

MASTER

Fotomatrix computer input : een toestel voor het on-line registreren van optische configuraties ten behoeve van visuele patroonherkenning

Verhagen, Pleunes W.

Award date:
1972

[Link to publication](#)

Disclaimer

This document contains a student thesis (bachelor's or master's), as authored by a student at Eindhoven University of Technology. Student theses are made available in the TU/e repository upon obtaining the required degree. The grade received is not published on the document as presented in the repository. The required complexity or quality of research of student theses may vary by program, and the required minimum study period may vary in duration.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Rapport nr: 246

P.W. Verhagen

FotoMatrix Computer Input

Instituut voor Perceptie Onderzoek
Insulindelaan 2
Eindhoven

PLØN/ES
72/34
72-11-08

Rapport nr. : 246

Onderwerp : FotoMatrix Computer Input
Een toestel voor het on-line re-
gistreren van optische configura-
ties ten behoeve van visuele pa-
troonherkenning.

Schrijver : P.W. Verhagen^{*}

Periode van onderzoek: Dec. 1971 - Nov. 1972.

TU Eindhoven Fac. Elektrotechniek
Afstudeerverslagen, nr. 1132

^{*} Afstudeerder van de Technische Hogeschool Eindhoven,
afd. der Elektrotechniek.

Het afstudeerwerk werd uitgevoerd o.l.v. Dr. H. Bouma

Inhoud.

	blz.
Summary.	0
1. <u>Inleiding.</u>	1
1.1. Een aanduiding van de aard van het project.	1
1.2. Het visueel herkennen van patronen.	2
1.3. Technische herkenners.	5
1.4. Het gebruik maken van modellen bij de bestudering van het visuele patroonherkenningssysteem.	9
2. <u>De opdracht, een programma van eisen.</u>	12
3. <u>De realisering van de hardware.</u>	19
3.1. De fotomatrix.	20
3.2. Het tussenschakeltoestel.	45
3.3. Het blokschema.	57
4. <u>Een testprogramma.</u>	59
4.1. De functies van het testprogramma.	59
4.2. Communicatie tussen de fotomatrixopstelling en de computer.	60
4.3. Het testprogramma, een beschrijving van de functies van de onderdelen.	67
4.4. Het programma.	76
5. <u>Resultaten.</u>	88
5.1. Resultaten betreffende de communicatie tussen opstelling en computer.	88
5.2. Resultaten van het berekenen van correctiematrices.	96
6. <u>Conclusie.</u>	109
Slotopmerking.	111
Appendix A. Het visuele systeem en het herkennen van patronen.	112
Appendix B. Gebruiksaanwijzing van het tussenschakeltoestel.	124

	blz.
Appendix C. Gebruiksaanwijzing van het test- programma.	128 .
Literatuur.	139

Summary.

At the Institute for Perception research one is interested in the study of software models of the visual system, concerning pattern recognition.

To present optical stimuli to such models on-line, a hardware input-device has been constructed.

The apparatus consists of a ~~photo~~ array of 256 phototransistors, forming a 16 x 16 matrix, and a special interface, via which the fotomatrix is connected to a P 9202-computer.

The interface-computer connection counts 16 analog channels, operating at an accuracy of 10 bits each. From the computer a 16-bits digital signal arrives at the interface for switching purposes and display.

To make it possible to change parameters in a running program the interface is equipped with several command-switches.

In a range from 10 to about 2000 lux the combination of the Fotomatrix-computer-input and the computer program gives for each receptor-element an equal output to equal light levels within a few percent.

1. Inleiding

1.1 Een aanduiding van de aard van het projekt.

Op het Instituut voor Perceptie Onderzoek is men geïnteresseerd in de vraag op welke wijze de analyse van zenuwsignalen in de hersenschors leidt tot het herkennen van visuele patronen.

Om met eigenschappen van het visuele systeem, die worden vermoed bijvoorbeeld op grond van fysiologisch onderzoek, te kunnen experimenteren, wil men die eigenschappen trachten onder te brengen in een model.

Voor dat model is het nodig te beschikken over een foto-receptorveld, dat ~~on-line~~ is aangesloten aan een computer.

Het ontwerpen en vervaardigen van een receptorveld en een daarbij behorend tussenschakeltoestel, waarmee dat receptorveld op de computer is aangesloten, werd het afstudeerprojekt waarop dit verslag betrekking heeft.

1.2 Het visueel herkennen van patronen.

In het oog wordt op het netvlies een optische afbeelding van de buitenwereld gevormd. (Fig. 1.1)

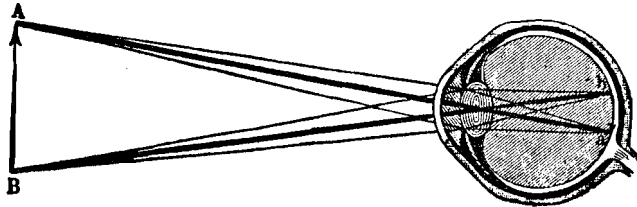


fig. 1.1: Een eenvoudige weergave van de beeldvorming in het oog.
(Van Helmholtz (1884))

Het netvlies (Fig. 1.2) bevat miljoenen staafjes en kegeltjes, lichtgevoelige elementen die afhankelijk van de lichtverdeling in de optische afbeelding meer of minder worden geprikkeld

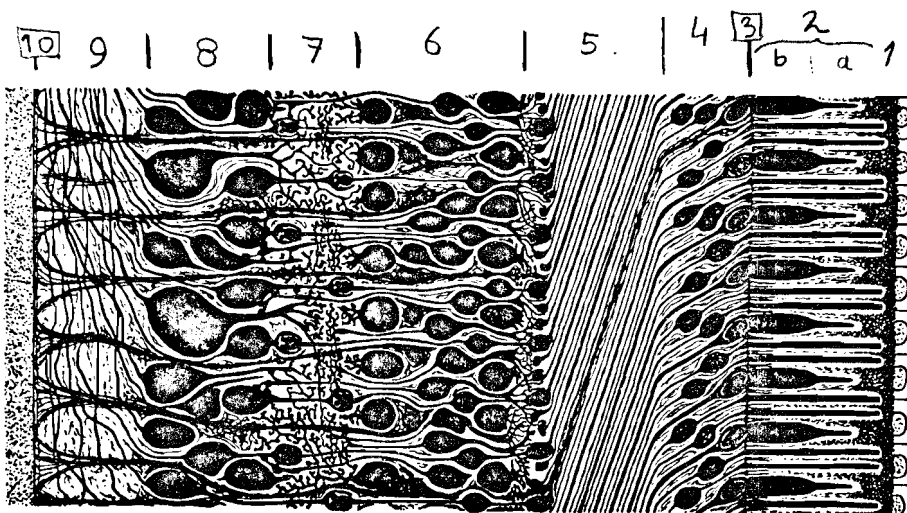


fig. 1.2: Doorsnede door een stukje menselijk netvlies in de buurt van de gele vlek (Van Polyak, The Retina, 1941)

2 a,b: staafjes en
kegeltjes

8: laag van geheugen-
cellen, zenuwcellen
in het netvlies.

Door zenuwcellen worden deze prikkelingen vertaald in series elektrische zenuwpulsjes, die via de oogzenuw naar de hersenen worden geleid.

Daar worden de signalen geanalyseerd in de visuele hersen-

schors.(Fig. 1.3).

Deze analyse leidt uiteindelijk tot waarnemen.

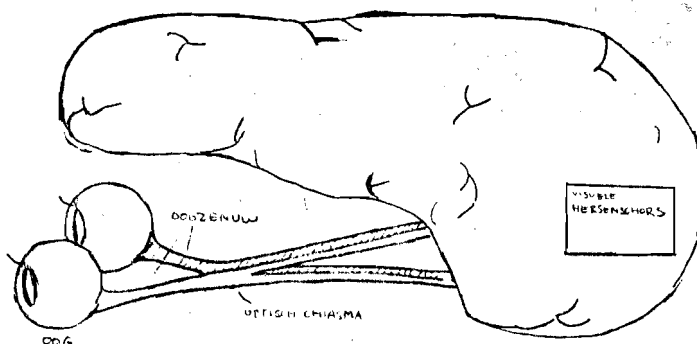


fig. 1.3: Schematische voorstelling van het visuele systeem

Over de wijze waarop de signaalanalyse plaatsvindt, bestaan plausibele veronderstellingen op grond van fysiologisch onderzoek met proefdieren.

Door het inbrengen van fijne elektroden kan men bij proefdieren in de hersenschors de activiteit van afzonderlijke zenuwcellen meten.

Hubel en Wiesel (1959) vonden in de visuele hersenschors van de kat zenuwcellen die gevoelig zijn voor de richting waarmee lijnen of randen op het netvlies worden geprojecteerd.

Zo'n cel ontvangt zijn signalen van een bij die cel behorend receptorveld, een groep cellen op het netvlies waarvan de signalen in die cel worden gecombineerd. Zo'n receptorveld is schematisch weergegeven in fig. 1.4.

Doordat sommige receptoren als ze worden belicht een positieve bijdrage leveren, en andere een negatieve, gedraagt de hersencel zich als een richtingsdetektor.

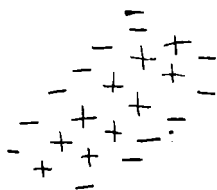


fig. 1.4

Schematische voorstelling van een receptorveld
+ = receptor met een excitatieve invloed
- = receptor met een inhiberende invloed

Met dit en later onderzoek (1962, 1965, 1968) onderscheiden Hubel en Wiesel vier typen schorscellen:

Eenvoudige cellen, complexe cellen, hypercomplexe cellen van lagere orde en hypercomplexe cellen van hogere orde.

Eenvoudige cellen zijn de hiervoor beschreven richtingsdetektorcellen. Deze cellen hebben een klein receptorveld. Complexe cellen "zien" richtingen tot op zekere hoogte onafhankelijk van de plaats.

Het lijkt er op alsof ze in een of-schakeling zijn verbonden met eenvoudige cellen.

Bij hypercomplexe cellen van lagere orde speelt naast de richting ook de lengte van een lijn een rol.

Het lijkt erop dat bij een gegeven richting aan de ene kant van een op het receptorveld min of meer vastliggend eindpunt complexe cellen aan de hypercomplexe een positieve bijdrage leveren, en complexe cellen aan de andere zijde van zo'n eindpunt een negatieve: overschrijdt een lijn zo'n eindpunt dan houdt de excitatie van de hypercomplexe cel op. Hypercomplexe cellen van hogere orde "zien" richtingen met een bepaalde lengte, zonder dat daarvan de eindpunten erg vastliggen. Het lijkt erop alsof ze in een of-schakeling zijn verbonden met een groep hypercomplexe cellen van lagere orde.

Anatomisch zouden in de hersenschors cellen van grotere complexiteit verder afluigen van de plaats waar de signalen uit het oog arriveren.

Enkele veronderstellingen zijn nu:

- De signaalverwerking is hiërarchisch, d.w.z. dat cellen van hogere orde (grotere complexiteit) hun signalen ontvangen van een bij die cel behorende combinatie van cellen van lagere orde (lagere complexiteit). Herhaald combineren van signalen in cellen van een volgend hoger niveau leidt uiteindelijk tot herkennen.
- Op eenzelfde hiërarchisch niveau geldt het concurrentieprincipe:
Wanneer bij een op het netvlies aangeboden richting meerdere richtingsdetectiecellen worden gestimuleerd, be-

paalt de cel die het meest exciteert de aangeboden richting.

- Als op een hoger hiërarchisch niveau een cel exciteert dan wordt het doorgegeven naar hogere niveaus van de signalen van de cellen van lagere orde, die met de hogere verbonden zijn, onderdrukt.
- De signaalverwerking verloopt langs vele parallele kanalen. Vanuit een vrij grove meervoudige representatie op het niveau van de eenvoudige cellen, wordt de analyse van alle deelsignalen tegelijk uitgevoerd. De bewerkingen convergeren naar een plaats op het voor de stimulus hoogst bereikbare hiërarchische niveau waar de gehele configuratie wordt herkend door het doen exciteren van de voor de stimulus specifieke cel of groep cellen. Deze parallele verwerking zou de oorzaak zijn van de snelheid van het visuele systeem: In een oogopslag herkent men een complexe vorm.

Voor een uitvoeriger beschrijving van het visuele systeem wordt verwezen naar Appendix A.

1.3 Technische herkenners.

Op het gebied van de technische patroonherkenning zijn veel activiteiten gaande. Deze zijn meestal gericht op direkte toepassingen, zoals het herkennen van letters en cijfers, het klassificeren van witte bloedlichaampjes of het bemeten van foto's die gemaakt zijn in een Wilsonkamer, om een paar voorbeelden te noemen.

Een overzicht van de verschillende technieken die daarbij in gebruik zijn, geeft Nagy (1968).

Door een patroonherkenner wordt een aangeboden beeld in vier stappen behandeld:

1° Het beeld wordt geregistreerd.

De methoden vallen uiteen in twee hoofdgroepen:

- Scanners, Toestellen waarin door het punt voor punt aftasten van een beeld een sequentieel geordende reeks meetpunten wordt opgenomen die een representa-

tie zijn van het aangeboden patroon.

- Toestellen die parallel registreren: De informatie van het totale beeld wordt in punten opgedeeld gelijktijdig geregistreerd.

Voor het gebruik van een computer is het vrijwel steeds noodzakelijk van een scanner gebruik te maken: de rekenmachine kan alleen sequentieel geordende informatie verwerken.

Voor enkele computers die een paralleladresserings-systeem hebben of voor een louter hardware patroonherkenner, is een parallelle registratie geschikt.

- 2° Het na registratie beschikbare signaal wordt voorbewerkt. Om het te herkennen patroon beter uit de context te kunnen detekteren, verhoogt men bijvoorbeeld het contrast.
- 3° De eigenschappen van het aangeboden patroon worden onderzocht.

De wijzen waarop dat gebeurt, zijn te verdelen in drie hoofdgroepen:

- Vergelijken met een ideaal type.

In de herkenner bevinden zich mallen van de vormen die door de herkenner moeten kunnen worden gezien. Door een aangeboden beeld in grootte te normeren en dan in de mallen te passen, wordt getracht het aangeboden patroon onder te brengen in één van de klassen die kunnen worden herkend.

- Analyseren of een beeld bepaalde kenmerken heeft (feature extraction).

Een aangeboden patroon wordt onderzocht op het voorkomen van richtingen en krommingen, contrastverloop en dergelijke.

Bepaalde combinaties van kenmerken zijn specifiek voor een klasse van patronen. Als een aangeboden patroon in zo'n klasse valt, wordt hij als element van die klasse herkend. Wanneer een patroon in aanmerking komt voor twee van dergelijke klassen dan wordt de

klasse waarin het patroon het best past gekozen.
(concurrentieprincipe).

- Hiërarchisch verwerken van een beeld.

Deze methode wordt gebruikt in combinatie met de vorige: Een signaal wordt geanalyseerd op primaire kenmerken, die voorwaarde zijn voor herkenning. Als die voorkomen wordt op een volgend (hoger) verwerkingsniveau gezocht naar secundaire kenmerken, enz.

4° Beslissen.

Na de signaalanalyse wordt, indien mogelijk, een keuze gemaakt tussen de patronen die de herkenner kent.

Bij het analyseren met mallen betekent dit, dat het toestel een beslissing neemt over de mate waarin een patroon in de mal past. Met een ingebouwd criterium wordt beslist of de gevonden pasvorm voldoende is.

Bij het analyseren op verbanden tussen kenmerken, wordt op vergelijkbare wijze een gevonden combinatie al of niet ingedeeld. In twijfelgevallen wint de beste.

In hiërarchische structuren worden dergelijke beslissingen op elk niveau genomen.

Op het hoogste niveau is nog slechts een beperkte groep mogelijkheden over waaruit de machine een laatste keuze doet.

De methoden die worden gebruikt in de hiërarchische beslissingsstructuren en bij de beslissingsmethoden die gebruik maken van onderlinge verbanden tussen patroon-elementen, vertonen veel overeenkomst met het biologische systeem.

(Barlow, Narasimhan en Rosenfeld (1972)).

Hoewel de werkwijze tot op zekere hoogte vergelijkbaar is, gelden deze herkenners toch in het algemeen niet als modellen voor het visuele systeem.

De herkenners zijn geconstrueerd met het doel een bepaalde groep patronen te kunnen herkennen: niet het hoe wordt herkend, maar wat wordt herkend staat centraal. De werkwijze is daaraan aangepast.

Het visuele systeem analyseert een aangeboden signaal in eerste instantie op globale kenmerken.

Bij het zien van bijvoorbeeld een auto is men er zich eerst van bewust een auto te zien, voor men "lagere" kenmerken zoals merk en kleur herkent.

Dit in tegenstelling tot hiërarchische technische herkenners, waarin op elk niveau doorgaans precieze bewerkingen worden uitgevoerd, ook als het daarbij op verschillende plaatsen alleen om het herkennen van globale kenmerken gaat.

Een interessante herkenner is die van Fukushima (1966, 1969, 1970). Hij maakte gebruik van de hypothesen van Hubel en Wiesel en ontwierp daarmee een gelaagd netwerk van analoge verwerkings-elementen met een drempelfunctie, waarmee hij in zes lagen o.a. contrastdetektiecellen, eenvoudige cellen en complexe cellen simuleert. Zijn model werkt hiërarchisch.

Niet voorzien is het onderdrukken van signalen van cellen die bijdragen aan het exciteren van een hogere. Het herkennen van een over meerdere eenvoudige cellen verdeelde enkele rechte als één rechte, het toekennen van een richting op grond van het principe, dat de grootste wint en het gedrag van het model op "vreemde" stimuli (zoals stippellijnen) zijn in zijn beschouwing niet aan de orde. Ook hij is geïnteresseerd in een specifiek doel: het herkennen van handgeschreven letters en cijfers.

Door eigenschappen, die waarschijnlijk voor het visuele systeem gelden, in te bouwen, hoopt hij dat doel te bereiken. Hoewel hij niet expliciet een model van het visuele systeem wilde bouwen is door de werking van zijn toestel deze herkenning enigszins als zo'n model te beschouwen.

Om een patroonherkenner te bouwen die als het visuele systeem werkt, moet eerst veel meer over het visuele

systeem bekend zijn. Technisch is dat wèl interessant, omdat de snelheid van het oog bij het herkennen van vormen veelal nog hoog is t.o.v. de rekentijd die nodig is om met een acceptabele accuratesse een computer hetzelfde te laten doen.

1.4 Het gebruik maken van modellen bij de bestudering van het visuele patroonherkenningsysteem.

Op het Instituut voor Perceptie Onderzoek is een begin gemaakt met een onderzoek met modellen door Cosijn en Hoeks (1970).

Zij bouwden een elektronische richtingsdetektor met een receptorveld bestaande uit 24 lichtgevoelige weerstanden welke aan een aangeboden stimulus één van vier richtingen toekent: horizontaal, plus of min 45° of vertikaal.

Hun model is niet hiërarchisch.

Het werkt wel volgens het principe dat de sterkste wint: Het model kan opgevat worden te bestaan uit vier eenvoudige richtingsdetektiecellen waarvan de cel die het meest exciteert de waargenomen richting bepaalt.

Stippellijnen zijn tot op zekere hoogte toegestane stimuli.

De bestaande richtingsdetektor vormt het uitgangspunt voor het zetten van een volgende stap:

Het ontwerpen van een hiërarchisch model waarin een beperkt aantal richtingsdetektorcellen samenwerken, bijvoorbeeld 16 cellen die in een vier bij vier veld zijn gerangschikt. Lettend op wat hiervoor is geschreven zou het eerste resultaat daarvan dan bijvoorbeeld moeten zijn dat een ononderbroken rechte als één rechte wordt gedetekteerd, dat de signalen van enkele cellen worden onderdrukt als een langere lijn aanwezig is en dat "vreemde" stimuli, waarin een uitgesproken richting waarneembaar is (bijvoorbeeld een stippelijlijn) als een lange richting wordt gedetekteerd.

Voor het realiseren van zo'n model heeft men twee mogelijkheden:

Men kan ^{het} geheel opbouwen uit discrete componenten, òf, men

kan gebruik maken van een rekenmachine, waarmee men het model geheel of gedeeltelijk simuleert. Een model uitvoeren met discrete componenten heeft als belangrijk nadeel dat het aanpassen van de eigenschappen van zo'n model aan nieuwe inzichten meestal of beperkt mogelijk is, of een zeer grote inspanning vergt. Bovendien wordt een volledig hardware model al snel een zeer gecompliceerde elektronische schakeling, die op zich een grote investering in tijd vraagt voor die bedrijfszeker functioneert.

Om een model gemakkelijk modificeerbaar te houden is het beter gebruik te maken van een computerprogramma. Voor wat betreft het aanbieden van stimuli aan een model heeft het beschikken over een hardware receptief veld de voorkeur: Men kan de effecten op een model van allerlei verschillende stimuluspatronen op een snelle en tastbare wijze bekijken. Een computerprogramma is hier minder flexibel.

Het IPO beschikt over een computer P 9202. Een optimale combinatie is derhalve in dit geval de combinatie waarbij een hardware receptorveld ~~on-line~~ wordt aangesloten aan de computer.

Om die combinatie geschikt te houden voor vele toekomstige modellen dient de eigenlijke verwerkingsstructuur geheel in het computerprogramma te zitten.

Bij het inlezen van de signalen van de afzonderlijke receptor-elementen wordt geen enkel verwerkingsprincipe toegepast: De getalwaarden die in de computer arriveren zijn een rechtstreekse maat voor de hoeveelheid licht die elk receptor-element ontvangt.

Als na verloop van tijd met dit systeem een model ontwikkeld is dat de moeite waard maakt, kan een hardware display die eveneens on-line aan de computer zit, het systeem completeren.

Het gehele verwerkingsstelsel bestaat dan uit drie elementen:

- Een on-line aan de computer aangesloten receptorveld.
- Een computerprogramma.
- Een display.

Zoals onder 1.1 vermeld beperkte het afstudeerwerk, waarop dit verslag betrekking heeft, zich tot het zetten van de eerste stap.

2. De opdracht, een programma van eisen.

De opdracht luidt:

Het scheppen van technische faciliteiten die het mogelijk maken om visuele patronen met computerprogramma's te verwerken.

Die verwerkingen hebben tot doel het doen van experimenten met mogelijke modellen van de werking van het (biologische) visuele systeem met betrekking tot patroonherkenning.

De opdracht wordt gerealiseerd door:

- I. Het ontwerpen en vervaardigen van een fotoreceptief oppervlak dat bestaat uit diskrete receptorelementen.
- II. Het ontwerpen en vervaardigen van een tussenschakeltoestel waarmee het fotoreceptief oppervlak on-line wordt aangesloten aan een computer.

Bij het opstellen van een programma van eisen waaraan deze apparatuur moet voldoen spelen drie elementen een rol:

- 1° De mogelijkheden van de apparatuur in verband met de toepassing waarvoor ze wordt gerealiseerd.
 - 2° De werkomstandigheden waaronder de apparatuur moet worden gebruikt.
 - 3° De ingangsfaciliteiten van de computer waarop de apparatuur moet worden aangesloten.
- Ad 1°. Voor de toepassing van de apparatuur zijn de volgende aspecten in overweging genomen:
- Het aantal receptorelementen van het receptief oppervlak mag niet te klein zijn.
- Om, in principe uitgaande van de richtingsdetektor van Cosijn en Hoeks, een hiërarchisch model te kunnen maken, moeten er zoveel receptorelementen zijn, dat er een voldoende aantal richtingsdetektoren in kunnen worden ondergebracht om een hiërarchische verknopingsstructuur te kunnen verkrijgen, die essentieel meer kan dan één enkele detektor. (Bijvoorbeeld interpoleren tussen richtingen, eindpunten zien of snijpunten zien).

De kleinste maat van een receptorveld dat daarvoor voldoende groot wordt geacht, biedt ruimte aan 16 in een vier bij vier opstelling gerangschikte richtingsdetektoren.

- De afmetingen van het receptorveld moeten zodanig zijn, dat het voor de experimenten goed hanteerbaar is. Dat wil zeggen, dat het gemakkelijk zichtbaar moet zijn hoe een lichtpatroon op het receptief veld er uitziet en waar het is gelokaliseerd. Dit betekent, dat het receptorveld niet te klein mag zijn. Een vierkante decimeter lijkt een goede orde van grootte.

- Om een programmeur die een model gaat programmeren zoveel mogelijk graden van vrijheid te geven, moeten de getalwaarden, die de computer leest als representanten van de uitgangssignalen van de receptoren, een continue (bij voorkeur lineaire) functie zijn van het lichtniveau waarmee de receptoren worden aangestraald.

De programmeur is dan vrij om al dan niet het traject van licht naar donker in een diskreet aantal stappen te verdelen.

- Wanneer eenmaal een model geprogrammeerd is, dan is het prettig de mogelijkheid te hebben om in het programma op van te voren gekozen plaatsen te kunnen ingrijpen zonder het programma zelf te behoeven veranderen.

Bijvoorbeeld het in hardware kunnen veranderen van een drempelwaarde maakt het mogelijk het gedrag van een model als functie van zo'n drempelwaarde te bestuderen.

Ook kan het prettig zijn om op de randapparatuur met schakelaars te kunnen kiezen welke programmadelen wel en welke niet moeten worden uitgevoerd. Het tussenschakeltoestel dient bedieningselementen te hebben die de programmeur dergelijk comfort bieden.

- Meestal zal men de reactie van een model op een aangeboden stimulusconfiguratie éénmaal willen kennen:

Door een druk op een knop start de verwerkingscyclus één keer. Voor bijvoorbeeld demonstratiedoeleinden kan het nodig zijn dat het model continu kijkt (Dat wil zeggen dat de verwerkingscyclus repeteert). In beide mogelijkheden moet zijn voorzien.

- Het tussenschakeltoestel moet voorbereid zijn op het uitvoeren van de derde stap uit hoofdstuk 1.4, het vervaardigen van een display.

Ad 2°. De werkomstandigheden waaronder de toestellen moeten worden gebruikt, worden bepaald door de aard van de experimenten: Het gedrag van een model wordt bekeken door het aanbieden van een optische configuratie (= het op het receptief oppervlak projekereren van een stimulusfiguur). Om dat gecontroleerd te kunnen doen, moet de apparatuur zijn opgesteld in een donkere ruimte.

De ruimte op het Instituut voor Perceptie Onderzoek die voor dit doel beschikbaar is, bevindt zich in kabel-lengte 35 meter van de computer: De signalen moeten worden getransporteerd over lange leidingen.

Om bij experimenten en demonstraties vrij te zijn in het kiezen van methodes waarmee stimulusfiguren op het receptorveld worden geprojecteerd, moet de apparatuur goed functioneren over een ruim gebied van lichtniveaus.

Ad 3°. De computer van het IPO is een Philips P 9202. Het geheugen van deze machine is 16 k groot. De rekenmachine heeft een FORTRAN-IV compiler. Voor de in- en uitvoer van andere dan alpha-numerieke informatie is de machine uitgerust met een PC-1800 Modular Input Output System (MIOS).

In dit systeem onderscheidt men vier verschillende in- of output modules (Muller (1972)):

1. AISM: Analog Input Solid state Module.

De input van deze moduul mag liggen in het bereik van -2 tot +2 Volt.

De precisie is 14 bits: 2 Volt wordt in de

machine geregistreerd als 16383.

2. DISM: Digital Input Solid state Module.

Een aangeboden getal wordt gerepresenteerd door 16 bits parallel.

Voor een kanaal geldt: Wanneer een aangeboden spanning lager is dan of gelijk is aan 2,5 Volt (met als minimum -120 V) dan ziet de computer een 0.

Is de spanning groter of gelijk aan 5,5 Volt (tot 125 V) dan ziet de computer een 1.

3. AOFM: Analog Output Fast Module.

De output heeft een bereik van 0 tot 10 Volt.

De minimumbelastingsweerstand is 2000 Ω .

4. DOSM: Digital Output Solid state Module.

Evenals in het DISM wordt een getal van 16 bits verdeeld over 16 kanalen gerepresenteerd.

De uitgang van elk kanaal is verbonden met de collector van een NPN-transistor. Deze dient in de apparatuur waarmee de digitale uitgang is verbonden via een belastingsweerstand aan een positieve spanning te worden gelegd.

(V max = 120 V).

Een logische 0 komt aan de uitgang overeen met een uitgangsspanning van 0,3 Volt bij 5 A (= de maximale belasting).

Een logische 1 komt overeen met een spanning iets lager dan de voedingsspanning van waaruit de collectoren worden gevoed: de uitgangstransistor is dan niet geleidend.

Het DOSM is geschakeld in de hold-mode:

Wanneer een digitaal getal aan de uitgang gezet is, blijft het daar staan totdat het wordt gewijzigd.

Voor wat betreft het signaaltransport naar en van de computer zijn een aantal keuzen gedaan:

- Voor het naar de computer transporteren van de analoge receptorsignalen moet een keuze worden gemaakt tussen de digitale of de analoge ingangen van de computer. In feite komt dat neer op het kiezen tussen het in de apparatuur opnemen van een AD-omzetter of het gebruik maken van de AD-omzetter van het MIOS. Wanneer de precisie bij het transport van een analogoog signaal over een 35 meter lange leiding er niet te veel onder lijdt, is de laatste mogelijkheid de eenvoudigste en de goedkoopste. Hoewel (voor andere toepassingen) de elektrische storingsfilters van de analoge ingangen van het MIOS zijn verwijderd om de snelheid te verhogen, mag toch verwacht worden dat er bij een juiste aanpassing aan de signaalleidingen bij een transport over 35 meter van een analogoog signaal toch minstens nog een precisie van ongeveer 10 bits zal overblijven. Dit komt overeen met een nauwkeurigheid van $1 \text{ }^{\circ}/\text{oo}$, hetgeen ruimschoots voldoende is.

(Alleen al de egaalheid van de verlichting van rechtstreeks beschenen delen van het receptorveld zal in bijna alle gevallen slechter zijn).

- Het MIOS, zoals het op het IPO in gebruik is, heeft 16 analoge ingangskanalen. Wanneer daartoe in een programma opdracht wordt gegeven, worden die alle 16 éénmaal afgetast (z.g. sequence mode).

Een handige keuze voor de grootte van het receptorveld is nu 16 bij 16.

Er ontstaat een matrix waarvan de kolommen elk een eigen computeringang kunnen hebben.

Door de rijen afzonderlijk inschakelbaar te maken en dat inschakelen vanuit de computer te sturen, kunnen alle 256 receptorsignalen in de computer worden ingelezen door in het programma eerst opdracht te geven de eerste rij in te schakelen en vervolgens afwisselend opdracht te geven tot het lezen van een rij (aftasten van kolommen) en het inschakelen van een

volgende rij, net zo lang tot alle 16 rijen een keer aan de beurt zijn geweest. De afmetingen van 16 bij 16 receptoren is voldoende groot om 16 richtingsdetektoren te herbergen die werken volgens het principe van de detektoren van Cosijn en Hoeks. (De richtingsdetektor van Cosijn en Hoeks bestaat in principe uit 4 bij 4 elementen. In werkelijkheid gebruikten zij er 2⁴ omdat ze daarmee een receptorconfiguratie konden maken die het elektronisch eenvoudiger maakt om vier verschillende richtingen te onderscheiden).

- Voor het inschakelen van de rijen moet een uitgang van de computer worden gebruikt. Voor de hand ligt daarvoor het DOSM te gebruiken. Tevens is dan een verbinding gelegd t.b.v. een terugmelding naar een (eventuele) display.
- Voor de kabelverbindingen is van de hierboven geschetste werkwijze het gevolg, dat van de opstelling naar de computer 16 afzonderlijke analoge signalen heen gaan en 16 binaire terug.

Naast deze signalen moet nog voorzien zijn in het transport van signalen die het mogelijk maken vanaf het tussenschakeltoestel het programma te starten of te beïnvloeden.

Hoewel daarvoor in principe een aansluiting op de digitale computer input het geschiktst is, kan om de hoeveelheid kabels te beperken hier ook beter gebruik gemaakt worden van dezelfde analoge ingangen.

Met het voorgaande ontstaat een programma van eisen, waaraan de te ontwikkelen fotomatrix en het daarbij behorende tussenschakeltoestel moeten voldoen:

- De fotomatrix moet worden opgebouwd uit 256 receptoren, opgesteld in een 16 bij 16 configuratie.
- De matrix moet een per element goed met het lichtniveau lineair verlopende uitgangsspanning hebben.

- De matrix moet elektronisch zo georganiseerd zijn, dat alle receptoren in een kolom hun signalen afgeven aan één analoge kolomversterker.
De rijen van de matrix moeten afzonderlijk kunnen worden ingeschakeld, bestuurd door een digitaal signaal.
- De matrix moet hanteerbaar zijn van afmetingen.
Orde van grootte: 1 dm^2 .
- Het tussenschakeltoestel moet de signalen van de fotomatrix doorgeven naar de computer, waarvoor de volgende voorzieningen moeten worden getroffen:
Het verzorgen van een aanpassing van de uitgang van het tussenschakeltoestel aan de lange leiding.
Het beperken van de uitgangsspanning tot een waarde niet ver boven 2 Volt.
- Het toestel moet de digitale signalen die van de computer komen, doorgeven naar de stuurschakeling die een in het programma gekozen rij op de fotomatrix inschakelt.
De ingangssignalen moeten zijn aangepast aan de lange leiding.
- Het toestel moet voorbereid zijn voor de aansluiting van een display.
- Het toestel moet voorzien zijn van bedieningselementen waarmee samenspel met het computerprogramma mogelijk is, waaronder het starten en stoppen van een programma.

3. De realisering van de hardware.

Inleiding.

In dit hoofdstuk wordt uitvoerig ingegaan op de wijze waarop de fotomatrix en het daarbij behorende tussenschakeltoestel zijn gerealiseerd. In deze inleiding wordt kort aangeduid waar in dit hoofdstuk men de verschillende onderdelen van de schakeling in definitieve vorm aantreft.

