



⑫ A **Terinzagelegging** ⑪ **8304210**

Nederland

⑲ NL

-
- ⑤4 **Digitaal impulscompressiefilter.**
⑤1 Int.Cl.: H03H 17/00, G01S 13/28.
⑦1 Aanvrager: Hollandse Signaalapparaten B.V. te Hengelo.
⑦4 Gem.: Mr.Drs. W.E.M. ten Cate c.s.
Zuidelijke Havenweg 40
7554 RR Hengelo (O).

-
- ②1 Aanvraag Nr. 8304210.
②2 Ingediend 7 december 1983.
③2 --
③3 --
③1 --
③2 --

-
- ④3 Ter inzage gelegd 1 juli 1985.

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

Digitaal impulscompressiefilter

De uitvinding heeft betrekking op een digitaal impulscompressiefilter voor een radar of sonar zend- en ontvangtoestel, dat is ingericht voor het genereren en uitzenden van frequentie-
5 gemoduleerde zendimpulsen, het ontvangen van echosignalen en het omvormen van deze signalen tot bemonsterde en gedigitaliseerde signalen.

Digitale impulscompressiefilters zijn in verschillende uitvoeringen bekend. In het U.S. octrooischrift 3,680,105 is een
10 impulscompressiefilter beschreven, waarbij gebruik wordt gemaakt van een frequentie-correlatieschakeling, waarin de complex geconjugeerde van de discrete Fourier getransformeerde van signalen, welke een van de zendimpuls afgeleide replica representeren, wordt vermenigvuldigd met de discrete Fourier getransformeerde van de bemonsterde en
15 gedigitaliseerde echosignalen, waarna uit het verkregen produkt-sig-naal, via een inverse discrete Fouriertransformatie de gecomprimeerde impuls wordt verkregen. De voor de discrete Fouriertransformatie benodigde orthogonale componenten van het echosig-naal kunnen daarbij op bekende wijze door kwadratuurdetectie worden
20 verkregen, terwijl de orthogonale componenten van de voornoemde zendimpulsreplica representerende signalen eenmalig door berekening kunnen worden vastgesteld. In het U.S. octrooischrift 4,379,295 is een digitaal impulscompressiefilter beschreven waarbij de door kwadratuurdetectie verkregen orthogonale componenten van de echo-
25 signalen worden bemonsterd, gedigitaliseerd en toegevoerd aan een FFT-eenheid; de daarbij over de onderscheiden frequentieuitgangskanalen afgegeven signalen worden elk aan een specifieke vertraging onderworpen en samengevoegd tot een gecomprimeerde impuls. Deze impulscompressiefilters zijn echter bijzonder gecompliceerd,
30 terwijl in het laatstgenoemde impulscompressiefilter bovendien een juiste afstemming op de vorm van de zendimpuls niet goed mogelijk is. De uitvinding beoogt deze nadelen in sterke mate te verminderen.

Overeenkomstig de uitvinding is hiertoe de bemonsteringsfrequentie (f_s) gelijk aan ongeveer 4 maal de centerfrequentie (f_0) van
35 de bemonsterde en gedigitaliseerde signalen en groter dan ongeveer 2 maal de bandbreedte (Δf) van deze signalen, en is het impulscompressie-

8304210

filter voorzien van een tijd-correlatieschakeling, waaraan enerzijds de bemonsterde en gedigitaliseerde signalen worden toegevoerd en anderzijds signalen, welke een van de zendimpuls afgeleide replica representeren, en waarbij, ter verkrijging van de orthogonale componenten van de gecompriëerde impuls, één van beide typen aan de correlatieschakeling toegevoerde signalen wordt gecorreleerd met de orthogonale componenten van het andere type aan de correlatieschakeling toegevoerde signalen. Derhalve kunnen zowel de toegevoerde enkelvoudige, bemonsterde en gedigitaliseerde echosignalen worden gecorreleerd met de orthogonale componenten van de, de zendimpuls-replica representerende signalen, alswel de in het impulscompressie-filter te verkrijgen orthogonale componenten van de toegevoerde bemonsterde en gedigitaliseerde echosignalen worden gecorreleerd met de enkelvoudige, de zendimpuls representerende signalen.

In het laatstgenoemde geval dienen uit de bemonsterde en gedigitaliseerde echosignalen de orthogonale componenten daarvan te worden afgeleid. Dit kan geschieden met behulp van een tot het impulscompressiefilter behorend Hilbert-filter. Dit filter voegt aan de bemonsterde en gedigitaliseerde echosignalen een orthogonale component van deze signalen toe. De orthogonaliteit van de aldus verkregen signalen voldoet echter alleen dan aan de gewenste nauwkeurigheid, als dit filter, dat immers wordt uitgevoerd als een niet-recursief FIR-filter, een voor de praktijk te lange vertragingsovertrek omvat; eerst dan zal de rimpelwaarde in de doorlaatband en die in de sperband van het Hilbert-filter, welke waarden hier aan elkaar zijn gekoppeld, voldoende laag zijn, opdat de toegevoegde component met de reeds aanwezige rimpelvrije component in eniger mate orthogonaal is. Beter is om de bemonsterde en gedigitaliseerde signalen toe te voegen aan een tweetal tot het impulscompressiefilter behorende filters met orthogonale impulsresponsie. Deze filters kunnen als volgt worden verkregen: Uitgegaan wordt van een niet-recursief FIR-filter met een laagdoorlaat-karakteristiek, waarvan de impulsresponsies $h(n)$ worden verkregen volgens het "Remez Exchange Algorithm"; zie L.R. Rabiner and G. Gold "Theory and Application of Digital Signal Processing" (Prentice Hall, Inc., 1975), § 3.30 en appendix blz. 187-204. Laat de doorlaatband van

dit filter lopen $(k - \frac{1}{4})f_s$ tot $(k + \frac{1}{4})f_s$ en de sperband van $(k + \frac{1}{4})f_s$ tot $(k + \frac{3}{4})f_s$, met $k = \dots, -2, -1, 0, 1, 2, \dots$.

