

(19) DANMARK



PATENTDIREKTORATET
TAASTRUP

(12) FREMLÆGGELSESSKRIFT

(11) 159233 B



- (21) Patentansøgning nr.: 4176/82
(22) Indleveringsdag: 20 sep 1982
(24) Løbedag: 27 jan 1982
(41) Alm. tilgængelig: 20 sep 1982
(44) Fremlagt: 17 sep 1990
(86) International ansøgning nr.: PCT/GB82/00025
(86) International indleveringsdag: 27 jan 1982
(85) Videreførelsesdag: 20 sep 1982
(30) Prioritet: 29 jan 1981 GB 8102714

(51) Int.Cl.⁵ H 04 L 1/02

- (71) Ansøger: The *Secretary of State for Defence in her Britannic Majesty's Government of the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland; Whitehall; London SW1A 2HB, GB
(72) Opfinder: Robert Graham *Wilkinson; GB

(74) Fuldmægtig: Internationalt Patent-Bureau

(54) Digitalt kommunikationsapparat

(56) Fremdragne publikationer

SE freml. skrift nr. 377643
Andre publikationer. IEEE Trans. on Aerospace and Navigational Electronics, vol. ANE-11, no. 4, Dec. 1964, side 285-291.

(57) Sammendrag:

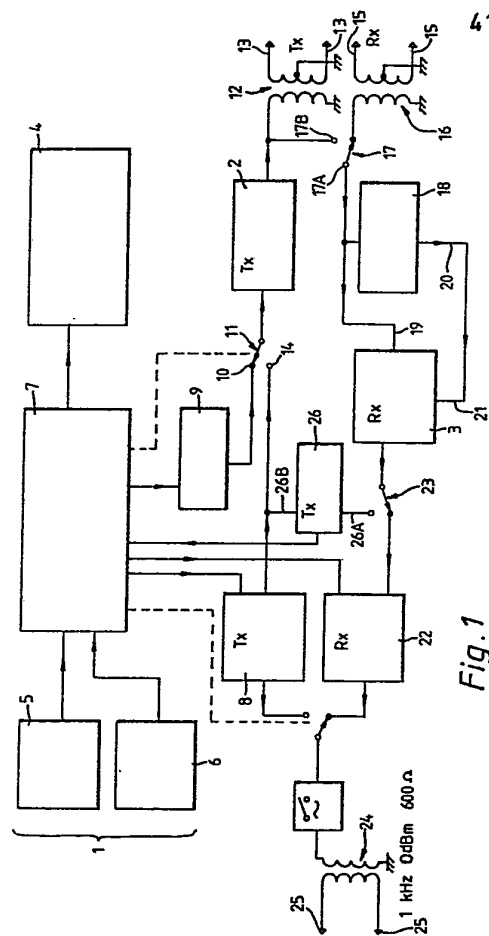
4176-82

I et langsomt højfrekvenskommunikationsmodem anvendes der frekvens- og tidsforskydning til fjernelse af transmissionsproblemer hidrørende fra støj, flervejs-overføring osv. Et digitalt kodet signal overføres konsekutivt på fem komplementære 2-tonekanaler fordelt inden for højfrekvensbåndet. Der frembringes et specielt meddelelses-begyndelsessignal (SOM), der går forud for overføringen af en meddelelse, og et meddelelses-afslutningssignal (EOM), der følger meddelelsen. SOM-signalet detekteres (18) til frembringelse af en nøjagtig tidsimpuls (20), der starter en tidskobling i modtagermodemet (3), indrettet til eksemplering af hver kanaltone til tidspunkter, der egner sig til modtagelse af meddelelsesignaler. Støjen i hver kanaltone eksempleres også før (præ-databit) og efter (post-databit) en signaldatabit, og de målte præ- og post-databit kombineres med henblik på at tildele de tilhørende meddelelsesdatabit en vægtningsfaktor. Ved frembringelse af SOM- og EOM-signalerne opnås, at modemmet kan arbejde ubetjent.

DK 159233 B

fortsættes

4176-82



Opfindelsen angår radiokommunikation inden for højfrekvensbåndet fra 400 Hz til 2,7 kHz og specielt modemer til udsendelse og modtagelse af radiofrekvenssignaler.

Højfrekvenskommunikation (HF) kan forringes af tre
5 hovedårsager. For det første kan udbredelsesbetingelserne variere med overførselens tid og frekvens og også i afhængighed af senderens og modtagerens geografiske beliggenheder. For det andet kan der optræde frekvensselektiv fading og intersymbolforstyrrelser over højfrekvensbåndet på grund af ionosfærisk frembragte variationer i
10 flervejsudbredelsen. Dette fremkommer som følge af ionosfærisk refleksion, hvorved der modtages højfrekvens-transmission udover sigtelinien. Der kan optræde mere end én ionosfærisk refleksionstype, og dette forårsager
15 flervejsmodtagelse. Der kan iagttages alvorlig forvrængning af de overførte data, samt indenfor båndet liggende støj og interferens, som der normalt kan ses bort fra, bliver en fremherskende faktor i perioder med signalfading. Disse omstændigheder kan kun undgås fuldstændigt
20 ved at skifte frekvens, men dette er sædvanligvis uigennemførligt. Uønskede effekter hidrørende fra flervejsudbredelse kan modvirkes ved anvendelse af passende signalbehandling før og efter overførslen. Dette gøres normalt ved måling af signalets (spektrale) spredning.
25 Den tredje årsag til informationstab er interferens. Det meste af dette, der mødes i højfrekvensbåndet, er smalbåndsinterferens og kan undgås ved ændring af sendefrekvensen. Dette gøres ved at skifte til en anden kanalfrekvens, selv om en sådan skiftning ikke er nødvendig,
30 hvor der kan benyttes inden for båndet liggende frekvensveksling af signaltonerne. Bredbåndsinterferens vil altid være skadelig, da den kun kan undgås ved at skifte frekvens til en ikke-forstyrret kanal. Når bredbåndsinterferens imidlertid er impulsagtig, kan den undgås
35 ved at anvende spredende kodning ind i den sendte signalform.

Otten omtaler i IEEE Transactions on Aerospace and Navigational Electronics, Vol. ANE-11, No. 4 (december 1964) et multipelt tids- og frekvens HF-kommunikations-system. Dette er et pulspositionsmodulationssystem med et
5 antal kanaler, der hver sender tegn- og mellemrumspolaritetsbit. Signalerne kombineres på en sådan måde, at tegn- eller mellemrumsinformationsbit vil være forvansket hver gang, en vilkårlig af kanalerne er forvansket af støj eller interferens. Dette begrænser i høj grad driftsegen-
10 skaberne for systemet.

SE B 377 643 omtaler også et frekvens- og tidsmultipelt radiosystem til forbedring af signalmodtagelse. Der tilvejebringes redundant transmission ved brug af i det mindste to FSK-systemer, hvor signalfrekvenserne,
15 der repræsenterer en databit, transmitteres successivt i FSK-systemerne. Nærværende opfindelse afviger fra den kendte teknik ved at hver modtaget bit, der er transmitteret successivt ved et antal forskellige frekvenser, tildeles en fejlsandsynlighed uden behovet for transmis-
20 sion af fejlbit. De således vægtede udgangssignaler fra de forskellige frekvenskanaler kombineres så til at foretage beslutningen om et data "1" eller et data "0" er til stede. I foretrukne udførelsesformer er der ved passende vægtning og kanalkombination fundet en væsent-
25 lig forbedring af evnen til at kommunikere med minimum fejl i meget støjende HF-omgivelser. Formålet med nærværende opfindelse er at tilvejebringe et optimeret højfrekvenssystem, som anvender såvel multifrekvens som multitidsoverføring til modvirkning af de uheldige mod-
30 tagelsesproblemer, der mødes ved højfrekvenskommunikation.

Ved opfindelsen er der tilvejebragt en digital kommunikationssender med meddelelseskodningsmidler og midler til overføring af hver bit af en kodet meddelelse
35 som en række sekventielle signaler på indbyrdes forskellige frekvenskanaler.

Opfindelsen tilvejebringer et digitalt kommunikationsapparat til modtagelse eller udsendelse af en digitalt kodet meddelelse, hvor hver databit i den kodede meddelelse overføres som en række sekventielle signaler
5 i forskellige frekvenskanaler og hvert detekteret signal tildeles en vægtningsfaktor, der afspejler fejlsandsynligheden, hvilket apparat er ejendommeligt ved, at:

udgangssignalerne fra tonedetektorer i hver kanal eksempleres i tidsintervallerne svarende til en enkelt
10 meddelelsesbit og eksempleres i intervallet før (præ-bit) og i bitintervallet efter (post-bit) det tilhørende meddelelsesbitinterval, idet hver eksemplering i et meddelelsesbitinterval markeres i afhængighed af, om støjen, der er bestemt af præ-data eksempleringen og post-data
15 eksempleringen, er over eller under et forudbestemt tærskelniveau.

