

(19)



SUOMI - FINLAND

(FI)

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS

PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN

FINNISH PATENT AND REGISTRATION OFFICE

(10) **FI 813326 A7**

(12) **JULKISEKSI TULLUT PATENTTIHAKEMUS
PATENTANSÖKAN SOM BLIVIT OFFENTLIG
PATENT APPLICATION MADE AVAILABLE TO THE
PUBLIC**

(21) Patentihakemus - Patentansökan - Patent application **813326**

(51) Kansainvälinen patenttiluokitus - Internationell patentklassifikation -
International patent classification
H04L

(22) Tekemispäivä - Ingivningsdag - Filing date **23.10.1981**

(23) Saapumispäivä - Ankomstdag - Reception date **23.10.1981**

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig - Available to the public **24.04.1982**

(43) Julkaisupäivä - Publiceringsdag - Publication date **12.06.2019**

(32) (33) (31) Etu oikeus - Prioritet - Priority

23.10.1980 US 199,904

(71) Hakija - Sökande - Applicant

1 • Alcatel N.V., De Lairesestraat 153 1075 HK Amsterdam, Netherlands, ALANKOMAAT, (NL)

(72) Keksijä - Uppfinnare - Inventor

1 • Treiber, Robert, United States, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)

(74) Asiamies - Ombud - Agent

Kolster Oy Ab, Salmisaarenaukio 1, 00180 Helsinki

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning - Title of the invention

Automaattinen, digitaalisesti syntetisoitu sovitettavan johdon pääteimpedanssi.

Automatiskt, digitalt syntetiserad ändimpedans för en anpassningslinje.

Automaattinen, digitaalisesti syntetisoitu sovitettavan johdon pääteimpedanssi

5 Esillä oleva keksintö kohdistuu yleisesti puhelin-
johtopiireihin ja niihin liittyviin tietoliikennepiireihin,
jotka muodostavat analogisten ja digitaalisten puhelinti-
laajajohtojen ja välijohtojen sekä digitaalisen kytkentä-
verkon välisen liitännän. Esillä oleva keksintö kohdis-
tuu erityisesti sovituspieriin ulostuloimpedanssin digi-
10 taaliseksi syntetisoimiseksi, jolla sovituspierillä on di-
gitaalinen ja analoginen puoli ja niiden välissä D/A-muun-
nin, ja joka piiri käsittää digitaalisen suodattimen, jos-
sa on vaihdettavat suodatinkertoimet negatiivisessa takai-
sinkytKentähaarassa.

15 Tunnetussa tekniikan tasossa, joka koskee kaksijoh-
dinyhteyden muunnosta nelijohdinyhteydeksi, on impedanssin
epäsovituksen aiheuttama ongelma puhelinkeskuksessa tilaa-
jajohtojen/välijohtojen johdon impedanssin ja pääteimpe-
danssin välillä hyvin tunnettu. Kyseisestä epäsovituksesta
20 on seurauksena huonot heijastushäviöominaisuudet ja kaksi-
johdinyhteyden nelijohdinyhteydeksi muuntavan hybridipi-
rin huonosta toiminnasta johtuvat heijastukset ja kaiut,
joka hybridipiiri kunnolla toimiakseen vaatii, että johdon
impedanssi ja pääteimpedanssi ovat yhteneviä sekä vaiheel-
25 taan että suuruudeltaan puhelinkanavan kaistaleveyden
alueella. Nykyiset passiiviset kiinteät pääteimpedanssit
edustavat tiettyä taajuutta lukuunottamatta kompromissia,
mikä johtuu tosiasiaista, että kyseinen kompromissi-impe-
danssi on vastuksen ja kondensaattorin joko sarja- tai
30 rinnakkaisyhdistelmä. Kyseinen yksinkertainen impedanssi
johtaa johdon impedanssin huonoon sovitukseen. Tyypillises-
ti hybridipiiri, joka suorittaa muunnoksen kahdesta johti-
mesta neljään johtimeen, on riippuvainen johto- ja pääte-
impedanssien välisestä suhteellisen tarkasta sovituksesta
35 ja optimisuorituskyky vaatii hyvän sovituksen kiinnostuksen
kohteena olevalle taajuusalueella. Tunnetussa tekniikan ta-

sossa tämän epäsovituksen kompensointia on yritetty tasaintai pidennys "building-out" piireillä, jotka ovat osa hybridipiiriä ja jotka, tietyille johdolle, edustavat piirikohtaista mitoitusta.

5 Johdon kaukopäässä olevasta impedanssin epäsovituksesta aiheutuu edelleen ongelma, jos kyseinen pää on huonosti päätetty. Ei-toivottu heijastus tai kaiku palautuu lähipäähän. Jos lähipään pääteimpedanssi on yhtä suuri kuin johdon impedanssi ja häviö ennen hybridipiiriä on nolla,
10 saadaan lähipään laitteistosta optimisuorituskyky. Kaukopään kaiku voidaan myös minimoida käyttämällä tunnettua kaiunestotekniikkaa.

 Kyseinen tunnettu kaiunestotekniikka on riippuvainen paikallisesti lähetetyn signaalin ennakkotiedosta sekä
15 oletetusta ei-korrelatiivisesta suhteesta lähipäässä lähetetyn ja kaukopäässä vastaanotetun signaalin välillä.

 Käyttämällä adaptiivista korjaintekniikkaa, kohdistussignaalien ("training signals") kanssa tai ilman, vastaava osa kaukopään heijastumasta, joka esiintyy lähipään
20 vastaanottosignaalissa, voidaan kehittää adaptiivista korjainta käyttämällä ja vähentää tästä paikallisesti vastaanotetusta signaalista.

 Adaptiivisen korjaimen asianmukaisen toiminnan edellyttämät ehdot täytyy olla täytetty. Korjaimella täytyy olla sopiva signaali/kohina-suhde, jotta korjain konvergoisi, sekä lineaarinen piirin ominaiskäyrä. Kaistalla täytyy olla riittävästi energiaa virheettömien takaisinkytkennän ohjaussignaalien aikaansaamiseksi digitaalisen suotimen väliulosoton säätöjä varten. Tasausprosessin aikana ei saa
25 esiintyä päällekkäispuhelua ("double-talk"). Seuraavaksi, ja kaikkien tärkeimpänä, digitaaliseen paikalliskeskukseen, jonka täytyy käsitellä myös analogisia tilaajasilmukoita, täytyy nyt lisätä kaksi kaksinjohdinyhteyden nelijohdinyhteydeksi muuntavaa muunninta näitä silmukoita varten. Aikaisemmin analogisten keskusten aikana ei hybridipiirejä
30 tarvittu.
35

Nämä äskettäin esitetyt hybridiliitännät voivat aiheuttaa heijastuksia tai ei-toivottuja paluusignaaleja. Aikaisemmin analogisille kytkimille ei näitä ylimääräisiä hybridipiirejä ollut. Siten ilman hybridipiirin parannettua suorituskkyä on digitaalinen keskus potentiaalisesti huonompi suorituskvyltään kuin analoginen edeltäjänsä.

"Vihellyksen" muodostama ongelma, tai täsmällisemmin ilmaistuna piirin potentiaalinen epävakaisuus Nyquistin mielessä, aiheutuu kaksijohdinyhteyden nelijohdinyhteydeksi muuntavien muuntimien herättämästä ei-toivotusta takaisinkytkennästä; ja järjestelmä voi mahdollisesti värähdellä ellei oikeita varotoimenpiteitä suoriteta. Klassillisesti VNL ("Via Net Loss")-suunnitelma ottaa tämän tilanteen huomioon asettamalla sopivasti vaimennuksia ympäri verkkoa säädetyllä tavalla, ja spesifioimalla hybridipiirin häviö vastaamaan tiettyä minimikriteeriä verkon niissä kohdissa, joissa muunnokset kaksijohdinyhteydestä nelijohdinyhteydeksi suoritetaan.

Aikaisemmin, päädyttäessä vaimennukseen, joka voitiin asettaa olemassaoleviin verkkoihin, huomiota kiinnitettiin niihin keskuksiin (tai piireihin), jotka käyttävät hyväkseen kaksijohdinyhteydestä nelijohdinyhteydeksi muuntavia muuntimia; nimittäin välijohtoihin. Analogisille paikalliskeskuksille, jotka eivät vaadi kaksijohdinyhteydestä nelijohdinyhteydeksi muuntavia muuntimia, nollavaimennus oli sallittu ja liitoshäviö oli ja on vain muutamia desibelin kymmenesosia. Siten ekvivalenttisen analogisen suorituskvyn analogisessa ympäristössä omaavan digitaalisen paikalliskeskuksen suunnitteluongelmaa vaikeuttaa olemassaoleva VNL-suunnitelma. Kokeelliset tulokset osoittavat, että vaimennuksen lisäys (4 dB) paikalliskeskuksessa tämän ongelman selvittämiseksi johtaisi vain "palvelutason" vähenemiseen, toisin sanoen puhelimen käyttäjät voisivat havaita lisätyistä vaimennuksesta johtuvan huonomman suorituskvyn.

Automaattiset korjaimet sinänsä ovat hyvin tunnet-

tuja digitaalisen tiedonvälityksen alalla, esimerkkeinä amerikkalaiset patenttijulkaisut US 3 579 109 ja US 3 984 789. Digitaalinen adaptiivinen korjain on esitetty amerikkalaisessa patenttijulkaisussa US 3 633 105. Amerikkalainen
 5 patenttijulkaisu US 3 798 560 kuvaa aikakanavoitua toisen asteen digitaalisuodinta käyttävää adaptiivista poikittaiskorjainta.

Esillä oleva keksintö esittää yhdelle tai useammalle suurtiheyksiselle integroidulle (LSI) piirilastulle
 10 toteuttavissa olevan digitaalisen tiedonsiirtopiirin. On aikaansaatu yksinkertaistettu integroitu laitteistorakenne siten, että LSI-lastulle on aikaansaatu seuraava yhdistelmä: elektroninen kaksijohdinyhteyden nelijohdinyhteydeksi muuntava hybridipiiri, johdon impedanssin sovitus antoim-
 15 pedanssin automaattisella digitaalisella impedanssin syntetisoinnilla ja kaikki LSI-puhelinjohtopiirin digitaaliset suodintoiminnot automaattinen tasaus mukaanlukien.

Siten esillä olevan keksinnön ensisijaisena kohteena on eliminoida analogiset kaksijohdinyhteydestä nelijohdinyhteydeksi muuntavat muuntimet puhelinjohtopiirissä
 20 suorittamalla muunto kaksijohdinyhteydestä nelijohdinyhteydeksi digitaalisesti.

Keksinnön toinen kohde on aikaansaada automaattinen johdon impedanssisovitus yhteydenotossa aikaansaamalla
 25 elektronisesti syntetisoitu pääteimpedanssi piirissä, joka sovittaa tilaajajohdon impedanssin.

Keksinnön kohteena on edelleen puhelinjohtopiirin toteuttaminen LSI-teknologialla.

Keksinnön kohteena on edelleen oleellisesti minimoida hybridipiirien aiheuttamat kaiut ja impedanssin epäsovitukset puhelinkytkenäkeskuksessa.
 30

Keksinnön kohteena on edelleen aikaansaada automaattinen korjaustoiminta puhelintilaajille, missä korjaus on toteutettu digitaalisesti käyttäen rekursiivista digitaalista suodinta, joka sisältää ohjelmoitavia kertoimia suodattimen oton ja vertailuarvon välisen virheen minimoimiseksi.
 35

Keksinnön kohteena on vielä edelleen saavuttaa nopea korjausaika pitämällä edellistä kutsua vastaavia digitaalisen suodattimen väliantokertoimia seuraavan kutsun alkukertoimina.

5 Edellä kuvatut päämäärät saavutetaan siten, että sovituspieri, jota käytetään linjan pääteimpedanssin automaattiseen sovittamiseen telekommunikaatiokeskuksessa käsitteä lisäksi:

-summainpiirin niiden digitaalisten signaalien summaamiseksi, jotka johdetaan sovituspierin ulostulonavoissa esiintyvistä analogisista tietoliikennesignaaleista, sisääntulevien digitaalisten tietoliikennesignaalien kanssa siten, että syntyy negatiivisen takaisinkytkennän omaava yhdistetty digitaalinen sisäänmenosignaali, joka kytke-

10 15 tään digitaaliseen suodattimeen ennalta määrätyn ulostuloimpedanssin aikaansaamiseksi, ja

- jännite/virta-muuntimen, ja

että digitaalisella suodattimella on digitaalinen signaaliulostulo, joka D/A-muuntimessa muutetaan analogiseksi jännitesignaaliksi, joka vuorostaan muutetaan jännite/virta-

20 muuntimessa analogiseksi virraksi ulostuloimpedanssin avulla, joka on suuri sovitettavaan linjaan ja syntetisoituun impedanssiin verrattuna.

Esillä olevan keksinnön muut tavoitteet ja edut

25 käyvät ilmi seuraavasta yksityiskohtaisesta selostuksesta, jossa viitataan oheisiin piirustuksiin, joissa

kuva 1 esittää tunnettua elektronista hybridipiiriä,

kuva 2 esittää esillä olevan keksinnön mukaista digitaalista piiriä,

30 kuva 3A esittää antoadmittanssin digitaalista syntetisointia,

kuva 3B esittää digitaalisen hybridipiirin impedanssissovituksen yksinkertaistettua lohkokaaaviota,

kuva 4 esittää jyrkkyysvahvistinta,

35 kuva 5 esittää rekursiivista automaattista korjainta,

kuva 6 esittää yleistetyn digitaalisuodattimen lohkokaaaviota,

kuva 7 esittää korjaimen lohkokaaaviota,

kuva 8 esittää yleistetyn digitaalisen kaksijohdinyhteydestä nelijohdinyhteydeksi muuntavan muuntimen lohkokaaaviota,

kuva 9 esittää esillä olevan keksinnön mukaisen korjaimen edullisen suoritusmuodon lohkokaaaviota,

kuva 10 esittää kuvan 9 korjaimen ensimmäistä muistiosaa,

kuva 11 esittää kuvan 9 korjaimen toista muistiosaa,

kuva 12 esittää korjaimen toiminnan vuokaaviota,

kuva 13 esittää esillä olevan keksinnön mukaista kanavointilaitetta/kanavanjakajaa,

kuva 14 esittää kuvan 9 mukaisen korjaimen ja esillä olevan keksinnön mukaisen kanavointilaitteen/kanavanjakajan välisen liitännän kytkentöjä.

Kuva 1 esittää yleisesti viitenumerolla 10 tekniikan tason mukaisen elektronisen hybridipiirin, joka suorittaa seuraavat toiminnot:

(1) sovittaa navoista 12 ja 14 nähtävän johtoimpedanssin, joka on esitetty kuvassa 1 keskitettynä impedanssina Z_L , viitenumero 16,

(2) minimoi siirtotiestä 1 tulevan paluusignaalin aikaansaamalla siirtotielle 2 korjaussignaalin siten, että vastaanottovahvistimen annossa lähetetty signaali on vähennetty tai minimoitu. Hybridipiirin 10 toiminta on seuraava:

Impedanssit Z_8 , viitenumero 20, Z_L ja Z_3 , viitenumerot vastaavasti 22 ja 24, muodostavat siltakytkennän yhdessä syöttölähteenä toimivan siirtovahvistimen 26 ja nol-lavahvistimena toimivan vastaanottovahvistimen 18 kanssa. Jos silta on sopivasti tasapainotettu, vastaanottovahvistimen 18 anto on jokaiselle lähetetylle signaalille.

Samaanaikaan jokainen a- ja b-navan yli vaikuttava signaali voidaan vastaanottaa vahvistimen 18 annossa. Siten ei-toivotut lähetetyt heijastussignaalit on eliminoitu, mikä aikaansaa siten hybridipiirin muuntotoiminnan kaksijohdinyhteydestä nelijohdinyhteydeksi.

Impedanssi, jonka Z_L näkee on Z_8 rinnan Z_1 kanssa, viitenumero 28. Jos Z_1 on paljon suurempi kuin Z_8 , siirtolinja näkee Z_8 :n johdon pääteimpedanssina. Käytännössä Z_8 :lla on kiinteä asetusarvo, tyypillisesti 900 ohmia sarjassa 2,2 mikrofaradin kanssa, ja Z_3 :a ja Z_4 :ää vaihdellaan tai valitaan oikean tasapainon aikaansaamiseksi ei-toivotun heijastussignaalin minimoimiseksi. Tämän piirin puutteet ovat seuraavat:

(1) Koska Z_8 ei ole yhtäsuuri kuin Z_L kaikille siirtojohdoille, piirin 10 seuraavasti määritelty heijastushäviö:

$$\text{Heijastushäviö} = 20 \log_{10} \frac{Z_L + Z_8}{Z_L - Z_8} \quad (\text{yhtälö 1})$$

ei ole ääretön, mikä olisi optimiarvo kaukopäästä saapuvien signaalien heijastusten minimoimiseksi.

(2) Z_3 ja Z_4 täytyy valita kompromissina siltä pohjalta, että sama piiri 10 voidaan sovittaa eri johdotoihin, tai Z_3 ja Z_4 täytyy voida valita manuaalisesti tai automaattisesti sopivalla ohjaussignaalien ryhmällä, joka aktivoi analogisen kytkentäverkon, joka asettaa sopivat arvot Z_3 :lle ja Z_4 :lle piiriin, tietyn ohjausprosessin mukaisesti.

