
Octrooiraad



⑩ A Terinzagelegging ⑪ 8103638

Nederland

⑲ NL

- ⑤4 Digitaal filter.**
- ⑤1 Int.Cl³: H03H 17/04.**
- ⑦1 Aanvrager: Western Electric Company, Incorporated te New York.**
- ⑦4 Gem.: Ir. H.M. Urbanus c.s.
Vereenigde Octrooibureaux
Nieuwe Parklaan 107
2587 BP 's-Gravenhage.**

-
- ②1 Aanvraag Nr. 8103638.**
 - ②2 Ingediend 31 juli 1981.**
 - ③2 Voorrang vanaf 1 augustus 1980.**
 - ③3 Land van voorrang: Ver. St. v. Am. (US).**
 - ③1 Nummer van de voorrangsaanvraag: 174516 .**
 - ⑥2 - -**

-
- ④3 Ter inzage gelegd 1 maart 1982.**

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

- De uitvinding heeft betrekking op een inrichting voor het filteren van een ingangssignaal, dat een reeks uit een aantal bits bestaande ingangswoordenvat, waarbij elk van de woorden een essentieel gedeelte, een tekenbit en tenminste
- 5 L herhalingen van de tekenbit omvat, waarbij de inrichting is voorzien van eerste en tweede in serie verbonden vertragingselementen, die elk dienen voor het opslaan van het aantal bits, dat in een woord van een daaraan toegevoerd tussensignaal aanwezig is, een logische schakeling voor het combineren
- 10 van gekozen bits van de laatste L bits, die in de vertragingselementen zijn opgeslagen overeenkomstig eerste en tweede vooraf bepaalde relaties teneinde respectievelijk terugkoppel- en doorvoersignalen op te wekken, een eerste combinatie schakeling dienende om het terugkoppelsignaal, bit voor
- 15 bit, met het ingangssignaal te combineren teneinde het tussen gelegen signaal te verkrijgen, en een tweede combinatie schakeling dienende om het tussengelegen signaal, bit voor bit met het doorvoersignaal te combineren teneinde het uitgangssignaal van het filter te verschaffen.
- 20 Het ontwerp van digitale filters ten gebruike bij telefonie, evenals bij andere audio band toepassingen is bekend en gedocumenteerd. Er zijn procedures ontwikkeld om een filter stelsel optimaal te maken en de spectrale responsie daarvan binnen bepaalde grenzen te houden. Het "optimum" komt
- 25 in het algemeen neer op een stelsel met een minimaal aantal van bepaalde soorten van bewerkingen, zoals vermenigvuldigen of optellen. Een geoptimaliseerd voor algemene doeleinden dienend filter kan evenwel verre van ideaal zijn wanneer een op een enkel plaatje geïntegreerde keten realisatie gewenst is, meer
- 30 in het bijzonder in die toepassingen waar de filter coëfficiënten vastliggen.

Naast de lastige compromissen, welke tot stand moeten worden gebracht tussen het aantal ketenelementen, de rekenkundige complexiteit en flexibiliteit, doen zich bij het

filter ontwerp proces andere problemen voor. De geïntegreerde-keten technologie is zodanig ver gevorderd, dat het gebied, dat voor elementen, zoals poorten, registers, en eenvoudige rekenkundige organen nodig is, zeer klein kan zijn. Tenzij grote zorg wordt betracht kan het voorkomen, dat een groot gedeelte van het oppervlak van het plaatje eenvoudig voor onderlinge verbindingen wordt gebruikt. In dit opzicht zijn het opwekken van kloksignalen en de verdeling daarvan bijzonder moeilijk. Schijnbaar eenvoudige ketens kunnen de verdeling van een groot aantal kloksignalen over een groot aantal punten vereisen. Het oppervlak, dat nodig is om deze kloksignalen op te wekken, deze ten opzichte van de informatie gecentreerd te houden, en de signalen te verdelen, kan aanmerkelijk groter zijn dan het gebied, dat door de signaalbaan in beslag wordt genomen. Bovendien kan de diagnose en testprocedure van dergelijke ketens bijzonder lastig zijn.

De problemen worden volgens de uitvinding opgelost door te voorzien in een inrichting voor het filteren van een ingangssignaal, waarbij de inrichting verder is voorzien van een grendelschakeling dienende om te bewerkstellingen, dat tenminste L vooraf bepaalde bits in elk woord van het tussengelegen signaal dezelfde waarde hebben als de tekenbit van het ingangswoord.

Een laag doorlaatfilter volgens de uitvinding omvat een paar filter secties van de tweede orde in cascade, waarbij elke filtersectie werkt met een woord frequentie, welke iets hoger ligt dan de gewenste uitgangsfrequentie, gevolgd door een accumuleer- en opvangketen, die de steekproeffrequentie tot de gewenste uitgangsfrequentie verlaagt. Ofschoon het filter niet tot een bepaalde toepassing is beperkt, is het van bijzonder nut bij het beletten van "aliasing" in een decimatie keten waarin een ingangssignaal met een hoge steekproef frequentie wordt omgezet in een uitgangssignaal met een lagere steekproeffrequentie. De overdrachtsfunctie voor het filter wordt gegeven door:

$$H(z) = 1/8 \frac{1 - 5/4 z^{-1} + z^{-2}}{1 - 19/16 z^{-1} + 31/64 z^{-2}} \frac{1 - 3/4 z^{-1} + z^{-2}}{1 - 23/16 z^{-1} + 55/64 z^{-2}}$$

terwijl de overdrachtsfunctie voor de accumulator gegeven

5 door:

$$H_A(z) = 1/4 \frac{1 - z^{-4}}{1 - z^{-1}}$$

Elke filtersectie omvat twee in serie verbonden ver-
 10 gingselementen voor een aantal bits, elk omvattende een
 serie reeks van vertragingregisters voor een bit, die voldoen-
 de zijn om op elk willekeurig tijdstip het in een volledig
 woord aanwezige aantal bits op te slaan. Elke sectie omvat
 voorts een logische schakeling, welke rekenkundige (optel-)
 15 ketens en omkeerinrichtingen doch geen vermenigvuldigers
 omvat. De logische schakeling combineert de uitgangssignalen
 uit het vertragingselement teneinde tussengelegen signalen
 te vormen, die met het ingangssignaal worden gecombineerd
 voor het verschaffen van het gewenste uitgangssignaal. Ten-
 20 einde een gecompliceerde kloksignalering te elimineren en het filter te
 vereenvoudigen, worden de overdrachtsregisters, die met de
 optelketen samenwerken, tussen de ingangsworden niet vooraf
 ingesteld en evenmin vrijgegeven. In plaats daarvan wordt
 de lengte van elk ingangswoord, dat wordt aangeboden in
 25 een 2-complement type, opzettelijk vergroot en wordt de teken-
 bit een vooraf gekozen aantal malen herhaald wanneer elk
 woord in elke filtersectie wordt verwerkt. Eventuele fouten,
 welke optreden tengevolge van een overdrachtsonnauwkeurig-
 heid, zijn minder significant dan de quantiseringsruis,
 30 welke bij het ingangswoord behoort, en beïnvloeden derhalve
 het filteruitgangssignaal in hoofdzaak niet op een scha-
 delijke wijze.

De uitvinding zal onderstaand nader worden toegelicht onder
 verwijzing naar de tekening. Daarbij toont:

35 fig. 1 een blokschema van een bekend recursief digitaal
 filter van de tweede orde;

fig. 2 een gegeneraliseerd blokschema van een cascade van twee recursieve digitale filtersecties van de tweede orde volgens de uitvinding;

5 fig. 3 de frequentie responsie karakteristieken van een laag doorlaatfilter volgens de uitvinding;

fig. 4 een blokschema van een accumuleer- en afvoerketen, die bij het filter volgens figuur 2 wordt toegepast;

fig. 5 een schema van een constructie van het filter volgens figuur 2, welke beter geschikt is voor een geïntegreerde
10 -ketenvervaardiging;

fig. 6 een tijddiagram waarin de kloksignalen zijn aangegeven, welke bij een filter volgens de uitvinding worden toegepast; en

fig. 7 een logisch diagram van de EN/OF poort 521 van
15 figuur 5.

In figuur 1 is in blokschemavorm een bekend recursief digitaal filter van de tweede orde weergegeven. Het filter omvat eerste en tweede vertragingselementen 101, respectievelijk 102, die elk dienen voor het verschaffen van een
20 totale vertraging, welke gelijk is aan de lengte van elk inhoudswoord. De aanduiding "filter van de tweede orde" houdt verband met de totale vertraging van twee woorden voor de in het filter gebruikte elementen 101 en 102.

