

De Videoscoop

Een goedkope oscilloscoop met als beeldscherm een televisie

H. J. C. Otten

Eigenschappen van de videoscoop

Gevoeligheid verticaal: 5 mV/cm voor grootbeeldtelevisie.

Frequentiegebied: 0 ... 50 kHz. Voorversterker gelijkspanningsgekoppeld. Tijdbasis: 20 msec, binnen 10% instelbaar. Synchronisatie mogelijk met 50 Hz $\pm$ 10% en veelvoud daarvan.

Door grootte van scherm zijn frequenties tot 1500 Hz nog goed te bestuderen, daarboven is alleen amplitude-informatie zichtbaar.

Aantal kanalen: alleen beperkt door de beeldgrootte tot ongeveer 12. Beeldkwaliteit wordt, door meer kanalen toe te voegen, niet aangetast.

De videoscoop

In vele huisgezinnen staat de televisie het grootste gedeelte van de tijd werkeloos in een hoek, heel vaak zijn er meerdere toestellen in huis. De hier beschreven videoscoop zal voor vele amateurs een welkome aanvulling van hun meetapparatuur zijn door gebruik te maken van die televisie. Voor vele metingen in de elektronica is een oscilloscoop vaak onontbeerlijk maar vaak niet beschikbaar door de hoge aanschafprijs. De videoscoop biedt hier een goedkoop alternatief voor.

Het televisiebeeld

Het televisiebeeld is opgebouwd uit lijnen die van links naar rechts worden geschreven. De eerste lijn wordt boven in het beeld geschreven, de volgende lijnen er aansluitend onder. Een witte punt op een lijn wordt verkregen door de intensiteit van de elektronenstraal die de lijn schrijft, sterk te verhogen. Deze intensiteitsmodulatie wordt bestuurd door de zender. In het televisieapparaat bevinden zich twee oscillatoren, de lijnosillator die het starten van de lijnen bestuurt en de rasteroscillator die het starten van de eerste lijn boven in het beeld bestuurt. Deze oscillatoren worden gesynchroniseerd met door de zender uitgezonden lijn- en rastersynchronisatiepulsen. De lijn-

synchronisatiepulsen hebben een herhalings-tijd van 64 μ sec en een pulsduur van 4,5 μ sec. Het raster heeft een herhalings-tijd van 20 msec en een pulsduur van 280 μ sec.

De zender gebruikt amplitudemodulatie van de zenderdraaggolf om de beeld- en synchronisatie-informatie over te dragen. Hoe het videosignaal er uitziet dat op de draaggolf wordt gemoduleerd is te zien in afb. 1. De synchronisatiepulsen zijn onderdrukingspulsen, de beeldpulsen zijn positieve modulaties. De hoogte van de beeldpulsen bepaalt de intensiteit van de op het scherm verschijnende oplichtende punt. De plaats van de beeldpuls wordt bepaald door de tijdsrelaties tot de lijn- en rastersynchronisatiepulsen. Om bijvoorbeeld een witte punt op het midden van het scherm te verkrijgen moet de beeldpuls precies tussen twee rasterpulsen en precies tussen twee lijnpulsen optreden. Zo'n beeldpuls is getekend in afb. 1.

De synchronisatie-unit

De synchronisatie-unit geeft de volgende signalen af:

- a. De lijnsynchronisatiepulsen, herhalings-tijd 64 μ sec, pulsduur 4,5 μ sec, op TTL-niveau.
- b. De lijnzaagtand, lineair stijgend gedurende 59,5 μ sec en dalend (samenvallend met de lijnpuls) gedurende 4,5 μ sec. De zaagtand beweegt zich tussen 1,66 en 3,33 V.
- c. De rastersynchronisatiepulsen, herhalings-tijd 20 msec, pulsduur 400 msec, op TTL-niveau.
- d. De rasterzaagtand, op dezelfde wijze met de rasterpulsen samenhangend als de lijnzaagtand met de lijnpulsen.

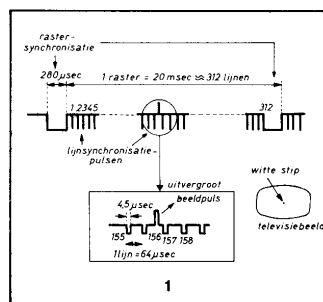
De bovenstaande signalen worden opgewekt met twee als astabiele multivibratoren geschakelde IC's 555. Afwijkend van de normale schakeling rond een 555 is de laadweerstand die vervangen is door een stroombron om een lineair stijgende zaagtand te verkrijgen over de tijdsbepalende condensator.