Door de impulsresponsies te vermenigvuldigen met een factor $e^{\frac{1}{2}jn\pi}$, zodat $h'(n) = h(n) \cdot e^{\frac{1}{2}jn\pi}$, wordt de frequentie-karakteristiek verschoven en wel zodanig, dat de doorlaatband loopt van kf_s tot $(k + \frac{1}{2})f_s$ en de sperband van $(k + \frac{1}{2})f_s$ tot $(k + 1)f_s$. Van de nieuwe impulsresponsies $h'(n)$ zijn de waarden voor n is even orthogonaal met die voor n is oneven. De even en oneven impulsresponsies bepalen nu de beide filters. De impulsresponsies van het ene filter zijn aldus $\dots, h'(-2), 0, h'(0), 0, h'(2), 0, h'(4), \dots$; die van het andere filter $\dots, h'(-3), 0, h'(-1), 0, h'(1), 0, h'(3), \dots$. Een nog voordeliger uitvoeringsvorm wordt verkregen door de beide filters met orthogonale impulsresponsie te integreren in de correlatieschakeling. De correlatieschakeling wordt dan gevormd door een tweetal niet-recursieve FIR-filters, aan elk waarvan de bemonsterde en gedigitaliseerde signalen worden toegevoerd en in elk waarvan deze toegevoerde signalen worden gecorreleerd met één van de beide orthogonale componenten van de, van de zendimpuls afgeleide replica. De beide, de correlatieschakeling vormende filters kunnen voorts zijn samengebouwd tot één enkel niet-recursief FIR-filter.

De uitvinding zal nu nader worden toegelicht aan de hand van de bijgaande figuren, waarvan:

Fig. 1 een deel van een radarontvangtoestel met digitaal impulscompressiefilter weergeeft;

Fig. 2 een frequentie-karakteristiek van de naar de middenfrequentie getransformeerde en vervolgens bemonsterde frequentie-gemoduleerde echosignalen;

Fig. 3 en 4 een tweetal uitvoeringsvoorbeelden van het digitaal impulscompressiefilter overeenkomstig de uitvinding;

Fig. 5A - 5F een aantal diagrammen ter toelichting van de werking van de in de fig. 3 en 4 weergegeven uitvoeringsvoorbeelden;

Fig. 6 - 8 een drietal, meer in detail uitgewerkte uitvoeringsvoorbeelden van het digitaal impulscompressiefilter overeenkomstig de uitvinding.

8304210

In fig. 1 is een deel van een radarontvangtoestel afgebeeld. Uit de middenfrequentversterker 1 en het hierop aangesloten bandfilter 2 worden de frequentiegemoduleerde, naar de middenfrequentie getransformeerde echosignalen verkregen.

- 5 De centerfrequentie van deze signalen is dan f_{IF} , hun bandbreedte Δf . In de schakeling 3 worden de middenfrequentsignalen bemonsterd met een frequentie f_s , waarna zij in de schakeling 4 worden gedigitaliseerd. De bemonsteringsfrequentie is dusdanig gekozen, dat hiermede een frequentieconversie wordt uitgevoerd, die resulteert in
- 10 bemonsterde en gedigitaliseerde signalen met een centerfrequentie $f_o = \frac{1}{4}f_s$. Voor de bandbreedte Δf van deze signalen geldt: $\Delta f \leq \frac{1}{4}f_s$. De uit de analoog-digitaal omzetter 4 komende signalen worden toegevoerd aan het digitaal impulscompressiefilter 5. In dit digitaal impulscompressiefilter vindt de tijdcorrelatie plaats met
- 15 het signaal R, dat een van de zendimpuls afgeleide replica voorstelt; het impulscompressiefilter 5 levert de orthogonale componenten I en Q van de gecomprimeerde impuls. In fig. 2 is een frequentie-karakteristiek van de bemonsterde en gedigitaliseerde signalen afgebeeld; de na het bemonsteren van de middenfrequentsignalen
- 20 verkregen grondfrequenties zijn gelegen in het frequentieinterval $[0, \frac{1}{4}f_s]$.

- Fig. 3 geeft een uitvoeringsvorm van het impulscompressiefilter, waarbij dit is opgebouwd uit een Hilbertfilter 6 en een tijdcorrelator 7. Aan het ingangssignaal van het impulscompressie-
- 25 filter wordt m.b.v. het Hilbert-filter een orthogonale component toegevoegd, waarna de verkregen componenten worden gecorreleerd met de, van de zendimpuls afgeleide replica R. Fig. 4 geeft een uitvoeringsvorm van het impulscompressiefilter, waarbij dit is opgebouwd uit twee niet-recursieve FIR-filters met een onderling
- 30 orthogonale impulsresponsie 8 en 9 en de tijdcorrelator 7. De m.b.v. de twee filters verkregen orthogonale componenten worden weer gecorreleerd met het signaal R. De resultaten, die bij gebruik van een Hilbert-filter enerzijds en die bij gebruik van twee filters met orthogonale impulsresponsie anderzijds worden behaald,
- 35 kunnen worden vergeleken aan de hand van de figuren 5A - 5F.