Het uitgangssignaal van het vertragingselement 101 is
25 een eerste tussengelegen signaal D_{n-1} (soms een "toestands variabele" genoemd), welk signaal wordt toegevoerd aan een terugkoppelvermenigvuldiger 103 en een doorvoervermenigvuldiger 105. Op een soortgelijke wijze is het uitgangssignaal van het vertragingselement 102 een tweede tussengelegen
30 signaal D_{n-2} , dat aan een terugkoppelvermenigvuldiger 104 en een doorvoervermenigvuldiger 106 wordt toegevoerd. De relatie tussen het ingangssignaal van het vertragingselement 101 (een andere toestandsvariabele aangeduid met D_n) en het uitgangssignaal D_{n-1} daarvan wordt in z transformatie notatie uitgedrukt door:
35

$$D_{n-1} = z^{-1}(D_n) \quad (1)$$

waarbij z^{-1} een vertraging met een interval van een woord voorstelt. Op een soortgelijke wijze wordt de ingangs/uitgangssignaalrelatie van het vertragingselement 102 gegeven door:

$$D_{n-2} = z^{-1}(D_{n-1}) \quad (2)$$

De vergelijkingen (1) en (2) worden zodanig gecombineerd dat:

$$D_{n-2} = z^{-2}(D_n) \quad (3)$$

waarbij z^{-2} een vertraging met twee woord intervallen aangeeft. Elk van de vermenigvuldigers 103-106 dient om het ingangssignaal daarvan te vermenigvuldigen met een voorafgekozen coëfficiënt waarde, die de gewenste polen en nulpunten van het filter bepaalt. De coëfficiënten voor de vermenigvuldigers 103 en 104 zijn zoals gebruikelijke respectievelijk aangeduid met β_1 en $-\beta_2$ en de uitgangssignalen van deze vermenigvuldigers worden in een optelinrichting 107 gecombineerd om op de lijn 121 een terugkoppelsignaal te vormen. De coëfficiënten van de vermenigvuldigers 105 en 106 zijn respectievelijk aangeduid met $-\alpha_1$ en α_2 en de uitgangssignalen van deze vermenigvuldigers worden gecombineerd in een optelinrichting 108 om op een lijn 131 een doorvoersignaal te vormen. Het uitgangssignaal van de optelinrichting 107 wordt in de optelinrichting 113 gecombineerd met het filteringangssignaal X_n op de lijn 111 teneinde de toestandsvariabele D_n te verkrijgen, die aan zowel het vertragingselement 101 als aan een ingang van de optelinrichting 110 wordt toegevoerd. Het uitgangssignaal van de optelinrichting 108 wordt in de optelinrichting 110 met D_n gecombineerd om op de lijn 112 het totale filter-uitgangssignaal y_n te verkrijgen.

Voor een reeks ingangsworden, aangeduid met X_{n-1} , X_n , X_{n+1} , bestuurt een reeks vergelijkingen de werking van het filter volgens figuur 1 als volgt:

$$Y_{n-1} = X_{n-1} + (\beta_1 - \alpha_1)D_{n-2} = (\alpha_2 - \beta_2)D_{n-3} \quad (4)$$

$$Y_n = X_n + (\beta_1 - \alpha_1)D_{n-1} + (\alpha_2 - \beta_2)D_{n-2} \quad (5)$$

$$5 \quad Y_{n+1} = X_{n+1} + (\beta_1 - \alpha_1)D_n + (\alpha_2 - \beta_2)D_{n-1} \quad (6)$$

De recursies welke in de vergelijkingen tussen (4) - (6) zijn gespecificeerd, kunnen zodanig worden gecombineerd en vereenvoudigd, dat de totale filter responsie in het z-transformatie domein wordt uitgedrukt:

$$10 \quad H(z) = \frac{Y_n}{X_n} = \frac{1 - \alpha_1 z^{-1} + \alpha_2 z^{-2}}{1 - \beta_1 z^{-1} + \beta_2 z^{-2}} \quad (7)$$

15 Zoals uit vergelijking (4) blijkt, bepalen de waarden van α_1 en α_2 de polen van het filter, terwijl β_1 en β_2 de nulpunten bepalen.

De vermenigvuldigers en bepaalde ketens van de optelketens in het filter volgens figuur 1 kunnen voor descriptieve doeleinden tezamen worden gegroepeerd in logische ketens 120 en 130 die elk uitgangssignalen uit de vertragingselementen 101 en 102 ontvangen en op de respectieve lijnen 121 en 131 de terugkoppel- en doorvoersignalen vormen. Het eerste wordt met het ingangssignaal X_n gecombineerd voor het verschaffen van de toestandsvariabele, genoemd D_n , en het laatste wordt met D_n gecombineerd voor het leveren van het totale filter uitgangssignaal Y_n . Bij werkelijke constructies worden de in de logische ketens 120 en 130 aanwezige vermenigvuldigers gewoonlijk naar de tijd gedeeld, zodat een enkele vermenigvuldiger de vermenigvuldigers 103-106 kan vervangen. Bij deze constructie worden de coëfficiënten $-\alpha_1$, α_2 , β_1 en $-\beta_2$ in serie toegevoerd aan de gemeenschappelijke vermenigvuldiger, die de gewenste producten een voor een verschaft. Een dergelijke tijddeling leidt evenwel, ofschoon deze in sommige opzichten meer efficiënt is dan het gebruik van individuele vermenigvuldigers, tot een com-

plexheid bij de rotering van signalen en de afvoer van coëfficiënt waarden uit het geheugen, en andere moeilijkheden, die bij het filter volgens de uitvinding op gewenste wijze worden vermeden.

5 Zoals aangegeven in figuur 2, komt elke sectie van een uit twee secties bestaand filter volgens de uitvinding topologisch overeen met het filter volgens figuur 1. In de eerste sectie 200 zijn de vertragingselementen 201 en 202, die elk uit een schuifregister met een aantal bits be-
10 staan, in serie verbonden en leveren deze ingangssignalen aan de logische ketens 220 en 230 die slechts optelketens en omkeerinrichtingen omvatten. De logische keten 220 vormt op de lijn 221 een terugkoppelsignaal en de logische keten 230 vormt op de lijn 231 een doorvoersignaal. Het terugkop-
15 pelsignaal wordt in de optelinrichting 213 gecombineerd met het filteringangssignaal op de lijn 211 teneinde de toestandsvariabele D_n te vormen, en het doorvoersignaal wordt in de optelinrichting 210 met D_n gecombineerd voor het verschaffen van het (X_n aangeduide) uitgangssignaal
20 van de filtersectie 200 op de lijn 212. Volgens de uitvinding wordt de variabele D_n aan het vertragingselement 201 toegevoerd via een grendelketen 250, die in de lijn 234 is opgenomen, welke de uitgang van de optelinrichting 213 met de ingang van het vertragingselement 201 verbindt. De
25 grendelketen 250 dient om een voorafgekozen aantal bits in elk woord vooraf in te stellen op een waarde, welke overeenkomt met het teken van dat woord. Deze reeks tekenbits dient als een buffer of scheiding tussen naast elkaar gelegen woorden en maakt het mogelijk dat de overdrachtsketens in
30 de optelinrichtingen in de logische ketens 220 en 230 kunnen werken zonder dat zij aan het begin van elk woord vooraf worden ingesteld. Voorts dient de reeks tekenbits ter beveiliging tegen anomale overstroom en het begrenzen van oscillaties, zoals deze tijdens inschakeelovergangs-
35 verschijnselen kunnen optreden. De filtersectie 260 omvat eveneens een grendelketen 292, welke is verbonden met de

lijn 265, die de bits in elk uitgangswoord van de optelinrichting 261 vooraf instelt overeenkomstig de tekenbit van het woord en het resultaat aan het vertragingselement 290 toevoert.

5 Voor de optelketens voor een bit zijn in figuur 2 slechts twee ingangssignalen en het som uitgangssignaal expliciet aangegeven. Echter wordt verondersteld, dat deze ketens een overdrachtsuitgang, een overdrachtsingang en een overdrachtsregister voor een bit omvatten. Het overdrachtsregister
10 dat met elke optelinrichting samenwerkt, wordt met de bitfrequentie v_b van het ingangssignaal geklokt. Het overdrachtsuitgangssignaal van de optelinrichting wordt in het overdrachtsregister voor die optelinrichting geklokt en derhalve daarin opgeslagen en dient dan als het overdrachts-
15 ingangssignaal voor de volgende bit. Tussen de woorden worden de overdrachtsregisters niet vooraf ingesteld en evenmin vrijgegeven, waardoor de noodzaak tot de verdeling van een extra kloksignaal over de optelketens wordt geelimineerd. Eventuele resulterende fouten zijn minder significant dan
20 de quantiseringsfout, welke inherent is aan het filteringangssignaal omdat de significante signaalbits bij benadering in elk woord zijn gelegen, zoals later zal worden toegelicht.

De aftrekking in het filter volgens figuur 2 geschiedt
25 op een eenvoudige wijze door een optelingangssignaal om te keren. Een twee-complement aftrekking brengt normaliter niet slechts een omkering van bit voor bit mede doch ook het optellen van een EEN bij de minst significante bit van de aftrekker. Door deze toegevoegde EEN te verwaarlozen,
30 wordt de noodzaak tot een extra kloksignaal geelimineerd. De resulterende fout in de aftrekking is vergelijkbaar met die welke een gevolg is van het ontbreken van een overdrachtsvrijgeven of voor instelling daarvan tussen de woorden aanzien bij beide slechts de minst significante bit een rol
35 speelt. De fout is derhalve minder significant dan de quantiseringsruis welke aan het signaal inherent is, en be-

invloedt het filteruitgangssignaal in wezen niet op een schadelijke wijze.

De tempering, die in het filter volgens figuur 2 nodig is, is eveneens betrekkelijk eenvoudig. De vertragingselementen 201 en 202 omvatten bij voorkeur een serie reeks van schuifregisters van een bit, welke dienen om het aantal bits in elk ingangswoord op te slaan. De rekenkundige ketens in de logische keten 220 en 230 en de schuifregisters in de vertragingselementen 201 en 202 worden alle geklokt met de bitfrequentie f_b van het ingangssignaal, terwijl de grendelketen 250 wordt geklokt met een woordfrequentie f_b/m , waarbij m de bitlengte van de ingangsworden is. Er zijn bij het filter volgens figuur 2 geen andere kloksignalen nodig, waardoor een eenvoudige vervaardiging en een doeltreffende werking mogelijk is.

