

(19) DANMARK



(12) FREMLÆGGELSESSKRIFT (11) 146868 B



DIREKTORATET FOR
PATENT- OG VAREMÆRKEVÆSENEN

(21) Patentansøgning nr.: 1509/70

(51) Int.Cl.³: G 01 S 5/00

(22) Indleveringsdag: 24 mar 1970

(41) Alm. tilgængelig: 28 sep 1970

(44) Fremlagt: 23 jan 1984

(86) International ansøgning nr.: -

(30) Prioritet: 27 mar 1969 US 819508

(71) Ansøger: *TEXAS INSTRUMENTS INCORPORATED; Dallas, US.

(72) Opfinder: John Mark *Hughes; US, David Raynold *Reinhartsen; US.

(74) Fuldmægtig: Internationalt Patent-Bureau

(54) Navigationsanlæg for et fartøj

Opfindelsen angår et navigationsanlæg for et fartøj, som udnytter i det mindste indgangssignaler fra en kredsende satellit, en akustisk doppler og et gyrokompas til mindst ét følersystem med modtagere til intermitterende modtagelse af radiosignaler, som udsendes fra satellitten, til frembringelse af et signal, som angiver fartøjets absolutte position, og mindst ét yderligere følersystem, omfattende en radionavigationsindretning til frembringelse af navigationsdata i afhængighed af radiosignaler, som modtages fra faste sendestationer.

Det er af stor vigtighed at forsyne fartøjer, som udfører marine seismiske undersøgelser, med nøjagtig og entydig positionsinformation. Der er hidtil udviklet et stort antal metoder til dette formål i den hensigt at opnå den nødvendige høje nøjagtighed og den pålidelighed, som kræves ved navigation til så-

DK 146868 B

danne seismiske undersøgelsesformål, men disse metoder har i almindelighed ikke været tilfredsstillende på grund af faktorer som f.eks. manglende nøjagtighed, begrænset rækkevidde eller upålidelighed som følge af vejrforhold o.l.

Eksempelvis kræver kystbaserede radionavigationsanlæg nøjagtigt lokaliserede kyststationer, som er dyre at oprette og vedligeholde. Endvidere er sådanne kystbaserede radionavigationsanlæg underkastet alvorlige problemer med hensyn til udbredelsesparametre og flertydighed med hensyn til sejlruter, hvortil kommer, at de har en begrænset rækkevidde. Andre navigationssystemer har omfattet anvendelse af gyrokompasser og vandhastighedsindikatorer, som er udsat for drift, og akustiske dopplersystemer, som ikke kan udnyttes tilfredsstillende på dybt vand. Der er for nylig foreslået satellitnavigationsanlæg, se f.eks. artiklen "A Navigation System Using Distance and Direction Measurements from a Satellite" af E.S. Keats i tidsskriftet Navigation, Vol. 11, nr. 3, efterår 1964, men sådanne anlæg frembringer generelt kun periodisk positionsinformation, således at der her optræder tidsintervaller, hvor der ikke rådes over ajourført navigationsinformation.

I de senere år er endvidere på teoretisk basis foreslået hybride navigationsanlæg, hvor positionsbestemmelse for et fartøj udføres ved udnyttelse af satellitter i forskellige konfigurationer, se f.eks. artiklen "The Potential Use of Satellites in Hyperbolic Position Finding" af G.W. Casserly og L.D. Filkins i tidsskriftet Navigation, vol. 13, nr. 4, vinter 1967. I den nævnte artikel anvises nærmere bestemt følgende former for udnyttelse af satellitter til navigationsformål:

1. To geostationære satellitter og en centersatellit i en synkroniseret, hældende bane,
2. Tre geostationære satellitter, og
3. En "krydsning" af en satellitstation og en jordstation.

Den kendte teknik ifølge artiklen foreskriver alene opløsning af data, som sendes fra en satellit, hvad enten disse modtages af en anden satellit eller af en jordstation. Der er således ingen antydning af at kombinere data fra en satellit med jorddata, som f.eks. de data, der opnås fra et LORAN-system. Der er heller ikke angivet noget om indgangssignaler fra et akustisk dopplersystem. Artiklen giver alene information om positionsbestemmelse på den ene eller den anden måde, og den angiver specielt intet om kombination af indgangssignaler fra en satellit, en akustisk doppler og et gyrokompass således som ved det med den foreliggende opfindelse foreslåede anlæg. I dette kan kodesystemet ifølge den nævnte artikel tænkes benyttet som den ene indgang til erstatning af indgangssignalerne fra en i kredsløb værende satellit.

Ved opfindelsen tilsigtes det at frembringe et navigationsanlæg, i hvilket

de indgående navigations- og følerkomponenter er kombineret på en sådan måde, at de gunstige egenskaber hos hver komponent maksimeres og de ugunstige egenskaber minimeres og hvor der opnås et resulterende navigationsudgangssignal med yderst nøjagtige og pålidelige positionsangivelser for fartøjer, der udfører geofysiske undersøgelser i alle former for vejrlig og i heldøgnsdrift.

Til opnåelse heraf er et navigationsanlæg af den indledningsvis angivne art ifølge opfindelsen ejendommeligt ved, at der findes en føler til frembringelse af hastigheds- og kurssignaler til frembringelse af et signal, som angiver fartøjets position i forhold til en referencebeliggenhed, et sammenligningssystem til sammenligning af signalerne for absolut position med hastigheds- og kurssignalerne, hvilket sammenligningssystem er indrettet til bestemmelse af varierende vægtkoefficienter for hvert signal i overensstemmelse med den affølte relative nøjagtighed af det resulterende navigationssignal med henblik på frembringelse af et fejlsignal, samt et fejlkorrektionssystem til korrektion af de resulterende navigationssignaler i afhængighed af nævnte fejlsignal.

I navigationsanlægget ifølge opfindelsen kombineres følernes udgangssignaler således til frembringelse af et resulterende udgangssignal med en væsentlig forbedret nøjagtighed og pålidelighed end signalet fra hver af følerne. Det resulterende udgangssignal kan derefter benyttes til efterberegninger til yderligere forbedringer af navigationsnøjagtigheden. Følernes udgangssignaler vægtes med vægtfaktorer, som varieres i overensstemmelse med en af systemet bestemt fejlmålingstatistik. Som følge af at navigationsanlægget benytter flere følere, opnås overensstemmende navigationsinformation i alle former for vejrlig og til et hvert tidspunkt ved at benytte følerudgangssignaler, som ikke påvirkes alvorligt af specielt ugunstigt vejrlig eller andre fysiske omgivelserforhold. Desuden kan de af følerne frembragte data sammenlignes, og unøjagtigheder i et udgangssignal som følge af fejl i udstyret eller anden ydre påvirkning kan da bestemmes, og det pågældende udgangssignal kan behandles eller elimineres i overensstemmelse hermed. Anlægget ifølge opfindelsen arbejder i det væsentlige i sand tid og fører dermed til en mere nøjagtig positionsbestemmelse ved seismiske undersøgelsesoperationer, idet en større datamængde kan benyttes til positionsbestemmelsen.

Opfindelsen forklares i det følgende nærmere under henvisning til tegningen, hvor

fig. 1 viser et blokdiagram over en udførelsesform for anlægget ifølge opfindelsen med tre signalkilder,

fig. 2 en skematisk fremstilling af geometrien af en del af det i fig. 1 viste anlæg.

fig. 3 en grafisk afbildning af middelkvadratafvigelsen for det foreliggende anlæg uden optimal datakombination,

fig. 4 en skematisk fremstilling af geometrien i anlæggets bevægelse,

fig. 5 et diagram af middelkvadratafvigelsen med optimal kombination i overensstemmelse med opfindelsen,

fig. 6 en grafisk fremstilling af dataforbedringsfaktoren ved opfindelsen ved forøgelse af P ,

fig. 7 en grafisk fremstilling af dataforbedringsfaktoren under udnyttelse af genberegning af fiksværdier,

fig. 8 en grafisk fremstilling af middelkvadratafvigelsen ved anvendelse af genberegnete fiksværdier i overensstemmelse med opfindelsen,

fig. 9 et funktionsdiagram af virkemåden for et anlæg ifølge opfindelsen med fem signalkilder,

fig. 10 et blokdiagram af en foretrukken udførelsesform for et anlæg ifølge opfindelsen med fem signalkilder,

fig. 11 en skematisk fremstilling af virkemåden af et akustisk doppleranlæg,

fig. 12 en skematisk fremstilling af doppleranlæggets geometri,

fig. 13 en skematisk fremstilling af virkemåden af EM-loggen i anlægget ifølge opfindelsen,

fig. 14 en skematisk fremstilling af udnyttelsen af et antal satellitfiksværdier i overensstemmelse med opfindelsen,

fig. 15 en grafisk fremstilling af middeltidsintervallerne mellem fiksværdier fra tre satellitter i et satellitnavigationsanlæg,

fig. 16 en grafisk fremstilling af middelafvigelserne ved bestemmelse af nordlig bredde og længde for hver knobs hastighed i et satellitnavigationsanlæg.

fig. 17 en grafisk fremstilling af middelafvigelsen ved bestemmelse af østposition for hver knobs hastighed i et satellitnavigationsanlæg,

fig. 18 og 19 blokdiagrammer af den i anlægget i fig. 10 viste logiske overgangsenhed fra lager med direkte adgang til kanal,

fig. 20 en skematisk fremstilling af de to dataord med hver 16 bit, som udnyttes ved opfindelsen,

fig. 21 et blokdiagram for omsætterkredse udnyttet i den logiske enhed 76 i fig. 10,

fig. 22 et blokdiagram af omsætterkredse til omsætning af udgangsdata fra datamaskinen 78 til indgangsdata for datamaskinen 72 i fig. 10,

fig. 23 et blokdiagram af ekstra dele knyttet til de i fig. 22 viste omsætterkredse,

fig. 24 et procesdiagram for udførelsen af dataoverføringen mellem datamaskinerne 72 og 78 i fig. 10,

fig. 25 et blokdiagram af omsætterkredse mellem synkro-digital omsætteren 52 og datamaskinen 78 i fig. 10,

fig. 26 omsætterkredse til overføring af kursdata mellem den akustiske doppler 54 og datamaskinen 78 i fig. 10,

fig. 27 omsætterkredse anbragt mellem den akustiske doppler 54 og datamaskinen 78 i fig. 10, til formulering af kursafvigelsesdata,

fig. 28 omsætterkredse anbragt mellem EM-loggen 60 og datamaskinen 78 i fig. 10,

fig. 29 et blokdiagram af en tidsimpuls- og lagerkreds i den logiske enhed 56 i fig. 10,

fig. 30-32 blokdiagrammer for overgangskredse i den logiske enhed 56 til overføring mellem VLF-modtagerne og datamaskinen 78 i fig. 10,

fig. 33-35 blokdiagrammer for kredsene i datastrømkontrolenheden i den logiske enhed 56 i fig. 10, og

fig. 36 et procesdiagram for udførelse af funktionerne ifølge opfindelsen i datamaskinen 78 i fig. 10.

ANLÆG MED TRE SIGNALKILDER.

I fig. 1 på tegningen er vist et blokdiagram af en udførelsesform for et anlæg ifølge opfindelsen med anvendelse af flerfoldige signalkilder. En satellitmodtager 10 modtager radiosignaler fra en i kredsløb værende satellit til intermitterende frembringelse af en absolut positionsangivelse, som tilføres en digital datamaskine 12. I den efterfølgende beskrivelse vil det blive antaget, at satellitmodtageren 10 i gennemsnit frembringer en absolut positionsangivelse hver anden time. I virkeligheden vil middeltidsintervallerne mellem absolutte positionsangivelser variere fra omkring 2,65 timer ved ækvator til omkring 0,75 timer ved 70° bredde. Nøjagtigheden af de absolutte positionsangivelser fra satellitmodtageren 10 vil blive antaget at være mellem 90 og 180 m. Tidsrummet til beregning af en absolut positionsangivelse vil afhængigt af regnehastigheden for datamaskinen 12 være fra 30 sek. til 3 min.

Et akustisk doppleranlæg 14 er knyttet til anlægget og udsender og modtager akustiske signaler til frembringelse af angivelser af fartøjets relative hastighed i fartøjets længde og tværetning. Disse hastighedsangivelser føres til en digital datamaskine 16, som herved frembringer angivelser af fartøjets hastighed i nordlig og østlig retning og endvidere frembringer en angivelse af fartøjets positionsændring siden den sidste satellit-positionsangivelse.

Fartøjet medfører også en gyrokompasenhed 18 til frembringelse af kontinuerlige angivelser af fartøjets kurs. Disse angivelser føres ligeledes til datamaskinen 16 og udnyttes til frembringelse af positionsændringsangivelser fra datamaskinen. Udgangssignalerne fra den akustiske doppler 14 og gyrokompasset 18 udnyttes endvidere til frembringelse af EOTVOS-korrektioner, således som det vil blive forklaret nærmere i det følgende.

Udgangssignalerne fra satellitmodtageren 10, den akustiske doppler 14 og gyrokompasset 18 kombineres ved hjælp af datamaskinerne 12 og 16 på optimal måde med henblik på at frembringe en yderst nøjagtig absolut positionsangivelse, som er væsentlig mere nøjagtig end de individuelle udgangssignaler fra nogen af signalkilderne. Til illustration af den teoretiske virkemåde af et sådant multisignalkildeanlæg vil det blive antaget, at et fartøj med det i fig. 1 viste navigationsanlæg bevæger sig på en kompaskurs θ grader med en afvigelse på θ_e . Det vil endvidere blive antaget, at den akustiske doppler angiver en fremadrettet hastighed h og en tværhastighed b begge med en fejl på $E_d\%$. Denne geometri er vist i fig. 2.

Fejlene i x - og y -retningerne er givet ved

$$e_x = h \left[(1+E_d) \sin(\theta + \theta_e) - \sin \theta \right] - b \left[(1+E_d) \cos(\theta + \theta_e) - \cos \theta \right] \quad (1)$$

og

$$e_y = h \left[(1+E_d) \cos(\theta + \theta_e) - \sin \theta \right] + b \left[(1+E_d) \sin(\theta + \theta_e) - \sin \theta \right], \quad (2)$$

der kan kombineres til en radiusfejl, som med tilnærmelse er givet ved

$$e_r^2 = (e_x^2 + e_y^2) = (h^2 + b^2) \left[2(1+E_d)(1 - \cos \theta_e) + E_d^2 \right]. \quad (3)$$

Her er $\sqrt{h^2 + b^2}$ simpelt hen den strækning, som fartøjet virkelig har tilbagelagt (r). Da $\cos \theta_e \approx 1 - \theta_e^2/2$, kan den ovennævnte ligning skrives som

$$\frac{e_r}{r} = \sqrt{\theta_e^2 + E_d^2}, \quad (4)$$

hvor θ_e er udtrykt i radianer og E_d som en brøkdæl.

Denne analyse gælder for et fartøj, som bevæger sig ad en ret linie i en vilkårlig retning. Hvis fartøjet bevæger sig langs en kurvet bane, er fejltilvæksten givet ved

$$\Delta e_r = \Delta r \sqrt{\theta_e^2 + E_d^2}. \quad (5)$$

Hvis den samlede bane inddeles i L sektorer, er den samlede radiusfejl givet ved

$$\sum_{i=1}^L \Delta e_r = \sum_{i=1}^L \Delta r_i \sqrt{\theta_e^2 + E_d^2}. \quad (6)$$

For $L \rightarrow \infty$ giver ligning (6)

$$E \approx D \sqrt{\theta_e^2 + E_d^2}, \quad (7)$$

hvor D er den samlede strækning, som fartøjet tilbagelægger.

Representative værdier for θ_e og E_d er omkring henholdsvis $0,1^\circ$ og $0,2\%$, hvilket svarer til en samlet fejl i kombinationen akustisk doppler-gyrokompas på $0,265\%$ af den strækning, som fartøjet tilbagelægger. Antages det, at fartøjets hastighed er 5 knob, og at der er 2 timer mellem satellit-fikspunkterne, vil fejlen blive 48 m, hvilket giver en middelvadratfejl som angivet i fig. 3.

Til opnåelse af en optimal datakombination i det i fig. 1 viste multisignalkildeanlæg antages det som vist i fig. 4, at fartøjet befinder sig ved x_1 i overensstemmelse med en absolut positionsangivelse fra satellitmodtageren 10. De statistiske forhold ved positionsbestemmelsen er kendte, således at der for positionen x_1 kan fastlægges en "fejlcirkel". Det antages endvidere, at en position x_2 og en strækning y_2 mellem x_2 og x_1 er blevet bestemt ved hjælp af henholdsvis satellit- og doppler-gyrokompasanlæggene. De statistiske forhold for y_2 er også kendte, og fejlcircelen antages i dette eksempel at være $E\%$ af y_2 .

