

# WATCHING WAVEFORMS

## Analoge oscilloscopen in de Studieverzameling



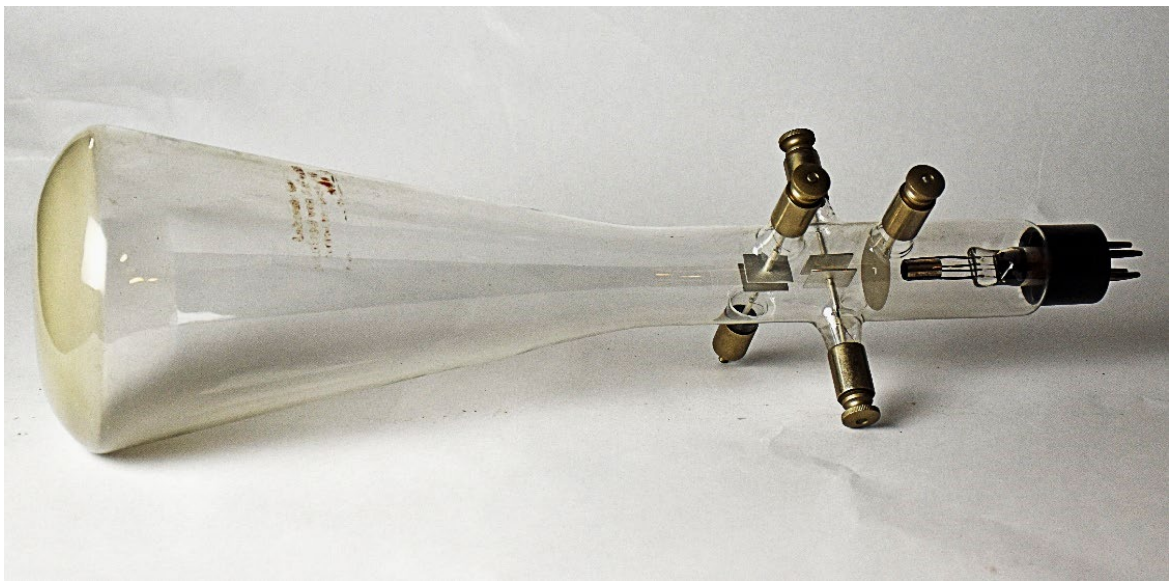
*Studieverzameling: de oscilloscopen.*

**Otto Rompelman**



# WATCHING WAVEFORMS

## Analoge oscilloscopen in de Studieverzameling



**Het hart van iedere analoge oscilloscoop: de kathodestraalbuis.**

*Afbeelding: een originele kathodestraalbuis van Manfred von Ardenne (ca 1935).*



# Inhoud

## Voorwoord

blz. 5

## Verantwoording

blz. 7 t/m 8

## 1. Inleiding: wat is een oscilloscoop?

blz. 9 t/m 18

### 1.1 Basisconfiguratie

### 1.2 Problemen en oplossingen

#### 1.2.1 Twee (of meer) signalen simultaan zichtbaar maken

#### 1.2.2 Gelijk- of wisselspanningsingang?

#### 1.2.3 De tijdbasis: Synchroniseren of triggeren?

#### 1.2.4 'Het begin net gemist'

#### 1.2.5 Tijdmetering en detailobservatie: de 'dual time base'

#### 1.2.6 De bandbreedte beperking van de CRT

#### 1.2.7 Nog hogere snelheden?

#### 1.2.8 Lage lichtopbrengst bij hoge schrijfsnelheid

#### 1.2.9 Het beeld vastleggen

#### 1.2.10 Universeel of modulair?

### 1.3 Vormgeving en ergonomie

## 2. Analoge oscilloscopen in de Studieverzameling

blz. 19 t/m 67

### 2.1 Inleiding

### 2.2 Eerste aanwijzingen bij de Afdeling Elektrotechniek van de TH Delft

### 2.3 Periode 1935 - 1955

### 2.4 Periode 1956 - 1965

### 2.5 Periode 1966 - 1975

### 2.5 Periode na 1975

### 2.6 Bijzondere en 'special purpose' oscilloscopen

## 3. Inschuifeenheden: 'plug-in units'

blz. 69 t/m 79

## 4. Accessoires

blz. 81 t/m 86

### 4.1 Elektronenschakelaars

### 4.2 Voorversterkers

### 4.3 Stroommeters

### 4.4 Camera's en toebehoren

## **5. Geraadpleegde bronnen**

blz. 87

## **6. Bijlagen**

blz. 89 t/m 127

- Bijlage 1: "*The Tektronix 7250 Transient Digitizing Oscilloscope: Pushing analogue oscilloscope techniques to their limits*" (Paper Otto Rompelman, Studieverzameling, 2024)
- Bijlage 2: "*The development of analogue storage oscilloscopes*" (Paper Otto Rompelman, Studieverzameling, 2022)
- Bijlage 3: "*The Philips GM5655: a simplistic cathode ray vacuum tube oscilloscope*" (Paper Jelle Boele, Studieverzameling, 2020)
- Bijlage 4: "*A pre-amplifier for use with electronic voltmeters and oscilloscopes*" (Paper Kees Pronk, Piet Trimp, Studieverzameling, 2019)

## **7. Index**

blz. 129 t/m 133

## Voorwoord

Door Ir. Dr. C.J.M. Verhoeven

Een bejaarde hoogleraar vertelde mij dat hij als student effectief buizenradio's repareerde met een vinger als probe en een oor als meetinstrument. Het aanraken van een knooppunt gaf een hoorbaar effect dat voldoende was om een probleem te vinden en op te lossen.

Helaas biedt deze methode een zeer beperkt inzicht in de elektrische 'bloedsomloop' van een radio. Een multimeter geeft meer inzicht, zolang de spanningen en stromen binnen een menselijke tijdschaal variëren. De oscilloscoop is de grote stap voorwaarts. Die maakt zichtbaar wat zich afspeelt op tijdschalen en frequenties ver buiten ons waarnemingsvermogen.

Daarmee is de oscilloscoop zowel een zegen als een vloek geworden. Een oscilloscoop toont namelijk alleen spanningen, waarvan de eenheid joule per coulomb is (statisch).

Een spanning verandert via de verplaatsing van lading of een magneet. Stroom, met als eenheid coulomb per seconde (verandering), verplaatst lading. Een oscilloscoop die spanningsveranderingen weergeeft, maakt alleen indirect stromen zichtbaar. Dankzij het feit dat deze stromen meestal door paden met een impedantie vloeien, kan een oscilloscoop een spanning erover waarnemen.

Deze zichtbaarheid wordt echter bij weerstand betaald met energieverlies.

Bij een supergeleider, waar geen energieverlies optreedt, ziet een oscilloscoop niets.

Toch willen we alles weten over de elektrische bloedsomloop verantwoordelijk voor het transporteren van informatie en het aandrijven van actuatoren. En zo heeft, bij gebrek aan iets beters, de oscilloscoop zich een ereplaats onder de meetinstrumenten veroverd.

Er zijn (gelukkig?) bijna altijd impedanties die het bestaan van de stromen verraden. Helaas geeft dit slechts een beperkt beeld van de werkelijkheid en dat maakt van de oscilloscoop ook een notoire misleider.

Veel elektronici, van studenten tot ontwerpers, focussen op spanningen en geven ze de hoofdrol bij een ontwerp, terwijl ze stromen hooguit zien als een vervelend, te vermijden artefact dat voor verliezen zorgt. Het is veelzeggend dat VHDL, de traditionele hardwarebeschrijvingstaal voor digitale schakelingen, geen mogelijkheid biedt om stromen te modelleren. VHDL beschrijft alleen wat een oscilloscoop kan zien.

Oscilloscopen blijken prachtige verleiders. Mooi om te zien en zelfs de oudste modellen weten nog steeds de jongste kinderen te fascineren met schitterende Lissajous-figuren. Ze zijn bij uitstek de instrumenten die laten zien dat een elektronisch apparaat leeft. Maar met hun enkele, vaak groene 'oog' zijn ze slechts koning in het land der blinden. Ze tonen slechts de schaduw van de bloedsomloop die stroomt door de aderen van levende elektronica. Alleen, zonder hen zien we niets.

Daarom is de oscilloscoop al meer dan een eeuw onze trouwe bondgenoot, zich voortdurend aanpassend aan onze behoeften, zoals dit boek duidelijk laat zien.

Als er één instrument een levensbeschrijving als dit boek verdient, is het de oscilloscoop: een bron van verwondering, verleiding en misleiding, met zijn wazige blik via dat ene oog op de werkelijkheid. Het instrument dat blijvend zijn stempel heeft gedrukt op ons denken over elektronica.



*Faculteit Elektrotechniek, Wiskunde en Informatica (EWI) van de Technische Universiteit Delft.  
Mekelweg 4, 2628 CD Delft.*

## Verantwoording

De Studieverzameling van de Faculteit Elektrotechniek, Wiskunde en Informatica (kortweg: EWI) van de TU-Delft omvat een grote collectie elektrische en elektronische apparatuur. Te denken valt aan computers, telefoniesystemen, professionele meet- en testapparatuur (centrales) maar ook consumentenelektronica zoals radio- en TV-toestellen. De collectie is tot stand gekomen door afstoting in het verleden van apparatuur door laboratoria van genoemde faculteit en ook andere TU-instanties maar ook door schenkingen. Naast de universele stroom-en spanningsmeter is de oscilloscoop wellicht het meest gebruikte meetinstrument in de elektrotechniek. De naam van het instrument komt deels uit het Latijn (*oscillare* = zwaaien, slingeren) en deels uit het Grieks (*σκοπεῖν*, *skopein* = kijken naar). Hiermee komt tot uiting, dat het apparaat bedoeld is om wisselende spanningen zichtbaar te maken. Tot de opkomst van digitale technieken voor de opslag en weergave van meetsignalen was de analoge oscilloscoop, uitgerust met een kathodestraalbuis een standaardinstrument in iedere elektrotechnische omgeving zoals laboratoria, onderwijs, reparatiewerkplaatsen e.d. In de collectie van de Studieverzameling bevinden zich ca 80 oscilloscopen uit verschillende perioden. Het oudste exemplaar dateert van ca 1935.

Sinds 2019 wordt er bij de Studie verzameling gewerkt aan een stelselmatige inventarisatie van de aanwezige apparatuur. Ieder object krijgt daarbij een nummer, dat gerelateerd is aan de deelcollectie, waarvan dit object deel uitmaakt. Vervolgens worden alle objecten ondergebracht in een door de TU Delft ondersteund systeem t.w. *Collective Access*. Tijdens de inventarisatie van de oscilloscopen is de gedachte ontstaan om een catalogus van deze apparaten samen te stellen, waarbij gebruik gemaakt zou worden van de tijdens deze inventarisatie toegekende objectnummers. Het leek hierbij interessant de historische lijn van de wisselwerking tussen eisen en wensen enerzijds en de gefabriceerde apparatuur anderzijds in kaart te brengen. Een korte inleiding in de opbouw en werking van de oscilloscoop mocht niet ontbreken.

Het resultaat van al deze overwegingen is het voor u liggende boek. In Hoofdstuk 1 wordt kort de werking van de kathodestraalbuis en de oscilloscoop besproken. Tevens wordt een overzicht gegeven van de in de loop der tijd gerezen problemen en de daarvoor ontwikkelde oplossingen.

In Hoofdstuk 2 wordt kort ingegaan op het begin van de oscilloscoop en de relatie met de Afdeling Elektrotechniek van de toenmalige Technische Hoogeschool Delft, waarna alle in de Studieverzameling aanwezige oscilloscopen, voorzien van een objectnummer kort worden besproken.

Een aparte categorie objecten zijn de zogenaamde inschuifeenheden ('plug-in units'), die worden toegepast in modulair opgebouwde oscilloscopen.

In Hoofdstuk 3 wordt een overzicht gegeven van deze eenheden. Tenslotte worden in Hoofdstuk 4 enkele accessoires behandeld, waarmee de mogelijkheden van oscilloscopen worden uitgebreid, zoals voorschakeleenheden, camera's, versterkers e.d. Enkele eerder gepubliceerde artikelen, die in meer detail ingaan op enkele apparaten en ontwikkelingen, zijn als bijlagen opgenomen,

Deze uitgave is de tweede in een reeks over deelverzamelingen die bij de Studieverzameling zijn ondergebracht.

Alle objecten zijn tijdens de inventarisering gefotografeerd. Mijn dank aan Pieter van der Gaag, Kees Pronk, Piet Trimp en Frans van Zijlen voor jullie hulp daarbij. Het onderbrengen van de oscilloscopen in *Collective Access* gebeurt onder verantwoordelijkheid van Eric Winkel. De vele nuttige discussies met hem over rubriceren en nummeren van objecten waren onmisbaar voor de samenstelling van dit boek. Er is dankbaar gebruik gemaakt van de expertise van het Team Academisch Erfgoed, Geschiedenis en Kunst van de TU-bibliotheek. Met name Catherine Buckland heeft veel nuttige

informatie verzameld over de herkomst van de objecten. Kees Tijm ontdekte de vroege correspondentie van de Afdeling Elektrotechniek over de aanschaf van een oscilloscoop alsmede enkele originele fabrieksbrochures.

In de afrondende fase hebben enkele voormalige collega's het manuscript kritisch doorgelezen. Hun commentaar heeft het geheel aanzienlijk verbeterd. Het betreft Mw. M. de Vlieger, ir. J. Boele, dr.ir. G.J.M. Janssen en em. prof.dr.ir. P.P.L. Regtien. Marion, Jelle, Gerard en Paul: mijn hartelijke dank voor jullie inbreng!

Verder ben ik Han Geijp veel dank verschuldigd voor de wijze waarop hij de opmaak en de voorbereiding voor het drukken heeft verzorgd.

Dit boek is bedoeld voor eenieder, die geïnteresseerd is in het hoe en waarom bij de ontwikkeling van meetinstrumenten. Dit betreft zowel studenten als 'professionals' met minimaal een HAVO-VWO achtergrond en enige basiskennis van de elektrotechniek. Voorts kan het dienen als bron van informatie voor bezoekers van de Studieverzameling. Onder de lezers bevinden zich zonder twijfel (ervarings-)deskundigen, die onjuistheden of onvolledigheden zullen opmerken: zij zijn van harte uitgenodigd om mij hiervan op de hoogte te stellen. Hierdoor kan een eventuele volgende druk verbeterd worden. De lezer, die de collectie nog niet heeft bezocht of nogmaals wil bezoeken is bij deze graag uitgenodigd dit te doen!

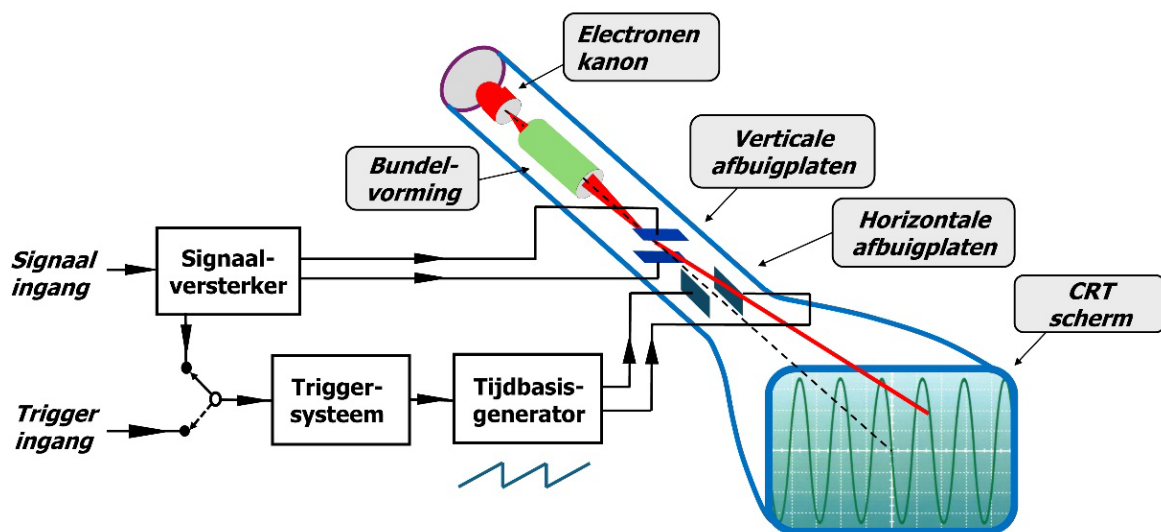
Ik wens u veel leesplezier!

*Otto Rompelman.*

# 1. Inleiding: wat is een oscilloscoop?

## 1.1 Basisconfiguratie

Het probleem met elektriciteit is, dat je het niet kunt zien. Des te vervelender is dat als we weten dat onze hele informatietechnologie en elektronica gebaseerd is op snel tot zeer snel wisselende elektrische spanningen of stromen, die informatie bevatten: kortweg signalen. De wens om deze snel wisselende spanningen op de een of andere manier visueel weer te geven is dus niet vreemd. De oplossing voor dit probleem diende zich aan toen rond 1897 de Duitse fysicus Karel Ferdinand Braun de elektronenstraalbuis uitvond. Kenmerkend waren de vacuümtechniek, de verhitte kathode, en het scherm met een fluorescerende laag. Een elektrisch verwarmd spoeltje verhit de kathode, die aan de achterkant van de CRT zit. Door de verhitting zendt de kathode elektronen uit die door een, onder hoge spanning staande anode versneld worden. In de buis zitten twee onderling loodrecht geplaatste paren metalen plaatjes, waarmee de elektronenbundel door een spanningsverschil tussen de plaatjes in zowel horizontale als verticale richting kan worden afgebogen. Tenslotte zijn er nog elektroden voor de instelling van de intensiteit en de focusering van de bundel aangebracht. De elektronenstraalbuis wordt ook wel beeldbuis genoemd en in het Engels *Cathode Ray Tube* of, kortweg *CRT*. De CRT ontwikkelde zich tot een algemeen visualisatiesysteem voor televisie, radar en: de oscilloscoop. (Voor televisie wordt overigens gebruik gemaakt van magnetische afbuiging van de elektronenbundel.) In de Studieverzameling bevinden zich talloze beeldbuizen, waarvan de oudste uit ca 1935 stamt.



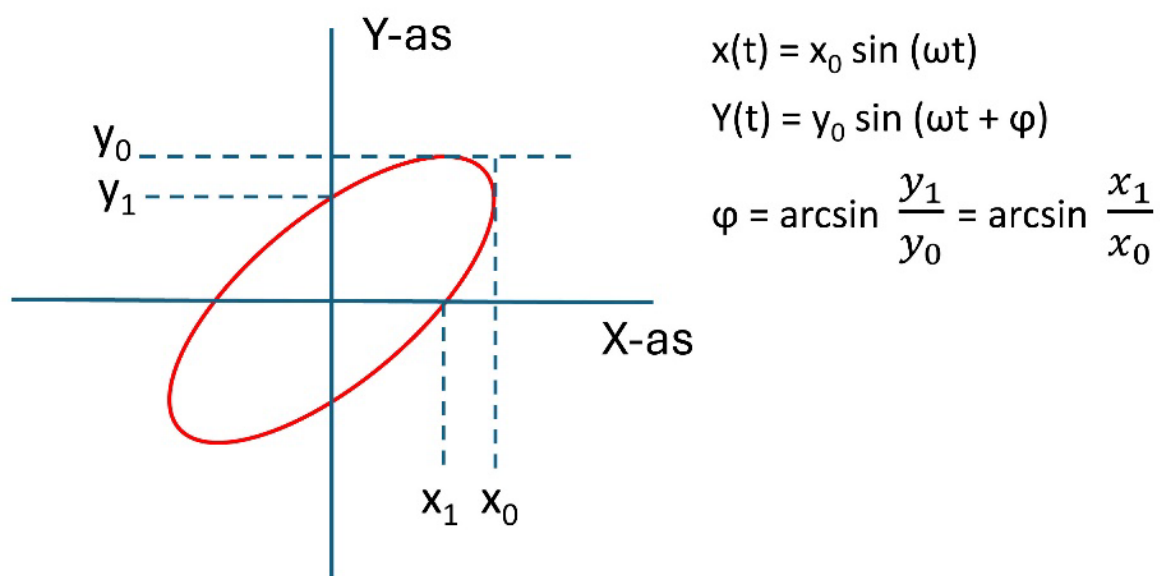
Figuur 1-1: Basisconfiguratie van de analoge oscilloscoop.

Het basisprincipe van de oscilloscoop is weergegeven in fig. 1-1. De CRT vormt het hart van de oscilloscoop. Om een spanning als functie van de tijd weer te geven is het nodig, dat de elektronenstraal eenparig van links naar rechts over het scherm gaat.

Vanwege de korte nalichttijd van het fluorescentiescherm moet de straal periodiek afgebogen worden d.m.v. een zaagtandvormig spanningsverloop op de verticale afbuigplaten. Deze spanning wordt gegenereerd door de zgn. tijdbasisgenerator. De te onderzoeken spanning wordt (na versterking of verzwakking) aangeboden aan de verticale afbuigplaten. Tussen de platen ontstaat een (wisselend) elektrisch veld, waardoor de elektronenbundel wordt afgebogen. Alleen als het verloop van de zaagtand-spanning synchroon is met de periodieke ingangsspanning ontstaat een stilstaand beeld.

In de eerste oscilloscopen kon de zaagtandgenerator dan ook gesynchroniseerd worden met het ingangssignaal. Naderhand werden tijdbasisgeneratoren toegepast, die op een extern commando gestart kunnen worden. Dit commando of 'trigger' kan worden afgeleid van het te bestuderen signaal (ingangssignaal) of van een extern signaal: zie de schakelaar in fig. 1-1. Een tweede toepassing is het meten van het faseverschil tussen twee synchrone periodieke verschijnselen met dezelfde herhalingsfrequentie. Hierbij kan gedacht worden aan het faseverschil tussen stroom en spanning bij reactieve belastingen.

Bij deze toepassing worden de twee bronnen aangesloten op de horizontale resp. verticale afbuigplaten (na eventuele versterking). Als de signaalbronnen synchroon en in fase zijn, ontstaat er een rechte lijn. Als er een faseverschuiving is, ontstaat er een (stabiel) Lissajous-figuur op het scherm. Bij sinusvormige signalen is dit een ellips (fig. 1-2). Het faseverschil tussen de twee grootheden volgt uit een eenvoudige bepaling van twee grootheden van deze figuur, t.w. de doorsnijding met de verticale as  $y_1$  en de doorsnijding met de horizontale as  $x_1$ .



*Figuur 1-2: bepaling van het faseverschil tussen twee sinusvormige signalen d.m.v. een Lissajous-figuur.*

Bij veel vroege oscilloscopen zijn er duidelijke X- en Y-ingangen aanwezig.

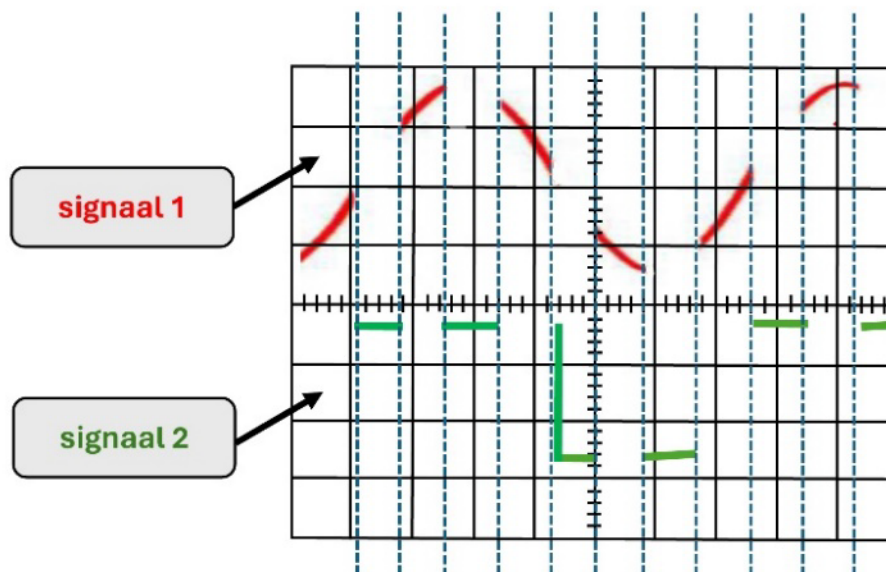
Aanvankelijk werden oscilloscopen voornamelijk gebruikt voor de (kwalitatieve) bestudering van golfvormen. Zij waren niet geschikt als meetinstrumenten. Het was nog niet goed mogelijk versterkers en CRT's te realiseren met zeer constante eigenschappen zoals versterkingsfactor, vervorming en gelijkspanningsstabiliteit. Dit laatste was met name een groot probleem bij gelijkspanningsversterking. Pas vanaf ca 1953 waren deze problemen zover opgelost, dat zowel de versterkers als het tijdbepalende systeem (tijdbasis) gekalibreerd konden worden. Hierdoor kon de oscilloscoop als meetinstrument gebruikt gaan worden, zowel voor de meting van signaalwaarden alsook voor tijdmetingen.

## 1.2 Ontwikkelingen: problemen en oplossingen

In de evolutie van technische systemen is er een continue wisselwerking tussen eisen en innovaties. Dit komt met nadruk tot uiting bij de ontwikkeling van meetinstrumenten. Om te toetsen of technische systemen voldoen aan die steeds hogere eisen moeten die meetinstrumenten a fortiori voldoen aan steeds hogere eisen. In de ontwikkelingsgeschiedenis van oscilloscopen is dit ook duidelijk te zien. Bij de meeste oscilloscopen is wel een nieuw aspect te noemen, al is het maar de prijs. Hierna zal een aantal ontwikkelingen besproken worden, die voortvloeiden uit aspecten die als beperking of als wenselijkheid ervaren werden.

### 1.2.1 Twee (of meer) signalen simultaan zichtbaar maken

Vaak is het gewenst twee (of meer) signalen tegelijk zichtbaar te maken om op die manier de onderlinge relaties tussen de signalen te kunnen bestuderen. Een voor de hand liggende oplossing is de constructie van een CRT met 2 elektronenbundels met ieder hun eigen (verticale) afbuigsystemen, zgn. twee-straals of dubbel-straalsbuizen ('*dual beam CRT*'). Een vroeg voorbeeld van een dergelijke oscilloscoop is de **COSSOR 1035** uit 1950 (aanwezig in de collectie). Dit type CRT heeft als bezwaar, dat bij hogere frequenties de beide systemen elkaar (door capacitieve) koppeling beïnvloeden. In de praktijk betekent dit, dat deze buizen een bandbreedtebeperking hebben tot enkele 10-tallen MHz. Bovendien zijn dergelijke buizen gecompliceerd en daardoor lastig te produceren.



*Figuur 1-3: Snel schakelen tussen twee ingangen levert schijnbaar 2-kanaals weergave.*

Al in 1941 werd door **Philips** de mogelijkheid geïntroduceerd om 2 signalen op een één-straals oscilloscoop zichtbaar te maken, namelijk door het toepassen van een zogenaamde 'elektronenschakelaar'. Met dit voorzetapparaat wordt zeer snel tussen tweeingangssignalen geschakeld. Het resultaat is een gemultiplexed signaal, dat aan de ingang van de oscilloscoop wordt toegevoerd. Tijdens de omschakelmomenten wordt de elektronenstraal onderdrukt (fig. 1-3). Door de traagheid van het oog wordt het resultaat als twee aparte signalen waargenomen.

In de collectie is een aantal elektronenschakelaars aanwezig. Deze worden behandeld in Hoofdstuk 4. De functionaliteit van de elektronenschakelaar werd naderhand vaak als standaard faciliteit in oscilloscopen ingebouwd en wordt dan aangeduid als '*chopped mode*'.

### 1.2.2 *Gelijk- of wisselspanningsingang?*

Voor signaalversterking waren tot het begin van de jaren '60 van de vorige eeuw alleen buizenversterkers beschikbaar. Deze waren in de begintijd alleen geschikt voor wisselspanning (AC). Dit had te maken met het feit, dat hetingangssignaal via een koppelcondensator wordt toegevoerd aan het rooster van de eerste versterkerbuis. Dit rooster is al op een bepaalde positieve spanning ingesteld. Via de koppelcondensator wordt deze spanning gescheiden van het meetcircuit. Ook het effect van eventueel verloop (o.a. t.g.v. temperatuur invloeden) van de versterker werd op die manier tegengegaan.

Het ontwerpen en vooral realiseren van versterkers zonder koppelcondensator, waarbij de ingang onder alle omstandigheden van zichzelf op 0 V staat, was een probleem, vooral bij een grote ingangsgevoeligheid. De eerste oscilloscopen met gelijkspanningsingang (DC) hadden dan ook een gevoelige wisselspanningsingang en een minder gevoelige gelijkspanningsingang. Dit kwam eenvoudig doordat voor gelijkspanningsmetingen de eerste versterkertrap a.h.w. werd overgeslagen. Door de introductie van DC-koppeling en ook tegenkoppeling (*'negative feed back'*) evolueerde de oscilloscoop van een (kwalitatief) waarnemingsinstrument naar een echt meetinstrument.

### 1.2.3 *De tijdbasis: synchroniseren of triggeren?*

Aanvankelijk werden oscilloscopen voornamelijk gebruikt om periodieke signalen te bestuderen. Hierbij ging het vaak om niet-lineaire vervorming van sinus-vormige spanningen of algemeen: de golfvorm. Om een stilstaand beeld te verkrijgen moet het tijdbasis signaal synchroon verlopen met het meetsignaal. De generator, die het tijdbasis signaal opwekt (een telkens lineair met de tijd toenemende spanning, toegevoerd aan de horizontale afbuigplaten van de CRT), heeft een eigen herhalingsfrequentie.

Het is mogelijk deze frequentie te synchroniseren met het meetsignaal of met een extern toegevoerd signaal. Om synchronisatie te bereiken dienen zowel de amplitude van het synchronisatiesignaal en het 'vanggebied' (frequentiebereik, waarbinnen synchronisatie mogelijk is) instelbaar te zijn.

Al spoedig bleek, dat synchroniseren niet altijd een oplossing was om een stabiel beeld te verkrijgen. Met name bij onregelmatig optredende signalen en puls-vormige signalen deed zich de wens voor de tijdbasisgenerator telkens op een juist en goed gedefinieerd moment te starten. Hiervoor werden tijdbasisgeneratoren ontwikkeld, die telkens op een intern of extern commando één enkele *'sweep'* genereren. De wijze waarop dit commando tot stand komt, kan vrij gecompliceerd zijn en geeft aanleiding tot een uitvoerig instelbaar triggercircuit.

Bij de te bespreken oscilloscopen zal dan ook telkens worden aangegeven of de tijdbasisgenerator synchroniseerbaar en/of triggerbaar is. In de praktijk is bleek, dat de triggerbare tijdbasis alle gewenste eigenschappen van een synchroniseerbare tijdbasis in zich heeft, waardoor synchroniseren als aparte functionaliteit overbodig werd.

### 1.2.4 *'Het begin net gemist'*

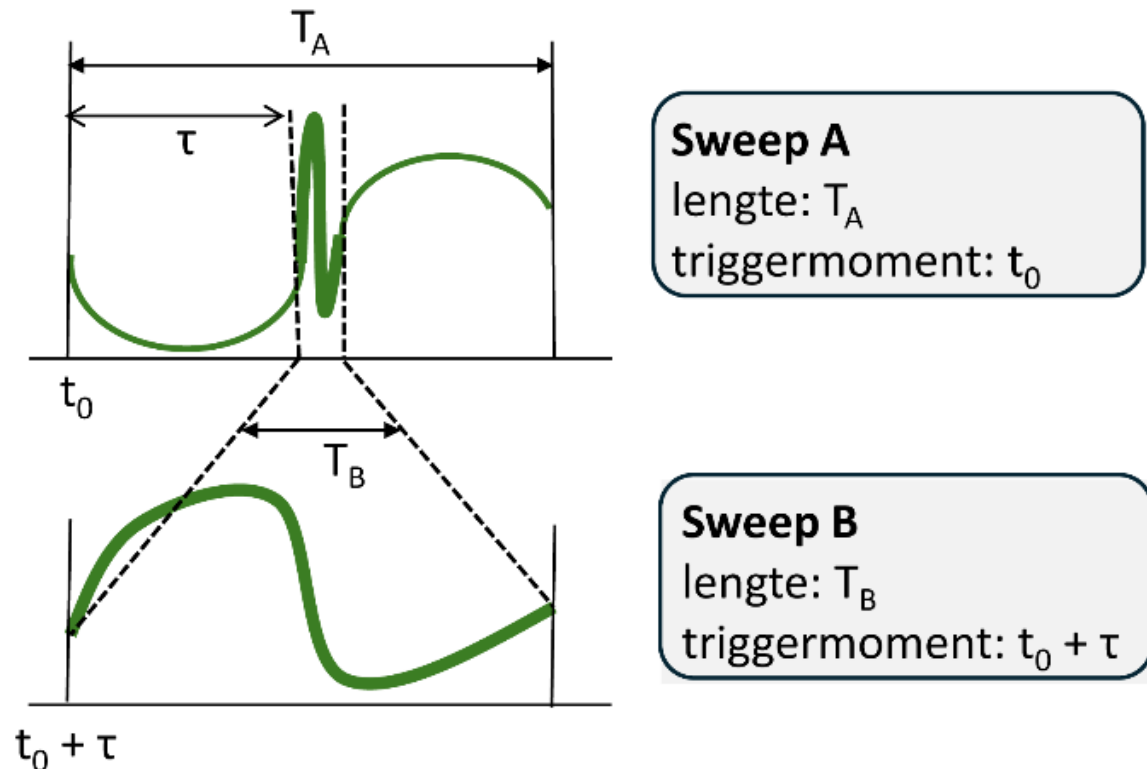
Een ander probleem is, wat kort omschreven kan worden met *'het begin net gemist'*.

Als de tijdbasisgenerator getriggerd wordt door het meetsignaal, is het begin van het signaal (de aanleiding voor de triggering) nog niet zichtbaar. Dit probleem kan worden opgelost door het meetsignaal, na afleiding van het triggersignaal iets te vertragen d.m.v. een vertragingsslijn.

Dit wordt *'pre-trigger delay'* genoemd. De vertragingsslijn kan bestaan uit een (opgerolde) coaxiaal kabel of een zgn. *'lumped delay line'* bestaande uit een reeks spoelen en condensatoren.

### 1.2.5 Tijdmeting en detailobservatie: de 'dual time base'

De ontwikkelingen in de elektronica en telecommunicatietechniek leidden tot steeds complexere signalen. Een belangrijk probleem waren snelle verschijnselen, gesuperponeerd op veel langzamere verschijnselen. Hierbij kan worden gedacht aan snelle overgangsverschijnselen, kortdurende stoorsignalen, kleine onregelmatigheden e.d. Soms was het mogelijk door 'oprekken' van de tijdbasis en een zorgvuldige triggering iets te 'vangen'. De introductie van de 'dual timebase'-techniek leverde een goede oplossing voor de geschetste problemen.



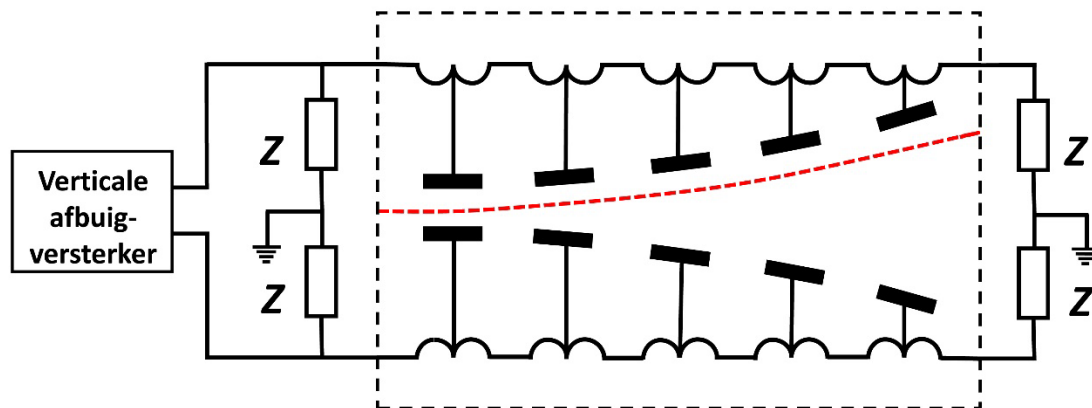
Figuur 1-4: Principe van de 'delayed dual time base'.

In fig. 1-4 wordt het principe toegelicht. Het te onderzoeken signaal wordt afgebeeld, waarbij de tijdbasis start op een gewenst moment  $t_0$  (intern of extern getriggerd). De 'sweep time' is  $T_A$ . Op het moment  $t_0 + \tau$  wordt een tweede snellere tijdbasis gestart (de zgn. 'delayed sweep'). Gedurende de 'sweep time'  $T_B$  van deze tijdbasis wordt de intensiteit van het beeld verhoogd. De vertraging  $\tau$  t.o.v.  $t_0$  en de tijdsduur  $T_B$  zijn beide instelbaar. Dit uit zich in het beeld, door de positie en de lengte (duur) van het geïntensifieerde signaal. Via een schakelaar kan vervolgens het geselecteerde signaalsegment over de gehele breedte van het beeldscherm worden weergegeven, eventueel samen met de oorspronkelijke weergave. Hiermee is de bestudering van details mogelijk. Door een gekalibreerde 'delay time'  $\tau$  zijn ook tijdmetingen mogelijk. De waarde van  $\tau$  wordt doorgaans via een tienslags potentiometer ingesteld.

In de collectie is een van de eerste oscilloscopen aanwezig, waarin deze techniek werd toegepast, t.w. de **Tektronix 524D** uit 1953 (zie aldaar).

### 1.2.6 De bandbreedtebeperking van de CRT

Door het gebruik van steeds hogere frequenties in de elektronica werden er aan meetapparatuur steeds hogere eisen gesteld m.b.t. de bandbreedte. Een CRT heeft een inherente bandbreedtebeperking. Wanneer de veldsterkte tussen de afbuigplaten verandert gedurende de tijd dat de elektronen zich in dit veld bevinden, zal het netto-effect een verminderde afbuiging zijn, m.a.w.: de afbuiging neemt af met toenemende frequentie. De firma **Tektronix** introduceerde rond 1960 het principe van de '*distributed deflection plates*' (fig. 1-5).

