

(19) DANMARK



Patentdirektoratet
TAASTRUP

(12) FREMLÆGGELSESSKRIFT

(11) 163468 B

(21) Patentansøgning nr.: 0669/84

(51) Int.Cl.5

H 03 H 17/02

(22) Indleveringsdag: 14 feb 1984

(41) Alm. tilgængelig: 26 sep 1984

(44) Fremlagt: 02 mar 1992

(86) International ansøgning nr.: -

(30) Prioritet: 25 mar 1983 EP 83102968

(71) Ansøger: *ANT Nachrichtentechnik GmbH; Gerberstrasse 33; D-7150 Backnang, DE

(72) Opfinder: Helmut *Scheuermann; DE

(74) Fuldmægtig: Internationalt Patent-Bureau

(54) Kredsløb til efterligning af resistive elementar-toporte til anvendelse i bølgedigitalfiltre

(56) Fremdragne publikationer

(57) Sammendrag

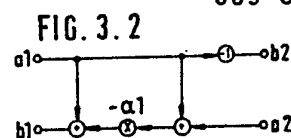
669-84

Der angives et kredsløb til efterligning af resistive elementar-toporte til anvendelse i bølgedigitalfiltre, i hvilket der findes en bølgetoport med ind- og udgangsporte, over hvilke der optræder ind- og udgangssignaler, og hvor mindst én af de to porte som udgangssignal eller i det mindste som del deraf får tilført:

1. Den ved hjælp af en multiplikator negativt skalerede sum af de to portes to indgangssignaler eller
2. sumsignalet af den ene ports indgangssignal og den anden ports negativt skalerede indgangssignal.

Kredsløbet nødvendiggør færre additionsled og multiplikatorer, således at der som følge af de sidstnævnte også kan opnås gunstigere størrelsesforhold.

669-84



DK 163468 B

Opfindelsen angår et kredsløb til efterligning af resistive elementar-toporte til anvendelse i bølgedigitalfiltre.

Bølgedigitalfiltre er eksempelvis blevet kendt gennem tysk offentliggørelsesskrift nr. 20 27 303. Som filterbasiskredsløb tjener en sædvanlig LC-kreds for analogsignaler, fortrinsvis som afledet kredsløb, hvorhos selvinduktioner og kapaciteter er udformet som løbetidsbehæftede énportkredse og ledningselementer som løbetidsbehæftede toportkredse, og hvor tomgang, kortslutning, modstand, modstandsfrige og -behæftede kilder er udformet som løbetidsfrige énportkredse og transformatorer, gyratorer, cirkulatorer som løbetidsfrige flerportkredse, og hvor énport- og flerportkredsene er sammenkoblet på tilsvarende måde ved hjælp af adaptere. Resistive indbyrdes reciprokke elementar-toporte som vist i fig. 7a og b realiseres som treport-serie- hhv. paralleladaptere med en bølgemodtager på udgangen af den tilsvarende port, se fig. 7c og d.

Den foreliggende opfindelse har til opgave at realisere et kredsløb, som gør det muligt på væsentligt enklere måde at realisere bølgedigitalfiltre, hvis transmittans ikke har nulsteder, som ligger på enhedscirklen.

Løsningen opnås med de midler, der er angivet i den kendetegnende del af kravene 1 og 9.

Ganske vist fremgår af fig. 15 i det forannævnte offentliggørelsesskrift en lignende digital filterstruktur, men fig. 15 viser en mulig realisering af en toportadapter til sammenkobling af to porte med portmodstande R_1 hhv. R_2 ifølge fig. 14a hhv. 14b.

Kredsløbet ifølge opfindelsen kræver væsentligt færre additionsled og multiplikatorer. Optimale udformninger fremgår af underkravene. I disse optimale udformninger kræves der kun én multiplikator. Da multiplikatorer som følge af den endelige signalordlængde i

rekursive filtre, hvortil også bølgedigitalfiltrene skal regnes, nødvendigvis forårsager en støjlyd, bliver også støjforholdene væsentligt gunstigere i kredsløbene ifølge opfindelsen. Kredsløbet ifølge opfindelsen tillader på fordelagtig måde realiseringen af dæmningsmodforvrængere.