(3) Enemmistö kuvan 1 piirissä esitetyistä impedansseista on kompleksisia impedansseja, ja vaativat siten sekäresistiivisen että kapasitiivisen elementin.

(4) Kuvan 1 mukainen piiri on pohjimmiltaan luonteeltaan analoginen, eikä sovellu huokeaan, pienitehoiseen, suuritiheyksiseen, digitaaliseen LSI-tekniikkaan.

(5) Kuvan 1 mukainen piiri vaatii suuria kustannuksia, vakaita ja tarkkoja komponentteja toimiakseen

virheettömästi koko sen laitteen eliniänajan, jonka kanssa sitä käytetään.

(6) Kuvan 1 piirin otto/anto 4-johdinpuolella johdetaan digitaalisen kytkentäjärjestelmän dekooderi- ja kooderipiireistä. Toimiakseen siten kunnolla digitaalisen keskuksen johtopiirin täytyy sisältää erillinen kooderi/dekooderi ja hybridipiiri, tavallisten kooderi/dekooderi suodattimien lisäksi.

Kuva 2 esittää yleisesti viitenumerolla 100 esillä olevan keksinnön mukaisen digitaalisen piirin lohko-kaavion, missä digitaalinen hybridipiirin toiminta kaksi-johdinyhteyden muuntamiseksi nelijohdinyhteydeksi aikaansaadaan eliminoimalla aikaisemmin liittyneet diskreettiset analogiset komponentit. Samaten piiri 100 aikaansaa johdon pääteimpedanssin automaattisen digitaalisen syntetisoinnin mille tahansa siirtojohtotyypille, eliminoiden aikaisemmin käytetyt analogiset komponentit. Nämä ominaisuudet tekevät mahdolliseksi LSI-piirillä toteuttaa täydellinen elektroninen hybridipiiri ja impedanssin sovitustoiminnot osana koko kooderi/dekooderitoimintaa, mahdollistaen näiden toimintojen toteuttamisen yhdellä ainoalla LSI-lastulla ilman laajaa analogista ulkopuolista tasoitus- ja säätöpiiriä. Tämä johtaa mataliin kustannuksiin, pieneen tehoon, suureen tiheyteen ja erittäin luotettavaan tiedonsiirtojohtopiiriin. Seuraavassa selostetaan tekniikkaa, johon tämä piiri perustuu.

Viitaten kuvaan 1, jos impedanssi Z_0 voitaisiin tehdä tarkalleen yhtäsuureksi impedanssin Z_L kanssa sillä siirtojohtoalueella, jolle impedanssi on aiottu, silloin impedanssit Z_3 ja Z_4 voitaisiin tehdä yhtäsuuriksi resistiivisiksi elementeiksi, mikä johtaisi heijastussignaalien eliminoimiseen ja tarkan impedanssiovituksen aikaansaamiseen heijastushäviön maksimoimiseksi kuten edellä on selostettu. Tämä saavutetaan

kuvan 2 mukaisella piirillä käyttämällä hyväksi digitaalista suodatin- ja takaisinkytkentätekniikkaa tähän saakka käytettyjä analogisia komponentteja käyttämättä. Viitaten taas kuvaan 2, a- ja b-navoista 102 ja 104 näkyvä impedanssi on suunniteltu olemaan sovitettu johdon impedanssin kanssa.

Kuvaan 1 esitetty johdon pääteimpedanssi Z_8 on digitaalisesti syntetisoitu piirin 100 digitaalisen silmukan avulla, joka muodostuu kytkimen 106 ollessa toiminnassa aikaansaaden takaisinkytkennän kooderitieltä 108 kooderitielle 110 johdon 112 kautta.

Kuva 3B esittää kyseisen digitaalisen syntetisoinnin lohkokaaaviota. Jyrkkyys- tai g-vahvistin 200 on laite, joka muuntaa ottojännitteen V_x antovirraksi $-gV_x$. Sillä on ääretön antoimpedanssi tai nolla antoadmittanssi. Tämän tyyppinen piiri on nykyisessä tekniikan tasossa hyvin tunnettu. Yksinkertaisemmassa muodossaan se voi olla pentodielektroniputki tai kanavatransistori (FET), jossa anodi- tai drain-virrat ovat suhteessa hila- tai vastaavasti gate-drain-jännitteisiin. Tässä suoritustemuodossa kuvassa 4 esitetty piiri 200 on esimerkinluonteinen, missä käytetään suuren avoimen silmukan vahvistuksen omaavaa operaatiovahvistinta (vahvistus = 10^6) yhdessä resistanssin kanssa, jonka konduktanssi on g siemensia.

Käytännössä vahvistin 200 on tavallinen dekodeerin 114 antovahvistin eikä edusta lisäkomponenttia. Se on esitetty toiminnallisesti erillisenä vain esityksellisistä syistä. Dekooderi 114 on laite, joka muuntaa digitaalisen signaalin analogiseksi jännitteeksi ja tämä tehtävä voidaan toteuttaa tunnetussa tekniikan tasossa hyvin tunnetuilla digitaalialogialaitteilla. Suodatin H on ohjelmoitavat kertoimet omaava digitaalisuodatin, joka voidaan toteuttaa käyttäen ennestään tunnettua digitaalisten suodattimien tekniikkaa, kuten jäljempänä selos-

tetaan. Suodatinta H, viitenumero 116, edeltää digitaalinen summauslaite 118, kuten kuvassa 3B on esitetty. Esisuodattimen 120 tehtävä on rajoittaa dekooderin 114 ottosignaalin kaistanleveyttä kiinnostuksen kohteena olevalle alueelle, eli kooderin 122 näytteenottotaajuuden alapuolelle spektriväärityksen välttämiseksi ja kooderin 112 signaali/kohina-ominaisuuksien optimoimiseksi. Esisuodatin 120 voi käsittää yksinkertaisen kaksinapaisen alipäästösuodattimen, sillä se on luonteeltaan analoginen.

Kooderi 122 on edullisesti "sigma delta"-tyyppiä, kuten Candy, et al. on esittänyt. Kooderin jälkeinen suodatin 124 rajoittaa kaistanleveyttä, desimaatioi ja aikaansaa koko alipäästön ja tasaisen vasteen yhdessä esisuodattimen 120 kanssa siten, että yhdistetty vahvistus on yksi kiinnostuksen kohteena olevalla taajuuskaistalla ja laskee tasaisesti tämän kaistan ulkopuolella. Näin määritellyssä järjestelmässä kuviossa 3B merkityissä kohdissa vasteen ja antoadmittanssin voidaan osoittaa olevan:

$$\frac{V_o'}{V_{in}} = \frac{-gH}{Y_L' + gH}, \quad (\text{yhtälö 2})$$

missä $Y_L' = Y_L + Y_{bf} + Y_{pf}$

ja antoadmittanssi, sisältäen paristosyötön 125, esisuodattimen 120 ja johtokuormat, voidaan esittää:

$$Y_{out} = Y_L' + gH \quad (\text{yhtälö 3})$$

Kuvassa 3A antoadmittanssin digitaalinen syntetisointi on esitetty yksinkertaistetulla ja yleistetyllä piirillä, jotka voidaan käyttää lukuisissa sovellutuksissa,

joissa halutaan digitaalisesti syntetisoida spesifinen antoadmittanssi, joissa käytetään A/D- ja D/A-muuntimia A/D- ja D/A-muuntimien erikoistuneiden puhelinmallien sijaan, ja kooderi/dekoodereina. A/D-esisuodattimen 5 250 tehtävä on rajoittaa ottosignaalin V_{in} kaistanleveyttä johdolla 252 näytteenoton alituksesta johtuvan spektrivääristymän estämiseksi. A/D-muuntimen 252 analogia-digitaalimuunnoksen jälkeen A/D-jälkisuodatin 254 vaikuttaa ("mops up") aikaansaaden koko alipäästön vahvistusominaisuuden ykköseksi A/D-tiellä 256. Digitaalinen 10 H-suodatin 116 ja g-vahvistin 200 ovat selostettu toisaalla. D/A-esisuodatin 258 vaikuttaa ("mops up") varmistukseen että D/A-tien 260 vahvistus on yhtäsuuri kuin gH. D/A-jälkisuodatin 262 eliminoi tai minimoi D/A-muuntimessa 15 264 esiintyvät D/A-kvantisointiprosessin vaikutukset. Kvantisoinnin vaikutukset on määriteltä kohinana, joka aiheutuu D/A-virheestä approksimoitaessa jatkuvaa analogista antosignaalia.

Siinä tapauksessa, että esisuodattimen ja paristosyötön impedanssit (admittanssit) ovat suuria (pieniä) 20 verrattuna johdon impedanssiin (admittanssiin), ne voidaan jättää huomiotta. Tavallisesti paristosityötön impedanssilla on suunniteltu olevan tämä ominaisuus signaali-häviön estämiseksi ja ei-toivottujen signaalien kooderiin/dekooderiin kytkeytymisen estämiseksi. Esisuodatin voidaan 25 myös suunnitella kyseisen ominaisuuden omaavaksi käyttämällä hyväksi suurta sarjavastusta ja kanavatransistorin (FET) gate-oton suurta ottoimpedanssia.

Näiden ehtojen vallitessa $Y'_L = Y_L$ ja antoadmittanssi 30 on:

$$Y_{out} = Y_L + gH \quad (\text{yhtälö 4})$$

Jos gH on tehty yhtäsuureksi kuin Y_L , niin:

35

$$\frac{V'_o}{V_{in}} = -1/2 \quad (\text{yhtälö 5})$$

ja piirin antoimpedanssi on sovitettu johdon impedanssin kanssa.

Vastaavasti viivästetty lähetysignaali V_{in} vaimennettuna tekijällä $-1/2$ tulee summauslaitteeseen 270 kuvassa 3B. Jos digitaalinen F-suodatin saa aikaan vaimennuksen $1/2$ ja absoluuttisen viiveen, joka vastaa viivettä kiertomatkalla H-suodattimen 116 otosta kooderin jälkisuodattimen 125 antoon, niin suodattimen 272 antokumoa ei-toivotun heijastuneen lähetysignaalin V_{in} summauslaitteen 270 annossa, mistä on tuloksena antojännite V_o , joka ei sisällä mitään osaa lähetysignaalista V_{in} . F-suodattimen 272 toteuttaminen on näissä olosuhteissa yksinkertaistunut, koska se voi muodostua yksinkertaisesta siirtorekisterin tyyppisestä viivelaitteesta. Vaimennus $1/2$ on toteutettu jännitteen V_{in} binääriarvon yhden paikan oikealla siirrolla ja pyöristämisellä.

Tämän tekniikan yleisemmäksi soveltamiseksi, missä esisuodattimen ja paristosyötön tyyppiset impedanssit/admittanssit eivät ole merkityksettömiä, mutta ovat tunnettuja, gH voidaan muuttaa johdon impedanssien/admittanssien kuormitusvaikutuksien eliminoimiseksi, eli:

$$gH = Y_L - Y_x \quad (\text{yhtälö 6})$$

missä Y_x vastaa niiden yhdistettyä admittanssia. Näissä olosuhteissa kiertomatkan vahvistus (kooderi- ja dekodeeritien kautta 108 ja 110, vastaavasti) muuttuu:

$$\frac{V_o}{V_{in}} = -1/2 + \frac{Y_x}{2Y_L} \quad (\text{yhtälö 7})$$

ja johdon navoista 102 ja 103 näkemä nettoadmittanssi pysyy yhtäsuurena kuin Y_L . Yhtälön 7 toisen oikeanpuoleisen termin vaikutus esittää Y_x :n kompensoinnin takia suoritettun H-suodattimen 116 modifikaation vaikutusta. Tämän seurauksena F-suodatinta modifioidaan:

$$F = \frac{+gH}{2 Y_L} \quad (\text{yhtälö } 8)$$

5 ei-toivotun vastaanotinantoon V_o heijastuneen lähetys-
signaalin kumoamiseksi.

Näytteenottodatan Z-muunnosesityksessä digitaalinen
H-suodatin on muotoa:

$$10 \quad H(Z) = K_0 \frac{Z^2 + K_1 Z + K_2}{Z^2 + ZK_3 + K_4} = K_0 \frac{N(Z)}{D(Z)} = \quad (\text{yhtälö } 9)$$

$$\frac{[1 + K_1 Z^{-1} + K_2 Z^{-2}]}{[1 + K_3 Z^{-1} + K_4 Z^{-2}]} = K_0 \frac{N(Z^{-1})}{D(Z^{-1})}$$

15 missä Z on viiveoperaattori, K:t ovat ohjelmoitavia ker-
toimia, ja N ja D edustavat osoittaja- ja nimittäjäpoly-
nomeja. Suodattimen navat ja nollakohdat ovat rajoittuneet
yksikköympyrän sisälle Z-tasossa.

20 Antamalla edelläolevan koskea syntetisoitua Y_L :ää,
tämä sallii Y_L :n olevan ekvivalenttinen minkä tahansa vas-
tuksien, kondensaattorien ja kelojen yhdistelmän kanssa,
missä ei ole enempää kuin kaksi ei-resistiivistä elementtiä.
Tämä rajoitus ei ole tekniikalle luonteenomaista. Se on
valittu yksinkertaistamaan H-suodattimen muotoa LSI-toteu-
25 tusta silmälläpitäen viisi (5) kerrointa omaavan yksin-
kertaisen rekursiivisen suodattimen aikaansaamiseksi. Li-
säksi, Y_L :n muodostavan elementtien lukumäärän rajoittaminen
edellä esitetyllä tavalla edustaa funktion hyvää käytännön
approksimaatiota. Muissa sovellutuksissa kuin puhelin-
30 johtopiireissä H-suodattimen ll6 määrittelyä voidaan laa-
jentaa osallisena olevien impedanssien/admittanssien komp-
leksisuuden mukaisesti tässä esitettyyn tekniikkaan perus-
tuen. Esimerkiksi siinä tapauksessa, missä Y_x :llä on ei-re-
sistiivinen komponentti gH , vastaten $Y_L - Y_x$:ää, voidaan
35 suunnitella siten, että osoittajassa ja nimittäjässä on
kolmannen asteen polynomi. Tämä sallisi syntetisoituneen

Y_L :n täyttää korkeintaan kahta ei-resisitiivistä elementtiä koskevan vaatimuksen.

Viitaten kuvaan 5 selostetaan seuraavaksi rekursiivista automaattista korjainta 130. Tarve H-suodattimen 116 kertoimen asettamiseksi siten, että g_H on yhtä suuri kuin Y_L (tai $Y_L - Y_x$) tyydytetään korjaimen 130 toiminnalla. "Korjainjärjestelmä 130", ylläpitojärjestelmän ohjauksessa, rutiininomaisesti tarkistaa, että digitaalisen suotimen kertoimet ovat oikeita sen lisäksi, että se asettaa ne alunperin. Korjain toimii erillisenä ("offline") (käyttäjän kutsua ei etenemässä) ja voi olla aikajakoinen N johdolle. Kun suotimen kertoimet ovat kerran asetettu, nämä kertoimet täytyy vain tarkistaa jaksottaisesti ylläpitojärjestelmän ohjauksessa, sillä mikään tietty puhelinjohdon ominainen tunnusarvo ei tavallisesti vaihtelee päivästä päivään. Tämä sallii korjaimen osoituskäytön lukuisten piirien kesken kuolettaen siten lukuisilla johdoilla tehokkaasti kustannuksiaan. Kuva 5 esittää olosuhteita, joiden alaisena esillä olevan keksinnön mukainen rekursiivinen korjain toimii. Kuvan 2 kytkimet 106 ja 107 ollessaan avoinna erottavat F-suodattimen 272 ja johdon 112 takaisinkytkennän kooderities-tä 108. H-suodatin on asetettu olemaan ohitustilassa (H-suodatin on tehokkaasti oikosuljettu otto/antonavan kautta, eli $g_H = 1$). Kuva 2 voidaan selostaa seuraavasti:

Kooderitie 109 sisältää kooderiesisuodattimen 133, "sigma delta"-kooderin 135 ja desimaation ja alipäästösuodattimen 137. Suodattimen 137 anto ja F-suodattimen 272 anto summataan summauslaitteessa 139 vastaanoton väliannon muodostamiseksi johdolle 141, mikä suodatetaan vastaanoton audiosuodattimella 143. Suodattimen 143 anto on johtopiirinsä nelijohtimien vastaanottosignaali johdossa 145. Nelijohtiminen lähetysignaali johdossa 147 suodatetaan lähetysaudiosuodattimella 149. Suodattimen 149 anto

