

MODELE MATHEMATIQUE DE LA  
POLLUTION EN MER DU NORD.

This paper not to be cited without reference to the author

VEKTORIEEL INTEGRERENDE WINDMETER  
VOOR METEO - OCEANOGRAPHISCHE BOEIEN

door

A. POLLENTIER,<sup>\*\*</sup> M. VANDENBOSSCHE<sup>\*\*\*</sup> en F. RIGOLE<sup>\*\*\*\*</sup>

\*-- Unité C.I.P.S., Oostende.

\*\*-- F.N./Z.N. D.F.R., Oostende.

\*\*\*-- Hoger Technisch Instituut, Oostende.

## INHOUDSTAFEL

Inleiding	p. 1.
Hoofdstuk I : Het meten van de wind op zee.	
§1. De anemometer	p. 4.
§2. De windrichtingsmeter	p. 6.
§3. Het kompas	p. 9.
§4. De 7-bit-gray-kode	p. 10.
Hoofdstuk II : Principe van de vektorieel integrerende windmeter.	
§1. Probleemstelling	p. 12.
§2. Eenheidsvektoren	p. 14.
Hoofdstuk III : Algemene opbouw van het systeem.	
§1. Conceptie	p. 16.
§2. Cyclusanalyse	
1. Optische aflezing	p. 16.
2. De cyclus	p. 17.
3. Het blokschema	p. 19.
Hoofdstuk IV : Praktische uitvoering.	
A. Wiskundige bewerkingen	
§1. Meet- en sommeerkring	p. 20.
§2. Sin/cos-tabel	p. 21.
§3. Algebraïsche sommatie	p. 23.
B. De "controller"	p. 25.
Hoofdstuk V : Het "data transmission" systeem van de boei.	p. 28.
Bijlage	
Tabel I : Gray/Binair	p. 32.
Tabel II : Sin/cos-tabel	p. 36.
Bibliografie	p. 41.

### Inleiding

Sedert enkele jaren is het probleem van de milieuvervuiling sterk op de voorgrond getreden. Men wordt er zich van bewust dat het willekeurig gebruik van de zeeën voor het storten van afval ernstige ekologische problemen kan scheppen die het welzijn van de mens in gevaar brengen. Er wordt gestreefd naar een rationele en strikte aanpak van het milieubeleid. Om het milieu beter te gaan begrijpen, gaat men het tegenwoordig beschouwen als een systeem dat beschreven wordt door een aantal toestandsvariabelen van fysische, chemische en biologische aard. De toestandsveranderlijken van het systeem moeten zo gekozen worden dat ze én significant genoeg zijn voor de omgeving én terzelfdertijd ook kunnen geanalyseerd worden. Zo komt men tot een mathematisch model van het gebied dat men wil gaan controleren.

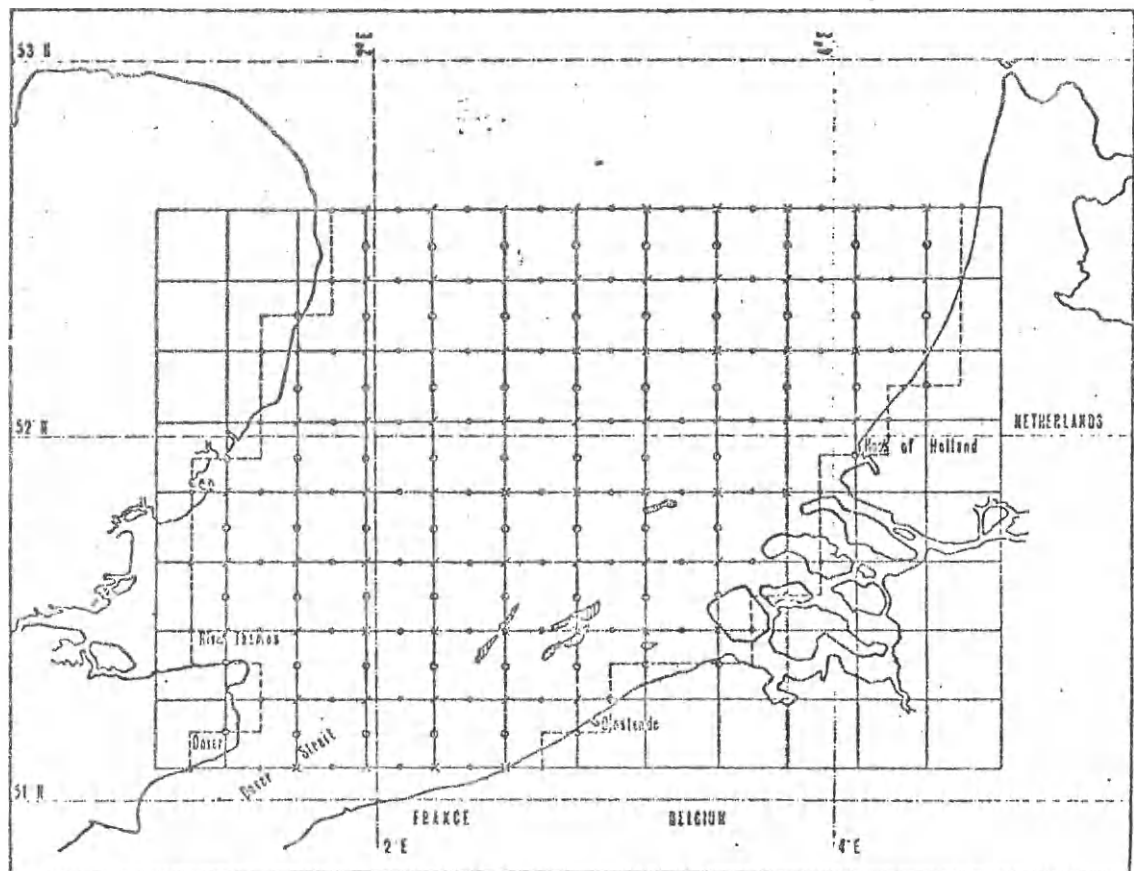


fig. 1

Dit model bevat alle parameters die bepalend zijn voor dit gebied. Het verenigt in zich de hydrodynamiek van de oceaan en de rivieren, de wisselwerking met de dampkring en de sedimenten, de chemische en biochemische wisselwerking en zelfs de biologische ontwikkelingen die invloed uitoefenen op het rendement en de kwaliteit van de visvangst en op voedselbronnen van de mens.

De grote verscheidenheid van parameters die de toestand van een gebied bepalen, maakt het onmogelijk ze allemaal in wiskundige vergelijkingen vast te leggen. De noodzaak dringt zich op de belangrijkste toestandsveranderlijken uit te kiezen en aan de hand daarvan het systeem te beheren. Bij het opstellen van het mathematisch model, gaat men als volgt te werk: het gecontroleerde gebied wordt verdeeld in ruiten; ( zie figuur 1 ).

Op verschillende punten in het rooster worden de parameters bepaald.

Dit houdt in: het bepalen van de bestanddelen aan de hand van monsters van het water, het meten van de luchtdruk, luchttemperatuur, watertemperatuur, waterstroming, windrichting en snelheid, golfslag, .... en alle verdere parameters welke significant zijn voor het systeem.

De verschillende metingen worden enerzijds gedaan met behulp van schepen, welke ogenblikkelijke metingen, evenals waterstalen nemen in bepaalde punten en anderzijds met behulp van boeien opgesteld in bepaalde punten.

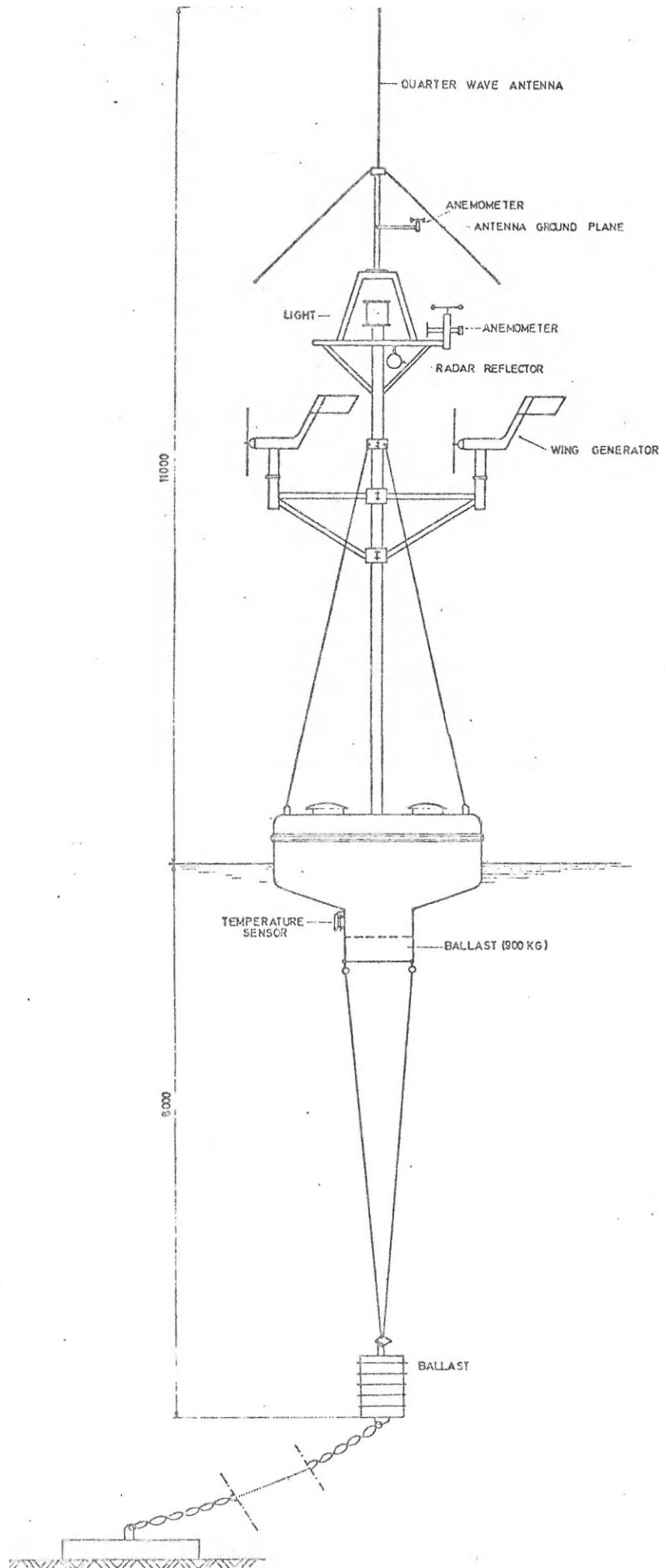
Deze boeien zijn uitgerust met een aantal sensoren waaronder de "anemometer" en de "windrichtingsmeter".

Het getij, de stroming van het water, de wind en de golven zijn factoren welke een invloed uitoefenen op de stabiliteit van een boei. Onder deze invloeden ontstaat er een dynamisch evenwicht tussen de boei en zijn verankering, waardoor deze gaat schommelen en op en neer bewegen in het water. Daar de wind fluktueert en tevens de boei schommelt brengt een ogenblikkelijke meting van de windrichting en -snelheid, zoals bij de klassieke windmeters aanzienlijke fouten teweeg.

Het doel van deze thesis is dan ook de "gemiddelde" windsnelheid en -richting te bepalen, op oceanografische meetboeien. Deze gegevens zijn immers noodzakelijk voor het op punt stellen van het mathematisch model van de Noordzee. Tevens zullen ze gebruikt worden voor meteorologische doeleinden.

-----

SYSNA BUOY



Hoofdstuk I: Het meten van de wind op zee

Voor het meten van de windsnelheid en de windrichting zijn er twee onderscheiden toestellen nodig, dit zijn respectievelijk de "anemometer" en de "windrichtingsmeter".

§ 1. De anemometer (figuur 3)

Dit toestel bestaat in hoofdzaak uit 3 halve holle bollen "cups", welke onder invloed van de wind zullen draaien met een snelheid evenredig met de windsnelheid. Op de as van het toestel is een schijf bevestigd, verdeeld in 40 sectoren, afwisselend zwart en doorschijnend. (figuur 4)

Boven de schijf is een LED bevestigd, en onderaan een fototransistor. (figuur 5) Wanneer de schijf draait, zal de fototransistor impulsen afgeven, waarvan de frequentie afhankelijk is van de windsnelheid.

