



SUOMI-FINLAND
(FI)

Patentti- ja rekisterihallitus
Patent- och registerstyrelsen

(12) PATENTTIJULKAISU
PATENTSKRIFT

(10) FI 102702 B

(45) Patentti myönnetty - Patent beviljats 29.01.1999

(51) Kv.lk.6 - Int.kl.6

H 04B 1/16, H 03D 3/00

(21) Patenttihakemus - Patentansökning 961887

(22) Hakemispäivä - Ansökningsdag 03.05.1996

(24) Alkupäivä - Löpdag 03.05.1996

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig 04.11.1997

(73) Haltija - Innehavare

1. Nokia Mobile Phones Ltd, PL 86, 24101 Salo, (FI)

(72) Keksijä - Uppfinnare

1. Scheck, Hans-Otto, Soukan rantatie 8 E 43, 02360 Espoo, (FI)
2. Hyyryläinen, Jari, Impivaarankuja 3 C 8, 02880 Veikkola, (FI)
3. Pulkkinen, Otto, Melkonkatu 17 B 45, 00210 Helsinki, (FI)

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

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning

Menetelmä suoramuunnosvastaanottimen toteuttamiseksi 6-porttipiirillä
Förfarande för åstadkommande av en direktkonversionsmottagare med 6-portskrets

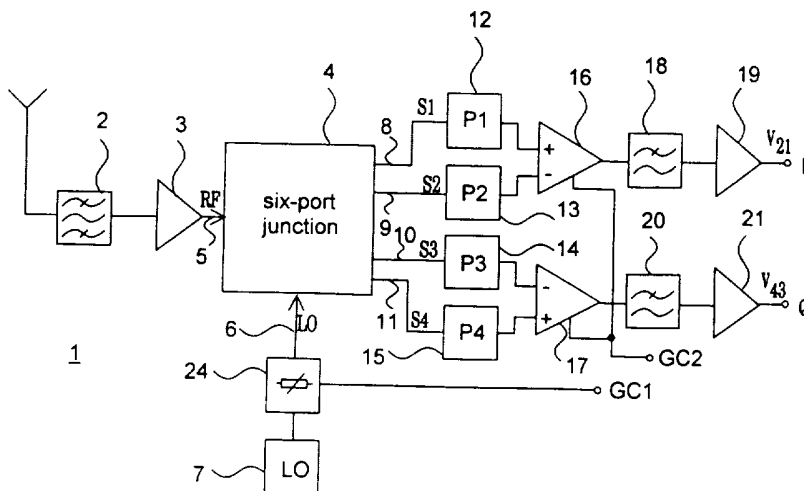
(56) Viitejulkaisut - Anförda publikationer

EP A 631400, EP A 594894, US A 4521892, US A 5003621

(57) Tiivistelmä - Sammandrag

Keksintö koskee menetelmää moduloituna lähetetyn informaation vastaanottamiseksi ja demoduloimiseksi suoramuunnosvastaanottimella, joka käsittää 6-porttipiirin (4). Menetelmässä demodulointi suoritetaan analogisesti.

Uppfinningen avser ett förfarande för mottagning av information översänd som modulerad och demodulering med en direktkonverteringsmottagare, som omfattar en 6-portskrets (4). I förfarandet genomförs demoduleringen analogt.



Menetelmä suoramuunnosvastaanottimen toteuttamiseksi 6-porttipiirillä

5 Keksintö kohdistuu patenttivaatimuksen 1 johdanto-osassa esitettyyn menetelmään koherentin ja epäkoherentin suoramuunnosvastaanottimen toteuttamiseksi 6-porttipiirillä sekä menetelmän mukaiseen koherenttiin ja epäkoherenttiin suoramuunnosvastaanottimeen.

10 Suoramuunnosvastaanottimessa radiotaajuiset signaalit muunnetaan suoraan kantataajuisiksi signaaleiksi, esim. I- ja Q-signaaleiksi (Inphase, Quadrature). Tämä pienentää vastaanottimessa tarvittavien suurtaajuuskomponenttien määrää, jolloin integrointiastetta voidaan nostaa. Suoramuunnosvastaanottimet soveltuvat tällöin erityisesti matkaviestimien vastaanottimiksi.

15 Tavanomainen suoramuunnosvastaanottimen toteutusperiaate on kahden sekoittimen, vaiheenkääntöelimien ja tehonjakajien käyttö, jolloin ensimmäiselle sekoittimelle johdetaan vastaanotettava radiotaajuinen signaali sekä paikallisoskillaattoritaajuus, ja toiselle sekoittimelle johdetaan vastaanotettava radiotaajuinen signaali sekä paikallisoskillaattori-
20 taajuus, joista toisen vaihe on käännetty 90°. Tällöin ongelmana on saada aikaan mahdollisimman ideaaliset sekoittimet, vaiheenkääntöelimet sekä tehonjakajat. I- ja Q-signaalien välinen epätasapaino sekä erityisesti sekoittimissa muodostuva erojännite aiheuttaa vastaanottimen herkkyyden huononemista, mikäli vastaanotettavan radiotaajuisen
25 signaalin lähellä on muita voimakkaita signaaleita.

Nyt esillä olevan keksinnön eräänä tarkoituksena on poistaa edellä mainitut epäkohdat ja aikaansaada menetelmä suoramuunnosvastaanottimen toteuttamiseksi sekä tällä menetelmällä toteutettu koherentti ja
30 epäkoherentti suoramuunnosvastaanotin. Keksinnön mukainen menetelmä perustuu siihen ajatukseen, että käytetään sinänsä tunnettua 6-porttipiiriä, jolla yhdistetään vastaanotettava radiotaajuinen signaali paikallisoskillaattoritaajuuteen eri vaihe-eroilla. Lähetetyn informaation demodulointi suoritetaan siten, että 6-porttipiirin muodostamista
35 neljästä ulostulosignaalista muodostetaan kutakin ulostulosignaalia vastaava tehosignaali. Neljää tehomittaria käytetään muodostettujen tehosignaalien mittaamiseen. Lisäksi käytetään analogisia summaimia, jotka muodostavat tehomittareiden ulostulosignaaleista kantataajuiset

signaalit. Epäkoherentista vastaanottimesta saadaan kantataajuinen I- ja Q-signaali ja koherentista vastaanottimesta kantataajuinen amplitudi- ja vaihesignaali. Keksinnön mukaiselle menetelmälle on tunnusomaista se, mitä on sanottu oheisen patenttivaatimuksen 1 tunnusmerkkiosassa. Keksinnön mukaiselle epäkoherentille suoramuunnosvastaanottimelle on tunnusomaista se, mitä on sanottu oheisen patenttivaatimuksen 6 tunnusmerkkiosassa. Keksinnön mukaiselle koherentille suoramuunnosvastaanottimelle on tunnusomaista se, mitä on sanottu oheisen patenttivaatimuksen 7 tunnusmerkkiosassa.

10 Keksinnöllä saavutetaan merkittäviä etuja. Keksinnön mukaisessa menetelmässä ei käytetä sekoittimia, vaan tehomittareita, jotka voidaan toteuttaa yksinkertaisemmin ja ne voidaan suunnitella hyvin tarkoin, jolloin voidaan välttyä sekoittimien epälineaarisuuden tuomilta ongelmilta. Vastaanottimen mahdolliset epäideaalisuudet voidaan helposti eliminoida kalibroimalla. Tehomittarina voidaan käyttää mm. diodia. Koherentti vastaanotin voidaan toteuttaa takaisinkytkentää käyttämällä. Tällöin vastaanotettavan signaalin ja paikallisoskillaattoritaajuuden välinen vaihe-ero pidetään oleellisesti vakiona. Tällöin koherentin 6-porttipiirin lähtöjen signaalit ovat suoraan verrannollisia vastaanotetun signaalin vaiheeseen ja amplitudiin. Koherentti vastaanotin on edullinen amplitudi- tai taajuusmoduloidun signaalin vastaanotossa. Tällöin saadaan parempi signaali-kohinasuhde kuin epäkoherentissa tapauksessa. Lisäksi demoduloitu analoginen signaali saadaan suoraan. 6-porttipiirilä toteutetussa epäkoherentissa vastaanottimessa ei tarvita takaisinkytkentää. Tällöin saadaan vastaanottimesta kantataajuiset I- ja Q-signaalit. Lisäksi keksinnön mukaisen vastaanottimen valmistamisessa voidaan käyttää suhteellisen edullisia komponentteja.