Som følge af den endelige signalordlængde, navnlig i smalbandede modforvrængere hhv. filtre, optræder der ustabiliteter, såkaldte grænsecyklussvingninger, hvorved forstås parasitsvingninger, hvis årsag ligger i begrænsningen af de i filtret disponible cifferantal for de tal, der skal bearbejdes som elektriske signalstørrelser (afrunding af et multiplikationsresultat til det oprindelige cifferantal) og dermed har en ulineær virkning. Disse grænsecykler lader sig almindeligvis ikke fuldstændigt eliminere ved realiseringen af digitalfiltre, navnlig ved den direkte realisering af filtre og modforvrængere af højere grad, (se H.W. Schlüssler "Digitale Systeme zur Signalverarbeitung", Springer-Verlag Berlin, Heidelberg og New York, 1973). Kredsløbet ifølge opfindelsen kan derimod sikre en fuldstændig stabilitet, hvis man træffer de i tysk fremlæggelsesskrift nr. 24 18 923 foreslåede forholdsregler. I de fleste tilfælde er disse forholdsregler til sikring af stabiliteten imidlertid slet ikke nødvendige, fordi modforvrængerne hhv. filtrene ifølge opfindelsen som følge af den yderligere inddragning af resistive toporte har en stærkt pseudopassiv funktion.

Nu følger beskrivelsen på grundlag af figurerne. Figurerne 1-6 viser realiseringen af forskellige resistive elementar-toporte ved hjælp af bølgestrømdiagrammer. Fig. 7 viser som nævnt i det foranstående to indbyrdes reciproke resistive elementar-topoler og deres realisering ifølge teknikens stand. Fig. 8 viser slutelig et udførelseseksempel på et bølgedigitalfilter, idet fig. 8a viser referencefiltret og fig. 8b viser den tilhørende realisering af bølgedigitalfiltret.

I tabel 1 og tabel 2 findes en sammenstilling af den mulige realisering af modstands- hhv. ledningsevne-elementar-toporte, hvorhos den venstre spalte angiver den tilhørende figur, den efterfølgende spalte den symbolske skrivemåde, den efterfølgende spalte værdierne af multiplikatorcoefficients og sluttelig de to sidste spalter matricerne spredningsmatriks $\underline{S}$ hhv. overføringsmatriks $\underline{T}$.

I fig. 1 ses indgangsporten a_1 , b_1 og udgangsporten a_2 , b_2 . De to indgangssignaler a_1 , a_2 sammenfattes over et første additionsled S_1 og bliver derefter ved hjælp af to multiplikatorer skaleret negativt med $-\alpha_1$ og $-\alpha_2$. Det med $-\alpha_1$ skalerede sumsignal bliver ved hjælp af et yderligere additionsled sammenfattet med indgangsporten a_1 's indgangssignal og tilført indgangsportens udgangssignal b_1 og ved hjælp af et fjerde additionsled sammenfattet med det $-\alpha_2$ skalerede sumsignal og derpå inverteret ved hjælp af en inverter I tilført udgangsporten b_2 's udgangssignal. I overensstemmelse med de enkelte værdier af spredningsmatriksen $\underline{S}$ fremgår de to udgangssignalers afhængigheder af indgangssignalerne $S_{11} = 1 - \alpha_1$, $S_{12} = -\alpha_1$, $S_{21} = \alpha_2 - (1 - \alpha_1)$, og $S_{22} = \alpha_1 + \alpha_2$ af figuren. På tilsvarende måde er de andre kredsløb opbygget. Fig. 2 viser det samme kredsløb som fig. 1, idet blot indgangsog udgangsporten er ombyttet. I fig. 3 bliver de to indgangssignaler a_1 , a_2 sammenfattet ved hjælp af et første additionsled og derpå skaleret negativt ved hjælp af to multiplikatorer $-\alpha_1$ og $-\alpha_3$. De således skalerede sumsignaler bliver derefter hver især ved hjælp af yderligere addere sammenfattet med udgangsportens indgangssignal a_2 hhv. indgangsportens indgangssignal a_1 og som udgangssignal b_2 hhv. b_1 tilført udgangsporten hhv. indgangsporten. Kredsløbet i fig. 1.1 lader sig aflede af kredsløbet i fig. 1, hvis porten 1 vælges reflektionsfri, dvs. hvis der

for α_1 sættes værdien 1. Fig. 2.2 viser det samme kredsløb som 1.1 blot med ombyttede porte. På tilsvarende måde lader realiseringen i fig. 1.2 sig aflede af fig. 1, hvis α_2 sættes = 1. Det samme kredsløb med om-

5 byttede porte vises i fig. 2.1. Fig. 3.1 kan frembringes ud fra fig. 3 for $\alpha_1 = 1$ (port 1 er reflektionsfri), og fig. 3.2 kan opnås ud fra 3.1 ved portombytning.