De bepaalde constructie, welke voor de logische keten 230 en 230 wordt gebruikt, en de logische keten in de tweede filtersectie 260 is afhankelijk van de overdrachtskarakteristieken, die voor een bepaalde toepassing nodig zijn. Voor telefonie toepassingen is een vlakke ($\pm 0,12$ dB) "inband" responsie tussen 300 - 3000 Hz nodig. Het filter heeft bij voorkeur een scherpe afsnijding tussen 3,5 en 4,5 KHz, en levert boven deze frequentie een demping van tenminste 32 dB. Een voorbeeld van een typische frequentie responsie karakteristiek voor een laag doorlaatfilter volgens de uitvinding is weergegeven in figuur 3. Meer details betreffende de eisen, die aan dit type filter worden gesteld, kan men verkrijgen uit publicaties zoals "Pulse Code Modulation of Voice Frequencies" CCITT, Rec. G 711, Geneve, 1972: geamendeerd in Geneve 1976.

Om de in figuur 3 weergegeven responsie te verkrijgen wordt volgens de uitvinding gebruik gemaakt van een accumuleer- en afvoerketen, weergegeven in figuur 4 en later meer gedetailleerd te beschrijven, in cascade met een uit twee secties bestaand filter van het in figuur 2 afgebeelde type. Het twee secties omvattende filter vereist een coefficient

nauwkeurigheid van slechts 6 bits en bezit een totale z-transformatie, gegeven door

$$H(z) = 1/8 \frac{1 - 5/4 z^{-1} + z^{-2}}{1 - 19/16 z^{-1} + 31/64 z^{-2}} \frac{1 - 3/4 z^{-1} + z^{-2}}{1 - 23/16 z^{-1} + 55/64 z^{-2}} \quad (8)$$

terwijl de accumuleer- en afvoerketen een z-transformatie heeft, gegeven door:

$$H_A(z) = 1/4 \frac{1 - z^{-4}}{1 - z^{-1}}$$

De termen binnen de eerste haakjes in vergelijking (8) worden verwezenlijkt door de sectie 200, terwijl de filtersectie 260 een responsie heeft, als omschreven door de termen binnen de tweede haakjes. In de sectie 200 vormt de logische keten 220 de bodem van het filter in de noemer van de fractie binnen de eerste haakjes, terwijl de logische keten 230 de nulpunten in de teller verschaft. In de sectie 260 wordt de andere logische schakeling toegepast om de in vergelijking (8) gespecificeerde polen en nulpunten te verschaffen. Ofschoon dit niet absoluut essentieel is verdient het de voorkeur de filtersecties 200 en 260 in de aangegeven volgorde toe te passen in plaats van de posities daarvan om te keren. Dit in verband met de verschillen in het dynamische gebied van signalen in de secties, welke worden veroorzaakt door de verschillen in versterking.

Ingangswoord wordt aan het vertragingselement 201 toegevoerd via de grendelketen 250, en wel met de minst significante bit het eerst waarbij de woorden van een twee-complement type zijn. Bij deze constructie zal een uitgangssignaal, dat uit een bepaalde register in een vertragingselement wordt afgenomen, dat voorafgaat aan een referentieuitgangssignaal, dat afgenomen wordt uit een register dat verder in het vertragingselement is gelegen, een waarde hebben die een fractie $(1/2)^d$ van het referentie uitgangssignaal is, waarbij d het aantal bits is, dat de uitgangssignalen scheidt. Een aantal voorbeelden volgt ter illustra-

tratie van deze eigenschap. Onder verwijzing naar het ver-
tragingselement 201, dat is opgebouwd uit individuele re-
gisters van een bit, aangeduid met 201a, 201b,....., wordt
indien het uitgangssignaal uit het laatste register 201a,
5 als een referentie uitgangssignaal wordt beschouwd het uit-
gangssignaal aan het onmiddellijk voorafgaande register
201b gereduceerd met een factor $1/2$, terwijl het uitgangssig-
naal van het daaraan weer voorafgaande register 201c
gelijk is aan $(1/2)^2 = 1/4$ van het referentie uitgangssignaal,
10 aangezien $d=2$. Deze factorwerking treedt op omdat het
afnemen van een getal (op een bit-voor-bit basis) uit een
register, dat aan een referentieregister voorafgaat, neer-
komt op het verschuiven van het uitgangssignaal naar rechts
over het aantal bits dat de registers scheidt. Elke naar
15 rechts gerichte bitverschuiving komt natuurlijk neer op een
reductie van de waarde met de factor $1/2$. Men kan zeggen
dat het filter volgens figuur 2 6-bit-coëfficiënten heeft
aangezien de logische ketens in elke filter sectie ingangs-
signalen ontvangen uit registers, welke met niet meer
20 dan 6 bits voorafgaan aan het referentie uitgangssignaal.

Met de bovenstaande eigenschappen voor ogen blijkt uit
figuur 2, dat de constructie met de logische ketens 202
en 230 zodanig is, dat de respectievelijk in de eerste
term van vergelijking (8) gespecificeerde polen en nul-
25 punten worden verschaft. Meer in het bijzonder wordt het
uitgangssignaal uit het laatste register 201a van het ver-
tragingselement 201 gecombineerd met het uitgangssignaal
uit het op drie na laatste register 201c in de optelin-
richting 227. De op deze wijze gevormde som is gelijk
30 aan $5/4 z^{-1}(D_n)$, aangezien het uitgangssignaal van het
register 201c gelijk is aan $1/4$ van dat uit het register
201a, welke laatste gelijk is aan $z^{-1}(D_n)$. Het uitgangssig-
naal van het register 201e is $1/16 z^{-1}(D_n)$ werksignaal wan-
neer toegevoerd aan een inverterende ingang van de optel-
35 inrichting 222 gecombineerd met het uitgangssignaal van
de optelinrichting 227 leidt tot een uitgangssignaal gegeven
door

19/16 $z^{-1}(D_n)$.

De logische inrichting 220 werkt voorts zodanig, dat deze de uitgangssignalen uit de registers 202b en 202g combineert in een optelinrichting 224, waarbij laatstgenoemd
 5 uitgangssignaal eerst wordt omgekeerd. Het register 202g is door 6 bits gescheiden van het referentieuitgangssignaal $z^{-2}(D_n)$ van het register 202a, zodat de waarde op de lijn 225 gelijk is aan $1/2^6 z^{-2}(D_n)$ of $1/64 z^{-2}(D_n)$.
 Aangezien het uitgangssignaal van het register 202b
 10 gelijk is aan $1/2 z^{-2}(D_n)$, wordt het uitgangssignaal van de optelinrichting 224 derhalve voorgesteld door $31/64 z^{-2}(D_n)$.

Wanneer het uitgangssignaal van de optelinrichting 224 in de optelinrichting 223 wordt gecombineerd met het geïnverteerde uitgangssignaal van de optelinrichting 222 is
 15 het resultaat op de lijn 222 een terugkoppelsignaal, bepaald door $-19/16 z^{-1} + 31/64 z^{-2}(D_n)$. Dit terugkoppelsignaal wordt geïnverteerd en gecombineerd met het filteringangssignaal X_n teneinde de toestandsvariabele D_n te verschaffen,
 20 die via de grendelinrichting 250 aan het vertragingselement 201 wordt toegevoerd.

Dat de terugkoppellus, gevormd door de vertragingselementen 201 en 202, de optelinrichting 213 en de logische keten 220 de gewenste, in vergelijking (8) gespecificeerde totale
 25 overdrachtsfunctie bezitten, kan worden aangetoond door op te merken, dat het uitgangssignaal D_n van de optelinrichting 213 gelijk is aan:

$$D_n = X_n - (-19/16 z^{-1} + 31/64 z^{-2}) D_n \quad (10)$$

30

zodat:

$$D_n/X_n = \frac{1}{1 - 19/16 z^{-1} + 31/64 z^{-2}} \quad (11)$$

De logische keten 230, welke wordt gebruikt voor het
 35 vormen van het doorvoersignaal op de lijn 231, is betrekkelijk eenvoudig en omvat slechts de optelinrichting

232 en 233 . Het uitgangssignaal van de optelinrichting 233 is de som $(1+1/4)z^{-1}(D_n)$, gevormd door het optellen van de uitgangssignalen uit de registers 201a en 201 c van het vertragingselement 201. Deze waarde wordt afgetrokken van
 5 het uitgangssignaal $z^{-2}(D_n)$ van het register 202a van het vertragingselement 202, zodat het doorvoersignaal op de lijn 231 gelijk is aan $(-5/4 z^{-1} + z^2) (D_n)$. Het uitgangssignaal X'_n van de optelinrichting 210 op de lijn 212, welk signaal het totale uitgangssignaal van de filter-
 10 sectie 200 is, wordt derhalve gegeven door:

$$X'_n = D_n + (-5/4 z^{-1} + z^{-2}) (D_n) \quad (12)$$

en de overdrachtsfunctie voor de doorvoersectie is derhalve:

$$15 \quad X'_n/D_n = 1 + (-5/4 z^{-1} + z^{-2}) \quad (13)$$

zoals gewenst is.

De logische ketens 270 en 280 in de tweede filtersectie
 20 260 komen wat complexiteit betreft overeen met de eerder beschreven logische ketens en zijn, zoals boven vermeld, zodanig ingericht, dat de teller respectievelijk noemer van de term binnen de tweede haakjes in vergelijking (8) wordt gerealiseerd.

