

(19)



SUOMI - FINLAND

(FI)

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS

PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN

FINNISH PATENT AND REGISTRATION OFFICE

(10) **FI 925870 A7**

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

(21) Patentihakemus - Patentansökan - Patent application **925870**

(51) Kansainvälinen patenttiluokitus - Internationell patentklassifikation -
International patent classification
H04L 27/22

(22) Tekemispäivä - Ingningsdag - Filing date **23.12.1992**

(23) Saapumispäivä - Ankomstdag - Reception date **23.12.1992**

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig - Available to the public **28.06.1993**

(43) Julkaisupäivä - Publiceringsdag - Publication date **13.06.2019**

(32) (33) (31) Etuoikeus - Prioritet - Priority

27.12.1991	JP	3-347245	12.03.1992	JP	4-053583
25.03.1992	JP	4-067124			

(71) Hakija - Sökande - Applicant

1 •Mitsubishi Denki Kabushiki Kaisha, 2-3, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo, JAPANI, (JP)

(72) Keksijä - Uppfinnare - Inventor

1 •Kojima, Toshiharu, 1-1, Ofuna 5-chome, Kamakura-shi, JAPANI, (JP)

(74) Asiamies - Ombud - Agent

Kolster Oy Ab, Salmisaarenaukio 1, 00180 Helsinki

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

Demodulaattori viivästetyllä ilmaisulla

Demodulator med fördröjd detektering

Eroilmaisudemodulattori

Keksintö koskee eroilmaisudemodulaattoreita, joita käytetään radioliikennöintijärjestelmissä, ja tarkemmin ottaen parannuksia taajuusmuuntimissa ja vaihekomparaattoria tai vaiheenilmaisupiiriä, jota käytetään eroilmaisudemodulaattoreissa.

Tavanomainen taajuusmuuntimella ja vaihekomparaattorilla varustettu eroilmaisudemodulaattori kuvataan esimerkiksi avoimessa (Kokai) JP-patentissa 64-12 646, "DPSK demodulation system". Seuraavaksi tämä eroilmaisudemodulaattori kuvataan kuviota 8 tarkastelemalla.

Kuviossa 8 taajuusmuunnin 20 sisältää kertojan 21 ja alipäästösuotimen 22. Vaihekomparaattori 30 sisältää: vaihesiirtäjän 31 paikallisen kanta-aallon (vaiheen vertailusignaali) vaiheen siirtämiseksi $\pi/2$ radiaania; kertojan 32 paikallisen kanta-aallon kertomiseksi alipäästösuotimen 22 lähtösignaalin; kertojan 33 vaihesiirtäjän 31 lähtösignaalin kertomiseksi alipäästösuotimen 22 lähtösignaalin; alipäästösuotimen 34 korkeataajuisien komponenttien poistamiseksi kertojan 32 lähtösignaalista; alipäästösuotimen 35 korkeataajuisien komponenttien poistamiseksi kertojan 33 lähtösignaalista; näytteenottajan 36 näytteiden ottamiseksi alipäästösuotimen 34 lähtösignaalista; näytteenottajan 37 näytteiden ottamiseksi alipäästösuotimen 35 lähtösignaalista; koordinaattimuuntimen 38 keskinäisen vaihesignaalin laskemiseksi ja generoimiseksi näytteenottajien 36 ja 37 lähtösignaalista. Viive-elementti 40 viivästää keskinäistä vaihesignaalia yhdellä vastaanotetun signaalin merkkijaksolla. Erotuspiiri 41 vähentää modulo 2π keskinäisen vaihesignaalin, jota viive-elementti 40 viivästää yhdellä merkkijaksolla, keskinäisestä vaihesignaalista, joka saadaan suoraan ulos koordinaattimuuntimesta 38. Ratkaisupiiri 42 antaa demoduloidun datan, vastaan-

otetun signaalin kunkin symbolisen jakson vaihessiiron arvojen mukaan.

- Seuraavaksi kuvion 8 piirin toiminta kuvataan yksityiskohtaisesti. Demodulaattoreiden alueella on yleinen tapa muuntaa vastaanotetun signaalin taajuudet alemmille taajuuksille taajuusmuunninta käyttämällä. Tämä tekee mahdolliseksi myöhemmän signaaliprosessoinnin. Vastaanotettu signaali on differentiaallinen vaiheavainnussignaali (DPSK). Tämä vastaanotettu signaali syötetään taajuusmuuntimeen 20, jossa kertoja 21 kertoo sen signaalilla taajuusmuunnosta varten. Oletetaan, että vastaanotetun signaalin taajuus on f_1 Hz ja taajuusmuunnossignaalin taajuus on f_2 Hz. Silloin kertojalta 21 tuleva kerrottu signaali sisältää korkeataajuisen komponentin taajuudella $|f_1 - f_2|$ Hz. Tämä kertojalta 21 saatava kerrottu signaali syötetään alipäästösuotimeen 22, jossa korkeataajuinen komponentti tukahdutetaan ja vain matalataajuinen komponentti taajuudella $|f_1 - f_2|$ läpäistään. Vastaanotettu signaali käy sitten läpi taajuusmuunnoksen.
- Taajuusmuuntimen 20 suorittaman taajuusmuunnoksen läpikäytyään vaihekomparaattori 30 prosessoi vastaanotetun signaalin. Kertoja 32 kertoo taajuusmuunnoksen jälkeisen vastaanotetun signaalin vaihevertailusignaalin (joka saadaan taajuusmuuntimelta 20) vaihevertailusignaalin (paikallinen kantaalto). Alipäästösuodin 34 poistaa korkeataajuiset komponentit kertojan 32 lähtösignaalista, jolloin saadaan kantataajuuskaistan signaali samanvaiheisena paikallisen kantaallon (nimitetään samanvaiheiseksi kantataajuuskaistan signaaliksi) kanssa.
- Vaihesiirtäjä 31 siirtää vaihevertailusignaalin, tai paikalliskantaallon, vaihetta $\pi/2$ radiaania. Kertoja 33 kertoo taajuusmuunnoksen jälkeisen vastaanotetun signaalin (joka lähtee taajuusmuuntimelta 20) vaihesiirtäjän 31 lähtösignaalilla. Alipäästösuodin 35 poistaa korkeataajuiset komponentit kertojan 33 lähtösignaalista, jolloin

helioi-
heinen
vaihe-
modulointi.

$f_1 + f_2$

saadaan kantataajuuskaistan signaalin kanssa 90° vaihesiirroksessa oleva paikallinen kantaalto (nimitetään kvadraattiseksi kantataajuuskaistan signaaliksi).

- 5 Samanvaiheisesta kantataajuuskaistan signaalista, joka lähtee alipäästösuotimelta 34, otetaan näytteitä näytteenottajalla 36 ja ne viedään koordinaattimuuntimelle 38. Samalla tavoin kvadraattisesta kantataajuuskaistan signaalista, joka lähtee alipäästösuotimelta 35, otetaan näytteitä näytteenottajalla 37 ja ne viedään koordinaattimuuntimelle. Koordinaattimuunnin 38 antaa keskinäisen vaiheen signaalin, joka edustaa taajuusmuunnoksen jälkeisen vastaanotetun signaalin vaihesiirtymää paikalliseen kantaaltoon eli vaihevertailusignaaliin verrattuna. Keskinäisen vaihesignaalin θ arvo ilmaistaan näytteistetyyn samanvaiheisen ja kvadraattisen kantataajuuskaistan signaalin arvoilla x ja y seuraavasti:

$$\theta = \tan^{-1} (x/y)$$

- 20 Koordinaattimuuntimelta 38 lähtevä keskinäinen vaihesignaali syötetään erotuspiirille 41 ja viive-elementille 40. Viive-elementissä 40 keskinäistä vaihesignaalia viivästetään vastaanotetun signaalin yhdellä merkijaksolla ja sitten se syötetään erotuspiiriin 41. Erotuspiiri 41 vähentää modulo 2π viive-elementin 40 lähtösignaalin koordinaattimuuntimen 38 lähtösignaalista, jolloin saadaan vaihesiirron erotussignaali (lyhennetään tämän jälkeen vaihe-erosignaaliksi).

- 30 Erotuspiiriltä 41 lähtevä vaihe-erosignaali edustaa vastaanotetun signaalin kunkin merkkijakson yli tapahtuvaa vaihesiirtoa. Vastaanottaessaan vaihe-erosignaalin erotuspiiriltä 41 ratkaisupiiri 42 muodostaa demoduloidun vaihe-erosignaalin ja demoduloidun datan välillä olevan ennalta määrätyn vastaavuusriippuvuuden perusteella.

Yllä olevalla tavanomaisella eroilmaisudemodulaattorilla on seuraava haitta. Koska taajuusmuunnin ja vaihekomparaattori muodostuvat analogisista osista, piirielementtien integrointi IC:ille on vaikeaa. Siten piirien säätö tai viritys on välttämätöntä. Edelleen on vaikeaa vähentää piirin kokoa ja tehonkulutusta.

Tämän keksinnön kohteena on sen vuoksi tarjota eroilmaisudemodulaattori, joka on varustettu taajuusmuuntimella ja vaihekomparaattorilla, jotka muodostuvat digitaalisista piirielementeistä, sellaisista että piiri voidaan helposti integroida IC:ille ja sen vuoksi piirien säätö- vaiheesta voidaan päästä eroon ja kokoa ja tehonkulutusta voidaan vähentää.

Yllä oleva tavoite saavutetaan tämän keksinnön periaatteen mukaisesti taajuusmuunninpiirillä, jolla ensimmäisen kaksitasoisen kvantisoidunsignaalin taajuus muunnetaan käyttämällä toista kaksitasoista kvantisoitua signaalia, jonka taajuus poikkeaa ensimmäisen signaalin taajuudesta, joka taajuusmuunninpiiri sisältää: XOR-elementin loogisen XOR:n muodostamiseksi ensimmäisestä ja toisesta signaalista; juoksevan keskiarvon generointilaitteen, joka on kytketty XOR-elementtiin signaalin, joka vastaa k-kertaista XOR-elementin lähtösignaalin juoksevaa keskiarvoa, k:n ollessa positiivinen kokonaisluku; päätöslaitteen, joka on kytketty juoksevan keskiarvon generointilaitteeseen juoksevan keskiarvon generointilaitteen lähtösignaalin muuntamiseksi kaksitasoiseksi loogiseksi signaaliksi.

Edullisesti juoksevan keskiarvon generointilaitte sisältää: siirtorekisterin, joka on kytketty XOR-elementtiin ja jossa on $(2n+1)$ porrasta vastaavien bittien säilyttämiseksi, jossa n on positiivinen kokonaisluku, ja XOR-elementin lähtösignaali syötetään ensin siirtorekisterin ensimmäiseen portaaseen, siirtorekisterin siirtäessä portaiden sisältämiä bittejä ensimmäisestä portaasta kohti $(2n+1)$:tä porrasta synkronisesti kellosignaalin, jonka

5 jakso on lyhyempi kuin ensimmäisen ja toisen signaalin jakso, tahdissa; summauslaitteen, joka on kytketty siirtorekisteriin siirtorekisterin vastaavien portaiden bittien summaamiseksi, jossa summaimen lähtösignaali muodostaa juoksevan keskiarvon generointilaitteen lähtösignaalin.

10 Lisäksi on edullista, että juoksevan keskiarvon generointilaitte sisältää: siirtorekisterin, joka on kytketty XOR-elementtiin ja jossa on $(2n+2)$ porrasta vastaavien bittien säilyttämiseksi, jossa n on positiivinen kokonaisluku, ja XOR-elementin lähtösignaali syötetään ensin siirtorekisterin ensimmäiseen portaaseen, siirtorekisterin siirtäessä portaissa olevia biittejä ensimmäisestä portaasta kohti $(2n+2)$:ta porrasta synronisesti kellosignaalin, jonka jakso on lyhyempi kuin ensimmäisen ja toisen signaalin jakso, tahdissa; siirtorekisteriin kytketyn merkin kääntäjän, jolla invertoidaan $(2n+2)$:nen portaan lähtöbitin polariteetti; summaimen, joka on kytketty siirtorekisterin ensimmäiseen portaaseen ja merkin kääntäjään; 20 ja viive-elementin, jonka tulo on kytketty summaimen lähtöön ja jonka lähtö on kytketty summaimen tuloon, viive-elementin viivästäessä summaimen lähtösignaalia synkronisesti siirtorekisterin kellon tahdissa; jossa summaimen summaa lähtösignaalit siirtorekisterin ensimmäisestä portaasta, merkin kääntäjästä ja viive-elementistä, viive-elementin lähtösignaalin muodostaessa juoksevan keskiarvon muodostuslaitteen lähtösignaalin. 25

30 Päättöspiiri edullisesti vertaa liukuvan keskiarvon generointilaitteen lähtösignaalia ennalta määrättyyn kynnystasoon juoksevan keskiarvon generointilaitteen lähtösignaalin muuntamiseksi kaksitasoiseksi loogiseksi signaaliksi.

35 Tämän keksinnön yllä olevan tavoitteen toteuttaa myös vaihekomparaattori, jolla määritetään kaksitasoisen vastaanotetun signaalin vaihesiirto vaihevertailusignaalin

suhteen, jolla on kiinteä taajuus joka on oleellisesti yhtä suuri kuin vastaanotetun signaalin taajuus, vaihekomparaattorin sisältäessä: XOR-elementin loogisen XOR:n muodostamiseksi vastaanotetusta signaalista ja vaihevertailusignaalist; absoluuttisen vaihesiirron mittauslaitteen, joka on kytketty XOR-elementtiin keston, jonka XOR-elementin lähtösignaali pysyy loogisessa tilassa "1" vaihevertailusignaalin kunkin puolijakson aikana, määrittämiseksi; ja vaihesiirron polariteetin ratkaisulaitteen, joka on kytketty XOR-elementtiin ratkaisemaan, onko vastaanotetun signaalin vaihe viivästynyt vai edellä vaihevertailusignaaliin verrattuna, XOR-elementin arvon perusteella vaihevertailusignaalin kunkin puolijakson kohdalla; jossa absoluuttisen vaihesiirron mittauslaitteen lähtösignaalin ja vaihesiirron polariteetin ratkaisulaitteen lähtösignaalin yhdistelmä edustaa vastaanotetun signaalin vaihesiirtoa vaihevertailusignaalin suhteen.

Edullisesti absoluuttisen vaihesiirron mittauslaite sisältää: summaimen, joka on kytketty XOR-elementtiin; ja viive-elementin, jonka tulo on kytketty summaimen lähtöön ja jonka lähtö on kytketty summaimen tuloon, viive-elementin viivästäessä summaimen lähtösignaalia synkronisesti kellon, jonka jakso on oleellisesti lyhyempi kuin vaihevertailusignaalin jakso, tahdissa, viive-elementin tullessa nollatuksi vaihevertailusignaalin kullakin puolijaksolla; jossa summain summaa XOR-elementin ja viive-elementin lähtösignaalit arvon, joka vastaa kestoa jonka XOR-elementti pysyy loogisessa tilassa "1" vaihevertailusignaalin kunkin puolijakson aikana, muodostamiseksi.

Tämän keksinnön mukainen eroilmaisudulaattori, jolla demoduloidaan kaksitasoinen vastaanotettu signaali käyttämällä vaihevertailusignaalia, jolla on kiinteä taajuus joka on oleellisesti yhtä suuri kuin vastaanotetun signaalin taajuus, sisältää: vaihekomparaattorin joka sisältää: XOR-elementin jolla muodostetaan looginen XOR vas-

taanotetusta signaalista ja vaihevertailusignaalista; absoluuttisen vaihesiirron mittauslaitteen, joka on kytketty XOR-elementtiin, jolla mitataan kesto jonka XOR-elementin lähtösignaali pysyy loogisessa tilassa "1" vaihevertailusignaalin kunkin puolijakson aikana; ja vaihesiirron polariteetin ratkaisulaitteen, joka on kytketty XOR-elementtiin, jolla ratkaistaan onko vastaanotetun signaalin vaihe viivästynyt vai edellä vaihevertailusignaaliin nähden, perustuen XOR-elementin ulosarvoon vaihevertailusignaalin kunkin puolijakson aikana; jossa absoluuttisen vaihesiirron mittauslaitteen ja vaihesiirron polariteetin ratkaisulaitteen lähtösignaalien yhdistelmä muodostaa keskinäisen vaihesignaalin, joka lähtee vaihekomparaattorista; vaihekomparaattoriin kytketyn viive-elementin, jolla vaihekomparaattorilta lähtevää keskinäistä vaihesignaalia viivästetään yhdellä vastaanotetun signaalin merkkijaksolla; ja vaihekomparaattoriin ja viive-elementtiin kytketyn erotuspiirin, jolla viive-elementin lähtösignaali vähennetään keskinäisen vaiheen signaalista.

20 Vaihtoehtoisesti tämän keksinnön mukainen eroilmaisudulaattori, jolla demoduloidaan ensimmäinen kaksitasoinen signaali käyttämällä vaihevertailusignaalia jolla on kiinteä taajuus, joka on oleellisesti yhtä suuri kuin ensimmäisen signaalin taajuus, sisältää: taajuusmuunninpiirin, jolla ensimmäisen signaalin taajuus muunnetaan käyttämällä toista kaksitasoista signaalia jonka taajuus poikkeaa ensimmäisen signaalin taajuudesta, sisältäen:

25 XOR-elementin, jolla muodostetaan looginen XOR ensimmäisestä ja toisesta signaalista; XOR-elementtiin kytketyn juoksevan keskiarvon generointilaitteen, jolla generoidaan signaali joka vastaa k kertaista XOR-elementin lähtösignaalin juoksevaa keskiarvoa, k:n ollessa positiivinen kokonaisluku; ja liukuvoiman keskiarvon generointilaitteeseen kytketyn päätöslaitteen, jolla juoksevan keskiarvon generointilaitteen lähtösignaali muunnetaan kaksiarvoiseksi

30

35

loogiseksi signaaliksi, päätöslaitteen lähtösignaalin muo-
 dostaessa taajuusmuuntimen lähtösignaalin; vaihekomparaat-
 torin, joka sisältää: taajuusmuuntimen päätöslaitteeseen
 5 kytketyn XOR-elementin, jolla muodostetaan looginen XOR
 taajuusmuuntimen lähtösignaalista ja vaihevertailusigna-
 alista; XOR-elementtiin kytketyn absoluuttisen vaihesiirron
 mittauslaitteen, jolla mitataan kesto jonka XOR-elementin
 lähtösignaali pysyy loogisessa tilassa "1" vaihevertailu-
 signaalin kunkin puolijakson aikana; ja XOR-elementtiin
 10 kytketyn vaihesiirron polariteetin ratkaisulaitteen, jolla
 ratkaistaan onko ensimmäisen signaalin vaihe viivästynyt
 vai edellä vaihevertailusignaaliin verrattuna, perustuen
 XOR-elementin ulostuloarvoon vaihevertailusignaalin kunkin
 puolijakson kohdalla; jossa absoluuttisen vaihesiirron
 15 mittauslaitteen ja vaihesiirron polariteetin ratkaisulait-
 teen lähtösignaalien yhdistelmä muodostaa keskinäisen vai-
 heen signaalin, joka lähtee vaihekomparaattorilta; vaihe-
 komparaattoriin kytketyn viive-elementin, jolla vaihekom-
 paraattorilta tulevaa keskinäisen vaiheen lähtösignaalia
 20 viivästetään ensimmäisen signaalin yhdellä merkkijaksolla;
 ja vaihekomparaattoriin ja viive-elementtiin kytketyn ero-
 tuspiirin, jolla viive-elementin lähtösignaali vähennetään
 keskinäisen vaiheen signaalista.

Tämän keksinnön mukainen vaiheenilmaisupiiri tulo-
 25 signaalin vaihesiirron ilmaisemiseksi vaihevertailusigna-
 alin suhteen sisältää: puolijakson ilmaisulaitteen, jolla
 tulosignaalin ohjaamana generoidaan puolijakson ilmaisu-
 signaali tulosignaalin kullakin puolijaksolla; vaihever-
 tailusignaalin generointilaitteen, jolla vaihevertailusig-
 30 naali generoidaan kellosignaali, jonka taajuus ei ole vä-
 hempää kuin kaksi kertaa tulosignaalin taajuus, ohjaamana;
 vaihesiirron määrittäslaitteen, joka on kytketty puolijak-
 son ilmaisulaitteeseen ja vaihevertailusignaalin generoin-
 tilaitteeseen ja joka sisältää vaiheen kääntymisen kor-
 35 jauslaitteen, jolla vaihevertailusignaali korjataan sen

vaihekääntymisen suhteen tulossignaalin jokaisella vuorottelevalle puolijaksolla, vaihesiirron määrittäjän määrittäessä ja antaessa tulossignaalin vaihesiirron vaihevertailussignaalin suhteen tulossignaalin jokaisella puolijaksolla

5 perustuen vaiheen kääntymisen korjauslaitteen korjaamaan vaihevertailussignaaliin ja puolijakson ilmaisulaitteelta lähtevään puolijakson ilmaisusignaaliin.

Edullisesti puolijakson ilmaisulaite sisältää: viive-elementin tulossignaalin viivästämiseksi viiveajalla,

10 joka on lyhyempi kuin tulossignaalin puolijakso; ensimmäisen XOR-elementin loogisen XOR:n generoimiseksi tulossignaalista ja viive-elementin lähtösignaalista; vaihevertailussignaalin generointilaitte sisältää laskurin, jolla lasketaan modulo $2N$ kellosignaalia jonka taajuus on oleellisesti yhtä suuri kuin $2N$ kertaa tulossignaaliin taajuus,

15 jossa N on positiivinen kokonaisluku; vaiheen kääntymisen korjauslaite summaa numeerisen arvon "0" tai "N" modulo $2N$ laskurin lähtösignaaliin viive-elementin lähtösignaalin ohjaamana puolijaksossa; ja vaihesiirron määrittäyslaitte sisältää vaiheen kääntymisen korjauslaitteen lisäksi D-

20 kiikkuryhmän, joka on kytketty vaiheen kääntymisen korjauslaitteeseen ja XOR-elementtiin, D-kiikkuryhmän säilyttäessä vaiheen kääntymisen korjauslaitteen lähtösignaalin XOR-elementin loogisen XOR-lähtösignaalin ohjaamana, jolloin D-kiikkuryhmässä pidettävä arvo muodostaa vaihesiirron määrittäyslaitteen lähtösignaalin.

25

Vaiheen kääntymisen korjauslaite voi edelleen sisältää: viive-elementtiin kytketyn kertojan, jolla viive-elementin lähtösignaali kerrotaan N :llä; laskuriin ja kertojaan kytketyn summaimen, jolla kertojan lähtösignaali summataan laskurin lähtösignaaliin modulo $2N$.

30

Vaihtoehtoisesti vaiheen kääntymisen korjauslaite voi sisältää: viive-elementtiin kytketyn datavalitsijan, jolla valitaan numeerinen arvo "0", kun viive-elementin lähtösignaali on loogisessa tilassa "0", ja numeerinen

35

arvo "1", kun viive-elementin lähtösignaali on loogisessa tilassa "1"; laskuriin ja datavalitsijaan kytketyn summaimen, jolla datavalitsijan lähtösignaali summataan laskurin lähtösignaaliin modulo $2N$.

5 Vielä vaihtoehtoisesti vaiheen kääntymisen korjauslaite voi sisältää: viive-elementtiin kytketyt loogisen tulon elementit, joilla generoidaan loogiset tulot viive-elementin lähtösignaalista ja numeerisen arvon "N" vastaavista biteistä; ja laskuriin ja loogisen tulon elementteihin kytketyn summaimen, jolla loogisen tulon elementtien lähtösignaalit summataan laskurin lähtösignaalin kanssa modulo $2N$.

10 Edullisesti laskuri laskee kellosignaalia, jonka taajuus on oleellisesti yhtä kuin 2^M kertaa tulosignaalin taajuus, jossa M on positiivinen kokonaisluku; ja vaiheen kääntymisen korjauslaite sisältää toisen XOR-elementin, joka on kytketty viive-elementin ja laskurin lähdön eniten merkitsevään bittiin, toisen XOR-elementin generoidessa loogisen XOR:n viive-elementin lähtösignaalista ja laskurin lähdön eniten merkitsevästä bitistä, jossa vaiheen korjauslaitteen lähtösignaali muodostuu modulo $2N$ laskurin lähtösignaalin vähiten merkitsevien bittien ja toisen XOR-elementin loogisen XOR-lähtösignaalin yhdistelmästä.

25 Tämän keksinnön vaihtoehtoisen näkökohdan mukaisesti eroilmaisudulaattori, jolla demoduloidaan kaksitasoinen kvantisoitu vastaanotettu signaali käyttämällä vaihevertailusignaalia jolla on kiinteä taajuus, joka on oleellisesti yhtä suuri kuin vastaanotetun signaalin taajuus, sisältää: puolijakson ilmaisulaitteen, jolla vastaanotetun signaalin ohjaamana generoidaan puolijakson ilmaisusignaali vastaanotetun signaalin kullakin puolijaksolla; vaihevertailusignaalin generointilaitteen, jolla generoidaan vaihevertailusignaali kellosignaalin, jonka taajuus ei ole vähempää kuin kaksi kertaa vastaanotetun signaalin taajuus, ohjaamana; vaihesiirron määrittäslaitteen, joka on

kytketty puolijakson ilmaisulaitteeseen ja vaihevertailusignaalin generointilaitteeseen ja joka sisältää vaiheen kääntymisen korjauslaitteen vaihevertailusignaalin korjaamiseksi sen vaiheen kääntyessä vastaanotetun signaalin kullakin vuorottaisella puolijaksolla, vaihesiirron määrittyslaitteen antaessa keskinäisen vaiheen signaalin, joka edustaa vastaanotetun signaalin keskinäistä vaihetta vaihevertailusignaalin suhteen vastaanotetun signaalin kullakin puolijaksolla perustuen vaihevertailusignaaliin, jonka vaiheen kääntymisen korjauslaite korjaa, ja puolijakson ilmaisulaitteelta tulevaan puolijakson ilmaisusignaaliin; vaihesiirron määrittyslaitteeseen kytketyn viive-elementin, jolla vaihesiirron määrittyslaitteelta tulevaa keskinäisen vaiheen signaalia viivästetään yhdellä vastaanotetun signaalin merkkijaksolla; ja vaihesiirron määrittyslaitteeseen ja viive-elementtiin kytketyn erotuspiirin, jolla viive-elementin lähtösignaali vähennetään keskinäisen vaiheen signaalista.

Tämän keksinnön mukainen menetelmä tulossignaalin vaihesiirron ilmaisemiseksi vaihevertailusignaalin suhteen sisältää seuraavat askeleet: puolijakson ilmaisusignaalin generoimisen tulossignaalin ohjaamana tulossignaalin kullakin puolijaksolla; vaihevertailusignaalin generoimisen kellosignaalin, jonka taajuus ei ole pienempi kuin kaksi kertaa tulossignaalin taajuus, ohjaamana; vaihevertailusignaalin korjaamisen sen vaiheen kääntyessä tulossignaalin kullakin vuorottaisella puolijaksolla; tulossignaalin vaihesiirron määrittämisen vaihevertailusignaalin suhteen tulossignaalin jokaisella puolijaksolla perustuen korjattuun vaihevertailusignaaliin ja puolijakson ilmaisusignaaliin.

Edelleen tämän keksinnön mukaisesti käytetään taajuusmuunninpiiriä, jolla tulossignaalin taajuus muunnetaan käyttämällä signaalia taajuusmuunnokseen, jossa taajuusmuunninpiiri sisältää: kertojalaitteen, jolla tulossignaali

kerrotaan taajuusmuunnossignaaliilla; ja näytteenottajan, jolla kertojalaitteen lähtösignaalista otetaan näytteitä kaksinkertaisella taajuudella taajuusmuunnoksen signaaliin verrattuna.

