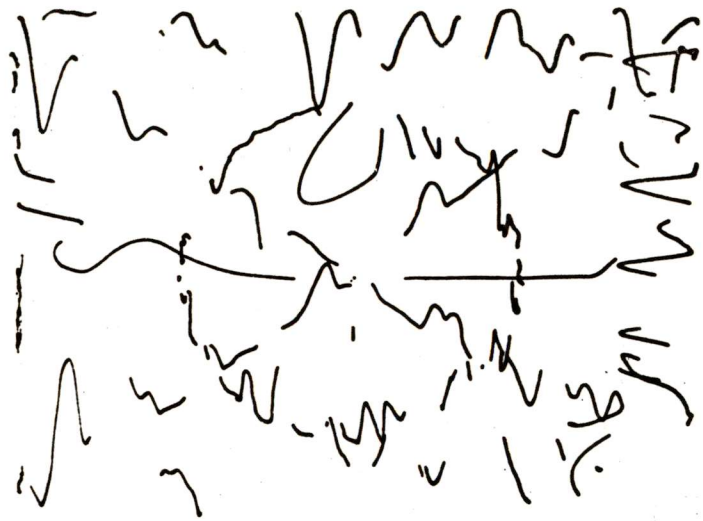
Wordt een kanaal met een bandbreedte van 2100 Hz gebruikt, dan moeten de genoemde waarden met 1,2 dB vergroot worden.

Verder kan winst verwacht worden door het toepassen van betere filters; de maximaal te behalen winst is 6 dB (ideale banddoorlatende filters).

Door het verkleinen van de bandbreedte en door betere filters te gebruiken (bv. hogere orde Cauer-filters) moet het mogelijk zijn de, voor leesbaarheid vereiste, S/N-verhouding tot ca. 2 à 4 dB terug te brengen, maar de, met het ontwerp bereikte, toelaatbare S/N-verhouding lijkt echter al voldoende.

Figuur 30 laat zien wat er op het beeldscherm verschijnt, als de ontvanger alleen maar ruis ontvangt.

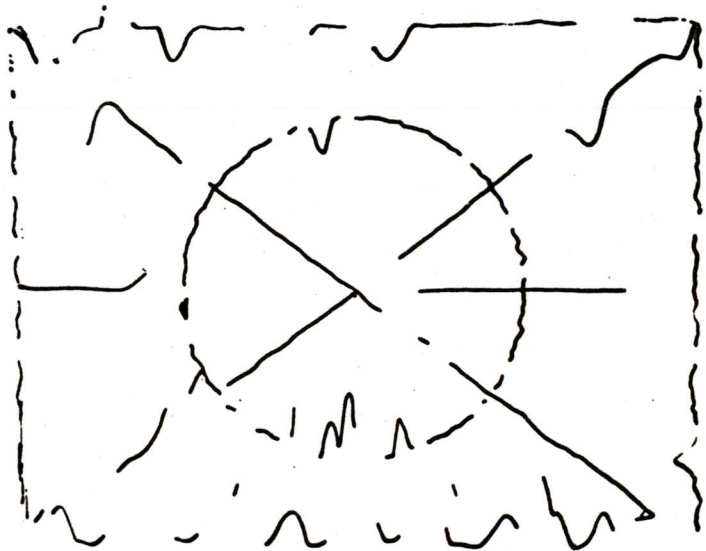




Ruis : 0 dB

1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. 24. 25. 26. 27. 28. 29. 30. 31. 32. 33. 34. 35. 36. 37. 38. 39. 40. 41. 42. 43. 44. 45. 46. 47. 48. 49. 50. 51. 52. 53. 54. 55. 56. 57. 58. 59. 60. 61. 62. 63. 64. 65. 66. 67. 68. 69. 70. 71. 72. 73. 74. 75. 76. 77. 78. 79. 80. 81. 82. 83. 84. 85. 86. 87. 88. 89. 90. 91. 92. 93. 94. 95. 96. 97. 98. 99. 100.

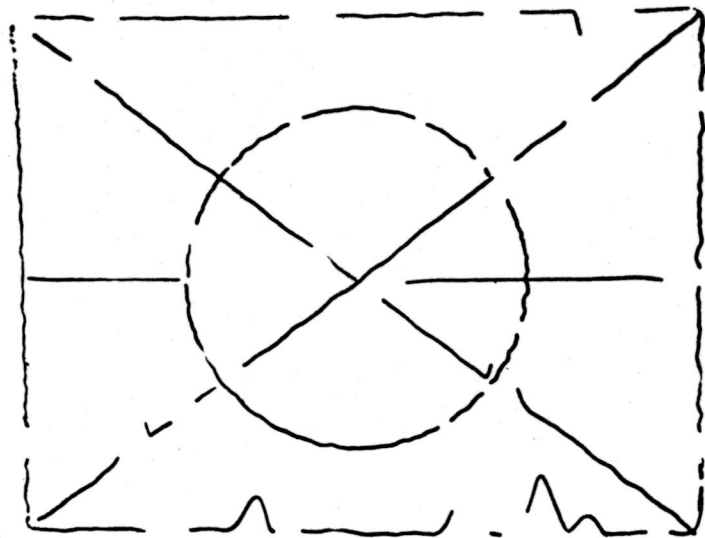
Ruis : 0 dB



Ruis : - 3 dB

J. M. Delft  
experimenteel schrift  
verklaring v.o. d.  
Bosch en de  
'

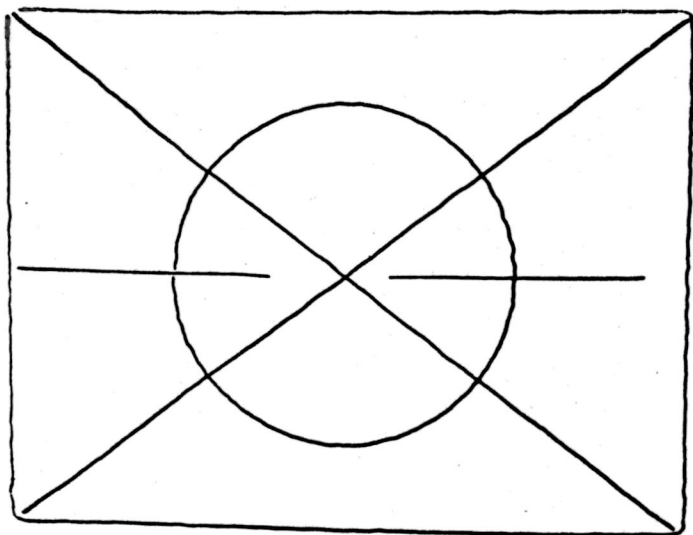
Ruis : - 3 dB



Ruis : - 5 dB

VH Delft  
 experimentele schrijf  
 verbinding via de  
 korte golf.

Ruis : - 5 dB



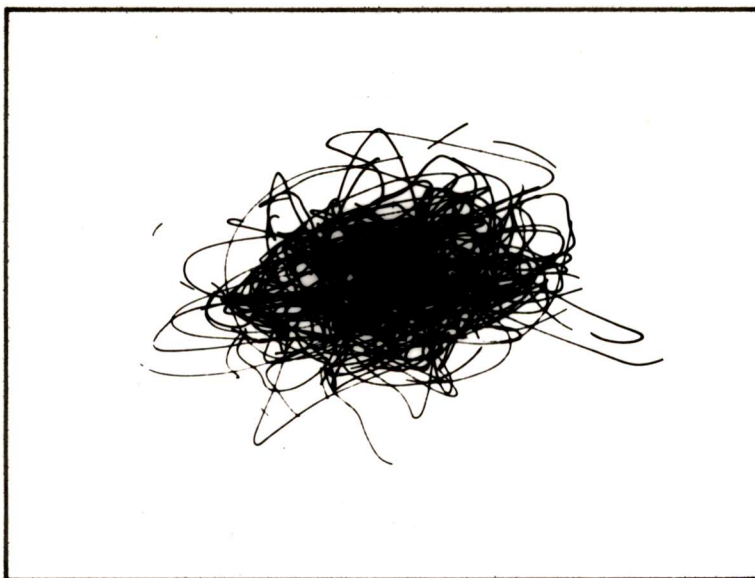
Ruis : - 10 dB

VH Delft  
 experimentele schrijf  
 verbinding via de  
 korte golf.

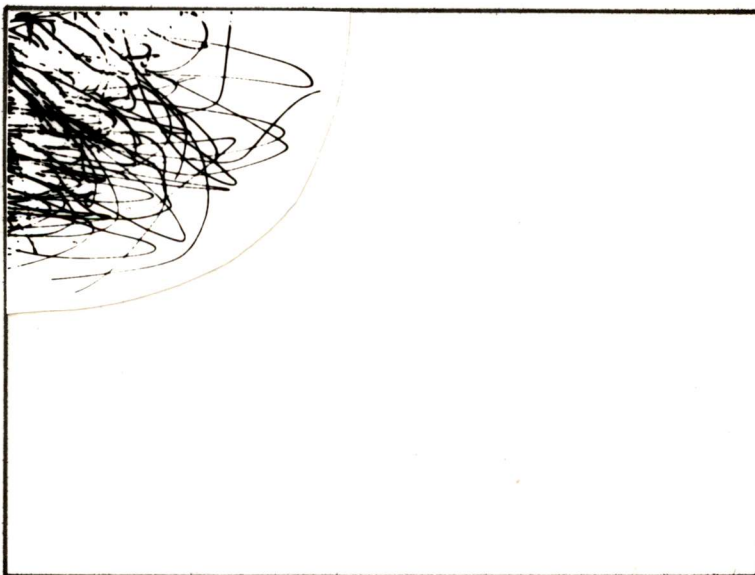
Ruis : - 10 dB

Fig. 29 . De beeldkwaliteit, als het modulaat door witte gaussische ruis gestoord wordt





Alleen ruis : 0 dBr



Alleen ruis : - 10 dBr

Fig. 30 . De gevolgen op het beeldscherm, als de ontvanger alleen ruis ontvangt.

### Sinusvormige storing binnen de doorlaatband

Deze test is opgezet om na te gaan wat de invloed is van een interfererend station, waarvan een frequentie binnen het frequentiebereik van een van de twee banddoorlatende filters valt (bv. morse, telex of facsimile). De verkregen gegevens gelden natuurlijk niet, als er sprake is van meerdere frequenties binnen de doorlaatband, zoals bij amplitude-gemoduleerde spraak of muziek en voice frequency telex het geval is.

Figuur 31 en 32 laten de gevolgen in het beeld zien, als een 1400 resp. 2200 Hz sinus als stoorsignaal gebruikt wordt.

De in de figuren gegeven stoorniveaus worden gegeven t.o.v. het nominale niveau van het modulaat. Het juiste niveau van het interfererende signaal t.o.v. de 'draaggolven' werd met behulp van een spectrumanalyser (HP 8556A) ingesteld.

Dezelfde meting werd ook bij een 10 dB verzwakt modulaat uitgevoerd. De resultaten daarvan zijn in bijlage I, fig. 84 en 85 te vinden.

Voor leesbaarheid moet het niveau van een interfererende toon 15 dB verzwakt zijn t.o.v. de gewenste 'draaggolf'; 20 dB verzwakking is nodig voor een uitstekende kwaliteit.

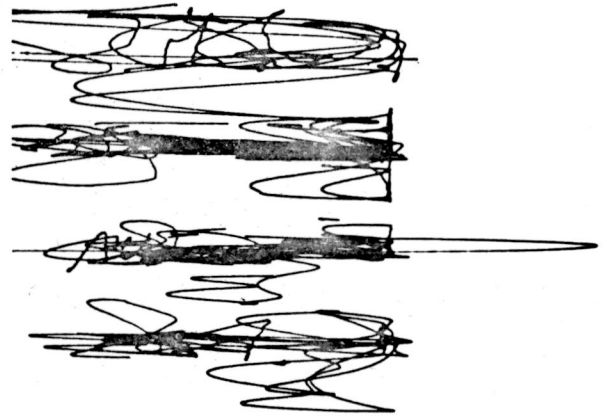
De meting bij het 10 dB verzwakte modulaat geeft nagenoeg dezelfde resultaten.

### Niet-sinusvormige storing binnen de doorlaatband

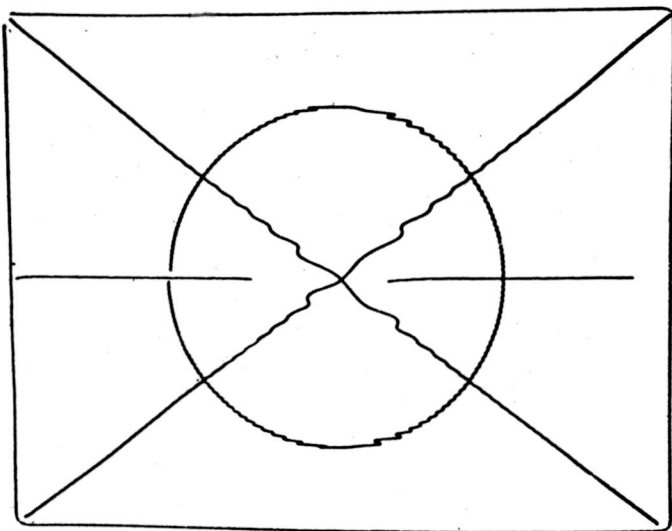
Figuur 82 en 83 in bijlage I laten zien welke invloed gesproken tekst of muziek op het modulaat heeft. De beelden laten alleen het type storing in het beeld zien.



1400 Hz sinus : 0 dB



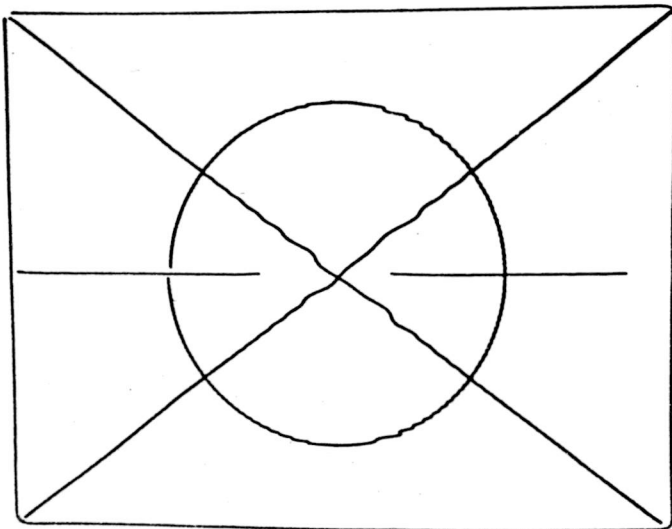
1400 Hz sinus : 0 dB



1400 Hz sinus : - 5 dB

TH Delft  
 experimentele schrijf  
 verbinding via de  
 korte golf

1400 Hz sinus : - 5 dB

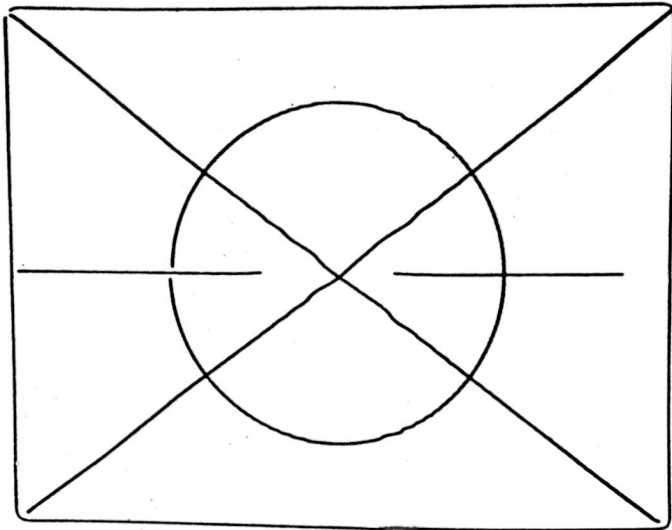


1400 Hz sinus : - 10 dB

TH Delft  
 experimentele schrijf  
 verbinding via de  
 korte golf.

1400 Hz sinus : - 10 dB

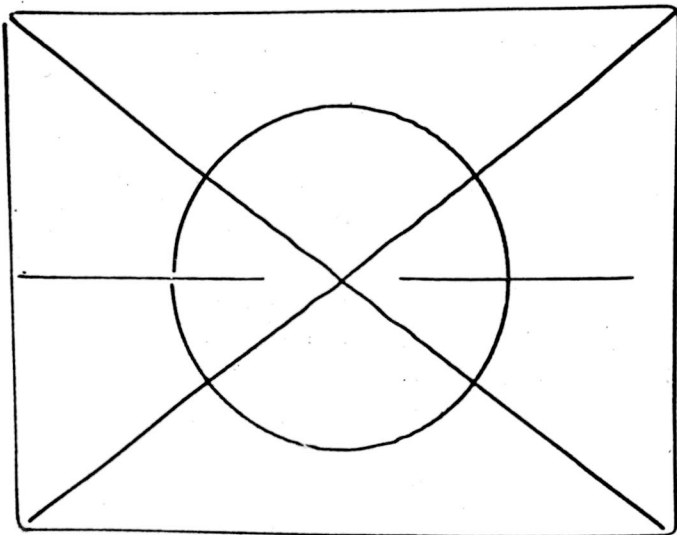
Fig. 31. De beeldkwaliteit, als het modulaat door een 1400 Hz sinus gestoord wordt.



1400 Hz sinus : - 15 dB

T.H. Delft  
experimentele schrijf  
verbinding via de  
korte golf.

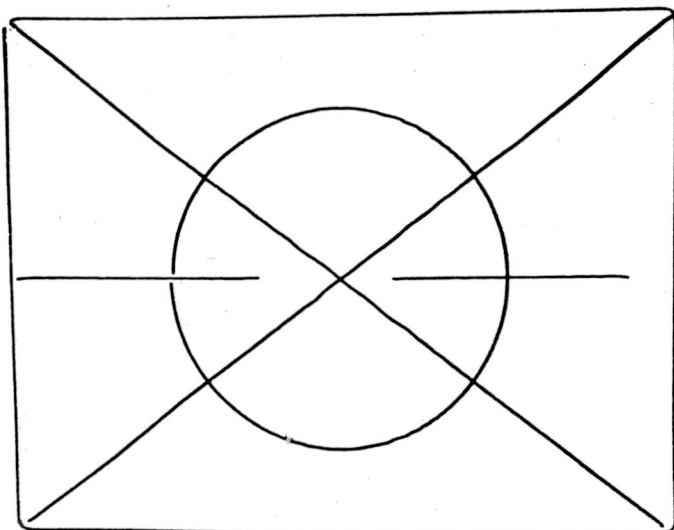
1400 Hz sinus : - 15 dB



1400 Hz sinus : - 17 dB

T.H. Delft  
experimentele schrijf  
verbinding via de  
korte golf.

1400 Hz sinus : - 17 dB

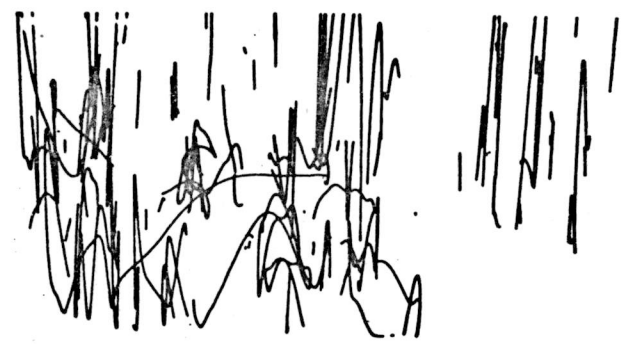
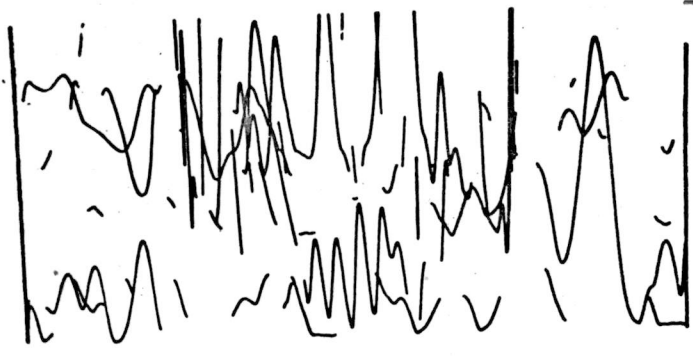


1400 Hz sinus : - 20 dB

T.H. Delft  
experimentele schrijf  
verbinding via de  
korte golf.

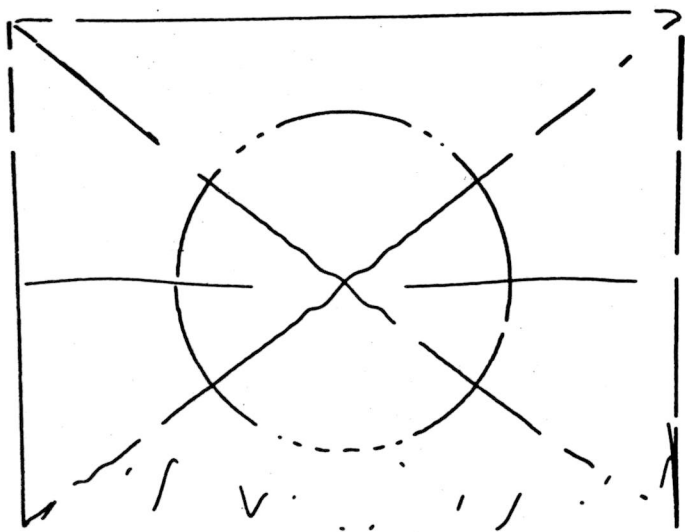
1400 Hz sinus : - 20 dB

Fig.31 . De beeldkwaliteit, als het modulaat door een 1400 Hz sinus gestoord wordt.



2200 Hz sinus : 0 dB

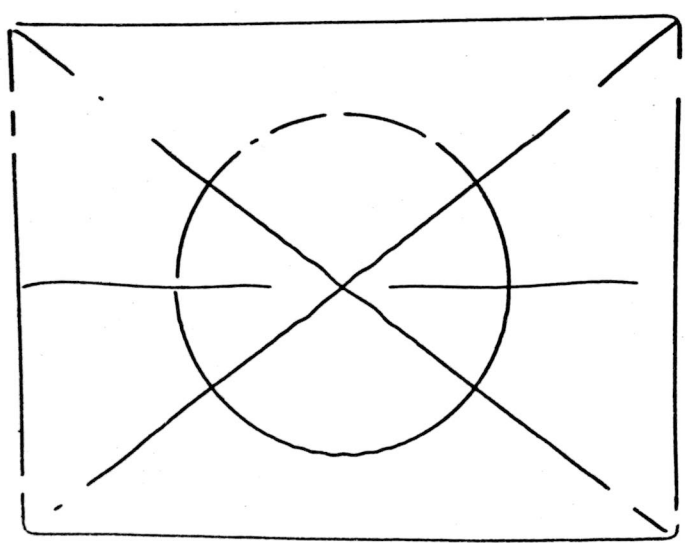
2200 Hz sinus : 0 dB



$f_1$   $f_2$   
 experimentele schrijf  
 verbinding via de  
 kort golf

2200 Hz sinus : - 5 dB

2200 Hz sinus : - 5 dB



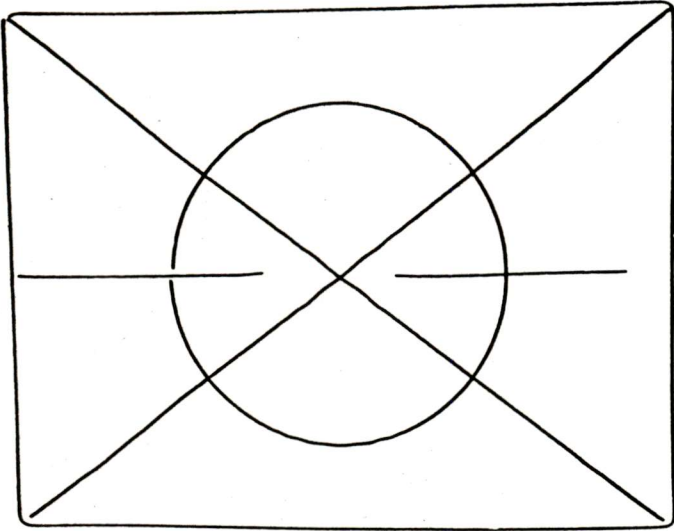
TH Delft  
 experimentele schrijf  
 verbinding via de  
 kort golf.

2200 Hz sinus : - 10 dB

2200 Hz sinus : - 10 dB

Fig. 32. De beeldkwaliteit, als het modulaat door een 2200 Hz sinus gestoord wordt.

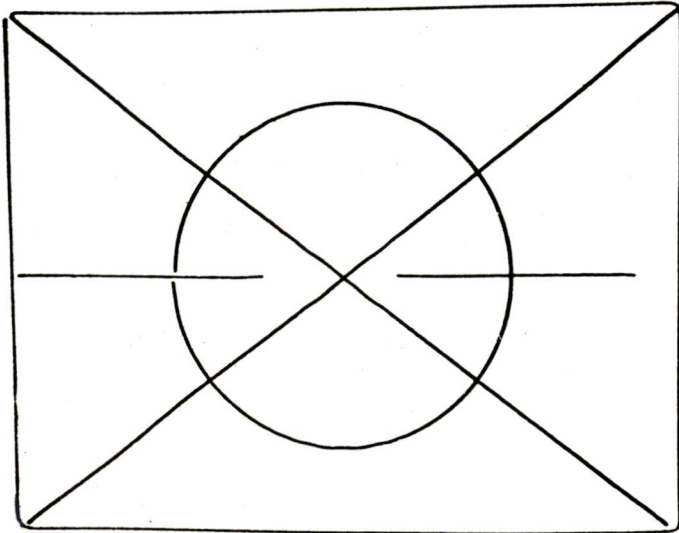




2200 Hz sinus : - 15 dB

TH Delft  
experimentele schrijf  
verbinding via de  
korte golf.

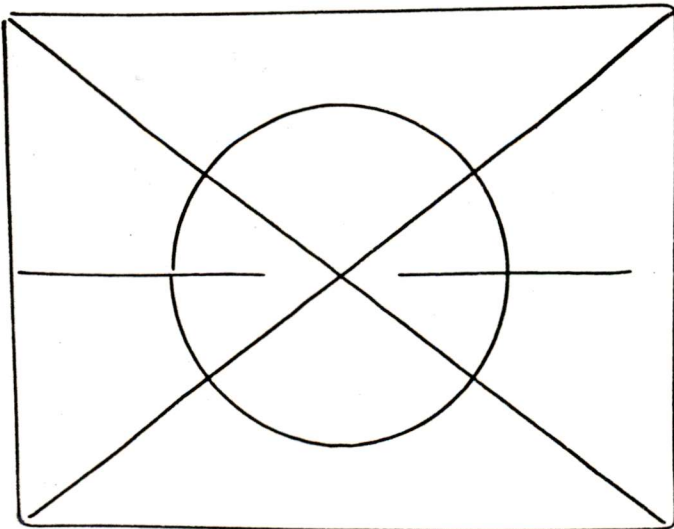
2200 Hz sinus : - 15 dB



2200 Hz sinus : - 17 dB

TH Delft  
experimentele schrijf  
verbinding via de  
korte golf.

2200 Hz sinus : - 17 dB

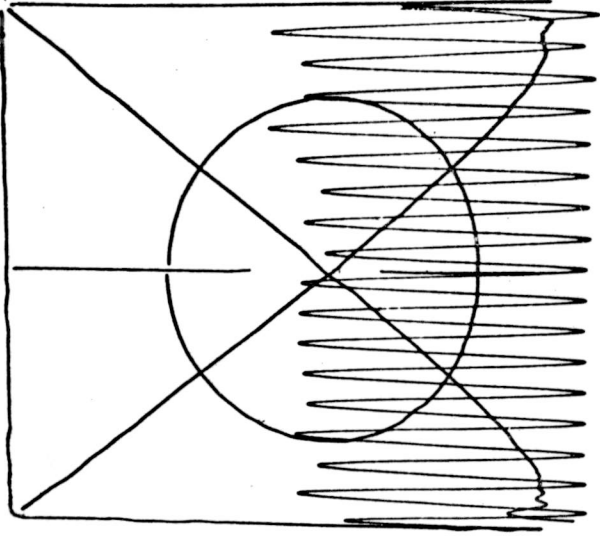


2200 Hz sinus : - 20 dB

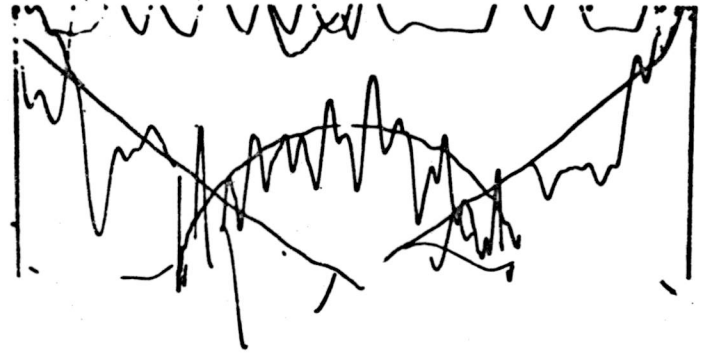
TH Delft  
experimentele schrijf  
verbinding via de  
korte golf.

2200 Hz sinus : - 20 dB

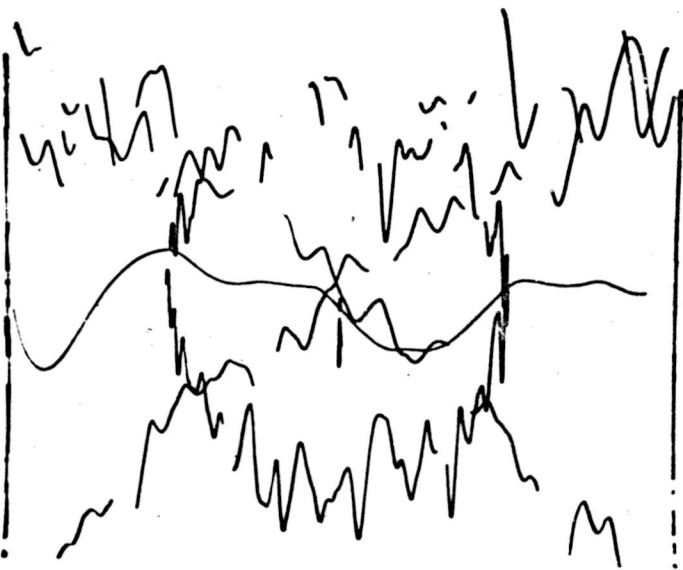
Fig. 32. De beeldkwaliteit, als het modulaat door een 2200 Hz sinus gestoord wordt.



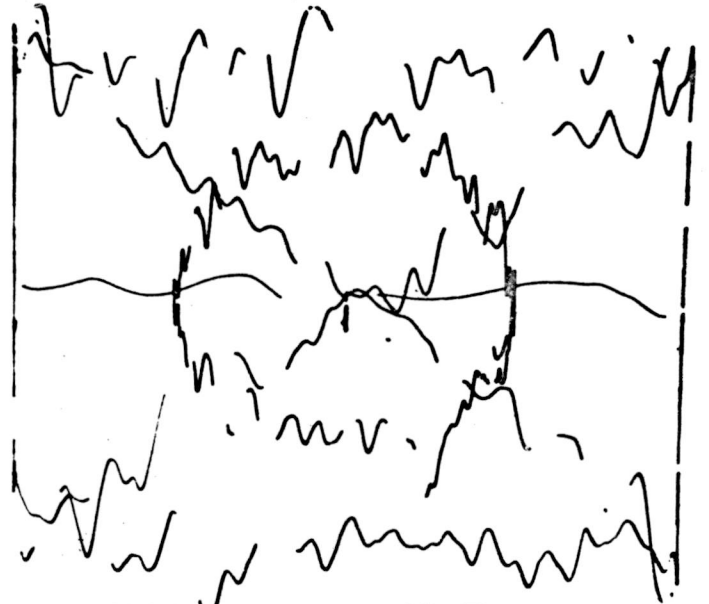
1000 Hz sinus : + 20 dB



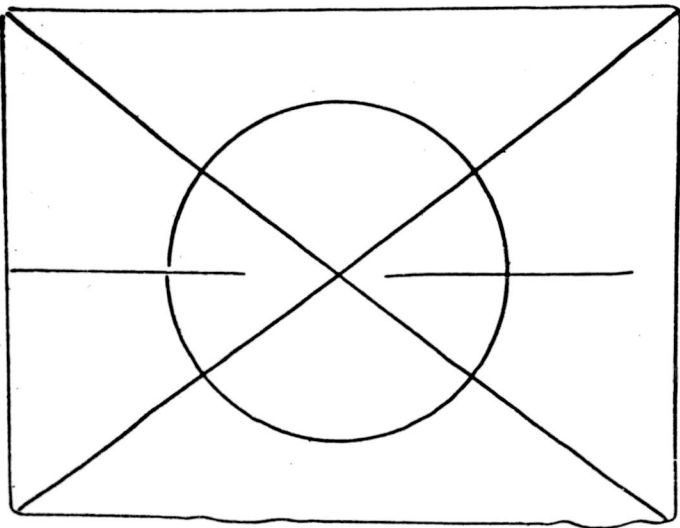
1700 Hz sinus : + 10 dB



2600 Hz sinus : + 10 dB



3000 Hz sinus : + 20 dB



3300 Hz sinus : + 20 dB

Fig. 33 . De gevolgen van overspraak

### Sinusvormige storing buiten de doorlaatband

De gevolgen van overspraak van één niet gewenste frequentie -binnen de de telefoonbandbreedte, maar buiten de doorlaatband van de ontvangst-filters- zijn onderzocht.

Mits de frequentie van het interfererende signaal niet te dicht bij de doorlaatband ligt (meer dan 200 Hz van de -3dB-waarden verwijderd), dan wordt geen hinder ondervonden van signaalsterktes tot 0 dB t.o.v. het niveau van de draaggolven van het modulaat. Bij grotere signaalsterktes wordt wel invloed in het beeld zichtbaar, zie de voorbeelden in fig. 33.

Bij frequenties dichterbij de doorlaatband van de filters mag de signaalsterkte maximaal tussen 0 en -20 dB liggen, afhankelijk van de flanksteilheid van de filters.

Als er sprake is van selectieve fading, dan wordt de maximaal toelaatbare sterkte van het interfererende signaal gegeven t.o.v. de zwakste 'draaggolf'. Moet selectieve fading tot bv. 17 dB goed verwerkt kunnen worden, dan wil dat zeggen dat elke interfererend signaal tussen 17 en 37 dB zwakker moet zijn t.o.v. het nominale niveau.

De gevoeligheid voor dit type storing kan verkleind worden door de toepassing van betere banddoorlatende filters. Bijvoorbeeld door Cauer-filters te gebruiken met een onderdrukking van 40 dB buiten de doorlaatband; de maximale onderdrukking zou kunnen samenvallen met de centrale frequentie van de andere 'draaggolf' (1400 of 2200 Hz).

### Driftverschijnselen

In het ontwerp komt een groot aantal DC-gekoppelde versterkers voor, die bij signaalniveaus van enkele tientallen mV's werkzaam zijn. Bij dergelijke schakelingen mag de temperatuurafhankelijkheid van de gebruikte weerstanden en van de offset-spanningen van de op-amp's meestal niet verwaarloosd worden. De gevolgen van deze temperatuurafhankelijkheid kunnen hinderlijk zijn als ze leiden tot vervormingen of verschuivingen in het beeld.

Onder normale bedrijfsomstandigheden bleek de invloed van de temperatuur



niveau 22 - niveau 14 (dB)



t 125 mm/min

METING OVER DE LF-KETEN

BRUSH ACCUCH 1  
Gould Inc., Instrument Sys

niveau 22 (dBr)

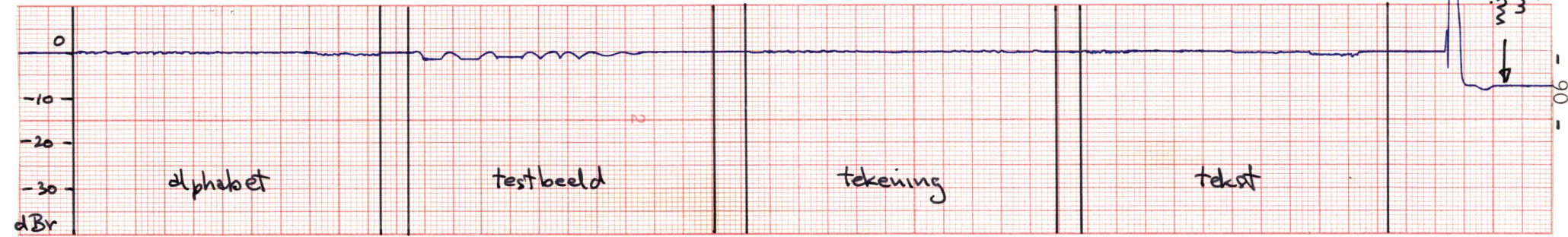


Fig. 34. De 'selectieve fading' die door het meetsysteem veroorzaakt wordt en die afhankelijk is van de positie van de pen.



te verwaarlozen. Alleen direkt na het inschakelen treden in het beeld verschuivingen op en dan nog maar over ca. 1 procent van de breedte en de hoogte van het beeld; na 20 seconden is geen invloed van de temperatuur op het beeld meer zichtbaar.

#### De meting van de selectieve fading

Uit figuur 17 op pag.54 blijkt dat het meetsysteem in de LF-ontvanger in staat is selectieve fading (SF) tot 30 dB te meten; door de keuze van het gevoeligheidsbereik van de papierrecorder zijn metingen tot maar 25 dB (+  $\frac{1}{2}$  dB) mogelijk.

Op pagina 62 werd al uiteengezet dat het meetsysteem zelf in geringe mate een 'selectieve fading' veroorzaakt, die afhankelijk is van de positie van de pen. Deze 'SF' ontstaat door de niet geheel vlakke amplitude-karakteristiek van de banddoorlatende filters.

De door de positie van de pen veroorzaakte 'SF' werd voor de 4 vaste testbeelden bepaald (fig. 34). De invloed van het niet vlak zijn van de filters is het grootst aan de randen van het schrijfvlak (Butterworth-filters), zodat de meetstrook van het meetkundige testbeeld (in de figuur testbeeld genoemd) de grootst mogelijke afwijking laat zien.

De door het meetsysteem veroorzaakte 'SF' blijkt in alle gevallen  $\leq 3$  dB en kan, vooral wanneer een testbeeld niet vlak bij de randen van het schrijfvlak komt en de 'SF' dus nog kleiner is, verwaarloosd worden t.o.v. de echte selectieve fading, die op de transmissieweg ondervonden wordt.

De door het meetsysteem veroorzaakte 'SF' kan verkleind worden door de toepassing van banddoorlatende filters met een vlakkere amplitude-karakteristiek.

## Conclusie

De bij het onderzoek gebruikte apparatuur kan de volgende signaal- en stoorniveaus verdragen:

Ongestoord modulaat:

- nominaal niveau : 0 dBr = -20,5 dBm absoluut
- oversturingsreserve: het signaal loopt in de ontvanger vast bij een signaalniveau van + 3 dBr
- uitval Z-informatie: bij signaalniveaus <-17 dBr valt, afhankelijk van de positie van de pen, de Z-informatie soms uit
- minimaal niveau : de FM-detektors werken niet meer bij signaalniveaus <-22 dBr

Modulaat + ruis:

- S/N = 8 à 10 dB is nodig voor leesbaarheid
- S/N = 13 à 15 dB is nodig voor uitstekende kwaliteit

Modulaat + sinus in de doorlaatband:

- stoorniveau -15 dB voor leesbaarheid
- stoorniveau -20 dB voor uitstekende kwaliteit

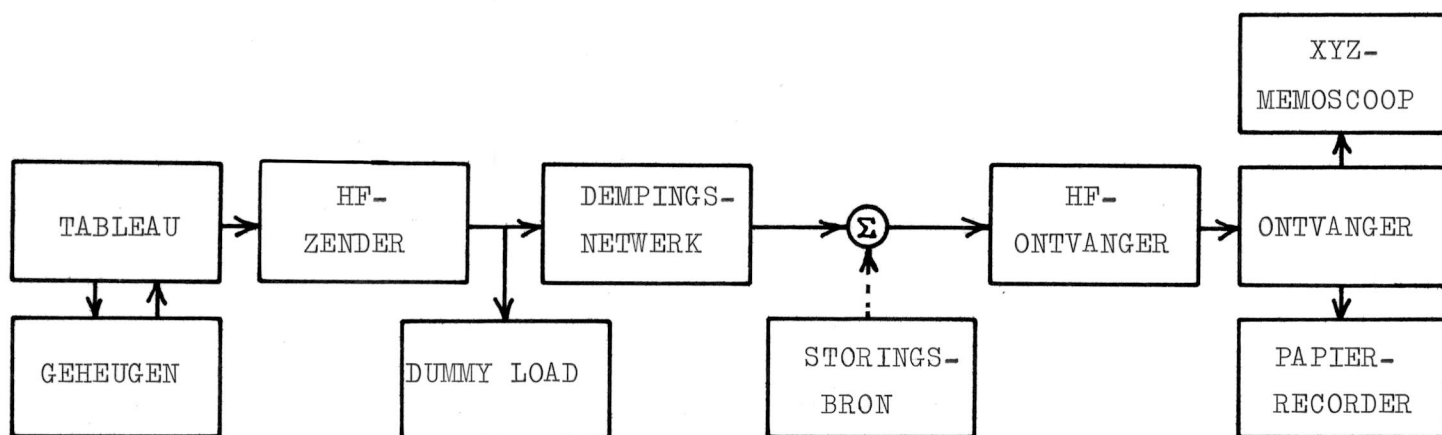
De waarden gelden t.o.v. de gewenste 'draaggolf'; het niveau van de draaggolf hoeft niet nominaal te zijn

Modulaat + sinus buiten de doorlaatband:

- stoorniveau 0 dB voor uitstekende kwaliteit, mits de frequentie van het stoorsignaal meer dan 200 Hz van de doorlaatband verwijderd is.
- stoorniveau tussen 0 en -15 à -20 dB als de frequentie binnen 200 Hz van de doorlaatband ligt, afhankelijk van de flanksteilheid van de filters

De 'selectieve fading', die het gevolg is van de positie van de pen, blijft in alle gevallen binnen de 3 dB.

Hoewel door de geringe flanksteilheid van de banddoorlatende filters problemen te voorzien waren i.v.m. overspraak, werd toch besloten het onderzoek met het ongewijzigde gebouwde systeem te doen.



Bij deze meetopstelling zijn de volgende verbindingen aangebracht:

TUX = GIX

TUY = GIY

TUZ = GIZ

GUX = TIX

GUY = TIY

GUZ = TIZ

TUT = microfoon-ingang van de HF-zender (SB 102)

OIO = luidspreker-uitgang van de HF-ontvanger (SB 303)

OUX = X-ingang van de memoscoop (type 611)

OUY = Y-ingang van de memoscoop

OUZ = Z-ingang van de memoscoop

OUF = ingang van het linker kanaal van de papierrecorder (Brush 220)

OUH = ingang van het rechter kanaal van de papierrecorder

Fig. 35. De meetopstelling

#### 4.4 Schijfsignalen in de HF-modulaatvorm

Het HF-modulaat ontstaat uit het LF-modulaat door dit laatste in frequentie te verschuiven naar een kanaal in een van de HF-banden. Bij het onderzoek werd hiervoor gebruik gemaakt van SSB-apparatuur (met onderdrukte draaggolf; er is dus geen automatische frequentiecompensatie aan de ontvangstkant).

De invloed van stoorsignalen op het HF-modulaat werd gemeten met de meetopstelling volgens figuur 35. De testbeelden uit figuur 36 hebben de hele HF-keten doorlopen; ze zijn representatief voor storingsvrij overgezonden beelden.

##### Automatic Gain Control

Aan de ontvangstzijde van de HF-verbinding wordt de signaalsterkte aan de luidsprekeruitgang constant gehouden met behulp van de AGC. De AGC meet de signaalsterkte en regelt de inwendige versterking van de HF-ontvanger zodanig bij, dat een uitgangsniveau van 0 dBr gehandhaafd blijft.

Is de signaal/stoorverhouding in het kanaal voldoende, dan wordt het uitgangsniveau bepaald door het niveau van de beide 'draaggolven' of, in het geval dat er op de transmissieweg selectieve fading optreedt, van de minst verzwakte 'draaggolf'. Maar als er stoorsignalen in het kanaal aanwezig zijn, die sterker zijn dan het gewenste signaal, dan reageert de AGC dáár op en het gevolg is dat het gewenste signaal evenveel dB's t.o.v. 0 dBr verzwakt wordt als het interfererende signaal sterker is dan de draaggolven (sterkste draaggolf). Het uitgangsniveau wordt binnen 3 dB nauwkeurig gehouden.

Om te controleren of de hierboven omschreven werking ook in de praktijk voldoet, werd aan de HF-ontvanger een bijna 100 procent gemoduleerd AM-signaal aangeboden, gemoduleerd met een 1400 Hz- en een 2200 Hz-signaal. Door een juiste afstemming van de SSB-ontvanger werd een van de AM-zijbanden geselecteerd. Hierna werden de beide 'draaggolven' na elkaar in stappen van 10 dB verzwakt; de meetresultaten staan in figuur 37.