25 De uitgangssignalen van de registers 290a en 290b van het vertragingselement 290 worden gecombineerd in de optelinrichting 271 waarvan het uitgangssignaal wordt toegevoerd aan een ingang van de optelinrichting 272 . Het uitgangssignaal van het register 290 wordt omgekeerd en aan de
 30 tweede ingang van de optelinrichting 272 toegevoerd, zodat het uitgangssignaal daarvan wordt gegeven door $23/16 z^{-1}(D'_n)$, waarbij D'_n de waarde van de toestandsvariabele is, die op de lijn 265 aanwezig is. De logische keten 270 omvat eveneens een optelinrichting 275, die de uitgangssignalen
 35 van de registers 291a en 291 d van het vertragingselement 291 combineert, waarbij het laatstgenoemde uitgangssignaal is geïnverteerd. Het uitgangssignaal van de optelinrichting

275, dat gegeven wordt door $7/8z^{-2}(D'_n)$ wordt in de optelinrichting 274 gecombineerd met het geïnverteerde uitgangssignaal van het register 291g, zodat het ingangssignaal voor de optelinrichting 273 op de lijn 276 wordt gegeven door
 55 $55/64 z^{-2}(D'_n)$. Het totale terugkoppelsignaal, gevormd door de optelinrichting 273 en via de lijn 263 aan de optelinrichting 261 toegevoerd, wordt derhalve gegeven door
 $(-23/16 z^{-1} + 55/64 z^{-2})(D'_n)$. Zoals gewenst, wordt de overdrachtsfunctie tussen het ingangssignaal X'_n en het
 10 uitgangssignaal D'_n van de optelinrichting 261 gegeven door:

$$D'_n/X'_n = \frac{1}{1 - 23/16 z^{-1} + 55/64 z^{-2}} \quad (14)$$

De logische keten 280 is niet eenvoudiger dan de logische
 15 keten 270 omdat de teller van de tweede term in vergelijking (8) minder fractionele coëfficiënten omvat. Meer in het bijzonder worden de uitgangssignalen van de registers 290b en 290c van het vertragingselement 290 gecombineerd in de optelinrichting 281 waarvan het uitgangssignaal wordt
 20 geïnverteerd en aan een ingang van de optelinrichting 282 wordt toegevoerd. Het uitgangssignaal van het register 291a van het vertragingselement 291 wordt toegevoerd aan de andere ingang van de optelinrichting 282, zodat het door de optelinrichting 282 op de lijn 264 gevoerde doorvoersig-
 25 naal wordt gegeven door $(-3/4 z^{-1} + z^2)(D'_n)$. Dit doorvoersignaal wordt met D'_n gecombineerd voor het leveren van het uitgangssignaal Y_n van de filtersectie 260 op de lijn 266. De totale ingangs/uitgangskarakteristiek voor deze sectie is de tweede term in vergelijking (8), zoals
 30 eveneens is gewenst.

Zoals reeds is vermeld, is het doel van de grendelinrichtingen 250 en 292 het veroorzaken, dat bepaalde bits van de bits in elk aan de vertragingselementen 201 en 290 toegevoerde woord dezelfde waarden hebben als de teken-
 35 bit van dat woord, zodat de overdrachtsketens in de reken-

kundige delen van de logische ketens 220, 230, 270 en 280 aan het begin en het eind van elk woord niet vooraf behoeven te worden ingesteld of teruggesteld. De grendelinrichtingen 250 en 292 worden geklokt met een woordfrequentie, welke een vooraf bepaalde fractie van de bitfrequentie is, die gebruikt wordt om alle resterende schakelingen in het filter te klokken. De grendelinrichting is zodanig ingericht, dat deze de ingangsstroom gedurende een vooraf bepaald aantal bits herhaalt of vasthoudt, elke keer, dat de klokgeleider in werking wordt gesteld, terwijl wanneer de klokgeleider laag is, het ingangssignaal niet wordt beïnvloed. Voor een 2-complement type vindt voor elk woord een voorinstelling plaats door de klok in werking te stellen bij het optreden van de tekenbits, die op de meest significante bit volgt. De klok blijft hoog totdat het gewenste aantal bits vooraf is ingesteld en wordt daarna laag totdat de cyclus voor het volgende woord wordt herhaald. Deze herhalingsprocedure zal hierna meer volledig worden beschreven.

Zoals uit figuur 4 blijkt omvat een accumuleer- en afvoerketen, die in combinatie met het filter volgens figuur 2 wordt toegepast, een schuifregister 401 waarvan de uitgang via een eerste EN-poort 406 met een ingang van de optelketen 402 is verbonden. Het register 401 omvat een aantal trappen, dat voldoende is om het aantal bits in elk ingangswoord, dat in het filter wordt verwerkt op te slaan. Het andere ingangssignaal van de optelinrichting 402 op de lijn 266 is het ingangssignaal naar de accumuleer- en afvoerketen, afkomstig uit de uitgang van het filter volgens figuur 2. De uitgang van het register 401 is via een tweede EN-poort 407 met de uitgangslijn 405 verbonden. Elke keer, dat een bit frequentie klokpuls F_b aan de verschuivingsingang van het register 401 op de lijn 404 wordt toegevoerd, wordt het uitgangssignaal van de optelinrichting 402 naar de eerste trap van het register 401 verschoven en wordt de inhoud van de andere trappen een bit naar rechts verschoven.

Zolang als de EN-poort 405 door een laag tempeersignaal C_{HE} op de lijn 410 in werking is gesteld wordt de ingangsbit op de lijn 266 met het uitgangssignaal van het register 401 onder gebruik van de optelinrichting 402 gecombineerd
5 waardoor een verdere accumulatie mogelijk is. Deze accumulatie duurt voort tot C_{HE} hoog wordt. Tijdens het daarop volgende interval wordt de inhoud van het register 401 uitgelezen en via een poort 407 bij elk optreden van een F_b -klokpuls aan de lijn 405 toegevoerd. Tijdens ditzelfde interval
10 terval wordt wanneer C_{HE} hoog is de EN-poort 406 buiten werking gesteld waardoor een nul signaal naar een ingang van de optelinrichting 402 wordt teruggevoerd. Hierdoor wordt in wezen het signaal vrij gegeven, dat in het register 401 is geaccumuleerd en kan het eerste woord in de volgende
15 accumulatie cyclus aan het register 401 worden toegevoerd. Wanneer C_{HE} laag wordt, wordt de bovenbeschreven cyclus herhaald. De overdrachtskarakteristiek voor de accumuleer- en afvoerketen volgens figuur 4, wordt wanneer C_{HE} zodanig is, dat deze laag is gedurende drie ingangswoordintervallen
20 en hoog is tijdens het vierde woordinterval, gegeven door de bovenstaande vergelijking (9).

Fig. 5 toont een realisatie van het uit twee secties opgebouwde filter van de tweede orde volgens figuur 2, dat bepaalde modificaties bevat, welke worden veroorzaakt
25 door geïntegreerde-ketenfabricage eisen en temperatuurveranderingen. Zo is het bijvoorbeeld gewenst, dat niet meer dan twee rekenkundige handelingen (optellingen of aftrekkingen) plaats vinden voordat het signaal in een registertrap opnieuw wordt getemperd. Derhalve is de serie reeks van registers van een bit, welke wordt gebruikt voor de vertragingselementen 201, 202, 290 en 291 in figuur 2, in figuur 5 enigszins verdeeld om dit resultaat te bereiken. Een tweede
30 modificatie ten opzichte van de inrichting volgens figuur 2 is het dubbele gebruik van bepaalde rekenkundige handelingen. Zo leveren bijvoorbeeld de optelinrichtingen 227 en 233
35 volgens figuur 2 beide hetzelfde uitgangssignaal en kunnen

deze optelinrichtingen worden gecombineerd. Bovendien verschillen de uitgangssignalen van de optelinrichtingen 271 en 281 met een factor twee en kunnen zij worden gecombineerd indien een schuifregister wordt gebruikt om de vereiste

5 vermenigvuldiging te verschaffen.

In figuur 5 is aangenomen, dat de ingangswaarden op de lijn 595 32 bits bevatten waarvan 16 bits essentiële informatie signaleren. De essentiële bits worden voorafgegaan door drie nulbits en worden gevolgd door 13 verlengingen van de tekenbits. Aangezien de woorden in het twee-complement type bits aanwezig zijn, wordt de waarde van de essentiële informatie in elk woord derhalve niet op een schadelijke wijze beïnvloed door het voorafgaande of het verlengde daarvan. De woorden van 32 bits worden ondergebracht in de verdragingselementen 501, 502 in de filtersectie 500, en de verdragingselementen 590, 591 in de filtersectie 550 door ervoor te zorgen, dat elk element een totaal van bij benadering 32 registers van een bit omvat. Zoals later zal worden toegelicht kan een deel van de registers, waaruit het totaal is opgebouwd, binnen de logische schakeling, waaruit de rest van elke filter sectie is opgebouwd, worden verdeeld. De registers in het element 590 zijn aangeduid met 590-0 tot 590-30 en de registers in de resterende elementen zijn op een soortgelijke wijze genummerd waarbij sommige verdragingselementen 31 registers en andere 32 registers bevatten. In tegenstelling met het schema volgens figuur 2 omvatten de grendelketens in elke filtersectie in figuur 5 twee EN/OF poorten die tussen inwendige registers in het verdragingselement in elke sectie in plaats van voorafgaande aan elk element zijn opgenomen. Extra schuifregisters van een bit bevinden zich tussen bepaalde rekenkundige ketens teneinde de eerder genoemde hertempeelfunctie te vervullen.