- lähetysväliotto, kytketään H-suodattimeen 116 summauslaitteen 151 kautta, kun taas lähetysvälisignaali summataan taksinkytkenän kanssa johdossa 112 kytkimen 106 ollessa suljettu multiplekseri/jakelijan 130 ohjauksen alaisena.
- 5 Ennen dekoodausta dekooderissa 114 suodatettu transienttisignaali suodatetaan interpoloivalla suodattimella. 153. Ohjelmoitavan signaaligeneraattorien piiri 155 on esitetty täydellisyyden vuoksi, ja piirin 155 yksityiskohdissa viitataan amerikkalaiseen patenttijulkaisuun
- 10 US 4 161 633, R. Treiber. "Muldis" (kanavointilaitte/kanavanjakaja) 130 sisältää keinot ohjauskertoimien jakamiseksi 1...N johtopiirille, esitetty yleisesti viitenumerolla 157, ja joka sisältää digitaalisen audiokorjaimen 150 ja digitaalisen vertailugeneraattorin 161).
- 15 Johdon tilaajapäässä puhelinlaitteen kuuloke nostetaan ylläpitotoimenpiteenä. Vertailugeneraattori 161 syöttää lähetyksen väliottoon vertailusignaalin, jolla on normaalitoiminnan taajuuskaistalla tasaiset (yhtäsuuret) energiakomponentit ja kaistan ulkopuolella energia on
- 20 nolla. Kuvaan 5 viitaten antosignaali $O(Z)$ on oikea, kun
- $$E(Z) = 0 \text{ missä } Z = \text{viiveoperaattori, ja} \quad (\text{yhtälö } 10)$$
- $$E(Z) = O(Z) = R(Z) Z^{-L} \quad (\text{yhtälö } 11)$$
- Termi Z^{-L} kompensoi tunnettuja absoluuttisia silmukan
- 25 näytteenottoviiveitä. Näiden ehtojen vallitessa:
- $$\frac{N(Z^{-1})}{D(Z^{-1})} K_0 = Y_L(Z) \quad (\text{yhtälö } 12)$$
- mikä on haluttu tulos ja tuloksena olevat rekursiivisen
- 30 suodattimen kertoimet K_0, K_1, K_3, K_4 on asetettu oikein ja voidaan ladata H-suodattimeen normaalitoimintaa varten. Korjaimen 130 käynnistyessä H-suodattimeen 116 on ladattu koekertoimet tai viimeiset edeltävät kerroin-arvot, mikä mahdollistaa korjaimen nopean konvergoinnin. Korjain rat-
- 35 kaisee tehokkaasti yhtäaikaisten osittaisdifferentiaali-

yhtälöiden ryhmän, joka minimoi $R(nT-LT):n$ ja $O(nT):n$ välisen neliökeskiarvon G kertoimen K_k funktiona. Tämä voidaan esittää:

$$5 \quad \frac{G}{K_k} = \sum \left[\overbrace{\bar{O}(nT) - R(nT) - \langle T \rangle}^{\text{virhetermi}} \right] \overbrace{\left(\frac{\partial O(nT)}{\partial K_k} \right)}^{\text{osittaisdifferentiaali}} \quad (\text{yhtälö 13})$$

10 vakiintuneen teorian mukaisesti, esimerkiksi Lucky & Rubin, BSJT, marraskuu 1967 ja Weiner, "Time Series Analysis", MIT Press, julkaistu 1964, liite B.

15 Annot, $P_0(nT)$, $P_1(nT)$, jne. esittävät $O(nT):n$ osittaisderivaattoja suodattimien kertoimien suhteen. Nämä annot, $E(nR):n$ kanssa ristiin kerrottuna ja summatuna, ja jaksollisesti "viipaloituina" kaksiasentoisella rajoittimella, joka katkaisee ja pyöristää kohti summa-

15 termiä ja tuottaa C_k -annot, mitkä sallivat polynomien $N(Z^{-1})$ ja $D(Z^{-1})$ saattamisen ajantasalle yhtälön mukaisilla uusilla kertoimilla:

$$20 \quad K_k \text{ uusi} = K_k \text{ vanha} - C_k \Delta \quad (\text{yhtälö 14})$$

missä Δ on inkrementaalinen arvo tai tekijä askelsää-
töä varten. Tämä viipalointitekniikka ja keinot yhtälön
14 ratkaisun toteuttamiseksi on tunnettu automaattisten
25 korjainten tekniikassa ei-rekursiivisille rakenteille. Kuvan 5 piiri toteuttaa kuitenkin ainutlaatuisesti auto-
maattisen korjaustoiminnan rekursiivisella korjainraken-
teella. Kuvan 5 piiri aikaansaa termit p_k , jotka ottavat
huomioon kertoimen K_k vuorovaikutuksen, jota tähän men-
30 nessä on pidetty yhtenä rekursiivisia korjainrakenteita rajoittavista tekijöistä. Tämä saattaa olla yksi siihen,
että ei-rekursiivisest korjainrakenteet ovat vallinneet
nykyisessä tekniikassa, eli ilmeinen helppous aikaansaa-
da osittaisyhtälöt automaattisia korjaimia varten, jotka
35 toimivat virheen neliökeskiarvokriteerin ("Mean Square

Erros Criteria") nojalla. Kyseinen tunnetuin tekniikan mukainen ei-rekursiivinen rakenne vaatii 30-60 kompleksista kerrointa, kun taas esillä olevan keksinnön mukainen rekursiivinen rakenne vaatii vain viisi (5) kerrointa, ja vastaava vähennys tapahtuu piirin kompleksisuudessa ja sen myötä "laitteistossa".

Kuvan 5 lohkokaaviossa, joka esittää rekursiivisen korjaimen toiminnan, on määritetty, että asianmukaiset yhtälöt ovat:

$$P_0(Z) = A(Z) \frac{1 N(Z^{-1})}{D(Z^{-1})} \quad (\text{yhtälö 15})$$

$$P_1(Z) = A(Z) \frac{K_0 Z^{-1}}{D(Z^{-1})} \quad (\text{yhtälö 16})$$

$$P_2(Z) = Z^{-1} P_1(Z) \quad (\text{yhtälö 17})$$

$$P_3(Z) = \frac{-K_0 Z^{-1}}{D(Z^{-1})} P_0(Z) \quad (\text{yhtälö 18})$$

$$P_4(Z) = Z^{-1} P_3(Z) \quad (\text{yhtälö 19})$$

$$O(Z) = K_0 P_0(Z) \quad (\text{yhtälö 20})$$

$$E(Z) = O(Z) - R(Z) \quad (\text{yhtälö 21})$$

$$C_k^{\text{uusi}} = \text{viipale} \sum_{l=1}^N P_k(nT) \cdot E(nT) \quad (\text{yhtälö 22})$$

$$K_k^{\text{uusi}} = K_k^{\text{vanha}} - C_k^{\text{uusi}} \Delta \quad (\text{yhtälö 23})$$

Käyttämällä edelläolevia yhtälöitä iteratiivisesti, H-suodattimen 116 kertoimet ovat jatkuvasti ajan tasalle saatettuja siihen rajaan saakka, missä C_k :t ovat merkityksettömän pieniä verrattuna tiettyihin ∂_k :n arvoihin:

$$C_k \leq \partial_k \quad (\text{yhtälö 24})$$

∂_k :n arvo riippuu kohinasta ja muista tekijöistä ja voidaan kokeellisesti määrittää ennalta. Kun yhtälön 24 kriteeri on täytetty, korjain on saanut tehtävänsä val-

miiksi ja voidaan osoittaa toiseen johtoon.

K_k :lle saadut arvot syötetään H-suodattimelle. Siinä tapauksessa kun $Y_x = 0$, F-suodattimen siirto-ominaisuus on yksinkertaisesti $1/2$ ja absoluuttinen viive vastaa digitaalisten suotimien kautta kulkevan kiertomatkan näytteenottoviiveitä, Z^{-1} näytteenottodatan esityksellä.

Siinä tapauksessa kun $Y_x \neq 0$, tasoitusprosessista seuraa:

$$\frac{N(Z^{-1})}{D(Z^{-1})} K_O = Y_L(Z) + Y_x(Z) \quad (\text{yhtälö 25})$$

Vaaditun arvon saamiseksi gH :lle, täytyy vähentää tunnettu arvo Y_x kahdella kerrottuna:

$$gH(Z) = \frac{N(Z^{-1})}{D(Z^{-1})} K_O - 2Y_x(Z) = Y_L(Z) - Y_x(Z) \quad (\text{yhtälö 26})$$

Tässä tapauksessa osittaisfunktioiden P_k lukumäärää täytyy lisätä kolmannen asteen polynomien sovittamiseksi $N(Z^{-1})$:lle ja $D(Z^{-1})$:lle ensimmäisen asteen polynomin tyyppisen admittanssin $Y_x(Z)$:lle sovittamista varten.

Tässä tilanteessa F-suodatin tulee muotoon:

$$F = \frac{gH}{2Y_L} = \frac{Y_L - Y_x}{2Y_L} \quad (\text{yhtälö 27})$$

Tämä F-suodattimen arvo voidaan laskea ylläpitojärjestelmässä tasoitustuloksista, jotka on saatu määritettäessä gH ja tunnetusta Y_x :n arvosta. Vaihtoehtoisesti korjainta voidaan käyttää määrittämään F:n arvo suoraan. Tämä toiminta suoritetaan seuraavasti:

Syötetään H-suodattimeen kertoimet, suljetaan kyt-
kin 106 kuvan 2 takaisinkytkentätiellä 112 "MULDIS":ta
157 saatavalla kytkentäohjaussignaaliilla; aukaistaan F-
suotimen 272 tien kytkin 102, ja korjaimen 130 toiminta
on käynnissä. Tämän toimintasarjan tuloksena saadaan:

$$\frac{N(Z^{-1})}{D(Z^{-1})} K_O = \frac{2Y_L}{Y_L - Y_x} \quad (\text{yhtälö 28})$$

ja siten

$$F = \frac{D(Z^{-1})}{N(Z^{-1})} \frac{1}{K_O} \quad (\text{yhtälö 29})$$

Edelläolevasta saadaan kertoimet saman tyyppiselle rekursiiviselle suodattimelle kuin H-suodatin 116, $N(Z^{-1})$:ää ja $D(Z^{-1})$:ää varten on kolmannen asteen polynomi ja Y_x :ää varten ensimmäisen asteen polynomin tyyppinen admittanssi. H- ja F-suodattimien todellinen piiritoteutus voidaan suorittaa tunnettua tekniikkaa käyttämällä.

Kuva 6 esittää yleistetyt H- ja F-suodattimet 116 ja 272 yhtälön 30 mukaisesti astetta $k/2$ olevien polynomien $N(Z^{-1})$ ja $D(Z^{-1})$ aikaansaamiseksi.

$$\frac{Y(Z)}{X(Z)} = \frac{K_0 \left[1 + K_1 Z^{-1} + K_2 Z^{-2} \dots K_{k/2} Z^{-k/2} \right]}{\left[1 + K_{\frac{k}{2}+1} Z^{-1} \dots K_k Z^{-k/2} \right]} \quad (\text{yhtälö 30})$$

Kertoimet ja data talletetaan RAM-puolijohdemuistiin, joka on organisoitu "push down" -pinomuisteihin 300 ja 302 sekä kierrättäviin pinomuisteihin 304 ja 306 informaation haun ja tallennuksen helpottamiseksi. Jokaisen näytteenottojakson T aikana RAM-pinomuistien 300-306 data-annot syötetään kertoja/summainpiiriin 308, joka laskee vaadittavan ulostulon Y_n johdossa 310 tulosten peräkkäisellä kertomisella ja summauksella yhtälön 31 mukaisesti.

$$Y_n = K_0 \left[X_n + K_1 X_{n-1} + K_2 X_{n-2} \dots K_{\frac{k}{2}} X_{n-\frac{k}{2}} \right] \quad (\text{yhtälö 31})$$

$$\left[K_{\frac{k}{2}+1} Y_{n-1} + K_{\frac{k}{2}+2} Y_{n-2} \dots K_k Y_{n-\frac{k}{2}} \right]$$

Ensimmäinen laskettu termi on $K_0 X_n$, kytkimet S_1 , viitenumero 312, ja S_2 , viitenumero 314, ovat asennossa 1. S_1 asetetaan sitten asentoon 3 ja lasketaan X termit. Tämän jälkeen S_1 ja S_2 asetetaan asentoon 2 ja lasketaan Y termit. Siten suoritetaan $k+1$ kertominen/yhteenlaskutoimintoa. Tämä voidaan suorittaa helposti näytteenottojakson aikana jakamalla sama muisti ja kertoja 308 ja

akku kummankin suodattimen H ja F kanssa. Siten H- ja F-suodattimia, joilla $K=6$ (kuusi kerrointa), varten tarvitaan neljätolista (14) kertominen/yhteenlasku-toimintoa, sallien suunnilleen yhden (1) mikrosekunnin kutakin sel-
 5 laista toimintoa varten ja 14 mikrosekunnin näytteenottojaksoa T voidaan soveltaa. Korkeamman asteisia polynomeja voidaan soveltaa lisäämällä rinnakkaisuutta aritmeettises-
 sa ja muistin toiminnassa. Muun malliset rekursiiviset suotimet ovat mahdollisia, ja kuvan 6 suodatinrakenne on
 10 vain esimerkinluontoinen.

Esillä olevan keksinnön mukaisesti useita tasainrakenteen toteutuksia voidaan toteuttaa. Edullisessa suoritusmuodossa käytetään RAM-puolijohdemuisteja, aritmeettista yksikkö- ja ohjauslogiikkaa digitaalisen signaalinkäsittelyrakenteen muodostamiseksi edellä esitettyjen yhtälöiden periaatteiden toteuttamiseksi.

Edelleen vaikka virheen neliölliskeskiarvo-algoritmi (M.S.E., "mean square error") on esitetty tässä tasoitus-
 toiminnan perustana, muita algoritmeja voidaan käyttää
 20 H- ja F-suotimien kertoimien määrittämiseksi. Esimerkiksi, esitetty algoritmi perustuu C_k :n arvojen määrittämiseen useiden NT:n suuruisten näytteenottojaksen aikana. Joka kerran C_k :t lasketaan, kertoimet K_k saatetaan ajantasalle jokaisen N näytteenottojaksena, siten

$$C_k(mNT) = \text{viipale} \sum_{n=(m-1)NT+1}^{mNT} P_k(nT) E(nT) \quad (\text{yhtälö 32})$$

ja kertoimien uudet arvot lasketaan yhtälön 33 gradientti-
 30 vektorin komponenttien C_k perusteella:

$$K_k(m) = K_k(m-1) - C_k(m) \quad (\text{yhtälö 33})$$

Yksinkertaistamalla C_k :n laskemista approksimoimalla:

$$C_k(nT) = \text{sign } P_k(nT) \cdot \text{sign } E(nT) \quad (\text{yhtälö 34})$$

kertoimet K_k voidaan saattaa ajantasalle jokaisen näytteenottojakson T aikana, mahdollistaen vielä nopeamman konvergoinnin kohti lopullisia arvoja ja vähentäen tarvittavan laitteiston määrää. Tämä algoritmi on yksinkertaistus, joka approksimoi minimineliökeskiarvovirheen suoritusta rekursiivisessa suodattimessa, ja on edullinen, erityisesti milloin painotetaan nopeaa konvergointia ja vähentynyttä laitteistoa.

10 Digitaaliset suodattimet, joita käytetään osittais-
antojen P_k kehittämiseen, voidaan toteuttaa vastaavalla tavalla kuin F- ja H-suodattimet.

Viitaten kuvaan 9, esitetään tasaimen 159 erityisen suoritusmuodon lohkokaavio. Aikajakoinen aritmeettis-looginen yksikkö (ALU) 500 suorittaa korjainmuistiin 502 tallennetulle informaatiolle peräkkäisiä aritmeettisiä ja loogisia operaatioita ohjauslogiikkapiirin 504 ohjauslogiikkasignaalin ohjauksessa ja jotka ohjauslogiikkasignaalit ovat ohjauslogiikka-ajastimen 506 tahdistamia. Ohjausajastimen 506 taajuus on vuorostaan tahdistettu datan näytteenoton ajastinsignaalilla, ja on sen kerrannainen. Ensimmäistä ja toista RAM-muistia, jotka yhdessä muodostavat korjainmuistin 502, ohjataan sarjalla ohjaussanoja, joista jokainen ohjaa myös aritmeettis-loogisen yksikön 500 toimintaa.

25 Ulkoisia ohjaussanoja johdossa 512 siirretään siirto-
rekisterillä 514 ohjauslogiikkaveräjiin 514 ohjaussanojen aikaansaamiseksi johdossa 516 ohjauslogiikan 504 ohjaamana. Vakiot voidaan ladata muistiin 502 ulkoisella ohjauksella, muistin sisällöt voidaan tutkia ulkoisesti ja tasoitusprosessi voidaan aloittaa ulkoisesti. Looginen signaalianjo EC aikaansaadaan, kun tasoitus on loppuun suoritettu.

