

LABORATORIUM VOOR SCHEEPSBOUWKUNDE

TECHNISCHE HOGESCHOOL DELFT

EEN BOEI VOOR HET METEN
VAN ZEEGOLVEN

door

M. Buitenhek

Samenvatting.

In dit rapport wordt een golfmeetboei beschreven, die ontwikkeld is om bij een eenmalig gebruik, de oppervlakte golven te meten in gebieden met grote waterdiepten.

Metingen hebben aangetoond dat ook goede resultaten te verwachten zijn bij waterdiepten van 3 tot 5 meter.

1. Inleiding.

De golfmeetboei is ontwikkeld om informatie te verkrijgen betreffende de toestand van het zeeoppervlak.

De informatie moet bestaan uit de waarden van de amplitude en van de periode van de gemeten golven.

Het ontwerp van de boei is gebaseerd op het idee om een compromis te vinden tussen goede technische specificaties en een relatief lage kostprijs van de boei.

Een lage kostprijs houdt verband met het feit dat in vele gevallen de boei slechts 1 maal gebruikt zal kunnen worden, deels veroorzaakt door de onmogelijkheid om de boei terug te vinden, deels veroorzaakt door de hoge kosten, die verbonden zijn aan het ophalen van de boei.

Gedacht wordt om het gebruik van de boei en de bediening van de bijbehorende apparatuur op te dragen aan niet-specialisten op dit gebied, b.v. scheeps-officieren, medewerkers van reders of medewerkers in dienst van een scheepswerf.

Het bovenstaande houdt in, dat het uiterste aan eenvoudige bediening en bedrijfszekerheid vereist wordt. In (1) is reeds een voorlopige beschrijving gegeven.

2. Het meetprincipe.

Door het ontbreken van een vast referentiepunt bij metingen in diep water, wordt gebruik gemaakt van een lineaire versnellingsopnemer die de verticale versnellingen meet, waaraan de boei op een golvend oppervlak wordt onderworpen.

De informatie van de verticale versnellingen wordt continu via een radiografische verbinding overgebracht naar een meetstation, waar het ontvangen signaal verwerkt kan worden tot een informatie betreffende verticale versnellingen en frequenties.

De gegevens zijn daarna via integratie om te zetten in golfhoogten en golfperioden, waarna verwerking tot spektra, histogrammen of andere gewenste presentatie methoden kan plaats vinden.

3. De stabilisatie van de verticale stand.

Een voorwaarde voor een juiste verwerking van het versnellings signaal is, dat de opnemer onafhankelijk van de golfvorm de verticale stand behoudt.

Inwendig kan dit gerealiseerd worden door de opnemer met behulp van cardanische ringen op te hangen en te zorgen voor een juiste demping.

Een andere mogelijkheid is, de opnemer te plaatsen op een met behulp van gyro's gestabiliseerd platform.

In verband met de beoogde laagst mogelijke kostprijs van de golfmeetboei zijn beide bovenstaande relatief kostbare stabilisatie principes verder buiten beschouwing gebleven.

De boei die hier beschreven wordt, is uitgerust met een lange dunne lijn waaraan aan het uiteinde een gewicht bevestigd is.

De lijn is door middel van een korte stijve driepootconstructie, die bestaat uit 3 dunnen buizen, verbonden met de boei.

In figuur 1 is een schets gegeven aan de hand waarvan de werking verduidelijkt kan worden.

Een door het golvend oppervlak veroorzaakte storend koppel M zal de boei om een horizontale as doen draaien.

Het oprichtend moment wordt gevormd door het produkt van de lengte l_1 , van de stijve driepoot en de kracht F , die de ontbondene is van de kracht die door het gewicht G uitgeoefend wordt.

Wanneer geldt dat $l_2 \gg l_1$,
geldt voor het oprichtend moment:

$$F_1 l_1 = l_1 G \sin \phi.$$

Hoe groter de hoekafwijking zal worden, des te groter is het oprichtend moment. Bij het bepalen van de lengte van de draad moet rekening gehouden worden met de orbitaal beweging van de golf.

Omdat het ballastgewicht zich in rustig water moet bevinden, dient de lengte van de draad zodanig gekozen te worden dat ter plaatse van het gewicht nauwelijks van een golfbeweging sprake is.

Als maat kan hier de helft van de te verwachten significante golflengte gehanteerd worden.

Uit metingen is gebleken, dat deze staartstabilisatie in zeegolven kan garanderen dat de verticale stand van de boei binnen een afwijking van $\pm 5^\circ$ behouden blijft. Deze relatief kleine slingering tussen -5° en $+5^\circ$ t.o.v. de vertikaal is praktisch van geen betekenis voor de te meten verticale versnellingen

4. Het blokschema van de golfmeetboei.

In figuur 2 is het blokschema weergegeven van het elektronische deel van de golfmeetboei, bestaande uit de volgende delen:

- 4.1 de versnellingsopnemer
- 4.2 de hulposcillator voor de voeding van de opnemer
- 4.3 de demodulator
- 4.4 de F.M modulator
- 4.5 de zender en antenne
- 4.6 het gestabiliseerde voedingsapparaat
- 4.7 de batterijen

4.1 De versnellingsopnemer.

In verband met de grote overbelastbaarheid van de opnemer, die vereist wordt bij de lancering van een vrij grote hoogte, is de keus gevallen op een systeem, waarbij het meetelement uitgevoerd is met een inductieve geveer. De volgende gegevens zijn van de gebruikte opnemer:

fabrikaat	: Electro Mechanisms LTD
type	: M E M
bereik	: ± 3 G
lineairiteit	: $\pm 1,5\%$
kruisgevoeligheid	: $< 3\%$
demping	: 0,65 \pm 0,05 bij 25° C.
frequentie bereik	: 0 - 40 Hz (afwijking $< 5\%$)

4.2 De hulposcillator.

Een nadeel bij het gebruik van een inductieve opnemer is de noodzakelijkheid van het gebruik van een wisselspanningsvoeding.

In de boei wordt deze voeding verzorgd door een Wien-oscillator, waarvan de frequentie ± 8000 Hz bedraagt.

De reden voor het gebruik van deze oscillator is de gewenste sinusvormige uitgangsspanning.

Ongewenste harmonischen, zoals die voorkomen bij een vierkantsgolf worden hiermede vermeden.

In figuur 3 is het schema opgenomen.

4.3 De demodulator.

De fase gevoelige demodulator dient om de wisselspanningskomponent van het versnellingssignaal te elimineren.

Het uitgangssignaal is dan een gelijkspanning, waarvan de amplitude en de polariteit evenredig zijn met die van het versnellingssignaal.

De afregeling bestaat uit het minimaal maken van het uitgangssignaal met behulp van 2 potentiometers, respectievelijk voor de amplitude- en de fasebalancering.

In figuur 3 is het schema opgenomen.

In figuur 4 is het verband weergegeven tussen de versnelling en de uitgangsspanning.

Voor de afregeling wordt de versnelling gesimuleerd door de versnellingsopnemer onder een bekende hoek t.o.v. de vertikaal te verdraaien.

4.4 De F.M modulator.

Omdat er zich bij het radiografisch overbrengen van het meetsignaal diverse storingen kunnen voordoen, die de amplitude van het signaal kunnen beïnvloeden, moet vermeden worden de amplitude van het signaal als informatie-drager te gebruiken.

In de boei wordt het meetsignaal m.b.v. een F.M modulator omgezet in een frequentie gemoduleerd signaal, waardoor de informatie uit de versnelling aanwezig is in de vorm van een frequentie.

Het schema en het verband tussen ingangsspanning en frequentie is weergegeven in respectievelijk figuur 5 en figuur 6.

4.5 De zender en de antenne.

Met behulp van een kristal gestuurd zendertje wordt het frequentie gemoduleerde meetsignaal amplitude gemoduleerd overgebracht.

Het gebruik van een AM-zendertje en de gekozen zendfrequentie ($\pm 27,500$ MHz) maakt de ontvangst met eenvoudige ontvangapparatuur mogelijk.

Het bij de proefmodellen gebruikte vermogen bedroeg ± 250 m Watt.

Afhankelijk van de plaats van de ontvangantenne en het al of niet aanwezig zijn van obstakels, b.v. een schoorsteen, varieerde het ontvangstbereik tussen 10 en 18 mijl.

Om zeker te zijn dat 2 na elkaar gelanceerde boeien ^{geen} ontvangstmoeilijkheden geven, wordt gebruik gemaakt van een drietal frequenties n.l. 27,205 MHz, 27,285 MHz en 27,305 MHz.

De ideeë om gebruik te maken van een portofoonzendertje, resulteerde in een offerte, die nader uitgewerkt moet worden.

Deze door seriefabrikage verkregen zendertjes zullen de kostprijs van de boei zeker gunstig beïnvloeden.

Als drager voor de antenedraad wordt een glasvezel hengeltop gebruikt van 1,50 m. lengte. Met behulp van een verlengspoel wordt de fictieve lengte afgeregeld op $\frac{1}{4} \lambda$.

Om een goede aardverbinding met het water te verkrijgen, is een koperen band rondom de boei bevestigd, die verbonden is met de voet van de antenne. In figuur 7 is het schema getekend van het thans toegepaste zendertje.

4.6 Het gestabiliseerde voedingsapparaat.

Teneinde de stabiliteit en de nauwkeurigheid van de verschillende onderdelen te vergroten, zijn de voedingsspanningen voor het meetgedeelte elektronisch gestabiliseerd op + en -6 volt.

In figuur 8 is het schema getekend, terwijl in figuur 9 en figuur 10 de uitgangsspanning als functie van de ingangsspanning gegeven is.

4.7 De batterijen.

In verband met de vereiste robuuste uitvoering en de klimatologische omstandigheden is een beperkt onderzoek uitgevoerd aan een aantal batterijen van verschillend fabrikaat.

Gelet is op:

- het beschikbare vermogen bij temperaturen van 5° tot 20° C.
- de mechanische constructie, speciaal de verbinding van de electroden met de aansluitingen van de batterij
- de dichtheid van de batterij.

De keus is gevallen op de Dry cell R 20 TR van Philips.

De beschikbare meettijd is bij het gebruik van deze batterijen 7 tot 8 uur.

Voor langduriger gebruik zullen andere batterijen aangebracht moeten worden.

De benodigde +9 V en -9 V wordt verkregen door 2 groepen van elk 6 stuks $1\frac{1}{2}$ V batterijen te monteren.

5. De calibratie en de gevoeligheid van de golfmeetboei.

Van elke boei afzonderlijk kan op een eenvoudige wijze een statische calibratie uitgevoerd worden.

Hiervoor wordt de versnellingsopnemer of de complete boei over een bekende hoek verdraaid en de uitgangsfrequentie gemeten.

In figuur 11 is het verband weergegeven tussen de versnelling, overeenkomend met een bepaalde hoekverdraaiing en de uitgangsfrequentie.

De gevoeligheid (Hz per m/sec^2) wordt bepaald uit het verschil tussen de waarden bij 0° en 90° t.o.v. de vertikaal.

6. De opbouw van het electronisch gedeelte.

In figuur 12 zijn foto's afgedrukt van de samengestelde delen waaruit het electronisch gedeelte bestaat.

De afzonderlijke onderdelen zijn:

de zender, de F.M. modulator en de oscillator met het voedingsgedeelte.

6.1 De zender

In de figuren 13, 14 en 15 zijn respectievelijk de print lay-out, de print met gemonteerde onderdelen en de print in de houder gegeven.

