

De Oscilloscoop

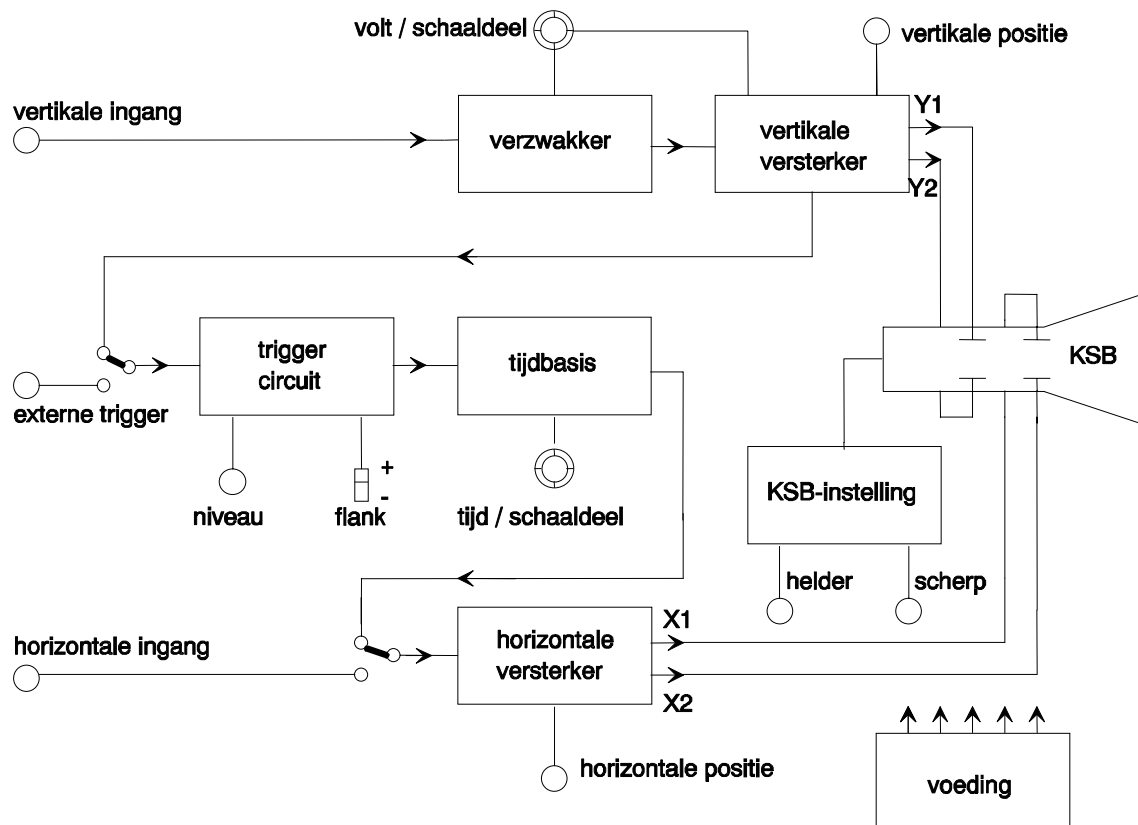
1. Inleiding

De kathodestraaloscilloscoop (KSO) is een toestel dat het verloop van een spanning in functie van de tijd zichtbaar maakt op een scherm.

Dit scherm is geijkt waardoor men bepaalde grootheden van een signaal kan meten, vb. vorm, grootte, fase, periode, frequentie,...

De scoop kan ook twee spanningen in functie van elkaar tonen (overdrachtskarakteristiek).

1.1 Algemeen blokschema



Kathodestraalbuis (KSB)

Dit is het belangrijkste deel van de scoop, het is de indicator van het toestel. Hier gebeurt de omzetting van een elektrisch signaal in een zichtbaar beeld. De spanning wordt dus zichtbaar.

De KSB-instelling

De scherpstelling (Focus) en de helderheidsregeling (Intensity) zorgen ervoor dat een scherp beeld met de juiste helderheid wordt weergegeven.

De verticale versterker

De spanningen die men wenst te bestuderen zijn dikwijls niet groot genoeg om het lichtend punt op het scherm voldoende te doen uitwijken. Ze moeten daarom zonder vervorming kunnen versterkt worden.



De verzwakker

Deze verzwakt hetingangssignaal met een bepaalde factor (voor alle frequenties dezelfde) opdat de erop volgende versterker niet overstuurd wordt.

De tijdbasis

Dit onderdeel doet het lichtend puntje (spot) op het scherm van links naar rechts bewegen met een regelbare snelheid (= horizontale afbuiging).

Het triggercircuit

Deze schakeling geeft met een triggersignaal het startsein aan de tijdbasis op het moment waarop deze mag starten. Dit triggersignaal kan afgeleid worden van hetingangssignaal (interne triggering), of via een aparte ingang kan een uitwendige triggering worden voorzien (externe triggering).

De horizontale versterker

Ook de spanning van de tijdbasis is meestal te klein voor een voldoende links-rechts-uitwijking van de spot op het scherm. Bovendien is het ook mogelijk dat men de horizontale verplaatsing van de spot niet wil veroorzaken met het interne signaal van de tijdbasis maar met een uitwendig signaal. En ook dit signaal moet kunnen versterkt worden.

De voeding

Zoals in elk elektronisch instrument is de voeding bedoeld voor het leveren van alle nodige spanningen aan bovenvernoemde onderdelen.

