



F 1 0 0 0 1 0 7 8 5 5 B



SUOMI - FINLAND
(FI)

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS
PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN

(12) PATENTTIJULKAISU
PATENTSKRIFT

(10) FI 107855 B

(45) Patenti myönnetty - Patent beviljats

15.10.2001

(51) Kv.lk.7 - Int.kl.7

H04B 14/06, H03M 3/02, H03D 7/16

(21) Patentihakemus - Patentansökning

933989

(22) Hakemispäivä - Ansökningsdag

10.09.1993

(24) Alkupäivä - Löpdag

10.09.1993

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig

11.03.1995

(73) Haltija - Innehavare

1 •Nokia Mobile Phones Ltd., PL 86, 24101 Salo, SUOMI - FINLAND, (FI)

(72) Keksijä - Uppfinnare

1 •Hulkko, Jaakko, Geologintie 6, 90570 Oulu, SUOMI - FINLAND, (FI)

2 •Kontas, Veijo, Mäkikuusentie 6 A 1, 90240 Oulu, SUOMI - FINLAND, (FI)

3 •Siren, Lauri, Talvikkitie 17 B 1, 90580 Oulu, SUOMI - FINLAND, (FI)

(74) Asiamies - Ombud: Berggren Oy Ab
Jaakonkatu 3 A, 00100 Helsinki

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning

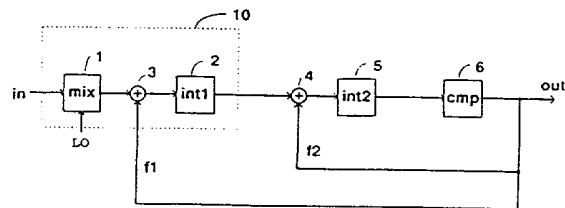
Vt-signaalin demodulointi sigma-delta-muuntimella
Demodulering av mf-signal med sigma-delta-konverter

(56) Viitejulkaisut - Anförda publikationer

EP A 461720 (H04B 14/06), EP A 186151 (H04B 14/04), WO A 89/07368 (H03M 3/00)

(57) Tiivistelmä - Sammandrag

Vastaanotettu vt-signaali johdetaan keksinnön mukaisesti sigma-delta-signaaliimuuntimen tuloasteeseen, joka on toteutettu switched capacitor -integraattorina (10), jonka ensimmäinen kytkin (1) toimii sekoittimena. Sekoittimen lähtö johdetaan summaimen (3) toiseen tuloon, ja sen toisena tulona on sigma-delta-signaaliimuuntimen takaisinkytkentäsignaali (f1), joka myös johdetaan desimaattorin ja alipäästösuodatuksen kautta kantataajuiseksi lähtösignaaliksi.



Enligt uppfinningen leds den mottagna mf-signalen till ingångssteget i en sigma-delta-konverter som bildas av en switched capacitor -integrator (10), vars första switch (1) fungerar som blandare. Blandarens utgång leds till summerarens (3) ena ingång, och dess andra ingång utgörs av sigma-delta-konverterns återkopplingssignal (f1), som även leds via en decimator och lågpassfiltrering att utgöra basbands-utgångssignalen.

Vt-signaalin demodulointi sigma-delta-muuntimella -
Demodulering av mf-signal med sigma-delta-konverter

5 Keksintö koskee patenttivaatimuksen 1 johdannon mukaista
vastaanottojärjestelyä moduloidun kantaaltosignaalin vas-
taanottamiseksi, jolloin järjestely käsittää sigma-delta-
signaalimuuntimen, kantaaltotaajuudella ohjatun sekoitin/
demodulaattorin ja ainakin yhden summainen suljetussa sig-
10 naalisilmukassa.

Alalla tunnetaan elektroninen vastaanottojärjestely moduloi-
dun kantaaltosignaalin vastaanottamiseksi, joka käsittää
kantaaltotaajuudella f_c syötetyn sekoitin/demodulaattorin,
15 ainakin yhden summainen suljetussa signaalisilmukassa, ali-
päästösuodattimen, yksibittisen sigma-delta-signaalimuunti-
men muodostaman ja näytteenottotaajuudella f_s syötetyn puls-
simuokkaimen, sekä digitaalisen desimaattorisuodattimen.
Tällainen vastaanottojärjestely voidaan tunnetulla tavalla
20 järjestää niin, että moduloitu kantaaltosignaali demoduloi-
daan sekoitin/demodulaattorilla, jonka lähtösignaali ali-
päästösuodatuksen jälkeen muunnetaan digitaalseksi signaa-
liksi sigma-delta-muuntimella. Kun tällaista rakennetta läh-
detään toteuttamaan diskreetein komponentein, se vaatii hy-
vin suuren pinta-alan piirilevyllä.