8304210

De ideale amplitude-frequentiekarakteristiek in het interval $[0, f_s]$ van een digitaal filter, met behulp waarvan uit een signaal $f(t)$ de orthogonale component $g(t)$, d.i. de Hilbert-getransformeerde van $f(t)$ met $g(t) = f(t) * (-\frac{1}{\pi t})$, hiervan, wordt

5 verkregen, is in fig. 5A met 10 aangegeven. De ideale karakteristiek voor het signaal $f(t) + jg(t)$ is in fig. 5B met 11 aangegeven. Het ideale Hilbert-filter is oneindig lang; in de praktijk wordt echter een niet-recursief FIR-filter gebruikt met uiteraard een beperkte vertragingssketen. De amplitude-frequentiekarakteristiek

10 van het filter is dan als in fig. 5C met 12 aangegeven. De rimpel is in beide intervallen $[0, \frac{1}{2}f_s]$ en $[\frac{1}{2}f_s, f_s]$ gelijk en afhankelijk van de lengte van de in het filter toegepaste vertragingssketen. De karakteristiek voor het signaal $f(t) + jg(t)$ wordt nu als in fig. 5D met 13 aangegeven. In de doorlaat- en in de sperband is de

15 rimpel gelijk. Naarmate de rimpel groter is, zijn de signalen $f(t)$ en $g(t)$ minder orthogonaal t.o.v. elkaar. Een betere orthogonaliteit van de signalen $f(t)$ en $g(t)$ is te verkrijgen bij gebruik van een tweetal filters met orthogonale impulsresponsies. De amplitude-frequentiekarakteristiek van deze filters is in fig. 5E met 14 en

20 15 aangegeven. Daar ook deze filters worden gevormd door een niet-recursief FIR-filter, vertonen ook zij een van de lengte van de vertragingssketen afhankelijke rimpel; de rimpels zijn echter in zeer sterke mate, althans rond de frequentiewaarden $\frac{1}{4}f_s$ en $\frac{3}{4}f_s$, aan elkaar aangepast en wel zodanig, dat de karakteristiek van het

25 signaal $f(t) + jg(t)$, zoals deze in fig. 5E met 16 is aangegeven, een vrijwel rimpelloze sperband laat zien, hetgeen een grote onderlinge orthogonaliteit tussen de signalen $f(t)$ en $g(t)$ impliceert.

De in de fig. 6-8 afgebeelde uitvoeringsvoorbeelden geven allen een impulscompressiefilter weer, waarbij het ingangssignaal wordt gecorreleerd met de beide orthogonale componenten I_R , Q_R van de, van de zendimpuls afgeleide replica R . Evenals de replica zelf kunnen deze componenten I_R en Q_R eenmalig door berekening worden vastgesteld en derhalve zowel apart aan het impulscompressiefilter worden toegevoerd, zoals weergegeven in het,

35 in fig. 6 afgebeelde uitvoeringsvoorbeeld, alswel in, tot het impuls-

8304210

compressiefilter behorende geheugenmiddelen worden gebracht, zoals weergegeven in de, in de fig. 7 en 8 afgebeelde uitvoeringsvoorbeelden. Afzonderlijke filters ter verkrijging van de orthogonale componenten van het signaal R zijn in deze uitvoeringsvoorbeelden overbodig; het impulscompressiefilter bestaat hier enkel en alleen uit een tijd-correlatieschakeling. Alhoewel deze tijd-correlatieschakeling kan worden gevormd door een tweetal afzonderlijke niet-recursieve FIR-filters, is het voordeliger deze beide filters tot één enkel niet-recursief FIR-filter samen te bouwen en door een juiste tijdsturing de werking van twee filters te verwezenlijken. In de, in de fig. 6-8 afgebeelde uitvoeringsvoorbeelden wordt het impulscompressiefilter dan ook gevormd door één enkel niet-recursief FIR-filter.

Het in fig. 6 afgebeelde impulscompressiefilter omvat een uit N elementen 17 samengestelde vertragingsketen. Elk van de N+1 aftakpunten van deze vertragingsketen is aangesloten op een corresponderende vermenigvuldigerschakeling 18. Aan elk van deze vermenigvuldigerschakelingen 18 wordt tevens via de schakelaar 19 in digitale vorm een bepaald getal toegevoerd. Deze getallen stellen tesamen hetzij de waarde van de component I_R , hetzij de waarde van de component Q_R voor. De schakelaar 19 wordt bediend met een frequentie, die twee keer zo groot is als de frequentie waarmee de signalen door de vertragingsketen worden geschoven, d.i. de impulsherhalingsfrequentie van het radar of sonar zend- en ontvangsttoestel. Hiermede wordt bereikt, dat alle van de aftakpunten afkomstige signalen worden vermenigvuldigd zowel met een reeks getallen, die de waarde van de component I_R voorstelt, alswel met een reeks getallen, die de waarde van de component Q_R voorstelt. Op deze wijze worden in een tijd, overeenkomend met de vertragings-tijd van een der elementen 17, d.i. de doorschuiftijd, twee reeksen van produktwaarden gevormd. Uit deze twee reeksen worden in de optelschakeling 20 twee somwaarden gevormd. De telkenmale na een halve, resp. na een hele doorschuiftijd verschijnende somwaarden worden beurtelings toegevoerd aan de registers 21 en 22. De in deze registers geschreven waarden stellen de beide orthogonale componenten I en Q van de gecomprimeerde impuls voor.

8304210 . .

De te bemonsteren, te digitaliseren en aan de impulscompressieschakeling toe te voeren frequentiegemoduleerde signalen kunnen worden beschreven door de relatie:

$$A(t) = A_0 \sin \left[2\pi \int (f_0 - \frac{1}{2}\Delta f + \Delta f \frac{t}{T}) dt \right],$$

- 5 waarbij een lineair verband tussen frequentie en tijd is aangenomen en buiten de reeds gedefinieerde waarden f_0 en Δf , A_0 een constante en T de impulsduur voorstelt. Daar de impuls wordt bemonsterd met een frequentie $f_s = 4f_0$ en het totale aantal monsters per impuls

gelijk is aan $N+1$, terwijl voorts $\beta = \frac{\Delta f}{2f_0}$, $t = \frac{k}{4f_0}$, en $T = \frac{N}{4f_0}$,