Hver kanal er med fordel en to-tonekanal, hvoraf den første bærer meddelelsen, medens den anden samtidigt bærer komplementet af meddelelsessignalet. Ved denne
20 konstruktion udsender senderen kun én tone eller frekvens ad gangen under overføringen af en meddelelse, og overføringen sker ved en fast hastighed. Ved konsekutiv overføring af de sekventielle signaler kan effektafgivelsen fra senderen holdes konstant.

25 Senderen indeholder fortrinsvis kredsløbsmidler til frembringelse af et specielt kodet meddelelsesbegyndelsessignal (SOM), og modtageren indeholder kredsløbsmidler, der reagerer overfor et modtaget SOM-signal til afgivelse af et nøjagtigt tidssignal til skandering af
30 det modtagne signal. I en fordelagtig udførelsesform er SOM-signalet et Barker-kodet signal på 28 cifre.

For at skandere detektorudgangene indeholder modtageren en tidssignalkobling, der ved modtagelsen af

SOM-signalet frembringer bit-tidsimpulser, således at udgangssignalerne fra tonedetektorerne kan eksempleres med passende tidsintervaller for databit. I en foretrukken udførelsesform til tildeling af vægtningsfunktioner til de detekterede databit benyttes tidssignalerne til at eksemplere støjsignalet på hver tonedetektors udgang i tidsintervaller før og efter databit-intervallerne, idet hvert således eksempleret tidsinterval mærkes i afhængighed af, om støjsignalet ligger over eller under et forudbestemt tærskelniveau. De eksempleringer, der herved opnås, betegnes i det følgende præ-databit og post-databit (kontrolbit). I én udførelsesform kombineres præ-databittene og post-databittene, og den vægtningsfaktor, der gives til en databit, er nul, hvis de kombinerede præ-data- og post-databit indeholder et støjsignal. Ved anvendelse af dette arrangement kombineres de detekterede databit fra alle tonedetektorerne med en vægtningsfaktor forskellig fra nul under anvendelse af et simpelt flertal, i det følgende kaldt flertalsafstemning, til bestemmelse af det bedste skøn for informations-databitten. Denne metode kan imidlertid medføre, at en god eller uforvansket detekteret databit i én kanal ignoreres, fordi den ene af eller begge de tilhørende kontrolbit er forvanskede. I en anden udførelsesform afledes vægtningsfaktoren fra kvadratet på antallet af toner, der ikke er forvanskede af støj, således som bestemt ved præ-data- og post-databiteksempleringen, idet den detekterede databit for hver tone multipliceres med vægtningsfaktoren, og summen af produktet sammenlignes med en på forhånd bestemt tærskelværdi, således at et skøn om informationsdatabitten kun accepteres, når tærskelniveauet overskrides. I en modifikation af den ovenfor beskrevne bedste-skøn-metode, der tildele en vægtningsfaktor ved betragtning af præ-data- og post-databittene for en enkelt informationsdatabit, kan der gøres brug af den tidsmæssige variation af det iagttagne støjindhold ved anvendelse af kontrolbit fra et antal successive databit til afledning af en vægtnings-

faktor, der skal anvendes på den ældste betragtede databit. Efter analyse af alle modtagekanalerne kan der, når tilliden til en modtaget databit er under et forudbestemt tærskelniveau, indsættes et fejlsymbol i den modtagne meddelelse.

I en fordelagtig udførelsesform kan senderen indeholde kredsløbsmidler til frembringelse af et kodet meddelelsesafslutningssignal (EOM), og modtageren indeholder en detektor, der reagerer over for EOM-signalet, hvorved modtageren bringes tilbage til en klar-tilstand. Herved lettes den automatiske behandling af modtagne meddelelser.

Ved opfindelsen tilvejebringes med fordel et højfrekvensmodem, indeholdende en sender og en modtager. Under overføringen af en meddelelse kan modtagekredsløbet forbindes med senderens udgang til kontrol af overføringsfejl.

Apparatet ifølge opfindelsen fungerer ifølge en måde til højfrekvenskommunikation, omfattende følgende successive trin:

1. digital kodning af en meddelelse,
2. udsendelse af hvert ciffer konsekutivt som et signal i en frekvenskanal beliggende inden for højfrekvensbåndet,
3. detektering af de overførte signaler,
4. skandering af hver frekvenskanal til detektering af støj,
5. tildeling af en fejlsandsynlighed til hvert detekteret frekvenssignal, afhængigt af støjen, og
6. kombination af signalerne fra hver kanal til frembringelse af den overførte meddelelse.

Opfindelsen forklares nærmere i det følgende under henvisning til den skematiske tegning, hvor

fig. 1 viser et blokdiagram over en højfrekvent sende/modtager ifølge opfindelsen,

fig. 2 et diagram, der viser beliggenheden i højfrekvensbåndet af fem 2-tonekanaler, der benyttes i sende/modtageren,

fig. 3 en meddelelsesform, der benyttes i sende/modtageren,

fig. 4 et enkelt-tonedetekteringskredsløb i modtagemodemet i sende/modtageren,

5 fig. 5 det tidsforløb, der forekommer i modemet i fig. 4,

fig. 6 skematisk behandlingen af et modtagesignal,

fig. 7 en yderligere del af modemkredsløbet, der benyttes til opnåelse af et bedste skøn fra fem 2-tone-
10 kanaler, og

fig. 8 en anden form for det i fig. 4 viste kredsløb.

Fig. 1 viser skematisk et blokdiagram over et højfrekvenskommunikationsanlæg, der indeholder et tastatur
15 1 til meddelelsesfrembringelse og styring, et sendemodem 2 til omsætning af meddelelserne til en overføringsform, et modtagemodem 3 til afkodning af de modtagne meddelelser, og en visuel fremvisningsindretning
4 til fremvisning af modtagne meddelelser og til hjælp
20 ved frembringelsen af meddelelser til overføring. Tastaturet 1 består af datataster 5 og styretaster 6 og er forbundet med en central regneenhed (CPU) 7, der styrer administrationen af hele anlægget. En meddelelse til overføring sendes gennem den centrale regneenhed 7
25 til et sendelager 8. Til den centrale regneenhed 7 er også forbundet en generator 9 for et meddelelsesafslutningssignal/meddelelsesbegyndelsessignal (EOM/SOM). Når der skal ske overføring, fremkalder den centrale regneenhed 7 et SOM-signal fra generatoren 9, og dette
30 føres gennem en første kontakt 10 i en 2-polet kobler 11, der styres af den centrale regneenhed, til sendemodemet 2. Udgangen fra sendemodemet 2 er over en transformer 12 med midtpunktsudtag koblet til overføringslinier 13. Udgangen fra sendelageret 8 er forbundet med en anden kontakt 14 i kobleren 11. Den
35 centrale regneenhed 7 styrer udsendelsen af en meddelelse på en sådan måde, at kobleren 11 først forbinder den første kontakt 10 med sendemodemet 2 til udsen-

delse af et SOM-signal, hvorefter den anden kontakt 14 forbindes med sendemodemet 2, således at den i sendelageret 8 lagrede meddelelse kan overføres til sendemodemet 2, og endelig forbindes dette modem atter til 5 den første kontakt 10 i kobleren 11 til udsendelse af et EOM-signal.

Ved modtagelse af en overført meddelelse sendes det over modtagelinier 15 modtagne signal over en transformer 16 med midtpunktsudtag gennem en første kontakt 10 17A i en 2-polet kobler 17 til indgangen til en EOM/SOM-detektor 18 og en første indgang 19 til modtagemodemet 3. Detektoren 18 reagerer overfor et modtaget SOM-signal ved frembringelse af et tidssignal på sin udgang 20, der er forbundet med en anden indgang 21 til 15 modtagemodemet 3. Tidssignalet gør modtagemodemet 3 klar til at modtage en meddelelse og synkroniserer funktionen af modtagemodemet 3, så det tillader behandling af meddelelsen, således som det vil blive beskrevet nedenfor. Den behandlede meddelelse fra modtagemodemet 3 20 sendes til et modtagelager 22 over en 2-polet kobler 23 til lagring og også til fremvisningsindretningen 4. Når en passende styretaste nedtrykkes, kan modtagelageret 22 aflæses over en transformer 24 og linier 25 til en lokal kopieringsudgang ved 75 baud.

25 I en foretrukken udførelsesform har kommunikationsanlægget en on-line-mulighed, og i dette tilfælde er den centrale regneenhed 7 programmeret til automatisk at rydde fremvisningsindretningen 4 og at udsende en SOM-række. Tastaturet 1 er da forbundet on-line til radio- 30 overføringslinierne 13 og fremvisningsindretningen 4. I dette tilfælde må der findes ikke viste passende bufferlagre mellem tastaturet 1 og sendemodemet 2 til at kompensere for datahastighedsforskellen mellem dem. Den overførte meddelelse fremvises på fremvisningsindretningen 4, indtil der er modtaget et EOM-signal, til 35 hvilket tidspunkt fremvisningen slettes, og kommunikationsanlægget bringes tilbage til en klar-tilstand, hvor en modtaget meddelelse automatisk lagres i modtagelageret

22 og fremvises på fremvisningsindretningen 4. Ved anvendelse i den normale sendetilstand er modtagelinierne 15 automatisk krydsforbundet til sendelinierne 13 over den anden pol 17B i kobleren 17 til tilvejebringelse af en on-line selvkontrolmulighed. I dette tilfælde afkodes det modtagne signal af modtagemodemet 3, og ved ændring af forbindelsen for den 2-polede kobler 23 afbrydes det modtagne signal fra modtagelageret 22 og fremvisningsindretningen 4 og forbindes med den ene indgang 26A til et sendekomparator kredsløb 26. Det udsendte signal føres til en anden indgang 26B til sendekomparator kredsløbet 26. En ikke vist fejlalarm-lampe er forbundet med sendekomparator kredsløbet 26 til angivelse af eventuelle udsendte bitfejl, der detekteres.