25
30 Lisäksi ac-kytketyt haarat, joilla on hyvin korkeat ylipääs-
tökulmat, johtavat suuriin aikavakioihin ja vastaavasti hi-
taaseen käynnistykseen. Piiriä nopeuttamalla voitaisiin
säästää tehoa, joka erityisesti radiopuhelinpiireissä on
oleellista.

35 Keksinnön tarkoituksena on nyt löytää sellainen vastaanoton
piirijärjestely, jolla voitetaan edellä mainitut haitat yk-
sinkertaisesti toteutettavalla piirillä.

Tämä tehtävä ratkaistaan patenttivaatimuksen 1 tunnusmerkki-
osassa esitetyllä piirijärjestelyllä. Keksinnön mukaisesti

vastaanotettu moduloitu kantoaaltosignaali ensin johdetaan sigma-delta-signaalimuuntimen tuloasteeseen, joka on toteutettu aikadiskreettinä näytteenottostruktuurina, jonka ensimmäinen elin toimii sekoittimena. Sekoittimen lähtö johdetaan mainitun summaimen toiseen tuloon, ja summaimen toisen tulona on sigma-delta-signaalimuuntimen takaisinkytkentäsignaali, joka myös johdetaan desimaattorin ja alipäästösuodatuksen kautta kantataajuiseksi lähtösignaaliksi. Tulosignaali sekoitetaan sakara-aallolla kantataajuudelle.

5

Oleellisena osana piirijärjestelyä on switched capacitor -integraattori järjestelyn ensimmäisenä portaana, jonka sisäiseen summauspisteeseen tuodaan takaisinkytkentäsignaali. Keksinnön mukaisessa piirissä tuleva moduloitu signaali sekoitetaan kantataajuiseksi signaaliksi ennen takaisinkytkettyä silmukkaa.

10

15

Perinteisesti sigma-delta-muuntimia on käytetty kantataajuisten signaalien muuntamiseksi. Keksinnön mukaan tätä käytetään nyt kuitenkin välitaajuiseen signaaliin. Periaatteessa sigma-delta-muuntimen kannalta ei ole väliä sillä, onko tulosignaali moduloitu vai kantataajuinen signaali.

20

Keksinnön mukaisella piirijärjestelyllä ratkaistaan vaikeat ac-kytkentäongelmat, tason ohjaus- ja ylipäästösuodatusongelmat. Samaten voidaan pienentää keskimääräistä tehonkulutusta lyhentämällä aikaa, joka kuluu vastaanottimen päällekytkemiseen varallaolosta aktiiviseen tilaan. Lisäetuna nähdään, että tarvittavien AGC-piirien määrää voidaan vähentää ja että osa tarvittavasta suoduksesta voidaan järjestää sigma-delta-muuntimen yhteyteen järjestämällä analogia/digitaalimuunnin, jolla on laaja dynaaminen tulo.

25

30

Keksintöä voidaan edullisesti soveltaa esim. radiopuhelimissa.

35

Keksintöä selostetaan seuraavassa yksityiskohtaisemmin esimerkin muodossa ja viitaten oheisiin piirustuksiin, joissa

- kuvio 1 esittää keksinnön mukaiseen vastaanottojärjestelmään kuuluvan sigma-delta-muuntimen lohkokaaaviota,
 kuvio 2 esittää ennestään tunnettua vastaanottojärjestelmän toteutusta ja
 5 kuvio 3 esittää vastaanottojärjestelmän erästä keksinnön mukaista toteutusta.