De EN/OF-poorten 521 en 522, welke worden gebruikt om de tekenbit van de in de filtersectie 500 verwerkte woorden te herhalen, ontleen beide een ingangssignaal uit het

register 501-30. De poort 521 bevindt zich tussen de registers 501-31 en 501-30, terwijl de poort 522 zich tussen de registers 501-28 en 501-27 bevindt. Deze poorten ontvangen elk ook een temperpuls C_{S1} op de lijn 523, welke puls optreedt met de woordfrequentie fb/m die voor 6 bitintervallen
5 hoog blijft. Wanneer C_{S1} hoog is herhalen de poorten 521 en 522 de bit (1 of 0) die in het register 501-30 aanwezig is. Door D_{S1} gedurende 6 bitintervallen hoog te houden en de C_{S1} puls op een geschikte wijze ten opzichte van het
10 begin van elk ingangswoord te positioneren, wordt de tekenbit derhalve in achterwaartse richting in het totaal zes maal verlengd. Aangezien de bit in het register 501-30 ook over twee bits voorwaarts wordt bewogen (door de verbinding tussen het register 501-30 en de poort 522) is het totale
15 effect van de beide EN/OF poorten, dat de tekenbit in het register 501-30 wordt herhaald door voorinstelling van een totaal van 8 bits, waarbij twee bits voor en 6 bits achter de bits in het register 501-30 zijn gelegen. De EN/OF poorten 571 en 572 in de filtersectie 550 zijn op een soortgelijke
20 wijze uitgevoerd en werken op dezelfde wijze waarbij de poorten elk de zelfde C_{S1} -tempeerpuls op de lijn 574 ontvangen en veroorzaken, dat het gewenste aantal bits in elk woord, toegevoerd aan het vertragingselement 590, dezelfde waarde heeft als de tekenbit in het register 590-30.

25 In figuur 7 vindt men een logisch schema van de EN/OF poort 521. De poort omvat twee EN-poorten 701 en 702 en een OF poort 703. Wanneer C_{S1} laag is, is de EN-poort 701 in werking (tengevolge van de inverterende ingang 705) en laat deze het uit het register 501 - 31 ontvangen ingangssignaal via
30 de OF poort 703 naar het register 501-30 door. Dit is de normale modus en er vindt geen herhaling plaats. Wanneer C_{S1} hoog wordt wordt de EN-poort 702 in werking gesteld (terwijl de poort 701 buiten werking wordt gesteld) en wordt in het register 501-30 opgeslagen bit herhaald door
35 deze via de poort 703 terug te voeren naar de ingang van dit register. De EN/OF poorten 522, 572 en 573 zijn van

dezelfde wijze opgebouwd.

De logische schakeling, welke de terugkoppel- en doorvoer-
signalen in de filtersecties 500 en 550 opwekt, komt overeen
met die, gebruikt in figuur 2 en is eveneens gekenmerkt
5 door het gebruik van slechts optel- en omkeerketens, zonder
dat vermenigvuldigers nodig zijn. De combinatie van omkeer-
inrichtingen en optelinrichtingen dient om de aftrekwerking
te vervullen wanneer deze nodig is. Alle overdrachtsre-
gisters in de optelketens worden metdezelfde bitfrequentie
10 f_b , die gebruikt wordt om de registers van een bit te klokken,
geklokt, en de fout welke een gevolg is van de overdrachts-
waarden, die in de rekenkundige keten tussen naast elkaar
gelegen woorden aanwezig is, wordt buiten beschouwing ge-
laten.

15 Het in de sectie 500 opgewekte terugkoppelsignaal wordt
gevormd door de uitgangssignalen van de registers 501-2
en 501-4 in de optelinrichting 510 te combineren en de som
via een extra schuifregister 512 van een bit aan een ingang
van de optelinrichting 511 toe te voeren. Het tweede in-
gangssignaal van de optelinrichting 511 is afkomstig uit
20 het register 501-5 en wordt via een invertor toegevoerd. Het
uitgangssignaal van de optelinrichting 511 wordt via de
optelinrichting 505 en nog een schuifregister 513 van een
bit aan een ingang van de optelinrichting 503 toegevoerd.
25 welke het terugkoppelsignaal met het ingangssignaal op de
lijn 590 combineert teneinde de toestandsvariabele D_n op
delijn 504 te verschaffen. Het gedeelte van de tweede orde
van het terugkoppelsignaal wordt verkregen door de uitgangs-
signalen van register 502-7 en 502-2 in de optelinrichting
30 515 te combineren, waarbij het laatste signaal eerst wordt
omgekeerd. Het uitgangssignaal van de optelinrichting 515
vormt het tweede ingangssignaal voor de optelinrichting
505.

35 Dat de gewenste polen en nulpunten worden verkregen onder
gebruik van deze logische schakeling, kan op een eenvoudige
wijze worden geverifieerd. Zo zijn de ingangssignalen voor

de optelinrichting 515 van een referentie uitgangssignaal $z^{-2}(D_n)$, afgenomen uit het laatste werkzame register van het vertragingselement 502, gescheiden over respectievelijk 2 en 7 bitposities. Derhalve is het uitgangssignaal van het register 502-7 gelijk aan $1/2^7 = 1/128 z^{-2}(D_n)$ terwijl het uitgangssignaal van het register 502-2 gelijk is aan $1/4 z^{-2}(D_n)$. Wanneer het uitgangssignaal van de optelinrichting 515, dat gelijk is aan $-31/128 z^{-2}(D_n)$ door het register 513 van een bit verder wordt vertraagd, wordt de waarde daarvan verdubbeld, zodat de bijdrage tot het terugkoppelsignaal uit dit gedeelte van de keten gelijk is aan $-31/64 z^{-2}(D_n)$, zoals gewenst is. Als een ander voorbeeld is het uitgangssignaal van de optelinrichting 510 gelijk aan $5/16 z^{-1}(D_n)$ aangezien met het uitgangssignaal $z^{-1}(D_n)$ uit het register 501-0 als referentie het uitgangssignaal van het register 501-4 gelijk is aan $1/16 z^{-1}(D_n)$ en het uitgangssignaal van het register 501-2 gelijk is aan $1/4 z^{-1}(D_n)$. Het uitgangssignaal van de optelinrichting 510 wordt dan nadat dit door het register 512 is vertraagd gegeven door $5/8 z^{-1}(D_n)$. Aangezien het uitgangssignaal van het register 501-5 gelijk is aan $1/2^5 z^{-1}(D_n)$, wordt het uitgangssignaal van de optelinrichting 511 gegeven door $19/32 z^{-1}(D_n)$. Deze waarde wordt verdubbeld na het passeren van het register 513, waardoor een bijdrage tot het terugkoppelsignaal wordt verkregen, gegeven door $19/16 z^{-1}(D_n)$.

Het doorvoersignaal in de filtersectie 500 omvat componenten welke afkomstig zijn uit het uitgangssignaal van het register 512 en het register 502-1 van het vertragingselement 502, die beide aan de optelinrichting 516 worden toegevoerd. Het uitgangssignaal van het register 512 wordt gegeven door $5/8 z^{-1}(D_n)$ en deze waarde wordt omgekeerd voordat zij aan de optelinrichting 516 wordt toegevoerd. Na het passeren van het register 517 van een bit is de waarde van het aan een ingang van de optelinrichting 518 toegevoerde doorvoersignaal gelijk aan $5/4 z^{-1}(D_n)$ aangezien het register 517 het ingangssignaal daarvan verdubbelt. Het tweede ingangssignaal van de optelinrichting 516, af-

komstig uit het register 502-1, wordt gegeven door $1/2 z^{-2}$
(D_n) en ook deze waarde wordt in het register 517 verdubbeld.
De optelinrichting 518 combineert het doorvoersignaal met
de toestandsvariabele D_n op de lijn 504 voor het verschaffen
5 van het uitgangssignaal van de filtersectie 500, aangeduid
met X_n . Tussen de uitgang van de filtersectie 500 en de
ingang van de filtersectie 550 bevindt zich om later te be-
schrijven redenen een register 519.

Evenals in figuur 2 lijkt de filtersectie 550 in
10 het algemeen op de eerder beschreven filtersectie 500
doch de bepaalde gebruikte logische constructie verschilt
iets, zodat de polen en nulpunten, die in de tweede term
in vergelijking (8) tussen haakjes zijn gespecificeerd,
kunnen worden gemaliseerd. Het terugkoppelsignaal wordt
15 gevormd door het uitgangssignaal van de registers 590-2 en
590-1 te combineren in een optelinrichting 551 waarvan het
uitgangssignaal aan het register 552 en vandaaruit aan een
ingang van een optelinrichting 553 wordt toegevoerd. Het
tweede ingangssignaal voor de optelinrichting 553 wordt
20 verkregen door het uitgangssignaal van het register 590-4
om te keren. Het uitgangssignaal van de optelinrichting 553
wordt toegevoerd aan een ingang van de optelinrichting 554
waarvan het uitgangssignaal in het register 555 wordt verdubbeld
voordat het signaal aan een ingang van de optelinrichting
25 556 wordt toegevoerd. De terugkoppelterm van de tweede
orde wordt verkregen door de uitgangssignalen van de regis-
ters 591-4 en 591-1 te combineren in de optelinrichting 557
waarbij het laatstgenoemde uitgangssignaal wordt geïnverteerd.
Het uitgangssignaal van de optelinrichting 557 wordt in het
30 register 558 verdubbeld en toegevoerd aan een eerste ingang
van een optelinrichting 559 waarvan het andere ingangssignaal
afkomstig is uit het register 591-6. Het uitgangssignaal
van de optelinrichting 559 wordt toegevoerd aan de tweede
ingang van de optelinrichting 554.

35 Door de bovenstaande logica verkrijgt men de noemer
van de tweede tussen haakjes geplaatste term in vergelijking

(8). Meer in het bijzonder is onder gebruik van het uitgangssignaal van het register 590-0 als een referentie het uitgangssignaal van de optelinrichting 551 gelijk aan $\frac{3}{4} z^{-1}(D'_n)$ en deze waarde wordt in het register 552 verdubbeld.

