



NL 9400965A

① 9400965

12 A TERINZAGELEGGING

②① Aanvraag om octrooi: 9400965

⑤① Int.Cl.⁶
H03M13/00

②② Ingediend: 14.06.94

④③ Ter inzage gelegd:
02.01.96 I.E. 96/01

⑦① Aanvrager(s):
Koninklijke PTT Nederland N.V. te Groningen.

⑦② Uitvinder(s):
Andries Pieter Hekstra te Woubrugge

⑦④ Gemachtigde:
Ir. J.P. van Bommel te 2509 CH Den Haag.

⑤④ **Systeem omvattende een encoder voor het op cyclische wijze coderen van woorden en omvattende een decoder voor het decoderen van op cyclische wijze gecodeerde woorden, alsmede encoder, alsmede decoder, alsmede werkwijze voor het aan een zenzijde toekennen van een op cyclische wijze gecodeerd woord aan een object en voor het aan een ontvangzijde detecteren van het aan het object toegekende, op een cyclische wijze gecodeerd woord, alsmede object voorzien van een op cyclische wijze gecodeerd woord.**

⑤⑦ Bekende systemen die een encoder omvatten voor het op cyclische wijze coderen van woorden en die een decoder omvatten voor het decoderen van codewoorden voegen een synchronisatiepatroon toe aan een codewoord teneinde de invloed van cyclische verschuivingen teniet te kunnen doen. Dit reduceert het aantal mogelijke berichten en verlangt soms bitstuffing. Door in codewoorden met een minimale onderlinge afstand gelijk aan drie een wijziging op een vaste positie aan te brengen wordt bereikt dat door detectie en correctie van deze wijziging een startpositie van het codewoord ten alle tijden genereerbaar is, zodat ondanks cyclische verschuivingen toch een juiste decoding plaats kan vinden.

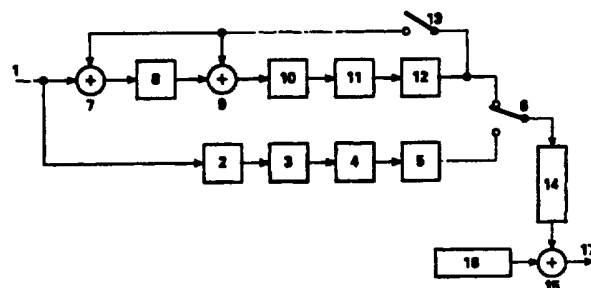


Fig. 1

NL A 9400965

De aan dit blad gehechte stukken zijn een afdruk van de oorspronkelijk ingediende beschrijving met conclusie(s) en eventuele tekening(en).

Systeem omvattende een encoder voor het op cyclische wijze coderen van woorden en omvattende een decoder voor het decoderen van op cyclische wijze gecodeerde woorden, alsmede encoder, alsmede decoder, alsmede werkwijze voor het aan een zenzijde toekennen van een op cyclische wijze gecodeerd woord aan een object en voor het aan een ontvangzijde detecteren van het aan het object toegekende, op een cyclische wijze gecodeerd woord, alsmede object voorzien van een op cyclische wijze gecodeerd woord.

A Achtergrond van de uitvinding

De uitvinding betreft een systeem omvattende een encoder die is voorzien van encodermiddelen voor het op cyclische wijze coderen van woorden en omvattende een decoder die is voorzien van decodermiddelen voor het decoderen van op cyclische wijze gecodeerde woorden.

- 5 Een dergelijk systeem is onder meer bekend uit "Theory and practice of error control codes", door R.E. Blahut, 1984, in het bijzonder pagina's 137-147. Hierin wordt een encoder beschreven (zie figuur 6.15 op pagina 138) die is voorzien van encodermiddelen voor het op cyclische wijze coderen van woorden en wordt een decoder
- 10 beschreven (zie figuur 6.17 op pagina 140) die is voorzien van decodermiddelen voor het decoderen van op cyclische wijze gecodeerde woorden. Het op cyclische wijze coderen van woorden heeft onder meer als voordeel, dat op zeer eenvoudige wijze een grote verzameling van cyclisch gecodeerde woorden oftewel codewoorden kan worden
- 15 gegenereerd. Door deze codewoorden een bepaalde minimale onderlinge afstand te laten bezitten wordt bereikt dat tussen het coderen en het decoderen opgetreden fouten kunnen worden gedetecteerd en eventueel kunnen worden gecorrigeerd. Indien deze onderlinge afstand tussen elke twee willekeurige codewoorden bijvoorbeeld groter dan of gelijk is aan
- 20 drie, zullen twee fouten kunnen worden gedetecteerd en zal één fout kunnen worden gecorrigeerd.

Een dergelijk bekend systeem heeft onder meer als nadeel, dat wanneer een tussen de encoder en de decoder gelegen kanaal een cyclische verschuiving van een codewoord veroorzaakt, dit codewoord

daardoor overgaat in een ander doch eveneens tot de eerder genoemde verzameling behorend codewoord, hetgeen na decodering leidt tot een woord dat een verschuiving is van het te coderen originele woord.

B Samenvatting van de uitvinding

5 De uitvinding stelt zich onder meer ten doel een systeem van de in de aanhef vermelde soort te verschaffen dat ondanks tussen het coderen en het decoderen optreden van cyclische verschuivingen in staat is een door de encoder te coderen origineel woord in onverschoven toestand na decodering terug te winnen.

10 Daartoe heeft het systeem volgens de uitvinding het kenmerk, dat de encoder is voorzien van eerste middelen voor het aanbrengen van ten minste één wijziging in ten minste één op cyclische wijze gecodeerd woord, waarbij de decoder is voorzien van tweede middelen voor het detecteren van de wijziging.

15 Door in de encoder via de eerste middelen een wijziging aan te brengen op een vaste positie in een reeds op cyclische wijze gecodeerd woord, kan in de decoder via de tweede middelen deze wijziging worden gedetecteerd. Wanneer de relatie tussen de vaste positie en de startpositie van het op cyclische wijze gecodeerde woord oftewel
20 codewoord bekend is, wordt de invloed van een eventuele cyclische verschuiving van het codewoord door het aanbrengen van de wijziging tot nul gereduceerd.

 De uitvinding berust onder meer op het inzicht, dat, wanneer originele woorden met een minimale onderlinge afstand gelijk aan drie
25 op cyclische wijze worden gecodeerd, één in een codewoord aangebrachte wijziging ten alle tijden kan worden gecorrigeerd, en dat een op een vaste positie aangebrachte wijziging in een op cyclische wijze gecodeerd woord in geval van een cyclische verschuiving van het codewoord meeschuift met het gehele codewoord. In geval van een
30 minimale onderlinge afstand gelijk aan vijf kunnen zelfs twee in een codewoord aangebrachte wijzigingen ten alle tijden worden gecorrigeerd, etc.