Keksinnön suoritusmuodossa käytetään sigma-delta-analogia/-digitaalimuunninta, jossa demodulaattori on toteutettu
 10 käyttäen switched capacitor -integraattoria 10 sekoittavana elementtinä. Piiriin on myös lisätty toinen silmukka, johon kuuluvat summain 4, integraattori 5 (int2) ja komparaattori 6 (cmp). Sigma-delta-muuntimen perusajatus on alan ammattilaiselle ilmeinen, eikä sitä sen vuoksi tässä yhteydessä
 15 selitetä tarkemmin.

Moduloitu vastaanottosignaali (in), esim. radiopuhelimen rf-osasta tuleva kaistanpäästösuodatettu vt-signaali, johdetaan elementin 10 sekoittimeen 1 (mix), johon myös syötetään
 20 signaalin in kanta-aallon taajuudella oskillaattorisignaali LO. Sekoittimen 1 lähtö johdetaan summaimen 3, jonka toisena tulona on takaisinkytkentäsignaali f1. Summaimen lähtö johdetaan integraattoriin 2. Sekoitin 1, summain 3 ja integraattori 2 on muodostettu switched capacitor -elementtinä
 25 10. Tämän elementin lähtö johdetaan toiselle summaimelle 4, jonka toisena tulona on takaisinkytkentäsignaali f2. Summaimen 4 lähtö johdetaan integraattorille 5 ja edelleen komparaattorille 6. Komparaattorin 6 lähtösignaali (out) johdetaan toisaalta edelleen sigma-delta-muuntimeen kuuluvaan
 30 desimaattoriin (ei esitetty) sekä suodatuksen (alipäästösuodatus) kautta kantataajuisena signaalina ulos piiristä, jolloin sitä voidaan käsitellä esim. digitaalisin signaalinkäsittelyvälinein. Signaali out on kytketty takaisinkytkentähaaroissa summaimille 3 (f1) ja vastaavasti 4 (f2).

35 Tunnetun tekniikan tason mukainen vastaanottojärjestelmä esitetään kokonaisuudessaan kuviossa 2. Siinä sigma-delta-

muuntimen tulosignaalit ovat kantataajuisia. Muut tiedot ovat seuraavat:

5 PHI1 = +45°
 PHI2 = -45°
 PHI3 = PHI4 = 0°
 LO1 = IF
 LO2 = ylinäytteenottotaajuus

10 Sigma-delta-muuntimeen johdetaan siis AGC-piirin kautta kuvion 2 tapauksessa kantataajuinen signaali, joka on saatu sekoittamalla välitaajuussignaali ja paikallisoskillaattorisignaali LO1 sekoitin/demodulaattorissa.

15 Eräs keksinnön mukainen vastaanottojärjestelmä esitetään kokonaisuudessaan kuviossa 3. Siinä tulosignaali on välitaajuinen. Muut tiedot ovat seuraavat:

20 Kuvio 3 PHI3 = +45°
 PHI4 = -45°
 LO1 = IF

25 Kuvion 3 modulaattori toteutetaan kuvion 1 mukaiseksi. Kantataajuinen lähtösignaali saadaan modulaattorista desimaattorin ja alipäästösuodattimen jälkeen.

Palataan jälleen kuvioon 1.

30 Keksinnön mukaisessa piirijärjestelyssä on toteutettu keksinnöllinen ajatus, jonka mukaan aikadiskreettiä näytteenottostruktuuria, esim. sigma-delta-muunninta, käytetään demodulaattorina, joka suoraan demoduloi vt-signaalin kantataajuiseksi signaaliksi; ts. vt-signaali ja sen kerrannaiset laskostuvat kantataajuudelle. Tässä käytetään hyväksi
 35 switched capacitor -integraattorin 10 tulossa olevaa kytkintä, joka toimii sekoittimena 1.

Välitaajuisen (kaistanpäästösuodatetun) vt-signaalin demodulointi eli sekoittaminen alas kantataajuudelle perustuu perinteisesti kertojan käyttöön. Tällöin moduloitu vt-signaali kerrotaan oskillaattorisignaali (LO). Synkronisessa demoduloinnissa oskillaattorin taajuus ja vaihe lukitaan kanta-

5 aaltoon esim. vaihelukitun silmukan (PLL) avulla. Sekoitustuotteen taajuusspektri muodostuu halutusta kantataajuisesta komponentista sekä komponenttispektreistä, jotka poistetaan alipäästösuodatuksella. Tällaista sekoitusprosessia voidaan

10 kuvata trigonometrisella lausekkeella:

$$\cos(a) * \cos(b) = 1/2 * \cos(a-b) + 1/2 * \cos(a+b) \quad (1)$$

Jos nyt $\cos(a)$ edustaa moduloitua vt-kantoaaltoa (kuviossa 1

15 "in"), niin:

$$a = \omega_0 * t + \text{PHI}, \quad (2)$$

jossa ω_0 on kantaallon kulmataajuus ja PHI on hetkellinen vaihemodulaatio (QAM, MSK, QPSK, GMSK, ...).