2. De Kathodestraalbuis

2.1 Principe

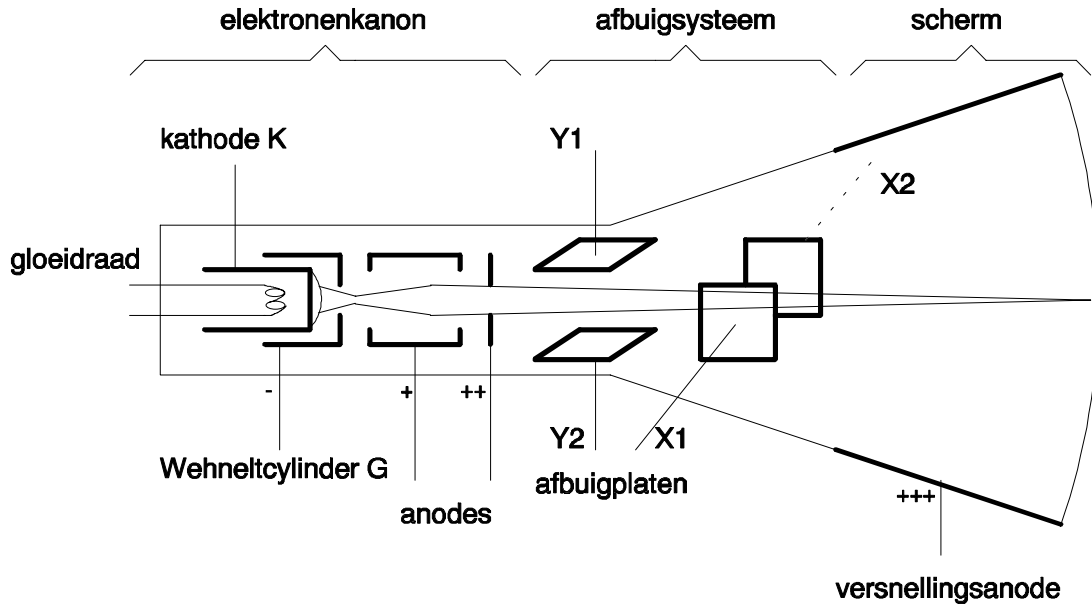
In principe is de kathodestraalbuis (KSB) een vacuümbuis waarin een kathode door verwarming een aantal elektronen uitzendt. Deze elektronen worden tot een dun straaltje gebundeld en versneld tot een zeer hoge snelheid. Wanneer ze dan met hun grote energie tegen een speciaal scherm botsen, licht dit voor een korte tijd op. De lichtvlek die aldus ontstaat, noemt men beeldpunt of spot en is buiten de buis, doorheen het glas van het scherm, zichtbaar.

Omdat elektronen elektrisch geladen zijn, kan men ze volgens de wet van Coulomb gemakkelijk van hun weg doen afbuigen door ze aan te trekken of af te stoten met onder spanning staande platen. Dit gebeurt in de verticale en de horizontale richting. Hierdoor wordt het mogelijk gelijk welke grootheid, na omzetting in een elektrisch spanning, af te beelden in functie van een andere grootheid. Deze andere grootheid is echter meestal de tijd.



Aan de KSB van de oscilloscoop kan men drie delen onderscheiden:

- het elektronenkanon dat de straal of bundel maakt
- het afbuigstelsel dat de spot van plaats doet veranderen
- het scherm dat de botsingen zichtbaar maakt



2.2 Het elektronenkanon

In het elektronenkanon worden de elektronen vrijgemaakt door de kathode K indirect te verhitten waardoor deze elektronen zal emitteren.

Het stuurrooster of Wehnelt-cylinder G (Grid)

Deze zal de intensiteit of helderheid van de spot regelen door een regelbare negatieve spanning welke het aantal vertrekkende elektronen bepaalt. Men kan aldus het aantal elektronen regelen dat het scherm bereikt. Met een voldoende negatieve spanning onderdrukt men soms de volledige elektronenstraal (blanking).

Deze zal ook zorgen voor een eerste bundeling van de elektronenstraal.

Het stel anodes

Opdat de elektronenstraal niet terug zou divergeren, plaatst men twee elektroden om de straal terug te bundelen. Op de voornaamste anode, de focuseringsanode, legt men een veranderlijke positieve spanning waarmee de bundeling (focussing) zo kan geregeld worden dat er een fijne spot ontstaat op het scherm.

2.3 Het scherm

De elektronenstraal op zichzelf is onzichtbaar. Op het scherm is daarom een laagje fosfor aangebracht dat oplicht op de plek waar het wordt gebombardeerd door elektronen. Om metingen te kunnen verrichten op het scherm wordt er een maatraster voorgeplaatst.



2.4 Het afbuigstelsel en de beeldvorming

Tussen het elektronenkanon en het scherm bevinden zich twee paren afbuigplaten. Het eerste stel zijn de verticale of Y-afbuigplaten. Deze worden horizontaal geplaatst en ze doen de elektronenstraal op en neer bewegen. Het tweede stel zijn de horizontale of X-afbuigplaten. Deze worden verticaal geplaatst en ze doen de straal van links naar rechts uitwijken. De gevoeligheid van de KSB wordt weergegeven in Volt/cm of Volt/verdeling (V/Div).