 Opgemerkt dient te worden dat het op zich bekend is om een reeds op cyclische wijze gecodeerd woord aan te vullen met een
35 synchronisatiepatroon dat indicatief is voor een startpositie van het codewoord. Zo'n synchronisatiepatroon kan echter het aantal mogelijke verschillende berichten reduceren, en verlangt soms bitstuffing

oftewel het verder toevoegen van bits om te voorkomen dat het synchronisatiepatroon ook in het codewoord zelf voorkomt. Het systeem volgens de uitvinding biedt een oplossing voor het probleem van cyclische verschuivingen van codewoorden zonder dat een

5 synchronisatiepatroon aan een codewoord behoeft te worden toegevoegd.

Een eerste uitvoeringsvorm van het systeem volgens de uitvinding heeft het kenmerk, dat de encoder is voorzien van verdere encodermiddelen voor het verder coderen van een op cyclische wijze gecodeerd woord, waarbij de decoder is voorzien van verdere

10 decodermiddelen voor het verder decoderen van een op cyclische wijze gecodeerd en daarna verder gecodeerd woord.

Door via de verdere encodermiddelen het codewoord waarin de wijziging reeds is aangebracht verder cyclisch te coderen op een wijze die een correctie van bijvoorbeeld twee of vijf fouten mogelijk maakt,

15 en via de verdere decodermiddelen het op cyclische wijze gecodeerde en daarna verder cyclisch gecodeerde woord verder te decoderen, waarna weer via de decodermiddelen en de tweede middelen het decoderen en het detecteren plaatsvindt, wordt een systeem verkregen dat zowel cyclische verschuivingen van een codewoord teniet kan doen als dat de

20 bijvoorbeeld twee of vijf fouten in een codewoord kan herstellen.

Een tweede uitvoeringsvorm van het systeem volgens de uitvinding heeft het kenmerk, dat de tweede middelen van de decoder zijn voorzien van

- weer verdere encodermiddelen voor het op cyclische wijze coderen van

25 een door de decodermiddelen gedecodeerd op cyclische wijze gecodeerd woord,

- vergelijkmiddelen voor het vergelijken van een door de weer verdere encodermiddelen op cyclische wijze gecodeerd woord met een aan de decodermiddelen toegevoerd, op cyclische wijze gecodeerd woord, en

30 - genereermiddelen voor het in responsie op een van de vergelijkmiddelen afkomstig vergelijkingsresultaat genereren van de wijziging.

Door toepassing van de weer verdere encodermiddelen die in het algemeen identiek zullen zijn aan de encodermiddelen wordt een door de

35 decodermiddelen gedecodeerd codewoord opnieuw op cyclische wijze gecodeerd. De vergelijkmiddelen vergelijken dit na decodering opnieuw op cyclische wijze gecodeerde woord met het voor decodering op cyclische wijze gecodeerde woord dat aan de decodermiddelen wordt

toegevoerd, hetgeen het vergelijkingsresultaat oplevert dat door de genereermiddelen wordt omgezet in de wijziging. Met een dergelijk systeem volgens de uitvinding kan de invloed van cyclische verschuivingen op codewoorden teniet worden gedaan bij toepassing van
5 alle soorten mogelijke decodermiddelen, ook die die slechts in staat zijn de aangebrachte wijziging automatisch te corrigeren zonder daarbij de buitenwereld over de positie van de betreffende wijziging te informeren.

De uitvinding betreft verder een encoder voorzien van
10 encodermiddelen voor het op cyclische wijze coderen van woorden.

De encoder volgens de uitvinding heeft het kenmerk, dat de encoder is voorzien van eerste middelen voor het aanbrengen van ten minste één wijziging in ten minste één op cyclische wijze gecodeerd woord, welke wijziging indicatief is voor een startpositie.

15 Een eerste uitvoeringsvorm van de encoder volgens de uitvinding heeft het kenmerk, dat de encoder is voorzien van verdere encodermiddelen voor het verder coderen van een op cyclische wijze gecodeerd woord.

De uitvinding betreft weer verder een decoder voorzien van
20 decodermiddelen voor het decoderen van op cyclische wijze gecodeerde woorden.

De decoder volgens de uitvinding heeft het kenmerk, dat de decoder is voorzien van tweede middelen voor het detecteren van ten minste één in ten minste één op cyclische wijze gecodeerd woord
25 aangebrachte wijziging, welke wijziging indicatief is voor een startpositie.

Een eerste uitvoeringsvorm van de decoder volgens de uitvinding heeft het kenmerk, dat de decoder is voorzien van tweede middelen voor het detecteren van ten minste één in ten minste één op cyclische wijze
30 gecodeerd woord aangebrachte wijziging, welke wijziging indicatief is voor een startpositie.

Een tweede uitvoeringsvorm van de decoder volgens de uitvinding heeft het kenmerk, dat de tweede middelen van de decoder zijn voorzien van
35 - weer verdere encodermiddelen voor het op cyclische wijze coderen van een door de decodermiddelen gedecodeerd woord,

- vergelijkmiddelen voor het vergelijken van een door de weer verdere encodermiddelen op cyclische wijze gecodeerd woord met een aan de decodermiddelen toegevoerd, op cyclische wijze gecodeerd woord, en
 - genereermiddelen voor het in responsie op een van de
- 5 vergelijkmiddelen afkomstig vergelijkingsresultaat genereren van de wijziging die indicatief is voor een startpositie.

De uitvinding betreft tevens een werkwijze voor het aan een zendzijde toekennen van een op cyclische wijze gecodeerd woord aan een object en voor het aan een ontvangzijde detecteren van het aan het

10 object toegekende, op een cyclische wijze gecodeerde woord.

De uitvinding stelt zich tevens onder meer ten doel een werkwijze van de vermelde soort te verschaffen die ondanks tussen het coderen en het decoderen optredende cyclische verschuivingen in staat is een te coderen origineel woord in onverschoven toestand na

15 decodering terug te winnen.

- De werkwijze volgens de uitvinding heeft het kenmerk, dat de werkwijze de volgende stappen omvat van
- het aan de zendzijde op cyclische wijze coderen van een aan het object toe te kennen woord,
 - 20 - het aan de zendzijde aanbrengen van ten minste één wijziging in het op cyclische wijze gecodeerde woord,
 - het aan de zendzijde aan het object toekennen van het op cyclische wijze gecodeerde en van de wijziging voorziene woord,
 - het aan de ontvangzijde decoderen van het aan het object toegekende,
 - 25 op cyclische wijze gecodeerde en van de wijziging voorziene woord, en
 - het aan de ontvangzijde detecteren van de wijziging.