20

Ideaalitapauksessa termi $\cos(b)$ edustaa puhdasta sekoittavaa oskillaattoritaajuutta (LO):

25 $b = n * \omega_1 * t \quad (n = 1, 2, 3, \dots) \quad (3)$

jossa $n*\omega_1$ on sekoittimen oskillaattorin kulmataajuus.

Ideaalitapauksessa oskillaattorin taajuus ja vaihe lukitaan tulosignaalin (in) kantaallon taajuuteen ja vaiheeseen.

30 Näissä oloissa $\omega_0 = n*\omega_1$, ja termi $1/2*\cos(a-b)$ redusoituu tulokseksi $1/2*\cos(\text{PHI})$. Tämä kantataajuinen vaihe-erosignaali välittää datasyMBOLIT. Termi $1/2*\cos(a+b)$ edustaa taajuusspektrin komponenttia taajuudella $2*\omega_0$.

35 Sekoittava taajuus voi myös olla $LO + \Delta f$, joka on kantaallotaajuutta lähellä oleva taajuus. Tällöin tuloon syötetty signaali (in) laskostuu lähes kantotaajuiselle välitaajuu-

delle Δf . Jos moduloitu välitaajuus (ω_1) on 1010 kHz, voi sekoittava signaali $\omega_1 + \Delta f$ olla esimerkiksi 900 kHz, jolloin demoduloitu signaali on $-\Delta f$:n tasalla kantataajuuteen nähden. Lausekkeen (1) termi $\cos(b)$ ratkaistaan kaavalla

$$b = n * \omega_1 * t + \Delta \omega * t, \quad (4)$$

jossa $\Delta \omega$ on taajuutta Δf vastaava kulmataajuus.

Lauseke (1) pätee vain, jos kertojan molemmat tulot ovat puhtaita kosini-signaaleja. Sekoittava oskillaattorisignaali (LO) ja sekoitin ovat digitaalisia. Sekoitinta voitaisiin pitää näytteenotto- ja pitopiirinä, joka oskillaattorin tahdissa ottaa näytteitä tulosignaalista ja johtaa näytteet lähtöön näytteenottovälin verran vakiona pysyvänä signaalina. Oskillaattorisignaalia (LO) edustaa sakara-aalto, jonka perustaajuus on $n * \omega_1$. Lausekkeen (1) termin $\cos(b) = \cos(n * \omega_1 * t)$ sijasta saadaan nyt parittomien harmonisten sarja:

$$\cos(n * \omega_1 * t) + 1/3 * \cos(3 * n * \omega_1 * t) + 1/5 * \cos(5 * n * \omega_1 * t) + \dots \quad (5)$$

Lineaarisisä sekoittimessa (1) korkeamman kertaluokan kosinitermit sekoittuvat tulosignaaliin (ω_1) tuottaen taajuuksien summa- ja erotuskomponentteja sekoittimen (1) lähtösignaalin spektriin. Kaikki kantataajuista signaalia suuremmalla taajuudella olevat signaalit suodatetaan kuviossa 1 esittämättä olevalla suodattimella.

Edullisimmin sekoittavana elementtinä käytetään switched capacitor -piirin ensimmäistä kytkintä 1. Tässä tapauksessa myös oskillaattorisignaalin taajuuden kerrannaisten ympärillä olevat signaalikaistat laskostuvat kantataajuudelle, jolloin ei-toivotut sekoitustulokset suodatetaan pois.

Kun tulosignaali (ω_1) haaroitetaan kahteen eri haaraan, voidaan edullisella tavalla kumpaankin haaraan järjestää kuvion 1 mukaiset vastaanottopiirijärjestelyt, jolloin yksinkertai-

sella tavalla voidaan toteuttaa I/Q-moduloidun signaalin demodulointi (I = vaiheessa, Q = 90 asteen vaihesiirrossa) sinänsä tunnettuja periaatteita käyttäen. Kummankin haaran modulaattorien kellot tahdistetaan.