5 Ominaisuudet, joiden uskotaan olevan tätä keksintöä kuvaavia, esitetään yksityiskohtaisesti liitteenä olevissa patenttivaatimuksissa. Itse tämän keksinnön rakenne ja toimintamenetelmä ymmärretään parhaiten seuraavasta yksityiskohtaisesta selityksestä yhdessä oheisten piirrosten
10 kanssa, joissa:

Kuvio 1 on lohkokaavio, joka esittää piiritason rakenteen eroilmaisudemodulaattorista, joka on varustettu tämän keksinnön mukaisella taajuusmuuntimella ja vaihekomparaattorilla;

15 kuvio 2 on ajoituskaavio, joka esittää taajuusmuuntimen sisällä esiintyvät aaltomuodot tapauksessa jossa siirtorekisterissä on viisi porrasta vastaavien bittien säilyttämiseksi;

kuvio 3 on ajoituskaavio, joka esittää vaihevertailusignaalin aaltomuodot, vastaanotetun signaalin taajuusmuunnoksen jälkeen ja kuvion 1 XOR-elementin lähtösignaalin kahdessa tapauksessa, jossa taajuusmuunnoksen jälkeistä vastaanotettua signaalia on siirretty eteenpäin (esitetty ylhäällä) ja viivästetty (esitetty alhaalla) vaihevertailusignaalin suhteen;
25

kuvio 4 on ajoituskaavio, joka esittää kuvion 1 absoluuttisen vaihesiirron mittauslaitteessa esiintyviä aaltomuotoja, kun taajuusmuunnoksen jälkeistä vastaanotettua signaalia on siirretty eteenpäin vaihevertailusignaalin suhteen, tapauksessa jossa D-kiikkuryhmän 64 kellotaajuus on 16 kertaa vaihevertailusignaalin taajuus;
30

kuvio 5 on ajoituskaavio, joka esittää samat aaltomuodot kuin kuviossa 4, jotka esiintyvät kun taajuusmuunnoksen jälkeistä vastaanotettua signaalia viivästetään vaihevertailusignaalin suhteen;
35

kuvio 6 on ajoituskaavio, joka esittää kuvion 1 D-kiikun 66 toimintaan liittyvät aaltomuodot;

5 kuvio 7 on lohkokaaavio, joka esittää tämän keksinnön mukaisen toisen eroilmaisudemodulaattorin piirirakenteen;

 kuvio 8 on lohkokaaavio, joka esittää tavanomaista viivästetyn ilmaisun tyyppiä olevaa demodulaattoria, joka on varustettu taajuusmuuntimella ja vaihekomparaattorilla;

10 kuvio 9 on lohkokaaavio, joka esittää tavanomaisen digitaalisen eroilmaisudemodulaattorin, joka on varustettu vaiheenilmaisupiirillä, rakenteen;

 kuvio 10 on ajoituskaavio, joka esittää aaltomuotoja, jotka antavat esimerkin kuvion 9 mukaisen vaiheenilmaisupiirin toiminnasta tapauksessa jossa vastaanotetun
15 signaalin keskinäinen vaihe virtuaalisen vaihevertailusignaalin suhteen pysyy vakiona;

 kuvio 11 on ajoituskaavio, joka esittää aaltomuotoja, jotka antavat esimerkin kuvion 9 mukaisen vaiheenilmaisupiirin toiminnasta tapauksessa, jossa vastaanotetun
20 signaalin keskinäinen vaihe virtuaalisen vaihevertailusignaalin suhteen vaihtelee;

 kuvio 12 on lohkokaaavio eroilmaisudemodulaattoris-
ta, joka on varustettu tämän keksinnön mukaisella vaiheenilmaisupiirillä, jolla kaksitasoisen kvantisoidun vastaan-
25 otetun signaalin keskinäisen vaiheen arvoa virtuaalisen vaihevertailusignaalin suhteen voidaan päivittää kaksi kertaa kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin jokaisella jaksolla;

 kuvio 13 on ajoituskaavio, joka esittää aaltomuotoja, jotka antavat esimerkin kuvion 12 viive-elementin
30 401 ja XOR-elementin 402 toiminnasta;

 kuvio 14 on ajoituskaavio, joka antaa esimerkin kuvion 12 modulo 2N laskurin 403 lähtösignaalin, virtuaalisen vaihevertailusignaalin, kaksitasoisen kvantisoidun

vastaanotetun signaalin ja differentiaalisen pulssisignaalin aaltomuodoista tapauksessa jossa $N = 8$;

5 kuvio 15 on ajoituskaavio, joka esittää aaltomuotoja jotka antavat esimerkin kuvion 12 vaiheenilmaisupiiristä 400, jossa $N = 8$ ($2N = 16$) ja jossa kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin keskinäinen vaihe virtuaalisen vaihevertailusignaalin suhteen pysyy vakiona;

10 kuvio 16 on kuvion 15 kanssa samankaltainen kuvaus, mutta se esittää tapausta jossa kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin keskinäistä vaihetta virtuaalisen vaihevertailusignaalin suhteen on viivästetty lisää;

15 kuvio 17 on kuvion 15 kanssa samankaltainen kuvaus, mutta se esittää tapausta jossa kaksiarvoisen kvantisoidun signaalin keskinäistä vaihetta virtuaalisen vaihevertailusignaalin suhteen on siirretty eteenpäin lisää;

20 kuvio 18 on lohkokaaavio toisesta eroilmaisudemodulaattorista, joka on varustettu tämän keksinnön mukaisella vaiheenilmaisupiirillä, jolla kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin keskinäisen vaiheen arvoa virtuaalisen vaihevertailusignaalin suhteen voidaan päivittää kaksi kertaa kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin jokaisella jaksolla;

25 kuvio 19 on ajoituskaavio, joka esittää aaltomuotoja, jotka antavat esimerkin kuvion 18 vaiheenilmaisupiirin 400a toiminnasta, jossa $M = 4$ ($2^M = 16$) ja jossa kaksiarvoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin keskinäinen vaihe virtuaalisen vaihevertailusignaalin suhteen pysyy vakiona;

30 kuvio 20 on kuvion 19 kanssa samankaltainen kuvaus, mutta se esittää tapausta jossa kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin keskinäistä vaihetta virtuaalisen vaihevertailusignaalin suhteen on viivästetty lisää;

35 kuvio 21 on kuvion 19 kanssa samankaltainen kuvaus, mutta se esittää tapausta jossa kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin keskinäistä vaihetta virtuaalisen

vaihevertailusignaalin suhteen on siirretty lisää eteenpäin;

kuviossa 22 kerrataan kuvion 8 taajuusmuunnin; ja
 kuvio 23 on lohkokaavio, joka esittää tämän keksin-
 5 nön mukaisen taajuusmuuntimen vaihtoehtoisen rakenteen.

Piirroksissa samat viitenumerot edustavat samanlaisia tai vastaavia osia ja osuuksia.

Tarkasteltaessa nyt oheisia piirroksia kuvataan tämän keksinnön edulliset toteutukset.

10 Kuvio 1 on lohkokaavio, joka esittää eroilmaisudemodulaattorin, joka on varustettu tämän keksinnön mukaisella taajuusmuuntimella ja vaihekomparaattorilla, piirirakenteen. Rajoitusvahvistin 10 suorittaa vastaanotetulle signaalille kaksitasoisen kvantisoinnin. Rajoitusvahvistimeen 10
 15 kytketty taajuusmuunnin 50 suorittaa taajuusmuunnoksen kaksitasoiselle kvantisoidulle vastaanotetulle signaalille, joka lähtee rajoitusvahvistimesta 10. Taajuusmuunnin 50 on järjestetty seuraavasti. XOR-elementti 51 on kytketty rajoitusvahvistimeen 10 loogisen XOR:n muodostamiseksi rajoitusvahvistimen 10 lähtösignaalista ja taajuusmuunnoksen suorittavasta signaalista (taajuusmuunnos-
 20 signaali). Juoksevan keskiarvon generaattori 52 sisältää: siirtorekisterin 53, jolla XOR-elementin 51 lähtösignaalia sekventiaalisesti viivästetään; summaimen 54 siirtorekisterin 53 lähtöbittien summaamista varten. Summaimeen 54
 25 kytketty komparaattori 55 vertaa summaimen 54 lähtösignaalia ennalta määritettyyn kynnysarvoon.

Lisäksi vaihekomparaattori 60 on kytketty taajuusmuuntimeen 50 vertaamaan taajuusmuuntimen 50 lähtösignaalin vaihetta (vastaanotettu signaali taajuusmuunnoksen jälkeen) ja vaihevertailusignaalin vaihetta. Vaihekomparaattori 60 on järjestetty seuraavasti. Komparaattoriin 55
 30 kytketty XOR-elementti 61 suorittaa XOR-operaation komparaattorin 55 lähtösignaalille ja vaihevertailusignaalin. XOR-elementin 61 lähtösignaalin ohjaamana absoluuttisen
 35

vaihesiirron mittauslaite 62 määrittää vastaanotetun signaalin absoluuttisen vaihesiirron taajuusmuunnoksen jälkeen vaihevertailusignaalin suhteen. Absoluuttisen vaihesiirron mittauslaite 62 sisältää summaimen 63, joka on
 5 kytketty XOR-elementtiin 61, ja D-kiikkujen 64 ja 65 parin, joka on kytketty summaimeen 63. D-kiikkuryhmän 64 lähtösignaali, joka viivästää summaimen 63 lähtösignaalia, palaa summaimeen 63. Summain 63 summaa XOR-elementin 61 ja D-kiikkuryhmän 64 lähtösignaalit. D-kiikkuryhmän 65 tal-
 10 lettaa summaimen 63 lähtösignaalin. Vaihekomparaattori 60 sisältää lisäksi D-kiikun 66. XOR-elementin 61 lähtösignaalin ohjaamana D-kiikku 66 ratkaisee, siirretäänkö taajuusmuunnoksen jälkeisen vastaanotetun signaalin vaihetta eteenpäin vai viivästetäänkö sitä vaihevertailusignaalin
 15 suhteen. D-kiikuilta 65 ja 66 tulevat bitit yhdistetään vaihekomparaattorin 60 lähtösignaalin (so. keskinäisen vaiheen signaali) saamiseksi.

Vaihekomparaattorin 60 lähtösignaali syötetään erotuspiirille 41 ja viive-elementille 40. Viive-elementissä
 20 40 keskinäisen vaiheen signaalia viivästetään vastaanotetun signaalin yhdellä merkkijaksolla ja sitten se syötetään erotuspiiriin 41. Erotuspiiri 41 vähentää modulo 2π viive-elementin 40 lähtösignaalin vaihekomparaattorin 60 lähtösignaalista ja muodostaa siten vaihe-erosignaalin.
 25 Ratkaisupiiri 42 tuottaa demoduloidun datan perustuen ennalta määrättyyn vastaavuusriippuvuuteen vaihe-erosignaalin ja demoduloidun datan välillä.

Kuvion 1 piirin toiminta kuvataan seuraavaksi yksityiskohtaisemmin. Ensiksi rajoitusvahvistin 10 muokkaa
 30 vastaanotetun signaalin suorakulmaiseksi aaltomuodoksi, jolla on vakio amplitudi. Rajoitusvahvistin 10 nimittäin toimii kaksiarvoisena kvantisoijana kaksitasoisen kvantisoinnin suorittamiseksi vastaanotetulle signaalille siten, että rajoitusvahvistimen lähtösignaali kvantisoidaan loogisiksi arvoiksi "0" ja "1".
 35

Rajoitusvahvistimen 10 kaksitasoinen kvantisoitu lähtösignaali syötetään taajuusmuuntimeen 50, jossa XOR-elementti 51 suorittaa loogisen XOR-operaation rajoitusvahvistimen 10 lähtösignaalille ja taajuusmuunnoksen suoritettavalle signaalille (taajuusmuunnossignaali), joka myös saa joko loogisen arvon "0" tai "1". Huomautetaan muuten, että jos loogiset arvot "0" ja "1" muunnetaan vastaavasti numeerisiksi arvoiksi "1" ja "-1", niin XOR-operaatio vastaa vastaavien numeroiden kertomisoperaatiota. Näin ollen XOR-elementti 51 toimii kertojana, joka kertoo rajoitusvahvistimen 10 lähtösignaalin (kaksiarvoinen kvantisoitu vastaanotettu signaali) taajuusmuunnoksen suoritettavalla signaalilla.

XOR-elementin 51 lähtösignaali syötetään sitten siirtorekisteriin 53, jossa on $(2n+1)$ porrasta vastaavien bittien säilyttämiseksi, jossa n on positiivinen kokonaisluku. Kellosignaalin, jota siirtorekisteriä 53 syötetään, taajuuden oletetaan olevan korkeampi kuin rajoitusvahvistimen 10 lähtösignaalin taajuus ja taajuusmuunnoksen suoritettavan signaalin taajuus. Siirtorekisterin 53 vastaavista portaista lähtevät $(2n+1)$ bittiä syötetään summaimeen 54.

Olkoon siirtorekisterin 53 kellon jakso T_c . Lisäksi edustakoon XOR-elementin 51 lähtösignaalin arvoa hetkellä $t = i \cdot T_c$ arvo a_{0i} , jossa i on kokonaisluku ja a_{0i} on joko "0" tai "1": $a_{0i} \in \{0, 1\}$. Lisäksi olkoon siirtorekisterin 53 m :nen bitin arvo hetkellä $t = i \cdot T_c$ arvo a_{mi} , jossa $m = 1, \dots, (2n+1)$, i on kokonaisluku ja a_{mi} on joko "0" tai "1": $a_{mi} \in \{0, 1\}$. Silloin

30

$$a_{mi} = a_{0(i-m)}$$

Siten summaimen 54 lähtösignaali b_i hetkellä $t = i \cdot T_c$ annetaan seuraavasti:

35

$$b_i = \sum_{m=1}^{2n+1} a_{mi} = \sum_{m=1}^{2n+1} a_{0(i-m)}$$

Summaimen 54 lähtösignaali b_i on nimittäin hetkellä $t = i \cdot T_c$ yhtä kuin $(2n+1)$ kertaa XOR-elementin 51 lähtösignaalin $(2n+1):n$ sekventiaalisesti siirrettyjen arvojen $a_{0(i-1)} \dots a_{0(i-2n-1)}$ keskiarvo. Summaimen 54 lähtösignaali muodostaa juoksevan keskiarvon generaattorin 52 lähtösignaalin, joka syötetään komparaattorille 55.

Komparaattori 55 vertaa juoksevan keskiarvon generaattorin 52 lähtösignaalia vakioon n . Juoksevan keskiarvon generaattorin 52 lähtösignaalin arvosta b_i ja vakioista n riippuen komparaattorin 55 lähtösignaali annetaan seuraavasti:

$$d_i = \begin{cases} 0 & (b_i \leq n) \\ 1 & (b_i > n) \end{cases}$$

Komparaattori 55 nimittäin toimii päätöslaitteena, jolla juoksevan keskiarvon generaattorin 52 lähtösignaali b_i muunnetaan kaksitasoiseksi signaaliksi, joka saa jomman kumman kahdesta loogisesta arvosta "0" ja "1".

Taajuusmuuntimen 50 sisällä tapahtuva signaaliprosessointi muuntaa kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin taajuuden (rajoitusvahvistimen 10 lähtösignaali). Nimittäin jos kaksitasoisen kvantisoidun signaalin taajuutta edustaa f_1 Hz, muunnettavan signaalin taajuutta f_2 Hz, niin vastaanotetun signaalin taajuus taajuusmuunnoksen jälkeen (taajuusmuuntimen lähtösignaali) on: $|f_1 - f_2|$ Hz.

Seuraavaksi tämä tullaan kuvaamaan yksityiskohtaisesti aaltomuotokaavioita tarkastelemalla. Kuvio 2 on ajoituskaavio, joka esittää taajuusmuuntimen 50 sisällä olevat aaltomuodot tapauksessa jossa siirtorekisterissä 53 on viisi porrasta vastaavien bittien säilyttämiseksi, nimittäin jossa $n = 2$. Ylärivillä on esitetty aika-asteikko siirtorekisterin 53 kellon jaksoina mitattuna (ensimmäisestä 26. jaksoon). Aika-asteikon alla esitetyt aaltomuodot ovat ylhäältä alas: siirtorekisteriä 53 syöttävä kel-

10; rajoitusvahvistimen 10 lähtösignaali (kaksitasoinen kvantisoitu vastaanotettu signaali); taajuusmuunnoksen suorittava signaali (taajuusmuunnossignaali); XOR-elementin 51 lähtösignaali; siirtorekisterin 53 ensimmäinen bitti; siirtorekisteri 53 viides bitti; summaimen 54 lähtösignaali (sijoitettujen numeroiden edustaessa lähtösignaalin arvoja); ja komparaattorin 55 lähtösignaali. Oletetaan, että siirtorekisterin 53 kaikki viisi bittiä ovat loogisessa tilassa "0" hetkellä "1".

10 Olkoon siirtorekisteriä 53 syöttävän kellon taajuus f_0 Hz. Lisäksi oletetaan, että kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin (taajuusmuuntimelle 50 syötetty rajoitusvahvistimen 10 lähtösignaali) taajuus f_1 ja taajuusmuunnoksen suorittavan signaalin taajuus f_2 annetaan seuraavasti:

$$f_1 = f_0/4$$

$$f_2 = f_0/6$$

20 Silloin komparaattorin 66 lähtösignaalin (so. taajuusmuuntimen 50 lähtösignaali) taajuus f_3 annetaan seuraavasti:

$$f_3 = f_0/12$$

25 Yllä olevista kolmesta yhtälöstä saadaan, että taajuusmuuntimen 50 lähtösignaali (vastaanotettu signaali taajuusmuunnoksen jälkeen), rajoitusvahvistimen 10 lähtösignaalin (kaksiarvoinen kvantisoitu vastaanotettu signaali) taajuus f_1 ja taajuusmuunnoksen suorittavan signaalin taajuus f_2 täyttävät seuraavan yhtälön:

$$f_3 = f_0/12 = f_0/4 - f_0/6 = f_1 - f_2$$

Edelleen, koska vaihtolaki pätee loogiselle XOR-operaatiolle, kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin ja taajuusmuunnossignaalin (taajuusmuunnoksen suorittava signaali) aaltomuodot voidaan vaihtaa keskenään vaikuttamatta XOR-elementin 51, summaimen 54 ja komparaattorin 55 antamiin aaltomutoihin. Sellaisissa olosuhteissa siirtorekisterin 53 kellosignaalin taajuus f_0 , kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin taajuus f_1 ja taajuusmuunnoksen suorittavan signaalin taajuus täyttävät seuraavat yhtälöt:

$$f_1 = f_0/6$$

$$f_2 = f_0/4$$

Siten taajuusmuunnoksen jälkeisen vastaanotetun signaalin taajuus f_3 esitetään taajuuksien f_1 ja f_2 avulla seuraavasti:

$$f_3 = f_0/12 = f_0/4 - f_0/6 = f_2 - f_1$$

Yllä olevat yhtälöt voidaan siten koota yhteen seuraavalla yhtälöllä:

$$f_3 = |f_1 - f_2|$$

Kuviossa 2 XOR-elementin 51 lähtösignaali sisältää korkeataajuisen komponentin taajuudella $f_0/2$ Hz. Komparaattorin 55 lähtösignaali ei kuitenkaan sisällä sellaisilla korkea taajuus komponentteja. Liukuvan keskiarvon generointilaitte 52, joka muodostuu siirtorekisteristä 53 ja summaimesta 54, ja komparaattori 55, joka toimii päätöslaitteena juoksevan keskiarvon generaattorin 52 lähtösignaalin muuntamiseksi kaksitasoiseksi loogiseksi signaaliksi, toimivat yhdessä alipäästösuotimenä, joka poistaa kor-

keataajuiset komponentit XOR-elementin 51 lähtösignaalis-
ta.

5 Taajuusmuuntimen 50 lähtösignaali (vastaanotettu
signaali taajuusmuunnoksen jälkeen) syötetään vaihekompa-
raattorille 60. XOR-elementti 61 suorittaa XOR-operaation
taajuusmuunnoksen jälkeiselle vastaanotetulle signaalille
ja vaihevertailusignaalille, joka on kaksitasoinen signaa-
li joka saa joko loogisen arvon "0" tai "1". Kuten taa-
juusmuuntimen 50 sisällä olevan XOR-elementin 51 tapauk-
10 sessakin, XOR-elementti 61 toimii kertojana, joka kertoo
taajuusmuunnoksen jälkeisen vastaanotetun signaalin vaihe-
vertailusignaalilla.

Kesto, jonka XOR-elementin lähtösignaali pysyy jat-
kuvasti loogisessa tilassa "1", on verrannollinen taajuus-
muunnoksen jälkeisen vastaanotetun signaalin vaihesiirron
15 absoluuttiseen arvoon vaihevertailusignaalin suhteen. Seu-
raavaksi tämä kuvataan yksityiskohtaisesti aaltomuotoja
tarkastelemalla.

Kuvio 3 on ajoituskaavio, joka esittää kuvion 1
20 vaihevertailusignaalin, taajuusmuunnoksen jälkeisen vas-
taanotetun signaalin ja XOR-elementin 61 lähtösignaalin
aaltomuodot tapauksissa joissa taajuusmuunnoksen jälkeistä
vastaanotettua signaalia on siirettu eteenpäin (esitetty
ylhäällä) ja viivästetty (esitetty alhaalla) vaihevertai-
lusignaaliin nähden. Taajuusmuunnoksen jälkeisen vastaan-
25 otetun signaalin vaihesiirron ψ absoluuttinen arvo vaihe-
vertailusignaalin suhteen ilmaistaan termeillä: ajan τ
pituus taajuusmuunnoksen jälkeisen signaalin etu- tai ta-
kareunan ja vaihevertailusignaalin välillä; ja vaihever-
30 tailusignaalin jakso T . Vaihesiirron ψ absoluuttinen arvo
ilmaistaan nimittäin seuraavasti:

$$|\psi| = 2\pi\tau/T$$

Kuten kuviosta 3 ymmärretään, aika τ vaihevertailusignaalin etu- tai takareunan ja taajuusmuunnoksen jälkeisen vastaanotetun signaalin välillä on yhtä kuin aika, jonka XOR-elementin 61 lähtösignaali pysyy jatkuvasti loogisessa tilassa "1". Siten kesto, jonka XOR-elementin 61 lähtösignaali pysyy loogisessa tilassa "1", on verrannollinen taajuusmuunnoksen jälkeisen vastaanotetun signaalin vaihesiirron absoluuttiseen arvoon vaihevertailusignaalin suhteen. Näin ollen taajuusmuuntimen jälkeisen vastaanotetun signaalin vaihesiirron absoluuttinen arvo vaihevertailusignaalin suhteen voidaan määrittää mittaamalla kesto, jonka XOR-elementin 61 lähtösignaali pysyy jatkuvasti loogisessa tilassa "1".

XOR-elementin 61 lähtösignaali syötetään absoluuttisen vaihesiirron mittauslaitteelle 62, jossa summain 63 summaa XOR-elementin 61 ja D-kiikkuryhmän 64 lähtösignaalit, summainen 63 lähtösignaalin tullessa syötetyksi D-kiikkuryhmään 64 ja D-kiikkuryhmään 65.

Kellosignaalin, joka syötetään D-kiikkuryhmä 64, taajuus valitaan olemaan M kertaa vaihevertailusignaalin taajuus, jossa M on parillinen luku joka ei ole pienempi kuin neljä. D-kiikkuryhmä 64 toimii viive-elementtinä summainen 63 lähtösignaalin tallentamiseksi. Siten aikana, jolloin XOR-elementin 61 lähtösignaali pysyy tilassa "1", summainen 63 lähtösignaalia kasvatetaan yhdellä jokaisella D-kiikkuryhmän 64 kellojaksolla. Toisaalta aikana, jolloin XOR-elementin 61 lähtösignaali on tilassa "0", summainen 63 lähtösignaali pysyy vakiona.

Summainen 63 lähtösignaali on myös D-kiikkuryhmän 65 tulosaali. D-kiikkuryhmän 65 kellon taajuus on kaksi kertaa vaihevertailusignaalin kellon taajuus, D-kiikkuryhmän 65 kellon etureunojen sattuessa kohdakkain vaihevertailusignaalin etu- tai takareunojen kanssa. Lisäksi D-kiikkuryhmä 64 nollataan D-kiikkuryhmän 65 kellon nouse-

valla reunalla. Näin D-kiikkuryhmä 64 nollataan vaihevertailusignaalin jokaisella puolijaksolla.

D-kiikkuryhmän 65 lähtösignaali on siten yhtä kuin XOR-elementin 61 lähtösignaalin loogisen tilan "1" keston kokonaisosa vaihevertailusignaalin kunkin puolijakson aikana D-kiikkuryhmän 64 kellojaksojen normalisoimalla. Näin D-kiikkuryhmän 65 lähtösignaali muodostetaan jakamalla XOR-elementin 61 ulostulon loogisen tilan "1" kesto D-kiikkuryhmän 64 kellojakson pituudella ja jättämällä siten jakolaskun osamäärän murto-osa pois.

Seuraavaksi kuvataan absoluuttisen vaihesiirron mittauslaitteen 62 toiminta aaltomuotokaavioita tarkastelemalla. Kuvio 4 on ajoituskaavio, joka esittää aaltomuodot, jotka esiintyvät kuvion 1 absoluuttisen vaihesiirron mittauslaitteessa 62, kun taajuusmuunnoksen jälkeistä vastaanotettua signaalia on siirretty vaihevertailusignaalin suhteen tapauksessa, jossa D-kiikkuryhmän 64 kellosignaalin taajuus on 16 kertaa vaihevertailusignaalin taajuus (nimittäin $M = 16$). Kuvio 5 on ajoituskaavio, joka kuvaa samoja aaltomuotoja kuin kuviossa 4, jotka esiintyvät kun taajuusmuunnoksen jälkeistä vastaanotettua signaalia on viivästetty vaihevertailusignaalin suhteen. Kuvioissa 4 ja 5 ylhäältä alaspäin on esitetty seuraavat aaltomuodot: D-kiikkuryhmää 64 syöttävä kello; D-kiikkuryhmää 65 syöttävä kello; vaihevertailusignaali; taajuusmuunnoksen jälkeinen vastaanotettu signaali; XOR-elementin 61 lähtösignaali; D-kiikkuryhmän 64 lähtösignaali; summaimen 63 lähtösignaali; ja D-kiikkuryhmän 65 lähtösignaali. Kolmessa viimeisessä aaltomuodossa esitetyt numerot ovat sen arvoja vastaavina ajanhetkinä.

Kuten yllä kuvattiin, D-kiikkuryhmän 65 kellon taajuus on kaksi kertaa vaihevertailusignaalin taajuus. Lisäksi D-kiikkuryhmä 64 nollataan D-kiikkuryhmän 65 kellon vastaavilla etureunoilla. Lisäksi, kuten yllä kuvattiin, D-kiikkuryhmän 65 lähtösignaali saadaan normaloimalla XOR-

elementin 61 ulostulonloogisen tilan "1" kesto vaihevertailusignaalin kunkin puolijakson aikana D-kiikkuryhmän kellosignaalin jakson pituudella ja jättämällä sitten normaloidun arvon murto-osa pois.

- 5 Edustakoon D-kiikkuryhmän 65 lähtösignaalia μ , jossa μ on kokonaisluku, joka vaihtelee välillä $0 - M/2$ ($\mu \in \{0, 1, \dots, M/2\}$). Silloin pätee seuraava riippuvuus seuraavien termien välillä: D-kiikkuryhmän 65 lähtösignaali μ , D-kiikkuryhmän 64 kellon taajuuden ja vaihevertailusignaalin taajuuden suhde M , ja taajuusmuunnoksen jälkeisen vastaanotetun signaalin vaihesiirron absoluuttinen arvo vaihevertailusignaalin suhteen:

$$2\pi\mu/M \leq |\psi| < 2\pi(\mu+1)/M$$

15

- Absoluuttisen vaihesiirron mittauslaitteen 62 lähtösignaalin arvo μ on nimittäin suunnilleen yhtä suuri kuin taajuusmuunnoksen jälkeisen vastaanotetun signaalin ja vaihevertailusignaalin välisen vaihesiirron absoluuttinen arvo, ja virhe ei ole suurempi kuin $\pm \pi/M$. Siten valitsemalla suuri arvo D-kiikkuryhmän 64 kellon taajuuden ja vaihevertailusignaalin suhteelle M , vaihesiirron absoluuttisen arvon virhettä voidaan mielivaltaisesti pienentää.