30 Keksintöä selostetaan seuraavassa tarkemmin viitaten samalla oheisiin piirustuksiin, joissa

kuva 1 esittää erästä keksinnön mukaista epäkoherenttia suoramuunnosvastaanotinta pelkistettynä lohkokaaavana,

35 kuva 2 esittää erästä keksinnön mukaista koherenttia suoramuunnosvastaanotinta pelkistettynä lohkokaaavana,

kuva 3a esittää tavanomaisen suoramuunnosvastaanottimen sekoittimen ulostulospektriä taajuustasossa, ja

5 kuva 3b esittää 6-porttipiirin yhden portin ulostulospektriä taajuustasossa.

Epäkoherentti 6-porttipiirillä toteutettu suoramuunnosvastaanotin voidaan toteuttaa seuraavasti.

10 Kuvassa 1 esitettyyn vastaanottimeen 1 tuodaan suurtaajuussignaali antennin ANT kautta. Antennilta ANT suurtaajuussignaali johdetaan kaistanpäästösuodattimelle 2, jossa vastaanotetusta signaalista suodatetaan pois vastaanottotaajuusalueen ulkopuolella olevat signaalit. Kaistanpäästösuodatettu signaali vahvistetaan suurtaajuusvahvistimessa 3. Vahvistettu suurtaajuinen signaali johdetaan edelleen 6-porttipiiriin 4 ensimmäiseen sisäänmenoporttiin 5.

20 6-porttipiiriin 4 toiseen sisäänmenoporttiin 6 johdetaan paikallisoskillaattorin 7 muodostama, vastaanotettavalla kanavataajuudella oleva taajuus. 6-porttipiirissä ensimmäiseen sisäänmenoporttiin 5 johdettu, vastaanotettu radiotaajuinen signaali RF summataan toiseen sisäänmenoporttiin 6 johdettavaan paikallisoskillaattoritaajuuteen LO eri vaiheisina, jolloin muodostuu neljä eri ulostulosignaalia S1, S2, S3, S4 6-porttipiiriin ulostuloportteihin 8, 9, 10, 11. Paikallisoskillaattoritaajuus LO on asetettu vastaanotettavalle kanavataajuudelle. Ensimmäinen ulostulosignaali S1 on vastaanotetun signaalin RF ja paikallisoskillaattoritaajuuden LO summa. Toinen ulostulosignaali S2 on vastaanotetun signaalin RF ja paikallisoskillaattoritaajuuden LO erotus. Kolmas ulostulosignaali S3 on vastaanotetun signaalin RF ja paikallisoskillaattoritaajuuden LO, joiden välillä on 90° vaihe-ero, summa. Neljäs ulostulosignaali S4 on vastaanotetun signaalin RF ja paikallisoskillaattoritaajuuden LO, joiden välillä on 90° vaihe-ero, erotus. Summauksessa muodostuu myös korkeampi-
30 taajuisia komponentteja, jotka voidaan poistaa alipäästösuodattamalla.

Ensimmäisestä ulostuloportista 8 ensimmäinen ulostulosignaali S1 johdetaan ensimmäiselle tehonmittauselimelle 12, joka on edullisesti diodi. Vastaavasti toisesta ulostuloportista 9 toinen ulostulosignaali S2 johdetaan toiselle tehonmittauselimelle 13, kolmannesta ulostuloportista 10 kolmas ulostulosignaali S3 johdetaan kolmannelle tehonmittauselimelle 14, ja neljännestä ulostuloportista 11 neljäs ulostulosignaali S4 johdetaan neljännelle tehonmittauselimelle 15.

Ensimmäinen tehonmittauselin 12 muodostaa ensimmäisen tehosignaalin P1, joka on ensimmäisen ulostulosignaalin S1 neliö (S_1^2). Myös muut tehosignaalit P2, P3, P4 muodostetaan neliöimällä vastaava ulostulosignaali S2, S3, S4. Ensimmäisessä summaimessa 16 muodostetaan ensimmäisen tehosignaalin P1 ja toisen tehosignaalin P2 erotus, joka alipäästösuodatetaan ensimmäisessä alipäästösuodattimessa 18 ja vahvistetaan ensimmäisessä pientaajuusvahvistimessa 19. Tällöin ensimmäisen pientaajuusvahvistimen 19 lähdöstä saadaan kantataajuinen I-signaali. Toisessa summaimessa 17 muodostetaan neljännän tehosignaalin P4 ja kolmannen tehosignaalin P3 erotus, joka alipäästösuodatetaan toisessa alipäästösuodattimessa 20 ja vahvistetaan toisessa pientaajuusvahvistimessa 21. Toisen pientaajuusvahvistimen 21 lähdöstä saadaan kantataajuinen Q-signaali.

Koherentti 6-porttipiirillä toteutettu vastaanotin voidaan toteuttaa lisäämällä kuvan 2 mukainen takaisinkytkentä Q-haarasta paikallisoskillaattorille 7. Tällöin vastaanotetun signaalin amplitudi saadaan I-haarasta ja vaihe derivaattorin 22 lähdöstä. Toisen pientaajuusvahvistimen 21 muodostamaa signaalia käytetään paikallisoskillaattoritaajuuden LO vaiheen säätöön, jolloin vastaanotettavan radiotaajuisen signaalin RF ja paikallisoskillaattoritaajuuden LO välinen vaihe-ero voidaan pitää oleellisesti vakiona.

Koherentissa ja epäkoherentissa vastaanotinsovelluksessa käytettävä 6-porttipiiri voidaan toteuttaa edullisesti vaiheilmaisimella tai korrelaattoripiirillä, kuten on esitetty esimerkiksi artikkelissa "An automatic microwave phase measurement system", Microwave Journal, Vol. 7, Feb. 1964. Tällainen 6-porttipiiri voidaan muodostaa kolmesta vaiheensiirtoelimestä ja yhdestä tehonjakapiiristä.

- Summaimet 16, 17, alipäästösuodattimet 18, 20 ja pientaajuusvahvistimet 19, 21 voidaan toteuttaa ainakin osittain myös digitaalista signaalinkäsittely-yksikköä (Digital Signal Processing, DSP) käyttäen, jolloin tarvitaan lisäksi analogia-digitaalimuuntimet (A/D) analogisen signaalin muuntamiseksi digitaalisiksi. Tämän sovelluksen epäkohtana on kuitenkin se, että erityisesti A/D-muuntimien on oltava laajakaistaisia, jolloin vastaanottimesta tulee kalliimpi kuin analogiatekniikalla toteutettuna. Lisäksi vastaanottimen tehonkulutus kasvaa.
- 5
- 10 Seuraavassa tarkastellaan keksinnön mukaista menetelmää matemaattisesti. Vaihemoduloidussa läheteessä informaatio sisältyy I- ja Q-komponentteihin. Niiden selvittämiseksi vastaanotettava radiotaajuinen signaali RF (merkitty kirjaimella b seuraavissa kaavoissa) voidaan jakaa paikallisoskillaattoritaajuudella LO (merkitty kirjaimella a seuraavissa kaavoissa). Tällöin saadaan
- 15

$$\frac{b}{a} = \frac{b_x + b_y \cdot i}{a_x + a_y \cdot i} = \frac{(a_x + a_y \cdot i) \cdot (b_x + b_y \cdot i)}{a_x^2 + a_y^2} = \frac{1}{a^2} (a_x b_x + a_y b_y + i \cdot (a_x b_y - a_y b_x)) \quad [1]$$