Door aan de zendzijde, zoals bijvoorbeeld een levensmiddelenmagazijn, een aan een object, zoals bijvoorbeeld een levensmiddelenblik, toe te kennen woord op cyclische wijze te coderen,

30 vervolgens een wijziging aan te brengen in het codewoord en daarna het op cyclische wijze gecodeerde en van de wijziging voorziene woord aan het object toe te kennen, bijvoorbeeld door een van het (van de wijziging voorziene) codewoord voorziene sticker op het object te plakken, wordt het object aan zendzijde op zeer voordelige wijze

35 geïdentificeerd. Aan de ontvangzijde, zoals bijvoorbeeld een kassa, kan door achtereenvolgens detectie van de wijziging en decodering van het codewoord of vice versa het object op geautomatiseerde wijze

worden geïdentificeerd, waarbij tussen codering en decodering opgetreden cyclische verschuivingen teniet kunnen worden gedaan.

Een eerste uitvoeringsvorm van de werkwijze volgens de uitvinding heeft het kenmerk, dat de werkwijze verder de volgende
5 stappen omvat van

- het aan de zenzijde verder coderen van een op cyclische wijze gecodeerd woord, en
- het aan de ontvangzijde verder decoderen van een op cyclische wijze gecodeerd en daarna verder gecodeerd woord.

10 Door aan de zenzijde het codewoord waarin de wijziging reeds is aangebracht verder cyclisch te coderen op een wijze die een correctie van bijvoorbeeld twee of vijf fouten mogelijk maakt, en aan de ontvangzijde het op cyclische wijze gecodeerde en daarna verder cyclisch gecodeerde woord verder te decoderen, waarna weer het
15 decoderen en het detecteren plaatsvindt, wordt een werkwijze verkregen die zowel cyclische verschuivingen van een codewoord teniet kan doen als die de bijvoorbeeld twee of vijf fouten in een codewoord kan herstellen.

Een tweede uitvoeringsvorm van de werkwijze volgens de uitvinding heeft het kenmerk, dat de werkwijze weer verder de volgende
20 stappen omvat van

- het aan de ontvangzijde op cyclische wijze coderen van een gedecodeerd woord,
- het aan de ontvangzijde vergelijken van een op cyclische wijze
25 gecodeerd gedecodeerd woord met een op cyclische wijze gecodeerd woord, en
- het aan de ontvangzijde in responsie op een vergelijkingsresultaat genereren van de wijziging.

Door een gedecodeerd codewoord opnieuw op cyclische wijze te
30 coderen en door dit na decodering opnieuw op cyclische wijze gecodeerde woord met het voor decodering op cyclische wijze gecodeerde woord te vergelijken en door het aldus verkregen vergelijkingsresultaat om te zetten in de wijziging kan de invloed van cyclische verschuivingen op codewoorden teniet worden gedaan bij
35 toepassing van alle soorten mogelijke decodermiddelen, ook die die slechts in staat zijn de aangebrachte wijziging automatisch te corrigeren zonder daarbij de buitenwereld over de positie van de betreffende wijziging te informeren.

De uitvinding betreft tevens verder een object voorzien van een op cyclische wijze gecodeerd woord waarin ten minste één wijziging is aangebracht, welke wijziging indicatief is voor een startpositie.

Een dergelijk object is bijvoorbeeld een poststuk dat van een
5 fluorescerende streepjescode is voorzien.

C Referenties

- Theory and practice of error control codes, by R.E. Blahut, 1984, in particular pages 137-147, and figures 6.15 and 6.17.

Alle referenties worden beschouwd als te zijn geïncorporeerd in
10 deze octrooiaanvraag.

D Uitvoeringsvoorbeeld

De uitvinding zal nader worden toegelicht aan de hand van een in de figuren weergegeven uitvoeringsvoorbeeld. Daarbij toont:

figuur 1 een specifieke uitvoeringsvorm van een encoder volgens
15 de uitvinding,

figuur 2 een specifieke uitvoeringsvorm van een decoder volgens de uitvinding,

figuur 3 een symbolische weergave van een algemene encoder volgens de uitvinding, en

20 figuur 4 een symbolische weergave van een algemene decoder volgens de uitvinding.

De in figuur 1 weergegeven specifieke uitvoeringsvorm van een encoder volgens de uitvinding omvat een ingang 1 voor het ontvangen van een te coderen informatiewoord ter grootte van 11 bits. Ingang 1
25 is via vier in serie geschakelde vertragingselementen 2, 3, 4 en 5 gekoppeld met een eerste omschakelcontact van een omschakelaar 6, waarvan een hoofdcontact is verbonden met een ingang van schuifregister 14. Een uitgang hiervan is verbonden met een eerste ingang van woordopteller 15 die twee woorden bit voor bit optelt
30 zonder daarbij een carrysignaal of overloopsignaal te genereren. Een tweede ingang van woordopteller 15 is verbonden met een schuifregister 16 en een uitgang van woordopteller 15 vormt een uitgang 17 van de encoder. Ingang 1 is verder via een (eerste ingang van) bitopteller 7, een vertragingselement 8, een (eerste ingang van) bitopteller 9 en
35 drie in serie geschakelde vertragingselementen 10, 11 en 12 gekoppeld met een tweede omschakelcontact van omschakelaar 6, welk tweede

9400965

omschakelcontact via een schakelaar 13 is gekoppeld met (een tweede ingang van) bitopteller 7 en met (een tweede ingang van) bitopteller 9.

De werking van de in figuur 1 weergegeven encoder is als volgt.

5 Een op cyclische wijze, op basis van restwerking gegeven het polynoom x^4+x+1 , te coderen informatiewoord ter grootte van elf bits wordt aangeboden aan ingang 1. Gedurende de eerste vijftien verschuivingen bevindt omschakelaar 6 zich in een zodanige positie dat het eerste omschakelcontact is doorverbonden met het hoofdcontact. Als gevolg

10 hiervan schuift het informatiewoord via de vertragingselementen 2, 3, 4 en 5 en omschakelaar 6 het schuifregister 14 in. Tegelijkertijd bevindt schakelaar 13 zich in geleidende positie. Hierdoor verschijnt na vijftien verschuivingen een restwoord ter grootte van vier bits in de vertragingselementen 8, 10, 11 en 12, welk restwoord het gevolg is

15 van het delen van het (met x^4 vermenigvuldigde) informatiewoord ter grootte van elf bits door het polynoom x^4+x+1 . Vervolgens wordt omschakelaar 6 omgezet, waarbij het tweede omschakelcontact wordt doorverbonden met het hoofdcontact, en wordt schakelaar 13 in niet-geleidende positie gebracht, waarna gedurende de volgende vier

20 verschuivingen het restwoord via de vertragingselementen 8, 10, 11 en 12 en omschakelaar 6 het schuifregister 14 inschuift. Aldus bevat dit schuifregister 14 na negentien verschuivingen een op cyclische wijze gecodeerd informatiewoord oftewel codewoord ter grootte van vijftien bits. Een in schuifregister 16 opgeslagen optelwoord wordt vervolgens