5

Alan ammattilainen havaitsee, että keksinnön mukainen piiri-järjestely on yksinkertaisesti toteutettavissa vain muutamia piirielementtejä käyttäen. Tästä saadaan etuna alentunut tehon kulutus ja piirin nopeutunut toiminta (nopea siirtymisen stand-by-tilasta aktiiviseen toimintatilaan ja päinvas-

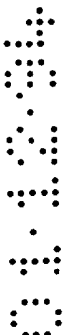
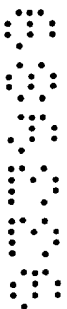
10 toin), jolla on erityisen suuri merkitys radiopuhelimissa.

Keksinnön mukaisessa ratkaisussa voidaan signaalin esisuodatus (moduloinnin jälkeen) suunnitella vapaasti vastaamaan

15 kulloisenkin piirin suunnittelutarpeita.

Kuvion 1 piirissä sigma-delta-muuntimen dc-poikkeama korjataan sisäistä digitaalista poikkeaman korjausta käyttäen.

20 Sigma-delta-modulaattoriin voidaan sisällyttää vahvistusportaita muuttamalla tulokapasitanssien suhteita modulaattorissa.



Patenttivaatimukset

1. Elektroninen vastaanottojärjestely moduloidun kantoaal-
 tosignaalin vastaanottamiseksi, jolloin järjestely käsittää
 sigma-delta-signaalimuuntimen, kantoaaltotaajuudella tai sen
 5 aliharmonisella taajuudella tai ainakin lähellä näitä ole-
 valla taajuudella ohjatun sekoitin/demodulaattorin ja aina-
 kin yhden summaimen suljetussa signaalisilmukassa, **tunnettu**
 siitä, että vastaanotettu moduloitu kantoaaltosignaali (in)
 ensin johdetaan sigma-delta-signaalimuuntimen tuloasteeseen
 10 (10), joka on toteutettu aikadiskreettinä näytteenottostruk-
 tuurina, jonka ensimmäinen elin (1) toimii sekoittimena, et-
 tä sekoittimen (1) lähtö johdetaan analogiasignaalin maini-
 tun summaimen (3) toiseen tuloon ja että summaimen (3) toi-
 sena tulona (f_1) on sigma-delta-signaalimuuntimen takaisin-
 15 kytkentäsignaali (out), jolloin lähtösignaali (out) johde-
 taan desimaattorin ja alipäästösuodatuksen kautta kantataa-
 juiseksi lähtösignaaliksi.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen vastaanottojärjestely,
 20 **tunnettu** siitä, että sekoitinelin (1) on oleellisesti kyt-
 kinelementti, jota ohjataan kantoaaltotaajuisella (L_0) tai
 sen aliharmonisen (L_0/n) taajuisella sakara-aaltosignaali-
 la, jolloin tuloon syötetty signaali (in) laskostuu kanta-
 taajuudelle.

3. Patenttivaatimuksen 1 tai 2 mukainen vastaanottojärjes-
 tely, **tunnettu** siitä, että sekoitettava taajuus (L_0) korvataan
 taajuudella $L_0 + \Delta f$, jolloin tuloon syötetty signaali (in)
 laskostuu lähes kantataajuiselle välitaajuudelle Δf .

4. Patenttivaatimuksen 1, 2 tai 3 mukainen vastaanottojär-
 30 jestely, **tunnettu** siitä, että mainittu tuloaste (10) on to-
 teutettu switched capacitor -integraattorina.

5. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen mukainen vastaan-
 ottojärjestely, **tunnettu** siitä, että sigma-delta-signaali-
 muunnin käsittää ainakin yhden säädettävän vahvistusporta-
 35 aan automaattista tason säätöä varten (AGC).

6. IQ-sekoitin/demodulaattori, jossa tulosignaali jaetaan kahteen haaraan I (in phase) ja vastaavasti Q (quadrature), **tunnettu** siitä, että kummassakin haarassa käytetään jonkin edellisen patenttivaatimuksen mukaista vastaanottojärjestelyä.