De fotomatrix bestaat uit een fotoreceptief veld van 16 x 16 fototransistoren. Het principe volgens welke de matrix is opgebouwd, vindt men in fig. 3.8.

De dimensionering van de voor de fotomatrix toegepaste versterkerschakeling is weergegeven in fig. 3.16.

De rijen van de fotomatrix (de "x"-richting) worden vanuit de computer gestuurd ingeschakeld. De kolommen (de "y"-richting) hebben elk hun eigen computer-ingang.

Voor het sturen van het inschakelen van de rijen, worden vijf bits van een 16 bit digitaal signaal gebruikt. De wijze waarop met deze bits de rijen worden ingeschakeld is schematisch weergegeven in de figuren 3.18 en 3.19.

Het tussenschakeltoestel geeft via eindversterkers de signalen van de fotomatrix door naar de computer. De versterking van de eindversterkers is in stappen regelbaar voor het "aan kunnen" van een groot gebied van verlichtingssterktes. Het totaalschema is fig. 3.27. De daarin getekende verzwakker P1 is een stappenverzwakker, die een rol speelt bij het vanaf het tussenschakeltoestel beïnvloeden van een programma. (Zie fig. 3.24 en 3.25 en de daarbij behorende tekst).

Het functioneren van het digitale gedeelte van het tussenschakeltoestel is beschreven in 3.2.2.

Het functioneren van het geheel is te lezen uit het

blokschema op blz. 57 (Hoofdstuk 3.3).

3.1 De fotomatrix.

3.1.1 Het analoge gedeelte.

3.1.1.1 De principeschakeling van de matrix.

Een element dat zich goed lineair gedraagt met de hoeveelheid licht die erop valt is de fotodiode. Voor een gewone diode geldt dat de stroom door de diode als functie van de aangelegde spanning wordt bepaald door

$$I = I_s \left(e^{\frac{qV}{kT}} - 1 \right)$$

waarin I_s de voor de PN-overgang specifieke verzadigingsstroom is en V de spanning over de diode.

(Kromme 1 in fig. 3.1).

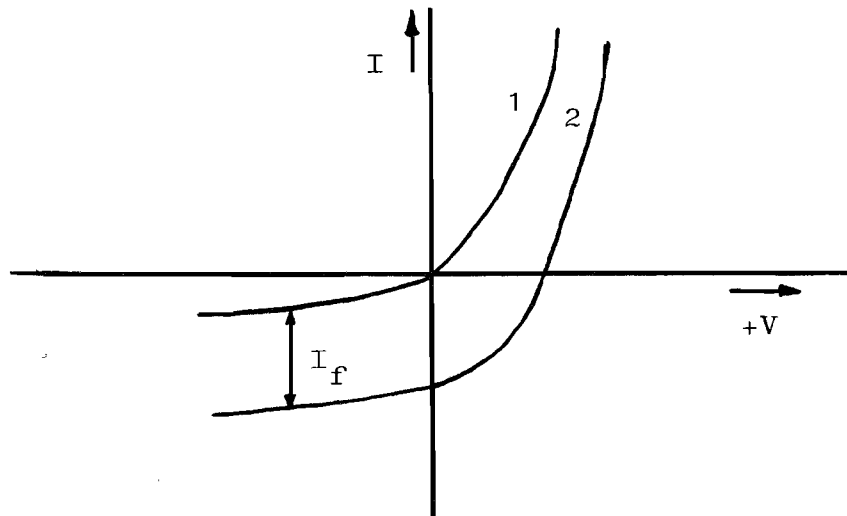


fig. 3.1: De invloed van de fotostroom I_f op een diodekarakteristiek.

Als de diode met licht wordt bestraald, worden er evenredig met de hoeveelheid licht extra ladingsdragers gegenereerd.

Er wordt dan een extra stroom $-I_f$ aan de oorspronke-

lijke stroom toegevoegd.

De totale stroom door de diode wordt daardoor

$$I = I_s \left(e^{\frac{qV}{kT}} - 1 \right) - I_f \quad \dots (3.1)$$

(Kromme 2 in fig. 3.1).

Wanneer men nu de spanning over de diode nul maakt, wordt

$$I = -I_f$$

De stroom die de diode levert is daarmee evenredig geworden met de hoeveelheid licht op de diode. Een schakeling die hiervan gebruik maakt, is die van fig. 3.2.

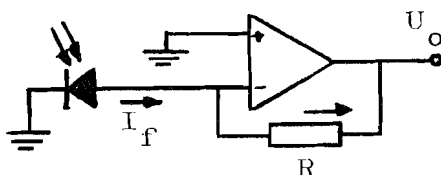


fig. 3.2: Een fotodiodeschakeling m.b.v. een operationele versterker.

Via de terugkoppelweerstand R wordt de min-ingang van de operationele versterker op hetzelfde niveau gehouden als de plus-ingang.

Over de fotodiode staat daardoor een spanning van 0 Volt. Door de diode loopt alleen de fotostroom. De fotostroom wordt gecompenseerd door de stroom door de weerstand R.

Onder verwaarlozing van de ingangsstroom en de uitgangsbelaasting van de versterker volgt dan

$$U_o = R \cdot I_f$$

waarmee de uitgangsspanning U_o recht evenredig met de hoeveelheid licht op de diode is geworden. Doordat

het door licht vrijmaken van ladingsdragers vrijwel niet van de omgevingstemperatuur afhankelijk is, is hiermee een stabiele, zeer temperatuurongevoelige schakeling verkregen.

Zoals in hoofdstuk 2 is gezegd, is door het beschikken over 16 analoge computeringangen per matrixkolom één uitgang nodig. De rijen moeten dan stuk voor stuk inschakelbaar zijn met vanuit de computer gestuurde schakelaars.

Het schema voor één kolom wordt dan, als men uitgaat van fig. 3.2 en voor de schakelaars gebruik maakt van fetschakelaars, zoals weergegeven in fig. 3.3.

De gates van de fetschakelaars moeten door de computer zodanig worden gestuurd dat telkens alleen diegene geleidt die behoort bij de rij die moet zijn ingeschakeld.

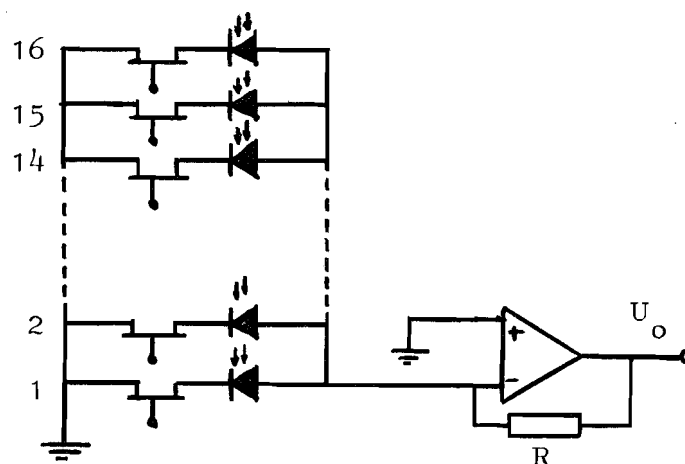


fig. 3.3: De schakeling van een kolom van de fotomatrix (d.w.z. 16 receptoren in de "y"-richting) met fotodiodes en fetschakelaars.

Wanneer deze schakeling zou worden gebruikt dan zouden er voor het totaal van 16 kolommen evenveel fetschakelaars als fotodiodes nodig zijn: 256 stuks. Daarvan zouden dan telkens 16 tegelijk zijn ingeschakeld, één per kolom voor de desbetreffende rij.

Door een kunstgreep is het mogelijk in plaats van 16 fetschakelaars per rij er maar één te gebruiken. Wanneer men in serie met elke fotodiode een gewone diode opneemt, wordt het mogelijk de aansluiting van de serieschakeling van fotodiode en diode die aan de kant van de fetschakelaar ligt door te verbinden met alle burens uit zijn rij. (Fig. 3.4).

Als de betreffende rij niet is ingeschakeld, beïnvloeden burens elkaar niet, omdat de weg van de ingang van één versterker naar de ingang van de volgende dan steeds één diode in sperrichting ziet. Voorwaarde voor het functioneren van de schakeling is, dat een kleine voorspanning ervoor zorgt, dat de extra diodes inderdaad kunnen sperren.

De schakeling wordt daar wel weer enigszins temperatuurgevoelig door. (Zie formule 3.1).

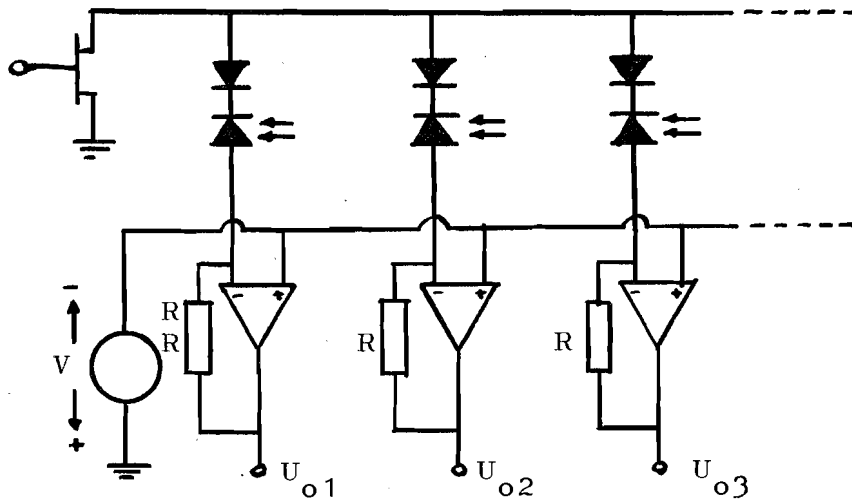


fig. 3.4: De schakeling van een rij met één fetschakelaar en per matrixelement per rij de serieschakeling van een gewone diode en een fotodiode

Het aantal componenten is in deze schakeling niet verminderd, integendeel, in plaats van 256 fetschakelaars worden nu 256 gewone diodes gebruikt, plus 16 fetscha-

kelaars.

Een wezenlijke verbetering geeft het gebruik maken van fototransistoren.

De fototransistor is een in één behuizing ondergebrachte combinatie van een fotodiode en een gewone transistor.

De diode is aangesloten tussen collector en basis.

(Fig. 3.5).

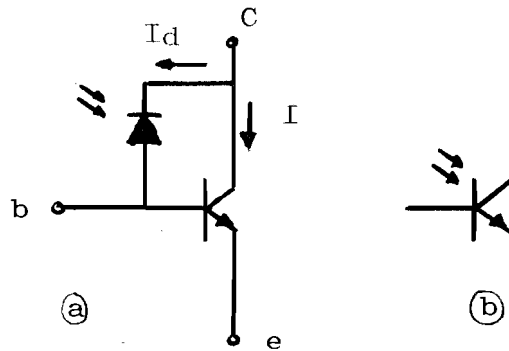


fig. 3.5: Fototransistor (a): inwendige schakeling, (b): symbool).

In de fototransistor neemt de basis-emitterovergang de functie van de gewone diode uit fig. 3.4 over als de fototransistor in plaats van de serieschakeling diode-fotodiode in de schakeling wordt opgenomen. De basis wordt niet aangesloten. (Fig. 3.6).

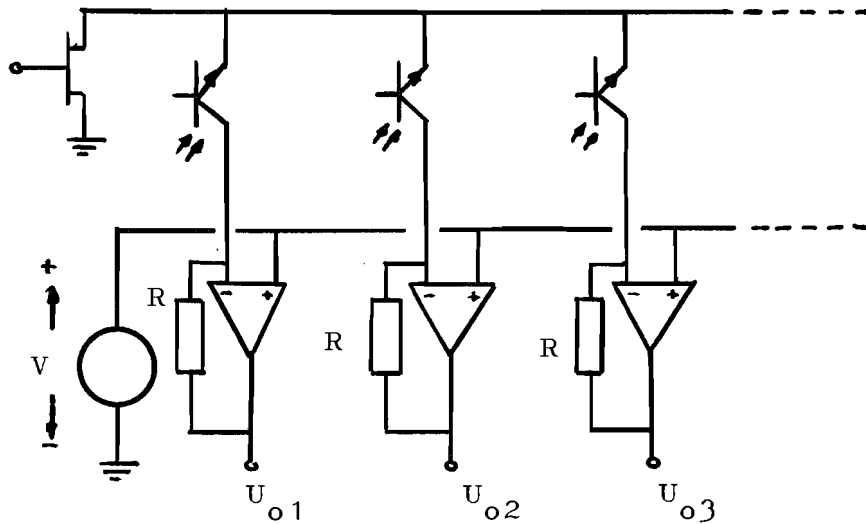


fig. 3.6: De schakeling van een rij met één fetschakelaar en per kolom per rij een fototransistor

Een bijkomend voordeel is, dat de schakeling gevoeliger wordt: De fotodiodesroom fungeert als basisstroom voor de transistor. De collectorstroom wordt dan

$$I = I_d + I_d \alpha' = I_d (1 + \alpha') \approx \alpha' \cdot I_d \quad (\alpha' \gg 1).$$

In de schakeling van fig. 3.6 maakt de voedingsspanning voor de fototransistor steeds deel uit van het uitgangssignaal. Dit wordt voorkomen in de schakeling van fig. 3.7.

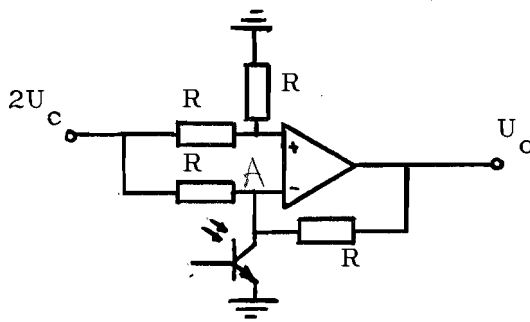


fig. 3.7: Principe van een schakeling, waarbij de uitgangsspanning U_o alleen van de collectorstroom van de fototransistor afhangt.

De terugkoppelweerstand R zorgt ervoor dat de spanning op de min-ingang (punt A) gelijk is aan de spanning U_c op de plus-ingang. Wanneer de fototransistor geen stroom trekt dan volgt voor punt A (onder verwaarlozing van de ingangsstroom van de operationele versterker):

$$\frac{2 U_c - U_c}{R} + \frac{U_o - U_c}{R} = 0, \text{ waaruit volgt } U_o = 0$$

Als de fototransistor wel stroom trekt, wordt deze vergelijking:

$$\frac{2 U_c - U_c}{R} - I_d (1 + \alpha') + \frac{U_o - U_c}{R} = 0$$

$$U_o = I_d (1 + \alpha') R \approx \alpha' I_d R$$

De uitgangsspanning is dus alleen afhankelijk van de hoeveelheid licht die op de fototransistor valt.

Op basis van dit schema werd de fotomatrix opgebouwd. Het principe daarvan is weergegeven in fig. 3.8. Voor de overzichtelijkheid is een twee bij twee matrix getekend. Hieruit is gemakkelijk een zestien bij zestien matrix af te leiden.

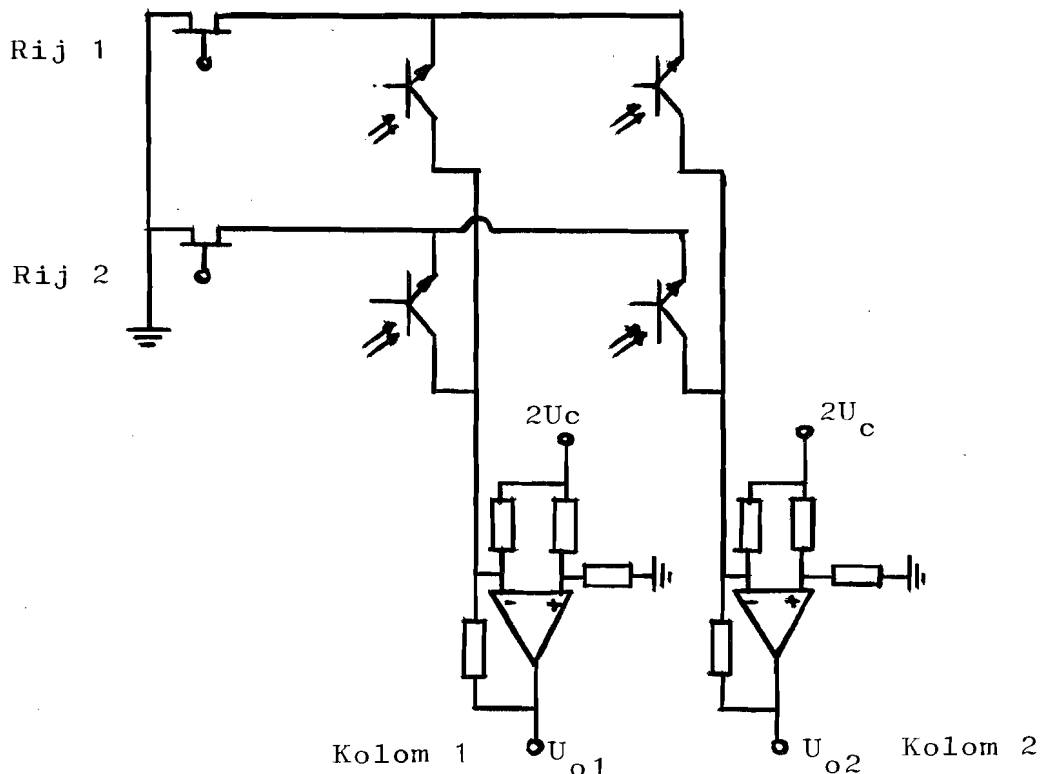


fig. 3.8: Principeschakeling van een twee bij twee matrix met fototransistoren en fetschakelaars.

3.1.1.2 De receptorelementen.

Om gebruik te kunnen maken van de schakeling van fig. 3.8, moet een type fototransistor worden gekozen. De toegankelijkheid van het IPO tot het leveringsprogramma van Philips doet in eerste instantie kijken naar de mogelijkheid daaruit een geschikt type te kiezen.

Voor het opnemen in een matrix verdient een type met een cilindrische behuizing met aansluitdraden aan de achterzijde de voorkeur boven anderssoortige behui-

zingen. Om te voldoen aan de in hoofdstuk 2 gestelde orde van grootte van het gehele receptorveld, mag de behuizing niet te groot zijn.

De keuze viel op het type BPX-29, een silicium planar epitaxiale npn-fototransistor voor algemeen gebruik. De BPX-29 is ondergebracht in een TO-18 behuizing welke is voorzien van een vlak ruitje. (Fig. 3.9).

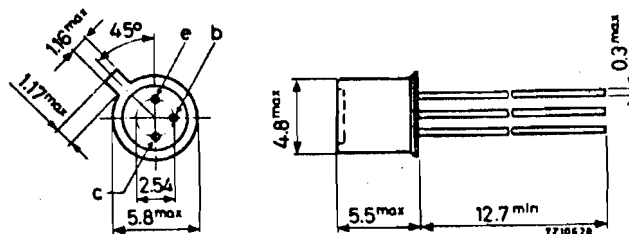


fig. 3.9: Afmetingen van een BPX-29-fototransistor.

De relatieve polaire gevoeligheid van het element blijkt uit fig. 3.10.

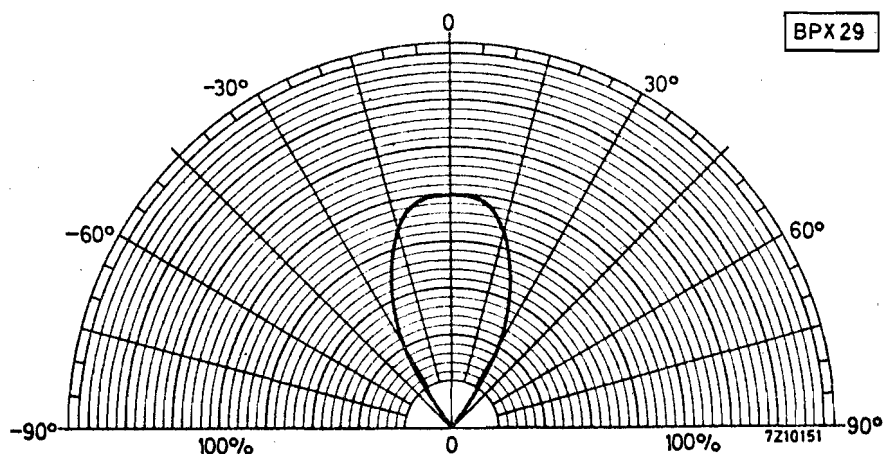


fig. 3.10: Relatieve polaire gevoeligheid van een BPX-29-fototransistor.

Uit de figuur blijkt, dat doordat de gezichtshoek vrij klein is, het toepassen van deze transistoren consequenties heeft voor de zorg waarmee ze worden belicht.

De spectrale gevoeligheid blijkt uit fig. 3.11.

Hieruit ziet men dat het zin heeft te overwegen een infrarood filter te gebruiken.

Waarom?

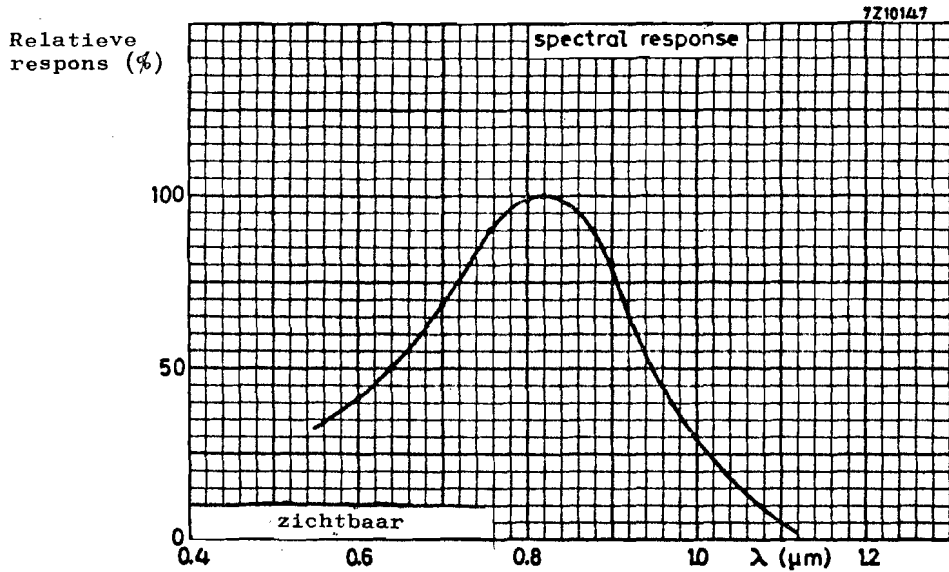


fig. 3.11: Spectrale gevoeligheid van een BPX-29-fototransistor.

Bij het kiezen van de fototransistor stond een type ter beschikking dat zich geheel gedraagt als een BPX-29, met als enige verschil, dat het element in plaats van met een ruitje met een lensje is uitgerust. Door het lensje heeft dit type (BPX-25) een hoger rendement (circa 10 x) in het benutten van de hoeveelheid licht waarmee het element wordt beschenen.

Dat toch de BPX-29 is gekozen, vindt zijn oorzaak in het feit, dat de BPX-25 "kijkt" met een zeer kleine gezichtshoek. Voor de toepassing waarvoor het receptorveld wordt gemaakt, kan het nodig zijn dat de receptorelementen goed proportioneel reageren op de mate waarin een rand van een stimulusfiguur over die elementen valt. Een wat grotere gezichtshoek van de receptoren is daarbij een voordeel. De hoek waaronder het licht wordt aangeboden is dan minder kritisch. De gevoeligheid van de BPX-29 is bovendien voldoende voor het gebruik in de fotomatrix, zoals hierna nog zal blijken.

De spectrale respons van de fototransistor heeft voldoende overlap met het gebied van het zichtbare licht om bij het beschijnen van de fotomatrix met gewone lichtbronnen te kunnen werken.

Warmtestralers passen het beste bij de fototransistor aan.

De omgevingstemperatuur heeft wel invloed op het gedrag van de fototransistor: Over het traject van 10°C tot 40°C loopt de gevoeligheid volgens de documentatie op met ongeveer 1% per °C. Op zich is dit vrij veel. Aangenomen mag worden dat alle elementen van de fotomatrix aan dezelfde omgevingstemperatuur zijn blootgesteld. Daardoor zullen de verschillen tussen de elementen relatief veel minder verlopen. Daar het bij de toepassing van de fotomatrix alleen gaat om de onderlinge verhoudingen tussen de uitgangsspanningen van de elementen, en niet om de absolute waarde van die spanningen, wordt verwacht, dat in de praktijk weinig hinder van het temperatuureffekt zal worden ondervonden.

ook bij
temp. schom-
melingen
en/of straling

Men zou voor de fotomatrix idealiter willen beschikken over elementen met exact dezelfde eigenschappen.

In de praktijk is dat vanzelfsprekend niet het geval. Voor de stroomversterkingsfaktor van de transistor bijvoorbeeld mag een grote spreiding worden verwacht. Voor de BPX-29, met een typische α' van 250, ligt de stroomversterkingsfaktor globaal tussen 150 en 350. Een voor de hand liggende mogelijkheid is het corrigeren van de fabricageverschillen van de verschillende elementen in het computerprogramma, waarin de signalen van die elementen worden verwerkt.

Hiertoe werd in principe besloten.

Om een optimaal gebruik te maken van de signaalleidingen heeft het dan toch nog zin de fototransistoren te sorteren. Elke kolomuitgang kan wat het signaalniveau betreft het beste aan de computeringang worden aange-

past door er voor te zorgen dat de transistoren in de kolom in dezelfde gevoeligheidsklasse liggen. Wanneer men er voor zorgt bij de sorteerprocedure meer transistoren te betrekken dan er nodig zijn, kunnen tijdens de testprocedure de transistoren die ver afwijken van alle overigen uit de te onderzoeken groep worden verwijderd.

Om deze redenen is een sorteerprocedure uitgevoerd, waarbij 400 fototransistoren van het type BPX-29 zijn betrokken. Voor de testopstelling is gebruik gemaakt van de testschakeling van fig. 3.12.

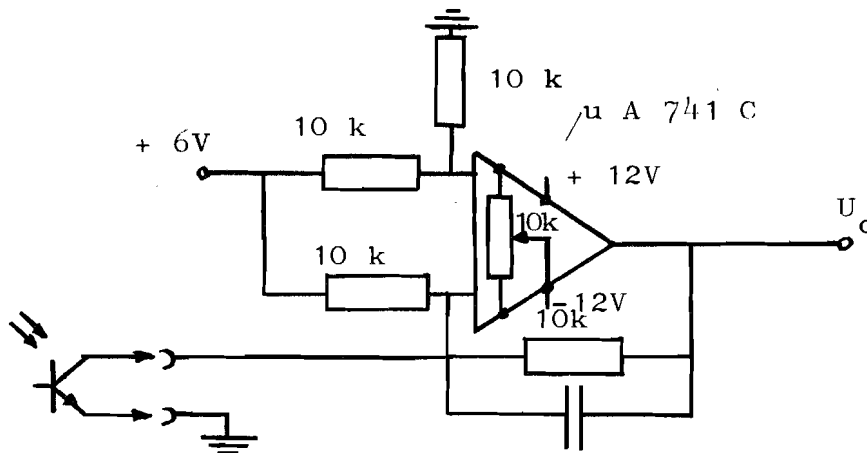


fig. 3.12: Testschakeling voor het sorteren van fototransistoren.
(De condensator is opgenomen voor het onderdrukken van schakelpieken).

De gekozen collectorspanning (3V) is voldoende hoog voor het goed functioneren van de fototransistor. (Zie fig. 3.13).

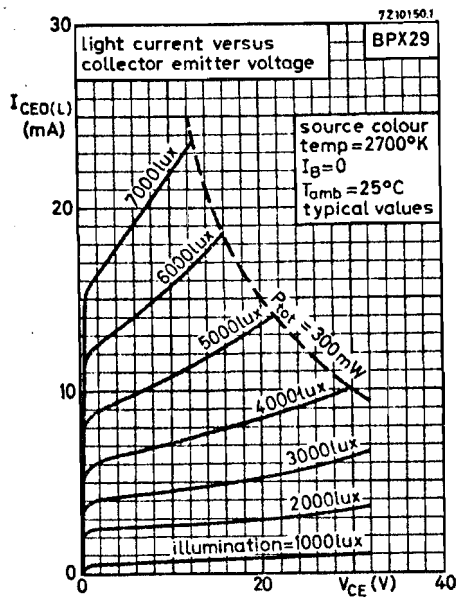


fig. 3.13: De collectorstroom van een BPX-29 als functie van de collectorspanning, met de verlichtingssterkte als parameter.

De testopstelling blijkt uit fig. 3.14.

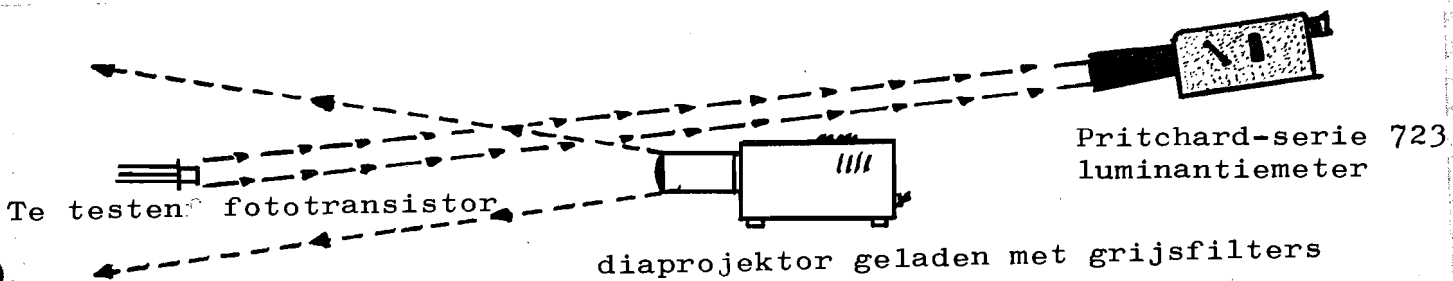


fig. 3.14: Testopstelling voor het sorteren van fototransistoren.

De verlichtingssterkte ter plaatse van de transistor werd bepaald met behulp van het meten van de luminantie van wit tekenpapier.

Daarvan werd eerst de reflectiecoëfficiënt bepaald: Ter plaatse van de transistor werd een MgO -target aangestraald met de diaprojector.

Afgelezen werd op de Pritchardphotometer: 480 cd/m^2 .

Wanneer het target werd vervangen door een stukje wit tekenpapier, werd 465 cd/m^2 afgelezen.

De reflectiecoëfficiënt van wit tekenpapier wordt

dan: $\frac{465}{480} \times 98\% \approx 95\%$.

De metingen zijn verder steeds uitgevoerd met hetzelfde stukje tekenpapier. De verlichtingssterkte ter plaatse van het tekenpapier bij een luminantie van het papier van $x \text{ cd/m}^2$ wordt nu

$$\left(\frac{100}{95} \cdot x\right) \cdot \pi \text{ lux.}$$

Met behulp van grijsfilters is met de testschakeling van vier transistoren van uiteenlopende gevoeligheid een kromme opgenomen. De meetpunten vindt men in tabel 3.1. De meetpunten zijn dubbellogaritmisch uitgezet in fig. 3.15.

Meting nr.	Verlichtingssterkte (lux)	Uitgangsspanningen van de test-schakeling in mV.			
		Tran-sistor I	Tran-sistor II	Tran-sistor III	Tran-sistor IV
1	4495	2300	3000	3900	4700
2	978	430	580	775	980
3	360	135	180	250	325
4	175	54,5	75	105	140
5	102	36,98	50,5	70	97
6	44,6	14,5	19,5	28,3	40,2
7	19,5	5,5	7,5	12,4	16,8
8	10,6	2,93	3,96	6,04	9,31
9	4,1	0,42	1,32	2,09	3,27
10	2,2			1,01	1,63

Tabel 3.1. Meetuitkomsten van verschillende foto-transistoren als functie van de verlichtingssterkte.