Det bemærkes, at $x_2 + y_2$ i virkeligheden er et mål for x_1 . Derfor haves

$$\hat{x} = \alpha_1 x_1 + \alpha_2 (x_2 + y_2), \quad (8)$$

hvor α_1 og α_2 er optimale vægtfaktorer. Da det kan antages, at de to målinger af positionen x_1 har forskellige afvigelser, men identiske middelværdier (\bar{x}), kan konstanterne α_1 og α_2 vælges således, at

$$E [\bar{x} - \hat{x}] = 0. \quad (9)$$

Dette medfører,

$$\bar{x} = \hat{x}, \quad (10)$$

og at

$$\alpha_1 + \alpha_2 = 1. \quad (11)$$

Til optimalt valg af α_1 og α_2 kan den forventede middelvadratfejl (varians) minimaliseres, dvs.

$$E \left[(\hat{x} - \bar{x})^2 \right] \Bigg|_{\min} = \text{Var} \left[\alpha_1 x_1 + \alpha_2 (x_2 + y_2) \right] \\ = \alpha_1^2 \text{Var } x_1 + \alpha_2^2 \left[\text{Var } x_2 + \text{Var } y_2 \right]. \quad (12)$$

Da de faste værdier x_1 og x_2 er bestemt på samme måde, har de samme varians (S^2). Variansen af y_2 er

$$\text{Var } y_2 = (EVT)^2, \quad (13)$$

hvor E angiver procentfejlen i afstanden y_2 , V middelhastigheden under bevægelsen fra x_2 til x_1 og T bevægelsestiden.

Da $\alpha_2 = 1 - \alpha_1$, haves

$$E \left[(\hat{x} - \bar{x})^2 \right] = \alpha_1^2 S^2 + (1 - \alpha_1)^2 \left[S^2 + (EVT)^2 \right], \quad (14)$$

der kan differentieres og herved giver

$$\frac{\partial E \left[(\hat{x} - \bar{x})^2 \right]}{\partial \alpha_1} = 2 \alpha_1 S^2 + 2(\alpha_1 - 1) \left[S^2 + (EVT)^2 \right] \quad (15)$$

Hvis dette udtryk sættes lig med 0 og løses for α_1 fås

$$\alpha_1 = \frac{S^2 + (EVT)^2}{2S^2 + (EVT)^2} = \frac{1+P}{2+P} \quad (16)$$

og

$$\alpha_2 = \frac{1}{2+P}, \quad (17)$$

hvor

$$P = \left(\frac{EVT}{S} \right)^2. \quad (18)$$

P kan betragtes som en system-ydeevnefaktor, idet dens værdi afhænger af sammenhængen mellem satellit- og doppler/gyrokompas-nøjagtigheden (E/S), fartøjets middelhastighed (V) og tidsintervallet mellem satellitfikspunkterne (T).

Når de optimale vægtfaktorer α_1 og α_2 én gang er bestemt, kan den aktuelle varians for punktet x_1 bestemmes som

$$E \left[(\hat{x} - \bar{x})^2 \right] \Big|_{\min} = \frac{S^2}{2} \frac{1+1.5P+0.5P^2}{1+P+0.25P^2}. \quad (19)$$

Dette udtryk demonstrerer det forventede resultat

$$\frac{E \left[(\hat{x} - \bar{x})^2 \right]}{S^2} \Big|_{\min} < 1. \quad (20)$$

En sammenligning af fig. 3 med fig. 5 vil illustrere den formindskelse i middelvadratfejl, som opnås ved optimal datakombination i overensstemmelse med opfindelsen. Antages det, at fartøjet i det foreliggende eksempel er udstyret med et akustisk doppleranlæg 14 med en nøjagtighed på 0,2% og et gyrokompas 18 med en middelfejl på $0,1^{\circ}$, opnås der en værdi af E på $2,65 \times 10^{-3}$. Hvis satellit-anlægget 10 har en middelvadratfejl på 0,05 nmi/fix, fås en værdi af E/S på 0,0925. Hvis fartøjets hastighed er 5 knob, og tidsintervallet mellem satellitfikspunkter er 2 timer, vil værdien af P for denne konfiguration være 0,85. Som det fremgår af fig. 5 repræsenterer dette en forbedring på 0,45 i variansen eller en reduktion i størrelsen af fejlsandsynlighedscirklen fra 92 til 61 m. Dette

er en realtidsforbedring. Den anførte optimale realtids-databehandling resulterer i en forbedring på 30 m i middelkvadratfejlen for hver satellitfikspunkt og reducerer maksimumfejlen tilsvarende.

Optimal datakombination i overensstemmelse med opfindelsen forbedrer altid en positionsangivelse. Størrelsen af forbedringen er kun en funktion af P som angivet i fig. 6 for værdier af P op til 3,5 og for antal af satellit-fikspunkter op til $N=5$. I datamaskinerne 12 og 16 er oplagret formler til bestemmelse af de optimale vægtkoefficienter for et vilkårligt antal satellit-fikspunkter under vilkårlige driftsforhold.

Genberegning af et fikspunkt efterhånden som flere data står til rådighed, er særdeles værdifuld, idet nøjagtigheden i realtids-positionsangivelsen kan forbedres op til 80% i afhængighed af værdien af P. Denne forbedring ligger over, hvad der kan opnås ved optimal realtids-databehandling. I fig. 7 er vist kurver for en sådan dataforbedring for $N=3, 5$ og 7 satellit-fikspunkter. Genberegning af positionen vil således medføre en forbedring af middelkvadratfejlen i det foreliggende eksempel. Hvis der i det foreliggende eksempel benyttes syv satellit-positionsangivelser, forbedres variansen som vist i fig. 6 med en faktor på 0,42, hvilket resulterer i en genberegnet middelkvadratfejl på 40 m for hver satellit. Endvidere kan data for relativ position, som indsamles mellem fikspunkterne, genberegnes på tilsvarende måde, hvilket som vist i fig. 8 resulterer i forbedrede fejlgrænser.

I det foreliggende eksempel har optimal databehandling i overensstemmelse med opfindelsen således reduceret maksimumfejlen fra 92 til 40 m. I det mere komplicerede anlæg, som beskrives i det følgende og indeholder flere signalkilder og dataindgange, vil forbedringen være endnu mere udtalt.

ANLÆG MED FEM SIGNALKILDER.

Det i fig. 1 viste anlæg kan således anses for i almindelighed at frembringe tilfredsstillende navigationsresultater ved visse begrænsede anvendelser. Dette anlæg er imidlertid begrænset til anvendelse ved dybder indtil 180 m som følge af manglende rækkevidde af det akustiske doppleranlæg. Endvidere er det ønskeligt at opnå en forbedring af faktoren E i de i det foregående angivne formler. I fig. 9 er vist et funktionsdiagram for en foretrukken udførelsesform for anlægget ifølge opfindelsen, hvor der benyttes fem forskellige signalindgange.

En satellitmodtager 20 modtager intermitterende radiosignaler fra en i kredsløb værende satellit til frembringelse af absolutte angivelser af et fartøjs position udtrykt i bredde- og længdegrader. Udgangssignalet fra satellitmodtageren 20 behandles efter et program for absolut position som vist ved 22. Et akustisk doppleranlæg 24 frembringer angivelser af fremad- eller bagudrettet

hastighed og tværhastighed. En EM-log eller som en anden mulighed en pitot-rør-hastighedsmåler 26, frembringer et udgangssignal til angivelse af vandhastigheden op til fartøjet. Et gyrokompasanlæg frembringer angivelser af fartøjets kurs. Hvert af udgangssignalerne fra den akustiske doppler, EM-loggen og gyrokompasset påvirkes som angivet ved 30 til frembringelse af angivelser af fartøjets hastighed, som udnyttes i programmet 22 for absolut position.

Et antal VLF-modtagere 32 modtager radiobølger, som udsendes fra kendte fjerne sendestationer, til frembringelse af angivelser af fartøjets position på velkendt måde. Udgangssignalerne fra modtagerne 32 påvirkes som angivet ved 34 med henblik på undertrykkelse af dagligt tilbagevendende støj og tildeling af vægtfaktorer til udgangssignalerne fra modtagerne. Der foretages beregninger på udgangssignalerne til frembringelse af en angivelse af et fartøjs position som bestemt ved VLF-anlægget.

Angivelser af position og nøjagtighed fra satellitmodtageren 20 kombineres med hastigheds- og kursangivelser, som frembringes af den akustiske doppler 24, EM-loggen 26 og gyrokompasset 28. Endvidere kombineres angivelser af position og nøjagtighed hidrørende fra bestemmelsen i VLF-modtageren 32 med data fra de øvrige signalkilder til frembringelse af en realtidsberegning af anlæggets position og nøjagtighed. Ved korrelation og anden sammenligningsteknik elimineres støj- og forspændingsdata i det væsentlige således som det er vist ved 36. Der frembringes signaler til EOTVOS-korrektioner og positions- og nøjagtighedssignaler til muliggørelse af genberegning af data. Som det vil være bekendt skyldes EÖTVÖS-effekten den ændring i centrifugalkraften ved jordens overflade, der opnås, når et skibs hastighed adderes til eller subtraheres fra overfladens rotationshastighed. EÖTVÖS-effekten er således proportional med øst-komponenten af skibets hastighed og således med kosinus af breddegraden.

I fig. 10 er vist et blokdiagram for den foretrukne udførelsesform for anlægget ifølge opfindelsen med flere signalkilder. Et gyrokompas 50 frembringer kurssignaler, som tilføres en synkro-digital-omsætter 52 og en akustisk doppler 54. Udgangssignalerne fra omsætteren og fra den akustiske doppler 54 føres til en logisk P-kanal-indgang-overgangsenhed 56. En målelægte 58 og en EM-log 60 frembringer vandhastighedssignaler, som også tilføres den logiske enhed 56. Et kontrolpanel 62 muliggør, at forskellige operationer selektivt kan udføres af anlæggets operatør. To eller flere VLF-modtagere 64 tjener til modtagelse af Omega- eller VLF-radiosignaler, som udsendes fra fjerne faste stationer. En styreenhed 66 for Omega- eller VLF-radionavigation styrer driften af modtageren 64. Modtageren 64 frembringer angivelser af fartøjets beliggenhed, hvilke angivelser føres til en indgang af den logiske enhed 56. En frekvensnormal 68 frem-

bringer en frekvens til sammenligning med de modtagne VLF-radiobølger til muliggørelse af, at der kan foretages en positionsbestemmelse.

En satellitmodtager 70 modtager radiosignaler fra en i kredsløb værende satellit og frembringer signaler, som føres til en digital datamaskine 72. Til datamaskinen 72 er forbundet en fjernskrivemaskine 74. Ved udgangen af datamaskinen 72 frembringes angivelser af fartøjets absolutte beliggenhed, hvilke angivelser føres til en logisk overgangsenhed 76 mellem et lager med direkte adgang (DMA) og en kanal. Den logiske enhed 76 overfører også data til og fra disse digitale datamaskiner 72 og 78. Signaler fra den logiske enhed 56 føres til datamaskinen 78, som udfører den i det foregående beskrevne optimale kombination og også minimaliserer virkningerne af støj i anlægget. Datamaskinen 78's udgang er forbundet med en strimmelhulle-terminalenhed 80.

En strimmellæser 82 og en fjernskrivemaskine 84 fuldender terminaludstyret for datamaskinen 78. En positionstegner 85 aftegner den fra datamaskinen 78 over den logiske enhed 76 frembragte navigationsinformation. En afvigelsestegner 86 er anbragt i fartøjets bestiklukaf til frembringelse af en angivelse af fartøjets afvigelse, og en tilsvarende afvigelsestegner 88 er anbragt på fartøjets kommandobro.

En logisk P-kanal-udgang-overgangsenhed 90 modtager angivelser fra den logiske enhed 56 til styring af bredde- og længdeaftegningsinstrumenter 92 og 94, som er anbragt henholdsvis på kommandobroen og i bestiklukafet. Endvidere driver udgangssignalet fra den logiske enhed 90 en situationsskærm 96 i et instrumentrum.

Hver af de fem signalkilder, som benyttes i den i fig. 10 viste foretrukne udførelsesform for opfindelsen, indeholder kendte enheder, som kan købes på markedet.

GYROKOMPASSET.

Gyrokompasset 50 kan f.eks. omfatte det gyrokompanlæg, som fremstilles og sælges under betegnelsen MK-14 af Marine Systems Division under Sperry-Rand Corporation i Charlottesville, Virginia. Dette gyrokompanlæg kombinerer gyroskopets fundamentale principper med naturfænomener som jordens rotation og tyngdekraften. Det resulterende instrument retter sig ind efter den geografiske meridian og frembringer uden hensyn til rulning, duven eller gearing af fartøjet en konstant angivelse af sand-nord.

Da gyrokompasset 50's virkemåde afhænger af jordens rotation og ikke af jordens magnetiske felt, har fartøjets bevægelse stor betydning. Hvis bevægelsesretningen er øst eller vest, vil fartøjets bevægelse kun addere eller subtrahere et bidrag i forhold til jordens bevægelse, og indvirkningen på kompasangivelsen kan negligeres. Hvis fartøjet imidlertid bevæger sig mod nord eller syd, vil

dets hastighed frembringe en resultant, som ikke er parallel med jordens rotationsplan. Indvirkningen på kompasangivelserne er således proportional med skibets hastighed og kurs. For alle nordlige eller sydlige kurser må der indføres en breddekorrektion i gyrokompasset. Jo højere breddegraden er, des mindre er nemlig jordens bevægelse, og des større er den krævede korrektion. Korrektions størrelse afhænger derfor af den breddegrad, hvorpå skibet befinder sig. Denne korrektion varierer omvendt i forhold til kosinus af breddegraden og kan udtrykkes som:

$$\Delta = \sin^{-1} \left[\frac{v \cos(\text{tilsyneladende kurs})}{900 \cos(\text{breddegrad})} \right], \quad (21)$$

hvor v er skibets hastighed.

Typiske gyrokompasser som det nævnte af Sperry-Rand Corporation fremstillede Mark-14-anlæg udviser dynamiske korttidsfejl på mindre end $\pm 0,6^\circ$ uafhængig af rulning, duven og gearing af skibet. Selv om Mark-14-anlægget kan have en midelfejl på 1° , har denne fejl ikke nogen stor betydning, idet den kan behandles som en "variabel installationsfejl", som kan måles ved sammenligning af den aktuelle kurs med en nøjagtig reference.

Synkro-digital-omsætteren 52 kan omfatte den af Astro Systems Inc., New Hyde Park, New York fremstillede og solgte omsætter A 602-13T.

AKUSTISK DOPPLER 54.

Den akustiske doppler 54 kan omfatte det doppleranlæg, som fremstilles og sælges under betegnelsen MRQ 2015 af Marine Electronics Products Division under Marquardt Corporation, Van Nuys, California. Virkemåden af et sådant doppleranlæg er beskrevet i detaljer i litteraturen og i et stort antal udstedte patenter.

Fundamentalt beror dopplerteknikken ved hastighedsmåling på det princip, at der udsendes et signal fra en genstand, som bevæger sig, hvilket signal reflekteres fra en stationær overflade og herved vil frembyde en tilsyneladende frekvensændring. Hvis signalet udsendes i bevægelsesretningen for den pågældende genstand, vil det reflekterede signal registrere en frekvensforøgelse. Hvis signalet omvendt udsendes modsat genstandens bevægelsesretning, vil det reflekterede signal registrere en frekvensformindskelse. Denne frekvensændring er direkte proportional med hastigheden af genstanden i forhold til den reflekterende overflade. Sådanne doppleranlæg udgør et middel til beregning af tilbagelagt strækning og hastighed med høj nøjagtighed.

Fig. 11 og 12 illustrerer den principielle virkemåde af et sådant doppleranlæg. Anlægget indeholder en første transor 100, som dirigerer et første par akustiske signaler 102 og 104 tvangsmæssigt mod havbunden i retninger fra fartøjet 106's styrbord og bagbord. Endvidere dirigeres et signal 108 i ret-

ning bagud i forhold til fartøjet 106 og et signal 110 dirigeres i retning fremefter i forhold til fartøjet 106. En transor 112 modtager de reflekterede signaler til frembringelse af målinger af frekvensændringerne i de akustiske signaler. Ved at udregne middelværdien af frekvensforskellene mellem fremad- og bagudretningerne og bagbords- og styrbordsretningerne kan der kompenseres for fartøjet 106's bevægelse og den sande hastighed kan bestemmes. Middelværdiberegning for retningskomponenterne er vist i fig. 12, hvor bestemmelsen af komponenterne af skibets bevægelse angiver den sande bevægelsesretning for fartøjet.

Doppleranlæg som det ovennævnte Marquardt-anlæg har en maksimal arbejdsdybde på almindeligvis omkring 180 m med stræknings- og hastighedsnøjagtigheder af størrelsesordenen 0,5%. De med dette anlæg opnåede målinger er i første instans uafhængige af fartøjets rulle- og huggebevægelser.

EM-LOG 60.

Målelægten 58 og EM-loggen 60 kan omfatte det EM-log-anlæg, som fremstilles og sælges under delnumrene UL 100-3, UL 200-72F, UL 300 og UL 400-3 af Chesapeake Instrument Corporation, Shadyside, Maryland. Dette anlæg frembringer nøjagtige angivelser af vandhastigheden. Loggen arbejder efter det elektromagnetiske princip, hvor der i en undervandsfølerenhed frembringes en med vandhastigheden proportional, lineær spænding. Det elektromagnetiske princip, efter hvilket loggen arbejder, er en form for Faraday's lov, som udtrykt på denne form skrives:

$$e = B l \bar{v} (10^{-8}) \text{ volt} \quad , \quad (22)$$

hvor B er fluxtætheden, l længden og \bar{v} hastigheden.