25 bit voor bit opgeteld bij dit codewoord via woordopteller 15, zonder dat een carrysignaal of overloopsignaal daarbij wordt verdisconteerd. Wanneer het optelwoord bijvoorbeeld uit veertien bits met de waarde nul en één bit met de waarde één bestaat, zal het bit met de waarde één leiden tot een wijziging of invertering van het zich in het

30 codewoord op dezelfde positie bevindende bit. Hierdoor is het codewoord voorzien van de wijziging, die bijvoorbeeld (op directe wijze) de startpositie of (op indirecte wijze) een vaste relatie (een vaste afstand) tot de startpositie aangeeft. Dit codewoord met de daarin aangebrachte wijziging wordt vervolgens via uitgang 17

35 verzonden. Wanneer elke twee codewoorden een minimale onderlinge afstand gelijk aan de waarde drie bezitten, zal bij decodering ten alle tijden deze ene wijziging gedetecteerd kunnen worden. Doordat de wijziging de startpositie direct of indirect aangeeft, kan het

codewoord toch op juiste wijze door een decoder worden gedecodeerd, ondanks eventuele tussen codering en decodering opgetreden cyclische verschuivingen.

Alle vertragingselementen zouden op voor de vakman bekende wijze
5 kunnen worden gerealiseerd aan de hand van bijvoorbeeld D-flipflops, terwijl de bitoptellers bijvoorbeeld zouden kunnen worden gerealiseerd met zogenaamde EXOR-poorten. Een parallelle uitvoering van een woordopteller omvat dan vijftien bitoptellers, terwijl een seriële uitvoering van een woordopteller met één bitopteller wordt
10 gerealiseerd. Het aanbrengen van de wijziging zou op verschillende alternatieve wijzen tot stand kunnen worden gebracht, zoals door het uitlezen van de bitwaarde van de betreffende locatie van het schuifregister en het vervolgens via een zogenaamde inverterende poort weer inschrijven van de nu geïnverteerde bitwaarde op de betreffende
15 locatie. Elementen 2 tot en met 13 vormen in figuur 1 zogenaamde encodermiddelen, en elementen 14, 15 en 16 vormen zogenaamde eerste middelen voor het aanbrengen van ten minste één wijziging in ten minste één op cyclische wijze gecodeerd woord. Wanneer elke twee codewoorden een minimale onderlinge afstand gelijk aan de waarde vijf
20 bezitten zouden zelfs twee wijzigingen kunnen worden aangebracht, etc.

De in figuur 2 weergegeven specifieke uitvoeringsvorm van een decoder volgens de uitvinding omvat een ingang 20 die is gekoppeld met een tabelgeheugen 27 via een serieschakeling van een (eerste ingang van) bitopteller 21, een vertragingselement 22, een (eerste ingang van) bitopteller 23 en drie in serie geschakelde vertragingselementen
25 24, 25 en 26, waarbij een uitgang van vertragingselement 26 is gekoppeld met (een tweede ingang van) bitopteller 21 en met (een tweede ingang van) bitopteller 23, en waarbij een uitgang van elk vertragingselement 22, 24, 25 en 26 is gekoppeld met een ingang van
30 tabelgeheugen 27 voor het toevoeren van een ingangswoord ter grootte van vier bits. In responsie daarop genereert tabelgeheugen 27 een uitgangswoord ter grootte van vijftien bits. Dit wordt parallel toegevoerd aan schuifregister 28, waarvan elke schuifeenheid daartoe is verbonden met één der vijftien uitgangen van tabelgeheugen 27. Een
35 uitgang van schuifregister 28 is verbonden met een eerste ingang van woordopteller 29 en met een ingang van rekenunit 32. Ingang 20 is verder via een schuifregister 30 gekoppeld met een tweede ingang van woordopteller 29, waarvan een uitgang is verbonden met een ingang van

schuifregister 31. Een sturingang van schuifregister 31 is verbonden met een uitgang van rekenunit 32, en een uitgang van schuifregister 31 vormt een uitgang 33 van de in figuur 2 weergegeven decoder.

De werking van de in figuur 2 weergegeven decoder is als volgt.

- 5 Een op cyclische wijze, op basis van restwerking gegeven het polynoom x^4+x+1 , gecodeerd woord oftewel codewoord ter grootte van vijftien bits samengesteld uit een informatiewoord ter grootte van elf bits en een restwoord ter grootte van vier bits wordt aangeboden aan ingang 20 en toegevoerd aan schuifregister 30. Na vijftien verschuivingen bevindt
- 10 het gehele codewoord ter grootte van vijftien bits zich in schuifregister 30, en is in vertragungselementen 22, 24, 25 en 26 een restwoord aanwezig, dat is berekend door deling van het aangeboden (met x^4 vermenigvuldigde) codewoord ter grootte van vijftien bits door het polynoom x^4+x+1 . Dit restwoord bezit de waarde nul indien er geen
- 15 wijziging is aangebracht in de encoder en indien er tussen codering en decodering geen fout is opgetreden. In geval van een in de encoder aangebrachte wijziging zal het restwoord een waarde ongelijk nul bezitten, waarbij de grootte van het restwoord maatgevend is voor de positie van de aangebrachte wijziging. In responsie op het restwoord
- 20 dat als ingangswoord ter grootte van vier bits aan tabelgeheugen 27 wordt toegevoerd, genereert tabelgeheugen 27 een uitgangswoord ter grootte van vijftien bits, waarvan alle bits de waarde nul bezitten indien het restwoord de waarde nul bezit en waarvan één bit de waarde één bezit indien het restwoord een waarde ongelijk nul bezit. In dit
- 25 geval wordt de positie van dit ene bit bepaald door de grootte van de waarde van het restwoord. Het uitgangswoord wordt toegevoerd aan schuifregister 28 en vervolgens bit voor bit opgeteld bij het in schuifregister 30 opgeslagen codewoord, waarna via de uitgang van woordopteller 29 een gecorrigeerd codewoord in schuifregister 31 wordt
- 30 geladen. Dit gecorrigeerde codewoord zou echter tussen codering en decodering cyclisch verschoven kunnen zijn, hetgeen blijkt uit het verschil tussen de positie van de in de encoder aangebrachte wijziging en de positie van het ene tot het uitgangswoord behorende bit dat de waarde één bezit. Door in rekenunit 32 de positie van de in de encoder
- 35 aangebrachte wijziging op te slaan en het uitgangswoord aan deze rekenunit 32 toe te voeren kan rekenunit 32 op voor de vakman bekende wijze het verschil tussen beide posities berekenen en in geval van een verschil dat ongelijk is aan nul het in schuifregister 31 opgeslagen

gecorrigeerde codewoord evenredig cyclisch verschuiven. Bijvoorbeeld indien de wijziging in de encoder op positie één is aangebracht en het ene bit met de waarde één in het uitgangswoord zich op positie drie bevindt, dan dient rekenunit 32 het in schuifregister 31 opgeslagen

5 gecorrigeerde codewoord $15-(3-1)=13$ posities cyclisch naar ene zijde te verschuiven of $3-1=2$ posities cyclisch naar andere zijde te verschuiven, opdat het originele woord ter grootte van elf bits via uitgang 33 kan worden gegenereerd.