25

- Taajuusmuunnoksen jälkeisen vastaanotetun signaalin vaihesiirron absoluuttinen arvo vaihevertailusignaalin suhteen mitataan siten absoluuttisen vaihesiirron mittauslaitteella 28. Jos merkkibitti, joka edustaa positiivista tai negatiivista merkkiä, vastaten taajuusmuunnoksen jälkeisen vastaanotetun signaalin vaiheviivettä tai vaiheen edellä oloa vaihevertailusignaalin suhteen, lisätään mitausarvoon μ , niin taajuusmuunnoksen jälkeisen vastaanotetun signaalin vaihesiirto vaihevertailusignaalin suhteen voidaan riittävästi esittää.

30

Kuten kuvioista 4 ja 5 ymmärretään, XOR-elementin 61 lähtösignaalin arvo D-kiikkuryhmän 65 kellosignaalin kullakin etureunalla vastaa taajuusmuunnoksen jälkeisen signaalin vaiheen viivettä tai eteenpäin siirtymistä vaihevertailusignaalin suhteen.

Nimittäin kuvion 4 tapauksessa, jossa taajuusmuunnoksen jälkeisen signaalin vaihe on edellä vaihevertailusignaaliin nähden, XOR-elementin 61 lähtösignaalin arvo hetkellä, jolloin D-kiikkuryhmän 65 kellosignaalin lähtösignaali nousee, on loogisessa tilassa "1". Toisaalta kuvion 5 tapauksessa, jossa taajuusmuunnoksen jälkeisen signaalin vaihe jäljessä vaihevertailusignaalin nähden, XOR-elementin 61 lähtösignaali hetkellä jolla D-kiikkuryhmän 65 kellosignaalin lähtösignaali nousee on loogisessa tilassa "0".

Siten XOR-elementin 61 lähtösignaali syötetään D-kiikulle 66, jota syöttää sama kello signaali kuin D-kiikkuryhmää 65, siten että D-kiikun 66 lähtösignaali osoittaa, onko taajuusmuunnoksen jälkeisen vastaanotetun signaalin vaihe jäljessä vai edellä vaihevertailusignaalia.

Seuraavaksi tämä kuvataan aaltomuotoaavioita tarkastelemalla. Kuvio 6 on ajoituskaavio, joka esittää aaltomuodot jotka liittyvät kuvion 1 D-kiikun 66 toimintaan. Ylhäältä alas kuviossa 6 on esitetty seuraavat aaltomuodot: D-kiikkua 66 syöttävä kello; vaihevertailusignaali; taajuusmuunnoksen jälkeinen vastaanotettu signaali; XOR-elementin 61 lähtösignaali; ja D-kiikun 66 lähtösignaali.

Kuten yllä kuvattiin, D-kiikun 66 kello on sama kuin D-kiikkuryhmän 65 kello. D-kiikun 66 kellon taajuus on nimittäin kaksi kertaa vaihevertailusignaalin taajuus, D-kiikun 66 kellon etureunojen sattuessa yhteen vaihevertailusignaalin etu- tai takareunojen kanssa.

Kuviosta 6 voidaan ymmärtää, että taajuusmuunnoksen jälkeisen vastaanotetun signaalin vaihe on jäljessä vaihevertailusignaalia, nimittäin kun etu- tai takareunan si-

jainti on jäljessä vaihevertailusignaalin vastaavaa etu- tai takareunaa, D-kiikku 66 antaa loogisen tilan "0" vaihevertailusignaalin kullakin puolijaksolla. Toisaalta kun taajuusmuunnoksen jälkeisen vastaanotetun signaalin vaihe
 5 on edellä vaihevertailusignaalia, nimittäin kun etu- tai takareunan sijainti on edellä vaihevertailusignaalin vastaavaa etu- tai takareunaa, D-kiikku 66 antaa loogisen tilan "1" vaihevertailusignaalin kullakin puolijaksolla.

Siten XOR-elementin 61 lähtösignaalin ohjaamana D-
 10 kiikku 66 ratkaisee vaihevertailusignaalin kunkin puolijakson reunalla, onko taajuusmuunnoksen jälkeinen vastaanotettu signaali jäljessä vai edellä vaihevertailusignaalia. D-kiikun 66 lähtösignaali muodostaa merkkibitin, joka edustaa taajuusmuunnoksen jälkeisen vastaanotetun signaalin vaihesiirron polariteettia vaihevertailusignaaliin
 15 verrattuna. D-kiikun 66 lähtösignaali yhdistetään absoluuttisen vaihesiirron mittauslaitteen 62 lähtösignaalin kanssa, jolloin ne yhdessä muodostavat vaihekomparaattorin 60 lähtösignaalin.

Siten vaihekomparaattorin 60 lähtösignaali on yhdistelmä absoluuttisen vaihesiirron mittauslaitteen 62 ja D-kiikun 66 lähtösignaaleista. Vaihekomparaattorin 60 lähtösignaali on keskinäisen vaiheen signaali, joka edustaa taajuusmuunnoksen jälkeisen vastaanotetun signaalin vaihe-
 20 siirtoa vaihevertailusignaalin suhteen.

Vaihekomparaattorilta tulevaa keskinäisen vaiheen signaalia viivästetään viive-elementissä 40 vastaanotetun signaalin yhdellä merkkijaksolla, ja sen jälkeen se syötetään erotuspiiriin 41. Keskinäisen vaiheen signaali syötetään myös modulo 2π erotuspiirille 41. Vastaanottaessaan vaihekomparaattorin 60 ja viive-elementin 40 lähtösignaalit erotuspiiri 41 vähentää modulo 2π viive-elementin 40 lähtösignaalin vaihekomparaattorin 60 lähtösignaalista, ja muodostaa siten vaihe-erosignaalin, joka edustaa vaihe-
 30 siirtymää vastaanotetun signaalin kunkin merkkijakson yli.

Vaihe-eron signaali, jonka erotuspiiri 41 antaa, syötetään ratkaisupiirille 42. Ratkaisupiiri 42 muodostaa demoduloidun datan, joka vastaa vaihe-eron signaalin arvoa, perustuen ennalta määrättyyn vastaavuusriippuvuuteen vaihe-eron signaalin ja demoduloidun datan välillä.

Yllä oleva kuvaus liittyy tapaukseen, jossa vastaanotettu signaali on moduloitu differentiaalisen vaiheensirtoavainnuksen (DPSK) mukaisesti. Tätä keksintöä voidaan myös soveltaa MSK- tai GMSK-modulaatiojärjestelmiin. Lisäksi yllä olevan toteutuksen tapauksessa vakio n , joka toimii taajuusmuuntimen 50 parametrina, on yhtä kuin 2 ($n=2$), ja sen vuoksi siirtorekisterin 53 lähtösignaalissa on viisi bittitilaa. Vakio n voi kuitenkin olla mikä tahansa positiivinen kokonaisluku. Esimerkiksi voi olla, että $n = 6$ (siirtorekisterissä 53 voi nimittäin olla 13-bittiset portaot) tai $n = 7$ (siirtorekisterissä 53 voi nimittäin olla 15-bittiset portaot). Lisäksi yllä olevan toteutuksen tapauksessa D-kiikkuryhmän 64 kellon taajuuden ja vaihevertailusignaalin välinen suhde M on 16 ($M=16$). Vakio M voi kuitenkin olla mikä tahansa positiivinen parillinen luku, sellainen kuin 32 ($M=32$) tai 64 ($M=64$).

Kuvio 7 on lohkokkaavio, joka esittää tämän keksinnön mukaisen toisen eroilmaisudemodulaattorin piirirakenteen. Piiri on samanlainen kuin kuviossa 1 lukuunottamatta taajuusmuuntimen 50a juoksevan keskiarvon generaattorin 52a rakennetta. Juoksevan keskiarvon generaattori 52a sisältää: siirtorekisterin 53a, joka on varustettu $(2n+2)$ portaalla (ensimmäisestä $(2n+2)$:een portaan säilyttäessä vastaavat bitit), jossa n on positiivinen kokonaisluku ja bittejä siirretään sekventiaalisesti ensimmäisestä $(2n+2)$:een bittiin synkronisesti siirtorekisterin 53a kellon tahdissa; ja summaimen 54a siirtorekisterin 53a ensimmäisen bitin ja merkin kääntäjän 56 ja D-kiikun 57 lähtösignaalien summaamiseksi. Merkin kääntäjä 56 kääntää siirtorekisterin 53a $(2n+2)$:nen bitin polariteetin ja syöttää

tuloksen summaimeen 54a. Summaimen 54a lähtöön kytketty D-kiikku 57 toimii viive-elementtinä, johon summaimen 54a lähtösignaali tallennetaan. D-kiikun 57 lähtösignaali syötetään summaimeen 54a.

5 Seuraavaksi kuvataan kuvion 7 piirin toimintaa. Kuten kuvion 7 tapauksessakin, rajoitusvahvistin 10 kvantisoi vastaanotetun signaalin kaksitasoiseksi vastaanotetuksi signaaliksi, joka saa joko loogisen tilan "0" tai "1". Rajoitusvahvistimelta 10 tuleva kaksitasoinen kvantisoitu vastaanotettu signaali syötetään taajuusmuuntimeen 50a, jossa XOR-elementti 51 suorittaa loogisen XOR-operaation rajoitussignaalin 10 lähtösignaalille (kaksitasoinen kvantisoitu vastaanotettu signaali) ja taajuusmuunnoksen suorittavalle signaalille (taajuusmuunnossignaali), joka
10 myös saa joko loogisen arvon "0" tai "1". Kuten piirin 1 tapauksessa XOR-elementti 51 toimii kertojana, joka kertoo rajoitusvahvistimen 10 lähtösignaalin (kaksitasoinen kvantisoitu vastaanotettu signaali) taajuusmuunnoksen suoritavalla signaalilla.

20 XOR-elementin 51 lähtösignaali syötetään siirtorekisterin 53a ensimmäiseen portaaseen, josta se siirretään kohti $(2n+2)$:tta porrasta synkronisesti siirtorekisterin 53a kellon tahdissa. Siirtorekisterin 53a kellon taajuus on oleellisesti suurempi kuin kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin ja taajuusmuunnoksen suorittavan signaalin taajuudet. Siirtorekisterin 53a ensimmäinen bitti
25 syötetään summaimeen 54a. Toisaalta $(2n+2)$ siirtorekisterin 53a bitti syötetään merkin kääntäjään 56, jossa syötetyn signaalin merkki tai polariteetti käännetään ja syötetään sitten summaimeen 54a. Siten summaimen 54a summaa siirtorekisterin 53a ensimmäisen bitin, merkin kääntäjän 56 lähtösignaalin ja D-kiikun 57 lähtösignaalin, ja syötää tuloksen D-kiikkuun 57. D-kiikku 57 toimii viive-elementtinä tallentaen summaimen 54a lähtösignaalin. D-kiikun
30 57 kello on sama kuin siirtorekisterin 53a kello.

Olkoon D-kiikun 57 lähtösignaali ja siirtorekisterin 53a vastaavat bitit loogisessa tilassa "0" alkutilanteessa. Edustakoon siirtorekisterin 53a ja D-kiikun 57 kellon jaksoa T_c . Lisäksi edustakoon XOR-elementin lähtö
 5 hetkellä $t = i \cdot T_c$, jossa i on kokonaisluku, a_{0i} ($a_{0i} \in \{0, 1\}$). Lisäksi edustakoon siirtorekisterin 53a ensimmäistä ja $(2n+2)$ bittiä hetkellä $t = i \cdot T_c$ p_i ja q_i ($p_i \in \{0, 1\}$ ja $q_i \in \{0, 1\}$). Silloin, ottaen huomioon että siirtorekisterin 53a kaikki bitit ovat loogisessa tilassa "0" alkutilanteessa (so. hetkellä $t = 0$), seuraava riippuvuus pätee
 10 i :n arvosta riippuen:

$$p_i = 0 \quad (i = 0) \\ a_{0(i-1)} \quad (1 \leq i)$$

15

$$q_i = 0 \quad (0 \leq i \leq 2n+1) \\ a_{0(i-2n-2)} \quad (2n+2 \leq i)$$

Kuten yllä kuvattiin, merkin kääntäjä 56 kääntää
 20 siirtorekisteriltä 53a tulevan $(2n+2)$:nen bitin polariteetin. Siten jos r_i ($r_i \in \{-1, 0\}$) edustaa merkin kääntäjän 56 lähtösignaalia hetkellä $t = i \cdot T_c$, niin r_i määritellään i :n arvosta riippuen seuraavasti:

25
$$r_i = -q_i = 0 \quad (0 \leq i \leq 2n+1) \\ -a_{0(i-2n-2)} \quad (2n+2 \leq i)$$

Lisäksi D-kiikun 57 lähtösignaalia s_i hetkellä $t = i \cdot T_c$ edustaa:

30

$$s_i = p_i + r_i + s_{i-1}$$

D-kiikun 57 lähtösignaali s_0 alkutilanteessa (so. hetkellä $t = 0$) on yhtä kuin 0 ($s_0 = 0$). Lisäksi merkin
 35 kääntäjän 56 lähtösignaali r_i on myös yhtä kuin 0 ($r_i = 0$)

hetkellä $t \leq (2n+1)T_c$. D-kiikun 57 lähtösignaali s_i , kun $1 \leq i \leq 2n+1$, ilmaistaan siten seuraavasti:

yhtälöt s 34 toinen

5

Seuraavaksi yllä oleva yhtälö todistetaan mielivaltaiselle $1 \leq i \leq 2n+1$ matemaattisella induktiolla. Ensiksi, kun $i=1$, yhtälö pätee, koska:

$$\begin{aligned} 10 \quad s_1 &= p_1 + r_1 + s_0 \\ &= p_1 \\ &= a_{00} \end{aligned}$$

Seuraavaksi oletetaan, että yhtälö on tosi kun $i = j$. Silloin yhtälö toteutuu kun $i = j + 1$, koska:

$$\begin{aligned} 20 \quad s_{j+1} &= p_{j+1} + r_{j+1} + s_j \\ &= p_{j+1} + s_j \\ &= a_{0j} + \sum_{n=1}^j a_{0(n-1)} \\ &= \sum_{n=1}^{j+1} a_{0(n-1)} \end{aligned}$$

Siten on todistettu, että yhtälö pätee kaikille kokonaisluvuille i alueella $1 \leq i \leq 2n+1$ (MOT).

Siten D-kiikun 57 lähtösignaali s_{2n+1} hetkellä $t = (2n+1)T_c$ annetaan seuraavasti:

$$30 \quad s_{2n+1} = \sum_{n=1}^{2n+1} a_{0(n-1)}$$

Nimittäin arvo s_{2n+1} on yhtä suuri kuin $(2n+1)$ kertaa XOR-elementin 51 edeltävien $(2n+1)$ lähtöarvojen $a_{00}, a_{01}, \dots, a_{0(2n)}$ keskiarvo. Tästä voidaan osoittaa, että seuraava yhtälö pätee kun $t \leq (2n+1)T_c$:

$$s_i = \sum_{n=1}^{2n+1} a_0(m-2n-2+j) \quad (i \geq 2n+1)$$

5 Seuraavaksi yllä oleva yhtälö todistetaan maattisella induktiolla. Ensiksi, kun $i = 2n+1$, yhtälö pätee, koska:

$$10 \quad s_{2n+1} = \sum_{n=1}^{2n+1} a_0(m-1)$$

Seuraavaksi oletetaan, että yhtälö pätee kun $i = j$. Silloin yhtälö pätee kun $i = j + 1$, koska:

$$\begin{aligned} 15 \quad s_{j+1} &= p_{j+1} + r_{j+1} + s_j \\ &= a_{0j} - q_{j+1} + s_j \\ &= a_{0j} - a_0(j-2n-1) + \sum_{n=1}^{2n+1} a_0(m-2n-2+j) \\ 20 \quad &= \sum_{n=2}^{2n+2} a_0(m-2n-2+j) \\ &= \sum_{n=1}^{2n+1} a_0(m-2n-2+j+1) \end{aligned}$$

25 Siten yhtälö on todistettu kaikille kokonaisluville i , jotka eivät ole pienempiä kuin $(2n+1)$: $i \geq (2n+1)$. (MOT)

30 Yhteenvedona on osoitettu, että D-kiikun 57 lähtösignaali s_i on yhtä kuin $(2n+1)$ kertaa XOR-elementin 51 edeltävien $(2n+1)$ lähtöarvon $a_{0(i-2n-1)}$, $a_{0(i-2n)}$, ..., $a_{0(i-1)}$ keskiarvo. Tämä D-kiikun 57 lähtösignaali s_i muodostaa juoksevan keskiarvon generaattorin 52a lähtösignaalin. Siten ajan $t = (2n+1)T_c$ kuluttua juoksevan keskiarvon ge-

neraattori 52a toimii samalla tavoin kuin kuvion 1 juoksevan keskiarvon generaattori 52.

Mainittakoon, että summaimeen 54a syötettävien signaalien lukumäärä on kolme riippumatta siirtorekisterin 53a portaiden määrästä. Kuvion 1 tapauksessa summaimeen 54 syötettävien signaalien määrä on yhtä kuin siirtorekisterin 53 portaiden lukumäärä $(2n+1)$. Koska n on suurempi kuin yksi ($n \geq 1$) ja sen vuoksi $(2n+1) \geq 3$, summaimeen 54a syötettävien signaalien määrä ei ole suurempi (ja yleensä oleellisesti pienempi) kuin kuvion 1 piirissä olevaan summaimeen 54 syötettyjen signaalien määrä. Siten kuvion 1 toteutukseen verrattuna kuvion 7 toteutuksen mukainen piiri yksinkertaistui.

Liukuvan keskiarvon generaattorin 52a lähtösignaali syötetään komparaattoriin 55. Komparaattori 55 vertaa juoksevan keskiarvon generaattorin 52a lähtösignaalia vakioon. Juoksevan keskiarvon generaattorin 52a lähtösignaalin s_i arvosta ja vakioista n riippuen komparaattorin 55 lähtösignaalin arvo d_i annetaan seuraavasti:

$$d_i = \begin{cases} 0 & (s_i \leq n) \\ 1 & (s_i > n) \end{cases}$$

Komparaattori 55 nimittäin toimii ratkaisulaitteena, jolla juoksevan keskiarvon generaattorin 52a lähtösignaali s_i muunnetaan kaksitasoiseksi signaaliksi, joka saa joko loogisen arvon "0" tai "1".

Siten signaalin prosessointi taajuusmuuntimen 50a sisällä liukuvan keskiarvon generaattorin 52a jälkeen on identtinen kuvion 1 juoksevan keskiarvon generaattorin 52 jälkeen tapahtuvan signaalin prosessoinnin kanssa. Lisäksi juoksevan keskiarvon generaattori 52a toimii samalla tavalla kuin kuvion 1 juoksevan keskiarvon generaattori 52. Siten, kuten kuvion 1 toteutuksen tapauksessa, juoksevan keskiarvon generaattori 52a, joka muodostuu siirtorekiste-

ristä 53a, summaimesta 54a, merkin kääntäjästä 56 ja D-kiikusta 57, ja komparaattorin 55 toimiessa päätöslaitteena juoksevan keskiarvon generaattorin 52a lähtösignaalin muuntamiseksi kaksitasoiseksi loogiseksi signaaliksi, toimii alipäästösuotimena, joka poistaa korkeataajuiset komponentit XOR-elementin 51 lähtösignaalista.

Siten, kuten kuvion 1 toteutuksen tapauksessa, rajoitusvahvistimelta 10 tulevalle kaksitasoiselle kvantisoidulle vastaanotetulle signaalille suoritetaan taajuusmuunnos taajuusmuuntimen 50a sisällä tapahtuvan signaaliprosessoinnin avulla. Jos nimittäin kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin taajuutta edustaa f_1 Hz ja taajuusmuunnoksen suorittavan signaalin taajuutta edustaa f_2 Hz, niin taajuusmuunnoksen jälkeisen vastaanotetun signaalin, joka tulee komparaattorilta 55, taajuus on $|f_1 - f_2|$ Hz.

Taajuusmuuntimelta 50a tuleva taajuusmuunnoksen jälkeinen vastaanotettu signaali syötetään vaihekomparaattoriin 60, joka on sama kuin kuviossa 1. Siten vaihekomparaattori 60 antaa keskinäisen vaiheen signaalin, joka edustaa taajuusmuunnoksen jälkeisen vastaanotetun signaalin vaihesiirtoa vaihevertailusignaalin suhteen. Vaihekomparaattorin 60 antamaan keskinäisen vaiheen signaalia viivästetään viive-elementillä 40 vastaanotetun signaalin yhden merkkijakson verran. Samaan aikaan keskinäisen vaiheen signaali syötetään erotuspiiriin 41, johon myös viive-elementin 40 yhdellä merkkijaksolla viivästämä keskinäisen vaiheen signaali syötetään. Vaihekomparaattorin 60 ja viive-elementin 40 lähtösignaalein ohjaamana erotuspiiri 41 antaa vaihe-eron signaalin, joka saadaan vähentämällä yhdellä merkkijaksolla viivästetty keskinäisen vaiheen signaali vaihekomparaattorin 60 antamasta keskinäisen vaiheen signaalista modulo 2π . Erotuspiiriltä 41 lähtevä vaihe-eron signaali edustaa vastaanotetun signaalin yhden merkkijakson yli tapahtuvaa vaihesiirtymää. Ratkaisupiiri

42 muodostaa demoduloidun datan, joka vastaa vaihe-erosignaalin arvoa, perustuen ennalta määrättyyn vastaavuusriippuvuuteen vaihe-eron signaalin ja demoduloidun datan välillä.

- 5 Yllä oleva kuvion 7 piirin kuvaus liittyy tapaukseen, jossa vastaanotettu signaali on moduloitu differentiaalisen vaiheensiirtoavainnuksen (DPSK) mukaisesti. Keksinnön periaatetta voidaan soveltaa myös MSK- tai GNSK-modulaatiojärjestelmiin. Lisäksi yllä olevan kuvio 7 toteutuksen tapauksessa vakio n , joka toimii taajuusmuuntimen 50a parametrina, on yhtä kuin 2 ($n=2$) ja sen vuoksi siirtorekisterissä 53 on kuusi porrasta vastaavien bittien säilyttämiseksi. Vakio n voi kuitenkin olla mikä tahansa positiivinen kokonaisluku. Voi esimerkiksi olla, että $n=6$
- 10 (siirtorekisterissä 53a voi nimittäin olla 14 bittiä) tai $n=7$ (siirtorekisterissä 53a voi nimittäin olla 16 bittiä).

- Seuraavaksi kuvataan eroilmaisudemodulaattori, jossa käytetään vaiheenilmaisupiiriä. Digitaalinen eroilmaisudemodulaattori, jossa käytetään vaiheenilmaisupiiriä,
- 20 kuvataan esimerkiksi H. Tomita et al.:n julkaisussa "DIGITAL INTERMEDIATE FREQUENCY DEMODULATION TECHNIQUE", Paper B-299, 1990 Fall National Conference of the institute of Electronics, Information and Communication engineers of Japan. Eroilmaisudemodulaattori kuvataan piirroksia tarkastelemalla.
- 25

- Kuvio 9 on lohkokkaavio, joka esittää digitaalista eroilmaisudemodulaattoria, joka on varustettu vaiheenilmaisupiirillä. Ensiksi vastaanotettu signaali syötetään rajoitusvahvistimeen 10. Rajoitusvahvistimen 10 lähtö on
- 30 kytketty vaiheenilmaisupiiriin 200, joka sisältää: laskurin 201, joka laskee modulo K , jossa K on positiivinen kokonaisluku; ja D-kiikkuryhmän 202. Vaiheenilmaisupiirin 200 lähtö on kytketty: viive-elementtiin 40, jonka viiveaika on yhtä kuin vastaanotetun signaalin yksi merkkijak-

so; ja erotuspiiriin 41, joka suorittaa vähennyksen modulo 2π .

Seuraavaksi kuvataan kuvion 9 piirin toiminta. Vastaanotettu signaali, joka on differentiaalisen vaiheensiirtoavainnuksen (DPSK) signaali, muokataan rajoitusvahvistimella 10 amplitudiltaan vakioon suorakulmaiseen aaltomuotoon. Rajoitusvahvistin 10 toimii nimittäin kvantisoijana, joka suorittaa kaksitasoisen kvantisoinnin vastaanotetulle signaalille. Siten rajoitusvahvistin 10 kvantisoii vastaanotetun signaalin kaksitasoiseksi signaaliksi, joka saa joko loogisen arvon "0" tai "1".

Vaiheenilmaisupiirin 200 sisällä olevaa modulo K laskuria 201 syötetään kellosignaaliilla, jonka taajuus on oleellisesti yhtä kuin K kertaa vastaanotetun signaalin taajuus. Laskurin 201 lähtösignaali syötetään D-kiikkuryhmään 202, jota ohjaa kaksitasoinen kvantisoitu vastaanotettu signaali, jonka rajoitusvahvistin 10 antaa. Vaiheenilmaisupiirin 200 lähtösignaali edustaa kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin keskinäistä vaihetta virtuaalisen vaihevertailusignaalin suhteen.

Tämä kuvataan seuraavaksi aaltomuotokaavioita tarkastelemalla. Kuviot 10 ja 11 ovat ajoituskaavioita, jotka kuvaavat aaltomuotoja jotka antavat esimerkin vaiheenilmaisupiirin 200, jossa $K=16$, toiminnasta. Kuviossa 10 on esitetty ylhäältä alas seuraavat aaltomuodot: laskuria 201 syöttävä kello; laskurin 201 lähtösignaali; virtuaalinen vaihevertailusignaali, joka saadaan kertomalla laskurin 201 kello K:lla (yhtä kuin 16 tässä tapauksessa); kaksitasoinen kvantisoitu vastaanotettu signaali; ja D-kiikkuryhmän 202 lähtösignaali. Kuviossa 11 on esitetty ylhäältä alaspäin seuraavat aaltomuodot: laskurin 201 kello; laskurin 201 lähtösignaali; virtuaalinen vaihevertailusignaali; kaksitasoinen kvantisoitu vastaanotettu signaali A, jonka vaihetta on viivästetty lisää; kaksitasoista kvantisoitua vastaanotettua signaalia A vastaava D-kiikkuryh-

män lähtösignaali A; kaksitasoinen kvantisoitu vastaanotettu signaali B, jonka vaihetta on siirretty lisää eteenpäin; ja kaksitasoista kvantisoitua vastaanotettua signaalia B vastaava D-kiikkuryhmän 202 lähtösignaali B.

- 5 Virtuaalinen vaihevertailusignaali nousee loogiseen tilaan "1" hetkellä jolloin laskurin 201 lähtösignaali nollataan loogiseen tilaan "0", ja se putoaa loogiseen tilaan "0" hetkellä jolloin laskurin 201 lähtösignaali saavuttaa arvon $K/2$ (yhtä kuin 8 tässä tapauksessa). Jos
10 laskurin 201 kellon jaksoa edustaa T ja virtuaalisen vaihevertailusignaalin jaksoa T_r , niin:

$$T_r = KT$$

- 15 Siten jos virtuaalisen vaihevertailusignaalin etureunojen ja kaksitasoinen kvantisoidun vastaanotetun signaalin etureunojen välistä aikaa edustaa τ , niin kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin vaihesiirto ψ virtuaalisen vaihevertailusignaalin suhteen annetaan seuraavasti:
20

$$\psi = 2\pi\tau/T_r = 2\pi\tau/(KT)$$

- Toisaalta, kuten kuviosta 10 nähdään, laskurin 201
25 lähtösignaali kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin etureunalla on yhtä kuin kokonaisluku, joka saadaan jakamalla aika τ laskurin 201 kellon jaksolla T ja jättämällä sitten osamäärän murto-osa pois.