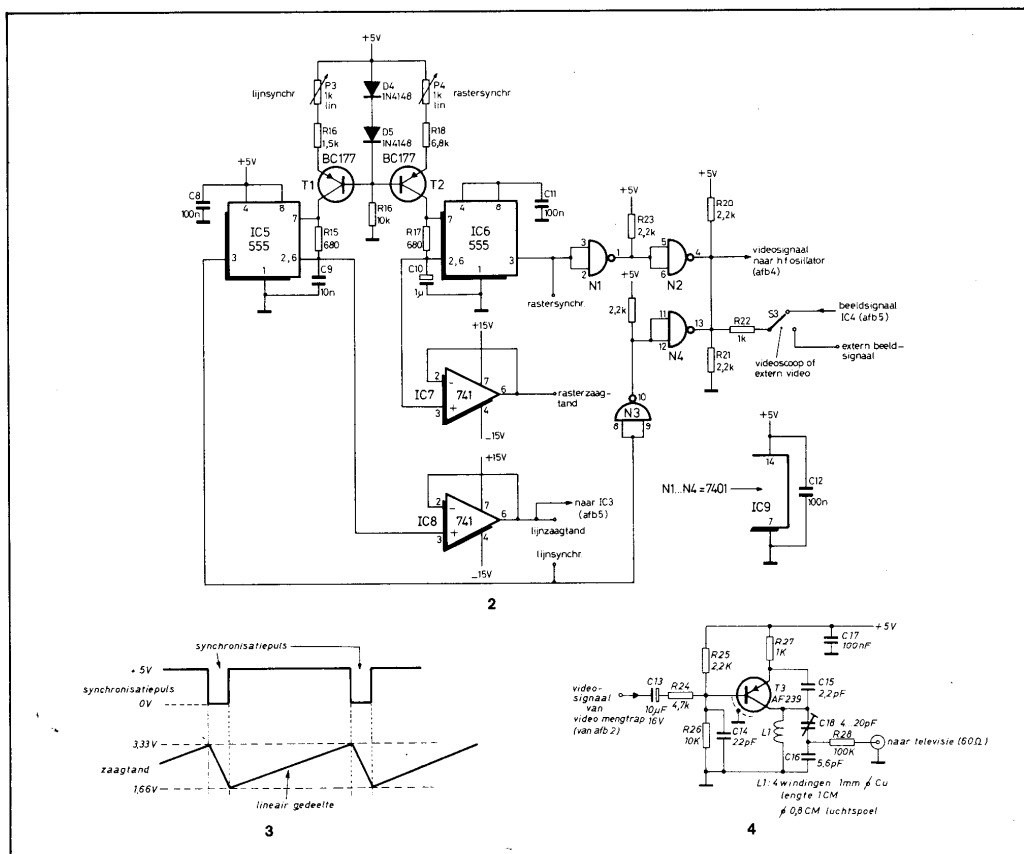
In afb. 2 zijn dit de condensatoren C9 en C10. De stroombron T1, respectievelijk T2, laadt de condensator op tot 3,33 V waarna het IC via pen 7 en weerstand R15, respectievelijk R17, de condensator ontladend tot 1,66 V. Hierna begint het laadproces weer. Op pen 3 is een logisch signaal beschikbaar dat hoog is tijdens het laadproces en laag tijdens het ontladen van de condensator. Hoe zaagtand en logisch signaal samenhangen is te zien in afb. 3. IC 5 brengt zo de lijnzaagtand en lijnsynchronisatiepulsen voort, IC 6 brengt de rasterzaagtand en rastersynchronisatiepulsen voort. Om de lineariteit van de zaagtanden niet te bederven, worden ze gebufferd met IC 7 en 8, die als spanningsvolger zijn geschakeld. De herhalings-tijd van de synchronisatiepulsen zijn met potmeters P3 en P4 enigszins instelbaar gemaakt, om de synchronisatie met de televisie te vergemakkelijken. Opgemerkt moet worden dat in de rest van de schakeling de rasterzaagtand niet wordt gebruikt. De opzet van deze synchronisatie-unit is echter zo gekozen dat deze unit ook nog voor andere toepassingen bruikbaar is. Alle signalen zijn daarom naar buiten gevoerd en zijn beschikbaar voor verdere experimenten. Mocht op deze universele opzet geen prijs gesteld worden, dan kan IC 7 vervallen en kan de stroombron rond T2 worden vervangen door een vaste weerstand van 22 k Ω en een potmeter van 10 k Ω lineair daarmee in serie naar de +5 V.