Fig. 2 og 3 viser skematisk den signalform, der benyttes af sendemodemet 2 ved udsendelse af meddelelser. Hver databit i en meddelelse udsendes konsekutivt på fem 2-tonekanaler 27-31, der er moduleret ved amplitudeforskydning, og som indeholder ialt 10 frekvenser fl-f10 fordelt over højfrekvensbåndet fra 400 Hz til 2,7 kHz. Informationsoverføringshastigheden for sendemodemet 2 er 10 bit/sek, og med hver kanal indrettet til at frembringe en speciel tegntone (M) 32 eller mellemrumstone (S) 33 for eksempel ved frekvenser henholdsvis f2 og fl i den første kanal 27, hvor signalet S er komplementet af signalet M, vil transmissionshastigheden i hver 2-tonekanal 27-31 være 50 baud, og kun én signaltone vil blive aktiveret ad gangen. Som det fremgår af fig. 3, begynder hver overført meddelelse med et specielt SOM-signal, der overføres i tidsrummene 34-38 på kanalerne henholdsvis 27-31. SOM-signalet er et Barker-kodet signal på 28 bit, der benyttes til rammesynkronisering for at sikre korrekt kanal- og bitsynkronisering i et modem, der modtager signalet. I modtagemodemet detekteres SOM-signalet under anvendelse af detektorer med tilpassede filtre i hver M- og S-detektorudgang for at sikre, at synkronisering opnås, selv om kun én signal-

frekvens er virksom. Tidsrummet 39 repræsenterer således den totale SOM-rammesynkroniseringstid. Med en datahastighed på 50 baud skulle SOM-signalet give en tidsbestemmelse, der er bedre end ± 10 msek.

5 Efter udsendelsen af SOM-signalet udsendes en kodet dataindledning 40. Dataindledningen er vist i fig. 3 og består af en S-tone efterfulgt af to M-toner, idet tonerne udsendes konsekutivt i de fem kanaler 27-31. Ved sendehastigheden for modemmet på 50 baud er hver impuls
10 41 20 msek lang, og tiden for hver informationsbit 42 er 100 msek. Dataindledningen udsendes for at give en stabiliseringsperiode for det modtagende modem efter rammesynkroniseringen og før modtagelsen af en overført meddelelse. Dette er væsentligt i det tilfælde, hvor
15 modtagemodemmet indeholder tærskel-, tidssignal- og detektorkredsløb, hvis kredsløbskonstanter bestemmes af det modtagne signal. Et fast indledningsmønster som det, der er vist i fig. 3, benyttes til dette formål, fordi konstanterne for disse kredsløb da kan indstilles passende ved de relevante tidspunkter i indledningen. Ved
20 afslutningen af hver meddelelse overføres et meddelelsesafslutningssignal (EOM) i tidsintervallet 43 på de konsekutive 2-tonekanaler 27-31 ved nedtrykning af en EOM-taste. I en hensigtsmæssig udførelsesform kan EOM-signalet være det omvendte af SOM-signalet, således at der kan benyttes én enkelt EOM/SOM-generator 9 (fig. 1). EOM-meddelelsen 43 simplificerer meddelelsesbehandlingen og -styringen under modtagelsen og gør det muligt for modemmet at virke automatisk i modtagetilstanden og
25 muliggør nogen grad af ubetjent funktion.

30 I modtagemodemmet findes et tilpasset filter for hver tone, og dette frembringer et udgangssignal, når det specielt kodede SOM-signal modtages. Hver af de ti toner f1-f10 frembringer da et udgangssignal ved modtagelsen af SOM-signalet.

Når kanal- og bitsynkroniseringen er afsluttet, demultiplexes kanalsignalerne, og hver 2-tonekanal tærskeldetekteres. De således detekterede individuelle

databit undersøges og mærkes med en statustilstand, der afhænger af niveauet for tilstedeværende interferens eller støj. Fig. 4 viser ét kredsløb til behandling af det modtagne signal med kredsløb for kun én tone fl

5 vist for simpeltheds skyld. Indgangen 44 til modtage-
modemet 3 er over en transformer 45 med midtpunkts-
udtag forbundet med en forstærker 46 med en sløjfe 47
til automatisk forstærkningsregulering (AGC), således at
modemet kan virke med et nominelt indgangsniveau på

10 0 dB m i frekvensbåndet fra 400 Hz til 2,7 kHz. Udgan-
gen 48 fra forstærkeren 46 er forbundet med et bånd-
pasfilter 49 for hvert enkelt tonesignalkredsløb. Ud-
gangen fra filteret 49 er forbundet med en tonedetek-
tor 50, der er forbundet i en kobling 51 med en for-

15 stærker 52 med automatisk forstærkningsregulering.
Til koblingen 51 føres et kanaltidssignal S_1 , der ud-
gør en portsignalimpuls svarende i varighed til det tids-
rum, hvori der overføres information i den første kanal
27. Kanaltidssignaler S_1 og også S_2 - S_5 for de andre

20 transmissionskanaler 28-31 frembringes af et ikke vist
modtageur i overensstemmelse med de signalformer, der
er vist i fig. 5. Hver kanaltidsimpuls er 40 msek lang
og gentages hvert 200 msek. Kanaltidsimpulserne S_1 - S_5
er derfor konsekutive i tid med S_1 følgende efter S_5 .

25 Der er også vist et udgangssignal 51a fra en S_1 -tids-
kobling, der periodisk frembringer en gruppe på tre im-
pulser 52a-54a, hvoraf den første 52a optræder umid-
delbart før en S_1 -impuls, den anden impuls 53a under
varigheden af S_1 -impulsen, og den tredje impuls 54a

30 umiddelbart efter en S_1 -impuls. Kanaltidsimpulserne S_1
tilføres en indgang 53 til kredsløbet 51 til automa-
tisk forstærkningsregulering, således at denne regule-
ring fortrinsvis virker i S_1 -tidsintervallerne, når
signaldataene for den første tone fl er til stede.

35 Et typisk signal S_d fra udgangen fra tonedektoren 50
er vist som et spændings-tidsdiagram 54 i fig. 6. Dia-
grammet viser tilfældige støjvariationer 55 omkring et
middelstøjniveau 56 samt et signal 57 med en ampli-

- tude $\hat{V}_s$. Signalet S_d tilføres en indgang 58 til en kobling 59, der trækker middelstøjniveauet 56 fra S_d -signalet 54. Signalet S_d tilføres den ikke-inverterende indgang 60 til en differensforstærker 61.
- 5 S_d tilføres også den inverterende indgang 62 til differensforstærkeren 61 over en kobler 63 og en resistor 64. Kobleren 63 tilføres et tidssignal $\overline{S_1}$, komplementet af S_1 , således at den er sluttet, når der ikke er noget signal S_1 , og åben, når der findes et signal
- 10 S_1 . Når der derfor ikke er noget signal S_1 , oplader signalet S_d , der tilføres den inverterende indgang 62 til differensforstærkeren 61, en jordet kapacitor 65, således at spændingen på den inverterende indgang 62 svarer til spændingsniveauet 56 for middelstøjniveauet.
- 15 Når der optræder et tidssignal S_1 , åbnes kobleren 63, og signaldata, der er indeholdt i signalet S_d , tilføres den ikke-inverterende indgang 60 til differensforstærkeren 61. Udgangssignalet S_n fra differensforstærkeren 61 er et i fig. 6 vist signal 66a, hvor middelstøjniveauet er nul. Signalet S_n føres over en forbindelse 66 til en rammesynkroniseringskobling. Rammesynkroniseringskoblingen er et tilpasset filterkredsløb, der er indrettet til at detektere SOM-signalet 39 og til, når et sådant signal detekteres, at frembringe et
- 20 nøjagtigt rammesynkroniseringsudgangssignal, der benyttes til at starte tidssekvenser i modtagemodemet.