6.2 De F.M. modulator.

De print lay-out, de print met gemonteerde onderdelen en de print in de houder zijn respectievelijk afgedrukt in de figuren 16, 17 en 18.

6.3 De oscillator en voedingsstabilisator.

De print lay-out, de print met gemonteerde onderdelen en de print in de houder zijn respectievelijk gegeven in de figuren 19, 20 en 21.

6.4 De batterijhouder.

Figuur 22 toont een foto van de batterijhouder.

7. De samengestelde golfmeetboei.

In figuur 23 is een samenstellingstekening gegeven van de complete boei, waarbij de volgende opmerkingen gemaakt kunnen worden:

- door de grote krachten die optreden op het moment dat de boei vanaf grote hoogte het golfoppervlak bereikt dient een zekere mate van vering aanwezig te zijn tussen de inhoud van de boei en de buitenmantel.
- als materiaal voor de printhouders is vertind blik gebruikt, deels voor de eenvoudige bewerking en deels voor de elektrische afscherming.

In figuur 24 is een maatschets gegeven van de boei.

Om het vervoer te vergemakkelijken zijn de volgende onderdelen losneembaar gemaakt en ter plaatse samen te stellen:

- antenne
- bol
- driepoot
- lijnhouder
- gewicht

Figuur 25 toont een foto van de boei in de toestand waarin de lancering kan plaats vinden.

8. De lijnhouder.

Gezocht is naar een uitvoering die aan de volgende eisen moet voldoen:

- eenvoudig, waardoor de prijs laag kan blijven
- niet kwetsbaar tijdens het vervoer
- eenvoudige montage bij het samenstellen van de boei
- niet kwetsbaar tijdens het lanceren, in het bijzonder tijdens de val van grote hoogte
- bedrijfszekere "performance"

De eerste uitvoering betrof een constructie waarbij de draad op het valgewicht gewikkeld was.

Gebleken is dat ook een gevlochten staaldraad waarvan de diameter 3 mm bedroeg vele malen afbrak.

Als oorzaken kunnen de volgende opmerkingen gemaakt worden:

1. Op het moment dat het valgewicht het water bereikte moest de lijnhouder in een draaiende beweging gebracht worden.

Door het grote massatraagheidsmoment van het valgewicht werd de trekkracht in de draad te groot.

2. Bij het afrollen van de draad van de haspel is het voorgekomen dat de draad tijdens het afrollen in zee klem liep tussen de lagering van het draaiende gewicht.

De opgelopen beschadiging veroorzaakte eveneens breuk, waardoor de boei elke vorm van stabilisatie miste.

De oplossing van het probleem schijnt gevonden te zijn in de uitvoering waarbij de functie van lijnhouder en valgewicht ontkoppeld zijn.

De gevlochten stalen lijn wordt op een kartonnen koker gewikkeld, waarna de draad vastgelegd wordt met parafine en tape.

In figuur 26 is een schets gegeven van de manier waarop de draad op het kartonnen lichaam gewikkeld is.

Metingen hebben uitgewezen dat 1 mm gevlochten staaldraad uitstekend voldoet.

9. De uitvoering van het boeilichaam.

De bol is vervaardigd van crystic polyester hars gewapend met glasmat, waarvan het gewicht 450 gr/m^2 bedraagt.

De wanddikte is $\pm 4 \text{ mm}$.

Om de zichtbaarheid op zee te vergroten is aan de hars een gele kleurstof toegevoegd.

Bij metingen op zee is echter gebleken dat een oranje-rode kleur beter voldoet.

10. De lancering.

De boei, de lijnhouder en het ballastgewicht worden met behulp van sluitingen aan elkaar bevestigd.

De zender wordt in werking gesteld door een aan de buitenkant van de boei bevestigd magneetje weg te nemen (dit bedient een reed relais).

Vervolgens wordt het gehele systeem overboord geworpen.

Op het moment dat de boei op het wateroppervlak valt, breekt een draadje dat de lijnhouder overbrugt, waardoor de lijn vrij kan aflopen en het ballastgewicht op de gewenste diepte onder het oppervlak komt te hangen.

In figuur 27 zijn twee foto's afgedrukt van de boei in de situatie waarin gemeten wordt.

11. De ontvanger.

Zoals gezegd in 4.5 wordt gebruik gemaakt van een drietal frequenties, n.l. 27,205 MHz, 27,285 MHz en 27,305 MHz.

Voor de ontvangst is bij de prototypen gebruik gemaakt van de Philips communicatie ontvanger 8 R0 501.

Deze ontvanger is echter voor transportabel gebruik te zwaar en te groot. Een onderzoek wordt ingesteld naar de mogelijkheden van het gebruik van in de handel gebrachte kristal gestuurde portofoon- of mobilfoonontvangers.

12. De verwerking.

Het ontvangen signaal is het frequentie gemoduleerde versnellings-
signaal. De verwerking kan zowel analoog als digitaal geschieden.

12.1 De analoge verwerking.

Voor de analoge verwerking moet het frequentie gemoduleerde versnellings-
signaal met behulp van een demodulator omgezet worden in een met de frequentie
evenredige gelijkspanning.

Aangeboden aan een penrecorder wordt een visuele registratie mogelijk van
het versnellings-
signaal.

Door het signaal tweemaal te integreren wordt een informatie verkregen
die de golfhoogte aangeeft.

De volgende punten maken het noodzakelijk het versnellings-
signaal aan een
hoog doorlaatfilter aan te bieden voordat de dubbele integratie plaats
kan vinden.

1. Tengevolge van de niet optimale stabilisatie van de boei ondanks dat
volgens waarnemingen de hoek t.o.v. de vertikaal kleiner blijft dan 5° ,
wordt een component geïntroduceerd die het verwerken van de signalen
vanaf frequentie 0 Hz niet mogelijk maakt.
2. De toegepaste compensatie voor temperatuurschommelingen is aan beperkingen
onderhevig.
3. Ook de hysteresis en de beperkte niet-lineairiteit van de versnellings-
opnemer kunnen een bijdrage leveren voor een ongewenste component.
4. Door een beperking in de opnametijd wordt een onvoldoend aantal golven
met een lange periode opgenomen, waardoor eveneens een nul-verschuiving
plaats vindt die het integreren vanaf frequentie 0 Hz niet mogelijk maakt.

Gelet op bovenstaande argumenten zal een hoog doorlaatfilter gebruikt
moeten worden. De afsnijfrequentie bedraagt 0,03 Hz of hoger.

In figuur 28 is het blokschema van de analoge verwerking weergegeven.

12.1.1 Het hoog doorlaatfilter.

Een voorbeeld van een actief filter is beschreven in (2).

In figuur 29 en figuur 30 zijn respectievelijk het schema en de amplitude karakteristiek gegeven.

12.1.2 De dubbele integrator.

In (3) is een voorbeeld van een dubbele integrator gegeven.

In figuur 31 en figuur 32 zijn respectievelijk het schema en de amplitude karakteristiek gegeven.

12.2 De digitale verwerking.

Zoals reeds eerder opgemerkt is, wordt de informatie ontvangen in de vorm van een frequentie gemoduleerd signaal.

Deze vorm leent zich bijzonder goed om digitaal verwerkt te worden.

Door de nuldoorgangen van het ontvangen signaal per tijdseenheid te tellen is de informatie in digitale vorm beschikbaar.

Wanneer niet direkt tot digitaliseren wordt overgegaan, maar het ontvangen signaal wordt opgeslagen op een magneetband verdient het aanbeveling om tijdens de opname een kristal gestuurd referentie signaal op te nemen, dat bij het verwerken kan dienen als synchronisatie- of tijdbasis signaal. Hierdoor kan een verschil in bandsnelheid tijdens de opname en de verwerking geëlimineerd worden.

Omdat de frequentie van het ontvangen signaal ligt tussen 1800 Hz en 2800 Hz en het referentie signaal b.v. 5000 Hz bedraagt, kan voor de registratie van de signalen elke handelsbandrecorder gebruikt worden die geschikt is voor stereo opname.

Teneinde onafhankelijk te zijn van een voedingsbron aan boord van schepen verdient de Uher 4200 Report stereo de voorkeur.

13. Specificaties.

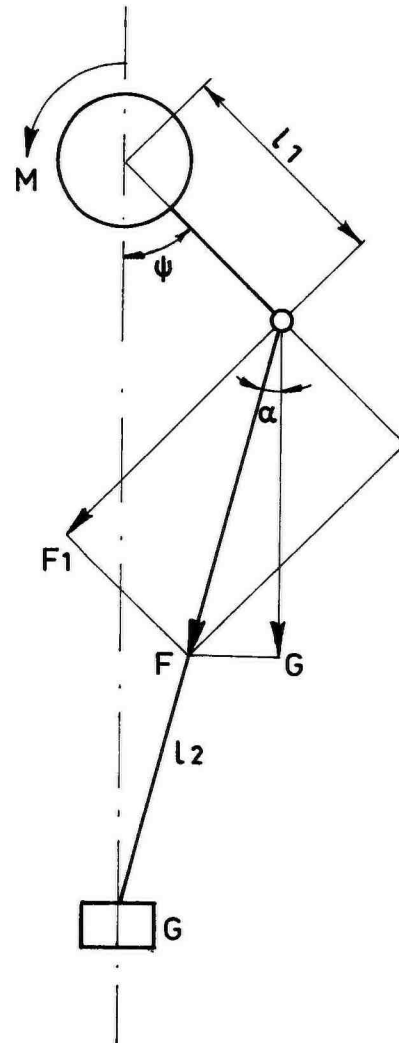
Voeding	: -9 V (6 × 1½ V) ± 2 V
	+9 V (6 × 1½ V) ± 2 V
Mod. frequentie	: 2300 Hz ± 25 Hz
Gevoeligheid	: minimaal 450 Hz/G
Temperatuur bereik	: 2 - 40° C.
Reikwijdte	: 10 - 18 mijl
Zendvermogen	: 225 - 250 mWatt (in later stadium ± 400 mWatt)
Zendfrequentie	: 27 MHz
Afmetingen	
Diameter boei	: 43 cm
Lengte antenne	: 150 cm
Lengte driepoot	: 100 cm
Gewichten:	
Boei met driepoot	: 10,5 kg
Draadhouder	: ~1 kg
Ballast	: 10 kg

14. Lijst van figuren.

- Figuur 1: Schematische voorstelling van de stabilisatie.
- Figuur 2: Electronisch blokschema.
- Figuur 3: Schema van de hulposcillator en de demodulator.
- Figuur 4: Verband tussen versnelling en uitgangsspanning van de demodulator.
- Figuur 5: Schema van de F.M. modulator.
- Figuur 6: Verband tussen ingangsspanning en frequentie van de F.M. modulator.
- Figuur 7: Schema van de zender.
- Figuur 8: Schema van het gestabiliseerde voedingsapparaat.
- Figuur 9: Verband tussen de ingangs- en uitgangsspanning van de positieve stabilisator.
- Figuur 10: Verband tussen de ingangs- en uitgangsspanning van de negatieve stabilisator.
- Figuur 11: Verband tussen de versnelling en de uitgangsfrequentie.
- Figuur 12: Samenstelling van het electronisch gedeelte
- Figuur 13: Print lay-out van de zender.
- Figuur 14: Zender print met gemonteerde onderdelen.
- Figuur 15: Zender print in houder.
- Figuur 16: Print lay-out van de F.M. modulator.
- Figuur 17: Modulator print met gemonteerde onderdelen.
- Figuur 18: Modulator print in houder.
- Figuur 19: Print lay-out van de oscillator en de voeding
- Figuur 20: Oscillator en voedings print met gemonteerde onderdelen.
- Figuur 21: Oscillator en voedings print in houder.
- Figuur 22: Batterijhouder.
- Figuur 23: Samenstellingstekening van de golfmeetboei
- Figuur 24: Maatschets van de complete golfmeetboei
- Figuur 25: Foto van de complete golfmeetboei
- Figuur 26: De lijnhouder.
- Figuur 27: Golfmeetboei op zee
- Figuur 28: Blokschema van de analoge verwerking.
- Figuur 29: Schema van het hoog doorlaatfilter.
- Figuur 30: Amplitude karakteristiek van het hoog doorlaatfilter
- Figuur 31: Schema van de dubbele integrator.
- Figuur 32: Amplitude karakteristiek van de dubbele integrator.