Figurerne 4, 5 og 6 viser den digitale realisering af de i forhold til figurerne 1-3 reciproke resistive elementar-toporte. I fig. 4 bliver indgangsportens inverterede indgangssignal a_1 og udgangsporten a_2 's indgangssignal adderet ved hjælp af et additions-

10 led, derpå skaleret med en multiplikator $-\alpha_1$ og ved hjælp af et yderligere additionsled opsummeret med udgangsportens ved hjælp af en anden multiplikator $-\alpha_2$ skalerede indgangssignal a_2 til udgangssignalet b_2 . Dette udgangssignal b_2 bliver desuden sammenfattet med indgangsportens inverterede indgangssignal a_1 ved

15 hjælp af et tredje additionsled til indgangsportens udgangssignal b_1 . Kredsløbet i fig. 5 opnår man ud fra kredsløbet i fig. 4 ved ombytning af ind- og udgangsport. I fig. 6 ses det, at de to indgangssignaler a_1 , a_2 inverteres ved hjælp af to invertere, derpå

25 skales negativt ved hjælp af to multiplikatorer $-\alpha_1$ og $-\alpha_3$ og summeres. Sumsignalet bliver ved hjælp af to addere dels kombineret med indgangsportens inverterede indgangssignal til dens udgangssignal b_1 , dels kombineret med udgangsportens inverterede indgangssig-

30 nal a_2 til dens udgangssignal b_2 . Kredsløbet i fig. 4.1 opnår man fra kredsløbet i fig. 4 for $\alpha_1 = 1$. Kredsløbet i fig. 5.2 opnår man igen ud fra kredsløbet i fig. 4.1 ved ombytning af portene. Kredsløbet i fig. 4.2 opnår man ligeledes ud fra kredsløbet i fig. 4, idet α_2 vælges til 1. Ved portombytning derudfra

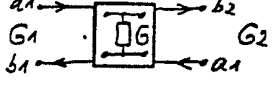
35 kredsløbet i fig. 5.1. Kredsløbet i fig. 6.1 kan opnås

ud fra kredsløbet i fig. 6, idet $a_1 = 1$. Spejlbilled-
ligt dertil er igen fig. 6.2 (indgangs- hhv. udgangs-
portombytning). Fig. 8 viser sluttelig et udførelsesek-
sempel på et bølgedigitalfilter, hvor fig. 8a viser det
5 analoge referencefilter og fig. 8b den tilhørende digi-
tale realisering.