- missä a_x, b_x ja a_y, b_y ovat vastaanotettavan radiotaajuisen signaalin ' b ' ja paikallisoskillaattoritaajuuden ' a ' I- ja Q-komponentit.
- 20

Kaavasta [1] voidaan havaita, että demoduloidun signaalin I- ja Q-komponentit ovat

$$I = \frac{1}{|a|^2} (a_x b_x + a_y b_y) \quad [2]$$

25

$$Q = \frac{1}{|a|^2} (a_x b_y - a_y b_x) \quad [3]$$

Nämä voidaan esittää myös muodossa

$$\frac{b}{a} = \frac{|b|}{|a|} \exp(i\phi) = \frac{|b||a|}{|a|^2} (\cos\phi + i \cdot \sin\phi) \quad [4]$$

30

Yleinen, tunnettu ratkaisu $|a|$:n, $|b|$:n ja ϕ :n määrittämiseksi on neljän funktion valinta kuudesta mahdollisesta erilaisesta funktiosta. Tämä on esitetty mm. julkaisussa IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, Vol. 23, No. 12, December 1, 1975: "Using an Arbitrary Six-Port Junction to Measure Complex Voltage Ratios". Valittujen funktioiden täytyy olla lineaarisesti riippumattomia. Funktiot on ryhmitelty kolmeen ryhmään, mikä on esitetty taulukossa 1. Neljä riippumatonta funktiota voidaan valita taulukon 1 perusteella esim. siten, että jokaisesta ryhmästä valitaan yksi ja vielä valitsematta olevista funktioista valitaan yksi.

Taulukko 1.

Ryhmä 1	Ryhmä 2	Ryhmä 3
$ a ^2$	$ a + b ^2$	$ a + ib ^2$
$ b ^2$	$ a - b ^2$	$ a - ib ^2$

Vastaanotinsovelluksessa ei välttämättä tarvita tietoa vastaanotetun radiotaajuisen signaalin 'b' absoluuttisesta arvosta, vaan vastaanotetun radiotaajuisen signaalin 'b' ja paikallisoskillaattoritaajuuden 'a' suhteesta b/a . Tällöin vastaanotinsovelluksessa ei taulukon 1 ryhmän 1 funktioita välttämättä tarvita, koska nämä funktiot eivät anna informaatiota vastaanotetun radiotaajuisen signaalin ja paikallisoskillaattoritaajuuden välisestä vaiheesta, mutta niitä voidaan käyttää amplitudin määrittämisessä apuna.

Vastaanotetun radiotaajuisen signaalin ja paikallisoskillaattoritaajuuden välisen suhteen 'b/a' I- ja Q-komponenttien määrittämisessä voidaan käyttää taulukon 1 ryhmien 2 ja 3 funktioita. Nämä neljä yhtälöä ([5]...[8]) voidaan jakaa komponentteihin seuraavasti:

$$\begin{aligned}
 P1 = & \quad |a + b|^2 = (a_x + b_x)^2 + (a_y + b_y)^2 = a_x^2 + b_x^2 + a_y^2 + b_y^2 + 2 a_x b_x + 2 a_y b_y & [5] \\
 P2 = & \quad |a - b|^2 = (a_x - b_x)^2 + (a_y - b_y)^2 = a_x^2 + b_x^2 + a_y^2 + b_y^2 - 2 a_x b_x - 2 a_y b_y & [6] \\
 P3 = & \quad |a + ib|^2 = (a_x - b_y)^2 + (a_y + b_x)^2 = a_x^2 + b_x^2 + a_y^2 + b_y^2 - 2 a_x b_y + 2 a_y b_x & [7]
 \end{aligned}$$

$$P4 = |a - ib|^2 = (a_x + b_y)^2 + (a_y - b_x)^2 = a_x^2 + b_x^2 + a_y^2 + b_y^2 + 2 a_x b_y - 2 a_y b_x \quad [8]$$

5 I- ja Q-komponenttien laskemiseksi tarvitaan kolme edellä mainituista yhtälöistä. Mikäli kaikkia neljää yhtälöä käytetään, saadaan johdetuksi seuraavat kaavat:

$$I\text{-komponentti} = P1 - P2 = 4 a_x b_x + 4 a_y b_y = 4 I |a|^2 \quad [9]$$

$$Q\text{-komponentti} = P4 - P3 = 4 a_x b_y - 4 a_y b_x = 4 Q |a|^2, \quad [10]$$

10

missä I ja Q tarkoittavat kaavojen [2] ja [3] merkintöjä.

15 Teholukemien P1 ja P2 välinen erotus esittää kantataajuisen signaalin 0-vaiheista osaa ja teholukemien P4 ja P3 erotus esittää kantataajuisen signaalin 90° vaihesiirrossa olevaa osaa. Taulukossa 2 on esitetty I- ja Q-komponenttien määritykset eri teholukemien P1, P2, P3 ja P4 perusteella.

Taulukko 2

20

Käytetyt yhtälöt	I-komponentti	Q-komponentti
P1, P2, P3, P4	P1 - P2	P4 - P3
P1, P2, P3	P1 - P2	P1 + P2 - 2 P3
P1, P2, P4	P1 - P2	2 P4 - P1 - P2
P2, P3, P4	P3 + P4 - 2 P2	P4 - P3
P1, P3, P4	2P1 - P3 - P4	P4 - P3

Vaihekulma ϕ voidaan laskea käyttämällä yhtälöitä [4], [9] ja [10], jolloin saadaan kaavat:

$$25 \quad 4 |a| |b| \cos \phi = I\text{-komponentti} \quad [11]$$

$$4 |a| |b| \sin \phi = Q\text{-komponentti} \quad [12]$$

Nämä voidaan esittää myös tangenttina, jolloin saadaan kaava:

$$\tan(\phi) = \frac{Q\text{-komponentti}}{I\text{-komponentti}} \quad [13]$$

Kaavoissa I- ja Q-komponentit voidaan muodostaa taulukossa 2 esitetyllä tavalla tehokemistä P1, P2, P3 ja P4.

5 Tarkasteltaessa koherenttia vastaanotinta (kuva 2) ensimmäinen summamain 16 muodostaa siis ensimmäisen tehosignaalin P1 ja toisen tehosignaalin P2 erotuksen, jolloin ensimmäisen summamainen 16 lähtösignaali (I-komponentti) voidaan esittää muodossa (kaava 11):

$$V_{21} = P_1 - P_2 = 4ab * \cos(\phi(t)) \quad [14]$$

10 Vastaavasti toisen summamainen 17 lähtösignaali V_{43} esittää paikallisoskillaattoritaajuuden LO ja vastaanotettavan radiotaajuuden signaalin RF välistä eroa, kun signaaleilla on 90° vaihe-ero. Tämä voidaan esittää myös seuraavasti (kaava 12):

$$V_{43} = P_4 - P_3 = 4ab * \sin(\phi(t)) \quad [15]$$

15 Kaavoista [14] ja [15] voidaan nähdä mm. se, että lähtösignaalit V_{21} , V_{43} ovat verrannollisia vastaanotettavan radiotaajuuden signaalin RF ja paikallisoskillaattoritaajuuden LO amplitudien tuloon. Vahvistuksen säätö voidaan haluttaessa toteuttaa siten, että kontrolloidaan paikallisoskillaattoritaajuuden LO tehoa (GC1).