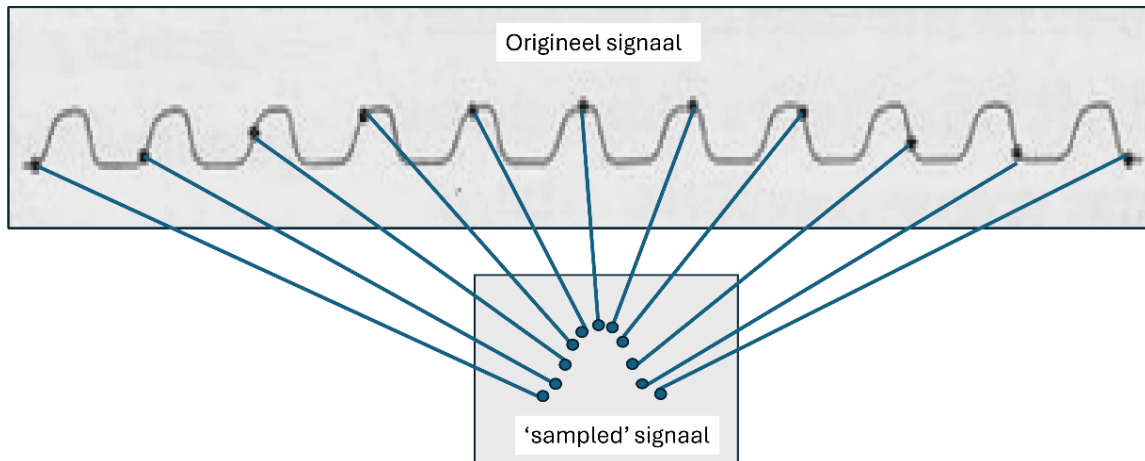


Figuur 1-5: Opbouw van het '*distributed deflection system*': de configuratie wordt door de verticale afbuigversterker 'gezien' als een transmissielijn met karakteristieke impedantie  $Z$ .

De afbuigplaten worden a.h.w. opgesplitst in een aantal smallere plaatjes. Binnen de CRT zijn deze plaatjes onderling verbonden via vertragingselementen. De vertraging per element is zodanig, dat deze samenvalt met de tijd, dat de elektronen onderweg zijn tussen de elementen. Het resultaat is, dat de elektronen telkens een kracht ondervinden overeenkomstig de fase van het afbuigsignaal. Het totale afbuigstelsel gedraagt zich dus als een transmissielijn: deze dient dus correct te worden afgesloten om reflecties (en daardoor afbuigverstoringen) te vermijden. Dit betekent dus een lage belastingsimpedantie voor de afbuigversterker, wat een probleem vormde voor de buizenversterkers uit die tijd. Zogenaamde '*distributed amplifiers*' boden wel een oplossing maar dit kostte veel elektronenbuizen. Transistorversterkers waren wat dat betreft geschikter. Rond 1960 introduceerde de firma **Tektronix** dit type CRT in hun 580-serie oscilloscopen. Later paste de firma **Hewlett Packard** dit principe ook toe. In de collectie bevinden zich enkele oscilloscopen met dit soort kathodestraalbuizen.

### 1.2.7 Nog hogere snelheden?

Naarmate er steeds hogere frequenties werden gebruikt (m.n. in de telecommunicatie) werden de eisen m.b.t. de signaalweergave dusdanig, dat ook de bovengenoemde '*distributed deflection plates*' geen oplossing meer boden. Een oplossing voor periodieke signalen werd gevonden in de zgn. '*sampling*'-techniek (fig. 1-6). Hierbij worden m.b.v. een zeer snelle elektronische schakelaar op bepaalde tijdstippen ( '*sampling events*' ) kortdurend signaalwaarden doorgelaten naar de afbuigversterker. Deze tijdstippen liggen iets meer dan een periodeduur van het meetsignaal uit elkaar. Het resultaat is een beeld dat overeenkomt met het oorspronkelijke (periodieke) signaal maar met een (schijnbaar) veel lagere herhalingsfrequentie. Deze techniek is vergelijkbaar met de methode van stroboscopische weergave. Merk op, dat dit in feite overeenkomt met het verschijnsel '*aliasing*' zoals bekend uit de theorie van de digitale signaalverwerking.

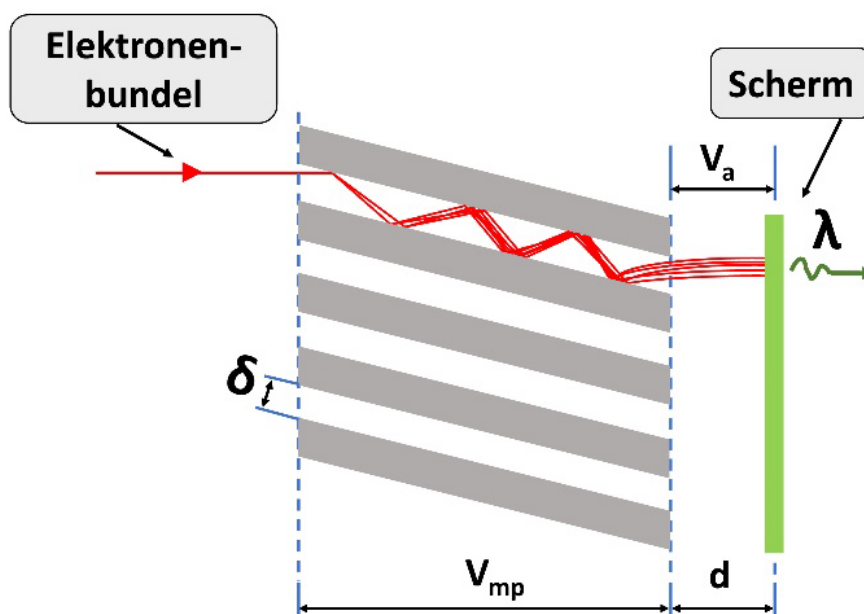


Figuur 1-6: Het principe van de 'sampling' techniek.

Deze techniek werd het eerst toegepast door de firma **Hewlett-Packard** in 1960 en wel in het type **HP 185A** met een bandbreedte van 500 MHz. Spoedig volgde **Tektronix** met het type **661** (1961). In de collectie bevindt zich een 'sampling'-oscilloscoop van **Philips** uit 1970: de **PM3400** (zie aldaar).

#### 1.2.8 Lage lichtopbrengst bij hoge schrijfsnelheid

Steeds hogere frequenties betekenen ook, dat de snelheid, waarmee de elektronenbundel zich over het scherm verplaatst steeds hoger wordt. Daardoor wordt het aantal elektronen per tijdseenheid, dat het fosfor in de CRT treft, steeds kleiner, wat resulteert in een lagere lichtopbrengst. Verhoging van de snelheid van de elektronen, dus hogere versnellingsspanningen kunnen dit probleem iets verminderen maar wel ten koste van andere problemen (isolatie, verminderde gevoeligheid e.d.). **Tektronix** introduceerde eind jaren '70 de zgn. 'micro-channel plate' (microkanaalplaat) CRT. De microkanaalplaat functioneert als een elektronenvermenigvuldiger, gebaseerd op secundaire emissie. Deze plaat wordt voor het fosforscher in de CRT geplaatst (fig. 1-7).



Figuur 1-7: De microkanaalplaat: de elektronenstraal wordt geïntensiveerd door herhaalde secundaire emissie voordat hij het scherm raakt; de kanaal-diameter  $\delta$  is ca 20  $\mu\text{m}$ . De afstand  $d$  van de microplaat tot het fosfor-scher is ca 3 mm.

De microkanaalplaat bestaat uit een groot aantal parallelle kanalen, die onder een kleine hoek staan t.o.v. de richting van de elektronenstraal. De kanaalwanden zijn halfgeleidend, waardoor ladingsaanvulling vanuit een externe spanningsbron mogelijk is. Elk kanaal kan daarom worden beschouwd als een continue dynodestructuur die fungeert als zijn eigen dynodeweerstandsketen. Over beide zijden van de plaat wordt een versnellingsspanning ( $V_{mp}$ ) van ongeveer 1000 V aangelegd. Elektronen die een kanaal binnenkomen, zullen de kanaalwanden raken en een cascade van secundaire elektronen vrijgeven: dit proces wordt een aantal keren herhaald, wat resulteert in een groter aantal versnelde elektronen dat de plaat verlaat. Tenslotte stuwt een versnellingsspanning  $V_a$  (10-50 kV) de elektronen naar het met fosfor gecoate scherm. De diameter  $\delta$  van de kanalen is 25  $\mu\text{m}$ . Deze technologie, in combinatie met verdere ontwikkelingen in de gedistribueerde afbuigtechnologie (zowel horizontaal als verticaal) en speciale elektronenoptiek, heeft het mogelijk gemaakt de bandbreedte van de CRT te vergroten tot ongeveer 1 GHz. De CRT in kwestie was de **Tektronix T7100**, die werd gebruikt in de **Tektronix 7104** 1 GHz-oscilloscoop, geïntroduceerd in 1978. Deze technologie is ook toegepast in de zgn. 'scan-converter'-buizen. Met deze buizen werd het mogelijk kortdurende signalen in de orde van enkele pico-seconden te registreren en vast te leggen in een digitaal geheugen. Hiermee was de grens bereikt van wat met analoge middelen bereikbaar was. In de collectie bevinden zich twee apparaten die hiermee uitgerust zijn t.w. de **Tektronix** typen **7250** en **SCD 1000** (zie aldaar). Voor nadere informatie over de scan converter wordt verwezen naar **Bijlage 1**.

#### 1.2.1 Het beeld vastleggen

Voor het bestuderen van zeer langzame verschijnselen of korte eenmalige verschijnselen is de CRT minder geschikt. Eigenlijk zou de CRT hiervoor een zekere geheugenfunctie moeten hebben. Het is dan ook niet verwonderlijk, dat er al vroeg pogingen zijn gedaan om een dergelijke functie in de CRT te realiseren. Deze pogingen hebben uiteindelijk geleid tot de ontwikkeling van geheugenbuizen of 'storage CRT's'. Een uitvoerige behandeling van de werking van de geheugenbuis valt buiten het kader van dit werk. Voor een overzicht van de ontwikkeling wordt verwezen naar **Bijlage 2**.

We volstaan hier met een zeer beknopte omschrijving.

Alle geheugenbuizen zijn gebaseerd op het principe van secundaire emissie. De geheugenfunctie ontstaat doordat in hetzij het fosfor van de CRT, hetzij in een apart rooster, door de elektronenstraal meer secundaire elektronen worden vrijgemaakt, dan er invallen. Het resultaat is een positief ladingsbeeld, dat overeenkomt met het weer te geven signaalbeeld. Vervolgens wordt het scherm over het volledige oppervlak 'belicht' met langzame elektronen, uitgezonden door de zogenaamde 'flood guns'. Daar waar het (positieve) ladingsbeeld is geschreven, worden deze elektronen versneld en veroorzaken licht in het fosfor: er ontstaat dus een beeld, conform het ladingsbeeld. Dit beeld kan urenlang bewaard blijven. Naast deze geheugenbuizen (vaak aangeduid als 'bi-stabiele' CRT's) zijn er ook zgn. 'variable persistence' buizen. Bij oscilloscopen met deze buizen verdwijnt het beeld kort na het schrijven langzaam (tijd instelbaar). Hiermee kan een effect worden bereikt, dat lijkt op een CRT met een zeer lang nalichtende fosfor.

In **Bijlage 2** wordt nader ingegaan op de werking van 'storage CRT's'.

Het vastleggen van, al dan niet snel verlopende éénmalige verschijnselen kan ook door voor de CRT een camera te plaatsen. Door de sluitersnelheid te koppelen aan de *sweep*-snelheid kan bijvoorbeeld één enkel overgangsverschijnsel vastgelegd worden. Veel oscilloscopen hebben de mogelijkheid (via een tussenstuk) een camera voor het beeldscherm te bevestigen en wel zo, dat er geen verstorend omgevingslicht binnenkomt. Een veelgebruikte methode is het gebruik van een polaroidcamera. Enkele voorbeelden uit de collectie worden besproken in Hoofdstuk 4 (Accessoires).

### 1.2.9 Universeel of modulair?

Steeds hogere eisen leiden tot complexere en daardoor duurdere apparaten, die aan die toenemende eisen kunnen voldoen. De eisen m.b.t. bandbreedte liepen op tot honderden MHz. Dit leidde tot hogere prijzen! Echter, in veel situaties zijn die hogere eisen niet of slechts ten dele van toepassing. In de audio-techniek is een bandbreedte van enkele MHz ruim voldoende. En in de digitale techniek is een zeer hoge gevoeligheid niet altijd noodzakelijk, maar zijn uitgebreide triggerfaciliteiten weer wel wenselijk. Om maatwerk te kunnen leveren zou een oplossing kunnen zijn om voor ieder toepassingsgebied een apparaat te ontwikkelen en op de markt te brengen. Een andere optie is de ontwikkeling van modulaire apparatuur, waarbij de standaardfuncties vast zijn ingebouwd (bijv. het weergavesysteem met CRT, waaronder en de eindtrappen van de afbuigversterkers) en de meer toepassingsafhankelijk functies in onderling uitwisselbare eenheden zijn ondergebracht (bijv. signaalversterkers met verschillende eigenschappen). Diverse fabrikanten hebben zich toegelegd op de ontwikkeling van dergelijke systemen. Dit heeft geleid tot zogenaamde 'plug-in'-oscilloscopen. Bij veel fabrikanten is dit systeem weinig ontwikkeld en zijn er maar weinig verschillende plug-in units gerealiseerd (soms niet meer dan één of twee). Hoewel bij deze oscilloscopen het basissysteem en de plug-in units aparte typenummers hebben gekregen, zijn de betreffende apparaten algemeen bekend geworden door het typennummer van de basiseenheid. Dit geldt bijv. voor de apparatuur van **Telequipment**, **Hewlett-Packard** en **Siemens**. Alleen bij **Tektronix** is het plug-in systeem tot volle wasdom gekomen. Dit komt o.a. tot uiting in het feit, dat er speciale wagentjes werden geproduceerd, waarop een oscilloscoop kon worden geplaatst en waarin een aparte ruimte was gecreëerd om één of meer plug-in units op te bergen, zodat ze meteen op de werkplek beschikbaar waren en veilig (stofvrij) konden worden opgeborgen. Van de in de Studieverzameling aanwezige plug-in oscilloscopen zijn vrijwel alleen van de typen van **Tektronix** meerdere plug-in units aanwezig. Daarom zullen de **Tektronix** plug-in units apart besproken worden in Hoofdstuk 3.

### 1.3 Vormgeving en ergonomie

Een weinig besproken aspect van technische apparatuur is de vormgeving. Een uitzondering is de huishoudelijke sector en dan nog voornamelijk de consumentenelektronica zoals radio- en televisietoestellen. Het uiterlijk van deze apparatuur varieert sterk in de tijd. Bij professionele apparatuur gaat alle aandacht uit naar de functionaliteiten. Echter wanneer men van een bepaald type apparatuur (in dit geval oscilloscopen) de historische ontwikkeling in kaart brengt, blijkt dat de vormgeving in de loop der tijd ook een ontwikkeling doormaakt. Onder vormgeving vallen in dit kader twee aspecten te onderscheiden, t.w. (a) de vormgeving in de zin van 'hoe ziet het uiterlijk van het apparaat er uit (kleur, strak of afgerond, mat of glanzend)' en (b) de bedienbaarheid (ergonomie).

Het eerste aspect wordt bepaald door de mode van de tijd en door de vaak gewenste herkenbaarheid van het merk (fabricaat). Als voorbeeld kunnen de meetapparaten, en dus ook de oscilloscopen van **Philips** worden genoemd, die tot ca 1960 grotendeels een zwart frontpaneel hadden.

Daarna zijn de frontpanelen grijs. Enkele apparaten uit die periode werden geleverd met zowel een zwart als een licht geel frontpaneel: in de collectie zijn daarvan een paar voorbeelden te vinden (bijv. de **Philips GM5655**, zie aldaar). Verder hebben de oscilloscopen van **Hewlett Packard** in de periode tot 1960 een grijs frontpaneel en is de behuizing licht paars. De apparatuur van **Tektronix** is vanaf het begin herkenbaar aan het grijze frontpaneel, de licht blauwe omkasting en de zwarte bedieningsknoppen met vaak een rode coaxiale bedieningsknop.

Tenslotte is het opmerkelijk dat de oscilloscopen van het Deense merk **Radiometer** een olijfgroene uitstraling hebben. Het is de vraag of het toeval is dat de karakteristieke kleur van de bekende audiometrische apparatuur van het eveneens Deense fabricaat **Brüel en Kjær** een vergelijkbare kleurstelling heeft.

Bij de bediening van een oscilloscoop kunnen drie instellingsgroepen worden onderscheiden nl (1) alles, wat te maken heeft met de elektronenbundel (focus, intensiteit, nul-instelling), (2) alles, wat te maken heeft met de verticale afbuiging (versterking, offset, gelijk- of wisselspanningskoppeling) en (3) alles wat te maken heeft met de horizontale afbuiging (tijdbasis, snelheid, triggering).

Het lijkt dan ook niet onlogisch, dat deze drie groepen duidelijk onderscheidbaar zijn op het frontpaneel. Aanvankelijk was dit maar ten dele het geval en als de 3 genoemde secties al gegroepeerd waren, dan waren deze groepen nauwelijks als zodanig herkenbaar. Bij toenemende complexiteit van de apparatuur werd de ook noodzaak groter om tot een heldere indeling van het frontpaneel te komen. Dit is duidelijk zichtbaar in de ontwikkeling van de oscilloscopen.

Met name **Tektronix** introduceerde een strikte en consequente indeling van de bedieningsorganen, waarbij gebruik gemaakt werd van aanvankelijk zwarte en later gekleurde lijnen rond de bedieningsorganen, die bij dezelfde functiegroep hoorde.

Een duidelijk voorbeeld is de **Tektronix 585** (fig. 2-34). Ook bij andere merken werden vergelijkbare indelingen toegepast. Dit had bovendien het voordeel, dat het voor gebruikers makkelijker werd om te schakelen tussen apparaten van verschillende merken.

Een ander aspect van de vormgeving is het scherm. De vorm van het scherm is aanvankelijk cirkelvormig, wat volgt uit de oorspronkelijke vorm van de CRT. Omdat een CRT een vacuümbuis is, bestaat er een groot luchtdrukverschil tussen het inwendige van de buis en de omgeving (orde grootte:  $1\text{Kg/cm}^2$ ). Hierdoor treden er grote mechanische spanningen op in de glaswand. Bij ronde vormen zijn deze spanningen geringer, dan bij vormen met kleine kromtestraal (scherpe hoeken). Het is daarom logisch, dat de eerste CRT's een rond scherm hadden, dat bovendien enigszins bol staat. Vanuit de gebruiker gezien verdient een vlak en rechthoekig scherm echter de voorkeur. Het is dus begrijpelijk dat de fabrikanten van oscilloscopen op zoek gingen naar buizen met deze eigenschappen. Vanaf de tweede helft van de jaren '60 van de vorige eeuw verschijnen er oscilloscopen op de markt met een vlak en rechthoekig scherm. Genoemd kunnen worden de **Tektronix 561A** (fig. 2-44), de **Hewlett Packard HP 180A** (niet in de collectie) en de **Philips** typen **PM3200** (fig. 2-60) en **PM3206** (fig. 2-61). Het ligt voor de hand, dat **Philips** gebruik kon maken van de verworven kennis bij de ontwikkeling van televisiebeeldbuizen.

Naarmate de oscilloscopen zich ontwikkelden in de richting van meetinstrumenten ontstond de wens om een schaalverdeling voor het beeldscherm aan te brengen. Aanvankelijk waren dit transparante kunststof plaatjes, waarin een raster was gegraveerd. Soms werd dit raster beter zichtbaar gemaakt door de zijkant van het plaatje te belichten. Aangezien het eigenlijke beeld aan de binnenkant van de CRT ontstaat (t.w. in de fosfor-laag) en het raster zich voor de CRT bevindt, kan er bij aflezing van het scherm parallax optreden.

Dit probleem werd in 1961 door **Tektronix** opgelost door de introductie van de CRT type **T5610**.

Hierbij werd een raster aangebracht in de fosfor laag, waardoor de parallax volledig werd opgeheven. Deze CRT werd als eerste toegepast in de **Tektronix 561A** (fig. 2-44).

Zoals eerder vermeld was dit ook de eerste CRT van **Tektronix** met een rechthoekig en vlak scherm.

## 2. Analoge oscilloscopen in de Studieverzameling

### 2.1 Inleiding

In dit werk worden, zoals eerder vermeld, uitsluitend analoge oscilloscopen behandeld. De grens tussen analoge en digitale oscilloscopen is vrij scherp te trekken, al zijn er enkele 'randgevallen'. Dit betreft dan apparaten met weliswaar een CRT met geheugeneigenschappen, maar waarbij de data uiteindelijk in een digitaal geheugen wordt opgeslagen. Dit zijn apparaten die gebruik maken van een zogenaamde 'scan converter'. De werking hiervan wordt in *Bijlage 1* besproken.

Per apparaat is het typenummer en het objectnummer gegeven. Dit nummer komt overeen met de inventarisatie in het 'Collective Access' systeem van de TU-Delft. Per apparaat worden enkele belangrijke technische kenmerken gegeven en wel zodanig, dat onderlinge vergelijking van apparaten mogelijk is. Er is niet gestreefd naar volledigheid.

Getracht is te achterhalen uit welk jaar de apparaten stammen. Dit blijkt echter een onmogelijke opgave. De typenummers zijn bekend en daarmee vaak (maar niet altijd!) het jaar van introductie op de markt. Veel apparaten zijn jarenlang gefabriceerd. De feitelijke datering zou via de (doorgaans per apparaat bekende) serienummers aan de feitelijke 'leeftijd' te koppelen zijn, als deze koppeling bekend is: dit zou inzage in de fabrieksgegevens vereisen en deze zijn niet of nauwelijks te vinden. Bij de behandeling van de diverse apparaten worden daarom de jaartallen gegeven van de introductie op de markt voor zover die bekend zijn. Anders worden de geschatte introductiejaartallen gegeven. Deze schattingen zijn gebaseerd op uiterlijk van de apparaten, referenties naar toepassingen en andere gegevens uit de literatuur, inclusief internetbronnen. In dit hoofdstuk is een globale indeling in vrij willekeurige tijdvakken gemaakt. Daar, waar de datering niet goed bekend is, is deze indeling noodgedwongen ook vrij willekeurig.

Van de meeste apparaten is, soms summiere, soms uitvoerige documentatie via de Studieverzameling beschikbaar. Sommige documentatie mag niet vrijelijk verspreid worden omdat er een copy right op van toepassing is. Deze documentatie is alleen via de medewerkers van de Studieverzameling ter inzage toegankelijk. Veel documentatie is echter vrij toegankelijk via internet. M.n. **Tektronix** heeft via zijn website 'TekWiki' zeer veel documentatie *on-line* beschikbaar gesteld (zie Hoofdstuk 5.: **Geraadpleegde bronnen**).

Het merendeel van de apparaten is in gebruik geweest bij de Technische Universiteit (voor 1986: Technische Hogeschool) Delft en het overgrote deel daarvan weer bij de Faculteit Elektrotechniek (voor 1986: Afdeling der Elektrotechniek), kortweg: Et. Als de herkomst van een apparaat bekend is, wordt dat bij elk beschreven apparaat aangegeven.

In 1997 fuseerden de Faculteit Elektrotechniek en de faculteit Wiskunde en Informatica tot de nieuwe faculteit Elektrotechniek, Wiskunde en Informatica, kortweg: EWI.

Bij apparatuur afkomstig uit de genoemde afdelingen/faculteiten zal de herkomst kortweg worden aangegeven met "Et/EWI".

### 2.2 Eerste aanwijzingen bij de afdeling Elektrotechniek van de TH-Delft

In 1935 had het Laboratorium voor Elektrotechniek (van de toenmalige TH-Delft) al ambities om onderzoek te doen op het gebied van de televisietechniek. Voor dit onderzoek werd de aanschaf van een oscilloscoop noodzakelijk geacht. Dit blijkt uit een brief plus offerte van 30 maart 1935 van de firma *Leybold und von Ardenne, Oszillographen-Gesellschaft m.b.H.* in Köln-Bayental (fig. 2-1).

# LEYBOLD UND VON ARDENNE

## OSZILLOGRAPHEN-GESELLSCHAFT M. B. H.

Laboratorium voor Elektrotechniek  
der Technische Hoogeschool

D e l f t / Holland.

Fernsprecher: Nr. 92178  
Telegramm-Adresse: Ardoszill  
Postscheck-Konto Köln 28198  
Reichsbank - Giro - Konto  
Bankkonto: Bankhaus J. H. Stein, Köln

A. B. C. Code, 5th Ed., Lieber's Code,  
Western Union-Code, Carlowitz-Code,  
Rudolf-Mosse-Code

Ihre Zeichen

Ihre Nachricht vom  
25.3.1935.

Unser Zeichen  
Dr.S/H.0/1215.

KÖLN-BAYENTAL,  
Bonner Strasse 500  
den 28. März 1935.

Betrifft:

Wir bestätigen den Eingang Ihrer Anfrage vom 25. ds.Mts. und übermitteln Ihnen mit gleicher Post als Drucksache einen kompletten Satz unserer Listen über Elektronenstrahlröhren und Zusatzgeräte für Mess- und Fernzwecke.

Bezüglich der von Ihnen geplanten Untersuchungen teilen wir Ihnen mit, dass wir dafür unsere Spezialröhren für Fernzwecke am geeignetsten halten, die mit einer Anodenspannung bis zu 4000 Volt zu verwenden sind und je nach den Kolbendurchmessern verschiedene Bildgrößen ergeben.

Sollten Sie irgendwelche Sonderwünsche haben, so bitten wir um deren Bekanntgabe, da unsere Fabrikation es gestattet, die Wünsche unserer Kunden weitgehendst zu berücksichtigen.

Im übrigen teilen wir Ihnen noch mit, dass wir in Holland durch die Firma

N.V. Vereenigde Instrumenthandel  
G.B. Salm en P.J. Kipp & Zonen

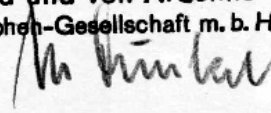
A m s t e r d a m - C, Keizersgracht 642/644

vertreten sind, die sich in dieser Angelegenheit mit Ihnen in Verbindung setzen wird.

Wir würden uns freuen, von Ihnen einen Auftrag zu erhalten und zeichnen

hochachtungsvoll

Leybold und von Ardenne  
Oszillographen-Gesellschaft m. b. H.



Anlagen:

1 Satz, mess & fern, sep.

Figuur 2-1: Brief aan 'Het Laboratorium voor Elektrotechniek.

In deze brief, die een antwoord is op een aanvraag van de TH van 25 maart 1935, staat o.a.:  
*"Met betrekking tot de door U geplande onderzoeken, willen wij u laten weten dat wij onze speciale buizen voor televisiedoeleinden het meest geschikt achten, die kunnen worden gebruikt met een anodespanning tot 4000 volt en ...."* (vert. auteur dezes). Hieruit valt op te maken, dat er aan de TH Delft in 1935 waarschijnlijk al onderzoek naar televisie werd gedaan. De eerste pagina van de fabrieksbrochure van de aangeboden oscilloscoop is weergegeven in fig. 2-2.

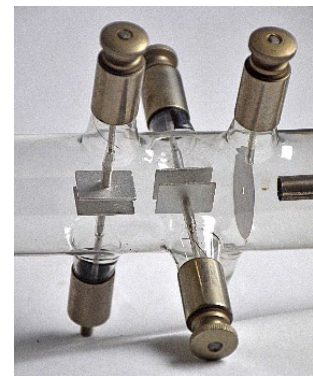


Figuur 2-2: Eerste pagina van de fabrieksbrochure van de oscilloscoop van Leybold en von Ardenne.



Figuur 2-3: Brochure van de AEG EON IV uit 1935.

Of dit leidde tot aanschaf is (nog) niet bekend. Wel is een offerte gevonden van 21 januari 1936, uitgebracht door de Nederlandse vertegenwoordiging van de Duitse **A.E.G. Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft**. Het betrof het type **EON IV** (fig. 2-3). Of deze oscilloscoop inderdaad werd aangeschaft is evenmin bekend.



Figuur 2-4: Originele CRT van Manfred von Ardenne uit ca 1935; detail: de anode en het afbuigstelsel.

In de collectie zijn wel een tweetal kathodestraalbuizen van Manfred von Ardenne aanwezig. Deze buizen zijn zeer eenvoudig van opzet en lenen zich goed voor de uitleg van het functioneren van de kathodestraalbuis. In de foto van één van deze buizen is de elektrodenconfiguratie goed zichtbaar (fig. 2-4).

### 2.3 Periode 1935 – 1955



Figuur2-5: De Clough-Bregle Model CRA uit ca 1936.

De oudste oscilloscoop in de collectie van de Studieverzameling is de **Clough-Bregle Model CRA** uit 1936 (**object 01.00111**, fig. 2-5). Hij is gefabriceerd in of kort na 1935.

Er zijn regelaars voor de verticale en horizontale gevoeligheid, maar geen enkele aanduiding van de maximale ingangsspanning en versterkingsfactor. Het frontpaneel suggereert, dat we te maken hebben met een X-Y-oscilloscoop. Bij de horizontale afbuigsectie op het front paneel kan gekozen worden tussen een ingangssignaal, een externe ingang een tijdbasis en een 60 Hz spanning. Clough Bregle Co., opgericht in 1931 en gevestigd in Chicago, USA, produceerde kwaliteitsmeetinstrumenten voor de elektronische industrie.

In november 1935 werd binnen "**Deutsche Philips G.m.b.H., Berlin**" een nieuwe afdeling voor elektrische meetapparatuur en speciale buizen opgericht:

*"Abteilung Kathograph für Kathodenstrahloszillographie und Fernsehen".*

Op 17 Maart 1937 werd deze afdeling een zelfstandig, aan "**Deutsche Philips G.m.b.H**" ondergeschikt bedrijf: "**Philips-Electro-Special G.m.b.H.**".

In 1937 kwamen twee typen oscillografen op de markt, t.w. de **GM3152** en de **GM3153**.

In de collectie bevindt zich een exemplaar van de **Philips GM3152** (**object 01.00108**, fig. 2-6, uit 1939).

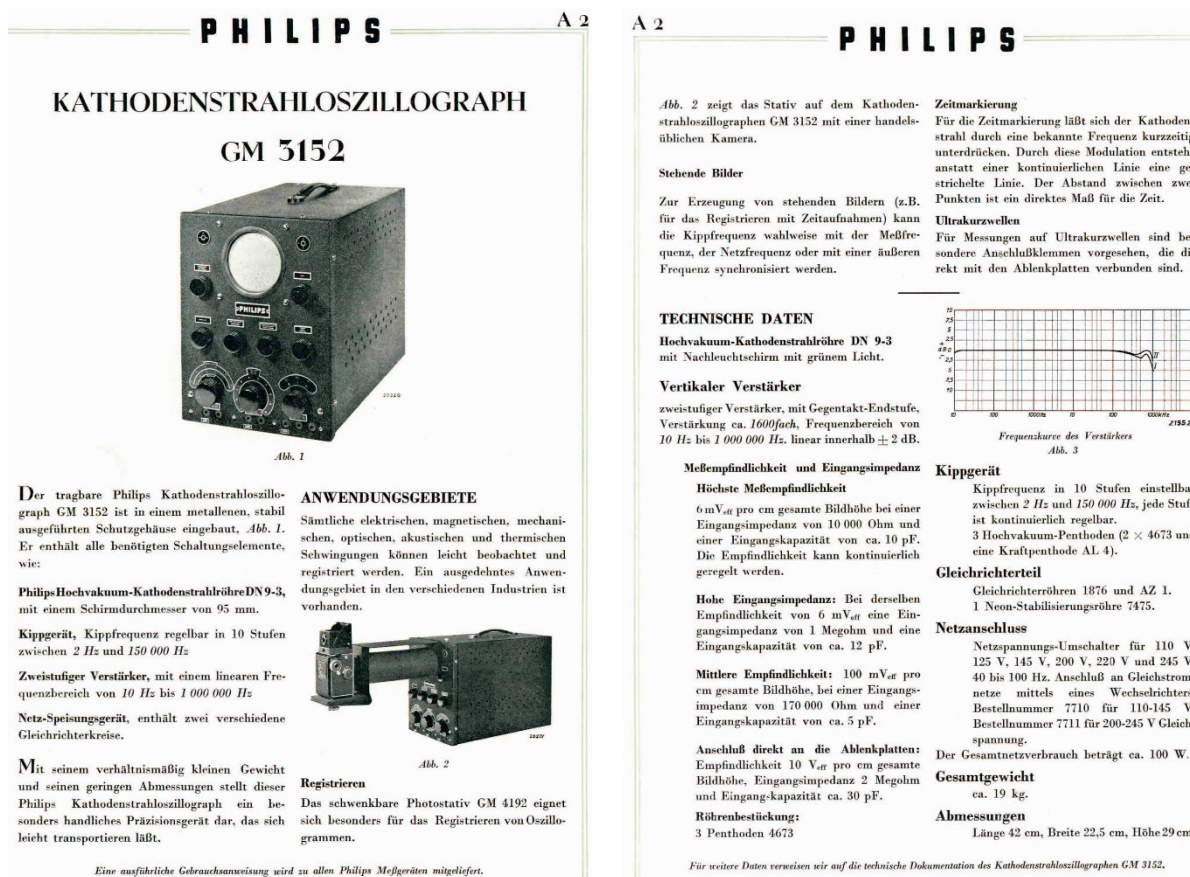


*Figuur 2-6: De Philips GM3152 uit 1939.*

De tijdbasisgenerator bevat 2 buizen: een penthode type 4673 om een condensator te laden en een penthode type AL4 voor het snel ontladen van de condensator. Het meest lineaire deel van de laadkarakteristiek wordt gebruikt als benadering van de gewenste lineair oplopende horizontale afbuigspanning. De bandbreedte van de verticale versterker is 10 Hz – 1 MHz.

De oscilloscopen waren tot ca 1955 vrijwel altijd uitgerust met A.C.-gekoppelde ingangsversterkers, waardoor de bandbreedte aan onderzijde meestal beperkt was tot enkele Hz. Daardoor waren oscilloscopen alleen geschikt voor het weergeven van wisselspanningen en dan nog voornamelijk voor sinusvormige signalen. De verticale gevoeligheid werd vaak uitgedrukt in de, voor huidige begrippen wat ongebruikelijke eenheid van  $V_{\text{eff}}/\text{cm}$ . Hiermee werd bedoeld, dat een aangeboden sinusvormige wisselspanning met een effectieve waarde ('r.m.s.-waarde') van 1 V een sinusvormige golfvorm met een top-top waarde van 1 cm op het scherm liet zien. In de Duistalige catalogus uit 1939 (fig. 2-6) wordt bijvoorbeeld de maximale gevoeligheid van het apparaat aangegeven als ' $6 \text{ mV}_{\text{eff}} \text{ pro cm Bildhöhe}$ '.

Dit komt overeen met de (hedendaagse) specificatie van  $2,82 \times 6 \text{ mV} = 13,7 \text{ mV/cm}$ . De verticale afbuigplaten zijn ook direct aan te sturen: de gevoeligheid is dan  $10 V_{\text{eff}}/\text{cm}$ , ofwel  $28,2 \text{ V/cm}$ . De tijdbasisfrequentie is instelbaar tussen 2 Hz en 150 kHz (10 stappen en fijnregeling per stap). De kathodestraalbuis is het type **Philips DN 9-3** met een schermdiameter van 9,5 cm.

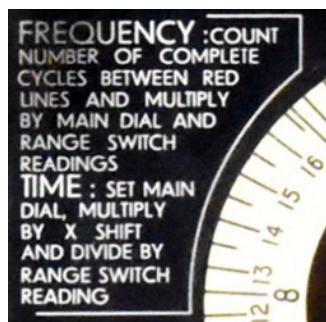


Figuur 2-7: De originele fabrieksbrochure van de Philips GM 3152 uit 1939.

In een aantal gevallen werd de voeding van meetinstrumenten in een aparte behuizing opgenomen. Dit was vaak om praktische redenen zoals omvang en gewicht van de apparatuur, of vanwege storingsgevoeligheid van het versterkercircuit. In de eerdergenoemde oscilloscopen van Leybold en von Ardenne was dit ook het geval.

Een vroeg voorbeeld is de **Nagard 103** (object 01.00249, fig. 2-8-a/b). De firma **Nagard** was een Britse fabrikant van meetinstrumenten en oscilloscopen. Zij werd in 1962 overgenomen door Advance Electronics Ltd., die op zijn beurt in 1974 werd overgenomen door Gould Inc, USA.

In een advertentie uit 1950 (fig.2-9) blijken enige technische specificaties, zoals de maximale tijdbasisfrequentie (1 MHz) en de bandbreedte (10 MHz). Verder wordt de eenvoudige bediening genoemd. Op het frontpaneel staat een instructie, die hiermee in tegenspraak lijkt (fig 2-8-b).



Figuur 2-8-b: Deel van het frontpaneel van de Nagard 103.



Figuur 2-9: uit een advertentie uit 1949.



*Figuur 2-8a:  
De Nagard 103.*

In 1935 werd in Kopenhagen door twee ingenieurs het bedrijf **Radiometer** opgericht met als doel het produceren van meetapparatuur voor de Deense radio-industrie.

In de collectie bevindt zich een tweetal oscilloscopen van Radiometer. Deze oscilloscopen zijn vrij lastig te bedienen, omdat de aansluitingen en de bedieningsknoppen zich zowel aan de voorkant, de bovenkant, de zijkanten en de achterkant bevinden.

De **Radiometer OSG 18** (**object 01.00162**, fig. 2-10) is waarschijnlijk geïntroduceerd in 1944.

De verticale gevoeligheid is 10 mV voor volle uitsturing. Er is een 9-staps verzwakker maar wat de resulterende gevoeligheid is, is niet duidelijk is. De tijdbasisfrequentie is in 10 stappen instelbaar van 0,5 Hz – 60 kHz. De tijdbasis is synchroniseerbaar. Zowel de horizontale als de verticale afbuigplaten zijn via de achterzijde direct toegankelijk.



*Figuur 2-10: De radiometer OSG 18 (front en achterzijde).*

Een tweede apparaat is de **Radiometer OSG 42A** (**object 01.00128**, fig. 2-11) uit ca 1953.

De **Radiometer OSG 42A** heeft een bandbreedte van DC – 1 MHz.

De verticale gevoeligheid is in 4 stappen (+ continue regeling) instelbaar van 50 mV/div – 50 V/div.

De horizontale gevoeligheid is in 3 stappen (+ continue regeling) instelbaar van 70 mV/div – 70 V/div.

De tijdbasis is synchroniseerbaar en triggerbaar en de tijdbasisfrequentie is continu instelbaar tussen 10 Hz – 300 kHz.