Referenties:

- (1) "Memorandum on the Electronics Development of a Wave Height Measuring Buoy", by M. Buitenhek
Report no. 188, November 1967
- (2) Handbook of Operational Amplifier Active RC Networks of Burr-Brown Research Corporation.
- (3) Handbook of Operational Amplifier Applications of Burr-Brown Research Corporation.



M = storend koppel

G = trekkracht gewicht

$F_1 l_1$ = oprichtend moment

$$F_1 = \frac{G}{\cos \alpha} \sin (\psi + \alpha)$$

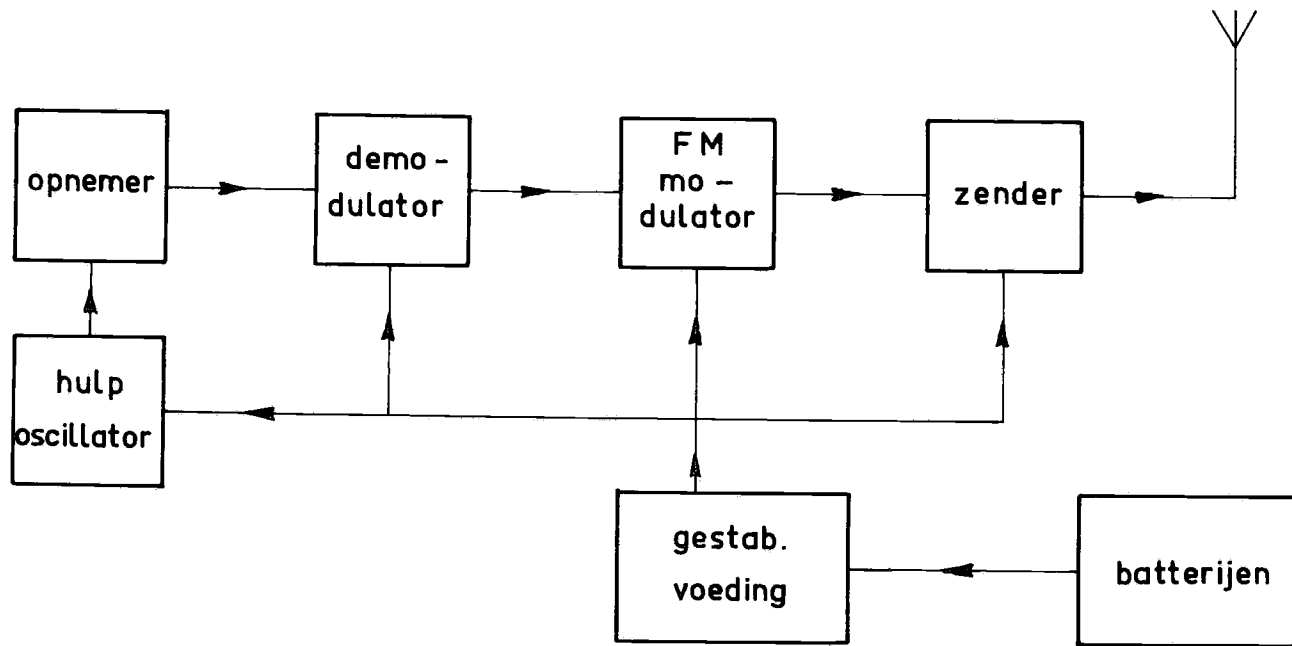
als nu $l_2 \gg l_1$,

is $\alpha \approx 0$

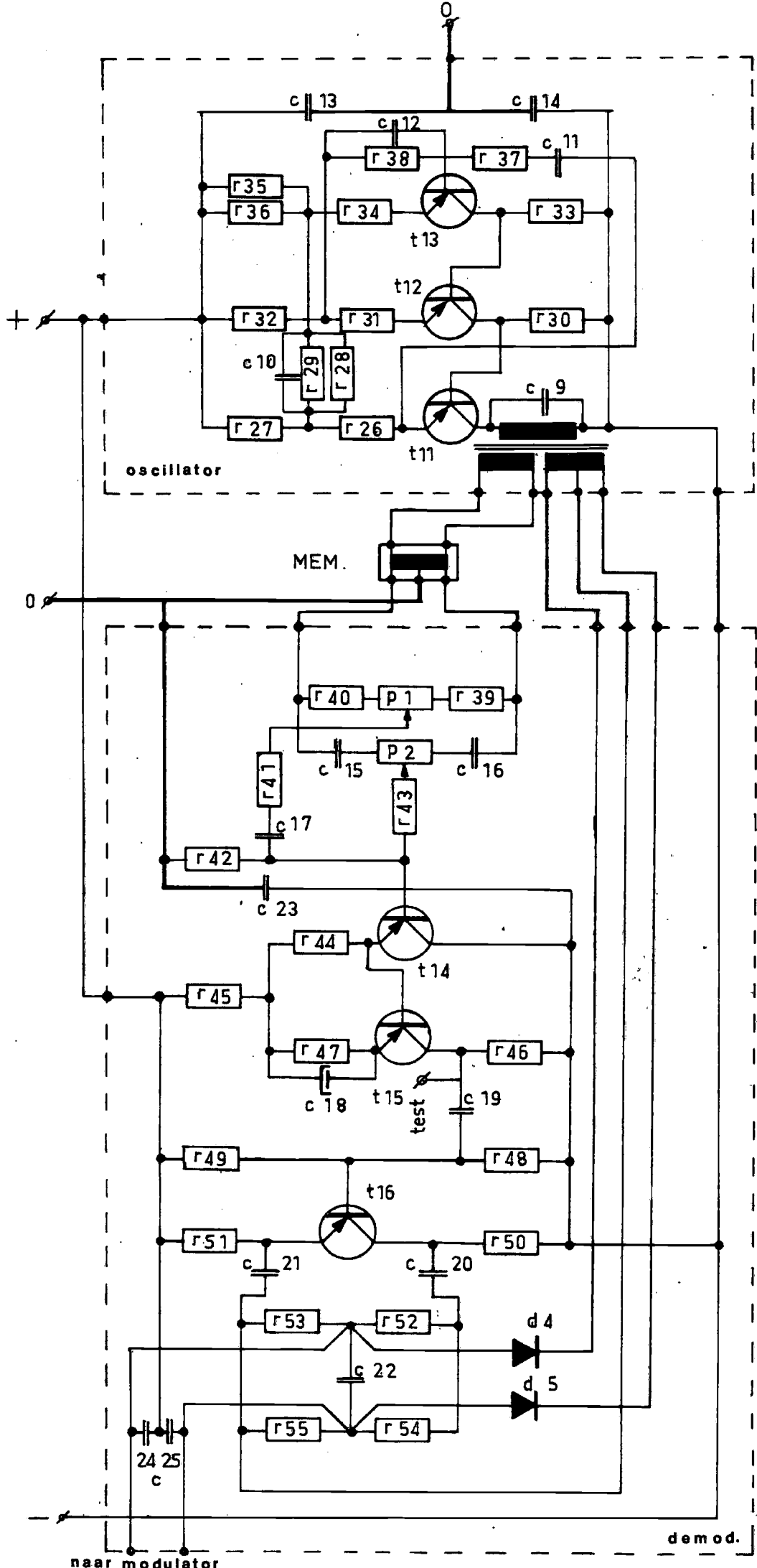
waardoor

$$F_1 l_1 \approx l_1 G \sin \psi$$

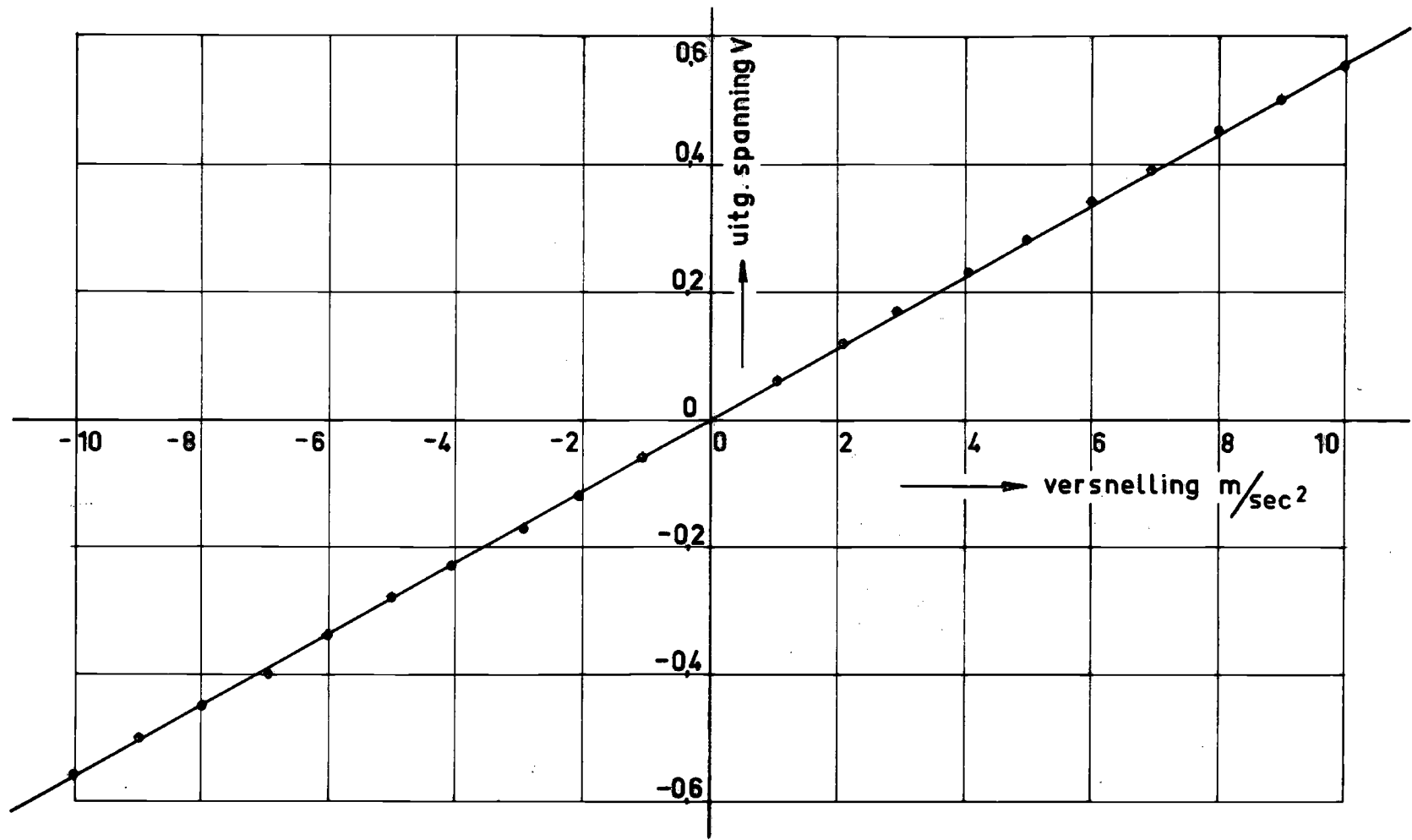
Figuur 1: Schematische voorstelling van de stabilisatie.