20

Paikallisoskillaattoritaajuuden LO pitämiseksi samanvaiheisena vastaanotettavan radiotaajuuden signaalin RF kanssa on kuvan 1 kytkentään muodostettu takaisinkytkentäsilmukka 23, jolloin toisen summamainen 17 muodostama, alipäästösuodatettu ja vahvistettu signaali johdetaan paikallisoskillaattorille 7. Paikallisoskillaattorissa 7 on sinänsä tunnettu säätöpiiri (ei esitetty), joka ohjaussignaalin perusteella säätää paikallisoskillaattoritaajuuden LO vaihetta. Tällöin paikallisoskillaattoritaajuus LO ja vastaanotettava radiotaajuinen signaali RF ovat samanvaiheisia, siis

25

30

$$\phi(t) = 0 \quad [16]$$

$$4ab * \cos(\phi(t)) = 4ab \quad [17]$$

$$4ab * \sin(\phi(t)) = 0 \quad [18]$$

35

Koska signaali V_{43} on verrannollinen vastaanotettavan radiotaajuuden signaalin taajuuden ja paikallisoskillaattoritaajuuden LO väliseen eroon,

voidaan vaiheinformaatio muodostaa derivoimalla signaali V_{43} ($d/dt[V_{43}]$). Derivaattorin 22 lähdöstä saadaan siis vaiheinformaatio.

5 Haluttaessa voidaan automaattinen vahvistuksen säätö toteuttaa sekä koherentissa että epäkoherentissa vastaanottimessa edullisesti siten, että ensimmäisen vahvistimen 19 lähtösignaali edelleen alipäästösuo-

10 datetaan ja vahvistetaan, ja johdetaan vahvistuksensäätöelimelle 24. Vahvistuksensäätöelin säätää paikallisoskillaattoritaajuuden LO voimakkuutta 6-porttipiirin toisessa sisäänmenoportissa 6.

15 Toinen mahdollisuus on säätää vahvistimien 16 ja 17 vahvistusta (GC2). Hyvän tasapainon säilyttämiseksi kanavien välillä täytyy vahvistuksen muutoksen olla yhtä suuri vahvistimissa 16 ja 17.

20 Keksinnön mukainen suoramuuunnosvastaanotin 1 voidaan toteuttaa myös siten, että muodostetaan useampia demodulointisignaaleja taulukossa 2 esitetyillä menetelmillä, jolloin varsinaiset demodulointisignaalit V_{21} , V_{43} muodostetaan yhdistämällä eri menetelmien muodostamat signaalit. Tällöin yhdessä tehosiignaalissa P1, P2, P3, P4 mahdollisesti olevan virheen vaikutus saadaan oleellisesti eliminoitua. Digitaalista signaalinkäsittely-yksikköä käytettäessä voidaan tämä toteutusvaihtoehto toteuttaa ohjelmallisesti. Sen sijaan pelkästään analogiatekniikalla toteutettuna tarvitaan useampia summaimia ja mahdollisesti myös alipäästösuo-

25 Seuraavassa on vertailtu keksinnön mukaisen vastaanottimen ja tavanomaisen, sekoittimilla toteutetun vastaanottimen toimintaa. Sekoittimessa diodia käytetään kytkimenä, sen sijaan 6-porttipiiri käyttää diodia tehoilmaisimena. Sekoittimessa kaikki vastaanottimen vastaanotto-

30 kaistalla olevat signaalit ($\omega_{RF}t + \omega_1t + \omega_2t \dots$) kerrotaan paikallisoskillaattoritaajuudella ($\omega_{LO}t$). Tässä ω_{RF} esittää vastaanotettavaa, haluttua signaalia ja ω_1t jne esittää häiritseviä (naapurikanavien) signaaleita. Tämä voidaan esittää seuraavalla kaavalla:

35
$$\sin(\omega_{LO}t) * (\sin(\omega_{RF}t) + \sin(\omega_1t) + \sin(\omega_2t) + \dots)$$

$$\sim \cos(\omega_{LO}t - \omega_{RF}t) + \cos(\omega_{LO}t - \omega_1t) + \cos(\omega_{LO}t - \omega_2t) \dots +$$
korkeamman asteen termit [27]

6-porttipiirissä kaikki vastaanotettavalla kanavataajuudella olevat signaalit summataan paikallisoskillaattoritaajuuteen joko samanvaiheisina tai 90° vaihe-erolla eri porteissa, jolloin summauksessa muodostuvat signaalit voidaan esittää lausekkeella

5

$$(((\omega_{LO} + \phi_1)t + (\omega_{RF} + \phi_k)t + (\omega_1 + \phi_k)t + (\omega_2 + \phi_k)t \dots)). [28]$$

Myös tässä ω_{RF} esittää vastaanotettavaa, haluttua signaalia ja ω_{1t} jne esittävät häiritseviä (naapurikanavien) signaaleita. Vaihe-ero (ϕ) signaalien välillä on siis 0 tai $\pm 90^\circ$ (normaali arvo).

10

Kuvassa 3a on esitetty sekoittimen ulostulon taajuusspektri taajuustasossa ja vastaavasti kuvassa 3b on esitetty 6-porttipiirin yhden portin taajuusspektri taajuustasossa. Tehonmittauselimet 12, 13, 14, 15 nelioivät 6-porttipiirin muodostamat signaalit, jolloin saadaan

15

$$\begin{aligned} & ((\omega_{LO} + \phi_1)t + (\omega_{RF} + \phi_k)t + (\omega_1 + \phi_k)t + (\omega_2 + \phi_k)t \dots)^2 \\ & \sim \cos(\omega_{LO}t - \omega_{RF}t + \phi_1 - \phi_k) + \cos(\omega_{LO}t - \omega_1t + \phi_1 - \phi_k) + \\ & \cos(\omega_{LO}t - \omega_2t + \phi_1 - \phi_k) + \underline{\cos(\omega_2t - \omega_1t + \phi_k - \phi_k)} \dots \\ & + \text{korkeamman asteen termit} \qquad [29] \end{aligned}$$

20

On huomattava, että kaavan [31] alleviivatussa signaalissa ei ole vaihesiirtoa. Joka tapauksessa tämä signaali voi sijaita kantataajuusalueella (kuva 3b).

25

Sen tutkimiseksi, kumoavatko kantataajuudella olevat intermodulointitulokset toisensa siinä vaiheessa, kun 6-porttipiirin lähtöporttien tehosignaalit summataan, lisätään kaavojen [5]...[8] yhtälöihin häiritsevä signaali 'c'. Tällöin saadaan lisätermit:

30

$$\begin{aligned} P1 &= |a + b + c|^2 = \dots + c_x^2 + c_y^2 + 2 a_x c_x + 2 b_x c_x + 2 a_y c_y + 2 b_y c_y \\ P2 &= |a - b - c|^2 = \dots + c_x^2 + c_y^2 - 2 a_x c_x + 2 b_x c_x - 2 a_y c_y + 2 b_y c_y \\ P3 &= |a + ib + ic|^2 = \dots + c_x^2 + c_y^2 - 2 a_x c_y + 2 b_y c_y + 2 a_y c_x + 2 b_x c_x \\ P4 &= |a - ib - ic|^2 = \dots + c_x^2 + c_y^2 - 2 a_x c_y + 2 b_y c_y - 2 a_y c_x + 2 b_x c_x \end{aligned}$$

35

Kun muodostetaan erotukset $P1 - P2$ ja $P4 - P3$, saadaan seuraavat lisätermit yhtälöihin [9] ja [10]:

$$I\text{-komponentti} = \dots + 4 a_x c_x + 4 a_y c_y$$

$$Q\text{-komponentti} = \dots + 4 a_x c_y - 4 a_y c_x$$

- 5 Nämä edustavat signaalia, jonka taajuus on $(\omega_{LO} - \omega_1)$, ja tämä voidaan suodattaa pois. Tästä voidaan nähdä se, että käytettäessä ideaalista (x^2) tehonmittausta, naapurikanavien signaalit eivät aiheuta intermodulointituloksia kantataajuudelle. Paikallisoskillaattoritaajuuden LO tason mahdollinen vaihtelu ei myöskään aiheuta virhettä I- ja Q-komponenttien välillä, koska tason vaihtelusta aiheutuvat virheet kumoutuvat summaimissa 16, 17.
- 10 Keksinnön mukaisella menetelmällä on mahdollista toteuttaa suoramuuunnosvastaanotin, jolla vaihemoduloinnilla lähetetty informaatio voidaan vastaanottaa ja muuttaa vaihe- ja amplitudi-informaatioksi.