De video-mengtrap

Deze schakeling is opgebouwd rond een aantal open-collectorpoorten uit het TTL-IC 7401. In deze schakeling worden de synchronisatiepulsen en de beeldsignalen omgevormd tot een videosignaal zoals in afb. 1 is te zien. Dit signaal wordt toegevoerd aan de hf-

1 Het videosignaal voor één witte stip in het midden van het beeld.





oscillator. Bij het optreden van een synchronisatiepuls wordt het videosignaal +1,25 V via de spanningsdeler R20 en R21 en het laag zijnde beeldsignaal. Als het beeldsignaal hoog wordt, stijgt het videosignaal tot +3,75 V. Deze positieve modulatie komt overeen met het wit worden van het beeld. Een positieve puls op de beeldsignaalingang zal dus het wit worden van het beeld veroorzaken. Door het videosignaal op deze wijze samen te stellen wordt de synchronisatie in het geheel niet beïnvloed door de beeldsignalen, wat met de meer gebruikelijke diodemenging soms wel gebeurt.

De hf-oscillator

Deze, in afb. 4 getoonde schakeling, is al haast klassiek en al vele malen gepubliceerd. Wel is me gebleken dat het aanbeveling verdient de gehele schakeling volgens afb. 4 in een metalen kastje of een van printmateriaal vervaardigd kastje te plaatsen, dit komt de

beeldstabiliteit ten goede. De uitgang van de hf-oscillator moet via een 60 Ω coaxkabel naar de televisie worden gevoerd. En via een normale aanpassingstrafo van 60 Ω naar 300 Ω kan de coaxkabel op een symmetrische ingang worden aangepast.

De ingangsversterker en de beeldvormer

Het signaal dat we met de videoscoop willen bestuderen zal eerst nog wat behandeld moeten worden. Allereerst kunnen we kiezen uit het wel of niet meenemen van de in het signaal aanwezige gelijkspanningscomponent door middel van schakelaar S1 in afb. 5. Dan passeert het signaal een eenvoudige spanningsdeler die de ingangsimpedantie vastlegt op 1 M Ω . Het onderste gedeelte van de spanningsdeler wordt gevormd door potmeter P1, waarmee de verzwakking van het ingangssignaal ingesteld kan worden van 100 tot 50%. Het uitgangssignaal van

2 De synchronisatie-unit en video-mengtrap.

3 Verband zaagtand en synchronisatiepuls.

4 De hf-oscillator.

de spanningsdeler wordt gebufferd door de als spanningsvolger geschakelde opamp IC 1. Deze opamp is tegen te hoge ingangsspanningen beschermd door de dioden D1 en D2. Met IC 2 is het mogelijk het ingangssignaal 1x of 10x te versterken via keuzeschakelaar S2 a en b. Tevens wordt een gelijkspanningscomponent toegevoegd die de plaats van het beeld bepaalt. Hierna komt het ingangssignaal bij een als comparator geschakelde opamp IC 3, een 709. Het ingangssignaal wordt hier vergeleken met de lijnzaagtand. Zolang het ingangssignaal groter is dan de zaagtandspanning, is de uitgang van opamp IC 3 hoog, als de ingangsspanning en de zaagtandspanning gelijk worden, zal de uitgang laag worden.