Denne lov angiver, at når en leder bevæger sig gennem et magnetisk felt, frembringes der en elektromotorisk kraft, som er proportional med den hastighed, hvormed feltet overskæres. I EM-loggen er denne leder vandet. I fig. 13 er vist den fundamentale strømningsmåler, hvormed EM-loggen er opbygget. Vand træder ind i et rør 118 og gennemskærer et magnetisk felt, der frembringes af en spole 120, som er indkapslet i loggens undervandsføler. Spolen 120 aktiveres af et vekselstrømssignal. Undervandsføleren indeholder to pick-upenheder 122 og 124, over hvilke der, når det magnetiske felt skæres af det forbipasserende vand, frembringes en elektromotorisk kraft. Denne elektromotoriske kraft detekteres ved hjælp af passende detektionskredse til frembringelse af en angivelse af vandhastigheden.

EM-loggen 60 har en hastighedsnøjagtighed på omkring $\pm 0,1\%$ op til 10 knob og omkring $\pm 1\%$ ved hastigheder over 10 knob. Vandstrømninger, ændringer som følge af vind og vandturbulens langs skibets skrog bevirker fejl i hastighedsberegningerne.

VLF-SYSTEMET 64.

Det i den foretrukne udførelsesform for opfindelsen benyttede VLF-radio-navigationsanlæg er det af Tracor Incorporated, Austin, Texas, fremstillede og solgte Omega Navigational Receiver System. Fortrinsvis benyttes der tre VLF modtagere af typen 599H fra nævnte firma med en Omega-styreenhed 533S. Endvidere benyttes en frekvensnormal 304B og en hvilestrømforsyning 312C fra Tracor Incorporated.

Virkemåden af Omega-navigationsanlægget er velkendt og vil derfor ikke blive beskrevet nærmere. I princippet er Omega-navigationsanlægget baseret på en måling af forskellen mellem bevægelsestider og er et hyperbolsk navigationsanlæg med jordreference, arbejdende i det internationalt tildelte navigationsbånd mellem 10 og 14 kHz. Det nuværende Omega-navigationsystem består af fire sendestationer, som er beliggende i Trinidad, Hawaii, New York og Norge.

I det eksisterende Omega-system sendes der fra hver sendestation kontinuerlige impulsformede bølger på 10,2 kHz og 13,6 kHz. I fremtidige konfigurationer af systemet vil der også blive sendt et andet signal på 11,33 kHz. Alle sendestationerne er synkroniserede, og hver station udsender en 10,2 kHz- og en 13,6 kHz-impuls i nøjagtig tidsmæssig rækkefølge. Impulslængden og impulsens beliggenhed i den 10 sek. lange sendeperiode identificerer sendestationen. I det nuværende netværk med fire stationer sender hver station i to ud af otte tilgængelige senderum.

Den rumlige parameter, som måles i Omega-systemet er VLF-signalets fase. Den nøjagtighed, hvorved middeltidsforskel-aflæsninger i en given lokation kan forudsiges, afhænger øjensynligt af den nøjagtighed, hvormed middeltiden for udbredelse mellem to punkter kan forudsiges. Fasehastigheden i Omega-systemet varierer ikke alene med ændringer i ionosfærehøjde, men også med andre parametre som f.eks. jordledningsevne, solvinkel og geomagnetisk orientering.

Omega-systemet generes noget af støj, hvilket er en funktion af afstanden. Ændringen i VLF-signalernes hastighed i Omega-systemet mellem dag og nat betegnes som den daglige forskydning eller daglige variation. Denne ændring skyldes primært ionosfæren og dennes virkninger på udbredelsestiden, når den stiger eller synker. Denne ændring er relativt forudsigelig, således at det er muligt at kompensere den i datamaskinen 78 ved hjælp af et oplagret program.

Det oplagrede program løser følgende ligning til frembringelse af en forudsigtelse af VLF-signalet i et givet punkt:

$$\Phi_{\text{pred}} = \Phi_0 + \alpha(t-t_0) + \mu_0 \int_{\Phi_i \lambda_i}^{\Phi_s \lambda_s} F(t, \theta, \lambda) + (K_2 + FK'_2)(K_5 \cos \Phi_m \sin \alpha_m$$

$$+ K'_5 \cos \bar{\Phi}_m \sin^2 \alpha_m) + (K_3 + FK'_3) (K_6 \cos 2 \bar{\Phi} + K'_6 \left| \sin \bar{\Phi} \right|) ds \quad (23)$$

hvor

$\bar{\Phi}_{\text{pred}}$ = forudsagt VLF-fase,

$\bar{\Phi}_0$ = en ukendt startkonstant,

α = en ukendt driftshastighed,

t = tidspunktet for forudsigelsen,

t_0 = begyndelsestidspunktet,

μ_0 = nominal invers bølgelængde,

$(\bar{\Phi}_i, \lambda_i)$ = bredde- og længdegrad for den i 'te sender,

$(\bar{\Phi}_0, \lambda_0)$ = bredde- og længdegrad for modtageren,

F = dagsfunktionen,

hvor

$$F = -1 \leq \cos x < -0,15$$

$$C_3 - C_4 \cos x - 0,15 < \cos x < -0,04$$

$$C_7(1 - \cos x) - 0,04 < \cos x \leq 1$$

x = solens vinkel i forhold til zenit i punktet $(\bar{\Phi}, \lambda)$ til tidspunktet t

$K_2, K'_2, K_5, K'_5, K_3, K'_3, K_6, K'_6$ er ukendte parametre,

$\bar{\Phi}_m$ = magnetisk bredde i $(\bar{\Phi}, \lambda)$

λ_m = magnetisk retning af udbredelsesvejen ved $(\bar{\Phi}, \lambda)$.

Dette integral beregnes langs en storcirkel (storellipsebue) fra sender til modtager. Den angivne formel er opnået fra Naval Electronics Laboratory Center, Technical Document 26, 29. marts 1968, af E.R. Swanson.

Også andre VLF-navigationsanlæg kan anvendes ved den foreliggende opfindelse. Et eksempel på et sådant anlæg er Lambda-navigationsanlægget, som er et med ringe flertydighed arbejdende positionsfastlæggelsesanlæg, der arbejder med kystidentifikation og fase-låste oscillatorer på såvel fartøj som jordstationer. Dette anlæg er gunstigt derved, at det ikke kræver ekstra jordstationer, men det kræver en ekstra radiofrekvens, som kun benyttes en brøkdel af et sekund under kystidentifikationen.

Andre kendte navigationsanlæg, som også kan benyttes er Hi Fix Decca, Shoran, Hiran, Lorac A og B, DM Raydist, Autotape DM 40, Toran og Loran C.

SATELLITMODTAGER 70.

Satellitmodtageren 70 omfatter fortrinsvis det af Magnavox Company, Fort Wayne, Indiana fremstillede og solgte satellitmodtageranlæg MX 702/cA. Denne modtager udnytter flådenavigationssatellitssystemet (NNSS), hvor et radiosignal med konstant frekvens fra en i kredsløb omkring jorden værende satellit modtages ved hjælp af en station på jordens overflade med en tilsyneladende ændring af frekvensen. Denne frekvensændring Δf er et nøjagtigt mål for ændringshastigheden i den skrå bane mellem senderen og modtageren.

Δf påvirkes således af satellitens bevægelse i det fri rum, af modtagepunktets deltagelse i jordens rotation, af modtagestationens bevægelse hen over jordoverfladen og af brydningseffekter i udbredelsesvejen mellem satelliten og fartøjet.

Dopplerændringen kan kvantitativt angives ved

$$\Delta f = (p/c) f, \quad (24)$$

hvor

Δf = dopplerændringen,

p = ændringshastigheden for afstanden mellem signalkilde og betragter,

c = lysets hastighed, og

f = sendefrekvensen.

Måling af dopplerændringen svarer derfor til måling af afstandsændringen.

Frekvensændringens størrelse er proportional med hastigheden i tilnærmelsen eller fjernelsen, og den nøjagtige størrelse afhænger af modtagestationens beliggenhed i forhold til satelliten. Ved en nøjagtig frekvensmåling af dopplerændringen og med nøjagtigt kendskab til satellitens opholdssted er det muligt at beregne positionen af stationen på jorden.

Ved udnyttelse af denne dopplerændringsteknik kan der med modtageren 70 opnås nøjagtigheder, som er bedre end 160 m, idet de målte størrelser (frekvens og tid) kan måles med en nøjagtighed på $1 : 10^7$, og idet kun en ud af samtlige mulige satellitbaner resulterer i en speciel kurve for dopplerændringen.

I dette tilsyneladende enkle og umiddelbare navigationssystem indgår to grundlæggende problemer, nemlig ionosfærisk brydning af radiobølger og afvigelser i satellitopholdssteder, som primært skyldes jordens fladhed og tyngdekraftsvariationer.

Til overvindelse af problemet med ionosfærisk brydning sender satelliten på to eller flere frekvenser. Ved at sende på en anden frekvens, som for at sikre sammenfald af signaler styres af samme oscillator, er det herved muligt at

indføre en korrektion for brydningen og reducere brydningsfejlen til et meget lavt niveau.

Det andet problem, umuligheden af at forudsige en satellits position med en nøjagtighed på mindre end 1,6 km for et større tidsrum end 3-4 dage i fremtiden, gør det nødvendigt at publicere kortvarige satellitdata i almanakform. NNSS-beregningscentrene beregner fremtidige positionsparametre og sender informationen til satelliterne. Satelliterne, som er udstyret med et magnetisk lager, udsender herefter de tre korrigerede koordinater for satelliten hvert andet minut i perioder på 12-14 timer.

Det nuværende NNSS-system består af fem grupper af udstyr omfattende tre satelliter, et net af sporings- og modtagestationer, et beregningscenter, en injektionsstation og navigationsmodtageudstyr. Alle jordstationer er sammenkædet af et med høj hastighed arbejdende datatransmissionsanlæg. Tidsreferencen for hele systemet opnås fra modtagere og normaler, som er beliggende i flådeobservatoriet.

Flådens planer angår et system med fire satellitter anbragt i polarkredsløb i en højde på 1100 km. Hver satellit vejer omkring 45 kg og indeholder to harmonisk sammenknyttede sendere, som benyttes til udsendelse af opholdsstedparametre og tidssignaler, et digitalt lager, en tidskobling til tælling af perioderne fra en stabil oscillator, en modtager for injektionssignaler, og en fasemodulator til modulation af dopplersenderne.

Endvidere benyttes telemetriudstyr til opnåelse af information om satellitinstrumenternes drift. Satelliterne sender med omkring 1 watt, hvilket er tilstrækkelig effekt til opnåelse af en margen på 15 dB ved jordstationer, som benytter ikke-retningsorienterede antenner.

Der er fire jord-sporingsstationer i NNSS-systemet, hvilke stationer hver måler dopplerfrekvensen for begge satellitudsendelser og automatisk korrigerer for ionosfærisk brydning. Mindst en af sporingsstationerne må overvåge tidsimpulserne fra satelliten med henblik på sammenligning med de af flådelaboratoriet fastlagte normaltidsintervaller. De for brydninger og mindre fejl i tidssignaler korrigerede dopplerdata sendes ved fjernskrivning til beregningscenteret.

I beregningscenteret benyttes de fra sporingsstationerne sendte data til bestemmelse af satellitens opholdssted, hvorefter de fremtidige satellitpositioner forudberegnes for det nødvendige tidsrum. Endvidere analyseres tidsfejl, og der fastlægges korrektioner for både tidsimpulshastigheden og tidsimpulsindstillingen. Alle de beregninger, som kræves til ajourføring af opholdsstedet, udføres på få timer. Til beregning af opholdsstederne for fire satelliter benyttes en datamaskine med en kapacitet svarende til IBM 7090.

Korrigerede data for transmission til satelliten sendes fra beregningsstationen til injektionsstationen ved fjernskrivning. Når satelliten er inden for

injektionsstationens rækkevidde, slettes satellitens lager, ny information indlæses i lageret, og tidsimpulskilden nulstilles og reguleres. Umiddelbart herefter gentager satelliten alle data til injektionsstationen til sammenligning med den oprindelige transmission og korrektion af eventuelle fejl. Når den nøjagtige oplagring i satellitens lager er verificeret, blokeres det magnetiske lager imod yderligere modtagelse af information i tilnærmelsesvis tolv timer, til hvilket tidspunkt satelliten igen vil være inden for injektionsstationens rækkevidde. I systemet benyttes to injektionsstationer, idet den anden station primært er til stede af hensyn til systemets pålidelighed.

I det nuværende NNSS-system beregnes integralet af dopplerændringen over flere præcist udmålte tominuttersintervaller. Som det fremgår af fig. 14, bevæger en satellit sig omkring 720 km i et tominuttersinterval fra et punkt 1 til et punkt 2. Satelliten udsender hvert andet minut et digitalt kodeord, og disse signaler kan benyttes som meget nøjagtige tidsreferencer.

Under en passage af en satellit er det muligt at opnå så mange som otte eller ni tominuttersintervaller (1-2, 2-3, 3-4 osv.), selv om ikke alle passager vil give så mange intervaller. Til en positionsbestemmelse kræves kun tre intervaller. I fig. 15 er angivet middeltiden mellem fikspunkter for tre satelliter baseret på data indeholdt i "Transit Navigation Satellite System for Offshore Operation" af Thomas A. Stansell, OECON 1968, New Orleans, 14-16. februar 1968.

Den i satellitnavigationsanlægget ved ionosfærisk brydning frembragte navigationsfejl kan anskueliggøres ved at bemærke, at dopplerkurvens maksimumhældning er et groft mål for den skrå afstand, og at brydningen har en direkte virkning på hældningen. Brydning formindsker hældningen og placerer herved den navigatørberegnete position længere fra satellitpunktet, end hvis ionosfæren ikke var til stede. Ved samtidig måling af dopplerændringen på to forskellige frekvenser kan refraktionsfejlen i det nuværende system imidlertid reduceres til langt under 900 m.

Nogle fejl optræder i NNSS-udgangssignalet som følge af hastighedsfejl. Disse hastighedsfejl medfører imidlertid i dopplerkurven ændringer, som til dels er ortogonale på den navigatørberegnete position. Den fulde virkning af disse hastighedsfejl kommer således ikke til udtryk i navigationsfejlen. I fig. 16 er vist den af hver knobs hastighed resulterende nordlige bredde og længde, medens fig. 17 viser den af hver knobs hastighed resulterende østlige-fikspunktfejl.

Andre former for satellitnavigationssystemer end NNSS-systemet kan benyttes for så vidt de står til rådighed, f.eks. det af Westinghouse Corporation foreslåede Interferometric Satellite System. Som en anden mulighed kan det af General Electric Corporation foreslåede Autoscan Ranging Satellite Computer System benyttes, når dette system er fuldt udviklet.

DIGITALE DATAMASKINER 72 OG 78.

Selv om datamaskinerne 72 og 78 kan udgøres af to vilkårlige egnede kendte digitale datamaskiner eller alternativt af en enkelt datamaskine med stor kapacitet, omfatter datamaskinen 72 i den foretrukne udførelsesform den af Hewlett Packard Corporation fremstillede og solgte HP 2115 Digital Computer. Programmel til HP 2115 datamaskinen til beregning af satellit-fikspunkter udgøres af mappe 35568 eller tilsvarende programmel, som sælges af Magnavox Corporation. Datamaskinen 78 udgøres fortrinsvis af den af Texas Instruments Incorporated, Dallas, Texas fremstillede og solgte TI 2540 Digital Computer.

LOGISK ENHED 76.

I fig. 18-21 er vist den logiske DMA-kanal-overgangsenhed 76, som danner overgang mellem datamaskinen 72 og datamaskinen 78. De i fig. 18-21 viste logiske kredse er angivet med de symboler, som benyttes i Military Standard 806, der er publiceret af Defense Department og U.S. Air Force.

Det logiske kredsløb i fig. 18 indeholder en ordtæller, en afbrydelseskreds og en synkroniseringskreds, som muliggør datatransport til og fra datamaskinerne. Kredsene frembringer også styresignaler til opfyldelse af de krav, som stilles af kanalerne i hver datamaskine. Kredsløbet indeholder fire flip-flop kredse 200, 202, 204 og 206. Til hver flip-flop kreds er over K-J-terminalerne knyttet et par OG-kredse 208 og 210. Et tidsimpulsindgangssignal på 2 MHz føres over en leder 212 til indgangene af hver af flip-flop kredsene 200-206.

Q-udgangen fra flip-flop kredsen 204 er forbundet til en ELLER-kreds 214 til frembringelse af et udgangssignal $\overline{IT7N}$. Q-udgangen fra flip-flop kredsen 204 er forbundet til en ELLER-kreds 216, som også får tilført et udgangssignal $\overline{WC2T}$ fra flip-flop kredsen 202. Udgangssignalet fra portkredsen 216 føres til en indgang af en portkreds 210, som er forbundet til flip-flop koblingen 206. Signaler HPØ14N og WC2F føres både til portkredsen 210 og til en inverterende OG-kreds 218. Udgangssignalet fra portkredsen 218 føres til en ELLER-kreds 220, som igen er forbundet til indgangen af en inverterende OG-kreds 222. Endvidere er vist et antal kommandosignaler og datamaskineindgangs- og -udgangssignaler, som tilføres og aftages fra forskellige dele af kredsløbet, hvilke signaler ikke vil blive nærmere beskrevet.

Under drift af kredsløbet i fig. 18 fungerer flip-flop kredsene 200 og 202 som en ordtæller til angivelse af, hvornår en dataoverføring på to ord er fuldført. I kredsløbet kræves to listeord til igangsætning af en overføring i den ene eller den anden retning i forhold til datamaskinerne. Udgangstilstandene for de to flip-flop kredse 200 og 202 arbejder efter en logisk sekvens til frembringelse af en angivelse af ordfærdiggørelsen.