7. Patenttivaatimuksen 6 mukainen vastaanottojärjestely, **tunnettu** siitä, että tarvittava vaiheistusjärjestely tehdään joko tulosignaaliin (in), lokaaliin (LO) tai molemmille.

10

8. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen mukaisen vastaanottojärjestelyn käyttö radiopuhelimessa.

Patenttkrav

15 1. Elektroniskt mottagningsarrangemang för mottagning av en modulerad bärvågssignal, varvid arrangemanget innefattar en sigma-delta-signalomvandlare, en blandare/demodulator som styrs på bärvågsfrekvens eller dess harmoniska underfrekvens eller åtminstone i närheten av dessa och åtminstone en summerare i en sluten signalslinga, **kännetecknat** av att den mottagna modulerade bärvågssignalen (in) först leds till sigma-delta-signalomvandlarens ingångssteg (10), som utförts som en tidsdiskret provtagningsstruktur, vars första organ (1) fungerar som blandare, att blandarens (1) utgång leds som analog signal till nämnda summerares (3) andra ingång och att summerarens (3) andra ingång (f1) är en återkopplingssignal (out) från sigma-delta-signalomvandlaren, varvid utsignalen (out) leds via en decimator och lågpasfiltrering som utsignal på basfrekvens.

30

2. Mottagningsarrangemang enligt patentkrav 1, **kännetecknat** av att blandarorganet (1) är väsentligen ett kopplarelement, som styrs med en rektangulärvågssignal på bärvågsfrekvens (LO) eller dess harmoniska (LO/n) underfrekvens, varvid en till ingången inmatad signal (in) överlappar basfrekvensen.

35

3. Mottagningsarrangemang enligt patentkrav 1 eller 2, **kännetecknat** av att blandarfrekvensen (LO) ersätts med frekven-

sen $LO + \Delta f$, varvid en i ingången inmatad signal (in) nästan överlappar med en mellanfrekvens Δf på basfrekvens.

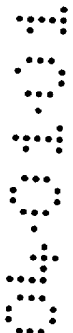
4. Mottagningsarrangemang enligt patentkrav 1, 2 eller 3,
5 **kännetecknat** av att nämnda ingångssteg (10) utförts som switched capacitor-integrator.

5. Mottagningsarrangemang enligt något av föregående patentkrav, **kännetecknat** av att sigma-delta-signalomvandlaren
10 innefattar åtminstone ett reglerbart förstärkningssteg för automatisk nivåreglering (AGC).

6. IQ-blandare/demodulator, där insignalen delas i två grenar I (in phase) respektive Q (quadrature), **kännetecknad**
15 av att i vardera grenen används ett mottagningsarrangemang enligt något av föregående patentkrav.

7. Mottagningsarrangemang enligt patentkrav 6, **kännetecknat** av att det behövliga fasningsarrangemanget utförs antingen på
20 insignalen (in), lokalen (LO) eller bägge.