- 10 kan de amplitude van het signaalmonster $A(n)$ worden voorgesteld door:

$$A(k) = A_0 \sin 2\pi \left\{ \frac{1}{4}k - \frac{1}{4}\beta k \cdot \frac{N-k}{N} \right\}$$

en die van het signaalmonster $A(N-k)$ derhalve door:

$$A(N-k) = A_0 \sin 2\pi \left\{ \frac{1}{4}N - \frac{1}{4}k - \frac{1}{4}\beta k \cdot \frac{N-k}{N} \right\}.$$

Uit deze beide relaties volgt, als N althans een even getal is, dat

- 15 $A(N-k) = (-1)^{\frac{1}{2}N+k} A(k).$

Wordt nu vervolgens bijv. N een door 4 deelbaar getal gekozen, dan geldt:

$$A(N-k) = (-1)^k A(k).$$

- Een zelfde relatie wordt eveneens verkregen indien de frequentiemodulatie niet lineair in de tijd is; in dat geval dient echter wel de
20 afwijking van het lineaire verband antisymmetrisch te zijn t.o.v. de frequentie f_0 . Laatstgenoemde relatie biedt de mogelijkheid de in fig. 6 afgebeelde uitvoeringsvorm van het impulscompressiefilter te vereenvoudigen tot de in fig. 7 afgebeelde uitvoeringsvorm.

- Deze uitvoeringsvorm omvat weer een uit N elementen 17 samengestelde
25 vertragingsketen. De aftakpunten k en $N-k$, met $k=0, 1, 2, \dots, \frac{1}{2}N-1$ zijn bij oplopende waarden van k om en om aangesloten op de ingangen van een optel-, resp. aftrekschakeling 23 resp. 24.

- De uitgangen van deze optel- en aftrekschakelingen zijn verbonden met vermenigvuldigerschakelingen 25. Het aftakpunt $\frac{1}{2}N$ is rechtstreeks
30 op een corresponderende vermenigvuldigerschakeling aangesloten.

De, de signalen I_R en Q_R vormende getallen, waarmee de uitgangs-

8304210

signalen van de optel- en aftrekschakelingen worden vermenigvuldigd zijn hier reeds in de vermenigvuldigschakelingen ingebrand, ofwel de vermenigvuldigschakelingen bevatten geheugenmiddelen waarin deze getallen kunnen worden ingebracht. Het aantal vermenigvuldigschakelingen is nu nagenoeg gehalveerd t.o.v. het aantal in de, in fig. 6 afgebeelde uitvoeringsvorm. De werking van het in fig. 7 afgebeelde uitvoeringsvoorbeeld is verder gelijk aan de in fig. 6 afgebeelde uitvoeringsvorm.

Een verdere vereenvoudiging is aangebracht in de in fig. 8 afgebeelde uitvoeringsvorm. De verdragingsketen is hier opgebouwd uit twee gelijktijdig werkzame delen, samengesteld uit vertragungselementen 26 resp. 27. Het aantal vertragungselementen in elk der delen is $\frac{1}{2}N$. Met behulp van de schakeling 28 wordt bereikt, dat de toegevoegde reeks signaalmonsters wordt opgesplitst in twee parallel door te schuiven reeksen signaalmonsters, te weten een reeks $A_0, A_2, A_4, \dots$ en een reeks $A_1, A_3, A_5, \dots$, waarbij evenals bij de in fig. 7 afgebeelde uitvoeringsvorm geldt dat $A(N-k) = (-1)^k A(k)$. Deze splitsing in twee afzonderlijke reeksen signaalmonsters maakt het mogelijk de aftakpunten van de beide delen van de verdragingsketen aan alleen optelschakelingen 29 toe te voeren, dit in tegenstelling tot de in fig. 7 afgebeelde uitvoeringsvorm. Weliswaar dient hiervoor dan tussen het $\frac{1}{4}N$ -de en $(\frac{1}{4}N+1)$ -de vertragungselement een inverterschakeling 30 te worden aangebracht. Een tweede gevolg van de splitsing van de reeks signaalmonsters in twee afzonderlijke reeksen is, dat de frequentie, waarmee de beide componenten I en Q worden verkregen gehalveerd kan worden. Overigens is de werking van ook deze uitvoeringsvorm gelijk aan die van de in fig. 6 en 7 afgebeelde uitvoeringsvormen.

Conclusies:

1. Digitaal impulscompressiefilter voor een radar of sonar zend- en ontvangtoestel, dat is ingericht voor het genereren en uitzenden van frequentie-gemoduleerde zendimpulsen, het ontvangen
5 van echosignalen en het omvormen van deze signalen tot bemonsterde en gedigitaliseerde signalen, met het kenmerk, dat de bemonsteringsfrequentie (f_s) gelijk is aan ongeveer 4 maal de centerfrequentie (f_0) van de bemonsterde en gedigitaliseerde signalen en groter dan ongeveer 2 maal de bandbreedte (Δf) van deze signalen, en dat
10 het impulscompressiefilter is voorzien van een tijdcorrelatieschakeling, waaraan enerzijds de bemonsterde en gedigitaliseerde signalen worden toegevoerd en anderzijds signalen, welke een van de zendimpuls afgeleide replica representeren, en waarbij, ter verkrijging van de orthogonale componenten van de gecomprimeerde
15 impuls, één van beide typen aan de correlatieschakeling toegevoerde signalen wordt gecorreleerd met de orthogonale componenten van het andere type aan de correlatieschakeling toegevoerde signalen.
2. Digitaal impulscompressiefilter volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat een Hilbert-filter aanwezig is, met behulp waar-
20 van de orthogonale componenten van de bemonsterde en gedigitaliseerde signalen wordt verkregen, welke componenten worden gecorreleerd met de, de van de zendimpuls afgeleide replica representerende signalen.
3. Digitaal impulscompressiefilter volgens conclusie 1, met
25 het kenmerk, dat een tweetal filters met orthogonale impulsresponsie aanwezig is, met behulp waarvan de orthogonale componenten van de bemonsterde en gedigitaliseerde signalen worden verkregen, welke componenten worden gecorreleerd met de, de van de zendimpuls afgeleide replica representerende signalen.
- 30 4. Digitaal impulscompressiefilter volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat de correlatieschakeling wordt gevormd door een tweetal niet-recursieve FIR-filters, aan elk waarvan de bemonsterde en gedigitaliseerde signalen worden toegevoerd en in elk

8304210

waarvan deze toegevoerde signalen worden gecorreleerd met één van de beide orthogonale componenten van de, van de zendimpuls afgeleide replica.