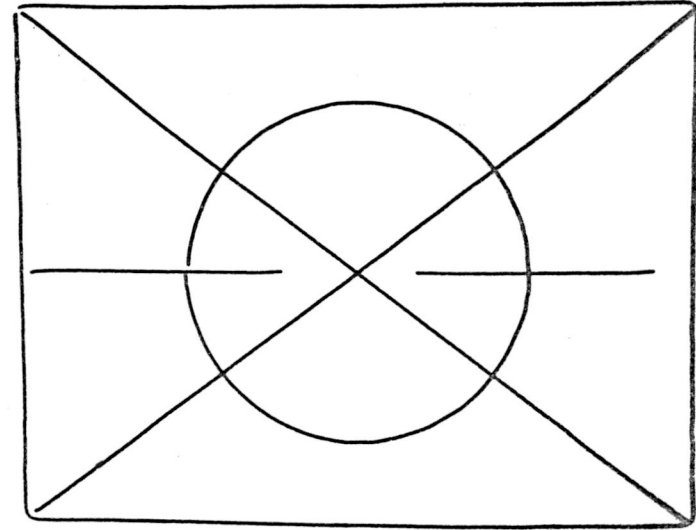
Bij uitgeschakelde AGC blijken de meetresultaten onbruikbaar te zijn. Met de AGC ingeschakeld (fast of slow) is de meting wel betrouwbaar (buiten het meetgebied wordt de uitslag van de papierrecorder begrensd).



1 2 3 4 5 6 7 8 9

A B C D E F G

H I J K L



JH Delft  
experimentele schrijf  
verbinding via de  
korte golf



Fig. 36. Beelden die via de hele HF-keten zijn overgebracht

De meting van niveau 22 (de sterkte van de  $x$  MHz + 2200 Hz-'draaggolf') is niet nauwkeurig door de aanwezigheid van vervormingsprodukten in het AM-modulaat en door interferentie tussen de local oscillator en de draaggolf van het AM-modulaat; is er sprake van een echt SSB-signaal dan voldoet ook deze meting (tot -30 dBr).

Door het optreden van sterke stoorsignalen kan het gewenste signaal door de AGC zo sterk verzwakt worden t.o.v. het nominale niveau dat de signaalsterkte van een 'draaggolf', vooral als er ook nog sprake is van selectieve fading, beneden de drempelwaarde van de FM-detektor komt en geen detektie meer mogelijk is. Extra hinderlijk is hierbij, dat de AGC met een zekere vertraging (vooral de uitregel-tijdconstante) werkt; deze leidt er toe dat bij zeer kort durende sterke signalen -denk bv. aan onweersontladingen- het gewenste signaal te lang onderdrukt wordt en het beeld meer beschadigd wordt dan feitelijk nodig is. Het verdient dus aanbeveling met de AGC in de stand fast te werken.

#### Ruis

De invloed van ruis op de beeldkwaliteit werd niet gemeten en zal nagenoeg hetzelfde zijn als in paragraaf 4.3.

#### Sinusvormige storing binnen de doorlaatband

De invloed van dit type stoorsignaal werd niet gemeten en zal nagenoeg hetzelfde zijn als in paragraaf 4.3.

#### Sinusvormige storing buiten de doorlaatband

Hierbij moet onderscheiden worden of het interfererende signaal zwakker of sterker is als het gewenste modulaat.

Bij zwakkere signalen gelden dezelfde eisen voor de signaal/stoorverhouding als in paragraaf 4.3.

Zijn de signalen sterker, dan gelden dezelfde waarden voor de signaal/stoorverhouding als in paragraaf 4.3, maar daarnaast beïnvloedt de AGC het signaal niveau van de beide 'draagolven'; de sterkte verhouding tussen gewenst en ongewenst signaal wordt echter niet aangetast.

Afgezien van de invloed van de AGC bij sterke interfererende signalen,

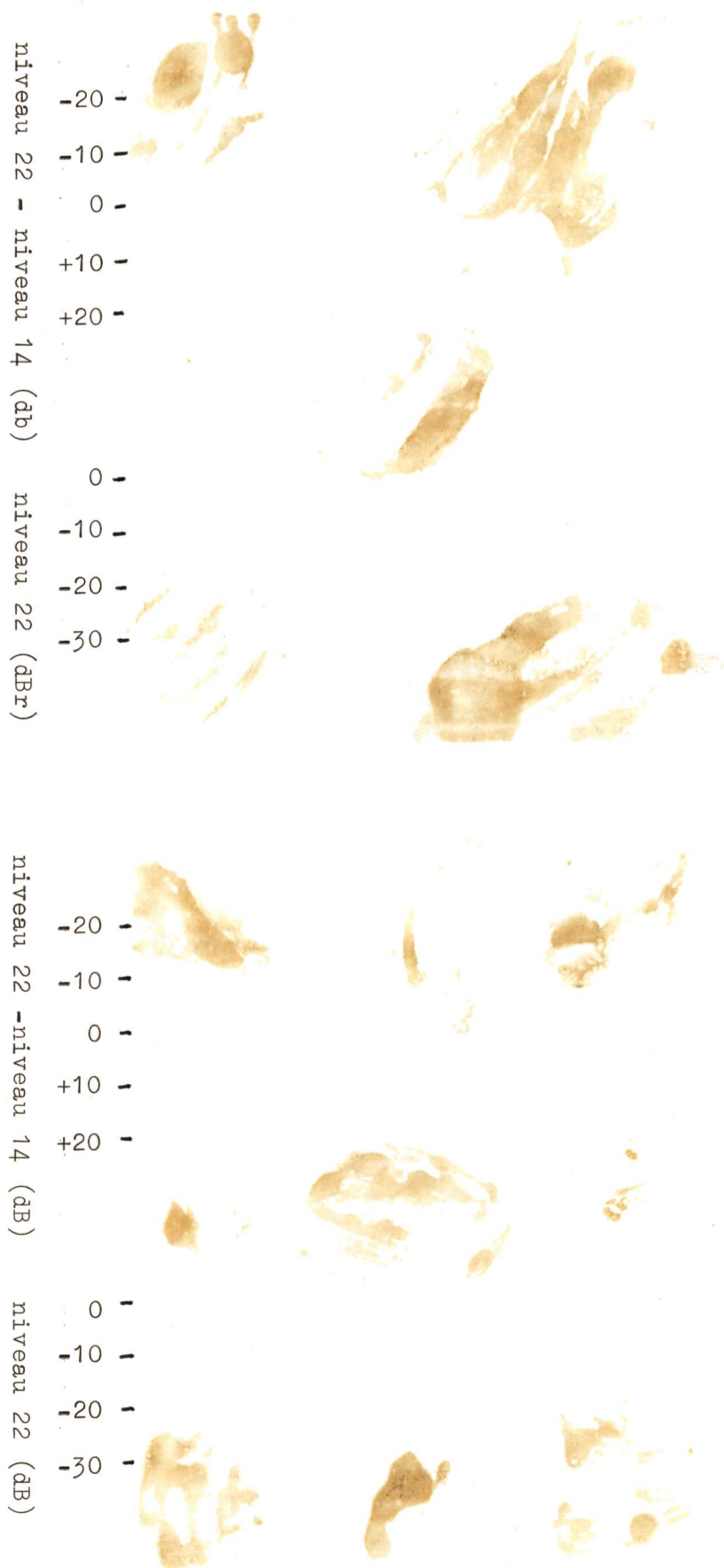
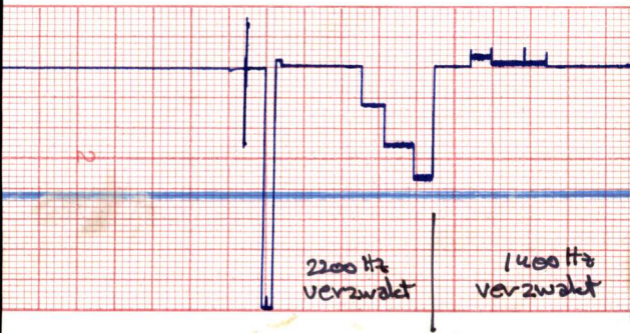
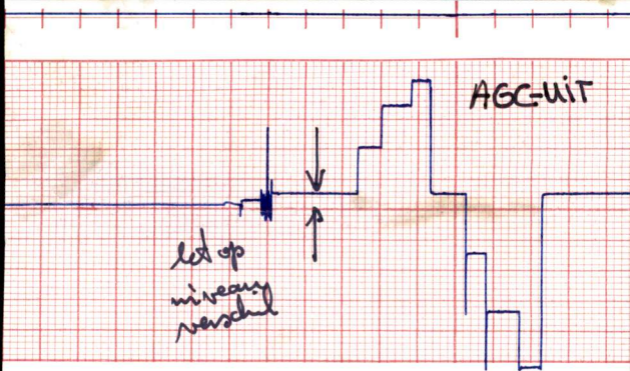


Fig. 37 . De responsie van het meetsysteem op de verzwakking van een van beide 'draaggolven' (in stappen van 10 dB). De meting werd gedaan met zowel ingeschakelde als uitgeschakelde AGC.





kan ten gevolge van overspraak van signalen, waarvan de frequentie buiten de doorlaatbanden ligt, vervorming in het beeld ontstaan. De invloed hiervan neemt belangrijk toe, als er sprake is van selectieve fading op de transmissieweg; een op zich zwak interfererend signaal kan dan relatief sterk worden t.o.v. de verzwakte 'draaggolf'.

Deze gevoeligheid kan verkleind worden door betere filters te gebruiken (zie paragraaf 4.3).

De gevolgen van de AGC-werking door sterke interfererende signalen kunnen eventueel verminderd worden door:

1. verlagen van de drempel van de FM-detektor.
2. verkleinen van de uitregel-tijdconstante van de AGC.
3. toepassing van een HF-ontvanger met een grotere selectiviteit (kleinere bandbreedte; speciaal ontworpen ontvanger).

#### Driftverschijnselen

De invloed van de temperatuur op het systeem is niet te verwaarlozen. Door het ongelijke verlopen van de oscillatoren, die in de HF-apparatuur nodig zijn voor het moduleren en demoduleren, treden aanzienlijke frequentieverschuivingen op in de 'draaggolven' van het LF-modulaat (enkele tientallen Hz). Hierdoor ontstaan ontoelaatbare verschuivingen in het beeld. De verschuivingen treden echter zeer langzaam op; ze hebben geen invloed op de leesbaarheid. Figuur 45 op pagina 106 geeft een idee van de gevolgen.

Bij professionele HF-apparatuur is de frequentie-afwijking kleiner. De CCIR beveelt in Recommendation 349-2 [24] aan dat voor SSB-systemen een over-all frequentie-afwijking van maximaal 20 Hz is toegestaan. Hiervan mag 5 Hz ten gevolge van de modulatietrapp, 5 Hz t.g.v. de demodulatietrapp en 10 Hz t.g.v. de HF-verschuivingstrappen aan beide zijden én de propagatieweg ontstaan.

Een frequentie-verschuiving van 20 Hz komt overeen met een verschuiving in het beeld over 11 procent van de beeldbreedte; dit lijkt toelaatbaar.

De invloed van de temperatuur is zo veel mogelijk beperkt door steeds een voldoende lange opwarmtijd van de apparatuur toe te passen.

niveau 22 - niveau 14 (dB)

niveau 22 (dB<sub>r</sub>)

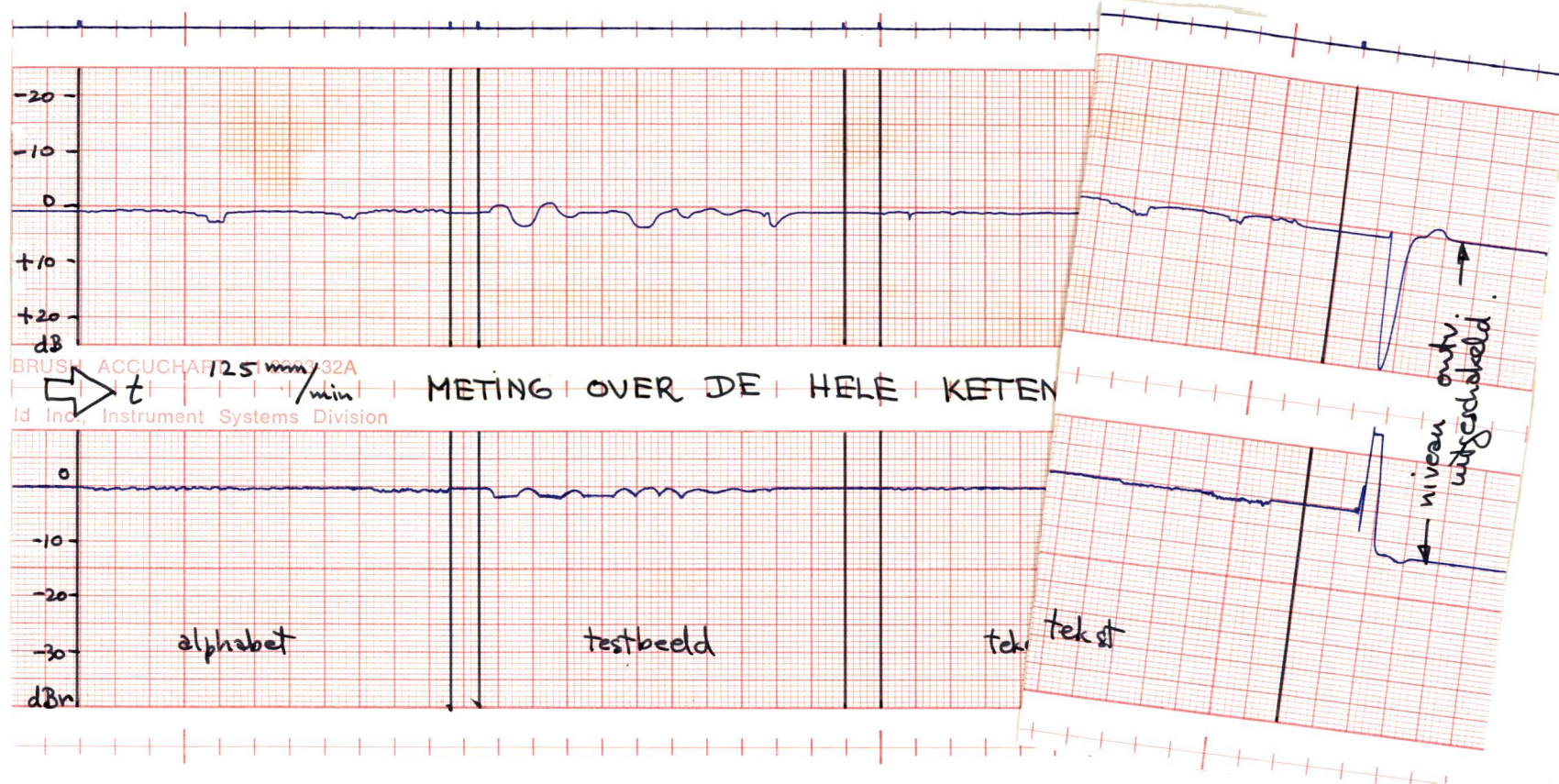


Fig. 38. De 'selectieve fading' die door het meetsysteem veroorzaakt wordt en die afhankelijk is van de positie van de pen. Gemeten werd over de gehele keten, inclusief de HF-apparatuur.



### De meting van de selectieve fading

Het meetsysteem is in staat selectieve fading tot  $25 \text{ dB} \pm 1 \text{ dB}$  te meten.

Op dezelfde manier als in paragraaf 4.3 besproken is, werd de 'SF', die afhankelijk is van de positie van de pen, vastgelegd; de resultaten staan in figuur 38. De waarden liggen maximaal tussen  $-1$  en  $+4 \text{ dB}$ . Bovendien blijkt uit deze 'SF'-meting, dat de  $1400 \text{ Hz}$ -draaggolf gemiddeld  $1 \text{ dB}$  zwakker is dan de  $2200 \text{ Hz}$ -draaggolf; dit is het gevolg van de filterkarakteristiek van de banddoorlatende filters in de HF-apparatuur (zie paragraaf 3,7 op pagina 61). Op de transmissieweg zelf is dit verschil zelfs  $2$  à  $3 \text{ dB}$  (zie figuur 20).

### Conclusie

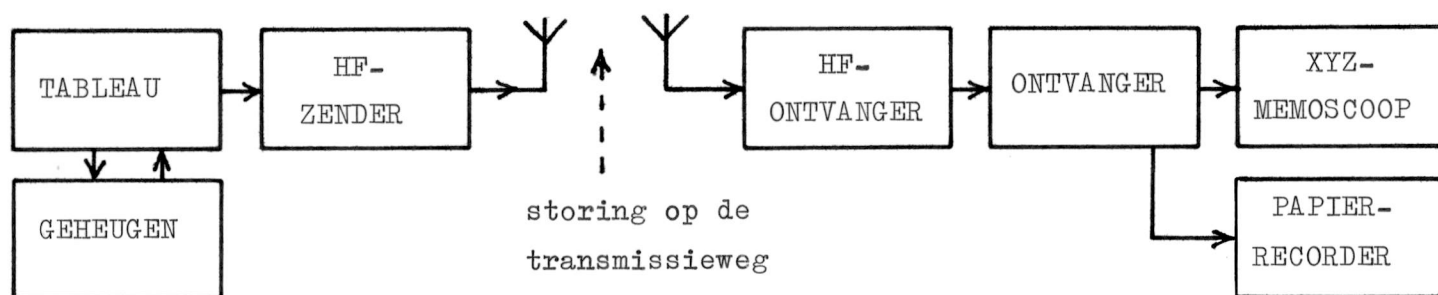
De toelaatbare stoorniveaus komen vrijwel overeen met de in paragraaf 4.3 genoemde waarden.

Doordat de frequentie-stabiliteit van de oscillatoren in de HF-apparatuur niet voldoende groot is, treden ongewenste frequentie-verschuivingen tot enkele tientallen Hz op in het ontvangen modulaat. Dit resulteert in verschuivingen in het beeld.

Als reactie op signalen, die sterker zijn dan het gewenste signaal, verzwakt de AGC het modulaat tot beneden het nominale niveau. Bij voldoende grote stoorniveaus -denk bv. aan interferentie door sterke spraakgemoduleerde stations of onweer- wordt het niveau zo laag, dat detectie onmogelijk wordt.

Deze werking maakt, in combinatie met de slechte overspraakonderdrukking door de filters, het systeem nogal gevoelig voor interfererende signalen, waarvan de frequenties buiten de doorlaatbanden vallen.

Omdat zowel het veranderen van de AGC-werking als het verminderen van de oscillator-drift ingrijpende veranderingen in de ter beschikking staande apparatuur nodig maken, werd hiervan afgezien.



Bij deze meetopstelling zijn de volgende verbindingen aangebracht:

TUX = GIX

TUY = GIY

TUZ = GIZ

GUX = TIX

GUY = TIY

GUZ = TIZ

TUT = microfoon-ingang van de HF-zender (SB 102)

OIO = luidspreker-uitgang van de HF-ontvanger (SB 303)

OUX = X-ingang van de memoscoop (type 611)

OUY = Y-ingang van de memoscoop

OUZ = Z-ingang van de memoscoop

OUF = ingang van het linker kanaal van de papierrecorder (Brush 220)

OUL of OUH = ingang van het rechter kanaal van de papierrecorder

Fig. 39. Het blokschema van de experimentele kortegolf-verbinding



5 METINGEN BIJ EEN AANTAL EXPERIMENTELE KORTEGOLF-VERBINDINGEN

5.1 Inleiding

Aangezien veel tijd voor de bouw van het systeem nodig was, is er minder tijd voor het doen van metingen overgebleven dan wenselijk was. De verbinding is gedurende zo'n 100 uur onderhouden, tijdens 65 hiervan zijn gegevens geregistreerd met de papierrecorder. De optredende beeldfouten werden op het scherm van de memoscoop bekeken.

Helaas was het, i.v.m. de bereikbaarheid van de apparatuur, niet mogelijk ook 's nachts te zenden. De propagatie-eigenschappen van de ionosfeer zijn dan wezenlijk anders dan overdag, denk b.v. aan het verdwijnen van de D-laag en die veranderingen in de MUF die afhankelijk zijn van de zonnestand.

Toch zijn in deze relatief korte tijd voldoende storingen op de transmissieweg opgetreden om er conclusies uit te trekken en een aantal zwakke plekken in het systeem aan te wijzen.

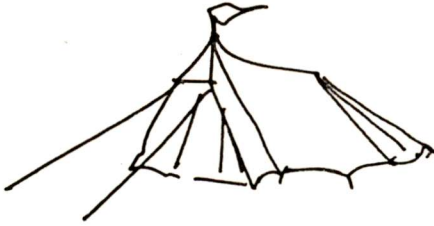
Van de beelden, waarbij de relatie tussen beeldfouten en storingen op de transmissieweg duidelijk waren, werden in enkele representatieve gevallen foto's gemaakt.

Bij alle waarnemingen werd gebruik gemaakt van een richtbare, horizontaal gepolariseerde, ontvangstantenne op het dak van het gebouw van Elektrotechniek, op ca 90 meter hoogte. Afgezien van een paar periodes van ongeveer een uur, waarin elke ontvangst in de gehele kortegolfband onmogelijk was, werd weinig hinder ondervonden van stoorbronnen uit de omgeving.

Alle metingen zijn in de periode van 22 juni t/m 3 augustus 1978 gedaan. De vermelde tijden zijn in zomertijd; in die tijdrekening bereikt de zon het zenith om 13.00 uur.

Figuur 39 laat het blokschema zien van de bij het experiment gebruikte opstelling. Aan de zendkant werd door het geheugen steeds hetzelfde schriftfragment of testbeeld herhaald.

Fig.40 Een tekening na ontvangst via de korte golf.



Beeld : tentje  
Frequentie : 3,740 MHz  
Tijd : 11.19 uur  
Storing : geen

Signaalsterkte :  $S+N/N = 15$  dB

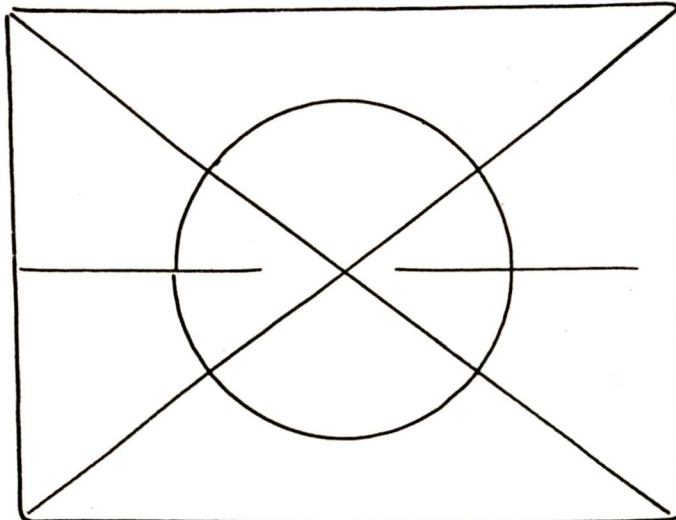


Fig.41 Het testbeeld na ontvangst via de korte golf.

Beeld : testbeeld  
Frequentie : 3,675 MHz  
Tijd : 11.42 uur  
Storing : geen

Signaalsterkte :  $S+N/N = 24$  dB

Fig.42 Handschrift na ontvangst via de korte golf.

*TH Delft  
experimentele schrijf  
verbinding via de  
korte golf.*

Beeld : tekst  
Frequentie : 3,675 MHz  
Tijd : 10.50 uur  
Storing : geen

Signaalsterkte :  $S+N/N = 21$  dB

## 5.2 Een verbinding in de 80-meterband over een afstand van 2 km in Delft

### Gegevens over de verbinding

Bij de eerste praktijktest werd de afstand tussen zender en ontvanger klein genomen. De zender bevond zich in het gebouw van de Centrale Bibliotheek van de TH in Delft. De zolder van de zuidvleugel is groot genoeg om de symmetrische horizontale  $\frac{1}{2}$   $\lambda$ -dipool, die als zendantenne gebruikt werd, te kunnen herbergen.

Verder in het kort een aantal gegevens:

|                             |                               |
|-----------------------------|-------------------------------|
| Afstand zender-ontvanger    | : 2050 meter                  |
| Antenne-polarisatie         | : horizontaal                 |
| Zendvermogen                | : ca 6 Watt                   |
| Zendfrequentie              | : ca 3,7 MHz                  |
| Metingen gedaan tussen      | : 10.40 en 20.40 uur          |
| Totale duur van de metingen | : 24 uur                      |
| Periode                     | : 21 juni '78 t/m 29 juni '78 |
| AGC                         | : fast                        |

### De kwaliteit van de verbinding

De verbinding bleek uitermate stabiel, zoals te verwachten was bij een direkt zicht verbinding over een dergelijke kleine afstand.

Het systeem heeft vele uren zonder zichtbare storing gefunctioneerd, de foto's in fig. 40 , 41 en 42 laten de kwaliteit van de overgezonden beelden zien.

Eenmaal is telefonisch contact opgenomen met de TH Twente. Het schrijf-signaal is daar met een SSB-ontvanger ontvangen en door mij via de telefoon beluisterd. De kwaliteit van het signaal was zo goed dat een schrijf-verbinding over deze afstand zonder meer mogelijk moet zijn met de gebruikte apparatuur.

De verbinding werd een enkele maal verstoord, namelijk door:

- a. Een sterk station in het gebruikte kanaal. Zwakkere, maar toch goed hoorbare, stations hadden geen invloed op de beelden.
- b. Storing in de omgeving van de TH. Deze maakte gedurende 50 minuten iedere communicatie in de 80-meterband onmogelijk.
- c. Onweer.



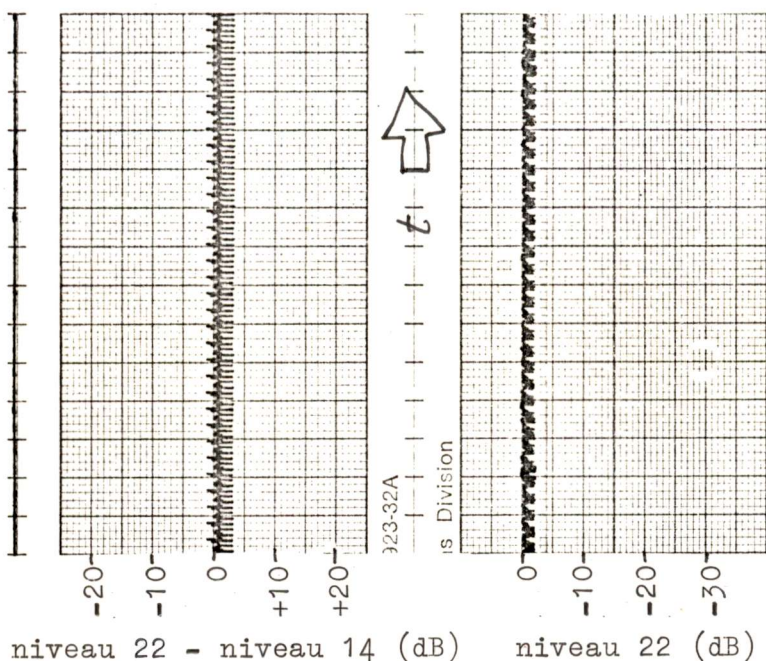


Fig.43 Een meetregistratie bij gelijke zend- en ontvangstfrequentie.

Beeld : testbeeld  
 Frequentie : 3,680 MHz  
 Tijd : ca 14.00 uur  
 Storing : geen  
 Papiersnelheid : 5 mm/min.  
 Signaalsterkte :  $S+N/N = 24$  dB

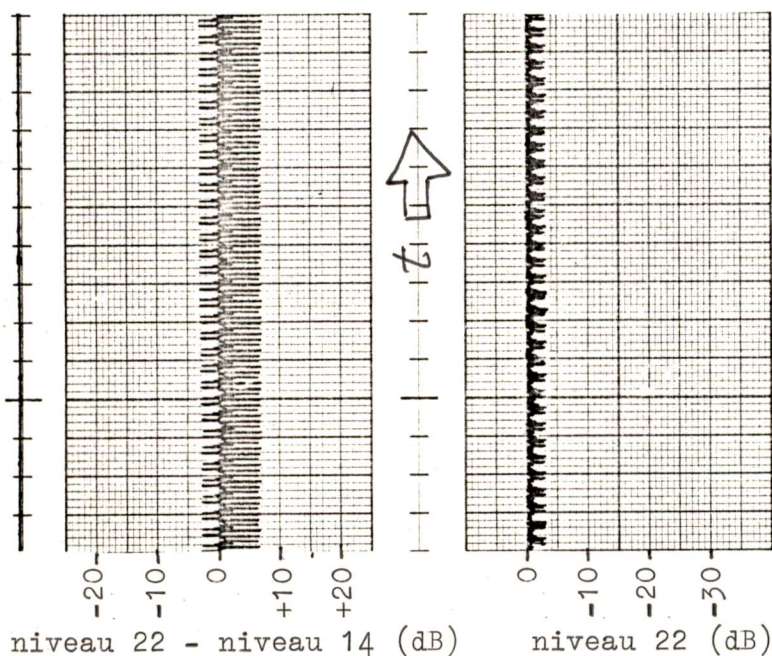


Fig.44 Een meetregistratie bij een verschil van ca 15 Hz tussen de zend- en ontvangstfrequentie.

Beeld : testbeeld  
 Frequentie : 3,680 MHz  
 Tijd : 13.50 uur  
 Storing : misafstemming  
 Papiersnelheid : 5 mm/min.  
 Signaalsterkte :  $S+N/N = 24$  dB

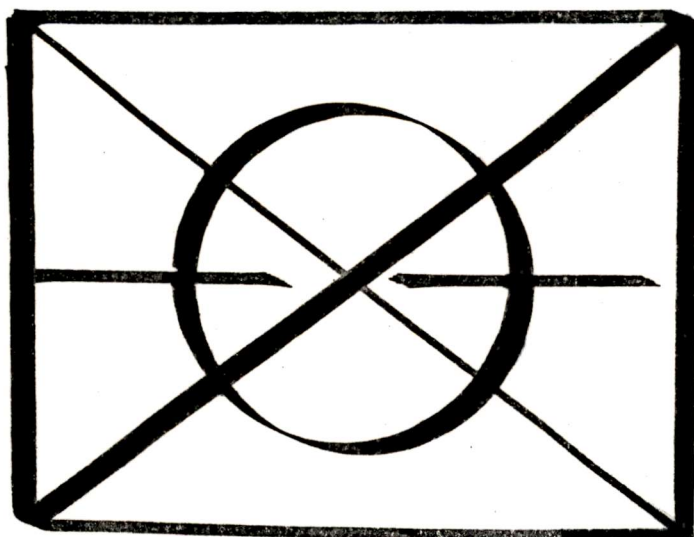


Fig. 45. De verschuiving van het beeld door het verlopen van de afstemfrequentie over ca 6,5 Hz.

Beeld : testbeeld  
 Frequentie : 3,680 MHz  
 Tijd : 14.30-15.00 uur  
 Storing : oscillator drift  
 Signaalsterkte :  $S+N/N = 24$  dB



### Fouten in de apparatuur

De enige hinderlijke eigenschap van de gebruikte apparatuur was het verlopen van de oscillatoren in de HF-zender en de HF-ontvanger. De rest van het systeem is zo stabiel dat daardoor geen zichtbare fouten in het beeld ontstaan.

Een verschil in afstemfrequentie tussen zender en ontvanger heeft twee gevolgen.

Het minst belangrijke is dat het beeld heel langzaam verschuift, maar zolang het beeld niet buiten het scherm valt is dit nauwelijks hinderlijk. Veel erger is het dat de 'draaggolven' voor een deel, dit is afhankelijk van de coördinaten van de pen, buiten de doorlaat van de banddoorlatende filters van de ontvanger gaan vallen en extra verzwakt worden. Dit maakt het modulaat extra kwetsbaar voor storingen en in het bijzonder voor selectieve fading.

Figuur 43 laat het verschil in niveau van de 'draaggolven' zien bij een correcte afstemming. In figuur 44 is dezelfde meting gedaan, maar nu bij een misafstemming van 15 Hz. Vooral de X-draaggolf (niveau 14) blijkt hier gevoelig voor.

Na een opwarmperiode van 4 uur werd gedurende een half uur alle testbeelden over elkaar heen geschreven op het scherm van de memoscoop. De enige zichtbare fout (fig. 45), die opgetreden is, is het in zijn totaal verschuiven van het beeld. De drift is ca 6,5 Hz.

### Selectieve fading

Tijdens de verbinding werden fading noch selectieve fading gemeten. De figuren 43 en 48 zijn representatief voor het gedrag van het kanaal op deze korte afstand. De aanwezige periodieke verschillen in amplitude tussen de X-draaggolf (niveau 14) en de Y-draaggolf (niveau 22) ontstaan ten gevolge van de al eerder besproken afhankelijkheid van de positie van de pen.

### Andere stations

Een enkele maal werd hinder ondervonden door oproepen van andere stations op dezelfde frequentie. Vooral als het oproepende station sterker is dan

TH Delft  
experimentele schrijf  
verbinding via de  
korte golf.

Fig. 46 De gevolgen van een onweersontlading tijdens het overzenden van schrift.

Beeld : tekst  
Frequentie : 3,675 MHz  
Tijd : ca 14.00 uur  
Storing : onweer

Signaalsterkte :  $S+N/N = 21$  dB

TH Delft  
experimentele schrijf  
verbinding via de  
korte golf.

Fig. 47 De gevolgen van een onweersontlading tijdens het overzenden van schrift.

Beeld : tekst  
Frequentie : 3,675 MHz  
Tijd : ca 14.00 uur  
Storing : onweer

Signaalsterkte :  $S+N/N = 21$  dB

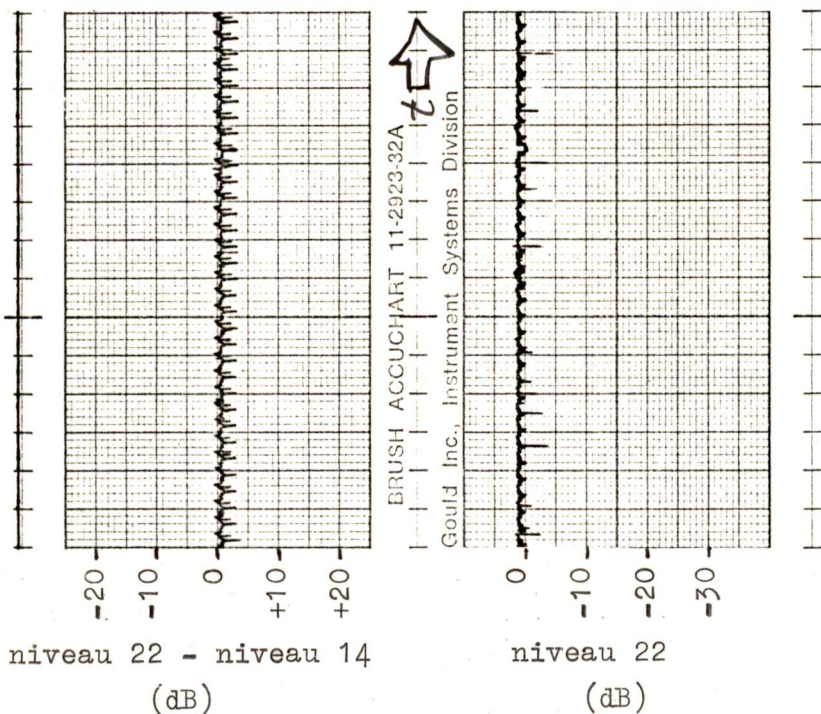


Fig. 48 Een, tijdens onweer gemaakte, registratie van de selectieve fading en het niveau van de Y-'draaggolf'.

Beeld : tekst  
Frequentie : 3,675 MHz  
Tijd : ca 12.50 uur  
Storing : onweer  
Papiersnelheid : 5 mm/min.  
Signaalsterkte :  $S+N/N = 21$  dB



het eigen zendstation wordt het beeld onleesbaar. De AGC stelt zich in op het sterkere station en onderdrukt daarbij het eigen station.

### Ruis

Hoewel het voor betrouwbare metingen van groot belang is de signaal/stoorverhouding tijdens de ontvangst continu te kennen, is er om meet-technische redenen van afgezien deze meting te doen.

Omdat het systeem bij een S/N-verhouding van 10 dB nog goed werkt (zie paragraaf 4.3), is hier niet erg veel aandacht aan besteed. Een test op het gehoor om te bestuderen of de S/N-verhouding voldoende groot is blijkt meestal voldoende.

Af en toe is met een LF-spectrumanalyser de S/N-verhouding aan de uitgang van de HF-ontvanger bekeken.

Volstaan wordt met het vermelden van de sterkte van het ontvangen signaal + ruis t.o.v. de eigen ruis van de HF-ontvanger.

### Onweer

Sterke onweersontladingen hebben gevolgen in het beeld. De verstoringen die ze veroorzaken duren maar kort en maken niet veel meer dan één of twee letters onleesbaar, maar er ontstaat wel een forse kras in het beeld. Figuur 46 en 47 zijn hier voorbeelden van.

Het is niet zozeer de energie van de storing die in de banden rond 1400 en 2200 Hz terecht komt, die de beeldfout veroorzaakt, dan wel de reactie van de AGC van de HF-ontvanger op een onweerskraak. De versterking wordt tijdelijk teruggeregeld, waardoor het signaal-niveau voor de schrift-ontvanger beneden de drempelwaarde zakt. De grootte en de duur van een storing in het beeld zijn dus in hoge mate afhankelijk van de uitregeltijd van de AGC.

In figuur 48 is in het linker kanaal de selectieve fading geregistreerd, het rechter laat het niveau van de Y-draaggolf zien. Bij het optreden van een onweersontlading treedt een kortstondige dip op in dit niveau 22, maar deze dip is niet of nauwelijks te zien in de corresponderende selectieve fadingsmeting. Daaruit kan geconcludeerd worden dat ook het niveau 14 van de X-draaggolf nagenoeg evenveel verzwakt is door de AGC.

Aan de gemeten absolute waarden van de dip's mag geen waarde gehecht worden, het meetsysteem is niet snel genoeg om zulke kortstondige pieken exact te meten. De werkelijke waarden zijn groter.

### Conclusie

Bij deze testverbinding over een geringe afstand bleek het systeem bedrijfszeker genoeg om een test over een grotere afstand te proberen.

Selectieve fading bleek, zoals te verwachten, niet op te treden, daarvoor is een grotere afstand nodig.

Hoe de invloed van onweersstoringen verkleind kan worden is niet verder nagegaan. Tijdens de experimenten werd er weinig hinder van ondervonden.



TH Delft  
experimentele schrijf  
verbinding via de  
korte golf.

Figuur 49 . Een goed ontvangen beeld.

Beeld : tekst  
Frequentie : 3,687 MHz  
Tijd : ca 14.00 uur  
Storing : geen

Signaalsterkte :  $S+N/N = 27$  dB

TH Delft  
experimentele schrijf  
verbinding via de  
korte golf.

Figuur 50 . Een door selectieve fading verminkte tekst.

Beeld : tekst  
Frequentie : 3,687 MHz  
Tijd : 8.59 uur  
Storing : Y-draaggolf verzwakt door selectieve fading

Signaalsterkte :  $S+N/N = 21$  dB

TH Delft  
experimentele schrijf  
verbinding via de  
korte golf.

Figuur 51 . Een door spraak van een ander station verminkte tekst.

Beeld : tekst  
Frequentie : 3,687 MHz  
Tijd : 9.11 uur  
Storing : ander station in het kanaal

Signaalsterkte :  $S+N/N = 21$  dB

### 5.3 Een verbinding in de 80-meterband van Valkenburg (Z-H) naar Delft

#### Gegevens over de verbinding

Voor het tweede experiment werd de zender verplaatst naar een locatie in Valkenburg (Z-H).

Verder in het kort een aantal gegevens:

|                             |                     |
|-----------------------------|---------------------|
| Afstand zender-ontvanger    | : 18 km             |
| Antenne polarisatie         | : horizontaal       |
| Zendvermogen                | : ca 15 W           |
| Zendfrequentie              | : ca 3,7 MHz        |
| Metingen gedaan tussen      | : 8.25 en 17.17 uur |
| Totale duur van de metingen | : 29 uur            |

#### De kwaliteit van de verbinding

Voor het grootste deel van de tijd was de verbinding goed. Zie fig. 49. Maar naast de al eerder gevonden storingen in het beeld door onweer en andere stations in hetzelfde kanaal, werden nu ook fouten in het beeld ten gevolge van selectieve fading gevonden.

Vooral 's morgens tussen 9 en 10 was de selectieve fading zo sterk, dat gedurende een groot deel van de tijd (ca 11 procent) transmissie van beelden onmogelijk was. Bij de metingen werd selectieve fading van 25 dB gemeten.

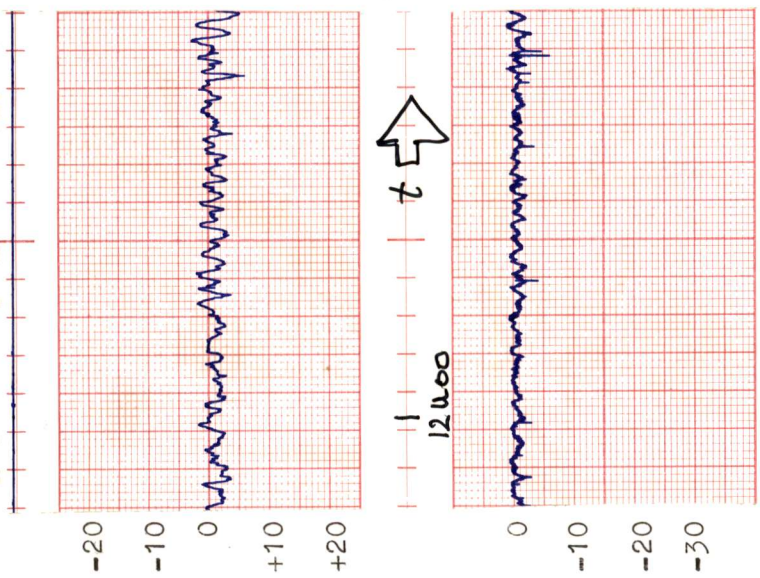
De invloed van de selectieve fading neemt daarna af en na elfen werd de verbinding niet meer ernstig verstoord door selectieve fading alleen. ( $SF \leq 10$  dB). Over een werkdag gemeten bleek voor 98 procent van de tijd overdracht van beelden met een redelijke kwaliteit mogelijk.

Figuur 50 laat de gevolgen van selectieve fading zien; de Y-draag golf is zodanig verzwakt dat de FM-detector, die de Y-coördinaat terugwint, niet meer funktioneert.

De fouten in figuur 51 lijken door selectieve fading veroorzaakt te zijn, maar ze zijn het gevolg van interferentie van een ander, veel sterker, station in het kanaal.

#### Fouten in de apparatuur

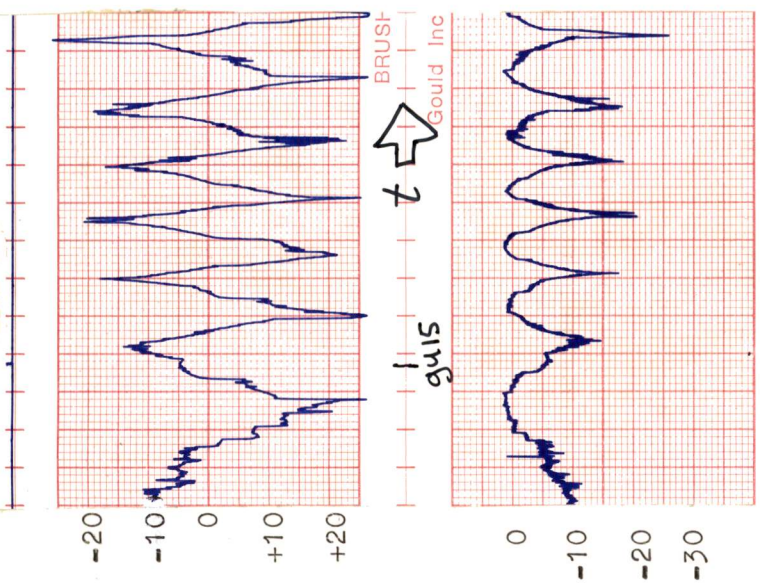
Het enige probleem met de apparatuur was de, al eerder beschreven, frequentiedrift van de oscillatoren in de zender en de HF-ontvanger.



niveau 22 - niveau 14 (dB)    niveau 22 (dB)

Fig. 52 C

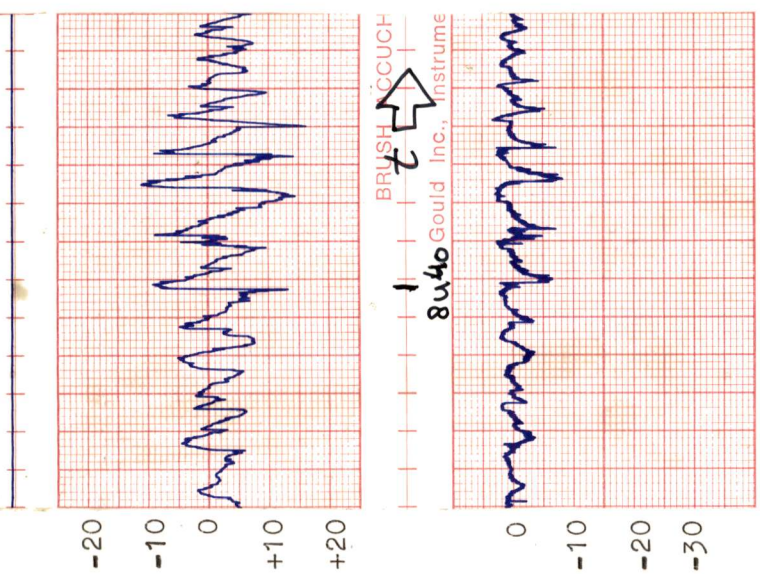
Beeld : tekst  
 Frequentie : 3,687 MHz  
 Tijd : 12.00 uur  
 Storing : selectieve fading  
 Papiersnelheid : 25 mm/m  
 Signaalsterkte : S+N/N = 21 dB



niveau 22 - niveau 14 (dB)    niveau 22 (dB)

Fig. 52 B

Beeld : tekst  
 Frequentie : 3,687 MHz  
 Tijd : 9.15 uur  
 Storing : selectieve fading  
 Papiersnelheid : 25 mm/m  
 Signaalsterkte : S+N/N = 21 dB



niveau 22 - niveau 14 (dB)    niveau 22 (dB)

Fig. 52 A

Beeld : tekst  
 Frequentie : 3,687 MHz  
 Tijd : 8.40 uur  
 Storing : selectieve fading  
 Papiersnelheid : 25 mm/m  
 Signaalsterkte : S+N/N = 21 dB



### Selectieve fading

De grootte van de selectieve fading (SF) was sterk afhankelijk van het tijdstip.