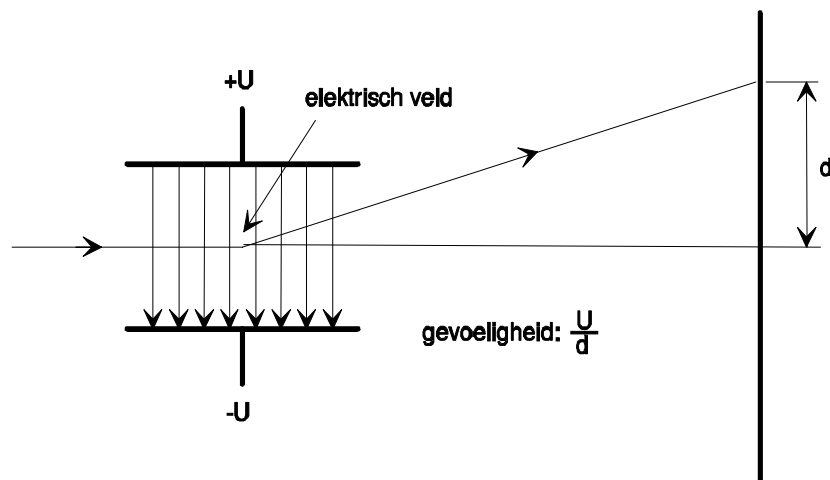
Dit getal geeft aan hoe groot de aangelegde gelijkspanning moet zijn om de spot met 1 cm te doen uitwijken op het scherm. Hoe kleiner dit getal, hoe gevoeliger de buis.

Daar de verticale platen zich verder van het scherm bevinden, zal hun gevoeligheid hoger zijn dan deze van de horizontale platen.

De gevoeligheid van de KSB wordt weergegeven in Volt/cm of Volt/verdeling (V / Div).

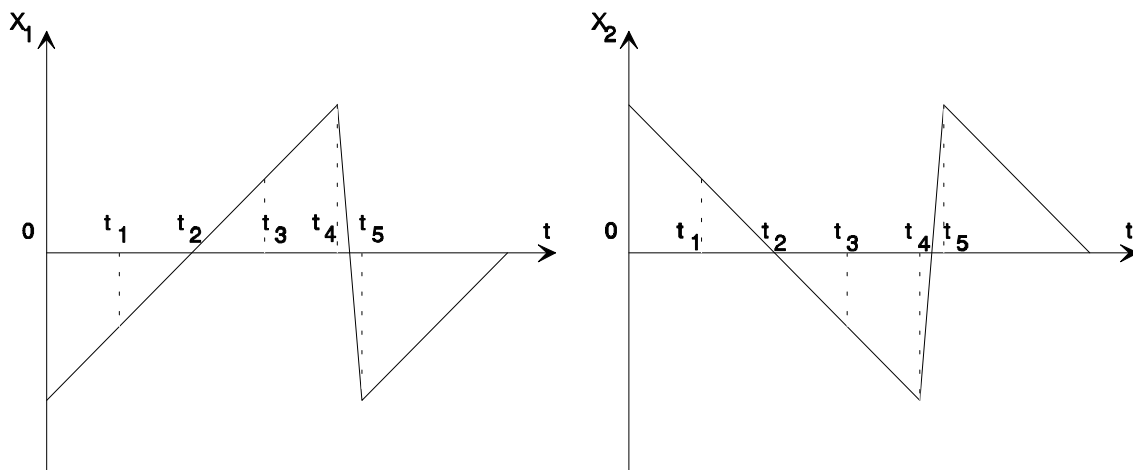
Dit getal geeft aan hoe groot de aangelegde gelijkspanning moet zijn om de spot met 1 cm te doen uitwijken op het scherm. Hoe kleiner dit getal, hoe gevoeliger de buis.

Daar de verticale platen zich verder van het scherm bevinden, zal hun gevoeligheid hoger zijn dan deze van de horizontale platen.



Beeldvorming

Het signaal dat moet worden gemeten, legt men aan tussen de verticale of Y-afbuigplaten. Aan de horizontale of X-afbuigplaten wordt een spanning gelegd die evenredig met de tijd toeneemt vanaf een bepaalde negatieve waarde (spot bevindt zich links) tot een even grote positieve waarde (spot bevindt zich rechts) om daarna zo snel mogelijk te herbeginnen (terugslag). Een dergelijke spanning noemt men zaagtandspanning.



Op tijdstip t_1 is X_1 negatief en X_2 positief: de straal wordt dan naar links afgebogen zodat de spot zich links op het scherm bevindt.

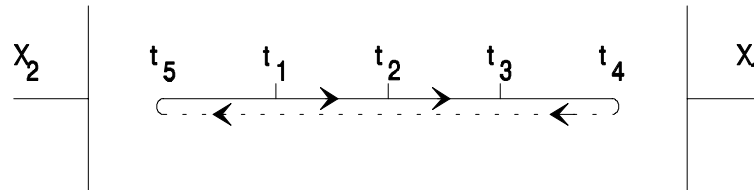


Op tijdstip t_2 is de spanning op X_1 en X_2 nul: de straal wordt niet afgebogen zodat de spot zich links in het midden van het scherm bevindt.