5. Digitaal impulscompressiefilter volgens conclusie 4, met
5 het kenmerk, dat de beide, de correlatieschakeling vormende filters zijn samengebouwd tot één enkel niet-recursief FIR-filter.
6. Digitaal impulscompressiefilter volgens conclusie 5, waarbij de, deel van het laatstgenoemde niet-recursieve FIR-filter uitmakende vertragingsketen is samengesteld uit N elementen, met
10 het kenmerk, dat elk van de $N+1$ aftakpunten van deze vertragingsketen is gekoppeld aan een corresponderende vermenigvuldigschakeling, waarin de hieraan toegevoerde signalen afwisselend worden vermenigvuldigd met een waarde, die wordt bepaald door de ene component van de, van de zendimpuls afgeleide replica en een
15 waarde, die wordt bepaald door de andere component van de, van de zendimpuls afgeleide replica, en waarbij de gesommeerde uitgangssignalen van de vermenigvuldigschakelingen afwisselend één der orthogonale componenten van de gecomprimeerde impuls voorstellen.
7. Digitaal impulscompressiefilter volgens conclusie 6, met
20 het kenmerk, dat de aftakpunten k en $N-k$, met $k=0, 1, 2, \dots, \frac{1}{2}N-1$, bij oplopende waarden van k om en om zijn aangesloten op de ingangen van een optel- en aftrekschakeling, van welke schakelingen elk der uitgangen is verbonden met de ingang van een corresponderende vermenigvuldigschakeling, terwijl het aftakpunt $\frac{1}{2}N$ rechtstreeks
25 is aangesloten op een corresponderende vermenigvuldigschakeling.
8. Digitaal impulscompressiefilter volgens conclusie 6, met het kenmerk, dat de vertragingsketen is opgebouwd uit twee gelijktijdig werkzame delen, waarbij zowel het eerste alswel het tweede deel is samengesteld uit $\frac{1}{2}N$ elementen, het tweede deel een tussen
30 het $\frac{1}{4}N$ -de en $(\frac{1}{4}N+1)$ -de element aangebrachte inverterschakeling omvat, de aftakpunten k en $\frac{1}{2}N-k$, met $k=0, 1, 2, \dots, \frac{1}{4}N-1$, van beide delen zijn aangesloten op de ingangen van een optelschakeling, van welke optelschakelingen elk der uitgangen is verbonden met de

8304210

ingang van een corresponderende vermenigvuldigschakeling, terwijl het aftakpunt $\frac{1}{4}N$ van het eerste deel rechtstreeks is aangesloten op een corresponderende vermenigvuldigschakeling.