Tabel 1

Fig	Symbol	α	$\underline{S}$	$\underline{I}$
x		$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$	$\begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \end{pmatrix} = \underline{S} \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} b_1 \\ a_1 \end{pmatrix} = \underline{T} \begin{pmatrix} a_2 \\ b_2 \end{pmatrix}$
1	"	$\alpha_1 = \frac{2R_1}{R_1 + R_2 + R}$ $\alpha_2 = \frac{R - (R_1 + R_2)}{R_1 + R_2 + R}$	$\begin{pmatrix} 1 - \alpha_1 & -\alpha_1 \\ \alpha_2 - (1 - \alpha_1) & \alpha_1 + \alpha_2 \end{pmatrix}$	$\frac{1}{1 + \alpha_1 + \alpha_2} \begin{pmatrix} -\alpha_2 & 1 - \alpha_1 \\ -\alpha_1 - \alpha_2 & 1 \end{pmatrix}$
2	"	$\alpha_2 = \frac{R - (R_1 + R_2)}{R_1 + R_2 + R}$ $\alpha_3 = \frac{2R_2}{R_1 + R_2 + R}$	$\begin{pmatrix} \alpha_2 + \alpha_3 & 1 + \alpha_2 + \alpha_3 \\ -\alpha_3 & 1 - \alpha_3 \end{pmatrix}$	$\frac{1}{\alpha_3} \begin{pmatrix} \alpha_2 & -\alpha_2 - \alpha_3 \\ 1 - \alpha_3 & -1 \end{pmatrix}$
3	"	$\alpha_1 = \frac{2R_1}{R_1 + R_2 + R}$ $\alpha_3 = \frac{2R_2}{R_1 + R_2 + R}$	$\begin{pmatrix} 1 - \alpha_1 & -\alpha_1 \\ -\alpha_3 & 1 - \alpha_3 \end{pmatrix}$	$\frac{1}{\alpha_3} \begin{pmatrix} 1 - \alpha_1 - \alpha_3 & -(1 - \alpha_1) \\ 1 - \alpha_3 & -1 \end{pmatrix}$
1.1		$R_1 = R_2 + R$ $\alpha_2 = \frac{R}{R_1} = \frac{R}{R_2 + R}$	$\begin{pmatrix} 0 & -1 \\ \alpha_2 - 1 & \alpha_2 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} -1 & 0 \\ \frac{\alpha_2}{1 - \alpha_2} & \frac{1}{1 - \alpha_2} \end{pmatrix}$
1.2	"	$R = R_1 + R_2$ $\alpha_1 = \frac{R_1}{R} = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$	$\begin{pmatrix} 1 - \alpha_1 & -\alpha_1 \\ \alpha_1 - 1 & \alpha_1 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 0 & -1 \\ \frac{\alpha_1}{1 - \alpha_1} & -\frac{1}{1 - \alpha_1} \end{pmatrix}$
2.1	"	$R = R_1 + R_2$ $\alpha_3 = \frac{R_2}{R} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$	$\begin{pmatrix} \alpha_3 & \alpha_3 - 1 \\ -\alpha_3 & 1 - \alpha_3 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 0 & -1 \\ \frac{1 - \alpha_3}{\alpha_3} & \frac{1}{\alpha_3} \end{pmatrix}$
2.2		$R_2 = R_1 + R$ $\alpha_2 = \frac{R}{R_2} = \frac{R}{R_1 + R}$	$\begin{pmatrix} \alpha_2 & \alpha_2 - 1 \\ -1 & 0 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} \alpha_2 - 1 & -\alpha_2 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}$
3.1		$R_1 = R_2 + R$ $\alpha_3 = \frac{R_2}{R_1} = \frac{R_2}{R_2 + R}$	$\begin{pmatrix} 0 & -1 \\ -\alpha_3 & 1 - \alpha_3 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} -1 & 0 \\ \frac{1 - \alpha_3}{\alpha_3} & -\frac{1}{\alpha_3} \end{pmatrix}$
3.2		$R_2 = R_1 + R$ $\alpha_1 = \frac{R_1}{R_2} = \frac{R_1}{R_1 + R}$	$\begin{pmatrix} 1 - \alpha_1 & -\alpha_1 \\ -1 & 0 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} -\alpha_1 & \alpha_1 - 1 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}$