Alle vertragingselementen zouden op voor de vakman bekende wijze

10 kunnen worden gerealiseerd aan de hand van bijvoorbeeld D-flipflops, terwijl de bitoptellers bijvoorbeeld zouden kunnen worden gerealiseerd met zogenaamde EXOR-poorten. Een parallelle uitvoering van een woordopteller omvat dan vijftien bitoptellers, terwijl een seriële uitvoering van een woordopteller met één bitopteller wordt

15 gerealiseerd. Het corrigeren van de wijziging zou op verschillende alternatieve wijzen tot stand kunnen worden gebracht, zoals door het uitlezen van de bitwaarde van de betreffende locatie van het schuifregister en het vervolgens via een zogenaamde inverterende poort weer inschrijven van de nu geïnverteerde bitwaarde op de betreffende

20 locatie. Elementen 21 tot en met 32 vormen in figuur 2 zowel zogenaamde decodermiddelen als zogenaamde tweede middelen voor het detecteren van de wijziging.

De in figuur 1 weergegeven encoder zou softwarematig in een soort BASIC taal als volgt kunnen worden geïmplementeerd:

```

25      10      a(0)=b(0)=c(0)=d(0)=0
        20      k(12)=k(13)=k(14)=k(15)=0
        30      for i=1 step 1 to 15 do
        40          a(i):=k(i)+d(i-1)
        45          if a(i)=2 then a(i):=0
30      50          b(i):=a(i-1)+d(i-1)
        55          if b(i)=2 then b(i):=0
        60          c(i):=b(i-1)
        70          d(i):=c(i-1)
        80      next i
35      90      for j=1 step 1 to 11 do
        100          m(j):=k(j)

```

```

110  next j
120  m(15):=a(15)
130  m(14):=b(15)
140  m(13):=c(15)
5    150  m(12):=d(15)
160  for t=1 step 1 to 15 do
163      if t=modified then p(t):=1
167      else p(t):=0
170      m(t):=m(t)+p(t)
10   175      if m(t)=2 then m(t):=0
180  next t

```

Hierbij wordt een aan ingang 1 toe te voeren woord $k(1)$ tot en met $k(11)$ ter grootte van elf bits op cyclische wijze gecodeerd volgens het schema van figuur 1 en daardoor omgezet in een codewoord $m(1)$ tot en met $m(15)$ ter grootte van vijftien bits waarin op een vaste positie een wijziging is aangebracht. Deze wijziging wordt bij deze implementatie aangebracht door optelling van een woord $p(1)$ tot en met $p(15)$ ter grootte van vijftien bits met veertien bits gelijk aan nul en één bit gelijk aan één bij het verkregen codewoord $m(1)$ tot en met $m(15)$.

Voor aanvang is de inhoud van vertragingselement 8 oftewel $a(0)$ gelijk aan nul, is de inhoud van vertragingselement 10 oftewel $b(0)$ gelijk aan nul, is de inhoud van vertragingselement 11 oftewel $c(0)$ gelijk aan nul en is de inhoud van vertragingselement 12 oftewel $d(0)$ gelijk aan nul (regel 10). Verder dient het te coderen woord $k(1)$ tot en met $k(11)$ aangevuld te worden met vier nullen (regel 20). Vervolgens wordt voor vijftien verschuivingen de inhoud van elk vertragingselement 8, 10, 11 en 12 bepaald (regel 30 tot en met 80). Van het in schuifregister 14 opgeslagen codewoord zijn de eerste elf bits $m(1)$ tot en met $m(11)$ gelijk aan de elf bits van het te coderen woord $k(1)$ tot en met $k(11)$, doordat deze via de vertragingselementen 2, 3, 4 en 5 worden toegevoerd (regel 90 tot en met 110). Van het in schuifregister 14 opgeslagen codewoord zijn de laatste vier bits $m(12)$ tot en met $m(15)$ respectievelijk gelijk aan de inhoud van de vertragingselementen 12, 11, 10 en 8 (regel 120 tot en met 150). Uiteindelijk wordt de wijziging ("modified") aangebracht door optelling van een woord $p(1)$ tot en met $p(15)$ ter grootte van vijftien

bits dat in schuifregister 16 is opgeslagen bij het verkregen codewoord m(1) tot en met m(15). Aldus is een nieuw codewoord m(1) tot en met m(15) verkregen dat deze wijziging omvat.

De in figuur 2 weergegeven decoder zou softwarematig in een
5 soort BASIC taal als volgt kunnen worden geïmplementeerd:

```

210  a(1)=1
220  b(1)=c(1)=d(1)=0
230  r=1
240  prom(r)=15
10   250  for i=2 step 1 to 15 do
260      a(i):=d(i-1)
270      b(i):=a(i-1)+d(i-1)
280      if b(i)=2 then b(i):=0
290      c(i):=b(i-1)
15   300      d(i):=c(i-1)
310      r:=a(i)+2*b(i)+4*c(i)+8*d(i)
320      prom(r):=16-i
330  next i

410  a(0)=b(0)=c(0)=d(0)=0
20   420  for i=1 step 1 to 15 do
430      a(i):=m(i)+d(i-1)
435      if a(i)=2 then a(i):=0
440      b(i):=a(i-1)+d(i-1)
445      if b(i)=2 then b(i):=0
25   450      c(i):=b(i-1)
460      d(i):=c(i-1)
470  next i
480  r:=a(15)+2*b(15)+4*c(15)+8*d(15)
490  for j=1 step 1 to 15 do
30   500      if j=prom(r) then q(j):=1 else q(j)=0
510  next j
520  for t=1 step 1 to 15 do
530      m(t):=m(t)+q(t)
535      if m(t)=2 then m(t):=0
35   540  next t

```

```

550  z:=prom(r)-modified
560  if z<0 then z:=z+15
570  for u=1 step 1 to 11 do
580      if u+z<16 then y(u):=m(u+z)
5  590      else y(u):=m(u+z-15)
600  next u

```

Hierbij wordt een aan ingang 20 toe te voeren codewoord $m(1)$ tot en met $m(15)$ ter grootte van vijftien bits gedecodeerd volgens het schema van figuur 2 en daardoor omgezet in een codewoord $y(1)$ tot en met $y(11)$ ter grootte van elf bits waarin de op een vaste positie aangebrachte wijziging is gecorrigeerd. Deze wijziging wordt bij deze implementatie gecorrigeerd door optelling van een woord $q(1)$ tot en met $q(15)$ ter grootte van vijftien bits met veertien bits gelijk aan nul en één bit gelijk aan één bij het verkregen codewoord $m(1)$ tot en met $m(15)$.