5 Het uitgangssignaal van het register 590-4 is gelijk aan $\frac{1}{16} z^{-1}(D'_n)$, zodat het uitgangssignaal van de optelinrichting 553 gelijk is aan $\frac{23}{16} z^{-1}(D'_n)$. Wanneer het uitgangssignaal van het register 590-0 als referentie wordt gebruikt, is de bijdrage tot de orde van de tweede term

10 uit de optelinrichting 557 gelijk aan $\frac{7}{16} z^{-2}(D'_n)$ en deze waarde wordt in het register 558 verdubbeld. Het uitgangssignaal van het register 591-6 is gelijk aan $\frac{1}{64} z^{-2}(D'_n)$, zodat het uitgangssignaal van de optelinrichting 559 wordt gegeven door $\frac{55}{64} z^{-2}(D'_n)$. De noemer wordt derhalve

15 op de gewenste wijze gevormd.

Het doorvoersignaal in de filtersectie 550 wordt verkregen door het uitgangssignaal van de optelinrichting 551 toe te voeren aan een ingang van de optelinrichting 560 waarvan het andere ingangssignaal het geïnverteerde uitgangssignaal van het register 591-0 is. Het uitgangssignaal van de optelinrichting 560 is gelijk aan $(\frac{3}{4} z^{-1} - z^{-2})(D'_n)$ en dit is de gewenste teller voor de tweede term van vergelijking (8). Het register 561, dat in de doorvoerlijn is opgenomen en het register 555, dat in de terugkoppellijn

20 van de filtersectie 550 is opgenomen hebben geen verdubbelingseffect op de ingangssignalen daarvan aangezien het vertragingselement 590 31 registers 590-0 tot en met 590-30 van een bit bevat en de registers 555 en 561 in wezen de 32ste registers van dit vertragingselement ten aanzien van

30 respectievelijk de terugkoppel- en doorvoersignalen zijn. De optelinrichting 562 combineert D'_n en het doorvoersignaal voor het verschaffen van het totale filteruitgangssignaal Y_n op de lijn 563. In de uitgangslijn kan indien gewenst, voor versterkingsstabilisatie doeleinden een register 564

35 worden opgenomen.

De rekenkundige ketens, die in de filtersecties volgens

figuur 5 worden toegepast, zijn zodanig uitgevoerd, dat niet meer dan twee optelinrichtingen in serie aanwezig zijn. Door waar nodig schuifregisters van een bit te introduceren, worden de woorden, welke in het filter worden behandeld, in wezen opnieuw getempeerd, waardoor een vertragingsofbouw wordt belet. In figuur 5 geven de nummers in deze "extra" registers (de registers 512, 513, 517, 519, 552, 555, 558 561, 564 en 596) de relatieve positie van daarin opgeslagen bits op een referentie tijdstip aan wanneer de eerste bit van een ingangswoord op lijn 595 aanwezig is. Indien bijvoorbeeld elk ingangswoord uit 32 bits bestaat, genummerd van 0 -31, wordt de eerste (0) bit van het ingangswoord gecombineerd met de eerste bit van het terugkoppelwoord op de lijn 520 wanneer de uitgangssignalen van de registers 513 en 596 aan de optelinrichting 503 worden toegevoerd. Op een soortgelijke wijze worden de ingangssignalen voor de optelinrichting 556 uit de registers 519 en 555 verkregen, die beide de laatste, (31) bit van het eerder behandelde woord bevatten.

De plaats van de significante informatie bits en tekenbits in verschillende delen van het filter volgens figuur 5 vindt men in de onderstaande tabel.

-24-

Regel 1 in de tabel geeft aan, dat elk ingangswoord op de lijn 595 16 significante bits omvat, aangegeven door het symbool "/ " waarbij de minst significante bit het eerst optreedt, gevolgd door 13 herhalingen van de tekenbits, aangegeven met "S". Elk woord wordt voorafgegaan door 3 nulbits aangegeven door een "-".

Tijdens de verwerking kunnen de ingangswoord enigszins worden vervormd, zoals boven reeds is vermeld, en welk tengevolge van het feit, dat de overdrachtslogica in de rekenkundige ketens van de filters bij het begin van elk ingangswoord niet vooraf wordt ingesteld en evenmin wordt vrijgegeven. Derhalve toont regel 2 in de tabel aandaat de toestandsvariabele D_n op de lijn 504 de significante informatiebits, aangeduid met "/: omvat gevolgd door 6 tekenbits (S" totdat 7 mogelijke fouten, aangeduid met "J" voor "JUNK" in het woord zijn geslopen. Het aantal foutieve bits, dat wordt geïntroduceerd is afhankelijk van de waarde van de in het filter gebruikte coëfficiënten. Volgens de uitvinding worden in het filter coëfficiënten gebruikt, die worden voorgesteld door niet meer dan 6 bits aangezien, zoals reeds is vermeld, de ingangssignalen voor de logische ketens, welke worden gebruikt voor het vormen van de terugkoppel- en doorvoersignalen, worden verkregen registers uit de vertragingselementen die met niet meer dan 6 bitposities voorafgaan aan de eind(referentie registers). Bij eendergelijke constructie bedraagt het maximale aantal foutieve bits ongeveer 5. Om ~~er~~ evenwel absoluut zeker van te zijn, dat ook overstroom en grens cycli worden geëlimineerd, wordt onder gebruik van de inrichting volgens figuur 5 een totaal van 8 bits vooraf ingesteld. Wanneer het foutieve woord wordt toegevoerd aan de EN/OF poorten 521 en 522 in de filtersectie 500, wordt het kloksignaal C_{S1} hoog wanneer de door een cirkel in de tabel aangegeven tekenbit zich in het register 501-30 bevindt. Dit signaal blijft hoog gedurende de volgende 6 bits, zodat de tekenbit zesmaal wordt herhaald. Dezelfde tekenbit wordt ook in

voorwaartse richting over twee bits verlengd, zoals boven is beschreven, zodat het uitgangswoord van de EN/OF poort 521, aangegeven op regel 3 van de tabel derhalve niet het grootste gedeelte van de "JUNK" omvat, die in de toestands-variabele D_n is geïntroduceerd. Na een verdere verwerking is elk uitgangssignaal X'_n uit de filtersectie 500 een woord van het op regel 4 van de tabel aangegeventype waar de fouten (J) opnieuw in het eindgedeelte van elk woord zijn geïntroduceerd. Deze fouten zijn aanwezig doch vertraagd in de toestandsvariabele D'_n aangegeven bij regel 5 van de tabel, waarbij vertraging bij de registers 519 en 555 behoort.

In de filtersectie 550 worden de fouten weer geëlimineerd door de EN/OF poorten 571 en 572, waarvan de laatste een uitgangssignaal heeft, zoals aangegeven bij regel 6 van de tabel. Aan deze EN-OF poorten wordt een C_{S1} temperpuls toegevoerd, welke hoog is gedurende intervallen van 6 bits, beginnende wanneer de omcirkelde bit (op regel 6 van de tabel) zich in het register 500-30 bevindt. Het totale filter uitgangssignaal Y_n op de lijn 563 aangegeven bij regel 7 van de tabel, omvat weer foutbits. Deze "J" bits zijn evenwel geïntroduceerd in de essentiële "/" bits en storen deze ook niet en wezen verkrijgt men een marge van drie niet-verontreinigde teken-"S" bits.

Een tijddiagram voor het filter volgens figuur 5 vindt men in figuur 6. Alle registers in de vertragingselementen 501, 502, 590 en 591 evenals de overdrachtsregisters in de optelketens worden geklokt met de bitfrequentie f_b . De EN/OF poorten 521, 522 571 en 572 worden gedurende intervallen van 6 bits geklokt door een C_{S1} temperpuls signaal dat gedurende 6 bit intervallen hoog blijft. Elk vierde C_{S1} signaal levert het tijdsignaal aangeduid met C_{HE} dat de EN poorten 406 en 407 in de accumuleer- en afvoerketen volgens figuur 4 beïnvloed. C_{HE} is gedurende een woord interval hoog.

Ofschoon het bovenbeschreven stelsel leidt tot langere woorden in de filtersecties en extra vertragingstrappen

vereist, wordt de klokwerking en het verwerken van informatie in het filter sterk vereenvoudigd. Dit is bijzonder gunstig wanneer het filter in een geïntegreerde-ketenvorm moet worden vervaardigd. De registers van een bit, die de ver-
5 tragingselementen vormen, hebben een regelmatige structuur en kunnen dicht opeengepakt worden terwijl in vergelijking daarmee de klok- en andere informatie verwerkende functies in het algemeen een onregelmatig karakter hebben en op een ondoeltreffende wijze kunnen worden gerealiseerd.
10 Het uitdrukken van de filtercoëfficiënten als korte woorden (6 bits of minder) is voor de uitvinding van groot belang en de overdrachtsfunctie aangegeven in vergelijking (8), vormt een belangrijke verbetering ten opzichte van de tot nu toe gebruikte inrichtingen. Indien langere coëfficiënten
15 nodig zijn, moet het aantal tekenbits, dat door de grendelketens vooraf moet worden ingesteld of herhaald, dienoverkomstig worden gevarieerd. In het algemeen dient indien uitgangssignalen uit de laatste "1" registers worden gebruikt voor het vormen van de terugkoppel- en doorvoersignalen, het filter zodanig worden ingericht, dat tenminste "1" bits in elk woord dezelfde waarde aannemen als de tekenbit van dat woord.

Het is duidelijk, dat binnen het kader van de uitvinding verschillende wijzigingen mogelijk zijn. Zo kunnen bijvoorbeeld ofschoon de ingangsworden bij voorkeur volgens een
25 twee- complement type worden uitgedrukt, andere typen, zoals tekenwaarden rekenkunde worden gebruikt. Dit vereist evenwel een modificatie van enige van de rekenkundige elementen. In andere gevallen kan het gewenst zijn aan het
30 filter andere klassieke vormen te geven, die functioneel equivalent zijn met de sectie volgens figuur 1. Zoals reeds is toegelicht, kunnen de twee onder verwijzing naar figuur 5 beschreven filtersecties afzonderlijk worden gebruikt of in combinatie met weer andere filterinrichtingen.