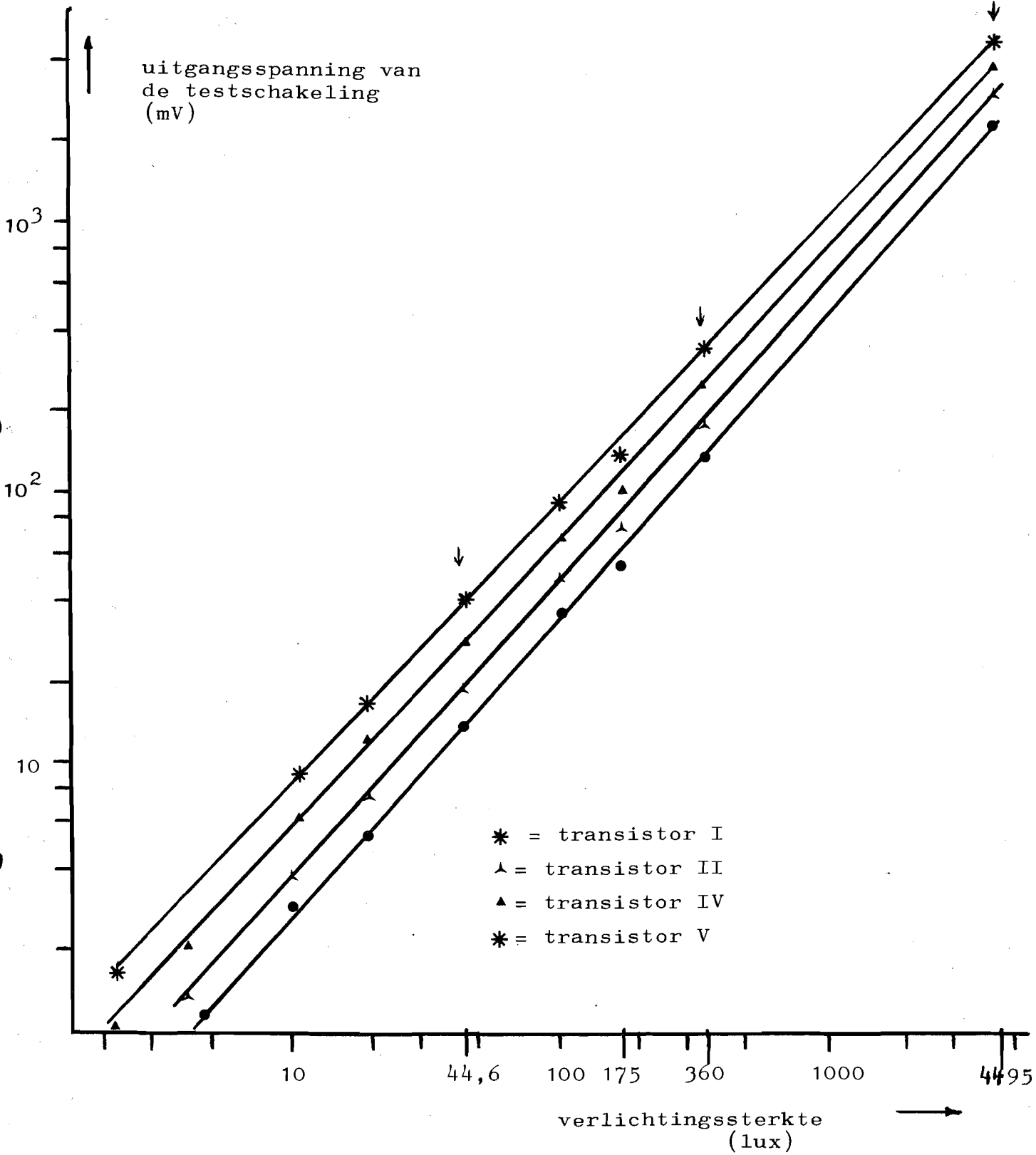


fig. 3.15: Uitgangsspanning van de testschakeling als functie van de verlichtingssterkte voor vier fototransistoren BPX-29 dubbellogarithmisch uitgezet. (De pijltjes geven de lichtniveaus aan waarbij voor alle 400 transistoren de uitgangsspanning werd bepaald).

Wanneer de transistoren zich in de testschakeling volstrekt lineair zouden gedragen, moeten de richtingscoëfficiënten van de rechten uit fig. 3.15 gelijk aan 1 zijn.

In werkelijkheid blijken ze 1,11; 1,10; 1,07 en 1,05 zijn respektievelijk voor de transistoren I, II, III en IV.

De lineariteit van de transistoren is daarmee nog zo goed, dat in het gemeten gebied de karakteristieken door rechten kunnen worden benaderd.

De meting bij 175 lux wijkt zo duidelijk in dezelfde richting af voor alle transistoren, dat moet worden aangenomen dat er bij het bepalen van deze verlichtingssterkte een (aflees)-fout is gemaakt.

Voor de steilheid van de transistoren in de testschakeling wordt m.b.v. tabel 3.1 gevonden voor transistor I, II, III en IV respektievelijk: 0,513; 0,612; 0,819 en 1,045 mV/lux.

Hieruit blijkt dat de gevoeligste ook de grootste steilheid heeft, hetgeen te verwachten was.

De 400 fototransistoren zijn vervolgens in de testschakeling getest m.b.v. een driepuntsmeting. Daarvoor werden gebruikt de verlichtingssterkten 44,6; 360 en 4495 lux.

Door drie meetpunten te gebruiken, behoudt men een controle op de te verwachten lineariteit van de elementen of, omgekeerd, wetende dat de elementen zich lineair gedragen een controle op meetfouten.

Nadat alle transistoren waren doorgemeten werden er 256 uitgekozen, verdeeld over 16 groepen van dezelfde gevoeligheids/steilheidsklasse.

De gemiddelde steilheden van deze 16 groepen is weergegeven in tabel 3.2.

De spreiding per groep is circa 4%.

Groep nr:	1	2	3	4	5	6	7	8
Gemiddelde steilheid mV/lux	0,96	0,88	0,79	0,77	0,75	0,74	0,72	0,70

Groep nr:	9	10	11	12	13	14	15	16
Gemiddelde steilheid mV/lux	0,68	0,65	0,64	0,63	0,61	0,59	0,57	0,54

Tabel 3.2. Gemiddelde steilheden in de testschakeling van de groepen van 16 fototransistoren die geselecteerd zijn om te worden toegepast in de fotomatrix.

De lamp van de diaproyektor is gedurende de metingen steeds aangesloten geweest op een gestabiliseerde netvoeding. Voor de metingen zijn de lichtniveaus bepaald. Direct na de metingen (enkele weken later) zijn die gecontroleerd. De afwijkingen waren niet groter dan -3%.

3.1.1.3 De definitieve schakeling van een kolomversterker.

De stap van de principeschakeling van fig. 3.8 naar een definitieve komt voor het grootste deel neer op het dimensioneren van de verschillende componenten. De kolomversterkers op de matrix hebben naar de uitgang toe twee functies:

- Het uit het uitgangssignaal houden van de collectorspanning van de fototransistoren.
- Het zorgen dat de uitgangsimpedantie is aangepast aan de verbindingsleiding die de kolom met het tussenschakeltoestel verbindt.

De eerste functie is al besproken.

Voor wat betreft de tweede:

Voor de verbinding tussen fotomatrix en tussenschakel-

toestel wordt gebruik gemaakt van een 38 aderige in paren getwiste telefoonkabel met een lengte van vijf meter.

De karakteristieke impedantie van dit type kabel is 600Ω . De uitgangsimpedantie van de kolommen moet daarom ook ongeveer 600Ω zijn.

De uitgangsimpedantie van de operationele versterker is enkele tientallen Ohm. Door in serie met de uitgang een weerstandje van 560Ω op te nemen is het geheel aangepast. Voor de overige waarden van de componenten worden de waarden gebruikt van de test-schakeling, die in feite hiervoor model stond. Om hoogfrequente storing buiten de schakeling te houden is over de terugkoppelweerstand een condensator opgenomen van 1 nF . De grensfrequentie wordt daarmee ongeveer 15 kHz . De definitieve schakeling van een kolomversterker is weergegeven in fig. 3.16.

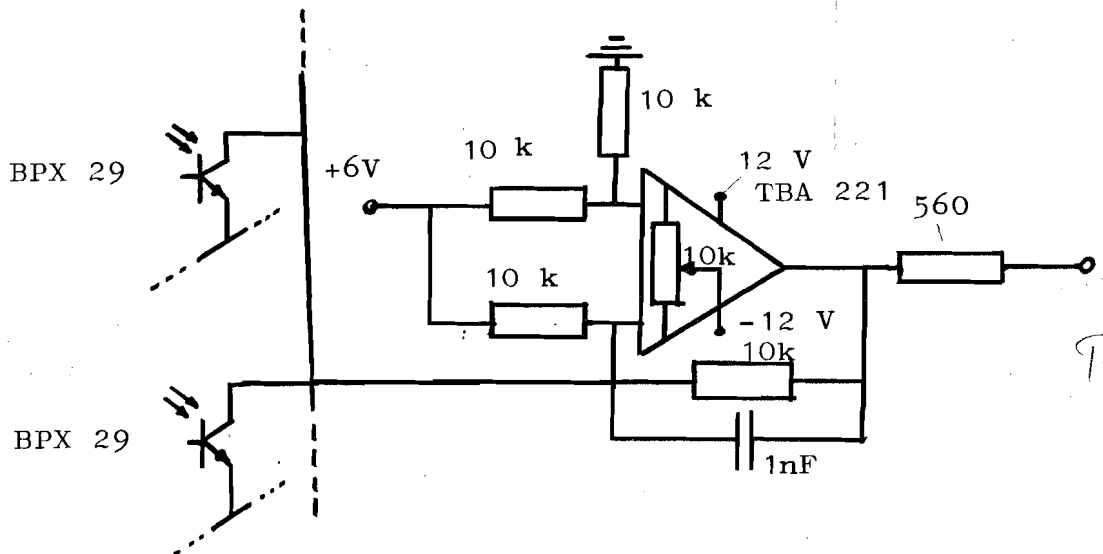


fig. 3.16: De definitieve schakeling van een kolomversterker.

Met de instelpotmeter P wordt de uitgangsspanning op nul afgeregeld als de transistoren niet belicht zijn.

3.1.2 Het digitale gedeelte.

Het digitale gedeelte dat de fotomatrix bestuurt, moet de verschillende rijen in of uitschakelen m.b.v. de fetschakelaars.

Er zijn 16 rijen. Voor het kiezen van een rij zijn 4 bits voldoende: $2^4 = 16$ mogelijkheden.

In verband met het gebruik maken van de analoge computeringang voor het geven van commando's in het programma moet ook voorzien zijn in de mogelijkheid dat geen der rijen is ingeschakeld. Dit wordt verwezenlijkt m.b.v. een vijfde bit. Voor de vier bits die worden gebruikt voor het kiezen van de rijen worden de vier minst significante van het zestien bits digitale computeruitgangssignaal gebruikt. Deze vier bits representeren de getallen 0 t/m 15. De rijen van de matrix worden daarom rij 0 t/m rij 15 genoemd.

In de digitale schakeling wordt gebruik gemaakt van twee BCD-decimaal decoders in 5V-logic. Van elke decoder worden alleen de eerste acht uitgangen gebruikt.

Het principe van deze werkwijze blijkt uit tabel 3.3.

Decoder I Code tabel:	Gebruikt voor rij:	Decoder II Code tabel:	Gebruikt voor rij:
0 0 0 0 = 1	0	0 0 0 0 = 1	8
0 0 0 1 = 2	1	0 0 0 1 = 2	9
0 0 1 0 = 3	2	0 0 1 0 = 3	10
0 0 1 1 = 4	3	0 0 1 1 = 4	11
0 1 0 0 = 5	4	0 1 0 0 = 5	12
0 1 0 1 = 6	5	0 1 0 1 = 6	13
0 1 1 0 = 7	6	0 1 1 0 = 7	14
0 1 1 1 = 8	7	0 1 1 1 = 8	15
1 0 0 0 = 9	-	1 0 0 0 = 9	-
1 0 0 1 = 10	-	1 0 0 1 = 10	-

Tabel 3.3. Gebruik van twee BCD-decimaal decoders voor het schakelen van 16 rijen.

In de tabellen ziet men dat voor het verkrijgen van de decimale getallen 1 t/m 8 het vierde bit (het meest linkse) steeds 0 moet zijn. Door nu aan DECODER I van de digitale computeroutput bit 4 aan te bieden, en aan DECODER II de inverse van bit 4, zorgt men ervoor dat de getallen 1 t/m 8 van de beide decoders nooit tegelijk voorkomen. Als bit 4 een "0" is, werkt decoder I ($\bar{4}$ is "1") en omgekeerd.

In tabel 3.4 is aangegeven op welke wijze de eerste vier bits over de decoders zijn verdeeld voor het afzonderlijk inschakelen van 16 rijen.

Decoder I	Decoder II
Bit nrs.:	Bit nrs.:
4, 3, 2, 1	$\bar{4}$, 3, 2, 1

Tabel 3.4: De wijze waarop de digitale computeruitgang met de decoders is verbonden.

Door bit 4 en bit $\bar{4}$ via een tweevoudige èn-poort naar de decoders te sturen, waarbij de tweede poortingang met de inverse van het vijfde bit wordt gestuurd is de mogelijkheid gerealiseerd alle rijen uit te schakelen: Als het vijfde bit aanwezig is arriveert $\bar{4}$ niet bij decoder I en 4 niet bij decoder II.

(Fig. 3.17)

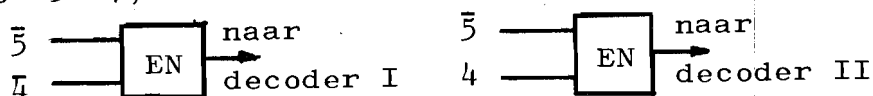


fig. 3.17: Als het vijfde bit in het computeruitgangssignaal aanwezig is, is de inverse van dat signaal nul ($\bar{5} = 0$). De èn-poort geeft alleen een signaal door als beide ingangen één zijn. $\bar{4}$ of 4 kunnen nu decoder I resp. decoder II niet bereiken.

In de schakeling wordt op alle plaatsen waar de digitale signalen komen van of gaan naar lange signaal-leidingen gebruik gemaakt van storingsongevoelige 12 V-logic.

Op de matrix bevinden zich voor de sturing van de decoders twee aanpassingsblokjes die de van de aansluitkabel komende ingangsspanningen van het 12 V-systeem vertalen naar ingangsspanningen voor het 5 V-systeem.

In elk aanpassingsblokje zitten vier NAND-poorten met twee ingangen.

De in fig. 3.17 geschetste functies kunnen daardoor in deze aanpassingsblokjes worden gerealiseerd.

De NAND-poorten inverteren de aangeboden signalen. Om de goede signalen bij de decoders te doen arriveren, moeten daarom in het tussenschakeltoestel van die signalen de inversen op transport naar de fotomatrix worden gesteld. De volledige decodeerschakeling op de fotomatrix is weergegeven in fig. 3.18.

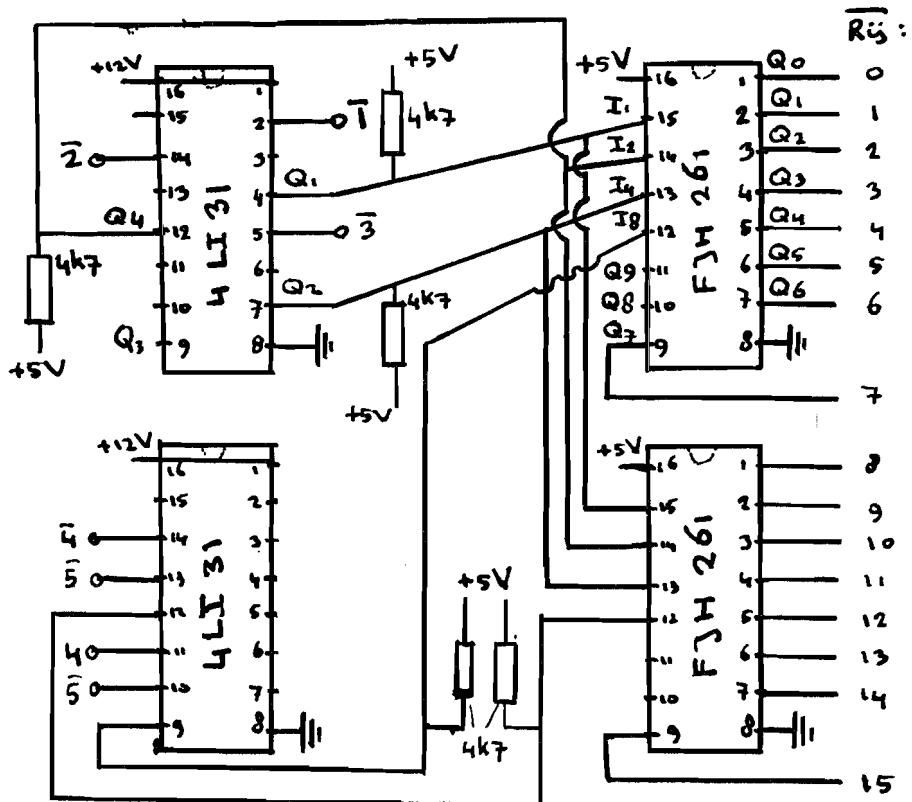


fig. 3.18: De decodeerschakeling voor het inschakelen van de rijen van de fotomatrix als bedradingsschema. De uitgangen van de decoderblokjes FJH 261 zijn inverterend: De uitgang van de rij die is ingeschakeld is een logische 0, alle andere uitgangen zijn 1.

De fetschakelaars BFW 11 die door de uitgangen van de decodeerblokjes moeten worden gestuurd, geleiden als de gate wordt aangesloten op een spanning van 0 Volt of hoger (tot 6 V). Als de gate wordt aangesloten op een spanning kleiner dan -6 Volt is de fet niet geleidend. Het sturen van de fets vanuit de decodeerblokjes gebeurt via de schakeling van fig. 3.19.

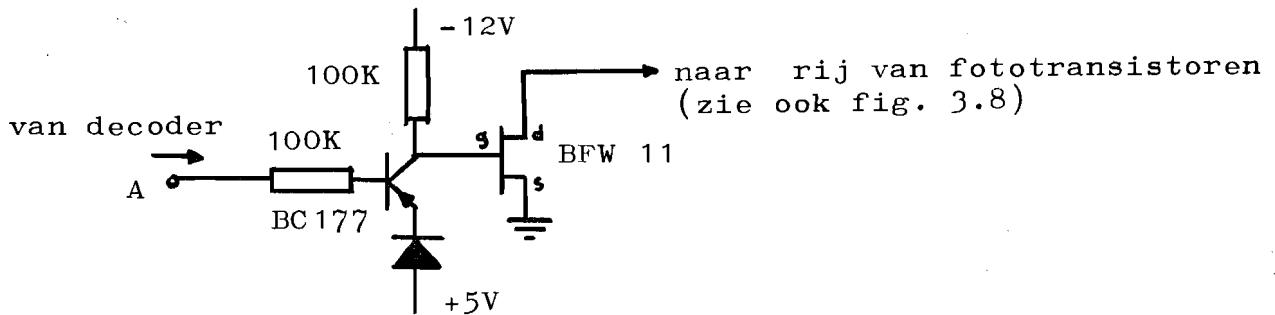


fig. 3.19: Stuurschakeling van de fetschakelaar. Een logische 0 op punt A komt overeen met ongeveer 0 Volt, de fet geleidt. Een logische 1 komt overeen met een spanning van ongeveer +5 V, de fet geleidt niet.

3.1.3 De opstelling van de onderdelen.

Bij het ontwerpen van een printvoor de fototransistoren is men nog vrij te kiezen volgens wat voor patroon men deze transistoren over een oppervlak verdeelt. Voor het principe van een model van het visuele systeem mag het er niet zoveel toe doen wat voor configuratie men kiest: De receptoren van het netvlies zijn ook vrij willekeurig gerangschikt. Daar het plan bestaat om bij het programmeren van modellen voorlopig uit te gaan van het herkennen van vier richtingen op het laagste hiërarchische niveau werd gekozen voor een kubisch raster. *kwaadratisch*

In de geometrie van de opstelling van de receptor-elementen zijn dan vier hoofdrichtingen "zonder meer" aanwezig.

De transistoren mogen elkaar niet raken (de collector is verbonden met het huis). Het uiteindelijke receptieve oppervlak werd 12 bij 12 cm groot.

Fig. 3.20 geeft een indruk van het receptorveld.

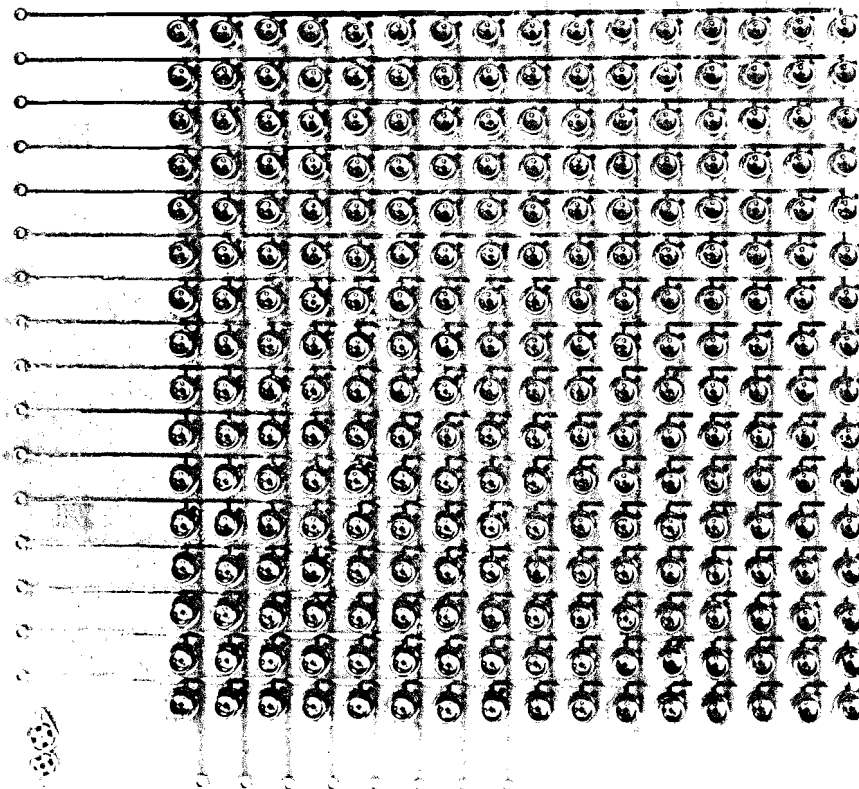


fig. 3.20: Het receptorveld. De acht aansluitpunten onder zijn de collectoraansluitingen voor de kolommen 1 t/m 8. De acht aansluitpunten boven voor de kolommen 9 t/m 16. De zestien aansluitpunten links zijn voor het aansluiten van de rijen op de fet-schakelaars.

Achter de printplaat met de fototransistoren wordt de digitale print gemonteerd van waaruit de rijen worden ingeschakeld. Tevens bevat die print de connector waarmee het geheel op de aansluitkabel wordt aangesloten.

Fig. 3.21 toont de digitale print.

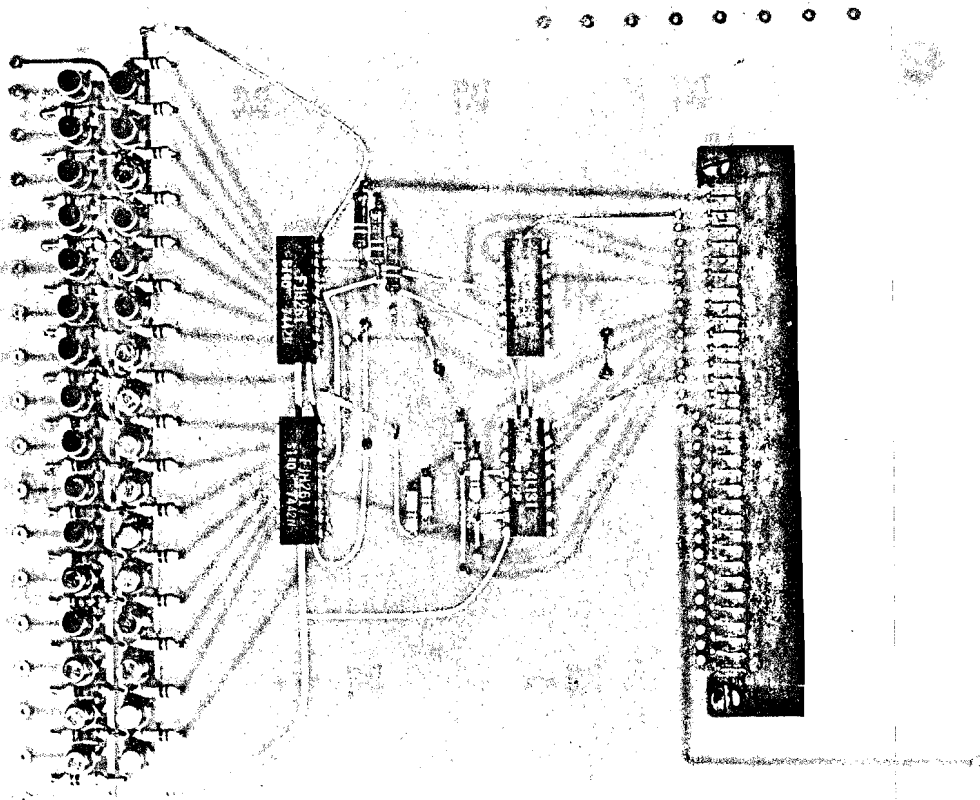


fig. 3.21: De digitale print van de fotomatrixsturing.
Links op de print ziet men de fetschakelaars.

Als laatste print bevindt zich t.o.v. het receptief veld achter de digitale print de print met kolomversterkers. Deze is te zien op de afbeelding van fig. 3.22.

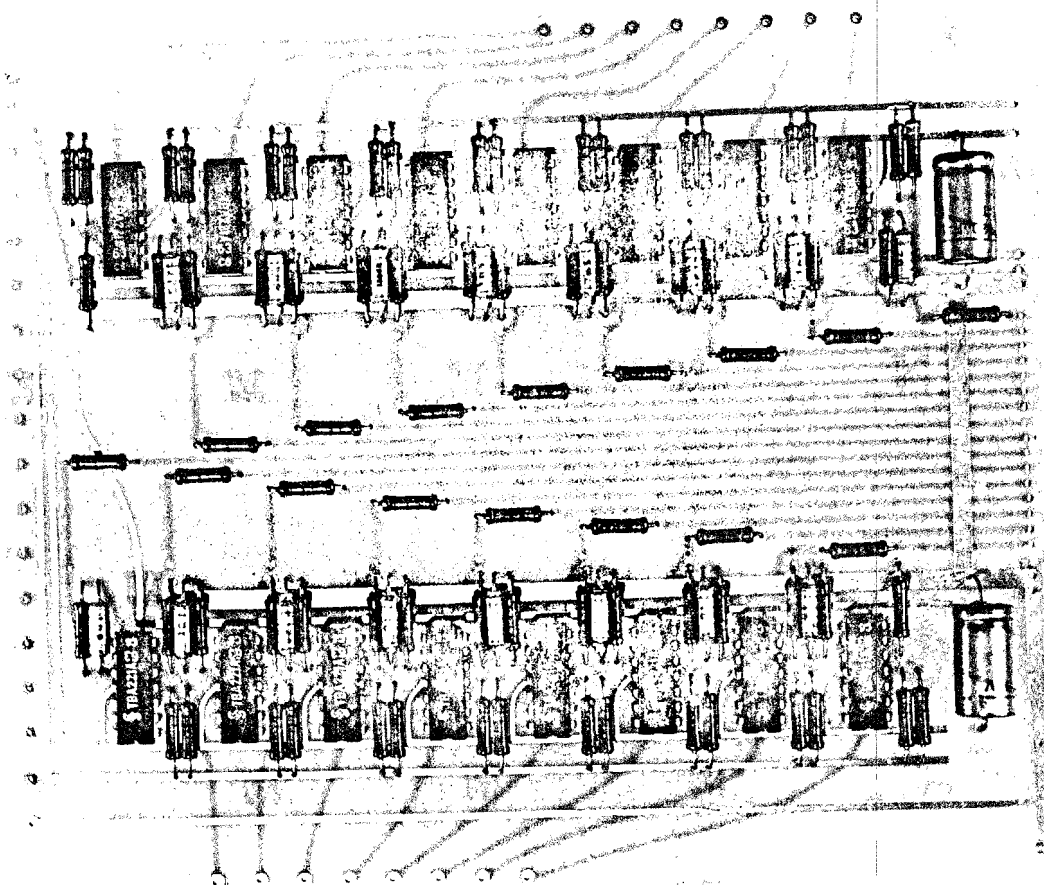


fig. 3.22: De print met kolomversterkers van de fotomatrix.
De offsetpotentiometers zitten op de achterkant.

Fig. 3.23 geeft een indruk van de wijze waarop de prints zijn samengebouwd. Achter de drie prints staat de houder waarin het samenstel zijn plaats heeft. (Zie voor deze figuur volgende bladzijde).

3.1.4 De aansluitingen van de fotomatrix.

Van en naar de fotomatrix gaan de volgende leidingen:

1° Naar de fotomatrix:

- Vijf bits van het digitale computeruitgangssignaal, verdeeld over vijf aders.
- De voedingsspanning voor de operationele versterkers en de 12 V-logic blokjes over drie leidingen: +12, 0 en -12 V.
- De voedingsspanning voor de digitale decoderblokjes: 5 V over één ader.
- De voedingsspanning voor de collectoren van de fototransistoren maal twee: 6 V over één ader.

2° Van de fotomatrix:

- Zestien analoge signalen: de uitgangssignalen van de kolomversterkers, over zestien aders.

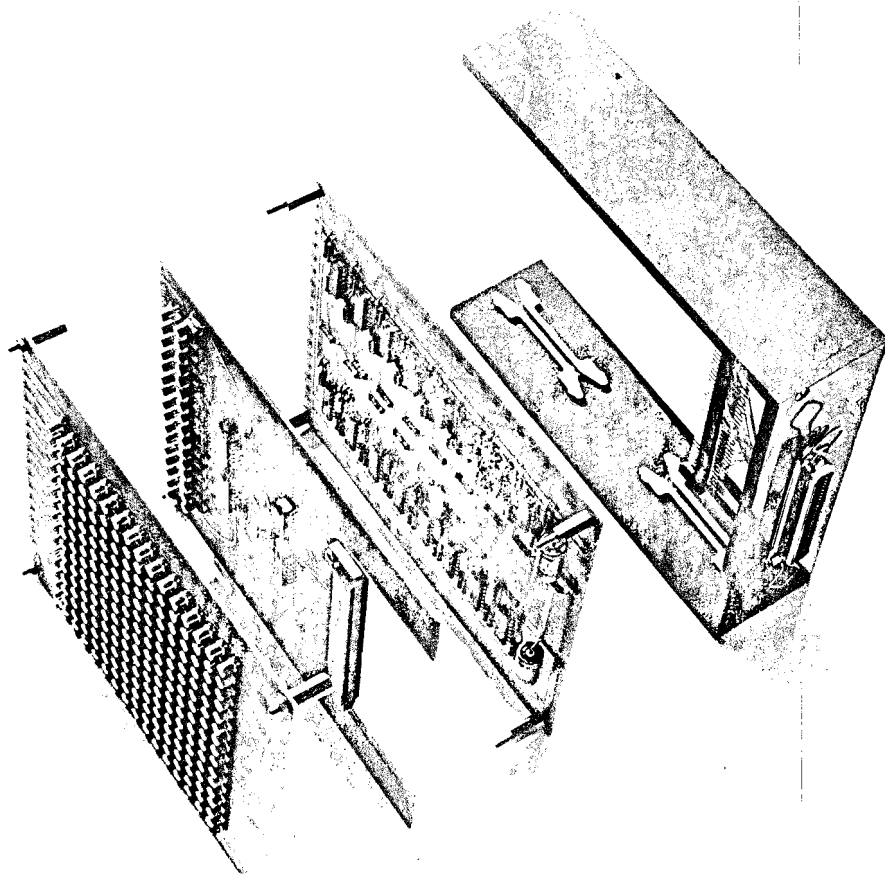


fig. 3.23: De opbouw van de fotomatrix.

3.2 Het tussenschakeltoestel.

3.2.1 Het analoge gedeelte.

Het gehele analoge gedeelte bestaat uit een groep van zestien eindversterkers, één per kolom op de fotomatrix. Deze versterkers verzorgen de aanpassing van het signaal van de fotomatrix aan de analoge computeringang. Die aanpassing omvat vier punten:

- 1° De versterking van de eindversterkers is in stappen regelbaar. Hierdoor kan bij weinig licht het signaal naar de computer zo groot mogelijk gehouden worden, hetgeen van voordeel is in verband met eventuele storing op de lijn.
- 2° De uitgangsimpedantie moet zijn aangepast op de lange leiding. (Ook hier weer 600Ω).
- 3° De uitgangsspanning moet worden begrensd i.v.m. de toegestane kleinste respektievelijk grootste ingangsspanning van de computer (-2 resp. $+2$ V).
- 4° Het door de versterker afgegeven signaal moet een gelijkspanningsniveau zijn dat de gemiddelde lichtsterkte waarmee een fototransistor wordt beschenen weergeeft in verband met het feit dat de computer tijdens het lezen van de ingangsspanningen maar $200 \mu\text{sec}$ naar één ingang kijkt. De versterker is daarom uitgerust met een ingangsfiler met een grensfrequentie van 5 Hz, dat het mogelijk maakt met wisselspanning gevoede lichtbronnen te gebruiken zonder dat de 50 Hz rimpel in het uitgangssignaal doordringt. Het filter is betrekkelijk eenvoudig (met een soldeerbout) uitschakelbaar gemaakt.

Naast het doorgeven van de signalen van de fotomatrix naar de computeringang worden door de eindversterkers ook de commandosignalen doorgegeven waarmee het programma kan worden beïnvloed. Dit wordt gerealiseerd met de principeschakeling van fig. 3.24.

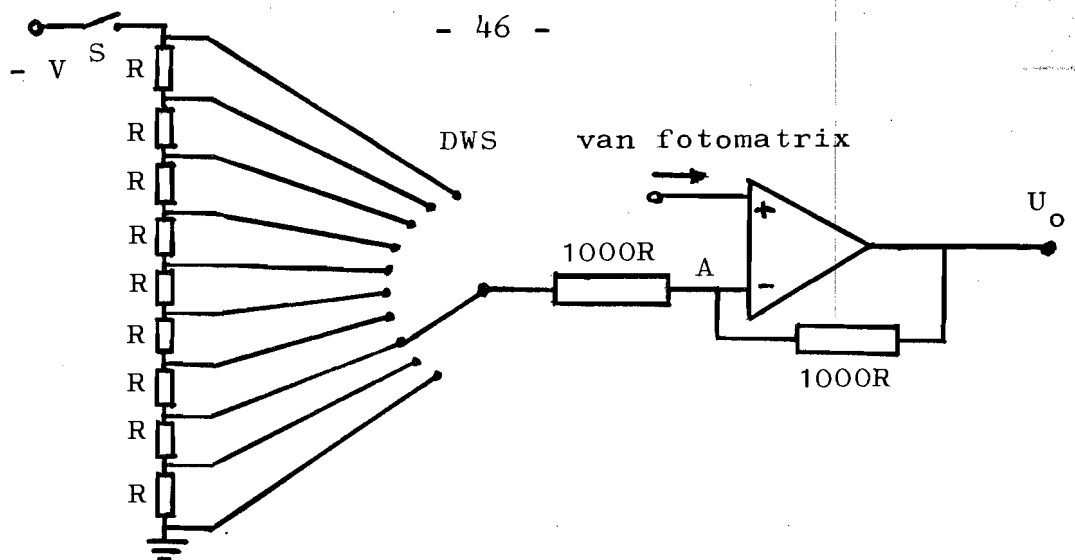


fig. 3.24: Het sturen van de uitgangsspanning van een versterker met een stappenschakelaar.