Eenmalig dient de inhoud van tabelgeheugen 27 te worden geladen (regel 210 tot en met 330). Voor aanvang van decodering wordt de inhoud van vertragingelement 8 oftewel $a(0)$ gelijk aan nul gesteld, wordt de inhoud van vertragingelement 10 oftewel $b(0)$ gelijk aan nul gesteld, wordt de inhoud van vertragingelement 11 oftewel $c(0)$ gelijk aan nul gesteld en wordt de inhoud van vertragingelement 12 oftewel $d(0)$ gelijk aan nul gesteld (regel 410). Vervolgens wordt voor vijftien verschuivingen de inhoud van elk vertragingselement 8, 10, 11 en 12 bepaald (regel 420 tot en met 470). Tabelgeheugen 27 zet het vier bits ingangswoord $a(15)b(15)c(15)d(15)$ met $d(15)$ zijnde het MSB om in een vijftien bits uitgangswoord $q(15)q(14) \dots q(2)q(1)$ met $q(1)$ zijnde het MSB door berekening van de waarde van r en toekenning van de waarde één aan het bit $q(j=\text{prom}(r))$ en toekenning van de waarde nul aan het bit $q(j<\text{prom}(r) \text{ of } j>\text{prom}(r))$. Dit uitgangswoord $q(1)$ tot en met $q(15)$ bevindt zich in het schuifregister 28 (regel 480 tot en met 510) en wordt opgeteld bij het zich in schuifregister 30 bevindende codewoord $m(1)$ tot en met $m(15)$ via woordopteller 29 (regel 520 tot en met 540). Rekenunit 32 berekent de waarde $z=\text{prom}(r)-\text{modified}$, waarbij modified gelijk is aan de positie waar direct na codering de wijziging is aangebracht, welke waarde $z=\text{prom}(r)-\text{modified}$ eventueel met vijftien dient te worden verhoogd om negatieve waarden van z te voorkomen (regel 550 en 560). De waarde $z=\text{prom}(r)-\text{modified}$ bepaalt namelijk het

aantal benodigde verschuivingen (naar rechter zijde oftewel MSB zijde) door schuifregister 31. Dit verschuiven geschiedt door de bits van het woord $y(1)$ tot en met $y(11)$ achtereenvolgens de bitwaarden te geven van de tot de vijftien bits van het door optelling gecorrigeerde
5 codewoord $m(1)$ tot en met $m(15)$ behorende, in bepaalde mate verschoven gelegen elf bits (regel 570 tot en met 600).

De in figuur 3 symbolisch weergegeven algemene encoder volgens de uitvinding omvat encodermiddelen 36 voor het op cyclische wijze coderen van woorden, eerste middelen 37 voor het aanbrengen van ten
10 minste één wijziging in ten minste één op cyclische wijze gecodeerd woord, en verdere encodermiddelen 38 voor het verder coderen van een op cyclische wijze gecodeerd woord. Uitvoeringsvormen van encodermiddelen 36 en eerste middelen 37 zijn reeds gedetailleerd in figuur 1 weergegeven. Verdere encodermiddelen 38 dienen ter correctie
15 van in een kanaal 39 optredende flips (bitomslagen) en erasures (bitverdwijningen) en behoren de reeds op cyclische wijze gecodeerde en van de wijziging voorziene woorden verder op cyclische wijze te coderen met groot foutcorrigerend vermogen. De in kanaal 39 optredende cyclische verschuivingen worden zoals eerder beschreven teniet gedaan
20 door toepassing van de combinatie van encodermiddelen 36 en eerste middelen 37.

De in figuur 4 symbolisch weergegeven algemene decoder volgens de uitvinding omvat verdere decodermiddelen 40 voor het verder decoderen van een op cyclische wijze gecodeerd en daarna verder
25 gecodeerd woord, decodermiddelen 41 voor het decoderen van op cyclische wijze gecodeerde woorden, tweede middelen 42+43+44, en decodermiddelen 45 voor het decoderen van op cyclische wijze gecodeerde woorden. Tweede middelen 42+43+44 omvatten weer verdere encodermiddelen 42 voor het op cyclische wijze coderen van een door de
30 decodermiddelen 41 gedecodeerd op cyclische wijze gecodeerd woord, vergelijkmiddelen 43 voor het vergelijken van een door de weer verdere encodermiddelen 42 op cyclische wijze gecodeerd woord met een aan de decodermiddelen 41 toegevoerd, op cyclische wijze gecodeerd woord, en genereermiddelen 44 voor het in responsie op een van de
35 vergelijkmiddelen 43 afkomstig vergelijkingsresultaat genereren van de wijziging. Verdere decodermiddelen 40 corresponderen met de in figuur 3 weergegeven verdere encodermiddelen 38, en decodermiddelen 41 corresponderen met de in figuur 3 weergegeven encodermiddelen 36. Weer

verdere decodermiddelen 45 komen bij voorkeur overeen met decodermiddelen 41 en corresponderen met de weer verdere encodermiddelen 42 die bij voorkeur overeen komen met de in figuur 3 weergegeven encodermiddelen 36. Uitvoeringsvormen van decodermiddelen 41 (en dus bij voorkeur ook van weer verdere decodermiddelen 45) zijn reeds gedetailleerd in figuur 2 weergegeven. Uitvoeringsvormen van weer verdere encodermiddelen 42 zijn in geval van overeenkomst met encodermiddelen 36 reeds gedetailleerd in figuur 1 weergegeven.

Er van uitgaand dat flips en erasures reeds door toepassing van verdere encodermiddelen 38 en verdere decodermiddelen 40 zijn gecorrigeerd, verschijnt een op cyclische wijze gecodeerd en van de wijziging voorzien woord aan de ingang van decodermiddelen 41, die dankzij de minimale onderlinge afstand ter waarde drie dit codewoord zodanig decoderen dat de aangebrachte wijziging automatisch is gecorrigeerd. Als gevolg van een in het kanaal opgetreden cyclische verschuiving zal echter dit gedecodeerde codewoord gelijk zijn aan een verschuiving van het originele aan de ingang van encodermiddelen 36 aangeboden woord. Door nu het gedecodeerde codewoord opnieuw te coderen via de weer verdere encodermiddelen 42 en het aldus verkregen codewoord via vergelijkmiddelen 43 te vergelijken met het aan de ingang van decodermiddelen 41 aangeboden codewoord dat de wijziging bevat, zijn vergelijkmiddelen 43 in staat een vergelijkingsresultaat te genereren dat representatief is voor de positie van wijziging. Genereermiddelen 44 krijgen enerzijds dit vergelijkingsresultaat toegevoerd en krijgen anderzijds het eveneens aan de ingang van decodermiddelen 41 aangeboden codewoord toegevoerd, en kunnen door combinatie van beide toegevoerde signalen de wijziging genereren en de invloed van deze wijziging verdisconteren in het codewoord, dat vervolgens door weer verdere decodermiddelen 45 wordt gedecodeerd tot een woord dat exact gelijk is aan het originele aan de ingang van encodermiddelen 36 aangeboden woord. Genereermiddelen 44 komen hierbij in principe overeen met de in figuur 2 weergegeven combinatie van tabelgeheugen 27, schuifregister 28, schuifregister 30, woordopteller 29, schuifregister 31 en rekenunit 32.