Signalet S_n tilføres også en indgang til en vurderingstærskelkobling 67, der forstærker signalet S_n , når det overskrider en tærskelværdi 67a (fig. 6), der

30 er lig med $\frac{1}{2} \hat{V}_s$, hvor $\hat{V}_s$ er spidsværdien af signalet over middelstøjniveauet. Signalet S_n føres til den ikke-inverterende indgang 68 til en anden differensforstærker 69 og også til den inverterende indgang 70 i forstærkeren 69 over et spændingsdelende resistor-

35 netværk 71, 72 og en kobler 73. Resistorerne 71 og 72 er forbundet i serie mellem jord og udgangen fra differensforstærkeren 61, og deres forbindelsespunkt 74 er forbundet med kobleren 73. Ved at gøre resistans-

værdierne lige store bliver signalet, der over kobleren 73 tilføres den inverterende indgang 70 til differensforstærkeren 69, lig med $S_n/2$. En kapacitor 75 er forbundet mellem jord og den inverterende indgang 70, og til kobleren 73 føres der et S_1 -tidssignal, således at kobleren kun sluttes i S_1 -intervallerne, hvilket medfører, at når der findes et signal med spidsamplituden $\hat{V}_s$ i S_n -udgangssignalet fra forstærkeren 61, oplades kapacitoren 75 til en spænding på $\hat{V}_s/2$, og forstærkeren 69 virker som tærskelforstærker, der forstærker signaler større end $\hat{V}_s/2$. Udgangssignalet fra forstærkeren 69 optræder som et datasignal 76 (fig. 6), hvori de tilfældige støjvariationer 55 er fjernet. Datasignalet 76 benyttes som indgangssignal 77 til en bittidskobling for at holde kanaltidssignalerne korrekt synkroniserede og føres også til et tretrins-skifteregister 78. Formålet med tretrins-skifteregisteret 78 er at eksemplere det tærskeldetekterede signal til tidspunkterne S_1 , når databittene bør være til stede, og også at eksemplere signalet i små tidsintervaller umiddelbart før og umiddelbart efter S_1 -tiderne. Hvis der ikke er nogen forvanskning af indgangssignalet, skal der ved disse ekstra eksempleringer, der i det følgende betegnes præ-databit og post-databit, ikke findes noget signal. Udtrykt ved digital logik kan databittene udvise enten et logisk "1" eller et logisk "0", og når der ikke er nogen forvanskning af modtagelsen, skal præ-databittene og post-databittene være et logisk "0". Da der ikke overføres data umiddelbart før eller efter databittene på nogen af tonerne, kan tilliden til en detekteret databit mærkes ved iagttagelse af præ-data- og post-databittene med to logiske "0", repræsenterende en god tilstand. Tidsforskydningsimpulser til skifteregisteret 78 frembringes af S_1 -tidskoblingen over forbindelser 79 til hvert trin 80-82 i registeret 78. Tidsstyringen af S_1 -tidsimpulserne 52-54 (fig. 5) er således indrettet, at udgangssignalet fra forstærkeren 69 først eksempleres til det tidspunkt, der er bestemt af impulsen 52

forud for S1-kanaltidsintervallet, hvor eksempleringen derfor skal være et "0". Tidsimpulsen 53 i S1-intervallet eksemplerer da datasignalet og vil derfor give en dataværdi "1" eller en dataværdi "0". Tidsimpulser 54, 5 der optræder efter S1-intervallet, eksemplerer da udgangssignalet fra forstærkeren 69 efter datasignalsintervallet. Efter S1-tidsimpulsen 54 vil skifteregisteret 78 altså være fyldt med præ-databitten i trinnet 82, databitten i trinnet 81 og post-databitten i trinnet 10 80. Datasignalet aftages fra udgangen 83 fra det andet trin 81 i skifteregisteret 78. Hvis der ikke findes støjsignaler eller interferenssignaler, vil præ-databitten i trinnet 82 og post-databitten i trinnet 80 begge være "0". Signalerne på udgangene 84 og 85 fra disse 15 respektive trin føres som indgangssignaler til en NAND-kreds. Signalet på udgangen 86 fra NAND-kredsen kan da benyttes til at betegne status for databitten, idet et "1" repræsenterer en god databit, og et "0", der hidhører fra et "1" i enten præ- eller post-databitten (eller 20 begge), repræsenterer en muligvis forvansket databit. Hvis der under overføringen af en tone optræder store niveauer for interferens eller støj i samme signalbåndbredde, vil præ- og post-databittene sandsynligvis blive forvansket i samme grad som databitten. Hver af kanalerne 25 F1-F10 behandles på samme måde, og der frembringes derfor ti dataudgangssignaler sammen med statustilstandene, der kan behandles i en bedste-skøn-dekoder.

Fig. 7 viser, hvorledes kanalsignalerne kombineres til analyse af en bedste-skøn-dekoder. Dataudgangen 83 30 fra f1-tonedetektoren (S1) er forbundet med en indgang 87 til en forsinkelseskreds 88 med en forsinkelse på 80 msek og derfra til en bedste-skøn-dekoder 89. Den komplementære udgang M1 fra den første kanal med den anden tonefrekvens f2 er også forbundet med indgangen 35 90 til en anden forsinkelseskreds 91 med en forsinkelse på 80 msek, før den forbindes med dekoderen 89. På tilsvarende måde er hver M- og S-tonedetektor i de fire andre kanaler forbundet med dekoderen 89 over en

passende forsinkelseskreds, således at alle ti signaler ankommer samtidigt til dekoderen. Signalerne M2 og S2 i den anden kanal forsinkes derfor 60 msek, signalerne M3 og S3 i den tredje kanal 40 msek, signalerne M4 og S4 i den fjerde kanal 20 msek, og signalerne M5 og S5 i den femte kanal føres direkte til dekoderen 89. Foruden disse ti tonesignaler føres der også ti respektive statussignaler, som f.eks. signalet på udgangen 86 for tonen F1, til dekoderen 89. Bedste-skøn-dekoderen 89 er programmeret med en algoritme, hvorved der, når der modtages en informationsdatabit på hver af de fem 2-tonekanaler, kun anvendes de toner, der passerer præ- og post-databit-statuskontrollen. Der foretages da en simpel flertalsafstemning af databittene for at tildele den pågældende informationsdatabit et "1" eller et "0". Med disse kriterier til fortolkning af et modtaget signal fremkommer bedste-skøn-dataen som et udgangssignal 92 fra dekoderen 89, og det sendes til et tegnlager 93. Tegnlageret kan lagre alle de databit, der svarer til et meddelelsestegn, dvs. eventuelt fem bit. Hvis der ikke findes pålidelige databit, hvilket angives ved, at alle toner har i det mindste én præ- eller post-databit "1", medfører et fejlsignal på en fejludgang 94 fra dekoderen 89, at der placeres et fejlsymbol i tegnlageret 93 over en indgang 95, og at der aktiveres en fejllindikator ved siden af fremvisningsindretningen 4 i sende/modtageren over en forbindelse 96. Udgangen fra tegnlageret 93 er forbundet med modtagelageret 22. Det modtagne tegn fra tegnlageret 93 kan - som vist i koblingen i fig. 1 - over en kobler 23 sendes til en komparator 26, hvor det sammenlignes med det udsendte tegn, når apparatet benyttes i sendetilstanden. Start- og stopbit kan føjes til en overført meddelelse før og efter hvert tegn til tilvejebringelse af midler til fejlhas-tighedsdetektering for at give en yderligere indikation af kvaliteten af den modtagne meddelelse for at give et middel til at indikere en falsk synkronisering og også for at give et middel til at angive en kredsløbsfejl.

En start/stop-detektorkreds 97 er forbundet med data-
 udgangen 92 fra dekoderen 89. Start- og stopsignaler-
 ne, der detekteres heraf, sammenlignes med signaler, der
 frembringes af en hovedtidskobling 98. Hvis de detekte-
 5 rede start- eller stopsignaler er ude af synkronisme med
 hovedtidskoblingen, frembringes der et signal på en ud-
 gang 99, der er forbundet med en alarm for falsk syn-
 kronisering, og sende/modtageren bringes automatisk til-
 bage til klar-tilstanden. Start/stop-bittene genfrem-
 10 bringes af en forbindelse 99 fra start/stop-detektoren
 97 til tegnlageret 93 for at forhindre tab af tegn-
 synkronisering under den efterfølgende behandling af den
 modtagne meddelelse, hvilket ville kunne forårsages ved
 forvanskning af disse elementer. Tidsstyringen af hoved-
 15 tidskredsen styres af et rammesynkroniseringssignal på
 en indgang 100 og et tidskorrektionssignal på en ind-
 gang 101 fra bittidskredse forbundet med udgangene fra
 toneforstærkerne 69 i hver signaltonedetektorkobling.