Met een decimale duimwiel­schakelaar (DWS) kan men op de ingang van de versterker één uit tien gelijkspanningsniveaus aanbieden als de schakelaar S is gesloten.

De gekozen spanning verschijnt $-1x$ versterkt aan de uitgang. Deze spanningen kunnen als commandosignalen dienst doen door in een programma aan de verschillende spanningsniveaus een eigen betekenis te hechten (zie hoofdstuk 4.2.2). Deze wijze van besturen wordt gecomp­le­teerd door de schakelaar S vanuit de computer te be­dienen.

Daarvoor wordt het zesde bit van het digitale computer­uitgangssignaal gebruikt.

Wanneer in een programma een commando moet worden op­gevraagd, wordt vanuit het programma door het "1" maken van bit vijf en bit zes de fotomatrix uitge­schakeld en de stappenschakelaars ingeschakeld. Het programma geeft vervolgens opdracht de analoge ingangen van de computer te lezen.

Op deze wijze worden de spanningen van de stappenscha­kelaars, die een maat zijn voor de stand van de scha­kelaars, aan het programma toegevoegd. (Zie ook hoofd­stuk 4.2.2).

In de schakeling zijn vijftien kolomversterkers (de nrs. 2 t/m 16) van een duimwiel­schakelaar voorzien die functioneert zoals hierboven beschreven.

De eerste versterker is uitgerust met een combinatie van schakelaars zoals aangegeven in fig. 3.25.

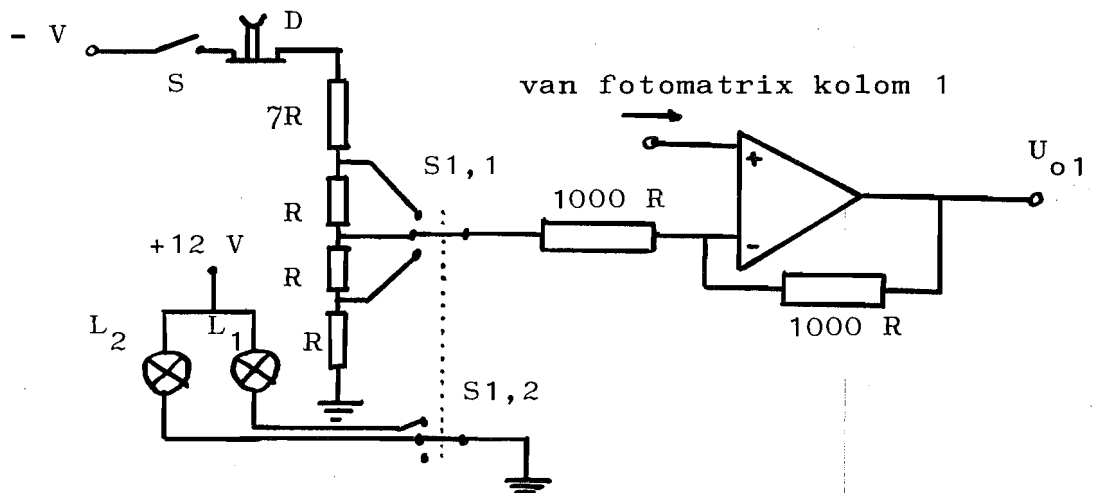


fig. 3.25: De ingangsspanningsdelerschakeling voor programma-besturing behorende bij kolom 1.

De schakelaar S_1 wordt in de middenstand gebruikt om te wachten op een commando voor het starten van een verwerkingsprogramma.

Het lampje L_2 (groen) brandt dan. Een programmadeel wordt gestart door indrukken van de drukknop D.

Als S_1 in de bovenste stand staat, brandt het lampje L_1 (rood). Het contact met de computer wordt verbroken. In de onderste stand brandt geen lampje. Het gehele systeem blijft een gekozen programma-onderdeel repetitief uitvoeren. (Het gebruik van S_1 en D voor de hierbeschreven toepassingen moet vanzelfsprekend in een programma zijn voorzien. (Zie hoofdstuk 4.3.1).

De wijze waarop de versterking van de eindversterking in stappen wordt geregeld, blijkt uit fig. 3.25a.

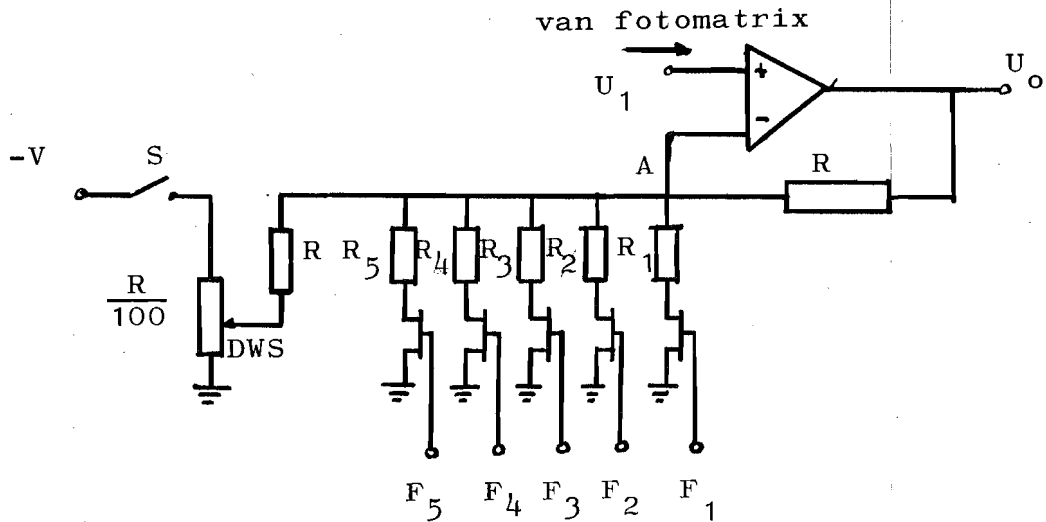


fig. 3.25a: Het in stappen regelen van de versterking van de eindversterkers.

Tussen het punt A en aarde zij de weerstand R_V .
 $V = 1$ t/m 5 . Door de tegenkoppelweerstand R is de spanning op het punt A gelijk aan U_1 . (De ingangsstroom van de versterker wordt steeds verwaarloosd).
 De stroom door R_V wordt dan $\frac{U_1}{R_V}$.

Dit is tevens de stroom door R .

Daaruit volgt dat $U_i = \frac{R_V}{R + R_V} \cdot U_o$ of

$$U_o = \left(\frac{R}{R_V} + 1 \right) U_i$$

Door R_V instappen instelbaar te maken wordt nu de versterking in stappen geregeld.

Uit de weerstandswaarden van fig. 3.25 volgt globaal de volgende reeks versterkingsfactoren:

Géén fet geleidend:	2	x
F1 geleidt	: 4	x
F2 "	: 10	x
F3 "	: 30	x
F4 "	: 100	x
F5 "	: 300	x

De fetschakelaars worden ook vanuit de computer be-
diend. (Zie hoofdstuk 3.2).

De ingang van de eindversterkers is aangepast aan de
signaalleiding die van de fotomatrix komt. Een filter
met een tijdconstante van 33 msec. (grensfrequentie
5 Hz) is opgenomen voor het wegwerken van rimpels uit
het ingangssignaal die het gevolg zijn van het gebruik
van met wisselspanningen gevoede lichtbronnen.

De condensator is aan de aardzijde niet op de print-
kaart met aarde doorverbonden, maar uitgevoerd naar
de connector. Het filter kan daardoor al of niet worden
ingeschakeld door al of niet de betreffende connector-
pen met aarde te verbinden. De ingangsschakeling is
voorzien van een verzwakker. Deze dient ervoor zoveel
mogelijk de maximale gevoeligheden van de kolommen
(die op zich gevuld zijn met op gelijke gevoeligheid
gesorteerde fototransistoren) eenmalig gelijk te
trekken. De ingangsschakeling is weergegeven in fig.
3.26.

van fotomatrix

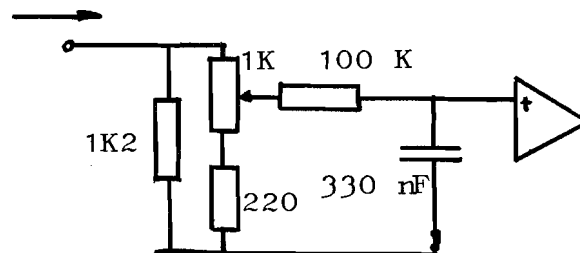


fig. 3.26: De ingangsschakeling van een kolomeindversterker.

De uitgangsschakeling van de versterker is zo gedi-
mensioneerd, dat wanneer de signaalleiding bij de
computer wordt afgesloten met 600Ω de maximale uit-
gangsspanning niet boven 2,5 V kan komen.

Door een handige keuze van spanningsdelers werkt de
versterker over een normaal werkbereik, van 0 tot 10 V
uitgangsspanning.

De totale schakeling geeft fig. 3.27.

Een offsetpotentiometer van $10\text{ k}\Omega$, en een condensator over de terugkoppelweerstand ter verhoging van de stabiliteit, completeren het geheel.

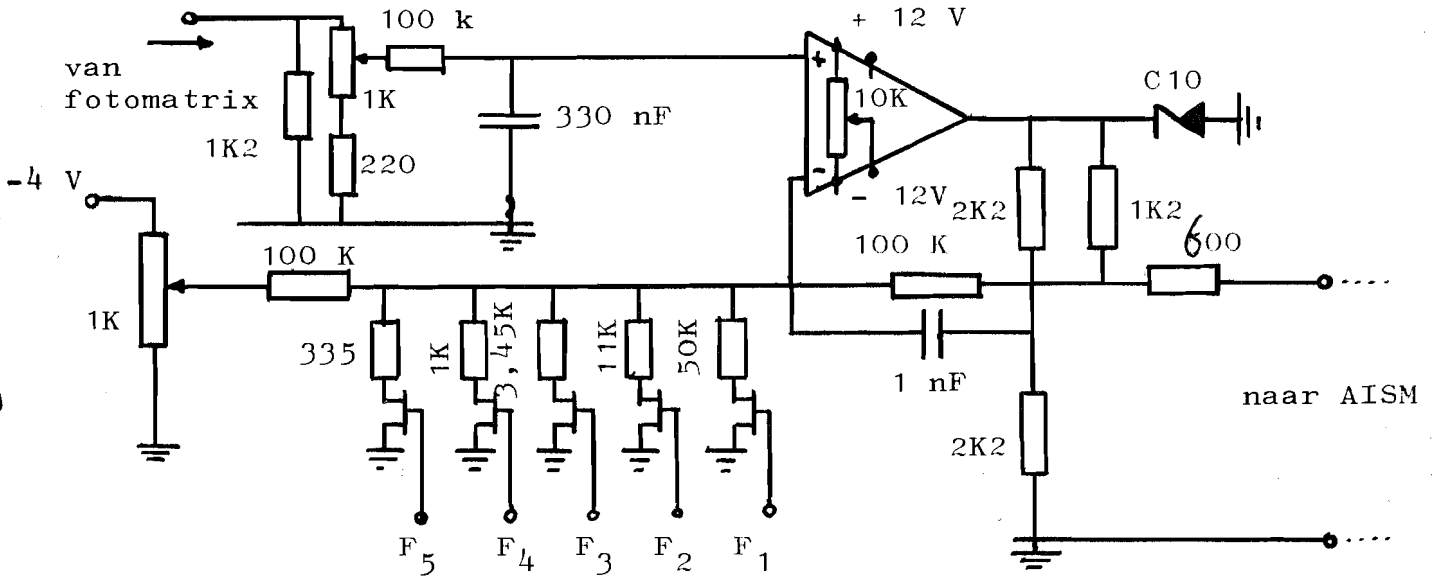


fig. 3.27: Het schema van de kolomeindversterkers.

Op een printplaatje zitten twee van dergelijke versterkers. Een indruk daarvan geeft fig. 3.28

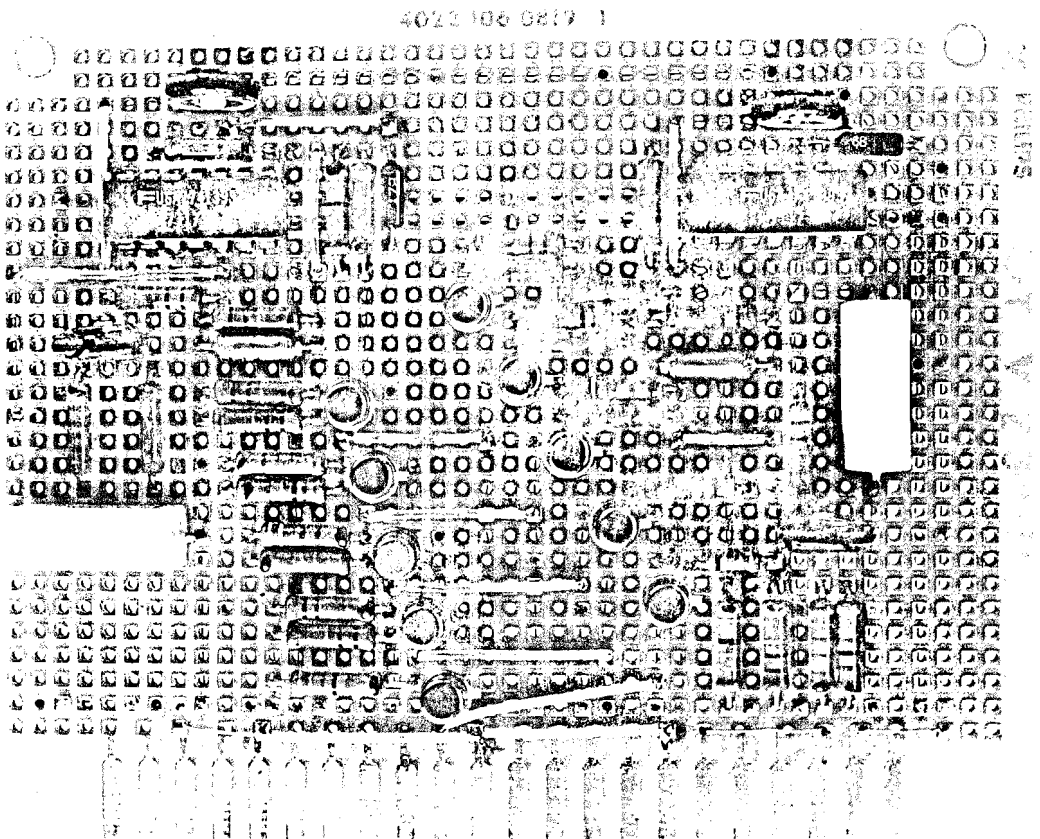


fig. 3.28: Printplaatje met twee eindversterkers.

3.2.2 Het digitale gedeelte.

Het digitale gedeelte heeft de volgende functies:

- De ingang van het tussenschakeltoestel aanpassen aan de signaalleiding.
- Het zichtbaar maken van het digitale getal dat aan de ingang van het toestel staat.
- Het inschakelen van de rij duimwielschakelaars.
- Besturen van de versterkingsfactoren.
- Het doorgeven van enkele bits naar de fotomatrix.

Het digitale signaal arriveert als 16 afzonderlijke aansluitingen op collectoren in het tussenschakeltoestel (zie hoofdstuk 2 onder DOSM). Aan de computerzijde is in serie met elke collector een 600Ω weerstand opgenomen als lijnaanpassing.

Deingangsschakeling waarop elke collector uitkomt is weergegeven in fig. 3.29.

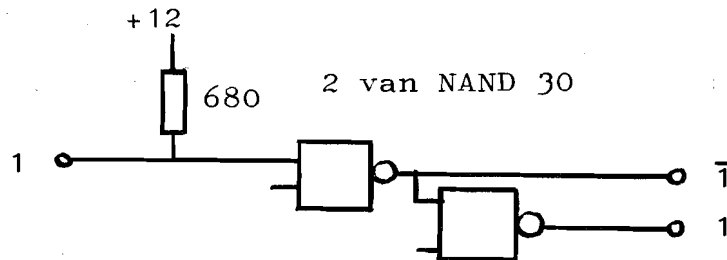


fig. 3.29: Ingangsschakeling voor elk bit van het digitale signaal.

Gebruik is gemaakt van de storingsongevoelige 12 V logic serie. In het tussenschakeltoestel heeft men voor elk bit de beschikking over het bit zelf en de inverse.

Het weerstandje van 680Ω zorgt samen met de ingangsimpedantie van de NAND voor de aanpassing aan de lange leiding.

Het toestel is voorzien van een octale display in 5 V logic. Voor elk display blokje zijn drie bits nodig. Voor 16 bits zijn zes display-blokjes nodig, waarbij de laatste maar met 1 bit wordt gestuurd.

Het gehele 16 bits ingangssignaal is voor het sturen van de display-blokjes bit voor bit naar 5 V logic-niveau vertaald met 4 LI31 NAND-poorten. (Op dezelfde wijze als op de fotomatrix). Zie fig. 3.30 voor één bit.

Van het digitale signaal worden de eerste vijf minst significante bits (dat zijn de bits 12 t/m 16) rechtstreeks doorgegeven naar de fotomatrix voor het al dan niet kiezen van een rij. Het zesde bit (bit nr. 11) wordt gebruikt voor het inschakelen van de rij der duimwielschakelaars. Tegelijk gaat een lampje branden in drukknop D (zie voor de toepassing hoofdstuk 4). De schakeling geeft fig. 3.31.

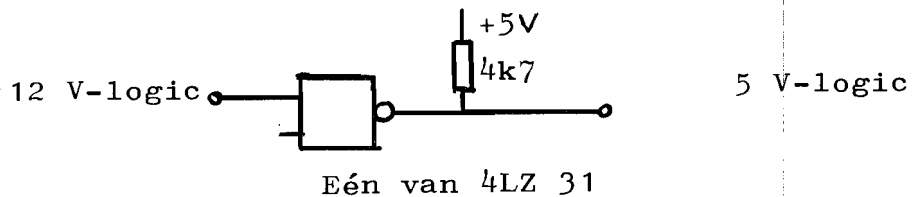


fig. 3.30: Aanpassen van een 12 V-logic niveau aan een 5 V-logic ingang met behulp van een NAND-poort. Een niet aangesloten ingang wordt inwendig op "1" gehouden.

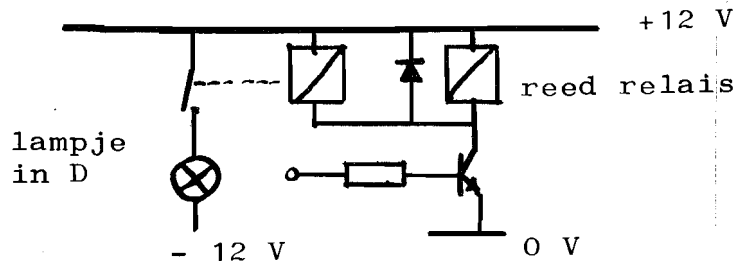


fig. 3.31: Het inschakelen van de rij der duimwielschakelaars met bit 6.

De volgende drie bits (de nrs. 8, 9 en 10 worden gebruikt voor het schakelen van de zes verschillende versterkingsfactoren.

De schakeling geeft fig. 3.32.

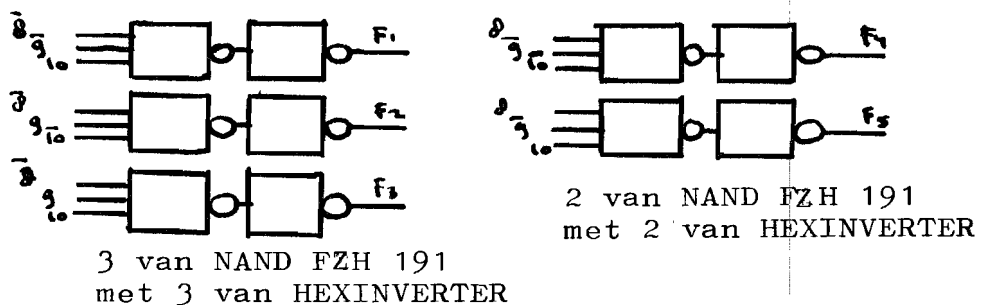


fig. 3.32: Het schakelschema voor het inschakelen van de fet-schakelaars F_1 t/m F_5 (zie ook fig. 3.27).

De overige bits van de zestien (de nrs. 1 t/m 7) zijn niet voor besturingsdoeleinden in gebruik. Deze zijn gereserveerd voor bijv. een eventuele display.

3.2.3 De voedingen.

Voor de voedingen is gebruik gemaakt van een standaard-schakeling van Hewlett-Packard, met kleine wijzigingen. Twee twaalfvoltsvoedingen in serie zorgen voor de spanningen van de operationele versterkers: +12, 0 en -12 Volt, 1A gestabiliseerd.

Twee andere parallel voor de voeding van de 5 V-logic: 5V, 2A gestabiliseerd. De voedingen zijn kortsluitvast. De schema's zijn weergegeven in fig. 3.33.

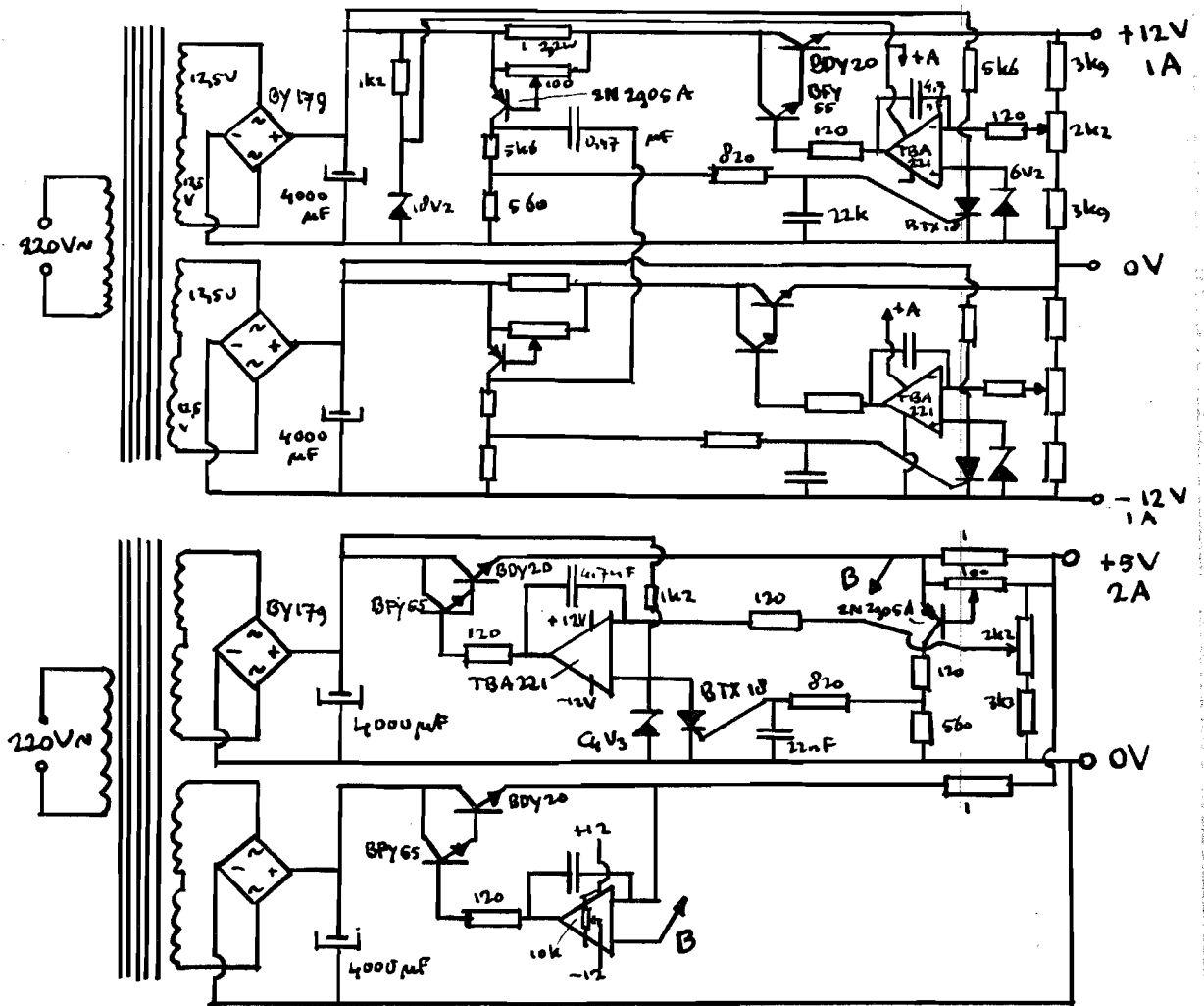


fig. 3.33: Schakelschema's van de toegepaste voedingen.

Voor de voeding van de collectorspanningen van de fototransistoren (6 V) en de voeding van de duimwielschakelaars (-4 V) is gebruik gemaakt van een eenvoudige serieschakeling van een zenerdiode en een weerstand.

3.2.4 De bedieningselementen.

Het frontpaneel van het tussenschakeltoestel is weergegeven in fig. 3.34.

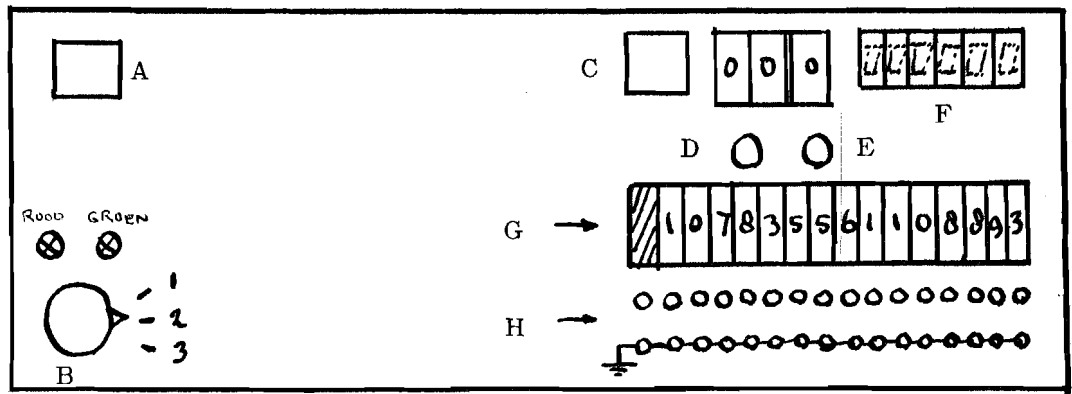


fig. 3.34: De bedieningselementen van het tussenschakeltoestel.

A: netschakelaar

B: keuzeschakelaar: stand 1; het rode lampje brandt. de verbinding met de computer is verbroken.
stand 2; het groene lampje brandt, het systeem wacht op een startcommando door het indrukken van knop C
stand 3; een gekozen programmadeel wordt repeterend uitgevoerd. Er brandt geen lampje.

C: startknop (Combinatie met B in stand 2)

D: wanneer de drukknop onder D wordt ingedrukt kan men, als extra mogelijkheid (hiervoor niet besproken),

met de hand een rij inschakelen op de fotomatrix, of de rij der duimwielschakelaars.

De rij wordt gekozen met de twee duimwielschakelaars boven de D.

De te kiezen rij moet worden ingesteld als octaal-
getal:

Rij 0	Decimaal = 0	Octaal	Rij 8	Decimaal = 10	Octaal
Rij 1	" = 1	"	Rij 9	" = 11	"
Rij 2	" = 2	"	Rij 10	" = 12	"
Rij 3	" = 3	"	Rij 11	" = 13	"
Rij 4	" = 4	"	Rij 12	" = 14	"
Rij 5	" = 5	"	Rij 13	" = 15	"
Rij 6	" = 6	"	Rij 14	" = 16	"
Rij 7	" = 7	"	Rij 15	" = 17	"

De rij der duimwielschakelaars is octaal 60 (= decimaal 48).

NB: In het computerprogramma moeten de rijen decimaal worden opgegeven.

E: wanneer de drukknop onder E wordt ingedrukt kan men met de hand een versterkingsfaktor kiezen voor de eindversterkers. De versterkingsfactoren zijn genummerd 0 t/m 5.

Ze worden ingesteld met de duimwielschakelaar boven de E.

F: Octaaldisplay. De blokjes laten zien welk digitaal getal aan de ingang van het tussenschakeltoestel staat. De twee meest rechtse blokjes geven dan aan welke rij is ingeschakeld. De daaropvolgende geeft aan welke versterkingsfaktor is ingeschakeld.

G: Rij der duimwielschakelaars: Zie onder 3.2.1 en in hoofdstuk 4.

H: Uitgangsbussen. Voor meetdoeleinden zijn de uitgangen van de eindversterkers naar het frontpaneel uitgevoerd.

3.2.5 De aansluitingen van het tussenschakeltoestel.

Van en naar het tussenschakeltoestel gaan de volgende leidingen:

1° Naar het tussenschakeltoestel:

- Driedaderig netsnoer. Randaarde niet verbonden met de schakeling.
- Digitaalsignaal vanaf computer: arriveert door telefoonkabel via 16 aderparen, per paar getwist.
- 16 Analoge signalen vanaf de fotomatrix.
Over 16 aders vanaf de matrix naar de matrixaansluitplug.

2° Van het tussenschakeltoestel:

- Analooagsignaal naar computer: 16 kanalen door telefoonkabel via 16 aderparen, per paar getwist.
- Digitaalsignaal naar fotomatrix: vijf bits over vijf aders vanaf matrixaansluitplug.
- Voedingen +12 V, 0, -12 V, +5 V en +6 V over vijf aders vanaf matrixaansluitplug.

3.3 Het blokschema

Met het voorgaande ontstaat nu het volgende blok-
schema van de totale schakeling:

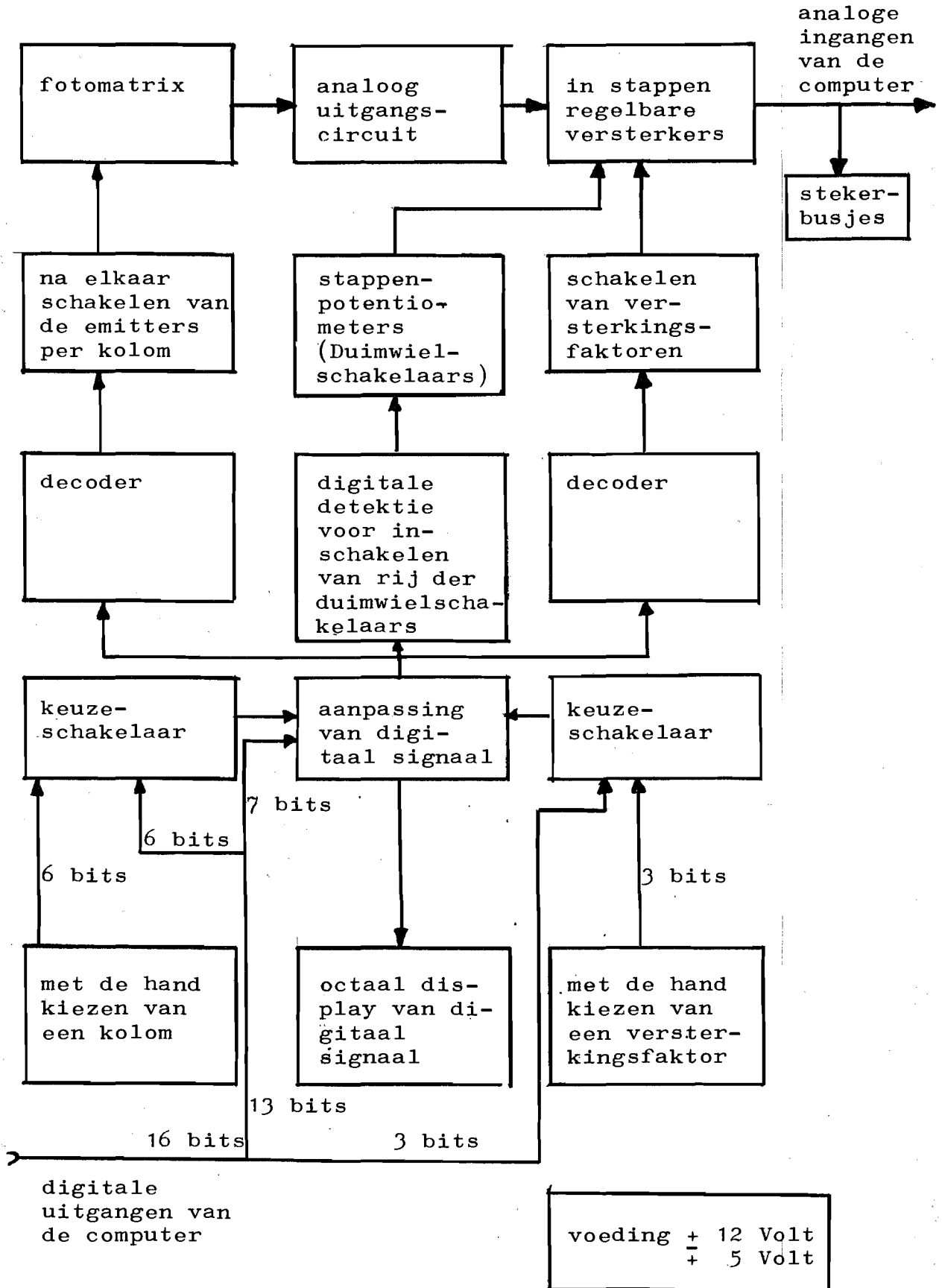


Fig. 3.35 geeft een indruk van het tussenschakeltoestel in wording.