Deze neergaande flank wordt gedifferentieerd door C5 en R13 en begrensd door D3. De zo ontstane naaldpuls triggerd de monostabiele multivibrator IC 4, een 74121. De positieregelaar P2 brengt het ingangssignaal op een niveau dat in het bereik van de zaagtand, van 1,66 V tot 3,33 V, ligt. Het doel van de comparator is het omzetten van de ingangsspanning in een daarmee evenredige tijdsduur na een lijnsynchronisatiepuls. In afb. 6 is te zien hoe dit in zijn werk gaat. De uitgang van de 74121 wordt naar de videomengtrap gevoerd, dit signaal vormt het beeldsignaal. Daar er na iedere lijnpuls een beeldpuls wordt afgegeven, zal op elke lijn een witte punt te zien zijn. Als de ingangsspanning constant is zullen de witte beeldpunten een lijn vormen die van boven naar beneden loopt. Als, zoals in afb. 6, de ingangsspanning langzaam stijgt, zullen de witte punten een lijn vormen die van linksboven naar rechtsonder loopt. Als we de televisie nu op de linkerzijkant zetten is de lijn, opgebouwd uit punten, een exact beeld van het ingangssignaal, zoals een oscilloscoop ook vertoont. Met de positieregelaar kan het beeld van boven naar beneden worden geschoven. Evenals bij een oscilloscoop moet het beeld, als daar een periodiek signaal op te zien is, gesynchroniseerd worden met de tijdbasis. Bij de videoscoop is er maar één tijdbasis, de rasterfrequentie van 50 Hz. Deze tijdbasis is ongeveer 10% bij te regelen, afhankelijk van het vangbereik van de synchronisatie van de gebruikte televisie. De videoscoop kan dus gesynchroniseerd worden met frequenties van $50 \text{ Hz} \pm 10\%$ en veelvoudens daarvan. Door de grootte van het beeld zijn frequenties tot 1500 Hz nog goed te bestuderen, we moeten dan wel bedenken dat het beeld opgebouwd is uit punten met een herhalingsstijd van 64

µsec en een periode bij een frequentie van 1500 Hz uit tien punten wordt opgebouwd.

Boven 1500 Hz wordt het beeld onherkenbaar, maar als de lijnfrequentie niet gesynchroniseerd is met de beeldfrequentie blijft de amplitude-informatie nog zichtbaar tot ongeveer 50 kHz.

Uitbreiding tot meerdere kanalen

In het bovenstaande is de beeldvorming voor één ingangskanaal beschreven. In afb. 5 is te zien dat op de differentiator C5 en R13 nog meerdere condensatoren met dezelfde grootte als C5 zijn aangesloten. Als we op de punten B, C etc. een schakeling aansluiten die gelijk is aan de schakeling voor het punt A, IC 1, 2 en 3 en bijbehorende componenten is de videoscoop uit te breiden tot meerdere kanalen zonder de kwaliteit van het eerste kanaal aan te tasten. Het aantal kanalen wordt alleen beperkt door de grootte van het beeld, het maximale aantal lijkt me 12. Voor een micro-processor lijkt me dit een ideaal aantal als de klokfrequentie met de rasterfrequentie is gesynchroniseerd, voor andere toepassingen in de digitale techniek is een groot aantal beeldkanalen ook ideaal. Voor analoge toepassingen zal in het algemeen twee kanalen voldoende zijn.

De voeding

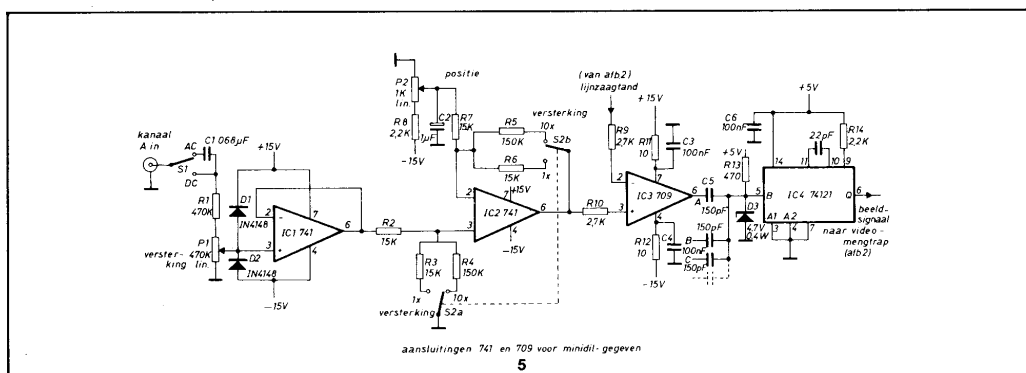
Benodigd is een $\pm 15\text{ V}$ en een $+5\text{ V}$ voeding waarbij het stroomverbruik per spanning kleiner is dan 100 mA . Zelf had ik deze spanningen beschikbaar, zodat er geen voeding voor dit apparaat is ontworpen. Een aparte voeding kan echter eenvoudig worden gehouden, de stabilisatie hoeft niet erg zwaar te zijn. Een transformator van $12 - 0 - 12\text{ V}$ bij 200 mA (b.v. P252 van Amroh) en een paar transistoren per spanning zijn al voldoende.