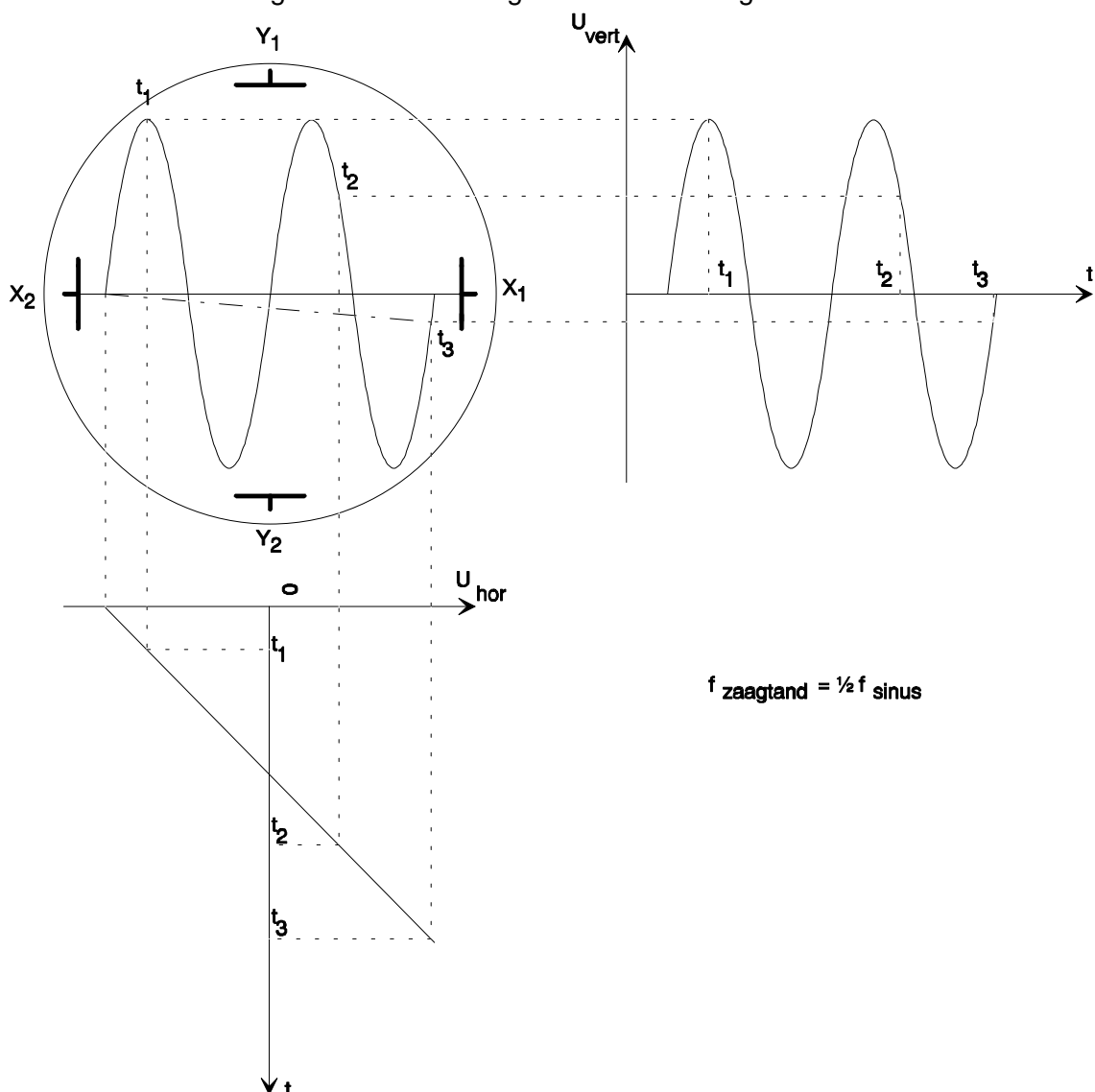
Op tijdstip t_3 is X_1 positief en X_2 negatief: de straal wordt nu naar rechts afgebogen zodat de spot zich rechts op het scherm bevindt.

Op tijdstip t_4 en t_5 gebeurt het omgekeerde maar in een veel kortere tijd.

Vermits de spanning tussen de platen lineair verandert, verplaatst de straal zich met een constante snelheid van links naar rechts op het scherm. Vanaf een voldoende grote frequentie (20Hz) ziet men een niet-flikkerende lijn.



Legt men nu tezelfdertijd aan de verticale afbuigplaten een veranderlijke spanning, (vb. een sinus), dan beschrijft de straal op het scherm een sinusoïde. Dit kan men grafisch aantonen door op ieder ogenblik zowel de horizontale als de verticale afbuigspanning uit te tekenen (vb. t_1, t_2, t_3). Men vindt aldus het signaal (de verticale afbuigspanning) getrouw op het scherm terug. Op t_3 is X_1 maximum positief en dan verandert de spanning (X_1 neg, X_2 pos.), waardoor een klein gedeelte van het signaal niet wordt afgebeeld.





Doordat het schermmateriaal een tijdje blijft nalichten, ziet men geen verplaatsing van de spot, maar wel een continue sinusvormige lijn. Daarbij komt nog het feit dat het menselijk oog iedere lichtindruk ongeveer 1/16 seconde vasthoudt. Indien de horizontale zaagtandspanning de spot dus verplicht 16 keer per seconde dezelfde weg te volgen, ontstaat op het scherm een flikkervrij beeld.

2.5 De naversnelling

Bij zeer hoge frequenties moet de spot zich zeer snel over het scherm verplaatsen, zo snel zelfs dat er niet voldoende elektronen op dezelfde plaats terechtkomen om het scherm duidelijk te laten oplichten. Er ontstaat dan een minder helder beeld.

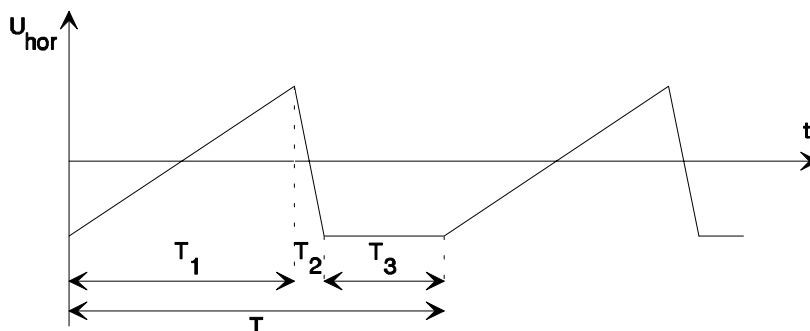
De helderheid hangt dus ook af van de snelheid van de elektronen en deze kan men opvoeren door ze een naversnelling te geven. Dit gebeurt door de naversnellingsanode, dicht bij het scherm, te voeden met een zeer hoge positieve spanning van enkele kV.