In de periode tot 9 uur was er sprake van SF tot ca 15 dB met enkele uitschieters naar grotere waarden. De SF ontstaat vermoedelijk door interferentie tussen de grondgolf en de via de  $F_2$ -laag teruggekaatste golf.

Daarna volgde tussen 9 en 10 uur een periode waarin de SF zeer grillig verliep; waarden van 25 dB traden regelmatig op. Tijdens deze periode van de dag wordt de kritische frequentie van de E-laag hoger en komt hoger te liggen dan de voor de verbinding gebruikte zendfrequentie (ca 3,7 MHz). Hierdoor neemt de E-laag de reflectie van de ruimtegolf geleidelijk aan over van de  $F_2$ -laag. Interferentie tussen de grondgolf en de door een van de twee lagen teruggekaatste golf veroorzaakt de SF. Na elfen wordt de ruimtegolf via de stabiel geworden E-laag gereflecteerd. Door interferentie hiervan met de grondgolf ontstaat SF, maar deze bleef kleiner dan 10 dB.

In figuur 52 A t/m C zijn stukken registratie van de selectieve fading gegeven; ze zijn representatief voor de hiervoor beschreven periodes van de dag.

Van twee dagen werd bepaald gedurende hoeveel procent van de tijd de SF groter dan respectievelijk 25, 20, 15 en 10 dB was. De percentages zijn bepaald voor periodes van een half uur. De resultaten zijn in figuur 53 te vinden. Bij de berekening is geen rekening gehouden met de 'SF' die het gevolg is van de afhankelijkheid van de pen-positie. De overschrijdingskansen zijn in werkelijkheid dus iets kleiner.

Figuur 53 en 54 laten de gevolgen zien van 17 respectievelijk 21 dB selectieve fading. Om te bepalen hoeveel SF het systeem kan verdragen, is de volgende methode toegepast.

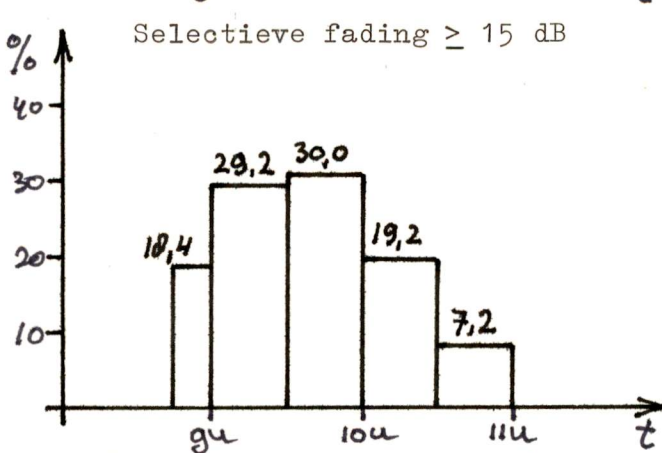
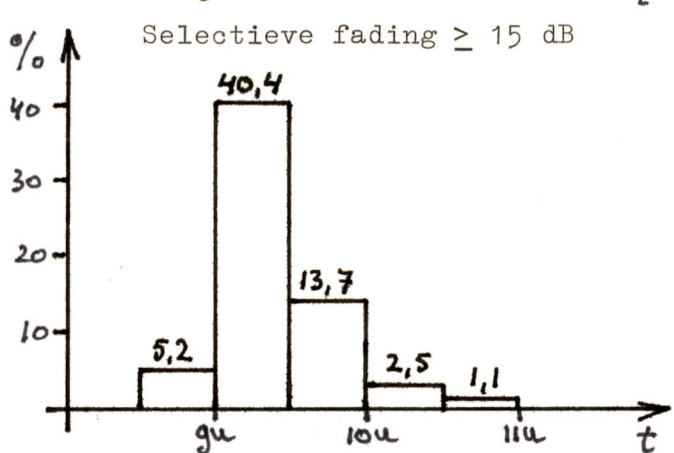
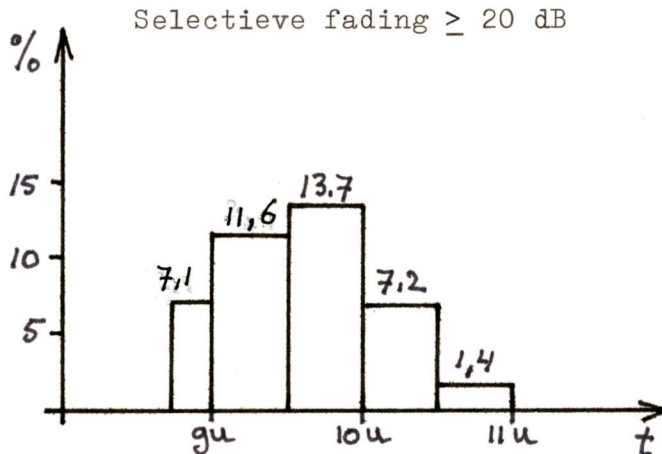
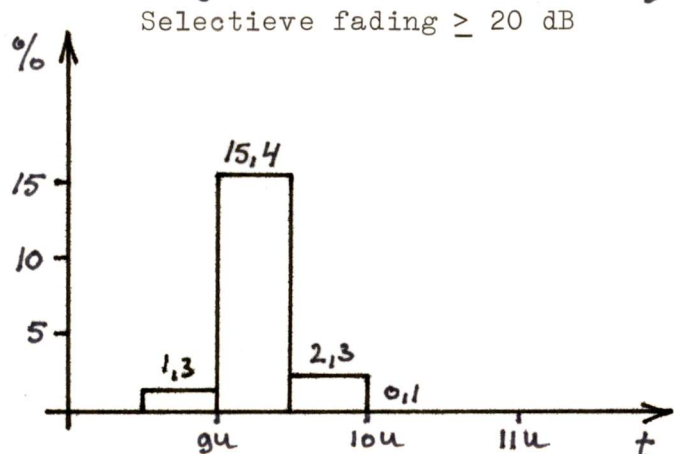
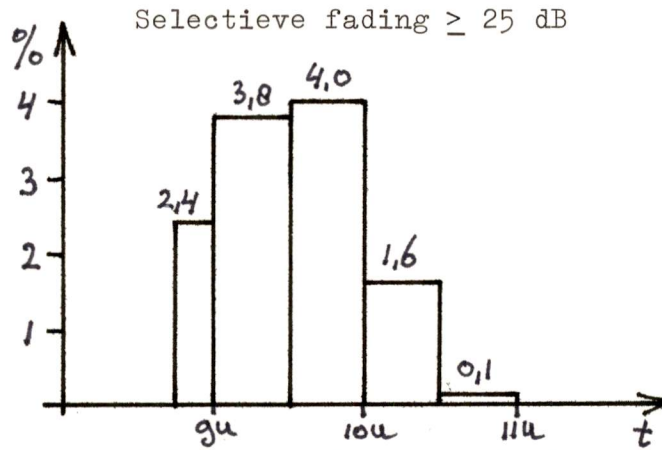
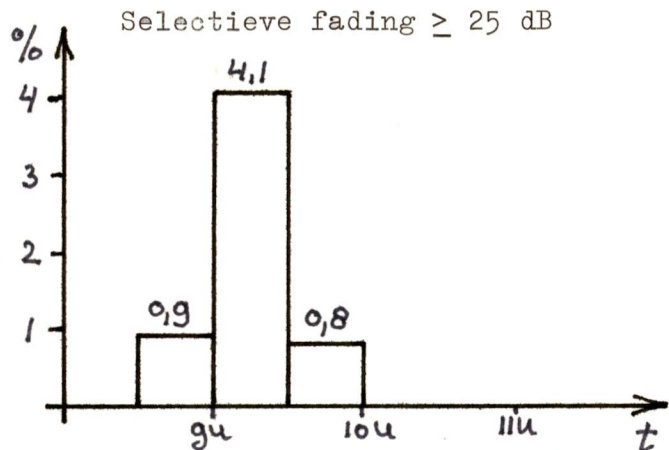
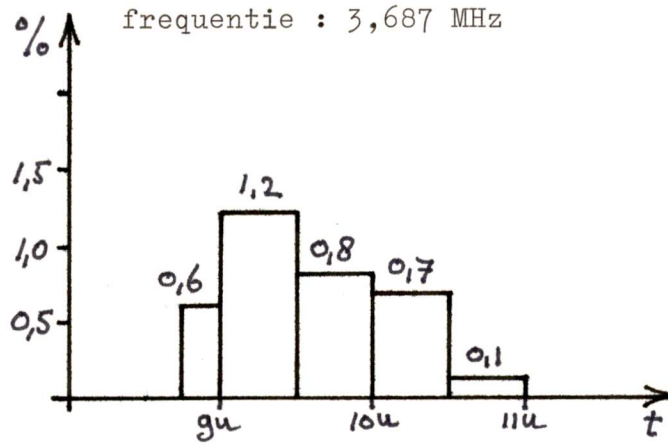
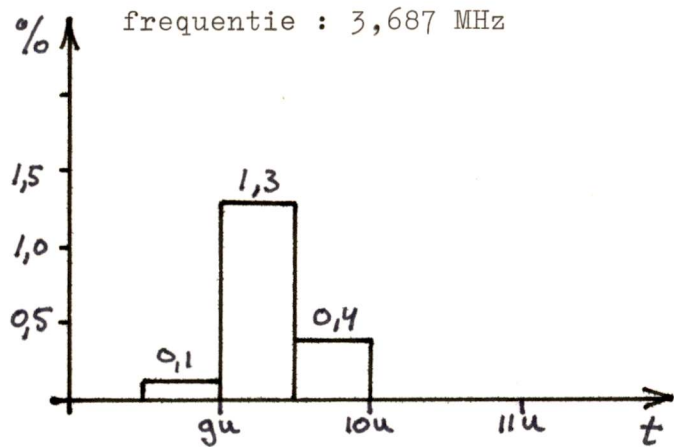
Terwijl de binnenkomende signalen beluisterd werden door de koptelefoon, dit om zeker te weten dat de storingen in het beeld niet door interferentie met een ander station ontstaan, werd het beeld bekeken. Als een fout in het beeld optrad, werd dit met een marker aan de linkerkant van de meetstrook aangegeven. Zie figuur 56.

Uit deze en andere, gelijksoortige, metingen (allen bij  $S+N/N \leq 24$  dB) bleek dat selectieve fading  $\leq 15$  dB voor de Y-draaggolf en SF  $\leq 20$  dB



datum : 12-7-'78  
 frequentie : 3,687 MHz

datum : 27-7-'78  
 frequentie : 3,687 MHz



Selectieve fading  $\geq 10$  dB

Selectieve fading  $\geq 10$  dB

Figuur 53 . De percentages van de tijd dat de selectieve fading een gegeven waarde overschrijdt. De percentages zijn per half uur bepaald.

niveau 22 - niveau 14 (dB) niveau 22 (dBr)

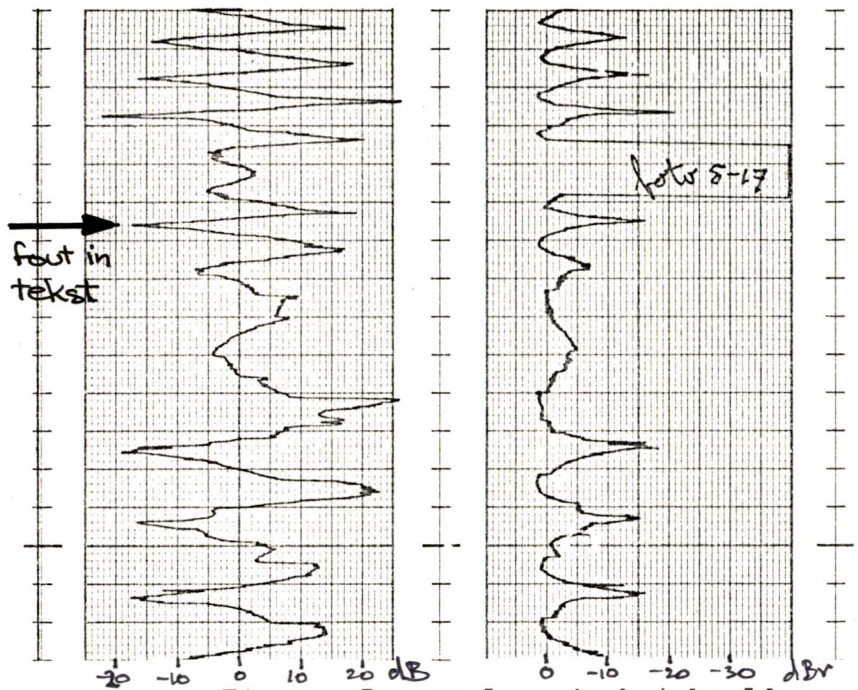


Fig 54. De gevolgen in het beeld van een selectieve fading dip in de 2200 Hz-draag golf

TH Delft  
 experimentele schrijf  
 verbinding via de  
 korte golf.

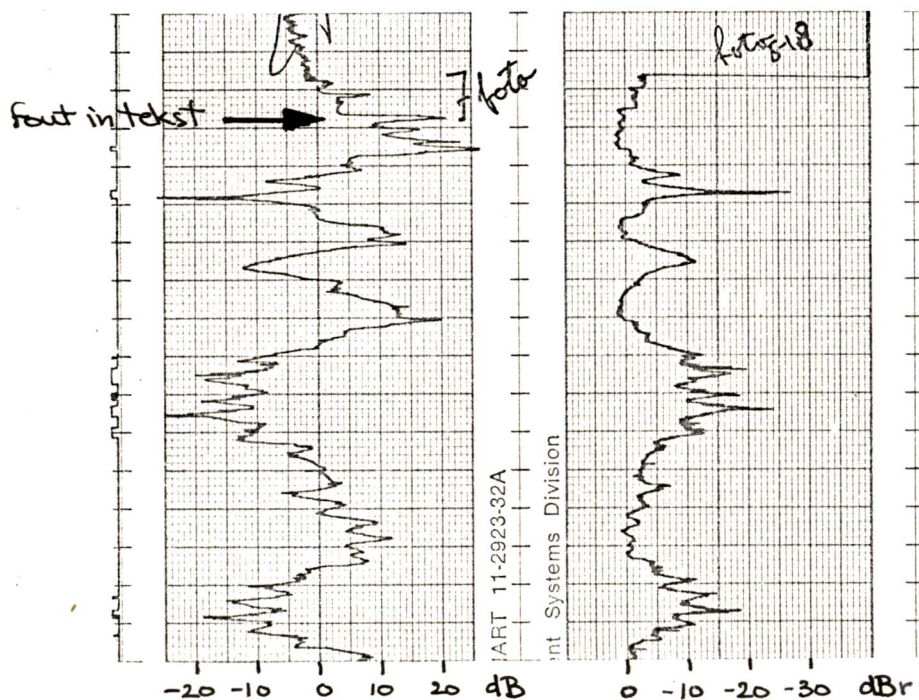


Fig 55. De gevolgen in het beeld van een selectieve fading dip in de 1400 Hz-draag golf

~~TH Delft~~  
 experimentele schrijf  
 verbinding via de  
 korte golf.



niveau 22 - niveau 14 (dB) niveau 22 (dB)

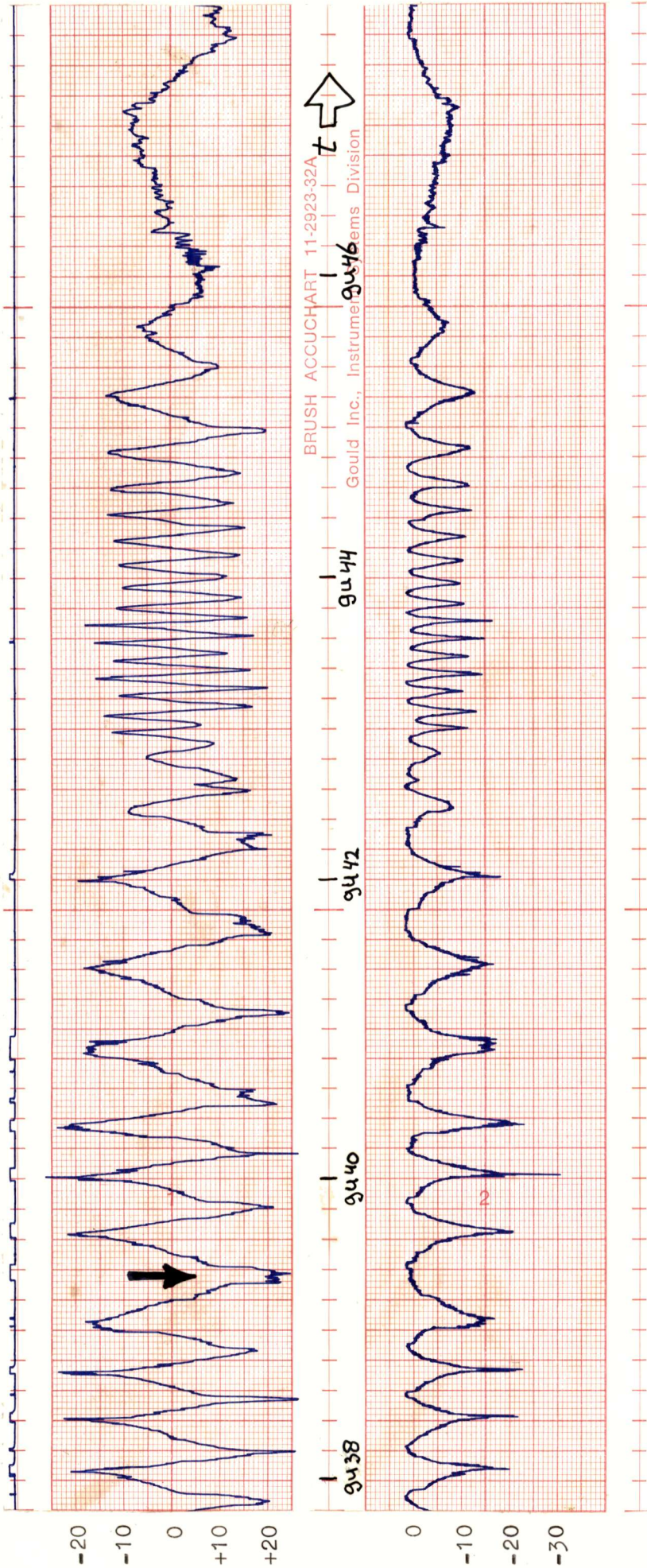


Fig.56 . Een voorbeeld van de gemeten selectieve fading. Aan de linker zijde is een foutmarkering aangebracht

Beeld : tekst  
Frequentie : 3,687 MHz  
Tijd : 9.30 - 9.47 uur  
Storing : selectieve fading  
Papiersnelheid : 25 mm/m  
Signaalsterkte :  $S+N/N = 27$  dB



voor de X-draag golf zonder duidelijk zichtbare fouten verdragen worden, mits de S/N verhouding groot genoeg is. Hierbij wordt dan de S/N verhouding tussen de verzwakte draag golf en de ruis in het kanaal bedoeld. Volgens de metingen uit paragraaf 4.3 is een  $S/N \geq 8$  à 10 dB nodig voor een leesbaar beeld, zodat in het kanaal de  $S/N \geq 23$  à 25 dB moet zijn, wil selectieve fading tot 15 dB zonder gevolgen blijven voor de leesbaarheid.

Is er sprake van een ander station in hetzelfde kanaal, dan moet de signaal/stoor-verhouding tussen de verzwakte draag golf en die frequenties van het andere station, die in de doorlaat van het bandfilter van de LF-ontvanger vallen, zelfs  $\geq 15$  dB zijn.

Om het systeem minder kwetsbaar te maken voor selectieve fading kunnen een aantal wijzigingen aangebracht worden, maar dit is door tijdgebrek achterwege gelaten.

1. Zoals de FM-detektor nu gedimensioneerd is, werkt deze goed tot een niveau dat 22 dB beneden het nominale niveau van de 'draaggolven' ligt. Deze waarde bepaalt welke selectieve fading maximaal verdragen kan worden, voordat de detektor het opgeeft. Door het verkleinen van de hysteresis van de comparator kan de schakeling geschikt gemaakt worden voor het verwerken van nog grotere selectieve fading (b.v. 30 dB). Maar het is de vraag of de S/N verhouding in het kanaal veel beter dan 32 dB zal zijn bij praktische verbindingen. Bovendien treedt SF  $\geq 22$  dB maar voor een klein deel van de tijd op.

2. Door de banddoorlatende-filters in de LF-ontvanger te vervangen door types met een grotere flanksteilheid, wordt de schakeling op een drietal punten beter.

Als we uitgaan van vlakke ruis in een telefonie-kanaal (300-3100 Hz) dan kan volstaan worden met een slechtere S/N verhouding in het kanaal. Zijn de banddoorlatende filters ideaal, dan is een winst van ca 6 dB mogelijk (voor de X-coördinaat zelfs 8,5dB).

De overspraak van de X-draag golf (Y-draag golf) naar het banddoorlatende filter van de Y-coördinaat (X-coördinaat) wordt verder verkleind. De verzwakking ligt, afhankelijk van waar de pen zich bevindt, theoretisch tussen 5 en 8 dB. Voor gebruik via kanalen zonder selectieve fading geeft dit geen problemen, maar bij kanalen met een sterke selectieve fading is een betere onderdrukking van de niet gewenste draag golf vereist.



Het systeem wordt minder gevoelig voor die frequenties van een interfererend station, die vlak naast de banddoorlaat liggen. De kwetsbaarheid voor signalen, die binnen de doorlaat vallen, verandert natuurlijk niet.

Passen we filters toe met een geringe drempel in de doorlaatband, dan vermindert dit de storingsgevoeligheid voor selectieve fading, wanneer aan de rand van het schrijfvlak geschreven wordt.

Doordat de nu gebruikte Butterworth-filters extra verzwakking (2 à 3 dB) geven in de buurt van de afsnijfrequentie -de pen bevindt zich dan aan de rand van het papier-, kan de ontvangerschakeling evenredig minder selectieve fading verdragen, indien aan de rand geschreven wordt. Door deze ingreep wordt ook de, door het meetsysteem veroorzaakte 'selectieve fading' verkleind.

Al eerder werd uitgelegd, dat selectieve fading, zoals die in de praktijk voorkomt, het gevolg is van meerdere oorzaken tegelijkertijd. Daarom is het vaak niet goed mogelijk een duidelijke periodiciteit in de fading vast te stellen; het verloop van de fading is erg grillig.

Bij het optreden van sterke selectieve fading ( $\geq 15$  dB) bleek het meestal wel mogelijk een zekere periodiciteit aan te wijzen. Waarden tussen 0,01 en 0,15 Hz werden gemeten.

Bij minder sterke fading ( $\leq 15$  dB) was de periodiciteit minder gemakkelijk te onderkennen, maar de waarden ervan lag ruwweg tussen 0,01 en 0,5 Hz.

Nog snellere fluctuaties in de fading traden wel op, maar de diepte van deze fading, die meestal gesuperponeerd was op een langzamere, relatief diepe, fading, was gering: 1 à 2 dB. De geschatte periodiciteit bedroeg ca 0,5 tot 1,5 Hz.

Bij, in het beeld zichtbare, storingen was altijd sprake van nogal langzame diepe selectieve fading. De beelden in de figuren 50, 54 en 55 zijn representatief voor de verstoringen door SF, die tijdens de experimentele verbinding ondervonden werden.

Doordat de storing zo lang duurde in verhouding met het schrijven van één enkele letter (ca. 0,3 seconde), vielen enkele letters tot gehele woorden uit een tekst weg. Er was bij de onderzochte verbinding dus geen sprake van, dat een verminkte letter met behulp van de omringende tekst gereconstrueerd kon worden.

### Andere stations

De invloed van sterkere, niet gewenste, stations in het zelfde kanaal werd al behandeld bij de werking van de AGC (par. 4.4 op pag.95 ).  
Figuur 51 laat een voorbeeld zien van een dergelijk type verstoring.

Voor goede beelden moet, bij het optreden van selectieve fading, de signaalsterkte van een interfererend station een, voor een bepaalde beeldkwaliteit vereist, aantal dB's zwakker zijn dan de verzwakte 'draaggolf'. Voor een gewenste kwaliteit moeten de stoorsignalen -voor zover die binnen de doorlaatbanden van de LF-ontvanger vallen- een, voor de beeldkwaliteit vereist, aantal dB's + een aantal dB's, overeenkomend met de maximaal te verwerken SF, zwakker zijn dan het eigen station.

Voldoet de signaal/stoor-verhouding in het kanaal hier niet aan, dan wordt het beeld tijdens een fadingdip -afhankelijk van de ernst van de dip- slecht van kwaliteit tot volstrekt onleesbaar.

Bij de metingen werd dit effect goed merkbaar, omdat steeds met een kleine -maximaal was 15 tot 27 dB beschikbaar- S/N-verhouding gewerkt werd.

Van station<sup>5</sup>, die ca. 15 dB zwakker zijn dan het eigen station werd bij condities zonder selectieve fading geen enkele hinder ondervonden. Trad echter SF op, dan verslechterde de signaal/stoor-verhouding tussen de verzwakte 'draaggolf' en het interfererende station (of atmosferische ruis) en werd het beeld gestoord.

Duidelijke voorbeelden hiervan staan op de meetstrook in figuur 56 , zie o.a. de pijl. Het interfererende station, dat ca. 20 dB zwakker is dan het gewenste station, overheerst dit tijdens de fadingdip's.

### Ruis

Voor het ruisniveau in een door selectieve fading aangetast kanaal geldt een verhaal analoog aan het verhaal hierboven.

### Onweer

De invloed van onweersontladingen werd in paragraaf 4.2 al besproken. Bij de verbinding tussen Valkenburg en Delft werden geen nieuwe ervaringen opgedaan.



### Conclusie

Op de transmissieweg werd selectieve fading tot maximaal 25 à 30 dB ondervonden.

De diepte van de fading was sterk afhankelijk van het tijdstip: van 8 tot 9 uur  $\leq 15$  dB; tussen 9 en 10 uur traden fadingdips tot ca 25 dB op; hierna nam de selectieve fading geleidelijk aan af en na 11 uur was de fading  $< 10$  dB (zie figuur 52).

De periodiciteit van de fading lag, voor zover die te bepalen was, tussen 0,02 en 0,15 Hz voor sterke fading ( $\geq 15$  dB) en tussen 0,01 en 0,5 Hz voor fadingdieptes  $< 15$  dB. Snelle fluctuaties -tussen ca. 0,5 en 1,5 Hz- traden alleen op bij geringe variaties in de selectieve fading (1 à 2 dB).

Als het systeem F dB selectieve fading moet kunnen verdragen, dan zijn volgens paragraaf 4.3 en 4.4 de volgende signaal/stoor-verhoudingen nodig:

-bij vlakke ruis : F + 8 à 10 dB voor leesbaarheid  
F + 15 dB voor goede kwaliteit

-bij interfererende frequentie  
binnen de doorlaatband : F + 13 à 15 dB voor leesbaarheid  
F + 20 dB voor goede kwaliteit

Bij de metingen was de beschikbare S/N-verhouding maximaal 20 tot 27 dB; deze waarden zijn gegeven t.o.v. eeningangssignaal voor de HF-ontvanger, dat aan de uitgang ervan een S/N-verhouding van 0 dB geeft. Door atmosferische ruis en interfererende stations was de situatie in het kanaal meestal slechter, maar exacte waarden van de signaal/stoor-verhouding tijdens de overdracht zijn niet bekend. Tijdens de uitzendingen was het onderscheiden van het gewenste en het interfererende signaal slecht mogelijk.

Het gebouwde systeem bleek selectieve fading  $\leq$  ca 15 dB te kunnen verwerken zonder dat de geschreven tekst onleesbaar werd; dit bij een S/N-verhouding van 27 dB, zodat de signaal/stoor-verhouding t.o.v. de maximaal verzwakte 'draaggolf'  $27 - 15 = 12$  dB kon zijn. De gemeten waarden blijken dus vrij goed in overeenstemming met de berekende waarden.

Ondanks het feit dat maar 15 dB selectieve fading gecompenseerd kon worden, was, gemeten over een werkdag, voor 98 procent van de tijd beeld-

overdracht mogelijk zonder dat het beeld onleesbaar werd.

Met deze apparatuur en bij dezelfde S/N-verhouding zou bij het overbruggen van grote afstanden communicatie voor 80-90 procent van de tijd mogelijk zijn. Volgens de theorie (Raleigh, Nakagami-Rice) geldt immers dat het verschil tussen de signaalniveaus, die gedurende 10 en 90 procent van de tijd overschreden worden,  $13 \pm 3,2$  dB is bij lange afstandsverbindingen.

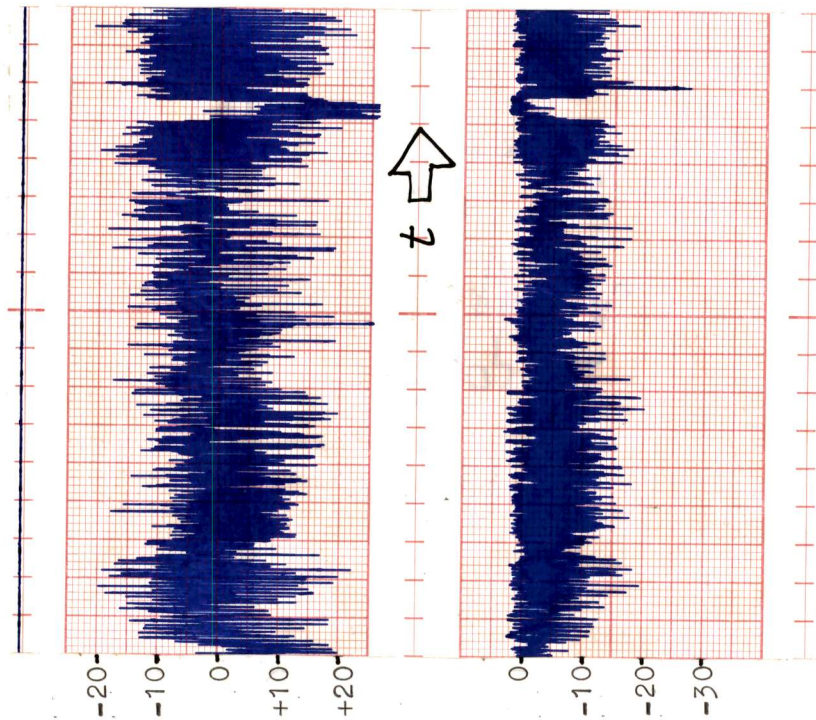
Worden de aanbevolen verbeteringen in het systeem doorgevoerd en wordt bovendien de S/N-verhouding groter gemaakt (bv. door het verhogen van het zendvermogen), dan kan de normaal optredende selectieve fading zeker goed verwerkt worden.

Het idee, dat bij het lezen van, onder slechte omstandigheden overgezonden, handschrift gebruik gemaakt kan worden van de redundantie van de tekst, werd bij deze verbinding niet bevestigd. Hiervoor was de fadingssnelheid te laag; er vielen meerdere letters tot zelfs complete woorden toe uit de tekst weg.

De verwachting is, dat van de redundantie pas gebruik gemaakt kan worden bij een periodiciteit in de fading van ca. 10 Hz.

Daar volgens de theorie de selectieve fading sneller fluctueert naarmate de zendfrequentie hoger is, leek het verhogen van de zendfrequentie naar een frequentie in de 40 meterband een mogelijkheid om snellere fading te vinden. Het verslag van die meting vindt U in paragraaf 5.4.





niveau 22 - niveau 14 (dB)      niveau 22 (dB)

Figuur 57 De invloed van andere stations op de metingen

|                |                             |
|----------------|-----------------------------|
| Beeld          | : tekst                     |
| Frequentie     | : 7,050 MHz                 |
| Tijd           | : 12.56 uur                 |
| Storing        | : andere stations in kanaal |
| Papiersnelheid | : 25 mm/min                 |
| Signaalsterkte | : sterk variërend           |

#### 5.4 Een verbinding in de 40-meterband van Valkenburg (Z-H) naar Delft

##### Gegevens over de verbinding

Hoewel de 40-meterband (7-7,5 MHz) normaal gebruikt wordt voor verbindingen over enkele honderden kilometers en meer, kan in dit frequentiegebied, als de condities goed zijn, een verbinding over 18 km toch mogelijk zijn. In het algemeen liggen frequenties uit deze band boven de kritische frequentie van de E-laag (MUF(0)E). Of de gebruikte frequentie lager is als de kritische frequentie van de F<sub>2</sub>-laag (MUF(0)F<sub>2</sub>), hangt af van het tijdstip en van het seizoen. Is dit het geval dan is er geen skip-zone en is een verbinding via de ionosfeer mogelijk. De grondgolf ondervindt bij deze frequenties nog meer demping als bij het gebruik van de 80-meter band.

De gebruikte SB-102 zender beschikte niet (meer) over de mogelijkheid in de 40-meterband uit te zenden. Daarom werd gebruik gemaakt van een andere, in Valkenburg aanwezige, zender, een Heathkit SB-101. Deze was niet van tevoren in het laboratorium onderzocht, maar de specificaties zullen die van de SB-102 niet veel ontlopen.

Verder in het kort een aantal gegevens:

|                             |                                             |
|-----------------------------|---------------------------------------------|
| Afstand zender-ontvanger    | : 18 km                                     |
| Antenne-polarisatie         | : horizontaal                               |
| Zendvermogen                | : ca 80 Watt, gedurende korte tijd 5-2000 W |
| Zendfrequentie              | : ca 7 MHz                                  |
| Metingen gedaan tussen      | : 9.23 en 15.53 uur                         |
| Totale duur van de metingen | : 12.16 uur                                 |
| Periode                     | : 31-7-'78 t/m 3-8-'78                      |
| AGC                         | : fast                                      |

##### De kwaliteit van de verbinding

Gedurende een aantal dagen werd gepoogd een verbinding tot stand te brengen. Dit is om twee redenen niet goed gelukt.

In de eerste plaats was de 40-meter amateurband zo druk bezet met sterke stoorsignalen (andere stations), dat geen zinvolle communicatie mogelijk was. Figuur 57 geeft een aardig idee van de drukte.

TH Delft  
 experimentele schrijf  
 verbinding via de  
 korte golf.

Fig. 58 De normale positie van het beeld op het scherm

TH Delft  
 experimentele schrijf  
 verbinding via de  
 korte golf.

Fig. 59 De gevolgen van instraling van HF-zendvermogen in het tableau.

Beeld : tekst  
 Frequentie : ca 7 MHz  
 Tijd : 13.20 uur  
 Storing : fout in de VCO van de Y-draag golf  
 Signaalsterkte :  $S+N/N = 15$  dB

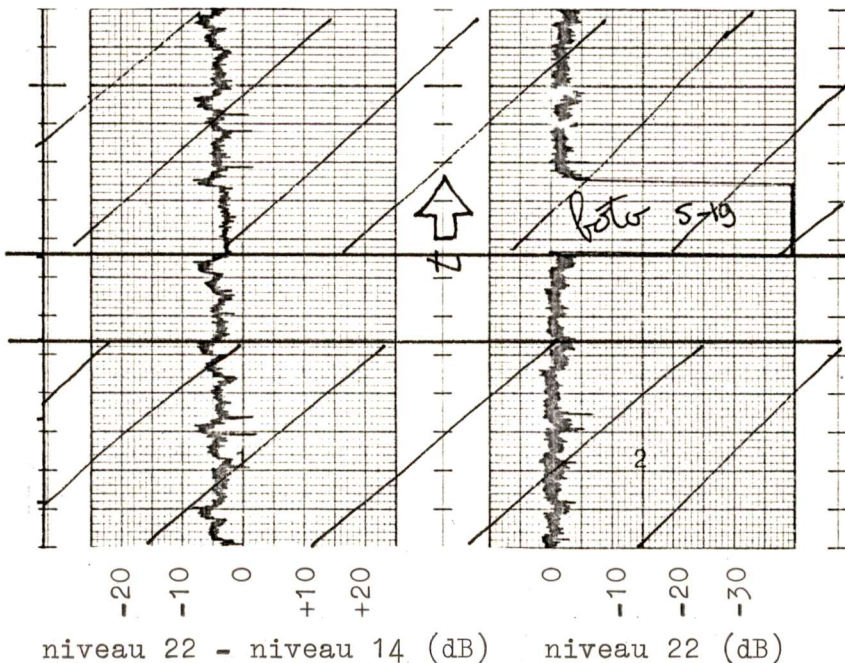


Fig. 60 Registratie van de sel. fading en niveau 22 tijdens de opname van figuur

Beeld : tekst  
 Frequentie : ca 7 MHz  
 Tijd : 13.20  
 Storing : fout in VCO  
 Papiersnelheid : 25 mm/m  
 Signaalsterkte :  $S+N/N = 15$  dB



Hier bleek het nadeel van het niet over een eigen kanaal te beschikken wel erg duidelijk.

In de tweede plaats was een goede verbinding niet mogelijk door een storing in de apparatuur.

#### Fouten in de apparatuur

Op 3 augustus werd een rustig kanaal gevonden bij ca 7 MHz. Toen kon geconstateerd worden dat, hoewel het binnenkomende signaal op het gehoor niet al te slecht was, toch geen goede beelden te verkrijgen waren.

Het beeld schoof in zijn geheel in de Y-richting, een verschijnsel dat niet verklaard kan worden door oscillatordrift in de zender of de HF-ontvanger. Het beeld zou dan in de diagonale richting verschoven zijn. Figuur 58 laat het testbeeld zien zoals het zou moeten zijn, figuur 59 zoals het ontvangen werd.

Aangezien de verschuivingen onregelmatig optraden en het beeld steeds weer op zijn oorspronkelijke plaats terugkwam, werd even aan een Doppler-effect ten gevolge van zich verplaatstende lagen in de ionosfeer gedacht. Maar de verschuiving is hiervoor te groot, namelijk ca 100 Hz (halve beeldhoogte).

Bij gericht zoeken naar de oorzaak bleek hetvolgende: door instraling van HF-zendvermogen in het tableau ontstaat op de ingang van de VCO, die de Y-draaggolf genereerd, een DC-component. Hierdoor verloopt de oscillatorfrequentie.

Door toepassing van een LF-spectrumanalyser werd duidelijk dat de frequentie van de Y-draaggolf een functie was van het zendvermogen.

#### Selectieve fading

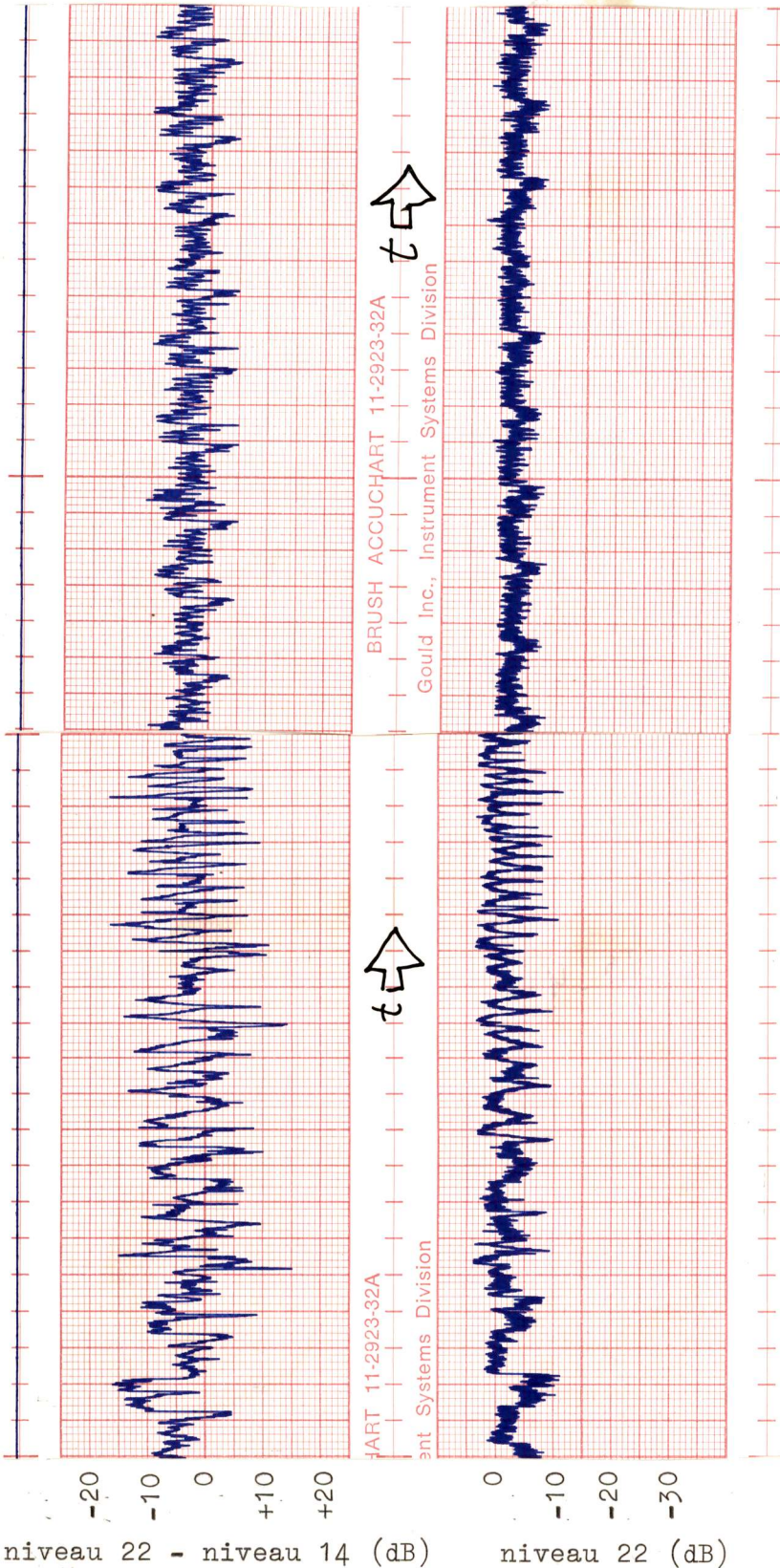
De invloed van de zender op de frequentie van de Y-draaggolf is als functie van de tijd niet bekend. Daardoor is de snelheid en de grootte van de variaties van de frequentie niet bekend en is het niet duidelijk of de geregistreerde selectieve fading ontstaat door het niet binnen de filters vallen van de 'draaggolven' of dat er sprake is van selectieve fading op de transmissieweg.

De gemeten gegevens zijn dus niet betrouwbaar en er mogen dan ook geen conclusies uit getrokken worden.

Wel bestaat de indruk dat er selectieve fading op de transmissieweg



Fig. 61 Registratie van de selectieve fading en het niveau 22 bij rustige condities



Beeld : tekst  
Frequentie : ca 7 MHz  
Tijd : 10.30 uur  
Storing : geen  
Papiersnelheid : 25 mm/min  
Signaalsterkte :  $S+N/N = 15$  dB

Fig. 62 Registratie van de selectieve fading en het niveau 22 bij ongunstige condities

Beeld : tekst  
Frequentie : ca 7 MHz  
Tijd : 10.42 uur  
Storing : selectieve fading?  
Papiersnelheid : 25 mm/min  
Signaalsterkte :  $S+N/N = 15$  dB

optreedt. Deze lijkt sneller te variëren als bij het experiment in de 80-meterband. Figuur 61 geeft een registratie weer bij rustige condities, figuur 62 een bij ongunstige.

#### Andere stations

De 40-meter amateurband is continu volledig bezet en de interfererende signalen zijn sterk. Hierdoor was de (ongestoorde) ontvangst van het eigen station bijna voortdurend onmogelijk.

#### Conclusie

Bij gebrek aan tijd is het experiment na deze pogingen gestopt. Alvorens verder gegaan kan worden, moet het tableau ongevoelig gemaakt worden voor de instraling van HF-zendervermogen.

Dan is de verwachting dat, mits het kanaal niet ook door anderen gebruikt wordt en mits de propagatiecondities gunstig zijn in verband met de skip-zone, beeldoverdracht goed mogelijk is.



6 TOEPASBAARHEID EN MAATSCHAPPELIJKE RELEVANTIE

Het onderzoek was niet gericht op het maken van een praktisch systeem voor het verzenden van handschrift of tekeningen via een korte golfverbinding. In dat geval zou een vergelijkend onderzoek naar verschillende modulatiemethoden nodig geweest zijn, waarna pas een verantwoorde keuze gedaan kan worden.

Zeer bewust heb ik mij beperkt tot één modulatiemethode, zodat de kennis van dit modulaat, dat overigens ook voor de Doventelefoon in gebruik is, vergroot wordt.