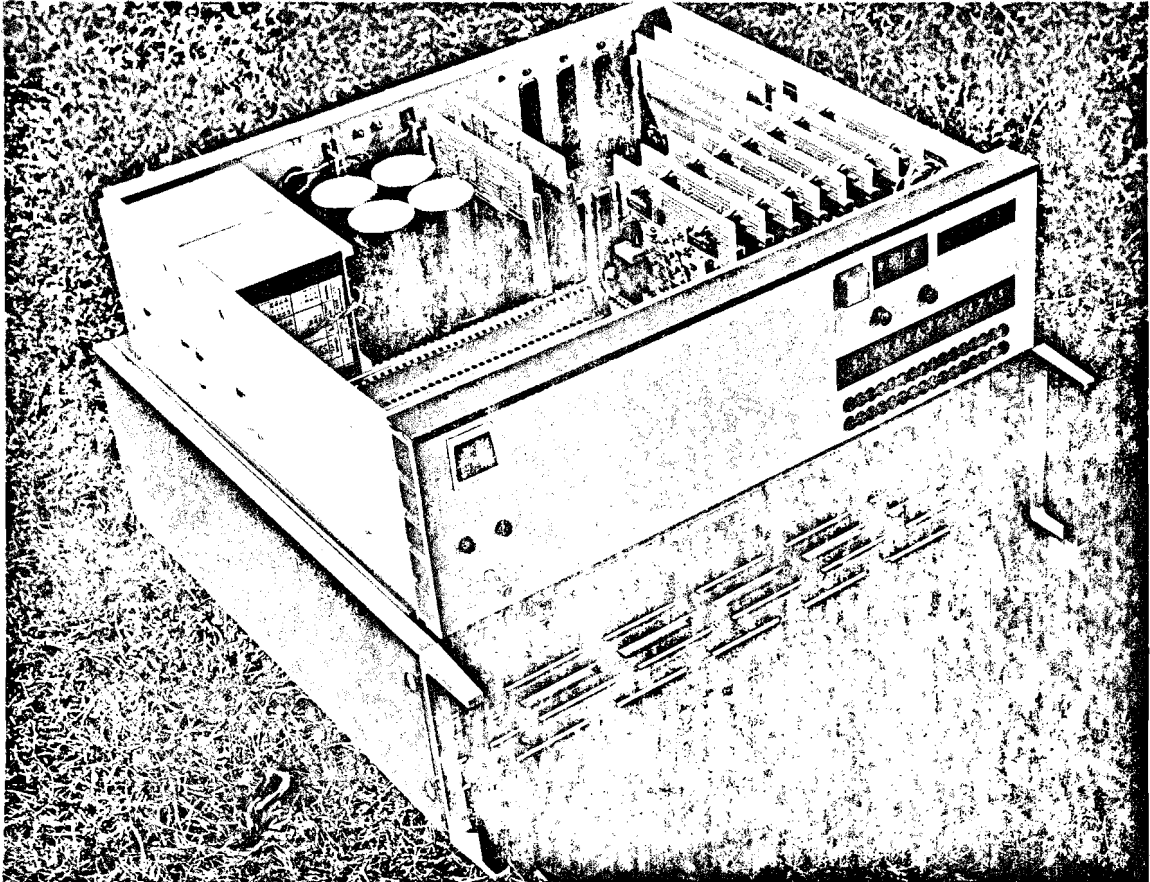


fig. 3.35: Het tussenschakeltoestel in een ver gevorderde staat van de montage.

4. Een testprogramma.

4.1 De functies van het testprogramma.

Voor het bedrijfsklaarmaken van de fotomatrixcomputer-input is een testprogramma gemaakt met twee functies:

- 1° Dienen als controle-instrument waarmee wordt gecontroleerd of de communicatie tussen computer en fotomatrixopstelling goed verloopt.
- 2° Het berekenen van correcties voor elk receptorelement afzonderlijk zodanig dat bij een egale verlichting de getallen die de uitgangsspanning van de verschillende receptoren representeren na het toepassen van deze correcties zo goed mogelijk gelijk zijn.

Voor het verrichten van de verschillende controles en berekeningen is het computerprogramma in deelprogramma's opgesplitst.

Met de bedieningselementen van het frontpaneel van het tussenschakeltoestel wordt een uit te voeren programmadeel gekozen en gestart.

Het testprogramma is daarmee tevens een demonstratiemiddel voor het tonen hoe de verschillende bedieningselementen in een programma worden gebruikt.

De verschillende programmaonderdelen zijn:

1. Wachtlus.
2. Controle digitale input.
3. Schrijven rij der duimwielschakelaars.
4. Registreren en opslaan fotomatrix.
5. Schrijven van geheel of deel van 4.
6. Bepalen van correcties voor de uitgangsspanningen van de receptorelementen.
7. Schrijven van de karakteristieke parameters van 6. (KSI en MU).
8. Bepalen en opslaan correctiematrices.
9. Schrijven correctiematrices.

10. Registreren fotomatrix met vanuit de rekenmachine bestuurd versterkingsfactoren.

Corrigeren met correctiematrices.

Schrijven resultaten.

11. Bekijken van offset.

4.2 Communicatie tussen de fotomatrixopstelling en de computer.

4.2.1 Het adresseren van de digitale computeruitgang.

Het binaire getal dat aan de computeruitgang staat omvat 16 bits. (Zie ook hoofdstuk 2, onder DOSM op blz. 2).

Het eerste bit is voor het teken

De overige 15 bits representeren machten van 2 zoals aangegeven in tabel 4.1.

Bit nr.	1	2	3	4	5	6	7	8
Betekenis	±	2 ¹⁴	2 ¹³	2 ¹²	2 ¹¹	2 ¹⁰	2 ⁹	2 ⁸

Bit nr.	9	10	11	12	13	14	15	16
Betekenis	2 ⁷	2 ⁶	2 ⁵	2 ⁴	2 ³	2 ²	2 ¹	2 ⁰

Tabel 4.1: Betekenis van de bits van het 16-bit digitale computeruitgangssignaal.

Zij de waarde van het n^e bit genoemd BIT(n) met BIT(n) = 0 of 1, dan volgt (afgezien van het teken) het decimale getal D dat overeenkomt met een gegeven binair getal aan de uitgang uit

$$D = \sum_{n=0}^{14} 2^n \cdot \text{BIT}(n).$$

In een programma worden de getallen die aan de uitgang moeten worden gezet opgegeven als decimaal getal.

De werkwijze is als volgt:

Stel men wil het 11^e bit op "1" zetten.

Omslachtig verhaal

Het 11^e bit representeert 2⁵, dat is decimaal 32. Als de variabele die in het programma het getal aangeeft dat moet worden uitgevoerd D heet, dan schrijft men D = 32.

Met een bij het IPO-systeem behorende subroutine zet men dit getal vervolgens aan de uitgang.

Voor de besturing van het tussenschakeltoestel wordt gebruik gemaakt van de bits 8 t/m 16.

De verdeling naar toepassing blijkt uit tabel 4.2. Tevens is opgegeven welke decimale getallen in het programma hiermee overeenkomen.

Bit nr.:	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Decimaal
Inschakelen van rij 0 t/m 15						x	x	x	x	0 t/m 15
Uitschakelen van alle rijen van de fotomatrix					x					16
Inschakelen van de rij der duimwielchakelaars.				x						32
Inschakelen van de rij der duimwielchakelaars onder gelijktijdige uitschakeling van alle rijen van de fotomatrix				x	x					48
Kiezen versterkingsfaktor 0 t/m 5 van de eindversterkers	x	x	x							(0 t/m 5). 64

Tabel 4.2: Overzicht bitgebruik voor de besturing van het tussenschakeltoestel.

De overgebleven bits (de nrs. 1 t/m 7) zijn zonder meer vrij voor een (bij een toekomstig programma behorende) hard-ware-display.

Mocht dat te weinig zijn dan is voor een aantal van de overige bits een dubbele functie mogelijk. Met name de bits 8, 9 en 10 die de versterking regelen en 13 t/m 16 die de rijen van de fotomatrix inschakelen zijn in principe steeds vrij zodra aan het begin van een verwerkingsprogramma de fotomatrix is geregistreerd. Ze moeten de functies van tabel 4.2 pas weer vervullen als de verwerkingscyclus opnieuw wordt gestart. In de tussentijd kunnen ze zijn ingeschakeld bij de display.

Ter controle van het digitale getal dat aan de ingang van het tussenschakeltoestel arriveert, bevindt zich op het frontpaneel een octaal display bestaande uit zes blokjes. Tabel 4.3 geeft aan hoe de verschillende bits over de blokjes zijn verdeeld. (Zie ook hoofdstuk 3.4).

Bit nr.:	1	2 3 4	5 6 7	8 9 10	11 12 13	14 15 16
Octaal blokje nr.:	1	2	3	4	5	6

Tabel 4.3: Verdeling van de bits van het digitale computeruitgangssignaal over de octale display blokjes van het frontpaneel van het tussenschakeltoestel. (Blokje nr. 1 is het meest linkse).

Het tekenbit is niet zonder meer op "1" te zetten met het toevoegen van een min-teken aan een decimaal getal D. Door de organisatie van de computer zouden dan alle andere bits ook veranderen.

Voor het veranderen van het tekenbit wordt gebruik gemaakt van een in het IPO-systeem aanwezige subroutine, waarmee men op een te kiezen plaats een bit van een

digitaal getal naar wens op "0" of "1" kan zetten.

In het testprogramma wordt D op verschillende plaatsen opgesplitst in D_1 , D_2 en D_3 :

$$D = D_1 + D_2 + D_3.$$

D_1 wordt gebruikt voor het schakelen van de rijen.

D_2 wordt gebruikt voor het kiezen van een versterkingsfaktor.

$$D_3 = 0.$$

4.2.2 Het innemen van analoge signalen.

Voor het opnemen van de analoge signalen die aan de computeringang staan wordt gebruik gemaakt van een in het IPO-systeem aanwezige subroutine; waarmee alle 16 ingangskanalen na elkaar worden opgenomen. Het resultaat wordt weggezet in een array $K(16)$.

Het registreren van de fotomatrix gaat dan als volgt: (Zie ook fig. 4.1 op blz. 65).

Eerst wordt rij 0 ingeschakeld. ($D = 0$, zie 4.2.1). Dan worden de 16 ingangskanalen opgenomen, en daarmee rij 0.

De waarden van rij 0 staan dan in $K(16)$.

Deze waarden worden vervolgens in een 16×16 array opgeborgen in de eerste rij. $K(16)$ is dan vrij voor volgend gebruik.

Nu wordt D met 1 verhoogd. (Dus $D = 1$).

Dan worden weer de 16 ingangskanalen opgenomen. Deze worden in de 16×16 array opgeborgen in de tweede rij. Dit proces herhaalt zich tot en met het binnenhalen van de zestiende rij ($D = 15$).

Hierna wordt D gelijk aan 16 gemaakt. Alle rijen zijn dan uitgeschakeld (Zie tabel 4.2). Vervolgens worden weer de analoge ingangen gelezen en opgeslagen in $K(16)$. De waarden die dan in $K(16)$ staan, representeren de restspanning van de elektronische schakeling in de situatie dat die spanning 0 zou moeten zijn.

Dit wordt de OFFSET van de schakeling genoemd. De array $K(16)$ wordt weggezet in OFFSET (16). In het programma worden vervolgens alle waarden van de 16×16 array per kolom met de bij elke kolomversterker behorende OFFSET gecorrigeerd.

Wanneer $D = 48$ wordt gemaakt dan is de fotomatrix uitgeschakeld en de rij der duimwielschakelaars ingeschakeld. (Zie tabel 4.2). De duimwielschakelaars verdelen hun bereik van 0 tot 1,8 V in 10 stappen van 0,2 Volt.

Dit is de situatie waarin de computer bij het inlezen van de analoge ingangssignalen informatie opneemt voor de besturing van het programma.

Het programma is zo ingericht, dat voor de besturing van het programma een array $N(16)$ is gedefinieerd, waarvan elk element een van de waarden 0, 1, 2 t/m 9 krijgt afhankelijk van de stand van de duimwielschakelaars. Bijvoorbeeld als de derde duimwielschakelaar op 5 staat, wordt $N(3) = 5$, als de zevende duimwielschakelaar op 2 staat, wordt $N(7) = 2$, enz. De nummers van de duimwielschakelaars zijn dezelfde als de nummers der kolommen.

Kolom 1 heeft geen duimwielschakelaar maar een combinatie van een driestandenschakelaar en een drukknop. (Zie ook hoofdstuk 3.2.1, fig.3.25)

blz. 47

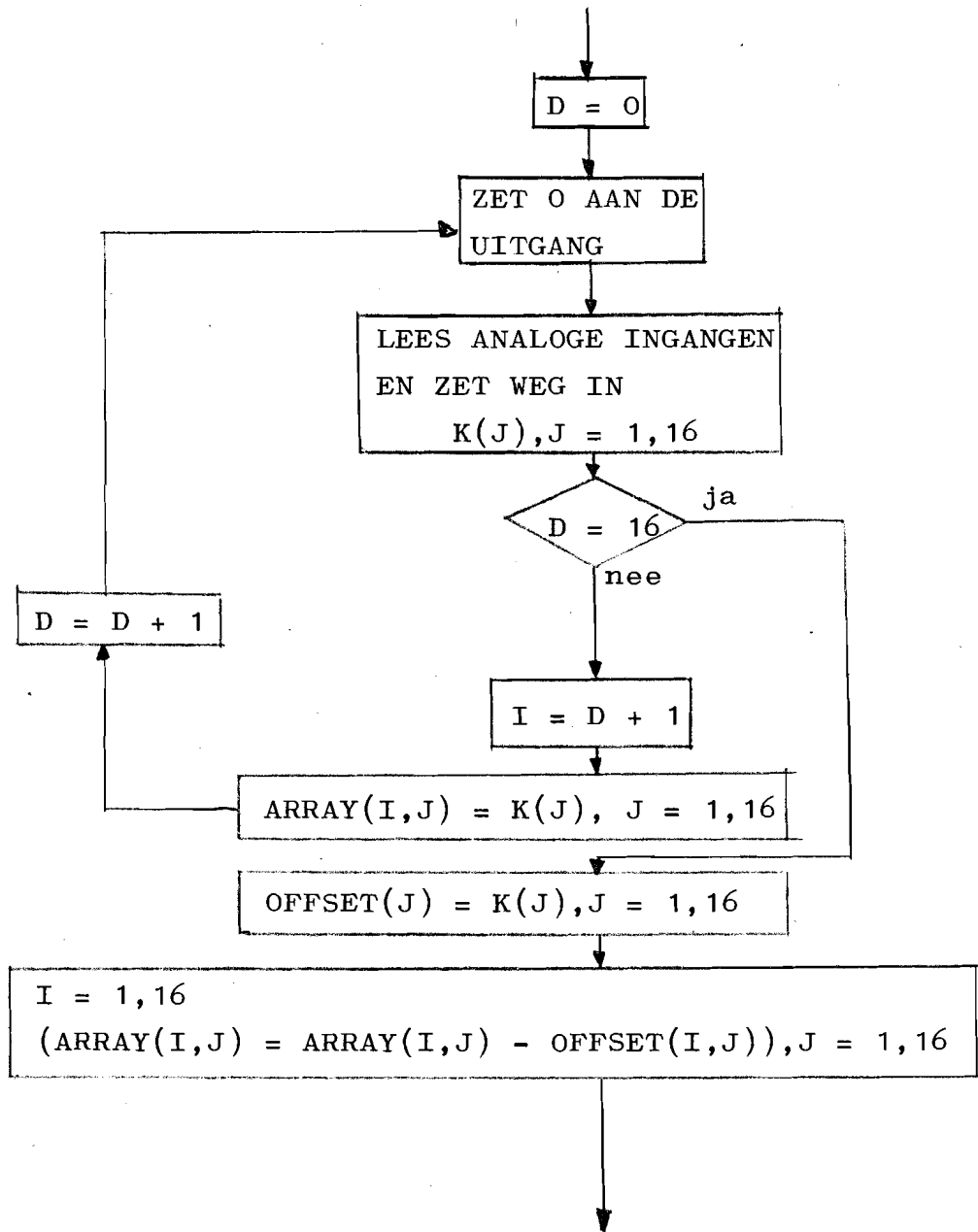


fig. 4.1: Flowdiagram van het principe van het registreren van de fotomatrix.

De wijze waarop het programma de array N(I) vult, blijkt uit tabel 4.4.

Duiswielachakelaar		Computer	Programma	
DWS(I), I=2, 16		Interne representatie (decimaal)	In welk hieronder opgegeven traject bevindt een gelezen getal zich	Hierdoor wordt N(I)
Stand	Spanning aan computeringang (Volt)			
9	$\approx 1,8$	≈ 14760	16400-800 } →	9
8	$\approx 1,6$	≈ 13120	14760-800 } →	8
7	$\approx 1,1$	≈ 11480	13120-800 } →	7
6	$\approx 1,2$	≈ 9840	11480-800 } →	6
5	$\approx 1,0$	≈ 8200	9840-800 } →	5
4	$\approx 0,8$	≈ 6560	8200-800 } →	4
3	$\approx 0,6$	≈ 4920	6560-800 } →	3
2	$\approx 0,4$	≈ 3280	4920-800 } →	2
1	$\approx 0,2$	≈ 1640	3280-800 } →	1
0	$\approx 0,0$	≈ 0	1640-800 } →	0

Tabel 4.4: Het door het computerprogramma interpreteren van de standen van duimwielachakelaars in schematische vorm.

De driestandenschakelaar van kolom 1 schakelt tussen 0,2, 0,4 en 0,6 Volt, dat wil zeggen dat $N(I)$ respectievelijk de waarden 1, 2, en 3 kan aannemen. Met de drukknop wordt de spanning 0 gemaakt: $N(I)=0$.

Met de gevolgde procedure is het nu betrekkelijk eenvoudig geworden in het programma op vooraf gekozen plaatsen besturingscommando's in te voegen: Men stelt de werkwijze van het programma afhankelijk van de waarde van één van de elementen van $N(16)$ en daarmee van de stand van de bij dat element behorende duimwielschakelaar.

4.3 Het testprogramma, een beschrijving van de functies van de onderdelen.

Het testprogramma bevat de volgende onderdelen:

4.3.1 Wachtlus.

In dit programmadeel worden constanten $N(I)$ bepaald zoals omschreven in 4.2.2 bij tabel 4.4.

De eerste twee spelen een rol binnen de wachtlus (Zie tabel 4.5).

N(1):	Gevolg:
Stand 3 van de draai- schakelaar. (Het rode lampje brandt): N(1) = 3	Het programma wordt be- eindigd. De verbinding met de computer wordt ver- broken.
Stand 2 van de draai- schakelaar. (Het groene lampje brandt): N(1) = 2	Dit programmadeel herhaalt zich: wachten.
Stand 1 van de draai- schakelaar. (Er brandt geen lampje): N(1) = 1	Iedere keer dat het pro- gramma in dit programma- deel terugkeert ontsnapt het onmiddellijk weer: Er wordt repeterend een programmadeel anders dan de wachtlus uitgevoerd.
De startknop wordt ingedrukt: N(1) = 0	Eénmalig ontsnappen uit de wachtlus voor het éénmalig uitvoeren van een ander programmaonder- deel

Tabel 4.5: Schematische weergave van de wijze waar-
op met N(1) het programma wordt beïnvloed.

N(2):

Met N(2) wordt het uit te voeren programmadeel ge-
kozen. Hierna zal steeds vermeld worden welke stand
van N(2) moet worden ingesteld om het programma
vanuit de wachtlus naar het desbetreffende onderdeel
te sturen.

4.3.2 Controle digitale input.
(Kiezen met $N(2) = 0$).

Met één sekonde per cijfer tussenruimte tellen alle blokjes van de octale display na elkaar van 0 t/m 7, behalve het meest linkse dat alleen naast 0 nog 1 te zien geeft. Men heeft zo een visuele controle op het correct arriveren van het digitale computer-sig-naal bij het tussenschakeltoestel. Aan het eind wordt het programma terug naar 4.3.1 gestuurd.

4.3.3 Schrijven rij der duimwielschakelaars en constanten $N(I)$.
(Kiezen met $N(2) = 1$)

Met dit programmaonderdeel controleert men in hoeverre de in tabel #.4 veronderstelde werking inderdaad plaats vindt.

Doordat bij eenmaal ingestelde standen vande duim-wielschakelaars de uitgangsspanning van de verschil-lende kolomversterkers constant mag worden beschouwd, verkrijgt men in die situatie door herhaald uit-voeren van dit programmadeel informatie over de kwali-teit van de analoge verbinding: De computer zou steeds dezelfde getallen moeten zien.

Aan het begin van dit programmaonderdeel is er 10 sekonden pauze, welke ingaat op het moment dat het teken bit 1 wordt. (Dat wil zeggen dat het meest linker octale display blokje een 1 toont).

In die tijd kan men de verschillende schakelaars nog van stand veranderen. Hierdoor is het mogelijk alle standen van $N(1)$ en $N(2)$ ook te bekijken.

Zodra de automatische typemachine de resultaten be-gint te schrijven, kunnen de schakelaars eventueel terug worden gezet.

Als de typemachine niet in de buurt staat, dan is de signalering voor het eind van het uitvoeren van dit programmaonderdeel het doven van het lampje in de

startknop. Er is dan nog 10 seconden pauze om de schakelaars een andere stand te geven.

Hierna gaat het programma terug naar 4.3.1.

4.3.4 Registreren en opslaan van de fotomatrix.
(Kiezen met $N(2) = 2$).

Hoofddoel van dit programmadeel is het registreren van meerdere (tot 10) meetuitkomsten per receptor-element als functie van het lichtniveau.

Daartoe is een matrix $A(160,16)$ verdeeld in tien blokken van 16 bij 16. Het te gebruiken blok wordt gekozen met $N(4)$. Zie tabel 4.6. Bij elk blok hoort het lichtniveau waarbij de waarneming is gedaan. Deze wordt op een bij zo'n blok behorende plaats opgeslagen in een array LICHT(10).

Het lichtniveau wordt met de hand gemeten en vervolgens via $N(13)$, $N(14)$, $N(15)$ en $N(16)$ aan het programma toegevoegd: $(NN=N(4)+1)$

$LICHT(NN)=1000 * N(13)+100 * N(14)+10 * N(15)+N(16)$

N.B. $N(13)$ t/m $N(16)$ moeten worden ingesteld vóór dit programmadeel wordt gestart.

Waarneming nr.:	1	2	3	4	5
$N(4)$	0	1	2	3	4
De rijen van $A(160,16)$ die meedoen	1-16	17-32	33-48	49-64	65-84
De bijbehorende plaats in LICHT (10)	1	2	3	4	5

Voor het vervolg van deze tabel zie volgende blz.

Waarneming nr.:	6	7	8	9	10
N(4)	5	6	7	8	9
De rijen van A(160,16) die meedoen	85-96	97-112	113-128	129-144	145-160
De bijbehorende plaats in LICHT (10)	6	7	8	9	10

Tabel 4.6: Localisatie van waarnemingen in de arrays A(160,16) en LICHT (10)

Bij het inschakelen van een rij van de fotomatrix die moet worden gelezen wacht het programma een poosje om schakelverschijnselen te doen verdwijnen alvorens de rij te lezen. De wachttijd is instelbaar van 0 tot 300 msec in stappen van 40 msec. Dit wordt gedaan met N(3). De wachttijd is $40 * N(3)$ msec.

Met ingeschakelde ingangsfilters van de eindversterkers moet N(3) minimaal 7 zijn.

Met N(12) geeft men de geheugensteun op bij welke versterkingsfaktor (genummerd 0 t/m 5) de metingen zijn gedaan.

Na uitvoeren van dit programmadeel gaat het programma terug naar 4.3.1.

Uit het bovenstaande is duidelijk dat voor meerdere metingen dit programmaonderdeel herhaald moet worden uitgevoerd, waarbij N(4) en N(13) t/m N(16) steeds opnieuw moeten worden ingesteld.

4.3.5 Schrijven deel of geheel van A(160,16).

(Kiezen met $N(2)=3$).

In dit programmadeel wordt het volgende geschreven:

1° Het nummer van de versterkingsfaktor die was opgegeven met $N(12)$.

2° LICHT (I).

Men kan kiezen welk deel van LICHT (I) men laat schrijven.

Het beginpunt voor I wordt bepaald door $N(5)+1$, het eindpunt door $N(6)+1$.

3° A(I,J).

Ook hier kan men kiezen welk deel moet worden uitgeprint.

Instellen:

Met $N(7)+N(8)+1$ het beginpunt voor de kolommen.

Met $N(9)+N(10)+1$ het eindpunt voor de kolommen.

Met $N(15)+N(16)+16 * N(3)$ het beginpunt voor de rijen.

Met $N(13)+N(14)+16 * N(4)$ het eindpunt voor de rijen.

4° OFFSET (16).

Na het printen gaat het programma terug naar 4.3.1.

4.3.6 Bepalen van correcties voor de uitgangsspanningen van de receptorelementen.

(Kiezen met $N(2)=4$).

Aangenomen wordt dat het gedrag van elk receptorelement als functie van het lichtniveau over een groot gebied door een rechte kan worden benaderd.

Zij de voor de uitgangsspanning van het tussenschakeltoestel voor een bepaalde receptor geregistreerde waarde y , en het lichtniveau x , dan volgt voor de receptor:

$$y = KSI.x + MU.$$

In dit programmaonderdeel worden met de in 4.3.4 opge-

nomen metingen voor elke receptor KSI en MU berekend met de methode van de kleinste kwadraten.

Met $N(4)+1$ wordt opgegeven hoeveel meetpunten per receptor meedoen.

Na dit programmadeel gaat het programma weer terug naar 4.3.1.

4.3.7 Schrijven van KSI en MU. ξ en μ
(Kiezen met $N(2)=5$).

In dit programmaonderdeel worden de resultaten van 4.3.6 geschreven.

Met $N(12)$ wordt opgegeven bij welke versterkingsfaktor deze zijn bepaald.

Hierna gaat het programma terug naar 4.3.1.

4.3.8 Bepalen en opslaan van correctiematrices.
(Kiezen met $N(2)=6$).

In dit programmadeel wordt eerst KSI-gemiddeld bepaald. Vervolgens wordt per receptorelement een correctiefactor bepaald door de KSI die bij de receptor hoort op KSI-gemiddeld te delen. De correctie voor MU is MU zelf.

De correcties staan na de hiervoor voor KSI genoemde bewerking in twee matrices:

CKSI (16,16) en CMU (16,16).

Deze correctiematrices worden opgeslagen in het schijfengeheugen in een z.g. "file".

Voor dat doel zijn zes paren files beschikbaar. Welk paar moet worden gebruikt, wordt opgegeven met $N(12)$.

Indien dat nodig mocht blijken, kan nu elke versterkingsfaktor een eigen paar correctiematrices krijgen.

De files zijn ook vanuit andere programma's toegankelijk.

Aan het begin van dit programmadeel zit een waarschuwingsprogrammaatje.

Wanneer de startknop wordt ingedrukt, knippert de display gedurende vijf sekonden met vijf enen. Bij nog een keer drukken gebeurt hetzelfde met vijf tweeën en bij een derde keer drukken met vijf drieën. Pas bij een vierde keer drukken wordt het programmadeel uitgevoerd. Dit waarschuwingsstukje is ingebouwd omdat als dit programmadeel wordt gestart de informatie wordt vernietigd, die nog in de geadresseerde file stond. De waarschuwing wapent tegen vergissingen. Mocht men zich inderdaad vergissen en er tijdens de waarschuwingen achter komen dan moet men éénmaal een ander programmadeel starten (bijvoorbeeld de eerste na de wachtlus) om de teller die het aantal keren knopdrukken voor dit programma-deel bijhoudt weer op nul te stellen.

Na dit programmadeel gaat het programma terug naar 4.3.1.

4.3.9. Schrijven van correctiematrices.
(Kiezen met $N(2)=7$).

In dit programmaonderdeel wordt één paar correctiematrices uitgeprint. Welk wordt bepaald door $N(12)$.

Als het uittypen klaar is, gaat het programma naar 4.3.1.

4.3.10 Registreren fotomatrix met vanuit de rekenmachine bestuurde versterkingsfactoren.
Corrigeren met correctiematrices.
Schrijven resultaten.
(Kiezen met $N(2)=8$).

In dit programmadeel wordt de fotomatrix opgenomen waarbij de versterkingsfactor door de rekenmachine zo wordt ingesteld dat de grootste geregistreeerde waarde zo dicht mogelijk bij de volle schaal (=16383) ligt. De fotomatrix wordt zoals gebruikelijk gecorrigeerd met de offset (zie voor het principe fig. 4.1).

Vervolgens wordt elke receptor met behulp van de correctiematrices in principe gecorrigeerd volgens

$$\text{RET}(I,J) = (\text{RET}(I,J) - \text{CMU}(I,J)) * \text{CKSI}(I,J)$$

waarin $\text{RET}(I,J)$ een element van de fotomatrix is.

Voor het uitschrijven van de resultaten zijn er vier mogelijkheden:

- 1° Schrijven van de ongecorrigeerde fotomatrix, de gecorrigeerde en de offsets.
- 2° Schrijven van alleen de gecorrigeerde matrix en de offsets.
- 3° Schrijven van alleen de ongecorrigeerde matrix.
- 4° In het geheel niet schrijven.

Tussen deze vier mogelijkheden wordt gekozen met $N(15)$ en $N(16)$:

Voor 1°: $N(15) \neq 9$, $N(16) \neq 9$

Voor 2°: $N(15) \neq 9$, $N(16) = 9$

Voor 3°: $N(15) = 9$, $N(16) \neq 9$

Voor 4°: $N(15) = N(16) = 9$.

In het programma zijn twee extra signaleringen ingebouwd:

- Als het licht zo sterk is dat er bij de laagste versterkingsfaktor nog overflow is, wordt het tekenbit "1".
- Een enkele keer gaat er iets mis in de computer met het transport van de informatie vanuit het schijvengheugen naar het snelle geheugen: één of enkele getallen komen verminkt over.

Voor $\text{CKSI}(I,J)$ en $\text{MU}(I,J)$ wordt nu steeds gecontroleerd of de waarden binnen het verwachte bereik vallen.

(Dat is $0,5 < \text{CKSI}(I,J) < 2$ en $\text{MU}(I,J) < 200$).

Als dat niet zo is typt de automatische type-machine "DISK ERROR".

Het programma vervolgt met het opnieuw transpor-

teren van de correctiematrices, net zo lang tot het geen fout meer ontdekt.

Na dit programmadeel gaat het programma terug naar 4.3.1.

4.3.11 Bekijken van OFFSET.
(Kiezen met $N(2)=9$).

In dit programmaonderdeel wordt de offset van de schakeling apart geregistreerd in OFFSET (16) en vervolgens uitgeprint.

Daarna gaat het programma terug naar 4.3.1.

4.4 Het programma.

Het programma is geschreven in FORTRAN-IV.

Er is gebruik gemaakt van SUBROUTINES die gebruikers van het IPO-systeem ter beschikking staan:

SUBROUTINE MAIS (K,1,0,0,0,16): Innemen 16 analoge
getallen K(16)

" MHON (D,0,0,0): Uitvoeren digitaal getal D.

" ISBT (D,1): "1" maken van bit 1 van D.

" IRBT (D,1): "0" maken van bit 1 van D.

" CLCK (W,4): starten klok die W elke 10^4
usec met 1 ophoogt.

" SCLC: stoppen klok.

" HALT: beëindigen programma.

" SEARCH: kontakt opnemen met een file.

" WRITE: vullen file.

" READ: lezen file.