Patenttivaatimukset

1. Menetelmä moduloituna lähetetyn informaation vastaanottamiseksi ja demoduloimiseksi suoramuunnosvastaanottimella, joka käsittää 6-porttipiirin (4), joka käsittää tuloportin ensimmäisen radiotaajuisen (RF) signaalin syöttämiseksi piiriin, toisen tuloportin toisen radiotaajuisen signaalin (LO) syöttämiseksi piiriin, välineet ainakin toisen tulosignaalin vaiheen siirtämiseksi ja välineet summasignaalien muodostamiseksi mainituista radiotaajuisista tulosignaaleista, tunnettu siitä, että demodulointi suoritetaan analogisesti.
2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, jossa 6-porttipiiriin (4) ensimmäiseen sisäänmenoporttiin (5) johdetaan vastaanotettava, radiotaajuinen signaali (RF) ja toiseen sisäänmenoporttiin (6) johdetaan paikallisoskillaattoritaajuus (LO), jolloin 6-porttipiirissä muodostetaan
- ensimmäinen ulostulosignaali (S1) summaamalla vastaanotettava radiotaajuinen signaali (RF) ja paikallisoskillaattoritaajuus (LO),
 - toinen ulostulosignaali (S2) vähentämällä vastaanotettavasta radiotaajuisesta signaalista (RF) paikallisoskillaattoritaajuus (LO),
 - kolmas ulostulosignaali (S3) summaamalla vastaanotettava radiotaajuinen signaali (RF) ja paikallisoskillaattoritaajuus (LO) siten, että signaalien (RF, LO) välillä on 90° vaihe-ero, ja
 - neljäs ulostulosignaali (S4) vähentämällä vastaanotettavasta radiotaajuisesta signaalista (RF) paikallisoskillaattoritaajuus (LO) siten, että signaalien (RF, LO) välillä on 90° vaihe-ero,
- jolloin menetelmässä muodostetaan ulostulosignaalien (S1, S2, S3, S4) tehosignaalit (P1, P2, P3, P4), tunnettu siitä, että lähetetyn informaation I-komponentin demodulointi suoritetaan vähentämällä toinen tehosignaali (P2) ensimmäisestä tehosignaalistista (P1), ja lähetetyn informaation Q-komponentin demodulointi suoritetaan vähentämällä kolmas tehosignaali (P3) neljännestä tehosignaalistista (P4).
3. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, jossa 6-porttipiiriin (4) ensimmäiseen sisäänmenoporttiin (5) johdetaan vastaanotettava, radiotaajuinen signaali (RF) ja toiseen sisäänmenoporttiin (6) johdetaan paikallisoskillaattoritaajuus (LO), jolloin 6-porttipiirissä muodostetaan
- ensimmäinen ulostulosignaali (S1) summaamalla vastaanotettava radiotaajuinen signaali (RF) ja paikallisoskillaattoritaajuus (LO),

- toinen ulostulosignaali (S2) vähentämällä vastaanotettavasta radiotaajuisesta signaalista (RF) paikallisoskillaattoritaajuus (LO),
 - kolmas ulostulosignaali (S3) summaamalla vastaanotettava radiotaajuinen signaali (RF) ja paikallisoskillaattoritaajuus (LO) siten, että signaalien (RF, LO) välillä on oleellisesti 90° vaihe-ero, ja
 - 5 - neljäs ulostulosignaali (S4) vähentämällä vastaanotettavasta radiotaajuisesta signaalista (RF) paikallisoskillaattoritaajuus (LO) siten, että signaalien (RF, LO) välillä on oleellisesti 90° vaihe-ero,
- jolloin menetelmässä muodostetaan ulostulosignaalien (S1, S2, S3, S4) tehosignaalit (P1, P2, P3, P4), tunnettu siitä, että lähetetyn informaation amplitudia vastaavan signaalin (V_{21}) demodulointi suoritetaan vähentämällä toinen tehosignaali (P2) ensimmäisestä tehosignaalista (P1), ja lähetetyn informaation vaihetta vastaavan signaalin (V_{43}) demodulointi suoritetaan vähentämällä kolmas tehosignaali (P3) neljännessä tehosignaalista (P4).
- 10
- 15
4. Jonkin patenttivaatimuksen 1—3 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että ilmaistun signaalin voimakkuutta säädetään ainakin osittain paikallisoskillaattoritaajuuden (LO) tasoa säätämällä.
- 20
5. Patenttivaatimuksen 4 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että paikallisoskillaattoritaajuuden (LO) tason säätösignaali (GC1) muodostetaan ilmaistusta I-signaalista tai ilmaistusta amplitudisignaalista (V_{21}) edullisesti alipäästösuodattamalla.
- 25
6. Epäkoherentti suoramuunnosvastaanotin (1) moduloituna lähetetyn informaation vastaanottamiseksi, joka vastaanotin käsittää 6-porttipiirin (4), jonka ensimmäiseen sisäänmenoporttiin (5) on järjestetty johdettavaksi vastaanotettava radiotaajuinen signaali (RF) ja toiseen sisäänmenoporttiin (6) on järjestetty johdettavaksi paikallisoskillaattoritaajuus (LO), jolloin 6-porttipiiri käsittää
- 30
- välineet (4, 8) ensimmäisen ulostulosignaalien (S1) muodostamiseksi summaamalla vastaanotettava radiotaajuinen signaali (RF) ja paikallisoskillaattoritaajuus (LO),
 - välineet (4, 9) toisen ulostulosignaalien (S2) muodostamiseksi vähentämällä vastaanotettavasta radiotaajuisesta signaalista (RF) paikallisoskillaattoritaajuus (LO),
 - 35 - välineet (4, 10) kolmannen ulostulosignaalien (S3) muodostamiseksi summaamalla vastaanotettava radiotaajuinen signaali (RF) ja paikallis-

- oskillaattoritaajuus (LO) siten, että signaalien (RF, LO) välillä on 90° vaihe-ero, ja
- välineet (4, 11) neljännen ulostulosignaalin (S4) muodostamiseksi vähentämällä vastaanotettavasta radiotaajuisesta signaalista (RF) paikallisoskillaattoritaajuus (LO) siten, että signaalien (RF, LO) välillä on 90° vaihe-ero, ja
 - välineet (12, 13, 14, 15) ulostulosignaalien (S1, S2, S3, S4) tehosignaalien (P1, P2, P3, P4) muodostamiseksi,
- tunnettu siitä, että vastaanotin (1) käsittää lisäksi**
- välineet (16, 18, 19) lähetetyn informaation I-signaalia vastaavan signaalin (V₂₁) muodostamiseksi, ja
 - välineet (17, 20, 21) lähetetyn informaation Q-signaalia vastaavan signaalin (V₄₃) muodostamiseksi.
7. Koherentti suoramuunnosvastaanotin (1) moduloituna lähetetyn informaation vastaanottamiseksi, joka vastaanotin käsittää 6-porttipiirin (4), jonka ensimmäiseen sisäänmenoporttiin (5) on järjestetty johdettavaksi vastaanotettava radiotaajuinen signaali (RF) ja toiseen sisäänmenoporttiin (6) on järjestetty johdettavaksi paikallisoskillaattoritaajuus (LO), jolloin 6-porttipiiri käsittää
- välineet (4, 8) ensimmäisen ulostulosignaalin (S1) muodostamiseksi summaamalla vastaanotettava radiotaajuinen signaali (RF) ja paikallisoskillaattoritaajuus (LO),
 - välineet (4, 9) toisen ulostulosignaalin (S2) muodostamiseksi vähentämällä vastaanotettavasta radiotaajuisesta signaalista (RF) paikallisoskillaattoritaajuus (LO),
 - välineet (4, 10) kolmannen ulostulosignaalin (S3) muodostamiseksi summaamalla vastaanotettava radiotaajuinen signaali (RF) ja paikallisoskillaattoritaajuus (LO) siten, että signaalien (RF, LO) välillä on 90° vaihe-ero, ja
 - välineet (4, 11) neljännen ulostulosignaalin (S4) muodostamiseksi vähentämällä vastaanotettavasta radiotaajuisesta signaalista (RF) paikallisoskillaattoritaajuus (LO) siten, että signaalien (RF, LO) välillä on 90° vaihe-ero, ja
 - välineet (12, 13, 14, 15) ulostulosignaalien (S1, S2, S3, S4) tehosignaalien (P1, P2, P3, P4) muodostamiseksi,
- tunnettu siitä, että vastaanotin (1) käsittää lisäksi**