8. Användning av ett mottagningsarrangemang enligt något av föregående patentkrav i en radiotelefon.



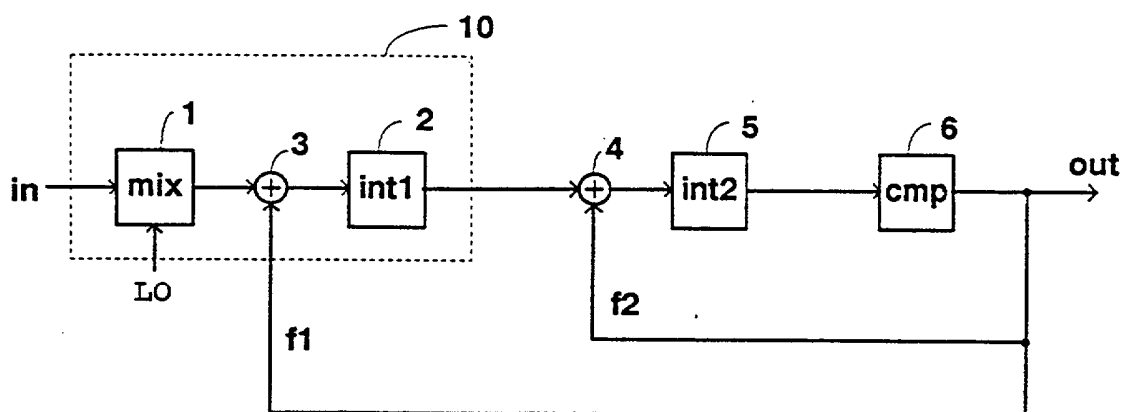
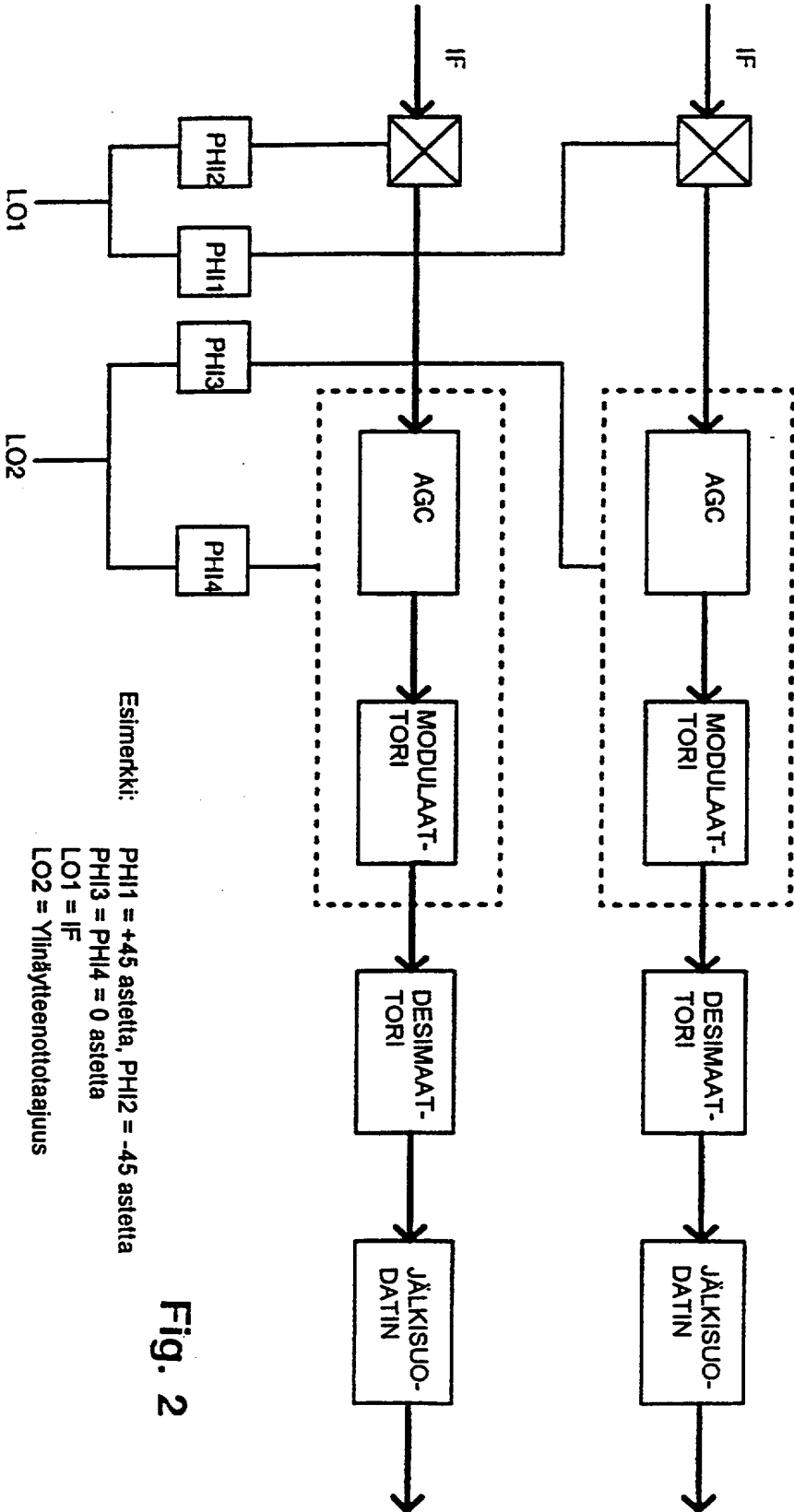