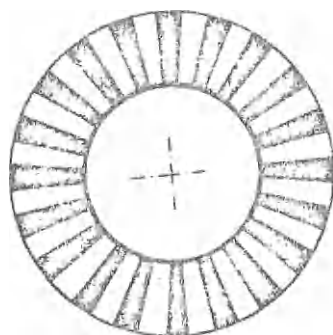


fig. 4

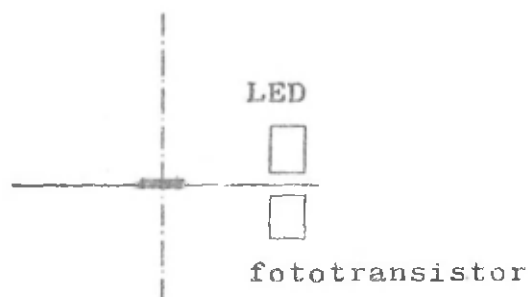
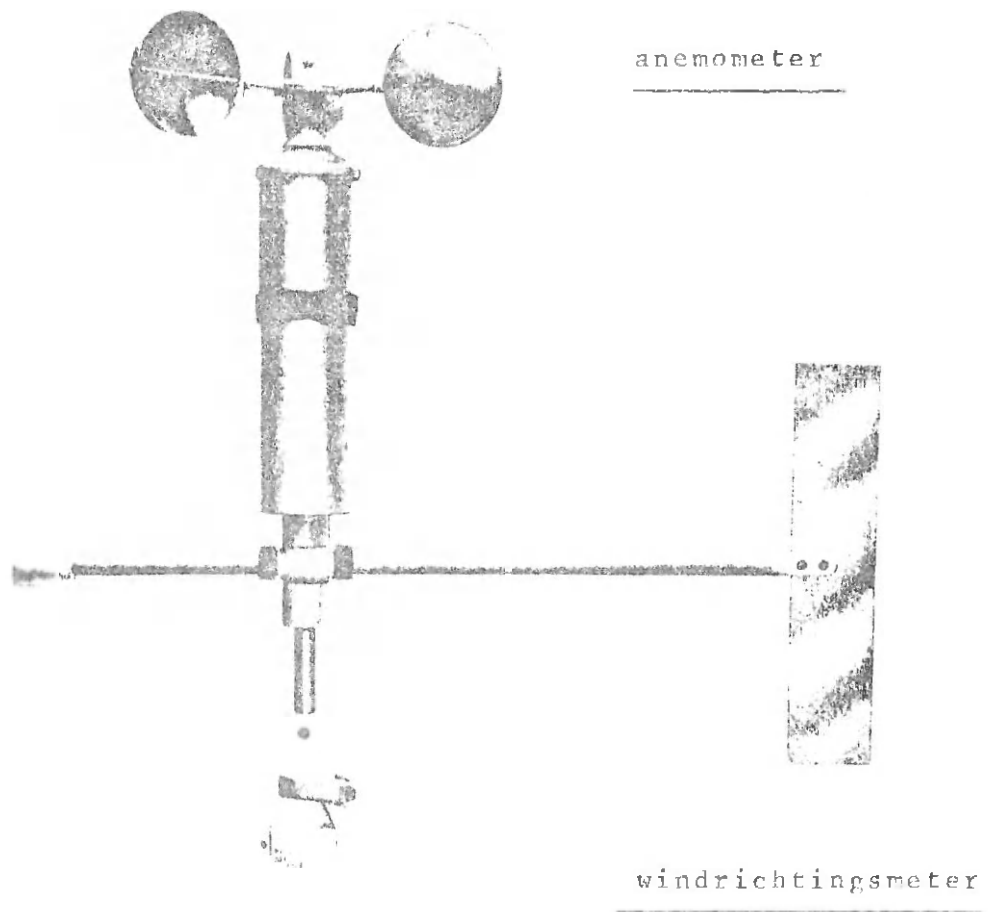


fig. 5

Het gebruikte toestel is een "MUNRO wind velocity transmitter" type IM 204 Mk4 met volgende door de fabrikant opgegeven specificaties:

- startsnelheid: 2,5 knopen (kn) nominaal
- snelheidsbereik: 3 - 150 kn
- nauwkeurigheid:  $\pm 2,5\%$
- kalibratiefactoren: 1.000 toeren per minuut bij 100 kn  
20 impulsen per toer

Fig. 3. : de anemometer en de  
windrichtingsmeter.





§ 2. De windrichtingsmeter (figuur 3)

De windrichtingsmeter bestaat uit een vaan ("vane"), welke zich voortdurend positioneert in de richting van de wind, tot er nog slechts een axiale kracht op inwerkt, die bijgevolg geen draaimoment meer veroorzaakt. Op de as van de vaan is een "7-bit-gray gekodeerde schijf" aangebracht. Onder invloed van de wind gaat de schijf een bepaalde stand innemen ten opzichte van zijn referentieas, welke vast verbonden is met de boei. De aflezing gebeurt als volgt: figuur 6; boven de schijf staan 7 LED's opgesteld, die naargelang de stand van de schijf, hun overeenstemmende fototransistor, onderaan opgesteld, in geleiding brengen.

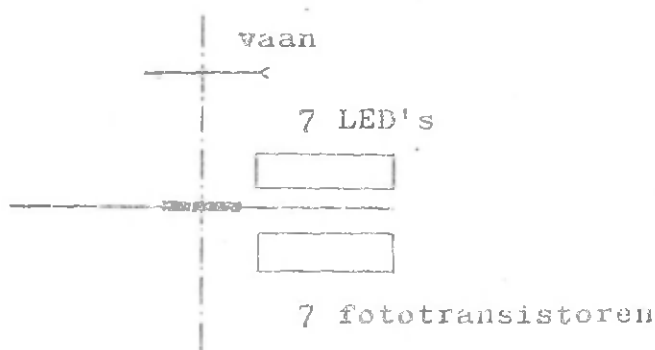


fig. 6

Het gebruikte toestel is een "MUNRO - direction transmitter" type IM 205 Mk4 met volgende specificaties:

hoekaflezing:  $0^{\circ} - 360^{\circ}$

resolutie op de richting:  $\pm 0,5$  L.S.B. (ca  $3^{\circ}$ )

De hoekaflezing wordt uitgevoerd volgens een rechtsdraaiend systeem ( figuur 7)

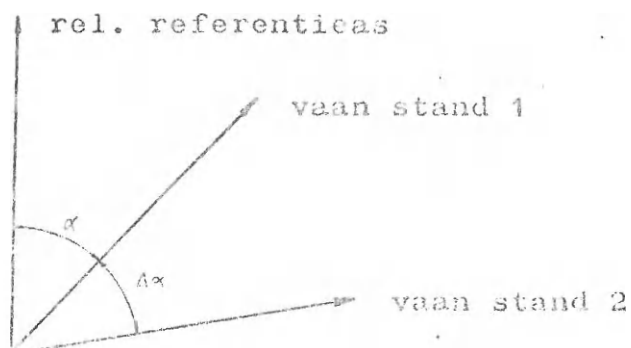
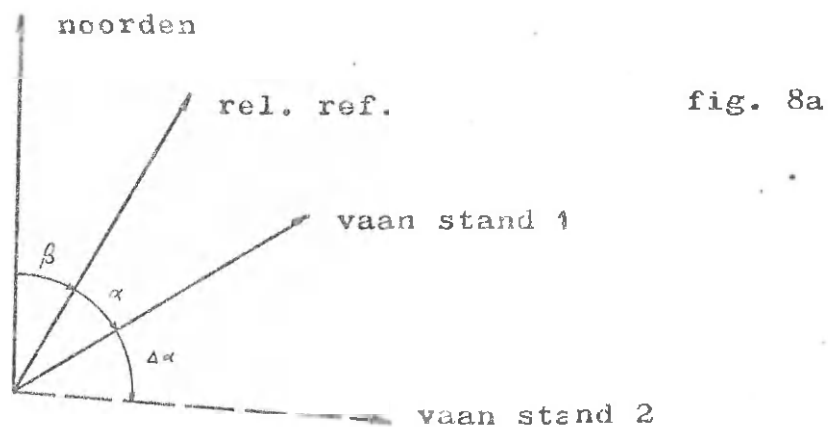


fig. 7

Daar de boei draait, en we op elk ogenblik de richting van de wind willen kennen t.o.v. het noorden, is het nodig de richting van de referentieas van de boei te bepalen ten opzichte van een absolute referentieas: het noorden. Deze meting wordt uitgevoerd met behulp van een elektronisch kompas.

Uit de kennis van de relatieve windrichting en de stand van de relatieve referentieas van de windrichtingsmeter kan men de windrichting ten opzichte van het noorden bepalen zoals weergegeven in figuur 8.

fig. 8 a : de boei blijft vast t.o.v. het noorden  
de vaan draait over een hoek  $\Delta\alpha$



- 1° geval: de windrichtingsmeter meet de hoek  $\alpha$   
het kompas meet de hoek  $\beta$   
de richting van de wind t.o.v. het noorden wordt  
gegeven door de hoek  $\varphi = \alpha + \beta$
- 2° geval: bij verdraaiing van de vaan vermeerderd  $\alpha$  met  $\Delta\alpha$   
de totale hoek wordt nu  $\varphi = \beta + \alpha + \Delta\alpha$

fig.8 b : de windrichting blijft konstant maar de boei draait

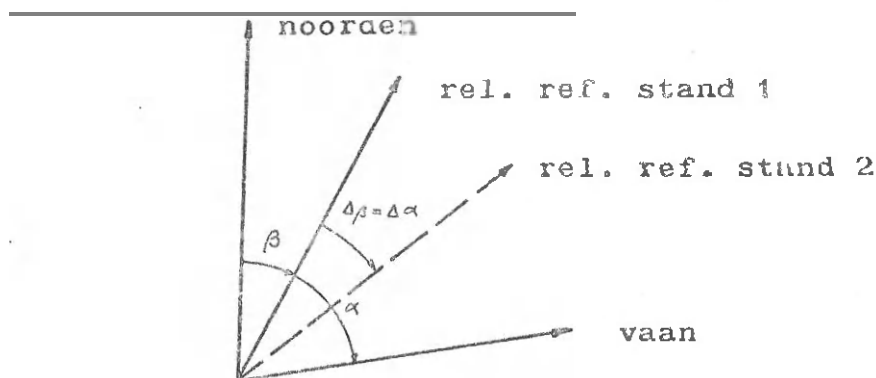


fig. 8b

voor de verdraaiing wordt de windrichting gegeven door

$$\varphi = \alpha + \beta$$

na de verdraaiing  $\varphi = \beta + \Delta\beta + \alpha - \Delta\alpha$

daar  $\Delta\alpha = \Delta\beta$  wordt dus  $\varphi = \alpha + \beta$

We zien dus dat de gemeten hoek onafhankelijk wordt van de stand van de boei.

In vorige figuren wordt echter verondersteld dat de richting van de relatieve referentieas, samenvalt met de referentie van het kompas

Bij een praktische opstelling op de boei zullen deze referentieassen meestal ten opzichte van elkaar verschoven zijn over een konstante hoek  $\gamma$ .

Bijgevolg moet de figuur 8 aangepast worden zoals aangegeven in figuur 9.