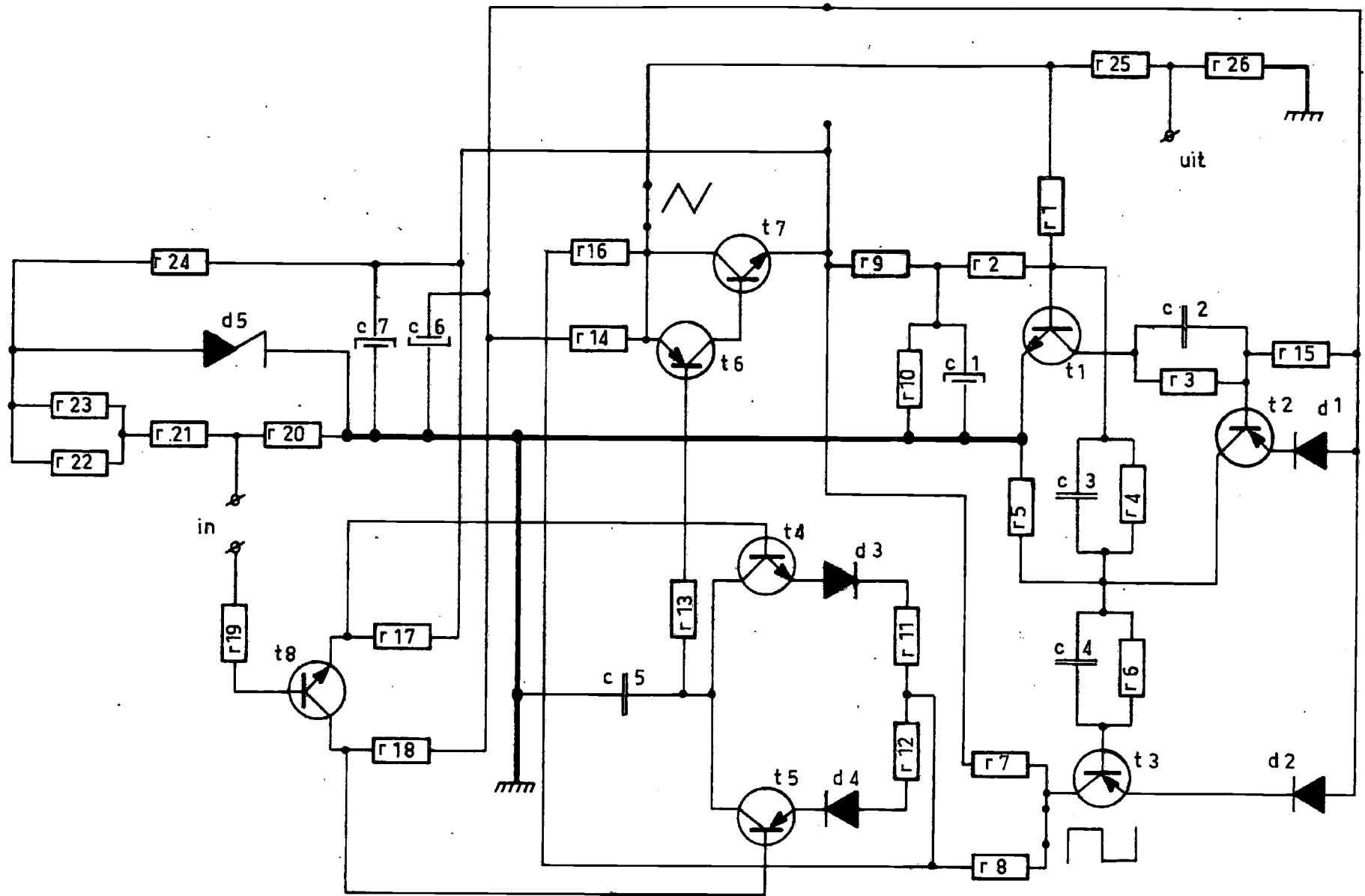
Figuur 2: Electronisch blokschema.



Figuur 3: Schema van de pulposcillator en de demodulator.

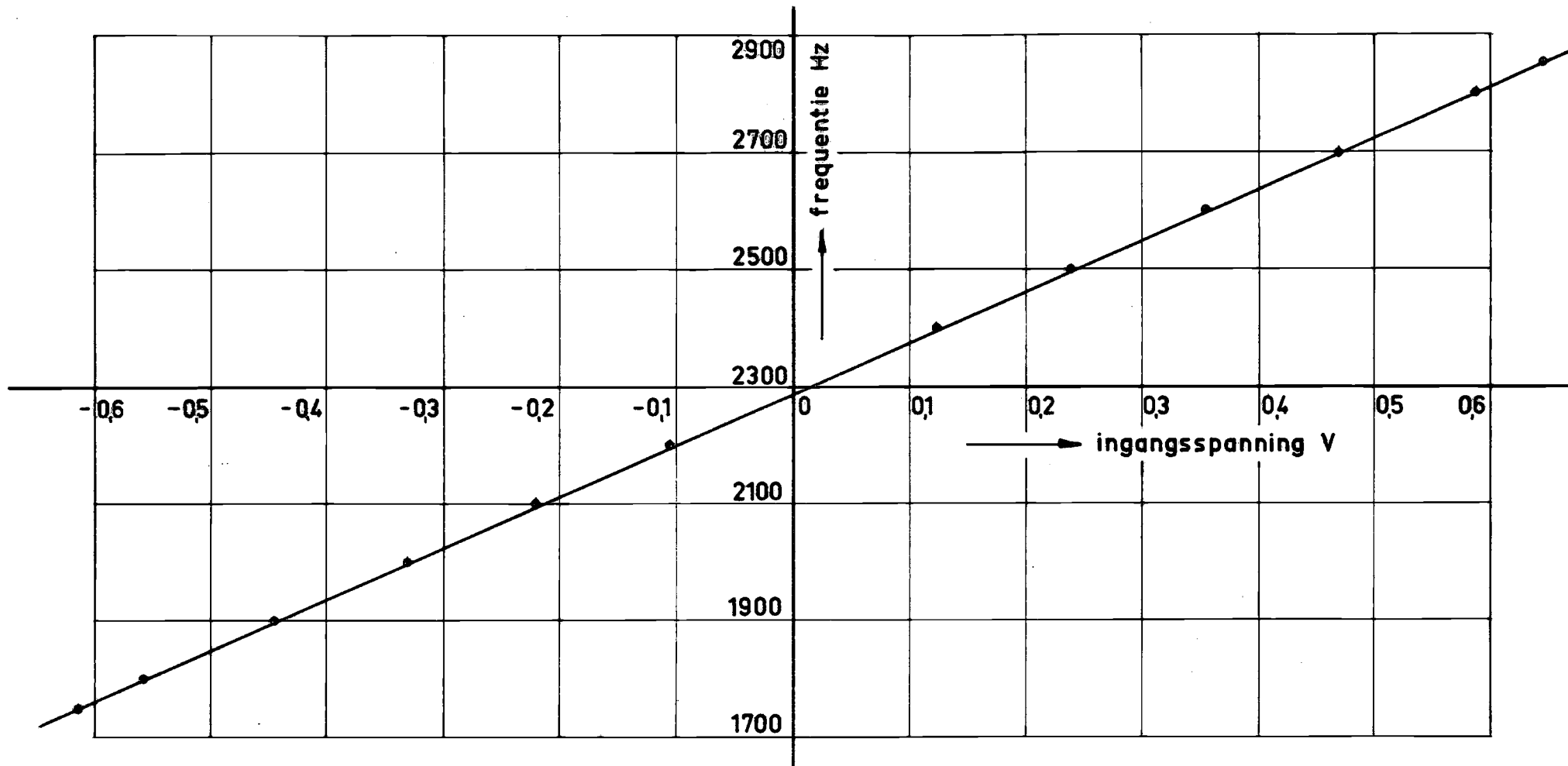


Figuur 4: Verband tussen versnelling en uitgangsspanning van de demodulator.

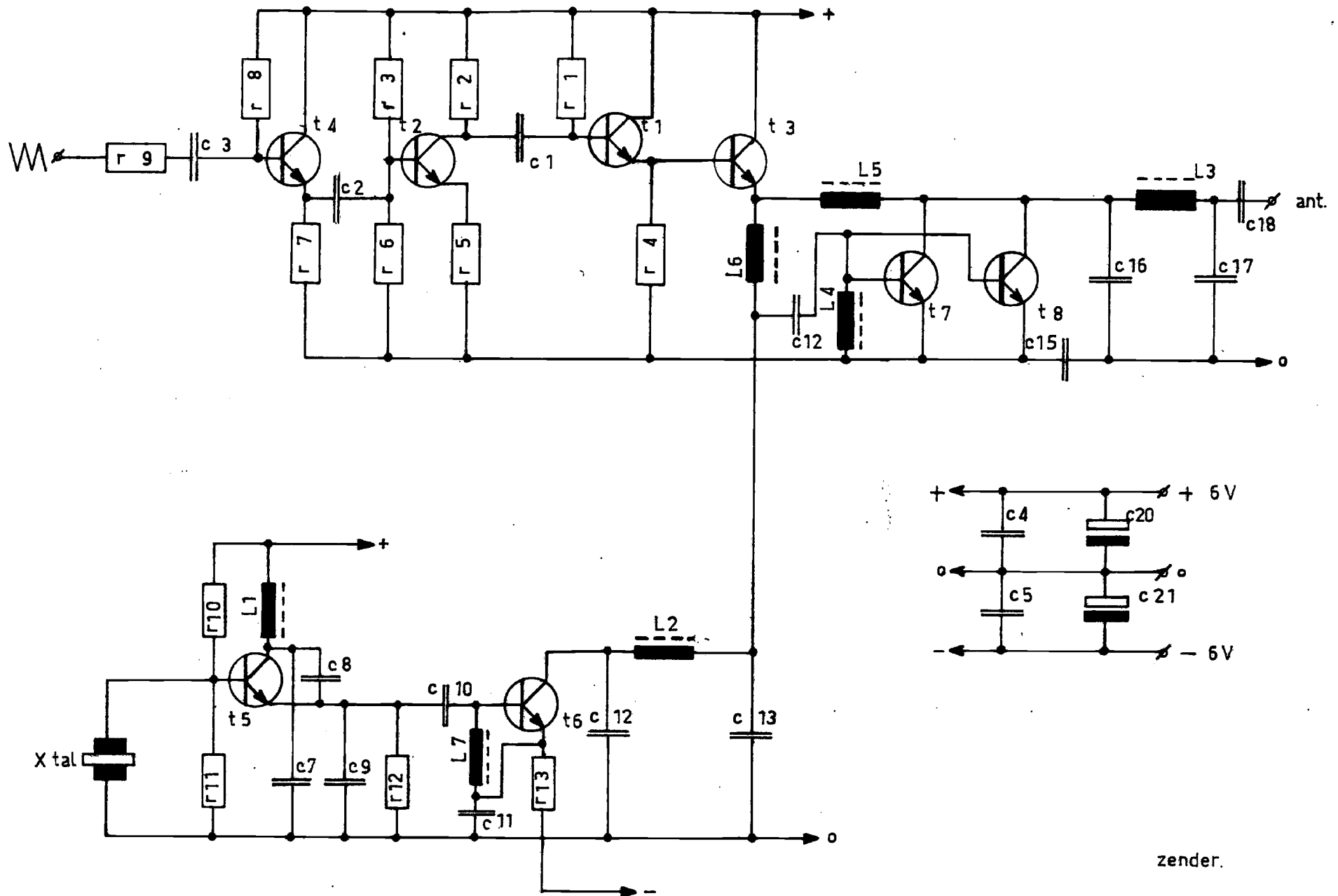


Figuur 5: Schema van de F.M. modulator.