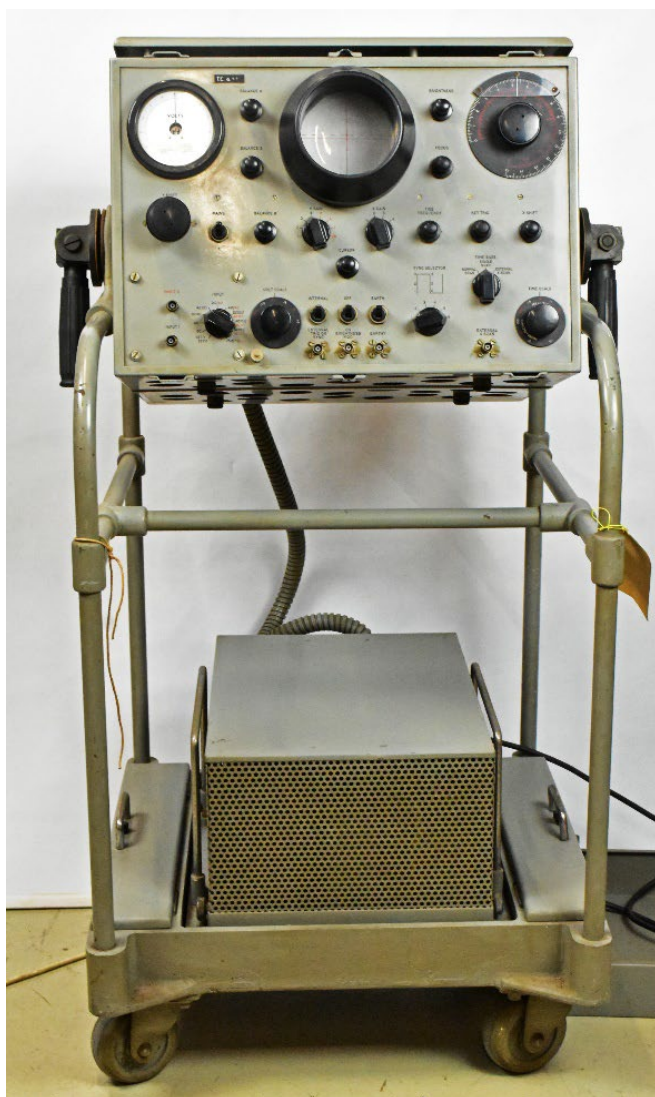
*Figuur 2-11: De Radiometer OSG 42A: bovenaanzicht en front.*

Een bijzonder apparaat is de **E.M.I. 3794 "Waveform Alanyser"** (**Object 01.00240**, fig. 2-12).

Het apparaat bestaat uit 3 delen t.w. de display-unit (weergegeven in de figuur), een instrumentwagen en een voedingseenheid. Waarschijnlijk is dit apparaat rond 1950 gefabriceerd. Behalve de gebruikelijke oscilloscoopfuncties heeft het instrument de mogelijkheid tijden en amplitudemetingen te doen via instelbare punten op het beeldscherm.



Een belangrijke Britse producent van oscilloscopen was de firma **Cossor**. Zij ontwikkelden dubbelstraals kathodestraalbuizen. Deze buizen hadden één elektronenkanon en de elektronenstraal werd gesplitst in twee aparte bundels met ieder hun eigen verticale afbuigstelsel. In de collectie bevindt zich een drietal oscilloscopen van **Cossor**. Deze zijn allen dubbelstraals. Verder hebben ze een triggerbare tijdbasis. De datering van de apparaten is lastig, omdat er na de introductie van elk type in de loop der tijd meerdere versies verschenen, aangeduid met Mark I, Mark II etc. Bij de jaartallen, zoals die hierna worden aangegeven, is aangenomen, dat, indien niet expliciet op het apparaat een versienummer is weergegeven, het apparaat gerelateerd kan worden aan het jaartal van introductie van het betreffende type.



*Figuur 2-12: De E.M.I. 3794 "Waveform Alanyser": gehele configuratie (links) en frontpaneel (boven).*

Het eerste type is de **Cossor 1035**, geïntroduceerd in 1947 (**object 01.00113**, fig. 2-13). Er zijn 2 identieke voorversterkers (versterking in 7 stappen instelbaar van 50 mV – 50 V *volledig scherm*) en een bandbreedte van maximaal 5 MHz, afhankelijk van de versterking. Bij X-Y gebruik is de horizontale versterking in 5 stappen instelbaar van 5 V – 500 V *volledig scherm*.

Het is waarschijnlijk de eerste oscilloscoop met een getriggerde tijdbasis; synchronisatie is ook mogelijk. De tijdbasis is in 9 stappen instelbaar van 15  $\mu$ s – 150 ms *volledig scherm*. De uitgangssignalen van de versterkers kunnen afgenomen worden, terwijl directe aansturing van de afbuigplaten van de CRT ook mogelijk is. De toegepaste CRT is de **Cossor 93D**, schermdiameter 10 cm.

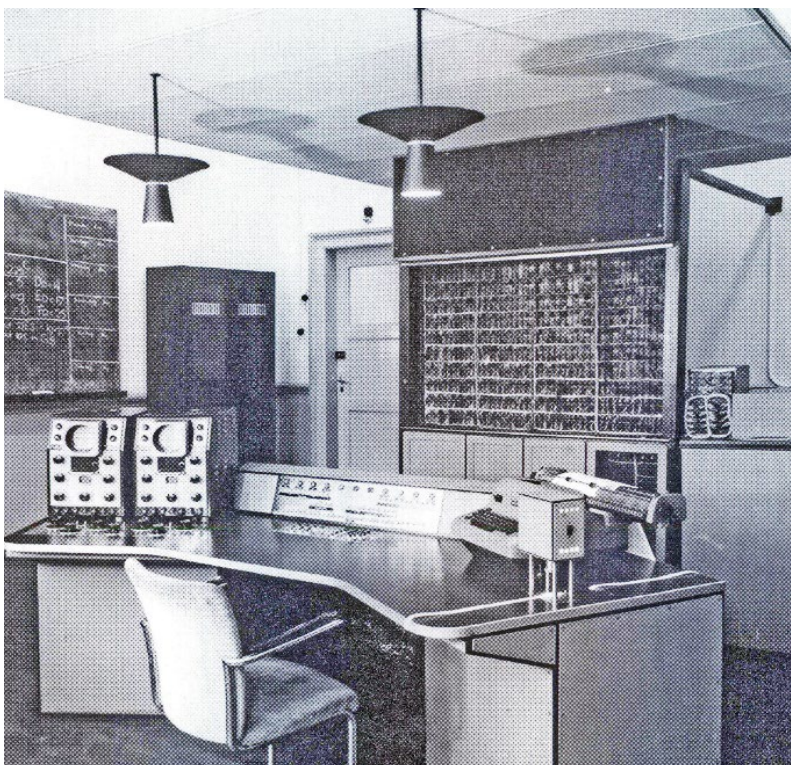
Dit type oscilloscoop is ook in gebruik geweest bij een van de eerste computers, die in Nederland zijn gebouwd, t.w. de A.R.R.A. II in 1953 bij het Mathematisch Centrum in Amsterdam.

Op een foto uit die tijd [1] zijn 2 **Cossor's 1035** te zien (fig. 2-14).



*Figuur 2-13: Dubbelstraals oscilloscoop Cossor 1035.*

Na de tweede wereldoorlog bouwde **Philips Nederland** een bloeiende industrie op van meet- en testapparatuur, zowel voor de service van apparatuur uit de groeiende markt van consumentenelektronica (m.n. radio en TV) als ook voor laboratoria en onderwijsdoeleinden.



In de collectie bevinden zich 7 oscilloscopen uit de periode 1945 – 1955.

Deze worden hieronder beknopt weergegeven. Omdat meestal niet duidelijk is uit welk jaar de specifieke apparaten afkomstig zijn, zijn de jaartallen van de eerste verschijning op de markt weergegeven.

*Figuur 2-14: Twee Cossor 1035 oscilloscopen bij de ARRA-reken-machine (Mathematisch Centrum Amsterdam).*

De **Philips GM3156** (**object 01.00127**, fig. 2-15, in gebruik geweest bij het Lab. voor Elektrische Meettechniek (Faculteit Et/EWI, TU Delft), is geproduceerd vanaf 1946. Specifiek ontworpen voor laagfrequente toepassingen zoals het bestuderen van mechanische trillingen. Hierbij werd oorspronkelijk gebruik gemaakt van trillingopnemers.

In [2] wordt gerefereerd aan **Philips** opnemers volgens het elektrodynamische principe (types **GM5522** en **GM5526** of het elektromagnetische principe (type **GM5527**).

Het frequentiegebied is 0,1 Hz – 10 kHz.

(In latere uitvoeringen tot 40 kHz).

De tijdbasisfrequentie is instelbaar tussen 0,25 Hz en 2 kHz. De ingangsgevoeligheid is 1 mV<sub>eff</sub>/div (zie ook de uitleg bij de **Philips GM3152**).

De toegepaste beeldbuis is de **Philips DG 10-5**, (schermdiameter 10 cm).



*Figuur 2-15: De Philips GM3156.*

De **Philips GM3159** is geproduceerd vanaf 1946. In de collectie bevinden zich twee exemplaren met hetzelfde typenummer, maar met verschillende 'lay-out'. t.w. **object 01.00109**, met een Nederlandstalig front en **object 01.00249** met een Franstalig front fig. 2-16-a resp. 2-16-b).



*Figuur 2-16: Twee uitvoeringen van de Philips GM3159. (a): Nederlandstalig front.*

*(b): Franstalig front.*

Het is een basisapparaat voor massale toepassingen (onderwijs, productiecontrole, e.d.), ontwikkeld als 'low budget'-oscilloscoop'. Er zijn 2 identieke versterkers voor horizontale en verticale afbuiging zodat fasemetingen via Lissajous-figuren kunnen worden gedaan. De gevoeligheid van de versterkers is  $25 \text{ mV}_{\text{eff}}/\text{div}$  (verticale afbuiging) en  $35 \text{ mV}_{\text{eff}}/\text{div}$  (horizontale afbuiging). Zie ook de uitleg bij de **Philips GM3152**. Het frequentiebereik is 5 Hz – max. 800 kHz: de bovengrens is afhankelijk van de gekozen ingangsgevoeligheid. De tijdbasisfrequentie is instelbaar tussen 10 Hz en 160 kHz. De tijdbasis kan gesynchroniseerd worden met de netfrequentie of met het (periodieke)ingangssignaal. De beeldbuis is de **Philips DG 7-3** (schermdiameter 7 cm).

Het type **GM5655** is geproduceerd vanaf 1946 en is lange tijd gebruikt. Er bevinden zich drie exemplaren in de collectie, t.w. 2 versies met verschillend gekleurde frontplaten resp. object **01.00123** (fig. 2-17, linker afbeelding) en **object 01.00249**, fig. 2-17, rechter afbeelding.



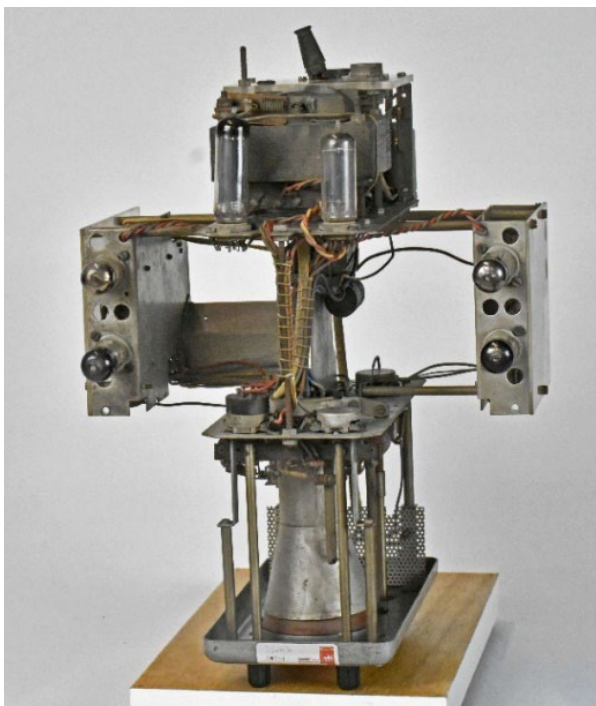
*Figuur 2-17: Twee varianten uit verschillende perioden van de Philips GM5655; het linker apparaat is waarschijnlijk van 1946).*

In de collectie bevindt zich ook een opengewerkt exemplaar, voor studie- en demonstratiedoeleinden (**object 01.00120**, fig. 2-18).



*Figuur 2-18: opengewerkte Philips GM5655 voor studiedoeleinden.*

Ook deze oscilloscoop is in eerste opzet een X-Y-type. De ingangsversterkers zorgen voor een maximale gevoeligheid van  $30 \text{ mV}_{\text{eff}}/\text{div}$  (verticaal) en  $45 \text{ mV}_{\text{eff}}/\text{div}$  (horizontaal). Zie ook de uitleg bij de **Philips GM3152**. De gevoeligheid is over een traject van 1 tot 1000 instelbaar.



Het frequentiebereik is 3 Hz – 150 kHz.  
De tijdbasisfrequentie is in 7 elkaar overlappende gebieden instelbaar tussen 5 Hz en 30 kHz.  
Synchronisatie kan via het meetsignaal of een extern toegevoerd signaal.  
De kathodestraalbuis is de **Philips DG 7-2** (schermdiameter 7 cm).  
Een gedetailleerde beschrijving van deze oscilloscoop is te vinden in **Bijlage 3**.

*Opengewerkte Philips GM5655 voor studiedoeleinden.*

Het type **GM5652** dateert van ca 1950 (**object 01.00124**, fig. 2-19). Het is een eenvoudige draagbare oscilloscoop. De verticale gevoeligheid is instelbaar in 4 stappen tussen 5 mV/div 35 mV/div: elke instelling kan vermenigvuldigd worden met 1, 10, 100 of 1000. De bandbreedte is 5 Hz – 150 kHz. De tijdbasisfrequentie is instelbaar tussen 2 Hz en 2 MHz. De toegepaste kathodestraalbuis is de **Philips DN 9-3** (schermdiameter: 9 cm).



Figuur 2-19: Philips GM5652.

Het type **GM5659** is geproduceerd vanaf 1952 (**object 01.00125**, fig. 2-20). Speciaal ontwikkeld voor impulstechniek en televisieservice. 2 identieke versterkers voor X-Y-bedrijf. De verticale gevoeligheid is maximaal 60 mV/div, versterking instelbaar in 6 stappen van 1 -3000 en continu in een gebied van 1 – 5. Bandbreedte: 0,3 Hz – 800 kHz. De tijdbasis-frequentie is instelbaar in 10 stappen met continu-regeling tussen 3 Hz en 250 kHz. De tijdbasis kan gesynchroniseerd en getriggerd worden met het ingangssignaal of een extern toegevoerd signaal.



Ook synchronisatie met de netspanning is mogelijk. Interessant is dat met de bedieningsknop 'synchronisatie' zowel synchronisatie als triggering ingesteld kan worden. Een getriggerde tijdbasis was indertijd nog niet gebruikelijk. In de fabrieksfolder worden de volgende specificaties genoemd:

- *Automatisch gecommandeerde tijdbasis*
- *Automatische synchronisatie.*

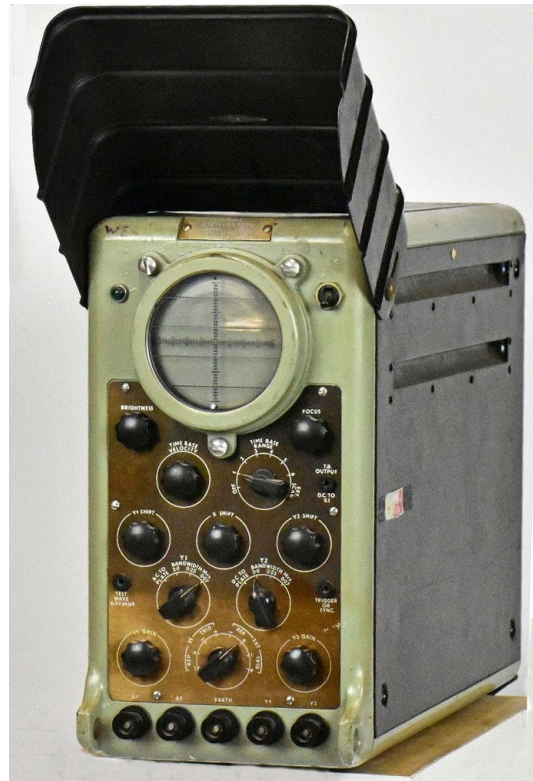
Wat opvalt aan deze oscilloscoop is de aanwezigheid van wegklapbare cilindervormige kap voor het beeldscherm. Een CRT produceert weinig licht als er snelle verschijnselen (zoals pulsvormige signalen) worden weergegeven. De kap schermt omgevingslicht af, waardoor deze signalen toch goed waarneembaar zijn.

Figuur 2-20: Philips GM5659.

De **Cossor 1052** (**object 01.00114**, fig. 2-21) stamt uit ca 1953.

De verticale versterkers zijn niet gekalibreerd en continu instelbaar. Interessant is dat de bandbreedte van deze versterkers in drie stappen instelbaar is van 70 kHz tot 2 MHz.

De versterkers zijn AC-gekoppeld. Extra ingangen zijn aanwezig om de verticale afbuigplaten direct aan te sturen, waardoor het meten van gelijkspanningsniveaus mogelijk is. De triggerbare en synchroniseerbare tijdbasis is in 6 stappen instelbaar van 150  $\mu$ s/sweep – 1,5 s/sweep.



*Figuur 2-21: De Cossor 1052.*

De **Philips GM5656** stamt uit 1955 (**object 01.00119**, fig. 2-22). Oorspronkelijk op de markt gebracht als 'Gelijkspanningsoscillograaf', d.w.z. dat de ingangsversterkers naar keuze gelijkspanning of wisselspanning gekoppeld zijn. Bij de keuze voor de gelijkspanningsingang is de ingangsweerstand hoger dan 100 k $\Omega$ , afhankelijk van de stand van de verzwakker.



Er kan ook gekozen worden voor directe koppeling (via een seriële weerstand van 1 k $\Omega$ ) met het stuurrooster van de ingangsversterker: hierdoor wordt een zeer hoge ingangsweerstand gerealiseerd. De verzwakker is dan niet regelbaar.

De verticale gevoeligheid is 500 mV<sub>eff</sub>/div – 10 V<sub>eff</sub>/div.

Bij de keuze voor wisselspanningsingang wordt een aparte voorversterkingstrap ingeschakeld.

De gevoeligheid is dan 5 mV<sub>eff</sub>/div – 100 mV<sub>eff</sub>/div, continu instelbaar. (Zie ook de uitleg bij de **Philips GM3152**. Toegepaste kathodestraalbuis: **DH 10-6** (schermdiameter: 10 cm).

*Figuur 2-22: Philips GM5656.*

De **Philips GM5666** is van 1957 (**object 01.00116**, fig. 2-23). Deze oscilloscoop heeft twee verschillende ingangsversterkers voor de verticale en de horizontale afbuiging.

Dit is een van de eerste oscilloscopen met een gelijkspanningsingang voor zowel de verticale als de horizontale versterker.

De verticale versterker heeft een bandbreedte van DC – 60 kHz en een gevoeligheid van 3 mV/div – 30 V/div, instelbaar in 5 stappen en continu.

De horizontale versterker heeft een bandbreedte van DC – 100 kHz en een gevoeligheid van 400 mV/div. De tijdbasis is instelbaar tussen en 3  $\mu$ s/div en 1 s/div. De tijdbasis is zowel synchroniseerbaar als triggerbaar met het ingangs signaal of een extern signaal.

Toegepaste kathodestraalbuis: **DH 10-78** (schermdiameter: 10 cm).



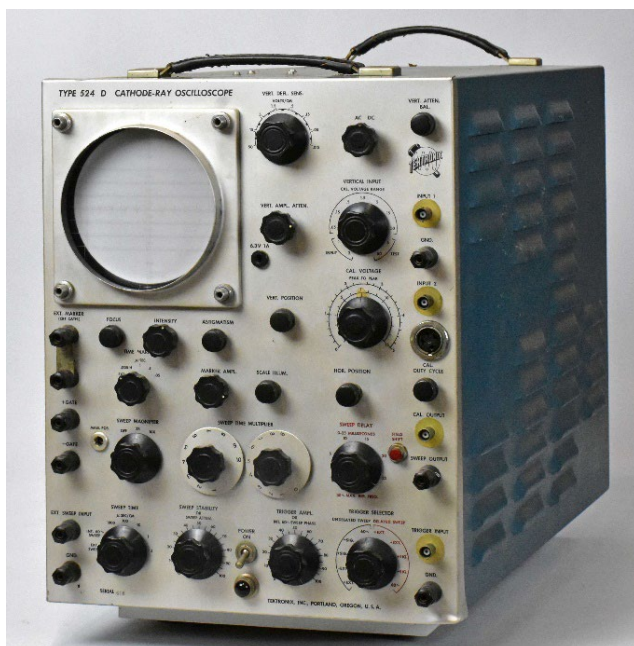
*Figuur 2-23: Philips GM5666.*

De belangrijkste fabriek van oscilloscopen in de 20<sup>e</sup> eeuw was **Tektronix**, opgericht in 1946 door Howard Vollum en Jack Murdock.

De oudste **Tektronix** oscilloscoop in de collectie is het type **524D**, geïntroduceerd in 1953.

(**object 01.00142**, fig. 2-24, afkomstig uit het Lab. voor Electronica (Faculteit Et/EWI, TU Delft).

De bandbreedte is D.C. - 10 MHz bij > 150mV/div en 2 Hz – 10 MHz tot 15 mV/div. Tijdbasis: 100 ns/div – 10 ms/div. Deze oscilloscoop is speciaal ontworpen voor het meten en bestuderen van signalen bij (NTSC) televisiesystemen. Het triggersysteem maakte het mogelijk afzonderlijk 'even' en 'oneven' lijnen te bekijken zoals gebruikelijk bij geïnterlineerde TV-systemen.



Voorts konden er diverse tijdmarkers in het beeld worden geplaatst. Een vertraginglijn in het verticale voorversterkercircuit maakte het mogelijk om het signaal vlak voor het triggermoment te bestuderen.

De toegepaste beeldbuis is het type **RCA 5ABP1** (schermdiameter 12,5 cm).

*Figuur 2-24: Tektronix 524D.*

### 2.3 Periode 1956 – 1965

Een belangrijk object in de collectie is de **Hughes 104 Memoscope** uit 1957 (**object 01.00145**, fig. 2-25). Dit is een van de eerste geheugenoscilloscopen. De Bandbreedte is 500 kHz. verticale gevoeligheid is 1,1 V – 50 V. De tijdbasis is instelbaar tussen 10  $\mu$ s – 1 s/div.



Figuur 2-25: De Hughes 104: een van de eerste geheugenoscilloscopen: 1957.

De toegepaste CRT is de zgn. **Memotron**, een 5" geheugenbuis met een geheugenrooster (fig. 2-26).

Deze buis is eind jaren '40 van de vorige eeuw ontwikkeld bij de 'USA Naval Research Laboratories en later verder ontwikkeld bij **Hughes Aircraft Company**, Los Angeles, USA.



Figuur 2-26: De Memotron geheugenbuis.

De geheugenbuis was nogal kwetsbaar en de oscilloscoop moest zorgvuldig behandeld worden. Dit blijkt ook uit het opschrift: "*WARNING: operating this tube with high intensity at low writing speeds either in the storage or non storage mode will burn the tube and cause permanent damage*". Na 1959 werd de geheugenbuis door een research medewerker van **Hughes** verder ontwikkeld bij **Tektronix**. Dit leidde tot de **T5460**, een 'split screen'-CRT. Een opvolger van deze CRT (**T5490**) werd gebruikt in de **Tektronix 549** (zie aldaar).

De **Tektronix 515A** (**object 01.00144**, fig. 2-27) is een eenvoudige 15 MHz oscilloscoop, die veel in het onderwijs is gebruikt.

Hij werd geïntroduceerd in 1955. Dit apparaat is afkomstig uit het Lab. voor Elektrotechnische Meettechniek (Faculteit Et/EWI, TU Delft). Het is een één kanaals oscilloscoop met 2 ingangen, waartussen m.b.v. een schakelaar gekozen kan worden. De verticale versterker is in 9 stappen instelbaar tussen 50 mV/div – 20 V/div. De triggerbare tijdbasis is in 22 stappen instelbaar van 0,2  $\mu$ s/div – 2 s/div. De toegepaste CRT is de **Tektronix T55**.



Figuur 2-27: De Tektronix 515A.

De **Siemens "Oscillar II"** (**object 01.00193**), fig. 2-28, is een van de weinige oscilloscopen gefabriceerd door **Siemens** (volledig: 'Siemens & Halske, Schuckert Werke SSW, Electrogeräte, Berlin – München').

Het is een dubbelstraals oscilloscoop, geïntroduceerd in 1956.

Het apparaat is uitgerust met een tweekanaals differentiaal-versterker plug-in unit, de enige voor deze oscilloscoop, aanwezig in de collectie.

De bandbreedte is 0 – 200 kHz.

De verticale (differentiaal)versterkers zijn in 11 stappen instelbaar van 5 mV/div – 10 V/div.

De synchroniseerbare en triggerbare tijdbasis is (middels 2 knoppen) in 35 stappen instelbaar van 0,5  $\mu$ s/div – 3 s/div.

Voorts kan een blokvormige ijkspanning worden afgenomen, instelbaar in 10 stappen van 3 mV<sub>tt</sub> – 100 V<sub>tt</sub>.

De toegepaste CRT is het type **DGM 13-14**.



Figuur 2-28: De Siemens "Oscillar II".

De **Cossor 1049 Mark II** (**object 01.00115**, fig. 2-29 uit ca 1959 is een latere ontwikkeling van het eerdergenoemde type **1035**. Het is ook een dubbelstraals oscilloscoop.



De verticale versterkers zijn (volgens de documentatie) in 7 stappen instelbaar van 100 mV/mm – 10 V/mm.

Dit is ongebruikelijk: doorgaans wordt de gevoeligheid aangegeven in V/cm.

De synchroniseerbare en triggerbare tijdbasis is in 9 stappen instelbaar van 50  $\mu$ s/sweep – 1,5 s/sweep (ook hier een ongebruikelijke eenheid).

De CRT is het type **Cossor 89 J**.

Figuur 2-29: De Cossor 1049 Mark II.

De **AEG 015** (1957) is een 'special purpose' oscilloscoop voor metingen aan hoogspanning systemen (**object 01.00122**), fig. 2-30 afkomstig van het Lab. voor Konstruktie van Elektrische Machines en Transformatoren (Faculteit Et/EWI, TU Delft).

Op het frontpaneel is een regelaar aanwezig, waarmee de fase tussen een uit de netspanning afgeleid triggermoment en het te onderzoeken signaal ingesteld kan worden. Hiermee zijn nauwkeurige (ca 3%) fasemetingen mogelijk. Voor de frequentie van de tijdbasis kunnen de volgende waarden gekozen worden:  $16 \frac{2}{3}$  Hz, 25 Hz, 50 Hz en 100 Hz. Deze waarden komen overeen met netfrequenties zoals die toentertijd in de energietechniek werden toegepast. De bandbreedte van de verticale versterker is 2 Hz – 6000 Hz. Er kunnen zowel spanningen als stromen mee gemeten worden. Het spanningsbereik is in 7 stappen instelbaar van 6 V<sub>tt</sub> – 1800 V<sub>tt</sub>. Het stroombereik is in 7 stappen instelbaar van 0,018 A<sub>tt</sub> – 18 A<sub>tt</sub>. De toegepaste CRT is het type **DG10-14**.



*Figuur 2-30: AEG 015 oscilloscoop voor stroom – en spanningsmetingen in energiesystemen.*

De **Telequipment S31 'Serviscope'** (**object 01.00178**, Fig. 2-31) uit 1958 is een eenvoudige en goedkope oscilloscoop voor radio- en TV-werkplaatsen.



De bandbreedte is D.C. – 6 MHz. De verticale gevoeligheid is in 9 stappen instelbaar 100 mV/div - 50 V/div en de triggerbare tijdbasis is in 18 stappen instelbaar tussen 1  $\mu$ s/div - 10 ms/div. De CRT is de **DG7-36**, o.a. gefabriceerd door **Philips**; schermdiameter: 7,6 cm.

*Figuur 2-31 Telequipment S31 'Serviscope'.*

De **Tektronix 502A** (**object 01.00188**, fig. 2-32, afkomstig uit het Lab. voor Microgolftechniek (Faculteit Et/EWI, TU Delft), is een laagfrequent dubbelstraals oscilloscoop.



Beide elektronenstralen worden aangestuurd door gevoelige differentiaalversterkers.

De 'common mode rejection ratio' is 40.000:1 in de stand 100 mV/div en 1 kHz.

De bandbreedte is afhankelijk van de versterkings factor en loopt van 100 kHz bij 200  $\mu$ V/div tot 1 MHz bij 200 mV/div.

De triggerbare tijdbasis is in 21 stappen instelbaar tussen 1  $\mu$ s/div – 5 s/div.

De CRT is de **Tektronix T5021**

Figuur 2-32: De Tektronix 502A.

De enige oscilloscoop in de collectie, die gefabriceerd is in de (toenmalige) DDR is de **TPW EO1/72** (**object 01.00105**, fig. 2-33). De volledige naam van het bedrijf was: *Technisch-Physikalische Werkstätten, (TPW), VEB; Thalheim (DDR)*. De aanduiding RFT op het front verwijst naar het lidmaatschap van fabrikantenvereniging: *Rundfunk- und Fernmelde-Technik*.

Het apparaat is bedoeld voor service en onderhoud in de sector van de consumenten-elektronica.

De bandbreedte is 4 Hz – 4 MHz.

De gevoeligheid is 10 mV/div – 10 V/div instelbaar in 4 stappen met per stap een continue verzwakking van 1 – 30.

Het apparaat heeft ook een Y-ingang met bandbreedte 2 Hz – 2 MHz.

De tijdbasisfrequentie is in 9 stappen instelbaar tussen 10 Hz – 400 kHz.

De CRT is type **B7S1** van *'Funkwerk Erfurt, VEB (DDR)'*, een Oost-Duitse voortzetting van **Telefunken**.



Figuur 2-33: De Oost-Duitse TPW EO1/72.

De **Tektronix 585** (**object 01.00100**, fig. 2-34 hoort tot de reeks oscilloscopen waar voor het eerst een CRT met '*distributed deflection plates*' werd toegepast (type **Tektronix T581**).

Zie ook Hoofdstuk 1). Hij werd geïntroduceerd in 1959. Vanwege het transmissielij karakter van de afbuigsectie (lage karakteristieke impedantie) werd een zgn. '*distributed amplifier*' toegepast voor de verticale afbuiging. De bandbreedte en verticale gevoeligheid zijn afhankelijk van de toegepaste plug-in unit. Verder is voorzien in een vertragslij voor het ingangssignaal om het signaal vlak voor het triggermoment te kunnen waarnemen. De maximale bandbreedte is 100 MHz. Er zijn twee tijdbasissecties, waarbij de tweede tijdbasis gestart kan worden op een nauwkeurig instelbaar tijdstip na de start van de hoofdtijd-basis. Zie Hoofdstuk 1 voor nadere toelichting op genoemde eigenschappen. Dit apparaat is afkomstig van het Lab. voor Elektronische Techniek (Faculteit Et/EWI, TU Delft).

Figuur 2-34: De Tektronix 585.



De **Nordmende UO 963** (**object 01.00121**, fig. 2-35) is een eenvoudige oscilloscoop voor service aan radio en Tv-toestellen. De verticale gevoeligheid is 20 mV/div – 10 V/div.



De tijdbasisfrequentie is in 9 stappen instelbaar tussen 35 Hz en 600 kHz, en kan alleen gesynchroniseerd worden met het ingangssignaal, een extern signaal of met de netfrequentie.

De CRT is het type **DG 7-74**.

Figuur 2-35 Nordmende UO 932.

De **Hewlett-Packard (HP) 130B** is de oudste oscilloscoop van dit merk in de collectie, (**object 01.00131**, fig. 2-36). Hij is gefabriceerd vanaf 1959.



Hoewel **HP** moeite had om een serieuze bedreiging voor **Tektronix** te zijn, had deze oscilloscoop een handige gebruikseigenschap, die **Tektronix** (nog) niet had t.w. de '*beam finder*': als het beeld door een foute keuze van de '*offset*' buiten het scherm viel, kon met een drukknop zowel de verticale als horizontale afbuiging zodanig verzwakt worden, dat het beeld weer binnen het scherm viel en kon de *offset*-instelling gecorrigeerd worden. Wel had HP bij de productie problemen met de betrouwbaarheid van de toegepaste printtechnologie.

De oscilloscoop is ontworpen voor zowel X-Y- als Y-t toepassingen. De bandbreedte is D.C. – 300 kHz. De horizontale en verticale afbuigversterkers zijn identiek.

*Figuur 2-36: De Hewlett Packard HP 130B.*

De verticale gevoeligheid is in 15 stappen instelbaar van 1 mV/div – 50 V/div. De tijdbasis is in 21 stappen instelbaar van 0,2  $\mu$ s/div – 12,5 s/div. De tijdbasis kan gesynchroniseerd worden door hetingangssignaal, een extern signaal of door de netfrequentie. Ook interne en externe triggering is mogelijk. De CRT is de **5AQP** van **DuMont Labs**, een van de eerste fabrikanten van oscilloscopen.

De **Tektronix 555** (**Object 01.00251**, fig. 2-37, langdurig geleend), uit 1959 is een van de (letterlijk) zwaarste oscilloscopen van dit merk. Het is een dubbel-straa's 30 MHz plug-in oscilloscoop met 2 volledig gescheiden systemen voor zowel horizontale als verticale afbuiging.

Dit betekent, dat voor de verticale afbuiging 2 plug-in units worden toegepast en wel uit de zogenaamde '*letter series*' en '*I-series*' (zie hoofdstuk 3). Intern is gebruikgemaakt van zgn. '*distributed amplifiers*' voor het realiseren van een (voor een buizenversterker grote) bandbreedte.

Voor de horizontale afbuiging (tijdbasis) kan gebruik gemaakt worden van de plug-in units type 21(A) of 22(A) (zie hoofdstuk 3). Het totale apparaat bevat meer dan 110 buizen en vereist een zware voedingssectie. Deze is dan ook extern uitgevoerd en in een aparte kast geplaatst (zie figuur 2/41).

De CRT is de **Tektronix** type **T5550**.



*Figuur 2-37: De Tektronix 555 met aparte voedingsunit.*

Een tweede 'antieke' storage oscilloscoop is de '**Remscope, type SO1/740** (**object 01.00146**, fig. 2-38) van de firma **Cawkell Research and Electronics Ltd** (Acton, London, UK) uit 1960.

Deze oscilloscoop heeft een CRT met een rooster-geheugen.). Volgens de fabrieksopgave kan een opgeslagen beeld 2 uur lang bekeken worden en (zonder eerst zichtbaar gemaakt te zijn) twee weken bewaard worden.

De bandbreedte is DC – 4 MHz.

De verticale en horizontale gevoeligheid is instelbaar tussen 1mV/div – 20 V/div.

De tijdbasis is instelbaar van 0,3  $\mu$ s/div – 10 s/div.

De CRT (type **E702A**) werd geproduceerd door **English Electric Valve Vompany Ltd**.



*Figuur 2-38: De REMSCOPE type SO1/740 van Cawkell Research and Electronics Ltd.*

JANUARY, 1960 WIRELESS WORLD 85

See the REMSCOPE and other Cawkell equipment at the Physical Society's Exhibition, January 18-22

**Stand No. 36**

The Royal Horticultural Society's Old Hall, Westminster, S.W.1

**Now . . . the amazing REMSCOPE**

- . . . transient signals captured and stored for a week
- . . . two hours viewing at leisure
- . . . waveform immediately available for study and measurement
- . . . superimposing of signals for later comparison

**DATA**

|                    |                            |
|--------------------|----------------------------|
| Size               | 23½ in. x 14½ in. x 24 in. |
| Screen             | 10 cm diameter             |
| Resolution         | 40 lines/cm                |
| Writing speed      | 2-4 cm/μs                  |
| Sensitivity        | 5 mV/cm (max.)             |
| Bandwidth          | 0-4 Mc/s                   |
| Time base velocity | 3 cm/μs - 0.1 cm/s         |
| Erase time         | <1 second                  |

These are some of the outstanding advantages the Cawkell Remscope offers you. Incorporating a new British-made cathode-ray tube and crystal controlled time markers, the Remscope is the fastest storage oscilloscope available in the world. For most purposes the Remscope will give you all the viewing of transient signals you want without any need for photography.

Send now for full details of this versatile instrument

**CAWKELL** SOUTHALL ENGLAND

**CAWKELL RESEARCH & ELECTRONICS LTD**  
SCOTTS ROAD · SOUTHALL · MIDDLESEX  
Telephone: SOUthall 3702/5881

Export Managers: Nuclear Research Applications Ltd., Emefco House, Bell Street, Reigate, Surrey

In 1960 wordt de **Remscope** uitvoerig aangeprezen in een advertentie in het januari-nummer van het tijdschrift 'Wireless World' (fig. 2-39).

*Figuur 2-39: Een advertentie voor de Remscope in Wireless World van 1960.*

In 1960 bracht **Tektronix** een eenvoudige en laaggeprijsde oscilloscoop op de markt: het type **503** (**object 01.00187**, fig. 2-40).



Dit is primair een X-Y-oscilloscoop met identieke differentiaal-ingangen voor zowel de horizontale als de verticale afbuiging.  
De bandbreedte is DC – 450 kHz.  
Beide ingangsgevoeligheden zijn instelbaar (in 14 stappen) van 1 mV/div – 20 V/div.  
De triggerbare tijdbasis is instelbaar (in 21 stappen) tussen 1  $\mu$ s/div - 5 s/div.  
Deze oscilloscoop werd veel voor onderwijsdoeleinden gebruikt,  
De CRT is de **Tektronix T5030**. Schermdiameter 11 cm.

*Figuur 2-40: De Tektronix 503 'Low Budget' oscilloscoop.*

Eveneens in 1960 werd de **Tektronix 516** (**object 01.00252**, fig. 2-41) op de markt gebracht. Het is een eenvoudige 15 MHz tweekanaals oscilloscoop.

De verticale gevoeligheid is in 9 stappen instelbaar van 50 mV/div – 50 V/div.  
De triggerbare tijdbasis is in 22 stappen instelbaar van 0,2  $\mu$ s/div – 2 s/div.  
De CRT is de **Tektronix T55**.  
Schermdiameter: 10 cm



*Figuur 2-41: De Tektronix 516.*

**Philips** introduceerde in 1961 een laboratorium-oscilloscoop met differentiaalingang, de **GM5603** (**object 01.00129**, fig. 2-42). De bandbreedte is DC – 14 MHz.