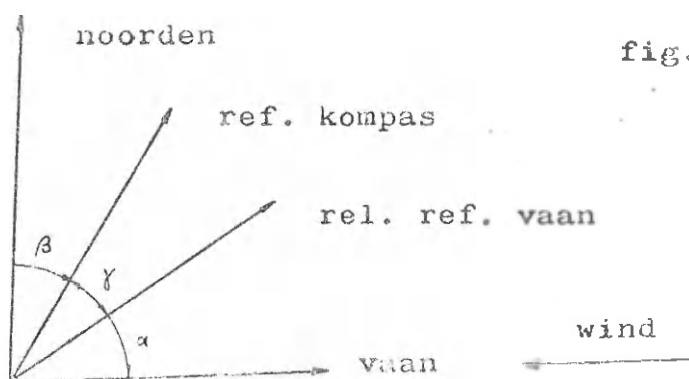


fig. 9

We kunnen dus besluiten dat de windrichting  $R$  op elk ogenblik gegeven wordt door de formule  $R = \alpha + \beta + \gamma$

waarbij  $\alpha$  = hoekwaarde afgelezen door windrichtingsmeter

$\beta$  = hoekwaarde afgelezen door kompas

$\gamma$  = konstante hoek bepaald door de opstelling

### § 3. Het kompas

De aflezing van het kompas gebeurt evenals bij de windrichtingsmeter door middel van een 7-bit-gray gekodeerde schijf.

a. specificaties opgegeven door de constructeur

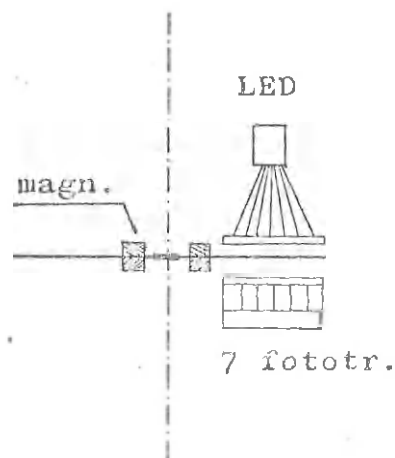
- hoekaflezing:  $0^\circ - 360^\circ$

- resolutie:  $\pm 0,5$  L.S.B. ( $3^\circ$ )

- maximaal toegelaten schommeling:  $15^\circ$  rond de verticale

- meetfrequentie: 2 metingen/seconde

b. het klassieke naaldkompas is in deze uitvoering aangepast, voor een elektronische aflezing. Op de schijf, draaibaar opgesteld door middel van een as en een lagerstel, zijn 4 permanente magneetjes aangebracht ( figuur 10)



De stand van de schijf blijft aldus onveranderd ten opzichte van het noorden. Als de boei draait, over een hoek  $\theta$  in de uurwijzerzin, dan zal het afleessysteem zich ten opzichte van de schijf in de uurwijzerzin bewegen over een hoek  $\theta$ . Bij de opstelling van het afleessysteem dient echter wel rekening te worden gehouden met de aanwezigheid van magnetische materialen, in de nabijheid van de permanente magneten. Daarom worden de LED's en fototransistoren niet bij de schijf geplaatst. De codering gebeurt hier met behulp van optische geleiders.

fig.10 opstelling van de schijf en het afleessysteem

§ 4. De 7-bit-gray-kode

De schijven waarmee de aflezingen van het kompas en de windrichtingsmeter gebeuren, zijn gekodeerd met een 7-bit-gray-kode. (figuur 11)

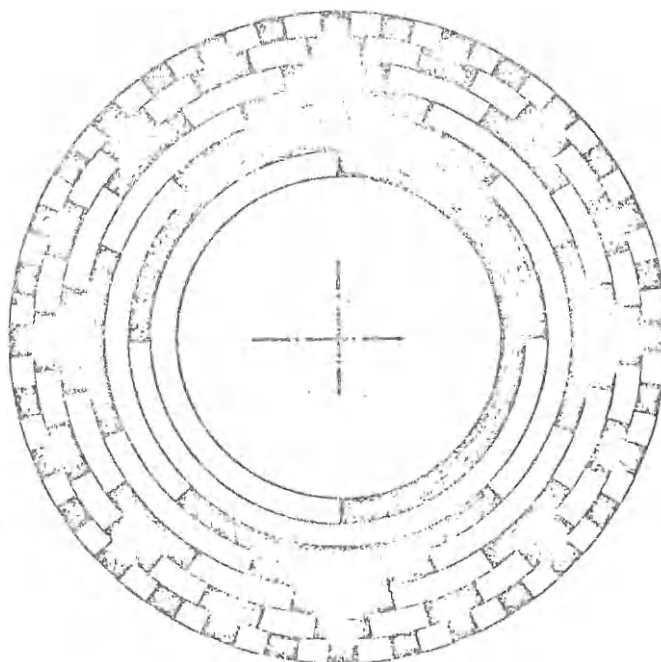


fig. 11 de optische schijf

Met 7 bits zijn  $2^7$  of 128 verschillende hoekaflezingen mogelijk. Een aflezing van de schijf gebeurt bijgevolg met een resolutie van  $360^\circ/128 = \text{ca } 3^\circ = 1 \text{ L.S.B.}$

De procentuele fout bedraagt ongeveer 1%

De gray-kode heeft de bijzondere eigenschap, dat twee opeenvolgende waarden slechts in 1 bit verschillen. Dat maakt deze kode uitermate geschikt voor optische aflezingen.

In de praktijk zal het immers voorkomen dat het afleessysteem zich in een intermitterende positie bevindt, tussen twee opeenvolgende hoekwaarden. Laten we bijvoorbeeld veronderstellen dat de aflezing gebeurt op de scheiding tussen de standen 79 en 80 ( zie tabel I)

Indien we de binaire kode zouden gebruiken, dan gebeurt de aflezing tussen 1001111 en 1010000. We merken op dat slechts de twee laatste bits ongewijzigd blijven. Dit betekent dat we slechts deze 2 bits met zekerheid kunnen aflezen. De afgelezen waarde van de vijf andere bits zal afhankelijk zijn van de hoeveelheid licht, die de respektieve fototransistoren in deze intermitterende stand zullen ontvangen, en zodoende al of niet in geleiding komen.

De maximale fout die we in dit geval kunnen maken bedraagt

$$31 \times \frac{360}{128} = 87^\circ$$

De grootste fout die in binaire kode zou kunnen voorkomen bedraagt

$$1 \text{ M.S.B. of } 64 \times \frac{360}{128} = 180^\circ$$

Indien we echter gebruik maken van de gray-kode, dan zal diezelfde aflezing gebeuren tussen de standen 0010111 en 0000111 ( zie tabel I).

Slechts 1 bit verandert en de maximale fout met deze kode is bijgevolg 1 L.S.B. of ongeveer  $3^\circ$ . Dit geldt voor elke stand van de schijf.

-----

Hoofdstuk II: Principe van de vektorieel integrerende  
windmeter

§ 1. Probleemstelling

Zoals reeds vermeld, brengt een ogenblikkelijke meting van windrichting en windsnelheid aanzienlijke fouten te weeg.

Men zou kunnen de gemiddelde snelheid bepalen door bijvoorbeeld gedurende een zekere tijd het aantal toeren van de anemometercups te tellen. Een gemiddelde van de windrichting zou kunnen bekomen worden door gedurende deze tijd, met regelmatige intervallen, de stand van de vaan af te lezen. Daarna de bekomen hoeken sommeren en delen door het aantal metingen.

Deze metingen zijn echter niet representatief voor snelheid en richting van de zich verplaatsende luchtmassa.

Inderdaad, laten wij als tijdsinterval  $t_i = 12$  sec nemen en als integratieduur  $T = 1$  minuut en laten we een noordenwind veronderstellen die aanwakkert en ondertussen draait naar het oosten.

De opeenvolgende afgelezen waarden zijn bijvoorbeeld

1 <sup>o</sup> meting :	vaan: 0°	; aantal toeren	1
2 <sup>o</sup>	30°		2
3 <sup>o</sup>	45°		3
4 <sup>o</sup>	60°		4
5 <sup>o</sup>	90°		5

Volgens bovenstaande methode zouden we vinden als gemiddelde richting  $(0 + 30 + 45 + 60 + 90) / 5 = 45^\circ$  en als windsnelheid 15 toeren/minuut of  $15 \times k$  met  $k = 185 \times 10^{-3}$  km/h en per toer /minuut.

We kunnen nu echter ook elke meting voorstellen door een vektor met lengte respectievelijk 1, 2, 3, 4 en 5 en als richting  $0^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$  ( figuur 12)

Maken we de vektorieële som, dan vinden we als resultante de vektor  $\bar{V}$

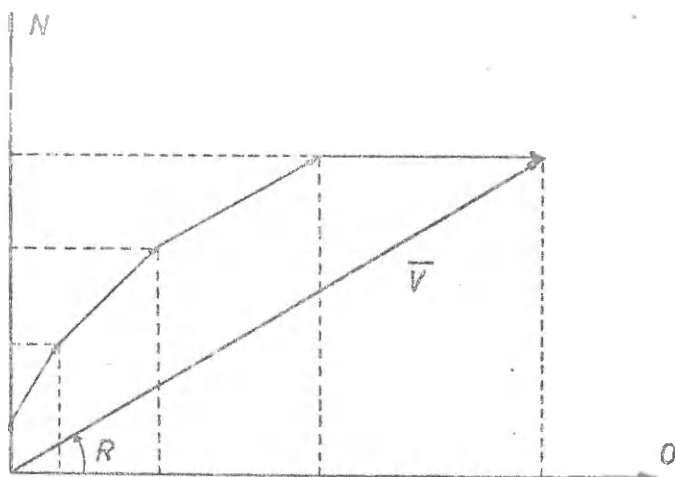


fig. 12

$$|\bar{V}| = \sqrt{(\sum x_i)^2 + (\sum y_i)^2}$$

waarbij  $X_i$  = de projectie van de samenstellende snelheidsvektoren op de oost-as

$Y_i$  = de projectie op de noord-as

De windsnelheid is bijgevolg

$$k \times |\bar{V}| = \sqrt{(6,8)^2 + (10,9)^2} = 12,82 \times 185 \times 10^{-3} \text{ km/h}$$

$$\text{De richting wordt gegeven door } \text{tg} R = \frac{\sum Y_i}{\sum X_i} = \frac{6,8}{10,9} = 0,62$$

$$\text{hg} \text{tg } 0,62 = 32^\circ$$

Vandaar het gebruik van de vektorieel integreerende methode voor het meten van de windsnelheid en de windrichting.



## § 2. Eenheidsvektoren

Bovenstaande bewerkingen zijn elektronisch niet eenvoudig uit te voeren ( projectie van  $\bar{X}_i = |\bar{X}_i| \sin R_i$  )  
Vandaar het gebruik van eenheidsvektoren.

De definitie van een eenheidsvektor  $\bar{e}$  blijkt uit volgende beschouwingen.

Een zich verplaatsende luchtmasa oefent een kracht uit op de anemometerschoepen, waardoor deze draaien en impulsen afgeven. Tevens zal de vaan van de windrichtingsmeter zich zodanig opstellen dat hij de minste weerstand biedt aan de zich verplaatsende luchtmasa. De konstrukteur specificeert dat bij een windsnelheid van 100 knopen, de schoepen 1.000 toeren per minuut doen en daar de anemometer per toer 20 impulsen afgeeft, komt dit overeen met 20.000 imp/min. Gedurende de tijd tussen 2 impulsen, heeft de wind een afstand afgelegd van  $\frac{185.000}{60 \times 20000}$  meter of  $0,154m = \bar{e}$

De vektorieel integrerende methode voor het bepalen van de windsnelheid en -richting bestaat hierin, dat de carthesische koördinaten bepaald worden van eenheidsvektoren  $\bar{e}$  en een sommatie gemaakt wordt van  $e.\sin R_i$  en  $e.\cos R_i$ , waarbij  $R_i$  de hoek is tussen een eenheidsvektor en de referentieas, gericht naar het noorden, in een vlak evenwijdig aan het vlak waarin een punt van de schoepen zich beweegt. Daar het afleessysteem door middel van het kompas gerefereerd wordt ten opzichte van het noorden, kunnen we stellen dat  $e.\sin R_i$  en  $e.\cos R_i$  de carthesische koördinaten zijn van  $\bar{e}_i$  op de assen, gericht respektievelijk naar het noorden en het oosten. Als eenheid kan gekozen worden: de afstand van de wind, die overeenkomt met 1 impuls. De traagheid van het elektronisch afleessysteem echter maakt het noodzakelijk het aantal impulsen, afgegeven door de anemometer, te delen door 20, zodat vooropgesteld wordt dat een eenheidsvektor de afgelegde afstand is van de wind gedurende de tijd van 20 impulsen.

De ondervragingsfrequentie is bijgevolg evenredig met de windsnelheid. De scalaire waarde van de eenheidsvektor  $\bar{e}$  is  $20 \times 0,154m = 3,08m$ . De richting en zin worden bepaald door na elke 20 impulsen de stand van de vaan af te lezen. Als integratieperiode werd 10 minuten gekozen, een norm vooropgesteld door de internationale meteorologische unie. Door de traagheid van het systeem en daar het tijdsinterval voor het bepalen van de richting van de eenheidsvektoren  $\bar{e}_i$  voldoende klein genomen is, kan gesteld worden, dat gedurende 10 minuten de wind zich verplaatst heeft over een afstand  $|\bar{S}| = |\sum_T \bar{e}_i|$  in de richting gevormd door de hoek tussen de referentias en de vektor  $\bar{S}$ .

De richting en zin worden bekomen door na elke 20 impulsen  $R_i$  af te lezen met de windrichtingsmeter en  $\sin R_i$  en  $\cos R_i$  te bepalen en te sommeren in respektievelijk het noord- en oostkomponentregister.