De afregeling

1. Allereerst moet de hf-oscillator afge-regeld worden. Zelf kreeg ik het moois-te beeld op kanaal 30 bij gebruik van een 60 Ω naar 300 Ω transformator voor VHF, die normaal verkrijgbaar is. Het signaal is echter in vele kanalen zicht-baar. De trimmer C18 dient voor de ruwe afstemming, de afstemregeling van de televisie moet als fijnregeling dienst doen. Zorg er wel voor niet op de zendfrequentie van een omroep-zender te zitten, anders wordt uw zen-der bij de burens zichtbaar en dit is straf-baar. Het zendsignaal van de hf-oscil-lator zonder modulatie is herkenbaar door het zwart worden van het televisie-beeld bij juiste afstemming. Door de voeding van de hf-oscillator uit te zet-ten blijkt of het werkelijk de eigen zen-der is.

2. Hierna kan de synchronisatie-unit op de hf-oscillator aangesloten worden. De synchronisatiesignalen zijn te zien als horizontale en verticale zwarte balken. Zijn de balken wit, dan moet de televisie beter afgestemd worden. Met de synchronisatieregelaars P3 en P4 en de regelaars op de televisie, als de synchronisatie niet automatisch is, moet het beeld stilgezet worden en geheel grijs worden. De televisie synchroniseert ook op de halve lijn- en rasterfrequentie, maar ook op veelvouden daarvan, zodat hierop goed moet worden gelet. Als nu het beeldsignaal op de videomengtrap wordt aangesloten, zal er één (of meerdere bij de meerkanaalsuitvoering) verticale lijn zijn te zien. De positie van deze lijn moet te regelen zijn met de positieregelaar P2. Als nu een ingangssignaal op de ingang wordt aangesloten, zal dit

5 De ingangsversterker en de beeldvormer.



signaal zichtbaar moeten worden, de versterking is instelbaar met P1 en de schakelaar S2.

Mocht bovenstaande afregelprocedu- re mislukken, dan kunnen de volgende raadgevingen helpen:

1. De hf-oscillator doet niets: verander de spoel een klein beetje van vorm en probeer de trimmer beter af te regelen. Mocht dit niet helpen, vervang dan de transistor T3. Dit is een germanium uit- voering, dus niet te warm laten worden!
2. De synchronisatie-unit doet niets. Verbind de uitgangen pen 3 van de IC's 5 en 6 achtereenvolgens met de ingang van de hf-oscillator via een weerstand van 1 k Ω . Mocht dit de raster- en lijn- synchronisatie opleveren, zit de fout in de video-mengtrap rond IC 9, anders bij de IC's 5 en 6 en bijbehorende com- ponenten.

3. Er ontstaat geen beeldsignaal. Aller- eerst moet dan de voorversterker rond IC 1 en IC 2 worden gecontroleerd door S1 in de stand DC te zetten, verster- kingsregelaar P1 op maximaal, verster- kingsfactor met S2 op 1x. Het halve ingangssignaal moet dan met een univer- seelmeter terug te vinden zijn op de uitgang van IC 1, waarbij als ingangs- signaal een kleine gelijkspanning moet worden gekozen. Het halve ingangssig- naal moet, vermeerderd met de positie- spanning (regelbaar met P2), ook te meten zijn op de uitgang van IC 2. Deze spanning moet tussen 1,66 V en 3,33 V te regelen zijn. Klopt dit allemaal, dan kan de werking van de comparator ge- controleerd worden door de uitgang van IC 3 via een weerstand van 10 k Ω met de ingang van de hf-oscillator te verbinden. Er moet dan een halfwit beeld ontstaan, zo niet, dan is of IC 3 of de spanningsvolger IC 8 defect. Al- leen IC 4 kan nu nog defect zijn, of con- densator C5 moet iets groter zijn.