De verticale gevoeligheid is instelbaar (in 7 stappen) van 50 mV/div – 5 V/div.

De tijdbasis is triggerbaar en synchroniseerbaar, (o.a. met de netfrequentie).

Het bereik is 0,2  $\mu$ s/div – 200 ms/div.

De CRT is de **Philips DN 13-21**.



*Figuur 2-42: De Philips GM5603.*

Een eenvoudige oscilloscoop voor basisbehoefte is de **Philips GM5600** (**object 01.00155**, fig. 2-43). Dit type is veel gebruikt in het onderwijs.



De bandbreedte is DC – 5 MHz.

De verticale versterking is instelbaar in 9 stappen instelbaar tussen 50 mV/div – 20 V/div.

De triggerbare tijdbasis is in 7 stappen instelbaar tussen 5  $\mu$ s/div – 5 ms/div.

De toegepaste CRT is de **Philips CRT DH 7-70**.

*Figuur 2-43: De Philips GM5600.*

De **Tektronix 561A** (**object 01.00239**, fig. 2-44) is een enkelstraals oscilloscoop, die 2 plug-in units accepteert van de zgn. 60 en 70 serie.

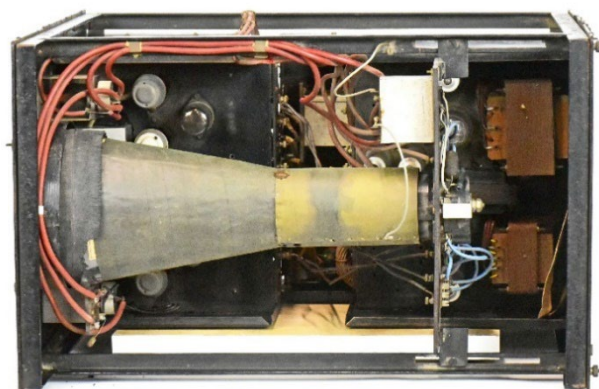
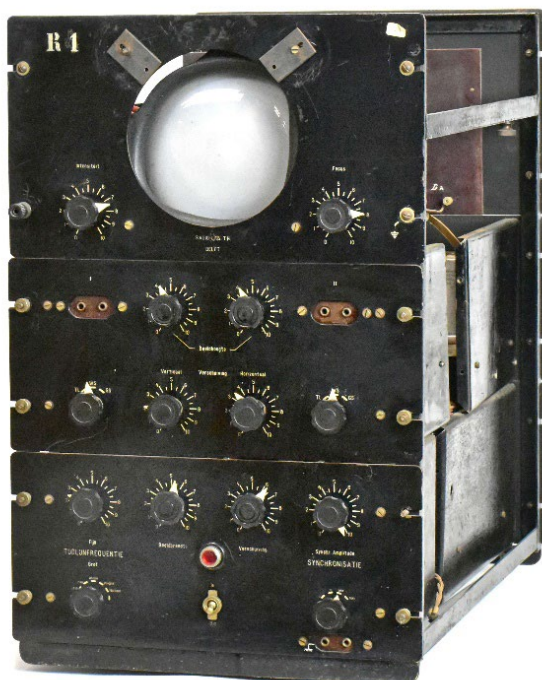
Later kregen deze units aanduidingen, die beginnen met 2A, en 2B voor de horizontale afbuiging (tijd-basis units), 3A en 3B voor de verticale afbuiging (versterker units). In de afgebeelde oscilloscoop zijn dit resp. type **3A72** en **3B3**. De eigenschappen van de plug-in units worden beschreven in Hoofdstuk 3. De eigenschappen van de oscilloscoop hangen af van de toegepaste plug-in units. De maximale bandbreedte van de oscilloscoop is 4 MHz. Het is een zeer veel verkocht apparaat. De toegepaste CRT is het type **T5610** (scherm diameter 10 cm). Dit was een buis met een groot aantal vernieuwingen, die bepalend waren voor de latere CRT's van **Tektronix**. De hals van de CRT is niet van glas maar van een keramisch materiaal, waardoor een hogere precisie werd bereikt. Het scherm is een afzonderlijke vlakke glasplaat met een raster aan de fosforzijde. Hierdoor worden parallax-fouten bij de waarneming vermeden en is ook een betere schermverlichting van de zijkant mogelijk.



*Figuur 2-44: De Tektronix 561A.*

Dit apparaat is gebouwd in de Nederlandse fabriek van **Tektronix** in Heerenveen. Deze fabriek werd officieel geopend op 22 juni 1962 en sloot in 2000.

Een bijzonder apparaat is de oscilloscoop in fig. 2-45 a/b (**object 01.00130**). Dit apparaat is ca 1962 gebouwd in het toenmalige Lab. voor Radiotechniek van de Afdeling Elektrotechniek (Faculteit Et/EWI, TU Delft), waarschijnlijk onder supervisie van prof. ir. J.W. Alexander, die in 1960 het ambt aanvaardde van gewoon hoogleraar aan de TH Delft. Helaas ontbreken op het moment van schrijven technische gegevens van dit apparaat.



*Figuur 2-45-b: Binnenwerk van de links afgebeelde oscilloscoop.*

De **Tektronix RM565** (**object 01.00150**, fig. 2-46) is een zgn. 'rackmount' versie van het type **565** en afkomstig uit het Lab. voor Elektronische techniek (Faculteit Et/EWI, TU Delft). 'Rack mount' apparaten worden zo genoemd, omdat ze met schroefbouts in standaard 19"-rekken gemonteerd werden. Hij is uitgerust met een dubbelstraals CRT.



Figuur 2-46: De Tektronix dubbelstraals 'rackmount' RM565.

De bandbreedte is vrij hoog voor een dergelijke oscilloscoop, t.w. 10 MHz. Er passen 2 'plug-in units' in voor de aansturing van de beide afbuigsystemen. In tegenstelling tot andere oscilloscopen van de 500-reeks heeft dit apparaat een ingebouwde horizontale versterker en tijdbasis, inclusief trigger-circuit. De feitelijke bandbreedte wordt bepaald door de toegepaste 'plug-in units', die horen tot een reeks, waarvan de typenummers beginnen met 2A of 2B. Er is een dubbele tijdbasis met een triggerdelay tussen tijdbasis A en tijdbasis B.

Beide tijdbases zijn in 21 stappen instelbaar van 1  $\mu$ s/div – 5 s/div.

De toegepaste CRT is het type **Tektronix T5650**. Schermdiameter: 11 cm.

Een belangrijke producent van elektronische apparatuur voor thuisgebruik (amateurs en zelfbouwers) was **Heath Company** (USA). De apparaten werden geleverd als bouwpakket of compleet gemonteerd en droegen de naam Heathkit.

Ze werden geproduceerd van 1947 tot 1992. Ook oscilloscopen hoorden tot hun producten.

Eén van deze apparaten is de **Heathkit IO-12** (**object 01.00253**, fig. 2-47).

De bandbreedte is 5 Hz – 4 MHz.

De tijdbasisfrequentie is in 5 stappen instelbaar tussen 10 Hz – 500 kHz.

De tijdbasis kan gesynchroniseerd worden met het ingangs-signaal, een extern signaal of de netfrequentie.

De toegepaste CRT is de **SUP1** (= **DG13-32**);

schermdiameter: 13 cm.



*Figuur 2-47: De Heathkit IO-12.*

Een veel gebruikte oscilloscoop in het onderwijs aan de TU-Delft is de **Telequipment S43** (**object 01.00156**, Fig. 2-48). Dit apparaat is afkomstig uit het Lab. voor Elektronica (Faculteit Et/EWI, TU Delft).

**Telequipment** was een Engelse fabrikant van oscilloscopen, opgericht in 1952 en overgenomen door **Tektronix** in 1966.



Het bedrijf had als taak een goedkopere lijn van producten te leveren, die meer op de radio- en TV-servicemarkt waren toegesneden, dit in tegenstelling tot **Tektronix** zelf, die zich op de professionele laboratorium markt richtte.

De **S43** is de enkelstraalsversie van de dubbelstraals **D43** (zie aldaar).

De vast ingebouwde versterker is het **Type A**.

De bandbreedte is DC – 25 MHz.

De verticale versterking is in 9 stappen instelbaar van 100 mV/div – 50 V/div.

De triggerbare tijdbasis is in 18 stappen instelbaar van 1µs/div – 0,5 s/div.

Bovendien is hij synchrooniseerbaar met lijn- en frame (raster-)frequentie van TV-toestellen.

De CRT is type **SE4D** van **Thorn (AEI Radio Valves and tubes LTD, UK)**.

Schermdiameter: 10 cm.

*Figuur 2-48: De Telequipment S43.*

De **Tektronix 544** is geïntroduceerd in 1964 (**object 01.00159**, fig. 2-49, langdurig uitgeleend).

De bandbreedte is afhankelijk van de toegepaste 'plug-in' unit maar maximaal 50 MHz.

De tijdbasis is in 24 stappen instelbaar van 1  $\mu\text{s}/\text{div}$  – 5 s/div.

Bovendien kan de 'sweep' in 7 stappen vermenigvuldigd worden met een factor 1 – 100.

Hiermee is een tijdbasisssnelheid van 1 ns/div te bereiken.

Onder de 10 ns/div is de snelheid echter niet meer gekalibreerd.



*Figuur 2-49: De Tektronix 544.*

De **Tektronix 547** (**object 01.00160**, fig. 2-50) is in feite de dubbele tijdbasis variant van het type **544** met een triggerdelay tussen tijdbasis A en tijdbasis B. Deze oscilloscope werd eveneens geïntroduceerd in 1964.

Beide tijdbases zijn in 24 stappen instelbaar van 0,1  $\mu\text{s}/\text{div}$  – 5 s/div. De 'sweep' kan in 4 stappen vermenigvuldigd worden met een factor 1 – 10. Beide tijdbases zijn triggerbaar. Het is een plug-in oscilloscope, die plug-in units van de 'letter series' accepteert (zie Hoofdstuk 3).



De CRT is in beide oscilloscopen het type **Tektronix T5470**.

Deze CRT heeft aan de binnenzijde een resistieve spiraalvormige coating, die als soort graduele naversnellingsselectrode werkt met een uiteindelijke versnellingsspanning van 10 kV.

Dit apparaat is afkomstig van het Lab. voor Microgolftechniek (Faculteit Et/EWI, TU Delft).

*Figuur 2-50: De Tektronix 547.*

De eerste **Tektronix** geheugenoscilloscoop in de collectie is de **Tektronix 549** (**object 01.00132**, fig.2-51). Hij kwam op de markt in 1965 en kan worden beschouwd als een opvolger van de **Hughes104 Memoscope uit 1957** (zie pag. 36).

De CRT is gebaseerd op het principe van het fosfor-geheugen. Aanvankelijk was dit principe niet geschikt voor een langdurige geheugenwerking, maar dit probleem werd opgelost door het toepassen van onderling geïsoleerde fosforstippen. Voor meer details over geheugen- oscilloscopen: zie **Bijlage 2**. Het geheugen is bi-stabiel, d.w.z. dat er twee stabiele toestanden zijn: t.w. *schrijf-modus* en *geheugen-modus*. Het instrument accepteert de zgn. *letterserie 'plug-in units'* (A, B, C etc.) en de *1-serie plug-in units* (**1A1**, **1A2** etc (zie Hoofdstuk 3).

De bandbreedte is afhankelijk van de toegepaste plug-in unit, maar bedraagt maximaal 30 MHz. Er is een dubbele tijdbasis met '*trigger- delay*' tussen tijdbasis A en tijdbasis B. De tijdbasis is in 24 stappen instelbaar van 0,1  $\mu\text{s}/\text{div}$  – 5 s/div. Tijdbasis B is instelbaar in 18 stappen van 2  $\mu\text{s}/\text{div}$  – 1 s/div. Beide tijdbases zijn triggerbaar.



Figuur 2-51: Tektronix 549 'storage oscilloscope' (geheugenoscilloscoop).

De toegepaste CRT is het type **T5490**. Het scherm van deze buis is gesplitst in 2 delen: de bovenste en de onderste helft kunnen onafhankelijk van elkaar in de schrijf- en in de geheugenmodus gebruikt worden. Schermafmetingen: 11 \*x 6 cm.

De **Telequipment D43** (**object 01.00152**, fig. 2-52) is de dubbelstraals uitvoering van de **Telequipment S43**. Hij werd geïntroduceerd in ca 1965 en werd veel in het onderwijs gebruikt.



Dit apparaat is afkomstig uit het Lab. voor Hoogspannings-techniek (Faculteit Et/EWI, TU Delft).

In principe zijn zowel de **S43** als de **D43** plug-in oscilloscopen voor wat betreft de verticale versterker. In dit apparaat zijn dat 2 eenheden van het type **43A** (boven) en **43B** (onder).

De belangrijkste kenmerken zijn:

- **Type A**: bandbreedte: DC – 15 MHz; gevoeligheid in 9 stappen instelbaar van 100 mV/div – 50 V/div (eventueel 'zwevende' ingang en 10 x extra versterking).
  - **Type B**: differentiaal-ingang (CMRR: 10.000: 1); bandbreedte: DC – 100 kHz; versterking in 12 stappen instelbaar van 1 mV/div – 5 V/div.
- De triggerbare tijdbasis is in 18 stappen instelbaar van 1  $\mu\text{s}/\text{div}$  – 500 ms/div.

Figuur 2-52: de Telequipment D43.

De **Tektronix 422** (**object 01.00157**, fig. 2-53, geïntroduceerd in 1965) is afkomstig uit het Lab. voor Automatische Verkeers- systemen (Faculteit Et/EWI, TU Delft).

Het is een eenvoudige 'portable' 2-kanaals oscilloscoop.

De bandbreedte is DC – 15 MHz. Er zijn 2 identieke ingangen met een in 11 stappen instelbare gevoeligheid van 10 mV/div – 20 V/div. Beide ingangen hebben een interne vertragslijn van 150 ns.

De triggerbare tijdbasis is in 19 stappen instelbaar van 0,5  $\mu$ s/div – 500 ms/div.

De toegepaste CRT is het type **T4220**. Schermafmetingen: 8 x 6,5 cm.



Figuur 2-53: De Tektronix 422.

De **Unitron UNISCOPE** (**object 01.00179**, fig. 2-54, geïntroduceerd in 1965) is afkomstig uit het Lab. voor Elektronische Techniek (Faculteit Et/EWI, TU Delft).



Het is een Frans apparaat: de teksten op het frontpaneel zijn ook Frans.

Het is een eenvoudig apparaat o.a. bedoeld voor TV-service.

De bandbreedte is waarschijnlijk in de orde van 10 MHz.

De ingangsgevoeligheid is in 9 stappen instelbaar van 100 mV/div – 50 V/div.

De triggerbare tijdbasis is (met twee knoppen, samen 30 combinaties) instelbaar van 1  $\mu$ s/div – 500 ms/div.

Op het front staat;

"*décl. par*" (*déclanchement par = getriggerd door*).

Verdere aanduidingen wijzen op TV/toepassingen met triggering op het lijn/signaal en het 'frame'-signaal.

Figuur 2-54: De Unitron UNISCOPE.

## 2.5 Periode 1965 – 1975

De **Philips PM3220** (**object 01.00167**, fig. 2-55, ca 1966) is een zeer eenvoudige oscilloscoop, die veel in het onderwijs (practica) is gebruikt.

Voor TV-service is lijn- en rastertriggering mogelijk met één lijn resp. één raster per 'sweep'.

De verticale gevoeligheid is in 11 stappen instelbaar van 10 mV/div – 20 V/div.

De tijdbasis is in 19 stappen instelbaar van 0,5  $\mu$ s/div – 500 ms/div.

De CRT is de **Mullard D 13-27GH**.



Figuur 2-55: De Philips PM3220.

De **Philips PM3230** (**object 01.00169**, fig. 2-56, ca 1966) is een dubbelstraaloscilloscoop. Dit type is veel gebruikt in het onderwijs (practica).



De bandbreedte is DC – 10 MHz.

De 2 identieke verticale versterkers hebben een in 11 stappen instelbare gevoeligheid van 20 mV/div - 50 V/div. Deze gevoeligheid is met een factor 10 te verhogen.

De triggerbare tijdbasis is in 19 stappen instelbaar van 0,5  $\mu$ s/div – 500 ms/div.

De toegepaste CRT in dit type is de **Philips E 10-12** met schermdiameter 10 cm.

Figuur 2-56: De Philips PM3230.

De **MBLE BEM003** (**object 01.00254**, fig. 2-57 ca 1966) van MBLÉ (*Manufacture Belge de Lampes Electriques*) is een eenvoudige oscilloscoop voor service en onderwijs- doeleinden.

De verticale gevoeligheid is in 11 stappen instelbaar van 20 mV/div – 50 V/div.

De triggerbare tijdbasis is in 11 stappen instelbaar van 0,2  $\mu$ s/div – 20 ms/div.

De toegepaste CRT is het type **DH 7-78**: schermdiameter 7 cm.



Figuur 2-57: De MBLÉ BEM003.

De **Tektronix 556** (**object 01.00149**, fig. 2-58, 1966) is een dubbelstraals oscilloscoop, waarin 2 'plug-in' units geplaatst kunnen worden uit de 'letter series' (zie Hoofdstuk 3).



In dit apparaat zijn dat de 2-kanaals versterker type **1A1** (links) en de operationele versterker (**type O**) rechts. Het apparaat is afkomstig uit het Lab. voor Vermogenslektronika (Faculteit Et/EWI, TU Delft).

Figuur 2-58: De Tektronix 556.

De signaalpaden van de 2 plug-in units naar de 2 elektronenbundels en afbuiging zijn volledig gescheiden. De beide kanalen hebben ieder hun eigen tijdbasis.

Bovendien is de optie voor 'delayed sweep' aanwezig met bijbehorende uitgebreide triggerfaciliteiten. De bandbreedte is 50 MHz, hetgeen hoog is voor een dubbelstraals CRT.

De verticale gevoeligheid is afhankelijk van de toegepaste plug-in units.

De twee identieke tijdbases zijn in 24 stappen instelbaar van 0,1  $\mu$ s/div – 5 s/div.

De toegepaste CRT is het type **Tektronix T5560** met spiraalvormige versnellingsselectrode (schermdiameter: 11,5 cm)

De **Telequipment S52** (**object 01.00168**, fig. 2-59) uit ca 1968 is een eenvoudige oscilloscoop voor service- en onderwijsdoeleinden. Het is qua opzet een X-Y-oscilloscoop, maar heeft ook een tijdbasiseenheid.

De bandbreedte is beperkt: DC – 3 MHz. De X- en Y-ingangen zijn identiek en hebben een in 9 stappen instelbare gevoeligheid van 100 mV/div – 50 V/div met mogelijkheid tot inschakelen van een factor 10 hogere versterking.

De tijdbasis is in 17 stappen instelbaar van 1  $\mu$ s/div – 200 ms/div. Naast de gebruikelijke triggering, kan er ook selectief getriggerd worden op de lijnfrequentie en de rasterfrequentie van Tv-signalen.

De toegepaste CRT is de **E13-12**.



*Figuur 2-69 De telequipment S52.*

De **Philips PM3200** (**object 01.00170**, fig. 2-60) is een eenvoudige laagfrequent oscilloscoop, veel gebruikt voor onderwijsdoeleinden.



Dit apparaat is afkomstig uit het Lab. voor Elektronische Techniek (Faculteit Et/EWI, TU Delft).

De bandbreedte is DC - 10 MHz. De verticale versterking is in 14 stappen instelbaar van 2 mV/div – 50 V/div.

De triggerbare tijdbasis is in 21 stappen instelbaar van 0,1  $\mu$ s/div – 500 ms/div.

De toegepaste CRT is **DG10-160GH** met 10 cm schermdiameter.

*Figuur 2-60: De Philips PM3200.*

De **Philips PM3206** (**object 01.00224**), fig. 2-61, is een 15 MHz 2-kanaals oscilloscoop uit 1968.

De verticale versterkers zijn in 12 stappen instelbaar van 5 mV/div – 20 V/div.

De triggerbare tijdbasis is in 9 stappen instelbaar van 0,5  $\mu$ s/div – 0,2 s/div.

De toegepaste CRT is de **Philips 150 BTB 31**



*Figuur 2-61: De Philips PM3206.*

De **Philips PM3400** (**object 01.00164**, fig. 2-62 ca 1970) is een tweekanaals 'sampling'-oscilloscoop. Deze is afkomstig uit het Lab. voor Elektronische Techniek (Faculteit Et/EWI, TU Delft).

Met de 'sampling'-techniek is het mogelijk periodieke signalen van zeer hoge frequenties weer te geven (tot 1,7 GHz). De techniek is vergelijkbaar met de stroboscopische techniek om snelle bewegingen 'vertraagd' weer te geven (zie Hoofdstuk 1). De verticale gevoeligheid is in 8 stappen instelbaar van 1 mV/div – 200 mV/div. De beide signalen kunnen worden opgeteld of van elkaar afgetrokken. Ook X-Y-weergave is mogelijk. De triggerbare tijdbasis is in 14 stappen instelbaar van 1 ns/div – 20  $\mu$ s/div. De tijdschaal kan in 7 stappen tot een factor 100 worden vergroot, waardoor effectief een tijdoplossend vermogen van 200 ps/div ontstaat. De toegepaste CRT is **D14-120**.



Figuur 2-62: De Philips PM3400.

De **Tektronix 7704** (**object 01.00216**, fig. 2-63, geïntroduceerd in 1969) is een plug-in oscilloscoop, waarin 4 plug-in units uit de 7000-serie geplaatst kunnen worden en wel 2 van het type 7A## voor de verticale afbuiging en 2 van het type 7B## voor de horizontale afbuiging. Hiermee is een breed assortiment van functionaliteiten te realiseren.

De verticale gevoeligheid en de eigenschappen van de tijdbasis hangen geheel af van de gebruikte plug-in units (zie Hoofdstuk 3).



De maximaal te bereiken bandbreedte bedraagt 150 MHz.

Dit apparaat is geschenken door de Faculteit Technische Natuurwetenschappen, TU-Delft.

De CRT is het type **T7700** met 'distributed deflection plates' (zie Hoofdstuk 1). Schermafmetingen: 10 x 8 cm.

Figuur 2-63: De Tektronix 7704.

De **Hewlett Packard HP183A** (**object 01.00182**, fig. 2-64, ca. 1970) is een 'plug-in' oscilloscoop, meestal uitgerust met de **1830A** verticale versterker en de **1840A** tijdbasis unit (zie Hoofdstuk 3).



In die vorm is het een tweekanaals oscilloscoop. Dit apparaat is afkomstig van het Lab. voor Elektrotechnische Materialen (Faculteit Et/EWI, TU Delft).

De bandbreedte is DC – 250 MHz.

De verticale gevoeligheid is in 7 stappen instelbaar van 10mV/div – 1 V/div.

De triggerbare tijdbasis is in 22 stappen instelbaar van 10 ns/div – 1 s/div.

Deze oscilloscoop heeft een zgn. 'beam finder'.

De toegepaste CRT heeft 'distributed deflection plates' (zie Hoofdstuk 1) en is speciaal voor deze oscilloscoop ontwikkeld. De schermafmetingen zijn 10 x 6 cm.

Figuur 2-64: De HP 183A.

De **Tektronix 7904** (**object 01.00183**, fig. 2-65) is geïntroduceerd in 1972. Het is een plug-in oscilloscoop, waarin 4 plug-in units uit de 7000-serie geplaatst kunnen worden en wel 2 van het type **7A##** voor de verticale afbuiging en 2 van het type **7B##** voor de horizontale afbuiging. Hiermee is een breed assortiment van functionaliteiten te realiseren.

De verticale gevoeligheid en de eigenschappen van de tijdbasis hangen geheel af van de gebruikte plug-in units (zie Hoofdstuk 3). In dit exemplaar zijn dat voor de verticale afbuiging de types **7A26** (2-kanaals versterker) en **7A22** (differentiaalversterker) en voor de horizontale afbuiging de types **7B92A** resp. **7B53A**.

De maximaal te bereiken bandbreedte bedraagt 500 MHz.

De CRT is het type **Tektronix 154-0644** met 'distributed deflection plates' (zie Hoofdstuk 1); schermafmetingen: 8 x 10 cm.

Voorts zorgt een extra gaasvormige afschermelektrode tussen het afbuig-systeem en de naversnellingselektrode voor een hogere afbuiggevoeligheid.

In de collectie is een tweede exemplaar van dit type aanwezig, echter zonder plug-in units (**object 01.00218**). Dit apparaat is hier niet afgebeeld.



Figuur 2-65: De Tektronix 7904.

De **Tektronix 475** (**object 01.00189**, fig. 2-66 is een 'portable' oscilloscoop, geïntroduceerd in 1972. Het is een tweekanaals oscilloscoop met een bandbreedte van DC – 200 MHz en een van de eerste volledig getransistoriseerde oscilloscopen.

De verticale gevoeligheid is in 14 stappen instelbaar van 2 mV/div – 5 V/div. Bijzonder aan deze oscilloscoop is, dat de verticale gevoeligheidsschaal automatisch omschakelt naar een factor 10 ongevoeliger, als er een speciale "x 10-probe" wordt aangesloten op de ingang.



Deze omschakeling wordt zichtbaar, doordat een ander indicatorlampje gaat branden. Er is een kalibratiesignaal (blokspanning) om een dergelijke probe af te regelen. af te nemen De triggerbare tijdbasis is in 23 stappen instelbaar van 0,01  $\mu$ s/div – 500 ms/div. De CRT is het type **Tektronix 154-0677**; schermafmetingen: 10 x 8 cm.

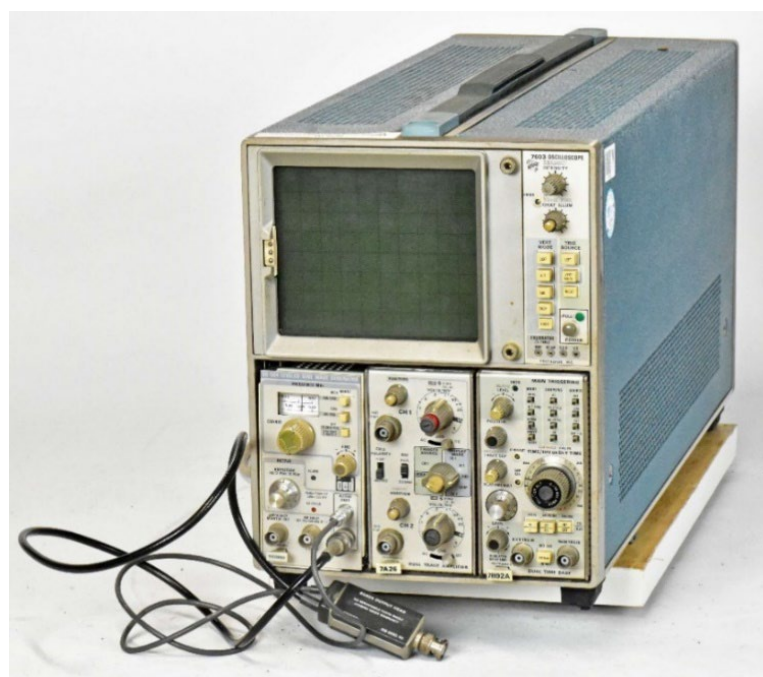
*Figuur 2-66: De Tektronix 475.*

De **Tektronix-7603** (**object 01.00217**), fig. 2-67 is een plug-in oscilloscoop, waarin 3 plug-in units van de 7000-serie kunnen worden geschoven en wel 2 verticale units (types 7A##) en 1 horizontale unit (types 7B##), zie ook Hoofdstuk 3. Hij kwam in 1972 op de markt.

De bandbreedte is afhankelijk van de toegepaste verticale versterker maar maximaal 100 MHz, De toegepaste CRT is de **Tektronix T7400** met schermafmetingen 12 x 10 cm.

In dit apparaat zijn de volgende plug-in units geplaatst:

- verticale versterker **7A26**  
(zie Hoofdstuk 3)
- tijdbasis-unit **7B92A**  
(zie Hoofdstuk 3)
- signaalgenerator **SG504**



*Figuur 2-67: De Tektronix 7603.*

De **Tektronix 465** (**object 01.00255**, fig. 2-68 kwam in 1972 op de markt. Het is een 'portable' oscilloscoop. De bandbreedte is dc – 100 MHz. Het is een tweekanaals, 'dual time base' oscilloscoop.



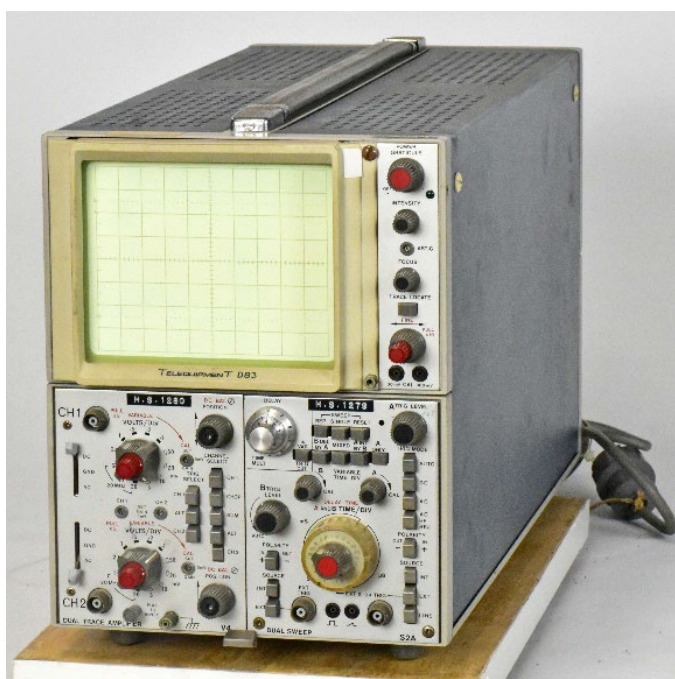
Figuur 2-68: De Tektronix 465.

De verticale gevoeligheid is in 13 stappen instelbaar van 5 mV/div – 5 V/div. Net als bij de eerder besproken **Tektronix 475** wordt ook hier weer het meetbereik via een indicatorlampje omgeschakeld bij aansluiting van een "x 10-probe".

De tijdbasis in 22 stappen instelbaar van 0,05  $\mu$ s/div – 500 ms/div.

De toegepaste CRT is de **Tektronix T4650**. Zowel de **465** als de **475** zijn uitgerust met thermostatisch geregelde ventilatoren. Hiermee wordt het geluidsniveau aangepast aan de interne temperatuur van het apparaat.

De **Telequipment D83** (**object 01.00184**, fig. 2-69) kwam in 1972 op de markt. Hoewel dit een plug-in oscilloscoop is, wordt hij doorgaans gebruikt in een semi-permanente configuratie.



Het onderhavige model is voorzien van de twee-kanaals verticale unit **Type V**. De gevoeligheid van beide kanalen is in 12 stappen instelbaar van 5 mV/div – 20 V/div.

De horizontale unit is het type **S2A**. Dit is een *dual-timebase unit*.

De hoofdtijdbasis is in 21 stappen instelbaar tussen 0,1  $\mu$ s/div – 2 s/div. Dit apparaat is afkomstig van het Lab. voor Hoogspanningstechniek (Faculteit Et/EWI, TU Delft).

De toegepaste CRT is de **Tektronix T7400** (schermafmetingen: 12 x 10 cm..

Figuur 2-69: De Telequipment D83.

De **Philips PM3210** (**object 01.00256**, fig. 2-70) uit ca 1973 is een tweekanaals oscilloscoop voor laboratoriumdoeleinden.



Figuur 2-70: De Philips PM3210.

De gevoeligheid is voor beide kanalen in 14 stappen instelbaar van 1 mV/div – 50 V/div.

Er zijn vertraginglijnen aanwezig voor 'pre-trigger delay' (zie Hoofdstuk 1).

Via beide ingangskanalen is ook X-Y-weergave mogelijk.

De triggerbare tijdbasis is in 21 stappen instelbaar van 0,1  $\mu$ s/div – 500 ms/div.

De bandbreedte is DC - 25 MHz.

De toegepaste CRT is de **Philips DG 14-120** ((schermdiagonaal: 14 cm).

De **Philips PM3233** (**object 01.00257**, fig. 2-71) uit ca. 1973 is een dubbelstraals oscilloscoop, speciaal geschikt voor TV-service.

De bandbreedte is DC – 10 MHz. De verticale gevoeligheid is in 12 stappen instelbaar van 2 mV/div – 10 V/div, voor beide ingangen. De tijdbasis is triggerbaar via een van deingangssignalen, netspanning, een extern signaal of een lijn- of rastersignaal van een TV-ontvanger.

De snelheid is in 20 stappen instelbaar van 0,2  $\mu$ s/div – 500 ms/div. X-Y-bedrijf is mogelijk via de beide ingangen.

De toegepaste CRT is de **Philips E14-100** (schermdiagonaal: 14 cm).



Figuur 2-71: De Philips PM3233.

De **Hewlett-Packard HP1722A** (**object 01.00165**, fig. 2-72 is een tweekanaals HF-oscilloscoop. Hij werd geïntroduceerd in 1974.



*Figuur 2-72: De HP 1722A.*

De bandbreedte is dc – 275 MHz. De beide ingangsversterkers zijn in 9 stappen instelbaar van 10 mV/div – 5 V/div. De beideingangssignalen kunnen ook in X-Y mode worden weergegeven. Het is een 'dual time base' oscilloscoop met de gebruikelijke 'delayed-sweep' optie. De triggerbare hoofdtijdbasis is in 24 stappen instelbaar van 10 ns/div – 0,5 s/div. Het bijzondere aan deze oscilloscoop is de mogelijkheid om markers te plaatsen op willekeurige plaatsen in de weergegeven golfvorm om amplitudes te meten. Bovendien kunnen tijdverschillen tussen de markers worden weergegeven.

De resultaten van de metingen worden weergegeven op een digitaal (LED-)display. Dit is in feite een digitale multimeter met automatische instelling van de schaalfactor. De functionaliteit van de meter wordt bestuurd via een microprocessor. De CRT is speciaal voor dit type oscilloscoop ontworpen (schermafmetingen: 10 x 6 cm).

## 2.5 Periode na 1975

De **Tektronix T912** (**object 01.00199**), fig. 2-73) is een draagbare 10 MHz storage oscilloscoop, voorzien van een bi-stabiel geheugenscherm.



Het is een eenvoudige draagbare (8,2 kg) 2-kanaals oscilloscoop en (waarschijnlijk) de eerste draagbare storage oscilloscoop. Hij werd geïntroduceerd in 1976. De bandbreedte is 0 – 10 MHz. De verticale versterkers zijn in 15 stappen instelbaar van 2 mV/div – 10 V/div. De triggerbare tijdbasis is in 19 stappen instelbaar van 0,5  $\mu$ s/div – 500 ms/div. De toegepaste CRT is de **Tektronix 154-0733** bi-stabiele storage CRT. Schermafmetingen: 10 x 6 cm)

*Figuur 2-73: De Tektronix T912 draagbare storage oscilloscoop.*

De **TRIO-CS-1570** (**object 01.00258**), fig. 2-74, is geïntroduceerd in 1977. Het was in die tijd een apparaat met een goede prijs-prestatieverhouding. Het is een 2-kanaals oscilloscoop.

De bandbreedte is 0 – 30 MHz. De verticale versterkers zijn in 10 stappen instelbaar van 5 mV/div – 10 V/div. De triggerbare tijdbasis is instelbaar in 20 stappen instelbaar van 0,2  $\mu$ s/div- 0,5 s/div. De versterkers kunnen in X-Y modus geschakeld worden. De CRT-diameter is 12 cm. Het bedrijf TRIO was in 1969 een voortzetting van het in 1945 opgerichte Japanse bedrijf **Kasugawa Radio Co. Ltd.**, dat in 1986 werd hernoemd in **TRIO-Kenwood** en in 1996 tot kortweg: **Kenwood**.



*Figuur 2-74: De TRIO CS-1570.*

De **Dynatek 8200** (**object 01.00220**, fig. 2-75) is een eenvoudige tweekanaals oscilloscoop met een bandbreedte van 0 – 20 MHz.

Het is een 'remake' van de Zuid-Koreaanse firma **Gold Star Ltd**, behorend tot het **LG**-concern.



De gevoeligheid is in 10 stappen instelbaar van 5 mV/div – 5 V/div. De triggerbare tijdbasis is in 20 stappen instelbaar van 0,2  $\mu$ s/div – 0,5 s/div. De CRT is het type **SC-13**.

*Figuur 2-75: De Dynatek 8200.*

De **Philips PM3243** (**object 01.00236**, fig. 2-76) is een draagbare 2-kanaals geheugen-oscilloscoop met een zgn. 'variable persistence'-scherm. (Zie ook paragraaf 1.2.1). Dit apparaat is afkomstig van het Lab. voor Elektronische Instrumentatie (Faculteit Et/EWI, TU Delft).

De bandbreedte is 50 MHz.  
De verticale versterkers zijn in 9 stappen instelbaar van 5 mV/div – 2 V/div.  
De CRT is het type **Philips 89L14GH-55**.  
Behalve de gebruikelijke weergavemogelijkheden ('chopped/alternated') kan ook de som en het product van de twee ingangssignalen, samen met een ingangssignaal worden weergegeven.  
Het apparaat is uitgerust met een dubbele tijdbasis. De snelheid is in 22 stappen instelbaar van 50 ns/div – 0,5 s/div.



Figuur 2-76: De Philips PM3243 geheugenoscilloscoop.

De **Handykit MKS 507** (**object 01.00177**, fig. 2-77) is een eenvoudige éénkanaals oscilloscoop, bedoeld voor de amateurmarkt. Hij is gefabriceerd in Taiwan.



De bandbreedte is 7,5 MHz.  
De verticale versterker is niet geijkt: er is een driestaps verzwakker (1\*, 10\* en 100\*).\*  
De frequentie van de tijdbasis is in 4 stappen instelbaar van 10 Hz – 100 kHz.  
De tijdbasis is synchroniseerbaar maar niet triggerbaar.

Figuur 2-77: De Handykit MKS 507.

Een kleine eenvoudige oscilloscoop is de Israëlische **Yisreel OSC-3C** (**object 01.00250**, fig. 2-78).

De verticale versterker is in 9 stappen instelbaar van 0,1 V/div – 50 V/div.  
De synchroniseerbare tijdbasis is in 5 stappen instelbaar van 1 µs/div – 10 ms/div.



Figuur 2-78 De Yisreel OSC-3C.