Tabel 2

Fig	Symbol	α	$\underline{S}$	$\underline{I}$
x		$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$	$\begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \end{pmatrix} = \underline{S} \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} b_1 \\ a_1 \end{pmatrix} = \underline{I} \begin{pmatrix} a_2 \\ b_2 \end{pmatrix}$
4	"	$\alpha_1 = \frac{2G_1}{G_1 + G_2 + G}$ $\alpha_2 = \frac{G - (G_1 + G_2)}{G_1 + G_2 + G}$	$\begin{pmatrix} \alpha_1 - 1 & 1 - \alpha_1 - \alpha_2 \\ \alpha_1 & -\alpha_1 - \alpha_2 \end{pmatrix}$	$\frac{1}{\alpha_1} \begin{pmatrix} -\alpha_2 & \alpha_1 - 1 \\ \alpha_1 + \alpha_2 & 1 \end{pmatrix}$
5	"	$\alpha_2 = \frac{G - (G_1 + G_2)}{G_1 + G_2 + G}$ $\alpha_3 = \frac{2G_2}{G_1 + G_2 + G}$	$\begin{pmatrix} \alpha_2 - \alpha_3 & \alpha_3 \\ 1 + \alpha_2 - \alpha_3 & \alpha_3 - 1 \end{pmatrix}$	$\frac{1}{1 + \alpha_2 + \alpha_3} \begin{pmatrix} \alpha_2 & \alpha_2 - \alpha_3 \\ 1 - \alpha_3 & 1 \end{pmatrix}$
6	"	$\alpha_1 = \frac{2G_1}{G_1 + G_2 + G}$ $\alpha_3 = \frac{2G_2}{G_1 + G_2 + G}$	$\begin{pmatrix} \alpha_1 - 1 & \alpha_3 \\ \alpha_1 & \alpha_3 - 1 \end{pmatrix}$	$\frac{1}{\alpha_1} \begin{pmatrix} \alpha_1 + \alpha_3 - 1 & \alpha_1 - 1 \\ 1 - \alpha_3 & 1 \end{pmatrix}$
4.1	$G_1 = G_2 + G$ 	$\alpha_2 = \frac{G}{G_1} = \frac{G}{G_2 + G}$	$\begin{pmatrix} 0 & 1 - \alpha_2 \\ 1 & -\alpha_2 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 1 - \alpha_2 & 0 \\ \alpha_2 & 1 \end{pmatrix}$
4.2	$G = G_1 + G_2$ "	$\alpha_1 = \frac{G_1}{G} = \frac{G_1}{G_1 + G_2}$	$\begin{pmatrix} \alpha_1 - 1 & 1 - \alpha_1 \\ \alpha_1 & -\alpha_1 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 0 & -\frac{1 - \alpha_1}{\alpha_1} \\ 1 & \frac{1}{\alpha_1} \end{pmatrix}$
5.1	$G = G_1 + G_2$ "	$\alpha_3 = \frac{G_2}{G} = \frac{G_2}{G_1 + G_2}$	$\begin{pmatrix} -\alpha_3 & \alpha_3 \\ 1 - \alpha_3 & \alpha_3 - 1 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 0 & -\frac{\alpha_3}{1 - \alpha_3} \\ 1 & \frac{1}{1 - \alpha_3} \end{pmatrix}$
5.2	$G_2 = G_1 + G$ 	$\alpha_2 = \frac{G}{G_2} = \frac{G}{G_1 + G}$	$\begin{pmatrix} -\alpha_2 & 1 \\ 1 - \alpha_2 & 0 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 1 & -\frac{\alpha_2}{1 - \alpha_2} \\ 0 & \frac{1}{1 - \alpha_2} \end{pmatrix}$
6.1	$G_1 = G_2 + G$ 	$\alpha_3 = \frac{G_2}{G_1} = \frac{G_2}{G_2 + G}$	$\begin{pmatrix} 0 & \alpha_3 \\ 1 & \alpha_3 - 1 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} \alpha_3 & 0 \\ 1 - \alpha_3 & 1 \end{pmatrix}$
6.2	$G_2 = G_1 + G$ 	$\alpha_1 = \frac{G_1}{G_2} = \frac{G_1}{G_1 + G}$	$\begin{pmatrix} \alpha_1 - 1 & 1 \\ \alpha_1 & 0 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 1 & -\frac{1 - \alpha_1}{\alpha_1} \\ 0 & \frac{1}{\alpha_1} \end{pmatrix}$

P A T E N T K R A V

1. Kredsløb til efterligning af resistive elementar-toporte til anvendelse i bølgedigitalfiltre med en bølgetoport med ind- (a_1 , b_1) og udgangsport (a_2 , b_2), over hvilke der optræder ind- (a_1 , a_2) og udgangssignaler (b_1 , b_2), k e n d e t e g n e t ved, at indgangssignalerne på indgangsog udgangsporten sammenfattes ved hjælp af et første additionsled, og at det således opstående sumsignal skaleres negativt ved hjælp af en første multiplikator og tilføres mindst én af portene i det mindste som del af dens udgangssignal.

2. Kredsløb ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved, at der findes en anden multiplikator, ved hjælp af hvilken sumsignalet skaleres negativt, og at dette negativt skalerede sumsignal tilføres den anden port i det mindste som del af dens udgangssignal.

3. Kredsløb ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved, at der findes et andet additionsled, ved hjælp af hvilket den ene ports indgangssignal kombineres med det skalerede signal til denne ene ports udgangssignal.

4. Kredsløb ifølge krav 2 og 3, k e n d e t e g n e t ved, at der findes et tredje additionsled, ved hjælp af hvilket den anden ports indgangssignal kombineres med det den tilførte skalerede signal til denne ports udgangssignal (fig. 3).