- välineet (16, 18, 19) lähetetyn informaation amplitudia vastaavan signaalin (V₂₁) muodostamiseksi, ja
- välineet (17, 20, 21, 22) lähetetyn informaation vaihetta vastaavan signaalin (V₄₃) muodostamiseksi.

5

8. Patenttivaatimuksen 6 mukainen vastaanotin, **tunnettu** siitä, että

- välineet (16, 18, 19) lähetetyn informaation I-komponenttia vastaavan signaalin muodostamiseksi käsittävät ensimmäisen summainen (16), ja
- välineet (17, 20, 21) lähetetyn informaation Q-komponenttia vastaavan signaalin muodostamiseksi käsittävät toisen summainen (17).

10

9. Patenttivaatimuksen 7 mukainen vastaanotin (1), **tunnettu** siitä, että

- välineet (16, 18, 19) lähetetyn informaation amplitudia vastaavan signaalin (V₂₁) muodostamiseksi käsittävät ensimmäisen summainen (16), ja
- välineet (17, 20, 21, 22) lähetetyn informaation vaihetta vastaavan signaalin (V₄₃) muodostamiseksi käsittävät toisen summainen (17).

15

10. Jonkin patenttivaatimuksen 6—9 mukainen vastaanotin (1), **tunnettu** siitä, että vastaanotin (1) käsittää lisäksi välineet paikallisoskillaattoritaajuuden (LO) voimakkuuden säätämiseksi.

20

Patentkrav

25 1. Förfarande för mottagning och demodulering av information översänd som demodulerad med en direktkonverteringsmottagare innefattande en 6-portskrets (4), som innefattar en indataingång för inmatning av en första signal på radiofrekvens (RF) i kretsen, en andra indataingång för inmatning av en andra signal (LO) på radiofrekvens i kretsen, organ för överföring av

30 åtminstone den andra insignalens fas och organ för att generera summasignalen av nämnda insignaler på radiofrekvens, kännetecknat av att demoduleringen utförs analogt.

35 2. Förfarande enligt patentkrav 1, i vilket till den första indataingången (5) av 6-portskretsen leds en radiofrekvenssignal (RF) som skall tas emot, och till den andra indataingången (6) leds en lokaloscillatorfrekvens (LO), varvid i 6-portskretsen genereras

- en första utsignal (S1) genom att addera radiofrekvenssignalen (RF) som skall tas emot och lokaloscillatorfrekvensen (LO),
 - en andra utsignal (S2) genom att från radiofrekvenssignalen (RF) som skall tas emot subtrahera lokaloscillatorfrekvensen (LO),
 - 5 - en tredje utsignal (S3) genom att addera radiofrekvenssignalen (RF) som skall tas emot och lokaloscillatorfrekvensen (LO) så att en 90° fasskillnad uppstår mellan signalerna (RF, LO),
 - en fjärde utsignal (S4) genom att från radiofrekvenssignalen (RF) som skall tas emot subtrahera lokaloscillatorfrekvensen (LO) så att en fasskillnad
 - 10 på 90° uppstår mellan signalerna (RF, LO),
varvid effektiva signaler (P1, P2, P3, P4) av utsignalerna (S1, S2, S3, S4) genereras, kännetecknat av att demoduleringen av I-komponenten i den översända informationen utförs genom att subtrahera den andra effektiva signalen (P2) från den första effektiva signalen (P1) och demoduleringen av
 - 15 Q-komponenten i den översända informationen utförs genom att subtrahera den tredje effektiva signalen (P3) från den fjärde effektiva signalen (P4).
3. Förfarande enligt patentkrav 1, i vilket till den första indataingången (5) av 6-portskretsen (4) leds en radiofrekvenssignal (RF) som skall tas emot,
- 20 och till den andra indataingången (6) leds en lokaloscillatorfrekvens (LO),
varvid i 6-portskretsen genereras
- en första utsignal (S1) genom att addera radiofrekvenssignalen (RF) som skall tas emot och lokaloscillatorfrekvensen (LO),
 - en andra utsignal (S2) genom att från radiofrekvenssignalen (RF) som
 - 25 skall tas emot subtrahera lokaloscillatorfrekvensen (LO),
 - en tredje utsignal (S3) genom att addera radiofrekvenssignalen (RF) som skall tas emot och lokaloscillatorfrekvensen (LO) så att en fasskillnad på väsentligen 90° uppstår mellan signalerna (RF, LO),
 - en fjärde utsignal (S4) genom att från radiofrekvenssignalen (RF) som
 - 30 skall tas emot subtrahera lokaloscillatorfrekvensen (LO) så att en fasskillnad på väsentligen 90° uppstår mellan signalerna (RF, LO),
varvid effektiva signaler (P1, P2, P3, P4) av utsignalerna (S1, S2, S3, S4) genereras, kännetecknat av att demoduleringen av en signal (V_{21}) motsvarande amplituden hos den översända informationen utförs genom att subtrahera
 - 35 den andra effektiva signalen (P2) från den första effektiva signalen (P1) och demoduleringen av en signal (V_{43}) motsvarande fasen hos den översända informationen utförs genom att subtrahera den tredje effektiva signalen (P3) från den fjärde effektiva signalen (P4).

4. Förfarande enligt något av patentkrav 1-3, kännetecknat av att intensiteten av den detekterade signalen regleras åtminstone delvis genom att reglera lokaloscillatorfrekvensens (LO) nivå.
- 5 5. Förfarande enligt patentkrav 4, kännetecknat av att signalen (GC1) för att reglera lokaloscillatorfrekvensens (LO) nivå genereras av den detekterade I-signalen eller den detekterade amplitudsignalen (V_{21}) företrädesvis genom lågpasfiltrering.
- 10 6. Inkoherent direktkonverteringsmottagare (1) för mottagning av information översänd som modulerad, innefattande en 6-portskrets (4) till vars första indataingång (5) anordnats att ledas en radiofrekvenssignal (RF) som skall tas emot och till vars andra indataingång (6) anordnats att ledas en lokaloscillatorfrekvens (LO), varvid 6-portskretsen innefattar
- 15 - organ (4, 8) för att generera en första utsignal (S1) genom att addera radiofrekvenssignalen (RF) som skall tas emot och lokaloscillatorfrekvensen (LO),
- organ (4, 9) för att generera en andra utsignal (S2) genom att subtrahera lokaloscillatorfrekvensen (LO) från radiofrekvenssignalen (RF) som
- 20 skall tas emot,
- organ (4, 10) för att generera en tredje utsignal (S3) genom att addera en radiofrekvenssignal (RF) som skall tas emot och lokaloscillatorfrekvensen (LO) så att en fasskillnad på 90° uppstår mellan signalerna (RF, LO), och
- 25 - organ (4,11) för att generera en fjärde utsignal (S4) genom att från radiofrekvenssignalen (RF) som skall tas emot subtrahera lokaloscillatorfrekvensen (LO) så att en fasskillnad på 90° uppstår mellan signalerna (RF, LO), och
- organ (12, 13, 14, 15) för att generera effektiva signaler (P1, P2, P3, P4) av utsignalerna (S1, S2, S3, S4),
- 30 kännetecknat av att mottagaren (1) dessutom innefattar
- organ (16, 18, 19) för att generera en signal (V_{21}) motsvarande I-signalen av den översända informationen, och
- organ (17, 20, 21) för att generera en signal (V_{43}) motsvarande Q-
- 35 signalen av den översända informationen.
7. Koherent direktkonverteringsmottagare (1) för mottagning av information översänd som modulerad, innefattande en 6-portskrets (4) till