Toch is het gebouwde testsysteem zodanig opgezet, dat, met gebruikmaking van bestaande kortegolf SSB-apparatuur, zonder meer schrijfverbindingen gemaakt kunnen worden. Voor aansluiting zijn alleen de microfoon-ingang van de zender en de luidsprekeruitgang van een ontvanger nodig.

Een nadeel van het gebouwde systeem is, dat het niet mogelijk is gelijktijdig schrift en spraak over te zenden, zoals dit b.v. bij de scribofoon wel mogelijk is. Het is overigens de vraag of het verzenden van spraak + schrift via hetzelfde kanaal wel mogelijk is zonder al te veel afbreuk te doen aan de kwaliteit van een van beide. Want volgens de aanbevelingen van de CCIR staat maar een bandbreedte van maximaal 2600 Hz per kanaal ter beschikking.

scribofoon wel het geval is. Het is overigens de vraag of het simultaan verzenden van spraak en schrift via hetzelfde kanaal wel mogelijk is zonder al te veel afbreuk te doen aan de kwaliteit van een van beide. Want volgens de aanbevelingen van de CCIR staat maar een bandbreedte van maximaal 2600 Hz per kanaal ter beschikking.

beschikking. Een nadeel van punt-punt satellietverbindingen dat voor het zenden naar een satelliet een sterk gebundelde straal vereist is; hiertoe is een relatief grote -en dus dure- antenne nodig. Voor ontvangst alleen kan ook een veel kleinere antenne voldoen.

Alleen in gebieden waar telefoonverbindingen niet aanwezig zijn en het geld voor satelliet-verbindingssystemen ontbreekt, terwijl korte golf-apparatuur, van welke kwaliteit dan ook, wel beschikbaar is, kan het bedoelde systeem op zijn plaats zijn.

Hierbij moeten we voornamelijk denken aan landen of streken met een lage bevolkingsdichtheid of aan landen in de derde wereld. Ook zouden

verbindingen met eilanden, voor zover die niet met direkt zicht-verbindingen mogelijk zijn, in aanmerking kunnen komen.

Voorwaarde voor deze toepassingen is dat de apparatuur goedkoop is en dat geen modificaties aan de bestaande apparatuur vereist zijn.



## 7 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

### 7.1 De resultaten die met het onderzoek verkregen zijn

De volgende punten uit het literatuuronderzoek waren voor het onderzoek van direkt belang:

- Of een kortegolf-verbinding mogelijk is, wordt uiteindelijk door twee zaken bepaald: 1. Is een propagatieweg mogelijk i.v.m. de MUF? 2. Hoe sterk is de fading?
- Er wordt een onderverdeling gemaakt in langzame en snelle fading; voor de laatstgenoemde -en voor het onderzoek alleen interessante- fading bedraagt de fadingfrequentie één fading per 0,01 seconde tot één per uur. Een veel voorkomend waardengebied voor de periodiciteit in de fading is van 0,1 tot 1 Hz.
- Fading heeft meestal meerdere oorzaken tegelijkertijd; een duidelijke periodiciteit is dan niet aanwezig en het verloop van de fading is grillig.
- De diepte van de fading kan bij kortegolfverbindingen tussen 0 en 100 procent liggen; de fading is vooral hevig als er sprake is van interferentie tussen golven, die via slechts twee wegen bij het punt van ontvangst komen; voor lange afstands-verbindingen worden voor het verschil tussen de signaalniveaus, die gedurende 10 en 90 procent van de tijd overschreden worden, twee waarden genoemd:  $13 \pm 3,2$  dB en  $16,6 \pm 3,2$  dB.
- Naarmate de zendfrequentie hoger is, tendeert de fading ernaar sneller te zijn.
- Door interferentie veroorzaakte fading -en dat is bij alle snelle fading het geval- is bijna altijd selectief.

Het gebouwde modulatiesysteem, de testbeeldgenerator en het meetsysteem voldeden aan de te stellen eisen aan betrouwbaarheid, bedieningsgemak en nauwkeurigheid. Gedurende meer dan 100 uur werd met de apparatuur een onbemande kortegolf-verbinding gerealiseerd.

De testbeeldgenerator (Geheugen) en het interface zijn zonder verdere modificaties bruikbaar voor verder onderzoek. De testbeeldgenerator kan ook als signaalbron voor andere modulatiesystemen fungeren.

Het modulatiesysteem zelf is, vooral na het aanbrengen van enige verbeteringen (zie paragraaf 7.2), bruikbaar voor een eventueel verder onderzoek en desnoods ook als praktisch systeem. Een groot bezwaar echter tegen een praktische toepassing van het onderzochte modulaat lijkt de

vereiste frequentiestabiliteit van de HF-apparatuur.

Als alleen het LF-modulatiesysteem toegepast wordt, moeten de signaal- en stoorniveaus voldoen aan de eisen die op pagina 93 vermeld staan; de belangrijkste voorwaarde: een S/N-verhouding van 8 à 10 dB voor leesbaarheid; voor goede beeldkwaliteit is 13 à 15 dB nodig.

Voor het HF-modulatiesysteem zijn de volgende signaal/stoor-verhoudingen vereist, wil een selectieve fading van F dB verdragen kunnen worden:

- modulaat + vlakke ruis

$$S/N = F + 8 \text{ à } 10 \text{ dB voor leesbaarheid}$$

$$S/N = F + 13 \text{ à } 15 \text{ dB voor goede beeldkwaliteit}$$

- modulaat + een interfererend signaal, waarvan de frequentie binnen de doorlaatband valt.

$$S/I = F + 13 \text{ à } 15 \text{ dB voor leesbaarheid}$$

$$S/I = F + 20 \text{ dB voor goede beeldkwaliteit}$$

- Indien  $F < -17$  dB dan treedt er geen enkele uitval van de Z-informatie op.
- Indien  $F > 22$  dB dan werkt de FM-detektor, die de verzwakte 'draaggolf' moet detekteren, niet meer en is geen ontvangst meer mogelijk.

Bij de eerste proefverbinding over een afstand van 2 km in Delft trad geen selectieve fading op. Wel bleek de kwetsbaarheid van het modulatiesysteem voor pulsvormige storingen, voornamelijk veroorzaakt door onweer. Deze kwetsbaarheid is het gevolg van de reactie van de AGC van de HF-ontvanger: deze stelt de over-all versterking van de ontvanger in naar de sterkere pulsstoring en verlaagt zodoende het niveau van het gewenste signaal aan de uitgang van de ontvanger.

Bij sterke pulsstoringen komt het niveau van het gewenste signaal beneden de drempelwaarde van de FM-detektoren en blijft daar ten gevolge van de uitregeltijdconstante van de AGC enige tijd: er ontstaat dan een kras in het beeld, zie figuur 47 op pagina 108.

Bij minder sterke storingen wordt het gewenste signaal zover verzwakt, dat de vereiste S/N-verhouding t.o.v. de eigen ruis van de ontvanger niet gehaald wordt: er ontstaan dan kortdurende storingen in het beeld, alsof de ruis tijdelijk sterk toeneemt (een bibberig stuk lijn).

De invloed van dit type storing neemt af naarmate het zendvermogen of de zendfrequentie toeneemt.

Bij de experimentele verbinding tussen Valkenburg en Delft werd, afhankelijk



van het tijdstip van de dag, zwakke tot hevige selectieve fading gevonden; waarden tot 30 dB werden geregistreerd.

De periodiciteit van de ondervonden selectieve fading lag globaal tussen 0,01 en 0,5 Hz voor fading  $\geq$  5 dB. Op deze fading gesuperponeerd, trad soms snellere fading op, maar de niveauverschillen ervan waren zeer klein: 1 à 2 dB; de geschatte periodiciteit: 0,5 tot 1,5 Hz.

Tijdens de uitzendingen was de beschikbare S/N-verhouding in het kanaal maximaal 24 à 27 dB. Onder gunstige condities, d.w.z. geen interfererende stations in het kanaal en geen onweersbuien in de omgeving, bleek het systeem 15 dB selectieve fading zonder ernstige verstoringen in het beeld te kunnen verwerken. Deze waarde komt vrij goed overeen met de theoretisch toelaatbare selectieve fading bij de gegeven S/N-verhouding. Bij fadingdips  $>$  15 dB werd de beeldkwaliteit slecht tot ontoelaatbaar, zie bv. figuur 50 op pagina 112.

De verbinding was gedurende 98 procent van de tijd bruikbaar voor communicatie (gemeten over een werkdag).

Uit het deelonderzoek (paragraaf 4.2) naar de invloed van ruis op signalen in de basisband komen de volgende punten naar voren:

- Bij de beoordeling van de beeldkwaliteit van handschriftfragmenten blijkt het verschil tussen net leesbaar en nauwelijks van het origineel te onderscheiden overeen te komen met een ca 10 dB betere S/N-verhouding. Deze waarde is niet afhankelijk van de bandbreedte.
- Vergroting van de bandbreedte met behoud van de S/N-verhouding leidt tot een verslechtering in de kwaliteitsbeoordeling. Voor een gelijkblijvende beoordeling is voor een bandbreedte-vergroting met een factor 10 een ca 10 dB grotere S/N-verhouding nodig.  
Het verdient dus aanbeveling de bandbreedte niet groter te nemen dan strikt noodzakelijk is (5 Hz is voldoende).
- Tekeningen vereisen voor een gelijkkluidende kwaliteitsbeoordeling een ca 10 dB grotere S/N-verhouding dan handschrift.

Uit het literatuuronderzoek bleek dat de selectieve fading in het algemeen de ernstigste bedreiging vormt voor de bruikbaarheid van een kortegolfkanaal.

Het idee, dat onder slechte fadingscondities gebruik gemaakt kan worden van de in het schrift aanwezige redundantie, werd niet bevestigd.

Doordat de fading zo langzaam varieerde, leidde het optreden van een

sterke fadingdip tot het uit de tekst wegvallen van complete letters of zelfs complete woorden.

Het lijkt overigens onwaarschijnlijk, dat een andere modulatiemethode beter gebruik kan maken van de redundantie in de tekst, als er sprake is van dezelfde langzame periodiciteit in de fading.

Hoewel de resultaten van zowel het literatuuronderzoek als het experimentele onderzoek niet bemoedigend zijn voor het idee, dat schrift bij deze modulatiemethode onder slechte condities langer leesbaar blijft dan bij het gebruik van een andere methode, is toch nog nader onderzoek nodig, voordat deze mogelijkheid uitgesloten mag worden.

Snelle selectieve fading (periodiciteit ca. 10 Hz) komt voor, de vraag is alleen hoe vaak?

Als na een verder onderzoek blijkt, dat geen gebruik gemaakt kan worden van de redundantie in het schrift, dan is het de vraag of een ander modulatiesysteem niet de voorkeur verdient. Hierover staan wat ideeën in paragraaf 7.3.



## 7.2 Mogelijke verbeteringen aan het gebouwde systeem

Bij een eventuele voortzetting van het onderzoek met de bestaande apparatuur verdient het aanbeveling eerst een aantal punten nader te bestuderen en eventueel wijzigingen in het systeem of in de meetmethode aan te brengen. De hieronder met een \* gemerkte punten hebben daarbij prioriteit.

### 1 TABLEAU

- \* a. Verminder de gevolgen van de instraling van HF-energie (zie par. 5.4).
- \* b. Maak de frequentiezwaai van de Z-informatie onafhankelijk van de netspanning en regel de zwaai af op  $\pm 50$  Hz (zie bijlage B en F).
- c. Maak het niveau van de 1400 Hz- en 2200 Hz-draaggolf afzonderlijk instelbaar, zodat de filterkarakteristiek van de HF-zender gecompenseerd kan worden en men over twee gelijk sterke 'draaggolven' op de transmissieweg kan beschikken (zie par. 3.7 pag.62).

### 2 GEHEUGEN

Geen modificaties

### 3 HF-ZENDER

- \* a. Vergroot het zendvermogen, zodat bij de experimenten een betere S/N-verhouding bereikt kan worden. Dit vermindert de invloed van interfererende stations en onweersontladingen, terwijl het de sterkte van de selectieve fading -daar zijn we het meest in geïnteresseerd- niet beïnvloed.
- b. Verbeter -indien mogelijk- de frequentie-stabiliteit van de oscillatoren.
- c. Voorzie in een mogelijkheid om het effectief uitgestraalde zendvermogen te meten.

### 4 HF-ONTVANGER

- \* a. Bestudeer het gedrag van de AGC nader en breng zo nodig wijzigingen aan.
- b. Verbeter -indien mogelijk- de frequentie-stabiliteit van de oscillatoren.

## 5 LF-ONTVANGER

- \* a. Vervang de banddoorlatende filters door betere types. Dit beperkt de gevolgen in het beeld van overspraak; tevens wordt de meting van de selectieve fading nauwkeuriger, omdat minder last van overspraak ondervonden wordt en omdat de 'SF', die afhankelijk is van de positie van de pen, afneemt. Het splitsfilter in het meetsysteem wordt dan overbodig en kan verwijderd worden.

Gedacht kan worden aan hogere orde Caueer-filters; de specificaties zouden als volgt kunnen zijn:

Rimpel in de doorlaat  $\leq 1$  dB. Onderdrukking buiten de doorlaatband  $\geq 40$  dB. Bandbreedte (1 dB punten) voor het X-kanaal: 1290-1510 Hz en voor het Y+Z-kanaal: 1950-2450 Hz. De bandbreedte is iets ruimer genomen om een geringe frequentie-verschuiving, die door het verlopen van de oscillatoren in de HF-apparatuur ontstaan kan, toe te laten zonder dat het beeld onbruikbaar wordt. (Volgens de aanbevelingen van de CCIR moet rekening gehouden worden met maximaal 20 Hz). Niet gewenste frequenties die meer dan 250 Hz van de genoemde 1 dB-punten liggen moeten meer dan 40 dB verzwakt worden. (zie par. 4.3 en 5.3).

- \* b. Bestudeer het gedrag van de FM-detektor en ga na of een ander type misschien de voorkeur verdient.

Verlaag eventueel de drempelwaarde van de gebruikte FM-detektor tot -30 dBr of nog lager. (Zie par.5.3 pag. 119).

- c. Meet de frequentie-responsie van het meetsysteem voor de selectieve fading.

## 6 INTERFACE

Geen modificaties

Naast de hierboven genoemde wijzigingen zijn ook veranderingen in de modulaatvorm denkbaar.

De problemen met de frequentie-stabiliteit van de HF-oscillatoren kan afdoend bestreden worden door een piloottoon aan het modulaat toe te voegen. Dit gaat echter ten koste van de eenvoud van de apparatuur en maakt een ingreep in de HF-ontvanger noodzakelijk.

Bij gebruik van SSB-apparatuur, die met een gereduceerde draaggolf werkt, is een dergelijke extra piloottoon natuurlijk overbodig.

Een tweede mogelijkheid om de gevolgen van frequentiedrift te verkleinen is het vergroten van de frequentiezwaai van de beide 'draaggolven'. Dit is niet aan te bevelen, omdat dan nog onzuiniger gebruik gemaakt wordt van de bandbreedte dan nu al het geval is.

In de praktijk bleek de Y+Z-informatie kwetsbaarder voor stoorsignalen als de X-informatie. Nader onderzoek naar de precieze oorzaak lijkt nodig.

Eventueel kan de 2200 Hz-'draaggolf' alleen voor de Y-informatie gebruikt worden; de doorlaatband van het ontvangstfilter kan dan tot ca. 2040-2360 Hz teruggebracht worden.

De Z-informatie kan dan in de vorm van een extra, bv. in fase gemoduleerde, draaggolf meegezonden worden. Misschien is een combinatie van de piloottoon en de Z-informatie mogelijk. Een nadeel van deze methode is dat er minder zendvermogen per draaggolf beschikbaar is. De oplossing hoeft geen extra bandbreedte te kosten.



### 7.3 Aanbevelingen voor verder onderzoek

#### Nader onderzoek naar signalen in de basisband

De metingen in paragraaf 4.2 konden maar zeer summier gedaan worden, zodat de getalwaarden voor de vereiste S/N-verhoudingen maar een beperkte betekenis hebben. Het is misschien interessant deze metingen nog eens wat uitgebreider te herhalen.

#### Nader onderzoek naar het toegepaste modulaat

Voor de voortzetting van het onderzoek staan twee wegen open.

In de eerste plaats kunnen we doorgaan met het idee dat bij deze modulatiemethode onder zeer slechte condities overgezonden schriftfragmenten beter leesbaar blijken, dan wanneer van een andere modulatiemethode gebruik gemaakt wordt. Dit in de verwachting, dat gebruik gemaakt kan worden van de redundantie van de tekst.

Uit het onderzoek tot nu toe, bleek dat dit voor verstoring door selectieve fading -en dit is de belangrijkste storingsoorzaak- niet geldt, althans niet voor de bij de experimentele verbinding optredende selectieve fading. Uit het literatuuronderzoek werd duidelijk dat de gemeten periodiciteit in de fading, tussen de 0,05 en 0,15 Hz, vrij normaal is. Maar waarden > 10 Hz, die volgens de literatuur wel voorkomen -vooral bij flutterfading-, zijn eigenlijk pas interessant. Dan treedt namelijk een aantal storingen op tijdens het schrijven van één letter.

Voortzetting van het onderzoek in deze richting lijkt alleen zinvol, als uit verdere literatuurstudie blijkt dat deze waarden voor de periodiciteit voor een niet verwaarloosbaar deel van de tijd optreden.

Een tweede mogelijkheid is, om alleen naar een verdere optimalisering te zoeken van de tijd die beschikbaar is voor zinvolle communicatie. Deze is te bereiken door een aantal technische verbeteringen in het gebouwde systeem door te voeren. Een aantal daarvan werd al in paragraaf 7.2 genoemd.

Bij voortzetting van het experiment moet, ongeacht welke richting gekozen wordt, eerst een aantal modificaties aan de apparatuur uitge-



voerd worden. Die staan beschreven in de punten 1a, 1b, 5a en 5b van paragraaf 7.2. Er moet naar gestreefd worden dat het systeem tenminste 20 dB selectieve fading kan verdragen.

Om een betere scheiding te krijgen tussen de storingen, die ontstaan door selectieve fading en die door andere stoorsignalen ontstaan, is een betere signaal/stoor-verhouding nodig. Om dit te realiseren kan men denken aan een van de volgende mogelijkheden:

1. het verhogen van het zendvermogen (bv. 10 à 15 dB)
2. de mogelijkheid nagaan, tijdelijk een eigen kanaal toegewezen te krijgen.
3. het gebruiken van een gesimuleerd kanaal.

Zo nodig kan de afstand tussen de zender en de ontvanger vergroot worden tot ca. 200 km (TH Twente - TH Delft).

Experimentele verbindingen over grote afstanden lijken niet praktisch uitvoerbaar; in dat geval moet overgegaan worden tot het simuleren van het kanaal. Ga dan na of bij de PTT of bij Radio Wereldomroep misschien een HF-ionosferische kanaalsimulator aanwezig is.

De statistische gegevens over de sterkte van de selectieve fading tijdens een experimentele verbinding kunnen -in real time- door een (micro)processor bepaald worden en tot een overzichtelijk geheel worden verwerkt.

Meet zo mogelijk over periodes van 24 uur.

#### Andere modulatiemethoden

In paragraaf 2.3 werd op pagina 32 aangetoond, dat het gelijktijdig verzenden van spraak en hangeschreven informatie via een standaard kortegolfkanaal (maximaal 2600 Hz) niet goed mogelijk is met een scribofonie signaal. Terwijl dat modulaat toch zeer zuinig gebruik maakt van de beschikbare bandbreedte. Daarom gaan we er van uit, dat bij kortegolfverbindingen spraak en geschreven informatie na elkaar verzonden moeten worden. In dat geval staat, gezien de ter beschikking staande bandbreedte, een ruime keuze aan modulatiemethoden voor het schrijfsignaal ter beschikking.

Na het gedane onderzoek is het nog maar de vraag of het toepassen van het onderzochte modulaat extra voordeel oplevert, doordat de waarnemer

gebruik kan maken van de redundantie, die in het schrift aanwezig is.

Hoewel het gebouwde systeem goed funktioneert en nog betere resultaten te verwachten zijn na het doorvoeren van een aantal verbeteringen, heeft het toch een aantal nadelen. Zo is bv., door de analoge vorm van het modulaat, de opslag van de overgezonden beelden een probleem. Bovendien is nog geen oplossing gevonden voor een goedkoop display.

De hieronder geadviseerde modulatiemethode heeft het grote voordeel, dat gebruik gemaakt kan worden van alle gerealiseerde en nog te realiseren scribofonie-apparatuur.

Het enige bezwaar van de digitale schrijfinformatie uit het scribofoonmodulaat is de bitrate van 200 bit/s; deze seinsnelheid van 200 Baud is te hoog om onder alle omstandigheden een bruikbare kortegolfverbinding mogelijk te maken.

Door aan de zenzijde de te verzenden bits beurtelings over twee parallele kanalen te verdelen, kan de seinsnelheid tot 100 Baud -een waarde die altijd toelaatbaar is- teruggebracht worden. Aan de ontvangstkant moeten de, parallel overgezonden, signalen weer gerecombineerd worden tot het digitale signaal, dat bij de scribofonie-apparatuur in gebruik is.

Er bestaan meerdere systemen voor het parallel verzenden van een aantal 100 Baud-telexkanalen (tot 15 stuks toe) in één spraakkanaal (zie [25] hoofdstuk III en [24] Rec. 436-1); hierbij wordt meestal frequency shift keying toegepast.

Door het grote aantal beschikbare kanalen kunnen desnoods meerdere schrijfsignalen tegelijk overgezonden worden. Maar het lijkt verstandig een aantal kanalen te gebruiken voor frequentie-diversity, zodat de invloed van de selectieve fading op de transmissieweg verkleind wordt.



## REPORT 549\*

## HF IONOSPHERIC CHANNEL SIMULATORS

(Question 21/3)

(1974)

## 1. Introduction

High frequency (HF) ionospheric radiocommunication is typically characterized by multipath propagation and fading. The transmitted signal usually travels over several modes or paths to the receiver via single and multiple reflections from the E and F layers. Because the propagation times over the several paths are different, the signal at the receiving antenna may consist of several multipath components spread in time over an interval of up to several milliseconds. The average heights of the ionospheric layers are usually increasing or decreasing with time, which introduces different frequency (Doppler) shifts on each of the multipath components. The ionosphere is also turbulent which causes fading of each component and a resultant fading of the composite received signal. All of these effects produce multiplicative signal distortion and degradation of the performance of communication systems.

If a CW signal is transmitted over an HF link the spectra of the received multipath components can appear as shown in the experimental example of Fig. 1. Four paths are present: 1E, 1F, 2F, and Mixed modes. While the two magnetoionic components in the 1E mode have about the same frequency spreads (fading rates), their frequency-shifts are significantly different, allowing them to be resolved in frequency. On each of the other three modes, both the spreads and shifts of the two magnetoionic components are essentially the same and they appear as one. The short-term multiplicative distortion characteristics of an HF channel can thus be described in terms of the parameters that specify the time-spread and frequency-spread characteristics; i.e., the differential propagation times on the several paths, and the strengths, frequency-shifts, and frequency spreads on each path. These parameters are subject to change, of course, on a diurnal and seasonal basis, as well as generally being different on different geographic circuits.

To compare the performance of two or more systems over real channels, they must be tested simultaneously, because propagation or channel conditions vary uncontrollably and cannot be accurately repeated at other times or over other links. Because of the disadvantages of on-the-air measurements there has been a rapidly increasing interest in developing measuring devices that can be used in laboratory experiments to obtain similar measurements: channel recorder-reproducers [Goldberg *et al.*, 1965] and channel simulators [Bray *et al.*, 1947; Law *et al.*, 1957; Freudberg, 1965; Di Toro *et al.*, 1965; Walker, 1965; Clarke, 1965; Chapin and Roberts, 1966; Adams and Klein, 1967; Zimmerman and Horowitz, 1967; Packer and Fox, 1969; Watterson *et al.*, 1969a].

The use of a channel simulator has the advantages of accuracy, regularity of performance, repeatability, availability, a large range of channel conditions, and lower cost, but these advantages are limited if the channel model on which the simulator design is based is not valid. The 12 simulators referenced above are based on 10 generally different channel models, and their capacities for simulating a range of real-time ionospheric conditions are limited in varying degrees.

This report describes a Gaussian-scatter HF channel model for the multiplicative distortion, the experimental method used to confirm the validity and bandwidth limitation of this model, and one implementation of an HF simulator based on this model.

---

\* Adopted unanimously.

2. Gaussian-scatter model

A block diagram of the stationary Gaussian-scatter HF ionospheric channel model is presented in Fig.2. The input (transmitted) signal is fed to an ideal delay line and delivered at several adjustable taps, numbered 1, 2, ...,  $i$ , ...,  $n$ , one for each ionospheric propagation mode or path. At each tap, the delayed signal is modulated in amplitude and phase by an appropriate complex random *tap-gain function*,  $G_i(t)$ . The delayed and modulated signals are summed with additive noise (Gaussian, atmospheric, and/or man-made) and/or interference (unwanted signals) to form the output (received) signal. For the Gaussian-scatter channel model each tap-gain function is defined by

$$G_i(t) = \tilde{G}_{ia}(t) \exp(j2\pi \nu_{ia} t) + \tilde{G}_{ib}(t) \exp(j2\pi \nu_{ib} t) \quad (1)$$

where the  $a$  and  $b$  subscripts identify the two magnetoionic components that are generally present in each mode or path. The tildes indicate that  $\tilde{G}_{ia}(t)$  and  $\tilde{G}_{ib}(t)$  are sample functions of two independent complex (bivariate) Gaussian ergodic random processes, each with zero mean values and independent real and imaginary components with equal r.m.s. values that produce Rayleigh fading (i.e., that they are Gaussian-scatter functions). The exponential factors in Equation 1 are included to provide the desired *frequency-shifts* (Doppler),  $\nu_{ia}$  and  $\nu_{ib}$ , for the magnetoionic components in the tap-gain spectrum.

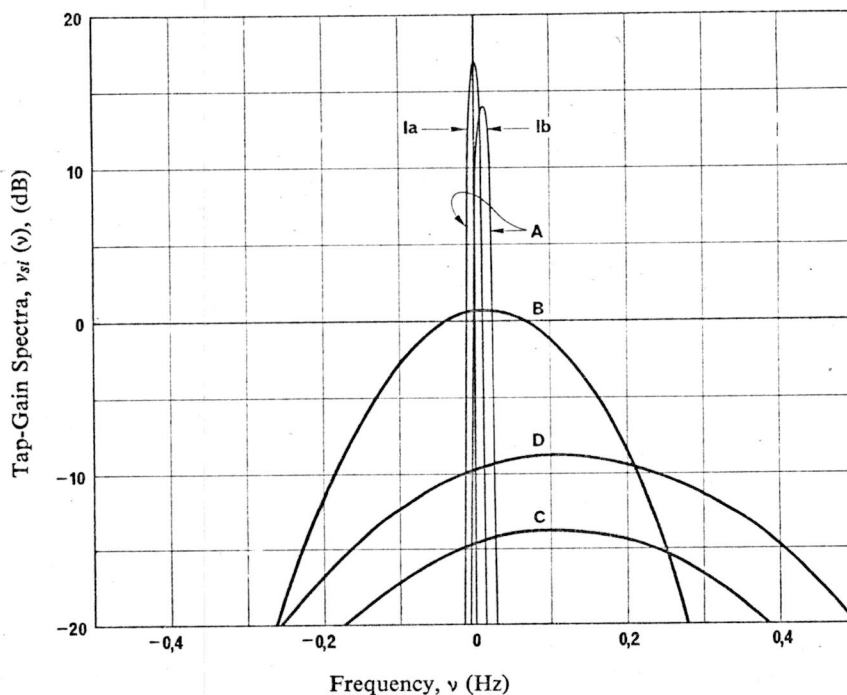


FIGURE 1

Power spectra of the multipath components of a CW signal

- A: Path  $i = 1$  (1E mode)
- B: Path 2 (1F mode)
- C: Path 3 (Mixed mode)
- D: Path 4 (2F mode)



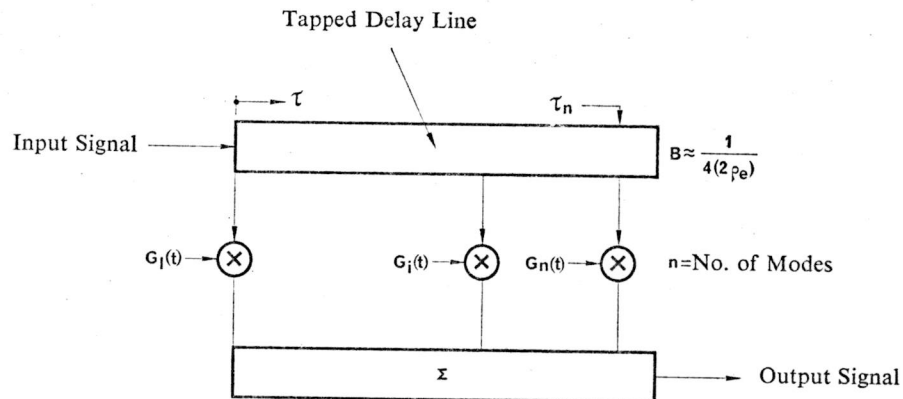


FIGURE 2

Block diagram of HF ionospheric channel models

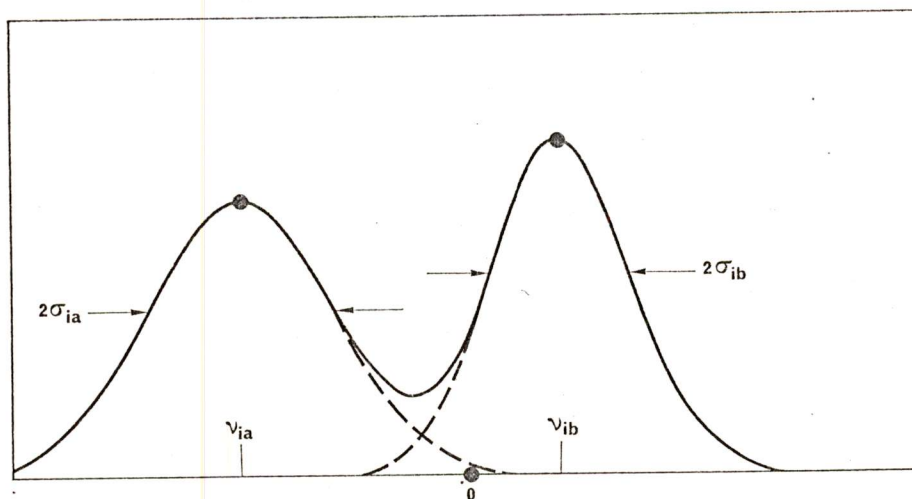
Each tap-gain function has a spectrum,  $v_i(\nu)$ , that in general consists of the sum of two magnetoionic components, each of which is a Gaussian function of frequency, as specified by

$$v_i(\nu) = \frac{1}{\tilde{A}_{ia} \sqrt{2\pi} \sigma_{ia}} \exp \left[ \frac{-(\nu - \nu_{ia})^2}{2\sigma_{ia}^2} \right] + \frac{1}{\tilde{A}_{ib} \sqrt{2\pi} \sigma_{ib}} \exp \left[ \frac{-(\nu - \nu_{ib})^2}{2\sigma_{ib}^2} \right] \quad (2)$$

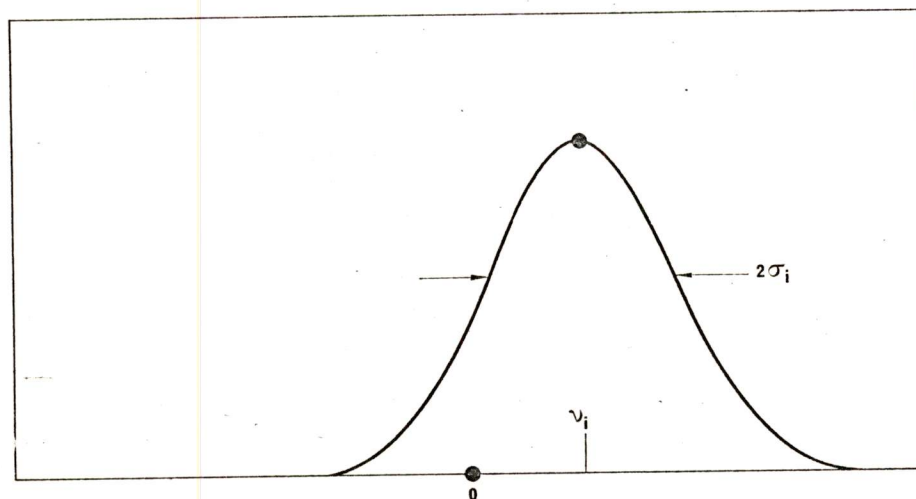
$\tilde{A}_{ia}$  and  $\tilde{A}_{ib}$  are the component attenuations, and the frequency spread on each component is determined by  $2\sigma_{ia}$  and  $2\sigma_{ib}$ . Equation 2 is illustrated in Fig. 3(a). Six independent parameters specify a tap-gain function and its spectrum: the two attenuations,  $\tilde{A}_{ia}$  and  $\tilde{A}_{ib}$ , the two frequency-shifts,  $\nu_{ia}$  and  $\nu_{ib}$ ; and the two frequency spreads,  $2\sigma_{ia}$  and  $2\sigma_{ib}$ .

The tap-gain function described by (1)–(2) is general in that it applies when the spectra of the two magnetoionic components are significantly different and when the difference in their delays is negligible (less than about one-fourth of the reciprocal of the channel bandwidth of interest). Only one of the two terms in (1)–(2) is required in the following two cases:

- for some low rays, the frequency-shifts and frequency spreads of the two magnetoionic components are nearly equal, their spectra nearly match, and a single term can be used with the tap-gain spectrum in Fig. 3(b);
- the two magnetoionic components in high rays often have a significantly large difference in delay. In this case, separate delay-line taps with appropriate spacing should be used, with each of the two corresponding tap-gain functions and spectra consisting of a single term, again as illustrated in Fig. 3(b).



(a) Two Gaussian-scatter spectra



(b) One Gaussian-scatter spectrum

FIGURE 3

*Tap-gain spectra in validated Gaussian-scatter model*

**3. Experimental verification of Gaussian-scatter model**

To determine the validity and bandwidth limitation of the Gaussian-scatter model, special channel-measuring equipment was developed and used for day-time and night-time HF ionospheric measurements over a 1294 km mid-latitude link in two 12-kHz bands. Three selected 10- to 13-min samples of data were analyzed to determine the validity of the three hypotheses that completely specify the channel model:

- 3.1 each tap-gain function is a zero-mean complex Gaussian-random function, as defined in general by Equation 1;
- 3.2 each tap-gain function is independent of the other tap-gain functions;
- 3.3 each tap-gain spectrum generally consists of the sum of two Gaussian functions of frequency, as specified by Equation 2.

For each sample, appropriate statistical tests were used to determine the validity of each of the above hypotheses.

Since the channel model has discrete paths with zero time-spread, while each ionospheric mode always has at least a small time-spread, the accuracy with which the channel model can represent an ionospheric channel decreases with increasing bandwidth; the smaller the time-spread on the ionospheric modes, the greater the bandwidth over which the model maintains a suitable accuracy. The data were also analyzed to determine the accuracy of the model with respect to bandwidth.

The statistical tests confirm the validity of all three hypotheses and thereby, the validity of the model. For the three samples of data, the model was found to be accurate over a bandwidth about one-fourth of the reciprocal of the effective time-spread on the ionospheric modes ( $2\rho_e$  in Fig. 2); i.e., 2.5 kHz for the night-time sample and 8.0 and 12 kHz for the day-time samples. The experimental verification of the channel model is described in detail in [Watterson *et al.*, 1969b and 1970].

The importance of the shape of the tap-gain spectrum should be noted. Theoretical analyses have been made [Bello and Nelin, 1962] of the performance of digital communications systems for a single-path Rayleigh-fading channel with two different tap-gain spectra: a single-pole filter spectrum of the form  $1/(1+\rho_1\nu^2)$  and a Gaussian spectrum of the form  $\exp(-\rho_2\nu^2)$ . For constants  $\rho_1$  and  $\rho_2$  that gave equal half-power bandwidths, the single-pole spectrum gave substantially greater signal distortion and higher probability of error than did the Gaussian spectrum. In the experimental measurements and analyses that validated the Gaussian-scatter channel model, the statistical tests not only showed that it was highly probable that the Gaussian-spectrum hypothesis of 3.3 was valid, but they also showed that it was highly probable that a single-pole tap-gain spectrum was *not* valid.

#### 4. Specular components

Although the experimental verification of the Gaussian-scatter HF channel model was limited to only a few samples of data on one link, other ionospheric measurements [Balsler and Smith, 1962; Shaver *et al.*, 1967; Boys, 1968] have shown that the majority of ionospheric modes exhibit Rayleigh fading, which further confirm the model. It appears probable, therefore, that the Gaussian-scatter channel model can accurately represent a major portion of typical HF ionospheric links. However, the Gaussian-scatter model almost certainly is not valid for all HF ionospheric channels. Specifically, there is evidence that specular (non-fading) components can be present on high rays [Balsler and Smith, 1962] and the ground wave present on a short link is essentially specular. Further, specular components are easily obtained in a simulator and can prove useful in non-HF applications (such as VLF-LF channel simulation). When a specular component is present it will have the same frequency offset as the corresponding mode spectrum. Thus, in Fig. 3 specular components would appear as Dirac-delta functions at  $\nu_{ia}$ ,  $\nu_{ib}$  and  $\nu_i$ , as applicable.

Based on present knowledge of ionospheric characteristics, it appears that the Gaussian-scatter model best describes most HF channels, and that specular components should be used with caution (except for a ground wave).

#### 5. Simulator description

An HF channel simulator based on the Gaussian-scatter-plus-specular model has been built [Watterson *et al.*, 1969a] and used in laboratory tests. It consists of a delay unit, four tap units, each of which provide the frequency-shifts and fading illustrated in Fig. 3(b), and a summing unit that adds the outputs of the four tap units with additive noise and/or interference. The four tap units enable single (no) diversity simulation with up to four independent paths, or dual diversity simulation with two paths for each diversity branch.



The delay unit accepts input signals at baseband (0.3 to 12 kHz) and samples them at a 50-kHz rate. Each serial ten-bit sample is delivered to a chain of LSI shift registers with 20- $\mu$ s adjacent tap spacings and a maximum delay of 10 ms. The delayed digital signals from the selected taps are reconverted to feed the four tap units.

In each tap unit, the delayed baseband signal is converted to an intermediate frequency (IF) of 525 kHz plus or minus a selectable amount of frequency-shift. The local oscillator used in the frequency conversion is a specially designed synthesizer that provides selectable frequency-shifts of 0,  $\pm 0.01$ ,  $\pm 0.02$ ,  $\pm 0.05$ ,  $\pm 0.1$ ,  $\pm 0.2$ ,  $\pm 0.5$ ,  $\pm 1$ ,  $\pm 2$ ,  $\pm 5$ ,  $\pm 10$ ,  $\pm 20$ ,  $\pm 50$ ,  $\pm 100$ ,  $\pm 200$ , or  $\pm 500$  Hz. Other frequency-shifts can be obtained from external synthesizers. The double-sideband intermediate-frequency signal drives  $\pm 45^\circ$  phasing networks in the tap unit that deliver signals in quadrature. Each quadrature signal is multiplied by independent baseband Gaussian noise with the same low-pass Gaussian power spectrum. The multiplier outputs are summed to form the complex-Gaussian scatter component that is fed via an adjustable attenuator to the summing unit. The intermediate-frequency signal is also fed directly to the summing unit via an adjustable attenuator to provide the specular component. Both the specular and the scatter attenuators are adjustable over a 100 dB range.

The two baseband Gaussian noise generators in each tap unit each consist of a random-binary-sequence generator (with independent bits) that drives a 3-pole active RC filter. The spectrum of the noise, which is determined by the filter response, deviates from the ideal Gaussian shape by less than 0.7% maximum. Because the cut-off frequency of the low-pass filter is about one-hundredth of the bit rate of the random sequence that drives it, the amplitude distribution of the noise from the filter is extremely close to Gaussian. The RC networks in the filters and the frequency of the random sequences are switched to provide frequency spreads of 0.01, 0.02, 0.05, 0.1, 0.2, 0.5, 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200, or 500 Hz. The r.m.s. noise voltages from the filters are the same for all values of frequency spread.

The specular and scatter intermediate-frequency signals from the tap units are summed with intermediate-frequency Gaussian noise, simulated atmospheric noise [Bolton, 1971], and/or CW interference whose levels are also adjustable. The CW interference (or externally supplied interference from other sources) can also be subjected to independent fading via one of the tap units. The summed double-sideband intermediate-frequency signals, noise, and/or interference can feed any one of three upper sideband filters with passbands of 0-3, 3-6, or 6-12 kHz relative to 525 kHz. The selected filter must correspond with the frequency band of the simulator input signal. A baseband output is obtained by heterodyning the filtered intermediate-frequency signal with a 525 kHz local oscillator.

#### REFERENCES

- ADAMS, R. T. and KLEIN, M. S. [June, 1967] Simulation of time-varying propagation by computer control. Conf. Record, IEEE Int. Conf. on Comm., 74.
- BALSER, M. and SMITH, W.B. [1962] Some statistical properties of pulsed oblique HF ionospheric transmissions. *Radio Science*, Vol. 66D, 6, 721-730.
- BELLO, P.A. and NELLIN, B.D. [1962] The influence of fading spectrum on the binary error probabilities of incoherent and differentially coherent matched filter receivers. *IRE Trans. on Commun. Systems*, Vol. CS-10, 2, 160-168.
- BOLTON, E. [May, 1971] Simulating atmospheric radio noise from low frequency through high frequency. *Rev. Scientific Inst.*, Vol. 42, 5, 574-577.
- BOYS, J.T. [1968] Statistical variations in the apparent specular component of ionospherically reflected radio waves. *Radio Science*, 3, 10, 984-990.
- BRAY, W.J., LILLICRAP, H.G. and OWEN, F.C. [1947] The fading machine and its use for the investigation of the effects of frequency-selective fading. *J. Inst. Elec. Engrs.*, London, 94, Part IIIA, 283-297.
- CHAPIN, E.W. and ROBERTS, W.K. [1966] A radio propagation and fading simulator using radiofrequency acoustic waves in a liquid. *Proc. IEEE*, Vol. 54, 6, 1072.
- CLARKE, K.K. [1965] Random channel simulation and instrumentation. IEEE 1st Annual Communications Convention (Conference Record), Boulder, Colorado, 623-629.
- DI TORO, M.J., HANULEC, J. and GOLDBERG, B. [June, 1965] Design and performance of a new adaptive serial data modem on a simulated time-variable multipath HF link. IEEE 1st Annual Communications Convention (Conference Record), Boulder, Colorado, 770.

Rep. 549

FREUDBERG, R. [1965] Laboratory simulator for frequency selective fading. IEEE 1st Annual Communications Convention (Conference Record), Boulder, Colorado, 609-614.

GOLDBERG, B., HEYD, R.L. and POCHMERSKI, D. [1965] Stored ionosphere. IEEE 1st Annual Communications Convention (Conference Record), Boulder, Colorado, 619-622.

LAW, H.B., LEE, F.J., LOOSER, R.C. and LEVETT, F.A.W. [1957] An improved fading machine. *Proc. I.E.E.*, Vol. 104B, 117-147.

PACKER, R.J. and FOX, J.A.S. [August, 1969] A simulator of ionospheric propagation of amplitude modulated signals. British Broadcasting Corporation, Kingswood Warren, Tadworth, Surrey, U.K., Res. Dept. Report 1969/24, 1-8.

SHAVER, H.N., TUPPER, B.C. and LOMAX, J.B. [1967] Evaluation of a Gaussian HF channel model. *IEEE Trans. Comm. Tech.*, COM-15, 79-88.

WALKER, W.F. [1965] A simple baseband fading multipath channel simulator. IEEE 1st Annual Communications Convention (Conference Record), Boulder, Colorado, 615-617. (Also published in 1966 in *Radio Science*, 1, 7, 763-767.)

WATTERSON, C.C., AX, G.G., DEMMER, L.J. and JOHNSON, C.H. [September, 1969a] An ionospheric channel simulator. ESSA Tech. Memo. ERLTM-ITS 198.

WATTERSON, C.C., JUROSHEK, J.R. and BENSEMA, W.D. [1969b] Experimental verification of an ionospheric channel model. ESSA Tech. Rep. ERL 112-ITS (U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.).

WATTERSON, C.C., JUROSHEK, J.R. and BENSEMA, W.D. [1970] Experimental confirmation of an HF channel model. *IEEE Trans. on Commun. Technology*, COM-18, 792-803.

ZIMMERMAN, M.S. and HOROWITZ, J.H. [1967] A flexible transmission channel simulator, Digest. 1967 IEEE Int. Conf. on Communication, Minneapolis, Minn., 73.