Flip-flop kredsen 204 bevirker, at der frembringes et afbrydelsessignal

til TI-2540 datamaskinen, når det ønskes. Flip-flop kredsen 206 virker som synkroniseringskreds til synkronisering af indgangskanal-ankendelsessignalerne fra TI-2540 datamaskinen.

I fig. 19 er vist overføringskontrolkredsløbet for datatransport mellem datamaskinerne. Kredsløbet indeholder flip-flop kredse 226 og 228 med tilhørende inverterende OG-kredse 230 og 232. Nul-udgangssignalet fra flip-flop kredsen 226 og et-udgangssignalet fra flip-flop kredsen 228 føres til en inverterende OG-kreds 234, medens de modsatte udgangssignaler fra de to flip-flop kredse føres gennem en inverterende OG-kreds 236. Et-udgangssignalerne fra flip-flop kredsene 226 og 228 føres til en inverterende OG-kreds 238, hvis udgangssignal føres til en ELLER-kreds 240. Signalet $\bar{\Phi}7AKN$ føres til indgangene af en inverterende OG-kreds 242, som fører et signal til indgangen af en ELLER-kreds 244. Et andet signal 17AKC tilføres indgangen af portkredsen 244 fra udgangen af en inverterende OG-kreds 246. Til styring af flip-flop kredsene 226 og 228 tilføres disse over en leder 248 et tidssignal på 2 MHz. Forskellige andre indgangs- og udgangssignaler til og fra dele af det i fig. 19 viste kredsløb fremgår af tegningen.

Så snart de korrekte ordkrav er stillet til overføringskontrolkredsløbet i fig. 19, ændres tilstandene af flip-flop kredsene 226 og 228 sekvensmæssigt til udførelse af overføringskontrol mellem datamaskinerne. Eksempelvis angiver ordet HPEC, at de to flip-flop kredses udgangssignaler begge er logisk nul. Når flip-flop kredsene 226 og 228 har de logiske udgangssignaler 10, er ordtallet fastlagt, og den næste tilstand for flip-flop kredsene 226 og 228 er logisk 11 til fastlæggelse af et krav. TI-2540 datamaskinen anerkender signaler, som optræder forud for ændringen af flip-flop kredsene 226 og 228's tilstande til logisk 01, hvorved der optræder en mærkefunktion, og flip-flop kredsene 226 og 228 gentager deres cyklus.

Fig. 20 illustrerer to dataord på 16 bit, som udnyttes til udførelse af overføringen mellem de to datamaskiner. Ligegyldigt hvilken af datamaskinerne, der igangsætter dataoverføringen, foretages overføringen af igangsætningsinformation fra den igangsættende datamaskine på samme måde. A- og C-felterne i dataordene indeholder begge 14 bit og fastlægger følgende informationer i den datamaskine, som modsætter disse igangsætningsdata:

A-feltet - den lageradresse, til eller fra hvilken den ønskede overføring skal begynde,

C-feltet - det antal dataord på 16 bit, som skal overføres,

F-feltet - kontrolinformation fra den datamaskine, hvorfra overføringskravet hidrører, og

L-feltet - fastlæggelse af den ønskede overføring for enten en indgang (1) til eller en udgang (0) fra datamaskinen 78.

Overførsel til TI-2540 datamaskinen sker gennem maskinens DMA-kanal 7. Overførslen til Hewlett-Packard 2115 datamaskinen sker gennem en Hewlett-Packard standardkanal (HP part number 02116-6195, interface kit 12554A-M11), som indsættes i HP2115 kanalen 11.

I fig. 21 er vist de logiske kredse til formulering af udgangsdata fra Hewlett-Packard 2115 datamaskinen 72 til data til indskrivning i TI-2540 datamaskinen 78. Kredsløbet indeholder 16 ELLER-kredse 300-330 til inversion af udgangssignalerne HP $\bar{1}5C$ -HP $\bar{1}00C$ fra Hewlett-Packard datamaskinen 72 til indgangssignaler I700N-I715N for datamaskinen 78. Til portkredsen 330 er knyttet en åbnekreds til forhindring af, at kontrolinformation, der udnyttes under sekvensstyringen, føres som indgangssignal til datamaskinen 78. Sekvensstyringssignaler WCIT fra kredsløbet i fig. 18 føres til en inverterende OG-kreds 332, som også får tilført et udgangssignal fra en ELLER-kreds 366. Til indgangen af portkredsen 366 føres et signal HP $\bar{1}4C$.

I fig. 22 er vist det logiske kredsløb til overføring af udgangssignalerne fra TI-datamaskinen 78 til indgangssignaler for Hewlett-Packard datamaskinen 72. Kredsløbet indeholder 16 inverterende OG-kredse, hvoraf 14 er vist som portkredse 378-404, som formulerer udgangssignalerne $\bar{7}00N$ - $\bar{7}15N$ fra TI-datamaskinen 78 til indgangssignaler HPI15C-HP100C for Hewlett-Packard datamaskinen.

I fig. 23 er vist formuleringskredsløbet for de resterende to bit i det ved hjælp af kredsløbet i fig. 22 formulerede ord, hvilket kredsløb indeholder åbnekredse til fremføring af kontroldata fra Hewlett-Packard datamaskinen 72. En inverterende OG-kreds 406 formulerer udgangssignalet $\bar{7}00N$ fra TI-datamaskinen 78 til et indgangssignal HPI15C for Hewlett-Packard datamaskinen 72. Styresignaler føres til indgangene af inverterende OG-kredse 408 og 410, som er forbundet til en ELLER-kreds 412. ELLER-kredsen 412 styrer en inverterende OG-kreds 414, som er forbundet til en inverterende OG-kreds 416. Portkredsen 416 formulerer signalet $\bar{7}01N$ til et indgangssignal HP114C for Hewlett-Packard datamaskinen 72.

I fig. 24 er vist et egnet procesdiagram til programmering af datamaskinen 72 til udførelse af dataoverføringen mellem datamaskinerne 72 og 78. Et indgangssignal til Hewlett-Packard datamaskinen 72 er angivet ved 420 og udnyttes som vist ved 422 til indstilling af datamaskinens kanal 11. Ved 424 er angivet en afbrydelse af kanal 24 med en påtrykt markering. Hvis kanal 11 afbrydes, føres indgangssignalet ind i A eller B ved 426. A/B bibeholdes og oplagres ved 428. Ved 430 er angivet fuldførelsen af overføringen. Hvis overføringen er fuldført, opnås der data ved 432, og disse data føres ved 434 ind i et kanalregister. Kanalen indstilles ved 436 og ved 438 optræder en angivelse af afbrydelsen af kanal 11. Listeordene indføres ved 440.

Under et udgangssignal fra datamaskinen 72, opnås der ved 440 data fra

lager, hvilke data føres til et kanalregister ved 442. Ved 444 indstilles kontrolledningen til kanalens udgang, medens en angivelse af afbrydelsen af kanal 11 fremkommer ved 446. Ved 448 fremkommer en angivelse af den fuldførte overføring.

Datamaskinen 72 informeres således om modtagelsen af en ved hjælp af datamaskinen 78 afbrudt kanal 7 og informeres ved modtagelse af kanal 11- markerings- og/eller afbrydelsessignalet om udførelsen af tilførslen af dataordet 1 til datamaskinen 78. Ved modtagelse af kanal 11-afbrydelsen, vil dataordet 2 blive indført i kanal 11-udgangsdataregisteret. Udførelsen af overføringerne af dataordet 2 medfører, at begge datamaskiner 72 og 78 ønsker, at der foretages en overføring. Datamaskinen 78 kan således nu aktivere sin kanal 7 til den type overføring, som er beskrevet i dataordene 1 og 2. Herefter indstilles datamaskinen 72 til udførelse af den ønskede dataoverføring. F-feltet i dataordet 1 overføres ikke til datamaskinen 78, idet dette felt kun indeholder information, som har interesse for overgangsstyret.

LOGISK P-KANAL-INDGANG-OVERGANGSENHED 56.

I fig. 25 er vist formuleringskredsløbet til formulering af digitale signaler fra synkrodigital-omsætteren 52 til datamaskinen 78's indgang. Formuleringskredsløbet indeholder 16 inverterende OG-kredse 450-465, hvilke kredse hver har en indgang, som i fællesskab er forbundet til udgangen fra en inverterende OG-kreds 466, hvor signalet $H\bar{O}LD12N$ optræder. Til de øvrige indgange af portkredsene 450-465 føres digitale signaler $GNDW-SD13N$, hvilket resulterer i frembringelse af udgangssignaler $1200C-1215C$, som tilføres datamaskinen 78's indgang.

I fig. 26 er vist formuleringskredsløbet til oversættelse af kursdata fra det akustiske doppleranlæg 54 til digitale signaler til tilførsel til datamaskinen 78. Foran dette formuleringskredsløb sker en vis ikke-vist dekodning med henblik på dekodning af udgangssignalet fra den akustiske doppler 54 fra 4 bit til 1 bit af hensyn til tilførsel til kredsløbet i fig. 26. Formuleringskredsløbet indeholder 16 inverterende OG-kredse 468-483. Den ene indgang til hver af disse kredse er i fællesskab forbundet til udgangen fra en ELLER-kreds 484, som frembringer et signal $H\bar{O}LD18N$. Signalet $ADMDC$ fra den akustiske doppler 54 tilføres over en ELLER-kreds 485 til indgangen af en portkreds 469. På tilsvarende måde føres akustiske doppler signaler $AD\bar{O}N42N-AD\bar{O}N11N$ til indgangene af portkredsene 470-483. Portkredsenes udgangssignaler er betegnet med $AD\bar{O}N00C-AD\bar{O}N15C$ og udgør indgangssignaler for datamaskinen 78.

I fig. 27 er vist et formuleringskredsløb, som i den logiske enhed 56 er beliggende mellem den akustiske doppler 54 og datamaskinen 78 med henblik på formulering af kursafvigelsesdata fra den akustiske doppler. Formuleringskreds-

løbet indeholder 16 inverterende OG-kredse 487-502, som hver har en indgang forbundet i fællesskab til udgangen fra en ELLER-kreds 503. Portkredsen 503 fører et signal $H\bar{O}LD19N$ til portkredsene 487-502. Kursafvigelses-udgangssignaler, der ligesom i det foregående er blevet dekoderet fra 4 bit til 1 bit, er betegnet med $AD\bar{O}FPPN-AD\bar{O}F11N$ og udgør indgangssignaler for portkredsene 487-502. Af formuleringskredsløbet frembringes med henblik på tilførsel til datamaskinen 78 formulerede signaler $AD\bar{O}FOOC-AD\bar{O}F15C$,

I fig. 28 er vist et formuleringskredsløb til oversættelse af udgangssignalerne fra EM-loggen 60 til indgangssignaler til datamaskinen 78. Formuleringskredsløbet indeholder 16 inverterende OG-kredse 505-520, som hver har en indgang forbundet i fællesskab til udgangen fra en inverterende OG-kreds 521, som modtager signalet $H\bar{O}LD11N$. På samme måde som i de ovenfor beskrevne formuleringskredsløb tilføres indgangene af portkredsene 505-520 udgangssignaler $GNDW-1111F$ fra EM-loggen. Portkredsene frembringer herved udgangssignaler $1100C-1115C$ som indgangssignaler for datamaskinen 78.

I fig. 29 er vist tidsstyrings- og lagerkredsløb til sekvensmæssig indføring af ændringer fra EM-loggen i det i fig. 28 viste formuleringskredsløb. Det viste kredsløb medfører, at nye data fra EM-loggen ikke tillades indført i datamaskinen 78, før der er fremkommet et vedvarende udgangssignal fra EM-loggen, hvorved fejlbehæftede data forhindres i at blive ført ind i datamaskinen 78.

Kredsløbet indeholder fire flip-flop kredse 525-528 med inverterende OG-kredse 529-536 forbundet til henholdsvis deres K- og J-klemmer. Til hver af flip-flop kredsene føres over en leder 537 et tidssignal på 1 MHz. Til portkredsene 530, 532, 534 og 536 føres et holdesignal $H\bar{O}LD11C$ over en leder 538 med henblik på at sætte de fire flip-flop kredse ud af funktion, når datamaskinen 78 undersøger den mindst betydende bit i de oplagrede dataord på EM-loggen.

Nul-udgangssignalerne fra flip-flop kredsene 527 og 528 føres til indgangene af en inverterende OG-kreds 539 med henblik at frembringe et signal $EMCLKN$, som føres til en tidsindgang for tolv bistabile registerkredse 540-551. Kredsen 540 udnyttes til oplagring af den mest betydende bit i dataordene fra EM-loggen 60, medens kredsen 551 benyttes til oplagring af den mindst betydende bit herfra. Kredsene 540-550 får tilført indgangssignaler $EMOOC-EM10C$ fra EM-loggen, medens den mindst betydende bit $EM11C$ føres til kredsen 551. Ved udgangene \bar{Q} fra lagerkredsene 540-551 frembringes signaler $1100F-1111F$, som tilføres det i fig. 28 viste formuleringskredsløb med henblik på tilførsel til datamaskinen 78.

Under driften af kredsløbet i fig. 29 oplagres det sidste dataord fra EM-loggen 60 i kredsene 540-551. Flip-flop kredsene 525-528 tillader ikke disse kredse at registrere en ændring, før variationer i udgangssignalet fra EM-loggen

er stilnet af. Når den mindst betydende bit i dataordet fra EM-loggen er større end den mindst betydende bit oplagret i kredsen 551, indstilles flip-flop kredsene 526 og 528. Et mikrosekund senere indstilles flip-flop kredsene 525 og 527 til indføring af det nye dataord i kredsene 540-551. Alternativt indstilles flip-flop kredsene 525 og 527, hvis den mindst betydende bit i udgangssignalet fra EM-loggen er forskellig fra den mindst betydende bit oplagret i kredsen 551, hvorefter flip-flop kredsene 526 og 528 et mikrosekund senere indstilles til indføring af de nye data. De i registerkredsene 540-551 indførte data oplagres her, indtil der konstateres en ændring i den mindst betydende bit i udgangssignalet fra EM-loggen.

I fig. 30 er vist overgangskredsløbet i den logiske enhed 56 mellem VLF-modtagerne og datamaskinen 78. Det skal bemærkes, at et kredsløb svarende til det i fig. 30 viste er til stede for hver af VLF-modtagerne, medens der for enkelheds skyld kun er vist ét fuldstændigt kredsløb. Kredsløbet indeholder tre flip-flop kredse 556-560, som hver over en leder 562 får tilført et tidssignal på 2 MHz. Til henholdsvis K- og J-klemmen af hver af flip-flop kredsene er forbundet et par inverterende OG-kredse 564 og 566. En ELLER-kreds 568 fører udgangssignalerne fra inverterende OG-kredse 570 og 572 til en indgang af portkredsen 566 for flip-flop kredsen 556. En ELLER-kreds 574 modtager signalet HOLD14C og nul-udgangssignalerne fra flip-flop kredsene 558 og 560.

En ELLER-kreds 576 fører udgangssignalerne fra inverterende OG-kredse 578 og 580 til flip-flop kredsen 558. På tilsvarende måde fører en ELLER-kreds 582 udgangssignalerne fra et par inverterende OG-kredse 584 og 586 til flip-flop kredsen 560. Signalet V2UCN føres direkte til indgangen af portkredsen 586 samt til en inverterende OG-kreds 588. Signalet V2DCN føres direkte til indgangen i portkredsen 578 samt til en indgang af en inverterende OG-kreds 590. Til indgangene af portkredsene 564 for flip-flop kredsene 558 og 560 er forbundet en ELLER-kreds 592.

En ELLER-kreds 594 er forbundet til en indgang af en inverterende OG-kreds 596, som igen er forbundet til en ELLER-kreds 598, som frembringer signalet VRESN. Dette signal føres sammen med signalet V2PRN til indgangen af en inverterende OG-kreds 600, som igen er forbundet til en ELLER-kreds 602. Udgangssignalet fra portkredsen 602 føres til portkredsene 580 og 584. Signalet V2PRN føres sammen med et-udgangssignalet fra flip-flop kredsen 558 og nul-udgangssignalet fra flip-flop kredsen 560 til en inverterende OG-kreds 604. På tilsvarende måde føres signalet V2PRN sammen med nul-udgangssignalet fra flip-flop kredsen 558 og et-udgangssignalet fra flip-flop kredsen 560 til indgangen af en inverterende OG-kreds 606. Udgangssignalet fra portkredsen 604 føres gennem en ELLER-kreds 608, medens udgangssignalet fra portkredsen 606 føres gennem en ELLER-kreds 610.

Under drift af det i fig. 30 viste kredsløb oplagres en angivelse af bærefrekvensniveauet for VLF-signalet fra en bestemt modtager i flip-flop koblingen 556. Udgangssignalet V2AT fra flip-flop kredsen 556 er logisk en, når amplituden er tilstrækkeligt høj. En angivelse af en nedtælling (engelsk: Down Count) oplagres af flip-flop kredsen 558. Denne angivelse af en nedtælling betyder, at den pågældende VLF-modtager kræver en faseformindskelse på 0,1 mikrosekund. En angivelse af en optælling (engelsk: Up Count) oplagres af flip-flop kredsen 560, som frembringer en angivelse, når der kræves en forøgelse af faseren med 0,1 mikrosekund. Et modtagerprioritetssignal V2PRN, som tilføres fra et prioritetskredsløb, der beskrives i det følgende, angiver, at den pågældende modtager har den højeste foreliggende prioritet med hensyn til føddning af datamaskinen 78.