35 Kuva 10 kuvaa ensimmäisen muistin 508 organisaatiota, joka käsittää neljä "push-down"-tyyppistä pinomuistia 520, 522, 524, 526, joista pinomuistin 520 toiminnalliset yksityiskohdat on esitetty. Pinomuistit 522, 524 ja 526 toimivat samalla tavoin kuin pinomuisti 520. Jokainen "push-down"

- pinomuisti 520-526 toimii siten, että jokainen uusi ottosana muistiväylässä 528 ja johdossa 530 korvaa viimeisen, aikaisemman sanan pinossa ja pinon viimeinen sana tulostetaan. Kyseessä on "ensimmäisenä sisään - viimeisenä ulos"-toiminta (FILO, first in - last out). Jokainen datapaikka jokaisessa pinossa voidaan suoraan saada tai lukea. Rekisteripinomuisti 520 tallentaa sanat $A(n)$, $A(n-1)$...pinomuisti 522 tallentaa sanat $P_0(n)$, $P_0(n-1)$..., pinomuisti 524 tallentaa sanat $P_1(n)$, $P_1(n-1)$...pinomuisti 526 tallentaa sanat $P_3(n)$, $P_3(n-1)$... Dekooderi 532 dekodaa ohjaussanat johdossa 516, josta saadaan yksittäiset ohjaussignaalit jokaiseen pinomuistiin. Jokaisen lukutoiminnon anto tallennetaan muistirekisteriin 534, ja joka anto on ottona artimeettis-loogiselle yksikölle 500.
- Kuva 11 esittää toisen muistin 510 organisaatiota, joka sisältää muistilohkot 540, 542, 544 ja 546. Muistilohko 540 tallentaa vakiot K_k , sisältäen $K_0...K_4$. Muistilohko 542 tallentaa datasanat S_k , sisältäen $S_0...S_4$. Muistilohko 544 tallentaa vertailugeneraattorista 161 saatavat datasanat $R(n)$, jotka siirretään siirtorekisterin 548 kautta. Muistilohko 546 tallentaa $E(n)$. Kaikki otot kaikkiin muistilohkoihin voidaan johtaa erillisesti muistiin tai lukea sopivilla ohjaussanoilla, jotka dekoderi 550 on dekodannut. Jokainen osoitettu datasana missä tahansa muistilohkossa 540-546 aiheuttaa ositetun sanan kytkeytymisen muistirekisteriin 552 veräjälogiikan 544 kautta. Muistilohko 544 on organisoitu "push-down" pinomuistina, missä jokainen tallennettu datasana $R(n)$, $R(n-1)$... $R(n-1)$ voidaan suoraan osoittaa. Aritmeettis-loogisella yksiköllä 500 on ottoina rekisterien 534 ja 552 annot, vastaten vastaavasti muisteja 508 ja 510. "ALU" suorittaa aritmeettisen käsittelynsä näille otoille, jonka käsittelyn jälkeen tulokset sijoitetaan akkuun 556. Nämä tulokset kytketään sen jälkeen muistiin tallentavaksi ohjauslogiikalla 504.

"ALU" 500 suorittamat todelliset aritmeettiset ja loogiset toiminnot voidaan nyt koota yhteen.

	<u>Tehtävä</u>	<u>Toiminto</u>
5	Kertominen	$C(R1) \cdot C(R2) \rightarrow ACC$
	Kertominen/Yhteenlasku	$C(R1) \cdot C(R2) + C(ACC) \rightarrow ACC$
	Vähennys/Yhteenlasku	$C(+R1) + C(+R2) + C(ACC) \rightarrow ACC$
	Inkrementti	$C(M2) + 1 \text{ LSB} \rightarrow M2$
	Dekrementti	$C(M2) - 1 \text{ LSB} \rightarrow M2$
10	ACC:n komplementti, jos negatiivinen	Jos ACC:n merkki on negatiivinen $2^N - C(ACC) \rightarrow ACC$
	ACC:n nollaus	"0" arvo $\rightarrow ACC$
	Aloitutus	Asetus tasoitusprosessin aloittamiseksi
15	Kertomistoiminnon toteuttamiseksi muistirekisterien 534 ja 552 sisällöt kerrotaan ja tallennetaan akkuun 556.	
	Vähennys/yhteenlasku-toiminnon toteuttamiseksi toinen tai molemmat rekisterien 534 ja 552 sisällöt, kenttäkoodin ohjaamalla sopivilla merkin vaihdoilla varustettuina, lisätään akun 556 sisältöön.	
20	Inkrementointi- tai dekrementointitoiminnon toteuttamiseksi erityisen muistipaikan sisältö inkrementoidaan tai dekrementoidaan jos akun 560 merkki on vastaavasti negatiivinen tai positiivinen, kenttäkoodin mukaisesti.	
25	Toiminnon "akun komplementti jos negatiivinen" toteuttamiseksi akun sisällön merkki muutetaan positiiviseksi silloin kun se on negatiivinen.	
	Toiminnon "nollaa akku" toteuttamiseksi akkuun tallennetaan numeerinen arvo nolla.	
30	Toteutettaessa aloitustoiminto, joka sallii vakioden ulkoisen latauksen ulkoisen kirjoitusohjaussignaalin esiintyessä, akku tyhjennetään ja akkuliput 562 palauteaan normaalitilaan.	

Ohjauslogiikan 504 ohjaussanarakenne, joka on syötetty johdon 514 kautta muisteihin 534 ja 552, käsittää, esimerkiksi 6-bittisen muistin M1 kentän, 7-bittisen muistin M2 kentän ja 5-bittisen ALU 500 kentän.

5 Jokainen ohjaussana on siten 18-bittinen. Edellä oleva on esitetty seuraavassa.

	Muistin M1 kenttä	M1 1	Vieminen 2	Osoite 1	Valinta 2	Yhteensä 6 bittiä
10	Muistin M2 kenttä	M2 1	Luku/Kirjoitus 1	Osoite	Valinta	Yhteensä 7 bittiä
	ALU 500 kenttä	Toiminta 5				Yhteensä 5 bittiä
15	Ohjaus sana	Muistin M1 ohjauskenttä 6	Muistin M2 ohjauskenttä 7	ALU ohjauskenttä 5		Yhteensä 18 bittiä

Kuvaan 12 viitaten esitetään tasoitustoiminnan vuokaavio. Järjestys on seuraava:

20 Vaihe 1 Aloitus

Ulkoisen aloitussignaalin vaikutuksesta johdossa 570 loppuun suoritettun tasoituksen (EC lippu, "Flag") signaali johdossa 572 palautetaan normaalitilaan ja muistipaikat, akku 556 ja niihin liittyvät rekisterit tyhjennetään.

25 Jos johdossa 574 esiintyy ulkoinen kirjoitussignaali, ohjauslogiikka 504 sallii alkuperäisten vakioden K_k ja datasanojen S_k lataamisen ulkonaisesti siirtorekisterin 576 kautta. Kun mitään ulkoista kirjoitussignaalia ei ole, sisäisesti tallennetut vakioden K_k ja datasanojen S_k arvot syötetään ohjauslogiikan 504 kautta.

30

Vaihe 2 Laske $P_0(n)$

$A(n):n$ ja $R(n):n$ arvot on saatu ulkoisesti näytteenoton aikana nT . $R(n)$ ja $A(n)$ viedään vastaaviin muisteihin 520 ja 548, $A(n-2)$ ja K_2 viedään muistin 1 rekisteriin 534 ja muistin 2 rekisteriin 552, vastaa-

35

vasti. ALU 500 laskee niiden tulon ja se pidetään akussa 556. Vastaavasti lasketaan sen jälkeen $A(n-1) \cdot K_1$ ja lisätään se akun 556 sisältöön. Samoin $A(n)$ lisätään akun sisältöön. Takaisinkytkennän termeihin P_0 liittyvät tulotermit vähennetään akusta yhtälön mukaisesti:

$$\text{uusi } P_0(n) = A(n) + K_1 A(n-1) + K_2 A(n-2) - K_3 P_0(n) - K_4 P_0(n-1) \quad (\text{yhtälö 35})$$

Tämä toiminto vastaa kuvassa 5 esitettyä toimintoa $\frac{N(Z^{-1})}{D(Z^{-1})}$. Tuloksena saatava $P_0(n)$ viedään P_0 muistiin 522.

Vaihe 3 Laske $P_3(n)$

Kuvassa 5 esitetyn suodattimen $-K_0 Z^{-1}$ antoa vastaava termi $P_3(n)$ lasketaan vastaavalla tavalla seuraavan mukaisesti:

$$\text{uusi } P_3(n) = -K_0 P_0(n-1) - P_3(n) K_3 - P_3(n-1) K_4 \quad (\text{yhtälö 36})$$

tulos viedään P_3 pinomuistiin 526.

Vaihe 4 Laske $P_1(n)$

Samoin $P_1(n)$ lasketaan ja viedään P_1 pinomuistiin: $\text{uusi } P_1(n) = K_0 A(n-1) - P_1(n) - K_3 - P_1(n-1) - K_4$ (yhtälö 37)

mikä vastaa kuvassa 5 esitettyä suodatintoimintoa $\frac{K_0 Z^{-1}}{D(Z^{-1})}$.

Vaihe 5 Laske $E(n)$

Virhetermi lasketaan seuraavasti:

$$E(n) = P_0(n) K_0 + R(n-1) \quad (\text{yhtälö 38})$$

$E(n)$ säilytetään eli se tallennetaan aikaisemmin esitettyyn paikkaan. Tämä toiminta vastaa kuvassa 5 esitettyä summauslaitteen toimintoa.

Vaiheet 6 ja 7 Laske C_k :t, uudista K_k :t

C_k :t on laskettu edellä esitettyyn yksinkertaistettuun lähestymistapaan perustuen. Toiminta käsittää K_k :n inkrementoinnin tai dekrementoinnin gradienttivektorin termin C_k merkin perusteella, eli

$$C_k(n) = P_k(n)E(n) \quad \begin{array}{l} \text{inkrementoi } K_k \text{ jos merkki on negatiivinen} \\ \text{dekrementoi } K_k \text{ jos merkki on positiivinen} \end{array} \quad (\text{yhtälö 39})$$

Vaiheet 8, 9 ja 10 Tasoituksen täydellisyyden testaus

C_k :n itseisarvo lasketaan vaihtamalla C_k :n merkki jos se on negatiivinen. Vastaava δ_k :n arvo vähennetään C_k :n itseisarvosta. Jos lopputulos akussa on positiivinen, testilipulle asetetaan arvo 1. Jos se on negatiivinen, testilippukiikko pysyy muuttumattomana, eli

$$\begin{aligned} |C_k| - \delta_k &= + \text{TESTILIPUN (TF) ASETUS} \\ &= - \text{EI MUUTOSTA TESTILIPUSSA} \end{aligned}$$

Tämä vaihe suoritetaan jokaiselle gradienttivektorin termille C_k , eli $C_0 \dots C_4$. Tämän menettelyn lopussa tutkitaan testilippu. Jos testilipulla on arvo 0, mikä osoittaa, ettei yksikään C_k termi ole ylittänyt vastaavaa k :n arvoa, niin silloin tasoitus on suoritettu. Kuitenkin, jos testilipulla on arvo 1, osoittaen että yksi tai useampi $|C_k|$:n arvoista ylittää vastaavan δ_k :n arvon, silloin tasoitusta ei ole suoritettu loppuun ja menettely täytyy uusia. Kun testilipulla on arvo 0, loppuun suoritettun tasoituksen (EC) signaali johdetaan antoon ulkoista tunnistusta varten ja toiminta päättyy sallien ulkoisen järjestelmän lukea $K_0 \dots K_4$:n arvot muistista ulkoista käyttöä varten. Korjain voidaan myös ohjata tässä kohdassa johonkin toiseen johtoon.

Suoritusaikoja silmälläpitäen tasaimen täytyy suorittaa vaiheet 2...9 loppuun vähemmässä tai yhtäsuuressa ajassa kuin näytteenottoaika T. Puhelimen puhesignaalien tunne-

tun tekniikan mukaista näytteenottoa vastaavalle näytteenottoajalle T on 125 mikrosekuntia sopiva, vastaten näytteenottotaajuutta 4 kHz.

5 Jos vaiheita 2...9 vastaa korkeintaan 50 ohjaussanan suoritus, jokainen ohjausana täytyy suorittaa noin kahdessa mikrosekunnissa. Siten pahimmassa tapauksessa, ohjaussanan käsittäessä kahden sanan noutamisen muistista 508 ja 510, niiden kertomisen keskenään ja niiden lisäämisen akkuun ACC, suorituskyykyvaatimusten voidaan osoittaa
10 olevan seuraavat:

Muistista haku	0,5 mikrosekuntia
Kertominen	1,0 mikrosekuntia
Yhteenlasku	<u>0,5</u> mikrosekuntia
Yhteensä	2,0 mikrosekuntia

15 Näiden vaatimusten tärkeys perustuu rinnakkaisiin siirtoihin rekisteristä rekisteriin ja aritmeettisiin toimintoihin. 13-bittiselle aritmetiikalle, joka tyydyttää puhelinvaatimukset, nämä suorituskyykyvaatimukset ovat saavutettavissa nykyisellä LSI-teknologialla käyttämällä
20 tässä esitettyä korjainrakennetta. Tunnetun tekniikan mukainen yleiskäyttöön tarkoitettujen 8...16 bittisten mikrotietokoneiden valikoima ei kykene täyttämään edellä olevia suorituskyykyvaatimuksia käyttämällä normaalia ohjelmointitekniikkaa. Tässä esitetyn tasoitusrakenteen tähän mennessä selostetut uudet ominaisuudet mahdollistavat
25 näiden suorituskyykyvaatimusten saavuttamisen.

Esitetään korjaimen mainittujen uusien ominaisuuksien lyhyt kertaus, muun muassa

30 (1) Moninkertaiset muistit, joihin voidaan osoittaa samanaikaisesti; (2) Erityinen muistiorganisaatio tarvittavien toimintojen helpottamiseksi ("push-down" pinomuistit, jotka ovat suoraan osoitettavissa); (3) Rinnakkainen aritmeettinen kertominen/yhteenlaskukyky; (4) Mikrokoodatut ohjaussanat, jotka samanaikaisesti ohjaavat muisteja ja
35 aritmeettis-loogista yksikköä; (5) Tarvittaviin erityis-

toimintoihin suoraan liittyvät ohjaussanat, kuten KERTO-
MINEN/YHTEENLASKU, ACC:N KOMPLEMENTTI JOS NEG, INKREMENT-
TI, DEKREMENTTI.

5 Tässä edellä esitetyn korjaimen vaihtoehtoinen suoritusmuoto on toteuttavissa käyttämällä hyväksi yleis-
tyyppistä signaaliprosessoria, jolla on erityiset aritmeettiset ja muistin käsittelykyvyt. Kuvassa 7 on esitetty sellainen yleiskäyttöön soveltuvan prosessorin yksinkertaistettu lohkoakaavio.

10 Selostetut piirit ovat kaikki toteutettavissa digitaallisella LSI-tekniikalla. Lisäämällä takaisinkytkentä- ja myötäkytkentäsilmut ja F- ja H-suodattimet ja korvaamalla normaali dekooderiantovahvistin jyrkkyysvahvistimella, täydellinen johtopiiri on mahdollista toteuttaa yhdelle ainoalle LSI-lastulle. F- ja H-suodattimet ovat yksinkertaisia rekursiivisia suodattimia, jotka tekevät mahdolliseksi sisällyttää F- ja H-suodattimet kooderiin/dekooderiin ja/tai kooderiin/dekooderiin ja suodatinlastuun. Täten esillä oleva keksintö eliminoi tunnetun tekniikan mukaisen analogisen 2/4-johdinhybridipiirin pääte- ja tasotusverkot korvaten ne esitetyn mukaisella ohjelmoitavilla digitaalisilla LSI-piireillä. Tuloksena ovat pienentyneet valmistuksen, asennuksen ja ylläpidon kustannukset parantuneen suorituskyvyn lisäksi.

25 Vaikka H- ja F-suodattimina voidaan käyttää ei-rekursiivisia suodattimia, niiden kustannukset ylittäisivät esitettyjen rekursiivisten suodattimien kustannukset. Samaten tunnettuun tekniikan tasoon perustuvaa ei-rekursiivista korjaainta voitaisiin joko käyttää ei-rekursiivisten tai rekursiivisten F- ja H-suodattimien kanssa, mutta tulos olisi huonompi kuin mitä edellä on kuvattu. Ei-rekursiivisen korjaimen sisältävää ei-rekursiivisten suodatinrakenteiden muunnosta voitaisiin käyttää hyväksi muunnoksessa edellä esitetyn tyyppiseksi rekursiiviseksi rakenteeksi käyttämällä hyväksi Fletcher-Powell algoritmia,
35 kuten on esitetty seuraavassa: Deczky, "Synthesis of

Recursive Digital Filters", IEE Trans. Audio Electro Acoust. Vol. AU-20, sivut 257-263, lokakuu 1972. Kyseinen tekniikka vaatii taas oleellisesti suuremman laitteiston kuin esillä olevan keksinnön mukainen täysin rekursiivinen rakenne.

Kuvan 7 muisti 330 sisältää varatut alueet 336 kertomien C_k tallentamiseksi, alueet 338 kertomien K_k tallentamiseksi, alueet 340 korrelaattorisummien tallentamiseksi, alueet 342 D_k :n ja S_k :n arvojen tallentamiseksi, alueet 344 välitulosten $A(n) \cdot P_k(n) \dots P_k(-\frac{k}{2})$ tallentamiseksi, ja alueet 346 ohjausohjelman tallentamiseksi tallennetun datan osoittamiseksi ohjauslogiikan 332 antamien osoitteiden mukaisesti. Laskenta suoritetaan aritmeettisen yksikön 334 kautta.