ANNEX

PARAMETERS TO BE CONSIDERED IN SIMULATION

1. This Annex based on Docs. 3/46 (Germany, Federal Republic of), 1970-1974, 3/49 (U.S.A.), 1970-1974 and 3/58 (U.S.S.R.), 1970-1974 deals with the question of parameters to be specified when using HF Ionospheric Channel Simulators to evaluate equipment intended for operation over HF radio circuits.
2. Doc. 3/58 notes a relationship between distance, sunspot number and ionospheric modes, which may be of assistance in determining the parameters to be used in HF Ionospheric Channel Simulation.
3. Doc. 3/46 recommends that HF Ionospheric Channel Simulators should be capable of simulating the following channel parameters:

| <i>Parameter</i>                                                                                                                    | <i>Range</i>                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| (1) fading depths                                                                                                                   | 2 to 40 dB (in steps of 2 dB)                        |
| (2) *duration of fading (duration of a fade is defined as the time interval that the signal level is below a given reference level) | in the range from 0.05 to 1.5 s (in steps of 0.05 s) |
| (3) *fading rate                                                                                                                    | 5, 10, 20, 40 per minute                             |
| (4) *delay time                                                                                                                     | 0 to 5 ms                                            |
| (5) *spectral width of a single selective fade                                                                                      | 0.1 to 1.2 kHz                                       |
| (6) *rate at which a selective fade moves through the spectrum                                                                      | 0.5 to 2 kHz/s                                       |
| (7) frequency drifts                                                                                                                | 0 to 7 Hz                                            |
| (8) signal-to-noise ratio using white Gaussian noise having a bandwidth of 2.7 kHz                                                  | 0 to 40 dB                                           |

\* These parameters are not all independent of each other.

To assess and test the following telegraphy and data transmission procedures:

- modulation methods
- diversity procedures
- error correction procedures

simulation of the HF medium should expediently be affected at audio frequencies ranging from 0.3 to 3 kHz, and from 3.3 to 6.0 kHz, respectively.

Due to the fact that the efficiency of the telegraphy and data transmission procedures on HF radio paths does not only depend on the properties of the transmission medium but also on the characteristics of the radio installations, it would also be possible to incorporate specific parameters of these radio systems into the simulator, for instance, frequency drifts, automatic volume control, sudden frequency and phase jumps such as sometimes occur due to frequency synthesizers in the radio-frequency equipment, etc.

Assessment of performance can be based on the character error rate, bit error rate or the rate of distortion.

4. The Annex to Doc. 3/49 proposes specific conditions to be used in modem tests using an HF Ionospheric Channel Simulator.

It is noted that modem tests with an HF simulator are, in general, performed for either of the following purposes:

- (1) to determine if, and in a qualitative sense how well, a particular modem may be expected to perform on HF circuits; or
- (2) to compare the relative performance of two or more modems.

For tests of type (1) it will, in general, be acceptable to use a limited number of "representative" channel parameter combinations. However, tests of type (2) are much more critical as different modems may exhibit markedly varying sensitivities to different channel parameters.

Many actual HF paths show two or more multipath components with different relative strengths. In general, however, modem behaviour can be adequately assessed using two multipath components of equal mean strength, and the multipath conditions suggested below are based on a two-path, equal mean-strength configuration. For comparative tests of modems an additional test is suggested to determine sensitivity to relative low strength components with large relative time delays.

Frequency spreads are not normally equal on different path components. However, there appears no advantage for modem testing to have different frequency spreads on different path components, thus the suggested tests are based on equal frequency spreads.

Doppler shifts during normal propagation conditions are rarely a significant factor in modem performance. Where unusual sensitivity to Doppler shifts is suspected for a particular equipment, or where performance under abnormal propagation conditions is to be determined, experience to date has shown that the effect of Doppler shift is most readily seen when the shift is introduced on all path components.

It is desirable to perform all simulator tests in both non-diversity and diversity configuration in order to evaluate the effectiveness of the diversity combining scheme used.

#### *Suggested tests*

Before starting simulator tests, the performance of the modem on a back-to-back basis with additive noise only should be measured to ascertain that the equipment performs properly.



Rep. 549

4.1 Tests with representative channel parameter combinations

- Gaussian noise and flat fading: bit error probability as a function of energy-per-bit to Gaussian noise density ratio for a single fading path with no frequency-shift.

Suggested values for frequency spread (fading rate): 0.2 Hz and 1 Hz.

- Gaussian noise, multipath and fading: bit error probability as a function of energy-per-bit to Gaussian noise density ratio for two independently fading paths with equal mean attenuation, equal frequency spreads and no frequency-shifts.

Suggested parameter values:

(1) *Good conditions*

Differential time delay: 0.5 ms  
Frequency spread: 0.1 Hz

(2) *Moderate conditions*

Differential time delay: 1 ms  
Frequency spread: 0.5 Hz

(3) *Poor conditions*

Differential time delay: 2 ms  
Frequency spread: 1 Hz

(4) *Flutter fading (if required)*

Differential time delay: 0.5 ms  
Frequency spread: 10 Hz

- Doppler, multipath and fading (if required): bit error probability as a function of frequency offset of both components of a two component multipath structure with equal mean attenuation, equal frequency spreads and no noise.

Suggested parameter values:

Differential time delay: 0.5 ms  
Frequency spread: 0.2 Hz  
Range of frequency offset: 0 to 10 Hz

4.2 Additional tests for comparative purposes

The following tests provide greater knowledge of the specific capabilities of a modem. In conjunction with the foregoing tests, this will enable comparative evaluation of equipment.

- *Flat fading*: bit error probability as a function of frequency spread for a single fading path with no noise or frequency-shift.

Suggested range of frequency spread: 0.1 to 50 Hz

The results of this test will show the capabilities of the modem with respect to frequency spread distortion in the channel and the effect of internal noise in the modem receiver (and RF receiver if it is used).

- *Multipath and fading*: bit error probability as a function of the differential time delay of two independently fading paths with equal mean attenuation and equal frequency spreads and with no noise or frequency-shift.

Suggested parameter values:

Frequency spread: 0.2 Hz and 1 Hz  
Range of differential time delay: 0.1 to 5 ms



The result of this test will show the capabilities of the modem with respect to time spread and frequency spread distortion in the channel and the effect of internal noise and intermodulation distortion in the modem (and RF) receiver.

- *Multipath and fading*: bit error rate as a function of the ratio of the mean levels of two independently fading paths with unequal mean attenuation, equal frequency spreads and with no noise or frequency-shift.

Suggested parameter values:

Differential time delay: 5 ms

Frequency spread: 0.2 Hz

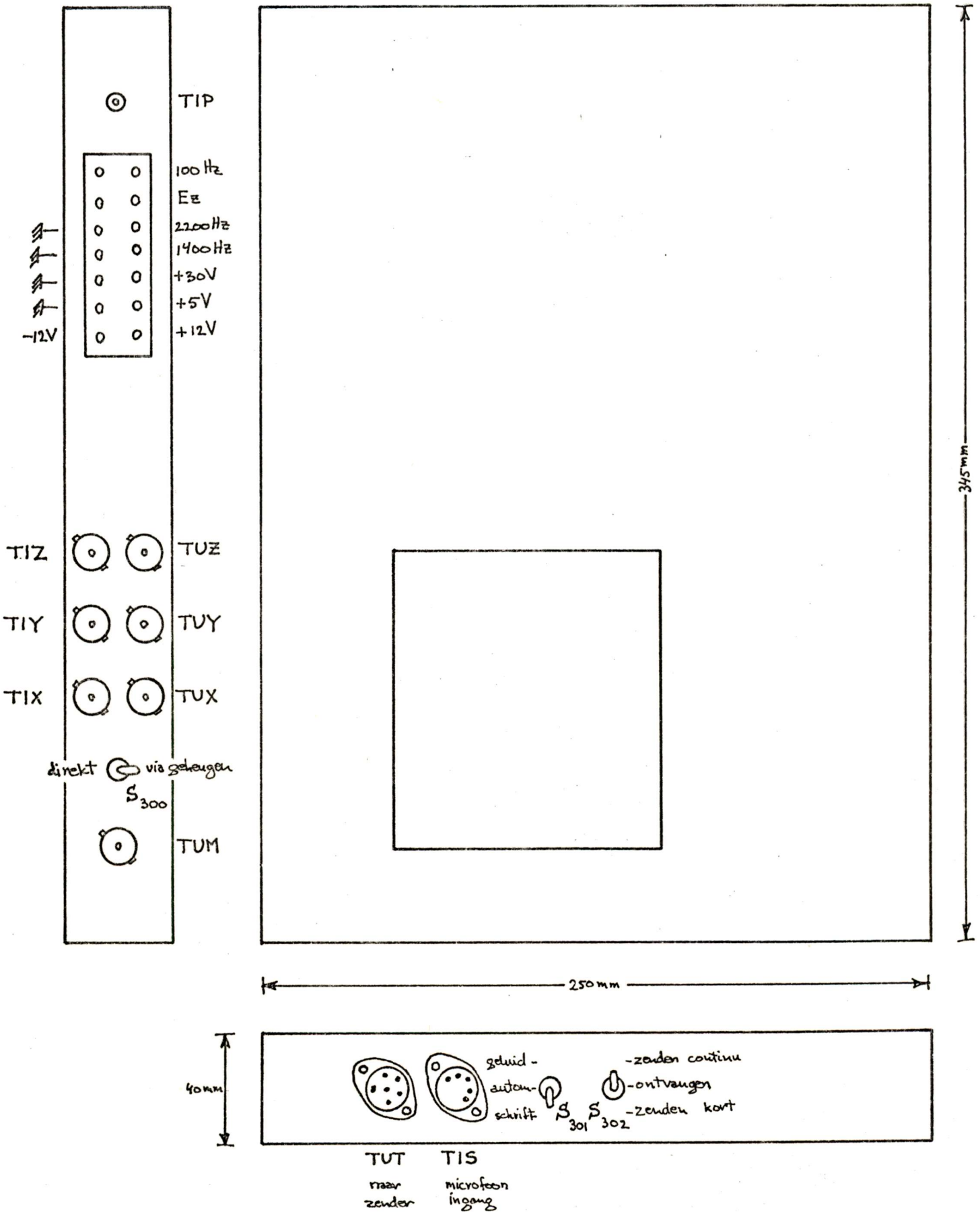
Range of mean level ratios: -40 to 0 dB

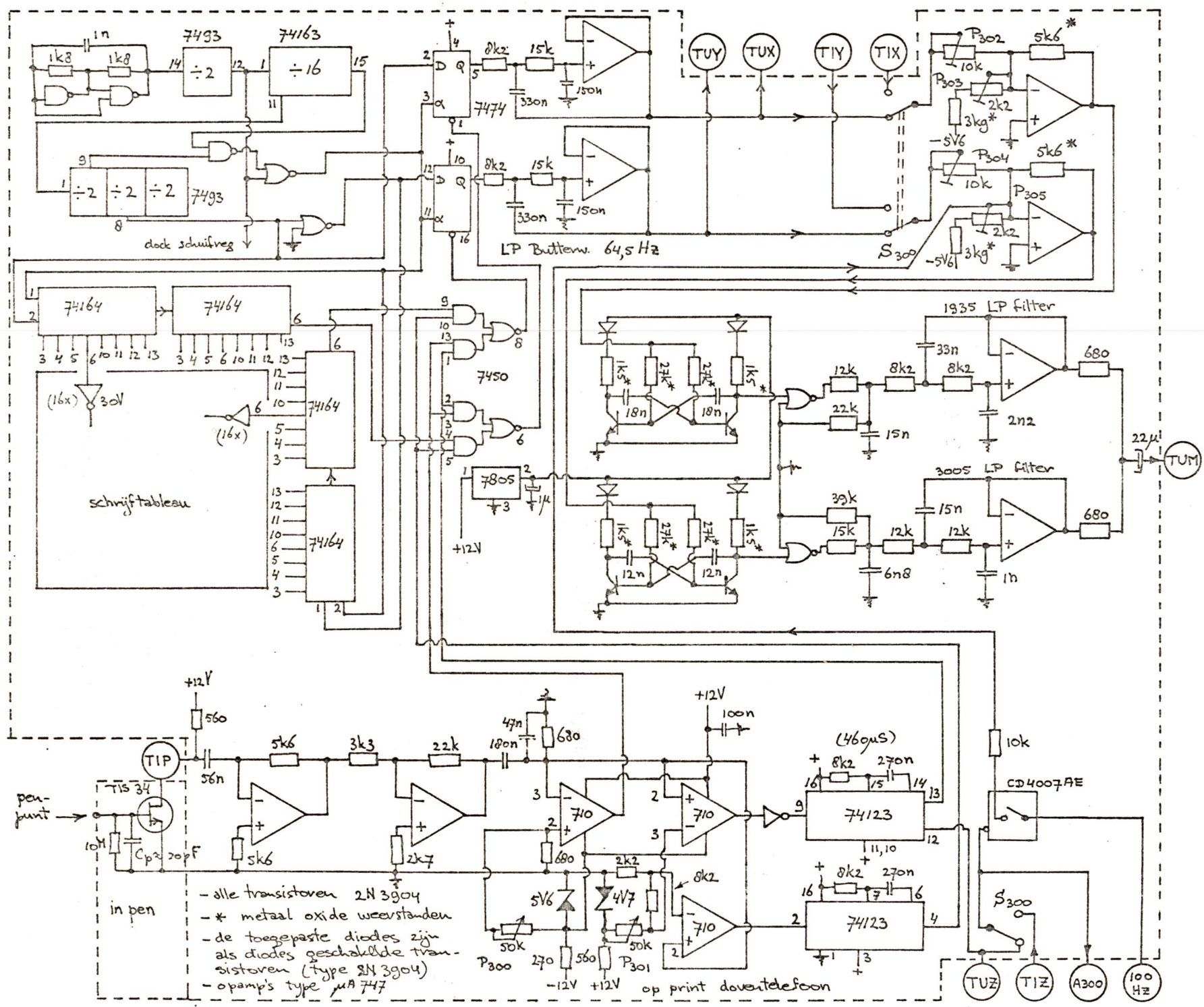
The results of this test will show the sensitivity of the modem to relative low strength path components with large time delays.

5. Further information is needed for the determination of the parameter values to be used in the simulation of specific circuits of a given length and for a specific time period.

Mechanische opbouw: TABLEAU

De uitwendige afmetingen van de kast: 365 x 260 x 45 mm





- alle transistoren 2N 3904
- \* metaal oxide weerstanden
- de toegepaste diodes zijn als diodes geschakelde transistoren (type 2N 3904)
- opamp's type  $\mu A 747$

pen-punt

in pen

op print doevitelsoon



Afregeling tableau:

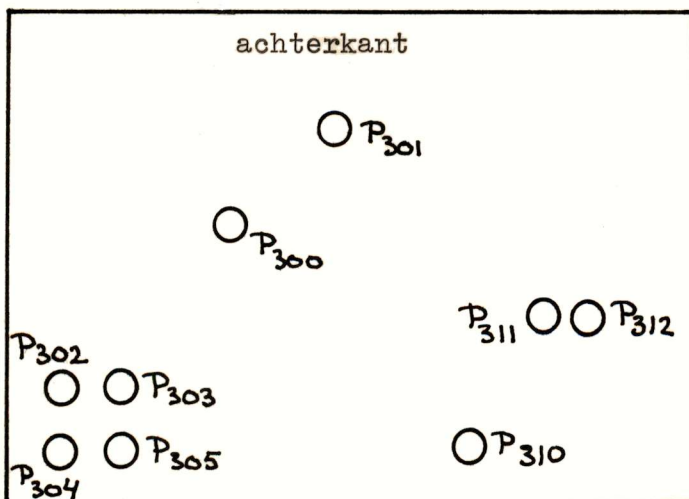
- Sluit het tableau aan op een correct afgeregelde ontvanger (+memoscoop).  
Zet de schakelaar  $S_{300}$  in de stand 'direkt'.
- Voor een juiste afstelling van de Z-informatie met  $P_{300}$  en  $P_{301}$  wordt naar [37] verwezen.
- Teken met de pen een rechthoek vlak langs de randen van het schrijfvlak en doe dit na elke correctie opnieuw.  
Stel met  $P_{302}$  de juiste beeldbreedte in.  
Zet het beeld met  $P_{303}$  in het midden (horizontaal).  
Stel met  $P_{304}$  de juiste beeldhoogte in.  
Zet het beeld met  $P_{305}$  in het midden (vertikaal).  
Opm.  $P_{302}$  en  $P_{304}$  beïnvloeden zowel de beeldgrootte als de positie.

Overige gegevens:

Als het tableau zonder het geheugen gebruikt wordt, moet de schakelaar  $S_{300}$  in de stand 'direkt' staan.

De afmetingen van het schrijfvlak zijn 89 x 67 mm.

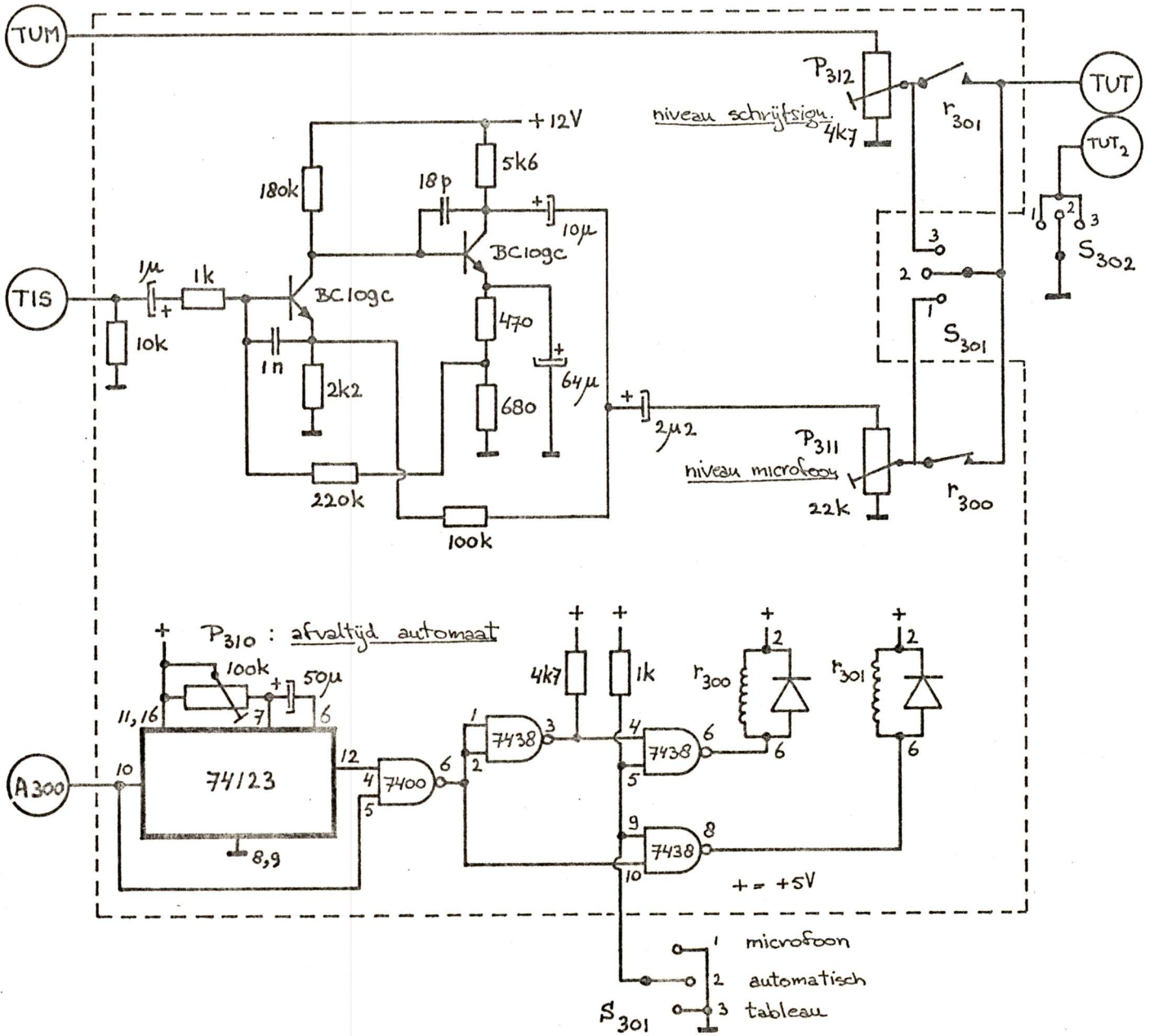
Hieronder is de positie van de instelpotmeters aan de onderzijde van het tableau aangegeven.



onderaanzicht tableau



# tableau: hulpprint



Afregeling hulpprint:

- Sluit de hf-zender aan en belast deze met een dummyload. Draai de knop waarmee het zendvermogen geregeld wordt geheel rechtsonder.

Zet S<sub>301</sub> in de stand schrijven.

Zet S<sub>302</sub> in de stand zenden.

Regel met P<sub>312</sub> tot het maximale zendvermogen, dat bij continu gebruik toegestaan is, bereikt is. (Bij de SB 102:  $I_{plate} = 150 \text{ mA}$ )

Zet hierna S<sub>301</sub> in de stand microfoon.

Zet S<sub>302</sub> in de stand zenden.

Regel met P<sub>311</sub> het microfoonsignaal zodanig af, dat de zender op de voor spraak normale manier, maximaal gemoduleerd wordt.

Zet S<sub>302</sub> in de stand ontvangen.

- Zet S<sub>301</sub> in de stand automatisch.

Zet de pen op papier. Haal de pen van papier ; de automaat laat dan nog enige tijd schrijfsignaal door. Regel met P<sub>310</sub> deze tijd zo af dat bij normaal schrijven de automaat niet steeds overschakelt naar de microfoon.

Overige gegevens:

Aansluitgegevens 6-polige DIN-plug:

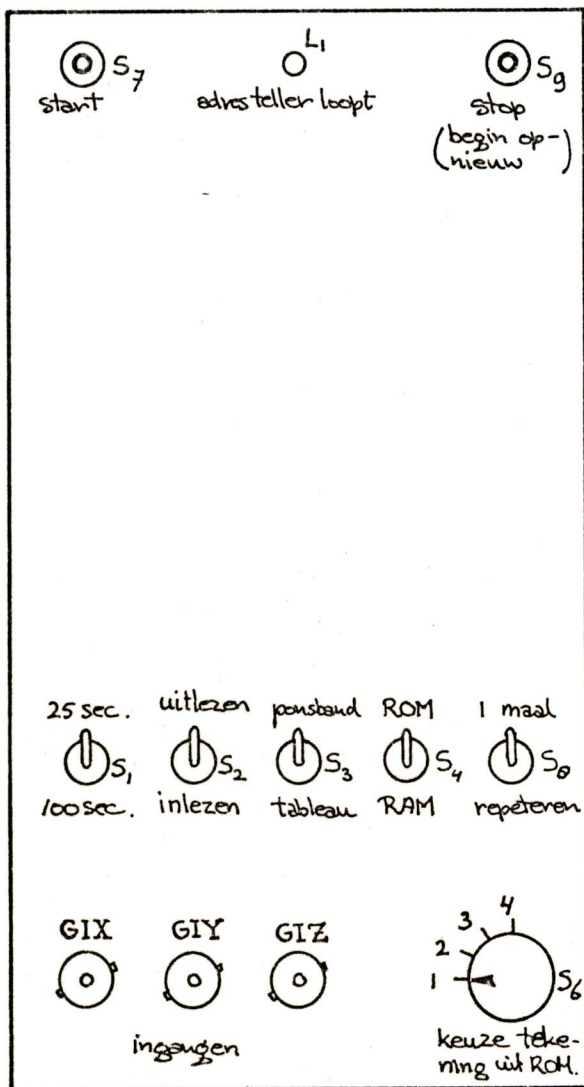
1. nc.
2. TUT<sub>2</sub> (press to talk schakelaar)
3. nc.
4. TUT (naar microfooning. zender)
5. nc.
6. GND

Aansluitgegevens 5-polige DIN-plug:

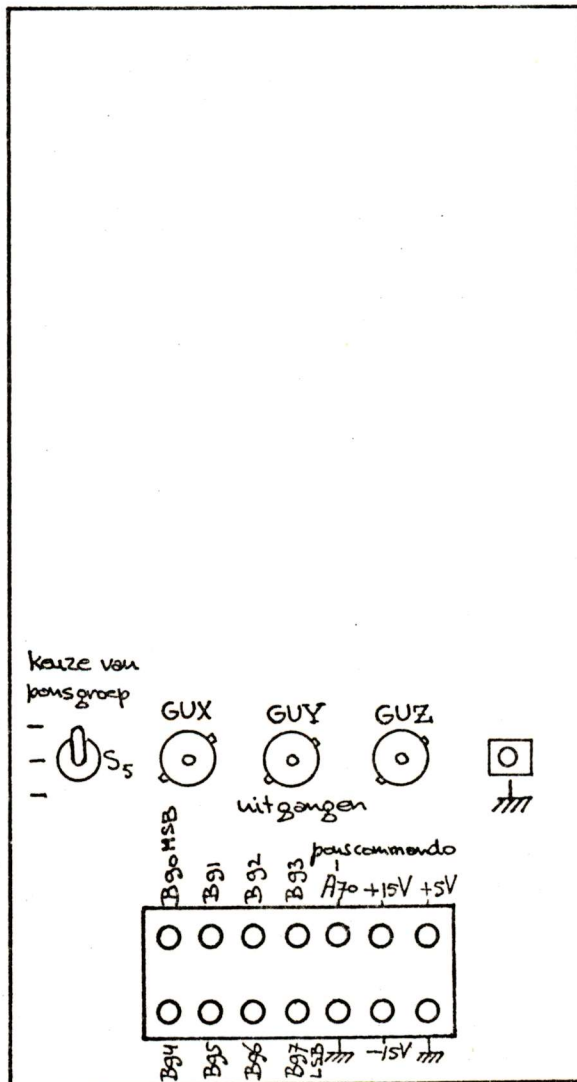
1. nc.
2. GND
3. TIS (microfooningang)
4. nc.
5. nc.

Mechanische opbouw: GEHEUGEN

- De uitwendige afmetingen van de kast: 285 x 130 x 260 mm
- De schakeling is gebouwd op een tiental printkaarten. De nummering loopt van 1 t/m 10, te beginnen aan de voorkant van de kast. De kaart 8 is niet aanwezig, maar is gereserveerd voor een eventuele uitbreiding van de schakeling.
- Na het afnemen van de rechterzijde van de kast zijn de potmeters P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>11</sub>, P<sub>12</sub>, P<sub>90</sub>, P<sub>91</sub>, P<sub>92</sub> en P<sub>93</sub> bereikbaar.



VOORKANT



ACHTERKANT



# connector-aansluitingen

In de tabel wordt het verband tussen de connectoraansluitingen en de in de schema's gebruikte coderingen gegeven.

|    | kaart 1 |      | kaart 2 |      | kaart 3 |      | kaart 4 |   | kaart 5 |   | kaart 6 |   | kaart 7 |   | kaart 8 |   | kaart 9 |   | kaart 10 |   |   |
|----|---------|------|---------|------|---------|------|---------|---|---------|---|---------|---|---------|---|---------|---|---------|---|----------|---|---|
|    | A       | B    | A       | B    | A       | B    | C       | A | C       | A | C       | A | C       | A | C       | A | B       | A | B        | A | B |
| 40 | GND     | GND  | GND     | GND  | GND     | GND  |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |          |   |   |
| 39 | -15V    | -15V | -15V    | -15V | A130    | A130 |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |          |   |   |
| 38 | GND     | GND  | GND     | GND  | A139    | A139 |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |          |   |   |
| 37 | GND     | GND  | G1Y     | G1Y  | C0      | C0   |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |          |   |   |
| 36 | G1X     | G1X  |         |      | C1      | C1   |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |          |   |   |
| 35 | G1Z     | G1Z  |         |      | C2      | C2   |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |          |   |   |
| 34 |         |      |         |      | C3      | C3   |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |          |   |   |
| 33 |         |      |         |      | C4      | C4   |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |          |   |   |
| 32 |         |      |         |      | C5      | C5   |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |          |   |   |
| 31 |         |      |         |      | C6      | C6   |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |          |   |   |
| 30 | B41     | B41  |         |      | C7      | C7   |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |          |   |   |
| 29 | B40     | B40  |         |      | C8      | C8   |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |          |   |   |
| 28 | B39     | B39  |         |      | C9      | C9   |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |          |   |   |
| 27 | B38     | B38  |         |      | C10     | C10  |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |          |   |   |
| 26 | B37     | B37  |         |      |         |      |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |          |   |   |
| 25 | B36     | B36  |         |      |         |      |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |          |   |   |
| 24 | B35     | B35  |         |      |         |      |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |          |   |   |
| 23 | B34     | B34  |         |      |         |      |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |          |   |   |
| 22 | B33     | B33  |         |      |         |      |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |          |   |   |
| 21 | B32     | B32  |         |      |         |      |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |          |   |   |
| 20 | B31     | B31  |         |      |         |      |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |          |   |   |
| 19 | B30     | B30  |         |      |         |      |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |          |   |   |
| 18 |         |      |         |      |         |      |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |          |   |   |
| 17 |         |      |         |      |         |      |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |          |   |   |
| 16 |         |      |         |      |         |      |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |          |   |   |
| 15 |         |      |         |      |         |      |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |          |   |   |
| 14 |         |      |         |      |         |      |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |          |   |   |
| 13 |         |      |         |      |         |      |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |          |   |   |
| 12 |         |      |         |      |         |      |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |          |   |   |
| 11 |         |      |         |      |         |      |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |          |   |   |
| 10 | A112    | A112 | A111    | A111 | A198    | A198 |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |          |   |   |
| 9  | A9      | A9   | A9      | A9   | A199    | A199 |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |          |   |   |
| 8  |         |      |         |      | A4      | A4   |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |          |   |   |
| 7  |         |      |         |      | A140    | A140 |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |          |   |   |
| 6  |         |      |         |      | A132    | A132 |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |          |   |   |
| 5  | +12V    | +12V | +12V    | +12V | A133    | A133 |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |          |   |   |
| 4  | +15V    | +15V | +15V    | +15V | A131    | A131 |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |          |   |   |
| 3  | +5V     | +5V  | +5V     | +5V  | +5V     | +5V  |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |          |   |   |
| 2  |         |      |         |      |         |      |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |          |   |   |
| 1  |         |      |         |      |         |      |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |         |   |          |   |   |



Rangschikking in het geheugen

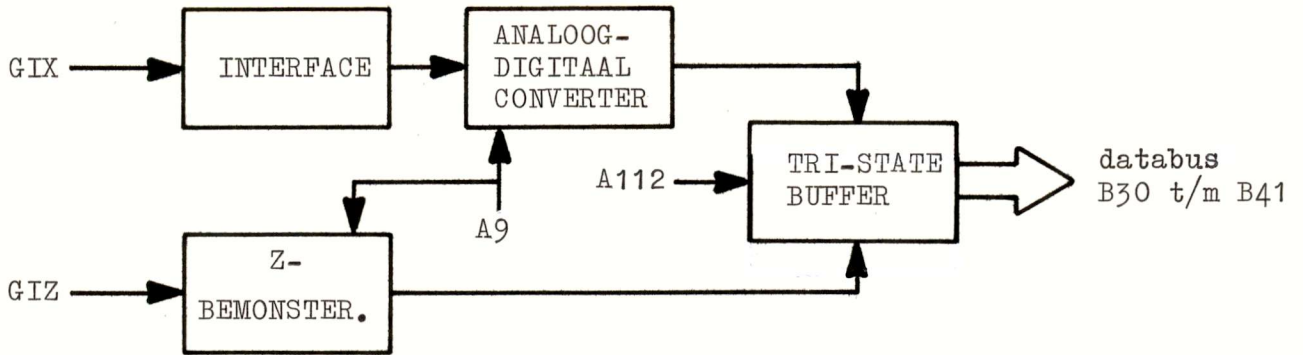
|         |                               |                                 |                                      |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |
|---------|-------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| GROEP A | Xmsb<br>X8<br>X7<br>X6<br>X5  | B30<br>B31<br>B32<br>B33<br>B34 | B60<br>B61<br>B62<br>B63<br>B64      | B90=Pmsb<br>B91=P6<br>B92=P5<br>B93=P4<br>B94=P3<br>transportgaten                |                                                                                   |                                                                                   |
|         | X4<br>X3<br>"1"               | B35<br>B36<br>B37               | B65<br>B66<br>B67                    | B95=P2<br>B96=P1<br>B97=P1sb                                                      |                                                                                   |                                                                                   |
| GROEP B | Z<br>X2<br>X1<br>X1sb<br>Ymsb | B38<br>B39<br>B40<br>B41<br>B42 | B68<br>B69<br>B70<br>B71<br>B72      |                                                                                   | B90=Pmsb<br>B91=P6<br>B92=P5<br>B93=P4<br>B94=P3<br>transportgaten                |                                                                                   |
|         | Y8<br>Y7<br>"1"               | B43<br>B44<br>B45               | B73<br>B74<br>B75                    |                                                                                   | B95=P2<br>B96=P1<br>B97=P1sb                                                      |                                                                                   |
| GROEP C | Y6<br>Y5<br>Y4<br>Y3<br>Y2    | B46<br>B47<br>B48<br>B49<br>B50 | B76<br>B77<br>B78<br>B79<br>B80      |                                                                                   |                                                                                   | B90=Pmsb<br>B91=P6<br>B92=P5<br>B93=P4<br>B94=P3<br>transportgaten                |
|         | Y1<br>Y1sb<br>"1"             | B51<br>B52<br>B53               | B81<br>B82<br>B83                    |                                                                                   |                                                                                   | B95=P2<br>B96=P1<br>B97=P1sb                                                      |
|         | Opgeslagen informatie         | Codering op de data-bus         | Codering na overname van de data-bus | Codering aan de uitgang en op de ponsband.<br>S <sub>5</sub> in de stand: groep A | Codering aan de uitgang en op de ponsband.<br>S <sub>5</sub> in de stand: groep B | Codering aan de uitgang en op de ponsband.<br>S <sub>5</sub> in de stand: groep C |

opm. De "1" per groep is aangebracht om te voorkomen dat het eerste byte van de 1024 uit alleen maar nullen kan bestaan. Bij het programmeren van de EPROM's is de plaats van het eerste byte op de ponsband anders niet eenduidig te bepalen.





Blokschema:

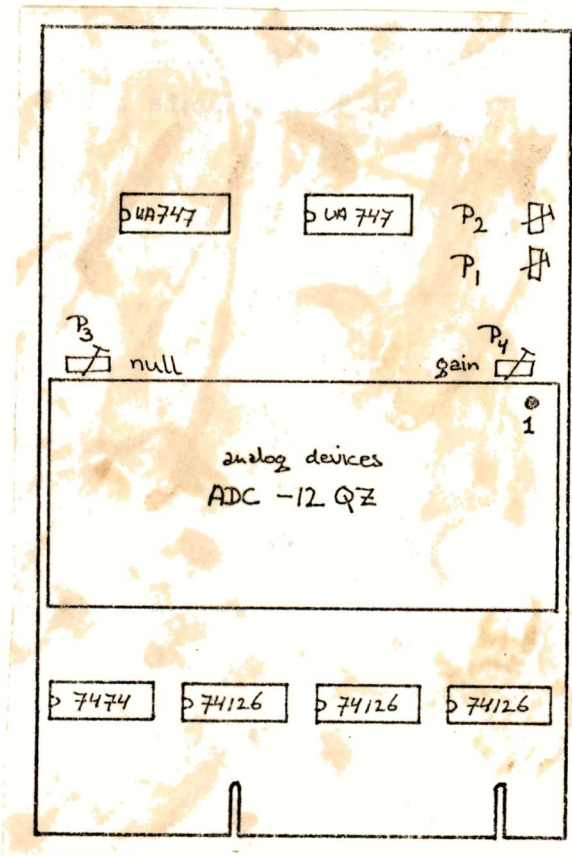


Afregeling:

Voor de afregeling van  $P_3$  en  $P_4$  wordt naar de documentatie van de fabrikant (Analog Devices) verwezen.

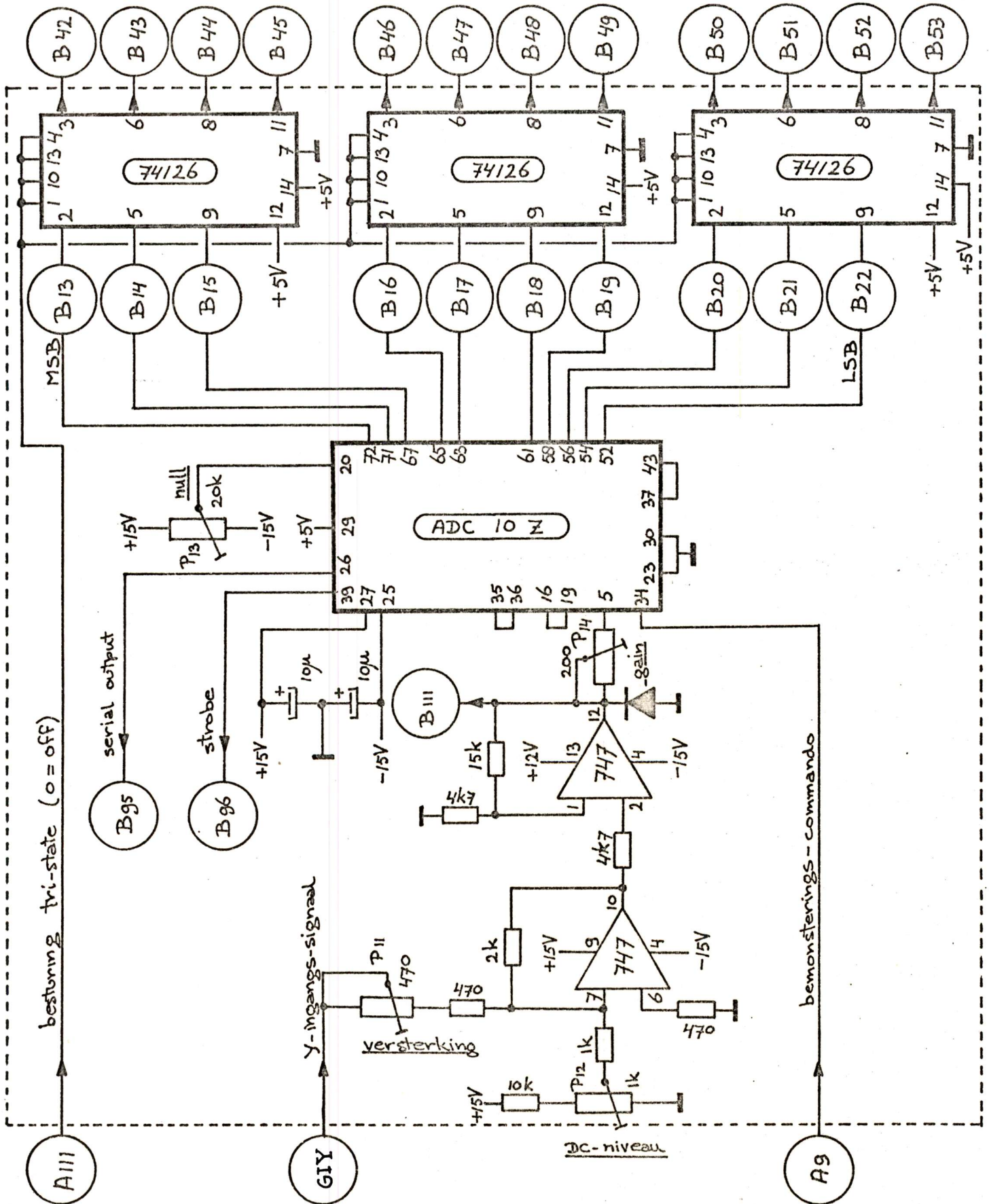
Sluit het geheugen aan op het tableau. Zet  $S_{300}$  in de stand: via geheugen. Regel met  $P_1$  (DC-verschuiving + versterking) en  $P_2$  (DC-verschuiving) de spanning op punt B110 als volgt af: Bij het verplaatsen van de pen van de ene zijkant naar de andere varieert de spanning tussen 0,050 V en 9,950 V.

Overige gegevens:

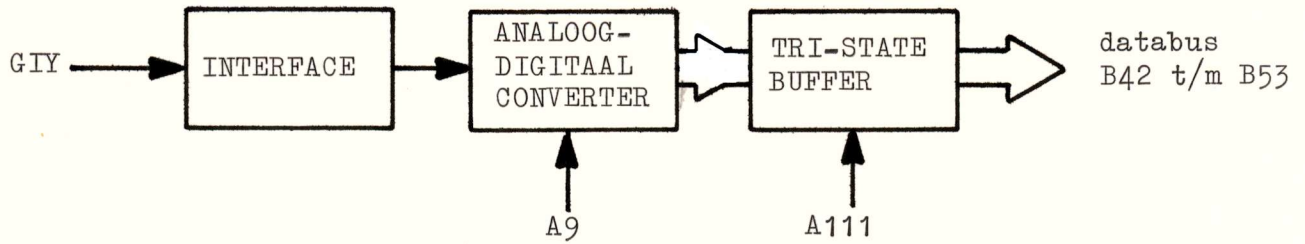


De gebruikte A/D-converter is een 12 bits-converter, maar alleen de 10 meest significante bits worden gebruikt.





Blokschema:

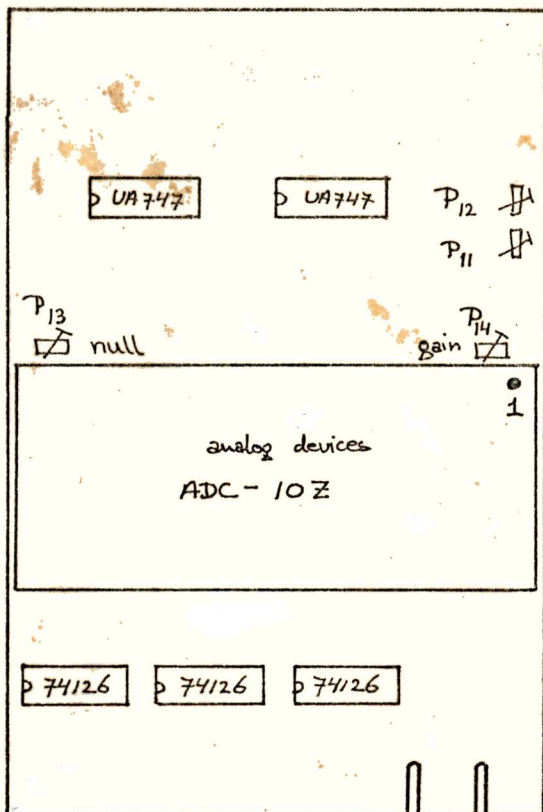


Afregeling:

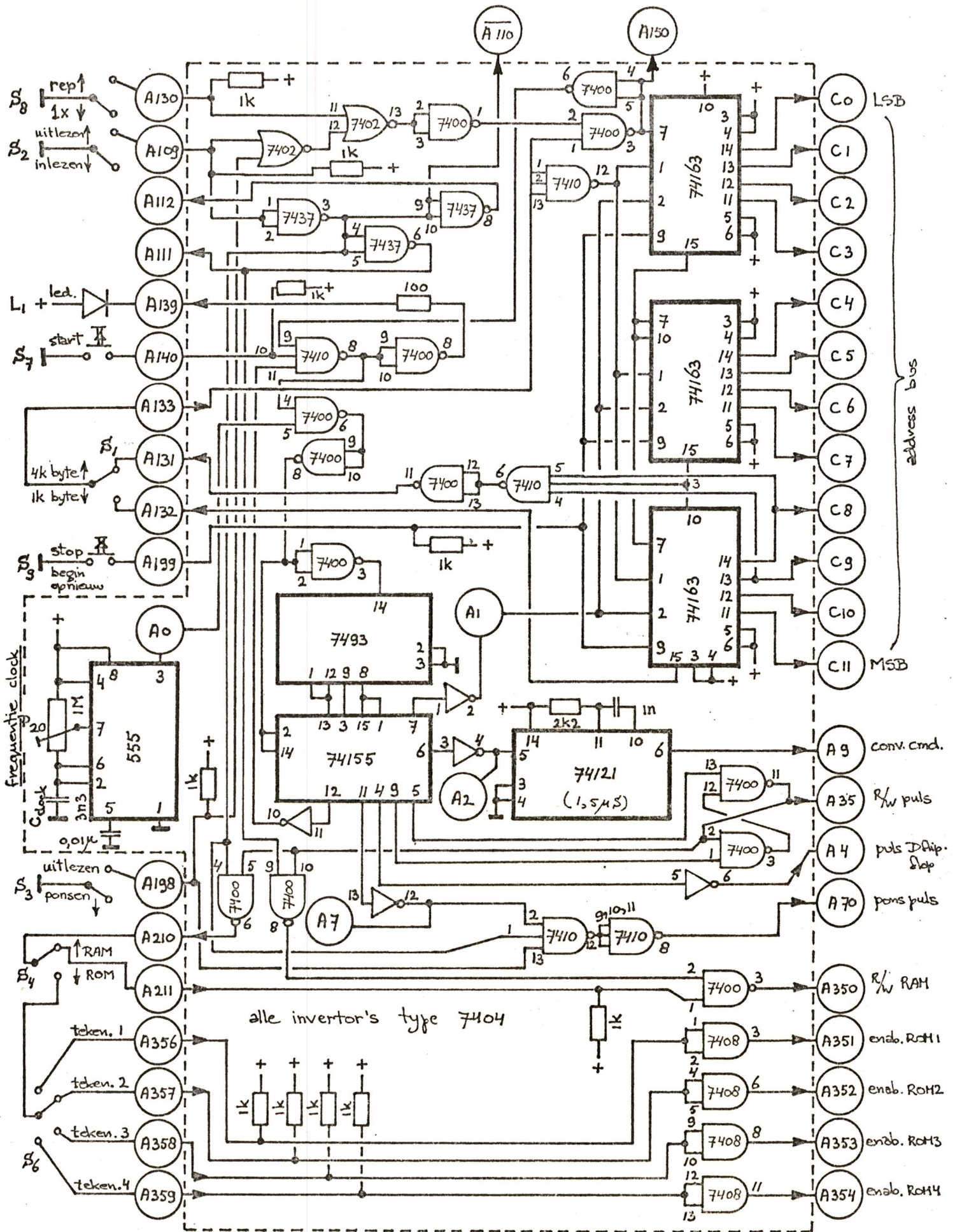
Voor de afregeling van  $P_{13}$  en  $P_{14}$  wordt naar de documentatie van de fabrikant (Analog Devices) verwezen.