- 30 D-kiikkuryhmä 202 ohjataan kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin kullakin etureunalla laskurin 201 lähtösignaalin säilyttämiseksi. Siten D-kiikkuryhmän 202 lähtösignaali on yhtä suuri kuin kokonaisluku, joka saadaan jakamalla siirtymäaika τ laskurin 201 kellon jaksolla T ja jättämällä sitten jakamisesta syntyvän osamäärän murto-osa pois. Jos nimittäin D-kiikkuryhmän 202 läh-
35

tösignaalia edustaa μ , jossa $\mu \in \{0, 1, \dots, K-1\}$, niin seuraava riippuvuus pätee termien μ , T ja τ välillä:

$$\mu \leq \tau/T < (\mu + 1)$$

5

Siten seuraava riippuvuus pätee kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin ja virtuaalisen vaihevertailusignaalin vaihesiirron ja D-kiikkuryhmän 202 lähtösignaalin μ välillä:

10

$$2\pi\mu/K \leq \psi < 2\pi(\mu+1)/K$$

Tämä riippuvuus osoittaa, että D-kiikkuryhmän 202 lähtösignaalia voidaan pitää kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin suhteellisen vaiheena virtuaalisen vaihevertailusignaalin suhteen.

15

Kuviossa 10 esitetään tapaus, jossa kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin keskinäinen vaihe virtuaalisen vaihevertailusignaalin suhteen on vakio. Siten D-kiikkuryhmän 202 lähtösignaali pysyy kahdeksassa (8). Toisaalta kuviossa 11 esitetään tapaus, jossa kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin A keskinäisen vaiheen signaalia on viivästetty lisää ja kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin B keskinäisen vaiheen signaalia on siirretty lisää eteenpäin. Siten vastaanottaessaan kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin A D-kiikkuryhmän 202 lähtösignaali A kasvaa seitsemästä (7) yhdeksään (9). Toisaalta vastaanottaessaan kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin B D-kiikkuryhmän 202 lähtösignaali B pienenee yhdeksästä (9) seitsemään (7). Kummassakin tapauksessa D-kiikkuryhmän 202 lähtösignaali D vaihtelee verrannollisesti kaksiarvoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin keskinäisen vaiheen vaihteluun virtuaalisen vaihevertailusignaalin suhteen.

20

25

30

Viive-elementin 40, erotuspiirin 41 ja ratkaisupiirin 42 toiminnot ovat samat kuin kuviossa 1.

Kuvion 9 vaiheenilmaisupiirillä on seuraava haitta: D-kiikkuryhmää 202 ohjataan vain kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin etureunoilla. Siten vaiheenilmaisupiiriltä lähtevää keskinäisen vaiheen signaalia päivitetään vain kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin jokaisella täydellä jaksolla. Periaatteessa kuitenkin kaksitasoinen kvantisoidun vastaanotetun signaalin keskinäisen vaiheen arvoa voidaan päivittää kaksi kertaa kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin kullakin jaksolla. Kuvion 9 vaiheenilmaisupiirillä on nimittäin haittana, että tahti, jolla keskinäisen vaiheen signaalin päivitetään, on alhainen.

Seuraavaksi kuvataan eroilmaisudemodulaattori, joka on varustettu vaiheenilmaisupiirillä joka ratkaisee kuvion 9 piirin tämän ongelman.

Kuvio 12 on lohkokaavio eroilmaisudemodulaattorista, joka on varustettu tämän keksinnön mukaisella vaiheenilmaisupiirillä, jolla kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin keskinäisen vaiheen arvoa virtuaalisen vaihevertailusignaalin suhteen voidaan päivittää kaksi kertaa kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin kutakin jaksoa kohden. Rajoitusvahvistimen 10 lähtösignaali on kytketty vaiheenilmaisupiiriin 400, joka sisältää: viive-elementin 401 ja XOR-elementin 402 kytkettynä rajoitusvahvistimeen 10; modulo $2N$ laskurin 403 modulo N laskentaa varten, jossa N on positiivinen kokonaisluku; D-kiikkuryhmän 404; ja vaiheen kääntymisen korjaajan 500. Vaiheen kääntymisen korjaaja 500 sisältää: kertojan 501 ja summaimen 502 modulo $2N$ summauksen suorittamiseksi.

Toiminnallisesti vaiheenilmaisupiiri 400 jakaantuu puolijakson ilmaisulaitteeseen 901, vaihevertailusignaalin generointilaitteeseen 902 ja vaihesiirron mittauslaitteeseen 903. Puolijakson ilmaisulaite 901 muodostuu viive-

elementistä 401 ja XOR-elementistä 402. Vastaanottaessaan kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetunsignaalin rajoitusvahvistimelta 10 puolijakson ilmaisulaite 901 antaa puolijakson ilmaisusignaalin vastaanotetunsignaalin kullakin puolijaksolla. Vaihevertailusignaalin generointilaite 5 902 muodostuu modulo $2N$ laskurista 403. Kellosignaalin, jonka taajuus ei ole pienempi kuin kaksi kertaa tulosignaalin taajuus, perustuen vaihevertailusignaalin generointilaite 902 generoi vaihevertailusignaalin, joka toimii 10 vertailuarvona kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin vaihesiirron mittauksessa. Vaihesiirron mittauslaite 903 muodostuu D-kiikkuryhmästä 404 ja vaiheen kääntymisen korjaajasta 500. Vaiheen kääntymisen korjaaja 500 korjaa vaihevertailusignaalin vaiheen kääntymisen vastaanotetunsignaalin kullakin puolijaksolla. Korjatun vaihevertailusignaalin ja puolijakson ilmaisulaitteelta 901 lähtevän puolijakson ilmaisusignaalin perusteella vaihesiirron mittauslaite 903 määrittää ja antaa kaksitasoinen kvantisoidun vastaanotto signaalin vaihesiirron vaihevertailusignaalin suhteen vastaanotetunsignaalin kullakin puolijaksolla. 20

Viive-elementti 40, erotuspiiri 41 ja ratkaisupiiri 42 ovat samanlaisia kuin yllä kuvattiin.

Kuvion 12 piirin toiminta kuvataan seuraavaksi yksityiskohtaisesti. Kuviossa 12 rajoitusvahvistin 10 muokkaa vastaanotetun signaalin amplitudiltaan vakioon suora- 25 kulmaiseen aaltomuotoon. Rajoitusvahvistin 10 toimii nimittäin kaksitasoisena kvantisoijana, jolla vastaanotetulle signaalille suoritetaan kaksitasoinen kvantisointi siten, että rajoitusvahvistimen 10 lähtösignaali kvantisoi- 30 tuu loogiseen tilaan "0" ja "1".

Rajoitusvahvistimen 10 antama kaksitasoinen kvantisoitu vastaanotettu signaali syötetään vaiheenilmaisupiiriin 400, jossa se ensin syötetään viive-elementtiin 35 401. Viive-elementin 401 viiveaika on lyhyempi kuin kak-

siarvoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin puolijakso. Viive-elementin 401 antama viivästetty vastaanotettu signaali syötetään XOR-elementtiin 402 yhdessä rajoitusvahvistimen 10 antaman kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin kanssa. XOR-elementti 402 suorittaa loogisen XOR-operaation rajoitusvahvistimen 10 ja viive-elementin 401 lähtösignaaleille. Siten XOR-elementin 402 lähtösignaali on pulssisignaali (nimitetään differentiaaliseksi pulssisignaaliksi) joka nousee (so. sillä on neusevat reunat) kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin etu- ja takareunoilla. Tämä kuvataan seuraavaksi piirroksia tarkastelemalla.

Kuvio 13 on ajoituskaavio, joka esittää aaltomuotoja, jotka antavat esimerkin kuvion 12 viive-elementin 401 ja XOR-elementin 402 toiminnasta. Ylhäältä alas kuviossa 13 on esitetty seuraavat aaltomuodot: kaksitasoinen kvantisoitu vastaanotettu signaali; viive-elementin 401 lähtösignaali; ja XOR-elementin 402 lähtösignaali (differentiaalinen pulssisignaali). Kuten kuviossa 13 on esitetty, viive-elementin 401 viive, nimittäin aika jolla kaksitasoista kvantisoitua vastaanotettua signaalia on viivästetty, on lyhyempi kuin kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin puolijakso. Siten XOR-elementiltä 402 tuleva differentiaalinen pulssisignaali nousee (so. sillä on etureunat) kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin etu- ja takareunoilla.

Toisaalta modulo $2N$ laskuria 403 ohjataan kellosignaaliilla, jonka taajuus on oleellisesti yhtä kuin $2N$ kertaa kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin taajuus. Jos oletetaan kuvion 9 virtuaalisen vaihevertailusignaalin kanssa samanlainen virtuaalinen vaihevertailusignaali, joka saadaan kertomalla modulo $2N$ laskurin 403 kellosignaali $2N$:llä, virtuaalinen vaihevertailusignaali nousee (so. sillä on etureuna) hetkellä jolloin modulo $2N$ laskurin 403 lähtö saavuttaa arvon N . Modulo $2N$ laskurin

403 lähtösignaali edustaa tämän virtuaalisen vaihevertailusignaalin vaihetta. Jos nimittäin modulo $2N$ laskurin lähtösignaalia hetkellä jolloin virtuaalisen vaihevertailusignaalin vaihe on θ edustaa α ($\alpha \in \{0, 1, \dots, 2N-1\}$),
 5 niin seuraava riippuvuus pätee termien θ ja α välillä:

$$\pi\alpha/N \leq \theta < \pi(\alpha+1)/N$$

Siten modulo $2N$ laskurin 403 lähtösignaali edustaa
 10 XOR-elementin 402 antaman differentiaalisen pulssisignaalin kullakin etureunalla virtuaalisen vaihevertailusignaalin vaihetta kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin etu- tai takareunalla. Kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin absoluuttinen vaihe sen takareunalla on kuitenkin yhtä kuin π . Siten jos modulon $2N$ laskurin 403 lähtösignaali kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin takareunalla korjataan numeerisella arvolla " N ", joka vastaa vaihetta π , niin kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin keskinäinen vaihe
 15 virtuaalisen vaihevertailusignaalin suhteen voidaan saada kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin takareunalla. Seuraavaksi tämä kuvataan piirroksia tarkastelemalla.

Kuvio 14 on ajoituskaavio, joka antaa esimerkin
 25 kuvion 12 modulo $2N$ laskurin 403 lähtösignaalin aaltomuodoista, virtuaalisesta vaihevertailusignaalista, kaksitasoisen kvantisoidusta vastaanotetusta signaalista ja differentiaalisesta pulssisignaalista tapauksessa, jossa $N = 8$. Ylhäältä alas on esitetty seuraavat aaltomuodot: modulo
 30 $2N$ laskurin 403 kellosignaali; modulo $2N$ laskurin 403 lähtösignaali; virtuaalinen vaihevertailusignaali; kaksitasoinen kvantisoitu vastaanotettu signaali; ja viivästetty vastaanotettu signaali (XOR-elementin 402 lähtösignaali). Modulo $2N$ laskuri 403 laskee kellon modulo $2N = 16$.

Edustakoon modulo $2N$ laskurin 403 kellosignaalin ja virtuaalisen vaihevertailusignaalin jaksoja vastaavasti T ja T_r . Silloin:

$$T_r = 2N \cdot T$$

Siten jos virtuaalisen vaihevertailusignaalin ja kaksiarvoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin etu- ja takareunojen välistä aikaa edustaa τ , kaksitasoinen kvantisoidun vastaanotetun signaalin vaihesiirto ψ virtuaalisen vaihevertailusignaalin suhteen saadaan seuraavasti:

$$\psi = 2\pi \tau / T_r = \pi \tau / (N \cdot T)$$

Lisäksi edustakoon modulo $2N$ laskurin 403 lähtösignaalia kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin etureunalla β_1 , jossa $\beta_1 \in \{0, 1, \dots, 2N-1\}$. Silloin β_1 on yhtä suuri kuin kokonaisluku, joka saadaan normaloimalla (so. jakamalla) ensin aika τ virtuaalisen vaihevertailusignaalin ja kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin etureunojen välillä modulo $2N$ laskurin 403 jaksolla T ja jättämällä sitten jakolaskusta syntyvä murto-osa pois. Seuraava riippuvuus nimittäin pätee termien β_1 , T ja τ välillä:

$$\beta_1 \leq \tau/T < (\beta_1+1)$$

Toisaalta modulo $2N$ laskurin 403 lähtösignaali virtuaalisen vaihevertailusignaalin takareunalla on yhtä kuin " N " (=8 kuvion 14 tapauksessa), joka vastaa vaihetta π . Edustakoon modulo $2N$ laskurin 403 lähtösignaalia kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin takareunalla β_2 , jossa $\beta_2 \in \{0, 1, \dots, 2N-1\}$. Silloin β_2 on yhtä suuri kuin kokonaisluku, joka saadaan: normaloimalla (so. jakamalla) ensin aika τ virtuaalisen vaihevertailusignaalin ja

kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin etureunojen välillä modulo $2N$ laskurin 403 jaksolla T ; jättämällä sitten jakolaskusta syntyvä murto-osa pois; ja lopulta summaamalla numeerinen arvo " N " osamäärään. Siten seuraava riippuvuus pätee termien β_2 , T ja τ välillä:

$$(\beta_2 - N) \leq \tau/T < (\beta_2 - N + 1)$$

Yllä olevan yhtälön vähennyslasku suoritetaan modulo $2N$. Modulo $2N$ " N " vähennyslasku on kuitenkin yhtä kuin, " N " summaus modulo $2N$. Siten yllä oleva yhtälö on ekvivalentti seuraavan yhtälön kanssa:

$$(\beta_2 + N) \leq \tau/T < (\beta_2 + N + 1)$$

Yllä olevan esityksen perusteella on osoitettu, että seuraavat riippuvuudet pätevät modulo $2N$ laskurin 403 lähtösignaalin β_1 ja β_2 ja kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin vaihesiirron ψ välillä:

$$\pi \beta_1 / N \leq \psi < \pi (\beta_1 + 1) / N$$

$$\pi (\beta_2 + N) \leq \psi < (\beta_2 + N + 1) / N$$

Nämä riippuvuudet osoittavat, että modulo $2N$ laskurin lähtösignaalin β_1 kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin etureunalla ja arvon, joka saadaan summaamalla numeerinen arvo " N " modulo $2N$ laskurin 403 lähtösignaaliin β_2 kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin takareunalla, voidaan katsoa edustavan kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin keskinäistä vaihetta virtuaalisen vaihevertailusignaalin suhteen. Toisin sanoen kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin keskinäinen vaihe voidaan saada korjaamalla modulo $2N$ laskurin 403 lähtösignaali, so. summaamal-

la numeerinen arvo "0" kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin etureunalla ja numeerinen arvo "N" sen takareunalla.

Vaiheen kääntymisen korjaaja 500 suorittaa tämän
 5 korjauksen modulo $2N$ laskurin 403 lähtösignaalille. Vastaanottaessaan nimittäin modulo $2N$ laskurin 403 lähtösignaalin, vaiheen kääntymisen korjaaja 500 summaa siihen numeerisen arvon "0" kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin etureunalla ja numeerisen arvon "N" sen
 10 takareunalla. Vaiheen kääntymisen korjaajan 500 toiminta kuvataan seuraavaksi piirroksia tarkastelemalla.

Kuvio 15 on ajoituskaavio, joka esittää aaltomuotoja jotka antavat esimerkin kuvion 12 vaiheenilmaisupii-
 rin 400 toiminnasta, jossa $N = 8$ ($2N = 16$) ja jossa kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin keskinäinen vaihe virtuaalisen vaihevertailusignaalin suhteen pysyy vakiona. Kuvio 16 on kuvion 15 kanssa samankaltainen
 15 kuvaus, mutta se esittää tapausta jossa kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin keskinäistä vaihetta virtuaalisen vaihevertailusignaalin suhteen on viivästetty
 20 lisää. Kuvio 17 on kuvion 15 kanssa samankaltainen kuvaus, mutta se esittää tapausta jossa kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin keskinäistä vaihetta on siirretty
 25 lisää eteenpäin. Ylhäältä alas kuvioissa on esitetty seuraavat aaltomuodot: modulo $2N$ laskurin kellosignaali; modulo $2N$ laskurin 403 lähtösignaali; virtuaalinen vaihevertailusignaali; kaksitasoinen kvantisoitu vastaanotettu
 30 signaali; viivästetty vastaanotettu signaali (viive-elementin 401 lähtösignaali); differentiaalinen pulssisignaali (XOR-elementin 402 lähtösignaali); kertojan 501 lähtösignaali; summaimen 502 lähtösignaali; D-kiikkuryhmän 404 lähtösignaali.

Kuten näissä kuvioissa on esitetty, viive-elementin 401 antaman viivästetyn vastaanotetun signaalin arvo on
 35 loogisessa tilassa "0" kaksitasoisen kvantisoidun vastaan-

otetun signaali etureunalla ja loogisessa tilassa "1" sen
 takareunalla. Kertoja 501 kertoo viive-elementin 401 läh-
 tösignaalin N :llä antaen siten numeerisen arvon "0" kaksi-
 5 tasoisien kvantisoidun vastaanotetun signaalin etureunalla
 ja numeerisen arvon " N " sen takareunalla. Summain 502 sum-
 maa modulo $2N$ laskurin 403 ja kertojan 501 lähtösignaalit
 modulo $2N$ muodostaen siten vaiheen kääntymisen korjaajan
 500 lähtösignaalin. Vaiheen kääntymisen korjaajan 500 läh-
 tösignaali on yhtä kuin modulo $2N$ laskurin 403 lähtösig-
 10 naali kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin
 etureunalla. Vaiheen kääntymisen korjaajan 500 lähtösig-
 naali on yhtä kuin arvo joka saadaan summaamalla numeerii-
 nen arvo " N " modulo $2N$ laskurin 403 lähtösignaaliin kaksi-
 tasoisien kvantisoidun vastaanotetun signaalin takareunal-
 15 la.

Vaiheen kääntymisen korjaajan 500 lähtösignaali
 syötetään D-kiikkuryhmään 404, jota XOR-elementiltä 402
 tuleva differentiaalinen pulssisignaali ohjaa. Kuten yllä
 kuvattiin, differentiaalisen pulssisignaalin etureunat
 20 ovat kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin
 etureunan ja takareunan kohdalla. Siten D-kiikkuryhmä 404
 ohjataan kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaa-
 lin kullakin etu- ja takareunalla. Siten jos D-kiikkuryh-
 män 404 lähtösignaalia edustaa μ , niin μ esitetään modulo
 25 $2N$ laskurin 403 lähtöarvojen β_1 ja β_2 avulla etu- ja taka-
 reunoilla vastaavasti:

$$\mu = \beta_1$$

$$\mu = \beta_2 + N$$

30 Siten seuraava riippuvuus pätee kaksitasoisen
 kvantisoidun vastaanotetun signaalin ja virtuaalisen vai-
 hevertailusignaalin välisen vaihesiirron φ ja D-kiikkuryh-
 män 404 lähtösignaalin μ välillä:

$$\pi \mu / N \leq \psi < \pi (\mu + 1) / N$$

5 Tämä riippuvuus osoittaa, että D-kiikkuryhmän 404 lähtösignaalin μ voidaan katsoa edustavan kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin keskinäistä vaihetta virtuaalisen vaihevertailusignaalin suhteen. Tämä voidaan ymmärtää helposti tarkastelemalla kuvioita 15 - 17.

10 Huomautetaan, että kuvion 9 piirin tapauksessa D-kiikkuryhmän 202 lähtösignaalia, joka edustaa kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin keskinäistä vaihetta, päivitetään vain kerran kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin kullakin jaksolla. Kuvion 12 piirin tapauksessa D-kiikkuryhmää 404 kuitenkin ohjaa differentiaalinen pulssisignaali kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin etu- ja takareunoilla. Siten D-kiikkuryhmän 404 lähtösignaalia, joka edustaa kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin keskinäistä vaihetta, päivitetään kaksi kertaa kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin kullakin jaksolla. Keskinäisen vaiheen signaalin päivitystahti siten kaksinkertaistuu. Tämä voidaan ymmärtää helposti vertaamalla kuviota 15 kuvioon 10 ja kuvioita 16 ja 17 kuvioon 11.

25 Kuvion 11 kaksitasoinen kvantisoitu vastaanotettu signaali A ja kuvion 16 kaksitasoinen kvantisoitu vastaanotettu signaali ovat nimittäin samat. D-kiikkuryhmän 202 lähtösignaali A kuviossa 11 vaihtelee välillä "7" - "9", kun taas D-kiikkuryhmän 404 lähtösignaali kuviossa 16 vaihtelee asteittain arvosta "7" arvoon "8" ja arvoon "9".
30 Samalla tavoin kuvion 11 kaksitasoinen kvantisoitu vastaanotettu signaali B ja kuvion 17 kaksitasoinen kvantisoitu vastaanotettu signaali ovat samat. D-kiikkuryhmän 202 lähtösignaali B kuviossa 11 vaihtelee välillä "9" - "7", kun taas D-kiikkuryhmän 404 lähtösignaali kuviossa 17 vaihtelee asteittain arvosta "9" arvoon "8" ja arvoon "7".
35

Keskinäisen vaiheen signaalin päivitystahti kaksinkertaistuu kuvion 12 piirillä ja sen vuoksi keskinäisen vaiheen signaalin arvon vaihtelu tulee vähemmän äkkinäiseksi.

5 Viive-elementin 40, erotuspiriin 41 ja ratkaisupiriin 42 toiminnot ovat samanlaiset kuin yllä kuvattujen vastaavien osien toiminnot.

Kuviossa 12 vaiheen kääntymisen korjaaja 500 muodostuu kertojasta 501 ja summaimesta 502. Kertojaa 501 vastaava elementti voidaan kuitenkin toteuttaa millä tahansa piirillä, joka antaa numeerisen arvon "0" vastaanottaessaan numeerisen arvon "0" ja numeerisen arvon "N" vastaanottaessaan numeerisen arvon "1". Sellainen elementti voidaan toteuttaa datavalitsijalla, joka valitsee ja antaa numeerisen arvon "0" vastaanottaessaan numeerisen arvon "0", ja numeerisen arvon "N" vastaanottaessaan numeerisen arvon "1". Vaihtoehtoisesti vaiheen kääntymisen korjaaja 500 voi muodostua loogisen tulon elementeistä (AND-portit) loogisen tulon operaatioiden (AND-operaatiot) suorittamiseksi numeerisen arvon "N" vastaaville biteille ja viive-elementin 401 lähtösignaalille.

Yllä oleva kuvaus koskee tapausta jossa vastaanotettu signaali on moduloitu differentiaalisen vaiheensiirtoavainnuksen (DPSK) mukaisesti. Tätä keksintöä voidaan kuitenkin soveltaa myös MSK- ja GMSK-modulaatiojärjestelmiin. Lisäksi yllä olevan toteutuksen tapauksessa vakio N, joka toimii vaiheenilmaisupiirin 400 toimintaparametrina, on yhtä kuin 8 ($N = 8$). Vakio N voi kuitenkin olla mikä tahansa positiivinen kokonaisluku. N voi olla esimerkiksi $N = 16$ tai $N = 32$.

30 Kuvio 18 on lohkokkaavio toisesta eroilmaisudemodulaattorista, joka on varustettu tämän keksinnön mukaisella vaiheenilmaisupiirillä, jolla kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin keskinäisen vaiheen arvoa virtuaalisen vaihevertailusignaalin suhteen voidaan päivittää kaksikertaa kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun sig-

naalin jokaista jaksoa kohden. Kuviossa 18 vaiheenilmaisupiiri 400a on jaettu toiminnallisesti: puolijakson ilmaisulaitteeseen 901, joka muodostuu viive-elementistä 401 ja XOR-elementistä 402; vaihevertailusignaalin generointilaitteesta 902, joka muodostuu modulo 2^m laskurista 403a, jossa M on positiivinen kokonaisluku; ja vaihesiirron mitauslaitteesta 903, joka muodostuu D-kiikkuryhmästä 404a ja vaiheen kääntymisen korjaajasta 500a. Vaiheen kääntymisen korjaaja 500a muodostuu XOR-elementistä 503, jonka tulot on kytketty viive-elementin 401 lähtöön ja modulo 2^m laskurin 403a lähdön eniten merkitsevään bittiin (MSB). Vähiten merkitsevien bittien (nimittäin modulo 2^m laskurin 403a bitit ensimmäisestä (M-1):teen bittiin) yhdistelmä ja XOR-elementin 503 lähtösignaali syötetään D-kiikkuryhmään 404a. Muuten kuvion 18 piiri on samanlainen kuin kuvion 12 piiri.

Piirin 18 toiminta kuvataan seuraavaksi yksityiskohtaisesti. Kuviossa 18 rajoitusvahvistin 10 muokkaa vastaanotetun signaalin amplitudiltaan vakioon suorakulmaiseen aaltomuotoon. Rajoitusvahvistin 10 nimittäin toimii kaksitasoisena kvantisoijana kaksitasoisen kvantisoinnin suorittamiseksi vastaanotetulle signaalille siten, että rajoitusvahvistimen 10 lähtösignaali kvantisoituu loogisiin tiloihin "0" ja "1".

Rajoitusvahvistimen 10 antama kaksitasoinen kvantisoitu vastaanotettu signaali syötetään vaiheenilmaisupiiriin 400a, jossa se syötetään ensin viive-elementtiin 401 ja XOR-elementtiin 402. Viive-elementin 401 viiveaika on lyhyempi kuin kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin puolijakso. Viive-elementiltä 401 tuleva viivästetty vastaanotettu signaali syötetään XOR-elementtiin 402. XOR-elementti 402 suorittaa loogisen XOR-operaation rajoitusvahvistimen 10 ja viive-elementin lähtösignaaleille. Siten XOR-elementin 402 lähtösignaali on pulssisignaali (nimitetään differentiaaliseksi pulssisignaaliksi),

joka nousee (so. sillä on etureunat) kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin etu- ja takareunoilla.

Modulo 2^M laskuria 403a ohjaa kellosignaali, jonka taajuus on oleellisesti yhtä kuin 2^M kertaa kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin taajuus, jossa M on positiivinen kokonaisluku. Jos oletetaan virtuaalinen vaihevertailusignaali, joka on samanlainen kuin kuviossa 9, joka saadaan kertomalla modulo 2^M laskurin 403a kellosignaali arvolla 2^M , virtuaalinen vaihevertailusignaali nousee (so. sillä on etureuna) hetkellä jolloin modulo 2^M laskurin 403a lähtösignaali nollataan arvoon "0", ja se laskee (so. sillä on laskeva reuna) hetkellä jolloin modulo 2^M laskurin 403a lähtö saavuttaa arvon 2^{M-1} . Modulo 2^M laskurin 403a lähtösignaali edustaa tämän virtuaalisen vaihevertailusignaalin vaihetta. Jos nimittäin modulo 2^M laskurin 403a lähtöä hetkellä, jolloin virtuaalisen vaihevertailusignaalin vaihe on θ , edustaa α ($\alpha \in \{0, 1, \dots, 2^M-1\}$), niin seuraava riippuvuus pätee termien θ ja α välillä:

$$2\pi\alpha/2^M \leq \theta < 2\pi(\alpha+1)/2^M$$

Siten modulo 2^M laskurin 403a lähtösignaalia XOR-elementin 402 antaman differentiaalisen pulssisignaalin kullakin etureunalla edustaa virtuaalisen vaihevertailusignaalin vaihe kaksiarvoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin etu- tai takareunalla. Kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin absoluuttinen vaihe sen takareunalla on kuitenkin yhtä kuin π . Siten jos modulo 2^M laskurin lähtösignaali kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin takareunalla korjataan numeerisella arvolla " 2^{M-1} ", joka vastaa vaihetta π , niin voidaan saada kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin keskinäinen vaihe virtuaalisen vaihevertailusignaalin suhteen kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin takareunalla.

Vaiheen kääntymisen korjaaja 500a suorittaa tämän korjauksen modulo 2^M laskurin lähtösignaalille. Nimittäin vastaanottaessaan modulo 2^M laskurin 403a lähtösignaalin vaiheen kääntymisen korjaaja 500a summaa siihen numeerisen arvon "0" kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin etureunalla ja numeerisen arvon " 2^{M-1} " sen takareunalla. Seuraavaksi kuvataan vaiheen kääntymisen korjaajan 500a toiminta piirroksia tarkastelemalla.