5. Kredsløb ifølge krav 2 og 3, k e n d e t e g n e t ved, at der findes et tredje additionsled og en inverter, hvorhos additionsleddet kombinerer den ene ports udgangssignal med det skalerede signal for den anden port, og inverteren derefter inverterer dette kombinerede signal, hvilket resulterer i den anden ports udgangssignal (fig. 1 og fig. 2).

6. Kredsløb ifølge krav 3, k e n d e t e g n e t ved, at der findes en inverter, ved hjælp af hvilken den ene ports indgangssignal inverteres, og at det så-

ledes inverterede indgangssignal resulterer i den anden ports udgangssignal (fig. 3.1 og 3.2).

7. Kredsløb ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved, at der findes et yderligere additionsled og en første inverter, hvorhos additionsleddet kombinerer det 5 skalerede signal med den ene ports indgangssignal, og inverteren inverterer dette således kombinerede signal og leverer det til den anden port som udgangssignal, og at der findes en anden inverter, ved hjælp af hvilken 10 den anden ports udgangssignal inverteres og tilføres den ene port som udgangssignal (fig. 1.1 og 2.2).

8. Kredsløb ifølge krav 3, k e n d e t e g n e t ved, at der findes en inverter, ved hjælp af hvilken den ene ports udgangssignal inverteres og tilføres den 15 anden port som udgangssignal (fig. 1.2 og fig. 2.1).

9. Kredsløb til efterligning af resistive elementar-toporte til anvendelse i bølgedigitalfiltre, med en bølgetoport med ind- (a_1 , b_1) og udgangsport (a_2 , b_2), over hvilke der optræder ind- (a_1 , a_2) og 20 udgangssignaler (b_1 , b_2), k e n d e t e g n e t ved, at det ene indgangssignal skales negativt ved hjælp af en første multiplikator og derefter sammen med det andet indgangssignal tilføres et første additionsled, og at sumsignalet for mindst én af portene tjener som i 25 det mindste en del af dens udgangssignal.

10. Kredsløb ifølge krav 9, k e n d e t e g n e t ved, at der findes en anden multiplikator, ved hjælp af hvilken det andet indgangssignal skales negativt før sumdannelsen.

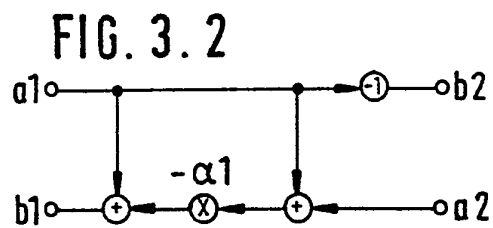
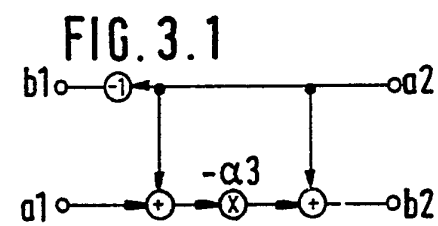
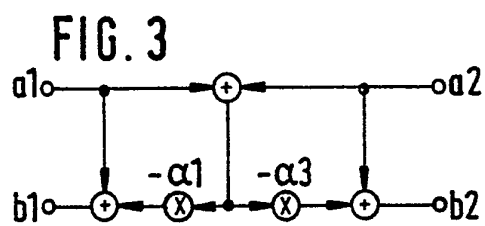
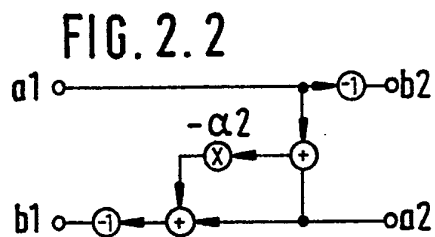
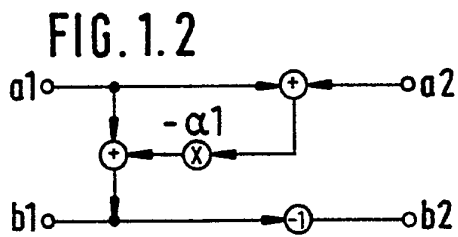
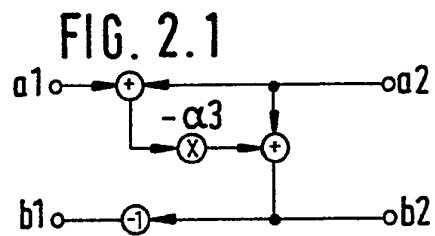
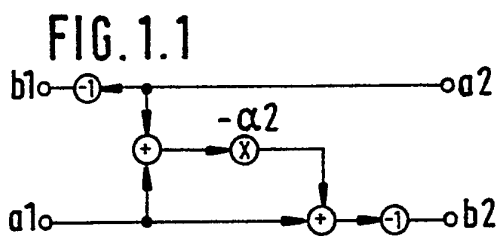
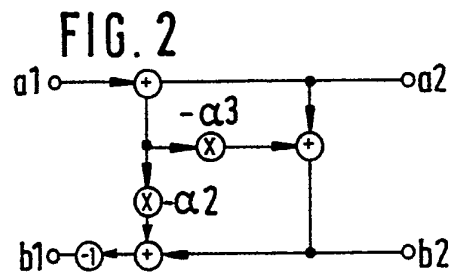
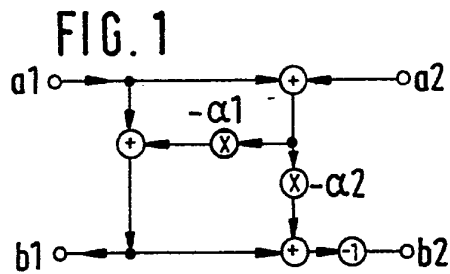