Sluit het geheugen aan op het tableau. Zet  $S_{300}$  in de stand: via geheugen. Regel met  $P_{11}$  (DC-verschuiving + versterking) en  $P_{12}$  (DC-verschuiving) de spanning op punt B111 als volgt af: Bij het verplaatsen van de pen van de bovenkant van het schrijfvlak naar de onderkant varieert de spanning tussen 0,050 V en 9,950 V.

Overige gegevens:

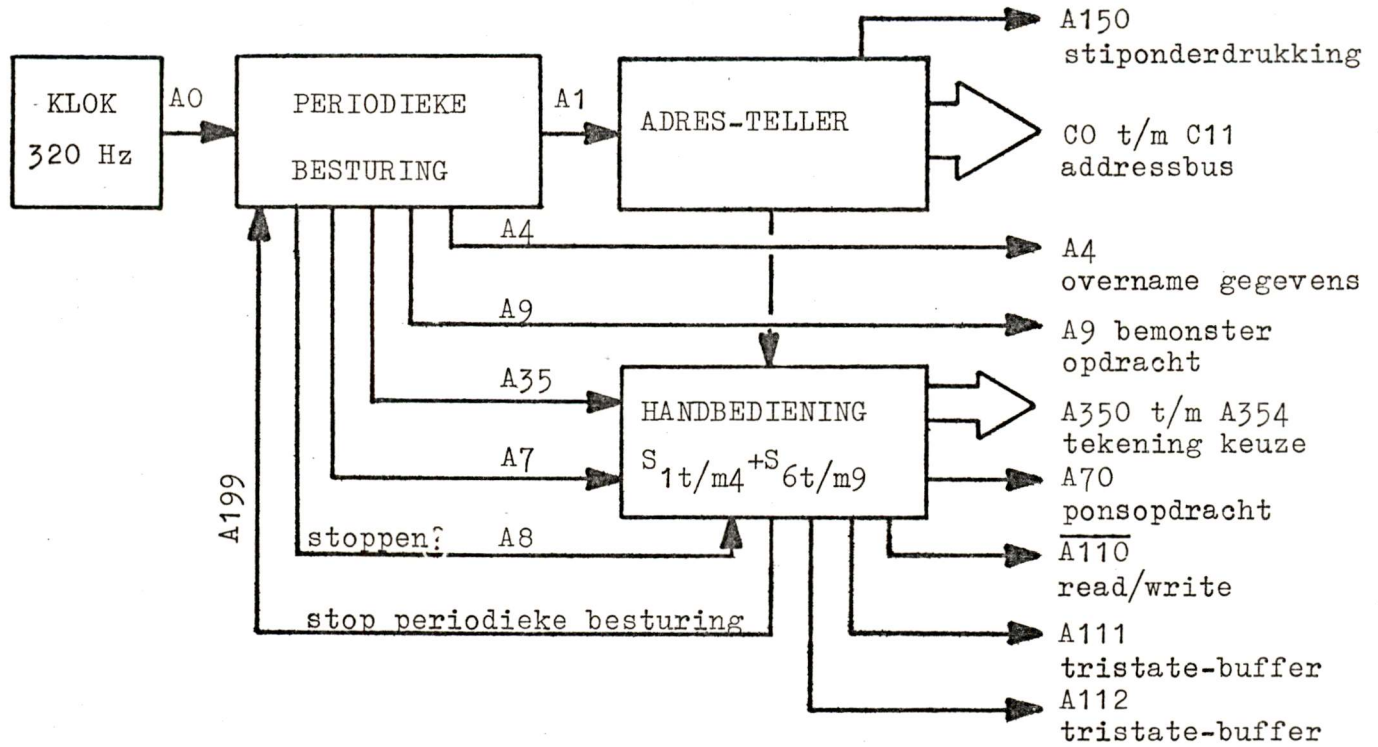




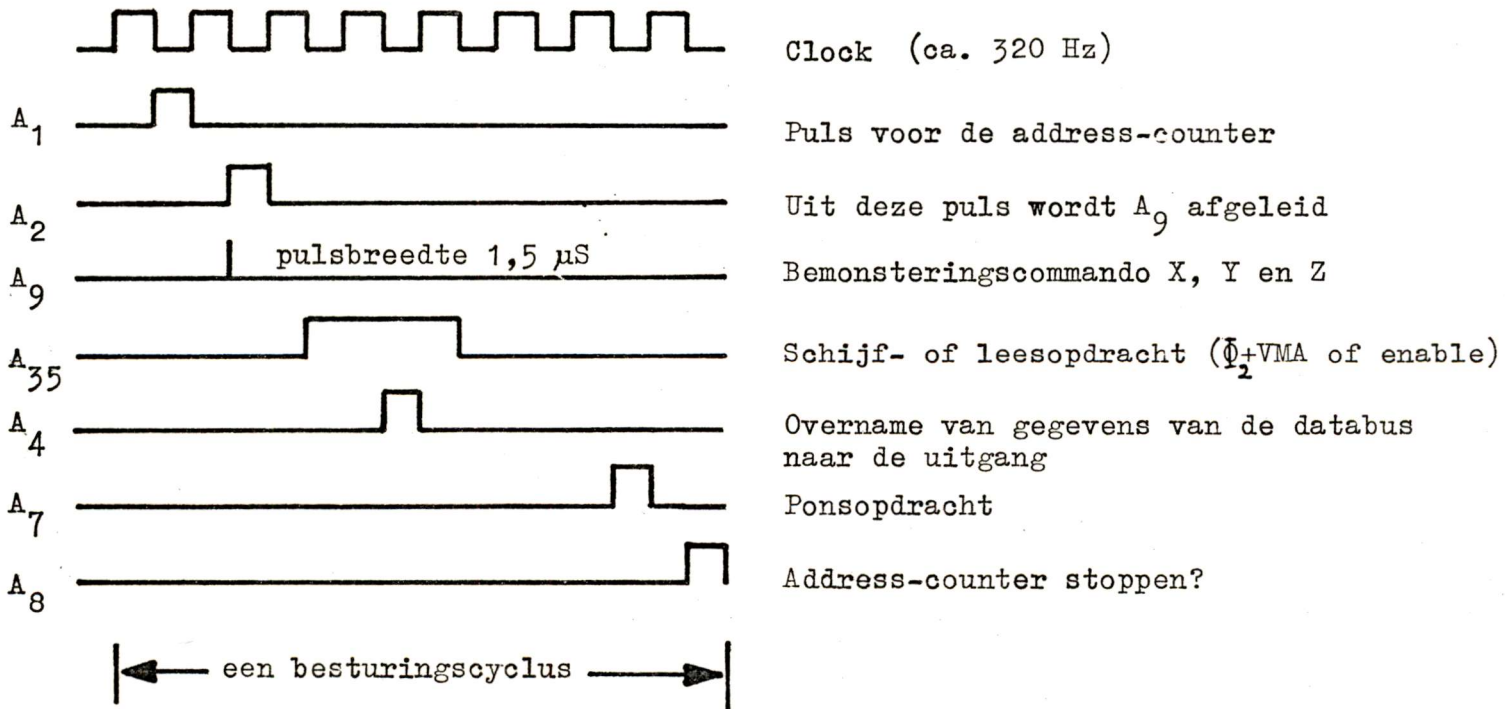




Blokschema:



Tijddiagram van de periodieke besturing:



Welke functies de schakelaars van de handbediening hebben staat hieronder.  
Alle gebruiksmogelijkheden starten met het indrukken van S<sub>7</sub>.

BIJ INLEZEN:

Instellen:

S<sub>2</sub> stand: inlezen:      alle EPROM disabled  
                                 RAM in write mode  
                                 ingangsbuffer enabled

S<sub>1</sub> stand: 1k:              periodieke besturing doorloopt 1024 cycli  
                                 4k:                      periodieke besturing doorloopt 4096 cycli

Buiten dienst zijn dan: S<sub>3</sub>, S<sub>4</sub>, S<sub>6</sub> en S<sub>8</sub>

Stoppen gebeurt door:

S<sub>9</sub> indrukken of automatisch na 1024 resp. 4096 cycli

BIJ UITLEZEN OP PONSBAND:

Instellen:

S<sub>3</sub> stand: ponsen              RAM in read mode  
                                 ingangsbuffer disabled  
                                 ponser ontvangt ponsopdrachten

S<sub>4</sub> stand: RAM                RAM krijgt readopdrachten

Buiten dienst zijn: S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>6</sub> en S<sub>8</sub>

Stoppen gebeurt door:

S<sub>9</sub> indrukken of automatisch na 1024 cycli

BIJ UITLEZEN RAM:

S<sub>2</sub> stand: uitlezen:        RAM in de read mode  
                                 ingangsbuffer disabled

S<sub>3</sub> stand: uitlezen

S<sub>4</sub> stand: RAM                RAM krijgt readopdrachten

S<sub>1</sub> stand: 1k:                periodieke besturing doorloopt N x 1024 cycli  
                                 4k:                      periodieke besturing doorloopt N x 4096 cycli

S<sub>8</sub> stand: 1x:                na 1024 resp. 4096 cycli wordt gestopt  
                                 repeteren:              periodieke besturing stopt niet

Buiten dienst is: S<sub>6</sub>

Stoppen gebeurt door:

S<sub>9</sub> indrukken of automatisch na 1024 cycli (S<sub>1</sub> stand: 1x)

BIJ UITLEZEN EPROM:

Instellen:

S<sub>2</sub> stand: uitlezen:        ingangsbuffer disabled

- S<sub>3</sub> stand: uitlezen
- S<sub>4</sub> stand: ROM: slechts één EPROM abled, RAM disabled
- S<sub>6</sub> stand: 1 t/m 4: keuze uit de tekeningen 1 t/m 4
- S<sub>8</sub> stand: 1x: na N x 1024 cycli wordt gestopt  
repeteren: periodieke besturing stopt niet

Buiten dienst is dan: S<sub>1</sub>

Stoppen gebeurt door:

S<sub>9</sub> indrukken of automatisch na 1024 cycli (S<sub>1</sub> stand: 1x)

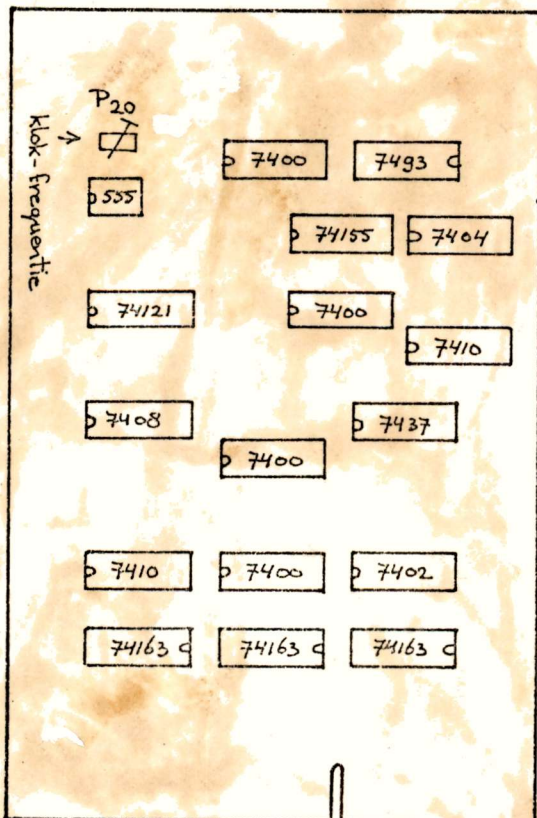
Als bij repeterend uitlezen op S<sub>9</sub> gedrukt wordt, wordt de tekening opnieuw begonnen.

Afregeling:

Sluit een frequentie-teller aan op punt A<sub>0</sub>. Regel met P<sub>20</sub> de frequentie af op 320 Hz.

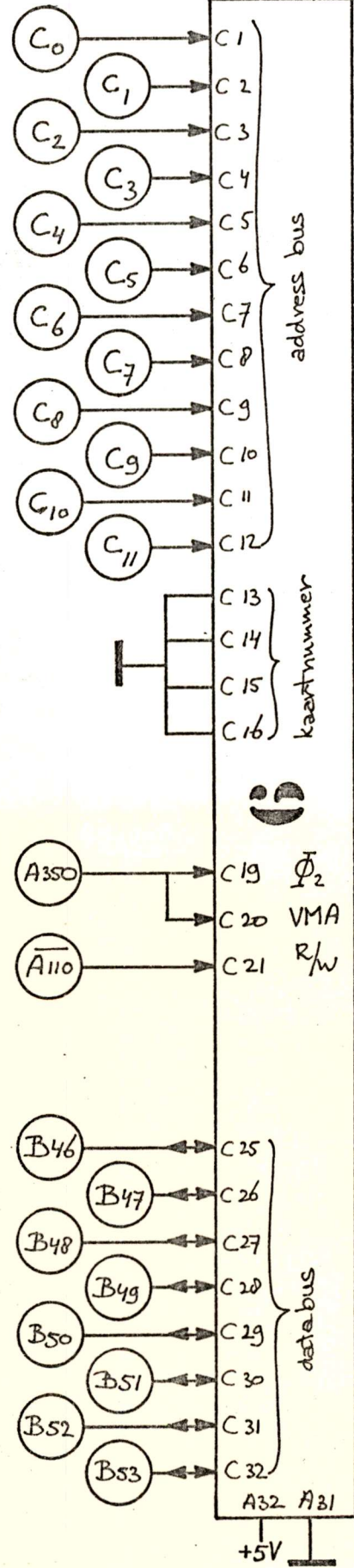
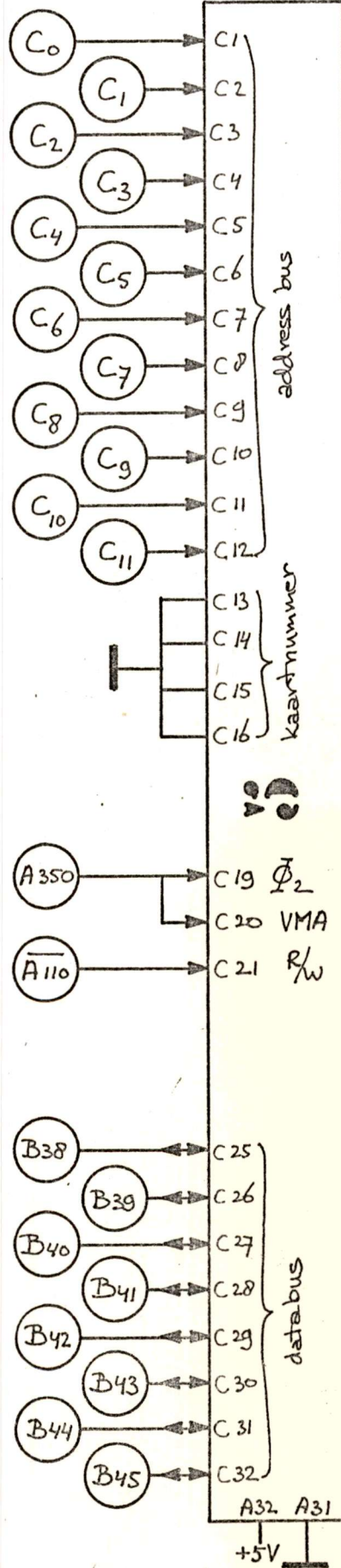
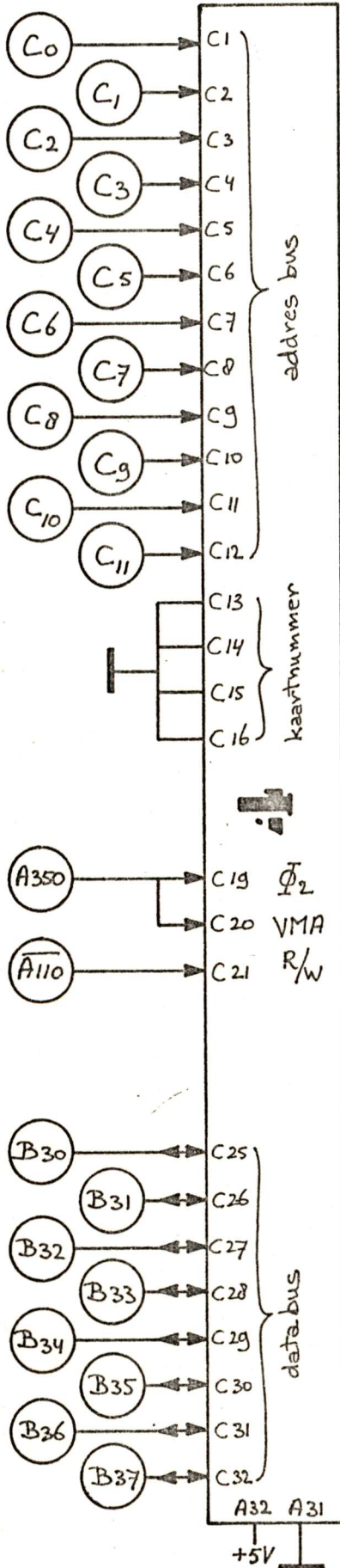
Overige gegevens:

Om inbranden van het scherm van de memoscoop te voorkomen, genereert het geheugen een pen-up signaal als de periodieke besturing stilstaat.



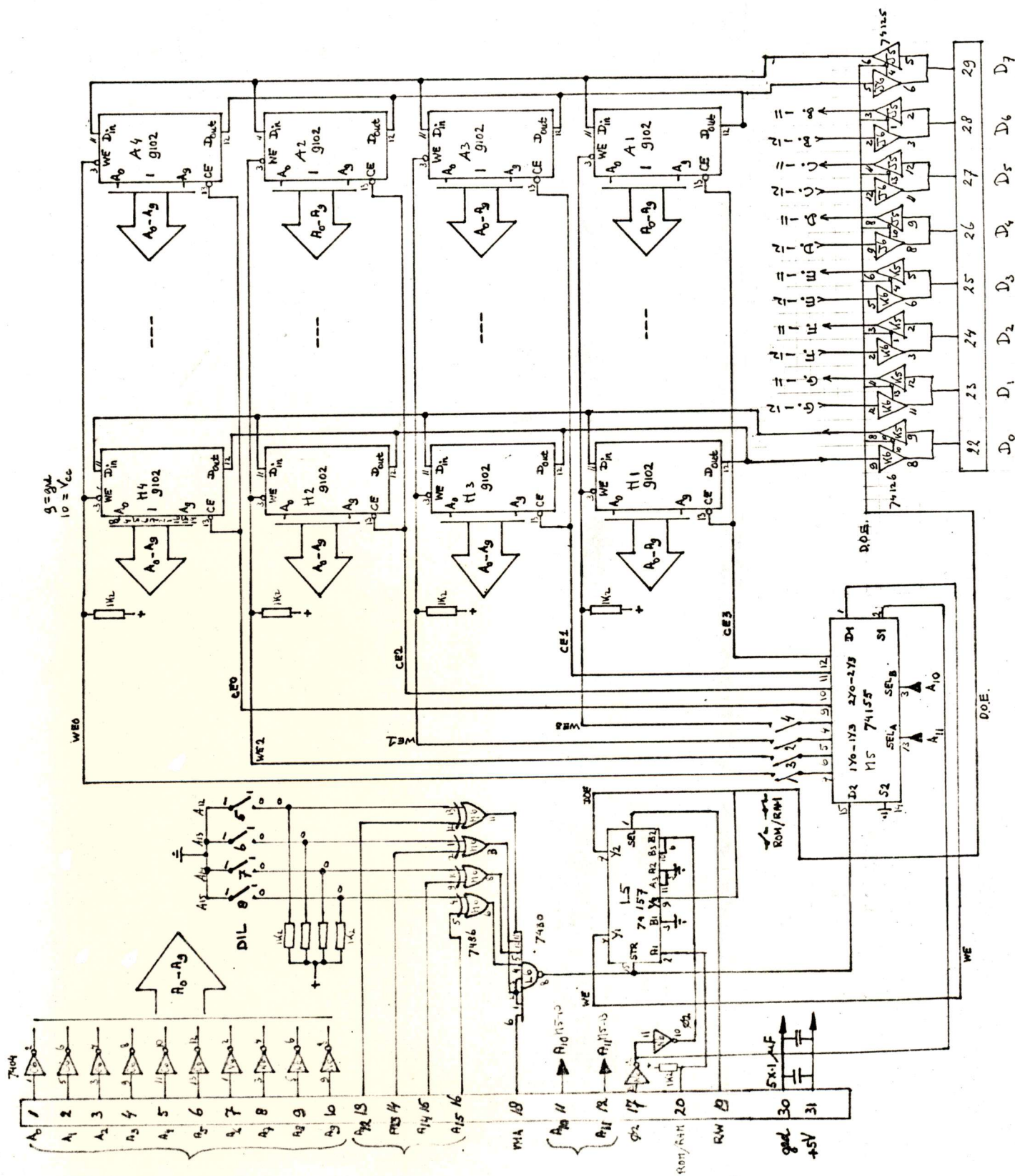


# kaart 4, 5 en 6

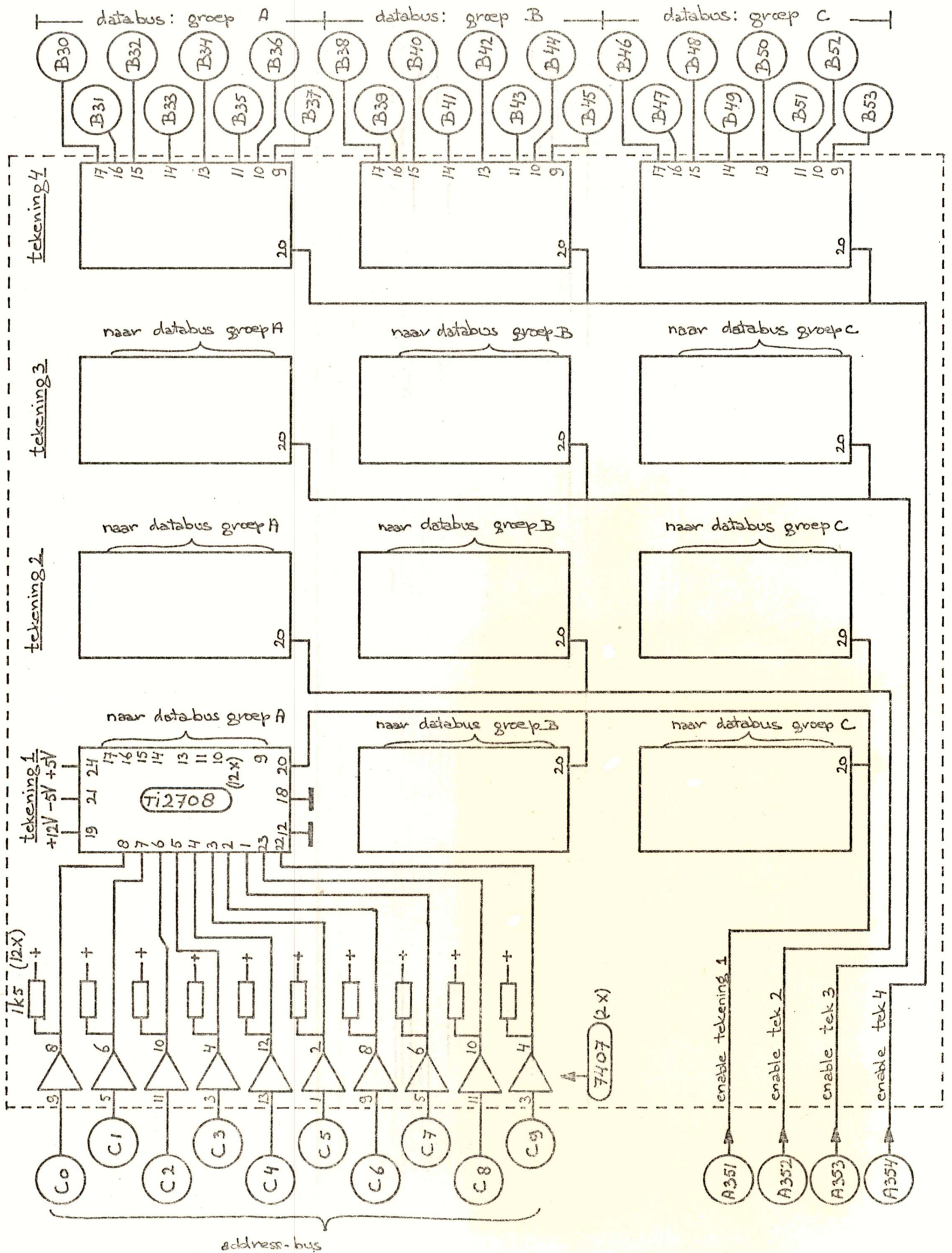


De kaarten 4, 5 en 6 zijn (RAM)geheugenkaarten uit de door het ITL ontwikkelde microprocessor. Voor meer informatie wordt naar de documentatie daarvan verwezen.

In het geheugen is plaats voor 4096 bytes van 8 bits. (per kaart).

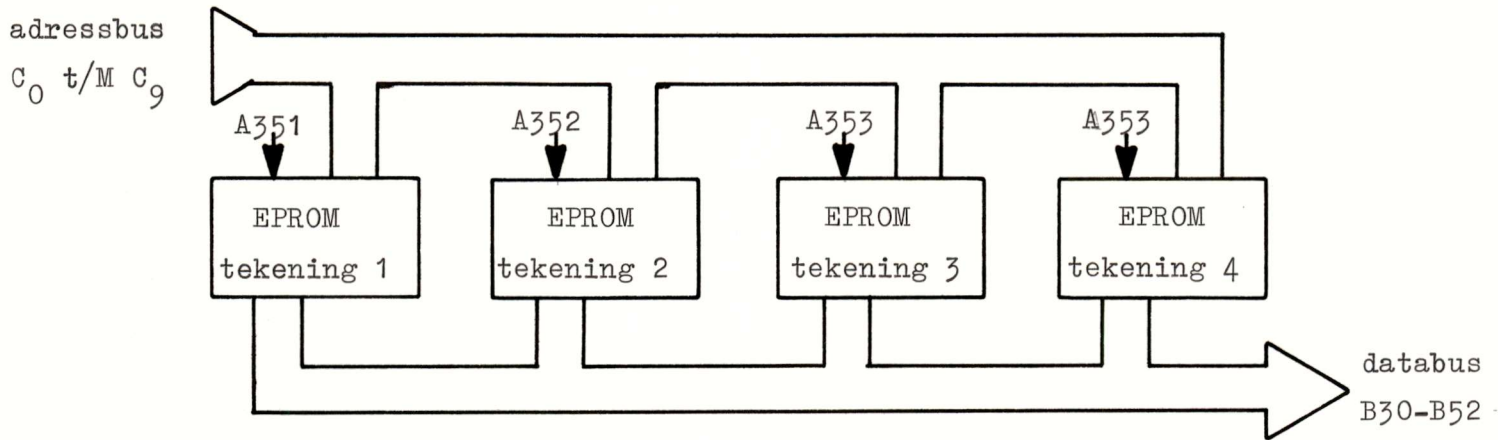








Blokschema:

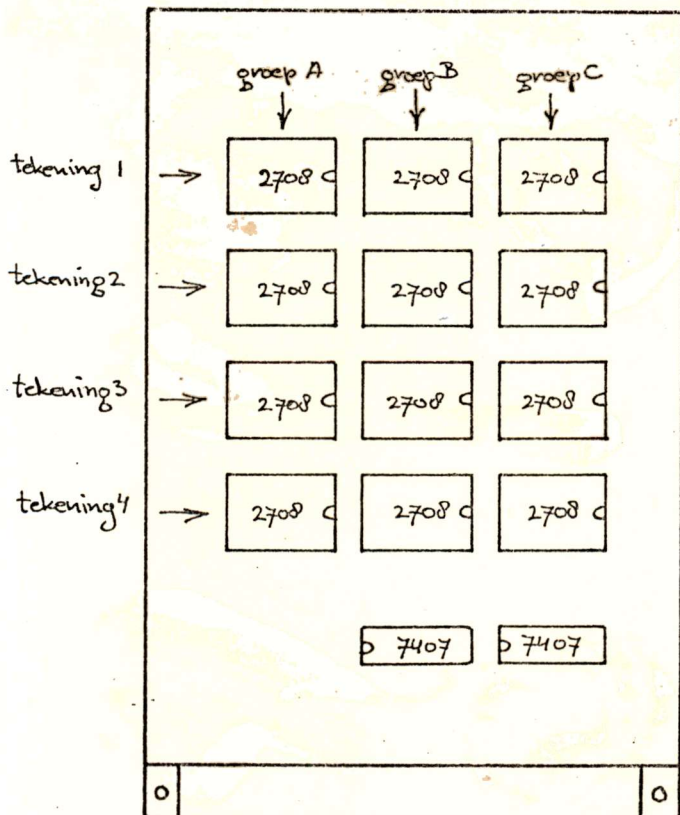


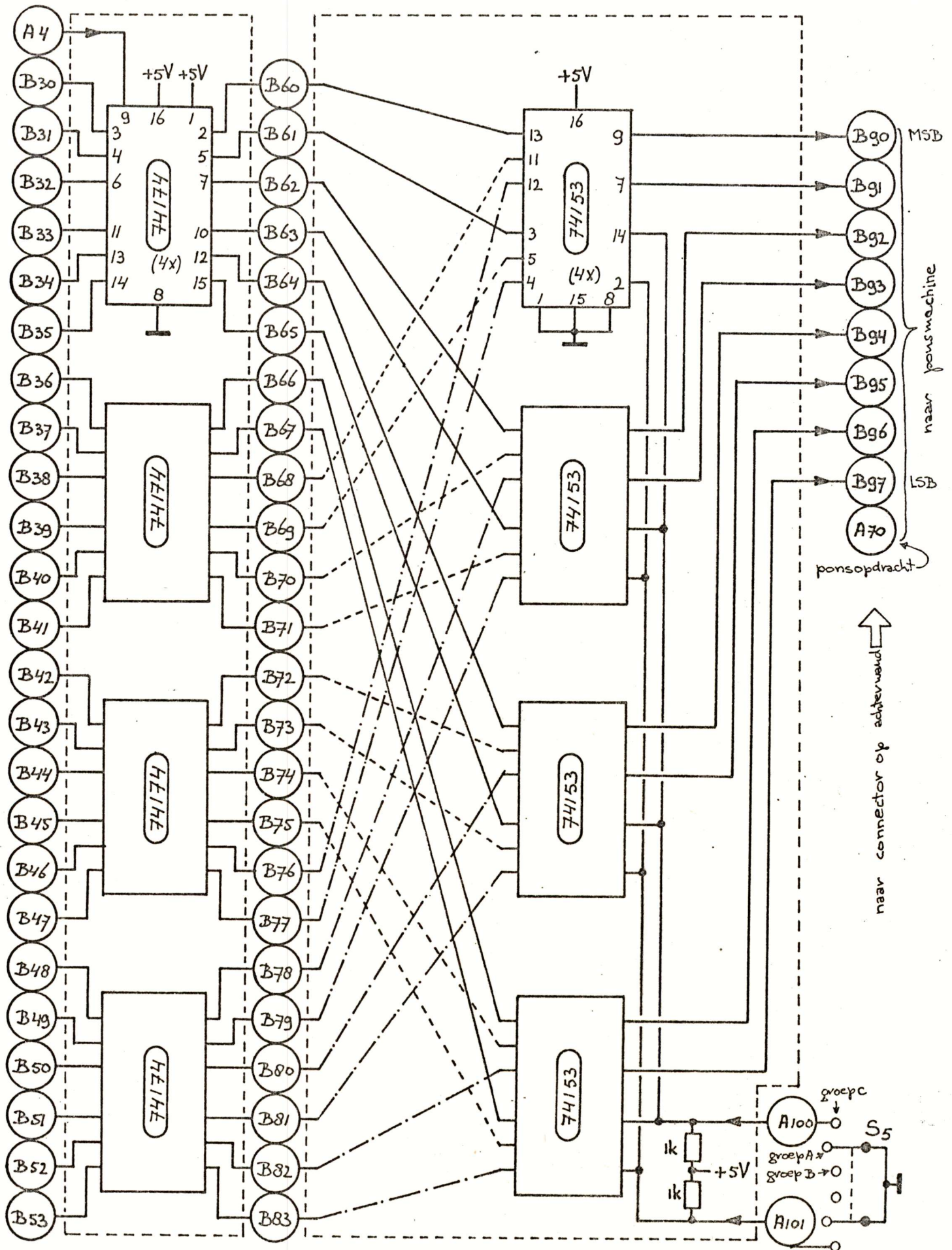
Afregeling:

geen

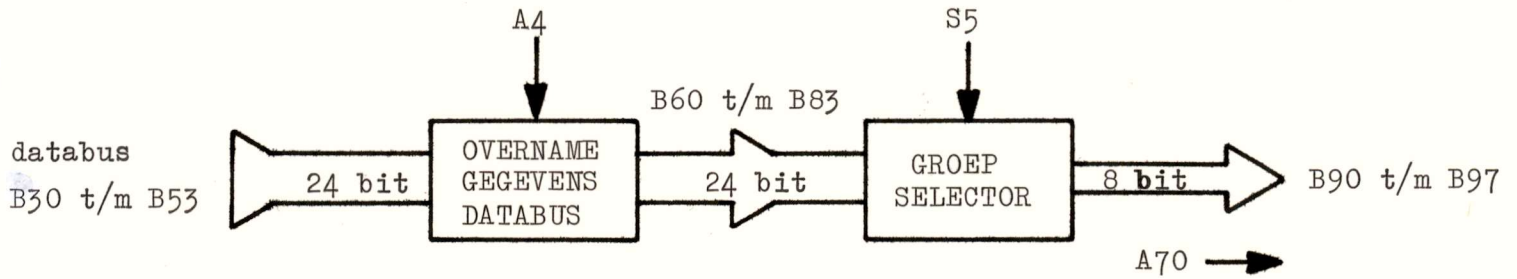
Overige gegevens:

Let er bij het inzetten van een set van 3 EPROM's (één tekening) op de onderlinge volgorde niet te verwisselen.





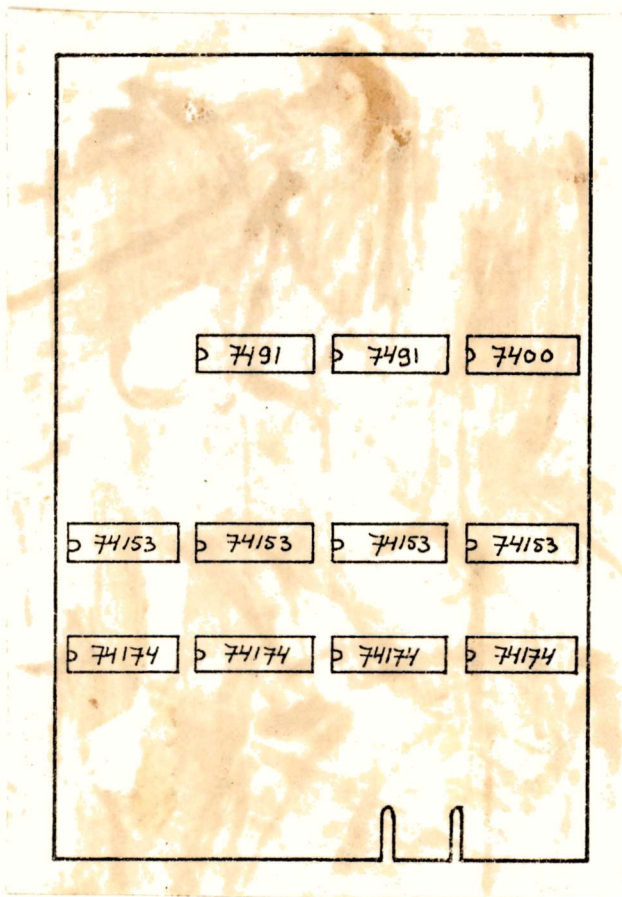
Blokschema:



Afregeling:

geen

Overige gegevens:



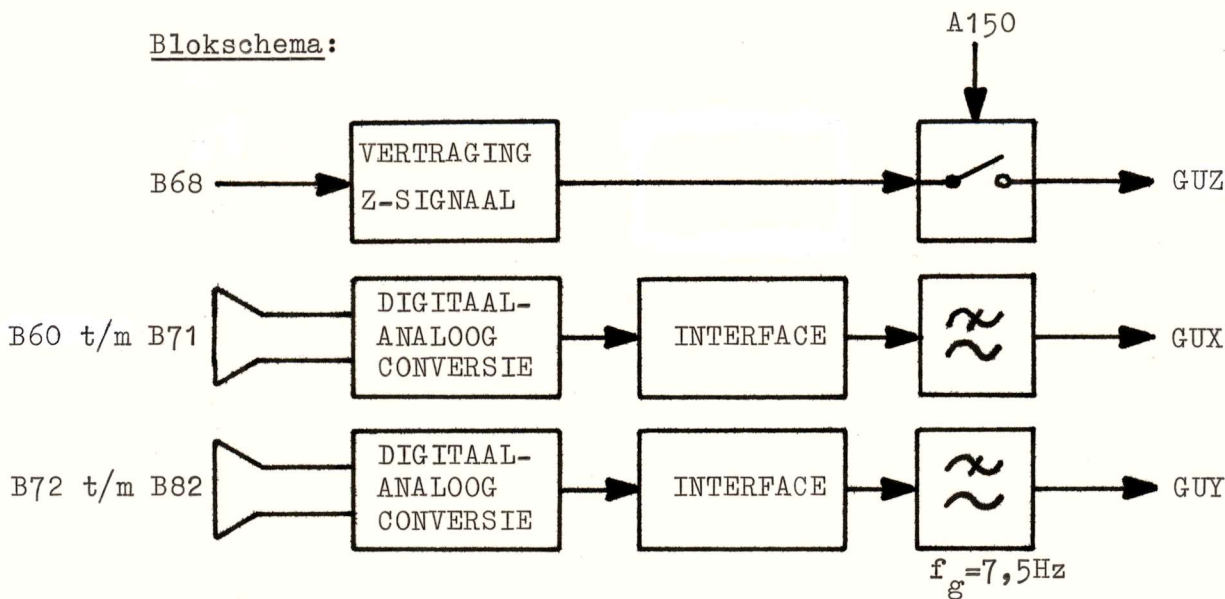
Verloopsnoer GEHEUGEN-FACITponsmachine

| Code uitgang geheugen | Code conn. ponser | Kleur snoer |
|-----------------------|-------------------|-------------|
| B97 (LSB)             | 1                 | paars       |
| B96                   | 2                 | wit         |
| B95                   | 3                 | oranje      |
| B94                   | 4                 | blauw       |
| B93                   | 5                 | groen       |
| B92                   | 6                 | bruin       |
| B91                   | 7                 | grijs       |
| B90 (MSB)             | 8                 | geel        |
| punch A70             | 11                | rood        |
| GND                   | 25                | zwart       |





Blokschema:



Afregeling:

Sluit het geheugen aan op tableau + ontvanger + memoscoop (allen correct afgeregeld). Schakelaar  $S_{300}$  in stand: via geheugen.

Laat het geheugen het vaste computertestbeeld repeterend uitlezen.

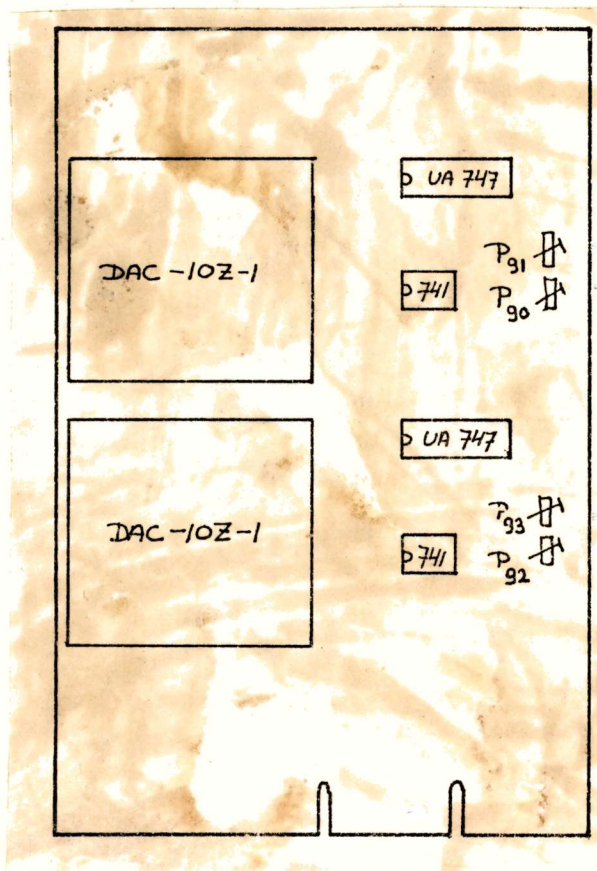
Stel met  $P_{90}$  de juiste beeldbreedte in.

Zet het beeld met  $P_{91}$  in het midden (horizontaal).

Stel met  $P_{92}$  de juiste beeldhoogte in.

Zet het beeld met  $P_{93}$  in het midden (vertikaal).

Overige gegevens:



opm. Een eenvoudige controle op de juiste instelling van het ingangsisnterface (kaart 1 en 2): Een met de pen langs de rand van het schrijfvlak getrokken rechthoek (opgenomen in het tijdelijke geheugen) moet samenvallen met de rechthoek uit het testbeeld.



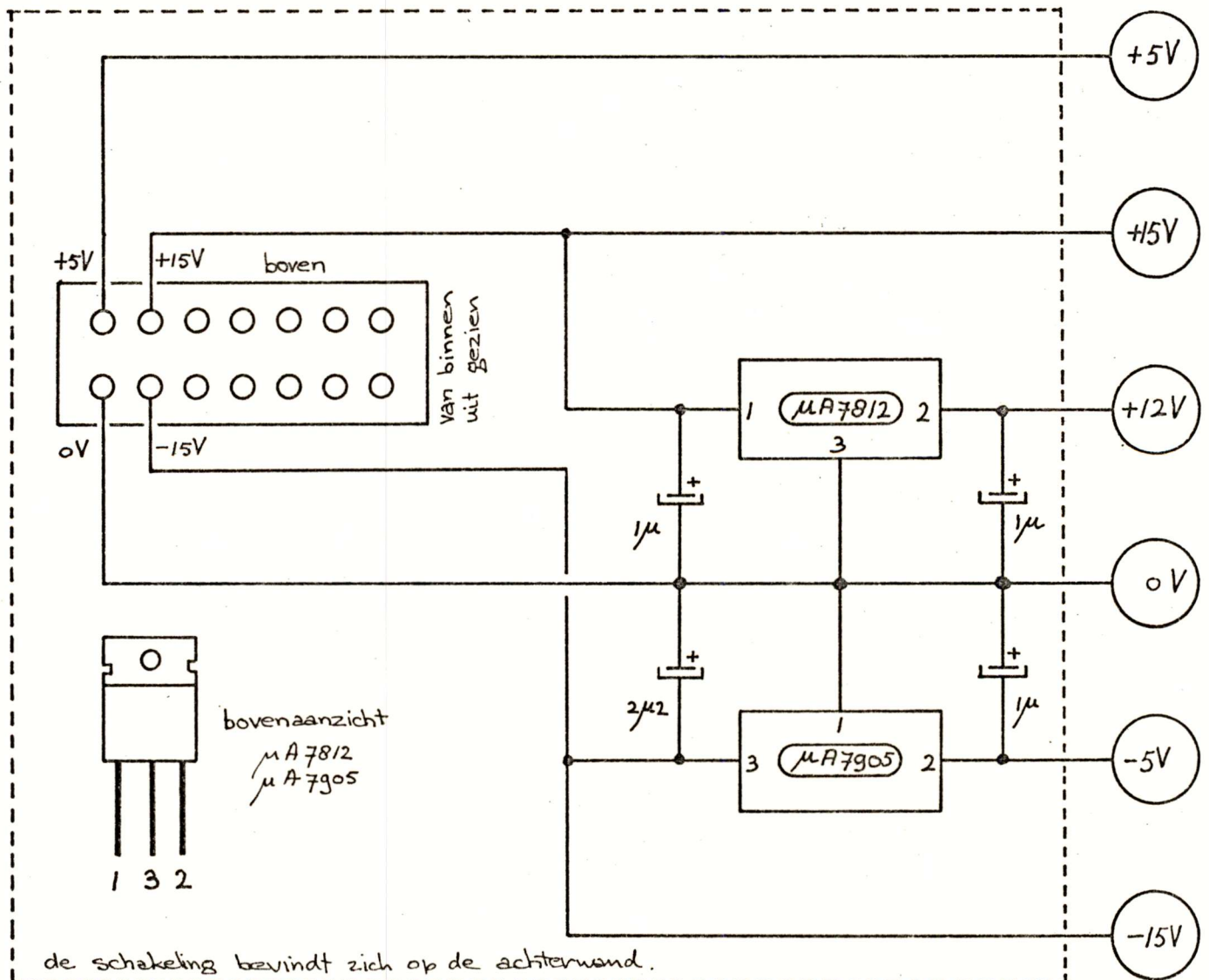
# voeding geheugen

Afregeling:

geen

Overige gegevens:

De schakeling bevindt zich op de achterwand van het geheugen.





Het computerprogramma van het testbeeld

Het gegeven programma is gebruikt om het bij het onderzoek benodigde testbeeld te berekenen en op ponsband vast te leggen.