Kun én VLF-modtager tillades at føre indgangssignaler til datamaskinen 78 ad gangen. Signalet V2YDC angiver en krævet nedtælling for den anden modtager, medens signalet V2YUC angiver en krævet optælling for den anden modtager. Et anerkendelsessignal AKC, som modtages fra det logiske datastrøm-overgangskredsløb, som beskrives i det følgende, føres til en portkreds 594. Det resulterende til portkredsen 600 førte signal VRESN er et tilbagestillingssignal til tilbagestilling af hver af flip-flop kredsene 558 og 560 efter føddning af datamaskinen.

I fig. 31 er vist et prioritetsnetværk til fastlæggelse af den særlige prioritet for VLF-modtagere, som frembringer indgangssignaler for datamaskinen 78. Op- og nedtællingerne for hver af VLF-modtagerne føres til indgange af ELLER-kredse 620, 622 og 624. Udgangssignalerne fra portkredsene 620-624 føres til indgangene af inverterende OG-kredse 628-632. Andre indgange for portkredsene 628-632 er forbundet til et-udgangen af en flip-flop kreds 634 og til indgangene af inverterende OG-kredse 636 og 638. Udgangssignalet fra portkredsen 626 føres også til indgangene af portkredse 636 og 638. Nul-udgangssignalet fra flip-flop kredsen 634 føres til en ELLER-kreds 640. Et-udgangssignalet fra flip-flop kredsen 634 føres til indgangene af ELLER-kredse 642, 644 og 646. Udgangssignalerne fra portkredsene 628-632 føres endvidere til indgangene af hver sin portkreds 642-646. Til flip-flop kredsen 634 føres et tidssignal på 2 MHz.

Under drift af det i fig. 31 viste prioritetsnetværk føres op- og nedtællingerne fra de forskellige modtagere gennem portkredse 620-624. Når der fra en hvilken som helst modtager kræves en fasetælling, frembringes der et afbrydelsessignal af flip-flop kredsen 634. Udgangssignalet fra portkredsen 642 har den højeste prioritetsrang og herved føres enhver ændring i den af den første VLF-modtager detekterede fase først til datamaskinen 78. Efterfølgende faseændringer i de andre VLF-modtagere tildeles lavere prioriteter med henblik på senere indføring i datamaskinen 78.

I fi. 32 er vist et formuleringskredsløb til formulering af udgangssignalerne fra VLF-modtagerne på passende form med henblik på tilførsel til datamaskinen 78. Kredsløbet indeholder 16 inverterende OG-kredse 650-680, hver med en indgang forbundet i fællesskab til udgangen af en inverterende OG-kreds 682. Portkredsen 682's indgang er forbundet til modtagelse af et signal fra datastrøm-overgangskredsløbet, som beskrives i det følgende, med henblik på angivelse af den bestemte VLF-modtager, som udspørges af datamaskinen 78. De andre indgange af portkredsene 650-662 er i fællesskab forbundet til modtagelse af signalet GNDW. De andre indgange af portkredsene 664-680 modtager signalerne A5A3V3AT-VIYUN. Kredsløbet frembringer som resultat heraf signaler A5A31400C-A5A31415C, som tilføres datamaskinen 78.

I fig. 33 er vist en del af datastrøm-kontrolkredsløbet, som tjener til sekvensstyring og synkronisering af de forskellige signalkilde-indgange i den logiske enhed 56. Det i fig. 33 viste kredsløb indeholder et par flip-flop kredse 686 og 688, som over en leder 690 synkroniseres med et tidssignal på 2 MHz. Til hver af flip-flop kredsene er knyttet et par inverterende OG-kredse 692 og 694. Et antal signaler CAX02N-CAX15N, RQN og AB05C fører som indgangssignaler til en inverterende OG-kreds 696, der frembringer et udgangssignal PEC, som føres til flip-flop kredsen 686 og til en inverterende OG-kreds 698. Seksten inverterende OG-kredse 700-730 frembringer seksten udgangssignaler AB06C-AB05C. Portkredsen 698's udgang er forbundet til indgangene af portkredsene 700, 704, 708, 712, 716 og 720-730. Signalet VCCN føres til indgangene af portkredsene 702, 706, 710, 714 og 718. Til indgangene af portkredsene 700, 704, 708, 712, 716 og 720-730 føres signaler CAX07N-CAX06N.

Under drift af det i fig. 33 viste kredsløb tjener flip-flop kredsen 688 til synkronisering af, at anlægget befinder sig i en overføringstilstand. Flip-flop kredsen 686 synkroniserer signalet PEC til overgangstidsstyringen. Denne kreds sætter datamaskinen 78 i stand til at udføre en enkelt overføring til den enhed, som har den pågældende, af portkredsene 700-730 frembragte adresse.

I fig. 34 er vist et ekstra kredsløb i datastrøm-kontrolenheden indeholdende flip-flop kredse 740-746, til hver af hvilke der er knyttet inverterende OG-kredse 748 og 750. Til flip-flop kredsen 746 og indgangen af en inverterende OG-kreds 752 føres et tidssignal på 2 MHz. Udgangstidssignalet for portkredsen 752 benyttes til styring af funktionen af flip-flop kredsene 740 og 742 og føres endvidere til indgangen af en fjerde flip-flop kreds 754. Fire inverterende OG-kredse 758-764 frembringer signaler, som gennem en ELLER-kreds 766 føres til flip-flop kredsen 746.

Et-udgangssignalet fra flip-flop kredsen 742 føres til flip-flop kredsen 740 og endvidere til indgangen af en til J-klemmen på flip-flop kredsen 754 forbundet, inverterende OG-kreds 770. Portkredsen 770's anden indgang er for-

bundet til et-udgangen fra flip-flop koblingen 740. Til K-klemmen på flip-flop kredsen 754 føres over en inverterende OG-kreds 772 et signal PEF og PITF. \bar{Q} -udgangssignalet fra flip-flop kredsen 754 føres gennem en inverterende OG-kreds 774 til frembringelse af signalet PITN. Nul-udgangssignalet fra flip-flop kredsen 746 føres til en indgang af en inverterende OG-kreds 776.

Endvidere føres signaler PBG \bar{Q} T og PET gennem en portkreds 776 til frembringelse af et udgangssignal, som føres gennem en ELLER-kreds 778. Nul-udgangssignalet fra flip-flop koblingen 740 føres til en anden indgang af portkredsen 778. Nul-udgangssignalet fra flip-flop koblingen 740 føres ligeledes gennem en ELLER-kreds 780 til frembringelse af styresignalet AKN. Et-udgangssignalet fra flip-flop kredsen 740 føres gennem en inverterende OG-kreds 782 til frembringelse af styresignalet AKC, som udnyttes i det i fig. 30 viste kredsløb. Flip-flop kredsene 740 og 742 drives med de synkrone signaler, medens flip-flop kredsen 746 synkroniserer det fra portkredsen 766 tilførte signal RDYN til tidssignalet på 2 MHz.

I fig. 35 er vist styrekredsene i datastrøm-kontrolkredsløbet i den logiske enhed 56 til frembringelse af sekvensmæssige indgangssignaler til datamaskinen 78 ud fra udvalgte signaler fra signalkilderne. En forspænding VCC, som i den foretrukne udførelsesform er på 5 volt, føres over modstande 800-830 til frembringelse af en ELLER-funktion. Kredsløbet indeholder endvidere seksten portkredse 832-862, hver med en indgang forbundet i fællesskab til modtagelse af et signal DEN. De resterende af portkredsene 832-862 er forbundet til modtagelse af signaler OOC-15C. Udgangene fra modstandene 800-830 er forbundet til hver sit af signalerne OOC-15C.

I fig. 33-35 er der for at forenkle beskrivelsen udeladt visse konventionelle adresseringskredsløb. Det til portkredsen 32 førte signal OOC giver for en bestemt apparatindgang en åbning for hver bit med værdien nul. Signalet OIC tjener for hver apparatindgang som en bit med værdien 1 hsv. Med det viste kredsløb vil kun én signalkildeudgang blive knyttet til af datastrøm-kredsløbet ad gangen, således at datamaskinen 78 sekvensmæssigt modtager ét ord ad gangen fra udvalgte signalkilder.

VIRKEMÅDE AF DATAMASKINEN 78.

I fig. 36 er vist et grundlæggende procesdiagram for virkemåden af datamaskinen 78 i afhængighed af de forskellige indgangssignaler fra signalkilderne. Under drift af datamaskinen frembringes fire almindeligvis periodiske afbrydelser, som optræder i tilnærmelsesvis ti millisekunder, 1/2-1 sekund og 2 minutter, samt en fast satellit-afbrydelse, som optræder i varierende tidsrum, men med denne beskrivelse for øje kan antages at have en middelvarighed på omkring 2 timer. Endvidere forekommer to ekstra afbrydelser, nemlig VLF-afbrydelsen og VLF-

ajourføringen for hver modtager.

Under afbrydelsen på ti millisekunder aflæses gyrokompas-, vandhastigheds- og doppler-signalkilderne ved 900. Ved 902 beregnes sinus og cosinus af gyrokompaskursen. Ved 904 beregnes nord- og østkomposanterne af vandhastigheden. Ved 906 opsamles den relative bevægelse af doppleren og vandhastigheden og udlæses ved 908.

Under afbrydelsen på 1/2-1 sekund opsamles data fra de oplagrede data, og disse data fastfryses ved 910. Data opsamles fra akkumuleringen i 906 og endvidere fra ajourføringen af VLF-afbrydelsen ved VLF-tællerne ved 912. Ved 912 indstilles VLF-tællernes status i on- eller off-tilstanden, og VLF-ajourføringen udlæses da ved 914. Hvis der har optrådt en signalkildeændring, genberegnes de til signalkildeindgangene tildelte optimale vægtfaktorer på den tidligere beskrevne måde. Ved 912 frembringes endvidere filtrering og korrelering af VLF-signalerne. Den optimale position beregnes ud fra den sidste to minutters angivelse ved 914. Den beregnede position afbildes ved 916. Den relevante position, tid og hastighed beregnes ved 918 og afbildes ved 920. Programmet afsluttes ved 922.

Ved hvert to minutters interval beregnes de forudsagte VLF-aflæsninger ved den foreliggende position under den næste to minutters periode ved 924. Forudsigelsen fra den sidste to minutters afbrydelse til det foreliggende tidspunkt og den foreliggende position ajourføres ved 926. De optimale vægtfaktorer beregnes ved 928, og den optimale position beregnes ved 930. Positionstidspunktet og VLF-resultaterne i listen bevares ved 932 og overføres til 1/2-1 sekund-afbrydelsesprogrammet ved 918.

VLF-ajourføringen for hvert modtagerprogram omfatter på velkendt måde en sænkning af den foreliggende VLF mindste middelkvadratmatrix ved 934. Den mindste middelkvadratmatrix for de registrerede data beregnes på sædvanlig måde ved 936 og adderes til den foreliggende matrix. De forudvalgte normalligninger løses ved 938, og parametrene for hver modtager ajourføres. Programmet afsluttes ved 940.

Satellitmodtagelses-afbrydelsen modtager data fra datamaskinen 72 ved 942. Ved 944 findes satellitmodtagelsestidspunktet i lagerlisten fra 932. Fejlen i fastlæggelsen fordeles lineært tilbage til den foregående satellitmodtagelse ved 946. Denne fordeling foretages over en datakæde til VLF-ajourføringsprogrammet ved 936. VLF-ajourføringsprogrammet startes ved 948, og programmet afsluttes ved 950.

Det fremgår således, at den foreliggende opfindelse er rettet mod et yderst nøjagtigtog pålideligt navigationsanlæg, specielt egnet til seismisk undersøgelse. Det store antal forskellige individuelle signalkilder ved opfindelsen muliggør frembringelse af nøjagtige navigationsdata til

ethvert tidspunkt og under alle vejrforhold. I forbindelse med den optimale data-behandling ifølge opfindelsen frembringes der herved data, som er mere nøjagtige, end hvad der kan opnås fra en enkelt signalkilde.

Selv om den foreliggende opfindelse er beskrevet med henvisning til udnyttelse af to indbyrdes forbundne, digitale datamaskiner, skal det bemærkes, at der i visse udførelsesformer for opfindelsen alternativt kan benyttes en enkelt digital datamaskine med stor kapacitet. I stedet for de her omhandlede, på passende måde programmerede digitale datamaskiner af sædvanlig type kan der til opnåelse af de analyser og korrektionsfunktioner, som frembringes af datamaskinerne benyttes specielle, hertil egnede analoge eller digitale komponenter.

Selv om den foreliggende opfindelse her er beskrevet med henvisning til en nærmere specificeret udførelsesform, vil det være klart, at forskellige modifikationer og ændringer i denne vil være mulige for en fagmand, og det tilsigtes, at alle sådanne ændringer og modifikationer falder inden for rammerne af de efterfølgende krav.

P A T E N T K R A V

1. Navigationsanlæg for et fartøj, som udnytter i det mindste indgangssignaler fra en kredsende satellit, en akustisk doppler og et gyrokompas til mindst ét følersystem med modtagere (12, 20) til intermitterende modtagelse af radiosignaler, som udsendes fra satellitten, til frembringelse af et signal, som angiver fartøjets absolutte position, og mindst ét yderligere følersystem, omfattende en radionavigationsindretning (32) til frembringelse af navigationsdata i afhængighed af radiosignaler, som modtages fra faste sendestationer, k e n d e t e g n e t ved, at der findes en føler (14, 18; 24, 26, 28) til frembringelse af hastigheds- og kurssignaler til frembringelse af et signal, som angiver fartøjets position i forhold til en referencebeliggenhed, et sammenligningssystem (12, 16; 36) til sammenligning af signalerne for absolut position med hastigheds- og kurssignalerne, hvilket sammenligningssystem er indrettet til bestemmelse af varierende vægtkoefficienter for hvert signal i overensstemmelse med den affølte relative nøjagtighed af det resulterende navigationssignal med henblik på frembringelse af et fejlsignal, samt et fejlkorrektionssystem til korrektion af de resulterende navigationssignaler i afhængighed af nævnte fejlsignal.

2. Anlæg ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved et kombinerende system til kombination af de optimalt afvejede signaler for absolut position og hastigheds- og kurssignalerne til frembringelse af det resulterende navigationssignal med mindste middelkvadratfejl.

3. Anlæg ifølge krav 2, k e n d e t e g n e t ved en indretning til variation af signalerne fra følerne for absolut position og hastigheds- og kurssignalerne ved hjælp af vægtkoefficienter, hvis størrelse er bestemt ved en mindste middelkvadratfejlfunction, som afhænger af den relative nøjagtighed af radionavigationssystemet til frembringelse af signaler for absolut position, af følerne til frembringelse af hastigheds- og kurssignaler samt af tidsintervallet mellem satellitradiosignalerne.

Fremdragne publikationer:

Navigation, bind 11, nr. 3, 1964, side 335-341, E.S.Keats: A Navigation System Using Distance and Direction Measurements from a Satellite
Navigation, bind 13, nr. 4, 1966-67, side 353-366, G.W.Casserly & L.D.Filkins: The Potential Use of Satellites in Hyperbolic Position Finding.