Voor bijzonderheden over deze subroutines wordt verwezen naar het IPO-software-vademecum.

```
C TESTPROGRAMMA TBV TESTEN FØTØMATRIX EN
C TUSSENSCHAKELTØESTEL TBV AFSTUDEERWERK PLØN
INTEGER D, D1, D2, D3, D4, W, K(16), LICHT(10), N(16)
INTEGER WN, WK
INTEGER A(160, 16), ØFFSET(16), BPX29(16, 16), IRET(16, 16)
COMMON A, BPX29, RET, CKSI, CMU, IRET
REAL RET(16, 16), CKSI(16, 16), CMU(16, 16)
REAL KSIT, KSIGM
REAL B(10), GTAL(10)
INTEGER F(3), F1(3), F2(3), F3(3)
DATA F(1), F(2), F(3)/2HCK, 2HSI, 2HØØ/
DATA F2(1), F2(2), F2(3)/2HCC, 2HMU, 2HØØ/
F1(1)=F(1)
F1(2)=F(2)
F3(1)=F2(1)
F3(2)=F2(2)
D=0
D2=0
D3=0
DØ 441 IJK=1, 10
441 LICHT(IJK)=0
LETØP=0
C WACHTLUS, INLEZEN CØNSTANTEN ←Begin van de wachtlus,
100 D1=48 (zie 4.3.1)
D=D1+D2+D3
CALL MHØN(D, 0, 0, 0)
CALL CLCK(W, 4)
110 IF(W.LT.15)GØTØ110
CALL SCLC
CALL MAIS(K(1), 1, 0, 0, 0, 16)
DØ 150 I=1, 16
J=1
130 IF(J*1640-800-K(1))140, 140, 150
140 J=J+1
GØTØ130
150 N(1)=J-1
IF(2-N(1))160, 170, 180
160 CALL HALT
170 GØTØ 100
180 ISW=N(2)+1
IF(.NØT.(ISW.EQ.7))LETØP=0
GØTØ(200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 825, 900, 1100), ISW
```

```
C   CØNTRØLE DIGITALE ØUTPUT MBV ØCTAAL DISPLAY
200 DØ 220 I=1,5
      D4=8** (I-1)
      DØ 220 J=1,8
      D=(J-1)*D4
      CALL MHØN(D,0,0,0)
      CALL CLCK(W,4)
210 IF(W.LT.100)GØTØ210
      CALL SCLC
220 CØNTINUE
      D=0
      CALL ISBT(D,1)
      CALL MHØN(D,0,0,0)
      CALL CLCK(W,4)
230 IF(W.LT.100)GØTØ230
      CALL SCLC
      GØTØ100
```

Het programmadeel dat werd beschreven in 4.3.2.

```
C   SCHRIJF RIJ DER DUIMWIELSCHAKELAARS EN N(16)
C   DØØR 10 SEK PAUZE AAN BEGIN EN EIND VAN DIT
C   PRØGRAMMADEEL IS HET MØGELIJK ALLE MØGELIJKHEDEN
C   VAN DE EERSTE VERSTERKER ØØK TE ZIEN
300  D=48
      CALL ISBT(D,1)
      CALL MHØN(D,0,0,0)
      CALL CLCK(W,4)
310  IF(W.LT.1000)GØTØ310
      CALL SCLC
      CALL MAIS(K,1,0,0,0,16)
      DØ 350 I=1,16
      J=1
330  IF (J*1640-800-K(I))340,340,350
340  J=J+1
      GØTØ330
350  N(I)=J-1
      WRITE(1,360)
360  FØRMAT(27HØGEREGISTREERD VØØR RIJ 16:)
      WRITE(1,370)(K(I),I=1,16)
370  FØRMAT(4I15)
      WRITE(1,380)
380  FØRMAT(39HØDAARUIT VØLGT VØØR DE CØNSTANTEN N(I):)
      WRITE(1,390)(N(I),I=1,16)
390  FØRMAT(16I3)
      D=0
      CALL ISBT(D,1)
      CALL MHØN(D,0,0,0)
      CALL CLCK(W,4)
395  IF(W.LT.1000)GØTØ395
      CALL SCLC
      GØTØ100
```

Het programmadeel dat werd beschreven in 4.3.3.

```
C   REGISTREREN FØTØMATRIX, SLA ØP IN A(160,16)
400  D=0
      N3=N(3)*4
      MA=16*N(4)
      DØ 440 I=1,17
      IN=I+MA
      CALL MHØN(D,0,0,0)
      CALL CLCK(W,4)
410  IF(W.LT.N3)GØTØ410
      CALL SCLC
      CALL MAIS(K,1,0,0,0,16)
      IF(D.EØ.16)GØTØ430
      DØ 420 J=1,16
420  A(IN,J)=K(J)
      D=D+1
      GØTØ440
430  DØ 435 J=1,16
      ØFFSET(J)=K(J)
435  CØNTINUE
440  CØNTINUE
      DØ 450 I=1,16
      IN=I+MA
      DØ 450 J=1,16
450  A(IN,J)=A(IN,J)-ØFFSET(J)
      NN=N(4)+1
      LICHT(NN)=1000*N(13)+100*N(14)+10*N(15)+N(16)
      GØTØ100
```

Het programmadeel dat werd beschreven in 4.3.4

```
C   SCHRIJF DEEL/GEHEEL A(160,16) EN BIJBEHØRENDE
C   GEGEVENS
500  D=0
      CALL MHØN(D,0,0,0)
      N12=N(12)
      WRITE(1,510)N12
510  FØRMAT(23HOVERSTERKINGSFACTØR NR: , I3)
      NB=N(5)+1
      NE=N(6)+1
      WRITE(1,520)(LICHT(I), I=NB,NE)
520  FØRMAT(23HOLICHTNIVEAUS (IN LUX): , / , 10I5)
      NBB=N(7)+N(8)+1
      NEB=N(9)+N(10)+1
      NBD=N(13)+N(14)+16*N(4)
      NBC=N(15)+N(16)+16*N(3)
      WRITE(1,530)((A(I,J), J=NBB,NEB), I=NBC,NBD)
530  FØRMAT(/ , 16(/ , 2(8I7/)) /)
      WRITE(1,540)(ØFFSET(I), I=1,16)
540  FØRMAT(/ , 8HØØFFSET: , / , 2(8I7/)) /)
      GØTØ100
```

Het programmadeel dat werd beschreven in 4.3.5

```
C      BEPALEN VAN RICHTINGSCOEFFICIENTEN KSI EN
C      CØNSTANTEN MU VAN RECHTEN DØØR WAARNEEMPUNTEN
C      PER VERSTERKINGSFACTØR
600    D=0
        CALL MHØN(D,0,0,0)
        SØMA=0.0
        SØMAA=0.0
        C=N(4)+1
        DØ 610 I=1,10
        B(I)=LICHT(I)
        B(I)=B(I)/10.0
        SØMA=SØMA+B(I)
610    SØMAA=SØMAA+B(I)**2
        MA=16*(N(4)+1)-15
        DØ 640 I=1,16
        DØ 640 J=1,16
        SØMAB=0.
        SØMB=0.
        DØ 620 W=1,MA,16
        WN=W+I-1
        WK=(W+15)/16
620    GTAL(WK)=A(WN,J)
        N4=N(4)+1
        DØ 630 W=1,N4
        GTAL(W)=GTAL(W)/10.0
        SØMB=SØMB+GTAL(W)
630    SØMAB=SØMAB+GTAL(W)*B(W)
        RICHT=(SØMA*SØMB-C*SØMAB)/(SØMA**2-C*SØMAA)
        CØNST=(SØMB-SØMA*RICHT)/C
        CKSI(I,J)=RICHT
640    CMU(I,J)=CØNST
        GØTØ 100
```

Het programmadeel dat werd beschreven in 4.3.6.


```
C      SCHRIJVEN VAN KSI EN MU
700    D=0
      CALL MHØN(D,0,0,0)
      N12=N(12)
      WRITE(1,710)N12
710    FØRMAT(23HOVERSTERKINGSFACTØR NR:,I3)
      WRITE(1,720)
720    FØRMAT(5HOKSI:)
      WRITE(1,730)((CKSI(I,J),J=1,16),I=1,16)
730    FØRMAT(2(8F8.3//))
      WRITE(1,740)
740    FØRMAT(4HØMU:)
      WRITE(1,730)((CMU(I,J),J=1,16),I=1,16)
      GØTØ100
```

Het programmadeel dat werd beschreven in 4.3.7.

```
C   BEPALEN CORRECTIEMATRICES
800  IF (LETØP.GT.2) GØTØ 808
      LETØP=LETØP+1
      L=4681*LETØP
      DØ 806 I=1,5
      D=L
      CALL MHØN(D,0,0,0)
      CALL CLCK(W,4)
802  IF(W.LT.50) GØTØ 802
      CALL SCLC
      D=0
      CALL MHØN(D,0,0,0)
      CALL CLCK(W,4)
804  IF(W.LT.50) GØTØ 804
      CALL SCLC
806  I=I+1
      GØTØ 100
808  LETØP=0
      F1(3)=F(3)+N(12)
      F3(3)=F2(3)+N(12)
      D=0
      CALL MHØN(D,0,0,0)
      KSIT=0.0
      DØ 810 I=1,16
      DØ 810 J=1,16
810  KSIT=KSIT+CKSI(I,J)
      KSIGM=KSIT/256.
      DØ 820 I=1,16
      DØ 820 J=1,16
820  CKSI(I,J)=KSIGM/CKSI(I,J)
      CALL SEARCH(5,F1,2)
      CALL SEARCH(2,F1,2)
      CALL WRITE(2,CKSI,512)
      CALL SEARCH(4,F1,2)
      CALL SEARCH(5,F3,2)
      CALL SEARCH(2,F3,2)
      CALL WRITE(2,CMU,512)
      CALL SEARCH(4,F3,2)
      GØTØ100
```

Het programmadeel dat werd beschreven in 4.3.8.

```
C      SCHRIJVEN CORRECTIEMATRICES
825    D=0
      CALL MHØN(D,0,0,0)
      F1(3)=F(3)+N(12)
      F3(3)=F2(3)+N(12)
      N12=N(12)
      WRITE(1,830)N12
830    FØRMAT(23HOVERSTERKINGSFACTØR NR:,13)
      CALL SEARCH(1,F1,1)
      CALL READ(1,CKSI,512)
      CALL SEARCH(4,F1,1)
      CALL SEARCH(1,F3,1)
      CALL READ(1,CMU,512)
      CALL SEARCH(4,F3,1)
      WRITE(1,840)
840    FØRMAT(6HØCKSI:/)
      WRITE(1,850)((CKSI(I,J),J=1,16),I=1,16)
850    FØRMAT(2(8F8.3/)/)
      WRITE(1,860)
860    FØRMAT(5HØCMU:/)
      WRITE(1,850)((CMU(I,J),J=1,16),I=1,16)
      GØTØ100
```

Het programmadeel dat werd beschreven in 4.3.9.

```
C TEST REGISTRATIE MET VANUIT DE REKENMACHINE
C BESTUURDE VERSTERKINGSFACTOREN
900 D2=5*64
    D3=0
    NH=0
    N3=N(3)*4
910 D1=0
920 D=D1+D2+D3
    CALL MHØN(D,0,0,0)
    CALL CLCK(W,4)
930 IF(W.LT.N3)GØTØ930
    CALL MAIS(K,1,0,0,0,16)
    J=1
935 IF(16383-K(J))940,940,960
940 IF(D2.EQ.0)GØTØ950
    D2=D2-64
    GØTØ910
950 NH=1
960 IF(J.EQ.16)GØTØ970
    J=J+1
    GØTØ935
970 IF(D1.EQ.16)GØTØ990
    I=D1+1
    DØ 980 J=1,16
980 BPX29(I,J)=K(J)
    D1=D1+1
    GØTØ920
1001 WRITE(1,1002)
1002 FØRMAT(11H DISK ERRØR)
    GØTØ1003
    990 DØ 1000 J=1,16
1000 ØFFSET(J)=K(J)
    DØ 1010 I=1,16
    DØ 1010 J=1,16
1010 RET(I,J)=BPX29(I,J)-ØFFSET(J)
    IF(NH.NE.1)GØTØ1011
    CALL ISBT(D,1)
    CALL MHØN(D,0,0,0)
1011 NR=D2/64
    F1(3)=F(3)+NR
    F3(3)=F2(3)+NR
1003 CALL SEARCH(1,F1,1)
    CALL READ(1,CKSI(1,1),512)
    CALL SEARCH(4,F1,1)
    CALL SEARCH(1,F3,1)
    CALL READ(1,CMU(1,1),512)
    CALL SEARCH(4,F3,1)
    DØ 1015 I=1,16
    DØ 1015 J=1,16
    IF(CMU(I,J).GT.200.)GØTØ 1001
    IF(CKSI(I,J).LT.0.5.ØR.CKSI(I,J).GT.2.)GØTØ1001
1015 CØNTINUE
```

Zie voor het vervolg van dit programmadeel op de volgende blz.

Vervolg van vorige bladzijde.

```
DØ 1016 I=1,16
DØ 1016 J=1,16
RET(I,J)=(RET(I,J)-CMU(I,J))*CKSI(I,J)/100.
1016 IRET(I,J)=RET(I,J)
IF(N(16).EQ.9)GØTØ1031
WRITE(1,1020)D2
1020 FØRMAT(4HOD2:,I4)
WRITE(1,530)((BPX29(I,J),J=1,16),I=1,16)
1031 IF(N(15).EQ.9)GØTØ1032
WRITE(1,1030)((IRET(I,J),J=1,16),I=1,16)
1030 FØRMAT(/,1H ,16I4)
WRITE(1,540)(ØFFSET(I),I=1,16)
1032 D2=0
CALL IRBT(D,1)
GØTØ100
```

Het programmadeel dat werd beschreven in 4.3.10.

```
C BEKIJKEN VAN ØFFSET
1100 D=16
CALL MHØN(D,0,0,0)
CALL CLCK(W,4)
1110 IF(W.LT.15)GØTØ1110
CALL MAIS(K,1,0,0,0,16)
DØ 1120 I=1,16
1120 ØFFSET(I)=K(I)
WRITE(1,540)(ØFFSET(I),I=1,16)
GØTØ100
END
```

Het programmadeel dat werd beschreven in 4.3.11.

5. Resultaten.

De met het testprogramma verkregen resultaten vallen evenals het testprogramma uiteen in twee groepen:

- 1° Resultaten voor wat betreft de communicatie tussen opstelling en computer.
- 2° Resultaten van het berekenen van correctie-matrices.

5.1 Resultaten betreffende de communicatie tussen opstelling en computer.

5.1.1 De digitale signalen.

Als men het programmadeel 4.3.2 uitvoert dan blijkt dat de digitale signalen foutloos bij het tussenschakeltoestel arriveren.

5.1.2 De analoge signalen.

Als men het programmadeel 4.3.3 uitvoert, verkrijgt men een resultaat zoals in RES 5.1.

Op de duimwielschakelaars was ingesteld voor N(2) t/m N(16) respectievelijk:

1 1 8 | 0 0 1 0 | 7 8 9 0 | 0 5 4 0

Voor N(1) gold dat de draaischakelaar in de middenstand stond: het groene lampje brandt.

N(1) moet dan 2 worden.

GEREGISTREERD VØØR RIJ 16:

K(olom) 1:	3168	K 2:	1600	K 3:	1566	K 4:	13347
K 5:	0	K 6:	0	K 7:	1560	K 8:	0
K 9:	11502	K 10:	13056	K 11:	14948	K 12:	-2
K 13:	0	K 14:	8194	K 15:	6409	K 16:	-15

DAARUIT VØLGT VØØR DE CØNSTANTEN N(1):

2 1 1 8 0 0 1 0 7 8 9 0 0 5 4 0

RES 5.1

De constanten N(16) komen allen foutloos overeen met de standen van de overeenkomstige duimwielschakelaars. Dit is voor alle standen getest.

Door herhaald uitvoeren van dit programmaonderdeel verkrijgt men informatie over de kwaliteit van de verbinding. De gelezen spanningen zijn voor vijf metingen weergegeven in RES 5.2.

De standen van de schakelaars (met inbegrip van die voor N(1)) zijn:

1 1 9 9 9 0 1 2 9 9 9 3 4 5 9 0

Chuney! Histogrammen voor ieder van de 16 kanalen geven beter inzicht.

GEREGISTREERD VØØR RIJ 16:

1568	1600	14068	15039
14403	0	1568	3169
14808	14711	14957	4962
6528	8208	14536	-48

DAARUIT VØLGT VØØR DE CØNSTANTEN N(I):

1 1 9 9 9 0 1 2 9 9 9 3 4 5 9 0

GEREGISTREERD VØØR RIJ 16:

1568	1600	14064	15039
14403	0	1568	3171
14796	14716	14972	4967
6523	8199	14537	-34

DAARUIT VØLGT VØØR DE CØNSTANTEN N(I):

1 1 9 9 9 0 1 2 9 9 9 3 4 5 9 0

GEREGISTREERD VØØR RIJ 16:

1568	1600	14068	15039
14403	0	1568	3176
14795	14716	14959	4967
6529	8202	14538	-35

DAARUIT VØLGT VØØR DE CØNSTANTEN N(I):

1 1 9 9 9 0 1 2 9 9 9 3 4 5 9 0

GEREGISTREERD VØØR RIJ 16:

1568	1600	14068	15039
14407	0	1570	3176
14800	14716	14967	4963
6529	8200	14538	-33

DAARUIT VØLGT VØØR DE CØNSTANTEN N(I):

1 1 9 9 9 0 1 2 9 9 9 3 4 5 9 0

GEREGISTREERD VØØR RIJ 16:

1568	1600	14064	15039
14403	0	1568	3176
14798	14716	14959	4967
6529	8203	14537	-40

DAARUIT VØLGT VØØR DE CØNSTANTEN N(I):

1 1 9 9 9 0 1 2 9 9 9 3 4 5 9 0

RES 5.2

Uit deze metingen ziet men dat de afwijkingen tussen de metingen van de orde van grootte van 10 eenheden is. De grootste afwijking is 15 (N(11) en N(16)).

De volle schaal (2 Volt) is 16383. Dit betekent dat hier een grootste fout van 15 op 16383 is geregistreerd. Dat is beter dan 1^o/oo.

Herhaling van deze metingen op andere dagen gaf kwalitatief hetzelfde beeld.

De conclusie is dat de precisie van de analoge signaaltransporten beter is dan 1^o/oo, dat wil zeggen een precisie beter dan 10 bits.

5.1.3 De registratie van de fotomatrix.

Hoofddoel van het registreren van de fotomatrix met het programmaonderdeel van 4.3.3 is het opnemen van meetpunten voor het berekenen van de correcties per element. De daarvoor gebruikte opstelling blijkt uit fig. 5.1

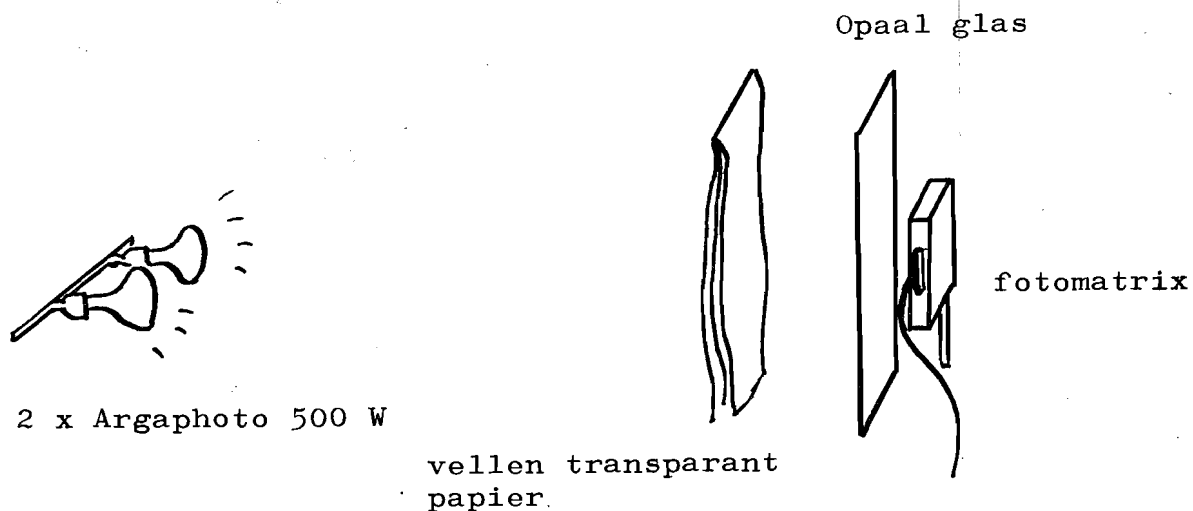


fig. 5.1: Opstelling voor het opnemen van meetpunten voor het berekenen van correctiematrices.

RES 5.3 geeft een indruk van de computeroutput die bij het schrijven van een deel van de matrix $A(160,16)$ behoort. Als voorbeeld zijn slechts twee rijen geprint. Men ziet rij 16 van de matrix van een waarneming bij 1820 lux, en rij 17 ($=A(17,J)$, $J=1,16$) van een matrix van een waarneming bij 454 lux.

Hier en in al het volgende zijn omwille van de compactheid van dit hoofdstuk alleen resultaten die behoren bij versterkingsfaktor nr. 0 (de laagste) opgenomen.

VERSTERKINGSFACTOR NR: 0

LICHTNIVEAUS (IN LUX):

	Kolom	1820	454						
Rij 16	1-8 →	8074	11838	7384	12683	8215	13423	11693	11265
	9-16 →	12591	14415	13519	9287	12991	14223	14254	12159
Rij 17	1-8 →	1897	3471	3064	2255	3471	2567	3527	4047
	9-16 →	2615	3151	3615	3549	3743	4063	3591	3645

OFFSET:

0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	-1

RES 5.3

In RES 5.4 is een gehele matrix weergegeven zoals de computer die opneemt.

5633	9632	8889	6799	10240	7440	10095	11807
7305	9103	10335	10343	10793	11933	9913	10191
10240	6528	9689	7574	11193	10706	10543	7512
8920	12319	10210	9577	11444	10843	11776	10384
9294	12071	9679	7835	12191	11471	8035	7980
9679	8493	10963	8139	7403	12555	12735	11839
6406	7629	10295	8129	6916	11215	10846	9144
7856	8815	10571	10157	10911	11345	10190	12664
12223	7510	6632	13499	7132	11711	7277	8333
11739	11817	11495	12027	9155	10561	11051	11103
12316	10319	6191	12163	7349	12925	8039	7574
9021	8315	9472	11063	10269	8193	11713	12448
11121	7014	9951	6887	11149	8783	8039	11294
9046	11039	11068	10963	10588	12382	12325	10375
6912	11312	9838	11785	12443	11759	12531	12069
9455	12291	10353	8575	11515	12589	12559	11567
10682	7616	10729	11479	7064	9503	7669	8576
11449	9983	11635	11435	11644	11155	12060	11152
11828	6216	6043	13241	8492	7391	6541	11776
9151	11151	11247	8985	11052	11923	11212	8440
11292	12253	5905	8059	7849	9103	8391	11384
13071	11551	7820	12319	12515	12288	10959	10600
7012	6925	10911	13141	8057	7517	7280	12308
8031	11679	10423	8769	11736	12427	10600	11904
11482	10770	10479	9513	9963	9346	10683	11631
13313	10929	10111	10899	11965	11951	10943	11403
7110	7567	6359	10603	6500	11327	10592	9056
10201	8101	6990	11805	10471	12509	11727	8383
7942	6400	6127	11581	11897	10443	6871	8655
10335	7071	12516	12652	12143	11515	9499	11055
6784	10042	6281	10630	6897	11341	9875	9472
10639	12191	11412	7819	11042	12095	12207	10415

De gelijkheid van de uitkomsten per kolom bekijkend, blijkt dat de spreiding in gevoeligheid veel groter is dan op grond van de sorteerprocedure van de fototransistoren mag worden verwacht.

(Zie hoofdstuk 3.1.1).

De egaalheid van het licht waarmee deze registratie werd gedaan was beter dan een maximale afwijking van 3% van het gemiddelde lichtniveau.

(gecontroleerd met Pritchard serie 723 Photometer).

Een mogelijke verklaring is dat tijdens de sorteerprocedure, die enkele weken in de zomer in beslag nam, niet voldoende rekening is gehouden met de van dag tot dag grote temperatuurverschillen tussen de dagen en tussen de ochtenden en de middagen.

Apart is bekeken de overspraak tussen de kolommen als gevolg van de verbindingen via de aan elkaar geschakelde emitters van de fototransistoren van de niet ingeschakelde rijen.

Hiervoor is als volgt te werk gegaan: In de 16^e rij (dat is de rij die het nr. 15 heeft) van de fotomatrix is de transistor van de 8^e kolom afgedekt. Vervolgens is bij veel licht een waarneming gedaan en één in het donker. Het resultaat geeft RES 5.5. Het verschil in output van de afgedekte transistor bij deze twee metingen is een maat voor de overspraak. Deze blijkt niet meetbaar te zijn.

Als men dezelfde proef doet met andere transistoren krijgt men ook deze uitkomst.

VERSTERKINGSFACTØR NR: 0

LICHTNIVEAUS (IN LUX):
1820

7872	11543	7208	12339	7983	13079	11407	0
12367	14095	13223	9087	12767	13999	14063	12025

ØFFSET:

0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	-1

VERSTERKINGSFACTØR NR: 0

LICHTNIVEAUS (IN LUX):
0

0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	7

ØFFSET:

0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1

RES 5.5.

5.2 Resultaten van het berekenen van correctiematrices.

5.2.1 De richtingscoëfficiënten KSI en constanten MU voor de volledige fotomatrix.

Weergegeven in RES 5.6 zijn de berekende waarden door 10 tienmeetpunten tussen 1900 en 280 lux voor versterkingsfaktor nr. 0.

VERSTERKINGSFACTOR NR: 0

KSI:

3.467	5.746	5.392	4.279	6.302	4.542	6.238	7.312
4.461	5.668	6.431	6.491	6.725	7.425	6.194	6.370
6.072	3.908	5.873	4.544	6.806	6.615	6.626	4.604
5.490	7.635	6.178	5.965	7.133	6.601	7.374	6.451
5.560	7.212	5.954	4.758	7.321	7.164	4.917	4.965
5.885	5.289	6.796	5.178	4.597	7.844	7.875	7.444
3.882	4.479	6.190	5.042	4.375	6.876	6.623	5.656
4.777	5.489	6.388	6.388	6.869	6.996	6.452	7.645
7.230	4.628	3.970	8.064	4.303	7.099	4.365	5.230
7.192	7.385	6.872	7.210	5.677	6.573	6.629	6.996
7.178	6.092	3.778	7.401	4.457	7.774	4.931	4.601
5.465	5.075	5.713	6.914	6.489	4.982	7.109	7.636
6.512	4.146	5.908	4.178	6.655	5.391	4.876	6.971
5.553	6.919	6.877	6.767	6.547	7.701	7.530	6.454
4.135	6.725	5.890	7.342	7.441	7.103	7.594	7.474
5.760	7.571	6.480	5.385	7.179	7.803	7.584	6.898

Vervolg op volgende bladzijde

Vervolg van vorige bladzijde

6.228	4.476	5.843	6.915	4.187	5.675	4.690	5.145
7.028	5.982	7.094	7.060	7.117	6.839	7.382	6.653

6.786	3.747	3.678	7.853	5.093	4.394	4.096	7.279
5.763	6.764	6.856	5.562	6.575	7.021	6.617	5.704

6.528	7.097	3.560	4.838	4.798	5.587	5.050	6.861
7.821	6.750	4.713	7.574	7.574	7.497	6.521	6.411

4.114	4.124	6.424	7.716	4.677	4.356	4.458	7.229
4.936	7.032	6.307	5.354	7.083	7.518	6.278	7.198

6.554	6.212	6.110	5.586	5.887	5.493	6.328	6.936
7.961	6.376	6.082	6.643	7.313	7.277	7.034	6.816

3.961	4.422	4.218	6.203	3.766	6.654	6.191	5.301
6.461	4.780	4.210	6.838	6.323	7.578	7.052	5.059

4.592	3.693	3.590	6.665	6.901	6.085	4.121	5.176
5.958	4.232	7.446	7.592	7.246	6.918	5.700	6.633

4.015	5.716	3.540	6.138	4.084	6.553	5.723	5.590
6.244	7.095	6.734	4.701	6.553	7.176	7.166	6.216

Vervolg op volgende bladzijde

Vervolg van vorige bladzijde

MU:

30.367	81.420	57.512	28.865	55.813	46.788	65.118	65.079
54.950	51.427	59.614	50.226	56.354	52.656	69.127	65.291
81.502	49.796	61.480	66.077	75.930	67.160	48.223	47.574
57.136	76.295	75.264	49.093	72.490	68.776	53.171	58.477
70.185	86.136	63.771	53.080	86.334	53.857	56.756	34.078
71.111	39.712	58.095	19.882	31.712	56.610	74.921	42.048
37.302	70.353	75.836	40.668	22.219	70.955	76.547	66.235
55.454	47.546	74.652	66.038	45.141	52.130	44.637	81.179
99.336	48.926	51.115	96.472	55.781	93.626	65.153	40.907
72.870	54.200	96.390	92.373	48.861	70.751	71.683	43.222
110.144	82.459	35.312	77.248	49.866	102.602	51.897	51.957
66.018	55.855	71.912	62.030	43.992	47.513	96.561	88.991
90.498	55.704	71.597	46.150	81.899	57.765	56.855	61.336
54.082	59.452	75.154	67.343	68.796	56.656	68.401	49.545
41.871	92.887	71.353	42.158	94.196	91.774	84.101	65.237
61.328	76.491	34.064	33.911	48.625	68.703	83.940	83.460
89.808	65.737	179.850	73.009	63.038	74.810	44.599	60.504
63.822	79.460	81.169	75.233	71.721	75.225	68.440	72.703
111.611	33.310	31.945	97.956	60.237	59.795	16.541	62.057
45.247	74.119	71.916	43.265	78.740	97.657	82.386	52.484

Vervolg op volgende bladzijde

Vervolg van vorige bladzijde

94.511	104.714	32.184	52.593	58.250	62.921	53.436	80.544
101.485	107.843	50.471	62.214	92.396	77.104	73.684	78.148

51.995	42.122	81.532	110.956	72.511	75.604	42.045	107.111
36.986	82.632	70.317	49.628	75.596	82.793	78.397	78.848

106.458	93.200	81.519	73.886	69.877	78.319	80.364	77.556
87.254	99.730	70.844	76.568	52.916	67.034	90.322	103.371

79.972	55.329	70.448	89.068	60.142	86.787	93.350	78.467
64.111	65.012	43.710	112.112	73.091	88.346	78.742	43.535

61.542	51.987	42.326	106.415	95.492	90.934	37.550	55.957
98.848	45.932	105.888	90.234	91.139	67.680	67.001	78.155

35.968	86.040	62.445	103.826	42.638	98.708	81.227	65.186
78.628	109.098	92.983	49.830	73.611	84.020	94.282	70.442

RES 5.6

5.2.2 Correctiematrices.

In RES 5.7 staan de waarden voor CKSI die volgen uit RES 5.6. Deze waarden staan in het schijvengeheugen. De correctiematrix voor MU, CMU, is hetzelfde als MU.

VERSTERKINGSFACTØR NR: 0

CKSI:

1.748	1.055	1.124	1.416	0.962	1.334	0.972	0.829
1.359	1.069	0.943	0.934	0.901	0.816	0.979	0.952
0.998	1.551	1.032	1.334	0.891	0.916	0.915	1.316
1.104	0.794	0.981	1.016	0.850	0.918	0.822	0.940
1.090	0.840	1.018	1.274	0.828	0.846	1.233	1.221
1.030	1.146	0.892	1.171	1.318	0.773	0.770	0.814
1.561	1.353	0.979	1.202	1.385	0.881	0.915	1.072
1.269	1.104	0.949	0.949	0.882	0.866	0.939	0.793
0.838	1.310	1.527	0.752	1.408	0.854	1.389	1.159
0.843	0.821	0.882	0.841	1.068	0.922	0.914	0.866
0.844	0.995	1.604	0.819	1.360	0.780	1.229	1.317
1.109	1.194	1.061	0.877	0.934	1.217	0.853	0.794
0.931	1.462	1.026	1.451	0.911	1.124	1.243	0.869
1.092	0.876	0.881	0.896	0.926	0.787	0.805	0.939
1.466	0.901	1.029	0.826	0.815	0.853	0.798	0.811
1.052	0.801	0.935	1.125	0.844	0.777	0.799	0.879
0.973	1.354	1.037	0.877	1.448	1.068	1.292	1.178
0.862	1.013	0.854	0.858	0.852	0.886	0.821	0.911

Vervolg op volgende bladzijde

Vervolg van vorige bladzijde.

0.893	1.618	1.648	0.772	1.190	1.379	1.480	0.833
1.052	0.896	0.884	1.090	0.922	0.863	0.916	1.063
0.928	0.854	1.702	1.253	1.263	1.085	1.200	0.883
0.775	0.898	1.286	0.800	0.800	0.808	0.929	0.945
1.473	1.470	0.944	0.786	1.296	1.391	1.360	0.838
1.228	0.862	0.961	1.132	0.856	0.806	0.966	0.842
0.925	0.976	0.992	1.085	1.030	1.104	0.958	0.874
0.761	0.951	0.997	0.912	0.829	0.833	0.862	0.889
1.530	1.371	1.437	0.977	1.610	0.911	0.979	1.143
0.938	1.268	1.440	0.886	0.959	0.800	0.860	1.198
1.320	1.641	1.689	0.909	0.878	0.996	1.471	1.171
1.017	1.432	0.814	0.798	0.836	0.876	1.063	0.914
1.510	1.060	1.712	0.987	1.484	0.925	1.059	1.084
0.971	0.854	0.900	1.289	0.925	0.845	0.846	0.975

RES 5.7

5.2.3 Het registreren van een matrix met correcties.

Met het programmaonderdeel dat werd beschreven in hoofdstuk 4.3.10 kan men controleren of de berekende correctiematrices tot een goede correctie leiden. De computeroutput toont de geregistreeerde waarden voor de fotomatrix vóór en na correctie (zie RES 5.8 en RES 5.9).

Bij het opnemen van de fotomatrix stelt de computer zelf de versterkingsfaktor in.

Welke dat is geweest blijkt uit de waarde voor D_2 die steeds eerst wordt geprint. Het nummer van de gekozen versterkingsfaktor is $D_2/64$.

Na de ongecorrigeerde en gecorrigeerde matrix wordt tenslotte de offset getypt.

De resultaten van RES 5.8 en RES 5.9 zijn ontstaan met een zoveel mogelijk egale belichting van de fotomatrix. Met de Pritchard photometer is de gelijkmatigheid gecontroleerd.

Fig. 5.2 geeft een kwalitatieve indruk van de lichtverdeling.

103	99
	100
105	101

fig. 5.2: Relatieve lichtverdeling op de fotomatrix behorende bij RES 5.8.

Het centrum is 100 %.