De invloed van cyclische verschuivingen op codewoorden kan aldus teniet worden gedaan bij toepassing van alle soorten mogelijke decodermiddelen, ook die die slechts in staat zijn de aangebrachte wijziging automatisch te corrigeren zonder daarbij de buitenwereld

over de positie van de betreffende wijziging te informeren. Het zal duidelijk zijn uit figuur 4 dat dit met name mogelijk wordt gemaakt door toepassing van een extra codeer- en decodeerslag in de decoder. Eén van de redenen dat deze extra slag niet aanwezig is in de in

5 figuur 2 weergegeven decoder is dat de in figuur 1 weergegeven encoder op zogenaamd systematische wijze codeert, als gevolg waarvan de in figuur 2 weergegeven decoder slechts een zogenaamd systematische code behoeft te decoderen.

E Conclusies

1. Systeem omvattende een encoder die is voorzien van
encodermiddelen voor het op cyclische wijze coderen van woorden en
omvattende een decoder die is voorzien van decodermiddelen voor het
5 decoderen van op cyclische wijze gecodeerde woorden, met het kenmerk,
dat de encoder is voorzien van eerste middelen voor het aanbrengen van
ten minste één wijziging in ten minste één op cyclische wijze
gecodeerd woord, waarbij de decoder is voorzien van tweede middelen
voor het detecteren van de wijziging.
- 10 2. Systeem volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat de encoder is
voorzien van verdere encodermiddelen voor het verder coderen van een
op cyclische wijze gecodeerd woord, waarbij de decoder is voorzien van
verdere decodermiddelen voor het verder decoderen van een op cyclische
wijze gecodeerd en daarna verder gecodeerd woord.
- 15 3. Systeem volgens conclusie 1 of 2, met het kenmerk, dat de tweede
middelen van de decoder zijn voorzien van
- weer verdere encodermiddelen voor het op cyclische wijze coderen van
een door de decodermiddelen gedecodeerd op cyclische wijze gecodeerd
woord,
20 - vergelijkmiddelen voor het vergelijken van een door de weer verdere
encodermiddelen op cyclische wijze gecodeerd woord met een aan de
decodermiddelen toegevoerd, op cyclische wijze gecodeerd woord, en
- genereermiddelen voor het in responsie op een van de
vergelijkmiddelen afkomstig vergelijkingsresultaat genereren van de
25 wijziging.
4. Encoder voorzien van encodermiddelen voor het op cyclische wijze
coderen van woorden, met het kenmerk, dat de encoder is voorzien van
eerste middelen voor het aanbrengen van ten minste één wijziging in
ten minste één op cyclische wijze gecodeerd woord, welke wijziging
30 indicatief is voor een startpositie.
5. Encoder volgens conclusie 4, met het kenmerk, dat de encoder is
voorzien van verdere encodermiddelen voor het verder coderen van een
op cyclische wijze gecodeerd woord.
6. Decoder voorzien van decodermiddelen voor het decoderen van op
35 cyclische wijze gecodeerde woorden, met het kenmerk, dat de decoder is
voorzien van tweede middelen voor het detecteren van ten minste één in
ten minste één op cyclische wijze gecodeerd woord aangebrachte
wijziging, welke wijziging indicatief is voor een startpositie.

7. Decoder volgens conclusie 6, met het kenmerk, dat de decoder is voorzien van verdere decodeermiddelen voor het verder decoderen van een op cyclische wijze gecodeerd en daarna verder gecodeerd woord.
8. Decoder volgens conclusie 6 of 7, met het kenmerk, dat de tweede
5 middelen van de decoder zijn voorzien van
- weer verdere encodermiddelen voor het op cyclische wijze coderen van een door de decodermiddelen gedecodeerd woord,
 - vergelijkmiddelen voor het vergelijken van een door de weer verdere encodermiddelen op cyclische wijze gecodeerd woord met een aan de
10 decodermiddelen toegevoerd, op cyclische wijze gecodeerd woord, en
 - genereermiddelen voor het in responsie op een van de vergelijkmiddelen afkomstig vergelijkingsresultaat genereren van de wijziging die indicatief is voor een startpositie.
9. Werkwijze voor het aan een zenzijde toekennen van een op
15 cyclische wijze gecodeerd woord aan een object en voor het aan een ontvangzijde detecteren van het aan het object toegekende, op een cyclische wijze gecodeerde woord, met het kenmerk, dat de werkwijze de volgende stappen omvat van
- het aan de zenzijde op cyclische wijze coderen van een aan het
20 object toe te kennen woord,
 - het aan de zenzijde aanbrengen van ten minste één wijziging in het op cyclische wijze gecodeerde woord,
 - het aan de zenzijde aan het object toekennen van het op cyclische wijze gecodeerde en van de wijziging voorziene woord,
 - 25 - het aan de ontvangzijde decoderen van het aan het object toegekende, op cyclische wijze gecodeerde en van de wijziging voorziene woord, en
 - het aan de ontvangzijde detecteren van de wijziging.
10. Werkwijze volgens conclusie 9, met het kenmerk, dat de werkwijze verder de volgende stappen omvat van
- 30 - het aan de zenzijde verder coderen van een op cyclische wijze gecodeerd woord, en
 - het aan de ontvangzijde verder decoderen van een op cyclische wijze gecodeerd en daarna verder gecodeerd woord.
11. Werkwijze volgens conclusie 9 of 10, met het kenmerk, dat de
35 werkwijze weer verder de volgende stappen omvat van
- het aan de ontvangzijde op cyclische wijze coderen van een gedecodeerd woord,

- het aan de ontvangzijde vergelijken van een op cyclische wijze gecodeerd gedecodeerd woord met een op cyclische wijze gecodeerd woord, en
 - het aan de ontvangzijde in responsie op een vergelijkingsresultaat genereren van de wijziging.
- 5
12. Object voorzien van een op cyclische wijze gecodeerd woord waarin ten minste één wijziging is aangebracht, welke wijziging indicatief is voor een startpositie.