Fig. 1

7
8
9
0
1
2
3
4
5
6



Esimerkki:

PH11 = +45 astetta, PH12 = -45 astetta

PH13 = PH14 = 0 astetta

LO1 = IF

LO2 = Yhdistyneen taajuus

Fig. 2



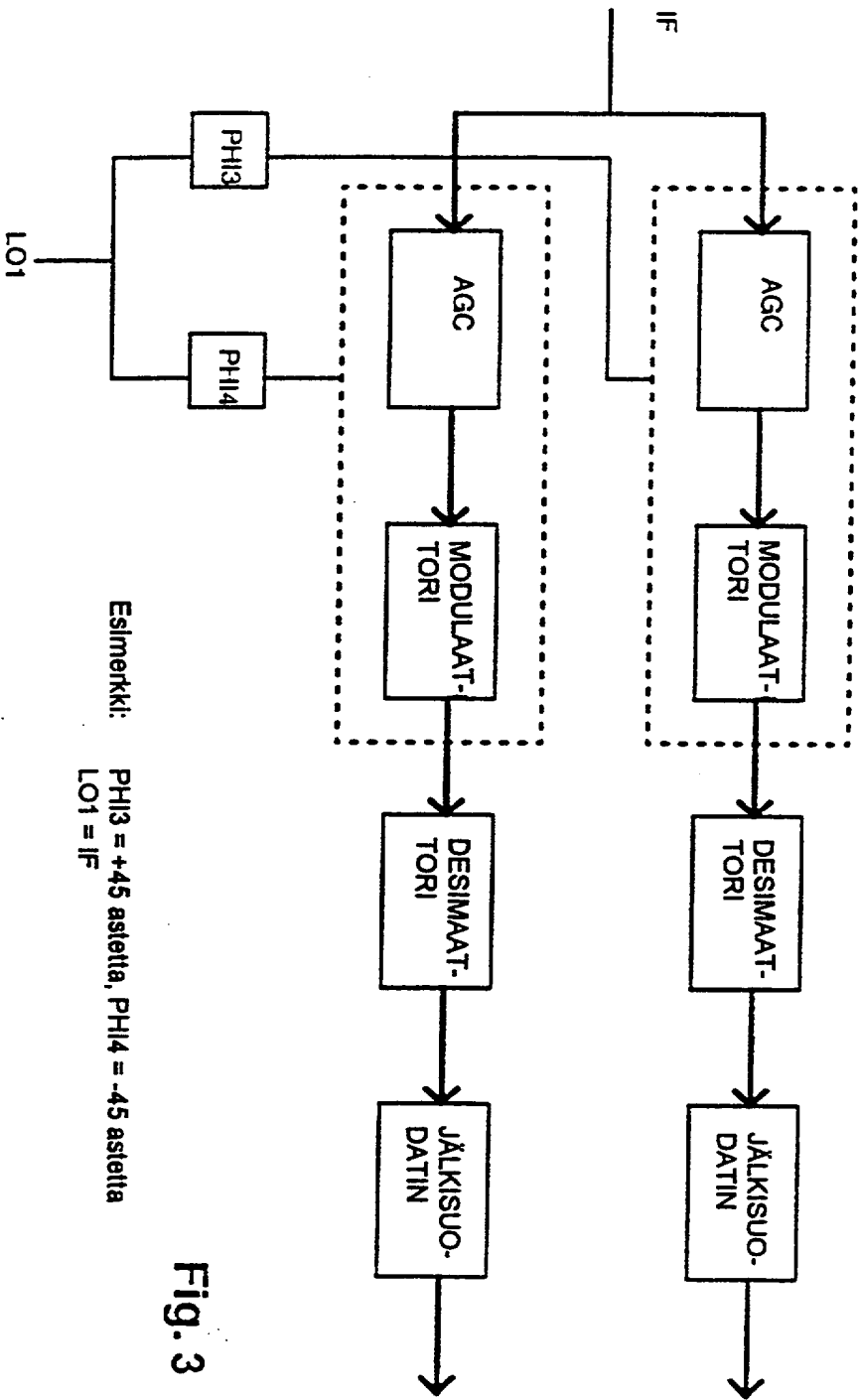


Fig. 3

Esimerkki: PH13 = +45 astetta, PH14 = -45 astetta
LO1 = IF