8304210

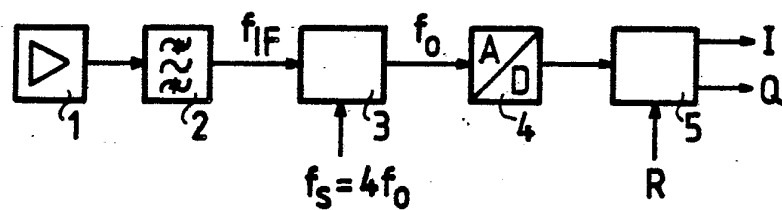


Fig. 1

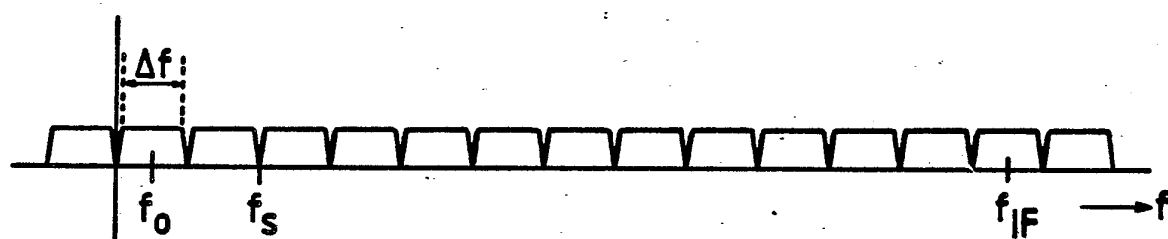


Fig. 2

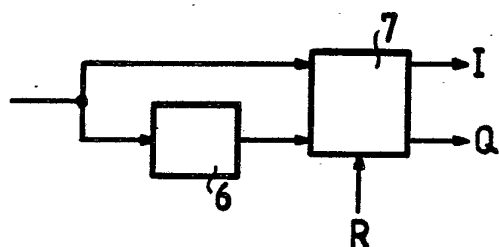


Fig. 3

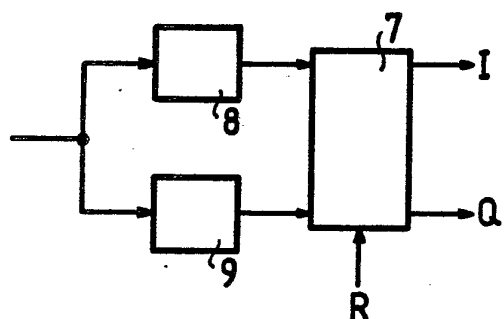


Fig. 4

Fig. 5A

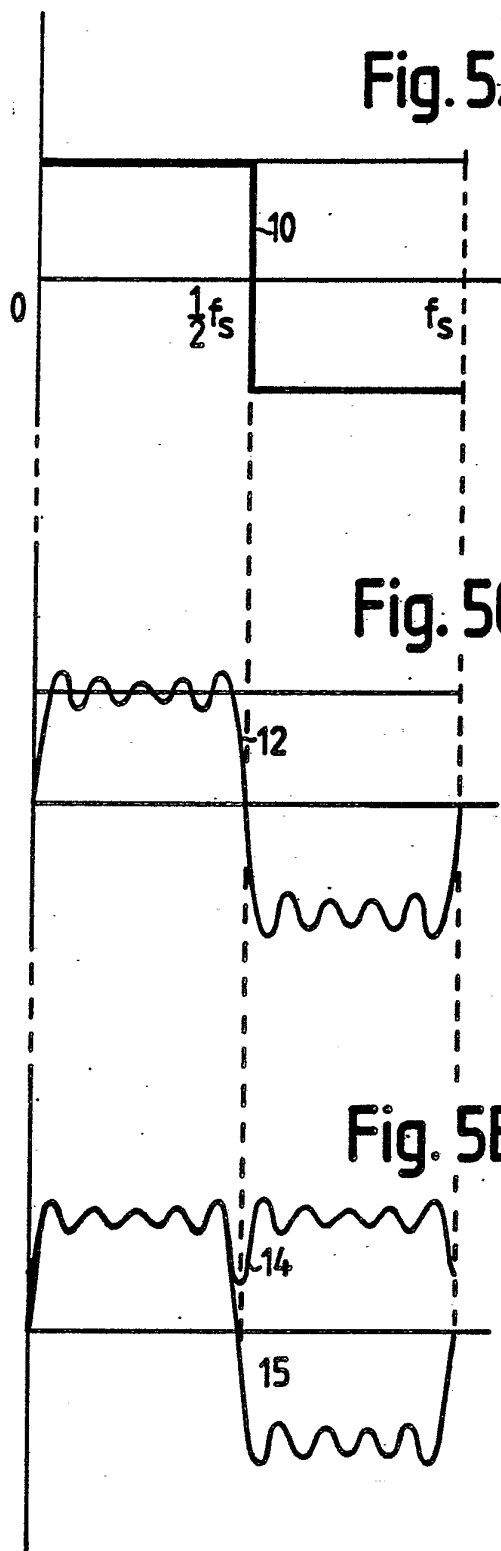