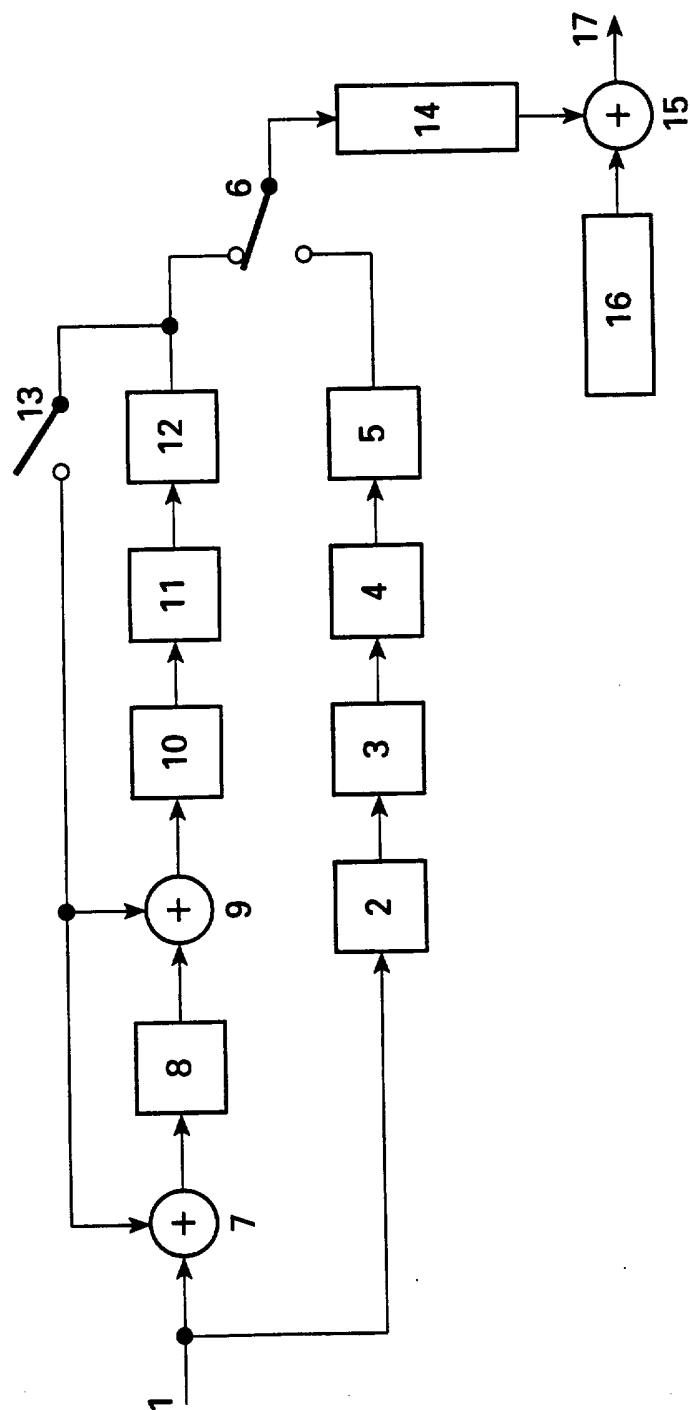


Fig. 1

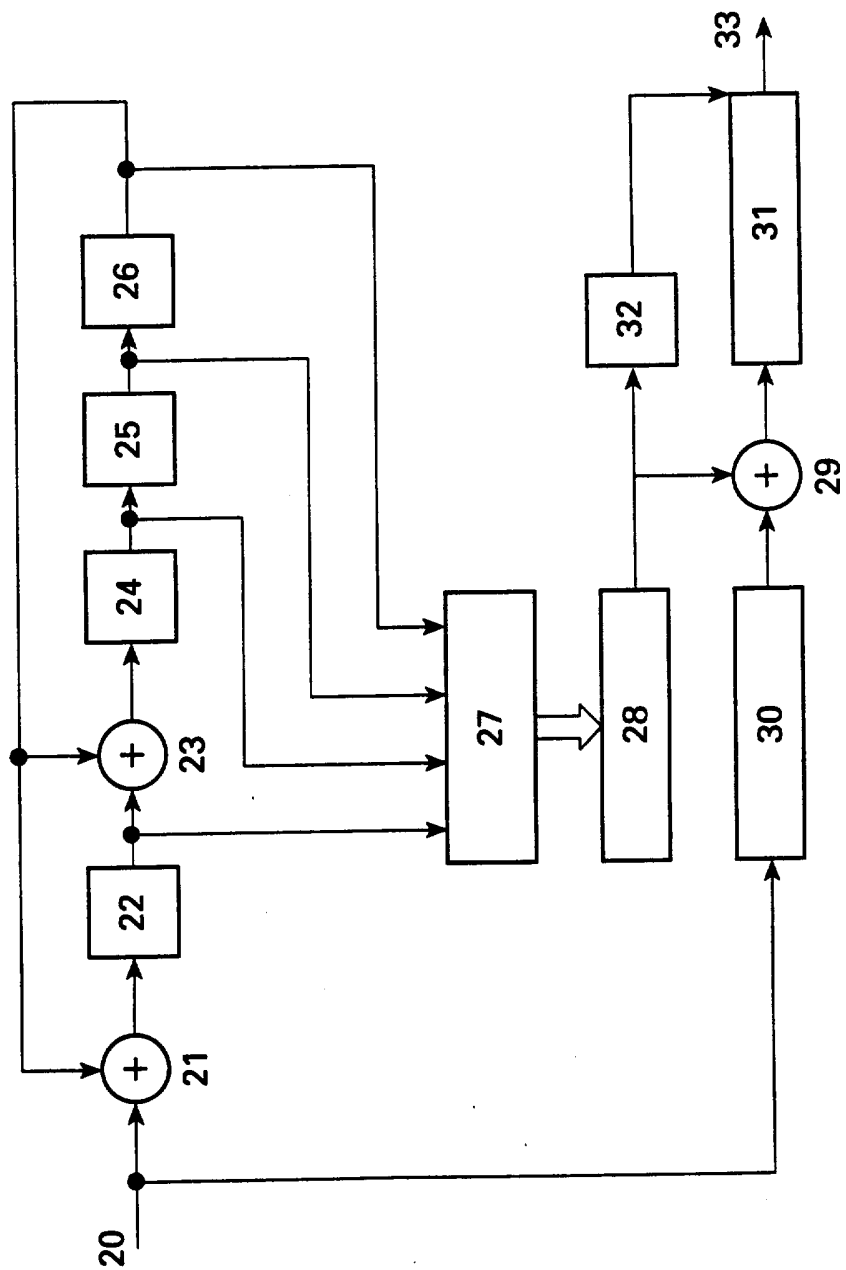


Fig. 2