Kuva 8 esittää yleistettyä digitaalista kaksijohdinyhteyden nelijohdinyhteydeksi muuntavaa muunninta johdon 400 kaksisuuntaisille signaaleille. Kooderin vahvistus on yksi ja se käsittää analogi-digitaaliesisuodattimen 402, analogi-digitaalimuuntimen 404 ja analogi-digitaali-jälkisuodattimen 406. Kuvan 8 piiri toimii vastaavalla tavalla kuin kuvan 3B piiri siinä suhteessa, että johdon impedanssiin sovitusta tapahtuu samoin. Dekooderisilmukka, sisältäen digitaali-analogiamuuntimen 406 ja liittyvän esisuodattimen 408 ja jälkisuodattimen 410, muuntaa johdon 412 digitaaliset lähetys-signaalit johdon 400 analogisiksi signaaleiksi. Jyrkkyysvahvistimella 414 on ääretön ulostuloadmittanssi. Automaattinen korjainjärjestelmä 130 aikaansaa uudistetut suodatinkertoimet ja H-suodattimen 416 ja F-suodattimen 418 ohjauksen, lisäksi ei-toivottu signaalin heijastus vastaanottosignaaliin eliminoidaan summauslaitteessa 420. Kooderin takaisinkytkentä- ja lähetys-signaali yhdistetään summauslaitteessa 421. Sekä kooderin takaisinkytkennän että F-suodattimen 418 sisällyttäminen piiriin määrätään korjaimen 130 ohjaamalla kytkimillä 422 ja 424, vastaavasti.

Kuvassa 2 yleisesti esitetty multiplekseri/kanavanjakaja (MULDIS) 157 esitetään yksityiskohtaisemmin kuvassa 13, MULDIS 157 mahdollistaa korjaimen osoituskäytön monen johdon 1...N kesken. Varsinaisesti MULDIS 157 tekee päätöksen siitä, mikä johto kytketään korjaimeen. MULDIS 157 kanavoi A(n) signaalit johtopiirijoukosta ja jakaa suodatinkertoimet, kytkin- ja suodatinmuodon ohjaussignaalin, ja vertailugeneraattorinannon ylläpitojärjestelmän ohjauksessa valittuun johtopiiriin.

10 Digitaalisen vertailugeneraattorin 161 (signaalit R(n) kytketään johtoihin 1...N logiikkaveräjän 600 kautta, jossa yhdessä ylläpitojärjestelmän logiikan 602 ohjaamien signaalien ADD 1...ADD N kanssa R(n) johdetaan JA-veräjään. Sopiva osoite siirretään siirtorekisterin 604 kautta, de-
15 koodataan dekooderilla 606 ja kytketään logiikkaan 600, kuten on esitetty.

Ylläpitojärjestelmän ajastin- ja kytkentäohjaus-/toimivat ohjaussignaalit kytketään johtoihin 1...N logiikkaveräjän 608 kautta. Nämä signaalit kytketään kiikkuihin
20 610 ja 612, joidenannot johdetaan JA-veräjään yhdessä dekooderista 606 saatavien sopivan ADD 1...ADD N signaalien kanssa.

A(n)-sanat johdoista 1...N valitaan logiikkaveräjässä 614 ja kytketään korjaimeen TAI-veräjän 616 antona.
25 Jokainen A(n)-otto jokaisesta johdosta 1...N viedään JA-veräjään yhdessä dekooderista 606 saatavien signaalien ADD 1...ADD N kanssa logiikan 614 JA-veräjissä.

Suodatinkertoimet F- ja H-suodattimille jokaista johtoa 1...N varten, kuten johtopiirin 1...N F-suodatin
30 272 ja H-suodatin 116, kytketään korjaimesta sopivaan johtoon 1...N logiikkaveräjän 618 kautta. Suodatinkertoimet viedään JA-veräjään logiikassa 618 yhdessä dekooderista 606 saatavien ADD 1...ADD N signaalien kanssa oikean johdon valitsemiseksi.

35 Kuvaan 14 viitaten esitetään lohkokaaaviona pääliitäntäkytkentä korjaimen, ylläpitojärjestelmän, MULDIS:in

ja johtopiirien välillä. Ylläpitojärjestelmä 650 voi käsittää tavanomaisen datalähteen, kuten tietokoneen ja siihen liittyvän muistin. Esitetyt data- ja ohjaussignaalit, jotka on selostettu aikaisemmin, muodostavat välttämättömän ajastuksen ja yhteydenoton korjaimen, ylläpitojärjestelmän ja MULDIS:in 157 kautta johtopiirien välille.

Vaikka esillä olevaa keksintöä on selostettu sen edullisen suoritusmuodon avulla, on ymmärrettävää, että muut suoritusmuodot, modifikaatiot ja sovellutukset, jotka tulevat olemaan ilmeisiä alan ammattimiehille, sisältyvät keksinnöllisen ajatuksen puitteisiin mukana seuraavien patenttivaatimusten mukaisesti.

Patenttivaatimukset

1. Sovituspiiri (100) ulostuloimpedanssin digitaali-
seksi syntetisoimiseksi, jolla sovituspierillä on digitaali-
5 nen ja analoginen puoli ja niiden välissä D/A-muunnin (114,
264), ja joka piiri käsittää digitaalisen suodattimen, jos-
sa on vaihdettavat suodatinkertoimet negatiivisessa takaisin-
kytkentähaarassa, t u n n e t t u siitä, että sovituspierii,
jota käytetään linjan pääteimpedanssin automaattiseen sovi-
10 tukseen telekommunikaatiokeskuksessa käsittää lisäksi:

- summainpiirin (118,151) niiden digitaalisten signaa-
lien summaamiseksi, jotka johdetaan sovituspierin ulostulo-
navoissa esiintyvistä analogisista tietoliikennesignaaleista,
sisääntulevien digitaalisten tietoliikennesignaalien kanssa
15 siten, että syntyy negatiivisen takaisinkytkennän omaava
yhdistetty digitaalinen sisäänmenosignaali, joka kytketään
digitaaliseen suodattimeen (116) ennaltamäärätyn ulostulo-
impedanssin aikaansaamiseksi, ja

- jännite/virta-muuntimen (200), ja
20 että digitaalisella suodattimella on digitaalinen signaali-
ulostulo, joka D/A-muuntimessa (114,264) muutetaan analogi-
seksi jännitesignaaliksi, joka vuorostaan muutetaan jänni-
te/virta-muuntimessa (200) analogiseksi virraksi ulostulo-
impedanssin avulla, joka on suuri sovitettavaan linjaan ja
25 syntetisoituun impedanssiin verrattuna.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen piiri, t u n n e t-
t u siitä, että jännite/virta-muunnin (200) käsittää trans-
konduktanssivahvistimen, jolla on ulostulo-virta, jonka mää-
rää tietty virran ja jännitteen siirtosuhdekerroin g, jonka
30 mittayksikkö on Siemens.

3. Patenttivaatimuksen 1 mukainen piiri, t u n n e t-
t u siitä, että ennaltamäärätty antoimpedanssi saadaan vaih-
telemalla vaihdettavia suodatinkertoimia ohjatun datasisään-
menon mukaisesti.

35 4. Patenttivaatimuksen 3 mukainen piiri, t u n n e t-
t u siitä, että se lisäksi käsittää automaattisen korjain-

laitteen (130) rekursiivisten, digitaalisten suodatinkertoimien johtamiseksi suoraan korjainpiirin (130) ulostulon ja vertailuarvon välillä esiintyvien virheiden minimointiin perustuen.

5 5. Patenttivaatimuksen 3 mukainen piiri, t u n n e t-
t u siitä, että digitaalinen suodatin (116) on rekursiivi-
nen digitaalinen suodatin.

6. Patenttivaatimuksen 5 mukainen piiri, t u n n e t-
t u siitä, että rekursiivinen digitaalinen suodatin (116)
10 käsittää viisi muuttuvaa suodatinkerrointa.

7. Patenttivaatimuksen 1 mukainen piiri, t u n n e t-
t u siitä, että linja käsittää rinnankytkettyjä lisäimpe-
dansseja linjan ja piirin välillä, jolloin linjan admittans-
sia edustaa Y_L , ja rinnakkaisimpedansseja edustaa Y_X , ja
15 jolloin digitaalisen suodattimen ennaltamäärätty ulostulo-
impedanssi on yhtäsuuri kuin $Y_L - Y_X$.

8. Patenttivaatimuksen 7 mukainen piiri, t u n n e t-
t u siitä, että rinnankytketyt lisäimpedanssit käsittävät
puhelinparistosityötön ja hajaimpedanssien vaikutukset.

20 9. Patenttivaatimuksen 3 mukainen piiri, t u n n e t-
t u siitä, että se käsittää lisäksi:

- analogia/digitaaliesisuodattimen (250) analogisten
tietoliikennesignaalien sisäänmeno kaistanleveyden rajoit-
tamiseksi ennaltamäärätylle taajuusalueelle, ja

25 - analogia/digitaalijälkisuodattimen (254) halutun
vahvistuksen aikaansaamiseksi takaisinkytkentätielle.

10. Patenttivaatimuksen 3 mukainen piiri, t u n n e t-
t u siitä, että se käsittää lisäksi:

- digitaali/analogiaesisuodattimen (258) halutun vah-
30 vistuksen aikaansaamiseksi digitaali/analogia-tielle (260),
ja

- digitaali/analogiajälkisuodattimen (262) digitaali/
analogia-muuntimen ulostulon suodattamiseksi kvantisointi-
virheiden vähentämiseksi.

11. Patenttivaatimuksen 1 mukainen sovituspieri, t u n n e t t u siitä, että yhdistetty digitaalinen signaali kytketään joukkoon rekursiivisia digitaalisia suodattimiin, joilla on ohjelmoitavat, muutettavat suodatinkertoimet, ja että analoginen signaali, joka esiintyy, kun rekursiivisten suodattimien ulostulosignaali on ohittanut D/A-muuntimen (114,264), lähetetään vahvistimeen (200), joka ulostulossa antaa analogisen virran, joka on saatu muuntimen ulostuloimpedanssiin verrattuna suurella impedanssilla.
- 10 12. Patenttivaatimuksen 11 mukainen piiri, t u n n e t t u siitä, että se käsittää lisäksi:
- ohjauslogiikan (504) kertoimia ohjaavan datasignaalin johtamiseksi, joka datasignaali kytketään digitaaliseen suodattimeen (116,272) tämän suodattimen kertoimien vaihtel
- 15 lemiseksi ohjaussignaalin mukaisesti, että ohjauslogiikka käsittää laitteen (161) vertailuarvon kehittämiseksi siten, että digitaalisia suodatinkertoimia vaihdellaan, jotta minimoitaisiin digitaalisen suodatinulostulon ja mainitun vertailuarvon välillä esiintyvät virheet.
- 20 13. Patenttivaatimuksen 12 mukainen piiri, t u n n e t t u siitä, että ohjauslogiikka (504) käsittää laitteen linjaimpedanssin digitaalisen esitysmuodon johtamiseksi, sekä laitteen tämän digitaalisen esitysmuodon lukemiseksi muistiin tallentamista varten.
- 25 14. Patenttivaatimuksen 13 mukainen piiri, t u n n e t t u siitä, että se käsittää lisäksi laitteen käsittelyn aloittamiseksi tallennetut digitaaliset esitysmuodot omaavien digitaalisten suodatinkertoimien avulla siten, että aikaansaadaan nopea korjaus säilyttämällä aikaisemat digitaaliset suodatinkertoimet seuraavan korjauskerran aloituskertoimina.
- 30

Patentkrav

1. Anpassningskrets (100) för digital syntetisering av en utgångsimpedans, vilken anpassningskrets har en digital och en analog sida och en D/A-omvandlare (114, 264) däremellan, och vilken krets omfattar ett digitalt filter med utbytbara filterkoefficienter i en negativ återkopplingsgren, k ä n n e t e c k n a d därav, att anpassningskretsen som används till automatisk anpassning av linjens avslutningsimpedans i en telekommunikationscentral dessutom omfattar:

- en summeringskrets (118, 151) för summering av de digitala signaler som härleds från de analoga kommunikationssignaler som förekommer vid anpassningskretsens utklämmor, med de inkommande digitala kommunikationssignalerna så att det uppstår en sammansatt digital ingångssignal med negativ återkoppling, vilken ingångssignal kopplas till det digitala filtret (116) för att åstadkomma en förutbestämd utgångsimpedans, och

- en spänning/ström-omvandlare (200), och att det digitala filtret har en digital signalutgång, som i D/A-omvandlaren (114, 264) omformas till en analog spänningssignal som i sin tur i spänning/ström-omvandlaren (200) omformas till en analog ström medelst en utgångsimpedans, som är hög jämförd med den linje som skall anpassas och den syntetiserade impedansen.

2. Krets enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k n a d därav, att spänning/ström-omvandlaren (200) omfattar en transkonduktansförstärkare med en utgångsström som definieras av en speciell koefficient g för ström till spänning överföringsförhållandet, varvid koefficientens måttenhet är Siemens.

3. Krets enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k n a d därav, att den förutbestämda utgångsimpedansen fås genom att variera de utbytbara filterkoefficienterna i överensstämmelse med en styrd dataingång.

4. Krets enligt patentkravet 3, k ä n n e t e c k -
n a d därav, att den dessutom omfattar ett automatiskt
ekvaliseringsmedel (130) för direkt härledning av de re-
kursiva digitala filterkoefficienterna på basen av minime-
5 ring av felen mellan ekvaliseringskretsens (130) utgång
och ett referensvärde.

5. Krets enligt patentkravet 3, k ä n n e t e c k -
n a d därav, att det digitala filtret (116) är ett re-
kursivt digitalt filter.

10 6. Krets enligt patentkravet 5, k ä n n e t e c k -
n a d därav, att det rekursiva digitala filtret (116)
omfattar fem variabla filterkoefficienter.

7. Krets enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k -
n a d därav, att linjen omfattar extra shuntimpedanser
15 mellan linjen och kretsen, varvid linjens admittans rep-
resenteras av Y_L och shuntimpedanserna representeras av
 Y_x , och varvid det digitala filtrets förutbestämda utgångs-
impedans är lika med $Y_L - Y_x$.

8. Krets enligt patentkravet 7, k ä n n e t e c k -
20 n a d därav, att de extra shuntimpedanserna omfattar te-
lefonbatterimatning och påverkningar av läckimpedanser.

9. Krets enligt patentkravet 3, k ä n n e t e c k -
n a d därav, att den dessutom omfattar:

- ett analogt/digitalt förfilter (250) för begräns-
25 ning av ingångsbandbredden hos de analoga kommunikations-
signalerna till ett förutbestämt frekvensområde, och

- ett analogt/digitalt efterfilter (254) för att
åstadkomma en önskad förstärkning av återkopplingsvägen.

10. Krets enligt patentkravet 3, k ä n n e t e c k -
30 n a d därav, att den dessutom omfattar:

- ett digitalt/analogt förfilter (258) för att ås-
tadkomma en önskad förstärkning av digital/analog-vägen
(260) och

- ett digitalt/analogt efterfilter (262) för filtre-
35 ring av utgången från den digitala/analoga omvandlaren för
att reducera kvantiseringsfelen.