CONCLUSIES

1. Inrichting voor het filteren van een ingangssignaal, dat een reeks ingangsworden met een aantal bits omvat, waarbij elk van de woorden is voorzien van een essentieel gedeelte, een tekenbit en tenminste L herhalingen van de tekenbit, welke inrichting is voorzien van eerste en tweede in serie verbonden vertragingselementen, elk bestemd om het aantal bits, dat in een woord van een tussen-gelegen signaal aanwezig is, dat daaraan wordt toegevoerd, op te slaan; een logische schakeling voor het combineren van gekozen bits van de laatste L-bits die in de vertragingselementen zijn opgeslagen, overeenkomstig eerste en tweede voorafbepaalde relaties, teneinde respectievelijk terugkoppel- en doorvoersignalen op te wekken, een eerste combinatie schakeling dienende om het terugkoppelsignaal bit voor bit met het ingangssignaal te combineren teneinde het tussengelegen signaal te verkrijgen en een tweede combinatie schakeling dienende om het tussengelegen signaal bit voor bit met het doorvoersignaal te combineren, teneinde het uitgangssignaal van het filter te verkrijgen, gekenmerkt door een grendelschakeling (250) dienende om te bewerkstelligen dat tenminste L voor afbepaalde bits in elk woord van het tussengelegen signaal dezelfde waarde hebben als de tekenbit van het ingangsword.

2. Inrichting volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat de logische schakeling is voorzien van optel- en omkeerketens, en het vertragingselement een reeks registers van een bit omvat.

3. Inrichting volgens conclusie 2, met het kenmerk, dat de register en de optelketens zodanig zijn uitgevoerd, dat deze klokpulsen met dezelfde bitfrequentie f_b ontvangen.

4. Inrichting volgens conclusie 3, met het kenmerk, dat de grendelschakeling zodanig is uitgevoerd dat deze klokpulsen met een frequentie f_b/m ontvangt, waarbij m het aantal bits in elk van de ingangsworden is.

5. Inrichting volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat het uitgangssignaal van het filter met het ingangssignaal in een verband staat gegeven door de overdrachtsfunctie:

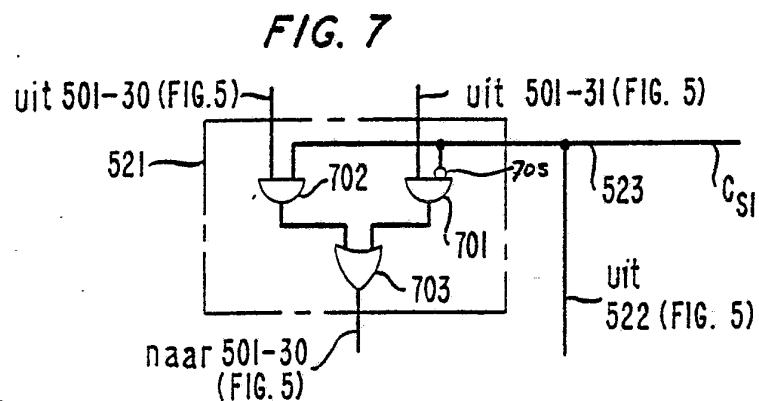
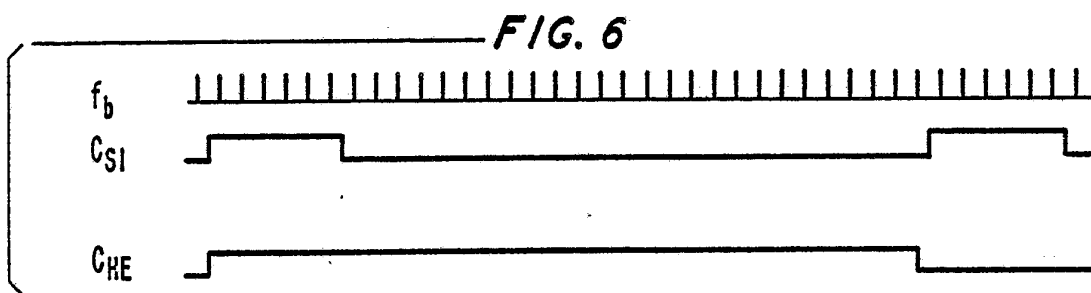
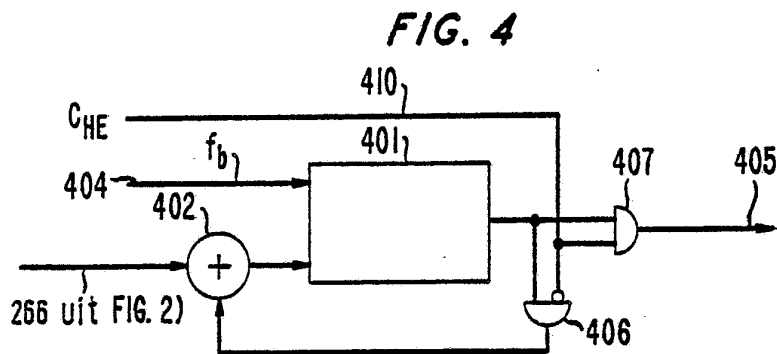
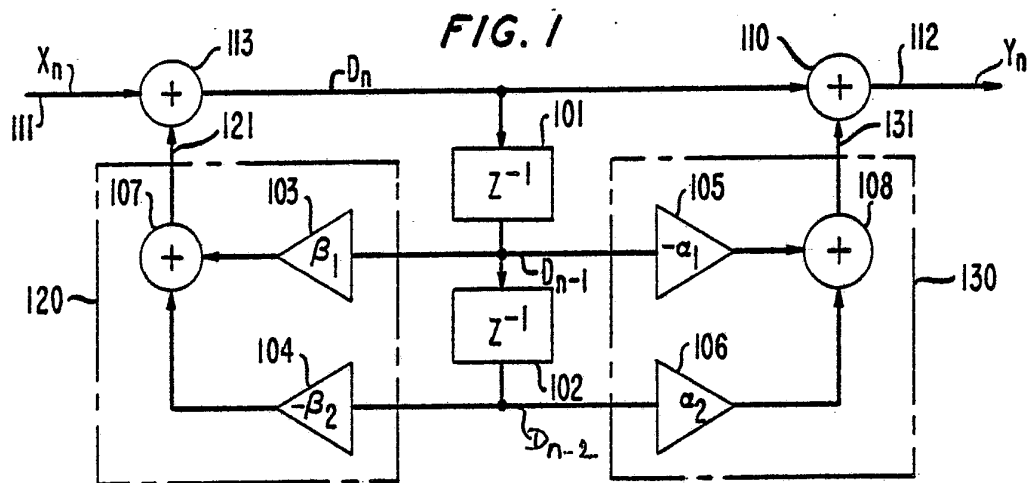
$$\frac{Y_n}{X_n} = \frac{1 - 5/4 z^{-1} + z^{-2}}{1 - 19/16 z^{-1} + 31/64 z^{-2}}$$

10 waarbij Y_n de Z-transformatie van het uitgangssignaal van het filter, X_n de z-transformatie van het ingangssignaal is en z^{-1} en z^{-2} vertragingen met respectievelijk een en twee woordintervallen aangeven.

6. Inrichting volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat het uitgangssignaal van het filter met het ingangssignaal in een verband staat gegeven door:

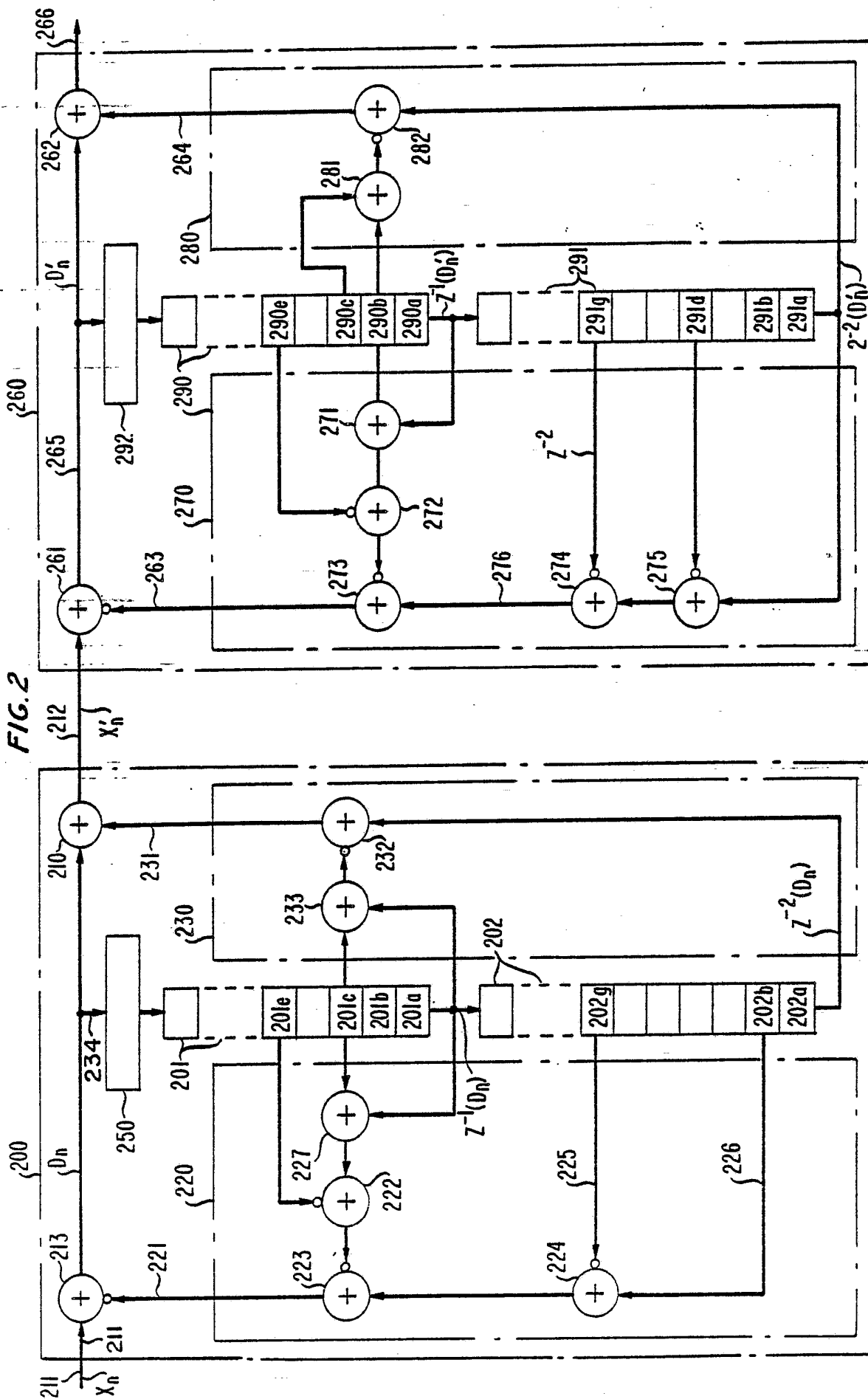
$$\frac{Y_n}{X_n} = \frac{1 - 3/4 z^{-1} + z^{-2}}{1 - 23/16 z^{-1} + 55/64 z^{-2}}$$