Fig. 5B

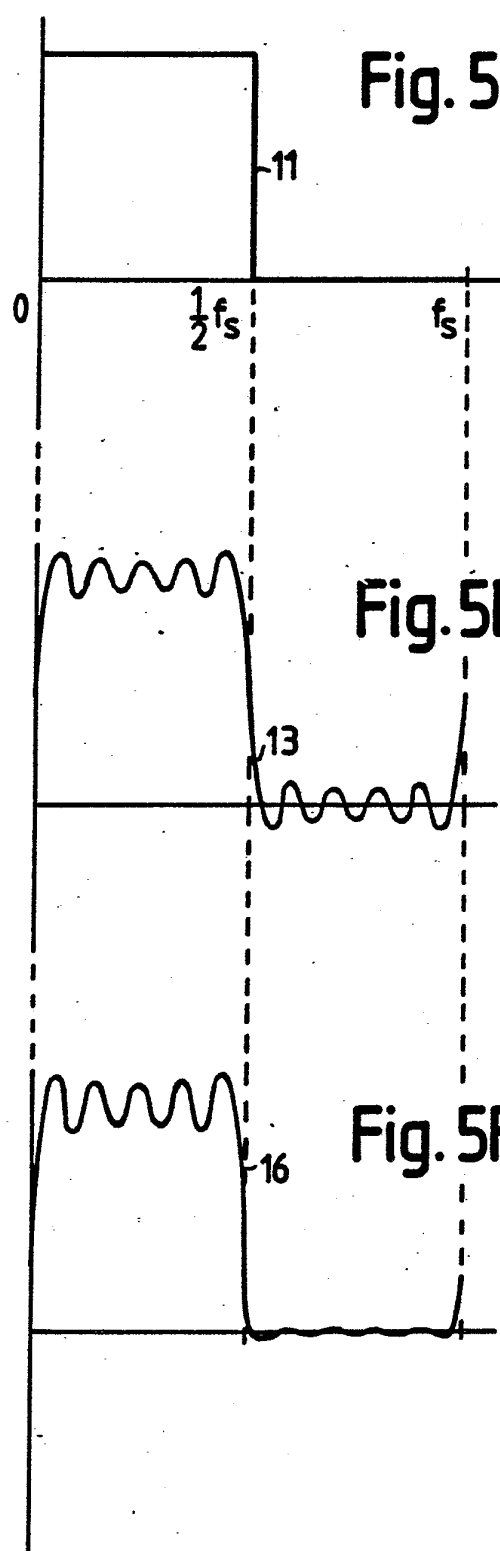


Fig. 5C

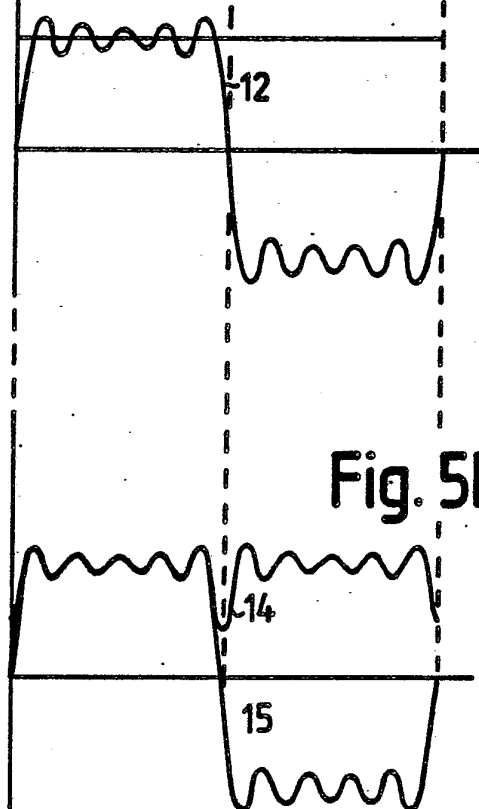


Fig. 5D

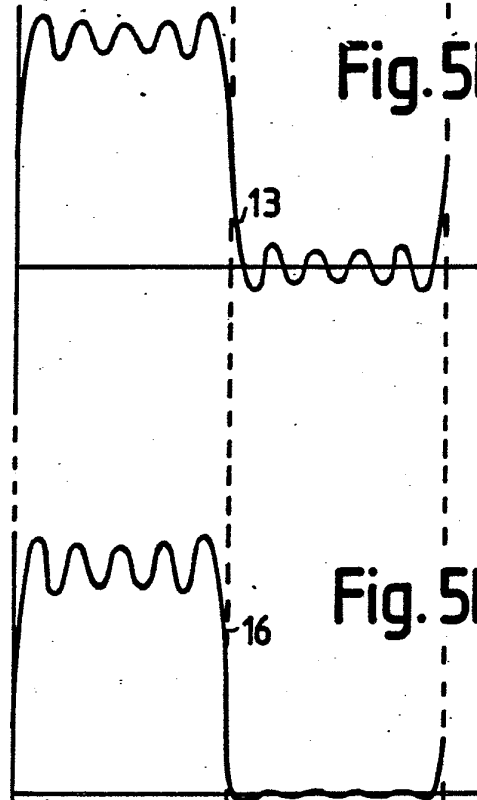


Fig. 5E

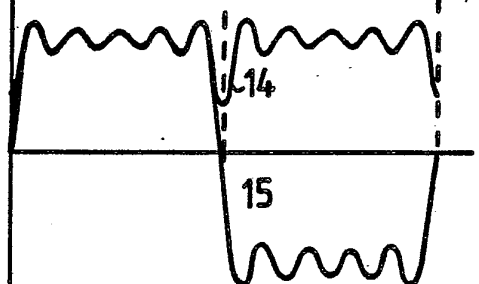
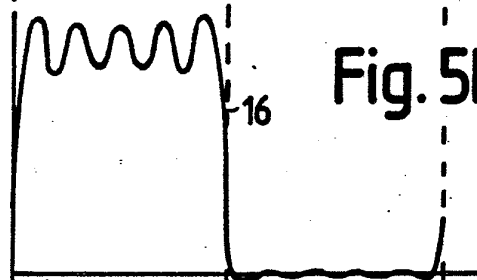


