
Octrooiraad



⑩ A Terinzagelegging ⑪ 8201914

Nederland

⑲ NL

- ⑤4 Digitaal televisiestelsel.**
- ⑤1** Int.Cl³.: H04N 5/02, H04N 9/32.
- ⑦1** Aanvrager: RCA Corporation te New York.
- ⑦4** Gem.: Ir. H.M. Urbanus c.s.
Vereenigde Octrooibureaux
Nieuwe Parklaan 107
2587 BP 's-Gravenhage.

-
- ②1** Aanvraag Nr. 8201914.
- ②2** Ingediend 10 mei 1982.
- ③2** Voorrang vanaf 11 mei 1981.
- ③3** Land van voorrang: Ver. St. v. Am. (US).
- ③1** Nummer van de voorrangsaanvraag: 262619 .
- ⑥2** --

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

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

VO 3314

Betr.: Digitaal televisiestelsel.

De uitvinding heeft betrekking op een digitaal televisiestelsel, dat compatibel is met de meeste op grote schaal over de gehele wereld toegepaste televisienormen, en op een inrichting voor een eenvoudige transcodering van videosignalen, waarvan met verschillende snelheden
5 steekproeven worden genomen.

Men heeft verschillende karakteristieken van een over de gehele wereld toe te passen norm voor compatibele digitale televisie beschouwd. Daarbij is vaak voorgesteld, dat een gelijk aantal steekproeven tijdens de totale duur van een horizontale regel bij zowel een stelsel met 525
10 regels en 60 Hz (NTSC) als een stelsel met 625 regels en 50 Hz (PAL/SECAM) aanwezig is of eventueel een gelijk aantal steekproeven tijdens het actieve gedeelte van elke regel. Verder gelden voor een dergelijke norm, dat de steekproeffrequentie geschikt is voor stelsels met beperkte bandbreedte, terwijl toch een adequate resolutie wordt verkrijgen, en
15 heeft zich de vraag voorgedaan of het genormaliseerde stelsel een samengesteld luminantie-chrominantiestelsel zou moeten zijn in tegenstelling met componentstelsels, zoals RGB/ of YIQ-stelsels.

Het is verder gewenst te beschikken over een digitale televisienorm, welke hiërarchisch is. Een hiërarchisch stelsel is een stelsel,
20 waarin verschillende graderingen of niveaus van detail of dienstverlening op een eenvoudige wijze kunnen worden overgedragen, bijvoorbeeld door filteren en het laten vervallen van steekproeven. Zo kunnen bij een digitaal stelsel signalen met een zeer hoge steekproeffrequentie worden opgewekt, waarbij men een resolutie verkrijgt, die geschikt is voor gebruik van het cinematype. Een dergelijke resolutie kan 2000 rasters in
25 verticale richting en 2000 televisieregels in horizontale richting omvatten. Televisieproductie-instellingen kunnen voor opmaakdoeleinden een resolutie wensen, welke groter is dan die van de standaardtelevisiestelsels, doch kunnen ook wensen gebruik te maken van een uitrusting, welke minder kostbaar is dan die, waarbij men in staat is te werken met
30 informatiefrequenties, welke overeenkomen met een raster van 2000 regels. Zo kan het zijn, dat de televisieproductie-instellingen gebruik wensen te maken van een uitrusting, welke in staat is om het tweede niveau van de hiërarchie toe te passen, hetgeen neerkomt op een resolutie van 1000
35 regels. Indien een bandregistratie, die oorspronkelijk tot stand is gebracht met het resolutieniveau van 2000 regels beschikbaar wordt gesteld

aan de produktie-instelling, zou door filtering en het laten vervallen van afwisselende steekproeven van elke regel de resolutie worden gereduceerd tot het niveau van 1000 regels. Het volgende niveau in de hiërarchie kan een resolutie van 500 regels zijn, hetgeen kan worden toegepast

5 bij een televisiezendpost voor het opwekken van analoge videosignalen voor overdracht naar huizen. Een band, welke wordt opgemaakt door een televisieproduktie-instelling, kan door de zendpost worden gebruikt bij een uitrusting, die geschikt is voor een resolutie van 500 lijnen door elke afwisselende steekproef te laten vervallen. De televisiepost kan

10 ook gebruik maken van een band met een resolutie van 2000 regels, waarbij drie steekproeven uit vier steekproeven vervallen. De volgende stap in de hiërarchie kan van toepassing zijn voor elektronische nieuwgaringskamera's bij een resolutie van 250 regels, en het daaropvolgende lagere resolutieniveau kan worden gebruikt voor controledoeleinden.

15 Het is normaal om te verwachten, dat in de Verenigde Staten van Amerika en in andere landen, waarin de NTSC-norm wordt gebruikt, normaliter een uitrusting beschikbaar is om televisiesignalen in samengestelde vorm te verwerken. Het verdient bij een dergelijke uitrusting de voorkeur, dat de steekproeffrequentie een geheel veelvoud van de kleuronder-

20 draaggolffrequentie, bijvoorbeeld drie- of vierkeer deze frequentie is (3XSC, 4XSC). Het is waarschijnlijk, dat de wereldnorm voor digitale televisie, wanneer deze tenslotte wordt aangenomen, niet zal zijn gebaseerd op een steekproeffrequentie, die met een kleuronderdraaggolf is vergrendeld. Het is evenwel zeer gewenst, dat met de onderdraaggolf-

25 vergrendelde, bemonsterde, samengestelde videosignalen op een eenvoudige wijze kunnen worden getranscodeerd om de eigenschappen van de norm te bezitten, wanneer deze norm wordt geaccepteerd. In alle waarschijnlijkheid zal deze transcoding een interpolatie van de waarden van de steekproeven in de wereldnorm vanuit de waarden van de dichtst naastgelegen

30 steekproeven van het samengestelde NTSC-videosignaal vereisen. Indien de klokfrequenties identiek zijn, zullen de steekproeven natuurlijk identiek zijn en is geen interpolatie nodig. Een nauwkeurige interpolatie is complex en vereist vermenigvuldigingen en optellingen voor elke geïnterpoleerde steekproef. Vermenigvuldigers hebben meer in het bijzonder de

35 neiging om traag te werken en om een werking bij hoge video-informatiefrequenties te verkrijgen is het te verwachten, dat deze inrichtingen duur zijn. Het is zeer gewenst te beschikken over een over de gehele wereld

toe te passen televisienorm voor digitale videosignalen, die compatibel is tussen de 625/50 en 525/60 normen wat betreft de steekproeffrequentie, welke hiërarchisch is en welke eveneens op een eenvoudige wijze kan worden getranscodeerd uit samengestelde NTSC-videosignalen, waarvan
5 steekproeven worden genomen bij een veelvoud van de onderdraaggolffrequentie, zonder dat vermenigvuldigers nodig zijn.

De oorspronkelijke, horizontale regelfrequentie bij de NTSC-norm voor monochrome televisie is 15.750 Hz. Bij het aanvaarden van kleurenstelsels werd de regelfrequentie gewijzigd om te kunnen worden gerelateerd met de geluidonderdraaggolffrequentie van 4,5 MHz. De juiste horizontale regelfrequentie is $1/286 \times 4,5$ MHz, welke de CCIR heeft genormaliseerd tot $15734,264 \pm 0,0003\%$ Hz. Meer recent heeft de FCC de kleuronderdraaggolffrequentie in megahertz gedefinieerd als het quotiënt $315/88$ en is de regelfrequentie $2/455$ maal deze onderdraaggolffrequentie, die
15 bij benadering 15.734,266 bedraagt. Bij de 625/50-norm bedraagt de horizontale regelfrequentie 15.625 Hz.

Het is bekend, dat een normale klokfrequentie van precies 13,5 MHz nauwkeurig 864 steekproeven per horizontale regel in het 625/50-stelsel levert en precies 858 steekproeven per regel in het 525/60-stelsel levert. Derhalve voorzien steekproeffrequenties van 13,5 MHz (en andere
20 daarmee door veelvouden van 2,25 MHz gerelateerde steekproeffrequenties) in gehele aantallen steekproeven per regel in de beide stelsels.

De duur van de horizontale regel in het 625/50-stelsel bedraagt 64,00 μ s en in het 525/60-stelsel bedraagt de duur bij benadering
25 64,56 μ s. De CCIR-normen voor het 625/50-stelsel voorzien in een actieve regelduur van bij benadering 52 microsec. met een onderdrukkingsduur van 12 microsec. De onderdrukkingsduur volgens de huidige NTSC-kleurnormen bedraagt $10,9 \pm 0,2$ μ s, doch er zijn voorstellen gedaan om deze normen te wijzigen. Derhalve ligt de onderdrukkingsduur bij het NTSC-stelsel niet duidelijk vast. Indien wordt aangenomen, dat de actieve regelduur bij het 525/60-stelsel eveneens 52 μ s bedraagt, levert de steekproeffrequentie van 13,5 MHz 702 steekproeven voor het actieve gedeelte van elke regel. Het aantal steekproeven, dat tijdens het onderdrukkingsgedeelte optreedt, varieert evenwel van 162 bij het 625/50-stelsel tot
35 156 in het 525/60-stelsel.

Volgens de uitvinding transcodeert het transcodeerstelsel signalen, waarvan steekproeven met een eerste frequentie zijn genomen, in tweede

signalen, die bij een tweede frequentie worden geklokt. De eerste en tweede frequenties worden zodanig gekozen, dat hun quotiënt de verhouding van gehele getallen is. Dit leidt tot steeds terugkerende blokken van steekproeven met gehele aantallen ingangssteekproeven en nieuwe uitgangssteekproeven. Bij een transcodeerinrichting wordt gebruik gemaakt van vertragingselementen om achtereenvolgens vertragingsteekproeven van hetingangssignaal te vormen. Aftrekinrichtingen vormen verschilsignalen, die het amplitudeverschil tussen opeenvolgende vertragingsteekproeven voorstellen. Vermenigvuldigers, die met de aftrekinrichtingen zijn gekoppeld, vermenigvuldigen de verschilsignalen met een lopend, variabel vermenigvuldiggetal teneinde gewogen verschilsignalen te vormen. De lopende variabele is gerelateerd met de effectieve positie van de nieuwe steekproef, die in een transcodeerblok van steekproeven wordt gevormd. De gewogen verschilsignalen worden gesommeerd in een optelinrichting teneinde nieuwe steekproefwaarden te vormen. Bij een voorkeursuitvoeringsvorm volgens de uitvinding wordt de verhouding van de eerste en tweede frequenties zodanig gekozen, dat deze gelijk is aan de verhouding van een geheel getal M en een macht van twee (2^r), hetgeen leidt tot blokken steekproeven, waarbij het aantal nieuwe steekproeven gelijk is aan 2^r , met het gevolg, dat de vermenigvuldigers van het verschuif- en -opteltype kunnen zijn, hetgeen van voordeel is.

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

fig. 1 een blokschema van een televisiestelsel met een digitaal gedeelte volgens de uitvinding;

fig. 2 tempeersignalen ter toelichting van bepaalde aspecten van de inrichting volgens fig. 1;

fig. 3 een tijddiagram ter toelichting van de relatieve steekproeftijdstippen bij transcoding vanuit samengestelde NTSC-kleuren-televisiesignalen in signalen overeenkomstig de normen van de inrichting volgens fig. 1;

fig. 4 een gegeneraliseerde golfvorm ter toelichting van de fouten, welke zich voordoen bij transcoding door interpolatie in de nieuwe steekproefpunten van de waarden van het signaal, zoals dit oorspronkelijk is bemonsterd;

fig. 5 een functioneel blokschema van een uitvoeringsvorm volgens de uitvinding, waarbij transcoding plaats vindt;

fig. 6 een temperdiagram ter toelichting van de relatieve steekproeftijdstippen bij transcoding vanuit PAL-signalen naar signalen overeenkomstig de normen van de inrichting volgens fig. 1;

fig. 7 een tabel, waarin interpolatieweegfactoren voor PAL-transco-
5 dering zijn aangegeven;

fig. 8, 9 en 10 gegeneraliseerde golfvormen ter toelichting van de fouten, welke zich voordoen bij transcoding bij interpolatie op een algemene wijze;

fig. 11 een blokschema van een gegeneraliseerde interpolator over-
10 eenkomende met de wijze van interpolatie volgens fig. 5;

fig. 12 een meer gedetailleerd blokschema van een gegeneraliseerde interpolator, welke bestemd is voor een versterkte interpolatie van signalen bij een PAL-transcoding van 13,5 MHz;

fig. 13 een blokschema van een digitaal stelsel om een ingangssig-
15 naal x te delen door een getal in de vorm van 2^r en het resultaat met een lopende variabele p te vermenigvuldigen;

fig. 14 een blokschema van een gegeneraliseerde interpolator volgens de uitvinding;

fig. 15 de n -naar- n' -vertolking voor een bepaalde transcoding;
20 en

fig. 16 een blokschema van een andere uitvoeringsvorm van een n -naar- n' -vertolkingsinrichting.

Fig. 1 toont een stelsel volgens de uitvinding. In fig. 1 worden analoge rode (R), groene (G) en blauwe (B) signalen tezamen met horizon-
25 tale synchronisatiesignalen (H) geleverd door een niet-afgebeelde bron, zoals een televisiekamera. Het H-signaal wordt toegevoerd aan de inschakelingang van een teller 150, terwijl de R-, G- en B-signalen op de afzonderlijke lijnen daarvan aan een geschikt anti-alias-voorfilter 10 worden toegevoerd, waar de bandbreedte wordt beperkt teneinde het optreden
30 van aliasen in het uitgangssignaal te beletten. De wat bandbreedte betreft beperkte R-, G- en B-signalen worden toegevoerd aan een analoog-digitaal-omzetter (ADC) 12, waarin van de afzonderlijke R-, G- en B-signalen steekproeven worden genomen en deze signalen worden gekwantiseerd met een frequentie van 13,5 MHz onder bestuur van een kloksignaal, dat
35 daaraan uit een klokgenerator 14 wordt toegevoerd. De ADC 12 kan de R-, G- en B-signalen aan de uitgangsklemmen opwekken in de vorm van een aantal evenwijdige kanalen voor elk signaal of als een enkel seriekanaal

voor elk signaal. Bij de afgebeelde uitvoeringsvorm worden voor elk signaal acht parallelle lijnen gebruikt.