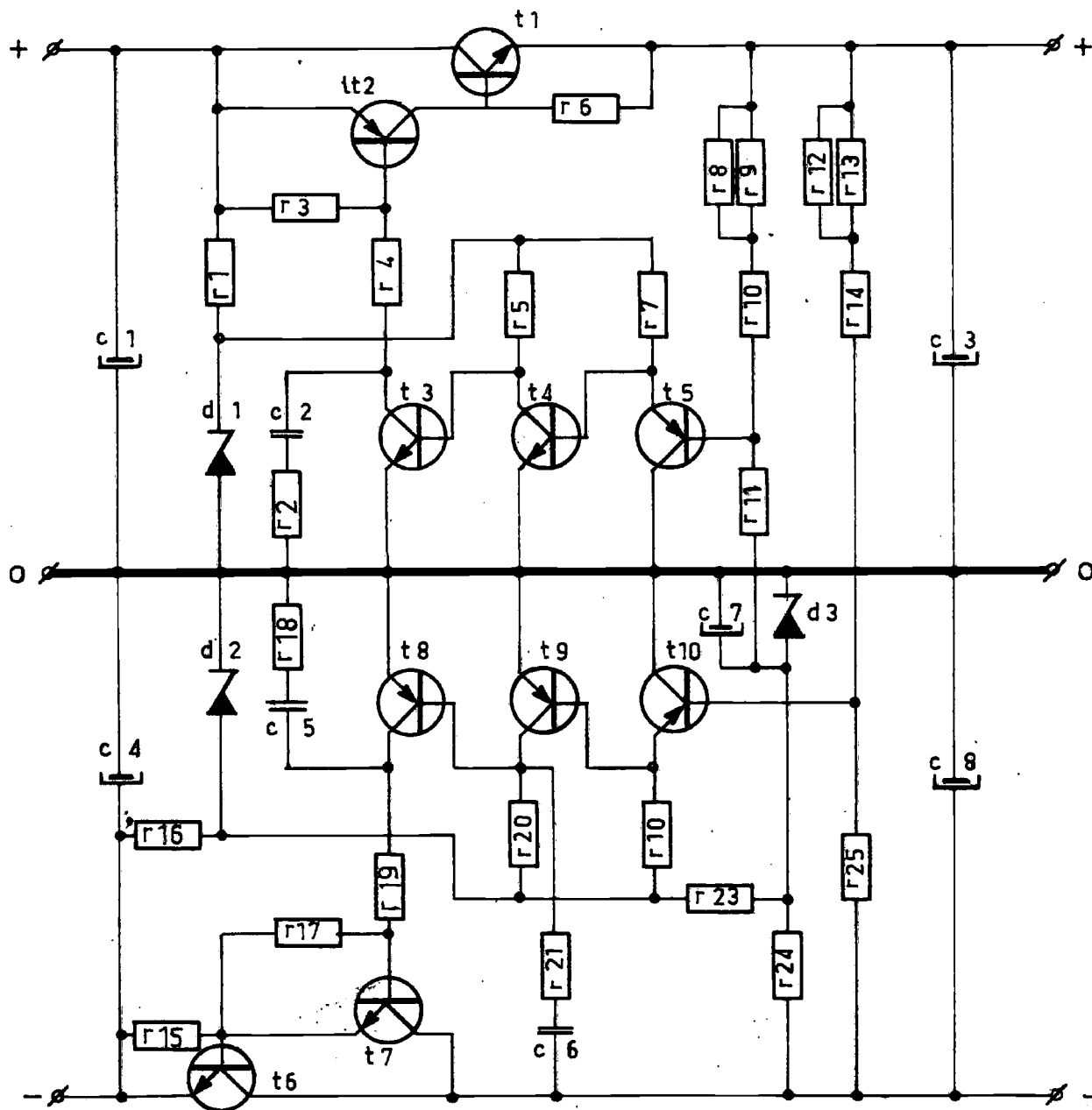
modulator



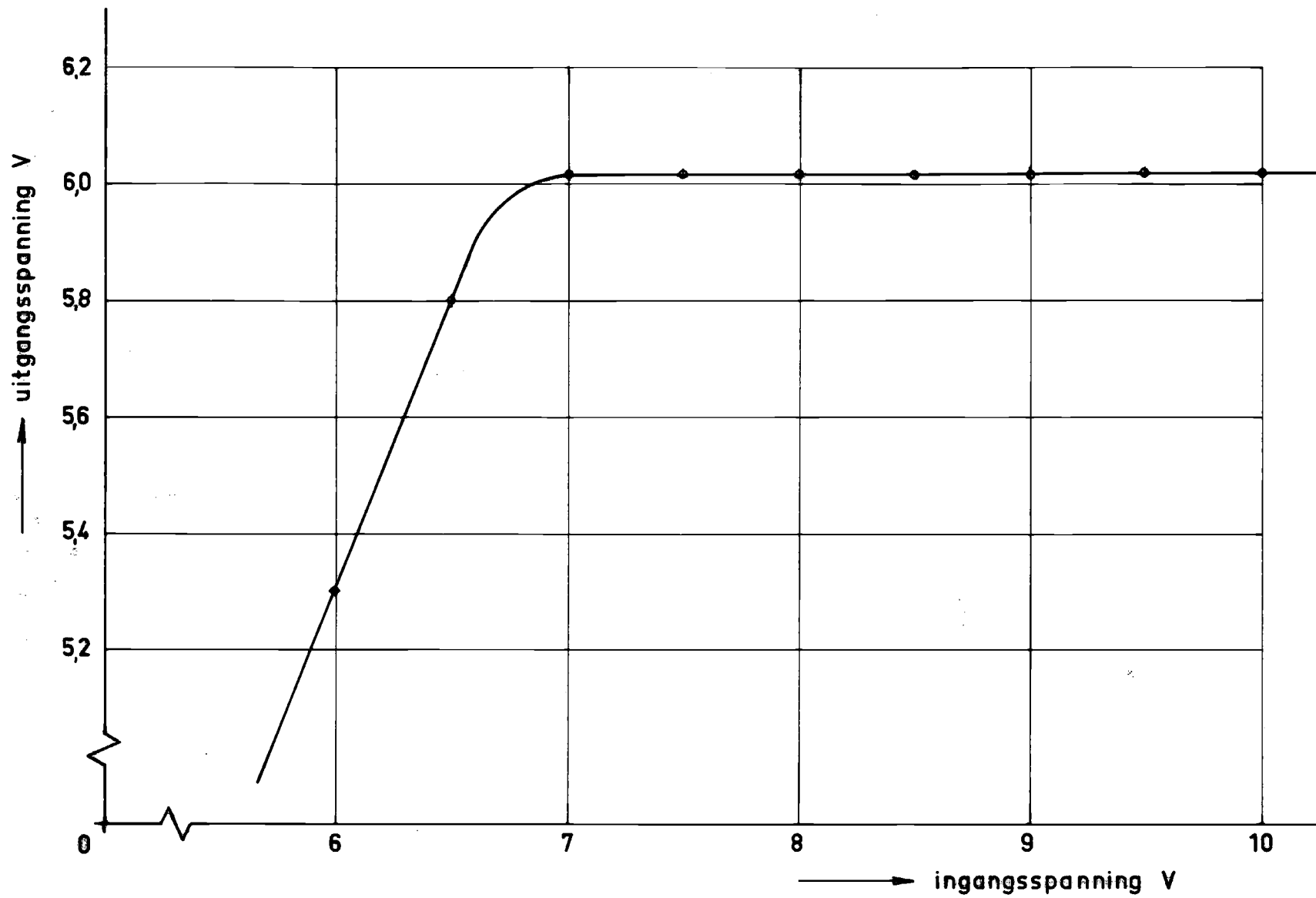
Figuur 6: Verband tussen ingangsspanning en frequentie van de F.M. modulator.



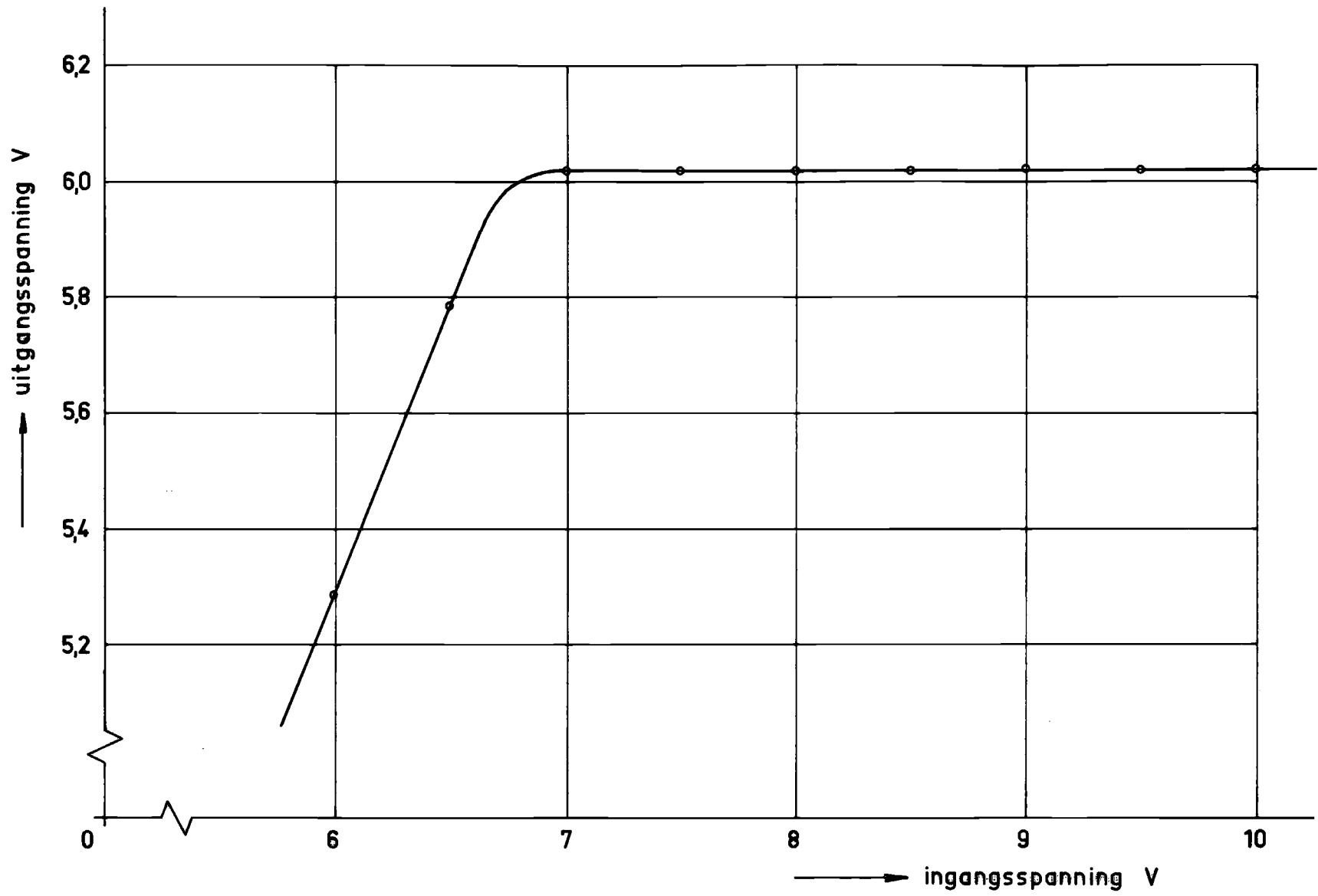
Figuur 7: Schema van de zender.