En til den i fig. 4 viste kobling alternativ kob-
 20 ling til analyse af præ- og postdatabittidsintervallerne
 i udgangssignalerne fra hver tonedetektor 50 er vist
 i fig. 8, hvor til hinanden svarende detaljer er angivet
 ved tilsvarende henvisningsnumre. Udgangssignalet 54
 fra tonedetektoren 50 sendes til indgangen 58 til en
 25 differensforstærker, der subtraherer middelstøjen fra
 signalet. Som i den i fig. 4 viste kobling afledes mid-
 delstøjniveausignalet ved anvendelse af $\overline{S1}$ -tidssignalet
 til opladning af kondensatoren 65, der er forbundet med
 den inverterende indgang 62 til differensforstærkeren
 30 61. Udgangssignalet 54, der indeholder databitten 57
 i $S1$ -tidsintervallet overlejret på støjniveausignalet
 55, føres direkte til den ikke-inverterende indgang 60
 til differensforstærkeren 61. Udgangssignalet 66a fra
 differensforstærkeren 61 tilføres en vurderingstærskel-
 35 kobling 102, der er en modifikation af koblingen 67 i
 fig. 4. Signalet 66a tilføres den ikke-inverterende
 indgang 68 til differensforstærkeren 103, og en spæn-
 ding på $\frac{1}{2} \hat{V}S1$, der er lig med halvdelen af spidsspændin-

gen i signalet 66a, tilføres den inverterende indgang 70 til forstærkeren. Forstærkeren 103 reagerer derfor kun, når spændingen af signalet 66a overstiger $\frac{1}{2} \hat{V}_{S1}$. Som ovenfor fører spændingsdelerresistorerne 71 og 72, 5 der er forbundet med udgangen fra forstærkeren 61, halvdelen af signalspændingen til kondensatoren 75 i $S1$ -tidsintervallet, hvor kobleren 73 er sluttet. I denne kobling føres spændingen, der frembringes over kondensatoren 75, imidlertid ikke direkte til den inverterende 10 indgang 70 til forstærkeren 103. Spændingen over kondensatoren 75 føres kun til den inverterende indgang 70 over en kobler 104, når der tilføres et signal fra udgangen 105 fra en OG-kreds 106, der kun frembringes, når et datasignal "1" ledsages af et statussignal "1", 15 der angiver, at databitten sandsynligvis ikke er forvansket. Når kobleren 104 er sluttet, føres spændingen over kondensatoren 75 til en anden kondensator 107, der er forbundet med den inverterende indgang 70 til forstærkeren 103. Tidsforholdene er således, at kondensatoren 107 opretholder dette spændingssignal (der er 20 lig med $\frac{1}{2} \hat{V}_{S1}$), indtil der optræder en efterfølgende data "1" og status "1".

Udgangssignalet fra forstærkeren 103 føres til indgange 108-110 til tre tilsvarende integrerings- og 25 udskillelsesfiltre. Indgangskoblere 111-113, der åbner til tiderne henholdsvis $S5$ umiddelbart før $S1$ -data-bitintervallet, $S1$ og $S2$ umiddelbart efter $S1$ -tidsintervallet sikrer, at præ-databitten, databitten og post-databitten føres til de respektive ikke-inverterende 30 de indgange til differensforstærkere 114-116. I det tidsrum, hvor den pågældende kobler 111-113 er sluttet, føres signalet til den ikke-inverterende indgang til forstærkeren over en integrerende RC-kombination 117, 118. Efter eksempleringen af indgangssignalet i de tre 35 konsekutive tidsintervaller $S5$, $S1$ og $S2$ kortsluttes kondensatorerne 118 til tidspunktet $S4$ af koblere 118a, hvorved deres ladninger udskilles til jord. Udgangssignalerne fra præ-databitforstærkeren 114 og

post-databitforstærkeren 116 føres til en NOR-kreds 119, så der fremkommer et logisk "1", hvis der findes et "0" på udgangene fra begge forstærkerne. Udgangssignalet fra NOR-kredsen 119 giver signalet på statusudgangen 5 86 og føres også til en OG-kreds 106 sammen med data-udgangssignalet 83 fra forstærkeren 115. OG-kredsen 106 har en tredje indgang 120, og tidssignalet S3 tilføres denne indgang, således at kobleren 104 i vurderingsreference-tærskelkredsen 102 kun er sluttet til 10 tidspunktet S3, når der findes en data "1" og en status "1".

Funktionen af den simple afkodningsalgoritme, der er beskrevet ovenfor, skal sammenlignes med en flertalsafstemningsalgoritme, der anvendes på alle de modtagne 15 databit uafhængigt af polariteten af præ- eller post-databit. I denne sidstnævnte flertalsafstemningsdekoder summeres de ti databit, der svarer til én informationsbit. Hvis antallet af binære "1"-databit er større end fem, gives udgangsbitten den binære værdi "1", og hvis 20 antallet af binære "1"-databit er mindre end fem, gives udgangsbitten den binære værdi "0". Hvis antallet af binære værdier "1" og "0" er lige store (dvs. fem), kan udgangsbitten gives værdien enten "1" eller "0" ved en tilfældig udvælgelse, forudsat at der er en ensartet 25 fordeling af værdien af "1" og "0" i den oprindelige meddelelse. Den målte præstation af den eksemplerede præ- og post-databitafkodningsalgoritme er lidt dårligere end for flertalsdekoderen, fordi antallet af databit, der benyttes til afkodning, til tider vil være langt mindre 30 end ti. En fejl i en præ- eller post-datakontrolbit vil fjerne den tilhørende databit, hvad enten der er fejl i den eller ej. Hvis fejl er statistisk uafhængige, således at en fejl i en præ- eller post-databit er ukorreleret med en fejl i en databit, vil dekoderens præstation 35 blive forringet i forhold til flertalsdekoderen. Hvis der imidlertid er en statistisk afhængighed mellem databit og deres tilhørende præ- eller post-datakontrolbit, vil præstationen af præ- og post-databitdekoderen være

bedre end præstationen af flertalsdekoderen.

Ved opfindelsen, således som den hidtil er beskrevet, er der anvendt en simpel algoritme til fortolkning af et detekteret signal ved kun at acceptere data, hvis præ- og post-databit ikke er forvansket af støj eller interferens. En anden mulighed for at forbedre signalfrembringelsen i et støjbelastet miljø er at anvende en statistisk vægtning på hvert datapunkt, idet der ved vægtningen tages hensyn til antallet af toner, der registrerer en speciel databit. Betragtes et databehandlingsudstyr som vist i fig. 7, vil det ses, at der hvert 100 msek under overføringen af en meddelelse føres én databit og én statusbit som indgangssignal fra hver tone-detektor til dekoderen 89. Præ-databitten og post-databitten adderes til frembringelse af et statusnummer eller en statusbit, således at et "0" frembringes, når der ikke er nogen fejl i præ- eller post-databitten, dvs. at status er god, at der frembringes et "1", hvis én af præ- eller post-databittene er fejlagtig, og et "2", hvis begge disse bit er fejlagtige. Disse tal kan da inkorporeres i en algoritme til beregning af en vægtning for hver databit og dermed et bedste skøn.

En datarække på ét sekund analyseres ved hjælp af et 10-trins-skifteregister ved indgangen for hver tone- og statusbit i dekoderen 89. Denne række vil da indeholde ti databit og statusbit modtaget successivt af hver af de ti tonedetektorer til tidspunkterne t_1 - t_{10} . Der er valgt en tilbagevendende algoritme til beregning af en statistisk vægtning W_t^F , der skal anvendes på databittene til tidspunktet $t=t$ for hver af de ti toner F.

Hvis C_t^F er statusbitten for tonen F til tidspunktet t, er den statistiske vægtning W_t^F givet ved:

$$W_t^F = (10 - \sum_{t=1}^{10} C_t^F)^2 \text{ for } \sum_{t=1}^{10} C_t^F \leq 9$$

35

og

$$W_t^F = 0 \text{ for } \sum_{t=1}^{10} C_t^F > 9$$

En datavektor D_t^F tildeles hver databit i overensstemmelse med følgende:

I de M kanaler, hvor en data "1" repræsenterer en information "1":

$$\begin{aligned} D_t^F(M) &= +1 \text{ for data "1"} \\ &= -1 \text{ for data "0"} \end{aligned}$$

og

i de komplementære S-kanaler, hvor en data "0" repræsenterer en information "1":

$$\begin{aligned} D_t^F(S) &= -1 \text{ for data "1"} \\ &= +1 \text{ for data "0"}. \end{aligned}$$

Hver datavektor D_t^F multipliceres da med den tilhørende statistiske vægtning W_t^F , og produkterne summeres, så de giver:

$$D_t = \sum_{F=1}^{10} (D_t^F \cdot W_t^F).$$

Fortegnet for det resulterende tal benyttes til at give et skøn over informationsdatabitten. Et resultat på +1000 vil fremkomme, hvis informationsdatabitten er "1" i M-tonen i hver kanal, og der ikke er nogen forvanskning, dvs. at hver statusbit er et "0", og et resultat på -1000 vil fremkomme under de samme overføringsbetingelser, hvis informationsdatabitten er "0". Tilliden til skønnet over informationsdatabitten vil derfor være 100%, hvis produktsummen er +1000 eller -1000 og vil falde til nul for en produktsum på nul. Det er da nødvendigt ved forsøg i et støjbefængt miljø under opretholdelse af acceptabel modtagning at vælge en minimumtærskel for modulet af denne produktsum, således at dekoderen accepterer et skøn over denne tærskelværdi og afviser et skøn under den. I det første tilfælde frembringes der altså en bedste-skøn-data ved dataudgangen 92, og i det sidstnævnte tilfælde frembringes der et fejlsignal på fejludgangen 94.