De signalen worden uit de ADC 12 toegevoerd aan een poort 16, welke door een flip-flop 18 kan worden ingeschakeld om het mogelijk te maken, dat steekproeven worden verder gevoerd of welke poort het passeren van steekproeven naar een verdere digitale signaalverwerker, weergegeven als een rechthoek 20, kan beletten. De digitale signaalverwerkende inrichting 20 maakt geen deel uit van de uitvinding en vervult een functie, die bij voorkeur in een digitale modus moet worden uitgevoerd. Zo kan de digitale signaal-verwerkende inrichting bijvoorbeeld voorzien in een bandregistratie, een bandopmaak, een kleurbesturing of kleurmenging of een ander speciaal effect. Verder kan de digitale signaal-verwerkende inrichting eenvoudig bestaan uit een transmissiekanaal, waarover de digitale signalen naar een verwijderde plaats worden gezonden. Na de signaalverwerking behoeven de signalen niet langer in digitale vorm te zijn en worden zij derhalve toegevoerd aan een digitaal-analoog-omzetter (DAC) 22, waarin kwasi-analoge steekproeven worden opgewekt. De daardoor gevormde, kwasi-analoge signalen worden toegevoerd aan een egalisatiefilter 24 voor filtering of afvlakking teneinde geschikte, analoge video signalen te verschaffen.

Volgens de uitvinding wordt de poort 16 in werking gesteld om de actieve regel te definiëren en zodanig bestuurd, dat precies 704 steekproeven tijdens elke actieve regel door de digitale signaalprocessor 20 kunnen bewegen. De vereiste tijdregeling wordt verkregen door een flip-flop (FF) 18, een teller 150 en een teller 704. H-synchronisatiesignalen 204, welke het begin van elke horizontale regel bepalen, worden toegevoerd aan de inschakelingang van de teller 150 aan een andere ingang waarvan kloksignalen van 13,5 MHz uit de generator 14 worden toegevoerd. De teller 150 telt 150 klok- of steekproefpulsen en levert aan het eind van dit tijdinterval een uitgangspuls, die aan de terugstelingang van de teller 150, de inschakelingangsklem van de teller 704 en de instellingangsklem van FF 18 wordt toegevoerd om te veroorzaken, dat de Q-uitgang van de FF hoog wordt teneinde het mogelijk te maken, dat de poort 16 begint steekproeven door te laten. De teller 704 begint in synchronisme met de door de poort 16 gaande steekproeven te tellen en wanneer precies 704 steekproeven zijn geteld, levert de teller 704 een uitgangssignaal, waarmee de teller 704 wordt teruggesteld en welk signaal ook

wordt toegevoerd aan de terugstelingang van FF18 teneinde de Q-uitgang op nul terug te stellen teneinde daardoor de poort 16 buiten werking te stellen en het passeren van verdere steekproeven te beletten, waardoor het eind van het actieve interval wordt gedefinieerd.

5 De werking van de temperatuurinrichting volgens fig. 1 en de verschillen tussen de 525/60- en 625/50-werking zijn duidelijk aangegeven in fig. 2. In fig. 2a zijn klokpulsen 202 niet op schaal weergegeven. In fig. 2b zijn horizontale synchronisatiepulsen 204 weergegeven, die een nominale frequentie van 15734,266 Hz hebben. Beginnende op het tijdstip 10 t0, overeenkomende met het begin van een horizontale regel, telt de teller 150 tot het tijdstip t150, als aangegeven in fig. 2c, en levert op het tijdstip t150 een uitgangspuls, waarbij het poorten van steekproeven via de poort 16 begint en de teller 704 in werking wordt gesteld, die telt tot het tijdstip t854, als aangegeven in fig. 2b. Fig. 2e toont de 15 resterende tijd vóór het volgende horizontale synchronisatiesignaal, dat optreedt, beginnend op het tijdstip t858. Het tweede deel van het onderdrukkingsinterval, gedefinieerd door de duur, aangegeven in fig. 2e, omvat vier steekproeven. Fig. 2f toont horizontale synchronisatiesignalen, die met een nominale frequentie van 15.625 Hz optreden. De tellings- 20 duur van de teller 150 is aangegeven in fig. 2g en de tellingsduur van de teller 704 is weergegeven in fig. 2h en eindigt, evenals in het eerste geval op het tijdstip t854. Het onderdrukkingsinterval is echter nu langer en strekt zich vanuit het tijdstip t854 tot het tijdstip t864 uit, op welk moment het volgende horizontale synchronisatiesignaal op- 25 treedt om de cyclus opnieuw te laten beginnen.

Aangezien het actieve interval bij het beschreven stelsel wordt gedefinieerd door 704 steekproeven, is de rest van het interval per definitie onderdrukking. De telling van 150 door de teller 150 bepaalt in hoofdzaak het gehele onderdrukkingsinterval, dat zou optreden wanneer 30 het ingangssignaal voor het stelsel afkomstig is uit een 525/60-bron. Bij een dergelijke bron is dat gedeelte van het onderdrukkingsinterval, dat door de 150-teller wordt bepaald, groter dan het gedeelte van het onderdrukkingsinterval, dat optreedt na het tijdstip t854 van het terugstellen van de teller 704 en ff18 en het tijdstip t0 van de volgende, 35 horizontale synchronisatiepuls. Derhalve treedt het eerste gedeelte van het onderdrukkingsinterval na elke H-synchronisatiepuls op en wordt bepaald door de teller 150. Het tweede deel van het onderdrukkingsinterval

5 begint na de actieve regel en strekt zich uit tot de volgende H-synchronisatiepuls. Derhalve zal de duur van het tweede gedeelte van het onderdrukkingsinterval, dat tijdens elke regel optreedt, variëren in afhankelijkheid van de duur van een horizontale regel, als gedefinieerd door de normen van de bron.

Het belang van het getal 704 is een gevolg van het feit, dat 704 rijk is aan machten van 2 ($704 = 2^6 \times 11$) en derhalve zes hiërarchieniveaus kan omvatten. Voorts maken 704 steekproeven per regel het mogelijk, dat aan de onderdrukkingsintervallen voor het 625/50-stelsel kan worden
10 voldaan en ligt deze waarde bijzonder dicht bij de gespecificeerde grenzen van het NTSC-onderdrukkingsinterval.

Fig. 1 toont een digitaal signaal-verwerkend stelsel volgens de uitvinding, waarbij de bronsynchronisatie kan overeenkomen met of een 625/50 of een 525/60-norm en waarbij het ingangssignaal analoog is. In
15 vele gevallen kan het evenwel gewenst zijn, transcoding toe te passen vanuit een ander digitaalstelsel naar de normen, zoals deze voor de inrichting volgens fig. 1 zijn beschreven. Zo is er bijvoorbeeld reeds op gewezen, dat het in de Verenigde Staten van Amerika en eventueel in andere landen gewenst kan zijn te beschikken over een stelsel van digitale
20 videosignalen, waarin de standaard-klofrequentie is gebaseerd op een veelvoud van de onderdraaggolffrequentie, zoals 4XSC. Zoals later zal worden beschreven, is het getal 704 ook hier van voordeel doordat dit getal een eenvoudige transcoding mogelijk maakt tussen een dergelijke samengestelde digitale NTSC-norm en de onder verwijzing naar fig. 1 be-
25 schreven algemene of wereldnorm.

Bij een samengesteld NTSC-televisiesignaal, waarvan steekproeven worden genomen met 4XSC, treden 910 steekproeven tijdens elke volledige horizontale regel op. 754 van de steekproeven treden evenwel tijdens het actieve gedeelte op, terwijl de resterende 156 tijdens de onderdrukkings-
30 intervallen optreden. Om een transcoding volgens de uitvinding mogelijk te maken, zijn 748 steekproeven per actief gedeelte van elke regel nodig. Het getal 748 wordt gekozen, omdat dit een gemeenschappelijke factor van 44 ($748 = 17 \times 44$) met het aantal steekproeven in het wereldstelsel ($704 = 16 \times 44$) bezit. Dit betekent, dat elke horizontale regel
35 van elk stelsel kan worden verdeeld in 44 transcodeerblokken, waarvan er één 17 steekproeven per blok zal bevatten, terwijl de andere 16 steekproeven per blok omvatten. Fig. 3 draagt bij ter illustratie van dit

schema. Langs de horizontale as in fig. 3 is de tijd uitgezet. De lengte van de regel in fig. 3b is 16 eenheden, waarbij elke markering een steekproeftijdstip voorstelt. De in de rechthoek volgens fig. 3b aangegeven 16 steekproeven komen overeen met één van 44 soortgelijke rechthoeken, die sequentieel tijdens het actieve gedeelte van een horizontale regel in de digitale wereldnorm kunnen optreden. Het blok steekproeven, weergegeven in fig. 3a, neemt bij benadering dezelfde duur in als het in fig. 3b afgebeelde blok. Het blok steekproeven volgens fig. 3a bezit evenwel 17 steekproeven in plaats van 16. Desalniettemin is het duidelijk, dat 44 blokken steekproeven, zoals weergegeven in fig. 3a, zullen optreden binnen dezelfde tijd als 44 blokken van die, weergegeven in fig. 3b. Door het totale aantal steekproeven zodanig te kiezen, dat deze in relatief kleine blokken kunnen worden gesplitst, kan de hoeveelheid signaalverwerking, die voor transcoding nodig is, sterk worden gereduceerd. Wanneer wordt aangenomen, dat van digitale signalen steekproeven worden genomen met een frequentie, als aangegeven in fig. 3a, is het duidelijk, dat voor het opwekken van een signaal, overeenkomstig het klokstelsel van fig. 3b, een interpolatie nodig is. Zo ligt bijvoorbeeld de zevende steekproef in fig. 3b bij benadering midden tussen de zevende en achtste steekproeven van fig. 3a. Derhalve kan de waarde van de zevende steekproef in fig. 3b worden benaderd door het gemiddelde van de waarden van het signaal in de zevende en achtste steekproefpunten van het binnenkomende signaal, geklokt als in fig. 3a. Op een soortgelijke wijze ligt de tweede steekproef (steekproef no. 1) van fig. 3b zeer dicht bij de tweede steekproef (steekproef no. 1) in fig. 3a en kan de waarde daarvan worden beschouwd als te zijn gelijk aan de signaalwaarde bij de steekproef 1 van fig. 3a plus $1/16$ van het verschil tussen de waarden bij de steekproeven no. 1 en 2. In het algemeen wordt de waarde g'_n van de n-de lineaire, geïnterpoleerde uitgangssteekproef bepaald door

$$g'_n = f_n - \frac{n}{16} (f_{n+1} - f_n) \quad (1)$$

waarbij n kan variëren van 0 - 16 en het steekproefnummer van de nieuwe steekproeven, welke worden opgewekt, voorstelt. Het transcodeeraspect van de uitvinding maakt gebruik van het feit, dat de factor $17/16$ de verhouding van kleine, gehele getallen is en de noemer van de verhouding een macht van 2 is.

Overeenkomstig de golfvorm $f(t)$ van fig. 4 wordt aangenomen, dat

f_n de steekproefwaarden met de frequentie $4XSC$ is, hetgeen de frequentie F_1 is. De rechte lijnen, die opeenvolgende steekproefwaarden met elkaar verbinden, stellen een lineaire benadering van de analoge golfvorm $f(t)$ voor en de met g'_n gemarkeerde steekproeven stellen geïnterpoleerde steekproeven met de klokfrequentie van $13,5 \text{ MHz}$ (F_2) voor. De werking, bepaald door vergelijking (1) bestaat uit twee optellingen en één vermenigvuldiging. Eén van de factoren in de vermenigvuldiging is de fractie $n/16$, waarbij n een klein, geheel getal is. Ofschoon een elektronische vermenigvuldiging van binaire getallen een complexe en tijdrovende bewerking is, vindt een deling door twee op eenvoudige wijze plaats door één bit in een schuifregister te bewegen. Elk binair getal, bijvoorbeeld $234_{10} = 11101010_2$ kan worden gedeeld door twee door eenvoudig een nul aan de linkerzijde van het meest significante bit toe te voegen en het minst significante bit te laten vervallen. Het resultaat wordt $01110101_2 = 117_{10}$, hetgeen de helft van het vorige getal met een nauwkeurigheid van 7 bits voor een oorspronkelijke nauwkeurigheid van 8 bits is. Derhalve kan een vermenigvuldiging van een steekproefwaarde met een vermenigvuldigingsfactor van bijvoorbeeld $7/16$ tot stand worden gebracht door de oorspronkelijke steekproefwaarde S vier opeenvolgende malen door het gehele getal 2 te delen teneinde respectievelijk $8/16S$, $4/16S$, $2/16S$ en $1/16S$ van de oorspronkelijke steekproefwaarde te verkrijgen. Daarna wordt $7/16$ maal de waarde verkregen door de waarden, verkregen voor $4/16S + 2/16S + 1/16S$ in twee opeenvolgende optellingen bij elkaar te tellen. Op deze wijze kan elk getal in digitale vorm met de factor $n/16$ worden vermenigvuldigd door vier opeenvolgende verschuivingen en maximaal drie opeenvolgende optellingen. Deze methode kan worden generaliseerd voor elke vermenigvuldigingsfactor $n/2^r$ voor elk geheel getal r .

De lineaire benadering door de bovenbeschreven methode kan leiden tot fouten in het interpolatieproces. De fout in fig. 4 is equivalent aan het verschil tussen de waarde van de gebogen golfvorm $f(t)$ op het tijdstip n van het steekproefpunt g'_n en het punt op de rechte lijn tussen f_{n+1} en f_n . Deze fout kan klein zijn meer in het bijzonder wanneer het geïnterpoleerde resultaat wordt gekwantiseerd tot hetzelfde aantal niveaus als de ingangsgolfvorm. De fouten hebben de neiging het grootst te zijn in punten met maximale concaafheid bij de binnenkomende golfvorm en zijn gericht naar de binnenzijde van de concaafheid. Dergelijke fouten

treden niet op in vlakke gebieden (gebieden met constant niveau) van het beeld of in lineaire veranderende gebieden, doch treden slechts op in de buurt van een variabele helling (concaaf naar beneden of concaaf naar boven). Derhalve zullen interpolatiefouten slechts optreden in gebieden met grote definitie of snel wijzigende randen. Het subjectieve effect van de fout is het reduceren van de concaafheid of het verzachten van de beeldranden.