Na 10 minuten integratie bekomen we in deze registers

$$\sum_T e \cdot \sin R_i \quad \text{en} \quad \sum_T e \cdot \cos R_i$$

$$\text{De scalaire waarde van } \bar{S} = |\sum_T \bar{e}_i| = \sqrt{(\sum_T e \cdot \sin R_i)^2 + (\sum_T e \cdot \cos R_i)^2}$$

$$|\bar{S}| = e \cdot k \quad \text{met} \quad k = \sqrt{(\sum_T \sin R_i)^2 + (\sum_T \cos R_i)^2}$$

Vervangen we  $|\bar{e}|$  door zijn berekende waarde, dan wordt de windsnelheid

$$v = 3,08 \times 6 \times 10^{-3} \times k \quad \text{km/h}$$

$$\text{De hoek wordt gegeven door } R = \text{bgtg} \frac{\sum_T \sin R_i}{\sum_T \cos R_i} \times \frac{2\pi}{360} \quad \text{rad}$$

### Hoofdstuk III: Algemene opbouw van het systeem

#### § 1. Konceptie

Uit voorgaande blijkt dat de waarden  $\sum_T \sin R_i$  en  $\sum_T \cos R_i$  voldoende zijn voor het bepalen van zowel een "gemiddelde" windsnelheid als een "gemiddelde" windrichting.

Voor het bekomen van elk van deze componenten moet volgende wiskundige cyclus herhaald worden over een uitwendig bepaald tijdsinterval ( 10 minuten ).

- Er moet een som gemaakt worden van de hoeken  $\alpha$ ,  $\beta$  en  $\gamma$ 
  - $\alpha$  = hoek afgelezen door de vaan
  - $\beta$  = hoek afgelezen door het kompas
  - $\gamma$  = korrektiehoek

Het bekomen resultaat is de ogenblikkelijke windrichtingshoek  $R_i$  ten opzichte van het noorden. Deze hoek is tevens de poolkoördinaatshoek van de eenheidsvektor  $\bar{e}_i$

- Van de bekomen eenheidsvektor moeten de carthesische koördinaten bepaald worden ten opzichte van de noord- en de oostas. Deze koördinaten zijn de sinus- en de cosinuswaarden van de hoek  $R_i$
- De bekomen koördinaten dienen nu algebraïsch gesommeerd te worden in hun overeenkomstig register.

Gedurende de integratietijd wordt deze cyclus ten uitvoer gebracht bij elke omwenteling van de anemometercups, door een logische schakeling: "de controller"

#### § 2. Cyclusanalyse

##### 1. Optische aflezing

De hoeken  $\alpha$  en  $\beta$  worden door een optisch systeem gelezen ( zie hoofdstuk 1 §3 ). Als gevolg van de optische koppeling in het kompas is een hoge stroom voor de LED vereist ( 400 à 500 mA ).

Deze stuurstroomimpuls mag een "duty-cycle" van 1/20 niet overschrijden, om de dissipatie van de LED niet te boven te gaan (specificaties opgegeven door de constructeur). Bij de maximale windsnelheid (185 km/h) is de cupsnelheid 1.000 toeren/ minuut. Dit betekent dat het maximaal aantal metingen  $\frac{1.000}{60}$  per seconde is, en bijgevolg de impulsbreedte van de LED slechts 1/20 van de minimum meetperiode mag bedragen.

De maximum impulsbreedte is dus  $\frac{60}{20 \times 1000}$  sec of 3ms.

De maximum impulsbreedte volgt uit de "rise-time" van de fototransistor opgegeven door de constructeur (groter dan 2,5 ms)

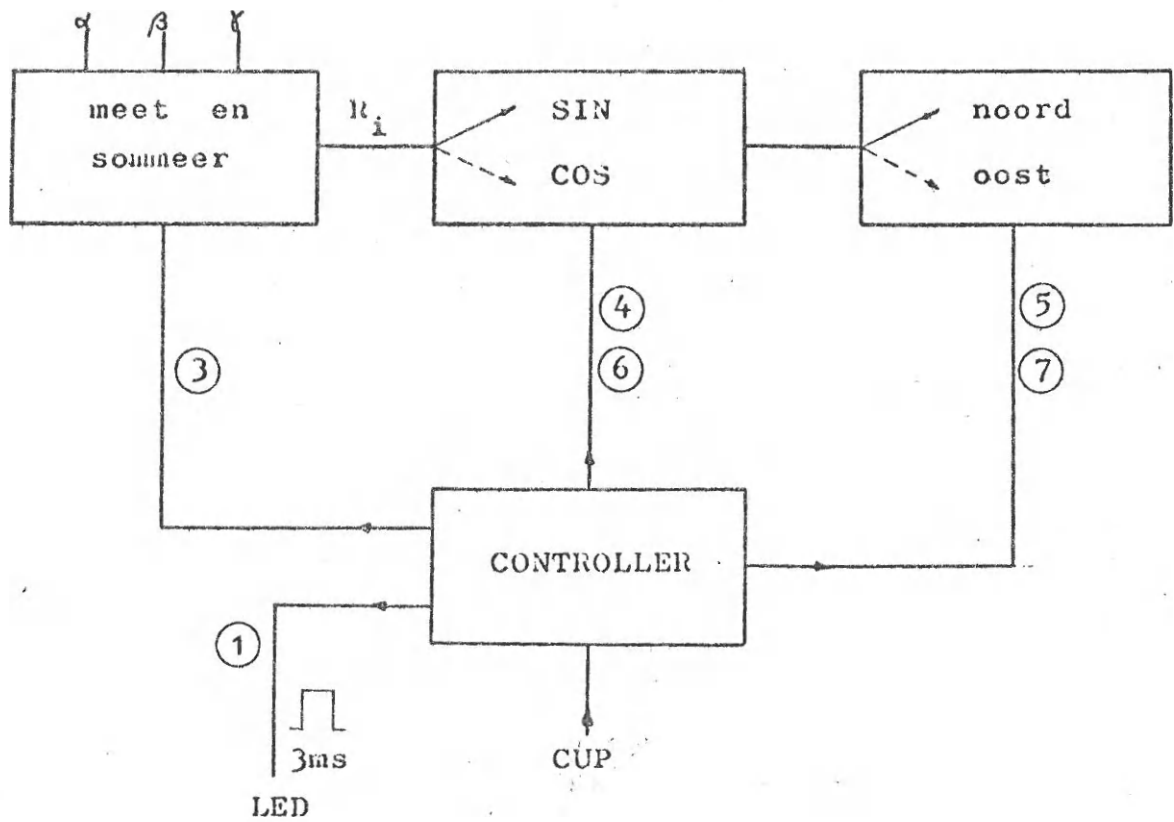
Er wordt een betrouwbare aflezing van de kompas- en vaanhoeck bekomen door te meten, 100  $\mu$ s na het doven van de LED's, bij een stuurimpuls van 3 ms.

## 2. De cyclus

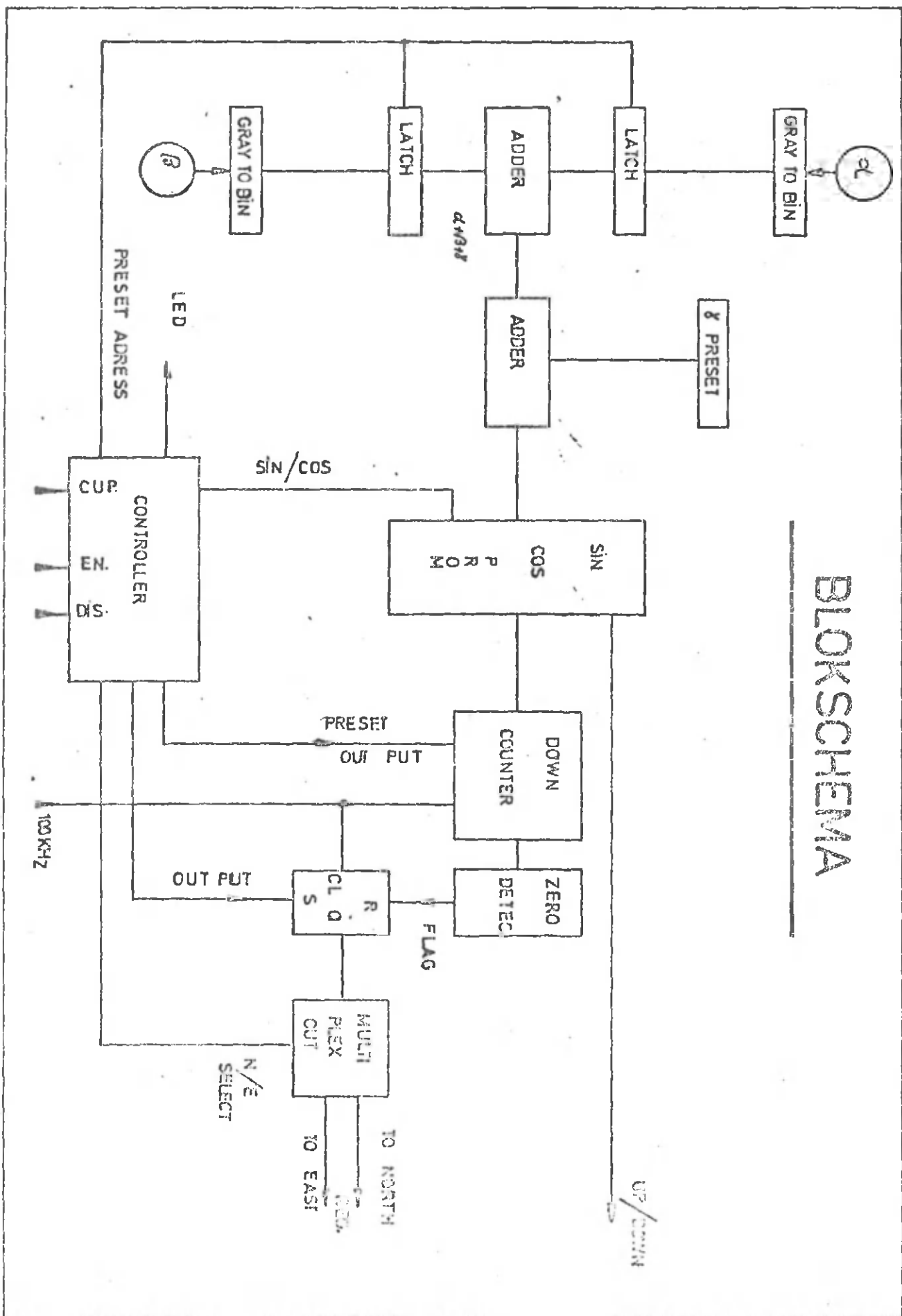
Elke cyclus wordt opgebouwd door het na elkaar uitvoeren van volgende stappen:

1. LED impuls : 3 ms
2. wacht 100  $\mu$ s
3. lees de hoekwaarden  $\alpha, \beta, \gamma$  en maak de som =  $R_i$
4. zoek de sinuswaarde van  $R_i$  in de tabel
5. sommeer deze waarde in het noord register
6. zoek de cosinuswaarde van  $R_i$  in de tabel
7. sommeer deze waarde in het oost register
8. eindig de cyclus

Hieruit volgt de opbouw van volgende schematische voorstelling.



# BLOKSHEMA



Hoofdstuk IV : Praktische uitvoering

A. De wiskundige bewerkingen

§ 1. Meet- en sommeerkring (figuur 13)

Het doel van deze kring is een ogenblikkelijke waarde van de vaanhoek  $\alpha$  en de kompashoek  $\beta$  te sommeren met de correctiehoek  $\gamma$ . De hoek  $\gamma$  wordt opgemeten en "hardware" ingesteld. Deze ogenblikkelijke waarden worden bekomen door de hoeken  $\alpha$  en  $\beta$  op hetzelfde moment in een buffergeheugen te plaatsen ("latches"). Dit gebeurt door middel van de "presettable counters" type CD 4029 AE. Daar in de respectieve afleeseenheden een konversie gemaakt wordt van de 7-bit-gray waarden naar 7-bit-binaire waarden kunnen de hoeken  $\alpha$  en  $\beta$  gesommeerd worden door middel van de twee 4 bit "full-adders" type CD 4008 AE; het bekomen resultaat wordt vervolgens gesommeerd met  $\gamma$  in de volgende sommeergroep. Voor de drie hoeken stemt de waarde 128 overeen met een hoek van  $360^\circ$  zodat bijgevolg de "carry-bit" ( $8^\circ$  bit = 128) van de respectieve sommaties mag vervallen.