3. De tijdbasis

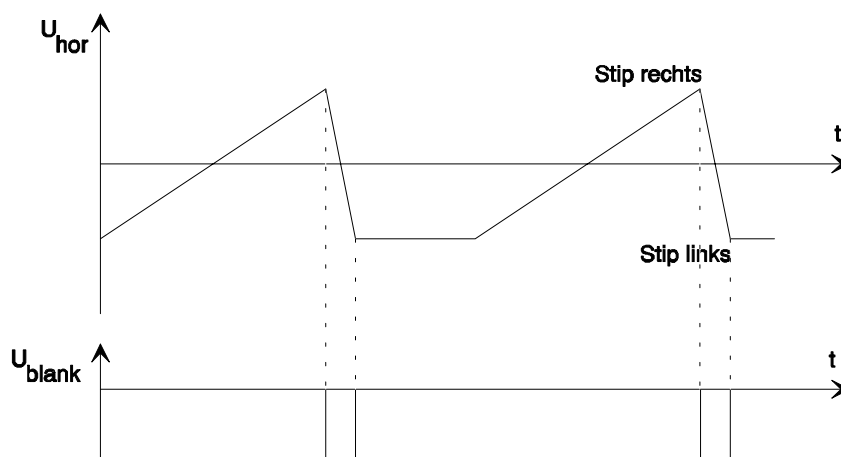
3.1 Algemeenheden

De tijdbasis is meestal een getriggerde zaagtandgenerator. Ze levert het signaal nodig voor de horizontale afbuiging en is dus verbonden met de horizontale afbuigversterker.

Wanneer de spot na de heenslagtijd (T_1) aan het rechtse eindpunt van het scherm is aangekomen, zou hij ogenblikkelijk moeten terugkeren naar het linkse beginpunt. In de praktijk heeft de spot echter een bepaalde tijd nodig: de terugslagtijd (T_2). De volledige tijd van een cyclus is de periode $T = T_1 + T_2 + T_3$



Tijdens de terugslagtijd zal men de elektronenstraal onderdrukken door een voldoende negatieve spanning aan het rooster (Wehnelt cilinder) te leggen. In de tijdbasis worden deze blankingimpulsen afgeleid door differentiatie van de zaagtandspanning.





De frequentie van de tijdbasis is in stappen en /of continu regelbaar. Voor een bepaalde stand van de continu-regelaar (CAL) zijn de stappen regelbaar geïjkt in ms/cm, μ s/cm, en s/cm, dit volgens de reeks 1, 2, 5, 10, 20, 50,

De zaagtandspanning moet zo lineair mogelijk verlopen (een zo klein mogelijke vervorming) wil het beeld lineair in de tijd op het scherm weergegeven worden.

3.2 Het triggeren

Dit is het verkrijgen van een stilstaand beeld. Uit de beeldvorming weet men dat de frequentie van de zaagtand en van het weer te geven signaal zeer goed moeten overeenkomen (gelijk of veelvoud) om een stilstaand beeld te verkrijgen.

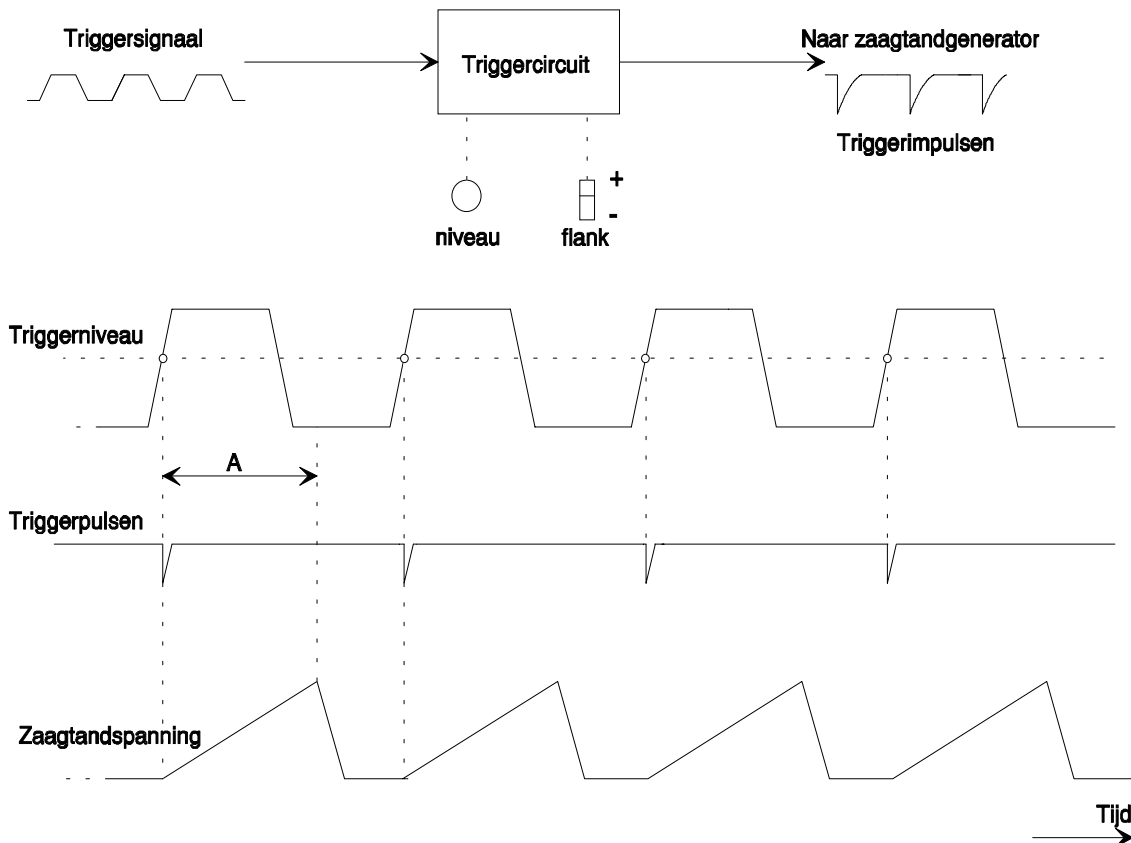
Hiertoe gaat men als volgt te werk:

Het te meten signaal wordt in het triggercircuit vergeleken met een instelbare gelijkspanning (triggerniveau). Telkens het signaal dit niveau passeert, krijgt de zaagtandgenerator een startsein (inwendige triggerpuls).

Gedurende de terugslag wordt de straal onderdrukt om geen streep op het scherm te krijgen. Daarna wordt de heenslag pas terug gestart bij de eerstkomende triggerpuls. De spot blijft dus links (buiten beeld) wachten tot het signaal weer hetzelfde triggerniveau passeert. De eerstvolgende heenslag wordt door de triggerimpuls opnieuw gestart op hetzelfde punt van het weer te geven signaal als de voorgaande slag. Hierdoor vallen de beelden perfect samen en krijgt men een stilstaand beeld.

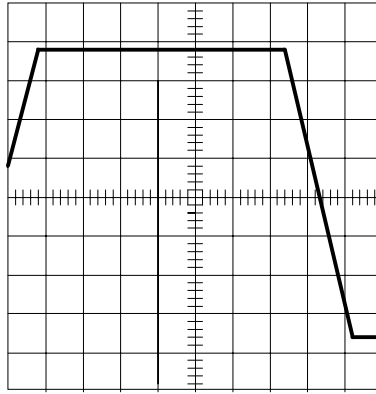
De periode van de zaagtand wordt dus eigenlijk verder aangevuld tot ze gelijk is aan of een veelvoud is van de periode van het te meten signaal. De frequentie van de zaagtand is dus afhankelijk van de signaalfrequentie.

Gedurende de heen- en terugslag hebben alle triggerpulsen aan de ingang van de tijdbasis geen effect. Zoniet zouden de triggerpulsen de zaagtand steeds opnieuw willen laten starten als meer dan één periode op het scherm moet worden weergegeven.

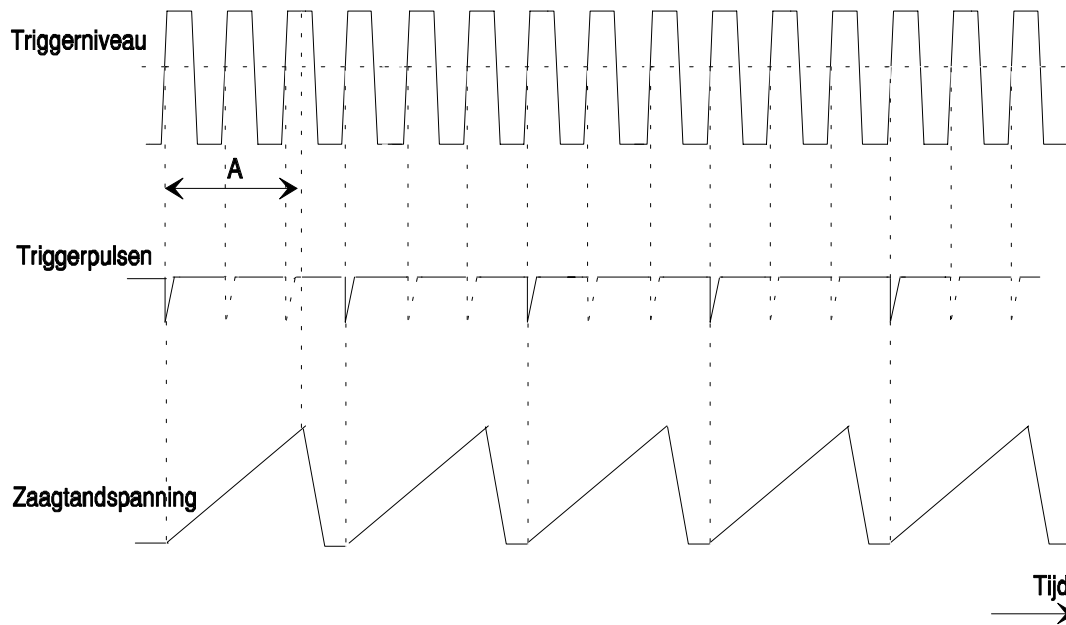




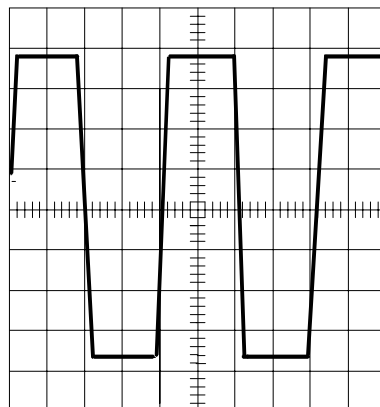
Weergegeven deel A



Indien het te meten signaal een hogere frequentie heeft, gebeurt het volgende:



Weergegeven deel A





3.3 Triggermode

- **normale mode**

Met deze instelling moet men manueel (b.m.v. de levelknop) het gewenste triggerniveau instellen. Bij een foutieve instelling (vb. level hoger dan signaalamplitude) verschijnt geen startpuls, blijft de tijdbasis wachten en verschijnt er dus geen beeld.