Het programma is zo geconstrueerd dat het zonder al teveel veranderingen voor een ander testbeeld kan worden gebruikt.

Het programma valt in twee stukken uiteen: Het hoofdprogramma dat het testbeeld berekent en de subroutine UIT die de waarden rangschikt, onthoudt en uitleest.

Allereerst wordt de stappenteller K op nul gezet.

Dan volgt de berekening van het testbeeld punt voor punt. De berekende X- en Y-coördinaten (X resp. Y) worden, indien nodig, afgerond tot gehele getallen. De toestand van de pen (pen van papier:  $Z = 1$ , op papier  $Z = 0$ ) wordt vastgesteld.

Na elk punt worden de waarden voor X, Y, Z en K door de subroutine UIT verwerkt en opgeslagen.

Ieder testbeeld, mits punt voor punt berekend en beschikbaar in de vorm van integers, kan gemaakt worden. Hierbij moet gelden  $0 \leq X \leq 1023$  en  $0 \leq Y \leq 1023$ , bovendien moeten er 1024 stappen of meer gemaakt worden.

De subroutine UIT zet de integers X en Y om in 'binaire' getallen. De verkregen getallen worden, samen met de waarde van Z, gerangschikt in een drietal groepen van nullen en enen. De drie groepen (A, B en C) worden elk in een eigen matrix opgeslagen.

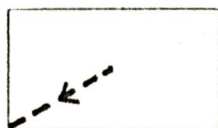
Is  $K < 1023$  dan wordt K met één verhoogd en wordt teruggegaan naar het hoofdprogramma. Is  $K = 1023$  dan volgt het opvullen van de drie matrices met nullen.

Tenslotte worden de matrices achter elkaar uitgelezen op ponsband, waarna het programma stopt.

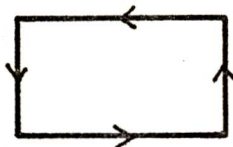
Bij het berekenen van het testbeeld moet er rekening mee gehouden worden, dat maten in de Y-richting bij weergave een factor 1,32 verkleind worden. In het gegeven testbeeld leidt dit er toe dat i.p.v. een cirkel een ellips berekend is, waarvan de lange as 1,32 maal de korte as is.

Hieronder is getekend hoe het testbeeld in fasen is opgebouwd.

1PA = 1<sup>e</sup> pauze



VKT = vierkant



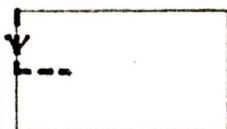
2PA = 2<sup>e</sup> pauze



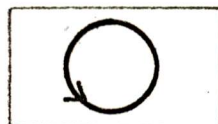
DIA = diagonalen



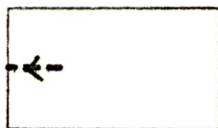
3PA = 3<sup>e</sup> pauze



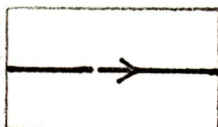
CIR = cirkel



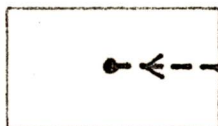
4PA = 4<sup>e</sup> pauze



GAT = lijn met gat



OPA = opvulpauze



//FTTI#JAN JOB (0589.60).JANSSEN.TIME=(.18)  
//FYFC.FORTGCLG  
//FORT.SYSIM DD \*

C\*\*\*\* DECLARATIFS \*\*\*\*\* DCL00  
INTEGPR#2 X.Y.Z DCL00  
K=0 DCL05

C\*\*\*\* 1E PAUZE \*\*\*\*\* 1PA00  
Z=1 1PA00  
DO 20 I=16.512.16 1PA05  
Y=I<sup>2</sup>-I 1PA10  
Y=X 1PA15  
20 CALL UIT (K.X.Y.Z) 1PA20  
30 CONTINUE 1PA25

C\*\*\*\* VIERKANT \*\*\*\*\* VKT00  
Y=C VKT00  
Z=0 VKT05  
40 DO 60 I=16.1024.16 VKT10  
X=I-16 VKT15  
50 CALL UIT (K.X.Y.Z) VKT20  
60 CONTINUE VKT25  
Y=102<sup>2</sup> VKT30  
70 CALL UIT (K.X.Y.Z) VKT35  
80 DO 100 I=16.1008.16 VKT40  
Y=I VKT45  
90 CALL UIT (K.X.Y.Z) VKT50  
100 CONTINUE VKT55  
110 Y=102<sup>2</sup> VKT60  
120 CALL UIT (K.X.Y.Z) VKT65  
130 DO 150 I=16.1024.16 VKT70  
Y=1024-I VKT75  
140 CALL UIT (K.X.Y.Z) VKT80  
150 CONTINUE VKT85  
160 DO 180 I=16.1024.16 VKT90  
Y=1024-I VKT95  
170 CALL UIT (K.X.Y.Z) VKT100  
180 CONTINUE VKT105

C\*\*\*\* 2E PAUZE \*\*\*\*\* 2PA00  
X=C 2PA00  
Y=0 2PA05  
Z=1 2PA10  
190 DO 195 I=1.81.1 2PA15  
192 CALL UIT (K.X.Y.Z) 2PA20  
195 CONTINUE 2PA25

C\*\*\*\* DIAGONALEN \*\*\*\*\* DIA00  
Z=C DIA00  
200 DO 215 I=16.1024.16 DIA05  
Y=I-16 DIA10  
Y=X DIA15  
210 CALL UIT (K.X.Y.Z) DIA20  
215 CONTINUE DIA22  
Y=102<sup>2</sup> DIA25  
Y=X DIA30  
220 CALL UIT (K.X.Y.Z) DIA35  
Z=1 DIA40  
230 CALL UIT (K.X.Y.Z) DIA45  
240 DO 260 I=16.1024.16 DIA50  
Y=1024-I DIA55  
250 CALL UIT (K.X.Y.Z) DIA60  
260 CONTINUE DIA65  
Z=0 DIA70  
270 CALL UIT (K.X.Y.Z) DIA75  
280 DO 300 I=16.1008.16 DIA80  
Y=1024-I DIA85  
Y=1024-X DIA90  
290 CALL UIT (K.X.Y.Z) DIA95  
300 CONTINUE DIA100  
X=C DIA105  
Y=102<sup>2</sup> DIA110  
310 CALL UIT (K.X.Y.Z) DIA120

C\*\*\*\* 3E PAUZE \*\*\*\*\* 3PA00  
X=0 3PA00  
Y=102<sup>2</sup> 3PA05  
Z=1 3PA08  
320 CALL UIT (K.X.Y.Z) 3PA10  
330 DO 350 I=16.512.16 3PA15  
Y=1024-I 3PA20  
340 CALL UIT (K.X.Y.Z) 3PA25  
350 CONTINUE 3PA30  
360 DO 380 I=16.256.16 3PA35  
Y=I 3PA40  
370 CALL UIT (K.X.Y.Z) 3PA45  
380 CONTINUE 3PA50

C\*\*\*\* CIPKEL \*\*\*\*\* CIR00  
Z=0 CIR00  
PI=4\*ATAN(1.) CIR05  
390 DO 410 IF=2.362.2 CIR10  
F=2\*PI\*((IF-2.)/360.) CIR15  
A=-256.\*COS(F)+512 CIR20  
Y=A CIR25  
R=1.32\*(256.\*SIN(F))+512. CIR30  
Y=P CIR35  
400 CALL UIT (K.X.Y.Z) CIR40  
410 CONTINUE

C\*\*\*\* 4E PAUZE \*\*\*\*\* 4PA00  
Z=1 4PA00  
450 DO 470 I=16.272.16 4PA05  
Y=272-I 4PA10  
460 CALL UIT (K.X.Y.Z) 4PA15  
470 CONTINUE 4PA20  
4PA25



```

C
C**** HORIZONTALE LIJN MET GAT *****
X=0
Y=512
Z=0
480 CALL UIT (K.X.Y.Z)
490 DO 510 I=64.512.64
X=J-64
500 CALL UIT (K.X.Y.Z)
510 CONTINUE
Z=1
Y=512
520 CALL UIT (K.X.Y.Z)
Z=0
530 DO 550 I=64.448.64
Y=512+I
540 CALL UIT (K.X.Y.Z)
550 CONTINUE
X=1023
560 CALL UIT (K.X.Y.Z)

C
C**** OPVULPAUZE *****
X=1023
Y=512
Z=1
570 DO 590 J=1.10
580 CALL UIT (K.X.Y.Z)
590 CONTINUE
600 DO 620 I=8.512.8
Y=1024-I
610 CALL UIT (K.X.Y.Z)
620 CONTINUE
630 DO 650 I=1.120
640 CALL UIT (K.X.Y.Z)
650 CONTINUE

STOP
END

```

GAT00  
GAT00  
GAT05  
GAT10  
GAT15  
GAT20  
GAT25  
GAT30  
GAT35  
GAT40  
GAT45  
GAT50  
GAT55  
GAT60  
GAT65  
GAT70  
GAT75  
GAT80  
GAT85

OPA00  
OPA00  
OPA05  
OPA10  
OPA15  
OPA20  
OPA25  
OPA30  
OPA35  
OPA40  
OPA45  
OPA50  
OPA55  
OPA60

STOP  
END

```

C
C**** UITVOER SUBROUTINE 2E VERSIE ***** PONSEANDUITVOER
SUBROUTINE UIT (K.X.Y.Z)
INTEGER*2 X.Y.Z.XOPSL.YOPSL.XRIN(10).YRIN(10).
A(1200).R(1200).C(1200).IP(80)
XOPSL=X
YOPSL=Y
1000 DO 1050 J=1.10.1
IX=X/2
O=X
H=O/2.
IF(H-JY)1030.1020.1030
1020 XRIN(J)=0
CONTINUE
1030 XRIN(J)=1
1040 X=JX
1050 CONTINUE
DO 1100 J=1.10.1
IY=Y/2
O=Y
H=O/2.
IF(H-JY)1080.1070.1080
1070 YRIN(J)=0
CONTINUE
1080 YRIN(J)=1
1090 Y=JY
1100 CONTINUE
M=K+1
A(M)=1+YRIN(4)*2+XRIN(5)*4+XRIN(6)*8+XRIN(7)*16+XRIN(8)*32+
YRIN(9)*64+YRIN(10)*128
R(M)=1+YRIN(8)*2+YRIN(9)*4+YRIN(10)*8+XRIN(1)*16+XRIN(2)*32+
YRIN(3)*64+YRIN(7)*128
C(M)=1+YRIN(1)*2+YRIN(2)*4+YRIN(3)*8+YRIN(4)*16+YRIN(5)*32+
YRIN(6)*64+YRIN(7)*128
1105 IF (K-1023) 1230.1108.1230
1108 DO 1109 JK=1.176
A(1024+JK)=0
R(1024+JK)=0
C(1024+JK)=0
1109 CONTINUE
IA=0
1110 DO 1140 L=1.15
DO 1130 N=1.80
IA=IA+1
IP(N)=256*A(IA)
CONTINUE
WRITE(7.2)(IP(N).N=1.80)
FORMAT(80A1)
1140 CONTINUE
IP=0
1150 DO 1180 L=1.15
DO 1170 N=1.80
IR=IR+1
IP(N)=256*R(IR)
CONTINUE
WRITE(7.2)(IP(N).N=1.80)
1180 CONTINUE
IC=0
1190 DO 1220 L=1.15
DO 1210 N=1.80
IC=IC+1
IP(N)=256*C(IC)
CONTINUE
WRITE(7.2)(IP(N).N=1.80)
1220 CONTINUE
X=YOPSL
Y=XOPSL
K=K+1
RETURN
END

```

UIT00  
UIT00  
UIT05  
UIT06  
UIT08  
UIT09  
UIT10  
UIT15  
UIT18  
UIT20  
UIT25  
UIT30  
UIT35  
UIT40  
UIT45  
UIT50  
UIT55  
UIT60  
UIT62  
UIT65  
UIT70  
UIT75  
UIT80  
UIT85  
UIT90  
UIT95  
UIT100  
UIT105  
UIT106  
UIT110  
UIT120  
UIT121  
UIT125  
UIT130  
UIT133  
UIT134  
UIT135  
UIT136  
UIT237  
UIT138  
UIT139  
UIT140  
UIT145  
UIT150  
UIT155  
UIT160  
UIT165  
UIT170  
UIT175  
UIT180  
UIT185  
UIT190  
UIT195  
UIT200  
UIT205  
UIT210  
UIT215  
UIT220  
UIT225  
UIT230  
UIT235  
UIT240  
UIT245  
UIT250  
UIT255  
UIT490  
UIT495  
UIT500  
UIT505  
UIT510

```

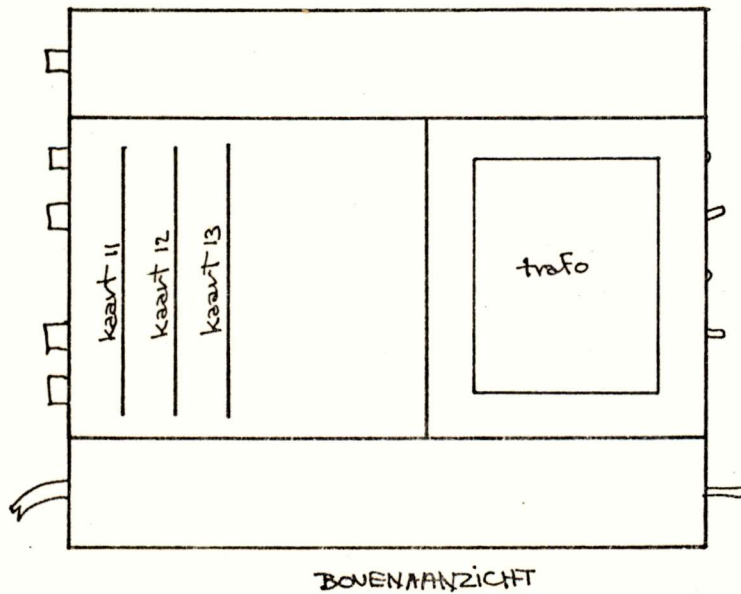
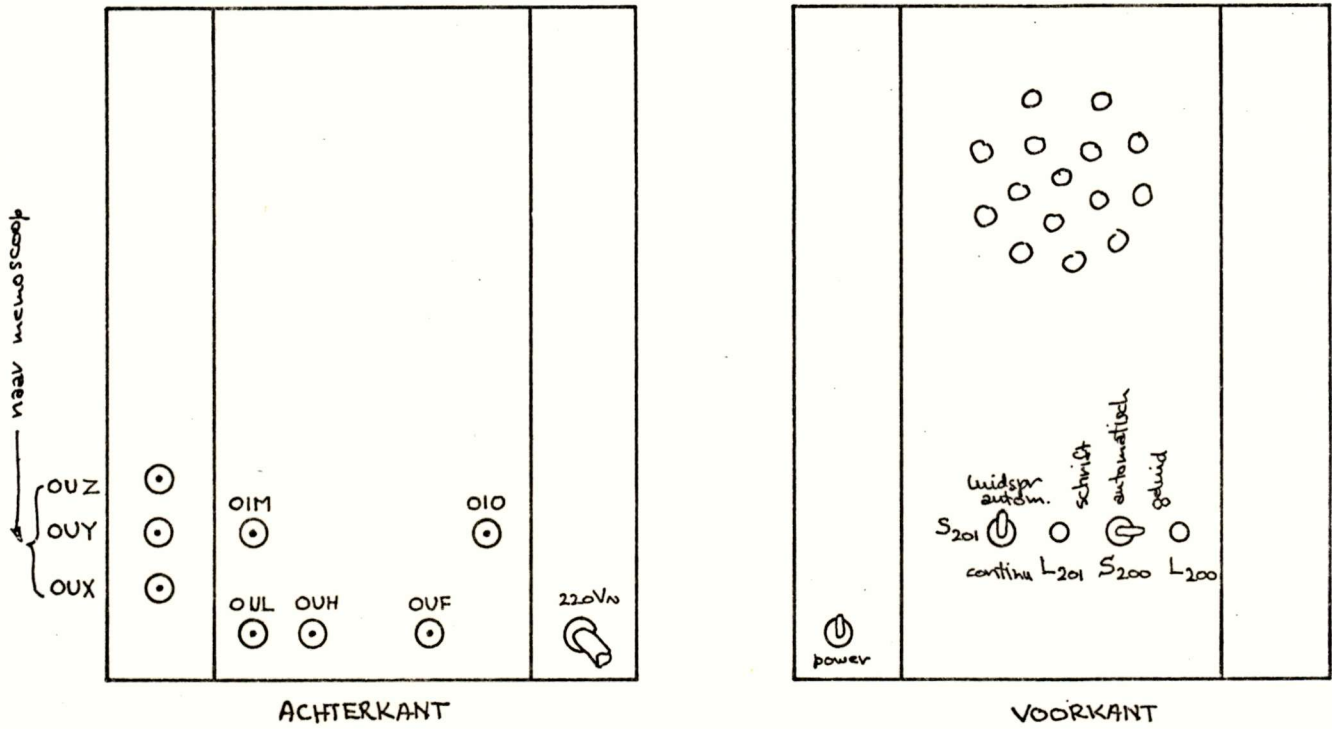
C
/*
//GO.FT07F001 DD SYSOUT=(I..APPN)
/*
//

```

Mechanische opbouw: ONTVANGER

De uitwendige afmetingen van de kast: 285 x 215 x 255 mm

De schakelingen zijn gebouwd op een print van de doventelefoon en de kaarten 11 t/m 13.







Blokschema:

Het blokschema van de ontvanger staat in paragraaf 4.5.

Afregeling:

- Voor de juiste afregeling van de banddoorlatende filters met  $P_{200}$  t/m  $P_{203}$  wordt naar [37] verwezen.
- Regel  $P_{205}$  en  $P_{207}$  af volgens [37] of zet ze beide in de middenstand.
- Sluit de, voor het afregelen van de doventelefoon ontworpen, signaalgenerator aan op de ingang OIM. (Niveau van het signaal: -20,5 dBm absoluut).

De generator geeft achter elkaar de coördinaten van de vier hoekpunten van het schrijfvlak. De hoekpunten van het schrijfvlak komen overeen met de volgende frequenties: 1307+2053, 1493+2053, 1493+2347 en 1307+2347 Hz. Doordat de waarden elkaar snel opvolgen lijkt het op het scherm alsof de tussenliggende waarden doorlopen worden en een rechthoek getekend wordt.

Zet dit beeld met  $P_{204}$  in het midden (horizontaal).

Regel met  $P_{208}$  de juiste beeldbreedte af.

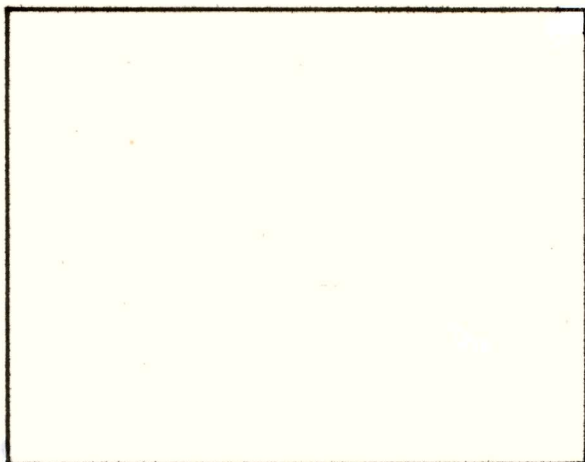
Zet het beeld met  $P_{206}$  in het midden (vertikaal).

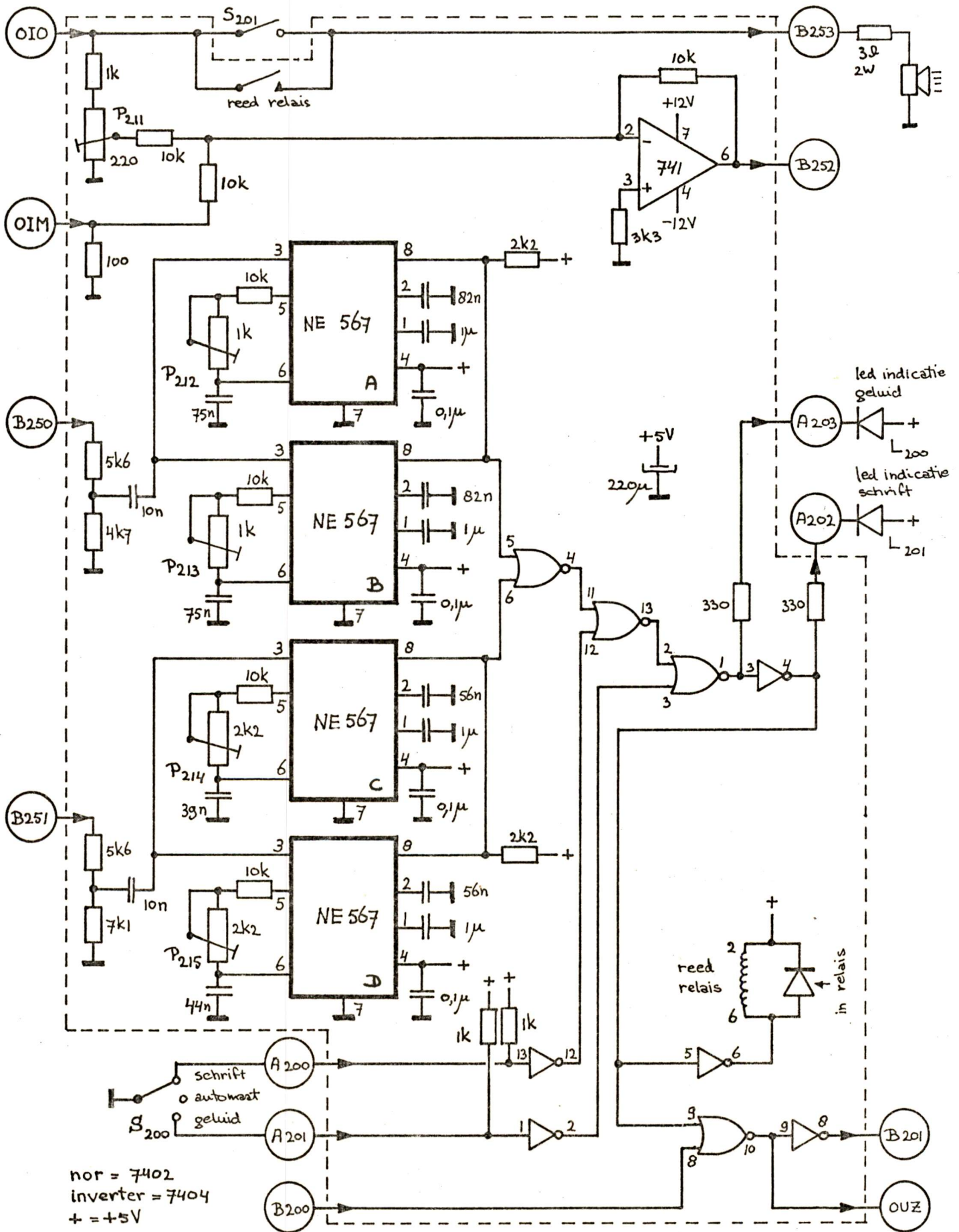
Regel met  $P_{209}$  de juiste beeldhoogte af.

- De vertraging van het Z-sigitaal kan eventueel veranderd worden door andere RC-combinaties voor de beide SN74123's te nemen.

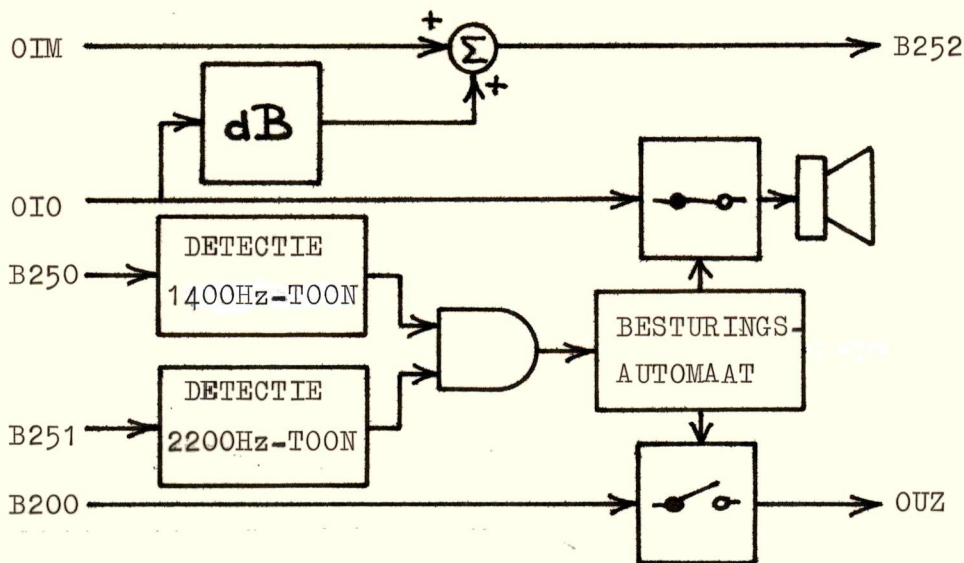
Overige gegevens:

Hieronder is de positie gegeven van de instelpotmeters aan de rechterzijkant van de ontvanger.





Blokschema:

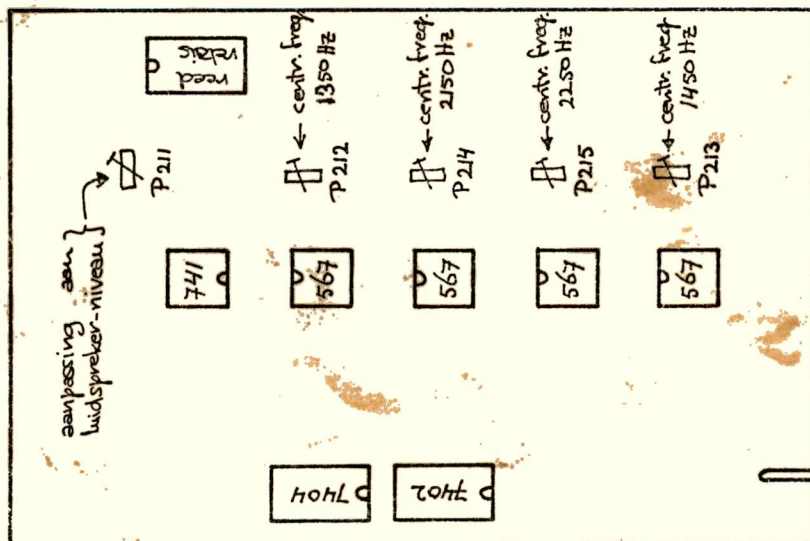


Afregeling:

- Sluit de ontvanger aan op de luidspreker-uitgang van de hf-ontvanger. Biedt de hf-ontvanger schrijfsignaal aan via de hf-weg. Zet  $S_{201}$  aan. Regel met de volumeregelaar van de hf-ontvanger het gewenste geluidsniveau af. Meet de spanning op punt B252 met een true-RMS-voltmeter. Verdraai  $P_{211}$  totdat het nominale niveau voor het schrijfsignaal (-20,5 dBm absoluut) bereikt is. Verbreek de verbinding hf-ontvanger-ontv.
- Regel met  $P_{212}$  t/m  $P_{215}$  de vrijlooppfrequentie van de NE 567 IC's. At/mD af op respectievelijk 1350, 1450, 2300 en 2100 Hz. Deze vrijlooppfrequentie kan, bij het ontbreken van eeningangssignaal, gemeten worden aan punt 5 van de genoemde IC's.
- Ter controle: Zet  $S_{200}$  in de stand: automaat. Sluit het tableau aan op de ontvanger (TUM=OIM). Schakelaar  $S_{300}$  in de stand: direkt. Bij een correcte afregeling blijft de schriftindicatie-led steeds branden, ongeacht de plaats waar de pen zich op het schrijfvlak bevindt. Zonodig bijregelen van  $P_{212}$  t/m  $P_{215}$  tot dit bereikt is.

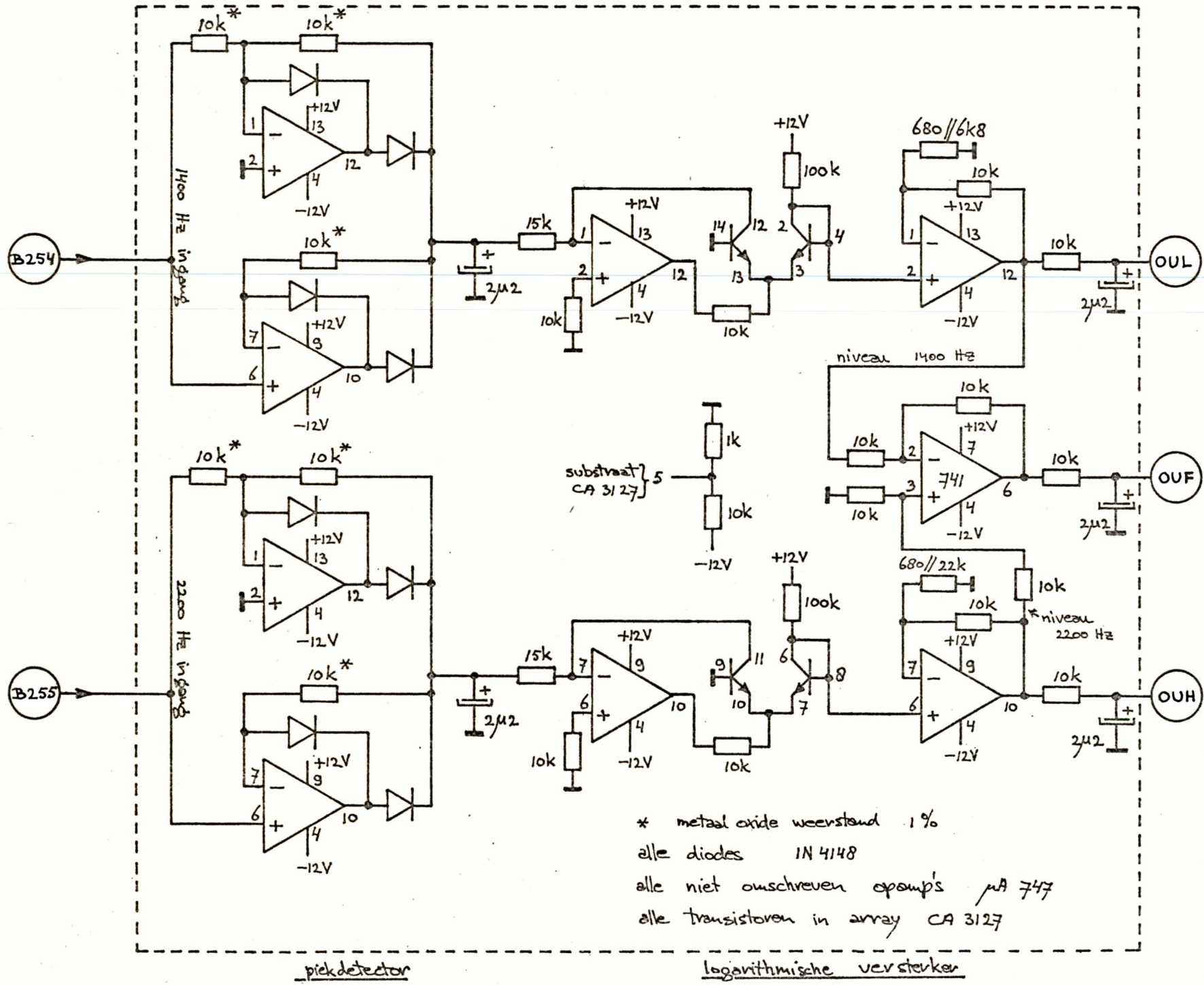
connectorgegevens

Overige gegevens:



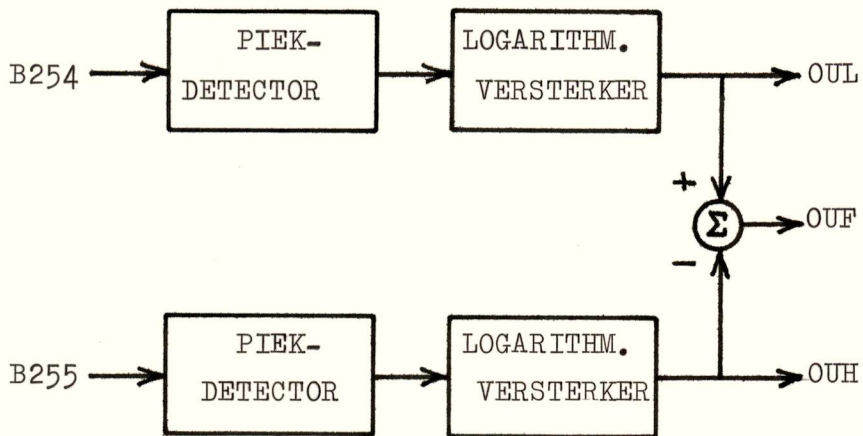
| conn. | code  |
|-------|-------|
| 5     | sleuf |
| 6     | Ouz   |
| 7     | B201  |
| 9     | B200  |
| 11    | B251  |
| 13    | B250  |
| 15    | A203  |
| 17    | A202  |
| 19    | -12V  |
| 21    | +12V  |
| 23    | A201  |
| 25    | A200  |
| 28    | B252  |
| 30    | OIO   |
| 32    | OIM   |
| 34    | GND   |
| 36    | B253  |
| 38    | +5V   |
| 39    | +5V   |





versie 2

Blokschema:



Afregeling:

geen

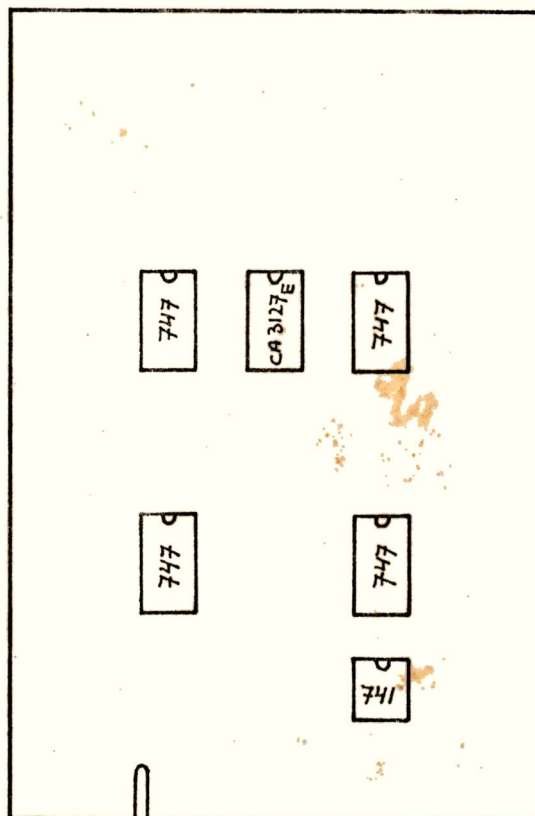
Overige gegevens:

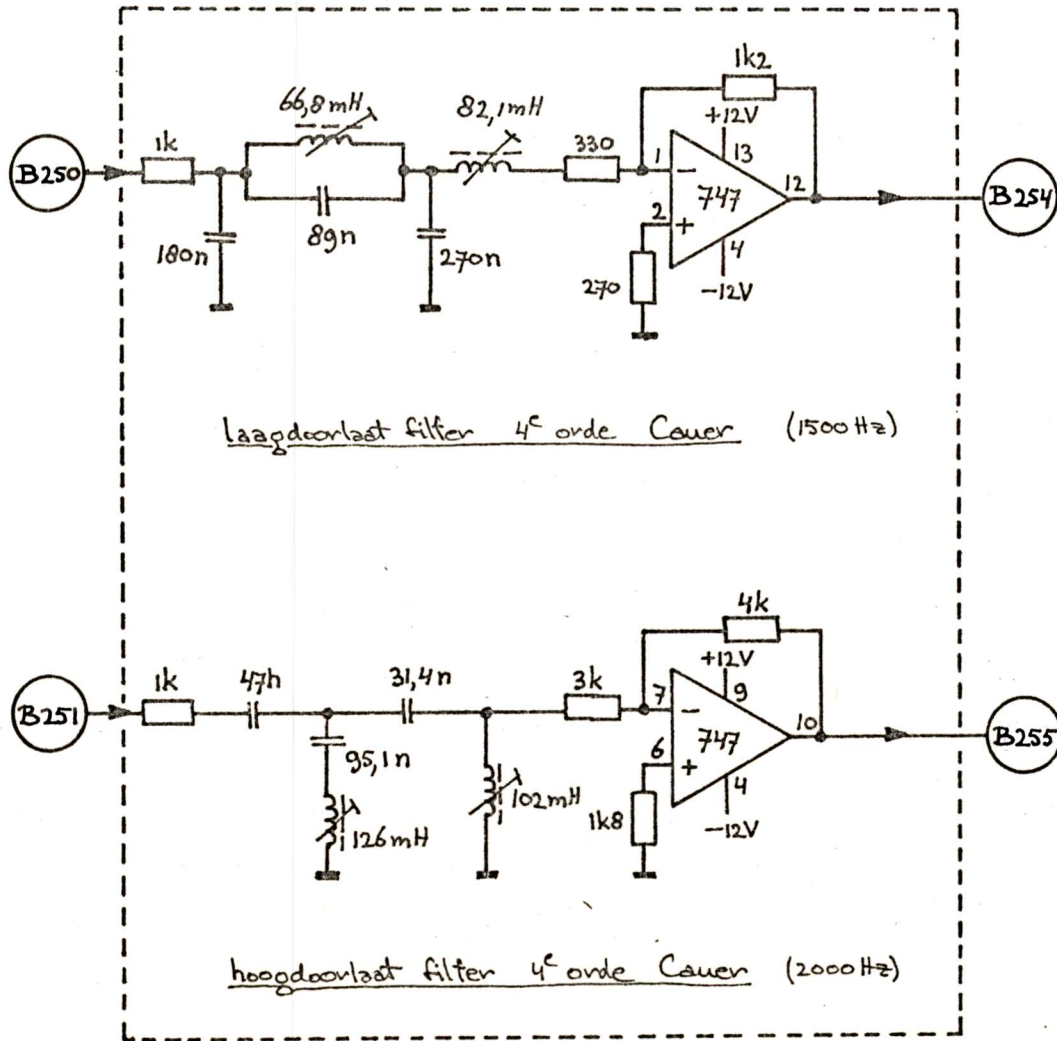
connectoraansluitingen:

| conn. | code  |
|-------|-------|
| 2     | GND   |
| 3     | GND   |
| 5     | OUF   |
| 10    | sleuf |
| 11    | B255  |
| 13    | B254  |
| 19    | -12V  |
| 21    | +12V  |
| 34    | OUH   |
| 36    | OUL   |

conversiefactor:

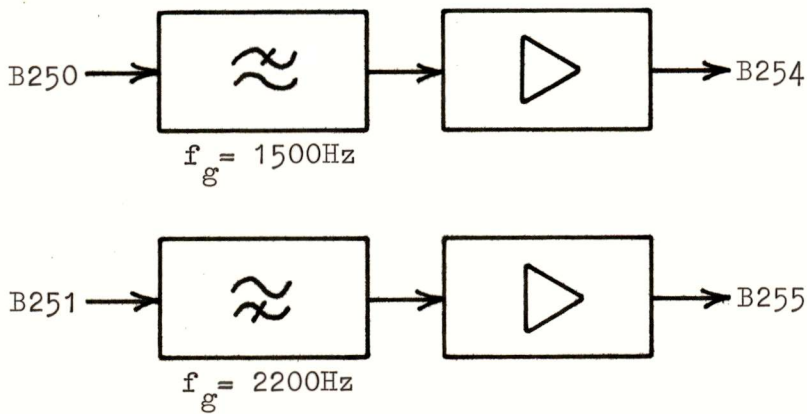
1 dB → 50 mV







Blokschema:



Afregeling:

In het LDF de spoel van 66,8 mH afregelen totdat het filter een minimale overdracht heeft bij 2065 Hz.

In het HDF de spoel van 126 mH afregelen totdat het filter een minimale overdracht heeft bij 1452 Hz.

Overige gegevens:

Het LD-filter onderdrukt frequenties boven 2000 Hz 30 dB of meer.  
Het HD-filter onderdrukt frequenties onder 1500 Hz 30 dB of meer.  
De rimpel in de doorlaat is voor beide filters 1,2 dB. Zie ook de grafiek in figuur 63 .

connectorgegevens:

| conn. | code  |
|-------|-------|
| 12    | B251  |
| 15    | sleuf |
| 17    | B255  |
| 19    | -12V  |
| 21    | +12V  |
| 28    | B254  |
| 33    | B250  |
| 38    | GND   |
| 39    | GND   |

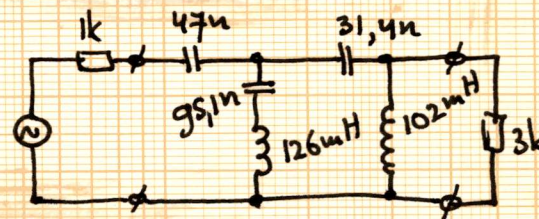
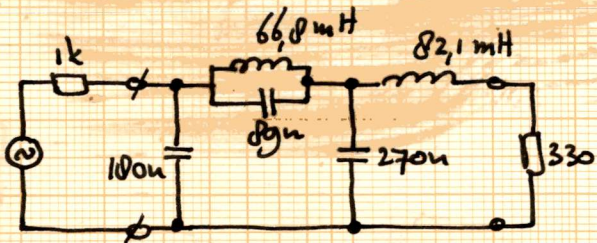


1500 Hz LP

Cauer Coy 50 b

2000 Hz HLP

Cauer Coy 50 b



2 kHz : -35dB

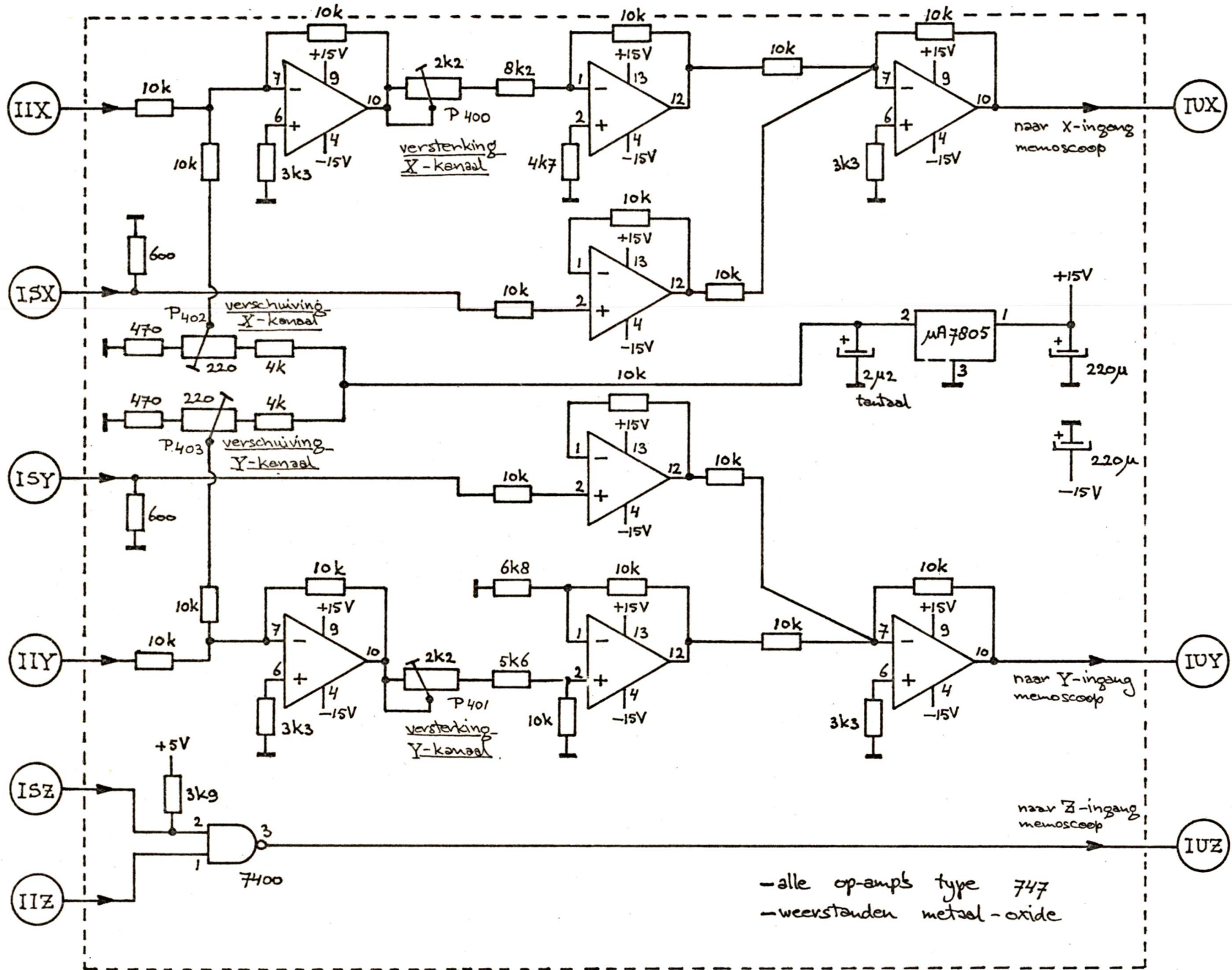
verder overal  $\leq -30$  dB

1500 Hz : -35dB

verder overal  $\leq -30$  dB

Fig. 63

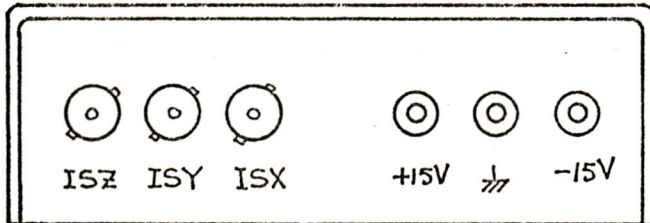




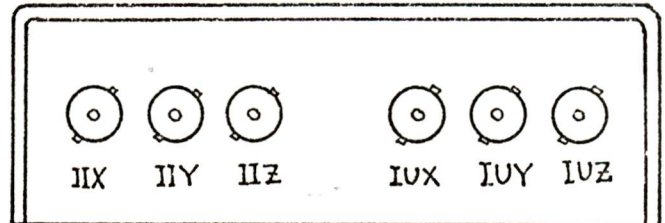


Mechanische opbouw:

Uitwendige afmetingen van de kast: 240 x 125 x 40 mm



VOORKANT



ACHTERKANT

Afregeling:

Sluit de memoscoop (Tektronix 611) en het correct afgeregelde geheugen aan. Laat het computertestbeeld repeterend uitlezen.