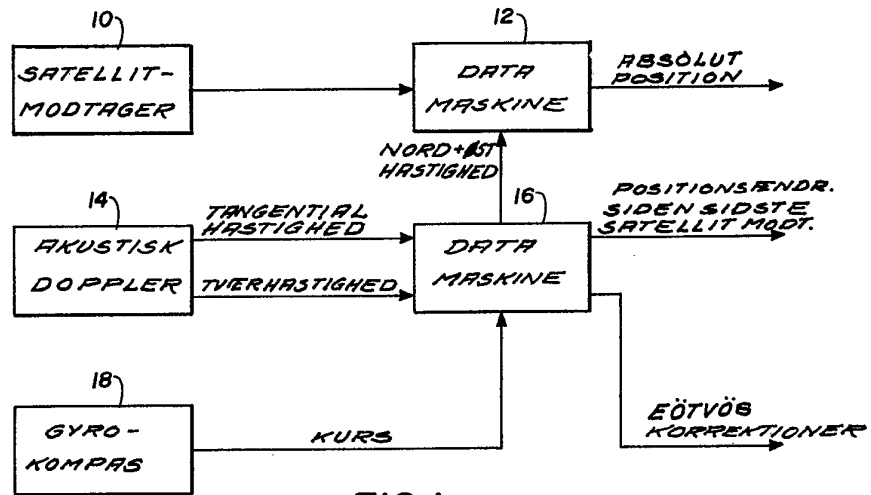


FIG. 1

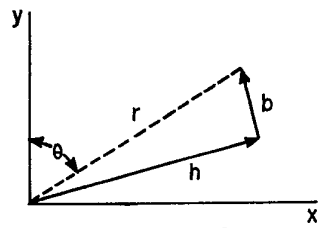


FIG. 2

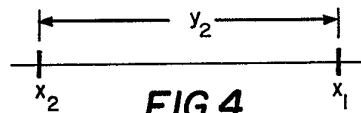


FIG. 4

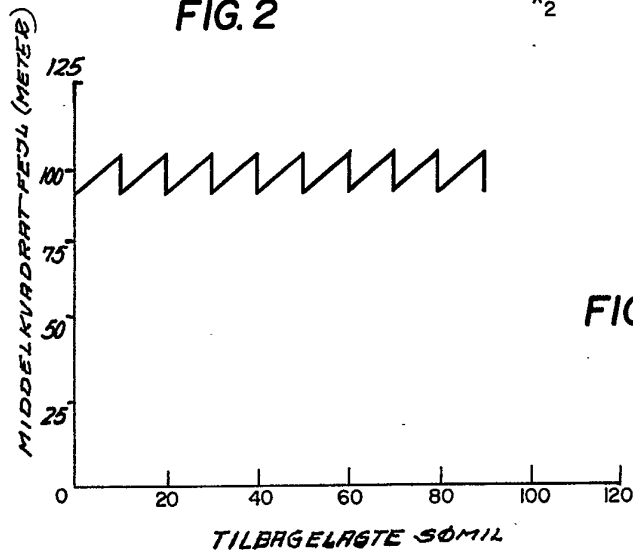
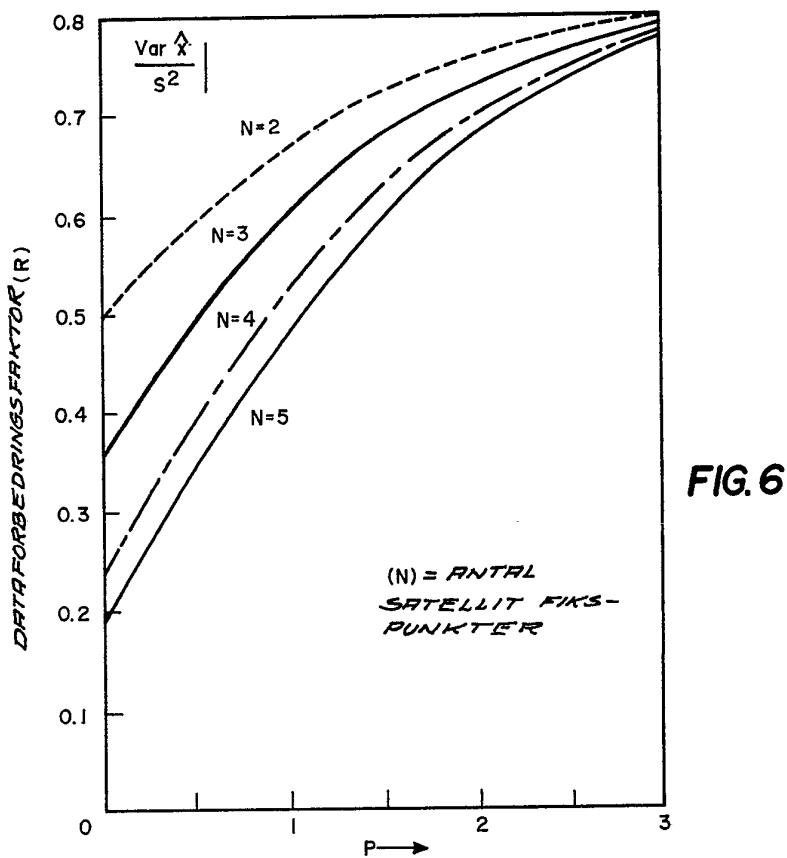
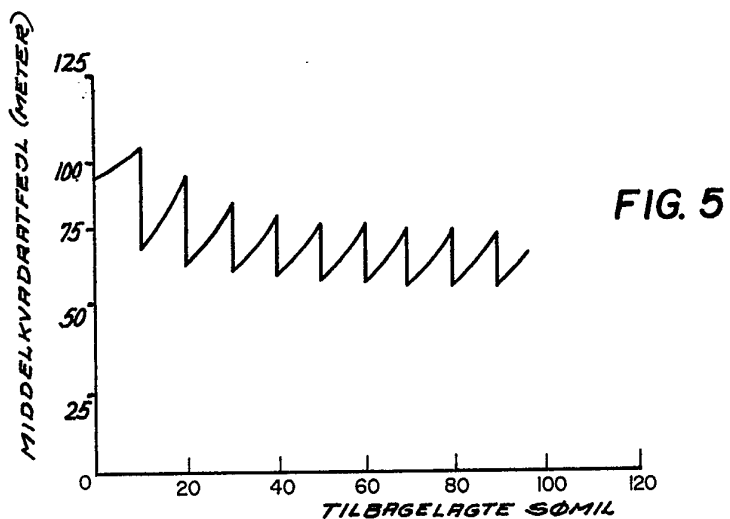