- **automatische triggering**

Met deze instelling kan van bijna alle processen een stilstaand beeld bekomen worden. Tijdrovende manuele instelling wordt hierdoor overbodig.

Wanneer geen triggersignaal beschikbaar is, loopt de zaagtandgenerator vrij en verschijnt er een horizontale streep op het scherm.

Automatisch triggeren is echter enkel mogelijk wanneer het meetsignaal een bepaald triggerniveau overschrijdt.

- **X-Y mode**

Hierbij is X-Y-werking mogelijk waarbij kanaal 1 de verticale afbuiging veroorzaakt en kanaal 2 de horizontale (in plaats van de tijdbasis).

3.4 Keuze van de triggerbron

- **Inwendig triggeren**

Het triggersignaal is meestal het te onderzoeken signaal. Het ingestelde triggerniveau kan zowel op de opgaande (+) als op de neergaande (-) flank van het signaal liggen. Hoe de golfvorm start, wordt dus bepaald door de instelling van twee knoppen:

de levelknop bepaalt het niveau waarop de tekening van het signaal start.

de slope (+/-) bepaalt of het signaal met een positieve of negatieve helling start.

De gebruiker kan bovendien nog volgende triggermogelijkheden kiezen:

V-MODE: De triggerbron wordt bepaald door de keuze van de verticale mode welke in volgende standen kan staan:

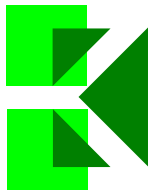
CH1: kanaal 1 is dan triggerbron

CH2: kanaal 2 is dan triggerbron

ADD: de algebraïsche som van CH1 en CH2 is dan triggerbron (indien bovendien CH2 geïnverteerd wordt, doet het verschil (CH1 - CH2) dienst als triggerbron).

CHOP: het beeld kan nu niet gesynchroniseerd worden op hetingangssignaal omdat het "gehakte" signaal triggerbron wordt.

LINE: De tijdbasis kan ook getriggerd worden met de netfrequentie. Dit wordt gebruikt als men signalen afkomstig van de netspanning stilstaand op het scherm wil weergeven.



Uitwendig triggeren

Men kan de tijdbasis ook uitwendig triggeren met een signaal dat van buiten uit wordt toegevoerd via de ingang EXT.TRIG. Uiteraard moet de frequentie van dit signaal in verband staan met de frequentie van het onderzochte signaal.

Triggerkoppeling

AC: het triggersignaal wordt via een condensator gekoppeld waardoor eventuele gelijkspanningscomponenten geen aandeel hebben in de triggering. Hierdoor kan de triggering enkel uitgevoerd worden door signalen waarvan de frequentie groter is dan de onderste grensfrequentie die voor de scoop geldt.

VIDEO: hier worden uit een samengesteld videosignaal een van de volgende pulsen uitgefilterd:

FRAME: verticale rasterpulsen

LINE: horizontale lijntriggerpulsen. Deze laatste keuzeknop kan echter ook gebruikt worden voor alle niet-video golfvormen.

4. De Versterkers

Dit zijn de meest ingewikkelde onderdelen van de scoop. De versterking moet niet alleen gemakkelijk regelbaar zijn, ze moet ook nauwkeurig geijkt worden. Bovendien moet de versterking zonder vervorming gebeuren.

Zowel de horizontale als de verticale versterkers zijn breedbandversterkers: hun versterkingsfactor is constant over het ganse frequentiegebied ($0 - f_{max}$)

4.1 De verticale versterker

Deze is altijd voorzien van een frequentie gecompenseerde verzwakker. Hij verzwakt hetingangssignaal met een instelbare factor tot een voldoende kleine waarde (die voor alle frequenties dezelfde is) zodat de versterker niet overstuur wordt. Men zal dus eerst verzwakken en daarna versterken, omdat een instelbare verzwakker gemakkelijker te maken is dan een instelbare versterker.

Deze meetbereikschakelaar is geijkt in V/cm, mV/cm of μ V/cm.

Deingangsimpedantie van de verzwakker- versterker is zeer hoog (1M - 35pF) dit om de meetopstelling niet te beïnvloeden. Hij is bovendien voor elk meetbereik constant.

Met de potmeter die de gelijkspanningscomponent van het uitgangssignaal regelt, kan men het beeld verplaatsen van boven naar onder.

Aan de ingang is tevens een driestandenschakelaar voorzien: AC - GND - DC:

DC: Alle frequenties van het meetsignaal worden doorgekoppeld. Het werkelijke signaal komt op het scherm.

AC: De gelijkspanningscomponent van het signaal wordt tegengehouden door een inwendige condensator. Enkel de wisselspanningscomponent wordt op het scherm getoond.



GND: Het meetsignaal wordt afgekoppeld terwijl de ingang van de verzwakker met de massa is verbonden.

4.2 De horizontale versterker

Deze is praktisch identiek met de verticale versterker, echter met een minder uitgebreide verzwakker. Met de potentiometer die de gelijkspanningscomponent van het uitgangssignaal regelt, kan men het beeld verplaatsen van links naar rechts.