Fig. 5F



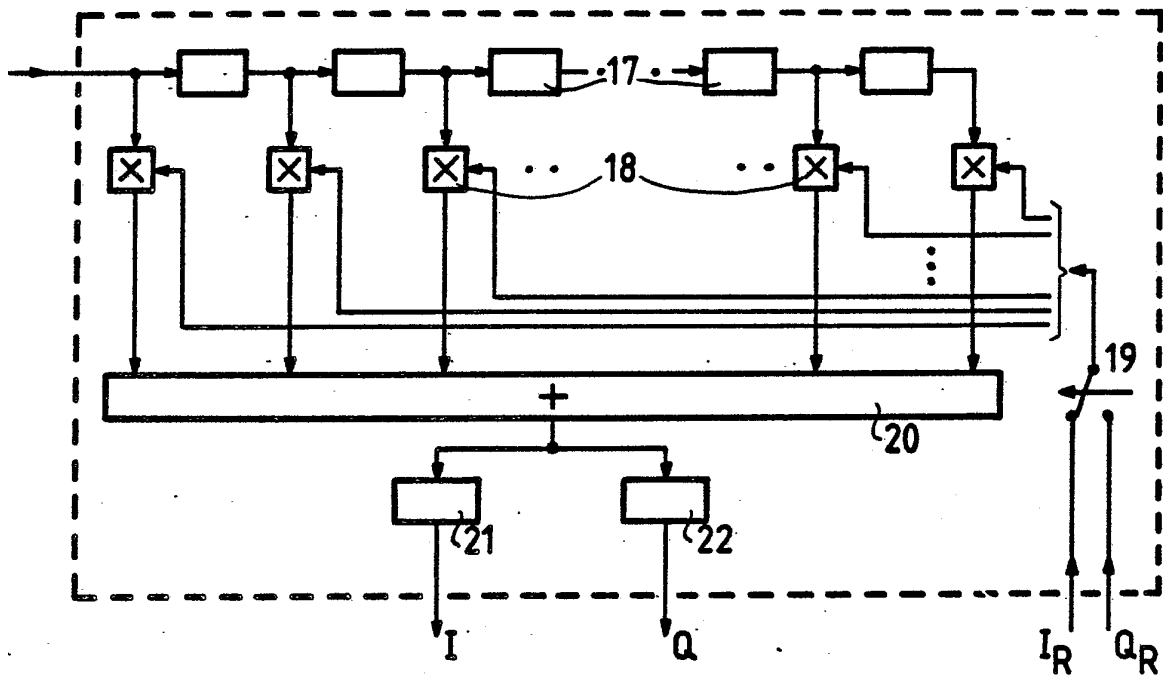


Fig. 6

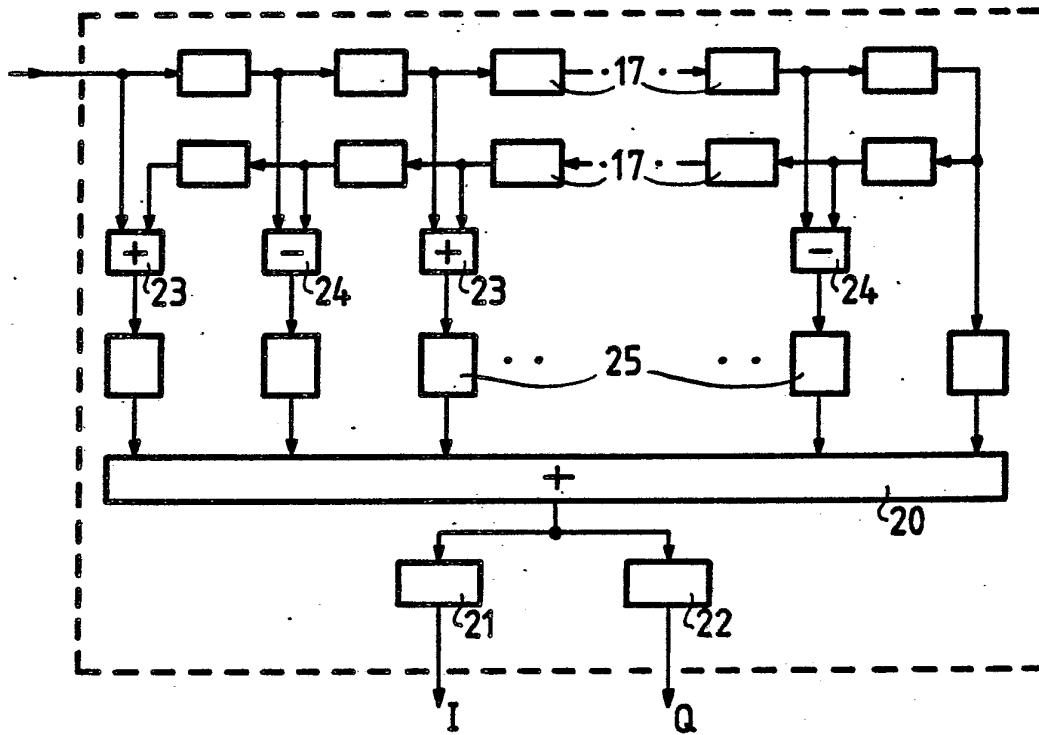


Fig. 7

8304210

8304210

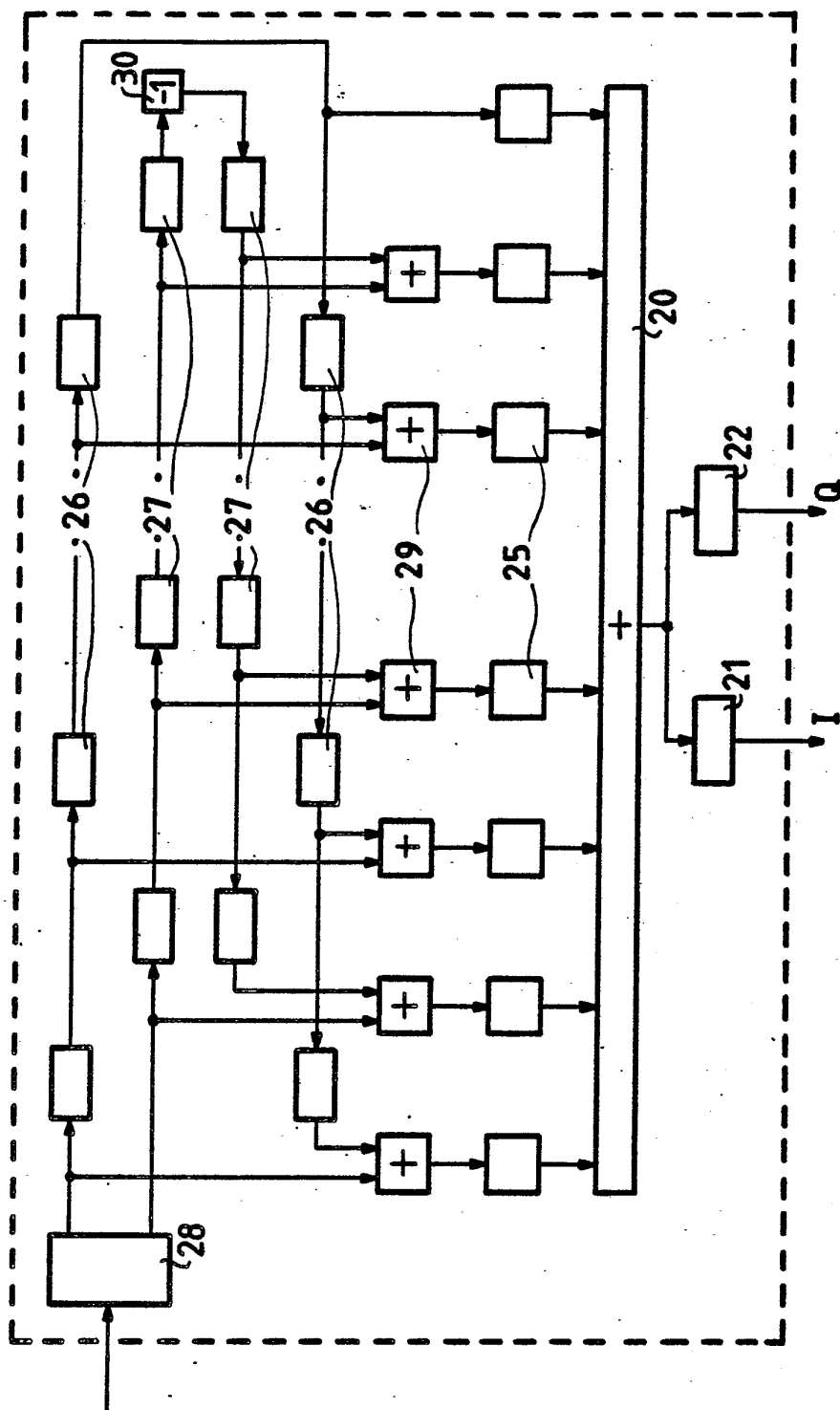


Fig. 8