FIG. 4

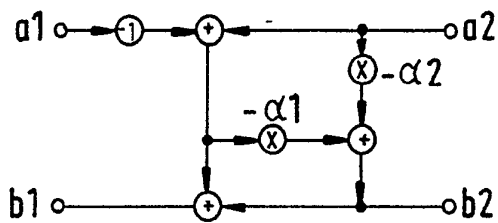


FIG. 5

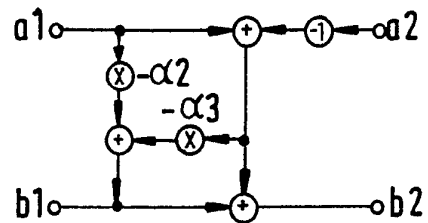


FIG. 4.1

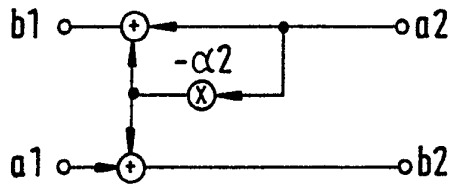


FIG. 5.1

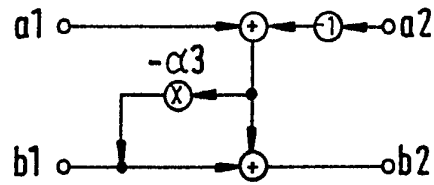


FIG. 4.2

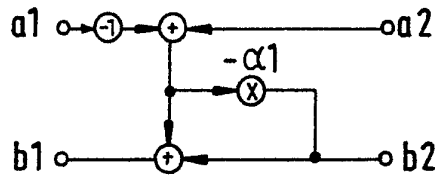


FIG. 5.2

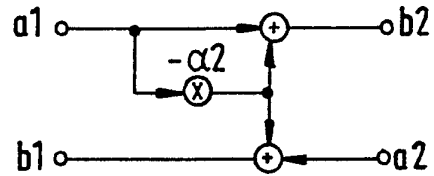


FIG. 6

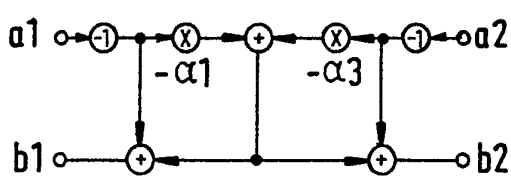


FIG. 6.1

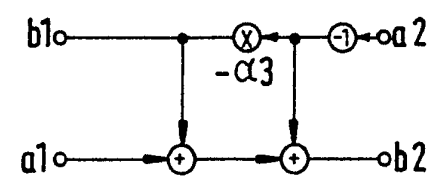


FIG. 6.2