## 2.6 Bijzondere apparatuur

Soms is er behoefte aan een eenvoudige weergave-eenheid, zonder (extern instelbare) versterkers, tijdbasis etc. Twee voorbeelden zijn de **Tektronix 604 monitor** (**object 01.00173**, fig. 2-79), en de **Tektronix 603 storage monitor** (**object 01.00241**, fig. 2-80).



Figuur 2-79: Tektronix 604, X-Y monitor.

Het zijn beide X-Y-monitoren, die het Y-ingangssignaal weergeven als functie van het X-ingangssignaal. Zowel de X- als de Y-ingangen zijn voorzien van (vaste) verschilversterkers. Beide monitoren werden in 1970 geïntroduceerd.



Figuur 2-80 Tektronix 603, X-Y storage monitor.

Beide monitoren hebben een bandbreedte (zowel X als Y) van 2 MHz. De gevoeligheid is intern instelbaar van 50 mV/div – 1,25 V/div. **Het type 604** is uitgerust met een normale CRT (type **Tektronix 154-0633**) met scherm diagonaal van 15,2 cm. Het **type 603** is uitgerust met een bi-stabiele storage CRT (type **Tektronix 154-0634**), eveneens met een scherm diagonaal van 15,2 cm.

De **Philips EL84** (**object 01.00197**, fig. 2-81) is een zgn. golfvorm monitor voor **Philips** TV-camera's. Hij is waarschijnlijk rond 1970 gemaakt bij **Philips** camerafabriek in Breda.

De CRT is de type **Philips DG7-32**. Een tweetal oscilloscopen in de verzameling wordt gekenmerkt door een groot cirkelvormig scherm.

Deze apparaten zijn waarschijnlijk bedoeld geweest voor instructie-doelinden (demonstraties in collegezalen e.d.).



Figuur 2-81: De Philips EL84: Golfvormmonitor voor TV-kamera's.

Het eerste apparaat vermeldt op het frontpaneel **Syst. Boersma K50** (**object 01.00163**), fig. 2-82. In de tekstregel staat een logo dat wijst op een fabricaat, t.w. TBR, Delft.

Het apparaat heeft een beeldscherm met een diameter van 38 cm.

De synchroniseerbare tijdbasis is in 8 stappen instelbaar, maar nadere gegevens ontbreken. Ook over de verticale gevoeligheid is niets bekend.

Er is waarschijnlijk een CRT met magnetische afbuiging aanwezig.



*Figuur 2-82: Een 'Large Screen'-oscilloscoop, type met typeaanduiding K50.*

Het tweede apparaat is de **CINTEL Type 15A** (**object 01.00219**), fig. 2-83. Cintel (*Cinema and Television Ltd, London*) was oorspronkelijk een in 1927 opgericht Brits bedrijf, dat zich richtte op de productie van systemen voor de conversie van film naar video-data, met name 'flying spot scanners'. Officieel maakte het deel uit van de **Rank Organisation**.



*Figuur 2-83: De Cintel Type 15A grootbeeld oscilloscoop links: het gehele apparaat, rechts: het bedieningspaneel.*

Het apparaat is afkomstig van het Lab. voor Radio- en Kortegolftechniek (Faculteit Et/EWI, TU Delft). Er is geen documentatie van dit apparaat gevonden. Er zijn twee ingangen, waarbij de weergave waarschijnlijk zowel in 'alternate mode' als 'chopped mode' instelbaar is.

De tijdbasis is zowel triggerbaar als synchroniseerbaar en de frequentie is continu instelbaar maar nadere gegevens ontbreken. De CRT maakt gebruik van magnetische afbuiging, waardoor het frequentiebereik zeer beperkt is.

In het begin van de jaren '40 van de vorige eeuw werd een instituut opgericht dat een tussenschakel werd tussen, enerzijds, het onderzoek aan de toenmalige Technische Hoogeschool Delft en, anderzijds, de bedrijfsmatige productie door de industrie. Dit instituut was de Technisch Fysische Dienst TNO, gevestigd op het terrein van de TH, later TU Delft. In 1948 wordt de Afdeling Electronica opgericht. Dit instituut vervaardigde ook apparatuur in opdracht.

Binnen de Studieverzameling bevindt zich een tweetal oscilloscopen vervaardigd door de TPD-TNO, Afdeling Electronica.

De eerste draagt het type nummer **TPD-TNO WE 494A (object 01.00117)** en is weergegeven in fig. 2-84. Het tweede apparaat draagt het typenummer **TPD-TNO WE 53286 (object 01.00118)** en is weergegeven in fig. 2-85.



*Figuur 2-84: Door de TPD-TNO Delft vervaardigde WE 949A.*



Van geen van beide apparaten zijn nadere gegevens bekend.

*Figuur 2-85: Door de TPD-TNO Delft vervaardigde WE53286.*

Het registreren van zeer kortdurende signalen (bijv. pulsvormige signalen en snelle overgangsverschuiven) is vaak problematisch. Voor de komst van digitale technieken werd gebruik gemaakt van snelle CRT's en fotografische registratie. (Het onderwerp fotografische registratie komt nader aan de orde in Hoofdstuk 4.)

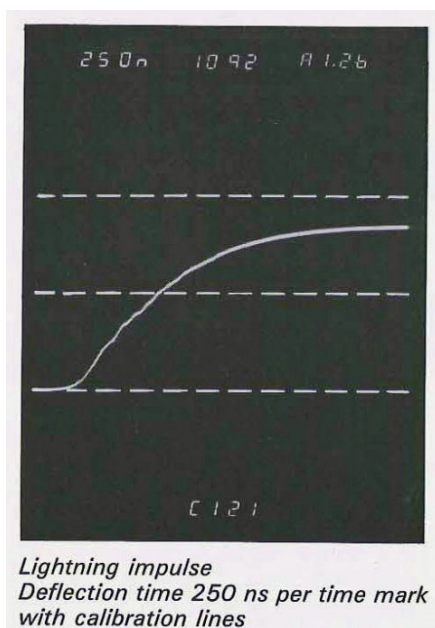
Een speciaal voor dit doel ontwikkelde oscilloscoop is **de Haefely 711 "Impulse Oscilloscope"** (**object 01.00174**), fig. 2-86, uit ca 1987. Dit apparaat is afkomstig van het Lab. voor Hoogspanningstechniek (Faculteit Et/EWI, TU Delft).

De maximale ingangs-spanning (piekspanning) is 1600 V bij een ingangs-impedantie van meer dan 2 M $\Omega$ , parallel aan minder dan 50 pF. Er is een 8-staps ingangsverzwakker, waarmee de gevoeligheid kan worden ingesteld van 110 V/div – 550 V/div. Er is dus geen ingangsversterker en de afbuigplaten worden direct of via een (passieve) verzwakker aangestuurd. Dit resulteert in de grote bandbreedte van ca. 35 MHz. De tijdbasis is in 4 stappen instelbaar van 50 ns/div – 0,5  $\mu$ s/div.



Figuur 2-86: De Haefely 711 "Impulse Oscilloscope".

Zowel lineaire als logaritmische 'sweep' is mogelijk. Verder zijn er per 'sweep' 10 markers, die via intensiteits- modulatie van een lijn zichtbaar worden gemaakt. Een interessante optie is de digitale LED-display waarin een aantal grootheden wordt weergegeven zoals gegevens over de ingestelde verzwakker en de tijdbasis, alsmede de piekwaarde van de aangeboden spanning. Deze waarden worden boven en onder de CRT weergegeven. Het apparaat is bedoeld om het weergegeven signaal samen met de op het LED-display weergegeven data fotografisch vast te leggen. Hiertoe is voorzien in een, aan het triggersysteem gekoppeld besturingssysteem voor de sluiters en het filmtransportsysteem van een camera.



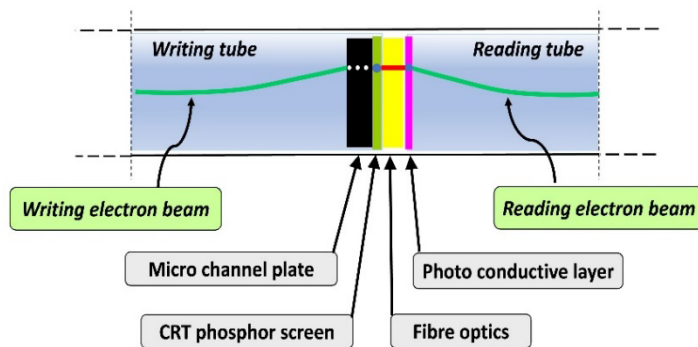
De afbeelding in fig. 2-87 is afkomstig uit de originele fabrieksbrochure van het apparaat. Het betreft de weergave van een ontladingspuls. Boven in het scherm zijn de gegevens m.b.t. de tijdbasis, de maximale signaalwaarde en de ingestelde positie van de verzwakker weergegeven. Onder in het scherm staat de waarde van een teller, die bijhoudt hoe vaak er een trigger-sigitaal is ontvangen. Volgens de documentatie zijn er speciale maatregelen getroffen om het apparaat ongevoelig te maken voor elektromagnetische stoorvelden, zoals die kunnen optreden bij het onderzoek van ontladingsverschijnselen. De toegepaste CRT is de **Telefunken D13-614**.

Figuur 2-87: Schermopname van de Haefely 711 Impulse Oscilloscope (afkomstig uit fabrieksfolder).

In de collectie bevinden zich twee apparaten voor het meten van kortdurende verschijnselen, die zich op de grens van analoge en digitale apparatuur bevinden.

Ze worden hier genoemd, omdat de primaire verwerking van het signaal met analoge hulpmiddelen plaats vindt, d.w.z.: de feitelijke registratie vindt plaats met een op de CRT-techniek gebaseerde vacuümbuis t.w. de zgn. 'scan converter'.

Dit is een speciaal ontwikkelde elektronenbuis, die beschouwd kan worden als een samenvoeging van, enerzijds, een geavanceerde CRT met 'distributed deflection plates' en een 'micro plate' (zie par. 1.2) en, anderzijds, een videocamera buis van het type VIDICON (fig. 2-88).



Het ingangssignaal wordt direct aangeboden aan het verticale afbuig-systeem. Een 'micro-plate' zorgt voor een elektronen vermenigvuldiging, waardoor het fluorescerende scherm met voldoende intensiteit wordt beschreven. Het licht van het scherm wordt vervolgens via een bundel glasvezels overgedragen op een foto-geleidende plaat.

Figuur 2-88: Principe van de "Scan Converter Buis".

Hierdoor ontstaat een ladingsbeeld, dat overeenkomt met het geschreven signaal. Dit ladingsbeeld wordt vervolgens afgetast door een (relatief langzame) elektronenstraal, op dezelfde wijze als gebeurt in een videocamera met een VIDICON. Het resulterende signaal wordt dan omgezet in een patroon van nullen en enen en opgeslagen in een 'solid state memory', waarna het op een traditioneel oscilloscoopscherm kan worden weergegeven.

Met dit systeem is een schrijfsnelheid te bereiken, overeenkomend met enkele ns/div. Voor de werking van de scanconverter en de verdere signaalbehandeling wordt verwezen naar **Bijlage 1**.



Figuur 2-89: De Tekronix 7250 "Transient Digitizing Oscilloscope".

Het eerste apparaat is de **Tektronix 7250 "Transient Digitizing Oscilloscope"**, (**object 01.00102**), fig. 2-89 (geïntroduceerd in 1986).

Dit apparaat is een geschenk van het Reactor Instituut van de TU-Delft.

Als bandbreedte van het apparaat wordt 6 GHz opgegeven. Deze waarde kon worden bereikt doordat de verticale afbuigplaten direct door het meetsignaal worden aangestuurd. De gevoeligheid is dan ook niet zo hoog t.w. 500 mV/div. de tijdbasis is in 14 stappen instelbaar van 50 ps/div – 1  $\mu$ s/div. Het uitgangssignaal van de scanconverter wordt gedigitaliseerd in 11 bits met 512 signaalwaarden per "sweep" van de tijdbasis.

Dit apparaat is een oorspronkelijk ontwerp en product van het Franse bedrijf **Intertechnique**: het oorspronkelijke typenummer was **IN7000**. Aan de binnenzijde van het apparaat zijn nog talloze aanduidingen in het Frans aanwezig.



Figuur 2-90: de Tektronix SCD 1000 "transient waveform Recorder".

Een latere ontwikkeling van dit apparaat is de **Tektronix SCD 1000 "Transient Waveform Recorder"** (**object 01.00259**), fig. 2-90 (geïntroduceerd in 1990). In tegenstelling tot de **Tektronix 7250** heeft dit apparaat een verticale versterker, uitgevoerd als monolithische eenheid.

De verticale versterker is in 7 stappen instelbaar van 100 mV – 10 V volle schaal.

De bandbreedte is DC – 1 GHz en, bij AC-koppeling: 100 Hz – 1 GHz. Het uitgangssignaal van de scanconverter wordt gedigitaliseerd in 9 bits. De te bestuderen golfvormen kunnen in 256, 512 of 1024 punten worden opgeslagen en weergegeven.

De digitaliseringssnelheid is 5 ps/bemonstering (resultierend in 1024 bemonsteringen in een opname van 5 ns) tot 400 ns/bemonstering (resultierend in 256 bemonsteringen in een opname van 100  $\mu$ s).

Het totale tijdvenster is in 14 stappen instelbaar van 5 ns – 100  $\mu$ s.

Er zijn uitgebreide trigger-faciliteiten en 'post-processing' faciliteiten aanwezig.

De opgeslagen data kunnen via een IEEE-488.1 interface worden uitgelezen.



### 3. Inschuifeenheden: 'plug-in units'

Hoewel een aantal fabrikanten van oscilloscopen het principe van 'plug-in units' heeft omarmd, heeft feitelijk alleen **Tektronix** dit concept consequent toegepast.

Dit heeft geleid tot de ontwikkeling van een drietal, fysiek verschillende plug-in configuraties, geschikt voor de volgende oscilloscopen:

- de **500**-serie: deze omvat de types **53x**, **54x**, **55x** en **58x**
- de **560**-serie
- de **5000**- en **7000**-serie

Opgemerkt zij, dat er niet altijd een onderlinge compatibiliteit is binnen deze drie categorieën! Ging het aanvankelijk alleen om plug-in units voor de verticale afbuiging (versterkers), later (m.n. in de **560**- en de **5000/7000**-series) verschenen er ook verschillende tijdbasis units. Er is afgezien van een volledige behandeling van de in de Studieverzameling aanwezige plug-in units. Er wordt volstaan met enkele tabellen met daarin de belangrijkste kenmerken. Voorts zijn er nog enkele 'losse' plug-in units van andere fabricaten in de collectie aanwezig: deze worden aan het eind van dit hoofdstuk behandeld.

In de tabellen (volgende pagina's) worden de in de collectie aanwezige units samengevat.

Ter toelichting bij de tabellen

- Bij "bereik" wordt het bereik van de instelbare gevoeligheid, resp. snelheid van de tijdbasis weergegeven
- Onder "st." staat het aantal stappen, waarin dit bereik is verdeeld
- Bij 'Figuur' wordt verwezen naar de figuren op de tegenoverliggende pagina of naar in de Hoofdstuk 2 beschreven oscilloscopen, waarin de betreffende units aanwezig zijn.

# Tektronix versterker plug-in units voor serie 500 en serie 580 oscilloscopen



Figuur 3-1:  
53 / 54K



Figuur 3-2:  
Type 80



Figuur 3-4:  
1A2



Figuur 3-5:  
1A5



Figuur 3-3:  
Type G

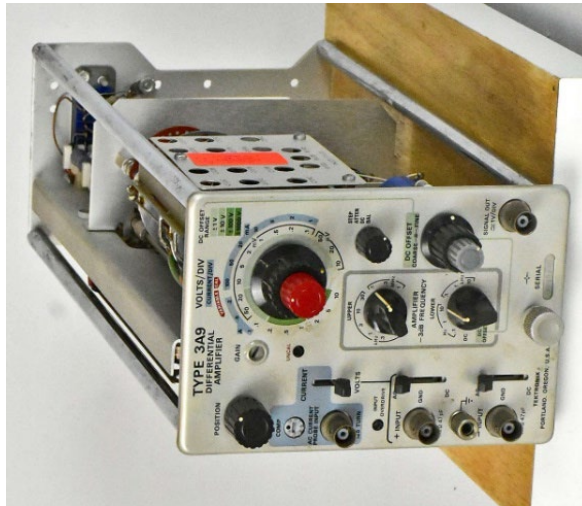


Figuur 3-6:  
1A7

### Tektronix versterker plug-in units voor serie 500 en serie 580 oscilloscopen

| type nr. | functie                                    | bereik                                       | st.  | eigenschappen                                                                                                                                            | voor | jaar | figuur                                                                                    | oorspong                      |
|----------|--------------------------------------------|----------------------------------------------|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| 53/54K   | 1-kanaal verst.                            | 5 mV/div - 10V/div                           | 9    | Bandbreedte: 30 MHz                                                                                                                                      | 500  | 1955 | fig. 3-1                                                                                  | Lab. Elektrische Meettechniek |
| 80       | directe doorvoer naar interne afbuigsectie | afhankelijk van oscilloscoop                 | geen | alleen te gebruiken met speciale kathode volger probe                                                                                                    | 580  | 1959 | fig. 3-2                                                                                  |                               |
| 82       | 85 MHz 2-kanaals verst.                    | 100 mV/div - 50 V/div of 10 mV/div - 5 V/div | 9    | bandbreedte: 85 MHz                                                                                                                                      | 580  | 1962 | In Tektronix 585: fig. 2-34                                                               |                               |
| CA       | 2-kanaals verst.                           | 50 mV - 20V/div                              | 9    | Bandbreedte: 24 MHz<br>CMRR: 1-200 tot 20 MHz                                                                                                            | 500  | 1955 | In Tektronix 549: fig. 2-51                                                               |                               |
| D        | 2 MHz diff.-verst.                         | 1 mV/div - 50 V/div                          | 6*4  | Bandbreedte 2 MHz (max)<br>CMRR (< 1:10.000)<br>beide ahang. van ingangsgevoeligheid                                                                     | 500  | 1954 | In Tektronix 555: fig. 2-34                                                               |                               |
| G        | diff.-verst.                               | 50 mV/div - 20 V/div                         | 9    | Bandbreedte: 29 MHz                                                                                                                                      | 500  | 1955 | fig. 3-3                                                                                  |                               |
| O        | 2-kanaals operationele verst.              | 50 mV/div - 20 V/div                         | 9    | bandbreedte: 25 MHz<br>ingang- en terugkoppeling:<br>10 kΩ, 100 kΩ, 200 kΩ, 500 kΩ, 1 MΩ<br>of 10 pF to 1 μF in decade stappen                           | 500  | 1962 | In Tektronix 556: fig. 2-58                                                               |                               |
| 1A1      | 2-kanaals verst.                           | 5 mV/div - 20 V/div                          | 12   | bandbreedte: 10 MHz                                                                                                                                      | 500  | 1964 | In Tektronix 544: fig. 2-49<br>In Tektronix 547: fig. 2-50<br>In Tektronix 556: fig. 2-58 |                               |
| 1A2      | 2-kanaals verst.                           | 50 mV/div - 20 V/div                         | 9    | bandbreedte: 50 MHz                                                                                                                                      | 500  | 1964 | fig. 3-4                                                                                  |                               |
| 1A5      | diff.-verst.                               | 1 mV/div - 20 V/div                          | 14   | bandbreedte afhankelijk van versterkingsfactor, max. 50 MHz                                                                                              | 500  | 1967 | fig. 3-5                                                                                  |                               |
| 1A7      | high gain' diff. verst.                    | 10 μV/div - 10V/div                          | 19   | bandbreedte instelbaar:<br>L.F.-grens: 0 -10 kHz, 7 st.<br>H.F.-grens: 100 Hz - 500 kHz, 8 st.<br>CMRR: 50000 : 1<br>ingang met 'matched pair' nuvistors | 500  | 1966 | fig. 3-6                                                                                  |                               |

## Tektronix plug-in units voor serie 560 oscilloscopen



Figuur 3-7: 3A9



Figuur 3-8: 3B3

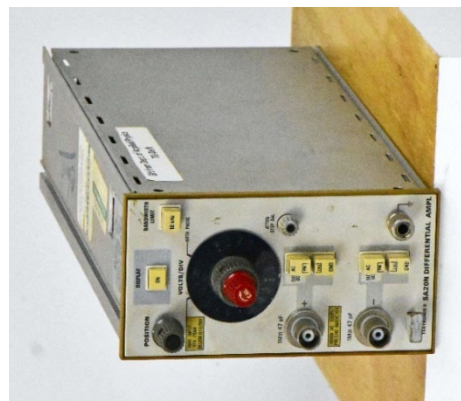
### Tijdbasis plug-in units voor Tektronix serie 500 oscilloscopen

| type nr. | functie   | bereik                    | st. | eigenschappen                                                           | voor | jaar | figuur                       | oorspong               |
|----------|-----------|---------------------------|-----|-------------------------------------------------------------------------|------|------|------------------------------|------------------------|
| 21       | tijdbasis | 0,1 $\mu$ s/div - 5 s/div | 24  | uitsluitend Tektronix 555, 'upper beam'                                 | 555  | 1959 | In: Tektronix-555: fig. 2-37 | in permanent bruikleen |
| 22       | tijdbasis | 0,1 $\mu$ s/div - 5 s/div | 24  | uitsluitend Tektronix 555, 'lower beam', i.v.m.' delayed trigger'-optie | 555  | 1959 | In: Tektronix-555: fig. 2-37 | in permanent bruikleen |

### Plug-in units voor Tektronix serie 560 oscilloscopen

| type nr. | functie                  | bereik                    | st. | eigenschappen                                                                                                                                                            | voor | jaar | figuur                        | oorspong                             |
|----------|--------------------------|---------------------------|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|-------------------------------|--------------------------------------|
| 3A1      | 2-kanaals verst.         | 10 mV/div - 10 V/div      | 10  | bandbreedte: 10 MHz                                                                                                                                                      | 560  | 1962 | In Tektronix RM565: fig. 2-46 |                                      |
| 3A6      | 2-kanaals verst.         | 10 mV/div - 10 V/div      | 10  | bandbreedte: 10 MHz                                                                                                                                                      | 560  | 1966 | In Tektronix RM565: fig. 2-46 |                                      |
| 3A72     | 650 kHz 2-kanaals verst. | 10 mV/div - 20 V/div      | 11  | bandbreedte 650 kHz                                                                                                                                                      | 560  | 1961 | In Tektronix 561A: fig. 2-44  |                                      |
| 3A9      | diff.-verst.             | 10 $\mu$ V/div - 10 V/div | 19  | bandbreedte: afhankelijk van versterkingsfactor, max. 1 MHz<br>bandbreedte instelbaar:<br>L.F.-grens: DC/0.1 Hz - 10 kHz, 10 st.<br>H.F.-grens: 100 Hz - 1 MHz, 3*10 st. | 560  | 1969 | fig. 3-7                      | Lab.<br>Hoogspannings-techniek [EWI] |
| 3B3      | dubbele tijdbasis        | 0.5 $\mu$ s/div - 1 s/div | 20  | dubbele tijdbasis met 'delayed triggering'<br>triggeringang via nuistor                                                                                                  | 560  | 1962 | fig. 3-8                      |                                      |

# Versterker plug-in units voor Tektronix serie 5000 en serie 7000 oscilloscopen (DEEL-I)



Figuur 3-9:  
5A20N



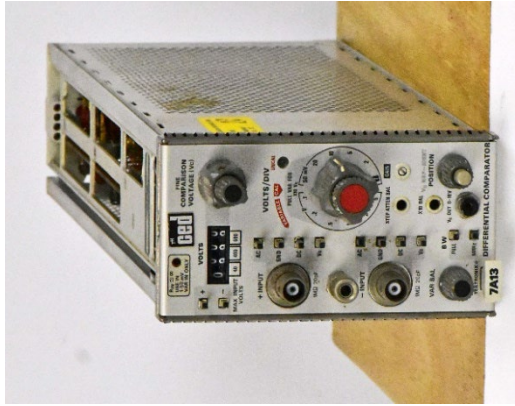
Figuur 3-10:  
7A11



Figuur 3-12:  
7A18



Figuur 3-13:  
7A18N



Figuur 3-11:  
7A13



Figuur 3-14:  
7A22

**Tektronix versterker plug-in units voor serie 5000 en serie 7000 oscilloscopen (deel I)**

| <b>type nr.</b> | <b>functie</b>   | <b>bereik</b>             | <b>st.</b> | <b>eigenschappen</b>                                                                                                                               | <b>voor</b> | <b>jaar</b> | <b>figuur</b>                   | <b>oorspong</b>                        |
|-----------------|------------------|---------------------------|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|---------------------------------|----------------------------------------|
| 5A20N           | diff.-verst.     | 50 $\mu$ V/div to 5 V/div | 18         | bandbr.: afhankelijk van versterking; max 1MHz<br>LF-begr. instelb. DC - 2 Hz<br>HF-begr. instelb. 10 KHz - 1 MHz                                  | 5000        | 1971        | fig. 3-9                        | Gift Dept. Of Applied Physics TU-Delft |
| 7A11            | FET-prob verst.  | 5 mV/div to 20 V/div      | 12         | bandbr.: instelb. 20 MHz - 250 MHz;                                                                                                                | 7000        | 1969        | fig. 3-10                       | Gift Dept. Of Applied Physics TU-Delft |
| 7A13            | diff.-verst.     | 1 mV/div - 5 V/div;       | 12         | bandbr.: max 100 MHz<br>CMRR:<br>$\geq 10,000:1$ voor 100 kHz - 1 MHz en $< 10$ Vp-p<br>500:1 bij 10 MHz met 1 Vp-p<br>200:1 bij 20 MHz met 1 Vp-p | 7000        | 1969        | fig. 3-11                       | CED TU-Delft                           |
| 7A18            | 2-kanaals verst. | 5 mV/div to 5 V/div       | 10         | bandbr.: 75 MHz                                                                                                                                    | 7000        | 1971        | fig. 3-12                       | Gift Dept. Of Applied Physics TU-Delft |
| 7A18N           | 2-kanaals verst. | 5 mV/div to 5 V/div       | 10         | bandbr.: 75 MHz<br>HF-begr. schakelaar 20 MHz                                                                                                      | 7000        | 1971        | fig. 3-13                       | CED TU-Delft                           |
| 7A22            | diff.-verst      | 10 $\mu$ V/div -10 V/div; | 19         | bandbr.: 1 MHz max<br>LF-begr. In 7 st. instelb. DC - 10 kHz                                                                                       | 7000        | 1969        | fig. 3-14<br>in 7904, fig. 2-65 | CED TU-Delft                           |

# Versterker plug-in units voor Tektronix serie 5000 en serie 7000 oscilloscopen (DEEL-II)



Figuur 3-15: 7A19



Figuur 3-16: 7A21N



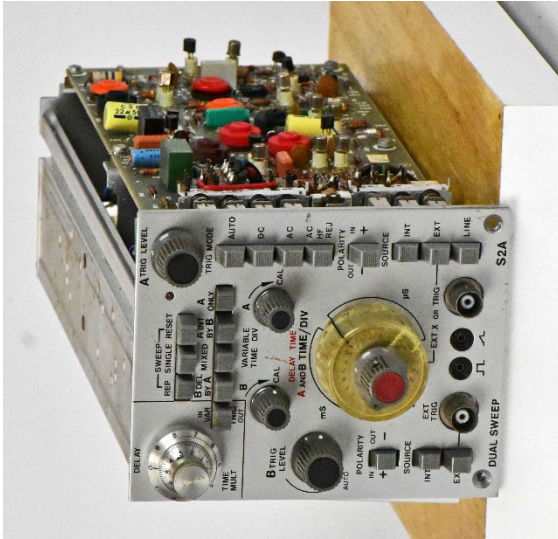
Figuur 3-17: 7A24



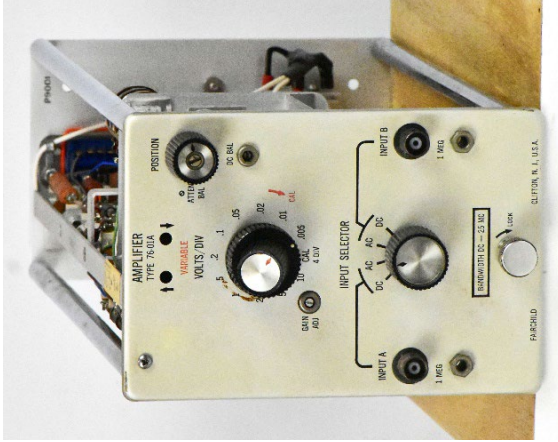
Figuur 3-18: 7A26

**Tektronix versterker plug-in units voor serie 5000 en serie 7000 oscilloscopen (deel II)**

| <b>type nr.</b> | <b>functie</b>                                 | <b>bereik</b>                               | <b>st.</b> | <b>eigenschappen</b>                                      | <b>voor</b> | <b>jaar</b> | <b>figuur</b>                                                               | <b>oorspong</b>                        |
|-----------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------|------------|-----------------------------------------------------------|-------------|-------------|-----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| 7A19            | 1-kanaalsverst.                                | 10 mV/div - 1 V/div                         | 7          | bandbreedte: afhankelijk van oscilloscoop, max. 600 MHz   | 7000        | 1971        | Fig. 3-15                                                                   | Gift Dept. Of Applied Physics TU-Delft |
| 7A21N           | directe doorvoer naar interne afbuigsectie van | < 4 V/div 1 kanaal<br>< 2V/div (diff. mode) | geen       | bandbreedte: afhankelijk van oscilloscoop: 20 kHz - 1 GHz | 7900        | 1972        | Fig. 3-16                                                                   |                                        |
| 7A24            | 400 MHz 2-kanaalsverst.                        | 5 mV/div - 1 V/div                          | 8          | bandbreedte: afhankelijk van oscilloscoop, max. 400 MHz   | 7000        | 1974        | Fig. 3-17<br>In 7704, fig. 2-63                                             | Gift Dept. Of Applied Physics          |
| 7A26            | 200 MHz 2-kanaalsverst.                        | 5 mV/div - 5 V/div                          | 10         | bandbreedte: afhankelijk van oscilloscoop, max. 200 MHz   | 7000        | 1974        | Fig. 3-18<br>In 7603, fig. 2-67<br>In 7704, fig. 2-63<br>In 7904, fig. 2-65 | CED TU-Delft                           |



Figuur 3-20: Fairchild 76-01A



Figuur 3-19: Telequipment S2A

### Telequipment plug-in units

| type nr. | functie              | bereik                                                                        | st.      | eigenschappen                               | voor       | jaar | figuur                            | oorspong                     |
|----------|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------|----------|---------------------------------------------|------------|------|-----------------------------------|------------------------------|
| 43A      | 1-kanaals versterker | 10 mV - 50 V/div                                                              |          | bandbreedte: 0 - 16 MHz                     | 43 series  | 1965 | In D43: fig. 2-52                 | Lab. voor Hoogspanning [EWI] |
| 43B      | diff. versterker     | 1 mV - 5 V/div                                                                | 12       | bandbreedte: DC - 100 kHz<br>CMRR: 10,000:1 | 43 series  | 1965 | In D43: fig. 2-52                 | Lab. voor Hoogspanning [EWI] |
| S2A      | dual-sweep tijdbasis | tijdbasis A:<br>100 ns/div - 2 s/div<br>tijdbasis B:<br>100 ns/div - 1 s/div. | 23<br>22 | standaard 'delayed timebase'                | D83 series | 1976 | - fig. 3-19<br>- in D83: fig 2-69 |                              |

### HP plug-in units

| type nr. | functie              | bereik               | st. | eigenschappen                | voor    | jaar | figuur                | oorspong |
|----------|----------------------|----------------------|-----|------------------------------|---------|------|-----------------------|----------|
| HP1840A  | tijdbasis            | 10ns/div - 0.1 s/div | 22  | diverse triggermogelijkheden | HP 183A | 1970 | In HP 183A: fig. 2-64 |          |
| HP1830A  | 2-kanaals versterker | 10 mV/div - 1 V/div  | 7   | bandbreedte: dc - 250 MHz    | HP 183A | 1970 | In HP 183A: fig. 2-64 |          |

### Fairchild plug-in units

| type nr. | functie              | bereik              | st. | eigenschappen                                         | voor                | jaar | figuur    | oorspong |
|----------|----------------------|---------------------|-----|-------------------------------------------------------|---------------------|------|-----------|----------|
| 76-01A   | 1-kanaals versterker | 5 mV/div - 10 V/div | 11  | 2 ingangen, omschakelbaar<br>bandbreedte: dc - 25 MHz | Fairchild 76-series | 1965 | fig. 3-20 |          |



## 4. Accessoires

### 4.1 Elektronenschakelaars

In paragraaf 1.2.1. is het probleem van de simultane weergave van twee signalen besproken. Naast de toepassing van een dubbelstraals CRT bleek het ook mogelijk om de oscilloscoop met behulp van een snel schakelend systeem geschikt te maken voor het simultaan weergeven van twee signalen. **Philips** realiseerde dit door de ontwikkeling van een zogenaamde elektronenschakelaar. Hiermee werd door snel omschakelen tussen de twee ingangssignalen telkens een stukje van elk signaal doorgegeven naar de ingang van de oscilloscoop. De schakelfrequentie was zo hoog, dat op het oog twee signalen tegelijkertijd werden weergegeven, zonder dat de omschakeling zichtbaar was. De **Philips GM4196** was de eerste versie van dit apparaat (**object 01.00103**, fig. 4-1 a/b). Deze versie werd in 1940 geïntroduceerd.



*Figuur 4-1: De elektronenschakelaar Philips GM 4196, een geschenk van Philips aan de TH Delft  
a (links): vooraanzicht  
b (rechts): zijaanzicht*

Hij heeft 2 (gekalibreerde) ingangsverzwakkers. De bandbreedte van de ingangssignalen is beperkt tussen 25 en 500 Hz bij een schakelfrequentie van 10 kHz. Het apparaat is oorspronkelijk in gebruik geweest bij het Lab. voor Toegepaste Mechanica van de (toenmalige) TH Delft. Dit apparaat is een "Geschenk van de Raad van Bestuur de N.V. Philips", zoals blijkt uit een aan de zijkant bevestigd plaatje (fig. 4-1-b).

In de collectie bevinden zich 2 latere versies van dit apparaat, beide met een frontpaneel met Franse tekst. De eerste is het type **GM4580** uit ca 1947 (**object 01.00107**, fig.4-2) en afkomstig uit het Lab. voor Radio- en Kortegolftechniek (Faculteit Et/EWI, TU Delft). Deze heeft 2 ingangsverzwakkers (1 x tot 50 x). De bandbreedte is 0,1 Hz - 250 kHz, terwijl de omschakelfrequentie continu instelbaar is tussen 2,5 Hz en 250 kHz. De tweede versie is het type **GM4581** (**object 01.00104**, fig. 4-3). De omschakelfrequentie is instelbaar tussen 10 Hz en 40 kHz. Dit apparaat is eveneens een geschenk van de Raad van Bestuur de N.V. Philips. Het is in gebruik geweest bij het Lab. voor Elektriciteitsvoorziening (Faculteit Et/EWI, TU Delft).



In 1964 werd de laatste versie van de elektronenschakelaar op de markt gebracht: type **PP1071** (**object 01.00106**, fig. 4-4).

De bandbreedte is D.C. – 15 MHz en de omschakelfrequentie is continu instelbaar tussen 100 Hz en 100 kHz.

Dit apparaat is afkomstig van het Lab. voor Koudetechniek en Verwarming, Afdeling Werktuigbouwkunde, TH Delft. Hoewel er in die tijd al dubbelstraals-oscilloscopen beschikbaar waren, stelt **Philips** in zijn brochure, dat dubbelstraals kathode-straalbuizen last hebben van ongelijkheid van de twee elektronenbundels. Toepassing van de elektronenschakelaar vermijdt dit probleem.

*Figuur 4-4: De laatste elektronenschakelaar, Philips PP1071.*

De elektronische schakelfunctie was dermate succesvol, dat hij naderhand in alle oscilloscopen werd toegepast, die ontworpen werden voor het weergeven van 2 signalen. De faciliteit wordt dan door- gaans weergegeven met de term '*chopped mode*'. Oscilloscopen met deze faciliteit worden vaak aangeduid als '*dual channel*' of '*dual trace*' oscilloscopen. Dit kan verwarring geven met apparaten, die uitgerust zijn met een dubbelstraals CRT: deze apparaten worden dan ook meestal aangeduid met de term '*dual beam*' oscilloscopen. Zie ook Hoofdstuk 1 (par. 1.2.1.) voor een nadere toelichting op de '*chopped mode*'.

## 4.2 Voorversterkers

Vaak was de signaalversterking van een oscilloscoop ontoereikend voor bepaalde toepassingen. Voordat de versterkingsfactor voor een acceptabele prijs kon worden verhoogd, werden er externe versterkers toegepast. In de collectie bevinden zich twee voorbeelden van een dergelijke versterker.

De eerste is de **Philips GM4574** (**object 01.00126**, fig. 4-5), uit 1953. Het is een batterij gevoed apparaat zodat er geen problemen met netstoringen e.d. kunnen ontstaan.



De kern wordt gevormd door een versterker met 3 elektronenbuizen. De versterking is 100 x. De bandbreedte is in 5 stappen instelbaar: hierdoor is een afweging te maken tussen de bovengrens van het frequentiebereik en de ruis. Interessant is, dat in de oorspronkelijke gebruiksaanwijzing van de **Philips 5655** oscilloscoop wordt verwezen naar deze voorversterker om de gevoeligheid van deze oscilloscoop met een factor 100 te vergroten. Een uitvoerige beschrijving van deze versterker is opgenomen als **Bijlage 4**.

Figuur 4-5: De Philips GM4574 voorversterker.

Een geheel andere voorversterker is de **Tektronix 121 "Wide Band Pre-amplifier"**, (**object 01.00135**, fig. 4-6), uit 1950.

De versterkingsfactor is in 4 stappen instelbaar tussen 0,1 x – 100 x. Dit komt overeen met 2,5 mV/div 2,5 V/div als de ingangsgevoeligheid van de oscilloscoop is ingesteld op 0,25 V/div. De bandbreedte is 5 Hz – 12 MHz. Dit apparaat is afkomstig van het Lab. voor Microgolfttechniek (Faculteit Et/EWI, TU Delft).



Figuur: 4-4: De Tektronix 121 "Wide Band Per-amplifier.