Bijvoorbeeld: zij  $\alpha = 343^\circ = 122$ , binair = 1111010  
 $\beta = 118^\circ = 42$  = 0101010  
 $\gamma = 22^\circ = 9$  = 0001001

$$\begin{array}{r} \alpha + \beta = 1111010 \\ \quad \quad \quad 0101010 \\ \hline \quad \quad \quad 10100100 \\ \text{carry} = 360^\circ \swarrow \searrow \\ \alpha + \beta + \gamma = 00100100 \\ \quad \quad \quad 0001001 \\ \hline \quad \quad \quad 00101101 = 45 \quad \text{dus} \quad \frac{45 \times 360^\circ}{128} = 126^\circ \end{array}$$

$$\begin{aligned}\text{anderzijds } \alpha + \beta + \gamma &= 343 + 118 + 22 = 483^\circ \\ &= 483 - 360^\circ = 123^\circ\end{aligned}$$

De fout is  $3^\circ$  of 1 L.S.B.

Na het inbrengen in het buffergeheugen is het resultaat van de sommeerkring de hoek  $R_1$  onder een 7-bit-binaire vorm (altijd kleiner dan  $360^\circ$ )

Van deze waarde dient de sinus- en cosinuswaarde genomen te worden.

## § 2. De sin/cos tabel

Een eenvoudige manier om deze tabel te verwezenlijken is het gebruik van een programmeerbaar ROM (Read Only Memory). Deze is tevens wat betreft kostprijs, leveringstermijn en kompakte afmetingen uitermate geschikt voor deze toepassing. Het gebruikte type is een MM 5203 NS, welke opgebouwd is uit 256 adressen die elk een 8-bit woord bevatten.

Deze 256 adressen worden geselecteerd door een 8-bit-binaire code. Met bit 8 op "0", kunnen alle adressen van 0 tot 127 geselecteerd worden door de 7 andere lijnen, terwijl bit 8 op "1", een selectie toelaat van adressen 128 tot 255.

In de adressen 0 tot 127 is de sinus(adres) geprogrammeerd, en in de adressen 128 tot 255 de cosinus(adres-128).

De sinus- en cosinuswaarden zijn begrepen tussen 0 en 1 in absolute waarde, en moeten voorgesteld worden door een 7-bit-binaire code, daar de 8<sup>e</sup> uitgangsbite voor het teken zorgt. De waarden zijn zodanig geprogrammeerd dat de goniometrische waarde 1 voorgesteld wordt door alle bits 1 of binair 1111111 (= 127); de waarde 0 door alle bits 0 of 0000000 (= 0).

Voor een positieve goniometrische waarde wordt daarbij de achtste bit gezet, terwijl voor een negatieve waarde bit 8 gelijk 0 is.



Bijgevolg selekteert bit 8 = 0 aan de adreszijde, de sinus van de overeenkomstige adreswaarde, gevormd door de 7 overige bits. Bit 8 = 1 selekteert de cosinus van de adreswaarde, gevormd door de andere 7 bits (zie figuur 14)

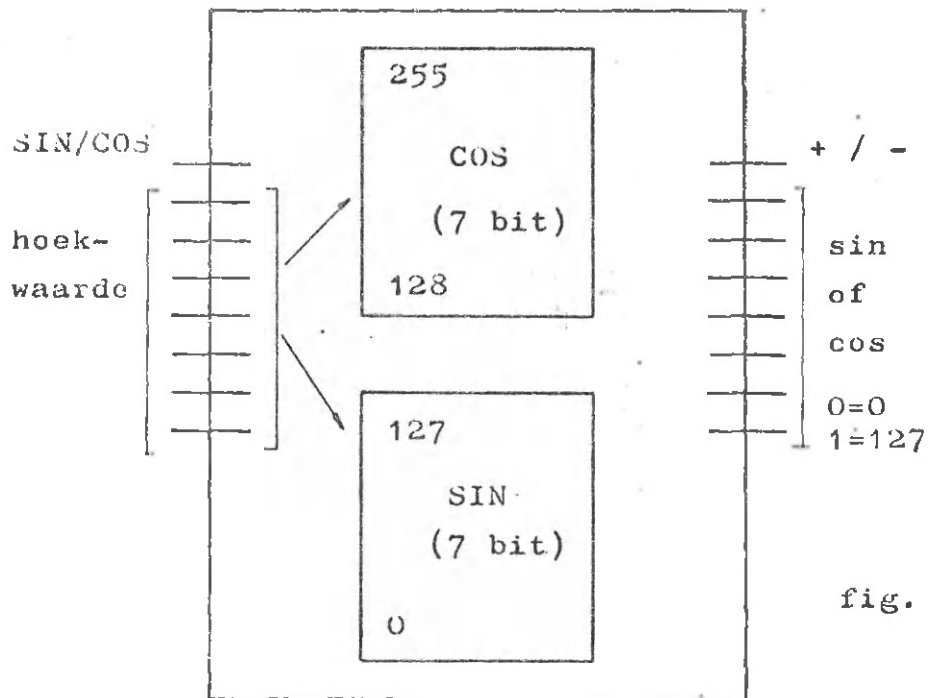


fig. 14

Indien de 7-bit-binaire hoekwaarde  $R_1$  uit de sommeerkring aan de respektieve 7 bits van de adreszijde van de "pROM" toegevoerd wordt, en noemen we adreslijn 8 de "sin/cos selector", dan levert de uitgang van de "pROM" de sinus of cosinus van zijn 7-bit adres, of  $\sin(\text{adres}) = \sin(R_1)$   
 $\cos(\text{adres}) = \cos(R_1)$

De sinus ( $R_1$ ) wordt gevonden met bit 8 of sin/cos lijn = 0 terwijl de cos( $R_1$ ) wordt gevonden met de sin/cos lijn = 1

### § 3. Algebraïsche sommatie

De bekomen sinus- en cosinuswaarde ( 7-bit-binair) van elke eenheidsvektor dient naargelang de tekenbit opgeteld bij of afgetrokken te worden van de voorgaande waarden. Het resultaat van de noord- en oostkomponenten van de eenheidsvectoren dienen onder B.C.D.-vorm gestockeerd te worden in hun respektieve registers. De registers maken deel uit van het algemeen elektronisch systeem van de "DATA ACQUISITION BUOY" en krijgen een impulstrein toegestuurd waarvan het aantal impulsen gelijk is aan de goniometrische waarde aan de uitgang van de "pROM".

Daarbij wordt als volgt te werk gegaan:

- de 7-bit-binaire goniometrische waarde wordt in de "presettable" binaire teller gestockeerd.
- aan de teller worden vervolgens klokimpulsen toegevoerd, tot de teller ledig is ( = "0" ). Hetzelfde aantal impulsen nodig om de teller te ledigen wordt gelijktijdig toegevoerd aan de respektieve registers van het acquisitiesysteem. Deze registers tellen op indien de tekenbit voor de "pROM" positief ("1") is en trekken het aantal impulsen af indien het teken negatief ("0") is. Indien het eindresultaat negatief is, zal een komplementaire waarde in het betreffende register staan.

Laten we figuur 15 beschouwen, en de cyclus vermeld in §2.2

Op ogenblik 4 van de cyclus wordt de "down counter" gezet ("preset out"). Op ogenblik 5 selekteert de North/East - lijn de weg naar het noord-register, en wordt het "output" bevel gegeven aan de D -flip flop FF1, waardoor zijn Q uitgang 1 wordt bij de eerstvolgende klokimpuls ( 100 kHz )

De tweede klokimpuls zet flip flop FF2 en stuurt een eerste impuls naar de teller en het noord-register.

Na een zeker aantal impulsen is de "down counter" ledig; dit wordt gedetecteerd door de "7-ingang NOR gate" die vervolgens de flip flop's reset en een "flag" terug stuurt ter indicatie: sinusoperatie beëindigd. Deze sequentie wordt herhaald in punt 6 en 7 van de cyclus met de geselecteerde uitgang op het oost-register.

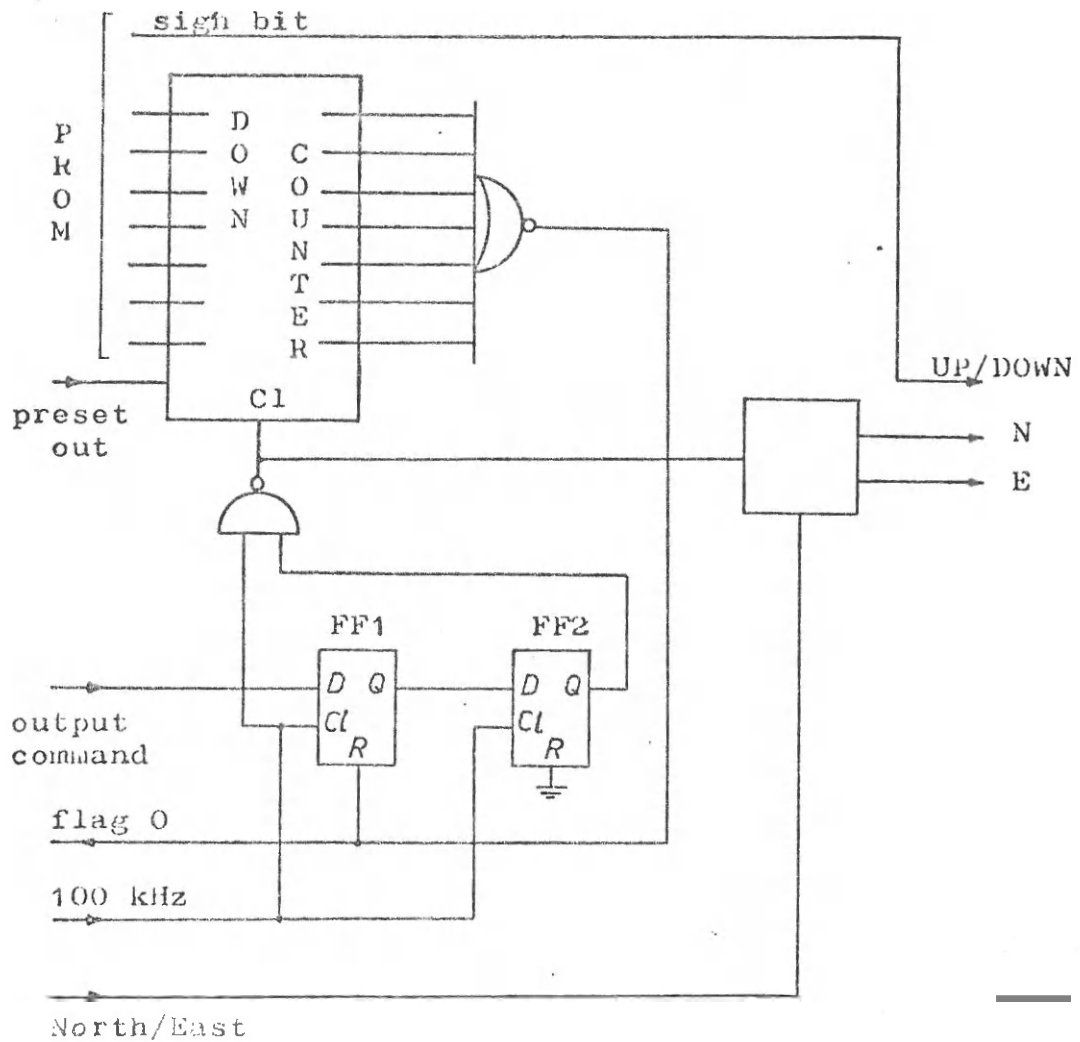


Fig. 15

## B. De controller

De controller bestaat in hoofdzaak uit een teller met 8 gedekodeerde uitgangen, die verder gekodeerd worden voor het bekomen van de nodige signalen om de cyclus te sturen ( figuur 16)

Gedurende de integratietijd zal per omwenteling van de "cups" van de anemometer een "start-sequence" impuls afgegeven worden aan de D- flip flop FF3. Deze wordt aldus gezet en laat het starten van een cyclus toe, doordat de "clock"-ingang van de "sequence-counter" geopend wordt. Op de "clock"-ingang komen impulsen van 10 kHz toe, geleverd door het acquisitie-systeem.

De eerste klokimpuls zet de gedekodeerde uitgang 1 hoog, waardoor een "3ms-counter" begint te tellen (3 MS). Deze geeft na 3ms een "flag"-signaal(FLAG 3) terug. Zolang FLAG 3 niet hoog gegaan is kan de "sequence-counter" niet verder tellen.

Komt de FLAG 3, dan gaat de volgende 10 kHz impuls de tweede gedekodeerde uitgang hoog zetten.