D2: 0

5824	9908	9168	7055	10575	7677	10487	12215
7567	9423	10703	10703	11135	12255	10303	10556
10529	6719	9992	7847	11583	11119	10951	7767
9247	12775	10511	9887	11855	11119	12135	10684
9568	12414	10056	8087	12551	11887	8335	8231
9999	8767	11311	8382	7599	12927	13127	12152
6568	7839	10593	8391	7151	11591	11223	9511
8095	9103	10847	10572	11231	11599	10519	12920
12552	7794	6826	13933	7375	12159	7543	8655
12119	12223	11839	12351	9438	10943	11295	11448
12584	10559	6359	12527	7567	13342	8303	7799
9295	8567	9743	11438	10591	8367	12079	12799
11331	7167	10172	7087	11423	9071	8287	11645
9319	11423	11455	11295	10927	12687	12623	10652
7056	11635	10112	12142	12815	12159	12935	12495
9751	12703	10655	8847	11855	12975	12901	11836
4638	7794	10981	11775	7271	9267	7895	8797
11791	10271	11983	11807	11951	11487	12383	11384
11974	6303	5834	13487	8663	7550	6671	12079
9431	11391	11503	9183	11215	12127	11383	9468
11431	12443	6008	8215	8079	9367	8559	11651
13383	11791	7967	12591	12815	12575	11151	10844
7104	7031	11091	13390	8199	7663	7455	12551
8199	11935	10639	8959	11967	12703	10791	12216
11584	10878	10593	9631	10095	9495	10839	11807
13511	11087	10271	10959	12143	12127	11943	11640
7168	7654	7441	10751	6589	11487	10759	9191
10871	8223	7087	11967	10668	12751	11911	8492
8008	6463	6183	11727	12038	10591	6959	8783
10479	7183	12749	12863	12319	11663	9663	11239
6820	10103	6317	10767	6959	11463	9983	9575
10759	12351	11566	7931	11167	12223	12343	10540

RES 5.8. De waarden van de fotomatrix voor correctie
(lichtniveau ongeveer 1500 lux)

Rij 0-15 ↓	Kolom 1-16 →															
	101	104	102	99	101	101	101	100	102	100	100	99	99	99	100	99
	104	103	102	103	102	101	99	101	101	100	102	99	100	101	99	99
	103	103	101	102	103	100	102	100	70	100	100	97	99	99	100	98
	101	105	102	100	98	101	102	101	102	100	102	99	98	100	98	101
	104	101	103	104	103	103	103	99	101	99	103	103	100	100	102	98
	105	104	101	101	102	103	101	102	102	101	102	99	98	101	102	100
	104	103	103	102	103	101	102	100	101	99	100	100	100	99	101	99
	102	104	103	99	103	102	102	100	101	101	99	99	99	100	102	103
	105	104	112	102	104	103	101	102	101	103	101	100	101	101	101	103
	105	101	100	103	102	103	98	100	98	101	101	99	102	103	103	100
	105	105	101	102	101	100	102	102	102	104	101	100	101	101	102	101
	103	102	103	104	105	105	100	104	100	102	101	100	101	101	103	102
	106	105	104	103	103	103	103	102	102	104	101	100	100	100	102	102
	108	104	105	104	105	103	104	104	101	103	101	105	101	101	101	101
	104	105	103	105	104	104	101	102	104	102	102	101	102	101	102	101
	102	106	107	105	102	105	104	103	103	104	103	101	102	102	102	102

OFFSET:

0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0

RES 5.9. De gecorrigeerde waarden van RES 5.8.

Wanneer men de lichtverdeling uit fig. 5.2 in aanmerking neemt dan blijkt de correctie betrekkelijk goed te zijn. De onderlinge afwijking is over het algemeen maar enkele procenten. Twee duidelijke afwijkers zijn in RES 5.9 omcirkeld. Het element (2.9), met als resultaat 70, blijkt echter geen af-

wijker te zijn wanneer dezelfde proef nog eens wordt gedaan. Het element (8.3), met als resultaat 112, is dat wel. (RES 5.10).

100	103	101	98	100	100	100	99	101	99	99	98	99	99	99	99
103	102	101	102	101	100	98	100	100	100	101	99	99	101	98	99
102	102	100	101	102	99	101	99	101	99	99	97	99	98	99	98
101	104	102	99	98	100	101	100	101	99	101	98	98	99	97	101
103	100	102	103	102	102	102	98	100	99	102	102	99	99	101	97
104	103	100	100	101	102	100	101	101	100	101	98	97	100	101	99
104	103	103	101	102	100	101	99	100	98	99	99	99	98	100	98
102	103	102	99	102	101	105	99	100	99	98	97	98	98	100	101
104	104	111	101	103	102	100	101	100	102	100	99	99	99	99	101
106	101	100	103	102	102	98	99	97	100	100	98	102	103	102	98

RES 5.10. Resultaat van een correctie op een registratie als in RES 5.9. (Alleen de eerste tien rijen zijn weergegeven).

Dat het element (2.9) nu wel een goede uitslag geeft vindt zijn oorzaak in het feit dat de computer zelf, of het transport van het schijvengeheugen naar de computer niet perfect functioneert. Daardoor treden, ogenschijnlijk met een randomkarakter, zo nu en dan fouten op die in een gecorrigeerde matrix als duidelijke afwijkingen naar voren komen.

Om de ergste fouten te voorkomen is een stukje in het programmadeel van 4.3.10 opgenomen waarmee wordt gekeken of na het van de schijf halen van de correctiematrices de waarden in het goed bereik liggen. (Dat wil zeggen $0,5 < CKSI < 2$, en $CMU < 200$). Als dat niet het geval is, wordt DISK ERROR geprint en de correctiematrices opnieuw gelezen, net zo lang tot de waarden wel binnen het goede bereik liggen. Eventuele fouten die binnen het bereik liggen, worden hiermee niet gevonden. De afwijker (2.9) uit RES 5.9 moet

daaruit verklaard worden.

RES 5.11 geeft een voorbeeld van een registratie, waarbij voor de correctie éénmaal een "DISK ERROR" is opgetreden.

DISK ERROR

D2: 0

5788	9888	9119	7005	10511	7631	10407	12143
7519	9390	10653	10646	11086	12191	10223	10488
10515	6720	9975	7823	11551	11087	10907	7749
9215	12735	10495	9878	11823	11103	12103	10672

RES 5.11. Voorbeeld van een registratie welke wordt voorafgegaan aan de signalering van een "DISK ERROR". Alleen de eerste twee rijen van de ongecorrigeerde matrix zijn weergegeven.

De afwijker (8.3) uit RES 5.9 is ook in RES 5.10 (en in alle overige resultaten, naar blijkt) een afwijker. Dit element zou beter gecorrigeerd kunnen worden. De afwijking blijkt over het gehele bereik ongeveer 8 eenheden te hoog te zijn.

Resultaten van registraties bij lagere lichtniveau's zijn weergegeven in RES 5.12 en RES 5.13.

6816	5739	3408	6766	4151	7367	4575	4318
5063	4711	5343	6175	5679	4607	6783	7100
6090	3887	5489	3823	6239	4949	4503	6199
5015	6108	6239	6095	5903	6751	6807	5720
3726	6319	5456	6341	6967	6639	7031	6657
5279	6871	5519	4686	6253	6959	7015	6492
5914	4271	6416	6343	4061	5367	4271	4831
6327	5647	6543	6399	6479	6255	6711	6203
6642	3391	3328	7407	4775	4231	3527	6519
5087	6255	6287	4955	6191	6767	6319	5196

56	56	54	54	55	56	55	56	55	55	55	53	52	55	57	55
55	56	55	54	56	54	55	53	54	52	54	53	54	52	54	53
54	56	55	52	55	55	55	53	54	54	51	52	52	53	55	56
56	56	64	54	57	56	54	56	54	56	55	54	54	54	54	55
58	54	54	56	56	57	51	53	53	55	54	53	55	57	57	54

RES 5.12. De waarden van een fotomatrix voor (boven) en na (onder) correctie weergegeven zijn de rijen 5 t/m 9. Element (8.3) is ook hier een afwijker. (lichtniveau ongeveer 800 lux).

De afwijkingen zijn hier van dezelfde orde als in RES 5.9.

1993	1583	800	1767	999	2048	1094	1039
1391	1135	1439	1541	1341	1039	1879	1948
1749	991	1475	911	1669	1167	1199	1621
1311	1583	1661	1583	1504	1695	1763	1436
896	1743	1464	1447	1927	1806	1846	1743
1351	1775	1359	1007	1503	1759	1887	1724
1647	1081	2375	1668	1046	1487	1015	1207
1639	1543	1727	1663	1631	1647	1703	1628
1902	759	736	1936	1175	1047	735	1629
1231	1615	1631	1111	1615	1855	1695	1272

15	14	12	13	12	15	12	13	14	12	14	13	12	12	15	14
15	13	14	12	14	12	14	12	13	13	13	12	13	12	13	12
12	14	14	11	14	14	14	13	13	13	12	10	12	13	14	14
15	15	23	13	14	14	12	13	13	14	14	13	13	13	13	14
16	11	11	14	13	13	10	13	12	13	13	11	14	15	14	13

RES 5.13. Als RES 5.12 voor een lichtniveau van ongeveer 200 lux.

Het maximum lichtniveau dat met versterkingsfaktor nr. 0 kan worden geregistreerd zonder de volle schaal van 16383 te overschrijden ligt in de gegeven opstelling bij 1900 lux.

Het resultaat van RES 5.13 is derhalve verkregen bij een lichtniveau dat ongeveer 1/10 van de volle schaal is. De procentuele afwijkingen blijken daar vrij groot te zijn.

Per conclusie kan men zeggen dat de correctie over een groot gebied redelijk goed is te noemen, behalve bij de relatief erg lage lichtniveaus waar de absolute afwijkingen van de orde van de afwijkingen van de volle schaal blijken te zijn, en dus relatief erg hoog. Bedenkt men dat als het hoogst voorkomende lichtniveau onder 1/3 van de volle schaal zakt een hogere versterkingsfaktor wordt ingeschakeld dan mag vermoed worden dat de afwijkingen bij lage lichtniveaus geen grote rol zullen spelen bij de toekomstige toepassingen van de Fotomatrix Computer Input: het werkgebied ligt steeds boven 1/3 van de volle schaal.

Bij het hoogste bereik van de versterking gaat dat natuurlijk niet meer op.

Hierbij hoort echter een volle schaal van ongeveer 1/150 maal de volle schaal van versterkingsfaktor nr. 0. In de gegeven opstelling is dat 12,5 lux. Een derde van de volle schaal is dan ongeveer 4,2 lux. Daar beneden worden de correcties minder van kwaliteit. Een veiligheidsmarge in acht nemend, kan men zeggen dat het werkgebied van de fotomatrix in de gegeven opstelling ligt bij lichtniveaus tussen 10 en 1900 lux.

6.

Conclusie.

De Fotomatrix Computer Input is klaar.

Wanneer men het bereikte vergelijkt met het programma van eisen uit hoofdstuk 2 dan blijkt dat aan deze eisen in principe is voldaan.

Over de kwaliteit van de analoge verbindingen met de computer en het na correctie op dezelfde wijze lineair verlopen met het lichtniveau van de signalen van de fotoreceptoren geven de resultaten van hoofdstuk 5 informatie.

De correcties van de uitgangssignalen van de fotoreceptoren leiden bij een egaal verlicht receptorveld bij middelgrote en grote uitgangssignalen (dat is tussen 0,3 en 1 x volle schaal) bij de versterkingsfaktor nr. 0 waarvan de metingen zijn weergegeven tot het gelijktrekken van de signalen met een onderlinge afwijking van de orde van enkele procenten. Bij kleine uitgangssignalen zijn die afwijkingen veel groter. Echter, als die de grootste zijn in een gegeven configuratie, wordt een hogere versterking ingeschakeld. Het totale bereik waarbinnen de toestellen in de opstelling van fig. 5.1 goed functioneren loopt van 10 tot 1900 lux.

Voor het doen van herkenningsexperimenten is de bereikte lineariteit en gelijkheid van gedrag voldoende. Vooralsnog zal er geen behoefte zijn aan het op de matrix projekteren van optische configuraties waarvan de essentiële kenmerken zitten in contrastverschillen, die zijn van de orde van nauwkeurigheid van de matrix: enkele procenten. Dergelijke verschillen zijn ook voor het oog niet of nauwelijks waarneembaar.

Wanneer men ooit toch een grotere nauwkeurigheid zou wensen, dan lijkt het eerste waarover informatie moet worden ingewonnen het gedrag van de fotomatrix als functie van de temperatuur.

De fotomatrix en het tussenschakeltoestel vormen samen een stuk gereedschap waarmee het mogelijk is experimenten te doen met software-modellen van het visuele systeem.

Met het vervaardigen van dit stuk gereedschap is de eerste stap gezet van de drie die werden genoemd in de laatste regels van hoofdstuk 1.

Er kan begonnen worden met de volgende: het programmeren van modellen.

Slotopmerking.

De laatste opmerkingen van dit verslag zijn een goede gelegenheid om dank te zeggen aan de vele IPO-medewerkers, die met dit projekt hebben meegedacht of daadwerkelijk steun hebben verleend.

Met name G. Moonen, C. Lammers, H. Muller en vooral R. Alewijnse zeg ik hierbij hartelijk dank.

En Dick Hendrikse, die als stagair van de HTS uit Zwolle heeft meegewerkt aan de praktische uitvoering, verdient lof voor het door hem verrichte werk.

Een aparte vermelding verdient de werkplaats voor de wijze waarop men zich daar heeft ingezet bij het vervaardigen van verschillende onderdelen.

Tenslotte dank ik mijn coach, Dr. H. Bouma, voor zijn begeleiding.

Appendix A

Het visuele systeem en het herkennen van patronen.

A1 Een korte beschrijving van het visuele systeem.

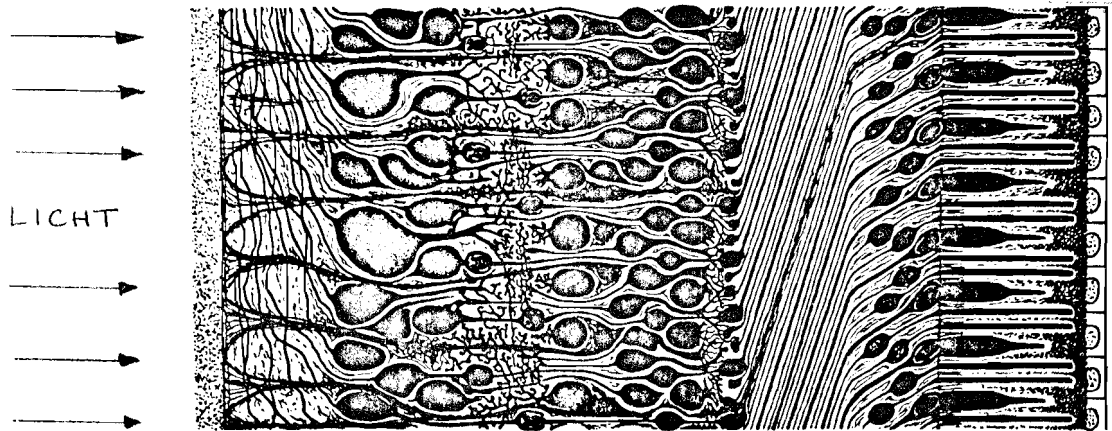


fig. A1: Doorsnede door een stukje menselijk netvlies in de buurt van de gele vlek (Van Polyak, The Retina, 1941)

A1.1 Het netvlies als receptormozaïk

Uit fig. A1 ziet men dat de lichtgevoelige elementen in het netvlies t.o.v. het licht achter de bijbehorende zenuwcellen, zenuwvezels en bloedvaten liggen.

Een uitzondering vormt de fovea centralis, een kuiltje in de buurt van de optische as waarin zich geen bloedvaten bevinden en waar de zenuwvezels zo zijn geordend dat de lichtgevoelige elementen vrijwel direkt door het licht worden beschenen. (Fig. A2)

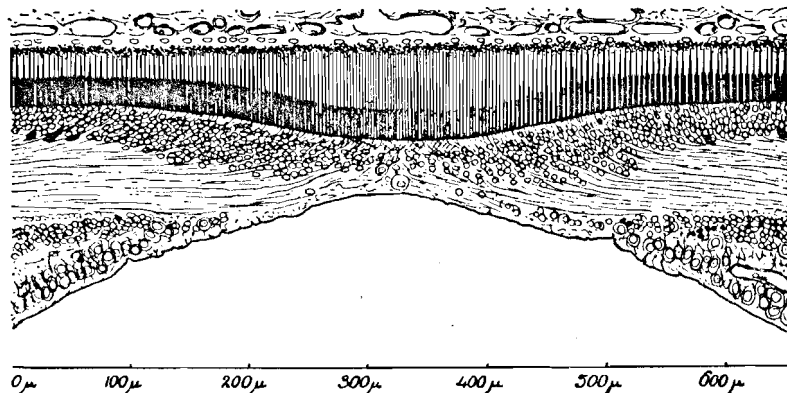


fig. A2: Een halfschematische doorsnede door de fovea centralis. (Van Polyak, The Retina, 1941)

In het centrum van dit kuiltje, met een diameter van ongeveer 0,3 mm (\varnothing sterberg, 1935), bevinden zich alleen kegeltjes.

De middelste paar duizend hiervan worden door de mens steeds gebruikt voor het waarnemen van (kleine) details. (De indruk een hele omgeving scherp waar te nemen ontstaat mede door het voortdurend maken van oogbewegingen). De afstand tussen het midden van twee naburige kegeltjes is in de fovea globaal tussen 0,0020 en 0,0025 mm, overeenkomend met een gezichtshoek van 2,4 tot 3 boogseconden. Buiten de fovea worden de kegeltjes groter (grover) en verschijnen er tussen de kegeltjes ook staafjes. (Fig. A3).

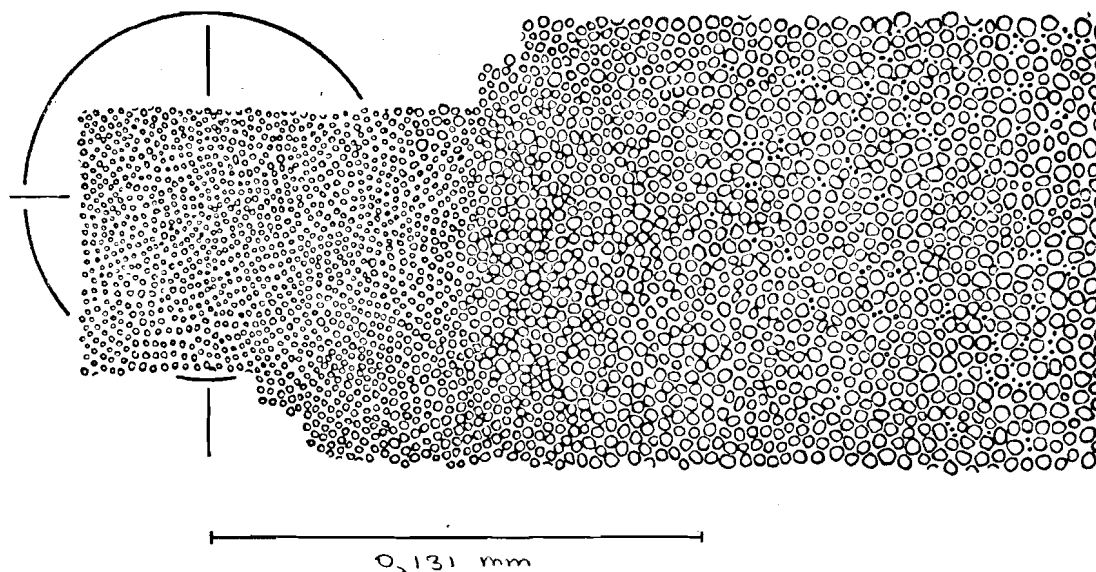


fig. A3: Horizontale doorsnede door het netvlies met daarin de fovea (aangegeven met de cirkel). Kegeltjes zijn grote cirkels, staafjes kleine. Het eerste staafje vindt men ongeveer 0.13 mm van het centrum van de fovea. (Pirenne, 1967)

In totaal zijn er meer dan 110.000.000 staafjes en ongeveer 6.500.000 kegeltjes.

De dichtheidsverdeling over het netvlies (met cijfers van \varnothing sterberg) blijkt uit fig. A4.

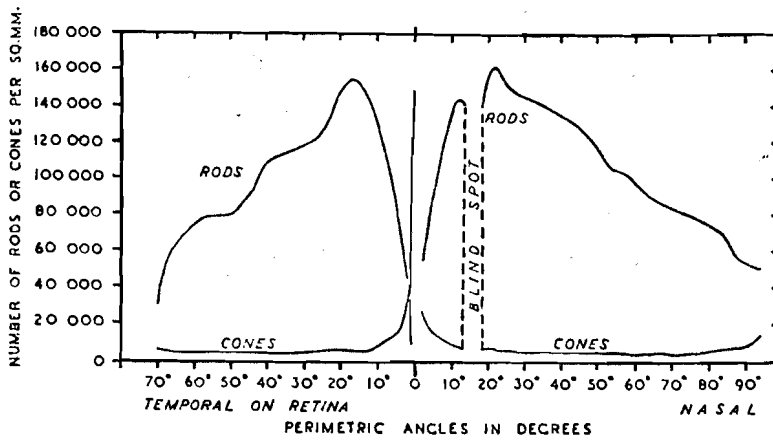


fig. A4: Verdeling van staafjes en kegeltjes

A1.2 Het pad naar de visuele hersenschors.

De oogzenuw bevat ongeveer 1.000.000 zenuwvezels. Dat betekent, dat de signalen van grote aantallen lichtgevoelige elementen al in het netvlies moeten worden gecombineerd om het totaal aantal beschikbare receptorsignalen aan te passen aan de transportcapaciteit van de oogzenuw.

De groep van receptoren waarvan de signalen door één zenuwvezel worden getransporteerd, vormen samen het "receptorveld" van zo'n vezel.

In het deel van het netvlies waarmee men het scherpst ziet, het centrum van de fovea, zijn die receptorvelden maar één kegeltje groot: Vanhier gaat het signaal van elk kegeltje rechtstreeks naar de hersenen.

Naar de rand van het netvlies toe worden de signalen van steeds grotere groepen receptoren tot één samengesteld.

Op weg naar de hersens kruisen de oogzenuwbanen van de beide ogen elkaar gedeeltelijk in het optisch chiasma. (Fig. A5).

De zenuwvezels die verbonden zijn met de linkernetvlies-helften van beide ogen gaan naar de linker hersenhelft. De vezels die verbonden zijn met de rechter netvlieshelften van beide ogen gaan naar de rechter hersenhelft.

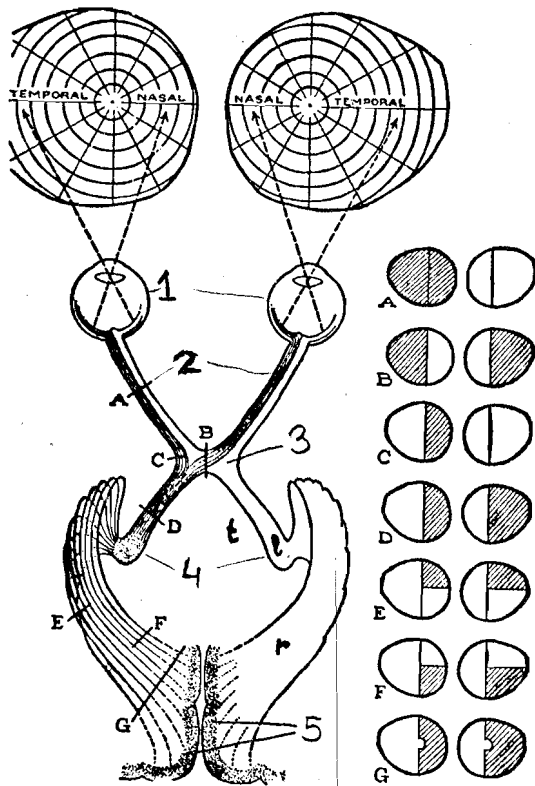


fig. A5: Het visuele systeem van de mens

- 1. Oog
- 2. Oogzenuw
- 3. Optische chiasma
- 4. Corpus geniculatum laterale
- 5. Visuele cortex

De oogzenuw eindigt in een corpus geniculatum laterale. (Fig. A5).

De signalen van elke oogzenuwvezel arriveren hier bij meerdere zenuwcellen (Fig. A6)

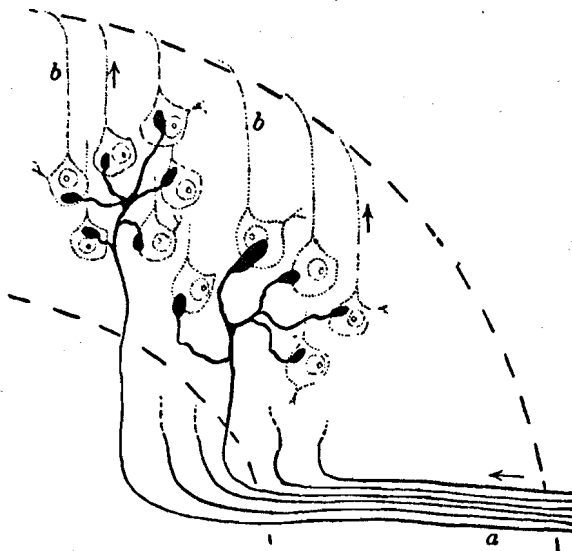


fig. A6: De fig. vertoont hoe de eindpunten van de oogzenuw a gevormd worden door vertakkingen die eindigen in een z.g. knoop. De knopen liggen tegen zenuwcellen. Van daaruit gaan de signalen naar de hersenschors.

A1.3 De visuele hersenschors.

De signalen van de zenuwcellen van het corpus g.l. worden langs een groot aantal zenuwbanen naar visuele hersenschors geleid, waar ze arriveren in het z.g. "gebied 17". Een verdere signaalanalyse vindt nu plaats in de gebieden 17, 18 en 19. (Fig. A5 en A7).

De uitslag van een analyse bereikt op een of andere wijze het bewustzijn, waarmee een waarneming een feit is.



fig. A7: De anatomie van een apenhersenschors op microscopisch niveau (Van Clark (1942)).

A2 Fysiologische gegevens betreffende signaalanalyse.

De complexiteit van de bouw van netvlies en hersenschors maken het vooralsnog niet mogelijk langs anatomische weg te ontdekken hoe het visuele systeem in een netvliesplaatje een patroon doet herkennen.

Om daarover informatie te verkrijgen, hebben tal van onderzoekers met behulp van fijne elektroden in het visuele systeem van proefdieren de activiteit gemeten van afzonderlijke zenuwcellen.

Een belangrijke inlichting die zo kan worden verkregen is de vorm van het receptorveld dat bij de aangeprikte cel hoort.

Een kwalitatief overzicht betreffende dit soort metingen geven Motokawa (1970) en Barlow, Narasimhan en Rosenfeld (1972).

Van de zoogdieren worden vooral de kat en de slingeraap veel voor dergelijke metingen gebruikt.

Voor de ganglioncellen in het netvlies (dat zijn de zenuwcellen van waaruit de netvliessignalen rechtstreeks naar de oogzenuw gaan) vindt men bij de kat cirkelvormige receptorvelden (Kuffler (1953)) en bij de aap cirkelvormige of ovale receptorvelden (Hubel en Wiesel (1960)). De cellen kunnen worden ingedeeld in twee categorieën:

Eén soort wordt gevormd door cellen die exciteren als het centrum van het bijbehorend receptorveld is verlicht en de rand niet. ("On-center"-cellen).

De andere soort wordt gevormd door cellen die exciteren als de rand is verlicht en het centrum niet. ("Off-center"-cellen). De beide categorieën zijn schematisch weergegeven in fig. A8.



fig. A8: Een schematische weergave van "on-center"-cellen (a) en "off-center"-cellen (b).

De afmetingen van de receptorvelden verschillen voor de verschillende delen van een netvlies. Consistent met A1.2 vond men bij de aap bijvoorbeeld in de fovea hele kleine en in de periferie van het netvlies vrij grote receptorvelden. (Hubel en Wiesel)(1960).

In het corpus g.l. vindt men in het algemeen dezelfde receptorvelden als in de retina.

Licht-donker-overgangen worden hier nog wat meer geaccentueerd; men zou kunnen zeggen dat de nadruk ligt op contrastdetectie.

Voor wat betreft cortexcellen is veel werk gedaan door Hubel en Wiesel (1959, 1962, 1965, 1968). Zoals in de inleiding werd vermeld, onderscheiden zij vier categorieën van cortexcellen: z.g. eenvoudige cellen, complexe cellen, hypercomplexe cellen van lagere orde en hypercomplexe cellen van hogere orde. De eenvoudige cellen hebben veelal receptorvelden zoals aangegeven in fig. A9.

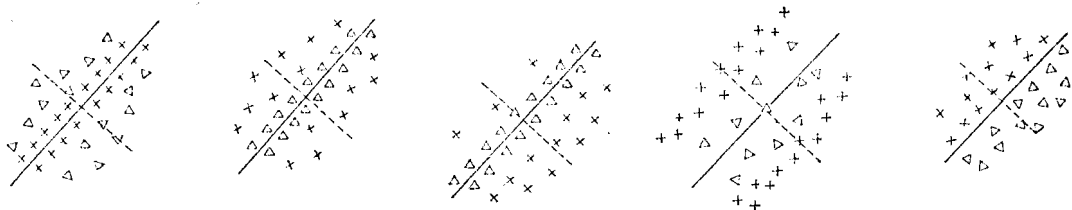


fig. A9: Receptorvelden van eenvoudige cellen.

* Een excitatieve invloed is aangegeven met x, een inhibiërende met Δ. (Hubel en Wiesel, 1962).

De topografie van de receptorelementen die een excitatieve of een inhibiërende invloed hebben, heeft voor een dergelijke cel tot gevolg dat de hoek waaronder een lijn of rand over zo'n receptorveld valt een rol speelt bij de mate van excitatie van de cel.

De maximale excitatie van een cel kan worden bereikt als in een stimulus de lijnen van de licht-donker-overgangen evenwijdig zijn met de as van het receptorveld. (Fig. A10).

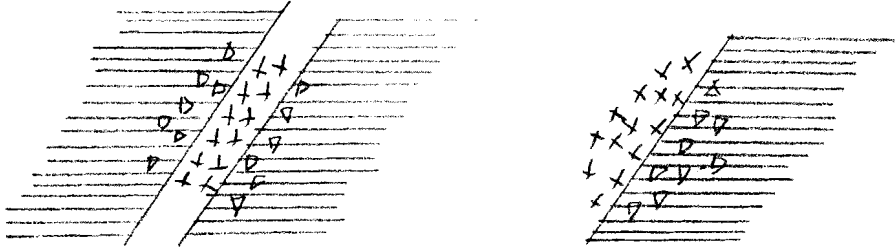


fig. A10: Voor maximale excitatie optimale stimuli voor twee typen eenvoudige cellen.

Zo'n cel is daardoor op te vatten als een richtingsdetektor voor een bij die cel behorende richting.

Dergelijke richtingsdetektoren zijn gevonden voor allerlei richtingen van horizontaal tot verticaal.

De cellen zijn vrij nauwkeurig. Het veranderen van de hoek, waaronder een stimulus wordt aangeboden, met 5° tot 10° deed vaak de activiteit van zo'n cel vrijwel nul worden.

De eenvoudige cellen worden in de kat gevonden in dat deel van de hersenschors waar de signalen arriveren van het corpus g.l., het zogenaamde gebied 17 (of: het visuele gebied I).

Eenvoudige cellen hebben betrekkelijk kleine receptieve velden, bijvoorbeeld overeenkomend met een gezichtshoek van $2^\circ \times 8^\circ$.

Die velden kunnen worden gevonden door met een lichtstipje het netvlies af te tasten. Als de lichtstip binnen het te vinden receptorveld komt, vertoont de onderzochte eenvoudige cel enige excitatie.

Complexe cellen werken, voor zover het richtingsdetektoren zijn, als eenvoudige richtingsdetektorcellen, met dit verschil dat het aanbieden van de bijbehorende richting voor het verkrijgen van een excitatie minder plaatsgebonden is. Als maar ergens binnen een vrij groot receptief veld (bijvoorbeeld $8^\circ \times 16^\circ$) de juiste richting aanwezig is, exciteert zo'n cel. Het bij een cel behorend receptief veld is niet met behulp van een lichtstipje te vinden. Er moet gebruik

gemaakt worden van een lijn, op het netvlies aangeboden onder de bij de cel behorende hoek. Complexe cellen worden gevonden in de gebieden 17(I), 18(II) en 19(III). In gebied 17 is er een grote overlap met eenvoudige cellen. De meerderheid van de cellen in gebied 18 is complex, evenals ongeveer de helft van de cellen in gebied 19.

5 tot 10% van de cellen in gebied 18 zijn hypercomplex van lagere orde. Vrijwel de gehele overgebleven helft van de cellen in gebied 19 is dat ook.

In gebied 19 vond men enkele cellen van het type dat hypercomplex van hogere orde is genoemd.

Hypercomplexe cellen van lagere orde gedragen zich als complexe cellen, met dit verschil dat behalve de richting van een lijn ook de lengte een rol speelt.

Een stimuluslijn dient aan één of beide uiteinden te zijn begrensd. De plaats van de eindpunten die bij zo'n cel horen is vrij nauwkeurig bepaald.

Hypercomplexe cellen van hogere orde gedragen zich als hypercomplexe cellen van lagere orde met het verschil dat er minder beperkingen zijn voor wat betreft de plaats van de eindpunten van de bij de cel behorende specifieke lengte.