### 4.3 Stroommetingen

Behalve snel wisselende spanningen moeten er ook snel wisselende elektrische stromen bestudeerd kunnen worden. Hiervoor zijn dus omzetters nodig die een elektrische stroom in een spanning kunnen omzetten. Een gebruikelijke methode is het toepassen van een kleine transformator, waardoor de omzetter alleen geschikt is voor wisselstroommetingen. Soms wordt de opnamer uitgebreid met een Hall-sensor, waardoor het frequentiebereik aan de onderkant doorloopt tot gelijkstroom (DC). In de collectie bevinden zich twee voorbeelden van stroomomzetters en bijbehorende versterkers. Deze versterkers kunnen worden aangesloten op een oscilloscoop.

De **Hewlett-Packard HP456A** (**object 01.00134**, fig. 4-7) is een zgn. stroomprobe met een daarbij behorende versterker. De meting wordt verricht door de verende clip aan het uiteinde van de 'probe' om de stroom-voerende geleider te leggen.

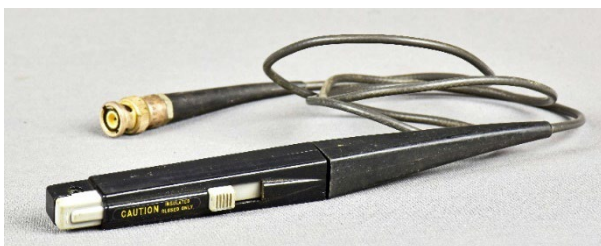


Het meetprincipe berust op de werking van een transformator, waarbij de primaire wikkeling de stroomvoerende geleider is en de secundaire wikkeling (wikkelverhouding 1:400) het meetsignaal levert, dat aan de versterker wordt toegevoerd.

*Figuur 4-8: De HP 456A: Stroomprobe met bijbehorende versterker.*

Het geheel (d.w.z. probe + versterker) heeft een conversie zodanig, dat een stroom van  $1 \text{ mA}_{\text{eff}}$  omgezet wordt naar een uitgangsspanning van  $1 \text{ mV}_{\text{eff}}/\text{div}$  (zie ook de uitleg bij de **Philips GM3152**). Dit signaal kan vervolgens aan een oscilloscoop worden aangeboden. Het meetbereik is van  $0,1 \text{ mA} - 1 \text{ A}$  en het frequentiebereik  $100 \text{ Hz} - 3 \text{ MHz}$ . Omdat het systeem op het transformatorprincipe berust, is het apparaat dus niet geschikt voor gelijkstroom.

De **Tektronix P6016** (**object 01.00196**) is een stroomprobe, zoals hierboven besproken (fig. 4-9). Deze wordt samen met de versterker **Tektronix 131** (**object 01.00196**) (fig. 4-10) gebruikt om een stroom om te zetten in spanning, die geschikt is voor een oscilloscoop. Deze apparaten zijn in 1960 geïntroduceerd.



*Figuur 4-9: De stroomprobe Tektronix P6016.*

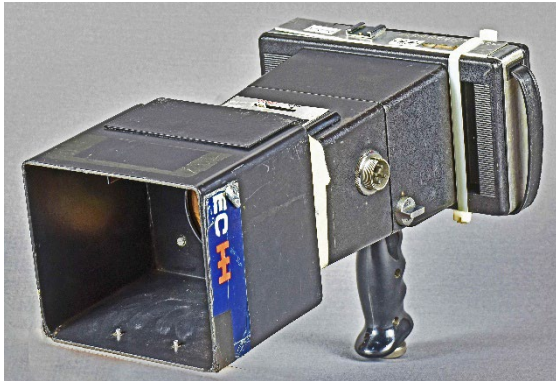
Wanneer de probe en de versterker worden aangesloten op een oscilloscoop met een ingangsgevoeligheid van  $50 \text{ mV}/\text{div}$ , is de totale basisgevoeligheid (d.w.z.: versterking van de P6016 is één) gelijk aan  $1 \text{ mA}/\text{div}$ . Door middel van een 10-staps schakelaar is de gevoeligheid van het totale systeem instelbaar van  $1 \text{ mA}/\text{div} - 1 \text{ A}/\text{div}$  (steeds bij de stand  $50 \text{ mV}/\text{div}$  op de oscilloscoop).



*Figuur 4-10: De stroomprobeversterker Tektronix 131.*

#### 4.4 Camera's en toebehoren

Voor het registreren van kortdurende verschijnselen is een geheugenfunctie aanwezig. Deze functie kan vervuld worden door een storage-oscilloscoop. De schrijfsnelheid en de geheugentijd van deze apparaten zijn begrensd. Naast de eerder besproken apparaten met een scan converter buis (zie paragraaf 2.6) is het fotograferen van het CRT-beeld een voor de hand liggende methode. Veel oscilloscopen hebben daarom een mogelijkheid om een camera te bevestigen voor het beeldscherm. Deze zijn soms geschikt voor polaroid beeld dragers en/of 35 mm film. Ook zijn er videocamera's gemaakt. In de collectie bevinden zich enkele camera's. In enkele gevallen is er een tussenstuk tussen de oscilloscoop en de camera nodig.



(a) *Figuur 4-11: Twee exemplaren van de Polaroid CU-5 camera met tussenstuk voor beeldschermfotografie.* (b)

Van de **Polaroid CU-5** met voorzetstuk zijn 2 exemplaren aanwezig t.w. **object 01.00245**, (fig. 4-11-a) en **object 01.00248** (fig. 4-11-b). Het is een camera, die oorspronkelijk bedoeld is voor *close-up* en microfotografie. Door middel van het tussenstuk is hij geschikt gemaakt voor beeldschermfotografie. De sluitertijd is instelbaar tussen 0,125 s en 1 s, alsmede tijdopname. Er zit een driepens plug op het tussenstuk, waarschijnlijk voor elektrische bediening van de sluiters. De camera is uit ca 1964.

De firma **Tektronix** heeft ook enkele camera's geleverd. In de collectie bevinden zich 2 fotocamera's en één videocamera. De **Tektronix C-12** (**object 01.00190**, fig. 4-12) uit 1961, werd geleverd met uitwisselbare filmhouders, geschikt voor o.a. polaroid rolfilms en type 120 rolfilms. Hij is geschikt voor oscilloscopen met een 5-inch diameter CRT. De sluitertijd is instelbaar tussen 0,01 s en 1 s met mogelijkheid voor tijdopname.



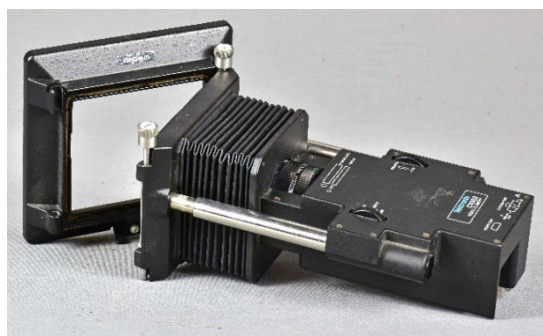
*Figuur 4-12: De Tektronix C-12 camera met tussenstuk voor beeldschermfotografie.*



De **Polaroid CR-9** (**object 01.00246**, fig. 4-13), is een opnamesysteem, dat niet aan een oscilloscoop wordt bevestigd, maar m.b.v. een handgreep tegen het scherm van de oscilloscoop wordt gedrukt. Het apparaat werd in 1972 geïntroduceerd en is afkomstig van het Lab. voor Konstruktie van Elektrische Machines en Transformatoren (Faculteit Et/EWI, TU Delft). De sluitersnelheden zijn 1/125, 1/60, 1/30 s en tijdopname; de lensopening is instelbaar tussen f-5,6 en f-45. De camera accepteert standaard Polaroid film.

Figuur 4-13: De Polaroid CR-9 voor beeldschermfotografie.

In sommige situaties kan het nuttig zijn video-opnamen te maken van het beeldscherm. Voor dit soort toepassingen bracht **Tektronix** rond 1989 de **Tektronix C-1002** op de markt: (**object 01.00247**, fig. 4-14). De beeldopnamefunctie wordt vervuld door een zgn. monochrome CCD ('Charge Coupled Device'). Het videosysteem gebruikt het Amerikaanse formaat: 525 lijnen bij 60 Hz rasterfrequentie, overeenkomend met 728\*493 pixels.



Figuur 4-14: De Tektronix C1002 videocamera voor beeldschermopnamen.

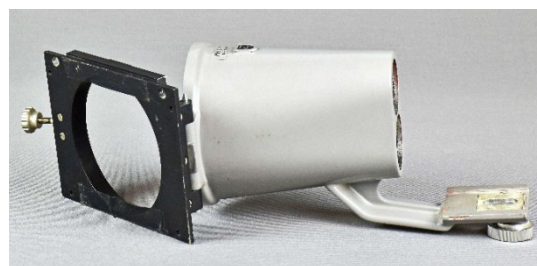
Het hier aanwezige apparaat is geschikt voor het gebruik met **Tektronix** oscilloscopen van de **5000** en **7000** serie.



Een eenvoudige camera voor CRT-fotografie is de **Tektronix C-9** (**object 01.00192**, fig. 4-15) uit het begin van de jaren '90. De sluiters kan worden bediend via een externe schakelaar. De sluitertijd is continu instelbaar tussen 0,1 s – 5 s. Ook tijdopnamen zijn mogelijk. Tussenstukken waren verkrijgbaar voor verschillende afmetingen van de CRT. De camera is geschikt voor Polaroid film-pakketten.

Figuur 4-15: De Tektronix C-9 camera beeldschermfotografie.

In de collectie bevindt zich een los tussenstuk voor de bevestiging van een camera aan een oscilloscoop. Het betreft de **Philips GM5687** (**object 01.00191**, fig. 4-16). Het is een conische buis, die samen met de aansluitflens **GM5685** (eveneens afgebeeld) een tussenstuk vormt voor de bevestiging van een **Rolleicord** type Vb camera aan **Philips** oscilloscopen types **56xx**.



Figuur 4-16: Het tussenstuk Philips GM5687 voor de bevestiging van een camera aan een Philips oscilloscoop.

## 5. Geraadpleegde bronnen

Er is uitvoerig gebruik gemaakt van op internet aanwezige gegevens, De belangrijkste bronnen zijn:

### Voor **Tektronix**:

- TekWiki: ([https://w140.com/tekwiki/wiki/Main\\_Page](https://w140.com/tekwiki/wiki/Main_Page))
- Vintage Tek: (<https://vintagetek.org/>)

### Voor **Hewlett Packard**:

- HP Tech Takes (<https://www.hp.com/us-en/shop/tech-takes/history-of-hp>)

### Algemeen:

Radiomuseum.org (<https://www.radiomuseum.org/>)

Literatuur:

[1] Erik Verhagen,  
"Geheugentrommels"

uitgegeven i.o.v. het Centrum voor Wiskunde en Informatica Amsterdam, 2016 (ISBN 9789090299556)

[2] Elektronisch Meten, Jaargang 1, 1946, N.V. Philips,

### Overige interessante literatuur:

- Artur Seibt,  
"Handbuch Oszilloskoptechnik"  
Elektor Verlag GmbH, Aachen, 1995 (ISBN: 3-928051-73-3)  
Een geactualiseerde Engelstalige versie is te downloaden (N.B.: 418 pagina's!) via:  
[https://w140.com/Handbook\\_of\\_Oscilloscope\\_Technology.pdf](https://w140.com/Handbook_of_Oscilloscope_Technology.pdf)
- K.B. Klaassen,  
"Elektrotechnisch meten"  
Delftse Uitgevers Maatschappij, Delft, 1983 (ISBN: 90-6562-033-8)
- Robert H. Anderson,  
"Storage Cathode Ray Tubes and Circuits"  
Tektronix Inc., Beaverton, USA, 1968
- Ann.,  
"Cathode Ray Tubes"  
Tektronix Inc., Beaverton, USA, 1968
- John F. Rider, Seymour D. Usan,  
"Encyclopedia on cathode-ray oscilloscopes and their uses"  
John F. Rider Publisher, Inc, New York, USA, 1950  
Te downloaden via (N.B.: 992 pagina's!) via:  
<https://ia601907.us.archive.org/31/items/dli.ernet.13823/13823-Encyclopedia%20On%20Cathode-ray%20Oscilloscopes%20And%20Their%20Uses.pdf>

- Ann.,  
"Oscilloscope History and Milestones"  
<http://www.oscopes.info/background/2265-oscilloscope-milestones>
- Giovanni Becattini,  
"Tektronix Epic Oscilloscopes"  
Elektor International Media, Amsterdam, 2024 (ISBN: 978-3-89576-584-1)

## **6. Bijlagen.**

### **Bijlage 1:**

Otto Rompelman: "*The Tektronix 7250 Transient Digitizing Oscilloscope: Pushing analogue oscilloscope techniques to their limits*"

Eerder verschenen in MAXWELL, May 2022, pp 14-17



## The Tektronix 7250 Transient Digitizing Oscilloscope: pushing analogue oscilloscope techniques to the limits.

Otto Rompelman

### Introduction

Recently, an interesting and rather heavy (60 kg!) oscilloscope like instrument (figure 1) was donated to the Historic Collection of the Faculty of EEMCS by the Reactor Institute Delft. Though the instrument looks like an “overweighted” digital oscilloscope, it appeared to be an instrument hiding a remarkably interesting component viz. a *scan-converter* tube. In this contribution we will discuss this device in more detail, in particular in relation to the physical limitations faced by traditional oscilloscopes.



Figure 1: The Tektronix 7250 Transient Digitizing Oscilloscope.

### Conventional CRT oscilloscope high frequency limitations

The basic analogue oscilloscope consists of a Cathode Ray Tube (CRT), a linear time base (sweep) generator and a signal amplifier (figure 2). The electron gun (cathode) of the CRT emits electrons. The electrons are accelerated and focussed on a phosphoric screen, thus producing a small visible spot. The time base or, sweep generator is connected to the horizontal deflection plates causing the electron beam to move linearly with time from left to right, whereas the signal under study, after being properly amplified, is fed to the vertical deflection plates. The trigger system takes care of the synchrony between the waveform under study and the start of the sweeps. In this way the waveform of the signal is displayed on the screen.

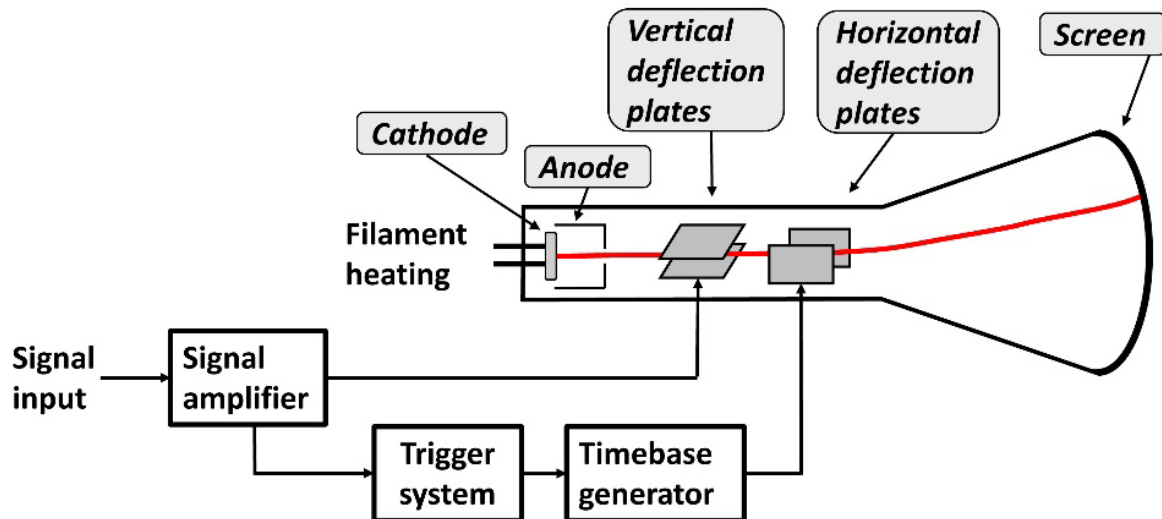


Figure 2: Basic configuration of an analogue (CRT) oscilloscope.

The central part of an oscilloscope is the CRT. The bandwidth of the CRT deflection system is limited. At very high frequencies ( $> 100$  MHz) the electric field between the deflection plates changes while the electrons are still passing that field. The net deflection of the electrons is therefore reduced, and this effect increases with increasing frequency of the voltage applied to the deflection plates. This effect could be reduced by increasing the speed of the electrons, hence decreasing the time that the electrons are influenced by the deflection plates. This can be accomplished by increasing the voltage of the accelerating electrode. However, this introduces some new problems such as higher demands on the insulation both outside and inside the tube. Furthermore, when the speed of the electrons is increased, the time that they are under the influence of the deflecting electric field is reduced leading to reduced vertical deflection sensitivity and, in its turn, to higher demands on the vertical amplifier. In this article we will discuss two interesting developments that led to significant improvements.

### Distributed deflection

As has been mentioned above, changes in the electric field of the deflection plates during the passage of electrons leads to a reduction of the bandwidth. This problem was significantly reduced by the development of the so-called *distributed deflection assembly* [1,2], as illustrated in figure 3.

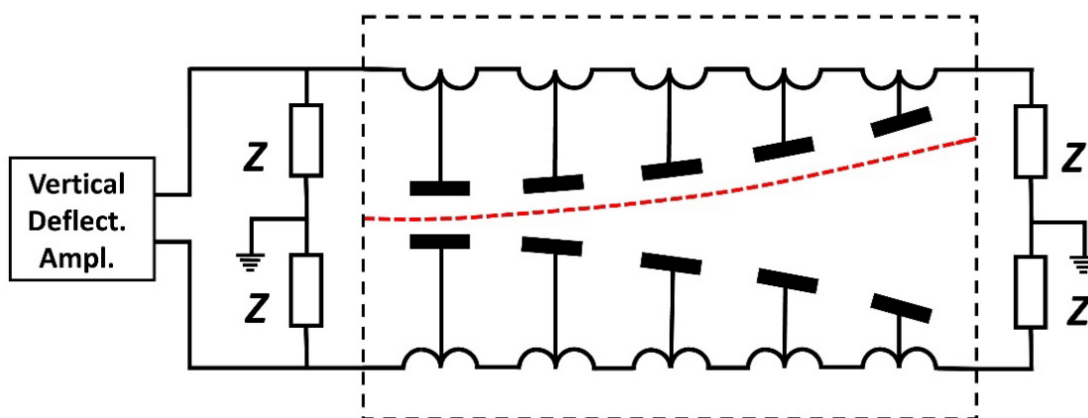


Figure 3: Distributed deflection assembly; the configuration is 'seen' as a transmission line by the vertical amplifier [2].

The basic idea is to split up the deflection plates into a number of rather small segments. Within the tube these segments are interconnected through delaying circuits. The delay per segment is such, that it matches with the travelling time of the electrons passing through that segment. The net result is that, during passage, the electrons are subject to the same phase of the deflection voltage. The introduced delay line has to be terminated properly (i.e., by Z in figure 3) as to avoid unwanted reflections. This leads to a low impedance as seen by the deflection amplifier which was problematic with vacuum tube amplifiers. Distributed amplifiers were used to solve this problem, however at some expense (viz. a number of vacuum tubes). Distributed deflection plates were introduced in the Tektronix 580-series oscilloscopes [4] in the late 1950's with 100 MHz bandwidth and the Tektronix model 454 [5] in 1967 with 150 MHz bandwidth.

#### *Microchannel plate technology*

When increasing the bandwidth of an oscilloscope a new problem arises. High frequency demands lead to high sweep rates and, consequently, to reduced exposure times of the phosphoric screen. The net result is a low light output. To overcome this problem, In the late seventies of the past century, Tektronix introduced the microchannel plate technology [2,3].

A microplate acts as an electron multiplier based on secondary emission and is positioned a few mm's before the phosphoric screen (figure 4). The microchannel plate consists of a large number of parallel channels at a slight angle with respect to the electron beam. The channel walls are semiconducting so as to allow charge replenishment from an external voltage source. Thus, each channel can be considered to be a continuous dynode structure which acts as its own dynode resistor chain. An acceleration voltage of about 1000 V is applied between both sides of the plate. Electrons entering a channel will hit the wall and release a cascade of secondary electrons: this process is repeated a number of times resulting in an enhanced number of accelerated electrons leaving the plate. Finally, an acceleration voltage  $V_a$  (10-50 kV) propels the electrons to the phosphor coated screen. The diameter  $\delta$  of the channels is 25  $\mu\text{m}$ . The resulting diameter of the micro channel plate, therefore, is about 5 cm.

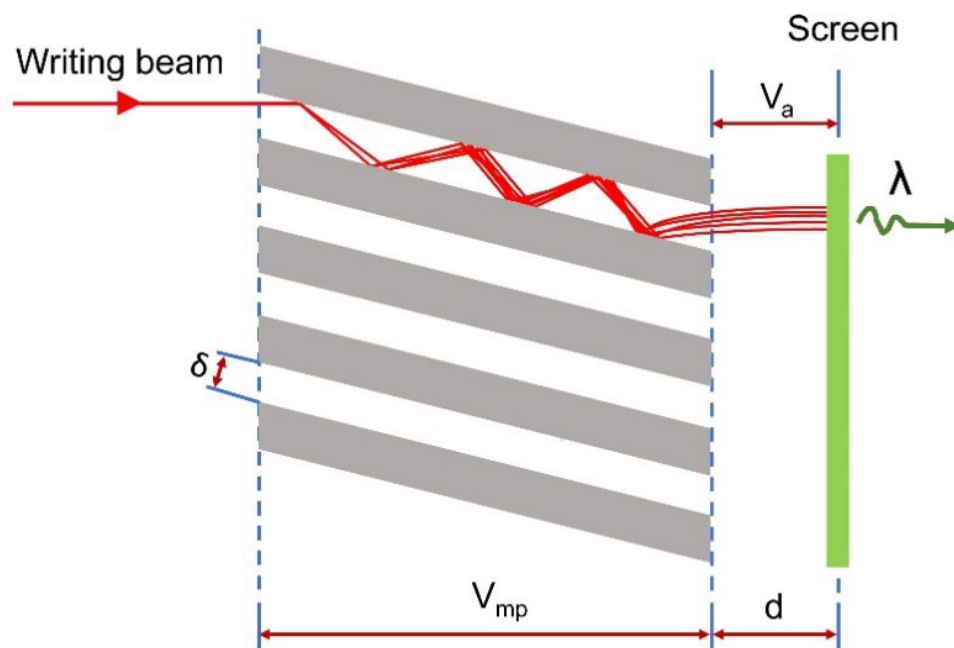


Figure 4: The microchannel plate, the electron beam is enhanced by repetitive secondary emissions before hitting the phosphoric screen ( $d \approx 3 \text{ mm}$ ).

Together with further developed distributed deflection technology (both horizontal and vertical) and special electron optics, the bandwidth of the CRT could be increased to about 1 GHz. The CRT at issue was the Tektronix T7100 [6], which was used in the Tektronix 7104 1 GHz oscilloscope, introduced in 1978 [7].

### Transient recording by means of scan converter technology.

An ordinary oscilloscope is intended to show repetitive waveforms which, when displayed on the screen, are 'fused' by our eyes to a stable image. However, if we are faced with low duty cycle and single event phenomena, we would need some way of storing the image. This need can be fulfilled by a storage oscilloscope or a transient recorder. When dealing with very rapid phenomena, we have to combine the technologies as described above with some storage function. In the *Tektronix 7250 transient digitizer* a so-called scan-converter is used for recording very fast phenomena.

The scan-converter at issue is in fact a combination of two vacuum tubes, viz. an extremely fast *writing* tube (including distributed deflection and a microchannel plate) and a *reading* tube similar to a Vidicon as was used in video cameras [8]. Its principle is illustrated in figure 5. First the signal under study is applied directly to the vertical plates of the CRT-part (not shown in the figure). To achieve maximum bandwidth, no vertical amplifier is used, resulting in a vertical sensitivity of 5 V full scale.

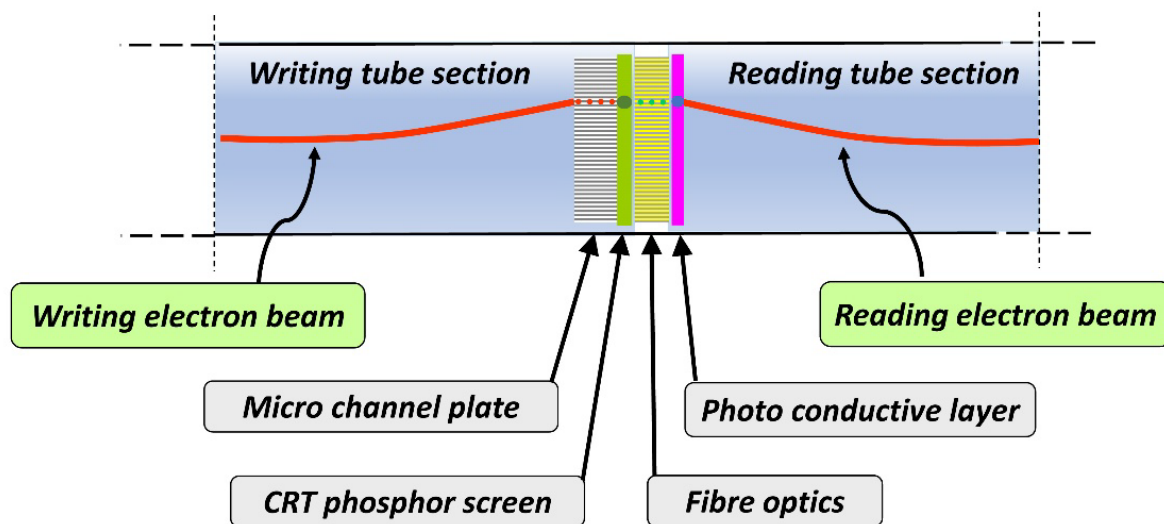


Figure 5: Basic configuration of the scan-converter tube (deflection system not shown).

It should be noted that the introduction of the microplate in fact implies a digitizing process. The number of microplate channels leads to a resolution of 2048 points vertically (11 bits) and 512 points horizontally (9 bits).

The phosphoric screen, when hit by fast electrons, emits photons which are consequently transported through a fibre optic disc to the photoconductive screen of the reading tube (camera) section of the scan-converter (figure 6).

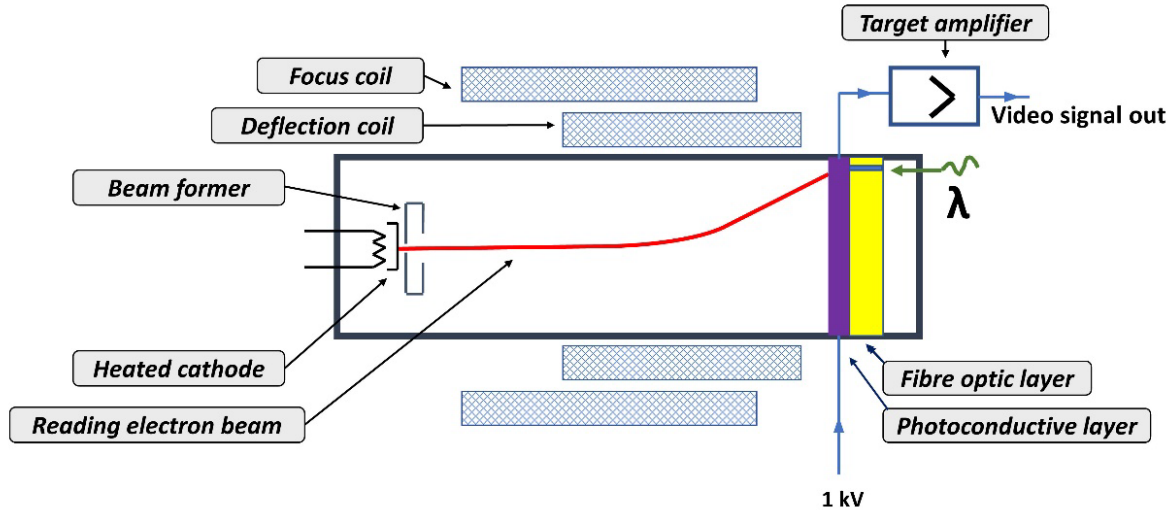


Figure 6: The camera section of the scan-converter tube;  
(this section is mirrored when compared to the overall view of figure 5).

In the camera section the photons emitted by the CRT-section hit the photoconductive layer releasing electrons, leaving a positive charge at that point. The net result is a positive charge image corresponding to the image on the CRT-screen. This image can now be scanned by a reading electron beam. This scanning beam is focussed and deflected with magnetic coils similarly to the usual scanning procedure in TV-systems. The photoconductive layer is connected to a high voltage source. Once the scanning electrons hit a charged area of the layer, an electrical signal is generated in the circuit of the conductive layer. After amplification, the signal is converted into a standard pulse which is fed into one location in a digital memory, the location being determined by the deflection information of the reading electron beam (Figure 7).

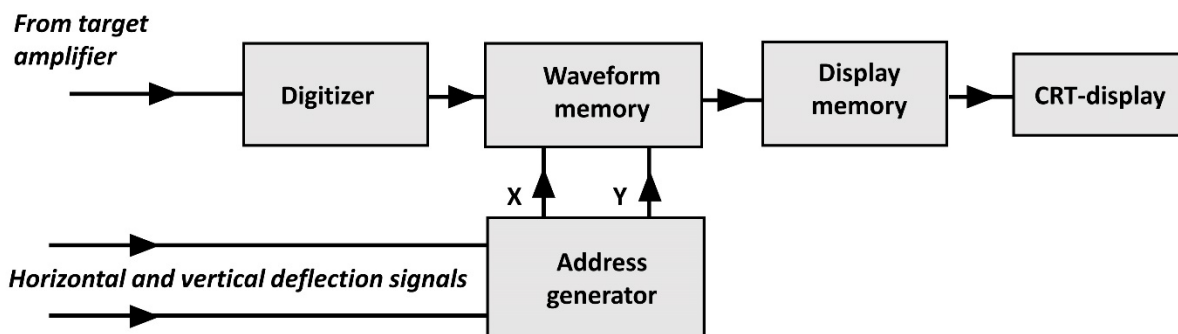


Figure 7: Data storage and display.

The memory is made up of CMOS static RAM. These chips were introduced in the mid '70-ies of the past century. The data can be stored for up to two years using a built-in battery backup. The memory size for one scan corresponds to the physical resolution of the system as discussed before, viz. horizontal (time axis) 9 bits and vertical (signal amplitude) 11 bits. The actual memory size is a multiple of this enabling the storage of multiple waveforms.

## Concluding remarks

The application of the scan converter technology in the Tektronix 7250 has led to an instrument with a bandwidth of 6 GHz enabling the recording of 50 ps rise-time phenomena. The absence of vertical amplifiers leads to a sensitivity of 5 V full scale. Because of the absence of a vertical amplifier and due to the delay line character of the vertical deflection system, the input impedance is 50  $\Omega$ . The input connectors are located at the rear side of the instrument. Sweep rates range from 1  $\mu$ s to 50 ps per division. The instrument is suited for analysing both single shot and repetitive signals. An external trigger signal is required. The sweep delay (delay between trigger signal and actual start of the time base generator) is widely programmable.

Obviously, the use of a digital memory enables detailed data analysis options such as cursor-controlled measurement of signal values. Also, automatic rise time (10% - 90 %), peak-to-peak time and delay times can be assessed. All results are shown numerically displayed on the screen. The stored waveform has much higher resolution that can be displayed on screen. This allows zooming in on details of the stored waveform. Finally, the memory contents may be read out on a plotter or can be transferred to other equipment with the at that time usual GPIB-protocol. Further details can be found in the instrument leaflet [9] and the VintageTek website [10].

Interestingly, the 7250 was originally developed by the French company *Intertechnique (Division Systems Militaire et Transmissions)* and introduced around 1985 as *the IN7000 Oscilloscope Numérique*. In the Tektronix 7250 service manual it is mentioned, that occasionally within the instrument texts are in French [11]. Furthermore, various parts (e.g., printed circuit boards) are provided with French inscriptions. The instrument was rebranded by Tektronix for sale in the USA.

Now that sampling devices with over 1 G-samples/sec have become available (see e.g., [12]), instruments like this have become obsolete.

## Acknowledgement

The useful remarks of Kees Pronk during the preparation of the text are gratefully acknowledged.

## References

- [1] Tektronix, Inc. *Circuit Concepts – Cathode Ray tubes*, Tektronix Beaverton, USA, 1967
- [2] Arthur Seibt, *Handbuch Oszilloskoptechnik*, Elektor-Verlag Aachen, 1995
- [3] see: [https://w140.com/tekwiki/wiki/Micro-channel\\_plate\\_CRT](https://w140.com/tekwiki/wiki/Micro-channel_plate_CRT)
- [4] see: [https://w140.com/tekwiki/wiki/580-series\\_scopes](https://w140.com/tekwiki/wiki/580-series_scopes)
- [5] see: <https://w140.com/tekwiki/wiki/454>
- [6] see: <https://w140.com/tekwiki/wiki/T7100>
- [7] see: <https://w140.com/tekwiki/wiki/7104>
- [8] see: [https://en.wikipedia.org/wiki/Video\\_camera\\_tube](https://en.wikipedia.org/wiki/Video_camera_tube)
- [9] see: [https://w140.com/tektronix\\_7250.pdf](https://w140.com/tektronix_7250.pdf)
- [10] see: <https://vintagetek.org/7250-digitizing-oscilloscope-2/>
- [11] see: [https://w140.com/tek\\_7250.pdf](https://w140.com/tek_7250.pdf)
- [12] see: <https://www.ti.com/data-converters/adc-circuit/high-speed/rf-sampling.html>

An interesting original 'promotion video' on the 7250 can be found at:

<https://www.youtube.com/watch?v=fS6WOx5X8zM>

or by scanning the QR-code:



=====

*All figures by the author.*



## **Bijlage 2:**

Otto Rompelman: "*The development of analogue storage oscilloscopes*"  
Eerder verschenen op de website van de Studieverzameling, Artikelen 2024,  
[https://studieverzameling.ewi.tudelft.nl/images/pdf/Storage\\_Scopes.pdf](https://studieverzameling.ewi.tudelft.nl/images/pdf/Storage_Scopes.pdf)



# The development of analogue storage oscilloscopes

Otto Rompelman

## Introduction

The oscilloscope is probably one of the most widespread measuring instruments in electrical and electronic engineering. Whenever the time course of electrical phenomena is to be observed, oscilloscopes are around. This range of application is even wider, if other physical quantities such as air pressure, mechanical tension or temperature are converted into electrical signals using transducers. Traditionally, the key component of an analogue oscilloscope is the cathode ray tube (CRT). Within the CRT an electron beam, after having been electrostatically deflected and accelerated, hits a phosphoric layer deposited on the inside of the CRT-screen, creating a visible light spot. The basic configuration of an analogue oscilloscope is depicted in figure 1.

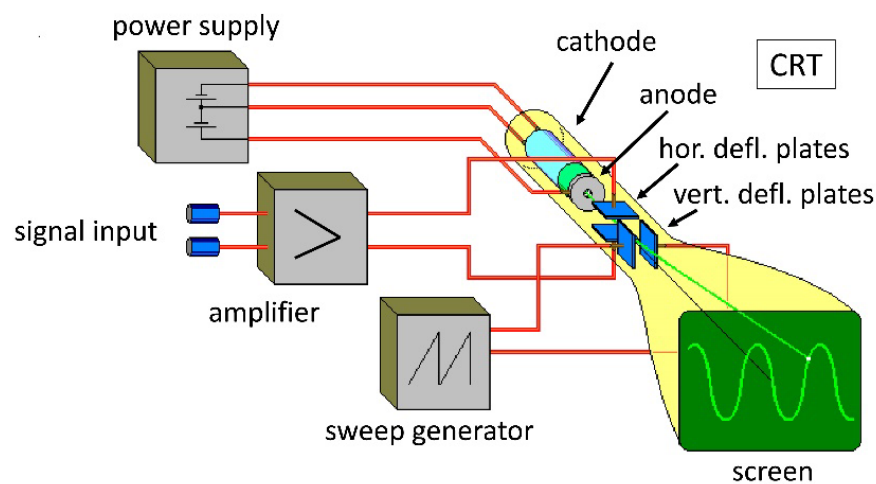
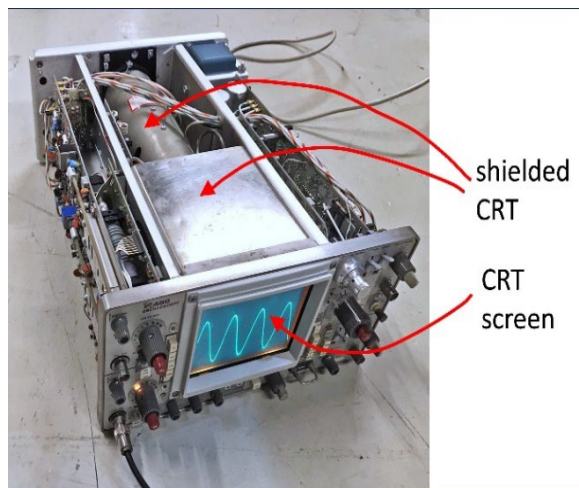


Figure 1: The basic configuration of an analogue oscilloscope.



In figure 2 the inside of such an oscilloscope is shown. Note that the tube is encased in a metal housing for shielding from external magnetic fields. These fields may influence the direction and focusing of the electron beam and thus disrupt the display. The intensity of the light spot depends on the energy of the electrons hitting the phosphoric particles. Furthermore, the phosphor continues to emit light a short time after the electron beam is removed: this phenomenon is known as persistence.

Figure 2: Interior of an oscilloscope.

The light intensity rapidly decays with time, the duration being dependant on the phosphoric material. If we want to observe very slowly varying phenomena, this decaying is much too fast. Also, transient type or 'single shot' phenomena are hard to observe with traditional oscilloscopes. Therefore, some form of memory is desirable. Before there were electronic memories, researchers tried to include some storage properties within the CRT. This led to the development of *storage CRT's*.

## First steps in storing information using CRT's.

The development of storage CRT's can be traced back to the time when the first electronic digital computers were developed. Apart from logic circuitry, the need for memories was felt, for either storing data or instructions. We are talking about the early fifties of the last century, so there was no such thing available as semiconductors or ferrite. In 1946 it was shown by F.C. Williams, (working on the famous ENIAC-computer at the British Telecommunications Research Establishment) that a CRT indeed could be used as a (digital) memory [1]. The storage principle was based on the fact, that, if the screen of the CRT is hit by sufficiently high energy electrons, a positive charge is left at the location of impact. This is due to secondary emission as will be discussed later. Reading the memory is made possible by putting a thin metallic plate in front of the CRT-screen. The positively charged dot on the screen, separated by the CRT-glass and this metal plate form a charged capacitor. Reading out the memory is accomplished by scanning the screen with a low energy electron beam. When a charged spot on the phosphor layer is hit, a small discharge current is induced in the metal plate enabling the reading of the stored information. The position of the beam at this moment in fact represents the address of the memory. However, since, the charge persists for about 0.2 sec (depending on the phosphor used), the memory contents have to be refreshed repeatedly. The principle of repetitive reading and rewriting was also used in the Mercury Acoustic Delay Line memory and later in the solid state dynamic Random-Access Memory (RAM).