Deze blijft hoog tot de volgende 10 kHz impuls komt en de derde uitgang zet. De derde uitgang wordt gebruikt om de hoeken  $\alpha$  en  $\beta$  in het buffergeheugen te plaatsen ("preset adress"). Dit duurt  $100 \mu s$ . Deze tijd is ruimschoots voldoende om de goniometrische waarde van de sinus van de hoek  $R_i$  beschikbaar te stellen aan de uitgang van de "pROM".

De volgende impuls zet de gedekodeerde uitgang 4, wat voor gevolg heeft dat de goniometrische waarde in de "down counter" gestockeerd wordt ("preset out").

Daarna wordt de gedekodeerde uitgang 5 gezet. Deze lijn selekteert het noord-register (lijn N) en geeft het "output" bevel aan de schakeling, beschreven in A §3. ("output command"). Tevens wordt de klok-ingang gesloten tot de geactiveerde schakeling zijn output "FLAG 0" geeft. Hierdoor is de sinuswaarde van  $\alpha + \beta + \gamma$  onder de vorm van een impulstrein naar het noord-register gestuurd.

Is FLAG 0 gezet, dan brengt de eerstvolgende 10 kHz impuls de teller in positie 6. Deze uitgang gaat naar bit 8 van de adreslijnen van de "pROM" en selekteert zodoende de cosinus tabel.

Evenals in positie 4 wordt de "preset out" lijn gezet, waardoor de "presettable down counter" de cosinuswaarde van  $\alpha + \beta + \gamma$  bevat.

De volgende 10 kHz impuls zet uitgang 7 en selekteert het oostregister (lijn E)

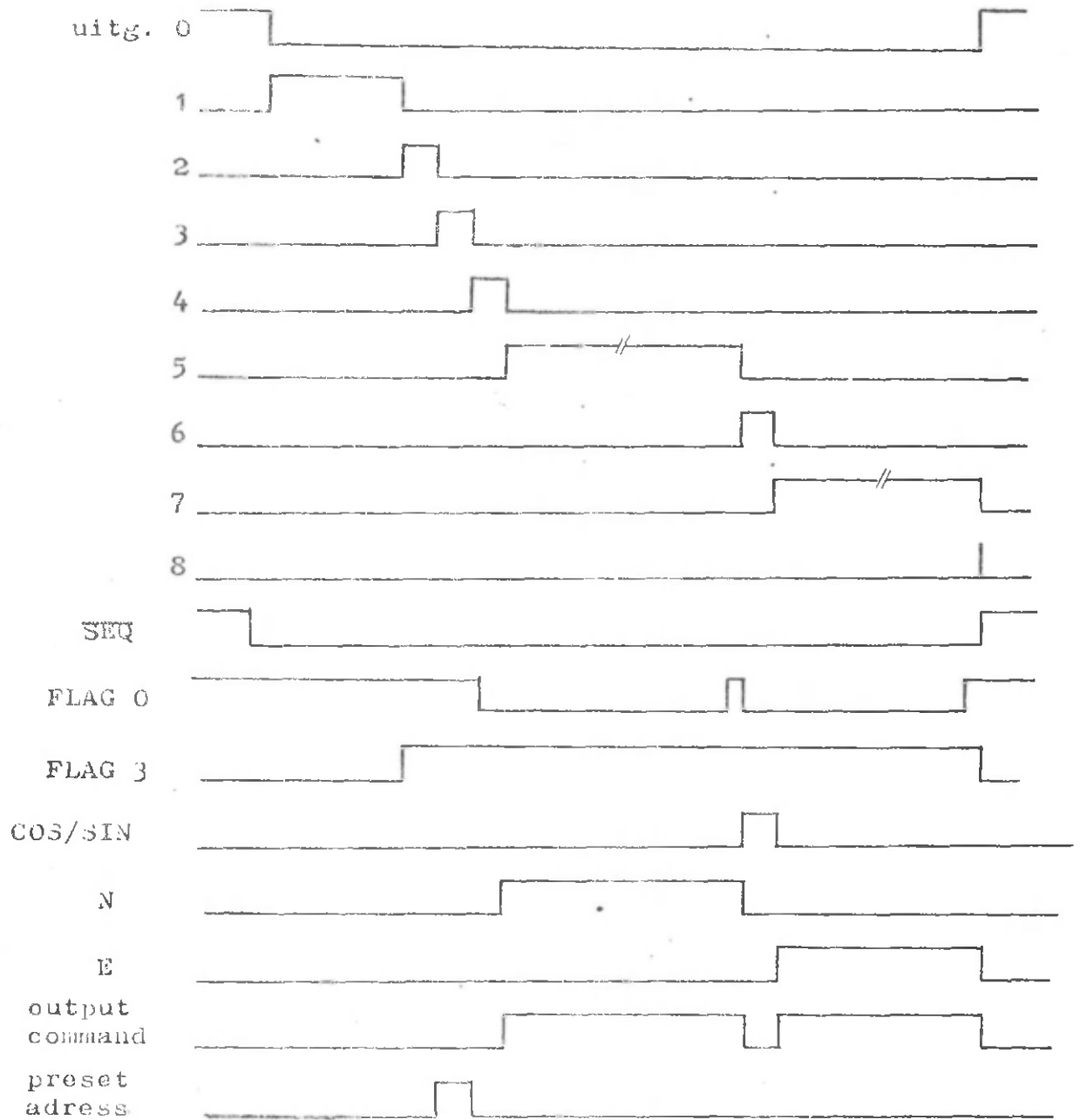
Evenals in positie 5 wordt het "output"-bevel gegeven en wacht de "sequence counter" op de output flag (FLAG 0)

De eerstvolgende 10 kHz impuls zet de uitgang 8, welke op zijn beurt ogenblikkelijk de "sequence counter" in zijn rusttoestand brengt en aldus de cyclus beëindigd.

Gans de cyclus wordt in volgende schematische voorstelling weergegeven.

Schematische voorstelling van de cyclus

---



Hoofdstuk V : Het "data transmission" systeem van de boei

De gestockeerde waarden  $\sum_T \sin R_i$  en  $\sum_T \cos R_i$  bevinden zich aan het eind van de bewerking respectievelijk in het noord- en oostkomponentregister.

Het is evenwel het "data acquisition sytem" (D.A.S.) van de boei welke bepaalt wanneer een integratie dient uitgevoerd te worden.

De frequentie van de metingen kan naargelang de noodwendigheden variëren van 1 uur tot 8 uur.

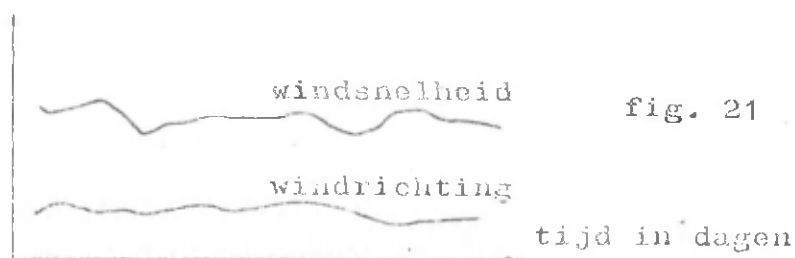
Na de integratie wordt de gestockeerde waarde afgetast door het D.A.S. en vervolgens via de zender uitgezonden naar het kuststation. Daartoe wordt een "serial parallel" konversie gedaan, "digit" per "digit" ( in totaal zijn er 6 digits) Op elke digit wordt een "Hamming error correcting encoding" toegepast en vervolgens een "high speed to low speed" konversie. Daaraan wordt eveneens een kanaalnummer toegevoegd (2 digit), een teken-"digit" en een "start-of-message-digit".

De datatransmissiesnelheid bedraagt: 1 kanaal per seconde. In het receptiestation wordt de Hamming decoding uitgevoerd en de gegevens worden in een eerste stadium op geperforeerde band gezet, welke vervolgens gelezen wordt door een computer.

Later zullen ze verwerkt worden met de computer "on line". De konversie van carthesische koördinaten naar poolkoördinaten van de resulterende vektor wordt gedaan met de computer.

( kengetal en bgtg)

Van de bekomen resultaten wordt een "plot" gemaakt met een incrementale trommelplotter ( figuur 21 )

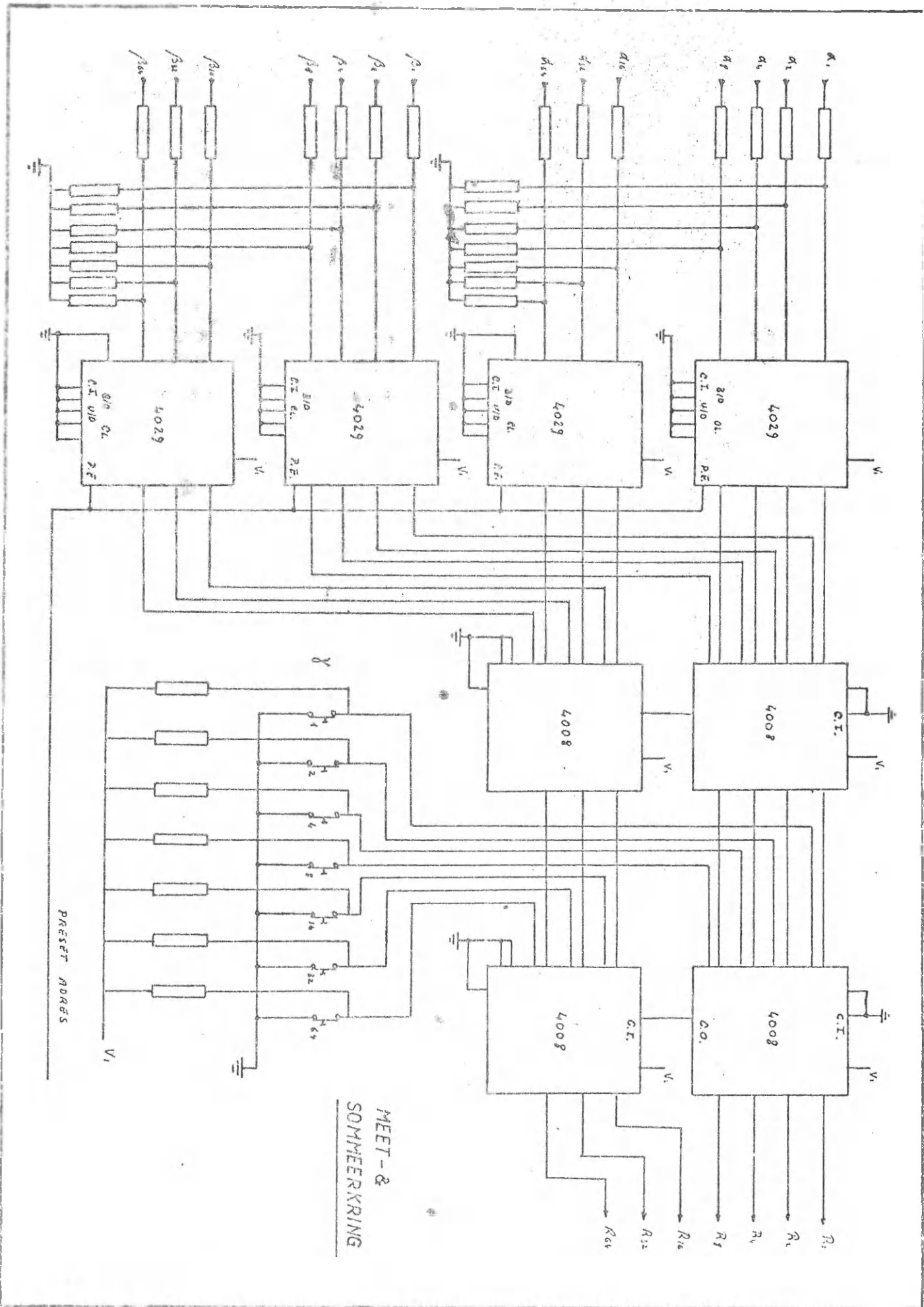


De bekomen resultaten voeden het mathematisch model en zijn tevens nuttig voor meteorologische doeleinden.

Voor verdere informatie over de wind wordt tevens het aantal impulsen van de anemometer doorgezonden (variatie van de wind) en ter controle van de richting worden tevens per integratie-periode 4 ogenblikkelijke metingen van de hoek doorgezonden.

De betrouwbareheid van de vektorieel integrerende windmeter zal blijken uit de eerstvolgende meetkampagne, welke gepland is voor augustus 1974.