Kuvio 19 on ajoituskaavio, joka esittää aaltomuotoja jotka antavat esimerkin kuvion 18 vaiheenilmaisupii-
rin 400a, jossa $M = 4$ ($2^M = 16$), toiminnasta ja jossa kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin keskinäinen vaihe virtuaalisen vaihevertailusignaalin suhteen pysyy vakiona. Kuvio 21 on kuvion 19 kanssa samankaltainen kuvaus, mutta se esittää tapausta jossa kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin keskinäistä vaihetta virtuaalisen vaihevertailusignaalin suhteen on siirretty lisää eteenpäin. Ylhäältä alas vastaavissa kuvioissa on esitetty seuraavat aaltomuodot: modulo 2^M laskurin 403a kellosignaali; modulo 2^M laskurin 403a lähtösignaali; modulo 2^M laskurin 403a tai eniten merkitsevä bitti (M :s bitti); kaksitasoisen kvantisoitu vastaanotettu signaali (viive-elementin 401 lähtö); differentiaalinen pulssisignaali (XOR-elementin 402 lähtösignaali); XOR-elementin 503 lähtösignaali; modulo 2^M laskurin 403a LSB:t, tai vähiten merkitsevät bitit (ensimmäisestä ($M-1$):een bittiin); vaiheen kääntymisen korjaajan 500a lähtösignaali (modulo 2^M laskurin 403a vähiten merkitsevien bittien ja XOR-elementin 503 lähtösignaalin yhdistelmä); ja D-kiikkuryhmän 404a lähtösignaali. Modulo 2^M laskurin 403a, 403a:n vähiten merkitsevien bittien, vaiheen kääntymisen korjaajan 500a ja D-kiikkuryhmän 404a aaltomuodoissa olevat numerot edustavat niiden arvoja vastaavilla hetkillä.

Modulo 2^M laskurin 403a lähtösignaali muodostuu M bitistä. Modulo 2^M laskurin 403a eniten merkitsevä bitti

edustaa numeerista arvoa 2^{m-1} . Siten numeerisen arvon 2^{m-1} summaaminen modulo 2^m laskurin 403a lähtösignaaliin modulo 2^m vastaa modulo 2^m laskurin 403a eniten merkitsevän bitin loogista inversiota. Siten numeerisen arvon "0" ja " 2^{m-1} "
 5 summaaminen vastaavasti modulo 2^m laskurin 403a lähtösignaaliin kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin etu- ja takareunalla johtaa siihen että mitään loogista inversiota ei suoriteta kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin etureunalla, ja looginen inversio sen
 10 takareunalla modulo 2^m laskurin 403a eniten merkitsevälle bitille.

Kuten kuvioissa 19 - 21 on esitetty, viive-elementiltä 401 tulevan viivästetyn vastaanotetun signaalin arvo on loogisessa tilassa "0" kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin etureunalla, ja loogisessa tilassa
 15 "1" sen takareunalla. XOR-elementti 503 suorittaa loogisen XOR-operaation viive-elementin 401 antamalle viivästetylle vastaanotetulle signaalille ja modulo 2^m laskurista 403a tulevalle eniten merkitsevälle bitille. 503:n lähtösignaali yhdistetään uutena eniten merkitsevänä bittinä modulo 2^m
 20 laskurin 403a vähiten merkitsevien bittien (ensimmäisestä $(M-1)$:een bittiin) kanssa vaiheen kääntymisen korjaajan 500a lähtösignaalin muodostamiseksi. Siten vaiheen kääntymisen korjaajan lähtösignaali on yhtä kuin modulo 2^m laskurin 403a lähtösignaali kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin etureunoilla (mitään eniten merkitsevän bitin inversiota ei suoriteta). Toisaalta vaiheen kääntymisen korjaajan 500a lähtösignaali kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin takareunoilla muodostuu modulo 2^m laskurin 403a loogisesti invertoidusta eniten merkitsevästä bitistä yhdistettynä sen vähiten merkitsevien bittien kanssa. Siten vaiheen kääntymisen korjaajan 500a lähtösignaali on yhtä kuin arvo joka saadaan summaamalla numeerinen arvo "0" kaksitasoisen kvantisoidun vastaanote-

tun signaalin etureunalla ja numeerinen arvo " 2^{M-1} " sen takareunalla modulo 2^M laskurin 403a lähtösignaaliin.

5 Rajoittamalla vakio $2N$, joka toimii operaatioparametrina kuvion 12 piirissä, kokonaisluvuksi joka voidaan ilmaista muodossa 2^m , vaiheen kääntymisen korjaaja 500a voidaan toteuttaa vain XOR-elementillä 503. Siten piiri 18 yksinkertaistuu kuvion 12 piiriin verrattuna.

Vaiheen kääntymisen korjaajan 500a lähtösignaali syötetään D-kiikkuryhmään 404a, jota ohjaa XOR-elementin
10 402 antama differentiaalinen pulssisignaali. Kuten yllä kuvattiin, differentiaalisen pulssisignaalin etureunat ovat kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin etu- ja takareunoilla. Siten D-kiikkuryhmä 404a ohjataan kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin jokai-
15 sella etu- ja takareunalla. Siten jos D-kiikkuryhmän 404a lähtösignaalia edustaa μ , jossa $\mu \in \{0, 1, \dots, 2^M-1\}$, niin μ ilmaistaan modulo 2^M laskurin 403a lähtöarvojen β_1 ja β_2 ($\beta_1, \beta_2 \in \{0, 1, \dots, 2^M-1\}$) avulla etu- ja takareunoilla vastaavasti:

20

$$\begin{aligned}\mu &= \beta_1 \\ \mu &= \beta_2 + 2^{M-1}\end{aligned}$$

25

Siten seuraava riippuvuus pätee kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin ja virtuaalisen vaihevertailusignaalin vaihesiirron ψ ja D-kiikkuryhmän 404a lähtösignaalin μ välillä:

30

$$2\pi\mu/2^M \leq \psi < 2\pi(\mu+1)/2^M$$

35

Tämä riippuvuus osoittaa, että D-kiikkuryhmän 404a lähtösignaalin μ voidaan katsoa edustavan kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin keskinäistä vaihetta virtuaalisen vaihevertailusignaalin suhteen. Tämä voidaan ymmärtää helposti kuvioita 19 - 21 tarkastelemalla.

Kuten kuvion 12 piirin tapauksessa, kuvion 18 D-kiikkuryhmää 404a ohjaa differentiaalin pulssisignaali kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin etu- ja takareunoilla. Siten D-kiikkuryhmän 404a lähtösignaalia, joka edustaa kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin keskinäistä vaihetta, päivitetään kaksi kertaa kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin kutakin jaksoa kohden. Keskinäisen vaiheen signaalin päivitystahti samalla kaksinkertaistuu kuvion 9 tapaukseen verrattuna. Tämä voidaan ymmärtää helposti vertaamalla kuviota 19 kuvioon 10 ja kuvioita 20 ja 21 kuvioon 11.

Kuvion 11 kaksitasoinen kvantisoitu vastaanotettu signaali A ja kuvion 20 kaksitasoinen kvantisoitu vastaanotettu signaali ovat samat. D-kiikkuryhmän 202 lähtösignaali A kuviossa 11 vaihtelee arvosta "7" arvoon "9", kun taas D-kiikkuryhmän 404a lähtösignaali kuviossa 20 vaihtelee asteittain arvosta "7" arvoon "8" ja arvoon "9". Samalla tavoin kuvion 11 kaksitasoinen kvantisoitu vastaanotettu signaali B ja kuvion 21 kaksitasoinen kvantisoitu vastaanotettu signaali ovat samat. D-kiikkuryhmän 202 lähtösignaali B kuviossa 11 vaihtelee arvosta "9" arvoon "7", kun taas D-kiikkuryhmän 404a lähtösignaali kuviossa 21 vaihtelee asteittain arvosta "9" arvoon "8" ja arvoon "7". Keskinäisen vaiheen signaalin päivitystahti kaksinkertaistuu kuvion 18 piiriin verrattuna, ja sen vuoksi keskinäisen vaiheen signaalin arvon vaihtelu tulee vähemmän äkilliseksi.

Kuvion 18 viive-elementin 40, erotuspiirin 41 ja ratkaisupiirin 42 toiminnat ovat samat kuin yllä kuvattujen vastaavien osien toiminnat.

Yllä oleva kuvaus koskee tapausta jossa vastaanotettu signaali on moduloitu differentiaalisen vaiheensiirtoavainnuksen (DPSK) mukaisesti. Kuvion 18 piirissä toteutettua periaatetta voidaan kuitenkin soveltaa MSK- ja GMSK-modulaatiojärjestelmiin. Lisäksi yllä olevan toteu-

tuksen tapauksessa vakio M , joka toimii vaiheenilmaisupii-
rin 400a toimintaparametrina, on yhtä kuin 4 ($M = 4$). Va-
kio M voi kuitenkin olla mikä tahansa positiivinen koko-
naisluku. M voi esimerkiksi olla viisi ($M = 5$) tai kuusi
5 ($M = 6$).

Kuvio 22 toistaa kuvion 8 taajuusmuuntimen 20. Vas-
taanotettu signaali, jonka taajuus on f_1 Hz, kerrotaan taa-
juusmuunnoksen suorittavalla signaalilla (taajuusmuunnos-
signaali), jonka taajuus on f_2 Hz, jossa:

$$0 < f_2 < 2f_1$$

Kertojan 21 lähtösignaali sisältää taajuuskomponen-
tit taajuuksilla $f_1 + f_2$ Hz ja $|f_1 - f_2|$ Hz. Ottamalla huomioon
15 yllä oleva riippuvuus taajuuksien f_1 ja f_2 välillä, seu-
raava riippuvuus pätee:

$$|f_1 - f_2| < f_1 < f_1 + f_2$$

Kertojan 21 lähtösignaali syötetään alipäästösuoi-
timeen 22. Alipäästösuodin 22 läpäisee vain taajuudella
 $|f_1 - f_2|$ Hz esiintyvän matalataajuisen komponentin korkeis-
ta komponenteista ja taajuuksilla $f_1 + f_2$ ja $|f_1 - f_2|$ Hz
esiintyvät matalataajuiset komponentit. Siten alipäästö-
25 suodin 22 antaa taajuudella $|f_1 - f_2|$ Hz olevan komponentin
suorittaen siten taajuusmuunnoksen vastaanotetulle signaa-
lille. Alipäästösuotimelta 22 tulevan muunnetun signaalin
taajuus $|f_1 - f_2|$ on pienempi kuin vastaanotetun signaalin
taajuus f_1 .

Kuvion 22 taajuusmuunnin käyttää alipäästösuodinta
22 korkeataajuisien komponenttien poistamiseen. Alipäästö-
suotimella 22 on kuitenkin yleisesti mutkikas rakenne ja
se pyrkii olemaan kooltaan suuri ja kuluttaa tehoa.

Kuvio 23 on lohkokaavio, joka esittää tämän keksin-
35 nön mukaisen taajuusmuuntimen vaihtoehtoisen rakenteen.

Kuviossa 23 XOR-elementin 71, joka toimii kertojana ja jossa on tulo vastaanotettua signaalia varten, on kytketty D-kiikun 72, joka toimii näytteenottajana, D-tuloon. D-kiikkua 72 ohjaava näytteenottokello kerrotaan uudelleen
 5 taajuuskertojalla 73 ja syötetään sitten XOR-elementin 71 toiseen tuloon.

Kuvion 23 piirin toiminta kuvataan seuraavaksi yksityiskohtaisesti. Taajuuskertoja 73 kertoo näytteenottokellon kahdella ja syöttää kerrotun kellosignaalin XOR-
 10 elementtiin 71 taajuusmuunnoksen suorittavana signaalina (taajuusmuunnossignaali). Jos nimittäin näytteenottokellon taajuutta edustaa f_s Hz, niin taajuusmuunnossignaalin taajuus on $f_s/2$ Hz.

XOR-elementtiin 71 syötetty vastaanotettu signaali
 15 on kaksitasoinen digitaalinen signaali, joka saa joko loogisen arvon "0" tai "1". Kuten kuvion 22 tapauksessakin, seuraava riippuvuus pätee vastaanotetun signaalin taajuuden f_1 Hz ja taajuusmuunnossignaalin taajuuden $f_s/2$ välillä:

20

$$0 < f_s/2 < 2f_1$$

XOR-elementti 71 suorittaa loogisen XOR-operaation vastaanotetulle signaalille ja taajuuskertojan 73 lähtö-
 25 signaalille, jotka molemmat ovat loogisia kaksitasoisia signaaleja. Jos looginen "0" ja looginen "1" muunnetaan vastaavasti numeerisiksi arvoiksi "+1" ja "-1", looginen XOR-operaation muuttuu numeeristen arvojen kertolaskuoperaatioksi. Siten XOR-elementti 71 toimii kertojana, joka
 30 kertoo vastaanotetun signaalin taajuuskertojalta 73 tulevalla taajuusmuunnossignaalilla.

Siten XOR-elementin 71 lähtösignaali on taajuudella f_1 Hz olevan vastaanotetun signaalin ja taajuudella $f_s/2$ Hz olevan taajuusmuunnossignaalin tulo. Näin ollen XOR-
 35 elementin 51 lähtösignaali sisältää taajuuksilla $f_1 + f_s/2$ Hz

ja $|f_1 - f_s/2|$ Hz olevat komponentit. Pitäen mielessä yllä olevan riippuvuuden taajuuksien f_1 ja $f_s/2$ välillä, seuraava riippuvuus pätee:

$$5 \quad |f_1 - f_s/2| < f_1 < f_1 + f_s/2$$

XOR-elementin 71 lähtösignaali syötetään D-kiikulle 72. Koska D-kiikkua 72 ohjaa taajuudella f_s Hz esiintyvä näytteenottokello, D-kiikku 72 ottaa näytteitä XOR-elementin 51 lähtösignaalista taajuudella f_s Hz. Tässä oletetaan, että:

$$|f_1 - f_s/2| < f_s/2$$

15 Tämä riippuvuus merkitsee, että näytteenoton Nyquist-taajuus $f_s/2$ on pinempi kuin XOR-elementin 71 lähtösignaalin matalataajuisen komponentin taajuus $|f_1 - f_s/2|$ Hz. Siten näytteenottoteoreeman kannalta XOR-elementin 71 lähtösignaalin matalataajuinen komponentti taajuudella
20 $|f_1 - f_s/2|$ Hz esiintyy ilman muutosta samalla taajuudella $|f_1 - f_s/2|$ D-kiikun 72 lähdössä.

Ottamalla lisäksi huomioon, että $f_1 > 0$, yhdessä edellä olevan riippuvuuden kanssa voidaan päätellä, että:

$$25 \quad 0 < f_1 < f_s$$

Siten seuraava riippuvuus pätee:

$$30 \quad f_s/2 < f_1 + f_s/2 < 3f_s/2$$

Tämä riippuvuus antaa alemman ja ylemmän rajan XOR-elementin 71 lähtösignaalin korkeataajuiselle komponentille, nimittäin taajuudella $f_1 + f_s/2$ Hz esiintyvälle komponentille.

Jos taajuudella F Hz esiintyvä signaali syötetään D-kiikun 72 tuloon, jossa taajuus F Hz täyttää riippuvuuden $f_s/2 < F < 3f_s/2$, kuten tekee taajuudella $f_1 + f_s/2$ Hz oleva XOR-elementin 71 lähtösignaalin korkeataajuinen komponentti, niin signaalista otetaan näytteitä taajuudella f_s Hz. Näissä olosuhteissa otetaan näytteitä signaalista, joka esiintyy korkeammalla taajuudella kuin näytteenoton Nyquist-taajuus. Tämän seurauksena havaitaan valetistoilmiö ja taajuudella $|F - f_s|$ Hz oleva taajuuskomponentti esiintyy D-kiikun 72 lähdössä. Valetistoilmiötä käsitellään esimerkiksi M. Hinon julkaisussa "SPECTRAL ANALYSIS", s. 175 - 177, Asakura Shoten 1977.

Siten XOR-elementin 71 lähtösignaalin korkeataajuinen komponentti, nimittäin taajuudella $f_1 + f_s/2$ Hz oleva komponentti esiintyy taajuudella $|f_1 + f_s/2 - f_s| = |f_1 - f_s/2|$ Hz olevana taajuuskomponenttina D-kiikun 72 lähdössä valetistoilmiöstä johtuen.

Siten sekä taajuudella $f_1 + f_s/2$ Hz että taajuudella $|f_1 - f_s/2|$ Hz XOR-elementin 71 lähdössä esiintyvät taajuuskomponentit esiintyvät taajuudella $|f_1 - f_s/2|$ Hz olevana taajuuskomponenttina D-kiikun 72 lähtösignaalissa. D-kiikku 72 nimittäin antaa signaalin, joka muodostuu yksistään taajuudella $|f_1 - f_s/2|$ esiintyvistä taajuuskomponentista. Siten vastaanotetulle signaalille suoritetaan taajuusmuunnos. D-kiikun 72 lähtösignaalin taajuus $|f_1 - f_s/2|$ Hz on pienempi kuin vastaanotetun signaalin taajuus f_1 Hz. Kuvion 23 piiri suorittaa siten taajuusmuunnoksen, jolla vastaanotettu signaali muunnetaan signaaliksi jolla on alhaisempi taajuus kuin vastaanotetun signaalin taajuus. Kuvion 22 mukaisen tavanomaisen piirin alipäästösuotimesta voidaan siten päästä eroon. Koska D-kiikun koko ja tehonkulutus ovat pienemmät kuin alipäästösuotimen, kokoa ja tehonkulutusta voidaan kokonaisuutena pienentää.

Patenttivaatimukset:

1. Taajuusmuunninpiiri ensimmäisen kaksitasoisen signaalin taajuuden muuntamiseksi käyttämällä toista kaksitasoista signaalia, jonka taajuus on eri kuin mainitun ensimmäisen signaalin taajuus, t u n n e t t u siitä, että se käsittää:

XOR-elementin loogisen XOR:n muodostamiseksi mainitusta ensimmäisestä ja toisesta signaalista;

juoksevan keskiarvon generointilaitteen, joka on kytketty mainittuun XOR-elementtiin, signaalin, joka vastaa k-kertaista mainitun XOR-elementin lähtösignaalin juoksevaa keskiarvoa, generoimiseksi, k:n ollessa positiivinen kokonaisluku; ja

päättölaitteen, joka on kytketty mainittuun juoksevan keskiarvon generointilaitteeseen, mainitun juoksevan keskiarvon generointilaitteen lähtösignaalin muuntamiseksi kaksitasoiseksi loogiseksi signaaliksi.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen taajuusmuunnin, t u n n e t t u siitä, että mainittu juoksevan keskiarvon generointilaitte käsittää:

mainittuun XOR-elementtiin kytketyn siirtorekisterin, jossa on $(2n+1)$ porrasta vastaavien bittien säilyttämiseksi, jossa n on positiivinen kokonaisluku, ja mainitun XOR-elementin mainittu lähtösignaali syötetään ensin mainitun siirtorekisterin ensimmäisen portaaseen, mainitun siirtorekisterin siirtäessä mainituissa portaissa olevia bittejä mainitusta ensimmäisestä portaasta kohti $(2n+1)$:ttä porrasta synkronisesti kellon, jonka jakso on oleellisesti lyhyempi kuin mainitun ensimmäisen ja toisen signaalin jaksot, tahdissa; ja

mainittuun siirtorekisteriin kytketyn summauslaitteen, jolla summataan mainitun siirtorekisterin mainittujen vastaavien portaiden bitit, jossa mainitun summaimen lähtösignaali muodostaa mainitun juoksevan keskiarvon generointilaitteen mainitun lähtösignaalin.

3. Patenttivaatimuksen 1 mukainen taajuusmuunnin, t u n n e t t u siitä, että mainittu juoksevan keskiarvon generointilaitte käsittää:

5 mainittuun XOR-elementtiin kytketyn siirtorekisterin, jossa on $(2n+2)$ porrasta vastaavien bittien säilyttämiseksi, jossa n on positiivinen kokonaisluku, ja mainitun XOR-elementin mainittu lähtösignaali syötetään ensin mainitun siirtorekisterin ensimmäiseen portaaseen, mainitun siirtorekisterin siirtäessä mainituissa portaissa
10 olevia bittejä mainitusta ensimmäisestä portaasta kohti $(2n+2)$:tta porrasta synkronisesti kellon, jonka jakso on lyhyempi kuin mainitun ensimmäisen ja toisen signaalin jaksot, tahdissa;

mainittuun siirtorekisteriin kytketyn merkin kääntäjän, jolla mainitun $(2n+2)$:nen portaan lähtöbitin polariteetti käännetään;

summaimen, joka on kytketty mainitun siirtorekisterin mainittuun ensimmäisen portaaseen ja mainittuun merkin kääntäjään; ja

20 viive-elementin, jonka tulo on kytketty mainitun summaajan lähtöön ja jonka lähtö on kytketty mainitun summaajan tuloon, mainitun viive-elementin viivästäessä mainitun summaajan mainittua lähtösignaalia synkronisesti mainitun siirtorekisterin mainitun kellon tahdissa;

25 jossa mainittu summaaja summaa lähtösignaalit seuraavista lähteistä: mainitun siirtorekisterin mainittu ensimmäinen porras; mainittu merkin kääntäjä; ja mainittu viive-elementti, mainitun viive-elementin mainitun lähtösignaalin muodostaessa mainitun juoksevan keskiarvon generointilaitteen mainitun lähtösignaalin.
30

4. Patenttivaatimuksen 1 mukainen taajuusmuunnin-piiri, t u n n e t t u siitä, että mainittu päätöslaitte vertaa mainitun juoksevan keskiarvon generointilaitteen mainittua lähtösignaalia ennalta määrättyyn kynnystasoon
35 mainitun juoksevan keskiarvon generointilaitteen mainitun

lähtösignaalin muuntamiseksi mainituksi kaksitasoiseksi loogiseksi signaaliksi.

5 5. Vaihekomparaattori kaksitasoisen vastaanotetun signaalin ja vaihevertailusignaalin, jolla on kiinteä taajuus joka on oleellisesti yhtä kuin mainitun vastaanotetun signaalin taajuus, vaihesiirron määrittämiseksi, mainitun vaihekomparaattorin ollessa t u n n e t t u siitä, että se käsittää:

10 XOR-elementin loogisen XOR:n muodostamiseksi mainitusta vastaanotetusta signaalista ja mainitusta vaihevertailusignaalista;

15 absoluuttisen vaihesiirron mittauslaitteen, joka on kytketty mainittuun XOR-elementtiin, keston, jonka mainitun XOR-elementin lähtösignaali pysyy loogisessa tilassa "1" mainitun vaihevertailusignaalin kunkin puolijakson aikana, määrittämiseksi; ja

20 mainittuun XOR-elementtiin kytketyn vaihesiirron polariteetin ratkaisulaitteen, jolla ratkaistaan, onko mainitun vastaanotetun signaalin mainittu vaihe jäljessä vai edellä mainitun vaihevertailusignaalin suhteen, perustuen mainitun XOR-elementin arvoon mainitun vaihevertailusignaalin kullakin puolijaksolla.

25 jossa mainitun absoluuttisen vaihesiirron mittauslaitteen ja mainitun vaihesiirron polariteetin ratkaisulaitteen lähtösignaalien yhdistelmä edustaa mainitun vastaanotetun signaalin vaihesiirtoa mainitun vaihevertailusignaalin suhteen.

30 6. Patenttivaatimuksen 5 mukainen vaihekomparaattori, t u n n e t t u siitä, että mainittu absoluuttisen vaihesiirron mittauslaite käsittää:

35 mainittuun XOR-elementtiin kytketyn summaajan; ja viive-elementin, jonka tulo on kytketty mainitun summaajan lähtöön ja jonka lähtö on kytketty mainitun summaajan tuloon, mainitun viive-elementin viivästäessä mainitun summaajan lähtösignaalia synkronisesti kellon, jonka jakso on lyhyempi kuin mainitun vaihevertailusignaalin

mainittu jakso, tahdissa, mainitun viive-elementin tullessa nollatuksi mainitun vaihevertailusignaalin kullakin puolijaksolla;

5 jossa mainittu summaaaja summaa mainitun XOR-elementin ja mainitun viive-elementin lähtösignaalit arvon, joka vastaa mainittua kestoja jonka mainitun XOR-elementin mainittu lähtösignaali pysyy loogisessa tilassa "1" mainitun vaihevertailusignaalin kunkin puolijakson aikana, muodostamiseksi.

10 7. Eroilmaisudemodulaattori kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin demoduloimiseksi käyttämällä vaihevertailusignaalia, jolla on kiinteä taajuus joka on oleellisesti yhtä kuin mainitun vastaanotetun signaalin taajuus, mainitun eroilmaisudemodulaattoriⁿ ollessa t u n -
15 n e t t u siitä, että se käsittää:

vaihekomparaattorin, joka sisältää: XOR-elementin loogisen XOR:n muodostamiseksi mainitusta vastaanotetusta signaalista ja mainitusta vaihevertailusignaalista; mainittuun XOR-elementtiin kytketyn absoluuttisen vaihesiirron mittauslaitteen keston, jonka mainittu XOR-elementti pysyy loogisessa tilassa "1" mainitun vaihevertailusignaalin kunkin puolijakson aikana, määrittämiseksi; ja mainittuun XOR-elementtiin kytketyn vaihesiirron polariteetin ratkaisulaitteen, jolla ratkaistaan onko mainitun vaihevertailusignaalin vaihe jäljessä vai edellä mainitun vaihevertailusignaalin suhteen, perustuen mainitun XOR-elementin arvoon mainitun vaihevertailusignaalin kullakin puolijaksolla; jossa mainitun vaihesiirron mittauslaitteen ja mainitun vaihesiirron polariteetin ratkaisulaitteen
20 lähtösignaalien yhdistelmä muodostaa keskinäisen vaiheen signaalin, jonka mainittu vaihekomparaattori antaa;

mainittuun vaihekomparaattoriin kytketyn viive-elementin mainitulta vaihekomparaattorilta tulevan mainitun keskinäisen vaiheen signaalin viivästämiseksi mainitun
35 vastaanotetun signaalin yhdellä merkkijaksolla; ja

mainittuun vaihekomparaattoriin ja mainittuun viive-elementtiin kytketyn erotuspiirin mainitun viive-elementin lähtösignaalin vähentämiseksi mainitusta keskinäisen vaiheen signaalista.