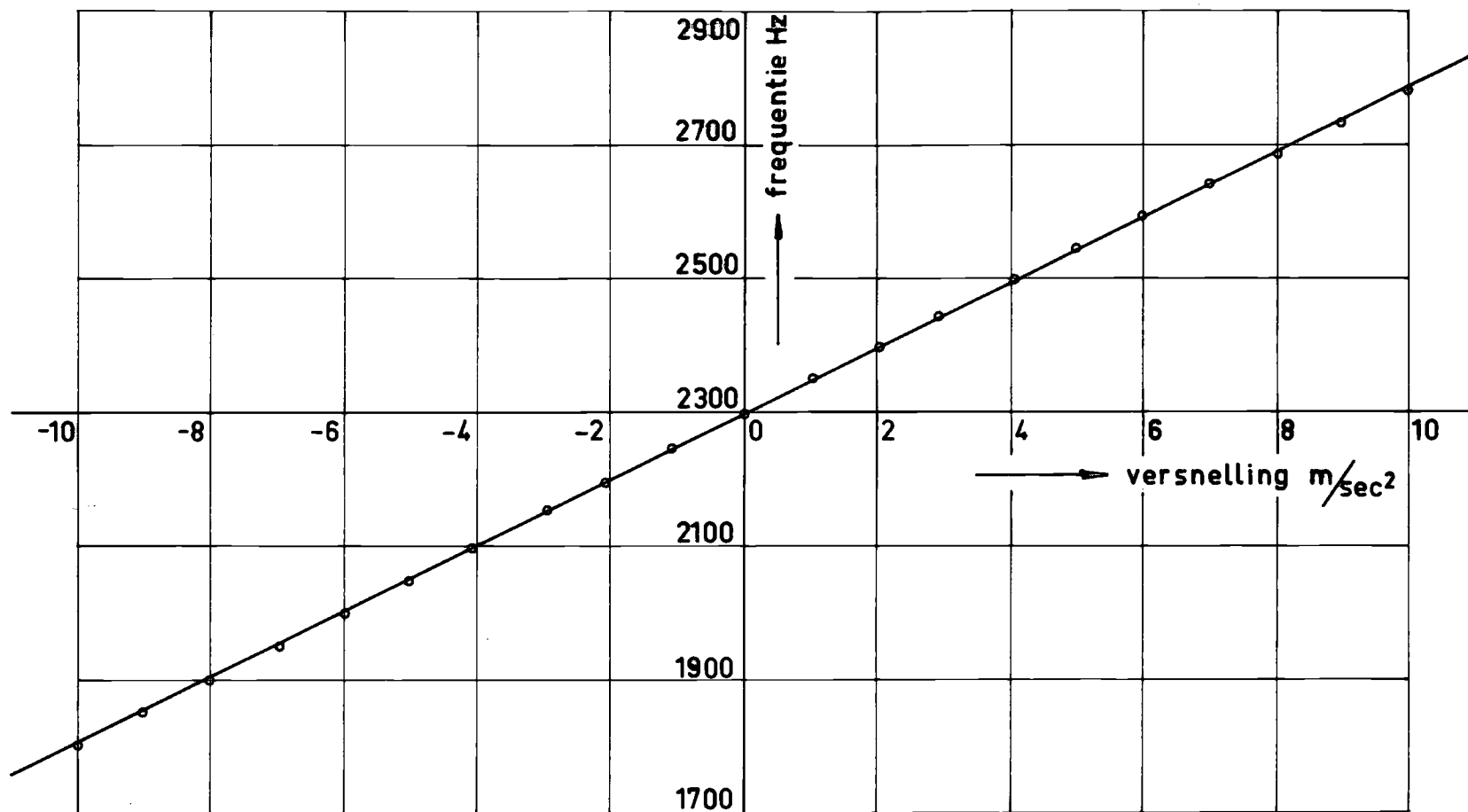
Figuur 8: Schema van het gestabiliseerde voedingsapparaat.



Figuur 9: Verband tussen de ingangs- en uitgangsspanning van de positieve stabilisator.



Figuur 10: Verband tussen de ingangs- en uitgangsspanning van de negatieve stabilisator.



Figuur 11: Verband tussen de versnelling en de uitgangsfrequentie.

┌ 70-10-26

—

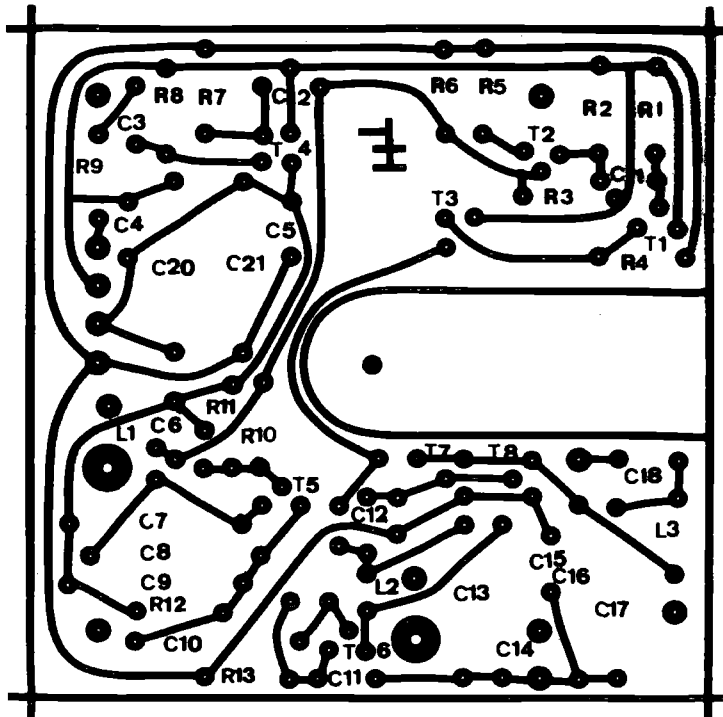
|

┌ 70-10-22

—

|

Figuur 12: Samenstelling van het electronisch gedeelte.



Schaal 1:1

Figuur 13: Print lay-out van de zender

71 - 10 - 25

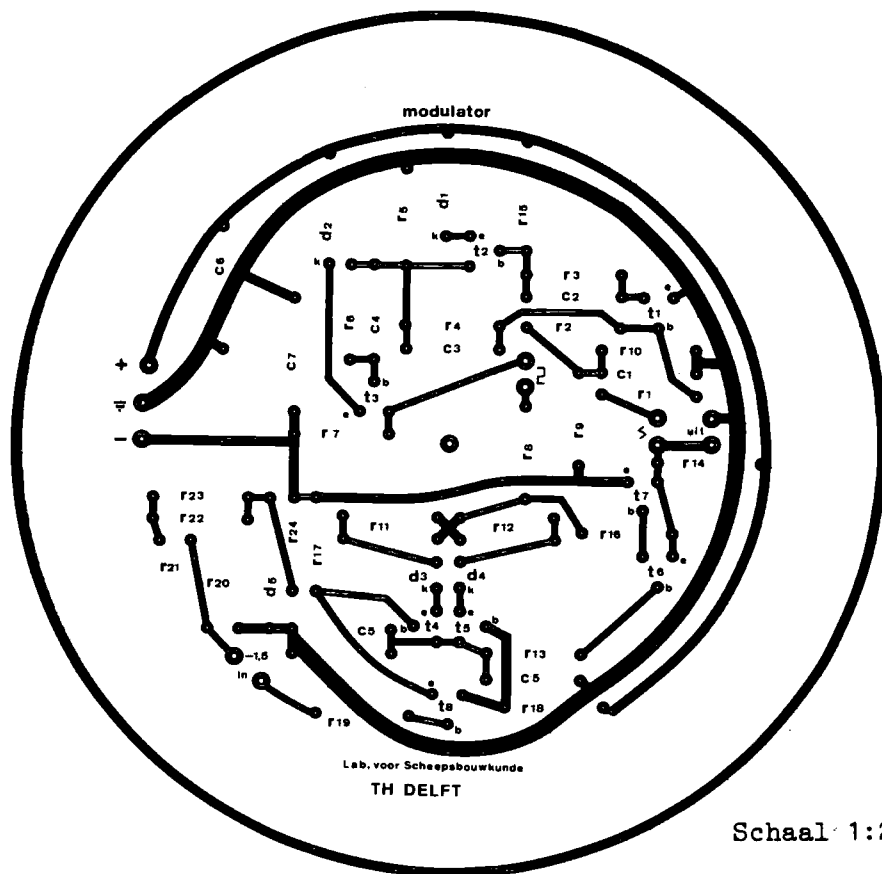
|

Figuur 14: Zender print met gemonteerde onderdelen.

70 - 10 - 19

|

Figuur 15: Zender print in houder.



Schaal 1:2

Figuur 16: Print lay-out van de F.M. modulator.

┌ 71-10-23

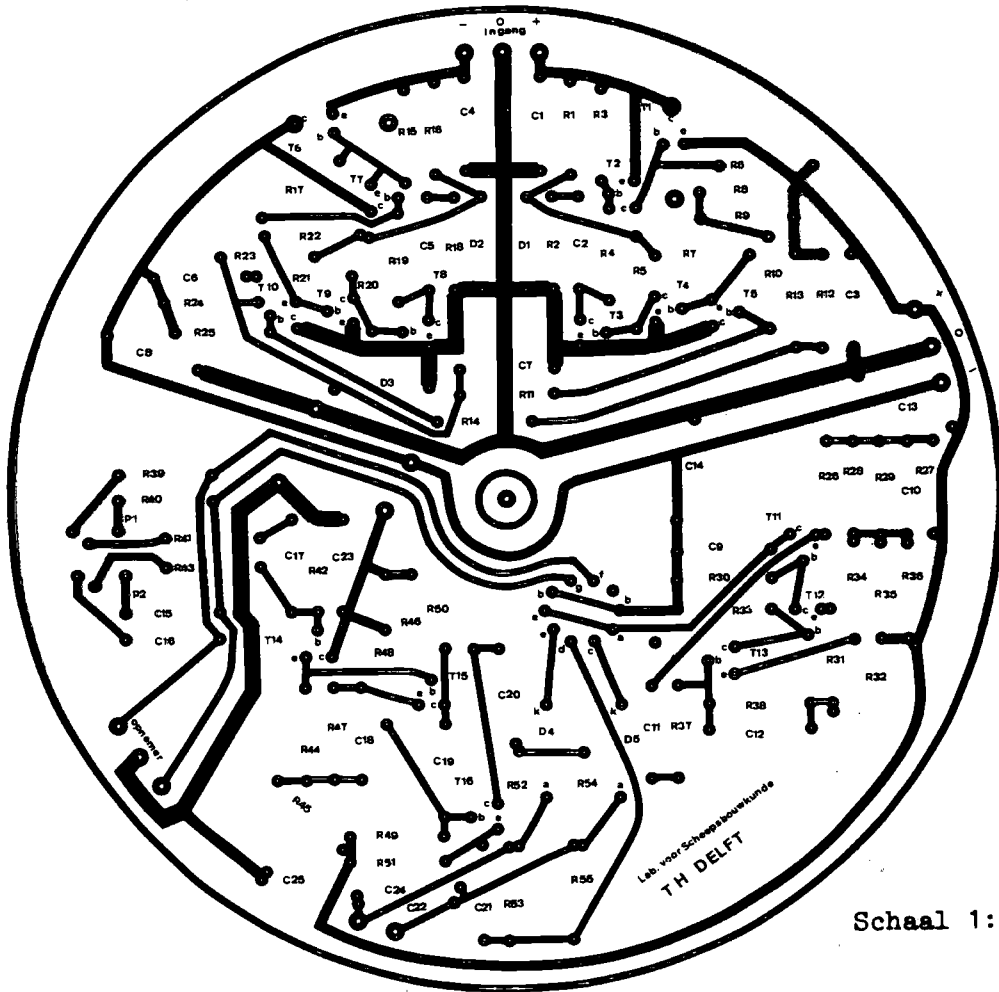
|

Figuur 17: Modulator print met gemonteerde onderdelen

┌ 70-10-16

|

Figuur 18: Modulator print in houder.