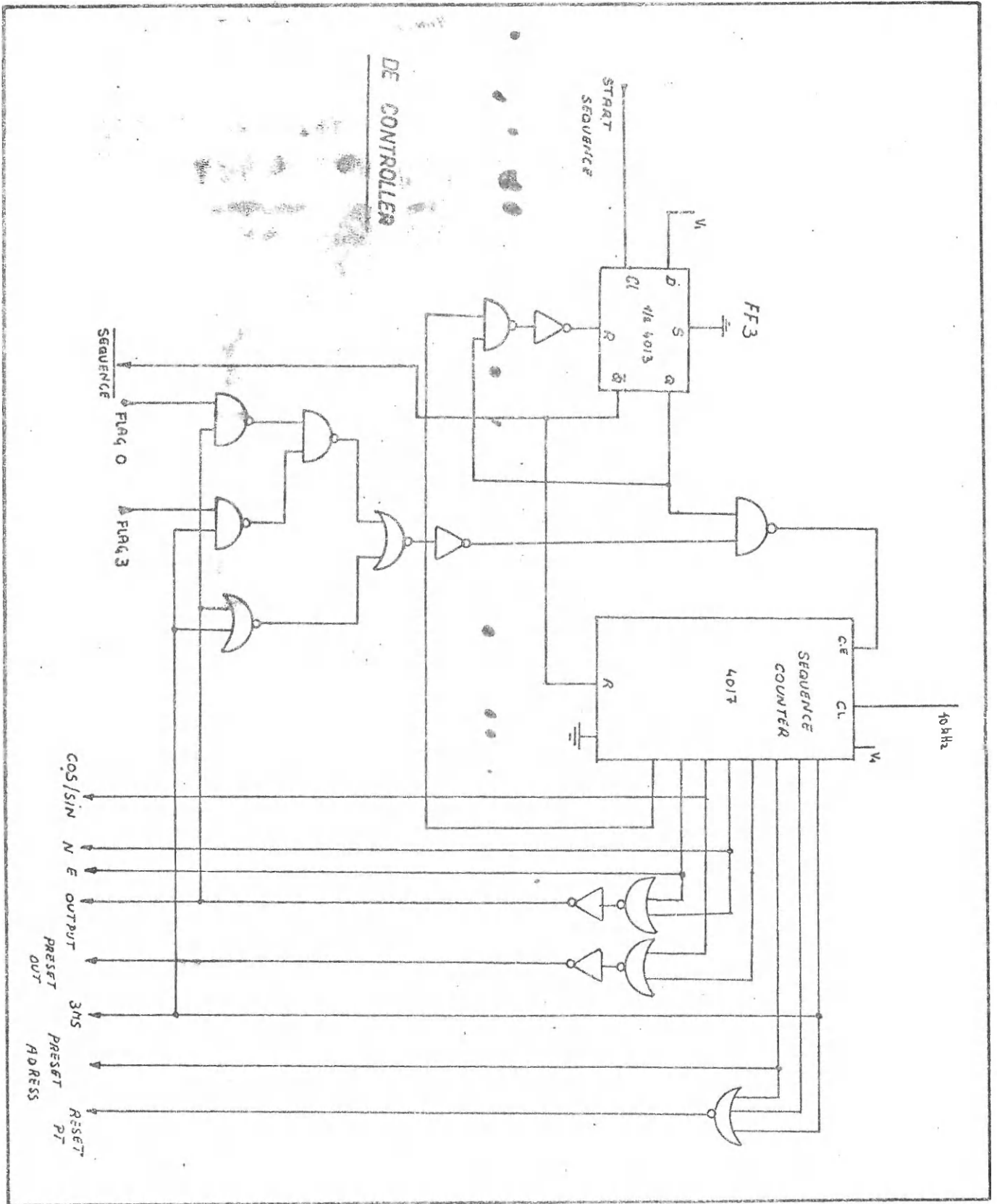


Fig. 16.

TABEL I

<u>decimaal</u>	<u>binair</u>	<u>gray</u>
0	0 000 000	1 111 111
1	0 000 001	1 111 110
2	0 000 010	1 111 100
3	0 000 011	1 111 101
4	0 000 100	1 111 001
5	0 000 101	1 111 000
6	0 000 110	1 111 010
7	0 000 111	1 111 011
8	0 001 000	1 110 011
9	0 001 001	1 110 010
10	0 001 010	1 110 000
11	0 001 011	1 110 001
12	0 001 100	1 110 101
13	0 001 101	1 110 100
14	0 001 110	1 110 110
15	0 001 111	1 110 111
16	0 010 000	1 100 111
17	0 010 001	1 100 110
18	0 010 010	1 100 100
19	0 010 011	1 100 101
20	0 010 100	1 100 001
21	0 010 101	1 100 000
22	0 010 110	1 100 010
23	0 010 111	1 100 011
24	0 011 000	1 101 011
25	0 011 001	1 101 010
26	0 011 010	1 101 000
27	0 011 011	1 101 001
28	0 011 100	1 101 101
29	0 011 101	1 101 100
30	0 011 110	1 101 110

<u>decimaal</u>	<u>binair</u>	<u>gray</u>
31	0 011 111	1 101 111
32	0 100 000	1 001 111
33	0 100 001	1 001 110
34	0 100 010	1 001 100
35	0 100 011	1 001 101
36	0 100 100	1 001 001
37	0 100 101	1 001 000
38	0 100 110	1 001 010
39	0 100 111	1 001 011
40	0 101 000	1 000 011
41	0 101 001	1 000 010
42	0 101 010	1 000 000
43	0 101 011	1 000 001
44	0 101 100	1 000 101
45	0 101 101	1 000 100
46	0 101 110	1 000 110
47	0 101 111	1 000 111
48	0 110 000	1 010 111
49	0 110 001	1 010 110
50	0 110 010	1 010 100
51	0 110 011	1 010 101
52	0 110 100	1 010 001
53	0 110 101	1 010 000
54	0 110 110	1 010 010
55	0 110 111	1 010 011
56	0 111 000	1 011 011
57	0 111 001	1 011 010
58	0 111 010	1 011 000
59	0 111 011	1 011 001
60	0 111 100	1 011 101
61	0 111 101	1 011 100
62	0 111 110	1 011 110

<u>decimaal</u>	<u>binair</u>	<u>gray</u>
63	0 111 111	1 011 111
64	1 000 000	0 011 111
65	1 000 001	0 011 110
66	1 000 010	0 011 100
67	1 000 011	0 011 101
68	1 000 100	0 011 001
69	1 000 101	0 011 000
70	1 000 110	0 011 010
71	1 000 111	0 011 011
72	1 001 000	0 010 011
73	1 001 001	0 010 010
74	1 001 010	0 010 000
75	1 001 011	0 010 001
76	1 001 100	0 010 101
77	1 001 101	0 010 100
78	1 001 110	0 010 110
79	1 001 111	0 010 111
80	1 010 000	0 000 111
81	1 010 001	0 000 110
82	1 010 010	0 000 100
83	1 010 011	0 000 101
84	1 010 100	0 000 001
85	1 010 101	0 000 000
86	1 010 110	0 000 010
87	1 010 111	0 000 011
88	1 011 000	0 001 011
89	1 011 001	0 001 010
90	1 011 010	0 001 000
91	1 011 011	0 001 001
92	1 011 100	0 001 101
93	1 011 101	0 001 100
94	1 011 110	0 001 110

<u>decimaal</u>	<u>binair</u>	<u>gray</u>
95	1 011 111	0 001 111
96	1 100 000	0 101 111
97	1 100 001	0 101 110
98	1 100 010	0 101 100
99	1 100 011	0 101 101
100	1 100 100	0 101 001
101	1 100 101	0 101 000
102	1 100 110	0 101 010
103	1 100 111	0 101 011
104	1 101 000	0 100 011
105	1 101 001	0 100 010
106	1 101 010	0 100 000
107	1 101 011	0 100 001
108	1 101 100	0 100 101
109	1 101 101	0 100 100
110	1 101 110	0 100 110
111	1 101 111	0 100 111
112	1 110 000	0 110 111
113	1 110 001	0 110 110
114	1 110 010	0 110 100
115	1 110 011	0 110 101
116	1 110 100	0 110 001
117	1 110 101	0 110 000
118	1 110 110	0 110 010
119	1 110 111	0 110 011
120	1 111 000	0 111 011
121	1 111 001	0 111 010
122	1 111 010	0 111 000
123	1 111 011	0 111 001
124	1 111 100	0 111 101
125	1 111 101	0 111 100
126	1 111 110	0 111 110
127	1 111 111	0 111 111

TABEL II

sin/cos - tabel van de PROM

VANM PROM:

ADRES: 0	SIN: 128	BNNNNNNNPF
ADRES: 1	SIN: 134	BNPPNNNNPF
ADRES: 2	SIN: 140	BNNPPNNNPF
ADRES: 3	SIN: 146	BNPNPNNNPF
ADRES: 4	SIN: 152	BNNHPPNNPF
ADRES: 5	SIN: 158	BNPPPPNNPF
ADRES: 6	SIN: 164	BNNPHNPNPF
ADRES: 7	SIN: 170	BNPNPNPNPF
ADRES: 8	SIN: 176	BNNNNPPNPF
ADRES: 9	SIN: 182	BNPPNPPNPF
ADRES: 10	SIN: 187	BPPNPPPNPF
ADRES: 11	SIN: 193	BPNNNNNPF
ADRES: 12	SIN: 198	BNPPNNNPF
ADRES: 13	SIN: 203	BPPHPNPPPF
ADRES: 14	SIN: 208	BNNKNPNPF
ADRES: 15	SIN: 213	BPNNPNPF
ADRES: 16	SIN: 217	BNHPPNPF
ADRES: 17	SIN: 222	BNPPPPNPF
ADRES: 18	SIN: 226	BNPNUNPPPF
ADRES: 19	SIN: 230	BNPPNNPPPF
ADRES: 20	SIN: 233	BNHHPNPPPF
ADRES: 21	SIN: 236	BNNPPNPPPF
ADRES: 22	SIN: 240	BNNNNPPPF
ADRES: 23	SIN: 242	BNPNHPPPF
ADRES: 24	SIN: 245	BPNNPPPF
ADRES: 25	SIN: 247	BPPPHPPPF
ADRES: 26	SIN: 249	BPNNPPPF
ADRES: 27	SIN: 251	BPPHPPPF
ADRES: 28	SIN: 252	BNNPPPPPF
ADRES: 29	SIN: 253	BPNNPPPF
ADRES: 30	SIN: 254	BNPPPPPF
ADRES: 31	SIN: 254	BHPPPPPF
ADRES: 32	SIN: 255	BPPPPPF
ADRES: 33	SIN: 254	BHPPPPPF
ADRES: 34	SIN: 254	BHPPPPPF
ADRES: 35	SIN: 253	BPNNPPPF
ADRES: 36	SIN: 252	BNNPPPF
ADRES: 37	SIN: 251	BPPHPPPF
ADRES: 38	SIN: 249	BPNNPPPF
ADRES: 39	SIN: 247	BPPHPPPF
ADRES: 40	SIN: 245	BNPNPPPF
ADRES: 41	SIN: 242	BHPNPPPF
ADRES: 42	SIN: 240	BNNHPPPF
ADRES: 43	SIN: 236	BNNPPNPF
ADRES: 44	SIN: 233	BPNNPNPF
ADRES: 45	SIN: 230	BNPPNNPF
ADRES: 46	SIN: 226	BNPNNNPF
ADRES: 47	SIN: 222	BNPPPPNPF