- 5 8. Eroilmaisudemodulaattori kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin demoduloimiseksi, mainitun eroilmaisudemodulaattorin ollessa t u n n e t t u siitä, että se käsittää:

10 taajuusmuunninpiirin mainitun vastaanotetun signaalin mainitun taajuuden muuntamiseksi käyttämällä kaksitasoista taajuusmuunnossignaalia, jonka taajuus on eri kuin mainitun vastaanotetun signaalin mainittu taajuus, sisältäen: XOR-elementin loogisen XOR:n muodostamiseksi mainitusta vastaanotetusta signaalista ja mainitusta taajuusmuunnossignaalist;

15 mainittuun XOR-elementtiin kytketyn juoksevan keskiarvon generointilaitteen, jolla muodostetaan signaali joka vastaa k-kertaista mainitun XOR-elementin lähtösignaalin juoksevaa keskiarvoa, k:n ollessa positiivinen kokonaisluku;

20 mainittuun juoksevan keskiarvon generointilaitteeseen kytketyn päätöslaitteen, jolla mainitun juoksevan keskiarvon generointilaitteen lähtösignaali muunnetaan kaksitasoiseksi loogiseksi signaaliksi, mainitun päätöslaitteen lähtösignaalin muodostaessa mainitun taajuusmuuntimen lähtösignaalin;

25 vaihekomparaattorin, joka sisältää: mainitun taajuusmuuntimen mainittuun päätöslaitteeseen kytketyn XOR-elementin, jolla muodostetaan looginen XOR mainitun taajuusmuuntimen lähtösignaalista, ja vaihevertailusignaalist, jolla on määrätty taajuus, joka on olennaisesti sama

30 kuin mainitun taajuusmuuntimen lähtösignaalin taajuus; mainittuun XOR-elementtiin kytketyn absoluuttisen vaihe-siirron mittauslaitteen, jolla määritetään kesto jonka mainitun XOR-elementin lähtösignaali pysyy loogisessa tilassa "1" mainitun vaihevertailusignaalin kunkin puolijakson aikana;

35 ja mainittuun XOR-elementtiin kytketyn vaihe-siirron polariteetin ratkaisulaitteen, jolla ratkaistaan

onko mainitun taajuusmuuntimen mainitun lähtösignaalin mainittu vaihe jäljessä vai edellä mainitun vaihevertailusignaalin suhteen perustuen mainitun XOR-elementin arvoon mainitun vaihevertailusignaalin kullakin puolijaksolla;

5 jossa mainitun absoluuttisen vaihesiirron mittauslaitteen ja mainitun vaihesiirron polariteetin ratkaisulaitteen lähtösignaalien yhdistelmä muodostaa keskinäisen vaiheen signaalin, jonka mainittu vaihekomparaattori antaa;

10 mainittuun vaihekomparaattoriin kytketyn viive-elementin, jolla viivästetään mainitulta vaihekomparaattorilta lähtevää mainittua keskinäisen vaiheen signaalia mainitun ensimmäisen signaalin yhden merkkijakson verran; ja

mainittuun vaihekomparaattoriin ja mainittuun viive-elementtiin kytketyn erotuspiirin mainitun viive-elementin lähtösignaalin vähentämiseksi mainitusta keskinäisen vaiheen signaalista.

9. Patenttivaatimuksen 7 tai 8 mukainen eroilmaisudemodulaattori, t u n n e t t u siitä, että mainittu absoluuttisen vaihesiirron mittauslaite käsittää:

20 mainittuun XOR-elementtiin kytketyn summaajan; ja viive-elementin, jonka tulo on kytketty mainitun summaajan lähtöön ja jonka lähtö on kytketty mainitun summaajan tuloon, mainitun viive-elementin viivästäessä mainitun summaajan lähtösignaalia synkronisesti kellon, jonka

25 jakso on lyhyempi kuin mainitun vaihevertailusignaalin mainittu jakso, tahdissa, mainitun viive-elementin tullessa nollatuksi mainitun vaihevertailusignaalin kullakin puolijaksolla;

30 jossa mainittu summaaja summaa mainitun XOR-elementin ja mainitun viive-elementin lähtösignaalit arvon, joka vastaa mainittua kestoja jonka mainitun XOR-elementin mainittu lähtösignaali pysyy loogisessa tilassa "1" mainitun vaihevertailusignaalin kunkin puolijakson aikana, muodostamiseksi.

10. Vaiheenilmaisupiiri tulossignaalin ja vaihevertailusignaalin välisen vaihesiirron ilmaisemiseksi, t u n n e t t u siitä, että se käsittää:

5 puolijakson ilmaisulaitteen puolijakson ilmaisusignaalin generoimiseksi mainitun tulossignaalin ohjaamana mainitun tulossignaalin kullakin puolijaksolla;

10 vaihevertailusignaalin generointilaitteen mainitun vaihevertailusignaalin generoimiseksi kellon, jonka taajuus ei ole vähempää kuin kaksi kertaa mainitun tulossignaalin taajuus, ohjaamana; ja

15 vaihesiirron mittauslaitteen, joka on kytketty mainittuun puolijakson ilmaisulaitteeseen ja vaihevertailusignaalin generointilaitteeseen, ja joka sisältää vaiheen kääntymisen korjausvälineen mainitun vaihevertailusignaalin korjaamiseksi sen vaiheen kääntymisen suhteen mainitun tulossignaalin kullakin vuorottaisella puolijaksolla, mainitun vaihesiirron mittauslaitteen mitatessa ja antaessa mainitun tulossignaalin vaihesiirron mainitun vaihevertailusignaalin suhteen mainitun tulossignaalin kullakin
20 puolijaksolla perustuen mainittuun vaihevertailusignaaliin, jonka mainittu vaiheen kääntymisen korjaaja on korjannut, ja mainitun puolijakson ilmaisulaitteen antamaan puolijakson ilmaisusignaaliin.

25 11. Patenttivaatimuksen 10 mukainen vaiheenilmaisupiiri, t u n n e t t u siitä, että:

30 mainittu puolijakson ilmaisulaite sisältää: viiveelementin mainitun tulossignaalin viivästämiseksi viiveajalla, joka on lyhyempi kuin mainitun tulossignaalin puolijakso; ja ensimmäisen XOR-elementin loogisen XOR:n generoimiseksi mainitusta tulossignaalista ja mainitun viiveelementin lähtösignaalista;

35 mainittu vaihevertailusignaalin generointilaitte sisältää laskurin kellon, jonka taajuus on oleellisesti yhtä suuri kuin $2N$ kertaa mainitun tulossignaalin taajuus, laskemiseksi modulo $2N$, jossa N on positiivinen kokonaisluku;

mainittu vaiheen kääntymisen korjaaja summaa numeerisen arvon "0" tai "N" modulo $2N$ mainitun laskurin lähtösignaaliin mainitun viive-elementin mainitun lähtösignaalin ohjaamana; ja

5 mainittu vaihesiirron mittauslaite sisältää mainitun vaiheen kääntymisen korjauslaitteen lisäksi D-kiikkuryhmän, joka on kytketty mainittuun vaiheen kääntymisen korjaajaan ja mainittuun ensimmäisen XOR-elementtiin, mainitun D-kiikkuryhmän säilyttäessä mainitun vaiheen kääntymisen korjauslaitteen lähtösignaalia mainitun XOR-elementin loogisen XOR-lähtösignaalin ohjaamana, jossa mainituksa D-kiikussa säilytettävä arvo muodostaa mainitun vaihesiirron mittauslaitteen lähtösignaalin.

12. Patenttivaatimuksen 11 mukainen vaiheenilmaisupiiri, t u n n e t t u siitä, että mainittu vaiheen kääntymisen korjaaja sisältää:

mainittuun viive-elementtiin kytketyn kertojan mainitun viive-elementin mainitun lähtösignaalin kertomiseksi luvulla N ; ja

20 mainittuun laskuriin ja mainittuun kertojaan kytketyn summaimen mainitun kertojan lähtösignaalin summaamiseksi mainitun laskurin mainittuun lähtösignaaliin modulo $2N$.

25 13. Patenttivaatimuksen 11 mukainen vaiheenilmaisupiiri, t u n n e t t u siitä, että mainittu vaiheen kääntymisen korjauslaite sisältää:

mainittuun viive-elementtiin kytketyn datavalitsijan numeerisen arvon "0" valitsemiseksi kun mainitun viive-elementin mainittu lähtösignaali on loogisessa tilassa "0", ja numeerisen arvon "1" kun mainitun viive-elementin mainittu lähtösignaali on loogisessa tilassa "1"; ja

35 mainittuun laskuriin ja mainittuun datavalitsijaan kytketyn summaimen mainitun datavalitsijan lähtösignaalin summaamiseksi mainitun laskurin mainittuun lähtösignaaliin modulo $2N$.

14. Patenttivaatimuksen 11 mukainen vaiheenilmaisupiiri, t u n n e t t u siitä, että mainittu vaiheen kääntymisen korjauslaite sisältää:

5 mainittuun viive-elementtiin kytketyt loogisen tulon elementit loogisten tulojen generoimiseksi mainitun viive-elementin mainitusta lähtösignaalista ja numeerisen arvon "N" vastaavista biteistä; ja

10 mainittuun laskuriin ja mainittuihin loogisen tulon elementteihin kytketyn summaimen mainittujen loogisen tulon elementtien lähtösignaalien summaamiseksi mainitun laskurin mainittuun lähtösignaaliin modulo $2N$.

15. Patenttivaatimuksen 11 mukainen vaiheenilmaisupiiri, t u n n e t t u siitä, että:

15 mainittu toinen laskuri laskee kelloa, jonka taajuus on oleellisesti yhtä suuri kuin 2^M kertaa mainitun tulosaalain mainittu taajuus, jossa M on positiivinen kokonaisluku; ja

20 mainittu vaiheen kääntymisen korjauslaite sisältää toisen XOR-elementin kytkettynä mainitun viive-elementin mainittuun lähtöön ja mainitun laskurin mainitun lähdön eniten merkitsevään bittiin, mainitun toisen XOR-elementin generoidessa loogisen XOR:n mainitun viive-elementin mainitusta lähtösignaalista ja mainitun laskurin mainitun lähtösignaalin mainitusta eniten merkitsevästä bitistä, 25 jossa mainitun vaiheen kääntymisen korjauslaitteen lähtösignaali muodostuu mainitun modulo $2N$ laskurin mainitun lähtösignaalin vähiten merkitsevien bittien ja mainitun toisen XOR-elementin mainitun XOR-lähtösignaalin yhdistelmästä.

30 16. Eroilmaisudemodulaattori kaksitasoisen kvatisoitun vastaanotetun signaalin demoduloimiseksi käyttämällä vaihevertailusignaalia, jolla on kiinteä taajuus joka on oleellisesti yhtä suuri kuin mainitun vastaanotetun signaalin taajuus, eroilmaisudemodulaattorin ollessa 35 t u n n e t t u siitä, että se käsittää:

puolijakson ilmaisulaitteen puolijakson ilmaisusignaalin generoimiseksi mainitun vastaanotetun signaalin ohjaamana mainitun vastaanotetun signaalin kullakin puolijaksolla;

5 vaihevertailusignaalin generointilaitteen mainitun vaihevertailusignaalin generoimiseksi kellon, jonka taajuus ei ole vähempää kuin kaksi kertaa mainitun vastaanotetun signaalin mainittu taajuus, ohjaamana;

10 vaihesiirron mittauslaitteen, joka on kytketty mainittuun puolijakson ilmaisulaitteeseen ja vaihevertailusignaalin generointilaitteeseen, ja joka sisältää vaiheen kääntymisen korjauslaitteen mainitun vaihevertailusignaalin korjaamiseksi sen vaiheen kääntymisestä mainitun vastaanotetun signaalin kullakin vuorottaisella puolijaksolla, mainitun vaihesiirron mittauslaitteen tuottaessa keskinäisen vaiheen signaalin, joka edustaa mainitun vastaanotetun signaalin keskinäistä vaihetta mainitun vaihevertailusignaalin suhteen mainitun vastaanotetun signaalin kullakin puolijaksolla perustuen mainittuun vaiheen kääntymisen korjauslaitteen korjaamaan mainittuun vaihevertailusignaaliin ja mainitun puolijakson ilmaisulaitteen tuottamaan puolijakson ilmaisusignaaliin;

15

20

mainittuun vaihesiirron mittauslaitteeseen kytketyn viive-elementin mainitun vaihesiirron mittauslaitteen antaman mainitun keskinäisen vaiheen signaalin viivästämiseksi mainitun vastaanotetun signaalin yhdellä merkkijaksolla; ja

25

mainittuun vaihesiirron määrittäslaitteeseen ja mainittuun viive-elementtiin kytketyn erotuspiiriin mainitun viive-elementin lähtösignaalin vähentämiseksi mainitusta keskinäisen vaiheen signaalista.

30

17. Menetelmä tulosignaalin vaihesiirron määrittämiseksi vaihevertailusignaalin suhteen, t u n n e t t u siitä, että se käsittää seuraavat vaiheet:

puolijakson ilmaisusignaalin generoinnin mainitun tulosignaalin ohjaamana mainitun tulosignaalin kullakin puolijaksolla;

5 mainitun vaihevertailusignaalin generoimisen kellon, jonka taajuus ei ole pienempi kuin mainitun tulosignaalin taajuus, ohjaamana;

mainitun vaihevertailusignaalin korjaamisen sen vaiheen kääntymisen vaikutukselta mainitun tulosignaalin kullakin vuorottaisella puolijaksolla; ja

10 mainitun tulosignaalin vaihesiirron mittaamiseksi mainitun vaihevertailusignaalin suhteen mainitun tulosignaalin kullakin puolijaksolla perustuen mainittuun korjattuun vaihevertailusignaaliin ja mainittuun puolijakson ilmaisusignaaliin.

15 18. Taajuusmuunninpiiri tulosignaalin taajuuden muuntamiseksi käyttämällä taajuusmuunnossignaalia, t u n n e t t u siitä että se käsittää:

kertojalaitteen mainitun tulosignaalin kertomiseksi mainitulla taajuusmuunnossignaalilla; ja

20 näytteenottolaitteen näytteiden ottamiseksi mainitun kertojalaitteen lähtösignaalista taajuudella, joka on kaksi kertaa mainitun taajuusmuunnossignaalin taajuus.

25 19. Eroilmaisudemodulattori kaksitasoisen kvantisoidun vastaanotetun signaalin demuloimiseksi, mainitun eroilmaisudemodulaattori ollessa t u n n e t t u siitä, että se käsittää:

30 taajuusmuunninpiirin mainitun vastaanotetun signaalin mainitun taajuuden muuntamiseksi käyttämällä kaksitasoista taajuusmuunnossignaalia, jonka taajuus on eri kuin mainitun vastaanotetun signaalin taajuus, sisältäen:

35 XOR-elementin loogisen XOR:n muodostamiseksi mainitusta vastaanotetusta signaalista ja mainitusta taajuusmuunnossignaalista; mainittuun XOR-elementtiin kytketyn juoksevan keskiarvon generointilaitteen, jolla muodostetaan signaali joka vastaa k-kertaista mainitun XOR-elementin lähtösignaalin juoksevaa keskiarvoa, k:n ollessa posi-

tiivinen kokonaisluku; ja päätöslaitteen, jolla mainitun juoksevan keskiarvon generointilaitteen lähtösignaali muunnetaan kaksitasoiseksi loogiseksi signaaliksi, mainitun päätöslaitteen lähtösignaalin muodostaessa mainitun

5 taajuusmuuntimen lähtösignaalin;

vaiheilmaisupiirin, joka sisältää: puolijakson ilmaisulaitteen puolijakson ilmaisusignaalin generoimiseksi vasteena mainitun taajuusmuuntimen lähtösignaalille taajuusmuuntimen lähtösignaalin kullakin puolijaksolla; vaihevertailusignaalin generointilaitteen vaihevertailusignaalin generoimiseksi, jolla on määrätty taajuus joka on olennaisesti sama kuin mainitun taajuusmuuntimen mainitun lähtösignaalin taajuus, vasteena kellosignaali, jonka taajuus on vähintään kaksi kertaa mainitun taajuusmuuntimen mainitun lähtösignaalin taajuus; vaihesiirron mittauslaitteen, joka on kytketty mainittuun puolijakson ilmaisulaitteeseen ja mainittuun vaihevertailusignaalin generointilaitteeseen, ja joka sisältää vaiheen kääntymisen korjausvälineen mainitun vaihevertailusignaalin korjaamiseksi

10 vaiheen kääntymisen suhteen mainitun taajuusmuuntimen lähtösignaalin kullakin vuorottaisslla puolijaksolla, mainitun vaihesiirron mittauslaitteen mitatessa ja tuottaessa keskinäisen vaihesignaalin, joka edustaa mainitun taajuusmuuntimen mainitun lähtösignaalin keskinäistä vaihetta

15 suhteessa mainittuun vaihevertailusignaaliin, mainitun taajuusmuuntimen mainitun lähtösignaalin kullakin puolijaksolla, perustuen mainittuun vaihevertailusignaaliin, jonka mainittu vaiheen kääntymisen korjausväline ja mainitun puolijakson ilmaisulaite on korjannut; mainittuun vaihesiirron mittauslaitteistoon kytketyn viive-elementin, jolla viivästetään mainitulta vaihesiirron mittauslaitteelta lähtevää mainittua keskinäisen vaiheen signaalia mainitun vastaanotetun signaalin yhden merkkijakson verran; ja mainittuun vaihesiirron mittauslaitteeseen ja mainittuun viive-elementtiin kytketyn erotuspiirin mainitun

20

25

30

35

viive-elementin lähtösignaalin vähentämiseksi mainitusta keskinäisen vaiheen signaalista.

20. Patenttivaatimuksen 8 tai 19 mukainen eroilmaisudemodulaattori, t u n n e t t u siitä, että mainittu juoksevan keskiarvon generointilaite käsittää:

mainittuun XOR-elementtiin kytketyn siirtorekisterin, jossa on $(2n+1)$ porrasta vastaavien bittien säilyttämiseksi, jossa n on positiivinen kokonaisluku, ja mainitun XOR-elementin mainittu lähtösignaali syötetään ensin mainitun siirtorekisterin ensimmäisen portaaseen, mainitun siirtorekisterin siirtäessä mainituissa portaissa olevia bittejä mainitusta ensimmäisestä portaasta kohti $(2n+1)$:ttä porrasta synkronisesti kellon, jonka jakso on oleellisesti lyhyempi kuin mainitun ensimmäisen ja toisen signaalin jaksot, tahdissa; ja

mainittuun siirtorekisteriin kytketyn summauslaitteen, jolla summataan mainitun siirtorekisterin mainittujen vastaavien portaiden bitit, jossa mainitun summaimen lähtösignaali muodostaa mainitun juoksevan keskiarvon generointilaitteen mainitun lähtösignaalin.

21. Patenttivaatimuksen 8 tai 19 mukainen eroilmaisudemodulaattori, t u n n e t t u siitä, että mainittu juoksevan keskiarvon generointilaite käsittää:

mainittuun XOR-elementtiin kytketyn siirtorekisterin, jossa on $(2n+2)$ porrasta vastaavien bittien säilyttämiseksi, jossa n on positiivinen kokonaisluku, ja mainitun XOR-elementin mainittu lähtösignaali syötetään ensin mainitun siirtorekisterin ensimmäiseen portaaseen, mainitun siirtorekisterin siirtäessä mainituissa portaissa olevia bittejä mainitusta ensimmäisestä portaasta kohti $(2n+2)$:ttä porrasta synkronisesti kellon, jonka jakso on lyhyempi kuin mainitun ensimmäisen ja toisen signaalin jaksot, tahdissa;

mainittuun siirtorekisteriin kytketyn merkin kääntäjän, jolla mainitun $(2n+2)$:nen portaan lähtöbitin polariiteetti käännetään;

summaimen, joka on kytketty mainitun siirtorekisterin mainittuun ensimmäisen portaaseen ja mainittuun merkin kääntäjään; ja

5 viive-elementin, jonka tulo on kytketty mainitun summaajan lähtöön ja jonka lähtö on kytketty mainitun summaajan tuloon, mainitun viive-elementin viivästäessä mainitun summaajan mainittua lähtösignaalia synkronisesti mainitun siirtorekisterin mainitun kellon tahdissa;

10 jossa mainittu summaaja summaa lähtösignaalit seuraavista lähteistä: mainitun siirtorekisterin mainittu ensimmäinen porras; mainittu merkin kääntäjä; ja mainittu viive-elementti, mainitun viive-elementin mainitun lähtösignaalin muodostaessa mainitun juoksevan keskiarvon generointilaitteen mainitun lähtösignaalin.

15 22. Patenttivaatimuksen 8 tai 19 mukainen eroilmaisudemodulaattori, t u n n e t t u siitä, että mainittu päätöslaitte vertaa mainitun juoksevan keskiarvon generointilaitteen mainittua lähtösignaalia ennalta määrättyyn kynnystasoon mainitun juoksevan keskiarvon generointilaitteen mainitun lähtösignaalin muuntamiseksi mainituksi kak-

20 sitasoiseksi loogiseksi signaaliksi.

23. Patenttivaatimuksen 16 tai 19 mukainen eroilmaisudemodulaattori, t u n n e t t u siitä, että:

25 mainittu puolijakson ilmaisulaite sisältää: viive-elementin mainitun tulosignaalin viivästämiseksi viiveajalla, joka on lyhyempi kuin mainitun tulosignaalin puolijakso; ja ensimmäisen XOR-elementin loogisen XOR:n generoimiseksi mainitusta tulosignaalista ja mainitun viive-elementin lähtösignaalista;

30 mainittu vaihevertailusignaalin generointilaitte sisältää laskurin kellon, jonka taajuus on oleellisesti yhtä suuri kuin $2N$ kertaa mainitun tulosignaalin taajuus, laskemiseksi modulo $2N$, jossa N on positiivinen kokonaisluku;

35 mainittu vaiheen kääntymisen korjaaja summaa numeerisen arvon "0" tai " N " modulo $2N$ mainitun laskurin lähtö-

signaaliin mainitun viive-elementin mainitun lähtösignaalin ohjaamana; ja

mainittu vaihesiirron mittauslaite sisältää mainitun vaiheen kääntymisen korjauslaitteen lisäksi D-kiikkuryhmän, joka on kytketty mainittuun vaiheen kääntymisen korjaajaan ja mainittuun ensimmäisen XOR-elementtiin, mainitun D-kiikkuryhmän säilyttäessä mainitun vaiheen kääntymisen korjauslaitteen lähtösignaalia mainitun XOR-elementin loogisen XOR-lähtösignaalin ohjaamana, jossa mainituksa D-kiikussa säilytettävä arvo muodostaa mainitun vaihesiirron mittauslaitteen lähtösignaalin.

24. Patenttivaatimuksen 23 mukainen eroilmaisudemodulaattori, t u n n e t t u siitä, että mainittu vaiheen kääntymisen korjaaja sisältää:

mainittuun viive-elementtiin kytketyn kertojan mainitun viive-elementin mainitun lähtösignaalin kertomiseksi luvulla N; ja

mainittuun laskuriin ja mainittuun kertojaan kytketyn summaimen mainitun kertojan lähtösignaalin summaamiseksi mainitun laskurin mainittuun lähtösignaaliin modulo 2N.

25. Patenttivaatimuksen 23 mukainen eroilmaisudemodulaattori, t u n n e t t u siitä, että mainittu vaiheen kääntymisen korjauslaite sisältää:

mainittuun viive-elementtiin kytketyn datavalitsijan numeerisen arvon "0" valitsemiseksi kun mainitun viive-elementin mainittu lähtösignaali on loogisessa tilassa "0", ja numeerisen arvon "1" kun mainitun viive-elementin mainittu lähtösignaali on loogisessa tilassa "1"; ja

mainittuun laskuriin ja mainittuun datavalitsijaan kytketyn summaimen mainitun datavalitsijan lähtösignaalin summaamiseksi mainitun laskurin mainittuun lähtösignaaliin modulo 2N.

26. Patenttivaatimuksen 23 mukainen eroilmaisudemodulaattori, t u n n e t t u siitä, että mainittu vaiheen kääntymisen korjauslaite sisältää:

mainittuun viive-elementtiin kytketyt loogisen tulon elementit loogisten tulojen generoimiseksi mainitun viive-elementin mainitusta lähtösignaalista ja numeerisen arvon "N" vastaavista biteistä; ja

- 5 mainittuun laskuriin ja mainittuihin loogisen tulon elementteihin kytketyn summaimen mainittujen loogisen tulon elementtien lähtösignaalien summaamiseksi mainitun laskurin mainittuun lähtösignaaliin modulo $2N$.

- 10 27. Patenttivaatimuksen 23 mukainen eroilmaisudemodulaattori, t u n n e t t u siitä, että:

mainittu toinen laskuri laskee kelloa, jonka taajuus on oleellisesti yhtä suuri kuin 2^M kertaa mainitun tulosignaalin mainittu taajuus, jossa M on positiivinen kokonaisluku; ja

- 15 mainittu vaiheen kääntymisen korjauslaite sisältää toisen XOR-elementin kytkettynä mainitun viive-elementin mainittuun lähtöön ja mainitun laskurin mainitun lähdön eniten merkitsevään bittiin, mainitun toisen XOR-elementin generoidessa loogisen XOR:n mainitun viive-elementin mainitusta lähtösignaalista ja mainitun laskurin mainitun lähtösignaalin mainitusta eniten merkitsevästä bitistä, jossa mainitun vaiheen kääntymisen korjauslaitteen lähtösignaali muodostuu mainitun modulo $2N$ laskurin mainitun lähtösignaalin vähiten merkitsevien bittien ja mainitun
- 20 toisen XOR-elementin mainitun XOR-lähtösignaalin yhdistelmästä.
- 25

00000000

00000000

FIG. 2

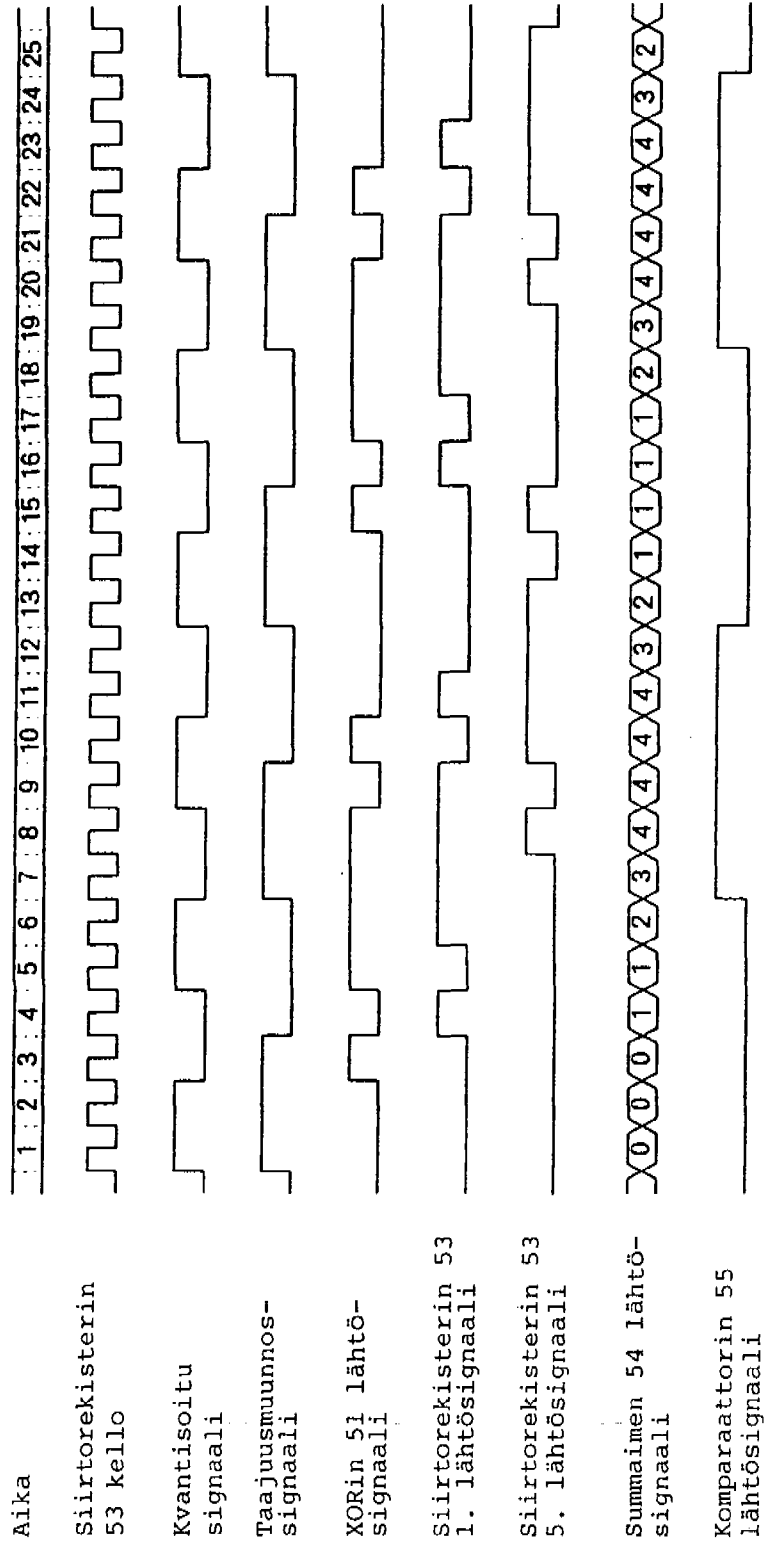
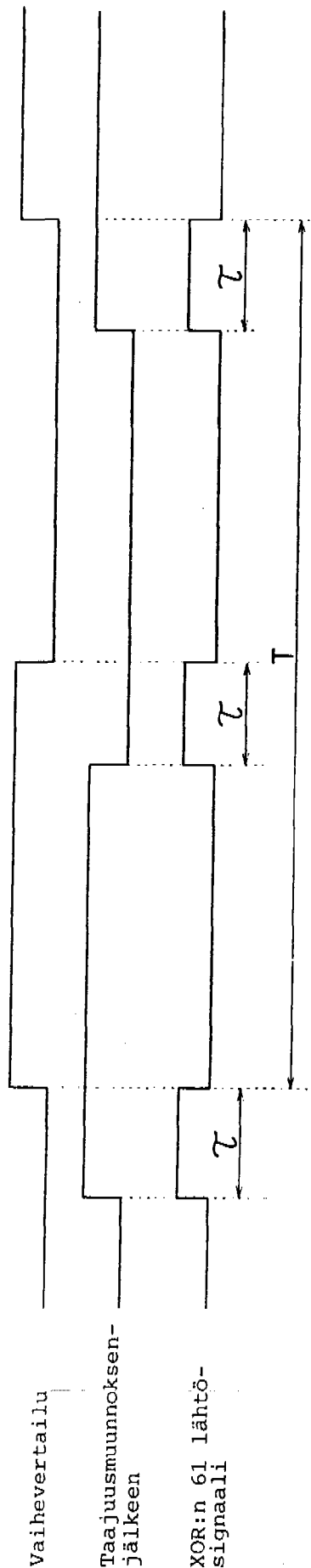
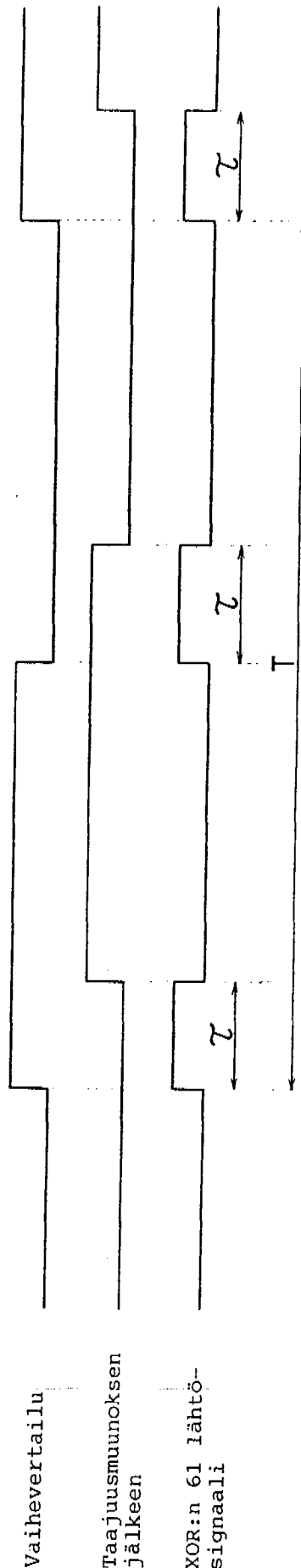