Diskontinuiteten i vægtningsfunktionen indføres for at forbedre modemets præstation, når det arbejder med interferensdannere inden for båndet. Når antallet af

præ- eller post-datakontrolbit i ét tonebånd F er lig med 10 eller mere, indstilles den statistiske vægtning W_t^F derfor til nul, og der ses bort fra denne kanal.

Det er analytisk blevet vist, at med en statistisk vilkårlig bitfejlhastighed (BER) i alle ti tonekanaler har modemmet en præstation, der kun er ganske lidt ringere end for en flertalsafstemningsdekoder med ti kanaler, men lidt bedre end for den simple præ-/post-databitdeko-
10 antal (< 10) tonekanaler, er præstationen væsentligt bedre end for de to andre detektorer, medens dekoderens præstation for 50% bitfejlhastighed for ni kanaler næsten svarer til bitfejlhastigheden for en enkelt kanals reaktion under ideelle betingelser. Ved anvendelse af
15 den tilbagevendende dekodningsalgoritme på de detekterede signaler og præ-/post-datakontrolbittene har modemmet altså vist sin evne til at opnå det optimale detekterbare udgangssignal, selv når indgangssignalerne til de modtagende tonekanaler er alvorligt forvanskede af støj.
20 Ved anvendelse af tids- og frekvensforskuet overføring i modemmet fås der en yderligere fordel ved, at den maksimale transmissionseffekt er til rådighed ved hver overført tone, hvilket sikrer en større rækkevidde og en større støjundertrykkelsesevne end for anlæg,
25 hvori der anvendes samtidig overføring af to eller flere toner. Der frembringes fortrinsvis et sæt af specielle overvågningssignaler, der kan benyttes enten ved on-line metoden eller ved en normal arbejdsmetode. Ethvert af overvågningssignalerne kan da kaldes op til ethvert
30 tidspunkt under anvendelse af forud fastsatte kodeord. Overvågningssignalet kan for eksempel instruere det modtagende modem om, at meddelelsesoverføringen skal gentages (f.eks.) fem gange. Ved drift på denne måde i den normale overføringstilstand kan overføringen automatisk
35 afsendes fra sendelageret et passende antal gange, og modtagemodemmet kan fortolke overvågningssignalet, så det er klar til den gentagne meddelelsesoverføring. Når gentagne meddelelser modtages, kan de lagres og sammen-

lignes, og der kan foretages en yderligere vurdering af de modtagne tegn til yderligere reduktion af faren for fejl.

P A T E N T K R A V

5

1. Digitalt kommunikationsapparat til modtagelse eller udsendelse af en digitalt kodet meddelelse, hvor hver databit i den kodede meddelelse overføres som en række sekventielle signaler i forskellige frekvenskanaler og hvert detekterede signal tildeles en vægtningsfaktor, der afspejler fejlsandsynligheden, k e n d e -
10 t e g n e t ved, at:

udgangssignalerne (49) fra tonedetektorer i hver kanal eksempleres i tidsintervallerne svarende til en enkelt meddelelsesbit og eksempleres i intervallet før
15 (præ-bit) og i bitintervallet efter (post-bit) det tilhørende meddelelsesbittidsinterval, idet hver eksemplering i et meddelelsesbitinterval markeres i afhængighed af, om støjen, der er bestemt af præ-dataeksempleringen (82) og post-data eksempleringen (80), er
20 over eller under et forudbestemt tærskelniveau.

2. Digitalt kommunikationsapparat ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved, at indeholde midler (89) til kombination af signaler fra de forskellige kanaler
25 vægtet i overensstemmelse med markeringerne til genfrembringelse af meddelelsen.

3. Kommunikationsapparat ifølge krav 2, k e n d e -
t e g n e t ved, at senderen indeholder koblingsmidler (9) til frembringelse af et specielt kodet meddelelsesbegyndelses-
30 signal (SOM), og at modtageren indeholder koblingsmidler (18), der reagerer over for et modtaget meddelelsesbegyndelsessignal og derved giver et nøjagtigt tidssignal (20) til skandering af de modtagne signaler.

35

4. Kommunikationsapparat ifølge krav 1, k e n d e -
t e g n e t ved, at udgangssignalerne (83) fra tone-
detektorerne, der eksempleres i de tidsintervaller, der
hører til en enkelt meddelelsesbit, kombineres alene un-
5 der anvendelse af de kanaltoner, der ikke har nogen de-
tekterbar støj i præ-databitintervallet (82) og post-
databitintervallet (80), og at der anvendes flertals-
afstemning til bestemmelse af meddelelsesbitten.

5. Kommunikationsapparat ifølge krav 1, k e n d e -
10 t e g n e t ved, at alle de kanaltoner (87, 90), der er
eksempleret i tidsintervallerne, der hører til en enkelt
meddelelsesbit, kombineres under anvendelse af flertals-
afstemning (89) til bestemmelse af meddelelsesbitten, at
der afledes en vægtningsfunktion fra kvadratet på antal-
15 let af kanaltoner, der ikke har nogen detekterbar støj i
præ-data- og post-databitintervallerne, og at vægtnings-
faktoren sammenlignes med en forudbestemt tærskel til
bestemmelse af, om meddelelsesbitten kan accepteres.

6. Kommunikationsapparat ifølge krav 1, k e n d e -
20 t e g n e t ved, at præ-databittene (82) og post-data-
bittene (80) for hver kanal tone kombineres til dannelse
af en første statusbit (86) for en første tilhørende
meddelelsesbit, at statusbittene for et antal successive
meddelelsesbit kombineres med den første statusbit til
25 tilvejebringelse af en vægtningsfaktor for den første
meddelelsesbit, og at de vægtede meddelelsesbit for hver
tone kombineres.

7. Kommunikationsapparat ifølge krav 6, k e n -
30 d e t e g n e t ved, at hver modtaget tonemeddelelses-
bit og tilhørende statusbit for hver tone føres til ind-
gangene til en forsinkelseskobling (88, 91), der er ind-
rettet således, at meddelelsesbittene og statusbittene
for hver kanal tone samtidigt føres til separate skifte-
registre, og at statusbittene fra hvert trin i et status-
35 bitskifteregister kombineres til dannelse af en vægt-
ningsfaktor for den første meddelelsesbit i det tilhø-
rende meddelelsesbitregister.

8. Kommunikationsapparat ifølge et eller flere af kravene 1-7, k e n d e t e g n e t ved, at senderen indeholder midler (9) til frembringelse af et specielt meddelelsesafslutningssignal (EOM), og at modtageren
- 5 indeholder detektormidler (18), der reagerer over for et meddelelsesafslutningssignal, hvorved modtageren vender tilbage til en klar-tilstand.