FIG. 3



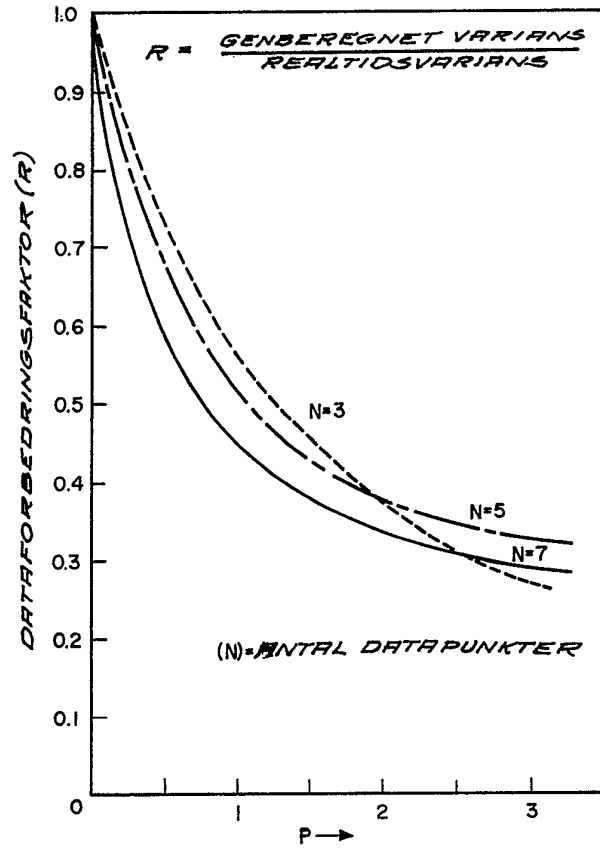


FIG. 7

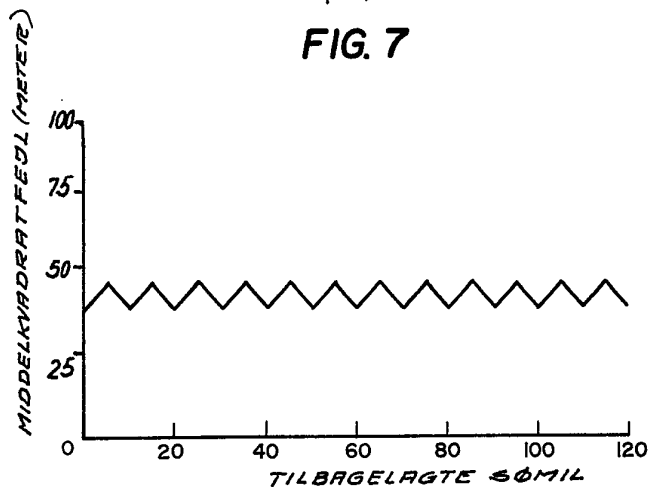


FIG. 8

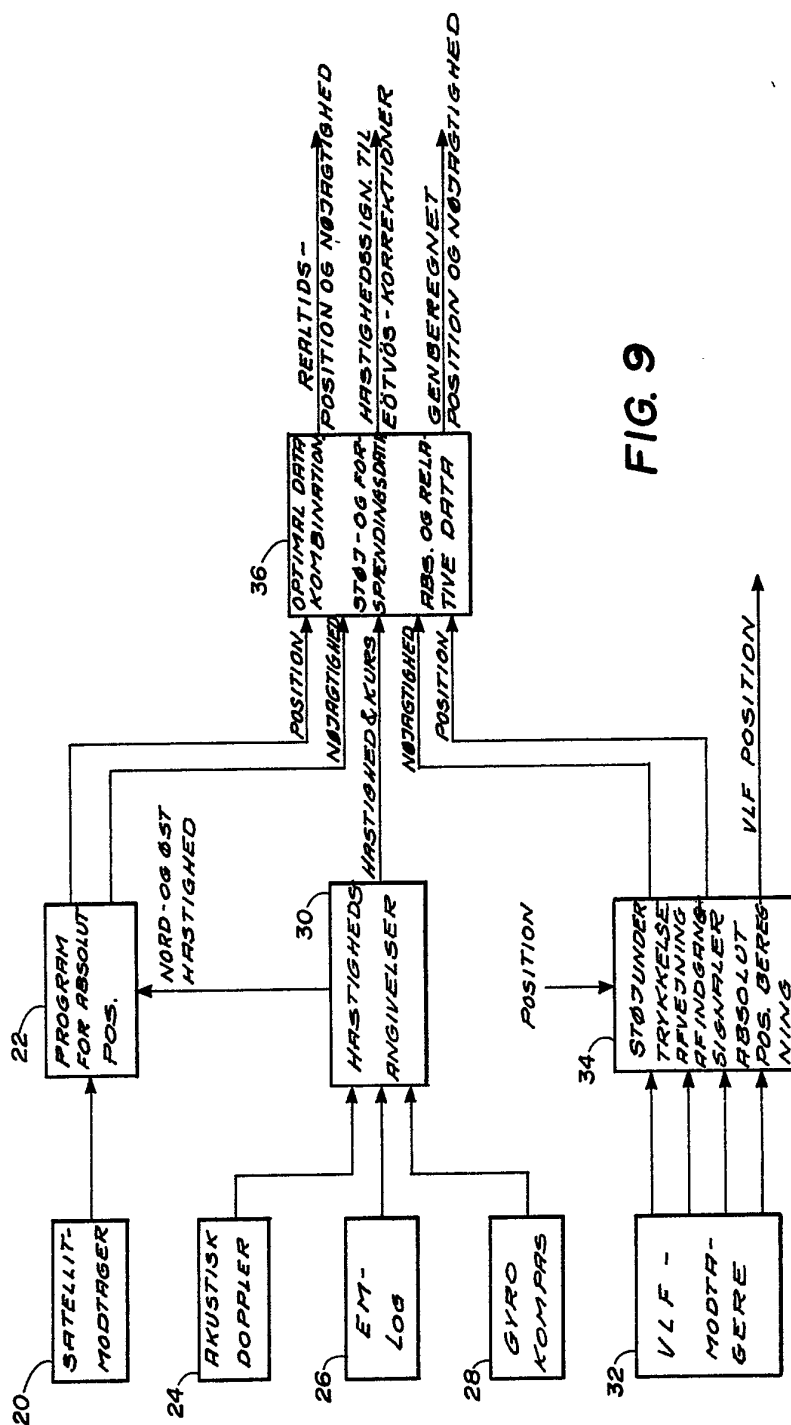


FIG. 9

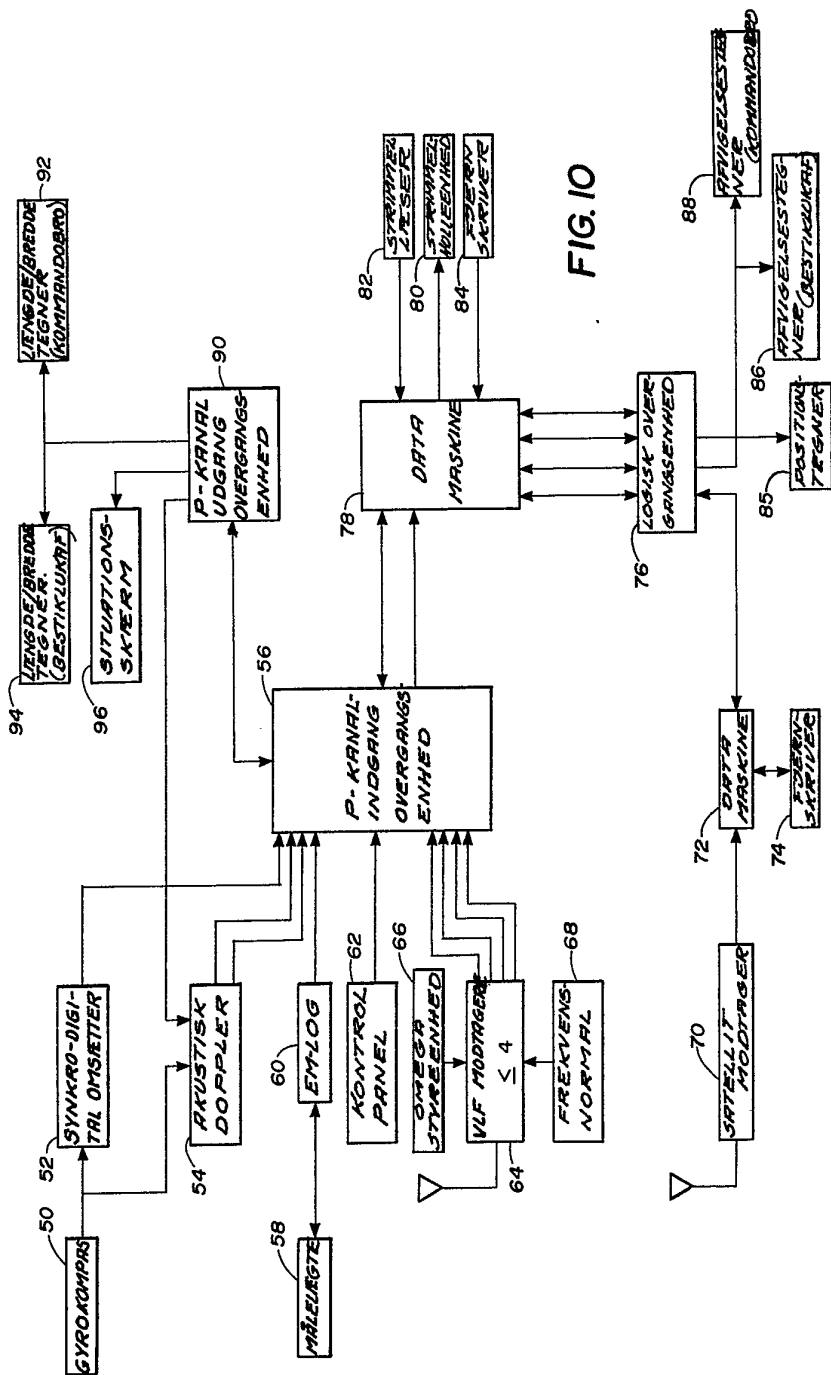


FIG. 10

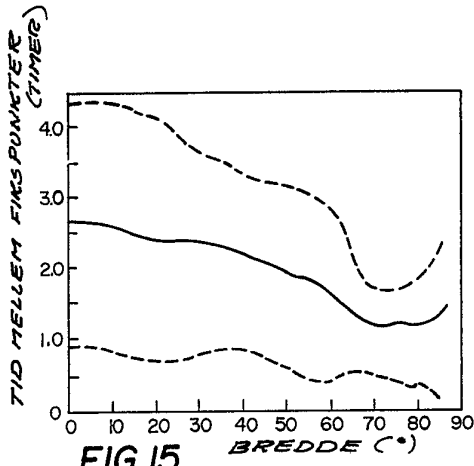


FIG. 15

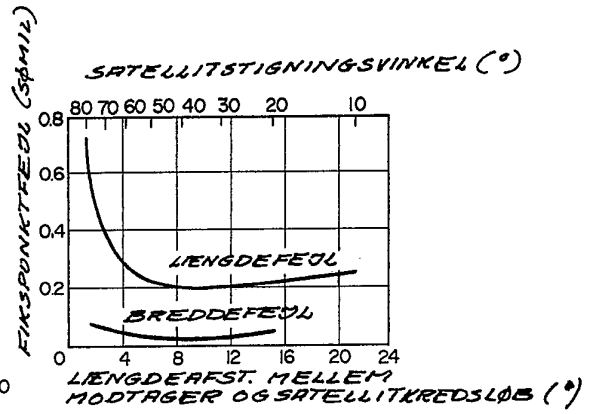


FIG. 16

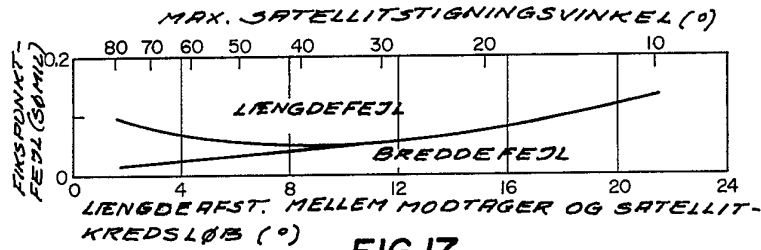


FIG. 17

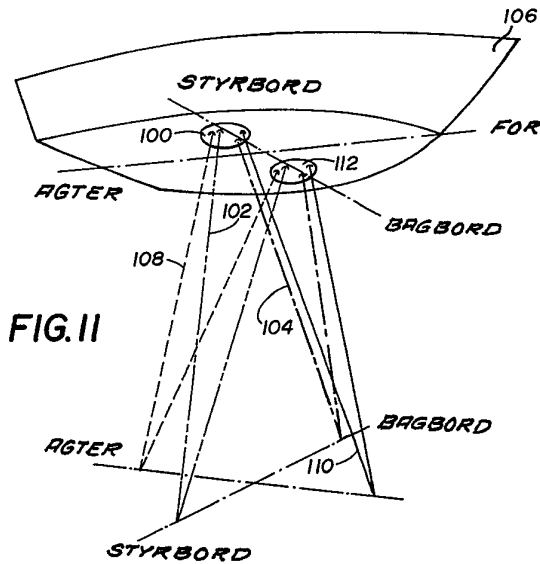


FIG. 11

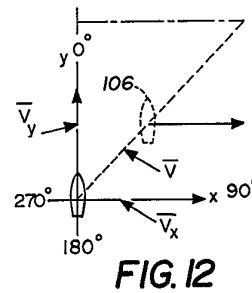


FIG. 12

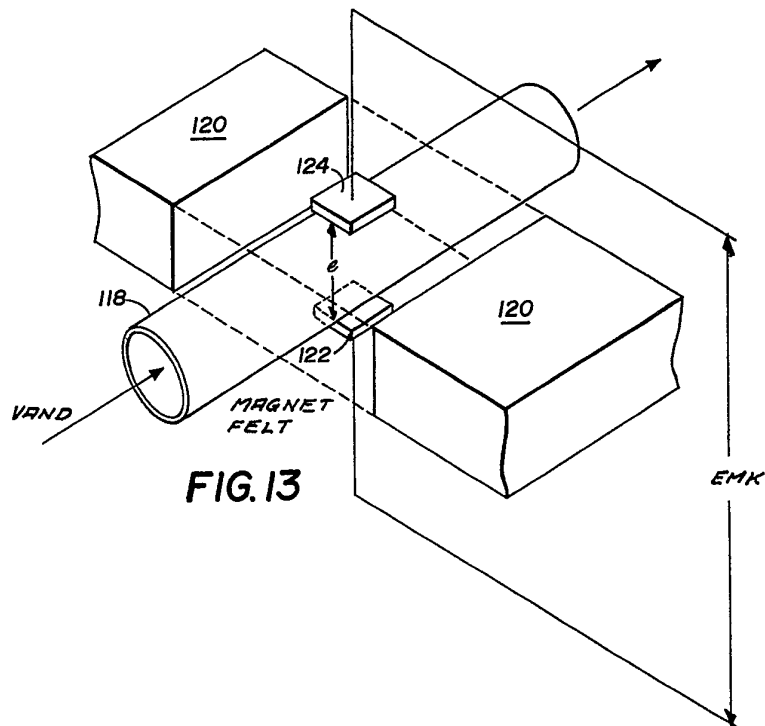


FIG.13

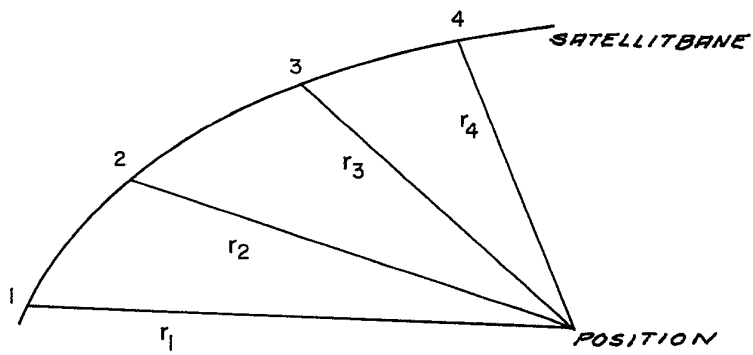


FIG.14

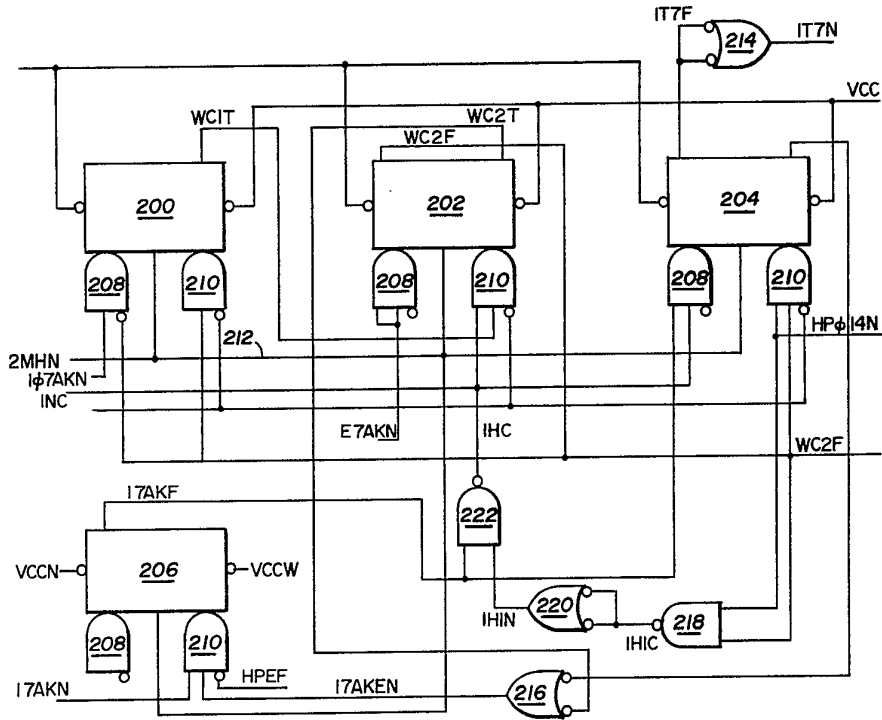


FIG. 18

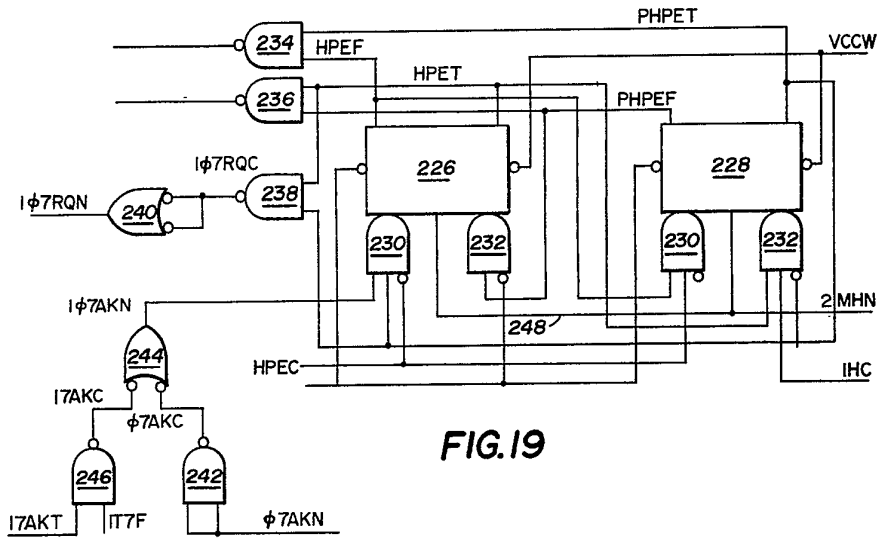


FIG. 19

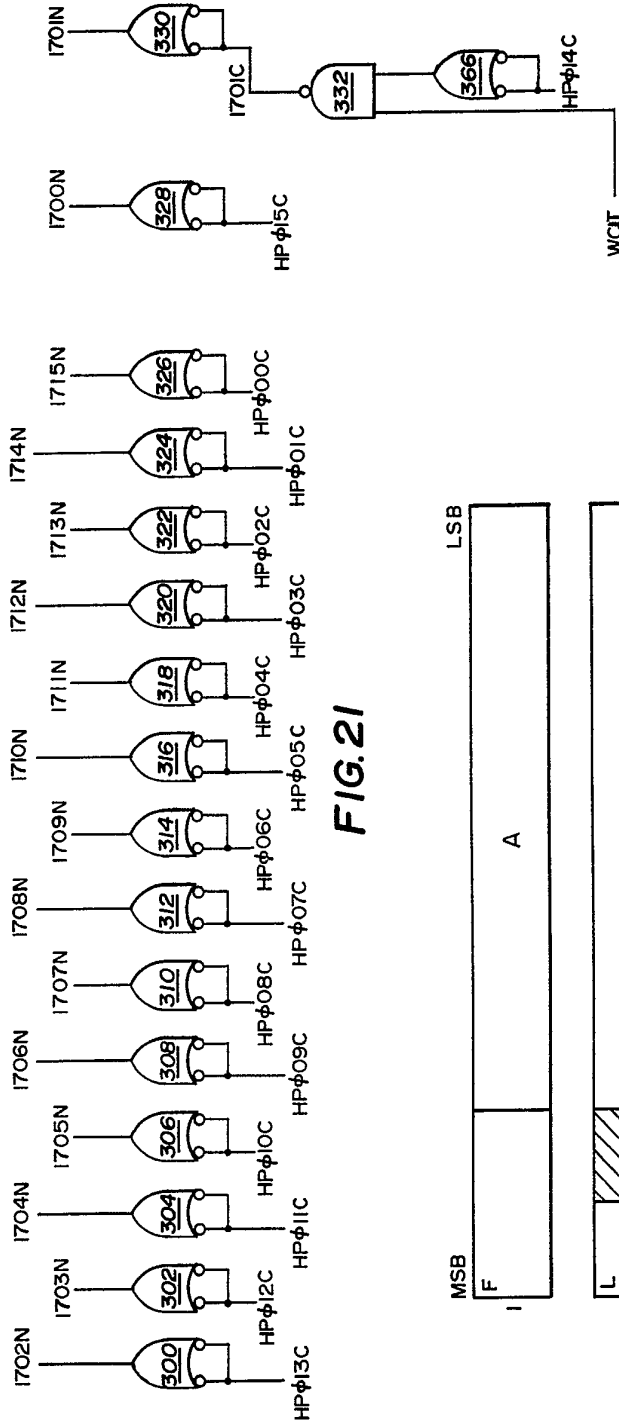


FIG. 21

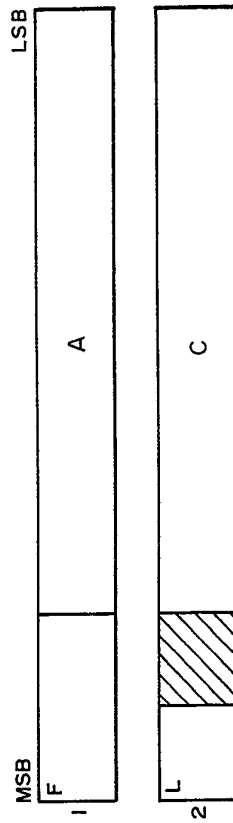


FIG. 20

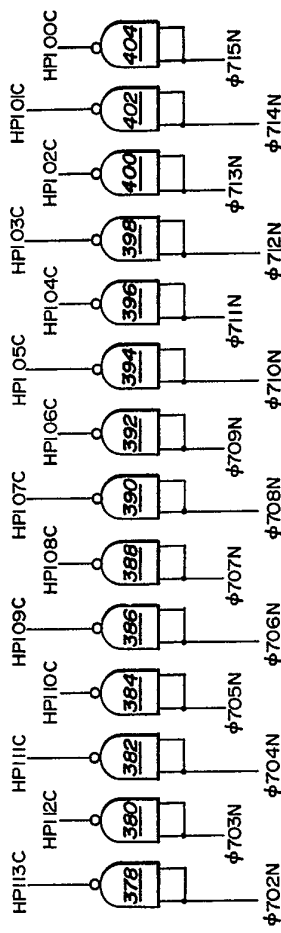


FIG. 22

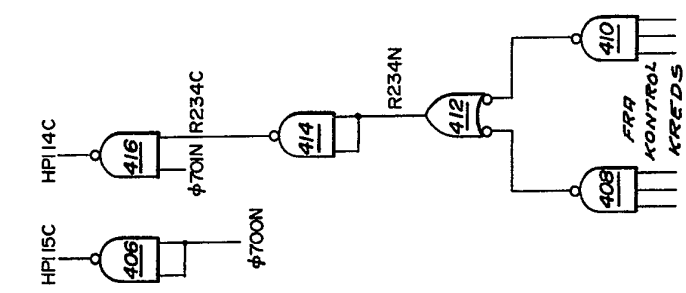
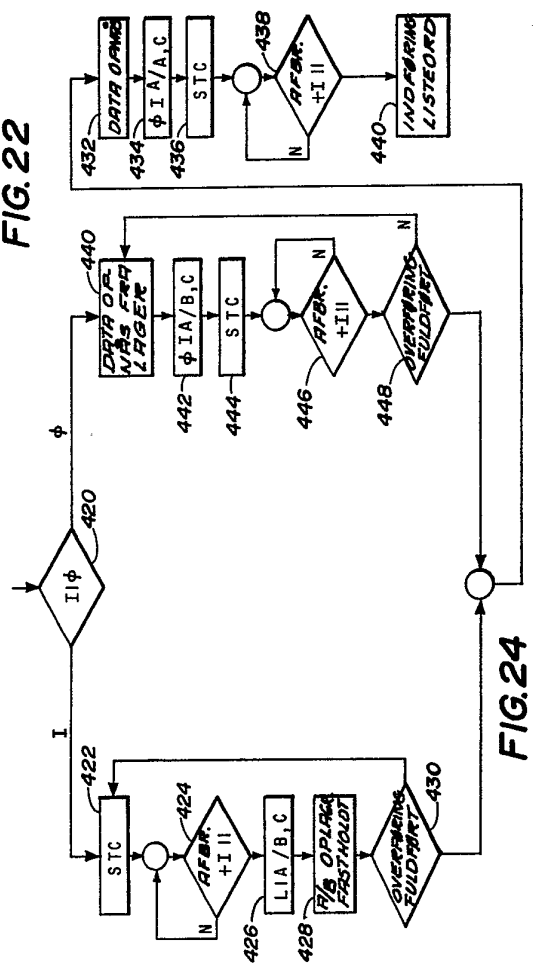
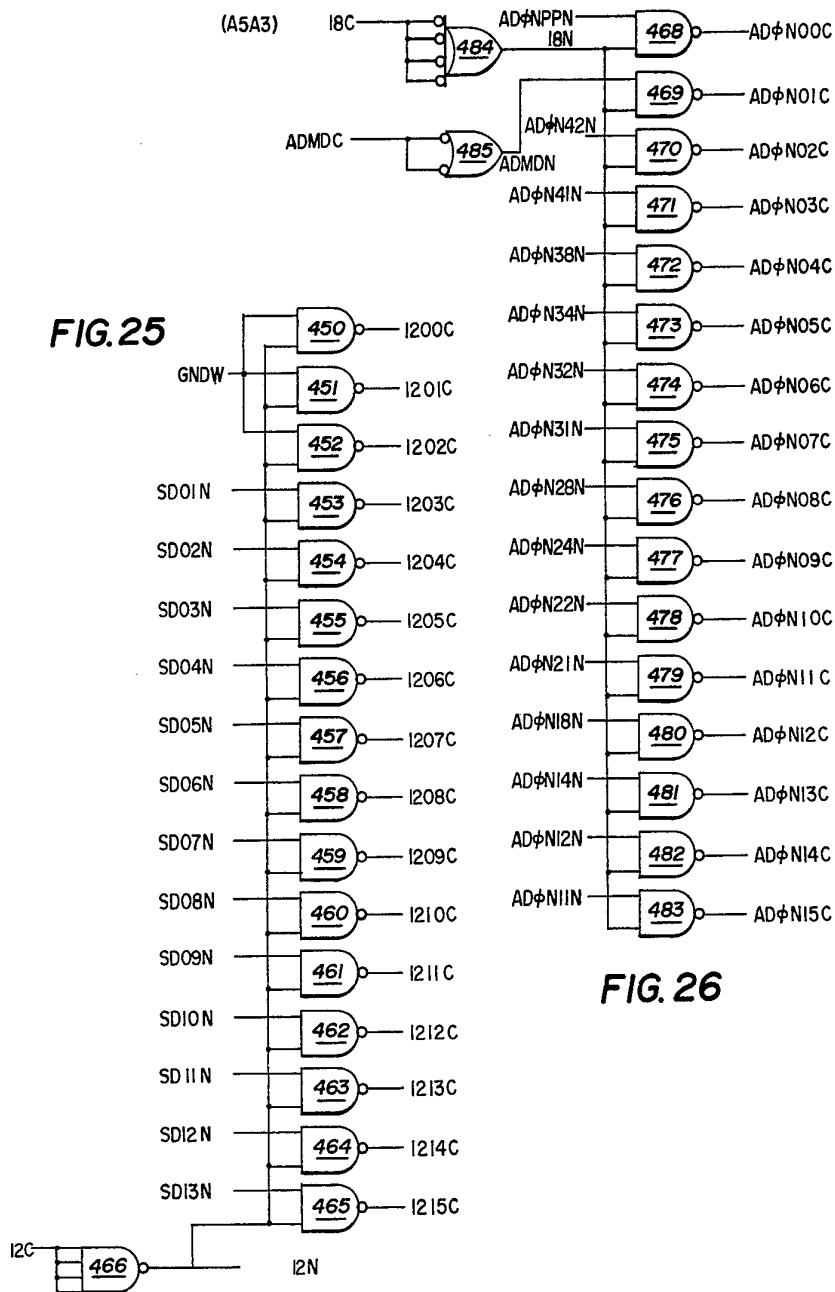
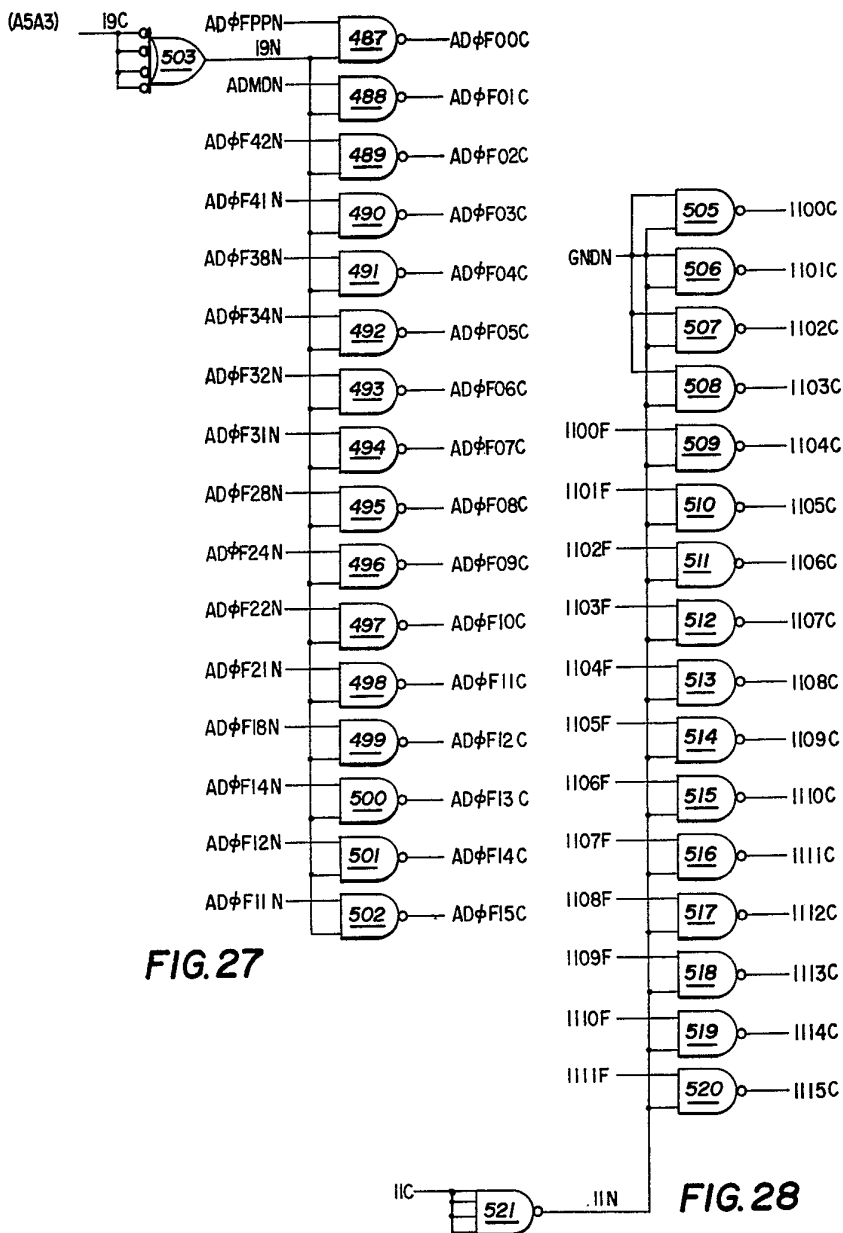