Aan de ingang van deze versterker bevindt zich een keuzeschakelaar (X-Y) zodat naast het zaagtandsignaal van de tijdbasis ook een uitwendig signaal op de X-platen kan aangesloten worden.

5. De tweekanaals-oscilloscoop

Hier wordt een KSB toegepast met één enkel elektronenkanon en één paar verticale afbuigplaten.

De eindversterker, die de Y-afbuigspanning verzorgt voor de Y-afbuigplaten, wordt beurte- lings verbonden met kanaal A of kanaal B d.m.v. een elektronische schakelaar.

Onderstaande figuur toont het blokschema van een tweekanaalsoscilloscoop.

De elektronenschakelaar wordt bediend door een vrijlopende astabiele multi (chopped- instelling) of door een impuls die wordt gegenereerd door de terugslagpuls van de tijdbasis. (alternated-instelling)

in de chopped-weergave worden beide kanalen met een frequentie van ongeveer 200 kHz tot 1 MHz om beurten met de verticale afbuigversterker verbonden. Deze methode wordt toegepast voor de lage frequenties.

in de alternated-weergave wordt gedurende de eerste heenslag van de tijdbasis uit- sluitend signaal A geschreven en gedurende de volgende heenslag uitsluitend sig- naal B.

Deze stand wordt toegepast voor de hoge frequenties

Bij sommige tweekanaalsoscilloscopen is de keuze tussen CHOP en ALT niet mogelijk om- dat dit automatisch gebeurt met het instellen van de tijdbasisomschakelaar (meestal rond 0,1 msec/DIV).

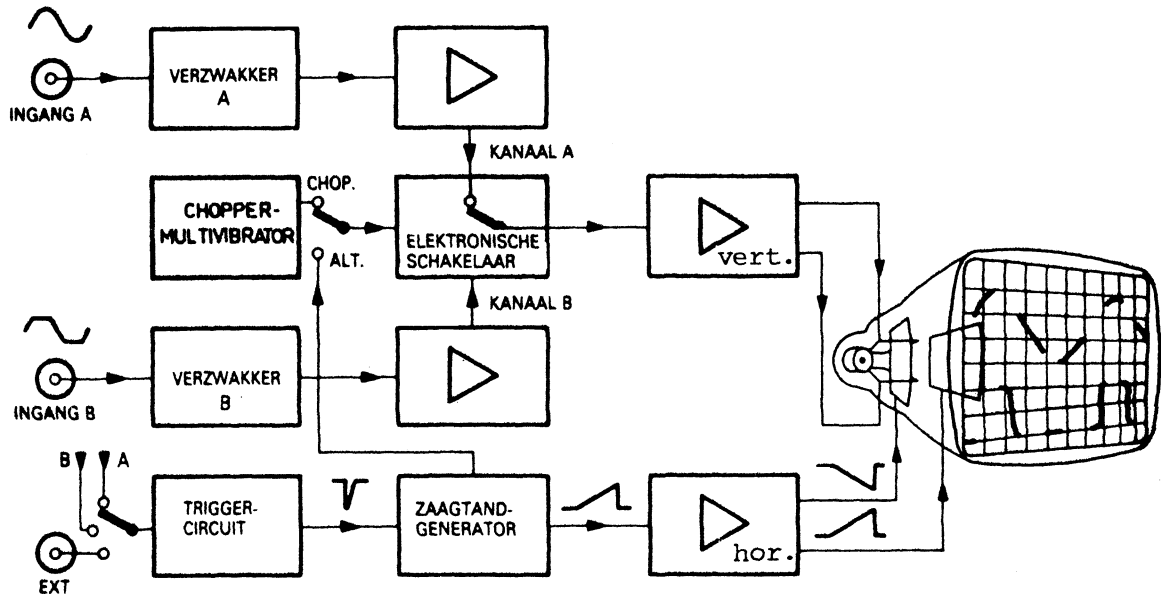
Voor de kleine TB-snelheden (lage frequentie.) zal de chopped-mode aangewend worden, omdat dan bij alternate-mode het afwisselend schakelen op de oscilloscoop bij het aflezen van het scherm een storende invloed heeft.

Voor de grote TB snelheden (hoge frequentie) wordt de alternate-mode genomen omdat dan de chopperfrequentie interfereert met het te meten signaal.

Triggering is mogelijk op zowel kanaal A als kanaal B.

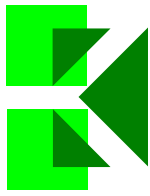
Omdat bij alternerende weergave de achtereenvolgende tijdbasislagen zeer snel na elkaar kunnen komen, lijkt het ogenschijnlijk zo, dat de 2 signalen tegelijkertijd op het scherm ko- men.

Omdat de signalen na elkaar worden geschreven, gaat de onderlinge faseverschuiving ver- loren zodat, in tegenstelling met de chopped-instelling, geen fasemeting mogelijk is.



Inhoudstafel

De Oscilloscoop.....	1
1. Inleiding	1
1.1 Algemeen blokschema.....	1
2. De Kathodestraalbuis	2
2.1 Principe	2
2.2 Het elektronenkanon.....	3
2.3 Het scherm	3
2.4 Het afbuigstelsel en de beeldvorming	4
2.5 De naversnelling	6
3. De tijdbasis.....	6
3.1 Algemeenheden.....	6
3.2 Het triggeren	7
3.3 Triggermode	9
3.4 Keuze van de triggerbron.....	9
4. De Versterkers	10



4.1 De verticale versterker	10
4.2 De horizontale versterker	11
5. De tweekanaals-oscilloscoop.....	11