10

15

20

25

30

35

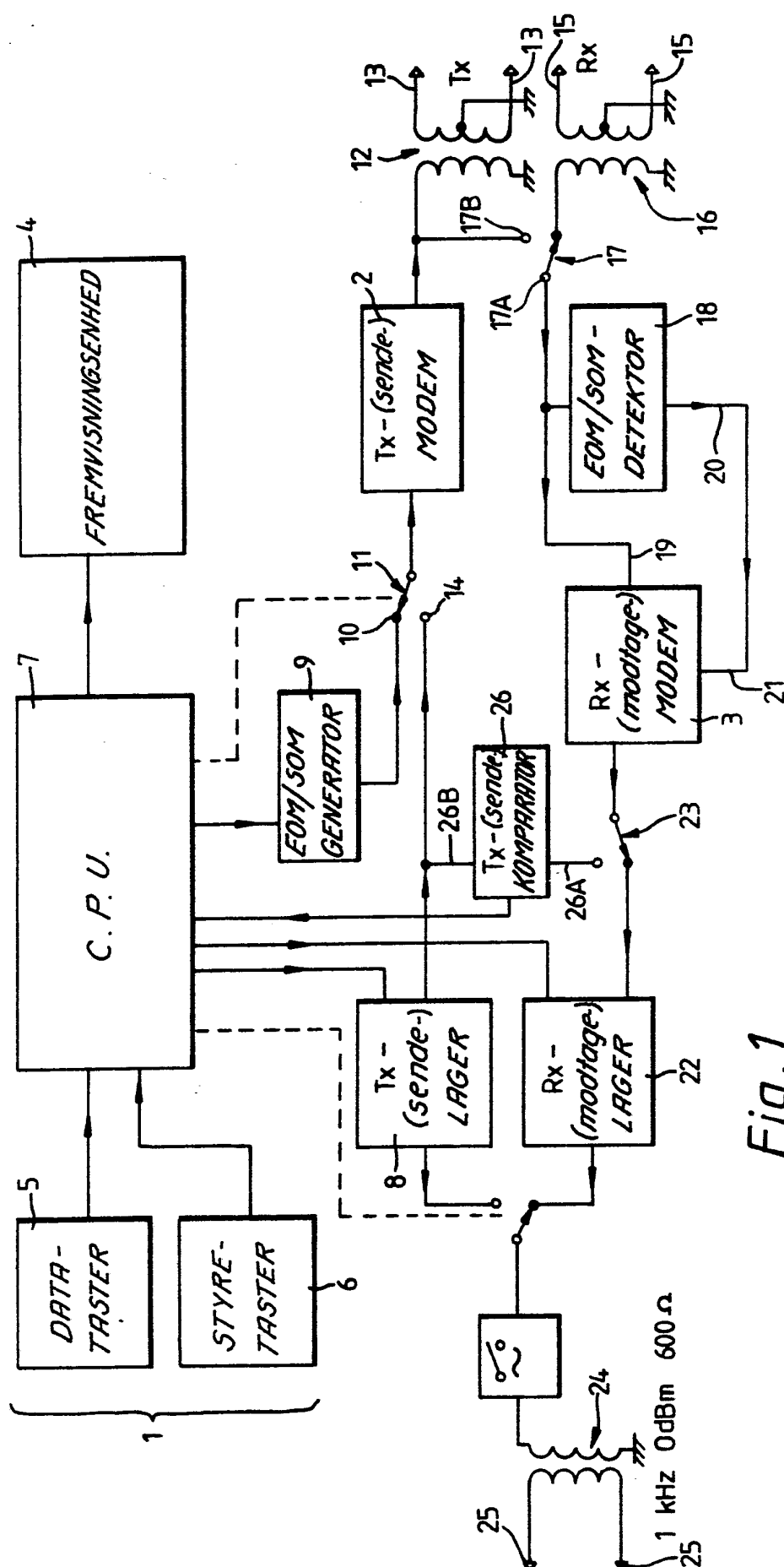


Fig. 1

Fig.3

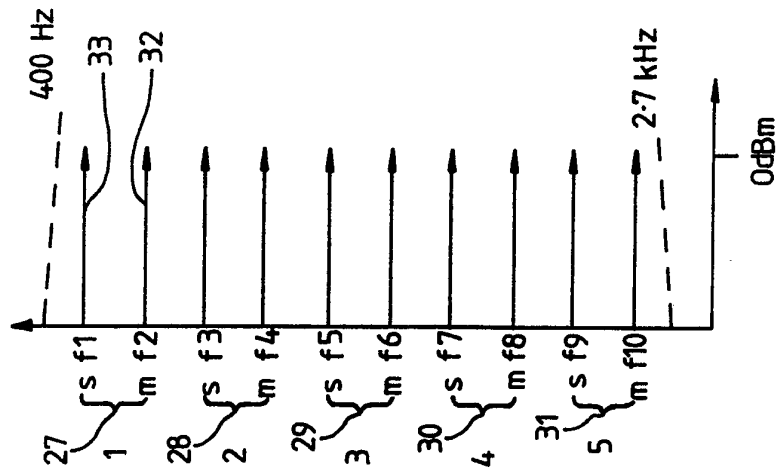
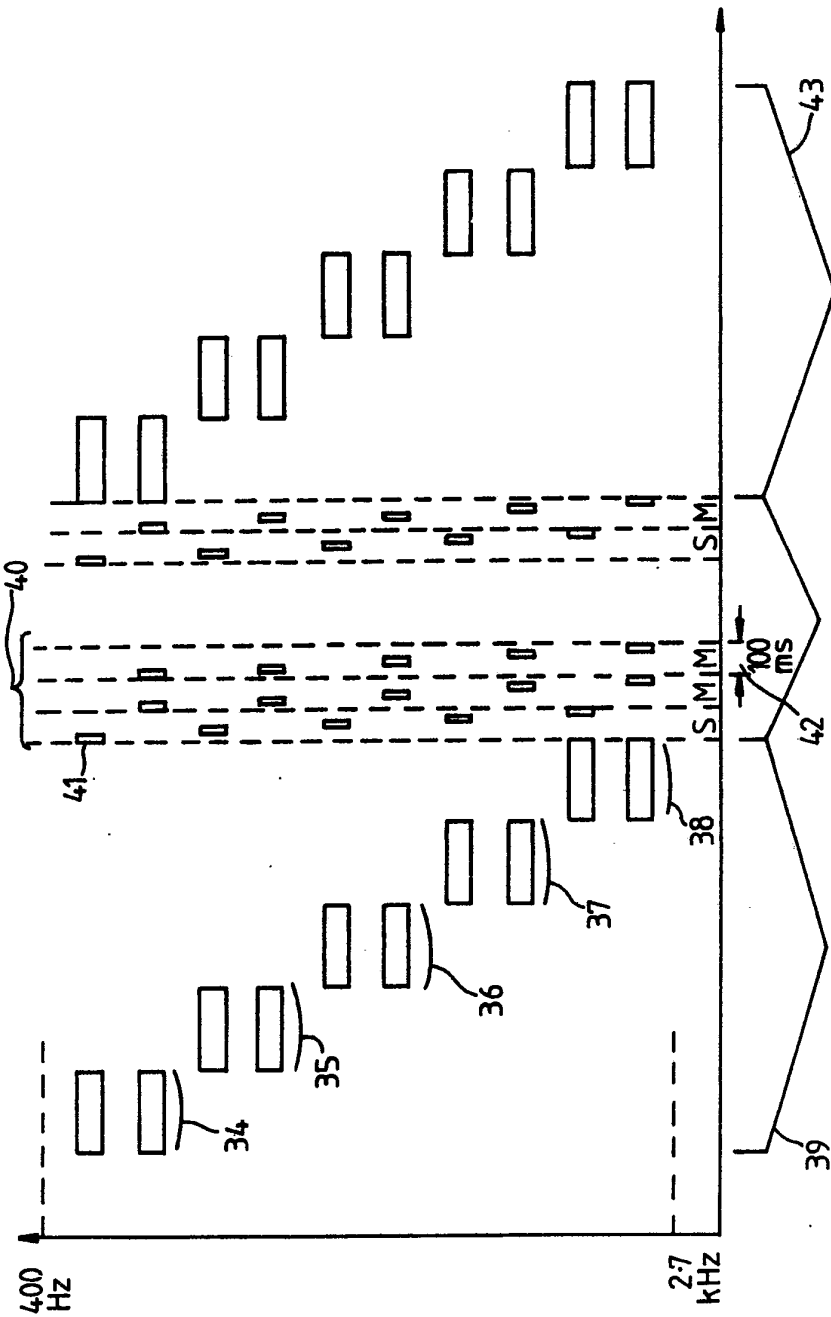