Schaal 1:2

Figuur 19: Print lay-out van de oscillator en de voeding.

┌ 71-10-18

|

Figuur 20: Oscillator en voedings print met gemonteerde onderdelen.

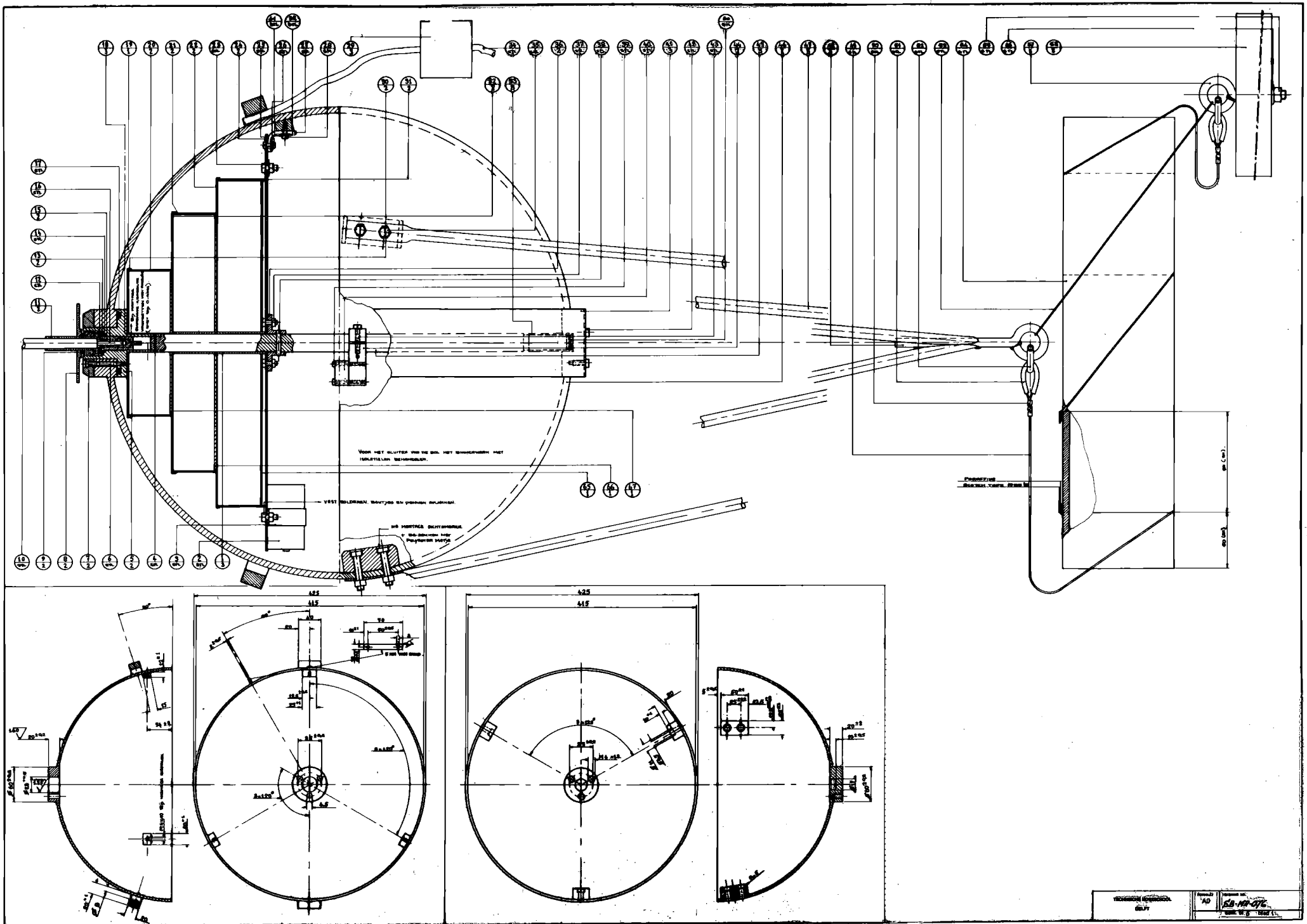
┌ 70-10-17

|

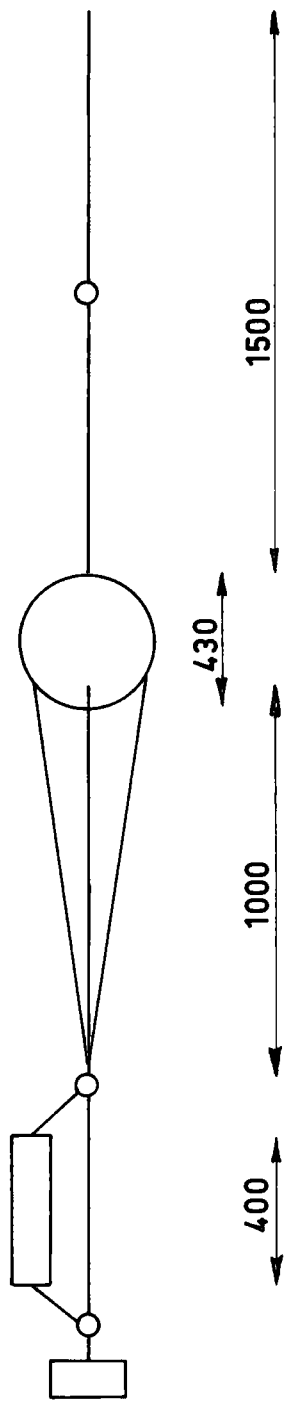
Figuur 21: Oscillator en voedings print in houder.

70-10-24

Figuur 22: Batterijhouder.



Figuur 23: Samenstellingstekening van de golffmeetboei.

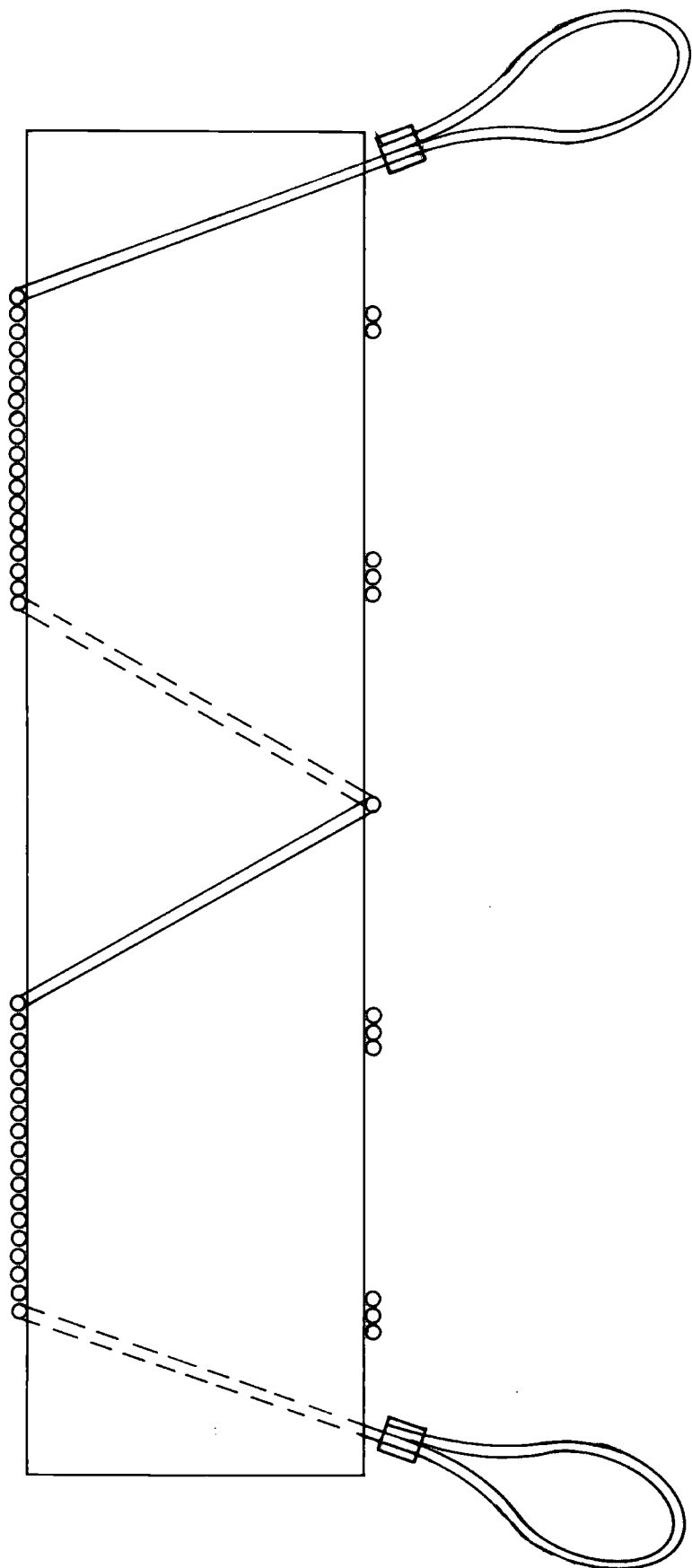


Figuur 24: Maatschets van de complete golfmeetboei

71-10-15

|

Figuur 25: Foto van de complete golfmeetboei.



Figuur 26: De lijnhouder.