## Basic principles of storage CRT's

Once the principle of storing information using a CRT was demonstrated, the development of storage CRT's for oscilloscopes began. As mentioned before, storage is based on secondary emission of electrons, which will be discussed in more detail. If electrons hit a material with sufficient energy (speed), other electrons are released from that material: these are called *secondary electrons*. If the energy of the incoming electrons is increased, the number of secondary electrons increases as well. We will refer to the material hit by the incoming electrons as the *target*. The interaction of electrons hitting a target is illustrated in figure 3.

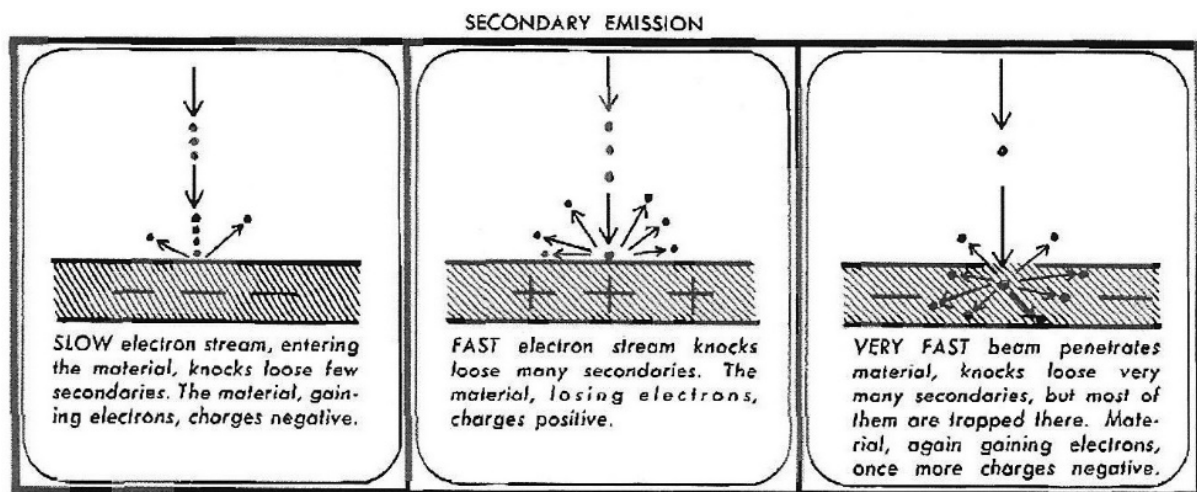


Figure 3: The effect of electrons hitting a surface (figure derived from [2]).

An important factor is the so-called secondary electron ratio  $\delta$ , which is the quotient of the number of emitted and received electrons.

$$\delta = \frac{\text{secondary emission current}}{\text{primary beam current}}$$

In figure 4 this quotient is plotted as a function of the energy of the incoming electrons.

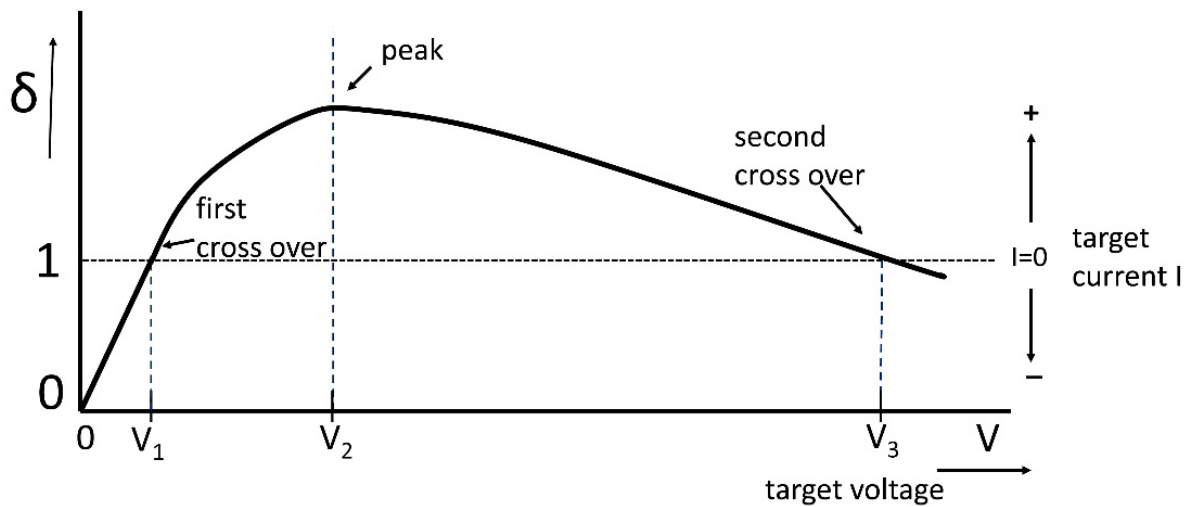


Figure 4: The secondary emission ratio as a function of the target voltage.

As can be seen,  $\delta$  increases with the target voltage  $V$ . Above  $V_1$ ,  $\delta$  becomes greater than 1 which means that more electrons are emitted than received, hence leaving the target with a positive charge. However, as mentioned above, further increase of  $V$  (say after  $V_2$ ) leads to a decrease of  $\delta$ , eventually (say at  $V_3$ ) leading to  $\delta < 1$ . This latter effect is because extremely fast electrons penetrate rather deeply into the material. Most electrons, that are released there are immediately trapped again within the material, the net result being that the target charges negative.

There are two ways of implementing a memory function in a CRT, both based on secondary emission of electrons, viz the *phosphor memory* and the *mesh memory*. Both techniques will be discussed.

The storage CRT differs from the standard CRT as shown in figure 1, in the sense that some extra elements are added.

### **Phosphor memory tube**

In the phosphor memory tube, the screen consists of a phosphor layer and a thin transparent conducting coating, located in between the phosphor layer and the glass envelope). Two extra electrode configurations are added: the *flood guns* and the *collimator bands* (figure 5).

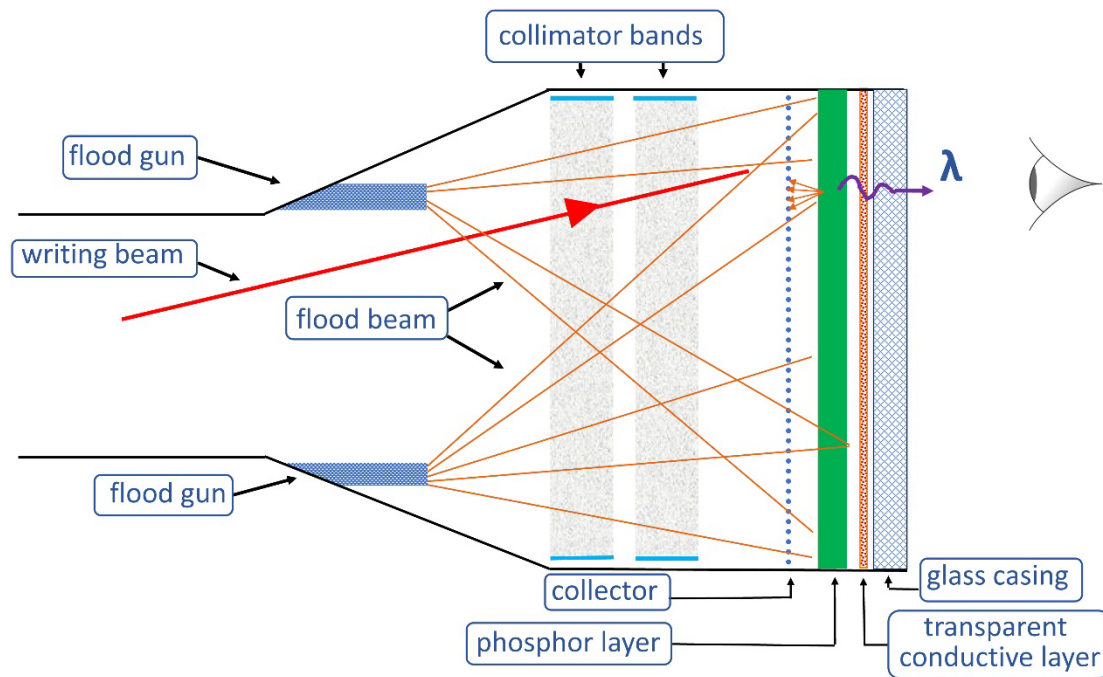


Figure 5: Lay-out of the phosphor memory CRT (Direct View Bistable Memory tube).

When the writing electron beam hits the screen with sufficient energy, many secondary electrons are emitted, ( $\delta > 1$ ) leaving the affected areas with a positive charge. The flood guns emit electrons with low energy. The collimator bands (annular electrodes) ensure, that these slow electrons are evenly distributed over the target. When these electrons hit the phosphor, it will get charged negative, until the point that the electrons are caught by the collector and a stable situation is reached. If the flood gun electrons hit the positively charged regions, they dislodge enough secondary electrons to keep these areas positive. The released secondary electrons from the written area are accelerated by the positive potential of the conducting coating of the screen such, that the phosphor lightens up. If the energy of these electrons might become too high, they lose their capability of freeing secondary electrons (viz figure 1), in other words  $\delta$  will remain at value 1, a stable situation. The action of the writing beam and the flood gun beams can be summarized as follows:

- The writing beam lights up the screen and dislodges many secondary electrons as it writes the waveform; the written area loses electrons and charges positive while the surrounding area remains *negative*.
- The flood gun electrons hit the unwritten areas too slowly to light the phosphor and the target charges negative. The positively charged written area attracts electrons at a higher speed dislodging enough secondary electrons to keep the phosphor lit and hold the area *positive*.

In conclusion: a location on the phosphor screen can be at either flood gun potential or at collector potential. Therefore, these tubes are referred to as *bi-stable* tubes.

The memory is erased by shortly applying a positive voltage to the screen (via the conductive layer). The screen is then fully 'written' by the flood-guns. Then, the screen is made negative to about the flood gun cathode potential whereafter it is slowly returned to the "ready-to-write" level.

The implementation of the afore described technique in a real CRT initially led to disappointing results. This was mainly due to charge leakage between the written area and its surroundings leading to a blurred and even a disappearing trace. A solution was found in separating the storage function and the fluorescence ("fast electron  $\rightarrow$  light") function. This is accomplished in the *mesh memory tube*.

### Mesh memory tubes

Both the writing gun and the flood guns are still present. However, apart from the coarse collector mesh, there is a very fine storage mesh, positioned in between the collector mesh and the phosphor screen (figure 6). The collector mesh (a) accelerates electrons towards the storage mesh and (b) collects secondary electrons emitted by the storage mesh. A highly insulating dielectric layer is deposited on the storage mesh. It is in this layer where the actual storage takes place.

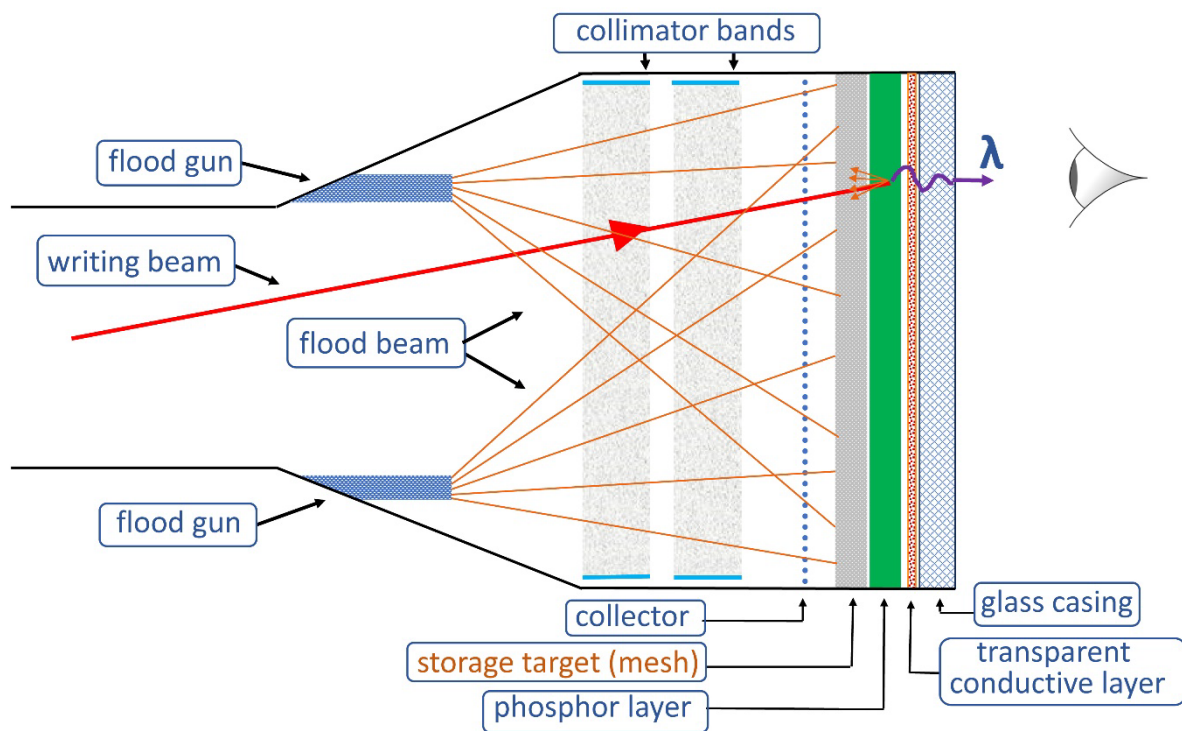


Figure 6: Lay out of the mesh memory CRT (note the added memory mesh, if compared to fig. 3).

The writing mode is similar to that of the phosphor memory tube: high energy electrons from the writing gun create local areas with a positive charge due to secondary emission from the dielectric. whereas the other regions remain negative. In the reading mode there is an accelerating potential of a few 1000 Volts between the storage mesh and the conductive layer (aluminized coating) between the phosphor screen and the glass casing of the CRT. Hence, flood gun electrons are attracted through the positively charged areas of the storage dielectric. After having been accelerated by the aluminized coating, they hit the phosphor screen thus creating a bright spot, the location corresponding to the positively charged areas of the storage target. Electrons, that do not interact with the target are returned to the collector mesh. The stored image (charge pattern) can be erased by applying a positive pulse of about 10 V to the storage mesh. By capacitive coupling the dielectric goes positive as well but will discharge soon to about zero Volts due to the flood gun electrons hitting it. After the erase pulse is finished the storage mesh drops back to the quiescent level near zero Volts. Again, by capacitive action the dielectric drops negative to about - 10 V leaving it ready for the next writing action. It should be mentioned, that, thanks to the properties of the dielectric, there is no leakage over the surface and hence the image is retained. Here the advantage of this configuration over the phosphor memory tube becomes clear.

In summary:

The writing beam dislodges secondary electrons from the storage target; the written area charges positive while the surrounding area of the target remains negative; flood gun electrons pass through the written area of the storage target and strike the phosphor.

- During reading flood gun electrons, that pass through the areas of storage, are accelerated, and hit the phosphor screen; the remainder of the storage target blocks flood gun electrons.

The separation of the storage and fluorescence function paved the way for the realization of another useful function, viz *variable persistence*. It was mentioned that the stored charge image can be erased by applying a positive pulse to the storage mesh. By applying a series of short pulses, the image will be partly erased. By varying the width and repetition rate of these pulses we obtain an adjustable 'fading out' of the image or, in other words: a variable persistence. It then appears as if a phosphor with a very long afterglow is used. This is a very useful feature if very slow phenomena are to be observed.

Though the mesh storage principle seems to be superior to the phosphor memory principle, as will be discussed, the development of an improved phosphor screen led to the initial supremacy of this principle as will be mentioned below. The principles of storage CRT's have been discussed in an introductory way. Further details can be found in [3].

### Early development of storage CRT's

In two advertisements of 1956 the Memotron CRT was introduced ([4], [5]). It was a device produced by Hughes Aircraft and developed by Andrew Hall, who, after pioneering work at the US Naval Research, had joined Hughes in 1950. The Memotron is a memory mesh type storage CRT as discussed above. It was used in the Memoscope 104, produced by Hughes aircraft. The instrument is described in more detail in [6]. In our collection, we have an example of both the Memotron type 6498 (figure 7) and the Memoscope 104 (figure 8). The writing speed was 4  $\mu\text{s}/\text{cm}$ . Further details on this tube can be found in [7].



Figure 7: The Hughes Memotron type 6498 as present in our collection.

The Memotron appeared to be difficult to produce so the yield was rather low. Furthermore, it was a rather fragile device and critical to be used.



Figure 8: The Hughes 104 Memoscope (1956) as present in our collection.

Another early storage CRT was the type E702A produced by English Electric Valve Company, Chelmsford, UK ([8],[9]). It was a -mesh memory type tube. It was used in the so-called REM-scope, produced by Cawkell Research and Electronics Ltd., London, UK. In our collection we have a copy of this apparatus figure 9). The writing speed was  $0.4 \mu\text{s}/\text{cm}$ .



In the meantime, a researcher from Hughes Aircraft, Bob Anderson, joined the famous oscilloscope manufacturer Tektronix, where he returned to the principle of the phosphor memory tube. He discovered, that by depositing the phosphor layer in a well-defined scattered way (mutually isolated phosphor dots), a stable charge pattern could be realized, hence avoiding the cumbersome production of a multi electrode tube as the mesh storage CRT ([2]). This led to the highly successful Tektronix 564 storage oscilloscope, introduced in 1962 [10] and later followed by the Tektronix 549 in 1965 [11]. An example of this oscilloscope can be found in our collection as well (figure 10).

Figure 9: The English Electric "REM-scope" (1963) as present in our collection.

The new phosphor memory type CRTs were very solid and much easier to produce. Furthermore, they were easier to use. The development of these tubes led to a new series of oscilloscopes as well as graphic terminals for computers, such as the Tektronix 611 (1967), 601 (1969), 4010 (1972) and 4014 (1974). These tubes appeared to be very successful. However, their writing speed (maximally in the order of 2  $\mu\text{s}/\text{cm}$ ) did not meet the increasing need for the storage of faster signals.



Figure 10: The Tektronix 549 storage oscilloscope; note the split screen allowing for one half of the screen as storage and the other half for conventional display as present in our collection.

To achieve higher writing speeds developers returned to the mesh memory type CRT's. This allowed also for the introduction of oscilloscopes with variable persistence as mentioned previously. Hence, these tubes are often referred to as *variable persistence CRT's*. This is somewhat confusing since it refers to a property rather than to the underlying physical principle. Tektronix applied these CRT's e.g., in their 7613 oscilloscopes [12] and the 607 X-Y storage display unit [13]. The memory mesh technique with its inherent variable persistence feature was also employed in a.o. the Philips PM3243 (1977) as present in our collection [14]. Although not in our collection the Hewlett Packard HP 141B mainframe (1966) and the HP 180A (1967) should be mentioned as well as being examples of the early HP variable persistence storage oscilloscopes ([15], [16]. [17])

### **Later developments and conclusion**

The wish for ever increasing writing speeds finally led to the development of the so-called *transfer storage* CRT. In this CRT the functions of "writing on a target" and "reading from a target" are separated. This technique was developed by Tektronix around 1972 and implemented in the Tektronix 7623 [18]. The maximum writing speed was 10 ns/div. Even faster writing speeds were achieved by the highly advanced scan-converter tubes as been used in e.g., the Tektronix 7250 [19], which was previously described in [20]. These instruments mark the end of the analogue storage era. The next generation of instruments is characterized by digital storage of measurement data using high-speed A/D-converters and solid-state memories. This leads to the conclusion, that all modern digital oscilloscopes are in fact storage oscilloscopes.

## Acknowledgment

The author gratefully acknowledges the useful remarks of Gerard J.M. Janssen and Kees Pronk.

---

## References

- [1]: see: [https://en.wikipedia.org/wiki/Williams\\_tube#](https://en.wikipedia.org/wiki/Williams_tube#)
  - [2]: "The Storage Story", TekTalk Spring 1966, (TekTalk is a company periodical published by Tektronix);  
see: <https://7vmc31.p3cdn1.secureserver.net/wp-content/uploads/2017/07/Storage-Story-TekTalk-Spring-1966.pdf>
  - [3]: see: <https://w140.com/tekwiki/images/b/b1/062-0861-01.pdf>
  - [4]: Teletech & Electronic Industries, June 1956, p. 51
  - [5]: Teletech & Electronic Industries, July 1956, p. 17
  - [6]: John. F. Rider and Seymour D. Uslan, "Encyclopedia on Cathode Ray Oscilloscopes and their uses", John F. Rider Publishers, New York, 1959, p 11.52 – 11.65
  - [7]: see: <http://lampes-et-tubes.info/cr/MEMOTRON.pdf>
  - [8]: see: <https://frank.pocnet.net/sheets/084/e/E702A.pdf>
  - [9]: see: <http://lampes-et-tubes.info/cr/cr038.php?l=e>
  - [10]: see: <https://w140.com/tekwiki/wiki/564>
  - [11]: see: <https://w140.com/tekwiki/wiki/549>
  - [12]: see: <https://w140.com/tekwiki/wiki/7613>
  - [13]: see: <https://w140.com/tekwiki/wiki/607>
  - [14]: see: <http://bee.mif.pg.gda.pl/ciasteczkowypotwor/Philips/pm3243.pdf>
  - [15]: see: <https://xdevs.com/doc/HP/141A.pdf>
  - [16]: see: [https://www.radiomuseum.org/r/hp\\_oscilloscope\\_141a\\_141\\_a.html](https://www.radiomuseum.org/r/hp_oscilloscope_141a_141_a.html)
  - [17]: see: <http://hparchive.com/Brochures/HP-180A-Brochure.pdf>
  - [18]: see: <https://w140.com/tekwiki/wiki/7623>
  - [19]: see: <https://w140.com/tekwiki/wiki/7250>
  - [20]: Otto Rompelman, "The Tektronix 7250 Transient Digitizing Oscilloscope", Maxwell 25.2, 2022, p. 17-17  
(see also: [https://studieverzameling.ewi.tudelft.nl/images/pdf/scopes\\_from\\_Maxwell\\_252.pdf](https://studieverzameling.ewi.tudelft.nl/images/pdf/scopes_from_Maxwell_252.pdf))
-



### **Bijlage 3:**

Jelle Boele, "*The Philips GM5655: a simplistic cathode ray vacuum tube oscilloscope*"  
Bewerkte versie van een eerdere publicatie in MAXWELL, February 2020, pp 6-9



## The Philips GM5655: a simplistic cathode ray vacuum tube oscilloscope

Jelle Boele

### Introduction

During the past 60 years, the oscilloscope has become one of the most important tools in any electronics lab. The Philips GM5655 [1] is a compact, and back then comparably affordable, cathode ray tube (CRT) oscilloscope used by many of the faculties of the university. It was introduced in 1946 and was still in production in the early sixties. During this quarter of a century, both the internal construction and circuits changed, whilst the exterior remained unaltered. The "*Studieverzameling*" owns all different versions, as well as a special exploited view-version, where the modules are separated. This sub-collection gives a nice perspective on how electronics matured during this period. When introduced in 1946, comparable scopes were heavy and bulky pieces of equipment.

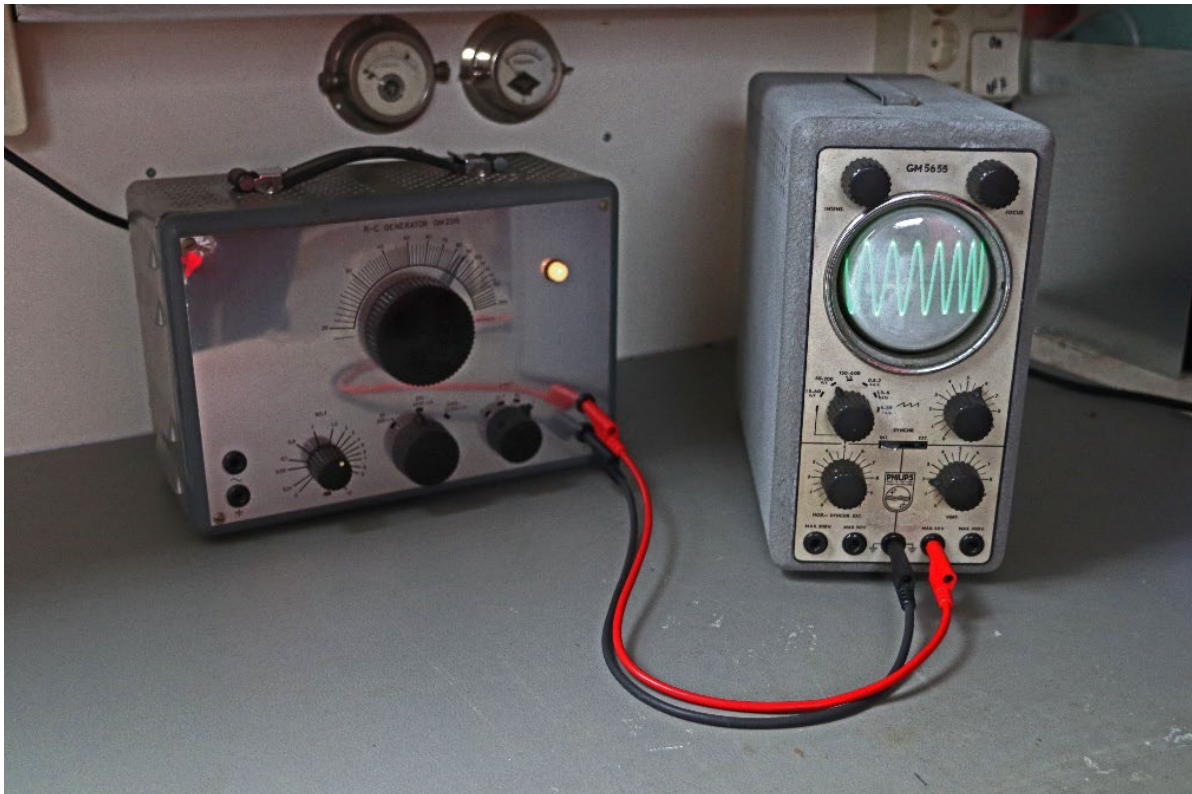


Figure 2: The GM5655 in use.

The GM5655 is exactly the opposite (fig. 1), as it is small, even compared with modern digital storage scopes. Best of all, it could be moved without obtaining back injuries!

The intended purpose of the device was to indicate low frequency signals or for signal tracing in radio circuits using an optional probe, the **GM4575**. The probe ("*meetkop*") uses a tube for detecting radio signals and will not be further discussed in this article. The focus of this publication will lay on the basic elements of the CRT scope. Owing to its simplicity, the GM5655 is good specimen to study the basic structure of an CRT based oscilloscope.

First the basic principles of the cathode ray tube are introduced, followed by a circuit description. After this, there is a short description of the tubes and construction method used. The article will end with a short explanation of repairs, evaluating the quality of the measurements and a conclusion.

## **The cathode ray tube (CRT)**

The first CRT's were already developed in the late nineteenth century. Physicists had a strong desire to visualize (electronic) signals in time. Ferdinand Braun developed the first experimental samples in 1897 [2]. In a sense the CRT is an almost 'magical' component where electrons are transformed into visible light.

The most important components in a CRT are the glass envelope, the source (electron gun), the deflection plates and a phosphor coated screen. Almost all CRT's have the typical Erlenmeyer-flask (conical) shape. One important thing to mention is that the device is evacuated to allow electrons to travel freely without interacting with oxygen or other particles.

The electron source relies on the thermionic effect to free electrons into the vacuum. These free electrons are produced by a so-called emitting surface, the cathode, coated with specially selected materials (typically barium) to lower the work voltage. The cathode is heated by a filament (also known as heater) driving the electrons out of the coated surface. A cloud of free electrons is formed surrounding the cathode. Part of the electrons are extracted from this cloud by an anode having a high positive voltage potential (several 100V).

The anode consists of a metal plate, having a very tiny hole. Electrons accelerate towards the anode, or equivalently in Z-direction. Part of the electrons hit the plate and form a so-called plate current. The other part passes through the hole forming an electron beam or ray, hence the name cathode RAY tube. Typically, a CRT has multiple anode plates cascading each other, focusing the beam whilst passing through them.

Using two pairs of deflector plates (arranged in X and Y direction) and an electrostatic field, the beam can be deflected. After the deflection plates, the electron beam propagates further through the vacuum and hits the screen. The screen is uniformly coated with a layer of phosphor. By Luminescence the phosphorus layer is emitting light when impacted by the electron beam. The location of impact can be steered using the deflection plates.

The deflection plates need to be supplied with a large amplitude signal because electrons pass through them at very high speed. This is also why early CRT's always are quite long compared to the display diameter, then a lower control signal can be used, as the deflection angles can be substantially smaller due to the longer envelope. Further development showed the possible use of magnetic deflection, enabling CRT tubes to become shorter whilst obtaining larger screen diameters.

The GM5655 uses the DG7-3 CRT tube (L4) [3], with a screen diameter of 7 cm (only half the typical smart phone screen). The tube uses a relatively low supply voltage of 600V dc. Typical beam currents are in the order of several hundred microamps. The DG7-3 has a grid in between cathode and its anodes. With this grid, the beam current can be controlled (using a low negative potential), altering the intensity of the visible light.

## Circuit description

The simplified circuit of the GM5655, obtained from the original user manual, is shown in fig. 2. It consists of 2 amplifiers, an oscillator, a synchronization stage and the CRT. All these units receive power from a power-supply consisting of four different voltage levels. For simplicity, the power supply circuit is omitted in this drawing.

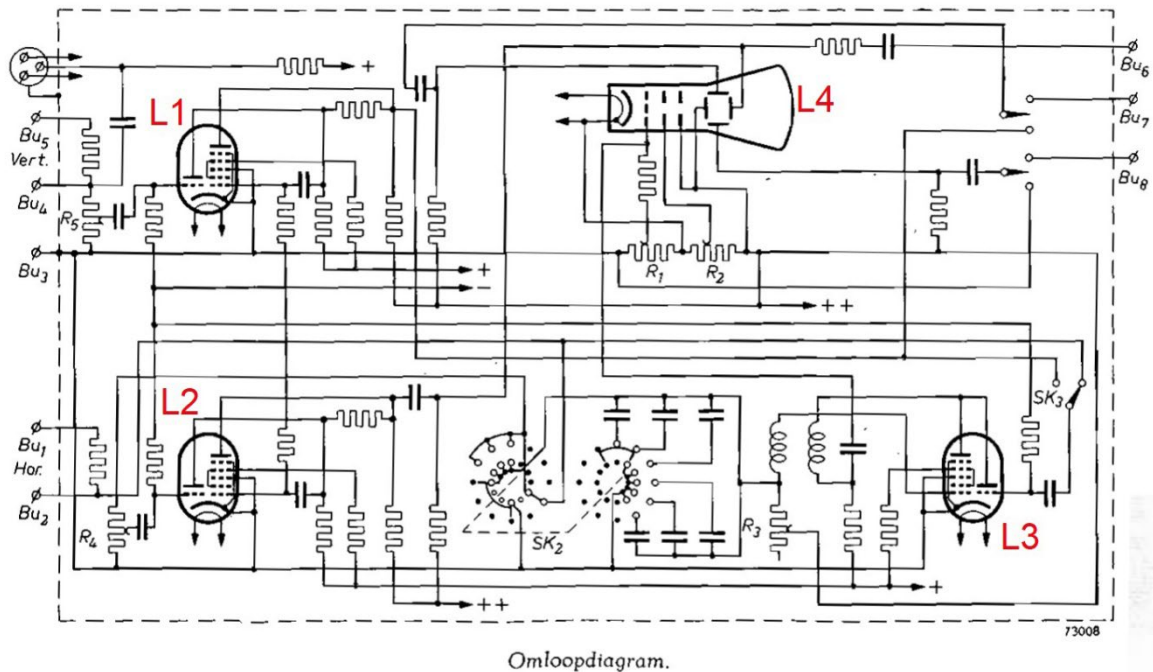


Figure 3: The GM5655 schematics.

In the GM5655 three ECH21 [4] tubes, two EZ2 tubes and a DG7-2 tube are used (fig. 3).



Figure 4: The tubes, from left to right, ECH21, EZ2, DG7-3.

More information about the ECH21 tube will follow in the next section of this article. Two of this tubes form the amplifiers for driving the X and Y deflection plates of the CRT tube. The amplifier comprises a two-stage design around L1 and L2, where the first stage is high gain common cathode triode amplifier followed by another high gain common cathode pentode stage. The heptode section of the ECH21 can be used as a high gain pentode, by connecting the grids in a specific manner, as shown in the circuit diagram. To work around the fact that the cathodes of the heptode and triode section are interconnected, the cathode is grounded and the grids obtain the right bias potentials via a negative supply line.

The third ECH21 tube forms an oscillator and a synchronization stage. The heptode is generating a ramp-shaped wave for the horizontal sweep, whilst the triode is used for synchronizing the ramp signal to the input signal.

The power supply needs to provide 4 different potentials: 300V DC, 600V DC, -5V DC and 6.3V AC. The 300V and -5V are needed for the amplifiers, oscillator and synchronization stage. For the CRT screen the highest potential is needed (600V dc). All tubes use the 6.3V ac winding for heating their filaments. The CRT has a separate filament winding (6.3V ac), because the cathode to filament isolation can only handle 200V peak-to-peak.

The High voltage supplies are realized using two identical stacked 300V supplies consisting of two EZ2 [5] full-wave rectifier tubes, an inductor and some electrolytic capacitors. The inductor has an air gap in its core to increase its capability of supplying DC current without saturating. Back in the day, an inductor-based power supply filter was quite common, as it provided high attenuation of the ripple voltage and a low voltage dropout.

### **The ECH21, a combined heptode-triode tube**

The GM5655 makes use of three pentode-heptode tubes of the type ECH21. This was a very popular vacuum tube in the late 1940ies, and therefore some additional information will be given. In the late 1940ies vacuum tube engineers at Philips developed a new vacuum tube for use in radio receiving sets. Three important design requirements were set:

- 1) the tube needed to be very compact
- 2) the construction must allow a fully automated manufacture process
- 3 it should have low device capacitances to allow high frequency use

Shortly before and during WW2 Philips put in a lot of effort in developing tubes having an all-glass construction. Advantages of this new construction were the ability to fully automate production (reduce parameter spread and cost) and very low device capacitances. The latter was very important in the development of VHF and UHF RADAR. After the war, the new all-glass construction quickly became the standard and was adopted to almost all vacuum tubes. All the tubes in this oscilloscope use the all-glass construction.

The ECH21 tube contained two systems, a triode and a heptode, reducing the tube count in a typical radio set. Owing two systems, the tube was useful in many applications. The main application was found in super-heterodyne radio sets, popular back then for AM reception. The triode would act as a local oscillator and the heptode as mixer/multiplier. The GM4655 uses three ECH21 tubes; in both the amplifiers and as an oscillator + synchronization stage. In the amplifiers, 2 of these tubes are used (L1 and L2). The triode section is used as input stage, and the heptode section, wired as pentode, is used for controlling the deflection plates. Of the third ECH21 (L3), the heptode is used as saw tooth oscillator and the triode for synchronizing the signal under test with this saw tooth signal.

## Construction

A typical electronic device (radio/test equipment) made in the 1940ies uses the so called 'hard-wired' construction. No carriers (pcb's) for the components are used, resulting in messy internals. The components are placed and soldered in the right place, using their lead wires for support.

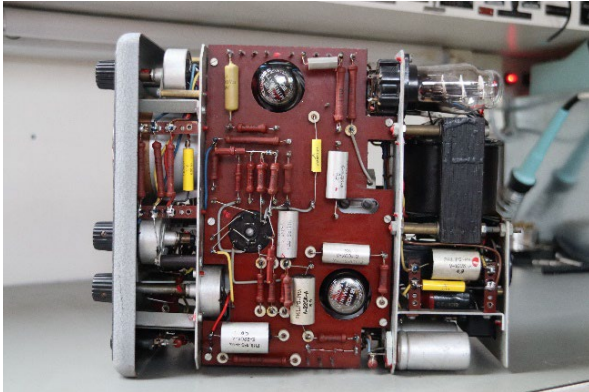


Figure 4: The inside, right view.

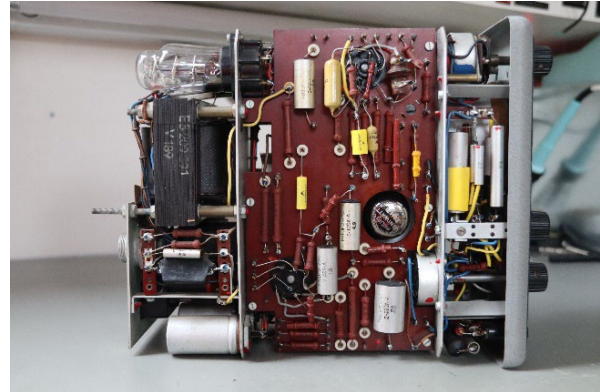


Figure 5: The inside, left view.

The GM4655 in contrast uses circuit boards, without a printed circuit. Figures 4,5 and 6 show the internals. In the boards soldering turrets are mounted. The interconnection of the turrets is done using wires, located at the backside of the boards. All components have their designated location and can be easily reached for service. This is a unique and ahead of its time feature of this vintage oscilloscope.

## Bringing her back to life

Waking up an old unknown electronic appliance is always a challenge. Capacitors dry out over time, insulators become brittle, and tubes may lose their vacuum due to flaws in the glass envelope or glass-to-metal seals. On top of that is the unknown factor of repairs and modification carried out by previous owners. Especially equipment contained in the Studieverzameling have a high likelihood of tempered internals... (engineers and scientists do not throw away stuff without attempting repairs).

Therefore, it is convenient to use a variac for the first taste of mains juice in over 20 years. A variac is variable transformer allowing the user to variate the mains voltage slowly from 0 to 230V AC. This reduces stress on the components. Using this method, the scope came to life, barely. During heating of the tubes, the beam became shortly visible, but it quickly got deflected outside the screen area. Consulting the schematic, two possible culprits were found: the two tar-sealed capacitors coupling the X and Y amplifiers to the deflector plates of the CRT.