De interpolatiefout, welke een gevolg is van concaafheden in de analoge benadering $f(t)$, waaruit de oorspronkelijke steekproefwaarden f_n zijn afgenomen, kan op een sterke wijze worden gereduceerd onder gebruik van informatie, welke afkomstig is uit meer van de omgevende punten, bijvoorbeeld door drie of vier steekproeven in plaats van twee steekproeven te gebruiken. Dit geschiedt door de verlengstukken 412 en 414 van de rechtlijnige benaderingen, gevormd tussen respectievelijk de steekproefpunten f_{n-1} en f_n en tussen f_{n+1} en f_{n+2} te gebruiken. Wanneer men zich voor ogen houdt, dat de tijd van het optreden n van nieuwe steekproeven g'_n bij de klokfrequentie F_2 zeer dicht kan zijn gelegen bij de tijd van de steekproef f_n aan het begin van een blok van steekproeven of zeer dicht bij de tijd van de steekproef f_{n+1} aan het eind van een blok steekproeven, is het duidelijk, dat het gewicht, dat aan de benaderingen g''_n of g'''_n moet worden gegeven bij het bepalen van de werkelijke waarde g_n van een nieuwe steekproef op het tijdstip n afhankelijk zal zijn van de afstand in tijd van de steekproef g_n tot elke steekproef f_n of f_{n+1} . Uit fig. 3 en 4 blijkt, dat elke nieuwe steekproefwaarde g_n in een blok van steekproeven in een relatie van een-op-een staat tot een bestaande steekproef f_n en dat derhalve de nummering van nieuwe steekproeven g_n , als aangegeven in fig. 4, overeenkomt met de nummering van oude of binnenkomende steekproeven f_n .

De waarde van g''_n is gelijk aan de bekende waarde van binnenkomende steekproeven f_n plus een incrementaal gedeelte van het verschil tussen de steekproeven f_n en f_{n-1} , omdat dit incrementale gedeelte hetzelfde is, onafhankelijk van het feit of het tussen $n-1$ en n of tussen n en $n+1$ is gelegen. Derhalve geldt :

$$g''_n = f_n + \frac{n}{16} (f_n - f_{n-1}) \quad (2)$$

Op een soortgelijke wijze kan de waarde van g'''_n op het verlengstuk 414 worden bepaald door bij de bekende waarde van f_{n+1} het verschil

in steekproefwaarden tussen f_{n+1} en f_{n+2} , vermenigvuldigd met één minus het incrementale gedeelte, gebruikt voor het bepalen van g''_n op te tellen en derhalve geldt :

$$g''_n = f_{n+1} + \frac{16-n}{16} (f_{n+1} - f_{n+2}) \quad (3)$$

5 Het is duidelijk, dat wanneer de nieuwe steekproef g_n bij het tijdstip van f_n is gelegen, de waarde van g''_n met een bepaald gewicht kan worden opgeteld bij de waarde, bepaald voor g'_n teneinde een benadering te vormen en dat, wanneer g_n bij het tijdstip van f_{n+1} is gelegen, de waarde van g''_n met een bepaald gewicht kan worden opgeteld bij de waarde
10 van g'_n .

Een goede benadering voor de nieuwe steekproefwaarde g_n , wanneer g_n het dichtst bij f_n is gelegen (wanneer $n=0, 1, \dots, 7$) wordt gegeven door :

$$g_n = \frac{16-n}{16} g''_n + \frac{n}{16} g'_n \quad (4)$$

15 en wanneer g_n het dichtst bij f_{n+1} is gelegen (wanneer $n=9, 10, 11, \dots, 15$) door :

$$g_n = \frac{n}{16} g''_{n+1} + \frac{16-n}{16} g'_n \quad (5)$$

Voor $n=8$ worden de resultaten g_n uit de vergelijkingen (4) en (5) gemiddeld om

$$20 \quad g_8 = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} g''_8 + \frac{1}{2} g'''_8 + g'_8 \right) \quad (6)$$

te verkrijgen.

Er wordt op gewezen, dat de vergelijkingen (4), (5) en (6) sommen van produkten zijn, waarbij de produkten van de vorm $\frac{K}{16} g$ zijn. Derhalve kunnen de kwadratische of parabolische benaderingen g_n van de functie $f(t)$ worden verkregen door opeenvolgende delingen door twee en som-
25 meringen, evenals in het geval van de lineaire interpolatie.

In verband met de concaafheid van $f(t)$ onder een rechte raaklijn aan $f(t)$ in het punt f_n , is de geïnterpoleerde waarde van g_n tussen g'_n en g''_n bij het midden van het interval tussen n en $n+1$ iets groter dan
30 de werkelijke waarde van $f(t)$, voordat hiervan steekproeven werden genomen voor het verschaffen van de waarden f_n . Derhalve hebben de fouten, die optreden bij het bovenbeschreven kwadratische interpolatieproces, een richting, waarbij veranderingen worden versterkt, hetgeen leidt tot het subjectieve effect van het versterken van overgangen of randen in
35 het televisiebeeld.

Fig. 5 toont een inrichting voor het uitvoeren van een kwadratische interpolatie overeenkomstig het bovenbeschreven proces. In fig. 5 zijn de klokfrequenties F_1 en F_2 , welke worden opgewekt door de klokgenerator 502, gerelateerd volgens

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{2^r + 1}{2^r} \quad (7)$$

waardoor men, zoals is beschreven, het gewenste vermogen verkrijgt om de steekproeftijden in elke regel in interpolatieblokken of -groepen met coïncidente steekproeven aan elk uiteinde te splitsen. Samengestelde, analoge kleurentelevisiesignalen $f(t)$ worden toegevoerd aan een steekproefinrichting 504, welke steeds steekproeven neemt van het binnenkomende analoge signaal en de steekproeven vasthoudt tijdens een duur, welke voor de ADC 506 voldoende is om de steekproeven in M bits per steekproef te kwantiseren. Zoals bekend, kunnen de M bits gelijktijdig op parallelle lijnen of in serie op een enkele lijn optreden. Elke steekproef van M bits stelt één steekproefwaarde f_n voor. De verschillende steekproeven f_n (zoals f_{n-1} , f_n , f_{n+1} , f_{n+2}) worden achtereenvolgens opgeslagen in een register 508, waarin zij zodanig beschikbaar komen, dat verschillende benaderingen g'_n , g''_n , g'''_n en tenslotte g_n kunnen worden berekend.

De synchronisatie van de verschillende berekeningen met de blokken van steekproeven geschiedt door horizontale synchronisatiesignalen, die door een scheidingsinrichting 512 uit het analoge ingangssignaal $f(t)$ worden afgenomen. De afgescheiden synchronisatiesignalen omvatten H-synchronisatie-, onderdrukkings-, opnieuw opgebouwde kleuronderdraaggolfsignalen en dergelijke. De synchronisatiesignalen worden toegevoerd aan een synchronisatie-inrichting, welke is afgebeeld als een rechthoek 526, welke inrichting een met de kleuronderdraaggolf gerelateerd signaal overdraagt naar een kloksignaalgenerator 502 teneinde de frequentie van de steekproefklok F_1 op $4XSC$ te vergrendelen. Het blok 526 ontvangt ook een signaal, dat indicatief is voor een volledige telling van N uit een r -trapsteller 510 om de teller terug te stellen. Het blok 526 vertraagt ook het inschakelen van de teller 510 tot het begin van het actieve gedeelte van elke horizontale regel. Bij de inrichting volgens fig. 5 is aangenomen, dat de steekproeffrequenties op de eerder beschreven wijze zijn gekozen in verband met de digitale wereldnorm voor het vereenvoudigen van de transcoding door interpolatie uit een steekproeffrequentie,

welke verband houdt met 4XSC, zodat het getal r in vergelijking (7) bekend is en bijvoorbeeld een waarde kan hebben, zoals $r=4$, waardoor men steeds terugkerende interpolatieblokken met een lengte van 16 nieuwe steekproeven g_n en 17 oude steekproeven f_n verkrijgt. De teller 510 ontvangt signalen, die het begin van een blok aangeven, uit de synchronisatie-inrichting 526 en telt steeds F_1 klokpulsen en levert op een lijn 514 een parallel digitaal signaal, dat de geldende waarde van n voorstelt, die bij het beschouwde voorbeeld van een waarde 0 tot een waarde 15 kan variëren. De teller 510 wordt ook, zoals vermeld, door de synchronisatie-inrichting 526 op nul teruggesteld na elke cyclische volle telling van $n=N$. De geldende waarde van n op de geleider 514 wordt toegevoerd aan een opzoektabel 516, welke wordt geadresseerd door het signaal op de lijn 514. In elke geheugenplaats is informatie opgeslagen ten aanzien van het feit, welke steekproeven bij f_n voor het berekenen van de bepaalde waarde van n moeten worden gebruikt. Deze informatie wordt toegevoerd aan een berekeningsprocessor 518, waarin g'_n , g''_n en g'''_n worden berekend, als bepaald door opgeslagen instructies in tabel 516 voor de waarde van n overeenkomstig de vergelijkingen (1), (2) en (3). Deze berekeningen vinden, zoals beschreven, plaats door een opeenvolgende deling door twee van de verschillende waarden f_n en een somming van de resultaten van de verschillende delingen overeenkomstig de opgeslagen instructies.

Fouten, die een gevolg zijn van afronding, kunnen tot een minimum worden teruggebracht, doordat de verschuiving voor het tot stand brengen van het delen door twee en het optellen plaats vindt in schuifregisters met $(M+r)$ bits. De waarden van g'_n , g''_n en g'''_n , berekend in 518 worden achtereenvolgens toegevoerd aan een opslagregister 520 en beschikbaar gesteld aan een verdere berekeningsketen 522, waarin de waarde van g_n wordt berekend overeenkomstig instructies uit het register 516 voor de bepaalde waarde van n teneinde te voldoen aan de vergelijkingen (4), (5) en (6). Na het berekenen van g_n worden de minst significante bits geschrapt om terug te keren tot een uitgangssignaal met M bits en wordt g_n toegevoerd aan een buffer 524. De geïnterpoleerde signalen worden met de frequentie F_2 uit de buffer 524 geklokt en vormen het getranscodeerde signaal.

Het is duidelijk, dat het componentstelsel voor een wereldnorm gebruik kan maken van YIQ; Y, (B-Y), (R-Y) of andere componenten in plaats

van RGB, zoals weergegeven. Verder is het duidelijk, dat de duur van het onderdrukkingsinterval, bepaald door de teller 150, op een gewenste waarde en positie ten opzichte van het synchronisatiesignaal kan worden ingesteld.

- 5 Het tot dusver beschreven interpolatiestelsel heeft betrekking op een transcodering door interpolatie van signalen, welke verband houden met een steekproeffrequentieverhouding $F1/F2=M/2^r$, waarbij $M = (2^r+1)$, waardoor de $F2$ steekproeven progressief de tijdafstand doorlopen tussen opeenvolgende $F1$ -steekproeven, zoals weergegeven in fig. 3, en wel over
- 10 de duur van één blok steekproeven. Bij de bepaalde, beschreven uitvoeringsvorm wordt de frequentieverhouding van $F1/F2$ bepaald door de verhouding van $4 \times SC/13,5$ MHz, welke in werkelijkheid gelijk is aan de verhouding $35/33$, en welke wordt benaderd door de verhouding $17/16$ teneinde voor een waarde van $r=4$ overeen te komen met vergelijking (7). Hierdoor
- 15 verkrijgt men het voordeel van interpolatie door opeenvolgende verschuiving en optelling. De voordelen van interpolatie door verschuiving en optelling zijn niet beperkt tot het geval, waarin de teller van de noemer verschilt met een geheel getal, dat gelijk is aan de eenheid, doch kan worden verwezenlijkt voor alle positieve, gehele getallen M en r ,
- 20 zolang als M en 2^r geen gemeenschappelijke factor hebben.

Een transcodering tussen PAL-signalen bij 625 regels per raster, een rasterfrequentie van 50 Hz en de voorgestelde wereldnorm van 13,5 MHz kan door interpolatie met deze extra methode plaats vinden en kan leiden tot een gereduceerde interpolatiefout.

- 25 Zoals weergegeven in fig. 4, wordt de geïnterpoleerde waarde voor een nieuwe steekproef g_n in de linkerhelft van het interval tussen de tijdstippen n en $n+1$ op de volgende wijze bepaald. Eerst treden binnenkomende steekproeven f_n en f_{n+1} op respectieve tijdstippen n en $n+1$ op. In de tweede plaats worden amplitudeverschillen bepaald: tussen f_{n-1} en
- 30 f_n ; en tussen f_n en f_{n+1} . In de derde plaats worden de amplitudeverschillen gewogen overeenkomstig de relatieve positie in tijd van de betreffende steekproeven in een steekproefblok. In de vierde plaats wordt elk van de gewogen verschillen bij de waarde van f_n gevoegd teneinde één steekproef te vormen, die lineair tussen f_n en f_{n+1} is geïnterpoleerd en
- 35 nog een steekproef te vormen, welke lineair is geëxtrapoleerd uit het gebied tussen f_{n-1} en f_n . De lineair geïnterpoleerde en geëxtrapoleerde steekproeven worden dan voorts gewogen overeenkomstig hun nabijheid tot

f_n en gesommeerd teneinde een geïnterpoleerde waarde te verschaffen. In de tweede of rechter-helft van het interval n tot $n+1$ wordt een overeenkomstig schema uitgevoerd voor de punten f_n , f_{n+1} en f_{n+2} . Derhalve wordt bij het interpolatieschema, dat onder verwijzing naar fig. 4 is

5 beschreven, gebruik gemaakt van drie steekproeven van het binnenkomende signaal om elke geïnterpoleerde steekproefwaarde te bepalen. Het is ook mogelijk vier binnenkomende steekproefpunten gelijktijdig te gebruiken om een betere interpolatie voor een positief geheel getal M en r te verkrijgen, zoals boven is beschreven.