ADRES: 48	SIN: 217	BPNPPNPPF
ADRES: 49	SIN: 213	BPNPPNPPF
ADRES: 50	SIN: 208	BNNNNPNPPF
ADRES: 51	SIN: 203	BPPNPNPPF
ADRES: 52	SIN: 198	BHPPNPNPPF
ADRES: 53	SIN: 193	BFNNNNPNPPF
ADRES: 54	SIN: 187	BPPNPPNPPF
ADRES: 55	SIN: 182	BHPPNPPNPPF
ADRES: 56	SIN: 176	BNNNNPNPPF
ADRES: 57	SIN: 170	BHPPNPNPPF
ADRES: 58	SIN: 164	BHPPNPNPPF
ADRES: 59	SIN: 158	BNPPPNPPF
ADRES: 60	SIN: 152	BNNNPNPPF
ADRES: 61	SIN: 146	BHPPNPNPPF
ADRES: 62	SIN: 140	BNNPNPPF
ADRES: 63	SIN: 134	BNPPNPPF
ADRES: 64	SIN: 128	BNNNNPNPPF
ADRES: 65	SIN: 6	BHPPNPNPPF
ADRES: 66	SIN: 12	BNNPNPPF
ADRES: 67	SIN: 18	BHPPNPNPPF
ADRES: 68	SIN: 24	BNNPNPPF
ADRES: 69	SIN: 30	BNPPPNPPF
ADRES: 70	SIN: 36	BNNPNPNPPF
ADRES: 71	SIN: 42	BHPPNPNPPF
ADRES: 72	SIN: 48	BNNHPPNPPF
ADRES: 73	SIN: 54	BHPPNPNPPF
ADRES: 74	SIN: 59	BPPNPPNPPF
ADRES: 75	SIN: 65	BPNPNPNPPF
ADRES: 76	SIN: 70	BNPPNPNPPF
ADRES: 77	SIN: 75	BPPNPNPNPPF
ADRES: 78	SIN: 80	BNNNPNPNPPF
ADRES: 79	SIN: 85	BHPPNPNPNPPF
ADRES: 80	SIN: 89	BPNPNPNPNPPF
ADRES: 81	SIN: 94	BNPPPNPNPPF
ADRES: 82	SIN: 98	BHPPNPNPNPPF
ADRES: 83	SIN: 102	BHPPNPNPNPPF
ADRES: 84	SIN: 105	BPNPNPNPNPPF
ADRES: 85	SIN: 108	BHPPNPNPNPPF
ADRES: 86	SIN: 112	BNNNPNPNPPF
ADRES: 87	SIN: 114	BHPPNPNPNPPF
ADRES: 88	SIN: 117	BHPPNPNPNPPF
ADRES: 89	SIN: 119	BPPNPNPNPPF
ADRES: 90	SIN: 121	BHPPNPNPNPPF
ADRES: 91	SIN: 123	BPPNPNPNPPF
ADRES: 92	SIN: 124	BNNPNPNPNPPF
ADRES: 93	SIN: 125	BHPPNPNPNPPF
ADRES: 94	SIN: 126	BHPPNPNPNPPF
ADRES: 95	SIN: 126	BHPPNPNPNPPF
ADRES: 96	SIN: 127	BPPNPNPNPPF
ADRES: 97	SIN: 126	BHPPNPNPNPPF
ADRES: 98	SIN: 126	BHPPNPNPNPPF
ADRES: 99	SIN: 125	BHPPNPNPNPPF
ADRES: 100	SIN: 124	BHPPNPNPNPPF
ADRES: 101	SIN: 123	BHPPNPNPNPPF
ADRES: 102	SIN: 121	BHPPNPNPNPPF
ADRES: 103	SIN: 119	BPPNPNPNPPF
ADRES: 104	SIN: 117	BHPPNPNPNPPF
ADRES: 105	SIN: 114	BHPPNPNPNPPF



ADRES: 106	SIN: 112	BNNNNPPPNF
ADRES: 107	SIN: 108	BNNPPNPPNF
ADRES: 108	SIN: 105	BPNNPPPNF
ADRES: 109	SIN: 102	BPPNPPPNF
ADRES: 110	SIN: 98	BPPNPPPNF
ADRES: 111	SIN: 94	BPPPPPNPF
ADRES: 112	SIN: 89	BPNNPPPNF
ADRES: 113	SIN: 85	BPNNPPPNF
ADRES: 114	SIN: 80	BNNNNPPNF
ADRES: 115	SIN: 75	BPNNPPPNF
ADRES: 116	SIN: 70	BPNNPPPNF
ADRES: 117	SIN: 65	BPNNPPPNF
ADRES: 118	SIN: 59	BPNNPPPNF
ADRES: 119	SIN: 54	BPNNPPPNF
ADRES: 120	SIN: 48	BNNNNPPNF
ADRES: 121	SIN: 42	BPNNPPPNF
ADRES: 122	SIN: 36	BNNPPPNPF
ADRES: 123	SIN: 30	BPNNPPPNF
ADRES: 124	SIN: 24	BNNPPPNPF
ADRES: 125	SIN: 18	BPNNPPPNF
ADRES: 126	SIN: 12	BNNPPPNPF
ADRES: 127	SIN: 6	BPNNPPPNF

ADRES: 128	COS: 255	BPNNPPPNF
ADRES: 129	COS: 254	BPNNPPPNF
ADRES: 130	COS: 254	BPNNPPPNF
ADRES: 131	COS: 253	BPNNPPPNF
ADRES: 132	COS: 252	BNNPPPNPF
ADRES: 133	COS: 251	BPNNPPPNF
ADRES: 134	COS: 249	BPNNPPPNF
ADRES: 135	COS: 247	BPNNPPPNF
ADRES: 136	COS: 245	BPNNPPPNF
ADRES: 137	COS: 242	BNNPPPNPF
ADRES: 138	COS: 240	BNNNNPPNF
ADRES: 139	COS: 236	BNNPPPNPF
ADRES: 140	COS: 233	BPNNPPPNF
ADRES: 141	COS: 230	BNNPPPNPF
ADRES: 142	COS: 226	BNNPPPNPF
ADRES: 143	COS: 222	BNNPPPNPF
ADRES: 144	COS: 217	BPNNPPPNF
ADRES: 145	COS: 213	BPNNPPPNF
ADRES: 146	COS: 208	BNNNNPPNF
ADRES: 147	COS: 203	BPNNPPPNF
ADRES: 148	COS: 198	BNNPPPNPF
ADRES: 149	COS: 193	BPNNPPPNF
ADRES: 150	COS: 187	BPNNPPPNF
ADRES: 151	COS: 182	BNNPPPNPF
ADRES: 152	COS: 176	BNNNNPPNF
ADRES: 153	COS: 170	BPNNPPPNF
ADRES: 154	COS: 164	BNNPPPNPF
ADRES: 155	COS: 158	BNNPPPNPF
ADRES: 156	COS: 152	BNNPPPNPF
ADRES: 157	COS: 146	BNNPPPNPF
ADRES: 158	COS: 140	BNNPPPNPF
ADRES: 159	COS: 134	BNNPPPNPF
ADRES: 160	COS: 128	BNNNNPPNF
ADRES: 161	COS: 6	BPNNPPPNF

ADRES: 162	COS: 12	BNNPPNNHNF
ADRES: 163	COS: 18	BHPNHPNNNF
ADRES: 164	COS: 24	BNNHPNNHNF
ADRES: 165	COS: 30	BNPPPPNNNF
ADRES: 166	COS: 36	BNNPPNPNNF
ADRES: 167	COS: 42	BHPHPNPNNF
ADRES: 168	COS: 48	BNNHPNPNNF
ADRES: 169	COS: 54	BHPNPPNPNNF
ADRES: 170	COS: 59	BPPNPPNPNNF
ADRES: 171	COS: 65	BPNNNNPNNF
ADRES: 172	COS: 70	BHPNHNPNNF
ADRES: 173	COS: 75	BPPNPNPNNF
ADRES: 174	COS: 80	BNNNPNPNNF
ADRES: 175	COS: 85	BPNNPNPNNF
ADRES: 176	COS: 89	BPNHPNPNNF
ADRES: 177	COS: 94	BHPPPNPNNF
ADRES: 178	COS: 98	BHPNHPNPNNF
ADRES: 179	COS: 102	BHPNHPNPNNF
ADRES: 180	COS: 105	BHPNHPNPNNF
ADRES: 181	COS: 108	BNNPPNPNNF
ADRES: 182	COS: 112	BNNNHPNPNNF
ADRES: 183	COS: 114	BHPNHPNPNNF
ADRES: 184	COS: 117	BHPNHPNPNNF
ADRES: 185	COS: 119	BPPNHPNPNNF
ADRES: 186	COS: 121	BPNHPNPNNF
ADRES: 187	COS: 123	BPPNHPNPNNF
ADRES: 188	COS: 124	BNNPPNPNNF
ADRES: 189	COS: 125	BHPNPPNPNNF
ADRES: 190	COS: 126	BHPNPPNPNNF
ADRES: 191	COS: 126	BHPNPPNPNNF
ADRES: 192	COS: 127	BPPNPPNPNNF
ADRES: 193	COS: 126	BHPNPPNPNNF
ADRES: 194	COS: 126	BHPNPPNPNNF
ADRES: 195	COS: 125	BHPNPPNPNNF
ADRES: 196	COS: 124	BNNPPNPNNF
ADRES: 197	COS: 123	BPPNPPNPNNF
ADRES: 198	COS: 121	BPNHPNPNNF
ADRES: 199	COS: 119	BPPNHPNPNNF
ADRES: 200	COS: 117	BHPNHPNPNNF
ADRES: 201	COS: 114	BHPNHPNPNNF
ADRES: 202	COS: 112	BNNNHPNPNNF
ADRES: 203	COS: 108	BNNHPNPNNF
ADRES: 204	COS: 105	BHPNHPNPNNF
ADRES: 205	COS: 102	BHPNHPNPNNF
ADRES: 206	COS: 98	BHPNHPNPNNF
ADRES: 207	COS: 94	BHPNHPNPNNF
ADRES: 208	COS: 89	BPPNHPNPNNF
ADRES: 209	COS: 85	BPPNHPNPNNF
ADRES: 210	COS: 80	BNNHPNPNNF
ADRES: 211	COS: 75	BPPNHPNPNNF
ADRES: 212	COS: 70	BHPNHPNPNNF
ADRES: 213	COS: 65	BPNHPNPNNF
ADRES: 214	COS: 59	BPPNPPNPNNF
ADRES: 215	COS: 54	BPPNPPNPNNF
ADRES: 216	COS: 48	BNNHPNPNNF
ADRES: 217	COS: 42	BHPNHPNPNNF

ADRES: 218	COS: 36	BNNPNPNPF
ADRES: 219	COS: 30	BPPPPNPNF
ADRES: 220	COS: 24	BNNPPNPNF
ADRES: 221	COS: 18	BPNPNPNPF
ADRES: 222	COS: 12	BNNPPNPNF
ADRES: 223	COS: 6	BPPPNPNPF
ADRES: 224	COS: 128	BNNNNNPNF
ADRES: 225	COS: 134	BPPPNPNPF
ADRES: 226	COS: 140	BNNPPNPNF
ADRES: 227	COS: 146	BPNPNPNPF
ADRES: 228	COS: 152	BNNPPNPNF
ADRES: 229	COS: 158	BPPPPNPNF
ADRES: 230	COS: 164	BNNPNPNPF
ADRES: 231	COS: 170	BPNPNPNPF
ADRES: 232	COS: 176	BNNNNPNPF
ADRES: 233	COS: 182	BPPPNPNPF
ADRES: 234	COS: 187	BPPPPNPNF
ADRES: 235	COS: 193	BNNNNNPNF
ADRES: 236	COS: 198	BPPPNPNPF
ADRES: 237	COS: 203	BPPPNPNPF
ADRES: 238	COS: 208	BNNPNPNPF
ADRES: 239	COS: 213	BPNPNPNPF
ADRES: 240	COS: 217	BNNPPNPNF
ADRES: 241	COS: 222	BPPPPNPNF
ADRES: 242	COS: 226	BPPNNPNPF
ADRES: 243	COS: 230	BPPPNPNPF
ADRES: 244	COS: 233	BPNPNPNPF
ADRES: 245	COS: 236	BNNPPNPNF
ADRES: 246	COS: 240	BNNNNPNPF
ADRES: 247	COS: 242	BPNPNPNPF
ADRES: 248	COS: 245	BPNPNPNPF
ADRES: 249	COS: 247	BPPPPNPNF
ADRES: 250	COS: 249	BPNPNPNPF
ADRES: 251	COS: 251	BPPPPNPNF
ADRES: 252	COS: 252	BNNPPNPNF
ADRES: 253	COS: 253	BPNPNPNPF
ADRES: 254	COS: 254	BPPPPNPNF
ADRES: 255	COS: 254	BPPPPNPNF

Bibliografie

- A.M.F. "Vector Averaging Current Meter". Operation and maintenance manual. Electrical Products Development Division. Alexandria.
- BENNETT, W.R., DAVEY, J.R. "Data Transmission". Mc Craw-Hill Book Cy. New York.
- N.B.A. Ltd. "Self Recording Current Meter". Instruction manual Progress House Aldershot.
- N.B.A. Ltd. "Recording Meteorological Station". Instruction manual Progress House. Aldershot.
- NIEOUL, J.C.J. (1972). "Ecosystémologie et écoinformatique". I.B.M. 66. 10-14.
- R.C.A. "COS/MOS Integrated Circuit Manual". CMS 270. Solid State Division. Somerville.
- R.C.A. "Solid State Data Book". Solid State Division. Somerville..