Fig.2

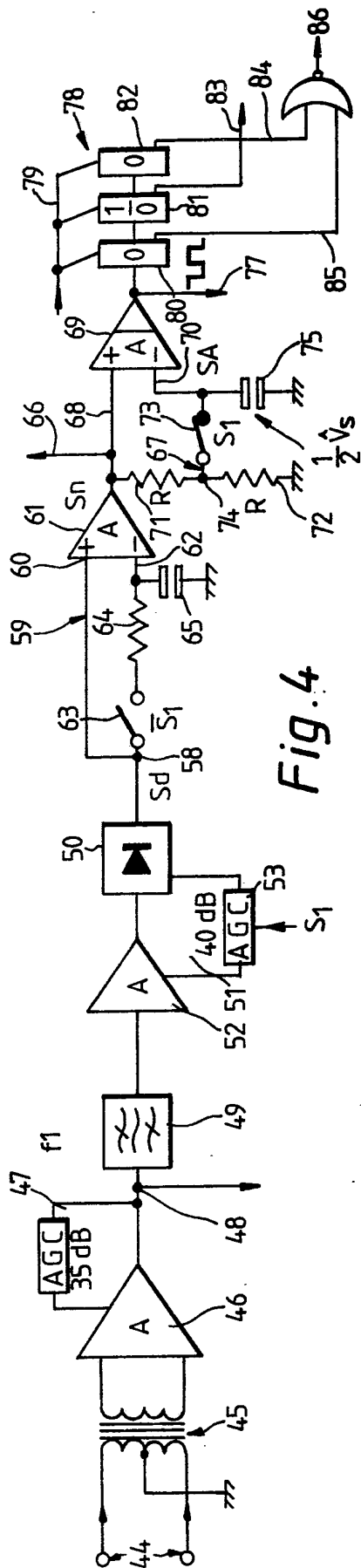


Fig. 4

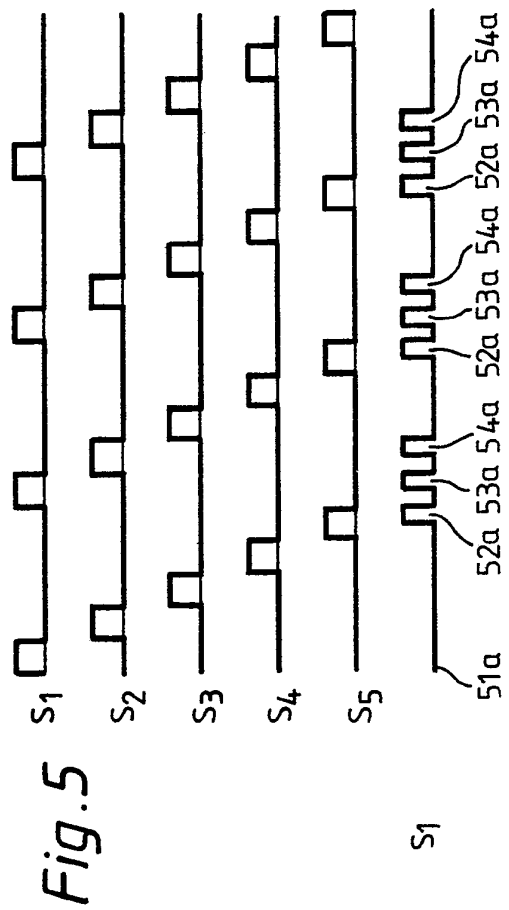


Fig. 5

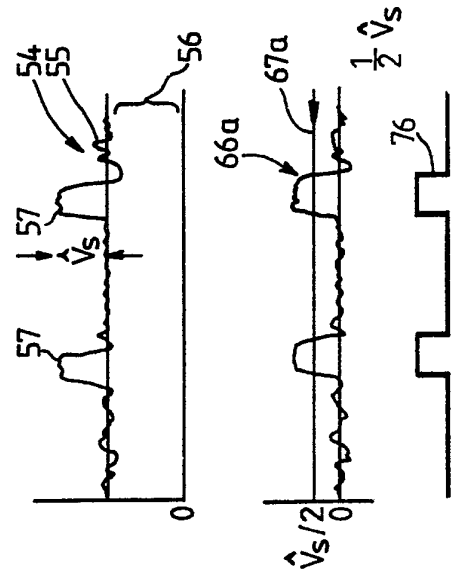


Fig. 6

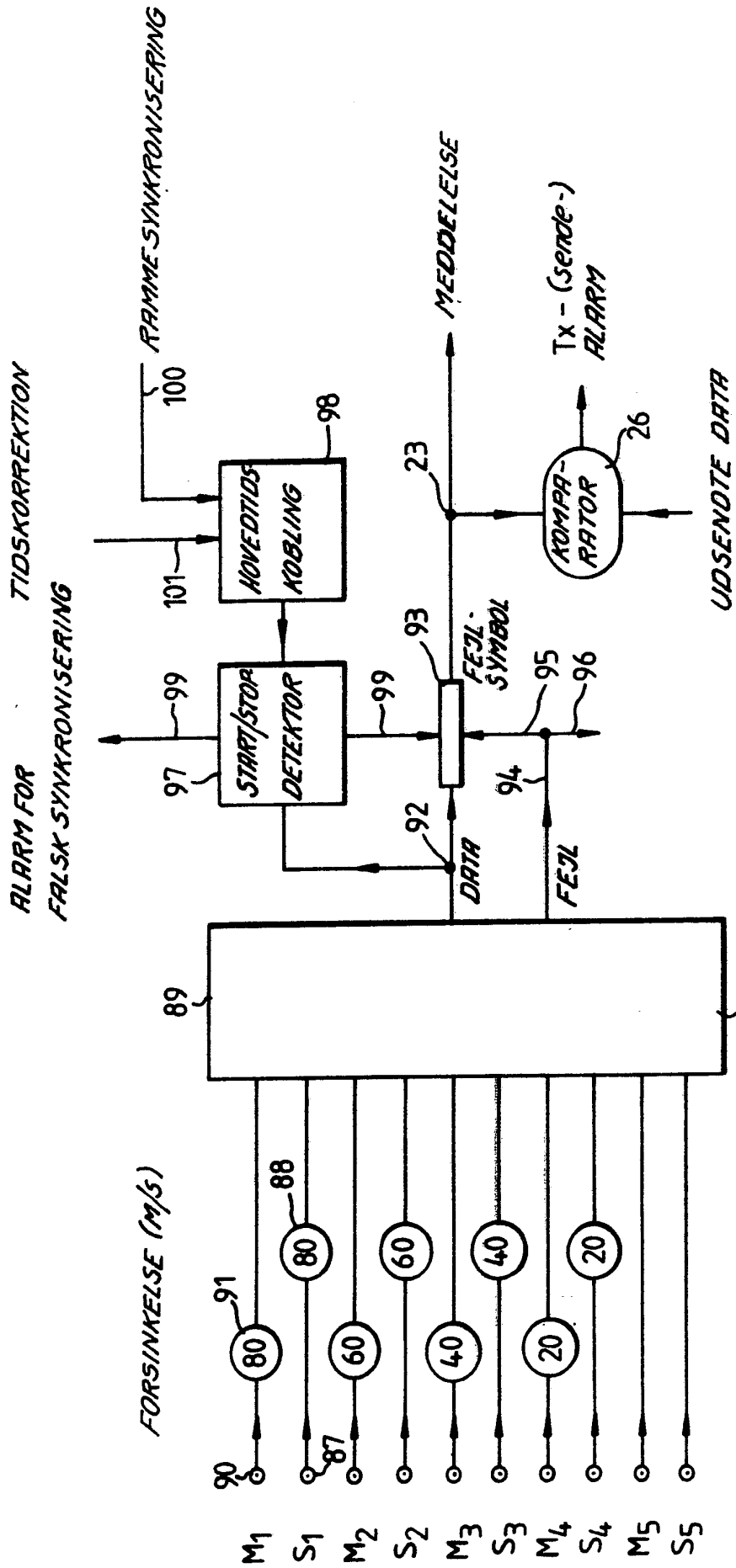


Fig. 7

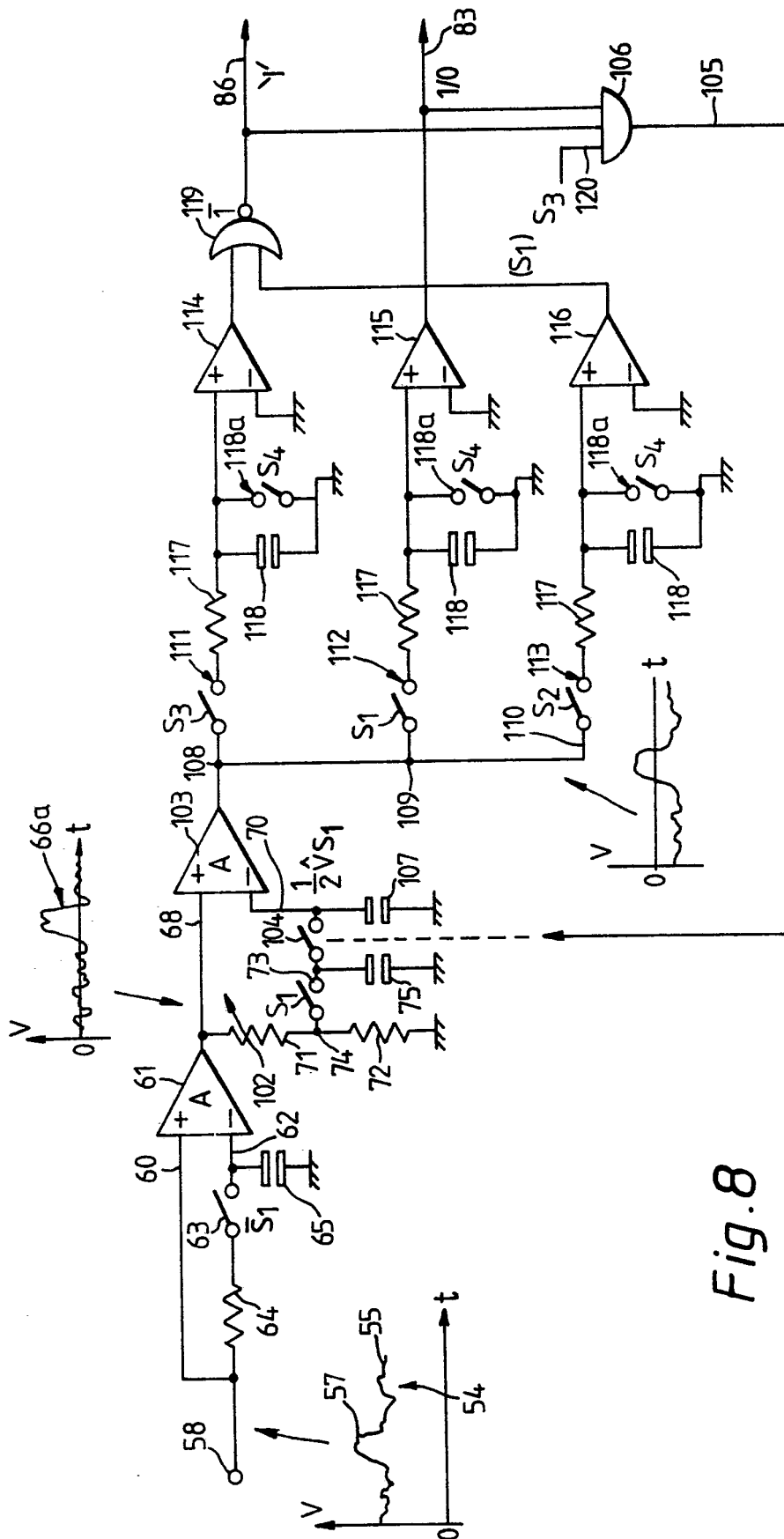


Fig. 8