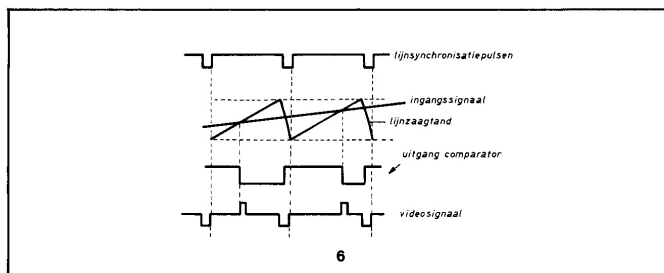
Mogelijke uitbreidingen

1. De vaste tijdbasis van 20 msec levert met een willekeurige signaalbron pro- blemen op, als de frequentie geen veel- voud van de rasterfrequentie is. Het zal daarom nuttig zijn een functiegenerator te ontwerpen die bijvoorbeeld via een PLL-schakeling met de rasterfrien- tie is gesynchroniseerd.

2. De schakeling wordt bijna universeel als het ingangssignaal eerst bemonsterd wordt met een snelle AD-converter, en bijvoorbeeld 256 van deze samples in een digitaal geheugen worden opge- slagen. Als deze informatie nu met een frequentie gelijk aan de lijnfrequentie uit het geheugen wordt gehaald en via

een DA-converter volgens het principe van de videoscoop zichtbaar wordt ge- maakt, hebben we een tijdbasis die door de willekeurigheid kiezen sampletijd van de AD-converter wordt bepaald.

6 Na de lijnpuls het omzetten van de ingangsspanning naar tijdsduur.



Onderdelenlijst:

R1 = 470 k Ω *	R11 = 10 Ω *	R21 = 2,2 k Ω
R2 = 15 k Ω *	R12 = 10 Ω *	R22 = 1 k Ω
R3 = 15 k Ω *	R13 = 470 Ω	R23 = 2,2 k Ω
R4 = 150 k Ω *	R14 = 2,2 k Ω	R24 = 4,7 k Ω
R5 = 150 k Ω *	R15 = 680 Ω	R25 = 2,2 k Ω
R6 = 15 k Ω *	R16 = 10 k Ω	R26 = 10 k Ω
R7 = 15 k Ω *	R17 = 680 Ω	R27 = 1 k Ω
R8 = 2,2 k Ω *	R18 = 6,8 k Ω	R28 = 100 k Ω
R9 = 2,7 k Ω *	R19 = 2,2 k Ω	Alle weerstanden 1/4 W
R10 = 2,7 k Ω *	R20 = 2,2 k Ω	

P1 = 470 k Ω lin potmeter*	T1 = BC177
P2 = 1 k Ω lin potmeter*	T2 = BC177
P3 = 1 k Ω lin potmeter	T3 = AF239
P4 = 1 k Ω lin potmeter	D1 = IN4148*
IC 1 = 741*	D2 = IN4148*
IC 2 = 741*	D3 = 4,7 V zener 0,4 W
IC 3 = 709*	
IC 4 = 74121	S1 = schakelaar enkelpolig om*
IC 5 = 555	S2 = schakelaar dubbelpolig om*
IC 6 = 555	S3 = schakelaar enkelpolig om
IC 7 = 741	
IC 8 = 741	* voor elk kanaal één.
IC 9 = 7401	

C1 = 0,68 μ F*	C11 = 100 nF MKM
C2 = 1 μ F elko 16 V*	C12 = 100 nF MKM
C3 = 100 nF MKM*	C13 = 10 μ F elko 16 V
C4 = 100 nF MKM*	C14 = 22 pF keramisch
C5 = 150 pF keramisch	C15 = 2,2 pF keramisch
C6 = 100 nF MKM	C16 = 5,6 pF keramisch
C7 = 22 pF keramisch	C17 = 100 nF MKM
C8 = 100 nF MKM	C18 = 4 - 20 pF trimmer
C9 = 10 nF MKM	
C10 = 1 μ F MKM	* voor elk kanaal één.

Naar aanleiding van deze onderdelen- lijst schat ik de kosten voor het volledi- ge apparaat voor één ingangskanaal op ca. f 50,-, de uitbreiding tot meer

ingangskanalen zal ongeveer f 20,- per kanaal kosten. Hierbij komen nog de kosten voor de voeding, wat enkele tientjes zal zijn.