vars första indataingång (5) anordnats att ledas en radiofrekvenssignal (RF) som skall tas emot och till vars andra indataingång (6) anordnats att ledas en lokaloscillatorfrekvens (LO), varvid 6-portskretsen innefattar

- 5 - organ (4, 8) för att generera en första utsignal (S1) genom att addera radiofrekvenssignalen (RF) som skall tas emot och lokaloscillatorfrekvensen (LO),
- organ (4, 9) för att generera en andra utsignal (S2) genom att subtrahera lokaloscillatorfrekvensen (LO) från radiofrekvenssignalen (RF) som skall tas emot,
- 10 - organ (4, 10) för att generera en tredje utsignal (S3) genom att addera en radiofrekvenssignal (RF) som skall tas emot och lokaloscillatorfrekvensen (LO) så att en fasskillnad på 90° uppstår mellan signalerna (RF, LO), och
- organ (4, 11) för att generera en fjärde utsignal (S4) genom att från
15 radiofrekvenssignalen (RF) som skall tas emot subtrahera lokaloscillatorfrekvensen (LO) så att en fasskillnad på 90° uppstår mellan signalerna (RF, LO), och
- organ (12, 13, 14, 15) för att generera effektiva signaler (P1, P2, P3, P4) av utsignalerna (S1, S2, S3, S4),
- 20 **kännetecknad** av att mottagaren (1) dessutom innefattar
- organ (16, 18, 19) för att generera en signal (V_{21}) motsvarande amplituden av den översända informationen, och
- organ (17, 20, 21, 22) för att generera en signal (V_{43}) motsvarande fasen av den översända informationen.

25

8. Mottagare enligt patentkrav 6, **kännetecknad** av att

- organen (16, 18, 19) för att generera en signal motsvarande I-komponenten av den översända informationen innefattar en första adderare (16), och
- 30 - organen (17, 20, 21) för att generera en signal motsvarande Q-komponenten av den översända informationen innefattar en andra adderare (17).

9. Mottagare (1) enligt patentkrav 7, **kännetecknad** av att

- organen (16, 18, 19) för att generera en signal (V_{21}) motsvarande amplituden av den översända informationen innefattar en första adderare (16),
35 och
- organen (17, 20, 21, 22) för att generera en signal (V_{43}) motsvarande fasen av den översända informationen innefattar en andra adderare (17).

10. Mottagare (1) enligt något av patentkraven 6-9, kännetecknad av att mottagaren (1) dessutom innefattar organ för att reglera lokaloscillatorfrekvensens (LO) intensitet.