FIG. 23







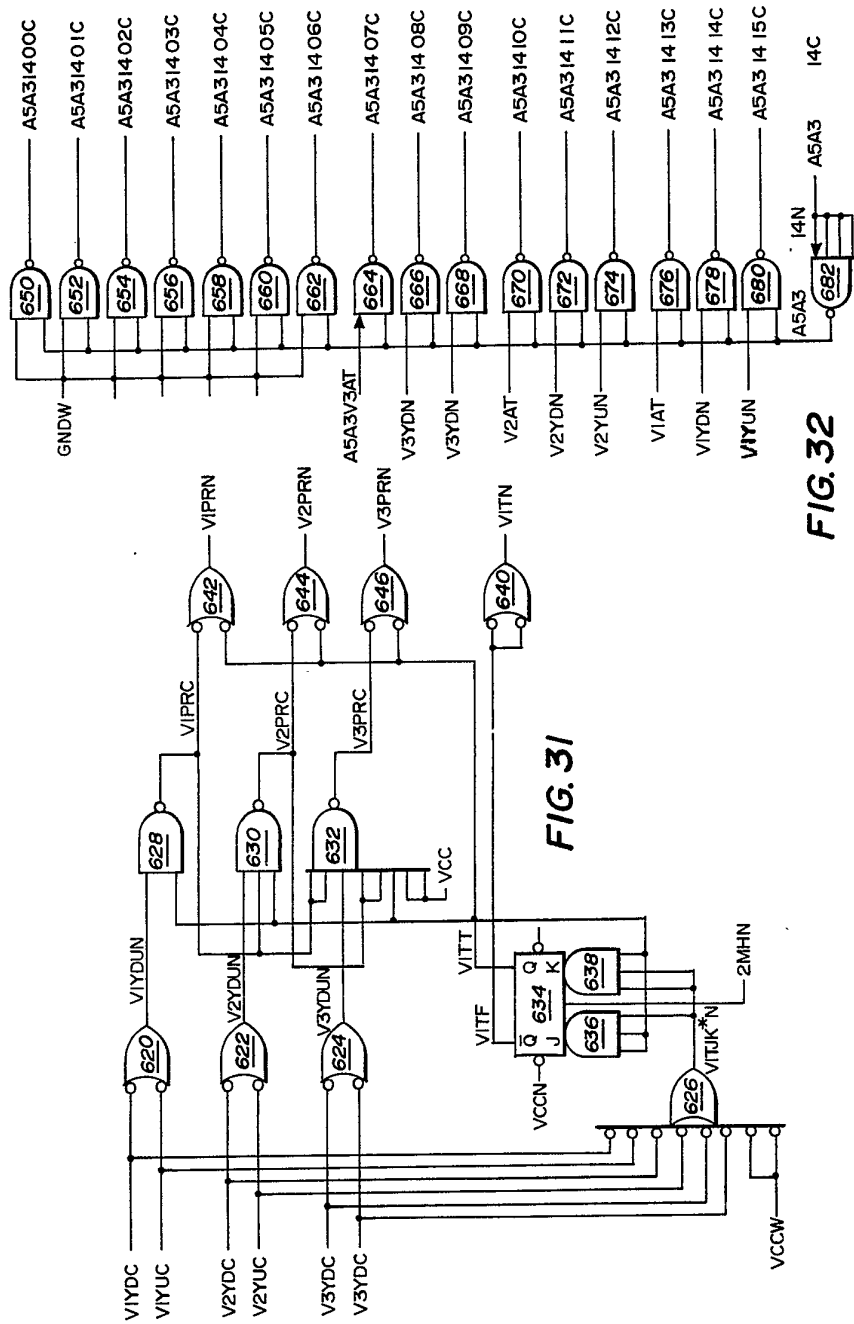


FIG. 31

FIG. 32

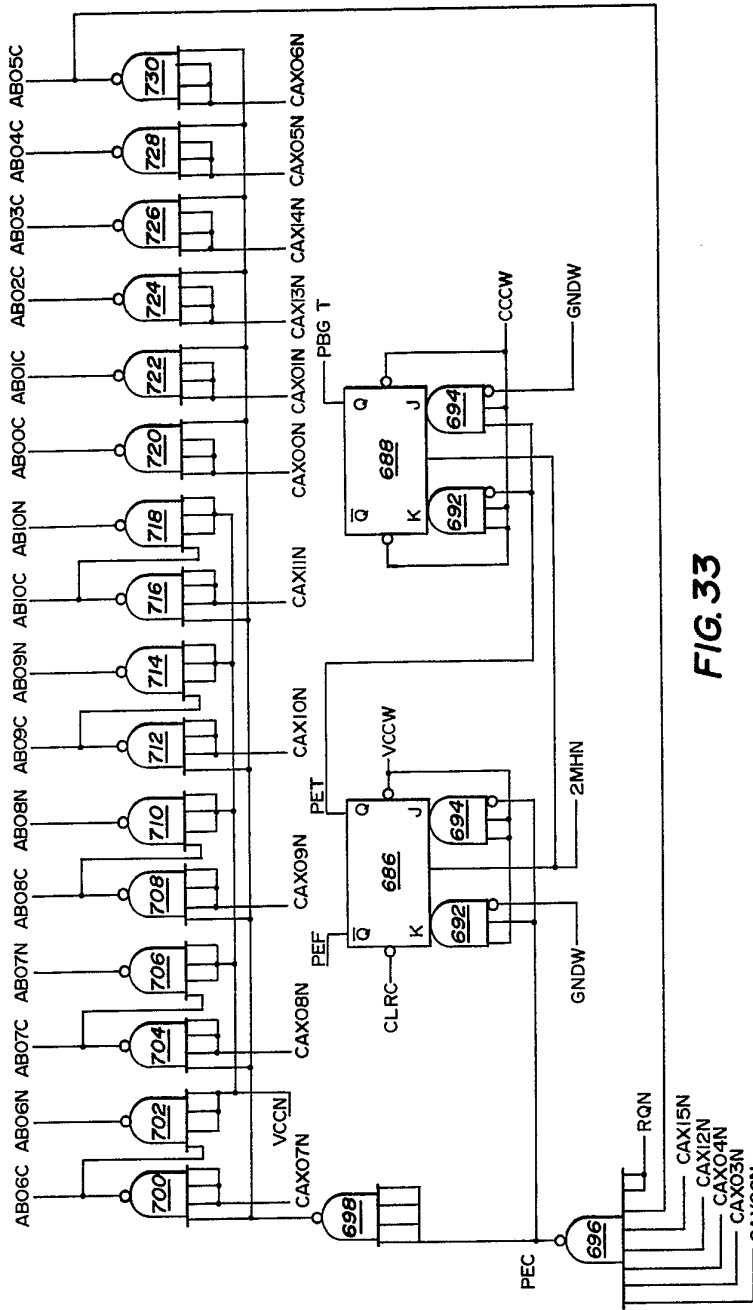


FIG. 33

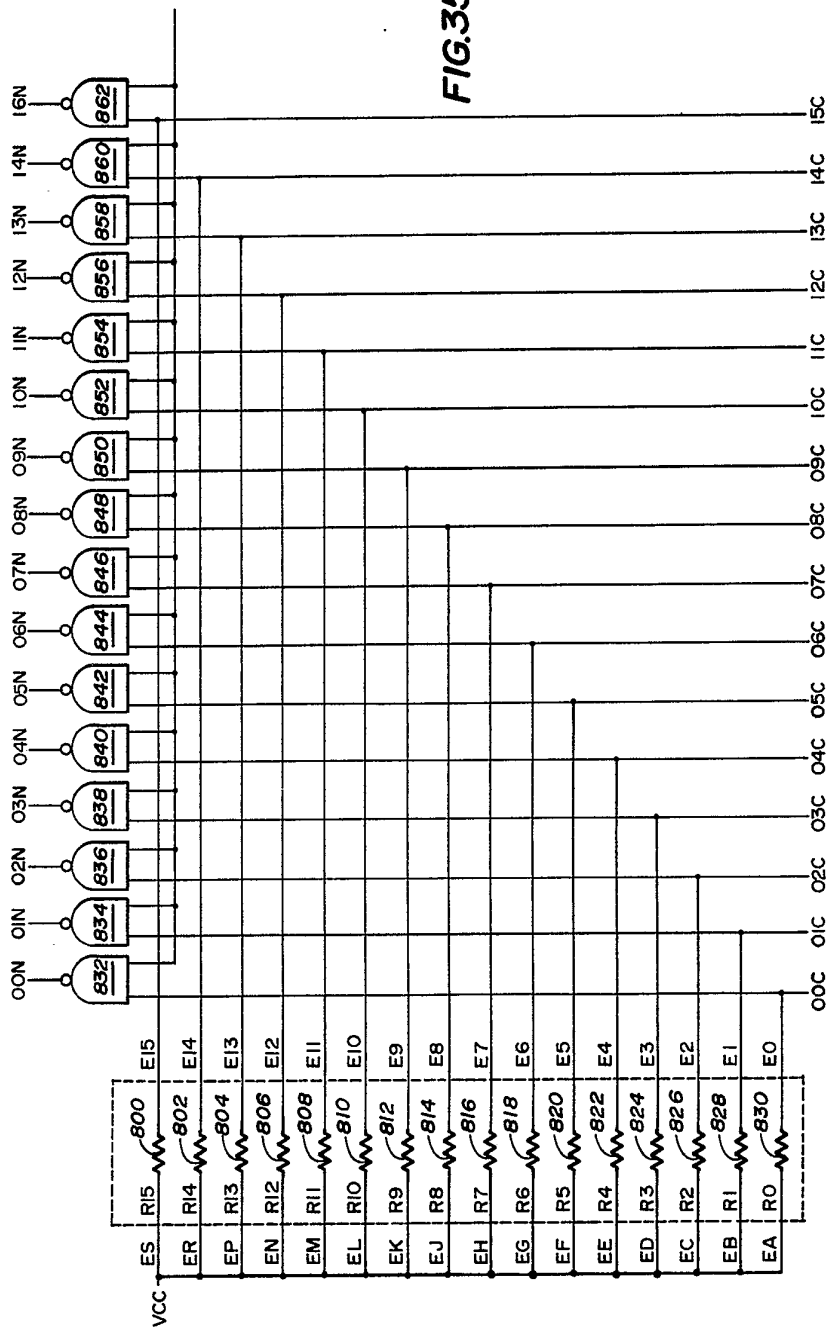


FIG.35

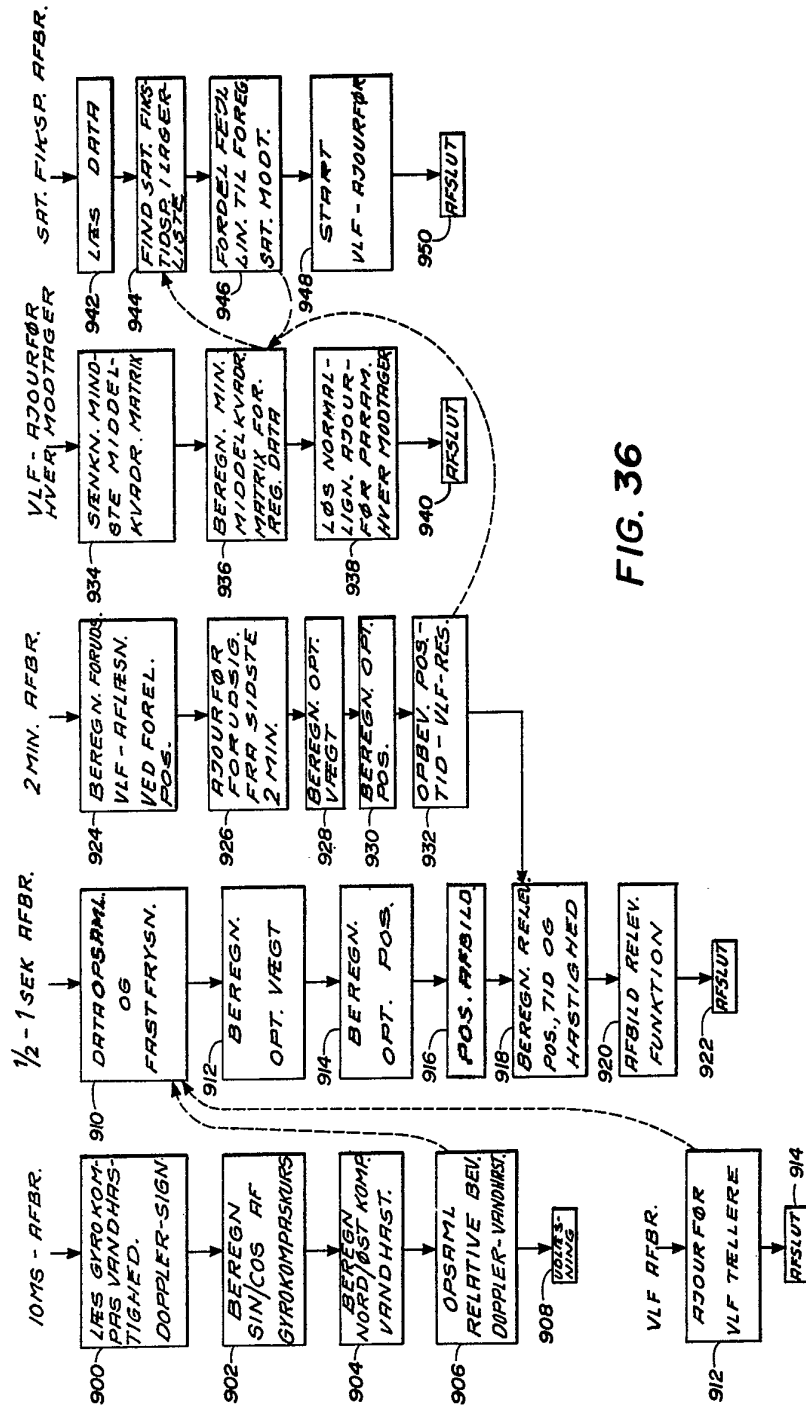


FIG. 36