10 Een gegeneraliseerd transcodeerschema, waarbij gebruik wordt gemaakt van positieve, gehele getallen M en r , wordt bijvoorbeeld gebruikt bij een transcoding vanuit 625/50 PAL-signalen naar bemonsterde signalen van 13,5 MHz overeenkomstig de voorgestelde wereldnorm, zoals boven vermeld. Voor deze transcoding kunnen van het PAL-signaal steekproeven

15 worden genomen met een frequentie $4xSC$ teneinde voor elke volledige horizontale regel 1135,0064 steekproeven te verkrijgen. Het is bekend, dat deze steekproeven tot precies 1135 steekproeven per raster kunnen worden gereduceerd en de resulterende fout slechts een vertekening van 0,16% in de beeldgeometrie vormt.

20 De verhouding van 1135 steekproeven per PAL-regel tot 864 steekproeven per wereldnormregel is de verhouding $1135/864 = 1,3136574$. Dit getal ligt zeer dicht bij het quotiënt $21/16 = 1,3125$. Derhalve kan de actieve regel van 704 steekproeven bij de wereldnorm van 13,5 MHz met steekproeven uit $4xSC$ PAL-signalen worden gevuld door 21 ingangssteekproeven bij $4xSC$ in 16 uitgangssteekproeven bij 13,5 MHz in elk blok

25 van steekproeven om te zetten met precies 44 blokken over het actieve beeld. Het resultaat van de betreffende benaderingen bij een dergelijke transcoding is een geometrische nauwkeurigheid van

$$(12/16)(864/1135) = 0,9991186$$

30 hetgeen neerkomt op een geometrische vervorming in de vorm van een uitrekking van minder dan 0,1%. Manipulaties van het beeld, welke leiden tot verticale of horizontale vervormingen van minder dan 1% worden in het algemeen acceptabel geacht, aangezien dit bij de tolerantiegrens is gelegen, waarmede kamera's en kinescopen kunnen worden gecentreerd. De

35 vervorming, welke wordt geïntroduceerd door de benaderingen, die zich voordoen bij de transcoding, is veel kleiner dan deze grenswaarde en derhalve acceptabel.

Binnen elk transcodeerblok van steekproeven, dat een rol speelt bij het omzetten van NTSC in wereldnorm, zoals boven is beschreven, schrijft de positie van elke nieuwe steekproef g_n over de tijdafstand tussen binnenkomende steekproeven regelmatig voort; bij het begin van
5 elk blok treedt g_n gelijktijdig met f_n op en bij groter wordende tijd beweegt g_n zich gedeeltelijk over of tussen opeenvolgende steekproeven f_n en f_{n-1} , todat bij het eind van het transcodeerblok van steekproeven g_n gelijktijdig met f_{n+1} optreedt. Deze regelmatige progressie is een gevolg van de extra 1 in de teller van vergelijking (7). Deze teller
10 wordt M genoemd. In het geval van het PAL-sigitaal verschilt M met meer dan de eenheid van de noemer. Meer in het bijzonder kan, in het geval van het transcoderen van PAL in wereldnorm het volgende quotiënt worden gevormd

$$\frac{F1}{F2} = \frac{M}{2^r} = \frac{2^r+5}{2^r} = \frac{21}{16} \quad (8)$$

15

waarbij de teller M gelijk is aan 21 en van de waarde 16 van de noemer met vijf verschilt. De fysische betekenis van dit verschil is, dat binnen elk transcodeerblok 21 steekproeven van het binnenkomende signaal optreden binnen het interval, waarin 16 nieuwe, getranscodeerde steek-
20 proeven worden gevormd. Deze inrichting is weergegeven in fig. 6. Evenals in het geval van fig. 3 stelt de lengte van de lijn b de duur van één interpolatieblok voor en is gesplitst in 16 posities, welke de steekproeftijdstippen voorstellen. De punten a stellen de steekproeftijdstippen van het binnenkomende signaal voor. Het verschil $M-2^r$ heeft een tweede
25 fysische betekenis, welke samengaat met de eerste. Deze tweede betekenis kan onder verwijzing naar fig. 6 worden toegelicht door erop te wijzen, dat elke nieuwe steekproef (die punten op de lijn b van fig. 6) ligt tussen ingangssteekproeven (a) in een tijdpositie, welke $(M-2^r)/16$ of $5/16$ van een tussensteekproefinterval vanaf de voorafgaande positie is gelegen. Zo treden bijvoorbeeld de steekproefpunten 0 gelijktijdig op,
30 treedt het nieuwe (b) steekproefpunt 1 op bij $5/16$ van de afstand tussen de binnenkomende (a) steekproefpunten 1 en 2, treedt het nieuwe punt 2 op $5/16 + 5/16 = 10/16$ van de afstand tussen (a) steekproefpunten 2 en 3 op. Op een soortgelijke wijze treedt het nieuwe punt 3 op bij $15/16$ van de
35 afstand tussen de binnenkomende steekproefpunten 3 en 4, terwijl het nieuwe punt 4 optreedt op een tijdstip $(15/16 + 5/16)-1 = 20/16 - 16/16 = 4/16$ over de duur tussen de tijdstippen van binnenkomende steekproeven

5 en 6. De nieuwe of uitgaande steekproef 5 treedt $4/16 + 5/16 = 9/16$ tussen de ingaande steekproeven 16 en 17 op en de nieuwe steekproef 6 treedt op op een tijdstip $9/16 + 5/16 = 14/16$ tussen de binnenkomende steekproeven 7 en 8. Fig. 7 geeft alle posities, die in fig. 6 optreden.

5 Er liggen geen nieuwe steekproeven in de tijd tussen de binnenkomende steekproeven 4 en 5; 8 en 9; 12 en 13 en 16 en 17. Fig. 15 geeft een equivalente informatie voor een transcoding, waarin $r = 4$ en $M = 25$.

De onder verwijzing naar fig. 4 beschreven interpolaties bij het vormen van een benadering voor g_n (waarbij de nieuwe waarde wordt geschat), maken gebruik van g''_n , gewogen door een eerste stel functies in de eerste helft van het interval tussen opeenvolgende ingangssteekproeven f_n en een tweede gewichtsfunctie in de tweede helft van het interval. Dit leidt tot een interpolatie, welke onder bepaalde omstandigheden acceptabel kan zijn, doch men kan een betere benadering (kleinere fout) verkrijgen door een gemiddelde te nemen van de gewogen schattingen g'_n , g''_n en g'''_n over het gehele intersteekproefinterval. Een dergelijk gemiddelde wordt gegeven door

$$g_n = 1/2 \left(g'_n + \frac{2^r - n'}{2^r} g''_n + \frac{n'}{2^r} g'''_n \right) \quad (9)$$

waarbij

$$n' = [(M - 2^r)xn] \text{ (modulo } 2^r) \quad (10)$$

De fysische betekenis van n' houdt verband met de positie van nieuwe steekproeven b ten opzichte van binnenkomende steekproeven a .

In fig. 6 geldt:

$$n' = (21-16)n \text{ modulo } 16 = 5n \text{ modulo } 16 \quad (11)$$

25 hetgeen betekent, dat voor elke nieuwe steekproef n de waarde van n' met 5 delen uit 16 toeneemt, zoals boven is vermeld.

De benadering van g_n in vergelijking (12) als aangegeven in fig. 8 kan worden voorgesteld door een parabool, die door de punten f_n , f_{n+1} gaat. Zoals aangegeven, heeft de parabool een sterkere piek dan een kromme van de derde orde, die door de vier punten f_{n-1} , f_n , f_{n+1} en f_{n+2} gaat.

In fig. 9 vindt men een alternatief interpolatieschema. Een eerste parabool 900 gaat door de punten f_{n-1} , f_n en f_{n+1} , en een tweede parabool 902 gaat door de punten f_n , f_{n+1} en f_{n+2} .

Dit kan worden gedefinieerd door de volgende vergelijkingen :

$$35 \quad (900) \quad g_n = 1/2 \left(\frac{2^r + n'}{2^r} g'_n + \frac{2^r - n'}{2^r} g''_n \right) \quad (12)$$

$$(902) \quad g_n = 1/2 \left(\frac{2^r+1-n'}{2^r} g'_n + \frac{n'}{2^r} g''_n \right) \quad (13)$$

Bij interpolatie van een nieuwe steekproef g_n tussen de tijdstippen n van de steekproef f_n en het tijdstip $n+1$ van de steekproef f_{n+1} kan men, zoals eerder beschreven, vergelijking (12) in de eerste helft van het interval en vergelijking (13) in de tweede helft gebruiken, met het gemiddelde van de twee in het tussengelegen punt. Het gemiddelde over het gehele interval leidt tot de vergelijking

$$g_n = 1/4 \left(3 g'_n + \frac{2^r-n'}{2^r} g''_n + \frac{n'}{2^r} g'''_n \right) \quad (14)$$

Weer een andere benadering van de waarde van de nieuwe steekproef g_n , geïnterpoleerd tussen opeenvolgende steekproef f_n , kan plaats vinden door vergelijking (12) bij het begin van het interval zwaarder te wegen en vergelijking (13) bij het eind van het interval zwaarder te wegen, waarvoor geldt :

$$g_n = \frac{2^r-n}{2^r} (\text{vergelijking 12}) + \frac{n'}{2^r} (\text{vergelijking 13}) \quad (15)$$

Fig. 10 toont in het algemeen de verschillen tussen de waarden van nieuwe steekproeven g_n , als bepaald door de interpolatiebenaderingen, beschreven door vergelijking (9) en vergelijking (14). De getrokken kromme 1009 heeft de vorm van een parabool volgens vergelijking (9) en de gestippelde kromme 1014 heeft de vorm van een parabool volgens vergelijking (14). De kromme 1009 is betrekkelijk scherp gebogen en neemt tussen de punten f_{n-1} en f_{n+2} af, terwijl de kromme 1014 minder scherp gebogen is en boven deze punten is gelegen. Er is reeds gewezen op het feit, dat door een interpolatie een versterking van overgangen kan worden verkregen en daardoor wordt voorzien in een beeld met een minder "zacht" of meer "scherp" voorkomen. Uit fig. 10 blijkt, dat een interpolatie, waarbij gebruik wordt gemaakt van vergelijking (9) leidt tot nieuwe steekproeven, die de scherpte in gebieden met grote concaafheid vergroten vergeleken met die, welke worden verkregen overeenkomstig vergelijking (14).

De vergelijkingen (4 - 6) en (9 - 14) stellen kwadratische interpolaties of interpolaties van hogere orde voor, die als gemeenschappelijk kenmerk hebben, dat de krommen door de punten f_n en f_{n+1} gaan, waarbij zij de sommen van vermenigvuldigingen of produkten van vier steekproefpunten f_{n-1} , f_n , f_{n+1} en f_{n+2} voorstellen, en waarbij de ver-

menigvuldigers de vorm hebben van $9/2r$, waarbij p een geheel getal is, dat varieert tussen de waarden nul en 2^{r+1} . De uitvoeringsvorm volgens de uitvinding kan derhalve deze algoritmen realiseren door een reeks verschuivingen en optellingen, die op een eenvoudige wijze met grote
5 snelheid kunnen worden verwezenlijkt.

Men kan een schakeling, als weergegeven in fig. 11, gebruiken om een transcoding van algemeen type, zoals boven beschreven, te verwezenlijken. In fig. 11 zijn elementen, welke overeenkomen met die van fig. 5, van dezelfde verwijzingen voorzien. Klokpulsen met een frequen-
10 tie F_2 worden opgeslagen in een n -teller 510 met r -trappen, die door de tijdregelaar 1104 op nul wordt teruggesteld wanneer de uiteindelijke telling van $2^r - 1$ wordt bereikt (bij het PAL-voorbeeld vindt een teruggingstelling bij 15 plaats). Voor elke waarde van n uit de teller 510 met r -trappen, kiest het ROM-instructieregister 516 de juiste instructies
15 voor het berekenen van de waarden g'_n , g''_n en g'''_n uit de op dat moment opgeslagen waarden van f_n in het opzamelregister 508.

Fig. 12 is een meer gedetailleerd blokschema van een uitvoeringsvorm van een gegeneraliseerde transcodeerinrichting, welke bestemd is voor het transcoderen van PAL-signalen, waarvan steekproeven worden ge-
20 nomen bij $4xSC$ (ongeveer 17,7 MHz) in 13,5 MHz. Het analoge, samengestelde PAL-signaal $f(t)$ wordt via een ingangsklem 1210 toegevoerd aan een voorfilter, een steekproefinrichting van 17,7 MHz en een ADC, weergegeven als een rechthoek 1212. Het nemen van steekproeven in de rechthoek 1212 wordt bestuurd door de F_1 -klok. De uitgang van het blok 1212
25 bestaat uit een aantal (in dit geval 8) parallelle, signaalvoerende kanalen op lijnen, waarvan er één een minst significante bit (LSB) en een andere de meest significante bit (MSB) voorstelt. De signalen op deze lijnen worden parallel of gelijktijdig aan een gelijk aantal schuifregisters in een rechthoek 1214 toegevoerd. In de rechthoek 1214 zijn slechts
30 de schuifregisters voor de LSB- en MSB-signalen weergegeven. Het klokken van de schuifregisters 1214 wordt bestuurd door temperersignalen, welke worden geleverd door een temperbesturingsschakeling, weergegeven als een rechthoek 1216. De tempereschakeling 1216 ontvangt naast de F_1 -klokpulsen bepaalde synchronisatie-informatie, welke verband houdt met het
35 binnenkomende PAL-signaal, zodat de verwerking van de binnenkomende signalen zodanig kan worden gesynchroniseerd, dat deze plaats vindt in transcodeerblokken, beginnende met het actieve videosignaal. De meest nieuwe

signalen in de schuifregisters komen overeen met f_{n+2} en de oudste met f_{n-1} , waarbij f_n en f_{n+1} zich op tussengelegen plaatsen bevinden. Deze signalen van acht bits worden uit de schuifregisters 1214 in paren aan de ingangen van verschilketens 1218, 1220 en 1222 toegevoerd. Zo worden

5 f_n en f_{n-1} toegevoerd aan 1218; f_{n+1} en f_n aan 1220; en f_{n+1} en f_{n+2} aan 1222. De verschilketens ontvangen ook temper-(T)-ingangssignalen uit de temperregelaar 1216 om hun werking met de steekproeven te synchroniseren. De uitgangssignalen van de ketens 1218 en 1220 worden toegevoerd aan de ingangen van vermenigvuldigers 1224 respectievelijk 1226, die met $n'/16$

10 vermenigvuldigen, en wel, zoals beschreven, door opeenvolgende delingen door twee en optellingen, afhankelijk van de waarden van de lopende variabele n' , die daaraan door de ROM-opzoektabel 1228 wordt toegevoerd. Zoals vermeld, stelt n' de tijdspositie van de nieuwe steekproef, welke wordt gevormd, ten opzichte van de tijdstippen van de naastgelegen bin-

15 nenkomende steekproeven voor. Voor een bepaalde transcoding, bijvoorbeeld vanuit PAL naar 13,5 MHz, is de frequentieverhouding bekend en derhalve is de overeenkomst van een-op-een van n' met het steekproefnummer bekend, zoals deze bijvoorbeeld wordt gegeven in de tabel volgens fig. 7. De ROM 1228 wordt geadresseerd door informatie, welke verband

20 houdt met de klokfrequentie F_2 van een nieuwe steekproef, die door een teller 1230 in blokken n wordt geteld. Elke op deze wijze geadresseerde geheugenplaats bezat eerst informatie, welke verband hield met de waarde van n' , overeenkomende met het adresnummer n voor dié bepaalde transcoding. Derhalve ontvangen voor elke nieuwe steekproef, welke binnen

25 een transcodeerblok wordt gevormd, de vermenigvuldigers 1224 en 1226 uit de ROM 1228 een geschikte waarde van n' , welke indicatief is voor de optellingen, die moeten plaats vinden met de door twee gedeelde verschilsignalen.