20 waarbij Y_n de z-transformatie van het uitgangssignaal van het filter is, X_n de z-transformatie van het ingangssignaal is en z^{-1} en z^{-2} vertragingen met respectievelijk een en twee woordintervallen aangeven.



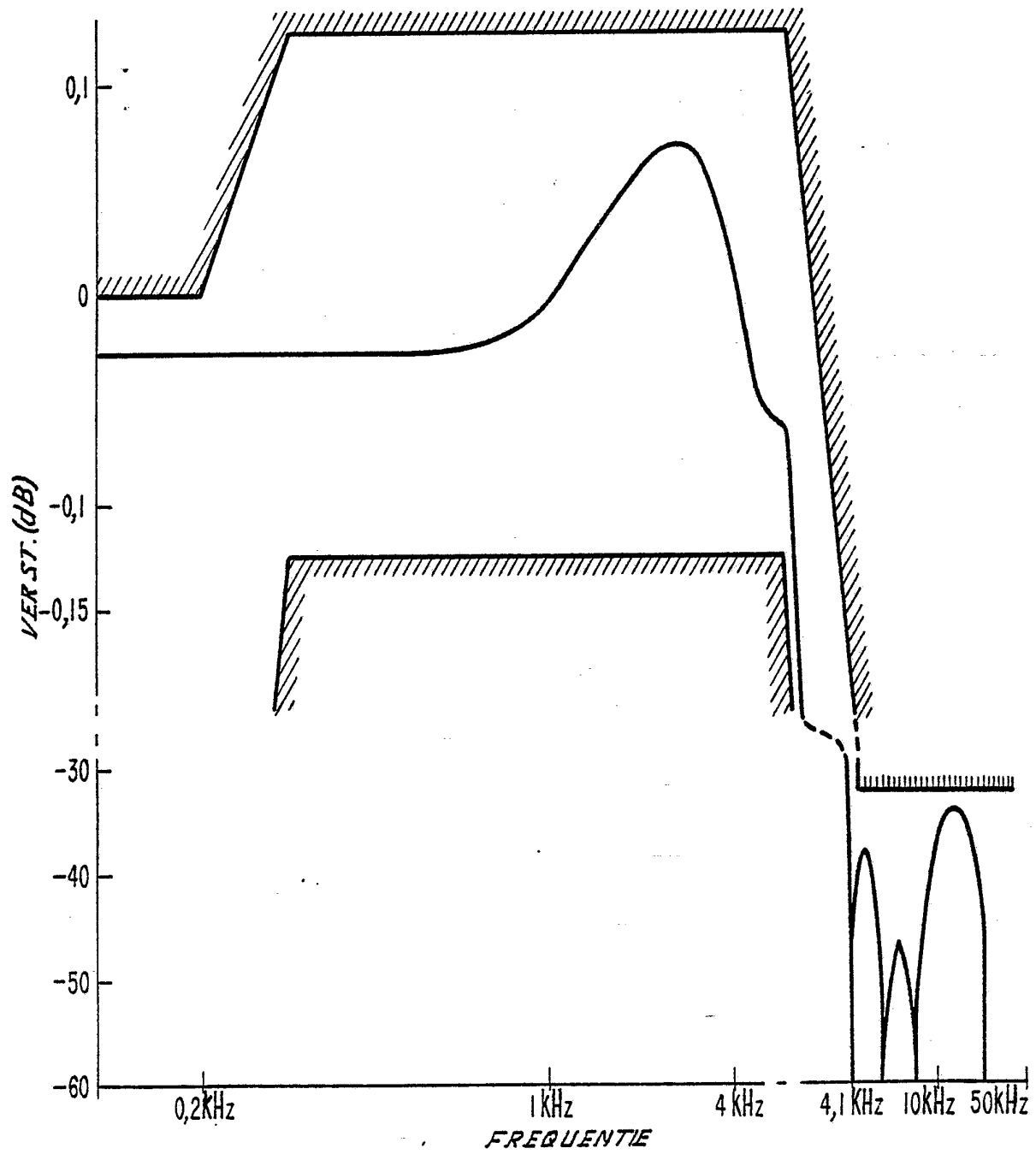
8103638

FIG. 2



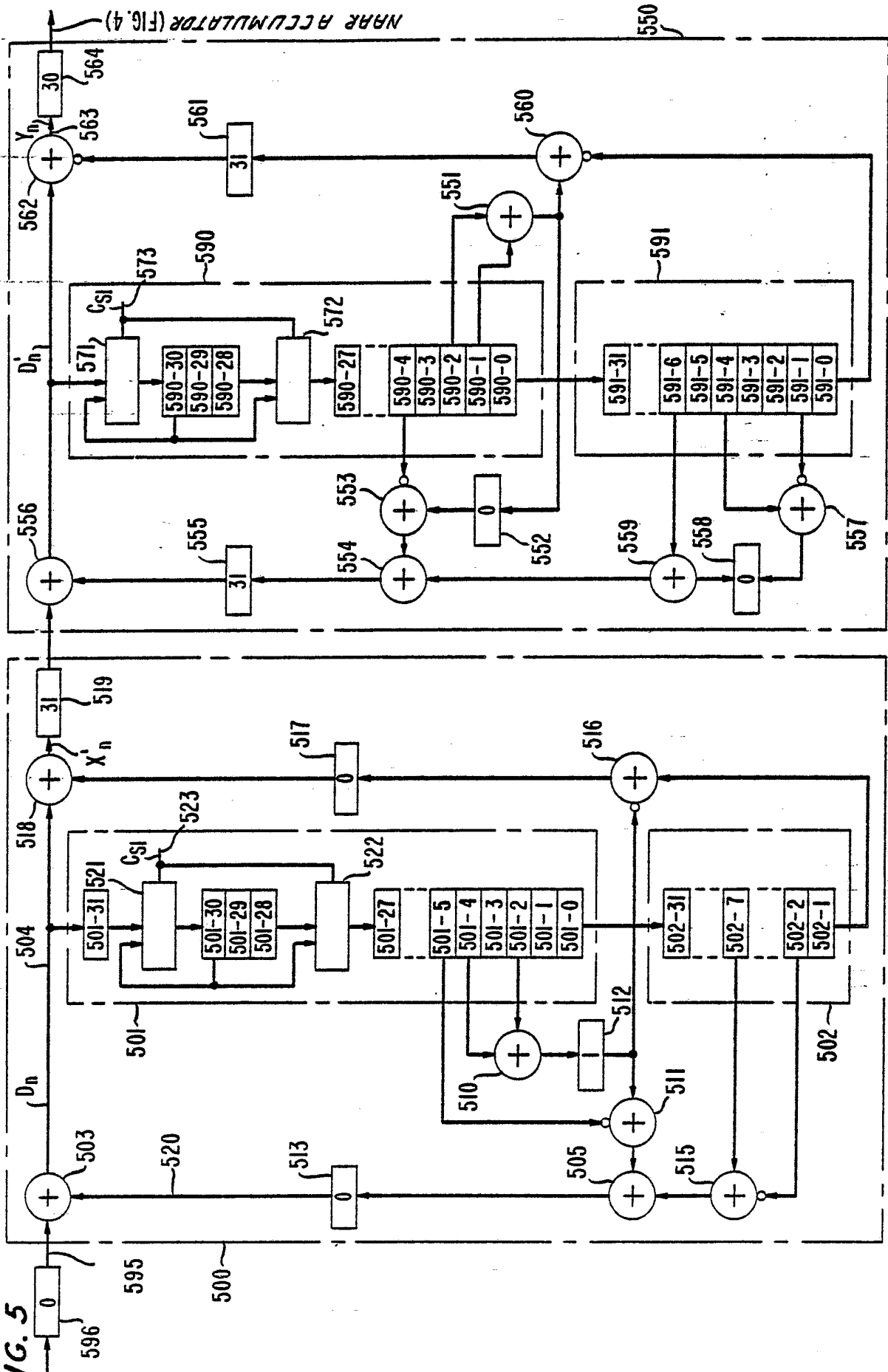
8103638

FIG. 3



8103638

FIG. 5



8103638