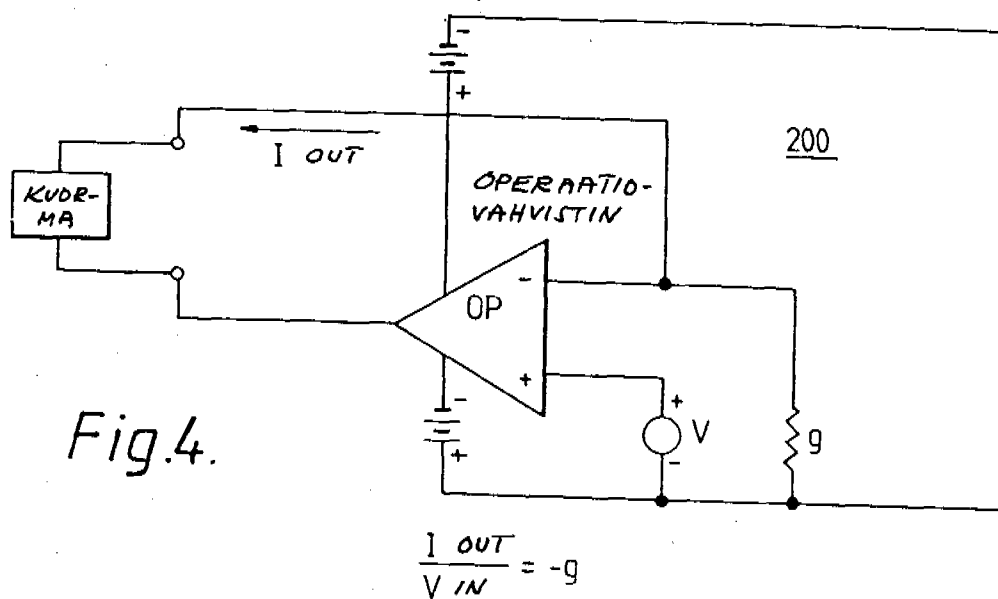
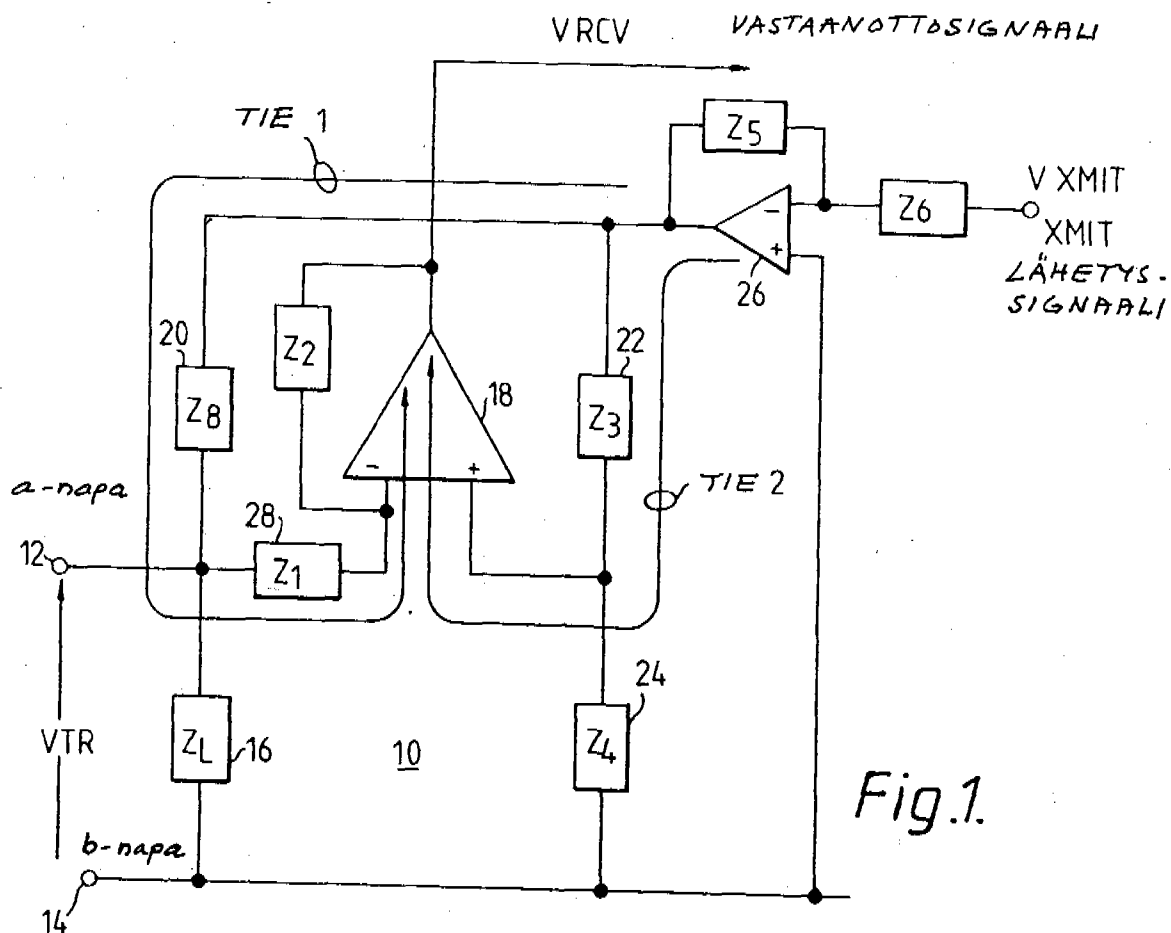
11. Anpassningskrets enligt patentkravet 1, k ä n -
 n e t e c k n a d därav, att den samansatta digitala sig-
 nalen kopplas till ett antal rekursiva digitala filter
 med programmerbara, föränderliga filterkoefficienter, och
 5 att den analoga signal som förekommer efter att utgångs-
 signalen från de rekursiva filtren passerat D/A-omvandla-
 ren (114, 264), sänds till förstärkaren (200), som vid
 utgången ger en analog ström med hög impedans i förhållan-
 de till omvandlarens utgångsimpedans.

10 12. Krets enligt patentkravet 11, k ä n n e t e c k -
 n a d därav, att den dessutom omfattar:

- en styrningslogik (504) för härledning av en ko-
 efficienterstyrande datasignal, som kopplas till det digi-
 tala filtret (116, 272) för att variera detta filters ko-
 15 efficienter i överensstämmelse med styrsignalen, att styr-
 ningslogiken omfattar en anordning (161) för genererande av
 ett referensvärde så att de digitala filterkoefficienterna
 varieras för minimering av felen mellan den digitala fil-
 terutgången och det nämnda referensvärdet.

20 13. Krets enligt patentkravet 12, k ä n n e t e c k -
 n a d därav, att styrningslogiken (504) omfattar en an-
 ordning för härledning av en digital representationsform
 av linjeimpedansen, och en anordning för att avläsa denna
 digitala representationsform för lagring i ett minne.

25 14. Krets enligt patentkravet 13, k ä n n e t e c k -
 n a d därav, att den dessutom omfattar en anordning för
 att påbörja processen medelst de digitala filterkoeffi-
 cienterna med de lagrade digitala representationsformerna
 så att en snabb ekvalisering åstadkommes genom att hålla
 30 fast vid de tidigare digitala filterkoefficienterna som
 startkoefficienter för en påföljande ekvaliseringsopera-
 tion.



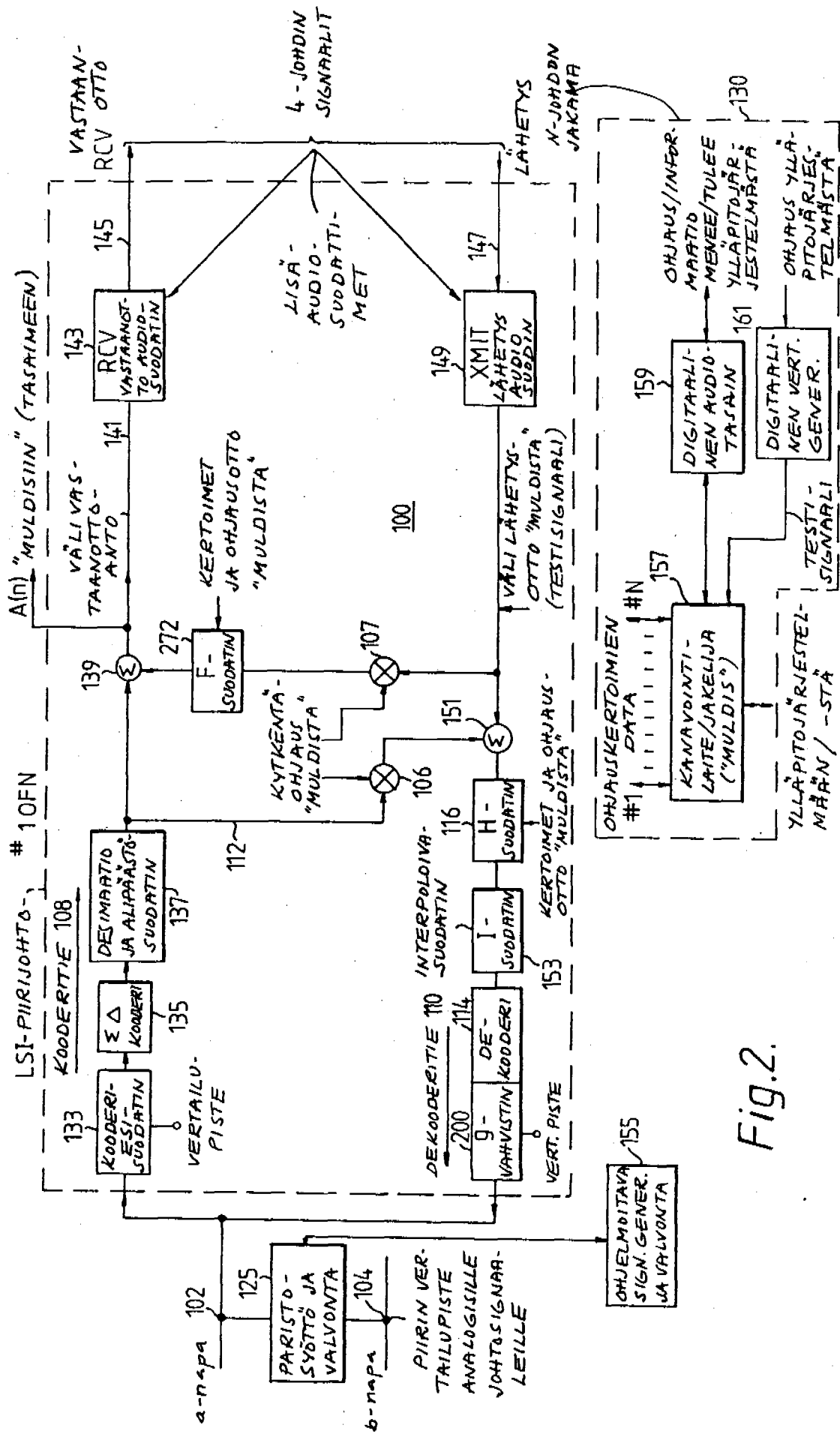


Fig.2.

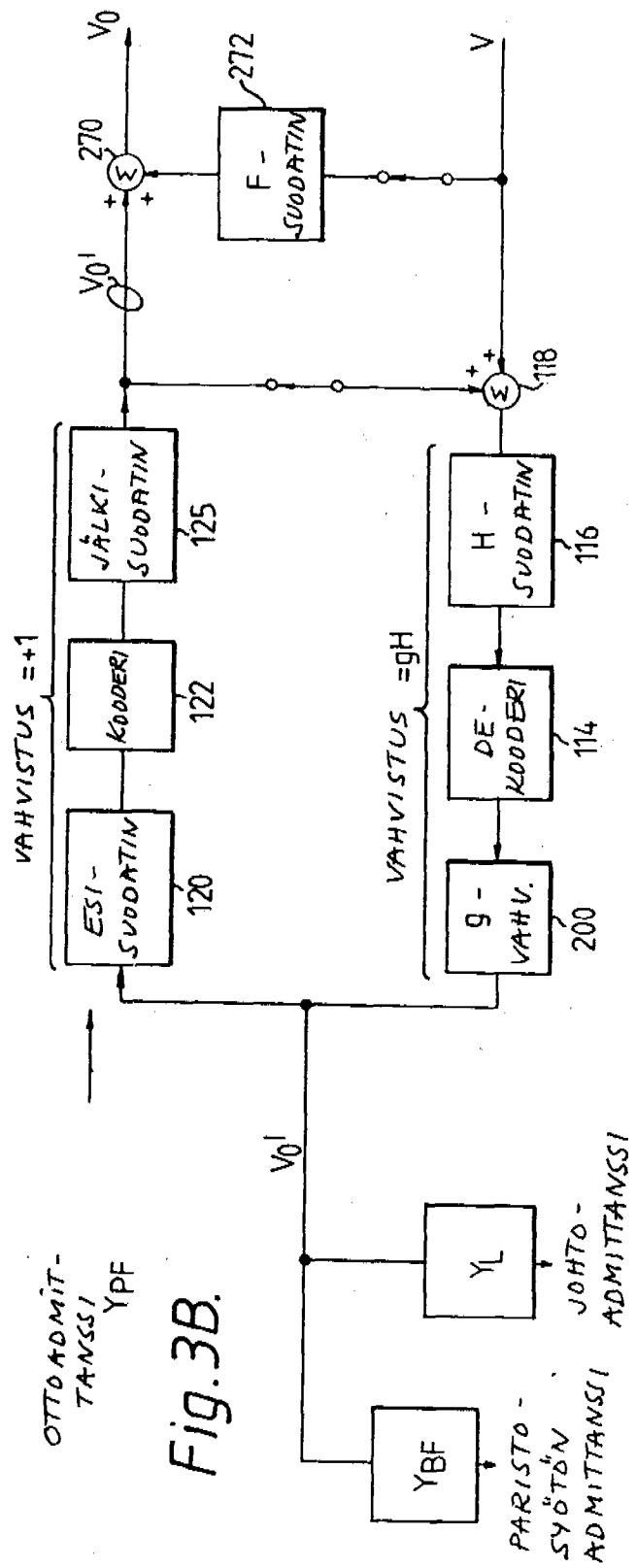
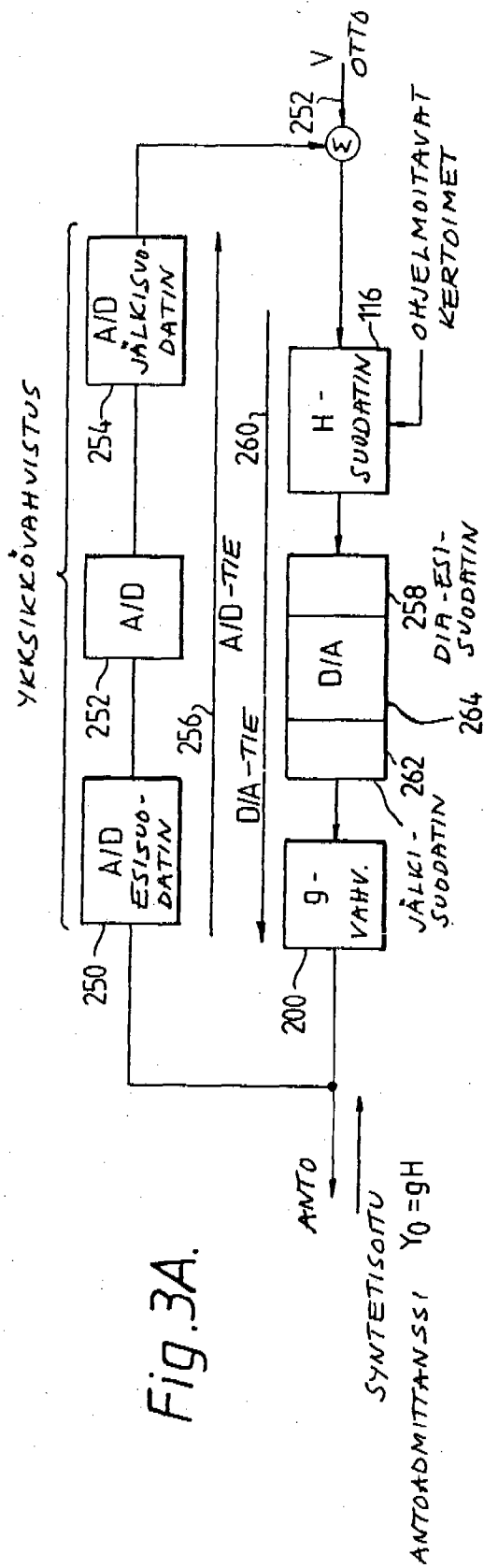
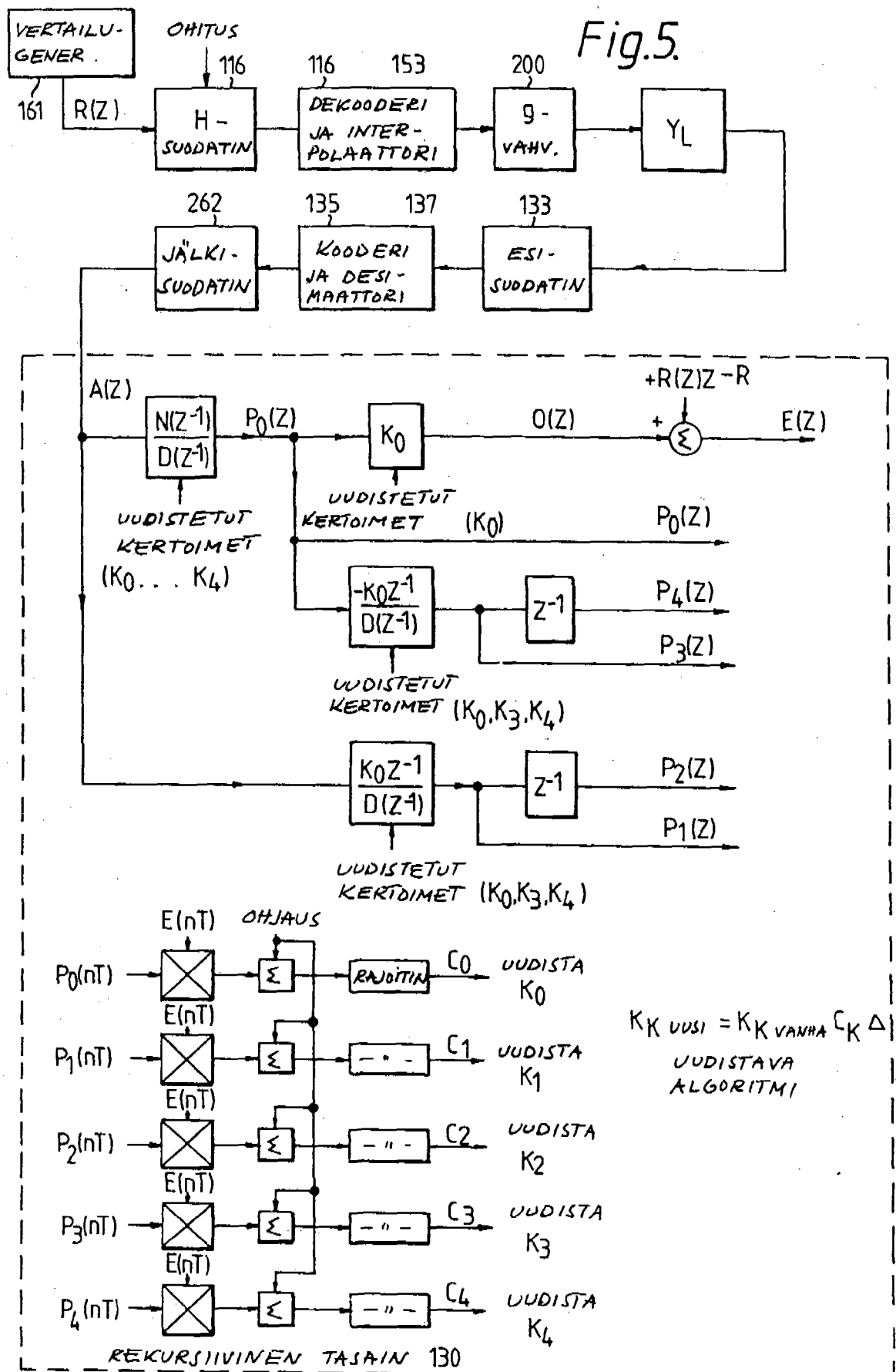


Fig.5.