Het uitgangssignaal van de vermenigvuldiger 1226 wordt toegevoerd

30 aan een optelinrichting 1232, waarin het signaal wordt gesommeerd met de geldende waarde van f_n teneinde een lineair geïnterpoleerde steekproef g'_n te verschaffen, als omschreven door vergelijking (1). Op een soortgelijke wijze wordt het uitgangssignaal van de vermenigvuldiger 1224 toegevoerd aan een geklokte optelketen 1234, waarin het signaal

35 wordt opgeteld bij f_n teneinde een lineair geëxtrapoleerde steekproef g''_n te verschaffen, overeenkomstig vergelijking (2). De geldende n' -waarde wordt uit de ROM 1228 toegevoerd aan een $(16-n')$ verschilketen 1235 en

het verschilsignaal wordt toegevoerd aan een ingang van een vermenigvuldiger 1238. Het verschilsignaal ($f_{n+1} - f_{n+2}$), dat door de verschilketen 1222 wordt verschaft, wordt toegevoerd aan een tweede ingang van de vermenigvuldiger 1238. De vermenigvuldiger 1238 vormt een produkt door

- 5 achtereenvolgens delen door twee en optellen, afhankelijk van de waarde van $(16-n')$ voor het vormen van een produktsignaal, dat wordt toegevoerd aan een optelinrichting 1240 om met de waarde van f_{n+1} te worden gesommeerd teneinde g''_n volgens vergelijking (3) te vormen.

- De g'_n -waarde wordt via een verdere vermenigvuldiger 1242 toegevoerd aan een sommeerketen 1244. De vermenigvuldiger 1242 vermenigvuldigt met een constante waarde $11/16$, welke van de vorm $n/16$ is en derhalve door door twee delende ketens en optelinrichtingen kan worden gereali-
seerd. De g''_n - en g'''_n -waarden worden door de respectieve vermenigvuldi-
gers 1246 en 1248 gewogen overeenkomstig de positie van de nieuwe steek-
15 proef g_n ten opzichte van de naastgelegen binnenkomende steekproeven.

- Vermenigvuldiger 1248 vermenigvuldigt met $n'/16$ en ontvangt uit de ROM 1228 voor dit doel de lopende variabele n' . De vermenigvuldiger 1246 vermenigvuldigt met $(16-n)/16$ en ontvangt uit de verschilketen 1236 het
verschilsignaal $(16-n)$ als lopende variabele. De beide vermenigvuldigers
20 zijn van het gewenste, snel werkende verschuivings-en-opteltype, zoals later zal worden beschreven. De gewogen g''_n -en g'''_n -signalen worden bij elkaar opgeteld in een sommeerketen 1250. Aan de uitgang van de sommeer-
inrichting 1250 is het signaal de som van een klein gedeelte van g''_n en een groot gedeelte van g'''_n , waarbij n' klein is, hetgeen het geval is
25 wanneer de nieuwe steekproef g_n bij de steekproef f_n ligt. Wanneer de nieuwe steekproef g_n bij f_{n+1} ligt, d.w.z. wanneer n' bij 16 is gelegen, bestaat het door de sommeerinrichting 1250 gevormde signaal daarentegen
uit een groot gedeelte van g''_n en een klein gedeelte uit g'''_n . Deze we-
ging verschaft een geschatte waarde van $f(t)$, het analoge ingangssignaal,
30 dat in krommingsgebieden een sterke piek vertoont. Teneinde de piek te verlagen wordt het gesommeerde signaal aan de uitgang van de sommeerin-
richting 1250 in een vermenigvuldigketen 1252 met een constante factor $15/16$ vermenigvuldigd, waardoor het gewicht van de schatting met piek
vergeleken met de lineaire schatting g'_n wordt gereduceerd. De met $11/16$
35 gewogen g'_n en met $5/16$ gewogen g''_n en g'''_n -signalen worden in de sommeer-
inrichting 1244 bij elkaar opgeteld en het uitgangssignaal wordt afgerond om de nieuwe geschatte waarde g_n te verschaffen.

Het is duidelijk, dat de waarde van het wege van deze signalen door de vermenigvuldigers 1242 en 1252 naar wens kan worden gevarieerd teneinde de gewenste mate van versterking te verkrijgen. Het versterkingseffect kan worden geïncorporeerd in het algoritme waarmee de
5 nieuwe steekproeven worden gevormd:

$$g_n = \frac{2^r - k}{2^r} g'_n + \frac{k}{2^r} \left(\frac{2^r - n'}{2^r} g''_n + \frac{n'}{2^r} g'''_n \right) \quad (16)$$

waarbij k een verscherpingsconstante is, welke gelijk kan zijn aan nul of een positieve waarde tot een maximale waarde van 2^r . Wanneer $k=0$, wordt de tweede term gelijk aan nul en is de geïnterpoleerde waarde van
10 g_n slechts de lineaire interpolatie g'_n volgens vergelijking (1). Het gedeelte van de rechter-term van vergelijking (16) binnen de haakjes stelt een parabool voor, welke is aangepast aan de waarden f_n en f_{n+1} , doch welke een veel scherpere kromming heeft dan kan worden verwacht van het
15 ingangssignaal $f(t)$. Wanneer k varieert van nul tot 2^r , varieert vergelijking (16) over alle mogelijke parabolen, die door de waarden f_n en f_{n+1} gaan en tussen de rechte lijn g'_n en de zeer scherpe parabool binnen de haakjes van vergelijking (16) liggen. Een waarde $k=8$ leidt bijvoorbeeld tot vergelijking (9) en een waarde van $k=4$ leidt tot vergelijking (14). In fig. 12 is de waarde van k opgenomen in de vermenigvuldigers
20 1242 en 1252 met vaste constante. Vermenigvuldiger 1242 vermenigvuldigt met $\frac{16-k}{16}$ en de vermenigvuldiger 1252 vermenigvuldigt met $k/16$, waarbij $k=5$ en de transcodeerinrichting in het algemeen volgens vergelijking (16) werkt.

De vermenigvuldigers 1224, 1226, 1238, 1246 en 1248 vermenigvuldigen met het quotiënt van een lopende variabele, gedeeld door 2^r , waarbij
25 $r=4$ en $2^r=16$. De vermenigvuldigers 1242 en 1252 hebben dezelfde vorm, doch hebben een teller met constante waarde. Fig. 13 toont in blokschemavorm een digitaal stelsel om een ingangssignaal X door een getal van de vorm 2^r te delen en het resultaat te vermenigvuldigen met een lopende
30 variabele, aangeduid met p . In fig. 13 wordt de lopende variabele vermenigvuldiger p toegevoerd aan een ingangsklem 1310 en het vermenigvuldigtal X wordt toegevoerd aan een ingangsklem 1320. Het vermenigvuldigtal X wordt (in serie of parallel) toegevoerd aan een register 1322, dat, zoals aangegeven, een uit acht bits bestaand digitaal woord 10000001
35 bevat, welk woord de waarde 129 voorstelt. De MSB van het register 1322 stelt een waarde 128 voor. Deling door twee geschiedt door de inhoud van

het register 1322 aan de laatste acht trappen van een tweede register 1324 van negen bits toe te voeren. De MSB van het register 1324 stelt ook de waarde 128 voor en bezit vooraf de waarde nul. Derhalve stelt de overdracht van 10000001 uit het register 1322 naar het register 1324

5 een deling door twee voor. De in het register 1324 van negen bits opgeslagen waarde wordt overgedragen naar de laatste negen trappen van het register 1326 met tien bits, waarvan de MSB vooraf de waarde 128 bezit. Derhalve stelt de overdracht van informatie uit het register 1324 naar 1325 een verdere deling door twee voor. De informatie wordt verder

10 gedeeld door een achtereenvolgende overdracht naar het register 1328 van elf bits en het register 1330 van twaalf bits. Aan het eind van de overdracht bezitten de registers 1324, 1326, 1328 en 1330 respectievelijk $X/2$, $X/4$, $X/8$ en $X/16$. Wanneer erop gewezen wordt, dat deze componenten respectievelijk $8/16X$, $4/16X$, $2/16X$ en $1/16X$ voorstellen, is het duide-

15 lijk, dat elke fractionele waarde van X van $1/16$ tot $15/16$ kan worden verkregen als de som van verschillende combinaties van de in de registers opgeslagen gedeelde waarden. Bij het weergegeven uitvoeringsvoorbeeld bezit p een waarde van 7 (digitaal 0111) en derhalve moet de inhoud van de registers 1326, 1328 en 1330 worden gesommeerd voor het ver-

20 krijgen van een som van $7/16X$. De waarde van p wordt in een register 1332 ingelezen. De inhoud van elke trap van het register 1332 wordt gebruikt voor het besturen van de poortwerking van de registers 1324-1330, als voorgesteld door poorten 1334 - 1340. Een waarde één in een trap van het register 1332 maakt het mogelijk, dat het overeenkomstige register

25 1324 - 1330 naar verdere sommeerketens wordt gepoort. De registers 1324 en 1326 zijn gekoppeld met ingangen van de sommeerketen 1342 en de registers 1328 en 1330 zijn gekoppeld met de ingangen van een sommeerketen 1344. De uitgangen van de sommeerketens 1342 en 1344 zijn gekoppeld met de ingang van een verdere sommeerketen 1346, waar het uiteindelijke uit-

30 gangssignaal ($p/16X$) wordt gevormd. De bij de sommeerinrichtingen 1342, 1344 en 1346 weergegeven rechthoeken geven de digitale waarden in deze punten aan.

Ofschoon bij de tot dusverre beschreven uitvoeringsvormen gebruik wordt gemaakt van de voordelen van vermenigvuldiging door verschuiving

35 en optelling, zijn interpolatoren van de meer algemene vorm volgens fig. 14 mogelijk. De steekproeffrequenties van de ingangs- en uitgangssignalen worden zodanig gekozen, dat tijdens elke actieve regel een geheel

aantal transcodeerblokken optreedt, met gelijktijdige ingangs- en uitgangssteeekproeftijdstippen aan het begin en eind van elk transcodeerblok. Dergelijke interpolatoren hebben voordelen ten opzichte van de bekende inrichtingen, zelfs wanneer standaardvermenigvuldigers worden toe-
5 gepast, omdat slechts een paar van dergelijke vermenigvuldigers nodig zijn om een bepaalde nauwkeurigheid te bereiken. Zo komt bijvoorbeeld de interpolator volgens fig. 14 met vier vermenigvuldigers overeen met een bekende inrichting met vijftien vermenigvuldigers.

In fig. 14 wordt een ingangssignaal via een ingangsklem 1410 aan
10 de ingangen van een vertragingselement 1412 en een synchronisatie- of temperketen 1424 toegevoerd. Het vertragingselement 1412 vertraagt het signaal met een bekend bedrag voor het verkrijgen van een vertraagd signaal f_n , dat het ingangssignaal als f_{n-1} bepaalt. Het vertraagde signaal f_n wordt toegevoerd aan verdere vertragingselementen 1414 en 1416
15 teneinde verdere vertraagde signalen f_{n+1} en f_{n+2} te verkrijgen. De signalen f_{n-1} , f_n , f_{n+1} en f_{n+2} worden toegevoerd aan vermenigvuldigers, welke standaard-vermenigvuldigers van het 8X8-type kunnen zijn om de signalen te vermenigvuldigen met een (uit de ROM-opzoektabel 1420 verkregen) functie van de lopende variabele n , welke wordt verschaft
20 door een synchronisatie- of temperketen 1424. De vermenigvuldigde signalen worden in een optelinrichting 1432 gesommeerd om aan de uitgangsklem 1422 het gewenste geïnterpoleerde uitgangssignaal te verkrijgen.

In plaats van een ROM-opzoektabel, zoals ROM 1228 volgens fig. 12 te gebruiken om de waarde van n' uit de waarde van n overeenkomstig het
25 bekende patroon van de plaats naar de tijd van nieuwe steekproeven g_n tussen de tijdstippen van naastgelegen, binnenkomende steekproeven f_n voor een bepaalde, algemene transcoding te vormen, is het mogelijk een logische keten te gebruiken om n' uit n te berekenen en wel volgens de vergelijking

30
$$n' = (M-2^r) \times n \text{ (modulo } 2^r \text{)}$$

Fig. 16 toont een dergelijke keten.