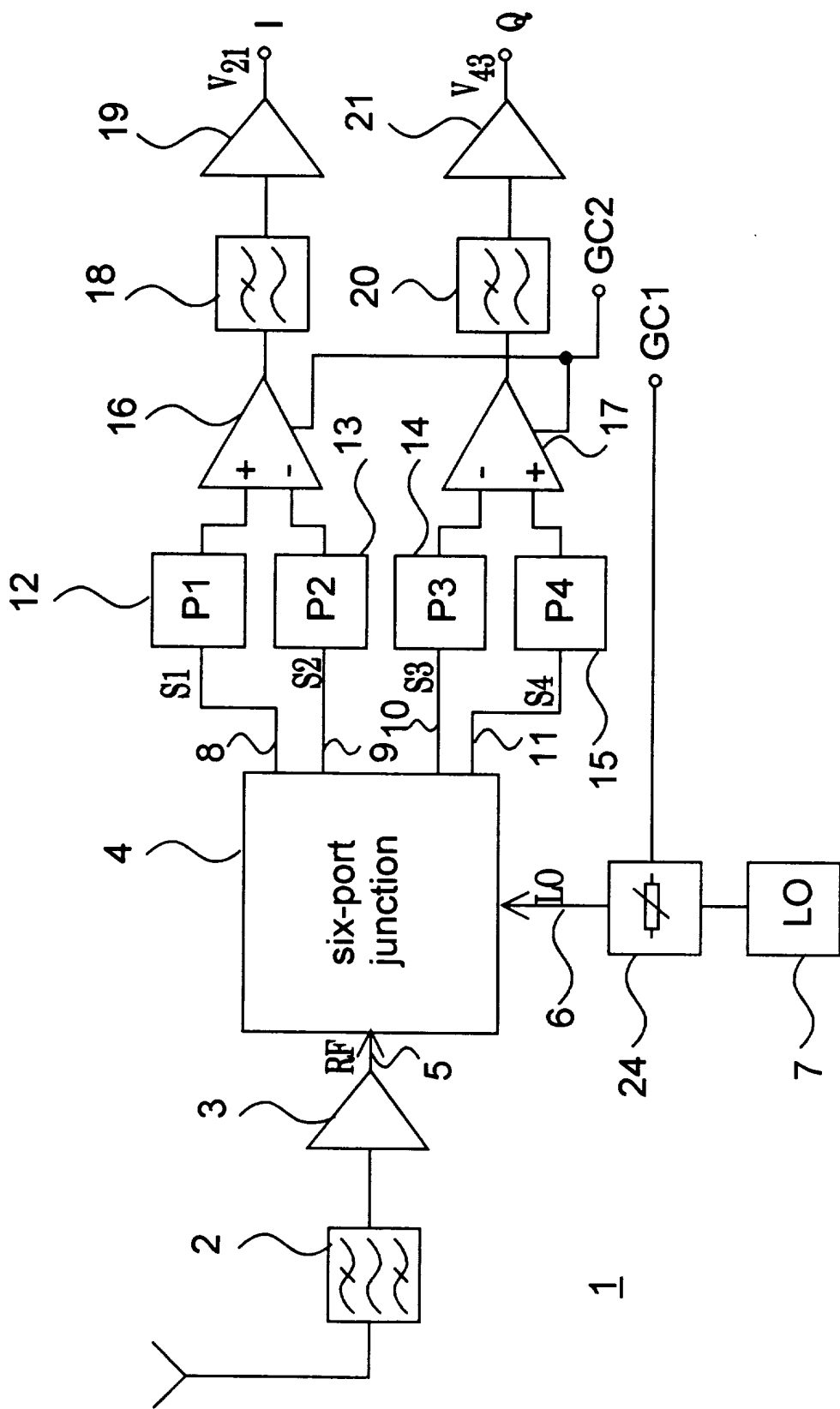


Fig. 1

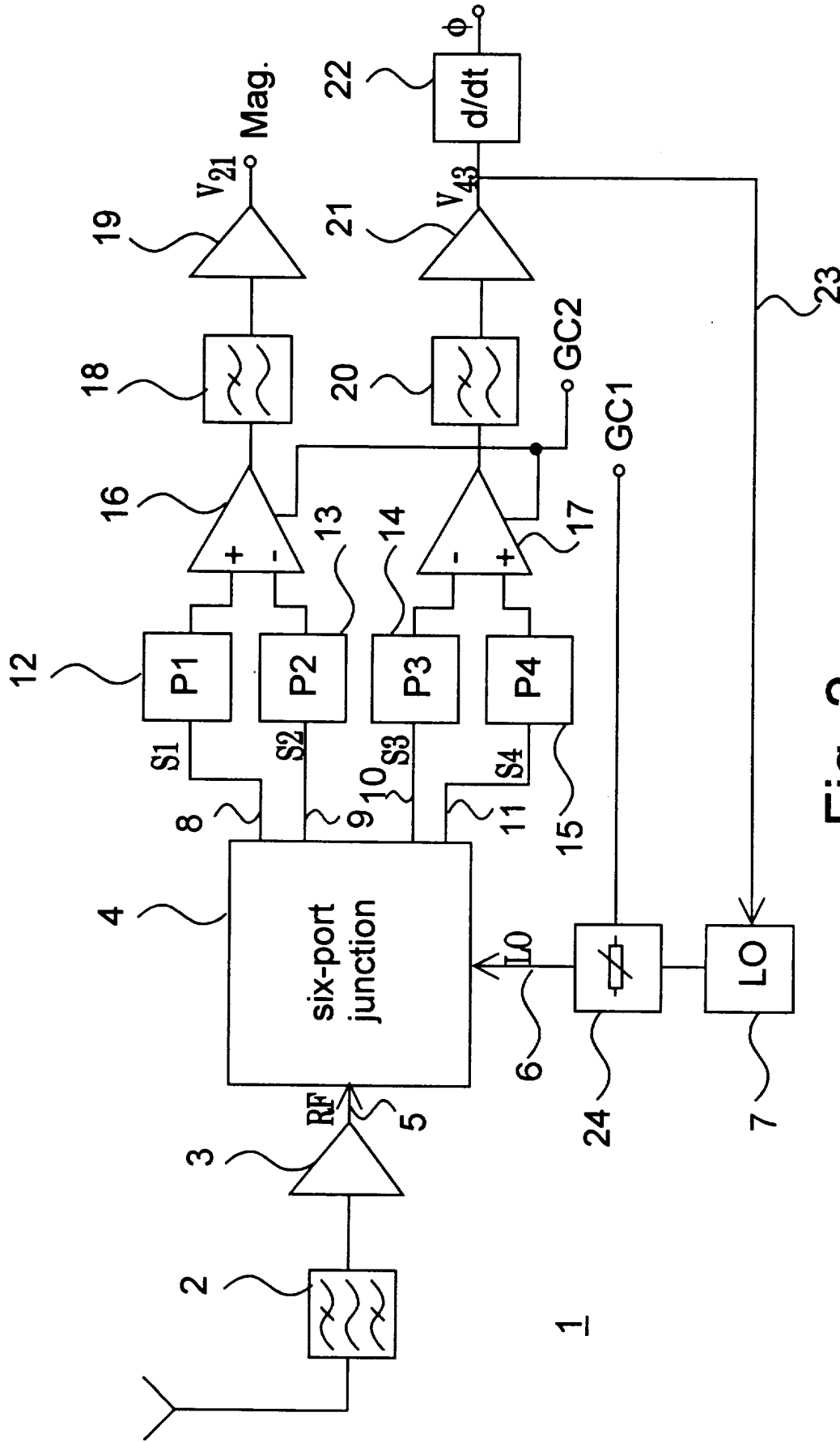


Fig. 2

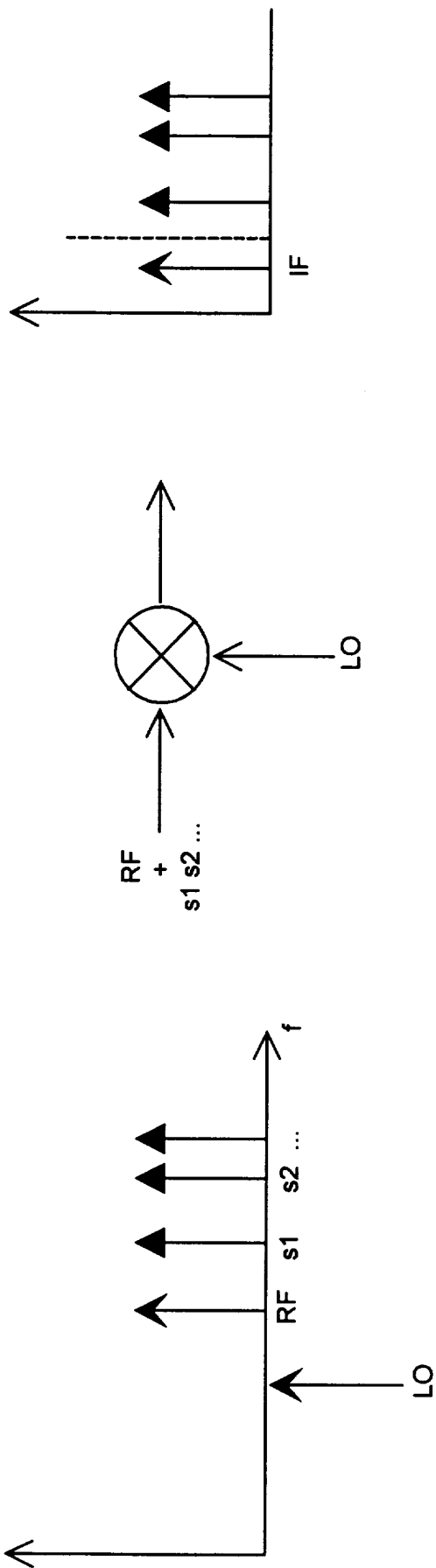


Fig. 3a

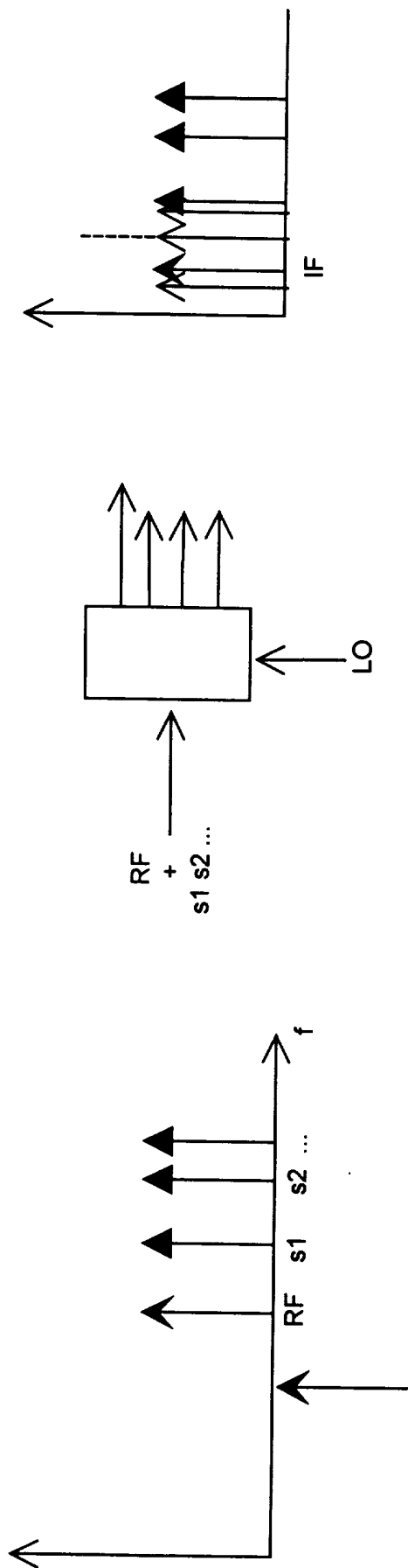


Fig. 3b