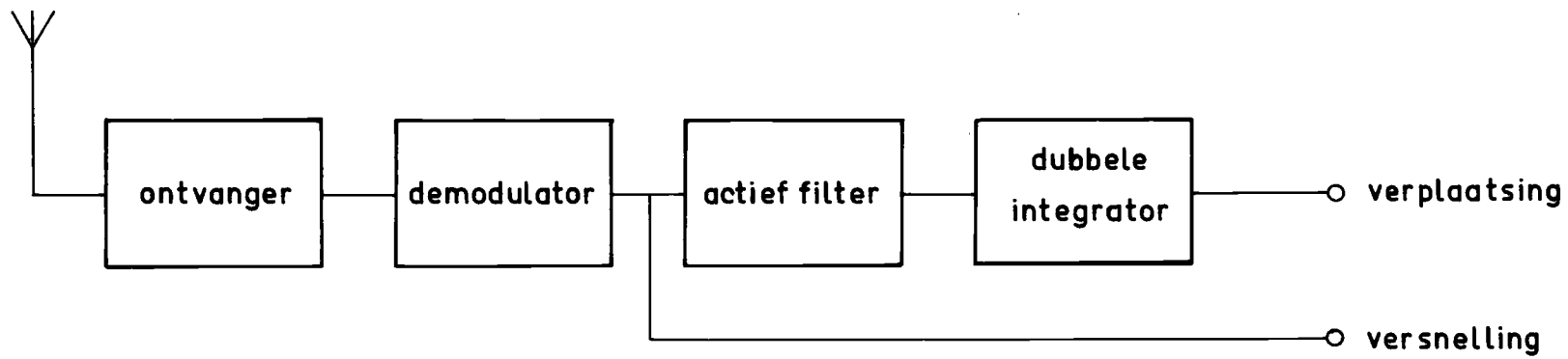
┌ 68-01-15

|

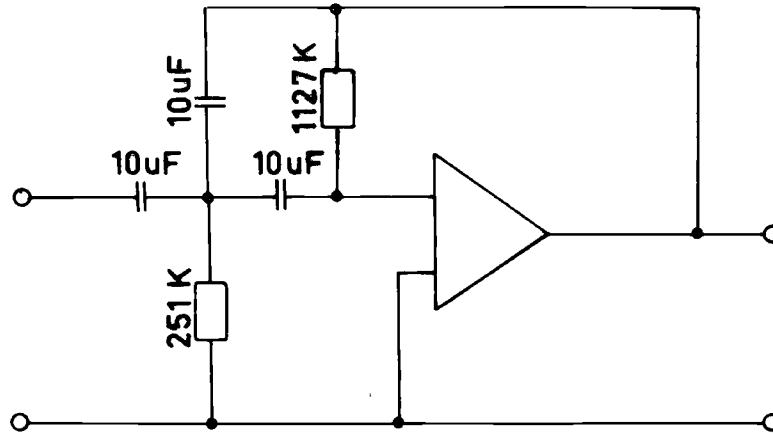
┌ 68-01-17

|

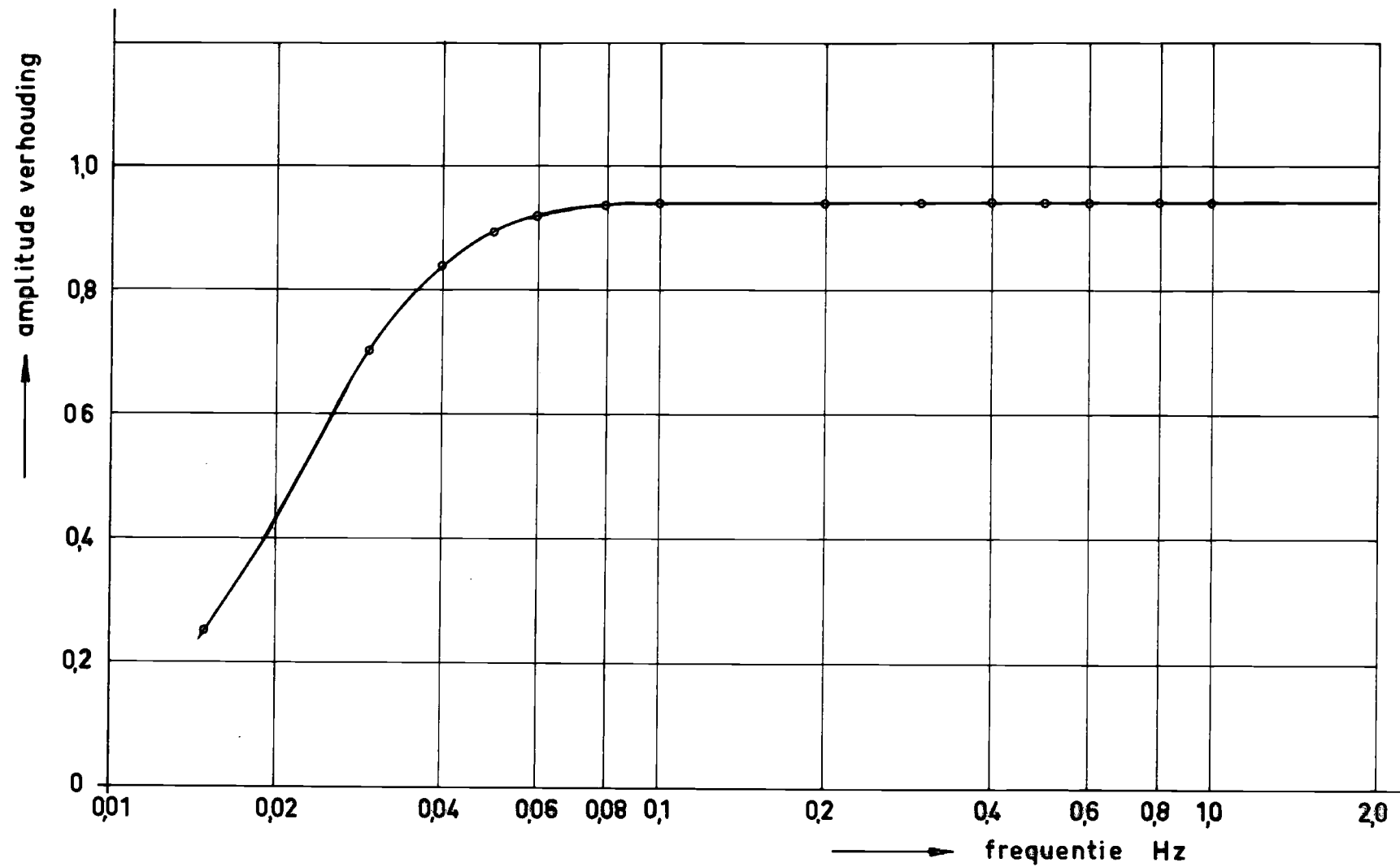
Figuur 27: Golfmeetboei op zee.



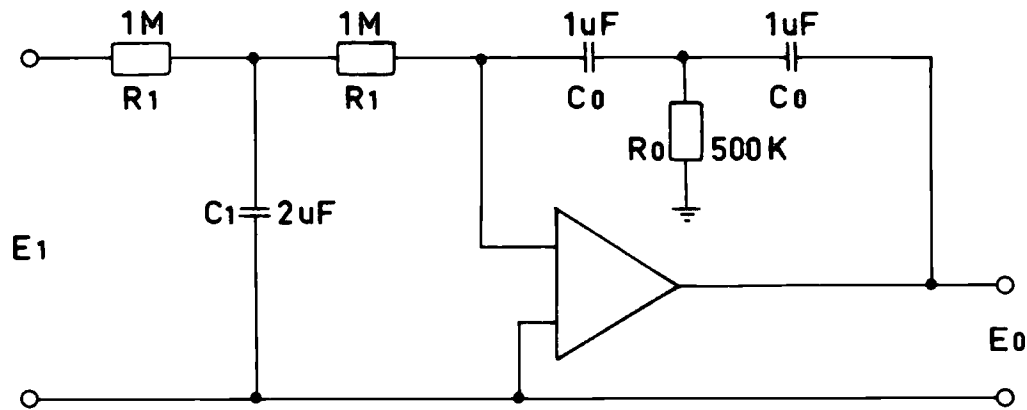
Figuur 28: Blokschema van de analoge verwerking.



Figuur 29: Schema van het hoog doorlaatfilter

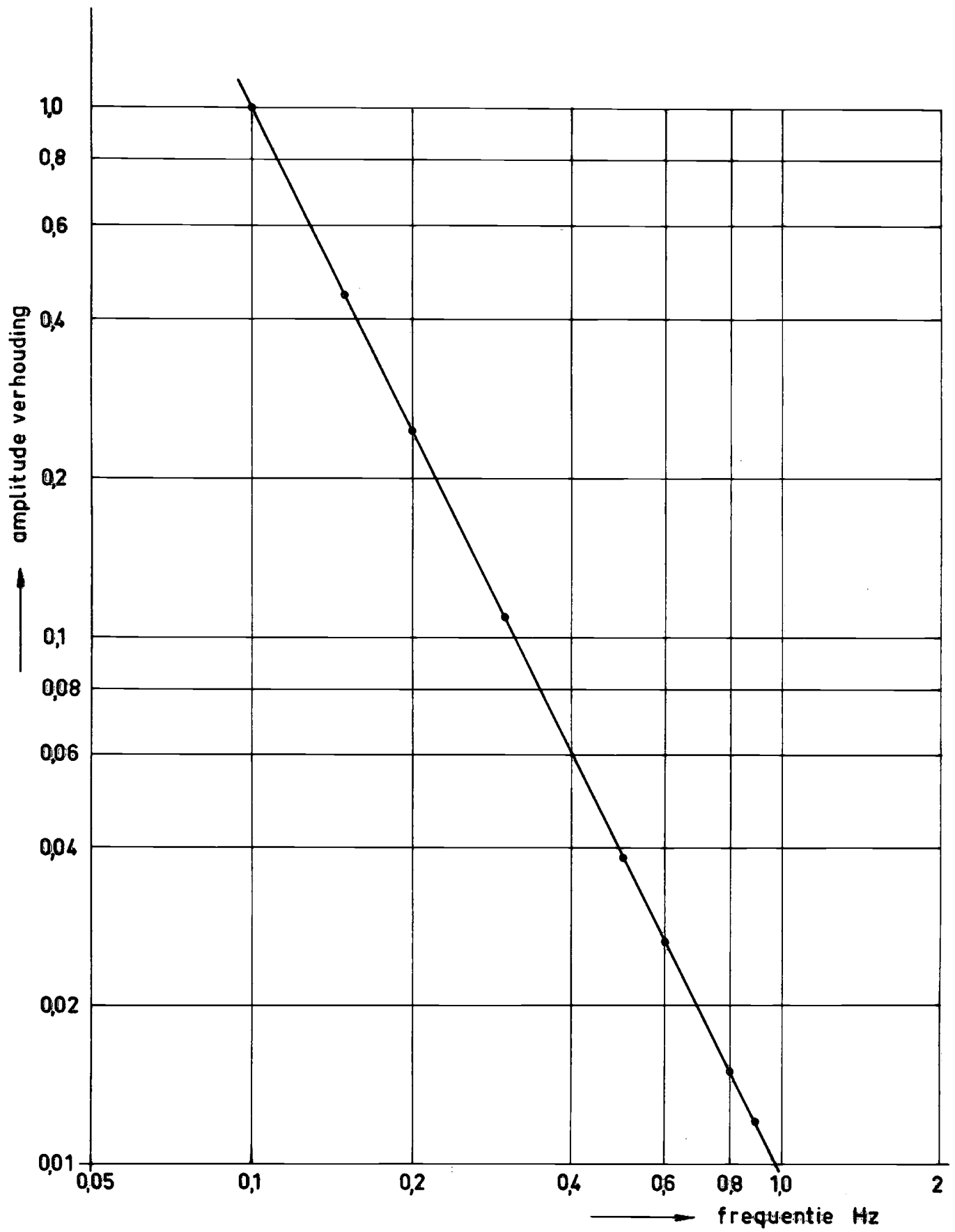


Figuur 30: Amplitude karakteristiek van het hoog doorlaatfilter.



$$E_0 = \frac{-4}{(R_1 C_1)^2} \iint E_1 dt$$

Figuur 31: Schema van de dubbele integrator.



Figuur 32: Amplitude karakteristiek van de dubbele integrator.