In fig. 16 worden ingangskloksignalen bij de uitgangs- of nieuwe klokfrequentie $F2$ toegevoerd aan een n -teller 1230 met r -trappen, overeenkomende met die volgens fig. 12. De $F2$ kloksignalen worden ook toegevoerd aan een temperbesturingsketen, weergegeven als een rechthoek 1616,
35 die terugstelpulsen voor de teller 1230 en voor een n' -teller 1618 bij het eind van een telling van 2^r $F2$ -klokpulsen door de teller 1230

opwekt. Hierdoor worden de tellers 1230 en 1618 bij het begin van elk terugkerend blok van steekproeven teruggesteld. De teller 1230 telt F2 klokpulsen om de geldende waarden van n , het uitgangssteekproefnummer in elk interpolatieblok te bepalen. De telling, welke op dat moment in het register 1230 is opgeslagen, is, als aangegeven, 13 (1101). Bij elke opeenvolgende F2 klokpuls drijft de temperbesturingsinrichting 1616 een geklokte optelinrichting 1620 aan, die bij de waarde van n' , welke op dat moment in het n' -register 1618 is opgeslagen, (zoals aangegeven was de laatste of vorige waarde van n' 13 of 1101) een constant getal $(M-2^r)$ optelt, dat, als aangegeven, gelijk is aan 5 (0101). De som van de twee waarden wordt opgeslagen in een register 1622 met $r+1$ trappen, waarvan de linkse trap de meest significante is. De som van 5 en de voorafgaande waarde 13 van n' is 18 of 10010, aangegeven als zijnde opgeslagen in het register 1622. De r minst significante trappen van het register 1622 zijn gekoppeld met overeenkomstige trappen van het register 1618 om de waarde van n' op de geldende waarde op peil te brengen. Omdat slechts de LSB van het register 1622 zijn gekoppeld, worden evenwel slechts deze als de nieuwe n' in het register 1618 opgeslagen. Deze inrichting veroorzaakt, dat de waarde van n' in eenheden van vijf $(M-2^r)$ voor elke telling van n voortschrijdt totdat de som de waarde (2^r-1) overschrijdt, op welk moment de MSB in de $(r+1)$ trap van het register 1622 naar een logische 1-toestand wordt getrokken. De overdracht van de r LSB maakt een voortschrijding in stappen van vijf op een modulo 2^r -wijze mogelijk.

Ofschoon bij de bovenbeschreven uitvoeringsvormen de interpolatie tussen signaalsteekproeven langs de horizontale aftastregels in een digitaal televisiestelsel plaats vindt, is het duidelijk, dat dezelfde interpolatiemethoden kunnen worden toegepast in vertikale zin op naast elkaar gelegen signaalsteekproeven in opeenvolgende regels voor interpolatie tussen signalen met verschillende regelaftastfrequenties, of in tijd tussen naast elkaar gelegen steekproeven in opeenvolgende rasters voor interpolatie tussen signalen met verschillende rasterfrequenties.

CONCLUSIES

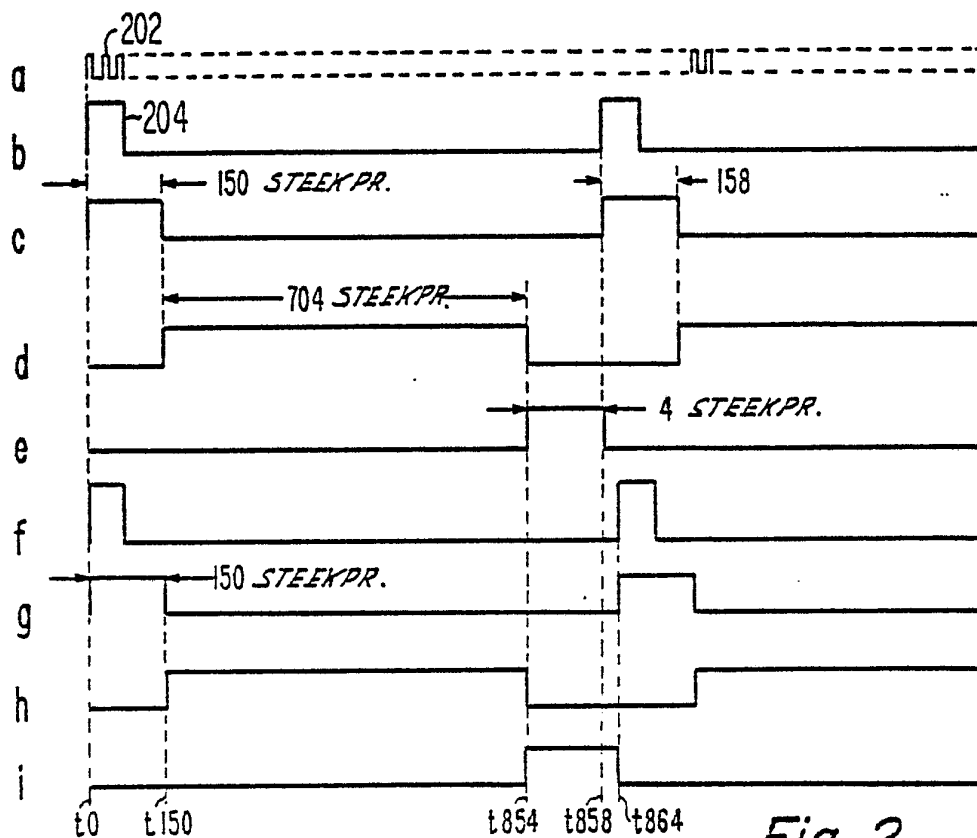
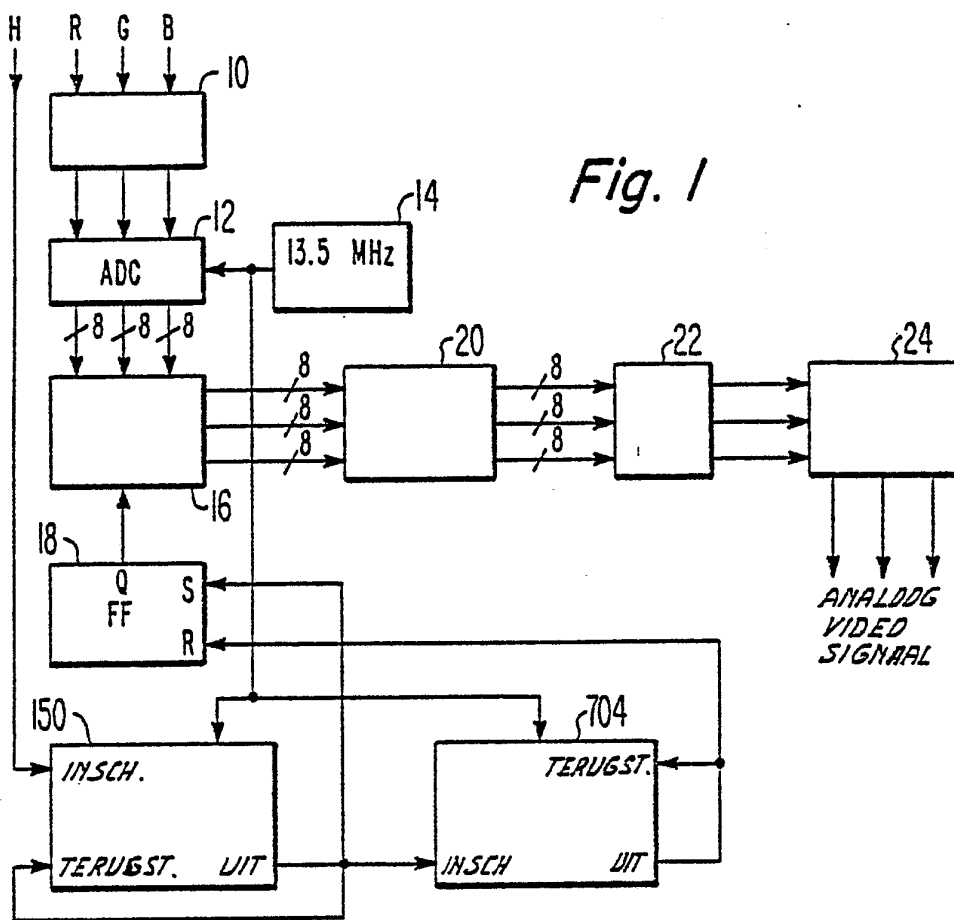
1. Transcodeerinrichting om een eerste televisiesignaal waarvan steekproeven worden genomen bij een eerste frequentie, te transcoderen in een tweede steekproefsignaal door benadering van de waarden van die steekproeven van het eerste signaal, welke moeten worden geïnterpoleerd
5 voor het vormen van het tweede signaal, voorzien van een kloksignaal-generator, die met de bron van het eerste signaal is gekoppeld voor het opwekken van een steekproeven van het tweede signaal nemend kloksignaal bij een tweede frequentie, welke zodanig is gekozen, dat de verhouding van de eerste en tweede frequenties in hoofdzaak gelijk is aan het
10 quotiënt van gehele getallen, waarbij de steekproefpunten steeds optreden in blokken waarin de eerste steekproeven van de eerste en tweede signalen in elk van de blokken in hoofdzaak gelijktijdig optreden en de laatste steekproefpunten van de eerste en tweede signalen in elk van de blokken in hoofdzaak gelijktijdig optreden, en waarbij het aantal
15 steekproeven van een van de eerste en tweede signalen in elk van de blokken groter is dan het aantal steekproeven van het andere van de eerste en tweede signalen, waardoor de tijdstippen van optreden van de tweede signaalsteekproeven zich tijdens de duur van een van de blokken tussen de tijdstippen van optreden van de steekproeven van naastgelegen
20 eerste steekproefpunten bewegen, vertragsorganen, welke bestemd zijn voor het ontvangen van een eerste signaal teneinde de eerste signalen te vertragen om ten minste tweede en derde vertraagde signalen te vormen, die ten opzichte van het eerste signaal zijn vertraagd, een lopende-variabele-signaalgenerator, die met de kloksignaalgenerator is gekoppeld
25 voor het opwekken van lopende-variabelen, die verband houden met de tijdspositie van elke nieuwe steekproef op een volgendesteekproeven van het eerste signaal, vermenigvuldigorganen, die met de vertragsorganen en de lopende-variabele-signaalgenerator zijn gekoppeld voor het ontvangen van de vertraagde signalen en het vermenigvuldigen van de vertraagde signalen met de lopende-variabelen voor het vormen van gewogen
30 vertraagde signalen, en sommeerorganen, die met de vermenigvuldigorganen zijn gekoppeld om de gewogen vertraagde signalen bij elkaar op te tellen

met het kenmerk, dat de lopende-variabele-generatororganen zijn voorzien van een teller (1230), welke bestemd is om het kloksignaal bij de tweede frequentie te ontvangen en tijdens de duur van een van de blokken te tellen teneinde tijdens de duur van elk van de blokken een progressief toenemend telsignaal op te wekken.

2. Transcodeerinrichting volgens conclusie 1 met het kenmerk, dat de lopende-variabele-generatororganen zijn voorzien van een eerste register (1618) voor het opslaan van de geldende waarde van de lopende-variabele, die representatief is voor de positie naar de tijd van elk van de steekproeven van het tweede signaal ten opzichte van het tijdstip van naastgelegen steekproeven van het eerste signaal, waarbij het eerste register is voorzien van een aantal trappen, dat verband houdt met het aantal steekproeven van het tweede signaal in elk van de blokken, temperbesturingsorganen (1616), die met de teller en het eerste register zijn gekoppeld om de teller en het eerste register bij het begin van elk blok van steekproeven op voorafbepaalde waarden terug te stellen, een bron van een voorafbepaald getalsignaal, dat verband houdt met de teller van de verhouding van de eerste en tweede frequenties, sommeerorganen (1620), die met de bron van een voorafbepaald getalsignaal, met het eerste register (1618) en de temperbesturingsorganen zijn gekoppeld om bij de geldende waarde van de lopende-variabele de waarde van het voorafbepaalde getalsignaal op te tellen teneinde een somsignaal met de nieuwe waarde van de lopende-variabele te verschaffen, een tweede register (1622) met een aantal trappen, dat groter is dan het aantal trappen van het eerste register, welk tweede register met de temperbesturingsorganen en met de sommeerorganen is gekoppeld voor het opslaan van het somsignaal, en koppelorganen om ten minste een van de trappen, die een minder significante bit van het somsignaal voorstelt, met een overeenkomstige trap van het eerste register (1618) te koppelen om te veroorzaken, dat de lopende variabele in modulo toeneemt.

3. Digitale vermenigvuldiger voor het met elkaar vermenigvuldigen van eerste en tweede getallen, wanneer het eerste getal het quotiënt is van een geheel getal, gedeeld door een uit een geheel getal bestaande macht van twee, en het tweede getal n bits omvat, gekenmerkt door een eerste register (1320) van n bits, welk register bestemd is voor het

ontvangen van het tweede getal, een tweede register (1324) met $n+1$ bits, welk tweede register met het eerste register is gekoppeld om het tweede getal in de $n-1$ significante trappen van het tweede register te ontvangen teneinde de waarde van het tweede getal door twee te delen voor
5 het vormen van een derde getal, een derde register (1326) met $n+2$ bits, welk register met het eerste register is gekoppeld voor het ontvangen van het derde getal in de $n+1$ min significante trappen van het tweede register teneinde de waarde van het derde getal door twee te delen teneinde een vierde getal te vormen, een vierde register (1332), bestemd
10 voor het ontvangen van de teller van het eerste getal, welk vierde register is voorzien van ten minste twee trappen voor het voorstellen van ten minste een gedeelte van de waarde van de teller in de vorm van één van twee vooraf toegewezen toestanden, die door de trappen kunnen worden aangenomen, sommeerorganen (1342, 1344, 1346), en koppelorganen (1334,
15 1336), die met de eerste en tweede trappen van het vierde register, met de tweede en derde registers en met de sommeerorganen zijn gekoppeld om de sommeerorganen in staat te stellen op een regelbare wijze een uitgangssignaal uit de waarden van een van de derde, de vierde en de som van de derde en vierde getallen te vormen.