De verschillende cellen en hun eigenschappen zijn samengevat in fig. A11

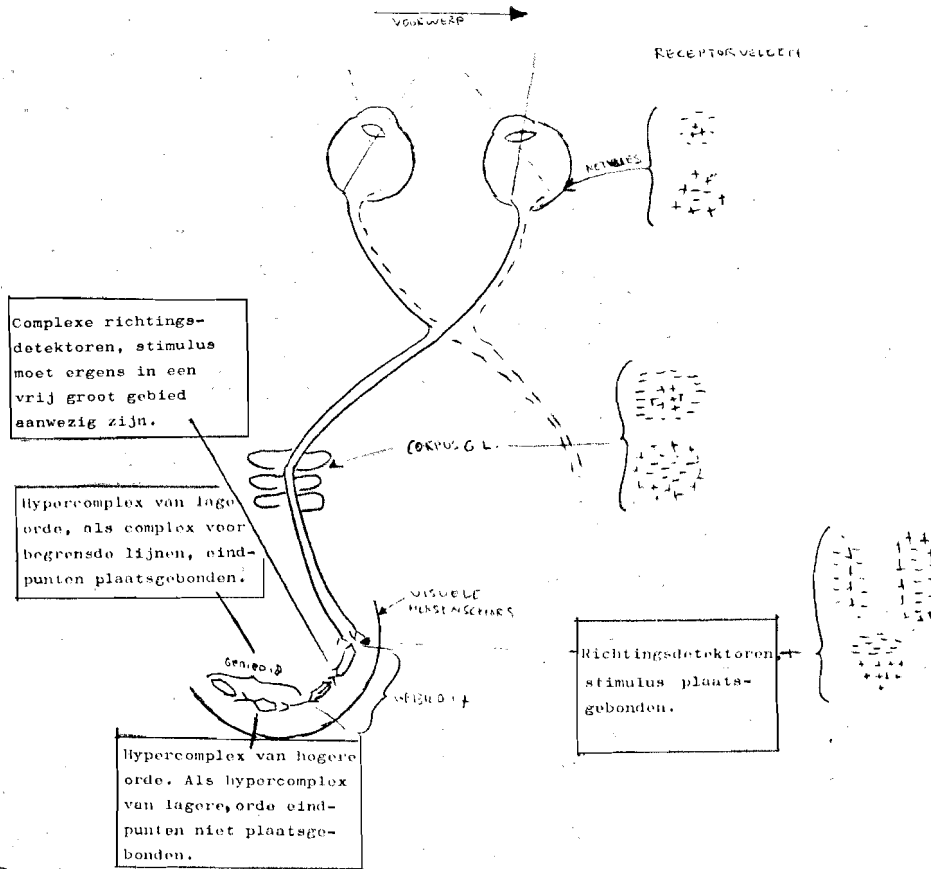


fig. A11: Een overzicht van verschillende schorsceltypen en hun localisatie.

Na het corpus g.l. liggen de cellen van opeenvolgende complexiteit steeds verder van het oog af. Met dit gegeven en op grond van hun metingen stelden Hubel en Wiesel een hypothese op waarmee ze de werking van een complexere cel verklaren door de signaaltoevoer naar zo'n cel afkomstig te veronderstellen van meerdere cellen die in complexiteit één stapje lager zijn. (Fig. A12).

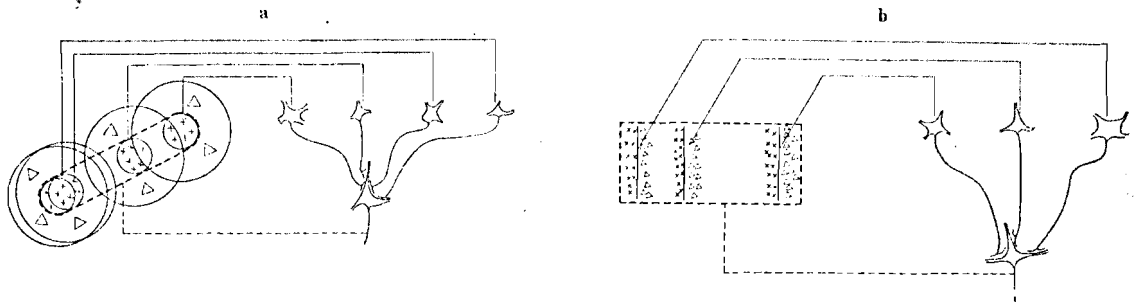


fig. A12: Een schema waarmee Hubel en Wiesel het tot stand komen van de receptieve velden van eenvoudige cellen (a) en complexe cellen (b) verklaren.

Als men deze hypothese als juist aanneemt, zou men kunnen zeggen dat de signalen die een netvliesplaatje representeren hiërarchisch worden verwerkt:

Beginnend op een laag niveau van complexiteit dringen signalen die van geschikte stimuli afkomstig zijn door tot steeds hogere (complexere) verwerkingsniveaus. Men kan hiermee enkele effecten van dit verwerkingsstelsel beschrijven.

Kleine oogbewegingen bijvoorbeeld beïnvloeden het waarnemen van een richting niet doordat de complexe cellen in een of-schakeling verbonden zijn met een groot aantal eenvoudige richtingsdetectiecellen.

Eindpunten van lijnen zouden kunnen worden gezien doordat complexe cellen hun signalen zo aan een hypercomplexe cel van lagere orde doorgeven dat bijvoorbeeld één groep complexe cellen een excitatieve invloed heeft terwijl een andere groep, die globaal in het verlengde van de eerste ligt, een inhiberende invloed heeft.

Zo'n lijn met een specifieke lengte en richting wordt onafhankelijk van de plaats op het netvlies doordat een groot aantal hypercomplexe cellen van lagere orde in een of-schakeling kunnen zijn verbonden met hypercomplexe cellen van hogere orde.

Deze wijze van signaalanalyse naar nog hogere niveaus extrapolerend leidt tot de veronderstelling dat elk visueel "begrip" in de hersens en in de vorm van een zenuwcel een eigen geheugenplaats heeft die geadresseerd wordt als na een groot aantal hiërarchische verwerkingsstappen het signaal naar die cel convergeert.

Het in één oogopslag herkennen van een ingewikkelde groep patronen (bijvoorbeeld de letters van een woord) kan dan verklaard worden door te veronderstellen dat vanuit de meervoudige representatie van de oogzenuwsignalen op het niveau van de eenvoudige cellen tegelijkertijd met parallelverlopende convergenties verschillende geheugenplaatsen worden bereikt.

Opvallend in dit systeem is dat op een laag niveau wordt

uitgegaan van een vrij grove representatie van een netvliesplaatje.

De in deze alinea beschreven werking van de signaalanalyse door het visuele systeem is een speculatieve.

Al op de laagste niveaus is de precieze werking van de verschillende mechanismen onbekend.

Niet duidelijk is bijvoorbeeld op welke wijze een ononderbroken rechte na een meervoudige representatie in eenvoudige richtingsdetektorcellen toch als één rechte wordt herkend.

Van de communicatie tussen de verschillende hiërarchische niveaus is als uiterlijk effect bekend dat wanneer de signalen van lagere elementen zinvol kunnen worden samengesteld tot een signaal van een hogere, de signalen van de lagere elementen het bewustzijn niet meer bereiken, terwijl dat anders wel het geval is.

Wanneer men bijvoorbeeld de hoofdletter A ziet is men er zich meestal niet van bewust dat die letter opgebouwd gezien kan worden uit drie lijnstukjes met drie richtingen en drie snijpunten, tenzij men moedwillig de aandacht daarop richt.

Hoe dit al of niet onderdrukken van lagere niveaus in zijn werk gaat, is niet bekend.

De proefnemingen met elektroden zijn gedaan met dieren. Het voor de mens toepasbaar verklaren van de hiervoor beschreven mechanismen is op zich een (zij het plausibele) hypothese.

Bij een onderzoek op het Instituut voor Perceptie Onderzoek naar de waarneming van richtingen van lijnen door proefpersonen bleken de gevonden resultaten met de hypothesen van Hubel en Wiesel goed verklaard te kunnen worden. (Bouma en Andriessen (1968)).

Bouma en Andriessen voegden daarvoor toe de veronderstelling dat wanneer meerdere richtingsdetektiecellen door één stimulus worden geprikkeld de cel die het sterkst exciteert de waargenomen richting bepaalt.

Appendix B.

Gebruiksaanwijzing van het tussenschakeltoestel.

B.1 Aansluitingen.

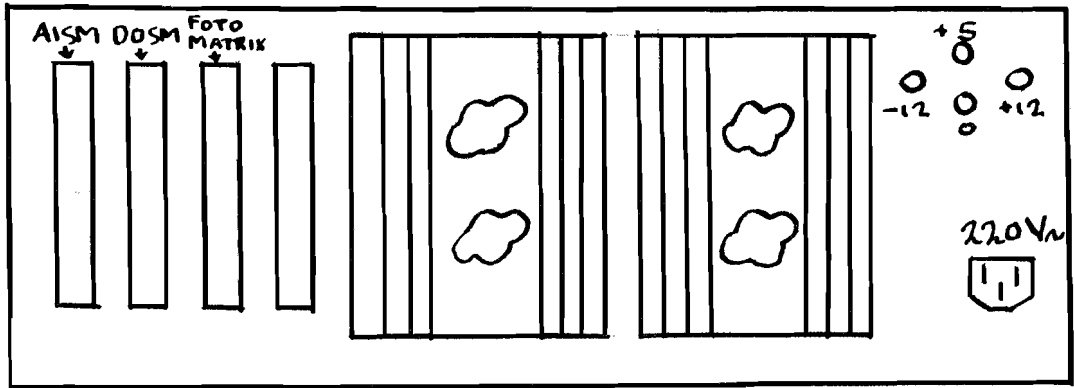


fig. B.1: De achterzijde van het tussenschakeltoestel

De verschillende aansluitbussen zijn te zien in fig. B.1.

- De analoge verbindingkabel met de computer wordt aangesloten op AISM.
- De digitale verbindingkabel met de computer wordt aangesloten op DOSM.
- De verbindingkabel met de fotomatrix wordt aangesloten op FOTOMATRIX.
- De netspanning wordt aangesloten op "220 V \sim ".
- De vier stekerbussen met de aanduidingen -12, 0, +5 en +12 zijn de naar buiten uitgevoerde gestabiliseerde voedingsspanningen van de interne voedingen. Dit zijn extra's die niet bedoeld zijn voor direkt gebruik.

B.2. In bedrijfstellen

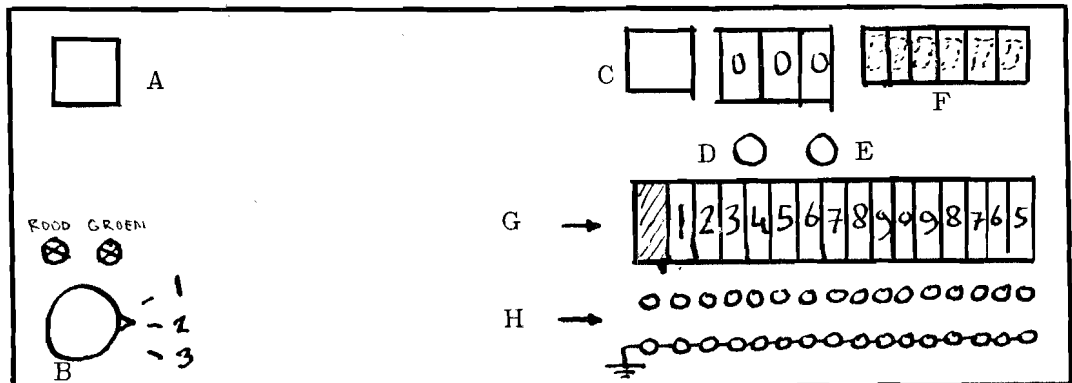


fig. B.2: Het frontpaneel met bedieningselementen.

B.2.1. In bedrijfstellen zonder computerverbinding voor meetdoeleinden.

1. Verbindt het tussenschakeltoestel met de fotomatrix. (Voor de aansluitplaats zie B.1).
2. Schakel het toestel in met netschakelaar A. (Zie fig. B.2).
3. Vervolgens kan men een rij van de fotomatrix of de rij der duimwielchakelaars met de hand inschakelen door het kiezen der rijen op handbediening te zetten (Indrukken knop D).
Op de twee meest rechtse blokjes van het octale display F leest men de ingestelde rij af.
De te kiezen rij moet octaal worden ingesteld.

Rij 0	Decimaal = 0	Octaal	Rij 8	Decimaal = 10	Octaal
Rij 1	" = 1	"	Rij 9	" = 11	"
Rij 2	" = 2	"	Rij 10	" = 12	"
Rij 3	" = 3	"	Rij 11	" = 13	"
Rij 4	" = 4	"	Rij 12	" = 14	"
Rij 5	" = 5	"	Rij 13	" = 15	"
Rij 6	" = 6	"	Rij 14	" = 16	"
Rij 7	" = 7	"	Rij 15	" = 17	"

De rij der duimwielschakelaars is octaal 60 (= decimaal 48).

4. Door het indrukken van knop E schakelt men het kiezen van een versterkingsfaktor op handbediening. Deze zijn genummerd 0 t/m 5.

Welke is ingeschakeld, wordt weergegeven door het derde display-blokje van rechts.

De versterkingen zijn:

Nr. 0	:	2 x
Nr. 1	:	4 x
Nr. 2	:	10 x
Nr. 3	:	30 x
Nr. 4	:	100 x
Nr. 5	:	300 x

5. Nadat men met de hand een gewenste combinatie heeft ingesteld, kan men aan de stekerbussen H meetapparatuur aansluiten.

B.2.2 In bedrijfstellen met computerverbinding.

1. Verbindt het tussenschakeltoestel met de computer en de fotomatrix.
(Voor aansluitplaatsen zie B.1).
2. Schakel het toestel in met netschakelaar A.
(Zie fig. B.2).
3. Schakel de schakelaars D en E van handbediening af.
4. Zet schakelaar B in de middenstand (Het groene lampje brandt).
5. Start het computerprogramma (zie Appendix C).
6. Op het octaal display verschijnt "60" en het lampje in knop C gaat aan.

De opstelling is nu in bedrijf.

Het gebruik van de verschillende overige bedieningselementen krijgt zin in verband met een programma. Zie voor een toepassing de gebruiksaanwijzing van het testprogramma. (Appendix C).

B.2.3. Het verbreken van de verbinding met de computer.

Zet knop B in de bovenste stand.

Het rode lampje brandt.

De verbinding is nu verbroken.

NB 1: Wanneer stekers in de connectors worden gestoken of er uit worden gehaald moet de netspanning zijn uitgeschakeld.

NB 2: Bij de beschrijving van het inbedrijfstellen met computerverbinding en het verbreken daarvan (B.2.2 en B.2.3) is aangenomen dat in het aangesloten programma met het omschreven gebruik van schakelaar B is rekening gehouden. In bijvoorbeeld het testprogramma (zie hoofdstuk 4 en Appendix C) is dat het geval.

Appendix C.

Gebruiksaanwijzing van het testprogramma.

C.1. Het maken van verbindingen.

C.1.1 In de computerruimte.

In de computerruimte moeten de volgende verbindingen worden gemaakt:

1. Op de bussen

AISM 00 (= de moduul met de analoge ingangskanalen
1 t/m 8) en

AISM 01 (= de moduul met de analoge ingangskanalen
9 t/m 16)

wordt een doos aangesloten met per kanaal een
600 Ω weerstand als lijnaanpassing. Van deze doos
gaat een verlengsnoer naar de analoge aansluitbus
van kamer 22.

2. Op de bus

DOSM 00 (= het digitale uitgangskanaal met het
nummer 0)

wordt een doos aangesloten met per kanaal een
600 Ω weerstand als lijnaanpassing.

Van deze doos gaat een verlengsnoer naar de digitale
aansluitbus van kamer 22.

3. Op de aansluitbus voor een terminal wordt een ver-
lengkabel aangesloten.

Het andere eind van die kabel wordt via een aan-
passingssnoertje aangesloten op de aansluitbus van
kamer 22 die voor de aansluiting van de terminal is
gereserveerd.

C.1.2 In kamer 22

1. Maak de verbindingen zoals beschreven in B.2.2

2. Controleer of de terminal is verbonden met de lijn
naar de computer en of de netspanning is aangesloten.

C.2. Het starten en stoppen van het testprogramma.

Het testprogramma is in het schijfengeheugen opgeslagen bij de visuele groep. (Visuele groep code: VISGRØ).

Het testprogramma heet PLØN.

Het testprogramma maakt gebruik van in het gebied van de visuele groep gedefinieerde files voor het opslaan of opnemen van correctiematrices.

Deze heten: CKSI 00 t/m CKSI 05 en

CCMU 00 t/m CCMU 05,

respektievelijk voor de correcties op de steilheid van de receptoren en op het nulpunt.

Het laatste cijfer duidt aan bij welke versterkingsfaktor nr. de file hoort.

C.2.1 Het starten van het programma.

1. Schakel de terminal op "LINE".

2. Schakel het tussenschakeltoestel in, zet knop B (zie fig. B.2) in de middenstand, het groene lampje brandt.

3. Type "ATTACH VISGRØ", gevolgd door het aanslaan van de toets RETURN.

Als de machine antwoordt "UFD NØT FØUND", herhaal dan het vorige.

Als de machine antwoordt "ØK", ga dan door met 4.

4. Type "R PLØN", gevolgd door het aanslaan van de toets RETURN.

De machine antwoordt: "GØ".

Op het tussenschakeltoestel verschijnt op de octale display "60", en het witte lampje in knop C (zie fig. B.2) gaat aan.

De opstelling is nu in bedrijf, werkend met het testprogramma.

C.2.2 Het stoppen van het testprogramma.

1. Schakel knop B van het tussenschakeltoestel naar de bovenste stand. Het rode lampje brandt.

De machine typt "ØK".

De verbinding is verbroken.

2. Indien de terminal in de computerruimte weer moet worden aangesloten, schakel dan in kamer 22 de terminal op "LOCAL" alvorens in de computerruimte de stekers om te wisselen.

C.3 Het gebruik van het programma.

De verschillende programma-onderdelen zijn:

- C.3.1 Wachtlus.
- C.3.2 Controle digitale input.
- C.3.3 Schrijven rij der duimwielschakelaars.
- C.3.4 Registreren en opslaan fotomatrix.
- C.3.5 Schrijven van geheel of deel van C.3.4.
- C.3.6 Bepalen van correcties voor de uitgangsspanningen van de receptorelementen.
- C.3.7 Schrijven van de karakteristieke parameters van C.3.6 (KSI en MU).
- C.3.8 Bepalen en opslaan correctiematrices.
- C.3.9 Schrijven correctiematrices.
- C.3.10 Registreren fotomatrix met vanuit de rekenmachine bestuurd versterkingsfactoren.
- C.3.11 Bekijken offset.

De commandoschakelaars, schakelaar B, drukknop C en de 15 duimwielschakelaars H uit fig. B.2, heten in het programma $N(I)$, $I = 1, 16$.

$N(1)$ is de combinatie van schakelaar B en drukknop C. Elk element van $N(I)$, $I = 2, 16$ krijgt de waarde die op de duimwielschakelaar wordt afgelezen.

De nummering van de duimwielschakelaars komt overeen met $N(I)$ zoals weergegeven in tabel C.1.

Schakelaar B + Drukknop C	X							
Rij der schakelaars H, schakelaar nr.:		2	3	4	5	6	7	8
N(I), I =	1	2	3	4	5	6	7	8

Rij der schakelaars H, schakelaar nr.:	9	10	11	12	13	14	15	16
N(I), I =	9	10	11	12	13	14	15	16

Tabel C.1: Verdeling van de commandoschakelaars over N(I).

In de rest van de gebruiksaanwijzing wordt steeds N(I) opgegeven.

C.3.1

Wachtlus.

Na het in bedrijf stellen van de opstelling verblijft het programma in de wachtlus.

Het programma ontsnapt door:

- 1° Een druk op knop C (zie fig. B.2.). Er wordt dan éénmaal een programmadeel uitgevoerd, waarna het programma terugkomt in de wachtlus.
- 2° Schakelaar B (zie fig. B.2) in de onderste stand te plaatsen (Er brandt geen lampje). Er wordt dan een gekozen programmadeel repeterend uitgevoerd: Telkens nadat een programmadeel klaar is, komt het programma in de wachtlus, waaruit het meteen weer ontsnapt.
- 3° Schakelaar B in de bovenste stand te plaatsen. (Het rode lampje brandt). De verbinding met de computer wordt verbroken.

Het programmadeel waarheen het programma wordt gestuurd door C.3.1 1° of 2° wordt bepaald door N(2) volgens tabel C.2.

N(2):	0	1	2	3	4
Programmadeel:	C.3.2	C.3.3	C.3.4	C.3.5	C.3.6

N(2)	5	6	7	8	9
Programmadeel:	C.3.7	C.3.8	C.3.9	C.3.10	C.3.11

Tabel C.2: Overzicht commandofuncties van N(2)

C.3.2 Controle digitale input.

Met één sekonde tussenruimte tellen alle blokjes van de octale display 0 t/m 7, te beginnen met de meest rechtse. De meest linkse laat naast de 0 alleen nog een 1 zien. Wanneer bij de uitvoering van dit programmadeel een afwijking wordt geconstateerd dan betekent dit dat er een fout zit in het digitale gedeelte van het systeem.

C.3.3 Schrijven rij der duimwielschakelaars en N(I). Aan het begin van dit programmadeel is er 10 sek. pauze, welke ingaat op het moment dat het meest linkse display blokje een 1 toont. In die pauze kunnen de verschillende schakelaarstanden nog worden gewijzigd. Hierdoor is het mogelijk alle standen van N(1) en N(2) ook te bekijken.

Als de terminal begint te typen kunnen de verschillende schakelaars weer worden teruggezet.

Als de typemachine niet in de buurt staat, dan is de signalering voor het eind van dit programmadeel het doven van het lampje in drukknop C (zie fig. B.2). Er volgt dan nog 10 sek. pauze voor het programma terug gaat naar de wachtlus.

De output van dit programmadeel is:

- 1° De 16 waarden die gelezen werden aan de analoge ingang van de computer.

(De volle schaal is in de machine 16383, overeenkomend met 2 Volt op de ingang).

2° De waarden $N(I)$, $I = 1, 16$ die daaruit volgen.

Doordat bij eenmaal ingestelde standen van de duimwielschakelaars de uitgangsspanning van de verschillende kolomversterkers constant mag worden beschouwd, verkrijgt men in die situatie door herhaald uitvoeren van dit programmadeel informatie over de kwaliteit van de analoge verbinding: De computer zou steeds dezelfde getallen moeten zien.

C.3.4 Registreren en opslaan van de fotomatrix.

Hoofddoel van dit programmadeel is het registreren van meerdere (tot 10) meetuitkomsten per receptor-element als functie van het lichtniveau.

Daartoe is een matrix $A(160,16)$ verdeeld in tien blokken van 16 bij 16. Het te gebruiken blok wordt gekozen met $N(4)$. Zie tabel C.3. Bij elk blok hoort het lichtniveau waarbij de waarneming is gedaan.

Deze wordt op een bij zo'n blok behorende plaats opgeslagen in een array $LICHT(10)$.

Het lichtniveau wordt met de hand gemeten en vervolgens via $N(13)$, $N(14)$, $N(15)$ en $N(16)$ aan het programma toegevoegd: $(NN=N(4)+1)$

$LICHT(NN)=1000 * N(13)+100 * N(14)+10 * N(15)+N(16)$

N.B. $N(13)$ t/m $N(16)$ moeten worden ingesteld vóór dit programmadeel wordt gestart.

Waarneming nr.:	1	2	3	4	5
$N(4)$	0	1	2	3	4
De rijen van $A(160,16)$ die meedoen	1-16	17-32	33-48	49-64	65-84
De bijbehorende plaats in $LICHT(10)$	1	2	3	4	5

Voor het vervolg van deze tabel zie volgende blz.

Waarneming nr.:	6	7	8	9	10
N(4)	5	6	7	8	9
De rijen van A(160,16) die meedoen	85-96	97-112	113-128	129-144	145-160
De bijbehorende plaats in LICHT (10)	6	7	8	9	10

Tabel C.3: Localisatie van waarnemingen in de arrays A(160,16) en LICHT (10)

Bij het inschakelen van een rij van de fotomatrix die moet worden gelezen wacht het programma een poosje om schakelverschijnselen te doen verdwijnen alvorens de rij te lezen. De wachttijd is instelbaar van 0 tot 300 msec in stappen van 40 msec. Dit wordt gedaan met N(3). De wachttijd is $40 * N(3)$ msec.

Met ingeschakelde ingangsfilters van de eindversterkers moet N(3) minimaal 7 zijn.

Met N(12) geeft men de geheugensteun op bij welke versterkingsfaktor (genummerd 0 t/m 5) de metingen zijn gedaan.

C.3.5 Schrijven deel of geheel van A(160,16).

In dit programmadeel wordt het volgende geschreven:

- 1° Het nummer van de versterkingsfaktor die was opgegeven met N(12).
- 2° LICHT (I).
Men kan kiezen welk deel van LICHT (I) men laat schrijven.
Het beginpunt voor I wordt bepaald door $N(5)+1$, het eindpunt door $N(6)+1$.
- 3° A(I,J).
Ook hier kan men kiezen welk deel moet worden uitgeprint.

Instellen:

Met $N(7)+N(8)+1$ het beginpunt voor de kolommen.

Met $N(9)+N(10)+1$ het eindpunt voor de kolommen.

Met $N(15)+N(16)+16 * N(3)$ het beginpunt voor de rijen.

Met $N(13)+N(14)+16 * N(4)$ het eindpunt voor de rijen.

4° OFFSET (16).

C.3.6 Bepalen van correcties voor de uitgangsspanningen van de receptorelementen.

Aangenomen wordt dat het gedrag van elk receptorelement als functie van het lichtniveau over een groot gebied door een rechte kan worden benaderd.

Zij de voor de uitgangsspanning van het tussenschakeltoestel voor een bepaalde receptor geregistreerde waarde y , en het lichtniveau x , dan volgt voor de receptor:

$$y = KSI \cdot x + MU.$$

In dit programmaonderdeel worden met de in C.3.4 opgenomen metingen voor elke receptor KSI en MU berekend met de methode van de kleinste kwadraten.

Met $N(4)+1$ wordt opgegeven hoeveel meetpunten per receptor meedoen.

C.3.7 Schrijven van KSI en MU.

In dit programmaonderdeel worden de resultaten van C.3.6 geschreven.

Met $N(12)$ wordt opgegeven bij welke versterkingsfaktor deze zijn bepaald.

C.3.8 Bepalen en opslaan van correctiematrices.

In dit programmadeel wordt eerst KSI-gemiddeld bepaald. Vervolgens wordt per receptorelement een correctiefactor bepaald door de KSI die bij de receptor hoort op KSI-gemiddeld te delen. De correctie voor MU is MU zelf.

De correcties staan na de hiervoor voor KSI genoemde bewerking in twee matrices:

CKSI (16,16) en CMU (16,16).

Deze correctiematrices worden opgeslagen in het schijfengeheugen in een z.g. "file".

Voor dat doel zijn zes paren files beschikbaar. Welk paar moet worden gebruikt, wordt opgegeven met N(12). Indien dat nodig mocht blijken, kan nu elke versterkingsfactor een eigen paar correctiematrices krijgen.

De files zijn ook vanuit andere programma's toegankelijk.

Aan het begin van dit programmadeel zit een waarschuwingsprogrammaatje.

Wanneer de startknop wordt ingedrukt, knippert de display gedurende vijf seconden met vijf enen.

Bij nog een keer drukken gebeurt hetzelfde met vijf tweeën en bij een derde keer drukken met vijf drieën. Pas bij een vierde keer drukken wordt het programmadeel uitgevoerd. Dit waarschuwingsstukje is ingebouwd omdat als dit programmadeel wordt gestart de informatie wordt vernietigd, die nog in de geadresseerde file stond. De waarschuwing wapent tegen vergissingen. Mocht men zich inderdaad vergissen en er tijdens de waarschuwingen achter komen dan moet men éénmaal een ander programmadeel starten (bijvoorbeeld de eerste na de wachtlus) om de teller die het aantal keren knopdrukken voor dit programmadeel bijhoudt weer op nul te stellen.

C.3.9 Schrijven van correctiematrices.

In dit programmaonderdeel wordt één paar correctiematrices uitgeprint. Welk wordt bepaald door N(12).

C.3.10 Registreren fotomatrix met vanuit de rekenmachine bestuurd versterkingsfactoren.

Corrigeren met correctiematrices.

Schrijven resultaten.

In dit programmadeel wordt de fotomatrix opgenomen waarbij de versterkingsfactor door de rekenmachine zo wordt ingesteld dat de grootste geregistreeerde waarde zo dicht mogelijk bij de volle schaal (=16383) ligt. De fotomatrix wordt zoals gebruikelijk gecorrigeerd met de offset (zie voor het principe fig. 4.1).

Vervolgens wordt elke receptor met behulp van de correctiematrices in principe gecorrigeerd volgens

$$RET(I,J) = (RET(I,J) - CMU(I,J)) * CKSI(I,J)$$

waarin RET(I,J) een element van de fotomatrix is.

Voor het uitschrijven van de resultaten zijn er vier mogelijkheden:

- 1° Schrijven van de ongecorrigeerde fotomatrix, de gecorrigeerde en de offsets.
- 2° Schrijven van alleen de gecorrigeerde matrix en de offsets.
- 3° Schrijven van alleen de ongecorrigeerde matrix.
- 4° In het geheel niet schrijven.

Tussen deze vier mogelijkheden wordt gekozen met N(15) en N(16):

Voor 1°: N(15) ≠ 9, N(16) ≠ 9

Voor 2°: N(15) ≠ 9, N(16) = 9

Voor 3°: N(15) = 9, N(16) ≠ 9

Voor 4°: N(15) = N(16) = 9.

In het programma zijn twee extra signaleringen ingebouwd:

- Als het licht zo sterk is dat er bij de laagste versterkingsfaktor nog overflow is, wordt het tekenbit "1".
- Een enkele keer gaat er iets mis in de computer met het transport van de informatie vanuit het schijvengheugen naar het snelle geheugen: één of enkele getallen komen verminkt over. Voor CKSI(I,J) en MU(I,J) wordt nu steeds gecontroleerd of de waarden binnen het verwachte bereik vallen.
(Dat is $0,5 < \text{CKSI}(I,J) < 2$ en $\text{MU}(I,J) < 200$).
Als dat niet zo is typt de automatische typemachine "DISK ERROR".
Het programma vervolgt met het opnieuw transporteren van de correctiematrices, net zo lang tot het geen fout meer ontdekt.

C.3.11 Bekijken van OFFSET.

In dit programmaonderdeel wordt de offset van de schakeling apart geregistreerd in OFFSET (16) en vervolgens uitgeprint.

Literatuur

- Barlow, H.B., Narasimhan, R. Rosenfeld A. (1972).
Visual Pattern Analysis in Machines and Animals.
Science, 177, 567-575.
- Bouma, H, Andriessen, J.J. (1968). Perceived Orientation
of Isolated Line Segments.
Vision Res. Vol. 8.pp 493-507.
- Cosijn, A.J.M. en Hoeks, A.P.G. (1970). Richtingsde-
tectie door middel van een elektronisch model en een
komputersimulatie. IPO Rapport nr. 194, Eindhoven.
- McCracken, D.D. (1965). A guide to Fortran IV pro-
gramming. John Wiley & Sons, London.
- David jr. E.E., Selfridge, O.G. (1962). Eyes and ears
for computers. Proceedings of the IRE, 1962,
1093-1101.
- Deutsch, S (1967). Models of the nervous system.
John Wiley & Sons, London.
- Fukushima, K (1969). Visual feature extraction by a
multilayered network of analog threshold elements.
IEEE Trans. Systems, Science and Cybernetics SSC-5,
322-333.
- Fukushima, K (1970). A feature Extractor for Curvi-
linear Pattern: A Design Suggested by the Mammalian
Visual System. Kybernetik 1970, Heft 4. 153-160.
- Hubel, D.H. (1958). Cortical unit response to visual
stimuli in nonanesthetized cat's. Amer. J. Ophthal,
46, 110-120.
- Hubel, D.H. (1960). Single unit activity in lateral geni-
culate body and optic tract of unrestrained cats.
J. Physiol., 150, 91-104.
- Hubel, D.H. and Wiesel, T.N. (1959). Receptive fields of
single neurons in the cats striate cortex.
J. Physiol., 148, 574-591.
- Hubel, D.H. and Wiesel., T.N. (1960). Receptive fields
of optic nerve fibers in the spider monkey.
J. Physiol., 154, 572-580.
- Hubel, D.H. and Wiesel, T.N. (1961). Integrative action
in the cat's lateral geniculate body.
J. Physiol., 155, 385-398.

- Hubel , D.H. and Wiesel, T.N. (1962). Receptive fields, binocular interaction and functional architecture in the cat's visual cortex. J. Physiol., 160, 106-154.
- Hubel, D.H. and Wiesel, T.N. (1965 a). Receptive fields and functional architecture in two nonstriate visual areas (18 and 19) of the cat. J. Neurophysiol, 28, 229-289.
- Hubel, D.H. and Wiesel T.N. (1968). Receptive Fields and functional Architecture of Monkey Striate Cortex. J. Physiol, 195, 215-243.
- Kuffler, S.W. (1953). Discharge patterns and functional organization of mammalian retina. J. Neurophysiol, 16, 37-68.
- Minsky, M. and Papert, S. (1969) Perceptrons. Maple Press.
- Motokawa, K. (1970). Physiology of Color and Pattern Vision. Springer, Berlin.
- Muller, H.F. (1972). Vademecum Software-informatie. Interne uitgave IPO, Eindhoven.
- Nagy, G. (1968). State of the Art in Pattern Recognition. Proceedings of the IEEE, vol. 56, no. 5, 836-862.
- Pirenne, M.H. (1967). Vision and the eye. Chapman and Hall, London.
- Runge, R.G., Vemura, M., Viglione, S.S. (1968) Electronic Synthesis of the Avian Retina. IEEE Transactions on Bio-Medical Engineering, Vol. BME-15, No. 3, 138-150.
- Singer, N.A. (1972). The Electronic Retina. Wireless World, April 1972, 161-166.
- Voorhoeve, P.E., Walter, W.G., Van den Brink G. (1971). Physiologie van het centrale zenuwstelsel en de zintuigen. Agon, Elsevier, Amsterdam.