FIG. 3

Vaihe edellä

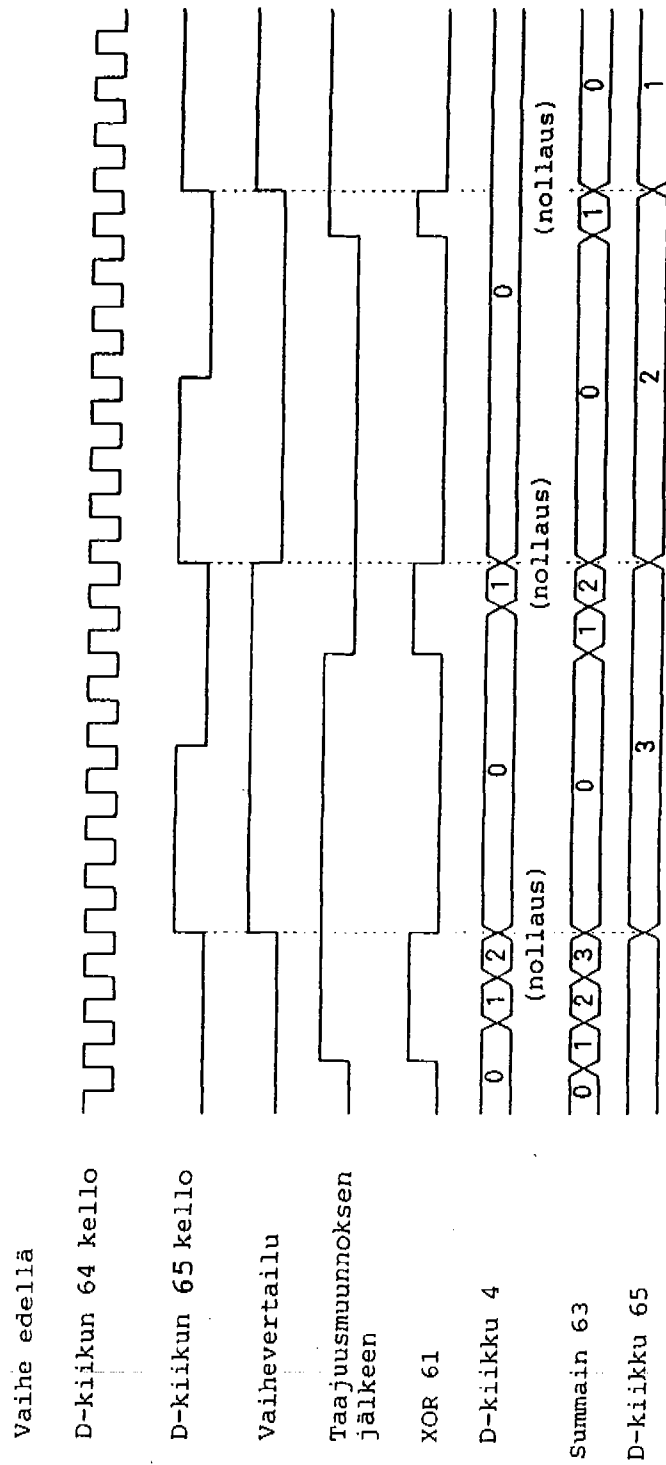


Vaihe jäljessä



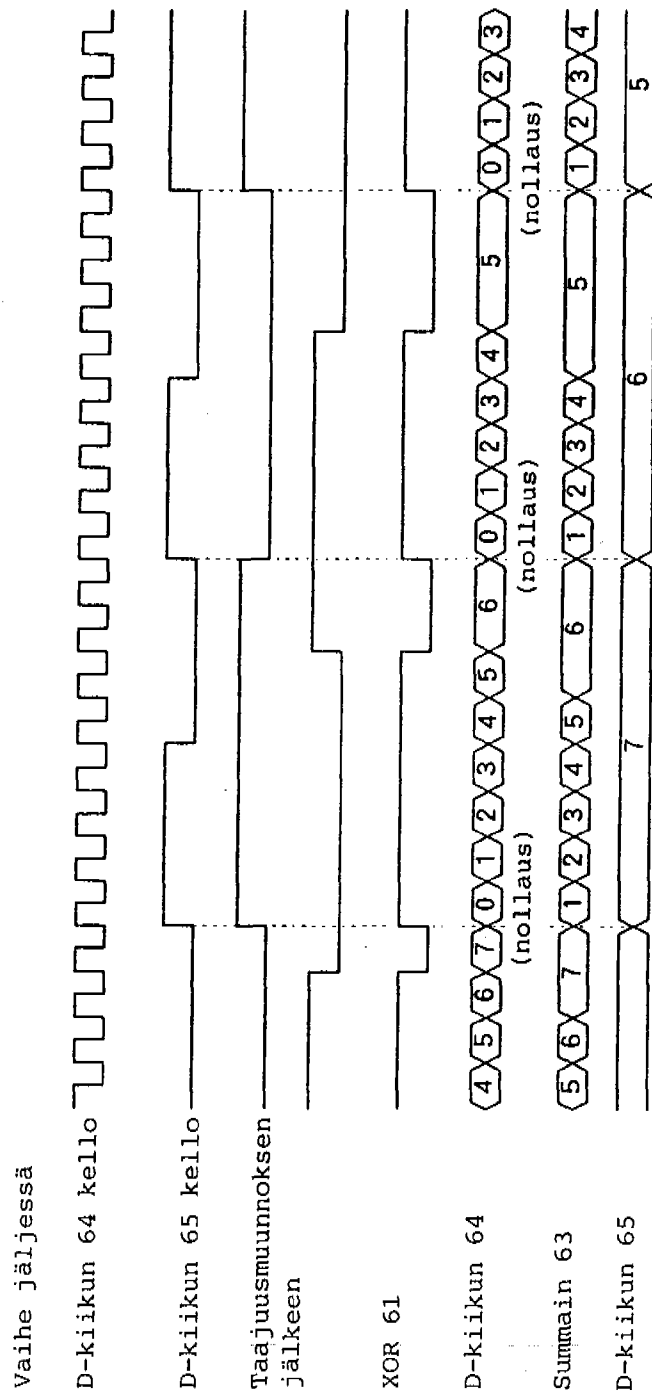
000493 923070

FIG. 4



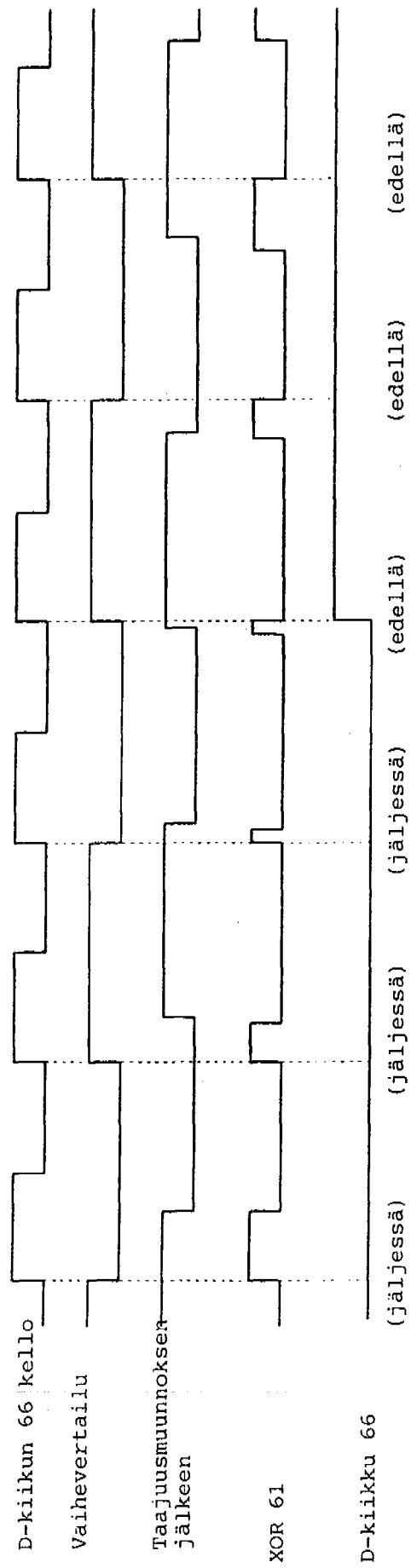
2004-93 930070

FIG. 5



000493 995070

FIG. 6



2008-03 303870

FIG. 7

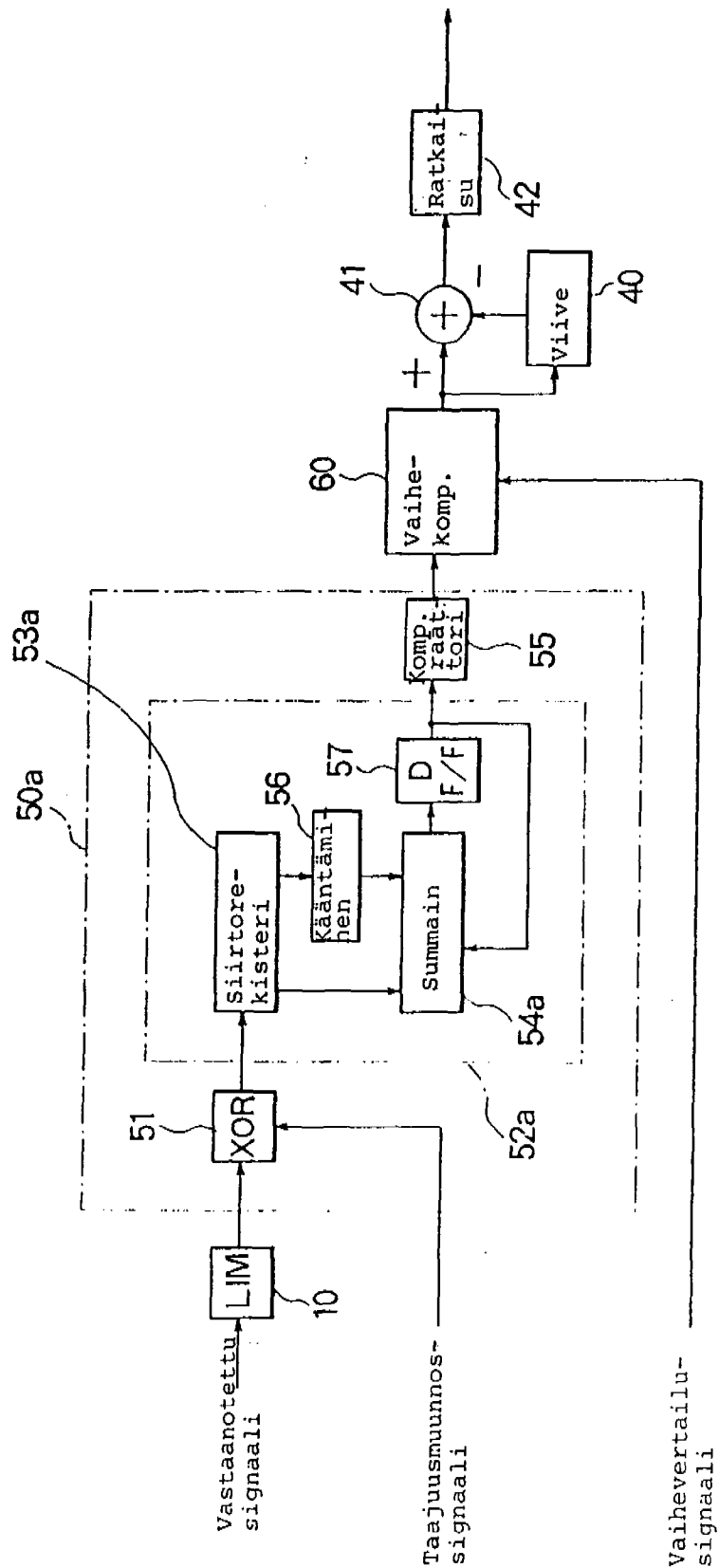
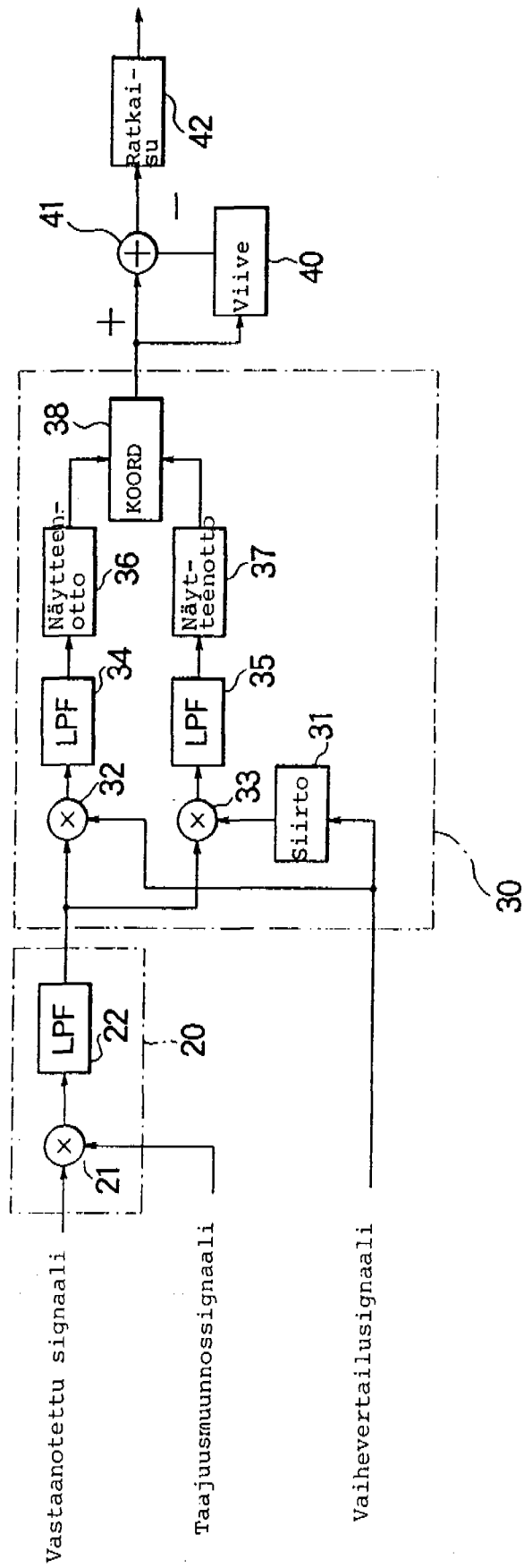