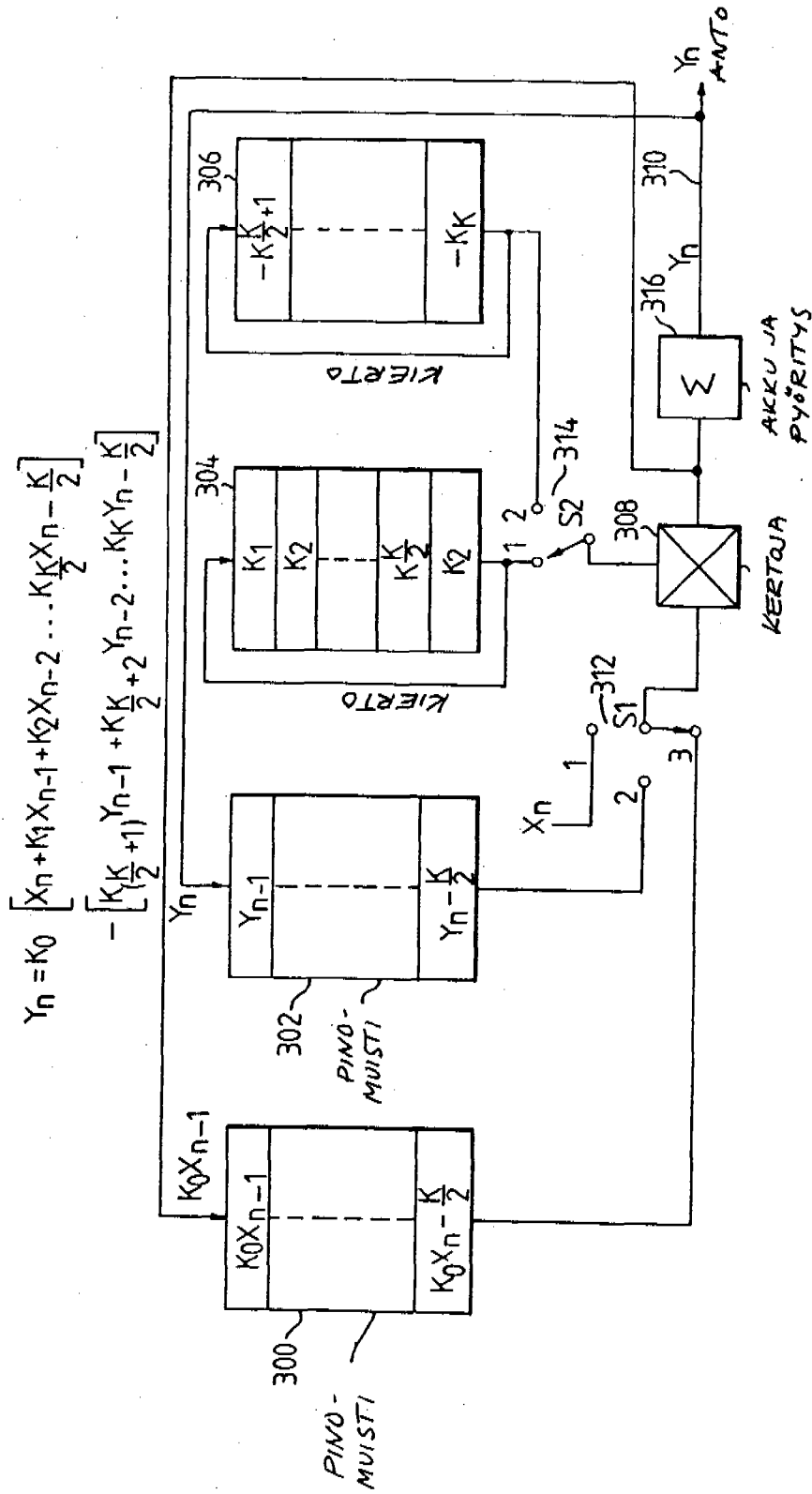


Fig.6.

$$\frac{Y(Z)}{X(Z)} = \frac{K_0 \left[1 + K_1 Z^{-1} + K_2 Z^{-2} \dots + K_K Z^{-\frac{K}{2}} \right]}{\left[1 + K_{\frac{K}{2}+1} Z^{-1} \dots + K_K Z^{-\frac{K}{2}} \right]}$$

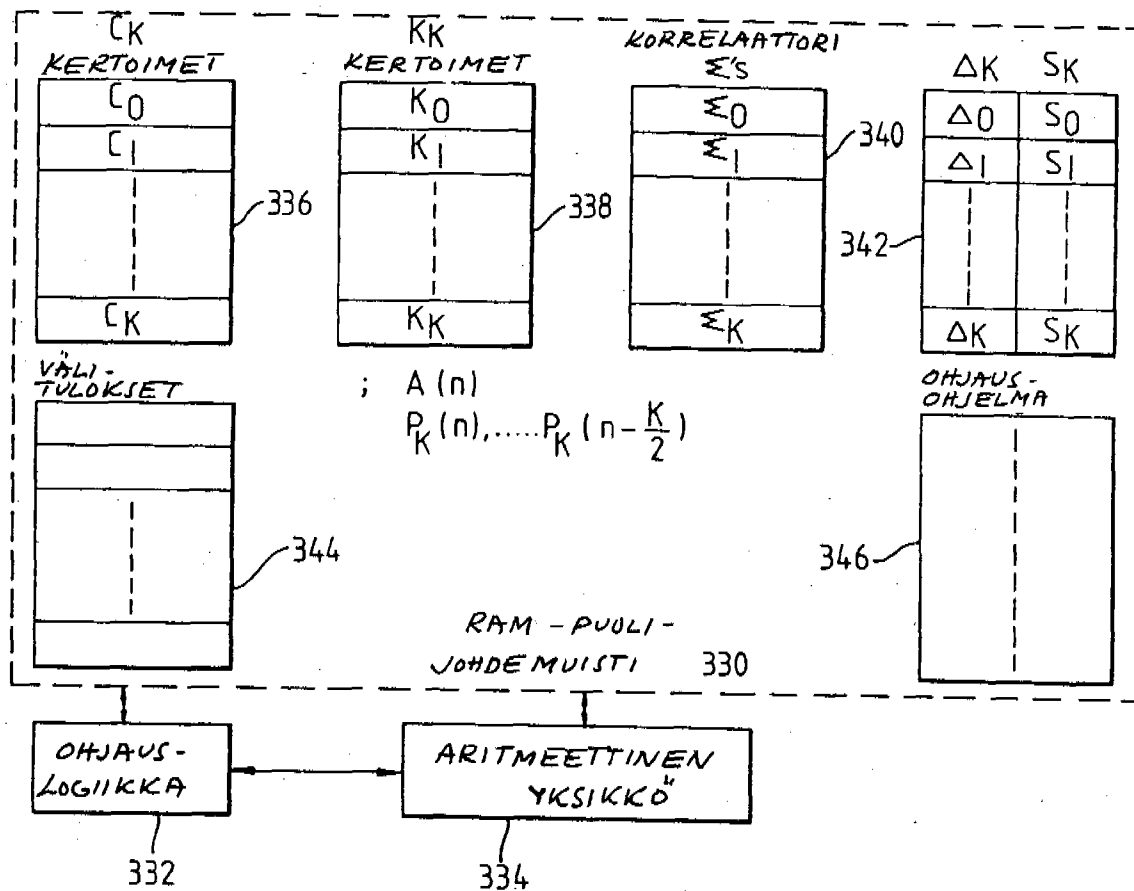


Fig. 7.

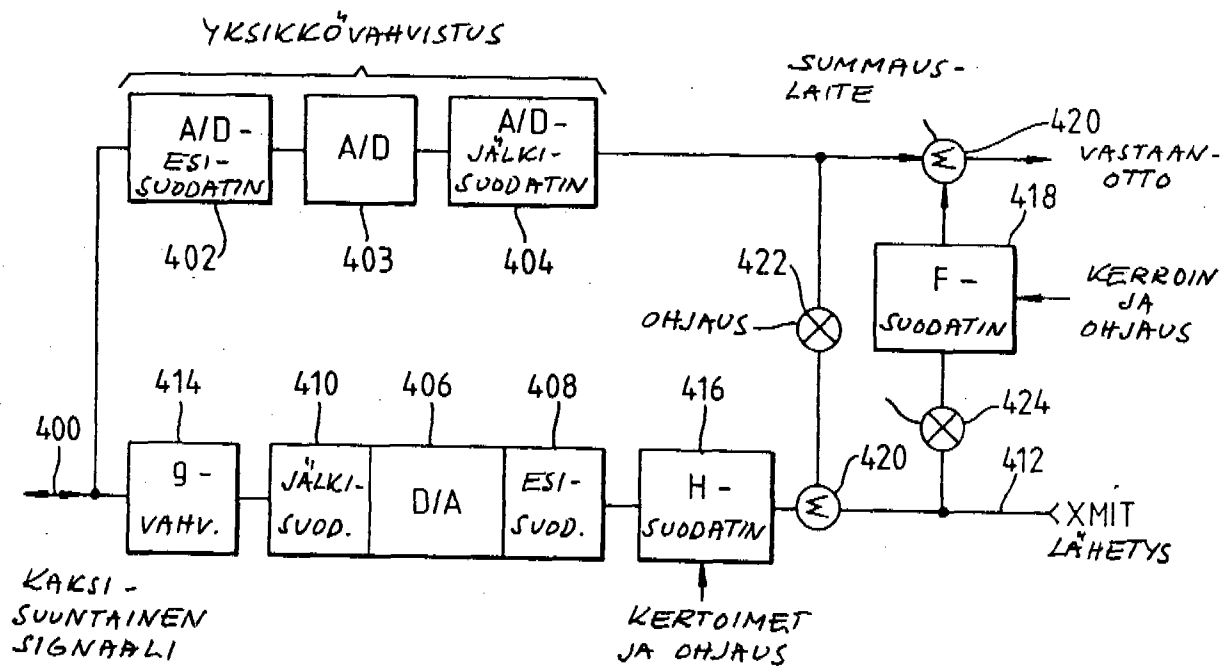


Fig. 8.

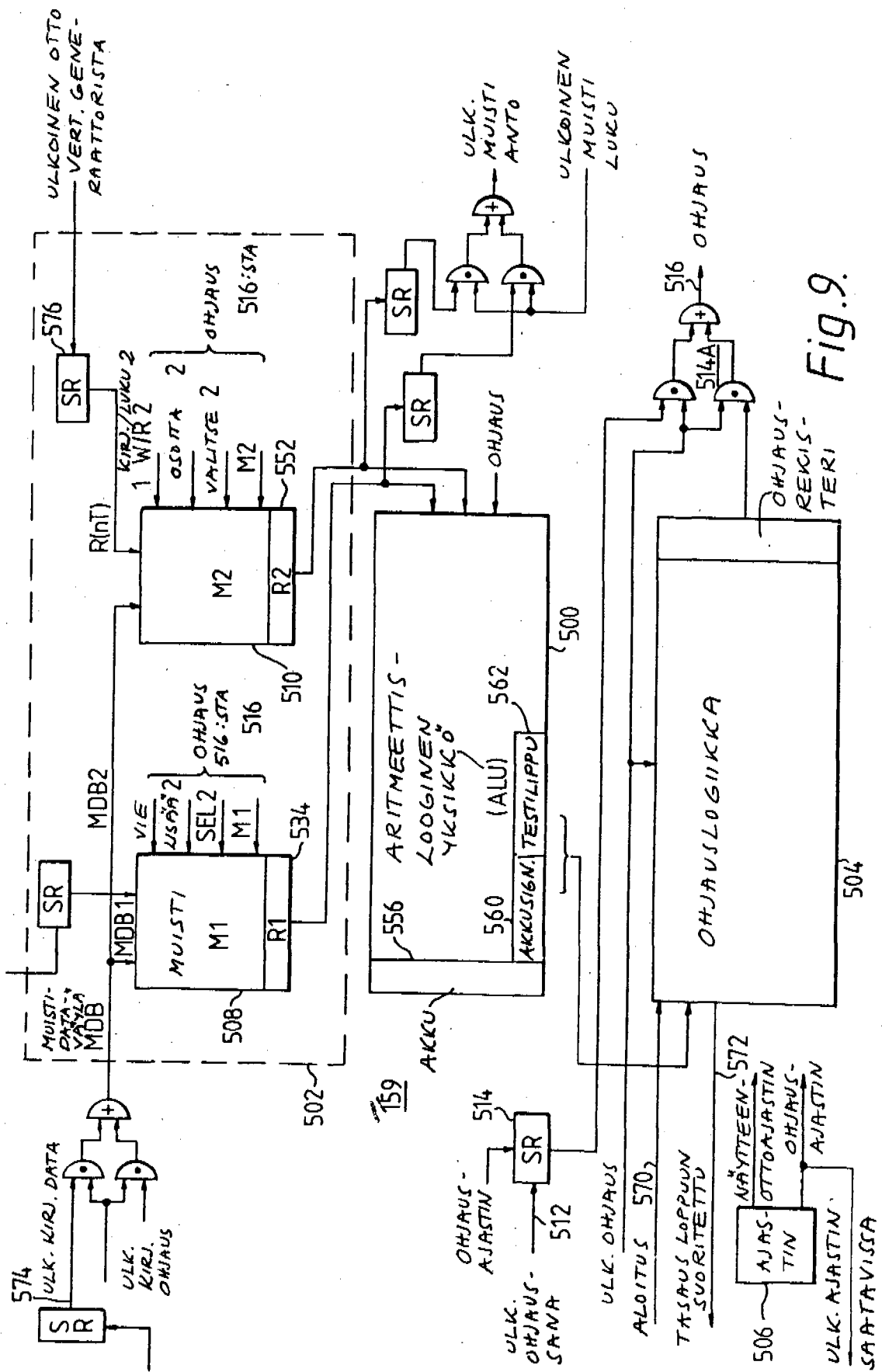
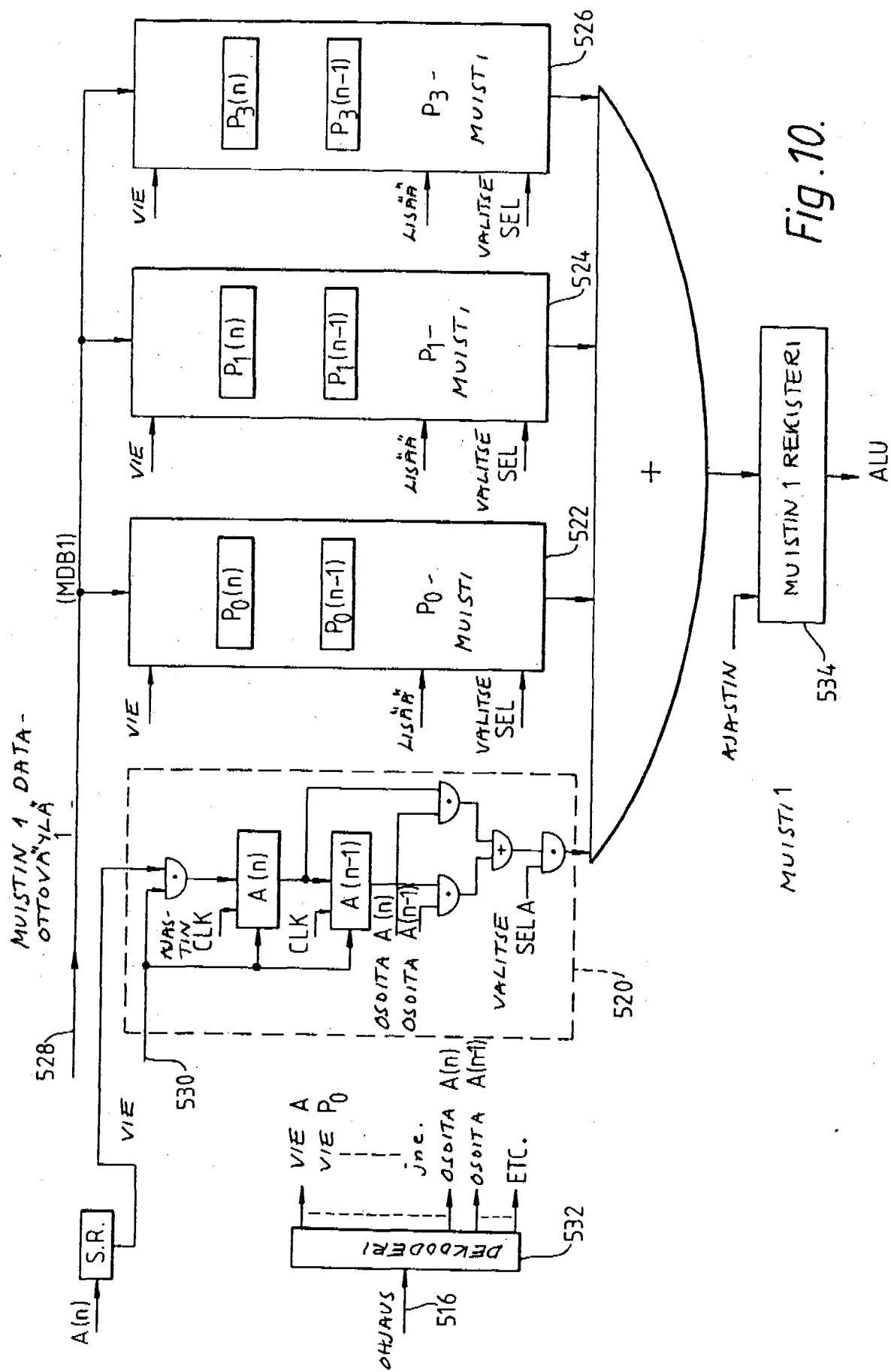


Fig. 9.