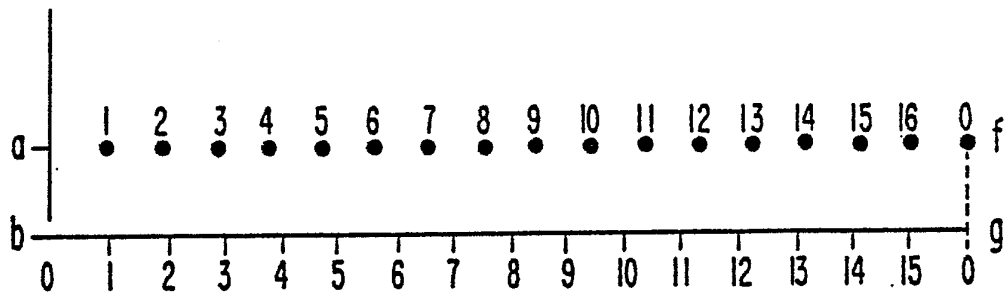
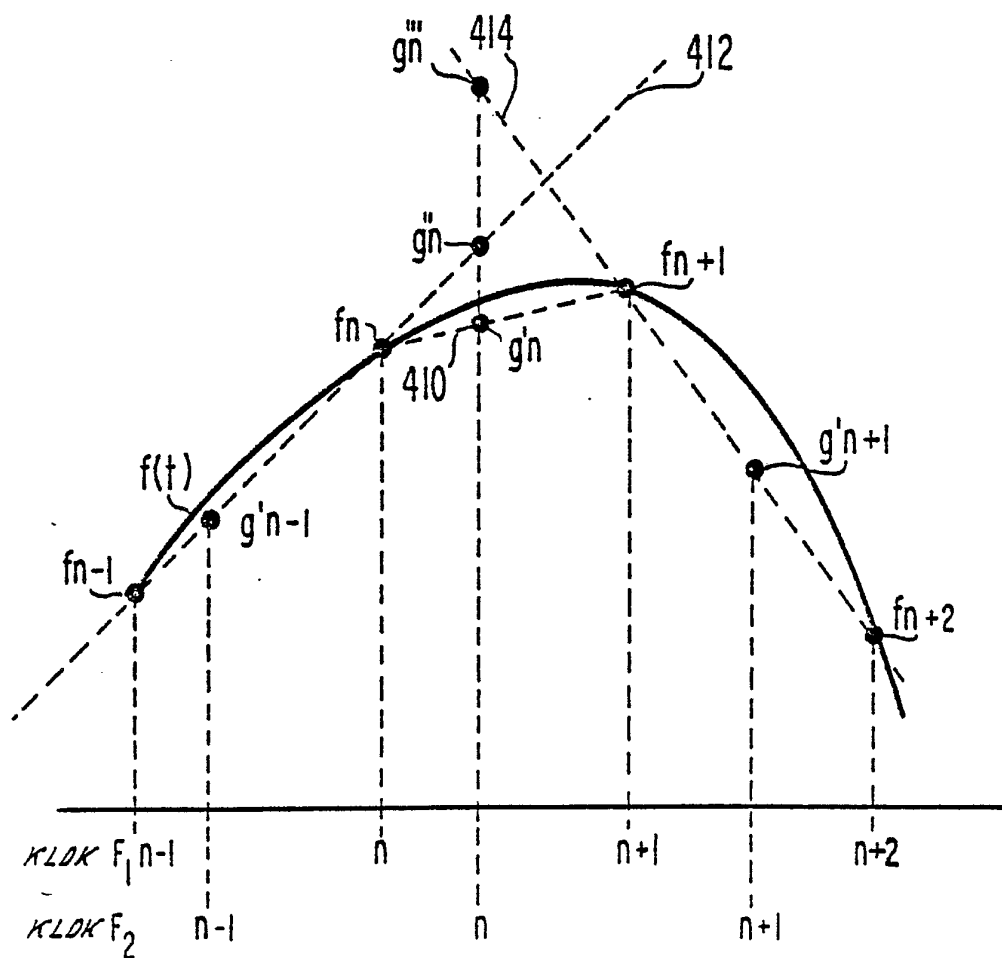


Fig. 3

Fig. 4



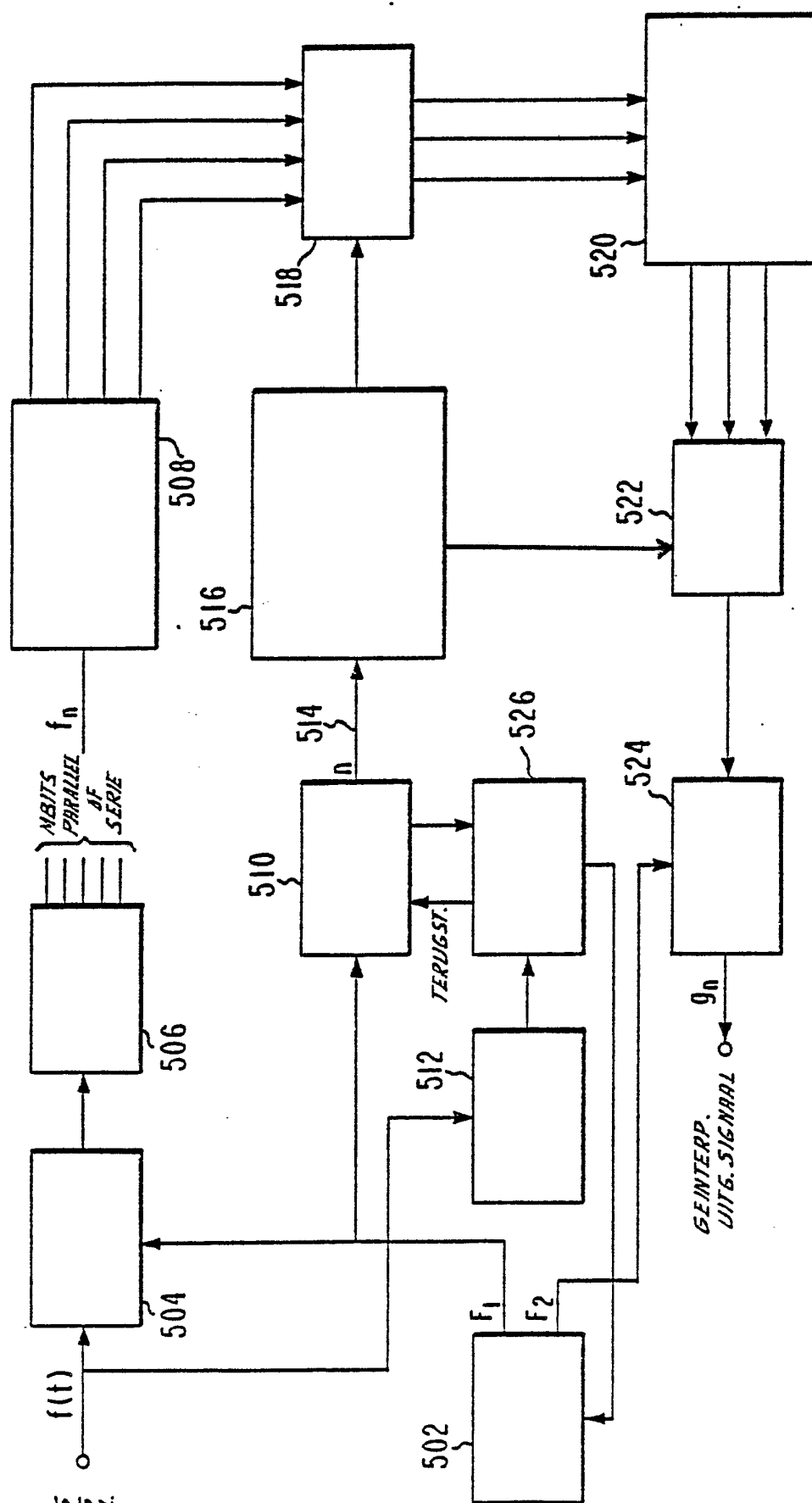


Fig. 5

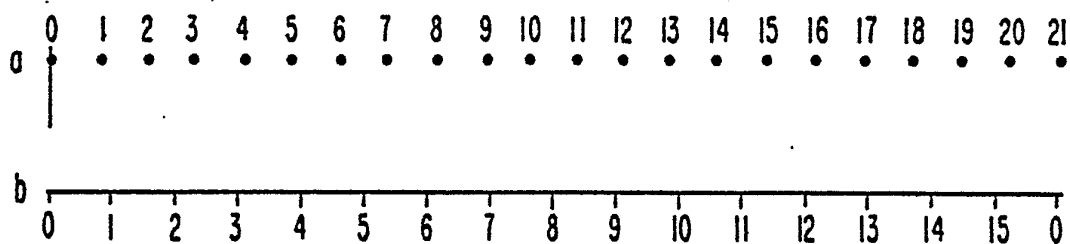


Fig.6

<i>NIEUWE STEEKPR.</i>	<i>LIGT N/16 TUSSEN</i>	<i>ING. STEEKPR.</i>
0	0	0-1
1	5/16	1-2
2	10/16	2-3
3	15/16	3-4
4	4/16	5-6
5	9/16	6-7
6	14/16	7-8
7	3/16	9-10
8	8/16	10-11
9	13/16	11-12
10	2/16	13-14
11	7/16	14-15
12	12/16	15-16
13	1/16	17-18
14	6/16	18-19
15	11/16	19-20
0	16/16	20-21

Fig.7

<i>n</i>	<i>n'</i>
0 0000	0 0000
1 0001	5 0101
2 0010	10 1010
3 0011	15 1111
4 0100	4 0100
5 0101	9 1001
6 0110	14 1110
7 0111	3 0011
8 1000	8 1000
9 1001	13 1101
10 1010	2 0010
11 1011	7 0111
12 1100	12 1100
13 1101	1 0011
14 1110	6 0110
15 1111	11 1011