FIG. 8



2004-33 300000

FIG. 9

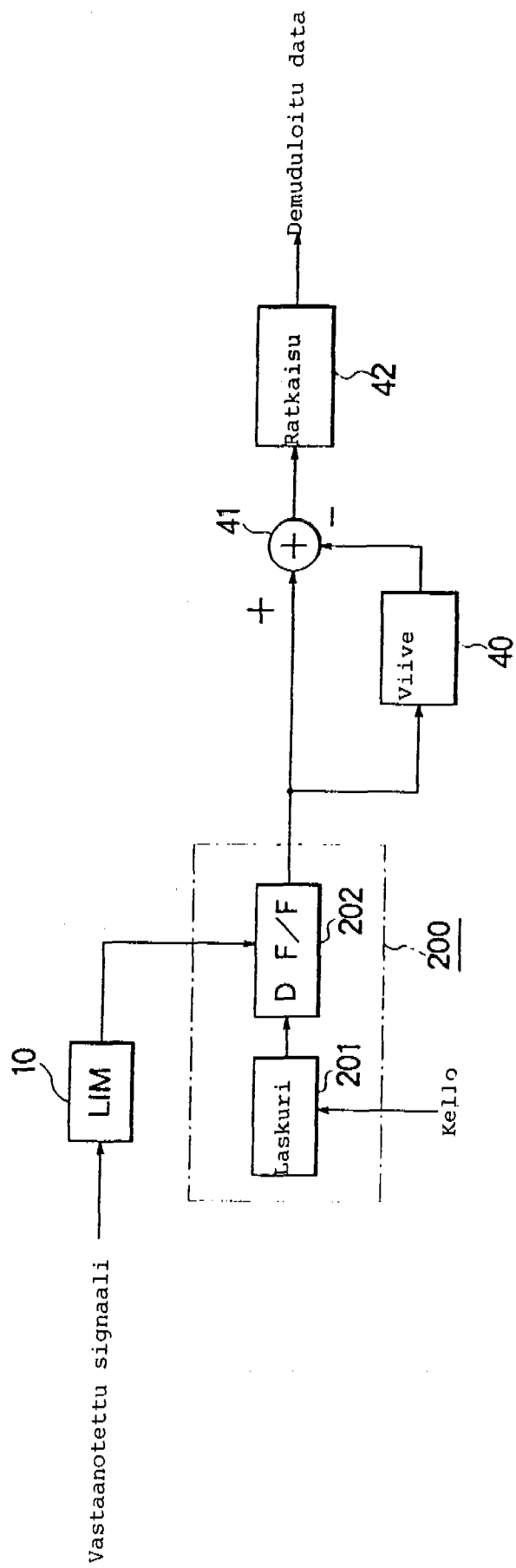


FIG. 10

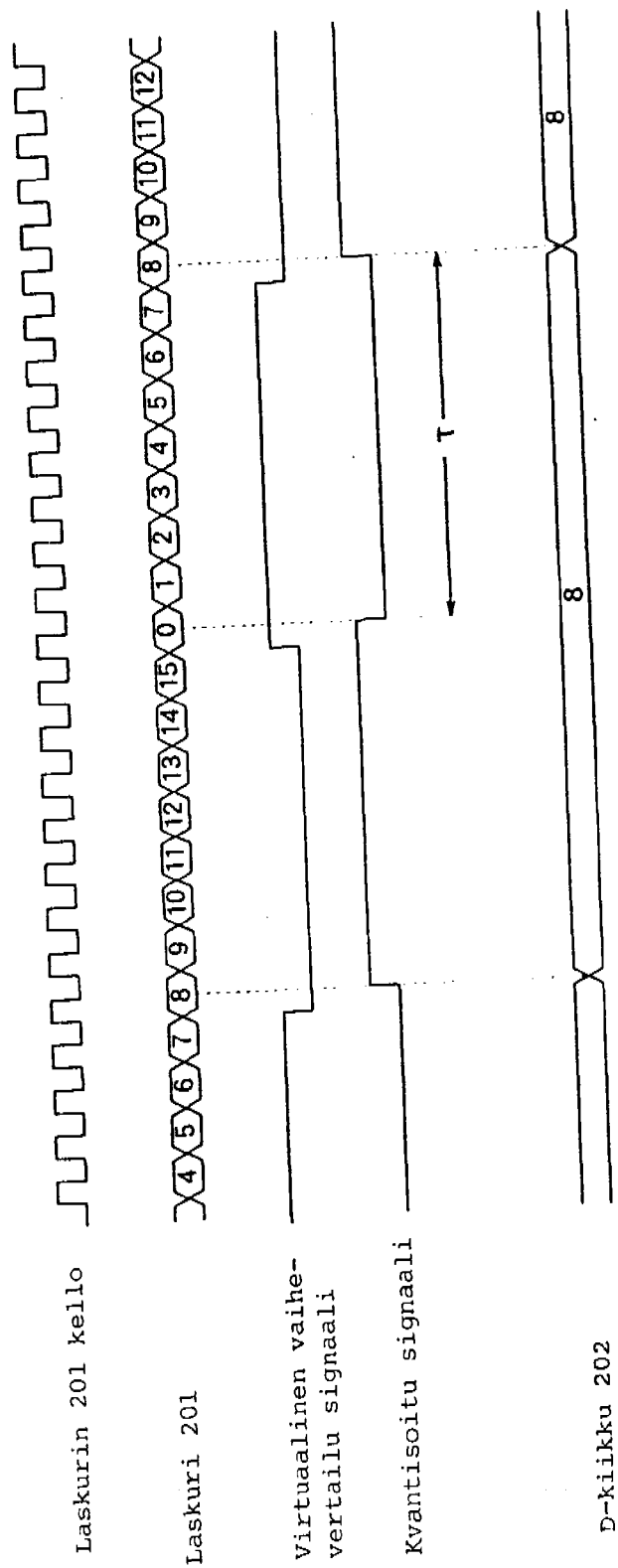


FIG. 11

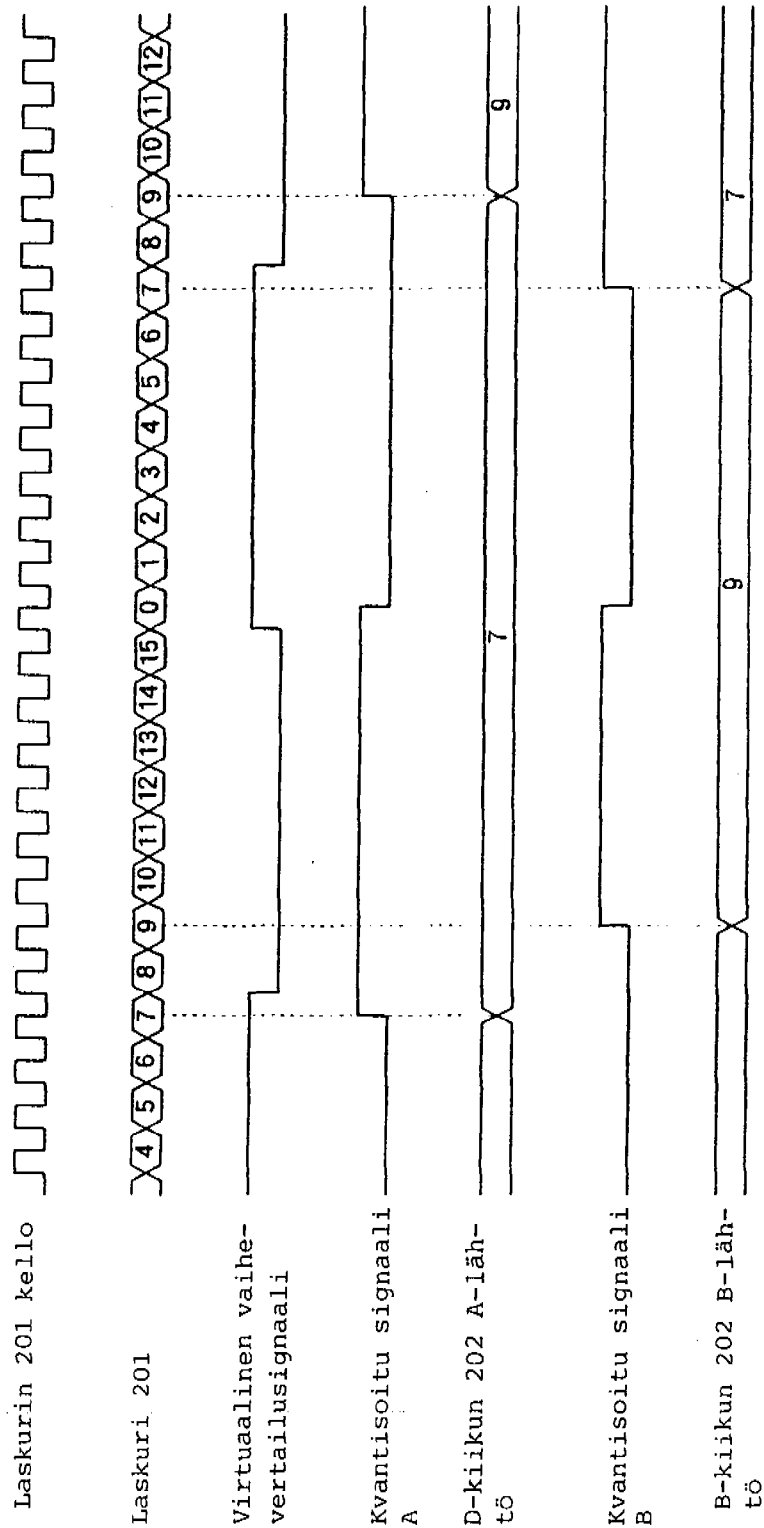


FIG. 12

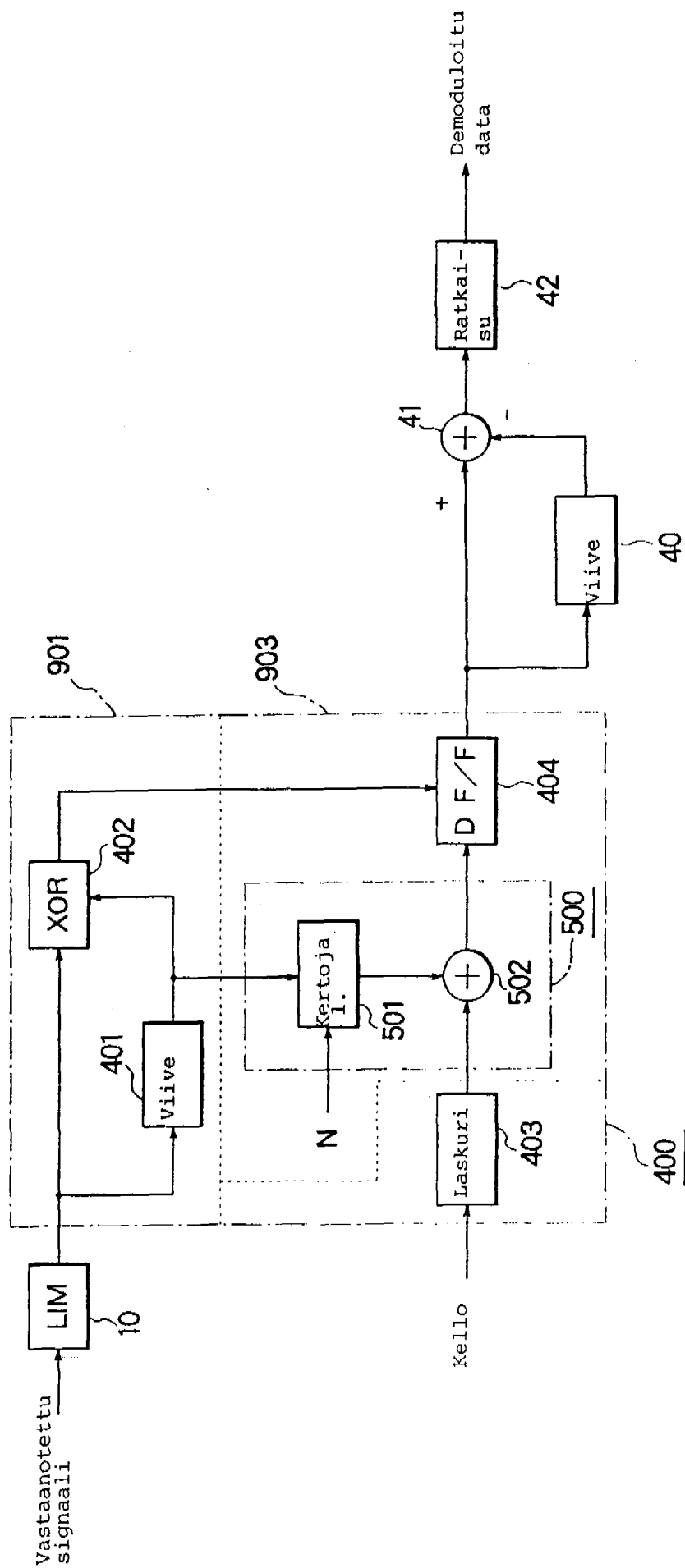


FIG. 13

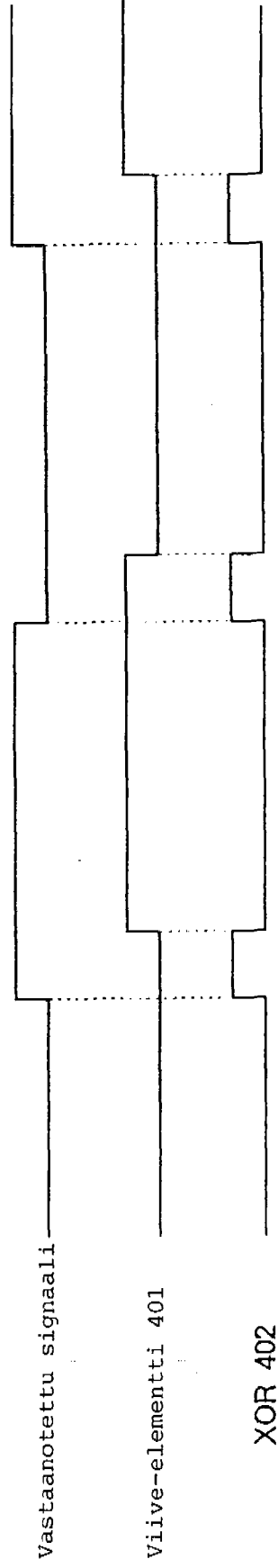


FIG. 14

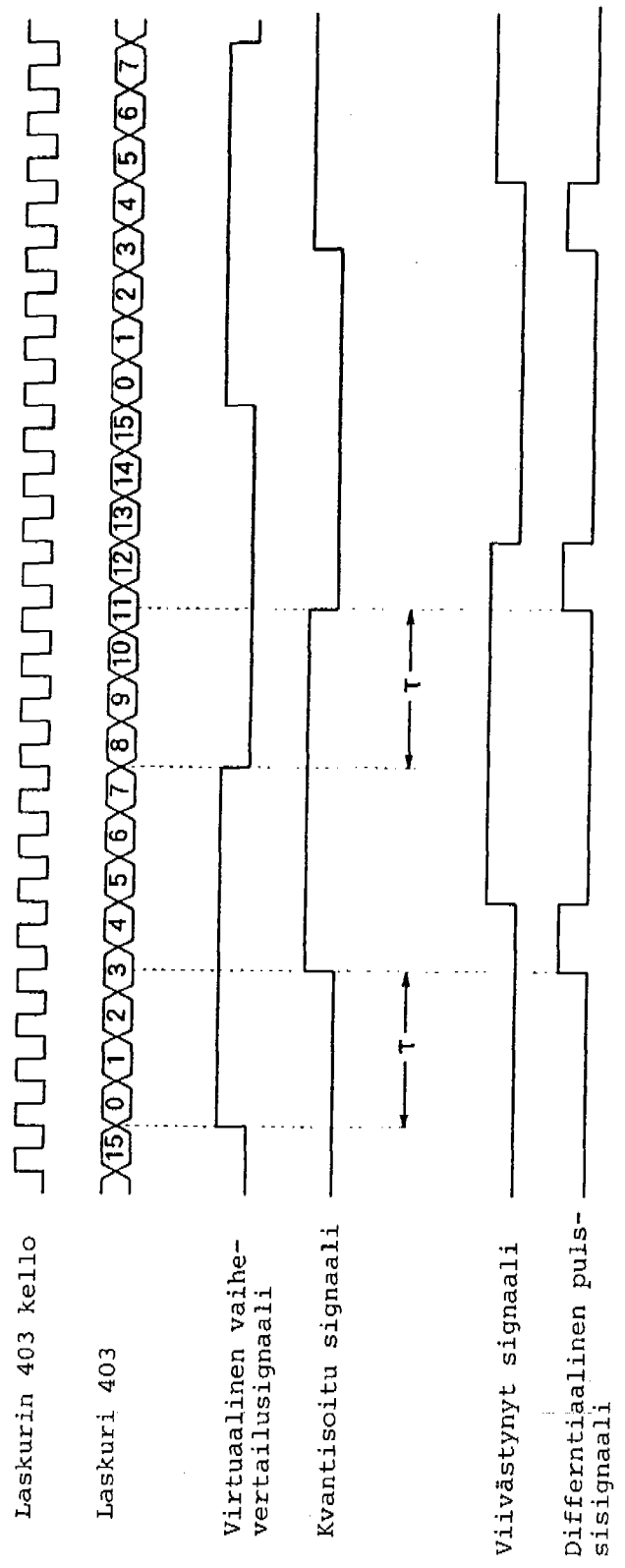


FIG. 15

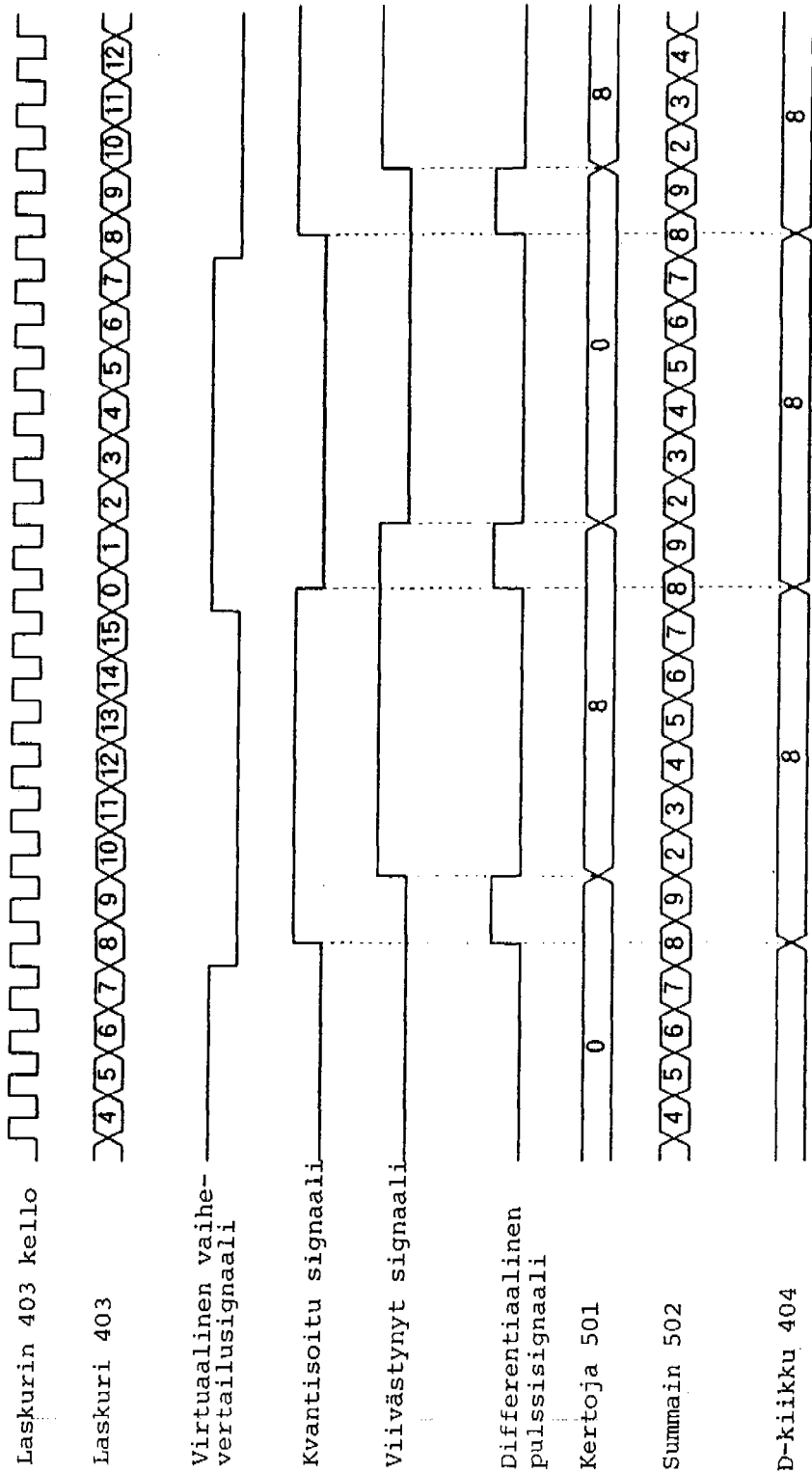
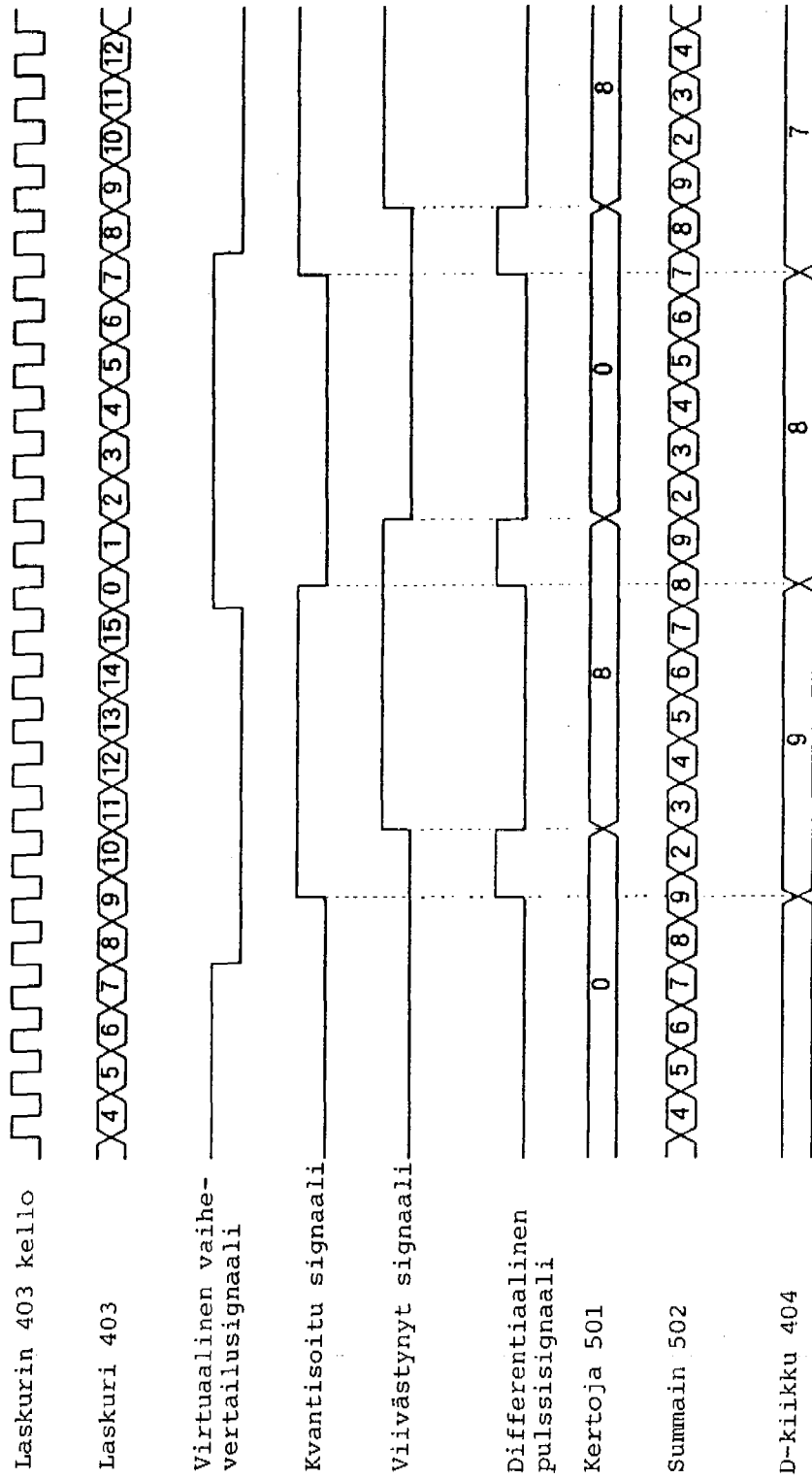


FIG. 17



30.04.93 08:33:30

FIG. 19

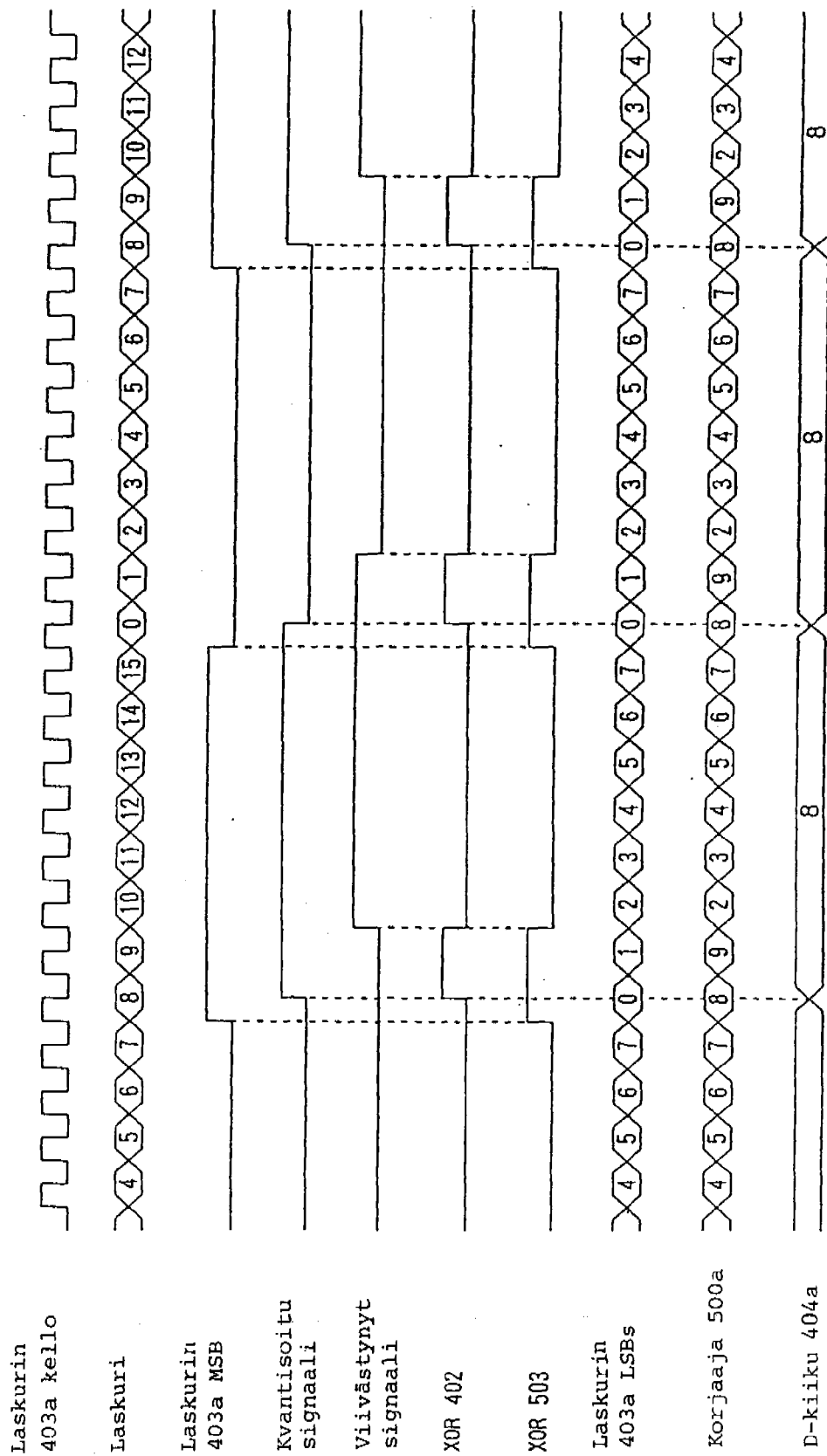


FIG. 20

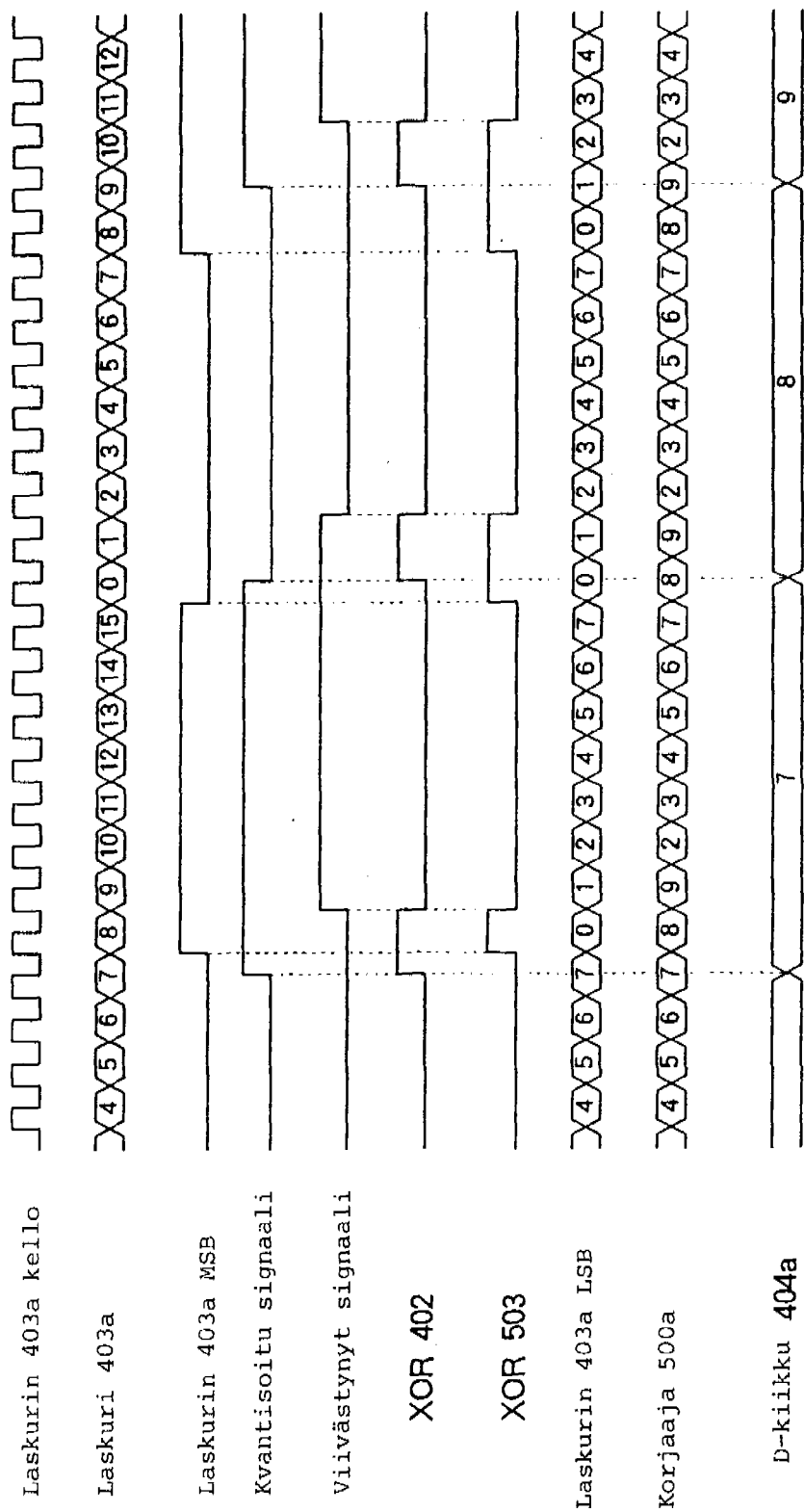


FIG. 21

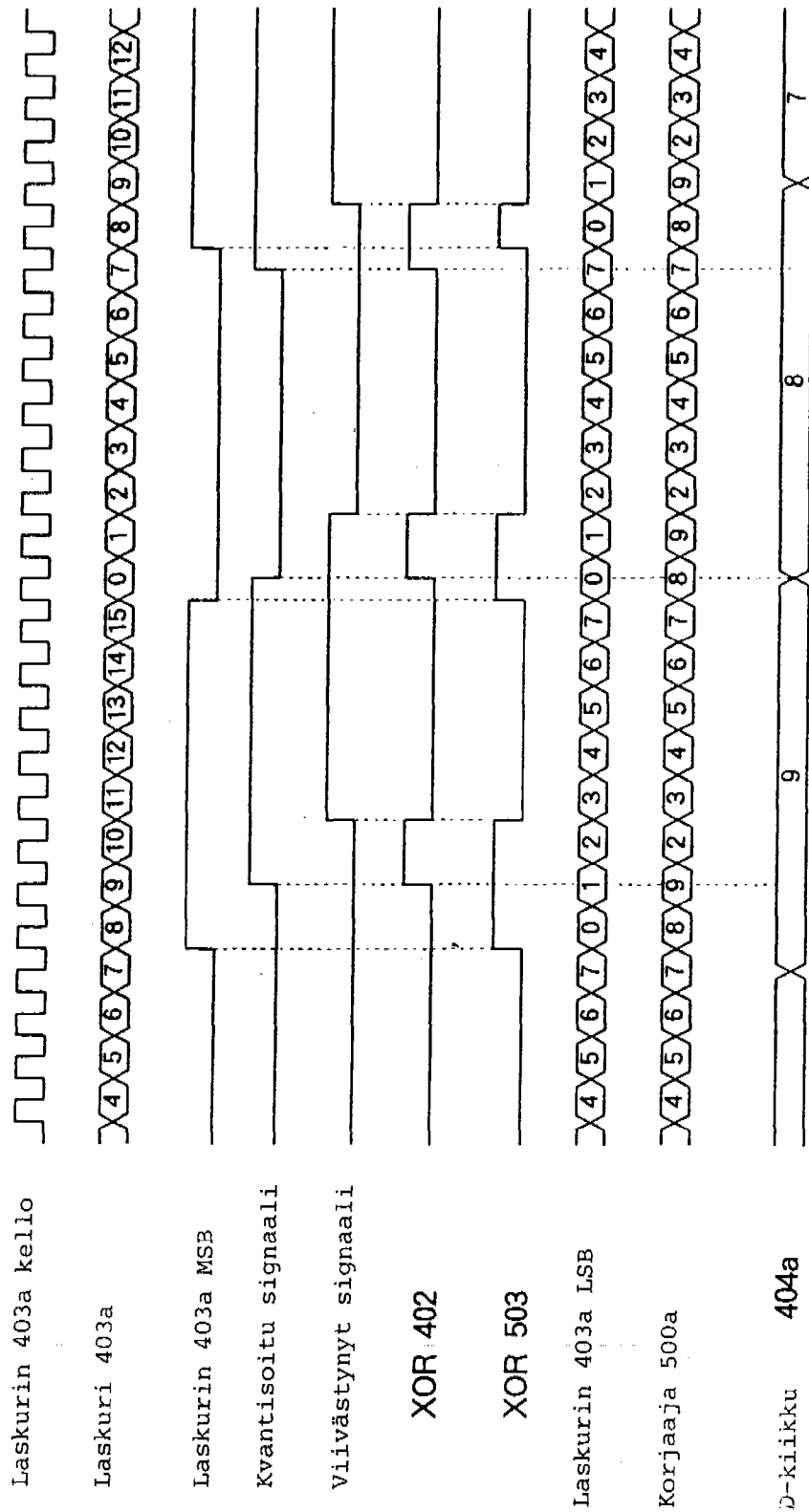


FIG. 22

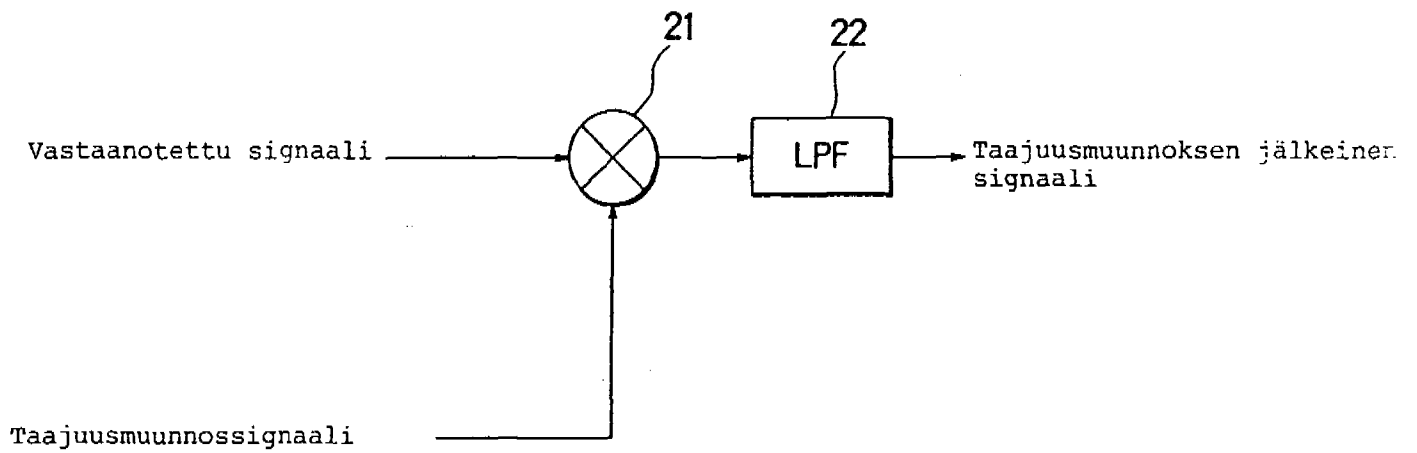


FIG. 23