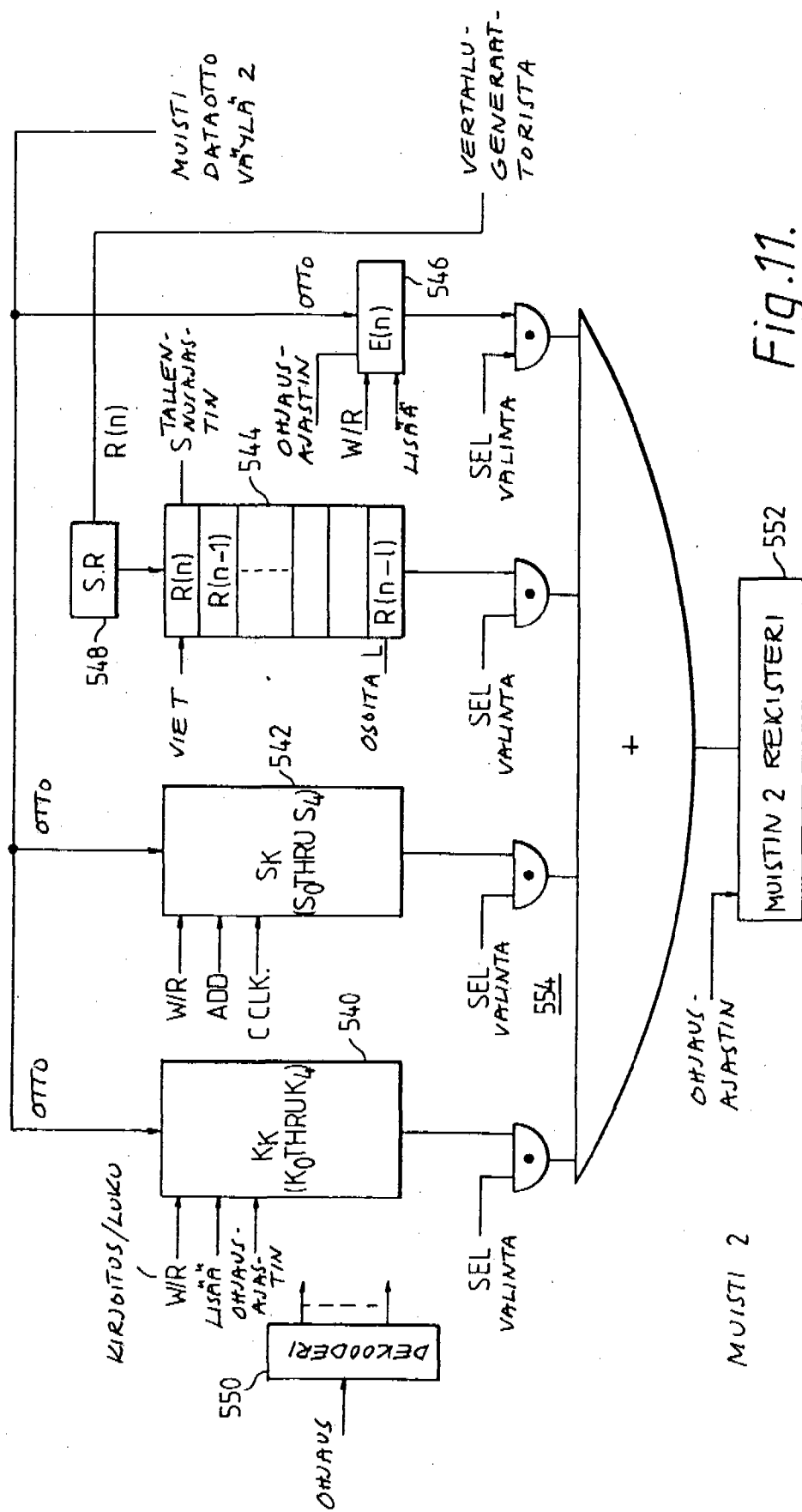


Fig. 11.

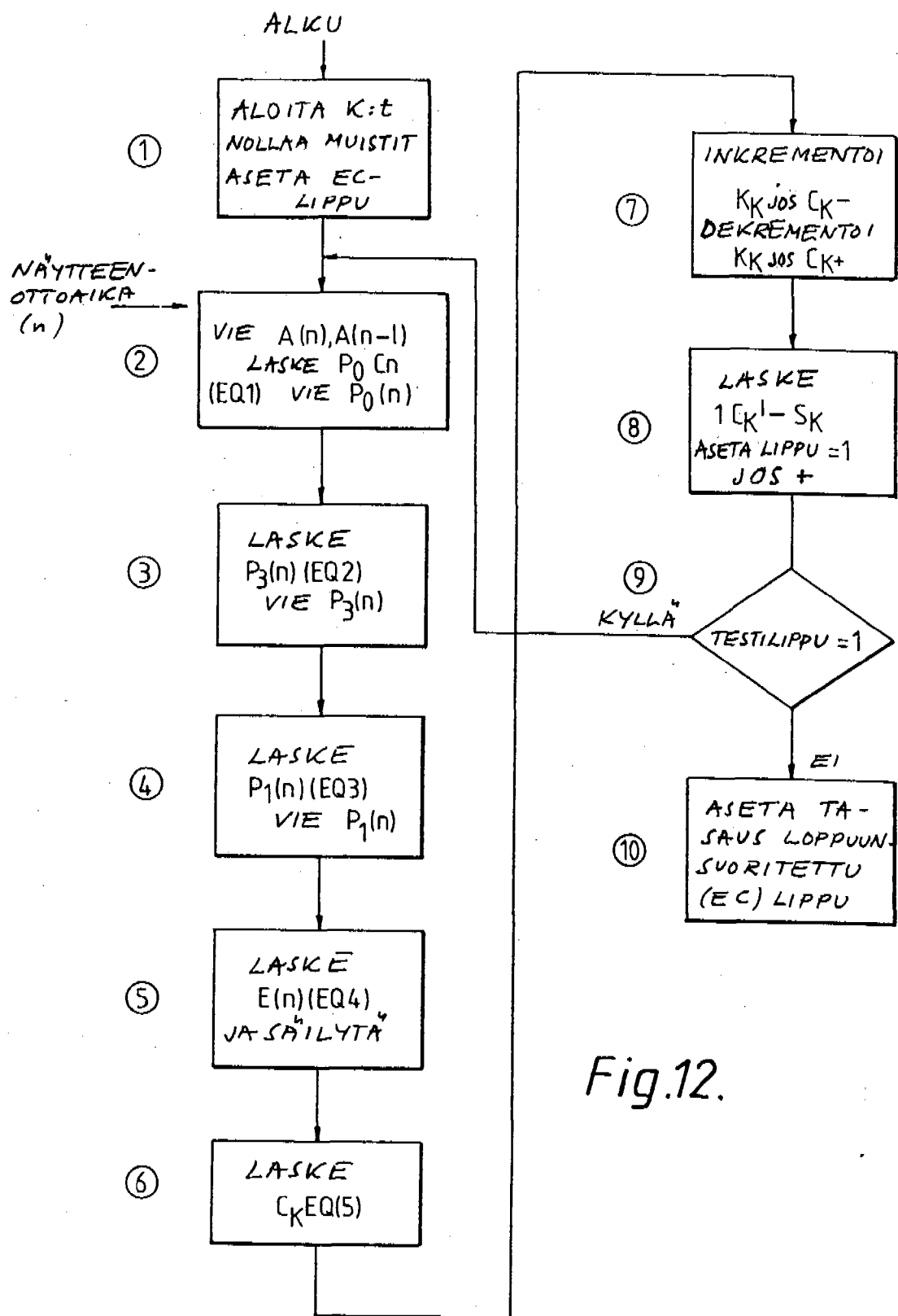


Fig.12.

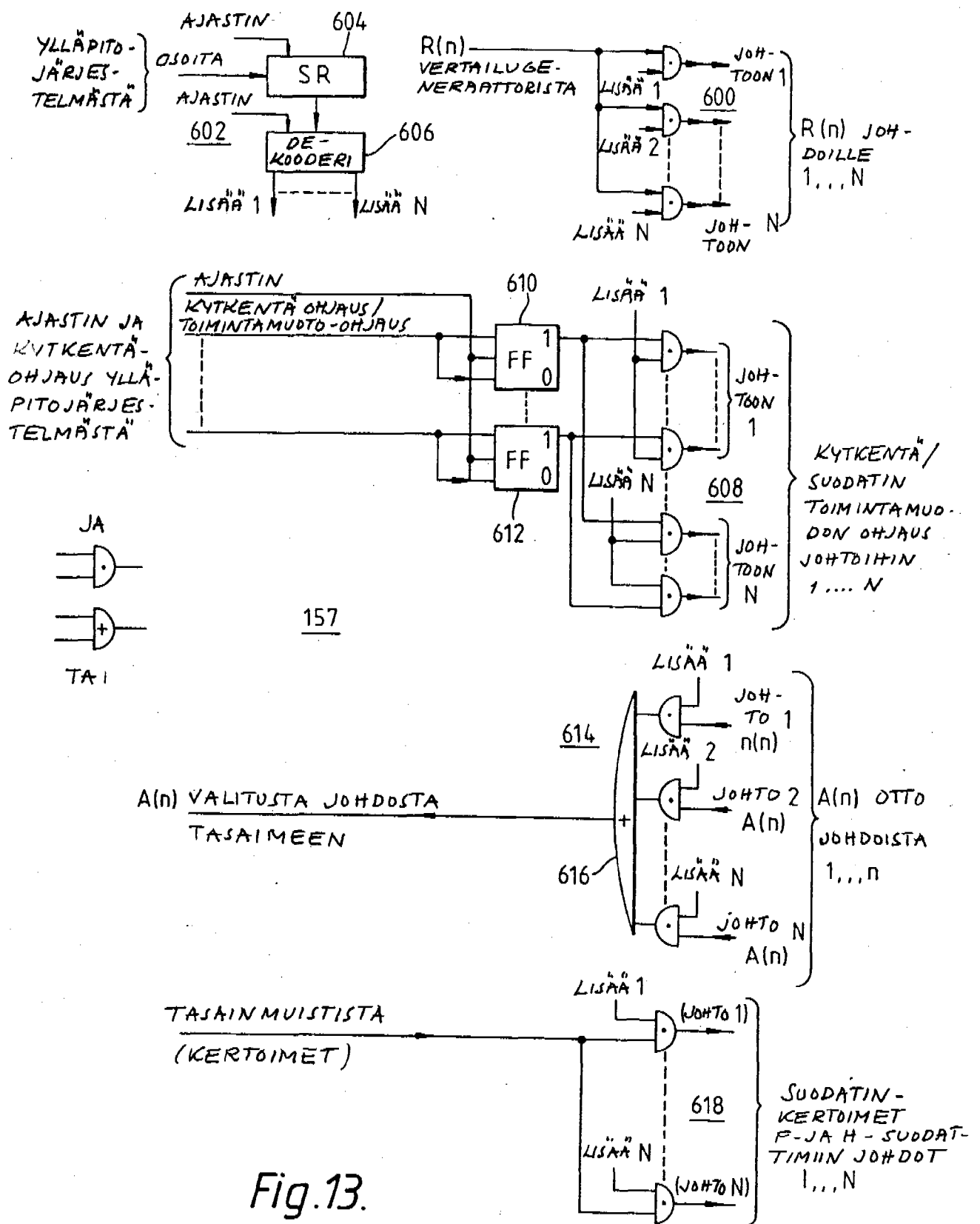


Fig.13.

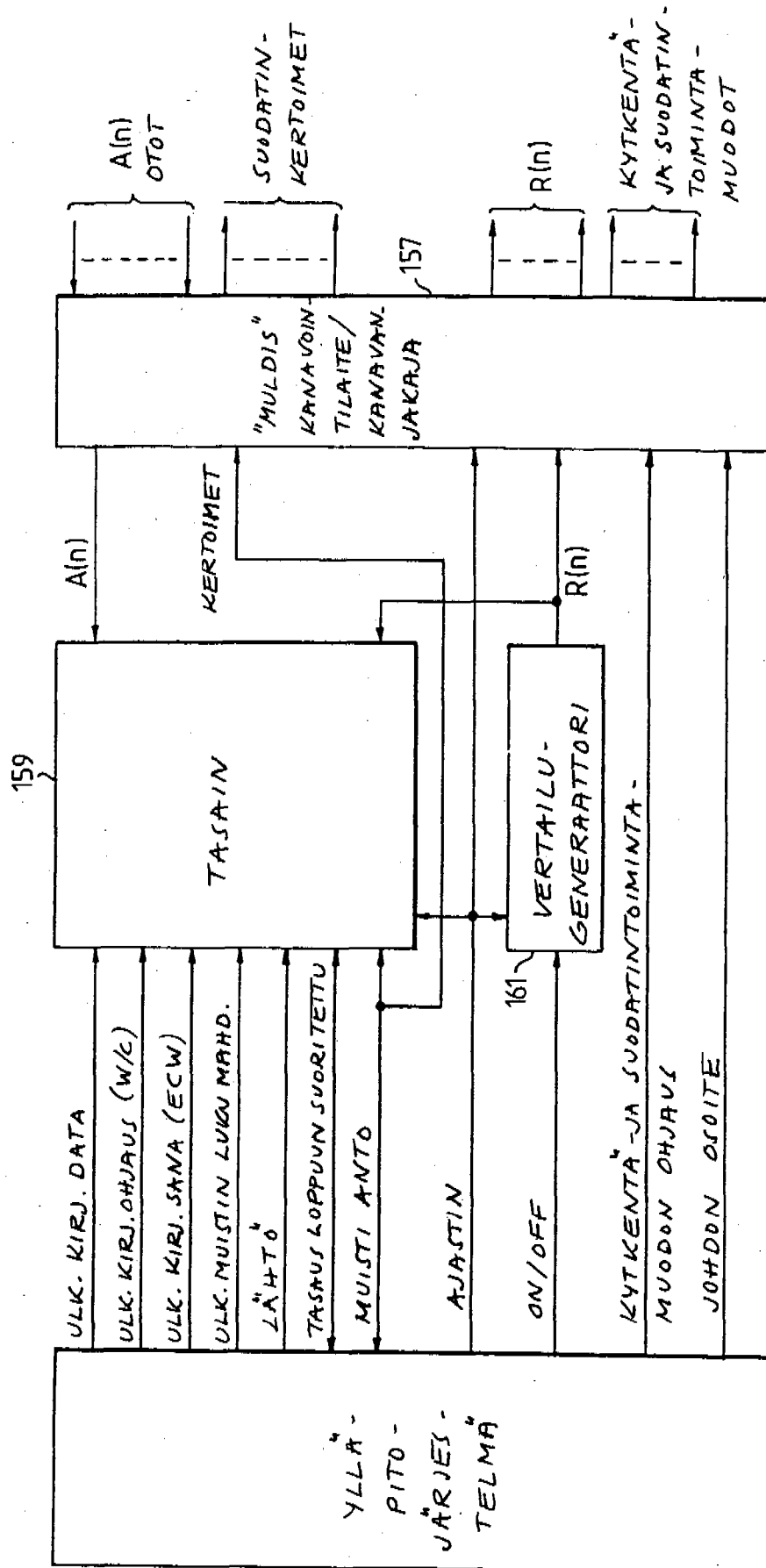


Fig.14.

Viitejulkaisuja - Anförda publikationer

Julkisia suomalaisia patenttihakemuksia: - Offentliga finska patentansökningar

Hakemus-, kuulutus- ja patenttijulkaisuja: - Ansökningspublikationer,
utläggnings- och patentskrifter:

FI

CH

DE

DK

FR

GB

NO

SE

US P 3906488 (H03K 13/02), P 4125900 (G06F 7/38),
P 4161633 (H04B 3/20)

Merkitse hakemusjulkaisun (esim. saksal. Offenlegungsschrift) numeron eteen H ja vastaavasti kuulutus- ja patenttijulkaisun numeron eteen K ja P.

EP

WO

Muita julkaisuja: - Andra publikationer:

K. L. Olsson

Allekirjoitus