Zet het beeld met P<sub>402</sub> in het midden (horizontaal).

Stel met P<sub>400</sub> de juiste beeldbreedte in.

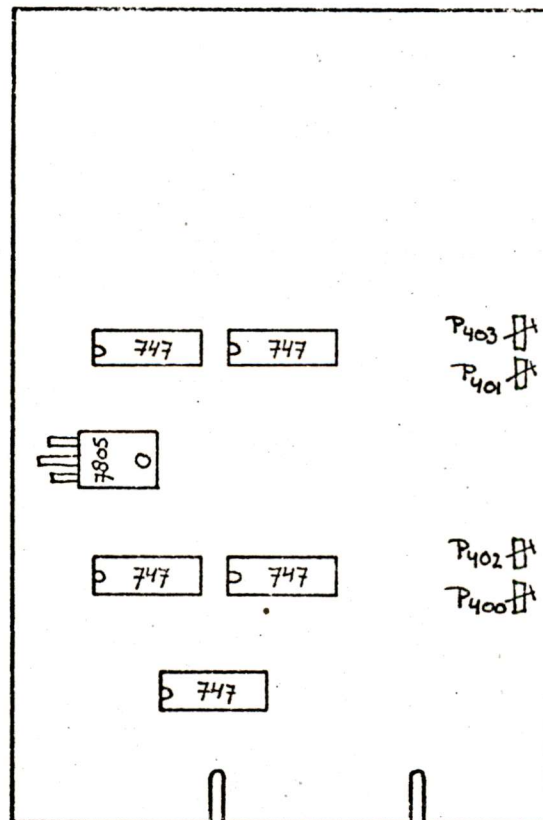
Zet het beeld met P<sub>403</sub> in het midden (vertikaal).

Stel met P<sub>401</sub> de juiste beeldhoogte in.

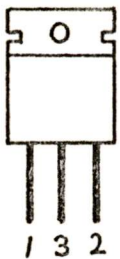
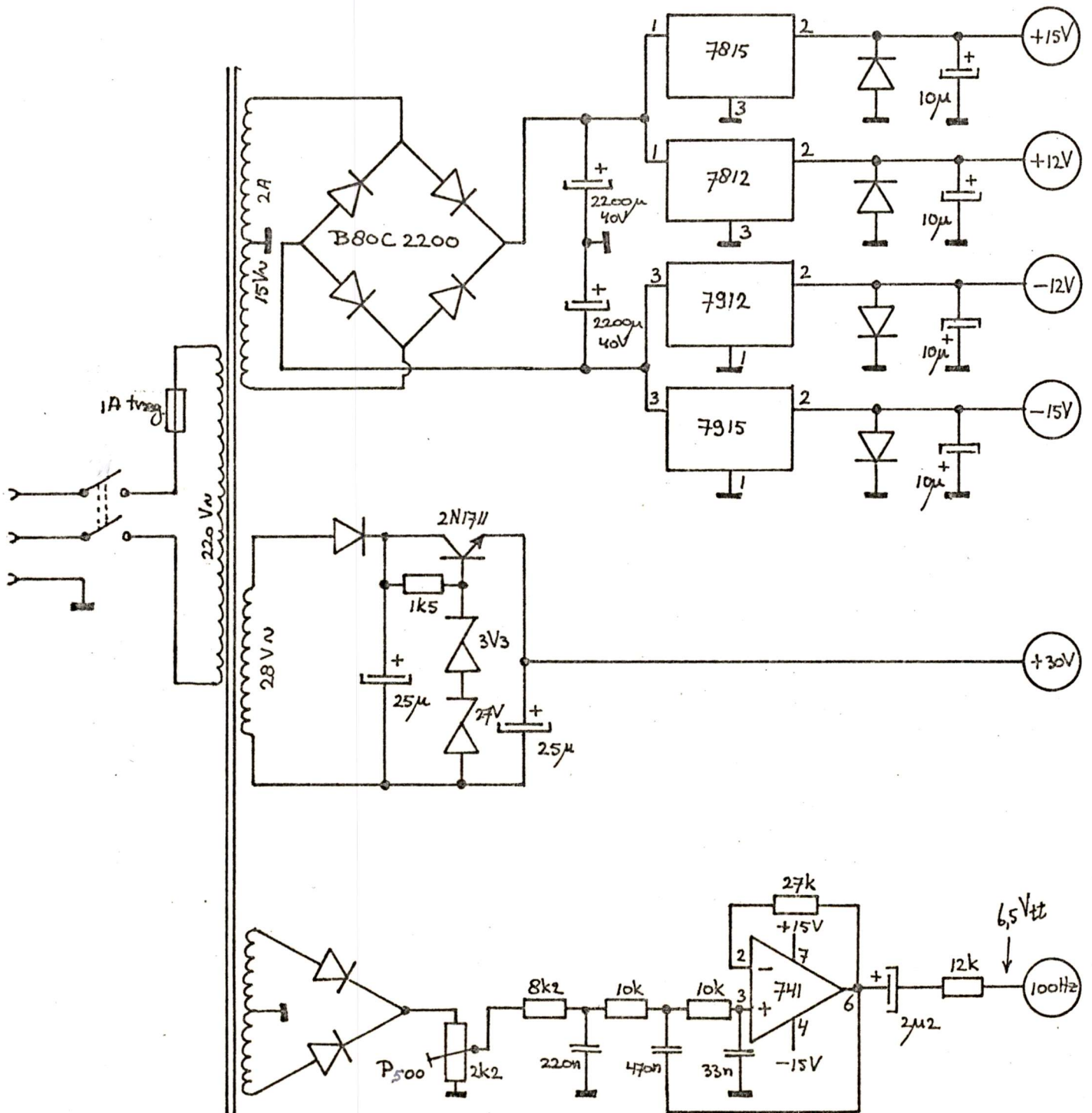
Overige gegevens:

connectoraansluitingen

| conn. | code  |
|-------|-------|
| 2     | +15V  |
| 4     | ISX   |
| 7     | ISY   |
| 14    | ISZ   |
| 15    | sleuf |
| 16    | IIZ   |
| 17    | IUZ   |
| 27    | IIX   |
| 29    | IIY   |
| 30    | sleuf |
| 31    | IUX   |
| 33    | IUY   |
| 38    | -15V  |
| 39    | GND   |



# netvoeding

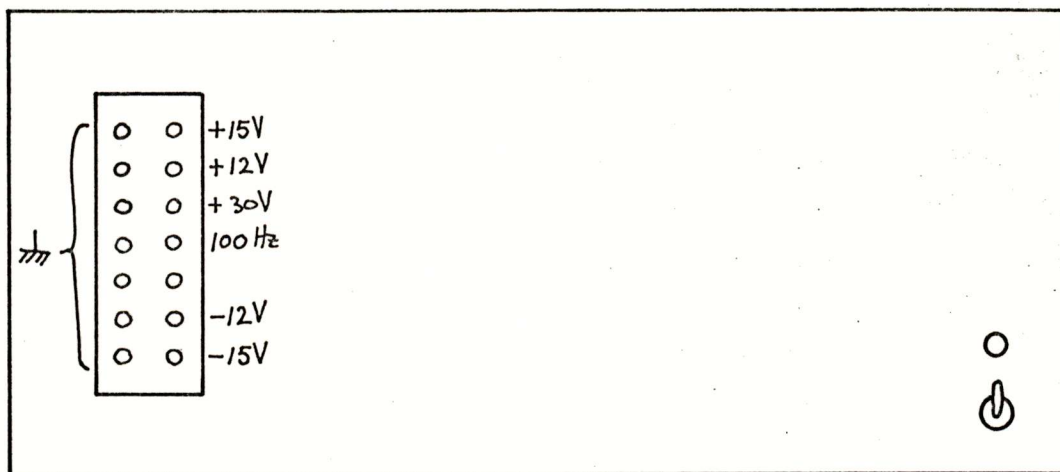


bovenaanzicht  
 µA 78-- en µA 79--

diodes : 1N4007

Mechanische opbouw:

Uitwendige afmetingen van de kast: 260 x 200 x 115 mm



Afregeling:

Stel met  $P_{500}$  de top-topwaarde van het 100 Hz-signaal op 6,5V in.  
De afgeregelde waarde beïnvloedt de door de Z-informatie geschakelde  
frequentiezwaai ( $\pm 55$  Hz) in het lf-modulaat.

Overige gegevens:

- opm. De 30V-uitgang is niet kortsluitvast.
- opm. De voedingselco's zijn te krap bemeten voor grote stroomsterktes.  
Bij gebruik als losse netvoeding van  $\pm 12V$  en  $\pm 15V$  bij 1 A moet  
de capaciteit ervan verdrievoudigd worden.



DE AFREGELING VAN HET GEHELE SYSTEEM

Bij het afregelen van de onderdelen van het systeem kan het beste de hier gegeven volgorde aangehouden worden. Moet om de een of andere reden een onderdeel opnieuw afgeregeld worden, dan moet nagegaan worden of de instellingen, die hier eerder op de lijst genoemd staan, nog correct zijn.

Gedetailleerde procedures voor het afregelen van de hier genoemde instellingen, zijn in de bijlagen B t/m F te vinden.

Bij weergave op een beeldscherm vormt een lijn, die langs de randen van het schrijfvlak van het tableau getrokken wordt, een rechthoek. De absolute grootte van de rechthoek is niet erg van belang; de verhouding breedte:hoogte is dat wel. Om geen vertekende beelden te krijgen moet deze verhouding 1,32 bedragen.

Doe de volgende instellingen:

1. ONTVANGER:

- a. regel de banddoorlatende filters af:  $P_{200}$  t/m  $P_{203}$
- b. regel m.b.v. de ijkgenerator het beeld af op de gewenste grootte en met de verhouding breedte/lengte = 1.32 :  $P_{204}$  t/m  $P_{209}$

2. TABLEAU ( $S_{300}$  in de stand: direkt):

- a. regel de pen op papier/pen van papier-detektie af:  $P_{300}$  en  $P_{301}$
- b. regel de juiste frequentiezwaai af van de X- en Y-informatie in het lf-modulaat:  $P_{302}$  t/m  $P_{305}$

3. GEHEUGEN + TABLEAU ( $S_{300}$  in de stand: via geheugen):

- a. regel kaart 1 en kaart 2 af:  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_{11}$  en  $P_{12}$
- b. regel juiste bemonsterfrequentie af:  $P_{20}$
- c. regel kaart 10 af:  $P_{90}$  t/m  $P_{93}$

4. INTERFACE + GEHEUGEN:

- a. regel de gewenste grootte en verhouding van het beeld af:  $P_{400}$   
t/m  $P_{403}$

Controle op de tot nu toe gedane instellingen:

Bij een goede instelling moeten de volgende rechthoeken bij weergave op het scherm samenvallen:

- a. de rechthoek gemaakt door de ijkgenerator van de doventelefoon.
- b. de rechthoek die ontstaat door een lijn langs de randen van het schrijfvlak op het tableau te trekken (stand  $S_{300}$ : direkt)
- c. de onder punt b genoemde rechthoek, maar nu door het geheugen onthouden en gereproduceerd. (stand  $S_{300}$ : via geheugen).
- d. de rechthoek die het geheugen maakt bij het reproduceren van het vast opgeslagen computer-testbeeld.

Doe bij gebruik in combinatie met een hf-zender en een hf-ontvanger ook nog de volgende instellingen:

5. TABLEAU + HF-ZENDER\*:

- a. regel het juiste niveau af van spraak- en schrijfsignaal:  $P_{311}$   
en  $P_{312}$
- b. regel de afvaltijd van de automaat af:  $P_{310}$

6. ONTVANGER + HF-ONTVANGER:

- a. regel de juiste verzwakking van het luidsprekersignaal af:  $P_{211}$
- b. regel de 1400 Hz en 2200 Hz-toondetektie af:  $P_{212}$  t/m  $P_{215}$
- c. stel de gewenste gevoeligheid in van de ingangen van de papierrecorder. (meestal 50 mV/schaaldeel).

\* WAARSCHUWING: Zorg er voor dat de rf-uitgang van de zender altijd belast is wanneer de zender in de stand zenden gezet wordt.

Voorkom overbelasting van de zender en zorg eventueel voor geforceerde koeling van de eindtrap van de zender.

Voor gegevens en afregelprocedures van de zender wordt verwezen naar [33].

Voor gegevens en afregelprocedures van de hf-ontvanger wordt verwezen naar [34].

Fotomateriaal bij paragraaf 4.2



T H Delft  
experimentele schrift  
verbinding via de  
korte golf.

T H Delft  
experimentele schrift  
verbinding via de  
korte golf.

Fig. 64 Bandbreedte ruis: 0-0,5 Hz Niveau ruis: -25dBr Fig. 65 Bandbreedte ruis: 0-0,5 Hz Niveau ruis: -30 dBr

T H Delft  
experimentele schrift  
verbinding via de  
korte golf.

Fig. 66 Bandbreedte ruis: 0-0,5 Hz Niveau ruis: -35 dBr

TH Delft  
experimentele schrijf  
verbinding via de  
korte golf.

Fig. 67 Bandbreedte ruis: 0-1,5 Hz Niveau ruis: -25 dBr

TH Delft  
experimentele schrijf  
verbinding via de  
korte golf.

Fig. 68 Bandbreedte ruis: 0-1,5 Hz Niveau ruis: -30 dBr

TH Delft  
experimentele schrijf  
verbinding via de  
korte golf.

Fig. 69 Bandbreedte ruis: 0-1,5 Hz Niveau ruis: -35 dBr

T.H. Delft  
experimentele schrijf  
verbinding via de  
korte golf.

Fig. 70 Bandbreedte ruis: 0-15 Hz Niveau ruis: -40 dBr

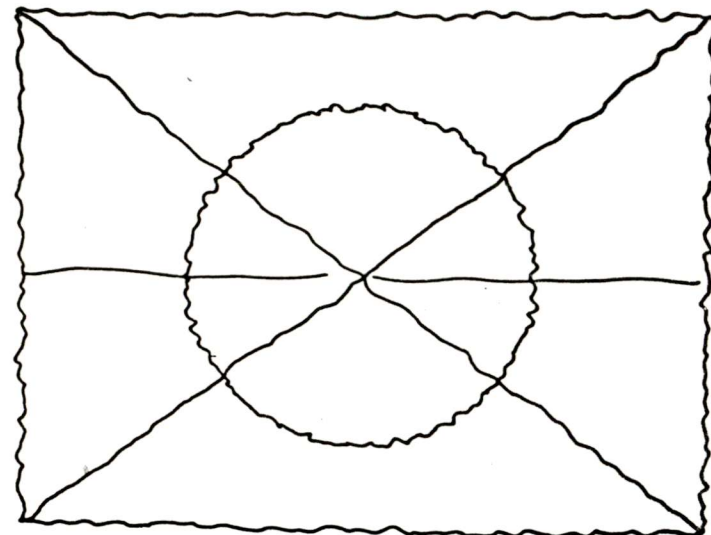


Fig. 71 Bandbreedte ruis: 0-15 Hz Niveau ruis: -40 dBr

T.H. Delft  
experimentele schrijf  
verbinding via de  
korte golf.

Fig. 72 Bandbreedte ruis: 0-15 Hz Niveau ruis: -45 dBr

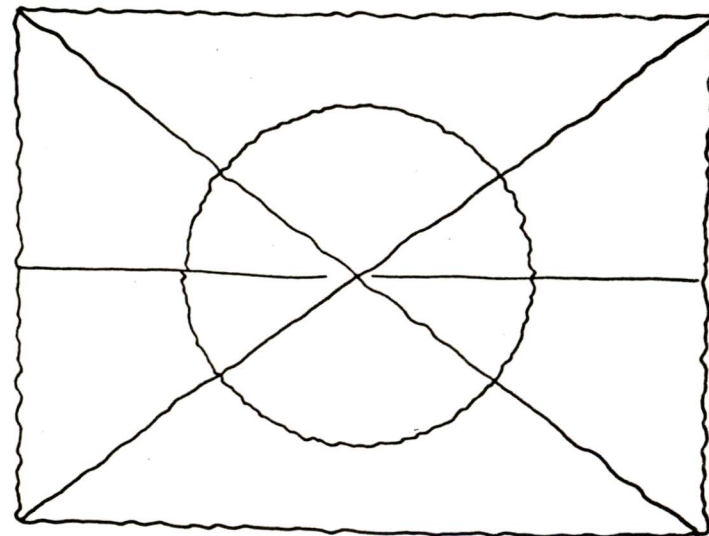


Fig. 73 Bandbreedte ruis: 0-15 Hz Niveau ruis: -45 dBr



T.H. Delft  
experimentele Schrift  
verbinding via de  
korte golf.

Fig. 74 Bandbreedte ruis: 0-15 Hz Niveau ruis: -50 dBr

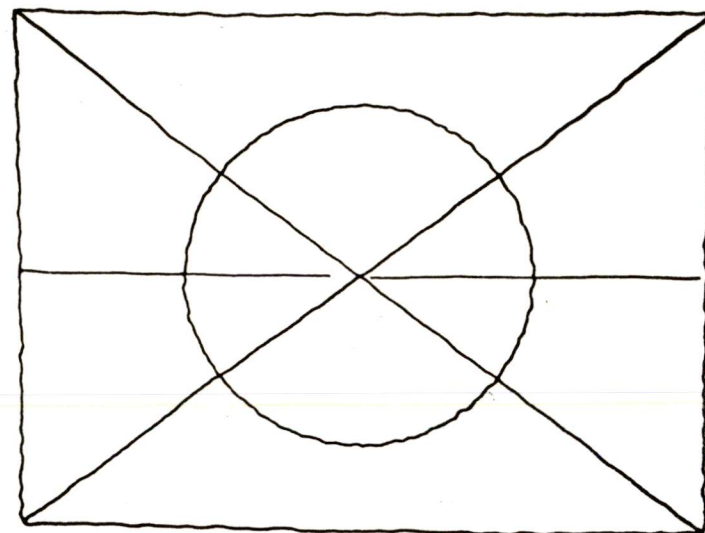


Fig. 75 Bandbreedte ruis: 0-15 Hz Niveau ruis: -50 dBr

T.H. Delft  
experimentele Schrift  
verbinding via de  
korte golf.

Fig. 76 Bandbreedte ruis: 0-15 Hz Niveau ruis: -55 dBr

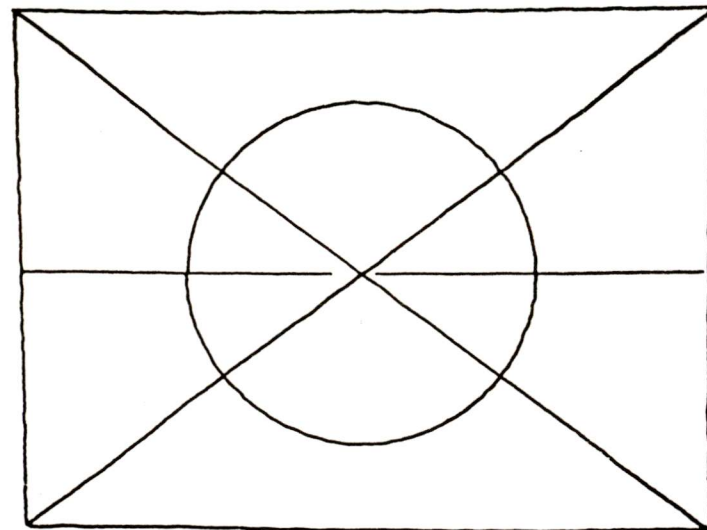


Fig. 77 Bandbreedte ruis: 0-15 Hz Niveau ruis: -55 dBr

VH Delft  
experimentele Schrift  
verbinding via de  
korte golf.

Fig. 78 Bandbreedte ruis: 0-50 Hz Niveau ruis: -45 dBr

VH Delft  
experimentele Schrift  
verbinding via de  
korte golf.

Fig. 79 Bandbreedte ruis: 0-50 Hz Niveau ruis: -50 dBr

VH Delft  
experimentele Schrift  
verbinding via de  
korte golf.

Fig. 80 Bandbreedte ruis: 0-50 Hz Niveau ruis: -55 dBr

VH Delft  
experimentele Schrift  
verbinding via de  
korte golf.

Fig. 81 Bandbreedte ruis: 0-50 Hz Niveau ruis: -60 dBr

Fotomateriaal bij paragraaf 4.3

De foto's in figuur 82 en 83 laten de gevolgen in het beeld zien, als het modulaat door spraak of muziek in hetzelfde kanaal gestoord wordt.

De beelden zijn voornamelijk bedoeld om te laten zien hoe dit type storing er uitziet. Omdat de statistische verdeling van de amplitude en van de voorkomende frequenties voor elk fragment muziek of gesproken woord anders is, hebben de genoemde getalwaarden maar weinig betekenis.

De bandbreedte van het stoorsignaal werd beperkt tot de bandbreedte van een telefoonkanaal (300-3100 Hz). Bij 0 dB komt de maximale top-top waarde van de amplitude van het stoorsignaal overeen met de top-top waarde van het modulaat.

Figuur 82 laat de testbeelden zien, die met eenzelfde spraakfragment gestoord zijn.

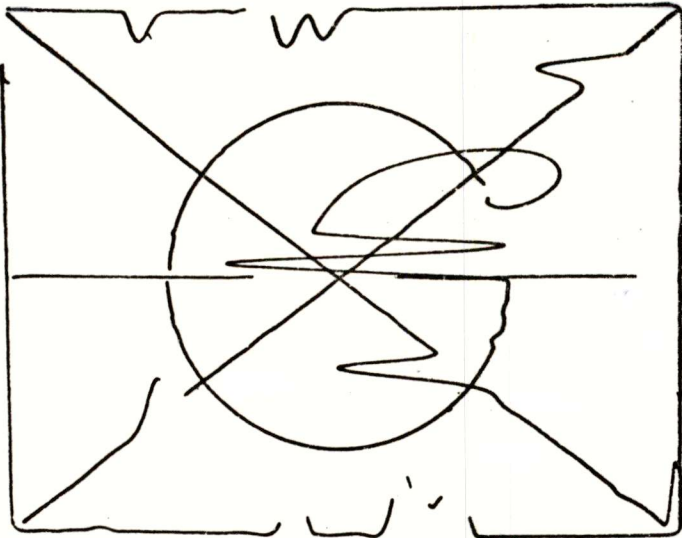
Figuur 83 laat de testbeelden zien, die met eenzelfde muziekfragment gestoord zijn.

De foto's in figuur 84 en 85 laten de gevolgen in het beeld zien, als het modulaat gestoord wordt door een sinus, waarvan de frequentie binnen de banddoorlaat van een van beide filters in de LF-ontvanger valt.

De meting is hetzelfde als de overeenkomstige meting in paragraaf 4.3 met dit verschil, dat het modulaat nu 10 dB verzwakt is t.o.v. het nominale niveau van - 20,5 dBm absoluut.

De verzwakking van de sinus wordt gegeven t.o.v. het verzwakte modulaat.

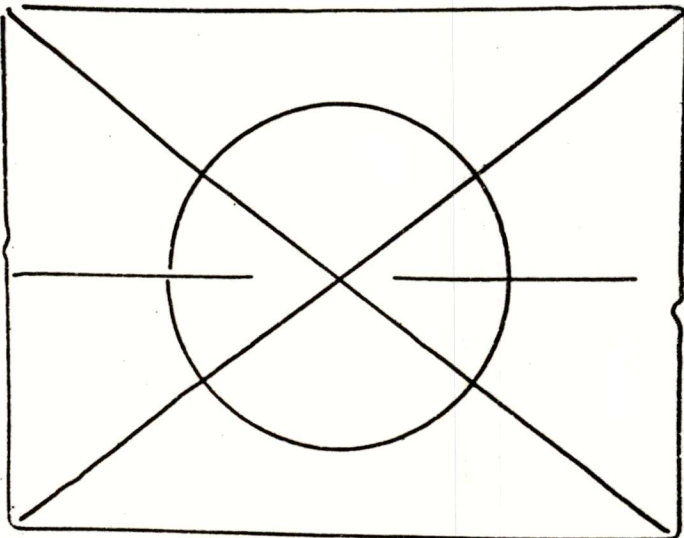




spraak : + 10 dB

*T.H. Delft  
experimentele schrijf  
verbinding via de  
korte golf.*

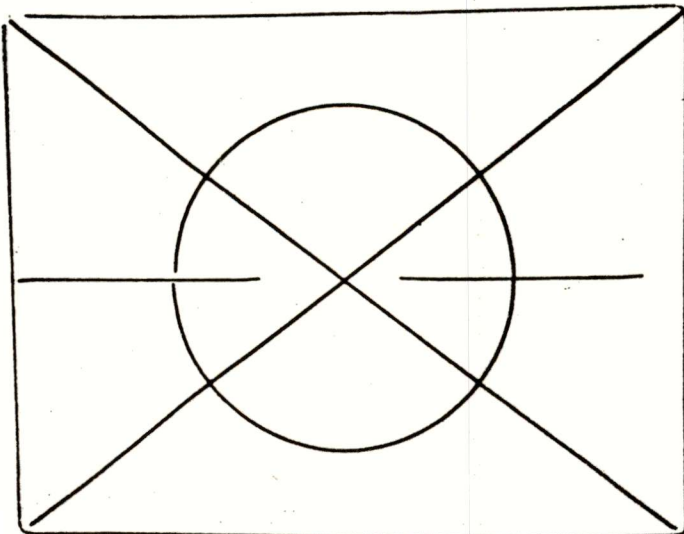
spraak : + 10 dB



spraak : 0 dB

*T.H. Delft  
experimentele schrijf  
verbinding via de  
korte golf.*

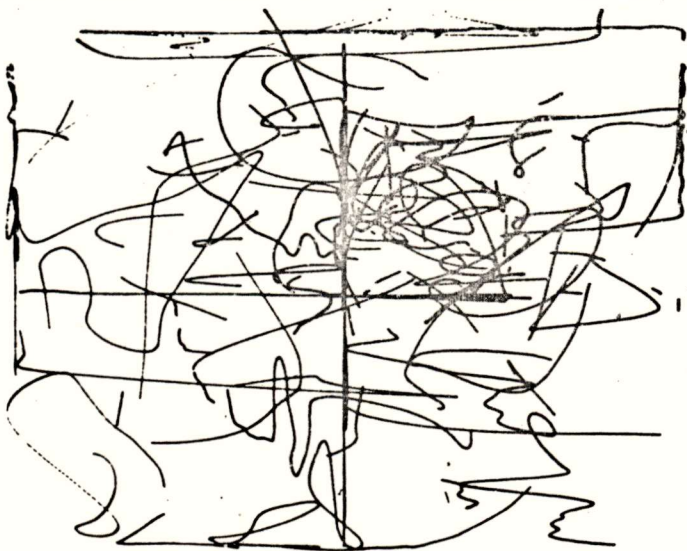
spraak : 0 dB



spraak : - 10 dB

*T.H. Delft  
experimentele schrijf  
verbinding via de  
korte golf.*

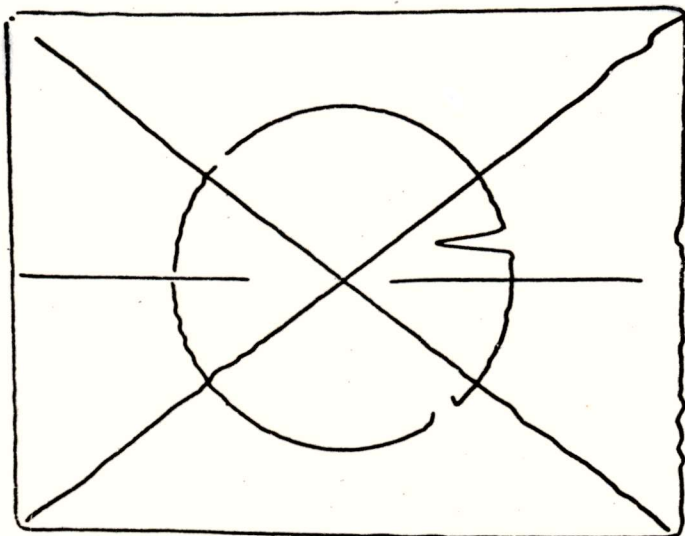
spraak : - 10 dB



muziek : + 10 dB



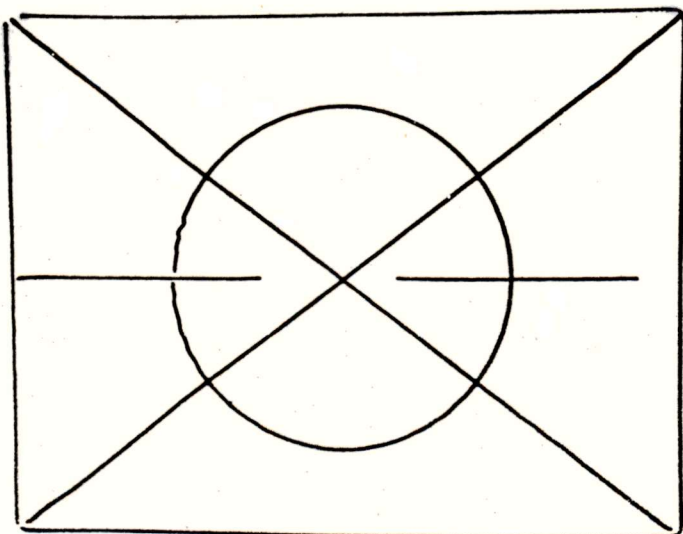
muziek : + 10 dB



muziek : 0 dB

T.H. Delft  
 experimentele schrijf  
 verbinding via de  
 korte golf

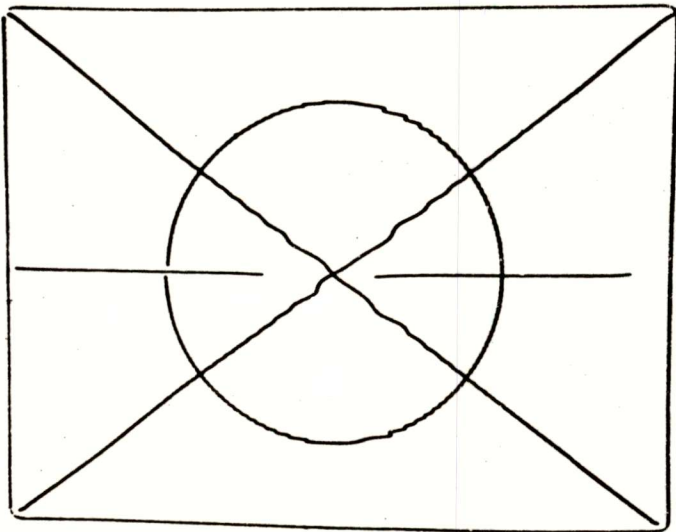
muziek : 0 dB



muziek : - 10 dB

T.H. Delft  
 experimentele schrijf  
 verbinding via de  
 korte golf.

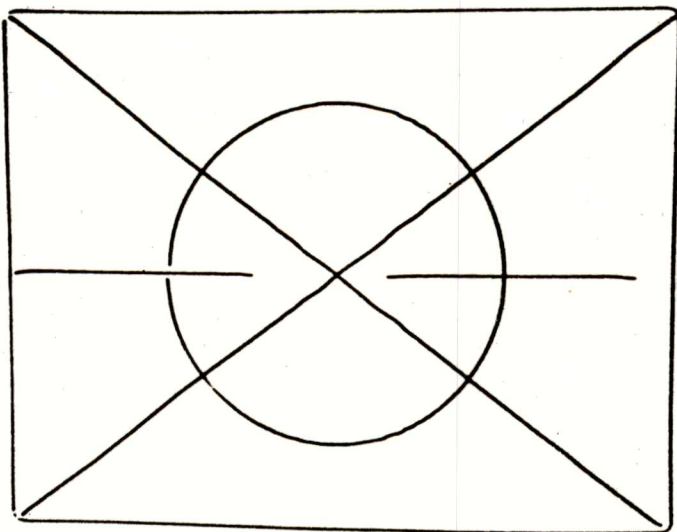
muziek : - 10 dB



1400 Hz sinus : - 10 dB

*T.H. Delft  
experimentele schrijf  
verbinding via de  
korte golf.*

1400 Hz sinus : - 10 dB



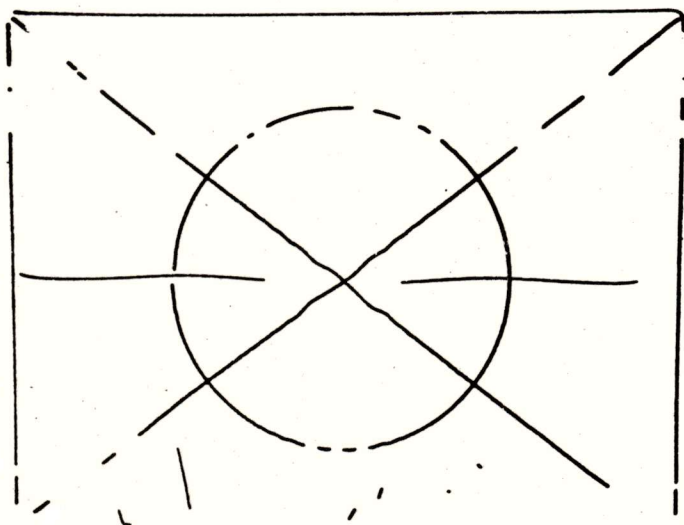
1400 Hz sinus : - 20 dB

*T.H. Delft  
experimentele schrijf  
verbinding via de  
korte golf.*

1400 Hz sinus : - 20 dB

Fig. 84 . Testbeelden gestoord door een 1400 Hz sinus. Het niveau van de sinus (dB) wordt gegeven t.o.v. een verzwakt modulaat (-10 dB<sub>r</sub> = -30,5 dB<sub>m</sub>).

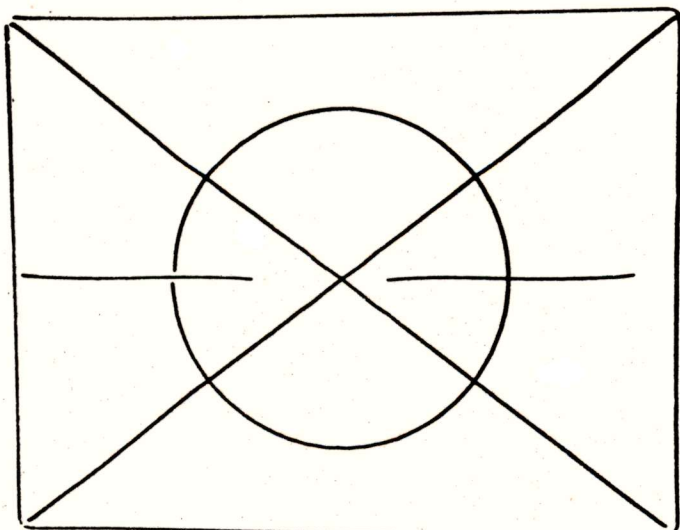




2200 Hz sinus : - 10 dB

Til Delft  
 experimentele schrijf  
 verbinding via de  
 kort. golf.

2200 Hz sinus : - 10 dB



2200 Hz sinus : - 20 dB

Til Delft  
 experimentele schrijf  
 verbinding via de  
 korte golf.

2200 Hz sinus : - 20 dB

Fig. 85. Testbeelden gestoord door een 2200 Hz sinus. Het niveau van de sinus (dB) wordt gegeven t.o.v. een verzwakt modulaat (-10 dBr = -30,5 dBm).

DE GEBRUIKTE APPARATUUR EN DE HERKOMST ERVAN

| <u>Soort</u>   | <u>Merk</u> | <u>Type</u> | <u>Herkomst</u>           |
|----------------|-------------|-------------|---------------------------|
| memoscoop      | Tektronix   | 611         | itl                       |
| ponser         | Facit       | 4070        | schakeltechniek           |
| papierrecorder | Gould       | Brush 220   | med.elektr./regeltechniek |
| zender         | Heathkit    | SB-102      | studieverzameling         |
| baluntrafo     |             |             | studieverzameling         |
| dummyload      | Heathkit    | 'Cantenna'  | itl                       |
| hf-ontvanger   | Heathkit    | SB-303      | ir. Kruijf                |
| counter        | HP          | HP 5253B    | itl                       |
| RMS-voltm.     | HP          | HP 3400     | itl                       |
| spectrum-anal. | HP          | HP 8556A    | itl practicum             |
| spectrum-anal. | HP          | HP 8553B    | itl                       |
| microwattm.    | Boonton     | 42B         | itl                       |
| ruisgenerator  | Rhod+Schw.  | BN 4150     | itl                       |
| hf-generator   | W+G         | PSM-5       | itl                       |
| lf-ruisgener.  | HP          | HP 3722A    | med.elektr./regeltechniek |
| lf-ruisgener.  | HP          | HP 3722A    | Stevinlaboratorium I      |
| versterker     | Philips     | PM 5175     | itl                       |

HET FOTOGRAFISCH VASTLEGGEN VAN SCHRIFT- OF TEKENINGFRAGMENTEN

De in het rapport gebruikte foto's zijn van het scherm van een memoscoop (Tektronix 611) gemaakt.

Vanwege de lage lichtopbrengst van het scherm was het nodig een afschermkap te gebruiken die het omgevingslicht afsluit. Deze kap werd van aluminium gemaakt.

De foto's zijn met een kleinbeeld-spiegelreflexcamera gemaakt.

Als film werd Agfaortho 25 professional gekozen. Deze film heeft een aantal eigenschappen die hem bijzonder geschikt maken voor het maken van foto's waarop alleen zwart en wit weergegeven moeten worden.

Een belichtingstijd van 4 seconden bij diafragma f 5,6 voldeed goed.

De film is door de fotodienst van Elektro ontwikkeld en daarna omgekeerd. Dit laatste is gedaan i.v.m. de te maken xerox-copiëen; een dunne witte lijn tegen een zwarte achtergrond wordt niet goed weergegeven, een zwarte lijn tegen een witte achtergrond wel.

Hierna werden de foto's afgedrukt op fotopapier (grade 4). De vergrotingsmaatstaf is zodanig gekozen dat de schriftfragmenten op de afdrucken dezelfde afmetingen hebben als de originele, met de hand geschreven, fragmenten.



LITERATUUR

Bij de literatuur is zoveel mogelijk aangegeven waar die aanwezig is en onder welk nummer ze te vinden is.

De met CB aangegeven boeken zijn aanwezig in de centrale bibliotheek van de TH te Delft, de overige nummers in de bibliotheek van de afdeling Elektro van de TH.

Algemeen

- {1} Theorie van informatie-transmissie.  
Collegedictaat TH Delft, afd. Elektro. 1976.  
door Prof.Dr.Ir. J.L.Bordewijk.
  
- {2} Communicatiesystemen B.O.  
Collegedictaat TH Delft, afd. Elektro. 1977.  
door Prof.Dr.Ir. J.L.Bordewijk.
  
- {3} Elektrotechnische symbolen  
NEN 5152  
Nederlands Normalisatie Instituut. Rijswijk. 1973.
  
- {4} Reference data for radio engineers.  
Howard W. Sams and Co. Indianapolis. 1975.
  
- {5} Modulation, Noise and spectral analysis.  
McGraw-Hill book company. New York, Toronto, London. 1965.  
door P.F.Panter.
  
- {6} Elektronica III.  
Het Spectrum N.V. Utrecht, Antwerpen. 1970.  
door Prof.Dr.Ir. J. Davidse.
  
- {7} Schriftelijk rapporteren.  
Het Spectrum. Utrecht, Antwerpen. 1974.  
Dr.Ir.H. de Boer e.a.
  
- {8} Professional communication.  
IEEE transactions on professional communication, Vol. PC-20,  
No. 1, june 1977.

Propagatie

- {9} Radio wave propagation and the ionosphere. Vol.1 en 2.  
Consultants bureau. New York, London. 1974.  
door Yakov L. Al'pert.
  
- {10} Ionospheric radio waves. CB 1991 2050  
Blaisdell Publishing Company. Waltham, Massachussets,  
Toronto, London. 1969.  
door Kenneth Davies.
  
- {11} Phase and Frequency instability in electromagnetic wave CB 1945 3335  
propagation  
Technivisio Services. Slough, England. 1970.  
door Kenneth Davies e.a.
  
- {12} Propagation CB 1201 3430  
CCIR XI th plen. ass. VOLUME II.  
I.T.U. Geneve. 1967.
  
- {13} Ionospheric propagation. CB 1927 2213  
CCIR XII th plen. ass. VOLUME II.  
I.T.U. Geneve. 1970.
  
- {14} Ionospheric propagation. CB 1798 1631  
CCIR XIII th plen. ass. VOLUME VI  
I.T.U. Geneve. 1974
  
- {15} Communication channels: Characterization and behavior GA 5  
IEEE. New York.  
Edited by Bernard Goldberg
  
- {16} Propagation in non-ionised media. CB 1798 1625  
CCIR XIII th plen. ass. VOLUME V.  
I.T.U. Geneve. 1975
  
- {17} Microwave mobile communications GA 76  
John Wiley and sons. New York, London. 1974  
door Wiliam C. Jakes Jr.

- {18} Informatietransmissiewegen.  
Collegedictaat TH Delft, afd. Elektro. 1974.  
door Ir L. Krul.
- {19} Short-term frequency stability. CB 1273 2055  
Nasa SP-80. Nasa. Washington DC. 1965.  
Symposium 23-24 nov. 1964.
- {20} Radio wave propagation. CB 1836 6090  
MacMillan. London. 1974.  
door A. Picquenard.

Communicatiesystemen

- {21} Transmission systems for communications.  
Bell telephone laboratories, Inc. 1971.  
door medewerkers van Bell telephone.
- {22} Fixed and mobile services CB 1201 3446  
CCIR XI th plen. ass. VOLUME III.  
I.T.U. Geneve. 1967
- {23} Fixed service at frequencies below about 30 MHz. CB 1927 2252  
CCIR XII th plen. ass. VOLUME III.  
I.T.U. Geneve. 1970
- {24} Fixed services at frequencies below about 30 MHz. CB 1797 1584  
CCIR XIII th plen. ass. VOLUME III.  
I.T.U. Geneve. 1975.
- {25} IFRB Handbook on recommended techniques for better CB 1880 1310  
utilisation and reduction of congestion of the high  
frequency radio spectrum.  
I.T.U. Geneve. 1973.
- {26} Communications systems design: line of sight and tropo- GA 71  
scatter systems.  
MacGraw Hill book company. New York. 1972.  
door Philip F. Panter Ph.D.



- {27} Communication systems and techniques. GA 53  
MacGraw Hill book company. New York. 1966.  
door Mischa Schwartz, William R. Bennett, Seymour Stein.

Zendtechnik

- {28} Focus on packaged oscillators.  
Electronic design 19, September 13, 1974.  
door Jim McDermott.
- {29} Radio Handbook. CB 1888 3053  
Howard W. Sams and Co Inc. Indianapolis, Indiana. 1972.  
door William I. Orr.
- {30} Single sideband principles and circuits. CB 1231 3345  
McGraw Hill book company. New York, Toronto, London. 1964.  
door E.W. Pappenfus, Warren B. Bruene, E.O. Schoenike.
- {31} SSB- und ISB-Technik. CB 1805 7257  
Franzis-Verlag. München. 1975.  
door Horst Pelka.
- {32} Simple, low-cost wire antennas for radio amateurs. CB 1135 8493  
Wilton, Radio Publishers. 1976.

- {33} SB-102 SSB-Transceiver. studieverza-  
Heathkit assembly manual. meling  
Heath Company. Benton Harbour. Michigan. 1970.
- {34} SB-303 Solid State SSB-Receiver. hr. Kruijf.  
Heathkit assembly manual.  
Heath Company. Benton Harbour. Michigan. 1970.

Grafische telecommunicatie

- {35} Een differentiële kettingcodering van lopend handschrift  
met een in de schrijfrichting meelopend lobvormig code-  
raster.

Afstudeerverslag TH Delft, afd. Elektro. 1977.  
Rapportnummer: ITL 05-1-565(1977)28-132. Deel 1.  
door J.J. Hendrikx.

{36} A writing tablet for converting current handwriting  
into electrical signals.

Tijdschrift van het Nederlands Electronica- en  
Radiogenootschap, 38, no.6, 1973.  
door Ir. L.R. Nieuwkerk.

{37} De Doventelefoon.

Een nog te publiceren rapport over het Doventelefoon-  
project.

TH Delft, Afd. Elektro., Vakgroep ITL.  
door Ir. R Hak.

{38} Grafische telecommunicatie.

Delftse Universitaire Pers. Delft. 1975.  
Colloquiumverslag van de afdeling Elektro van de TH Delft.