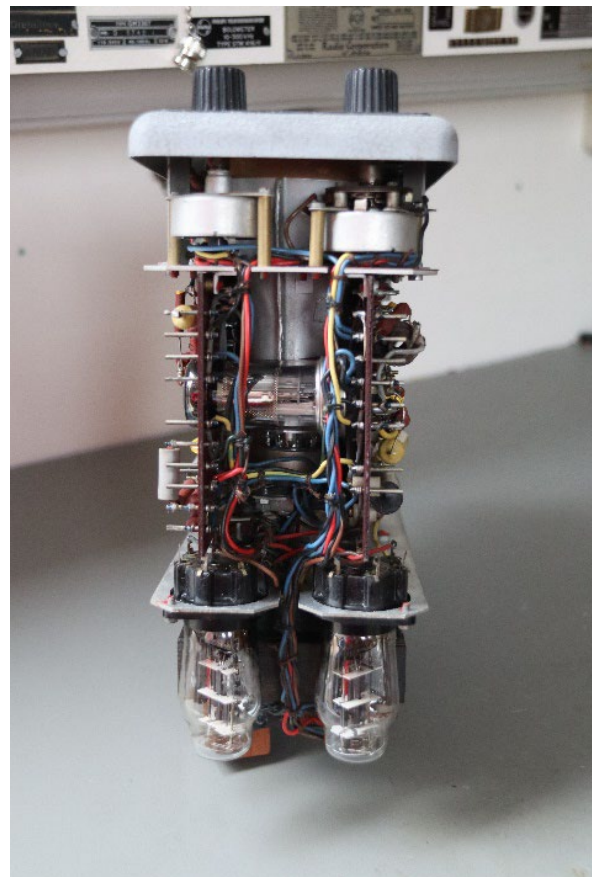


Figure 6: The inside, top view.

After replacing these components, the beam was centered in the middle of the screen. A sine wave was fed into the scope to verify the operation of the X and Y amplifiers. The waves showed on the screen but were badly (unsymmetrically) distorted. Using a multimeter and the voltages indicated in the schematic the problem was quickly found: the negative supply rail (used for biasing the X and Y amplifiers) was at zero (instead of -1.5V). The negative supply uses a selenium-cell as rectifier; An early semiconductor formed by a selenium-selenium junction doped with halogen. These are notorious to fail, as even the manual from 1952 already states a typical repair method using an OA50 GE diode. The faulty rectifier was replaced by a conventional silicon diode with a resistor in series, to roughly match the internal impedance of the old device. After some additional preventive repairs the scope was fully working as intended.

### Measuring or indicating waves

The X and Y amplifiers in the scope do not use any form of feedback. Therefore, the transfer of the amplifiers is highly dependent on device parameters. As vacuum tubes have a large spread in parameters (up to +/-20% is assumed to be normal) the gain is not constant during operation. In general, a new tube has well over 2 times the typical transconductance stated in the datasheet. During its operational lifetime it will decrease until it has reached about 80% of the datasheet value, where it is said to be at the end of its life. To make things worse, the input level of the X and Y amplifiers is continuously variable using a carbon-film potentiometer (+/- 20% nonlinearity, when new).

The screen does not have a grid. Combined with the previously mentioned problems in the amplifiers, it becomes clear that the GM5655 is not very useful for making absolute measurements. Therefore, it was common practice to have a GM6005 voltmeter (also in the collection) in parallel with the input of the GM5655. The Voltmeter was used to determine the RMS value of the signal under test. Whilst the scope gave the operator an idea of the wave shape.

### Conclusion

The GM5655 scope is not useful for doing precise measurements, it is just an indicator of the wave shape. The main reason for this conclusion is found in amplifiers, which are heavily dependent on device parameters. A second reason for this conclusion is the lack of a grid on the CRT display. Nevertheless, the GM5655 gives a wonderful insight into the technology involved in a CRT based oscilloscope, as well as an insight in the state of electronics in the mid-20th century.

For further information regarding oscilloscopes, measurement equipment in general and / or vacuum tubes, please feel free to visit the Studieverzameling down in the basement below DEMO. You're welcome on Mondays after 10 AM.

### References

- [1] [https://www.pa3esy.nl/Philips/meetinstrumenten/html/qm5655/pdf/GM5655\\_3.pdf](https://www.pa3esy.nl/Philips/meetinstrumenten/html/qm5655/pdf/GM5655_3.pdf)
- [2] "Saga of the Vacuum Tube", Gerald F.J. Tyne 1977, page 37, (available in the library of the studieverzameling)
- [3] <https://frank.pocnet.net/sheets/030/d/DB7-3.pdf>
- [4] <https://frank.pocnet.net/sheets/033/e/ECH21.pdf>
- [5] <https://frank.pocnet.net/sheets/102/e/EZ2.pdf>

## **Bijlage 4:**

Kees Pronk, Piet Trimp: "*A pre-amplifier for use with electronic voltmeters and oscilloscopes*"  
Eerder verschenen in MAXWELL, July 2024, pp. 22-25.



## A pre-amplifier for use with electronic voltmeters and oscilloscopes

Text and Photos: Kees Pronk.

Circuit diagrams: Piet Trimp.

### Introduction

Around 1953 Philips developed a pre-amplifier to increase the sensitivity and input impedance of electronic voltmeters and oscilloscopes. Although the sensitivity of such measuring equipment in those days was already quite high, measurement applications arose where more sensitivity was needed. The Philips GM 4574 to be described here has been developed to have an input impedance of  $5\text{ M}\Omega$  and a gain of  $100\times$  for AC voltages. This article is an adaptation of an article by F.G. Peuscher and J. van Holthoon published in Philips Technical Review in December 1953 (Ref 1). The amplifier (type GM 4574), available in the Study Collection of EWI, is depicted in figure 1 and forms the subject of this contribution.



Figure 1: Amplifier GM 4574, giving an amplification of  $100\times$ .

## General description

In the design of this amplifier, the principal objective was to produce a small unit that would not occupy more space than strictly necessary on a work bench on which room has also to be found for equipment under test and numerous measuring instruments. For this reason, sub-miniature vacuum tubes of the kind originally designed for hearing-aids (Ref. 2) were decided upon, these being operated from dry batteries. The need for a mains transformer, rectifier tube and smoothing equipment is thus dispensed with.

Only a small amount of power is consumed by the filament circuits of these sub-miniature tubes, and therefore only small batteries are required. There is another advantage in the use of batteries: the voltage surges invariably occurring in mains voltages, as well as ripple voltages, are completely avoided. This is very important from the point of view of the purpose for which the amplifier is intended, since the input voltages concerned are often very small, viz. of the order of 0.1 mV. At the same time, batteries are not without their disadvantages; they tend to produce substances which would set up corrosion or endanger the insulation. In the present amplifier this difficulty has been overcome by housing the batteries in insulated boxes (figure 2) which entirely prevent contamination of the amplifier, and which can be quite easily removed and rinsed in water if necessary.

In order to ensure that the amplification shall remain as constant as possible, this being of course an essential feature where measurements are concerned, considerable negative feed-back is employed. This is particularly desirable because the slope of the tubes varies fairly widely as a result of the gradual drop in the battery voltages. The 'slope' of the tube is defined as  $i_a/v_g$  ( $\Delta$ -anode current /  $\Delta$ -voltage on the steering grid; expressed in mA/V). This slope is also known under the names transconductance and mutual conductance (see ref. 5).

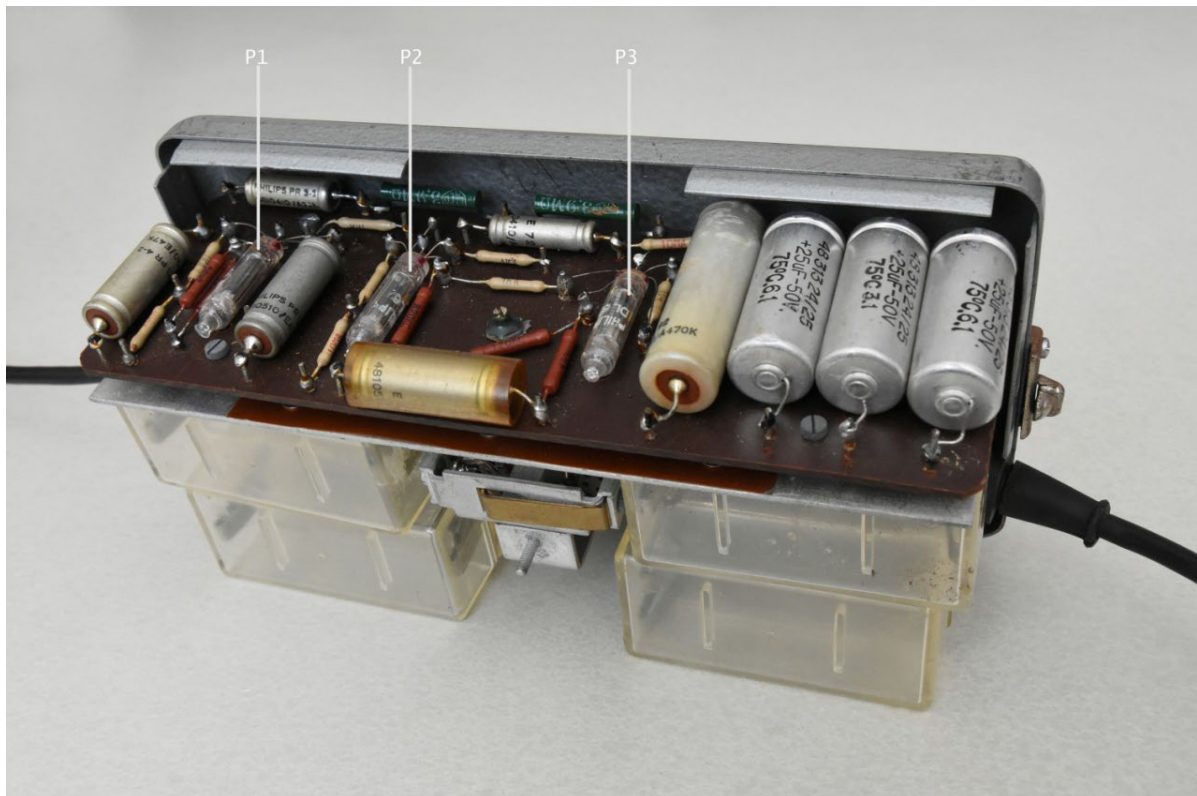


Figure 2: Interior of the GM 4574. P1, P2 and P3 are the DL 67 miniature tubes.

For an overall amplification of 100 x, the gain that would be obtained *without* negative feed-back (open loop gain) must accordingly be much more than 100 x. Two stages in cascade are provided, each giving an amplification of about 63 x, and both stages thus give an open loop gain of 4,000 x. These stages precede a third, cathode-follower circuit, the purpose of which is to keep the output impedance low (less than 5000  $\Omega$ ), so that the amplification shall be independent of the (high) input impedance of the equipment connected to the output terminal of the GM 4574. The amplification obtained from this third stage is slightly less than unity.

### The circuit

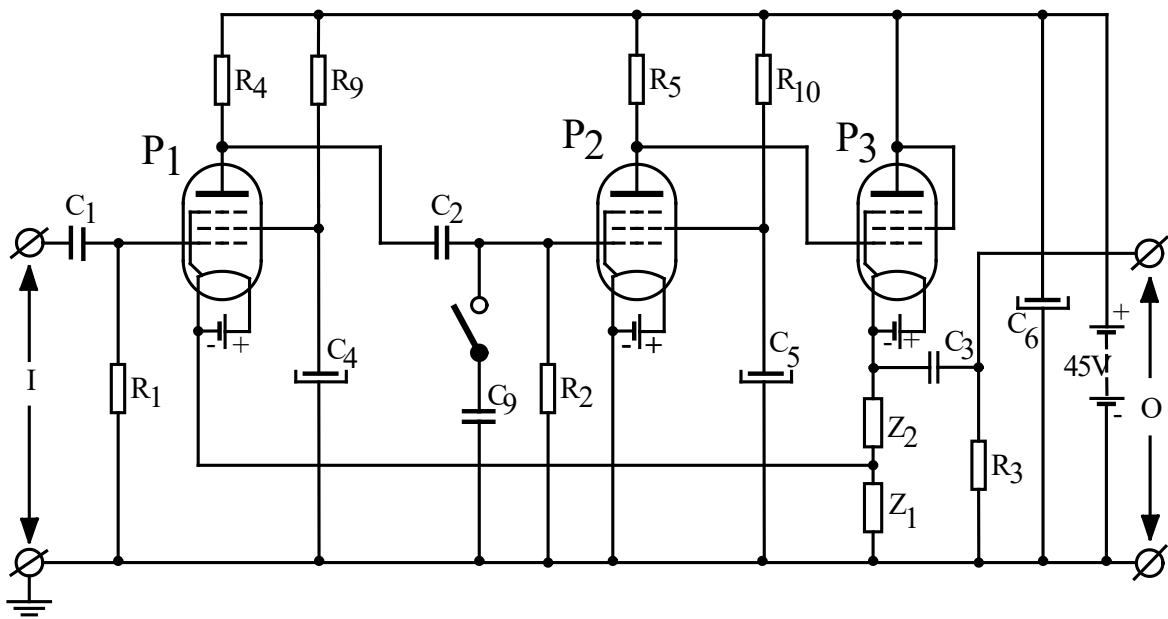


Figure 3: Circuit diagram of the amplifier. *I* = input, *O* = output.

The schematic circuit is shown in figure 3. The three tubes are pentodes, type DL 67. For more information about pentodes, please see ref. 3. As the cathodes are not interconnected in this circuit, each filament (current 13 mA) is fed from its own battery (1.5 V). The battery boxes mentioned above, guarantee adequate insulation between the batteries themselves and with respect to earth. Since the DL 67 uses a directly heated cathode, the cathodes cannot be connected and should be heated from individual batteries (see also ref. 4).

The DL 67 is designed to give sufficient anode current even on low supply voltages (max. 45 V), this being ensured by incorporating in it a screen grid of closely spaced wires. A detailed picture showing how the DL67 has been soldered directly into the circuit is given in figure 4.



Figure 4: Detail of the circuit board containing the DL 67 pentode.

The mutual conductance of the screen grid is accordingly very high, which means that variations in screen voltage have a pronounced effect on the working point of the tube. In order to prevent the working point from drifting too much as a result of diminishing voltage from the anode battery, the screen grids of the first and second tubes are fed through high resistances (the third tube is connected as a triode). When the battery voltage drops, the screen current also drops slightly and the voltage loss in the feedback resistor is reduced, thus partly compensating the drop in the battery voltage. Consequently, the screen grid current, and hence also the anode current, are much less dependent on the battery voltage than if the screens were connected direct to a tapping on the battery. Differences in the mutual conductance of the screen between one tube and another are thus also smoothed out.

The screen grids are decoupled by capacitors  $C_4$  and  $C_5$ , which are electrolytic capacitors of high capacitance ( $25\ \mu\text{F}$ ), each having in parallel with it a paper capacitor of much lower capacitance (not shown in figure 3). Electrolytic capacitors have the advantage of a very small volume per  $\mu\text{F}$ , especially at the low working voltages occurring in this amplifier.

The objective of the paper capacitor is to ensure effective decoupling also at high frequencies, at which electrolytic capacitors have a fairly high impedance (their series resistance increases with frequency). A third electrolytic capacitor ( $C_6$ ) is connected across the anode battery, to avoid undesirable coupling across the internal resistance of the battery, which can become fairly high as the battery gets older.

Capacitive coupling is employed between the input and first tube ( $C_1-R_1$ ), between the first and second tubes ( $C_2-R_2$ ) and at the output ( $C_3-R_3$ ), the second tube is DC-coupled to the third. The cathode connection is in each case the negative side of the battery. Grid bias for the first and second tubes is established with respect to the negative side of the filament, across the high-value leak resistors ( $R_1$ ,  $R_2$ ); this bias is increased slightly for the first tube by the voltage drop across the impedance  $Z_1$  which is part of the negative feed-back circuit.

The slope of the tubes at the working point is about  $0.1\ \text{mA/V}$ ; the input impedance is roughly  $5\ \text{M}\Omega$ .

## Negative feedback

The negative feedback circuit is shown in figure 5.

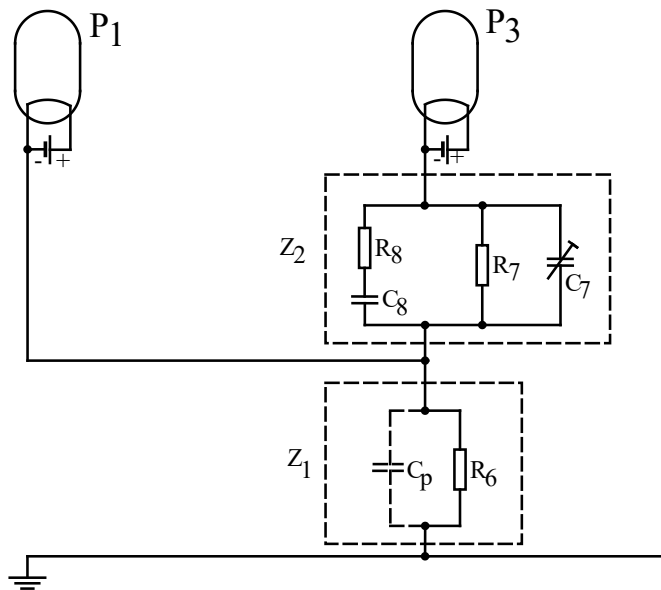


Figure 5 Detail of the negative feedback circuit of the amplifier.

It consists of two impedances  $Z_1$  and  $Z_2$ ; a feedback of  $\beta = Z_1 / (Z_1 + Z_2)$  is produced, this representing that part of the output voltage which is returned to the input. The ratio in which the amplification  $A$  (without negative feedback) is thereby reduced, is  $1: (1 + \beta A)$ . In the present case  $A$  is about 4000 and the required amplification is  $A' = 100$ , so that  $\beta = Z_1 / (Z_1 + Z_2)$  must be roughly  $1/100$ . Variations in the amplification are thereby reduced in the ratio of  $1: (1 + \beta A) = 1/40$ , which is sufficient to ensure that the amplification (except at the very highest frequencies concerned) is not reduced by more than 10% when all the battery voltages have dropped to one half their rated values. Non-linear distortion is also attenuated in a ratio of  $1/40$  and this is particularly important when the amplifier is employed with an oscilloscope. Figure 5 gives further details of the negative feedback circuit. At frequencies in the region of 1000 Hz the capacitances  $C_p$  and  $C_7$  may be neglected, and  $C_8$  can be regarded as a short circuit.  $Z_1$  then consists only of the resistor  $R_6$  and  $Z_2$  consists of the resistors  $R_7$  and  $R_8$  in parallel. The required amount of amplification ( $100 \pm 3\%$ ) is obtained by using the appropriate value for  $R_6$ .

In figure 5,  $C_p$  represents a stray capacitance, this being mainly the capacitance to earth of the filament battery for the first tube. At high frequencies the effect of  $C_p$  is not negligible, but this can be counteracted by means of a small trimmer  $C_7$ , since the ratio  $Z_1 / (Z_1 + Z_2)$  is independent of frequency when  $C_7$  satisfies the condition  $C_7 \frac{R_7 R_8}{R_7 + R_8} = C_p R_6$ .

To ensure that voltages of square waveform will be amplified without distortion,  $C_7$  is very carefully adjusted, using a square-wave voltage of about 5000 Hz. The form of the output voltage of the amplifier is simultaneously checked with an oscilloscope which immediately reveals any discrepancy in the adjustment. This is done in a way similar to the way we nowadays adjust our oscilloscope probes. Owing to the finite time constants of the three  $RC$  couplings ( $C_1-R_1$ ,  $C_2-R_2$  and  $C_3-R_3$ ), the gain is smaller in the low frequencies than in the middle of the range; to compensate this, the feedback network is so designed that the feedback is reduced with decreasing frequency.

When the frequency is reduced, the capacitor  $C_8$  (figure 5) increases the impedance of the branch  $R_8$ - $C_8$  and hence also of  $Z_2$  so that the ratio of  $Z_1 / (Z_1 + Z_2)$  decreases.

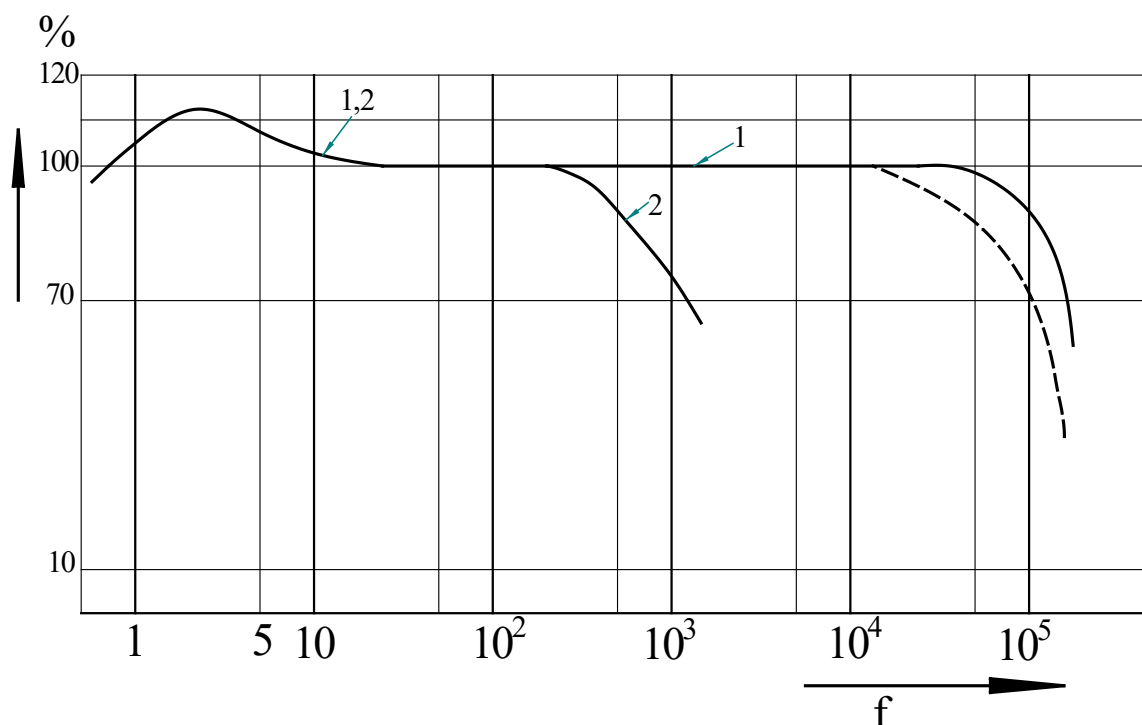


Figure 6 Amplification as a function of frequency.

This compensation is not perfect, however; to ensure that there will not be too little compensation in any given frequency range, some over-compensation must be permitted in another range. This is the reason why the solid curve figure 6 rises slightly at frequencies below 100 Hz, to reach a maximum at 2 Hz, which on average over a number of these amplifiers is roughly 12% above the nominal value of the amplification. Consequently, a perfectly square wave of 12.5 Hz will be slightly distorted; at 25 Hz this distortion is almost imperceptible, and at 50 Hz it cannot be detected at all. Without the compensation, even a 50-Hz square-wave voltage would be badly distorted, and the compensation therefore ensures a useful increase in the range of frequencies for which the amplifier can be employed. With a response curve of this shape (curve 1 in figure 6), obtained by means of the compensation mentioned, the unit is suitable for amplifying sinusoidal frequencies of from 1 to 150,000 Hz; with a square wave voltage the frequency range is 10 to 10,000 Hz. Even when all the battery voltages have dropped to half their rated values, the response curve retains the form shown, with the exception of the extreme right-hand end, i.e., at the higher frequencies, where the drop becomes slightly steeper (dashed line in figure 6). Where amplification of very small voltages within a limited range of frequencies is required, it is useful to be able to reduce the background noise at the expense of the bandwidth. Such conditions will often occur in investigations of mechanical phenomena, which are concerned with very low frequencies; the high-frequency end of the range can then be safely suppressed, thus eliminating the noise attributable to the higher frequencies. This is effectuated very simply by placing a capacitor in circuit ( $C_9$  in figure 3). The noise voltage, referred to the input is less than 10  $\mu$ V without the capacitor  $C_9$ , but is less than 5  $\mu$ V with this capacitor in circuit. In this case the response curve of the amplifier is as shown by curve 2 in figure 6, this being suitable for the amplification of sinusoidal voltages at frequencies of 1 to 1000 Hz, and square-wave or pulse voltages of from 10 to 50 Hz.

## Additional design objectives

In the original article two more issues are discussed: forming of the electrolytic capacitors and microphony. When looking at figure 1, two special positions are available on the main switch. These have to do with forming of the capacitors, a mechanism which will not be discussed here in detail. The reader is referred to the original publication. Microphony is the (mechanic) influence by vibrations (sound) on the position of the grids in the DL67. These vibrations may results in varying anode currents. In order to avoid possible trouble due to microphony when very low voltages are to be amplified, the amplifier chassis is flexibly mounted in the case.

## Conclusion

This description of the Philips GM4574 pre-amplifier clearly shows a number of interesting design choices made during the design of this piece of equipment such as feedback, frequency characteristic and noise behaviour.

## References:

-1-[http://www.extra.research.philips.com/hera/people/aarts/\\_Philips Bound Archive/PTechReview/PTechReview-15-1953\\_54-169.pdf](http://www.extra.research.philips.com/hera/people/aarts/_Philips_Bound_Archive/PTechReview/PTechReview-15-1953_54-169.pdf)

Philips Tech Review 17, 164-174, 1953; Volume 15 No 6

-2- [http://www.extra.research.philips.com/hera/people/aarts/\\_Philips Bound Archive/PTechReview/PTechReview-15-1953\\_54-037.pdf](http://www.extra.research.philips.com/hera/people/aarts/_Philips_Bound_Archive/PTechReview/PTechReview-15-1953_54-037.pdf)

Philips Tech review 15, 37 – 48, 1953 (no. 2), An electronic hearing aid; P. Blom

-3-<https://en.wikipedia.org/wiki/Pentode>

-4-[https://en.wikipedia.org/wiki/Hot\\_cathode](https://en.wikipedia.org/wiki/Hot_cathode)

-5-<https://en.wikipedia.org/wiki/Transconductance>



*Kathodestraalbuizen zijn kwetsbare objecten: daarom werden ze voor transport vaak verend in een kist of krat opgehangen.*

## 7. Index

In onderstaande tabellen zijn alle apparaten opgenomen, die in de hoofdtekst worden genoemd. Ze zijn gesorteerd op naam van de fabrikant. De verwijzingen zijn naar de paginanummers. Apparaten, waarnaar wordt verwezen maar die niet in de collectie aanwezig zijn, zijn aangeduid in cursief en met \*) achter het typenummer.

| Fabricaat             | Categorie     | Type-nummer      | Pagina     |
|-----------------------|---------------|------------------|------------|
| <b>AEG</b>            |               |                  |            |
|                       | oscilloscopen | O15              | 38         |
|                       |               | <i>EON-IV *)</i> | 21         |
| <b>Cawkell</b>        |               |                  |            |
|                       | oscilloscopen | Remscope SO1/740 | 42, 107    |
| <b>CINTEL</b>         |               |                  |            |
|                       | oscilloscopen | Type 15A         | 63         |
| <b>Clough-Brengle</b> |               |                  |            |
|                       | oscilloscopen | Model CRA        | 22         |
| <b>Cossor</b>         |               |                  |            |
|                       | oscilloscopen | 1035             | 11, 29, 37 |
|                       |               | 1052             | 34         |
|                       |               | 1049 Mark II     | 37         |
| <b>Dynatek</b>        |               |                  |            |
|                       | oscilloscopen | 8200             | 60         |
| <b>E.M.I.</b>         |               |                  |            |
|                       | oscilloscopen | 3794             | 28         |
| <b>Fairchild</b>      |               |                  |            |
|                       | plug-in units | 76-01A           | 78, 79     |
| <b>Haefely</b>        |               |                  |            |
|                       | oscilloscopen | 711              | 65         |
| <b>Handykit</b>       |               |                  |            |
|                       | oscilloscopen | MKS 507          | 61         |
| <b>Heath Comp.</b>    |               |                  |            |
|                       | oscilloscopen | Heathkit IO-12   | 47         |
|                       |               |                  |            |
|                       |               |                  |            |

| Fabricaat              | Categorie     | Type-nummer   | Pagina                           |
|------------------------|---------------|---------------|----------------------------------|
| <b>Hewlett Packard</b> |               |               |                                  |
|                        | oscilloscopen | 130B          | 41                               |
|                        |               | 141B *)       | 110                              |
|                        |               | 180A *)       | 18, 108                          |
|                        |               | 183A          | 55                               |
|                        |               | 185A *)       | 55                               |
|                        |               | 456A          | 15                               |
|                        |               | 1722A         | 59                               |
|                        | plug in units | 1830A         | 55, 78, 79                       |
|                        |               | 1840A         | 55, 78, 79                       |
|                        | stroommeters  | 456A          | 84                               |
| <b>Hughes</b>          |               |               |                                  |
|                        | oscilloscopen | Memoscope 104 | 36, 49, 107                      |
| <b>MBLE</b>            |               |               |                                  |
|                        | oscilloscopen | BEM003        | 52                               |
| <b>Nagard</b>          |               |               |                                  |
|                        | oscilloscopen | 103           | 24, 25                           |
|                        | plug-in units | 103/1A        | 24, 25                           |
|                        |               | 103/12        | 24, 25                           |
| <b>Nordmende</b>       |               |               |                                  |
|                        | oscilloscopen | UO 963        | 40                               |
| <b>Philips</b>         |               |               |                                  |
|                        | oscilloscopen | EL84          | 62                               |
|                        |               | GM3152        | 22, 23, 24, 30, 31, 32, 34, 84   |
|                        |               | GM3153        | 22                               |
|                        |               | GM3156        | 30                               |
|                        |               | GM3159        | 30                               |
|                        |               | GM5600        | 44                               |
|                        |               | GM5603        | 44                               |
|                        |               | GM5652        | 33                               |
|                        |               | GM5655        | 17, 31, 32, Bijlage 3 (111 e.v.) |
|                        |               | GM5656        | 34                               |
|                        |               | GM5659        | 33                               |
|                        |               | GM5666        | 35                               |
|                        |               | PM3200        | 18, 53                           |
|                        |               | PM3206        | 18, 53                           |
|                        |               | PM3210        | 58                               |
|                        |               | PM3220        | 51                               |

| Fabricaat           | Categorie             | Type-nummer | Pagina                   |
|---------------------|-----------------------|-------------|--------------------------|
| <b>Philips</b>      |                       |             |                          |
|                     | Oscilloscopen (verv.) | PM3230      | 51                       |
|                     |                       | PM3233      | 58                       |
|                     |                       | PM3243      | 61                       |
|                     |                       | PM3400      | 15, 54                   |
|                     |                       |             |                          |
|                     | elektronenschakelaars | GM4196      | 81                       |
|                     |                       | GM4580      | 81, 82                   |
|                     |                       | GM4581      | 81, 82                   |
|                     |                       | PP1071      | 81                       |
|                     |                       |             |                          |
|                     | voorversterkers       | GM4574      | 83, Bijlage 4 (119 e.v.) |
|                     |                       |             |                          |
|                     | camera-toebehoren     | GM5685      | 86                       |
|                     |                       | GM5687      | 86                       |
|                     |                       |             |                          |
|                     | transducenten         | GM5522 *)   | 30                       |
|                     |                       | GM5526 *)   | 30                       |
|                     |                       | GM5527 *)   | 30                       |
|                     |                       |             |                          |
| <b>Polaroid</b>     |                       |             |                          |
|                     | cameras               | CU-5        | 85                       |
|                     |                       | CR-9        | 86                       |
|                     |                       |             |                          |
| <b>Radiometer</b>   |                       |             |                          |
|                     | oscilloscopen         | OSG 18      | 26                       |
|                     |                       | OSG 42A     | 27                       |
|                     |                       |             |                          |
| <b>Siemens</b>      |                       |             |                          |
|                     | oscilloscopen         | Oscillar II | 37                       |
|                     |                       |             |                          |
| <b>Syst Boersma</b> |                       |             |                          |
|                     | oscilloscopen         | K50         | 63                       |
|                     |                       |             |                          |
| <b>Tektronix</b>    |                       |             |                          |
|                     | oscilloscopen         | 422         | 50                       |
|                     |                       | 465         | 57                       |
|                     |                       | 475         | 56, 57                   |
|                     |                       | 502A        | 39                       |
|                     |                       | 503         | 43                       |
|                     |                       | 515A        | 36                       |
|                     |                       | 516         | 43                       |
|                     |                       | 524D        | 35                       |
|                     |                       |             |                          |
|                     |                       |             |                          |
|                     |                       |             |                          |

| Fabricaat        | Categorie             | Type-nummer | Pagina                          |
|------------------|-----------------------|-------------|---------------------------------|
| <b>Tektronix</b> |                       |             |                                 |
|                  | oscilloscopen (verv.) | 544         | 48                              |
|                  |                       | 547         | 47                              |
|                  |                       | 549         | 36, 49, 107, 108                |
|                  |                       | 555         | 41                              |
|                  |                       | 556         | 52                              |
|                  |                       | 561A        | 18, 45                          |
|                  |                       | 585         | 18, 40                          |
|                  |                       | 603         | 62                              |
|                  |                       | 604         | 62                              |
|                  |                       | 661 *)      | 15                              |
|                  |                       | 7104 *)     | 16                              |
|                  |                       | 7250        | 16, 66, 67, Bijlage 1 (89 e.v.) |
|                  |                       | 7603        | 56                              |
|                  |                       | 7704        | 54                              |
|                  |                       | 7904        | 55                              |
|                  |                       | RM565       | 46                              |
|                  |                       | SCD 1000    | 16, 67                          |
|                  |                       | T912        | 60                              |
|                  |                       |             |                                 |
|                  | plug-in units         | 21          | 72, 73                          |
|                  |                       | 22          | 72, 73                          |
|                  |                       | 80          | 70, 71                          |
|                  |                       | 82          | 70, 71                          |
|                  |                       | 1A1         | 52, 70, 71                      |
|                  |                       | 1A2         | 70, 71                          |
|                  |                       | 1A5         | 70, 71                          |
|                  |                       | 1A7         | 70, 71                          |
|                  |                       | 3A1         | 72, 73                          |
|                  |                       | 3A72        | 45, 72, 73                      |
|                  |                       | 3A6         | 72, 73                          |
|                  |                       | 3A9         | 72, 73                          |
|                  |                       | 3B3         | 45, 72, 73                      |
|                  |                       | 53/54K      | 70, 71                          |
|                  |                       | 5A20N       | 74, 75                          |
|                  |                       | 7A11        | 74, 75                          |
|                  |                       | 7A13        | 74, 75                          |
|                  |                       | 7A18        | 74, 75                          |
|                  |                       | 7A18N       | 74, 75                          |
|                  |                       | 7A19        | 76, 77                          |
|                  |                       | 7A21N       | 76, 77                          |
|                  |                       | 7A22        | 55                              |
|                  |                       | 7A24        | 76, 77                          |
|                  |                       | 7A26        | 55, 56, 76, 77                  |
|                  |                       | 7B53A       | 55                              |
|                  |                       |             |                                 |

| <b>Fabricaat</b>    | <b>Categorie</b>      | <b>Type-nummer</b> | <b>Pagina</b>  |
|---------------------|-----------------------|--------------------|----------------|
| <b>Tektronix</b>    |                       |                    |                |
|                     | plug-in units (verv.) | 7B92A              | 55, 56         |
|                     |                       | CA                 | 70, 71         |
|                     |                       | D                  | 70, 71         |
|                     |                       | G                  | 70, 71         |
|                     |                       | O                  | 52, 70, 71     |
|                     |                       | SG504A             | 56             |
|                     | voorversterkers       | 121                | 83             |
|                     | stroommeters          | P6016              | 84             |
|                     |                       | 131                | 84             |
|                     | camera's              | C-9                | 86             |
|                     |                       | C-12               | 85             |
|                     |                       | C-1002             | 86             |
| <b>Telequipment</b> |                       |                    |                |
|                     | oscilloscopen         | D43                | 47, 49         |
|                     |                       | D83                | 57             |
|                     |                       | S31                | 38             |
|                     |                       | S43                | 47, 49         |
|                     |                       | S52                | 52             |
|                     | plug-in units         | Type 43A           | 47, 49, 78, 79 |
|                     |                       | Type 43B           | 49, 78, 79     |
|                     |                       | Type S2A           | 57, 78, 79     |
|                     |                       | Type V             | 57             |
| <b>TPD-TNO</b>      |                       |                    |                |
|                     | oscilloscopen         | WE 949A            | 64             |
|                     |                       | WE 53286           | 64             |
| <b>TPW</b>          |                       |                    |                |
|                     | oscilloscopen         | EO1/72             | 39             |
| <b>TRIO</b>         |                       |                    |                |
|                     | oscilloscopen         | CS-1750            | 60             |
| <b>TU-Delft-Et</b>  |                       |                    |                |
|                     | oscilloscopen         | geen typenr.       | 45             |
| <b>Unitron</b>      |                       |                    |                |
|                     | oscilloscopen         | Uniscope           | 50             |
| <b>Yisreel</b>      |                       |                    |                |
|                     | oscilloscopen         | OSC-3C             | 61             |



*Faculteit Elektrotechniek, Wiskunde en Informatica van de Technische Universiteit Delft.  
Op de voorgrond The Green Village. Februari 2025.*



*Otto Rompelman geeft uitleg over de werking van de originele kathodestraalbuis van Manfred von Ardenne (ca 1935).*

Otto Rompelman (Amsterdam, 1942)

Hij doorliep het Praedinius Gymnasium in Groningen en behaalde in 1960 het diploma Gymnasium  $\beta$ . Hij studeerde Elektrotechniek aan de TH Delft en behaalde het diploma Elektrotechnisch Ingenieur in 1969. Hij was docent en later hoofddocent bij de Faculteit EWI van de TU Delft en ook enkele jaren bij de Faculteit Geneeskunde van de Vrije Universiteit in Amsterdam. Hij promoveerde in 1987 aan de TU Delft. Hij doceerde medische techniek, theorie van stochastische signalen, biomedische signaalverwerking en ontwerp-methodologie. Hij heeft ca 50 publicaties op zijn naam staan op het gebied van biomedische signaal- en beeldverwerking en van curriculumontwikkeling. Hij was enkele jaren lid van het toenmalige bestuur van de Faculteit Elektrotechniek en wijdde de laatste 15 jaar van zijn loopbaan aan onderwijsontwikkeling. Hij is Fellow van SEFI (Société Européenne pour la Formation des Ingénieurs). Sinds 2017 is hij vrijwilliger bij de Studieverzameling van de Faculteit EWI, TU-Delft. Hier houdt hij zich bezig met de inventarisatie en catalogisering van meet- en testapparatuur, in het bijzonder oscilloscopen.