Fig.15

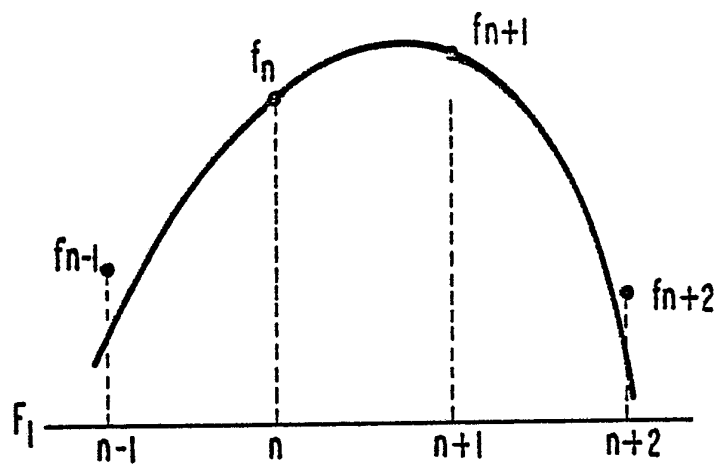


Fig. 8

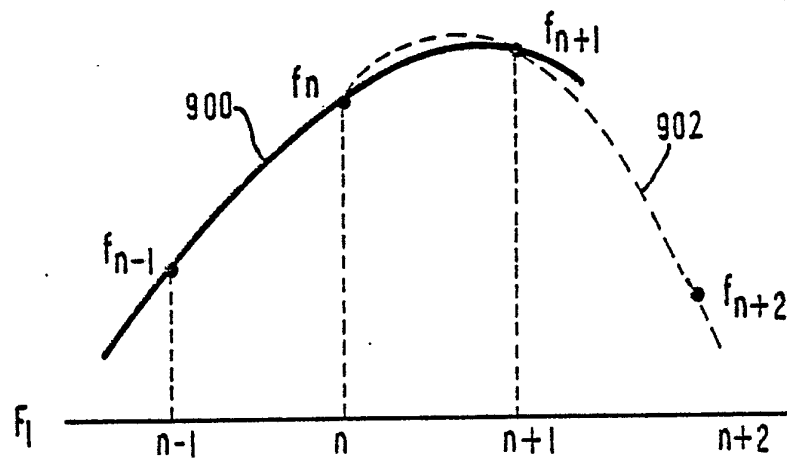


Fig. 9

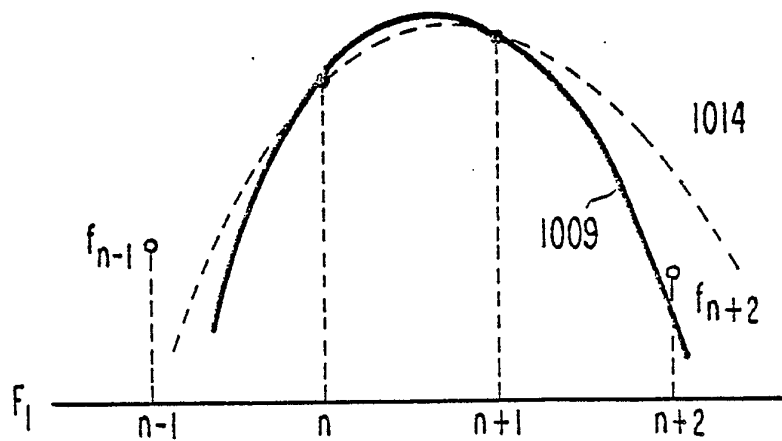


Fig. 10

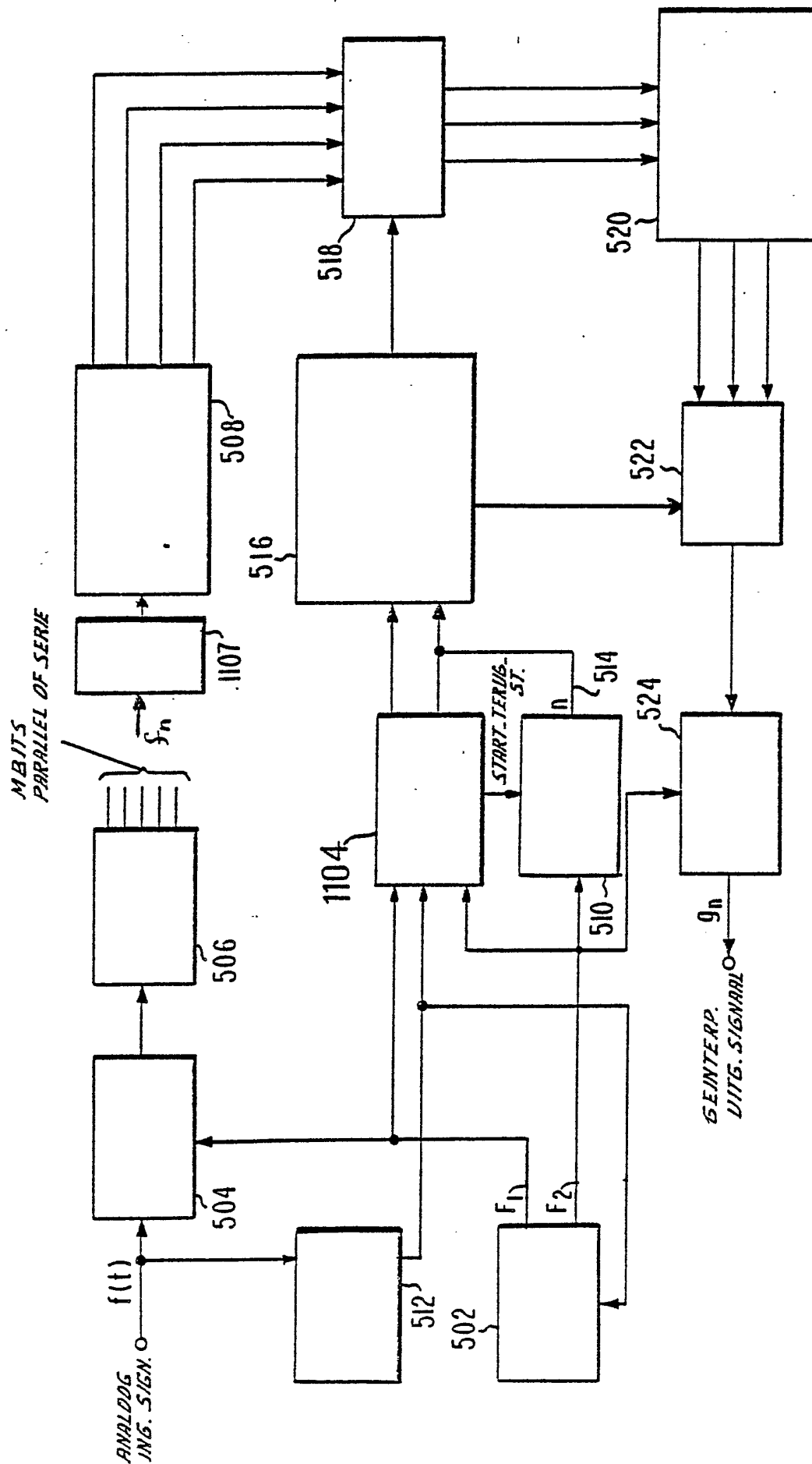


Fig. 11

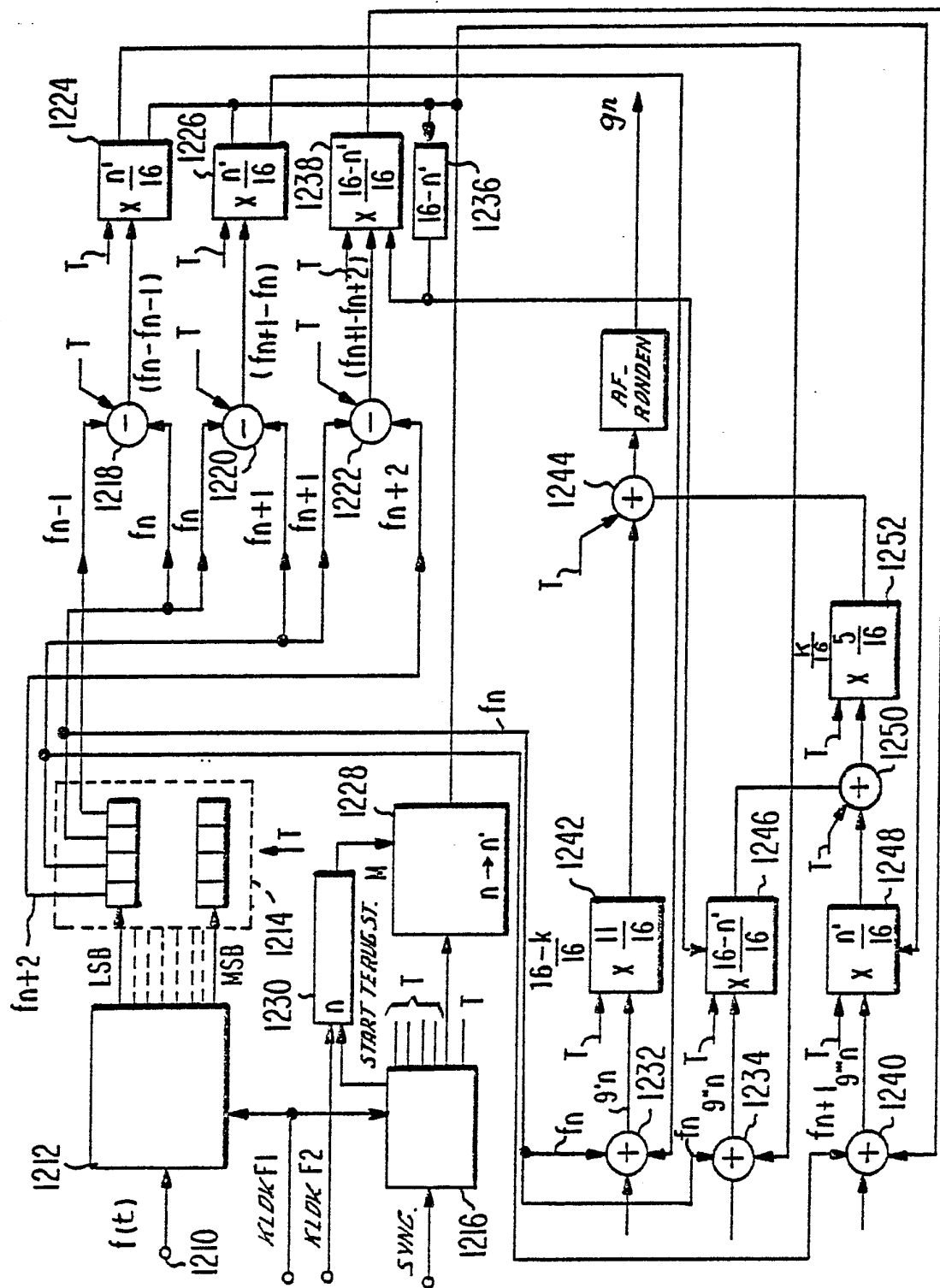


Fig. 12

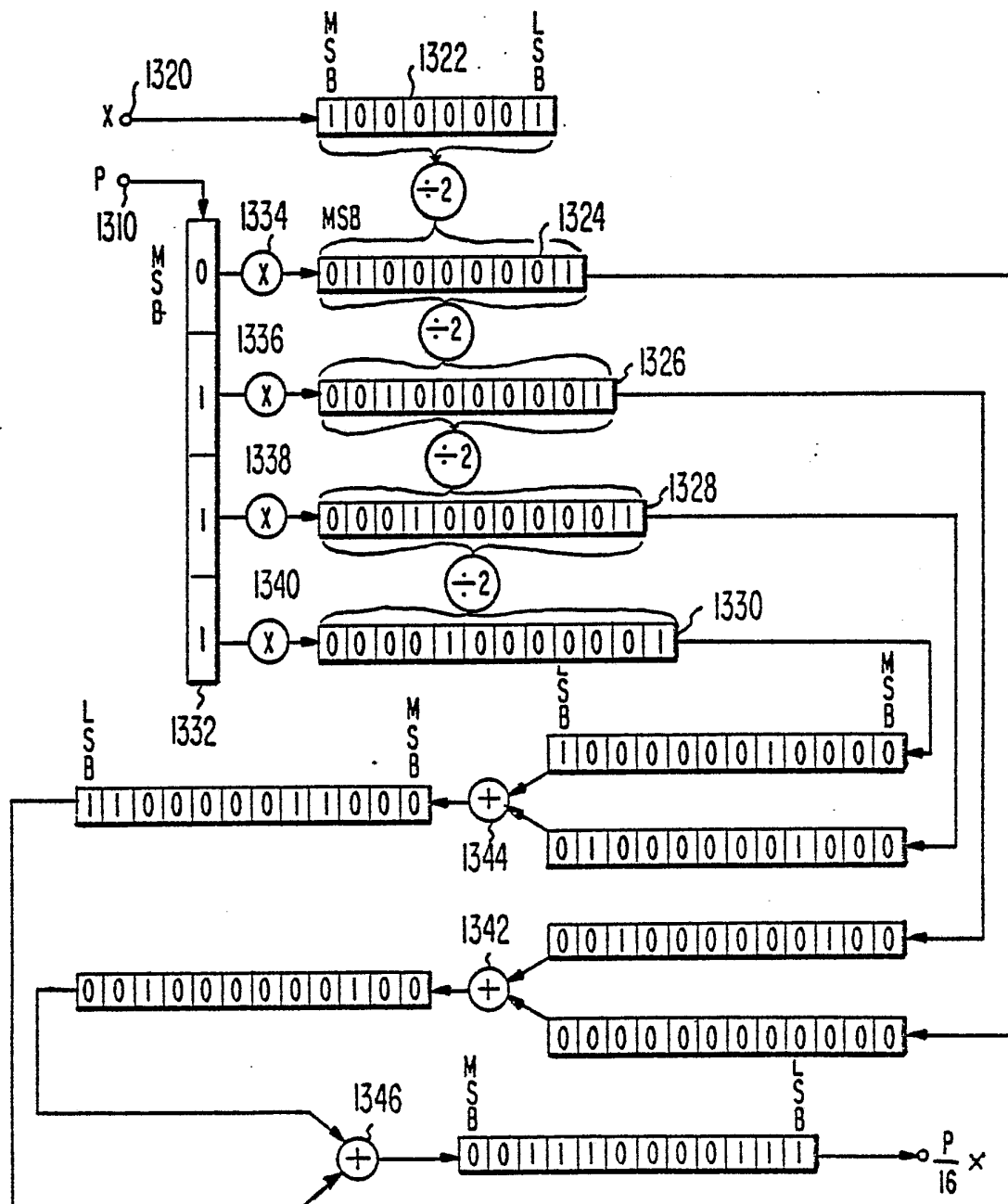


Fig. 13

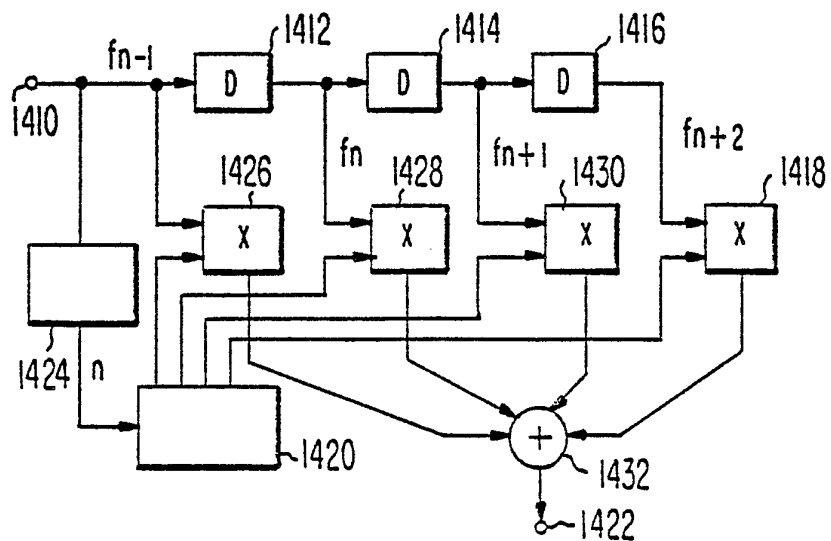


Fig. 14

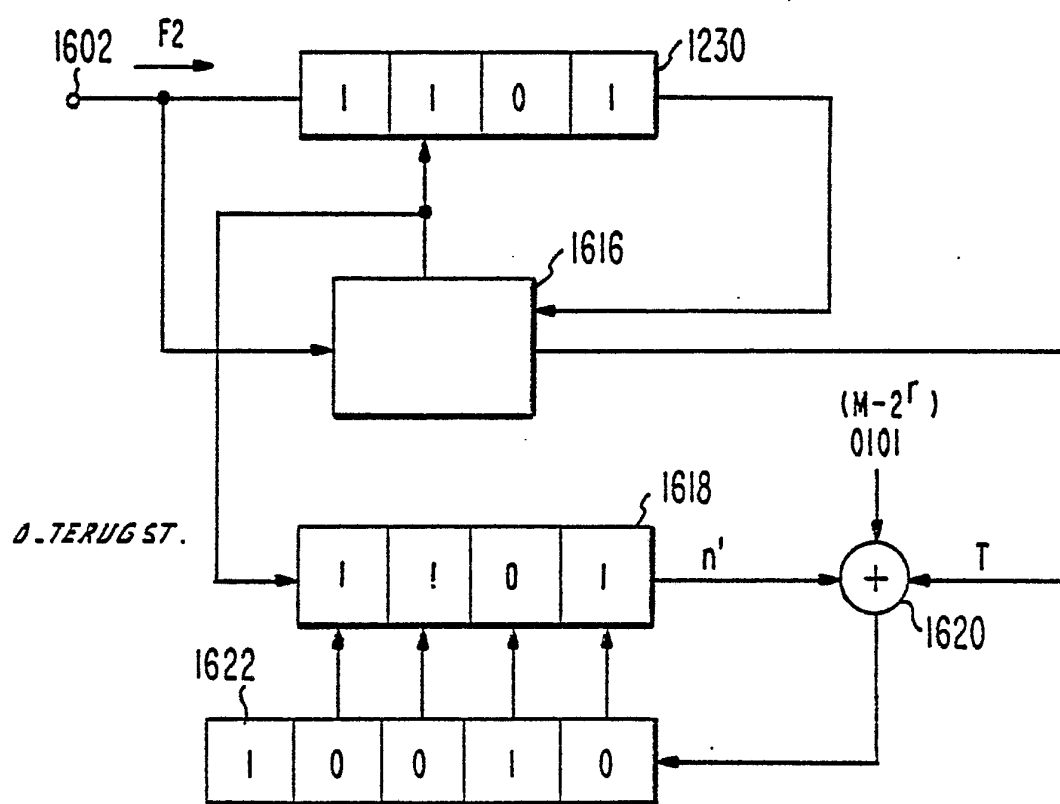


Fig.16