



F1000098420B



SUOMI-FINLAND

(FI)

Patentti- ja rekisterihallitus
Patent- och registerstyrelsen

(B) (11) KUULUTUSJULKAISU
UTLAGGNINGSSKRIFT
C (45) Patentti myönnetty
Patent meddelat 10 06 1997

98420

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

H 03C 3/09, H 04B 1/40

(21) Patenttihakemus - Patentansökning	950295
(22) Hakemispäivä - Ansökningsdag	24.01.95
(24) Alkupäivä - Löpdag	24.01.95
(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig	25.07.96
(44) Nähtäväsipanon ja kuul.julkaisun pvm. - Ansökan utlagd och utl.skriften publicerad	28.02.97

(71) Hakija - Sökande

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

(72) Keksijä - Uppfinnare

1. Rapeli, Juha, Fyysikontie 4, 90570 Oulu, (FI)

(74) Asiamies - Ombud: Oulun Patenttitoimisto Oy

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning

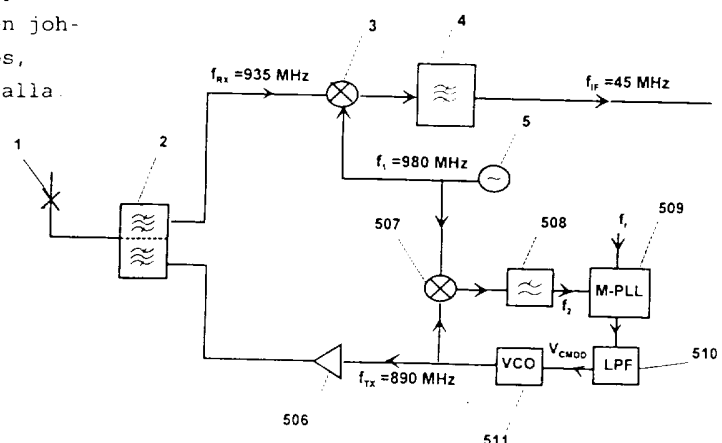
Menetelmä ja kytkentä moduloidun signaalin muodostamiseksi lähtin/vastaanottimessa
Förfarande och koppling att alstra en modulerad signal i en sändare/mottagare

(56) Viitejulkaisut - Anförda publikationer

EP A 550249 (H 03C 3/09), GB A 1161206 (H 03B 3/04), US A 4225828 (H 03B 3/04),
US A 4755774 (H 03C 3/09), WO A 95/16304 (H 03C 3/09)

(57) Tiivistelmä - Sammandrag

Keksinnön mukaisessa menetelmässä ja kyt-
kennässä moduloidun signaalin muodostami-
seksi vaihelukitun taajuussyntesoijan
vaihevertailijan (509) toinen tulosig-
naali on siirtotaajuus (f_2), joka muodos-
tetaan säädettävän oskillaattorin (511)
lähtösignaalista (f_{TX}) sekoittamalla se
sekoitintaajuuteen (f_1) ja suodattamalla
saatu sekoitustulos alipäästösuodattimes-
sa (508). Toinen tulosignaali on kiinteä
vertailutaajuus (f_r). Säädettävää oskil-
laattoria (511) ohjataan mainittujen tu-
losignaalien (f_r , f_2) vaihe-eroon verran-
nollisella ohjaussignaalilla (V_{CMOD}).
Silmukan lähtösignaaliin (f_{TX}) aiheute-
taan modulaatio lisäämällä ainakin yhteen
tulosignaaleista (f_2 , f_r) tai niiden joh-
dannaisista taajuus- tai vaihemuutos,
edullisesti pulssinviivästystekniikalla.



Vid förfarandet och kopplingen enligt uppfinningen för att generera en modulerad signal är den ena insignalen i faskomparatorn (509) i den faslåsta frekvenssyntetisatorn en transmissionsfrekvens (f_2), som genereras ur utsignalen (f_{TX}) från den reglerbara oscillatorn (511) genom att mixa den med mixrefrekvensen (f_1) och genom att filtrera det erållna mixerresultatet i lågpåssfiltret (508). Den andra insignalen är en fast referensfrekvens (f_r). Den reglerbara oscillatorn (511) styrs med en styrsignal (V_{CMOD}) proportionerlig mot fasdifferensen mellan nämnda insignaler (f_r , f_2). I slingans utsignal (f_{TX}) alstras en modulering genom att till åtminstone en av insignalerna (f_2 , f_r) eller deras derivat addera en frekvens- eller fasförändring, företrädesvis med pulsfördröjningsteknik.

Menetelmä ja kytkentä moduloidun signaalin muodostamiseksi lähetin/vastaanottimessa - Förfarande och koppling att alstra en modulerad signal i en sändare/mottagare

5

Keksintö kohdistuu menetelmään ja kytkentään moduloidun signaalin muodostamiseksi taajuussyntesoijalla, joka perustuu vaihelukittuun silmukkaan. Silmukan vaihevertailijalle tuodaan kiinteätaajuinen vertailusignaali ja tulosignaali, joka saadaan taajuussyntesoijan lähtösignaalistta sen taajuutta pienentämällä.

Eräs tunnettu tapa synnyttää moduloitu lähetystaajuus on esitetty kuvassa 1. Lähetystaajuus f_{TX} muodostetaan suljetussa vaihelukitus silmukassa ohjaamalla jänniteohjattua oskillaattoria 109 (VCO) ohjausjännitteellä V_{CMOD} , joka muodostuu silmukan sisäisestä ohjaussignaalista V_C ja siihen summaimessa 110 lisäystä silmukan ulkopuolelta tulevasta modulaatiosignaalista MOD. Ohjausjännite V_C muodostetaan vaihelukkosilmukalle ominaisesti vaihevertailijalla, jota kuvaa vaihelukkopiiri 107 (PLL), ja silmukkasuodattimella 108 (LPF) muodostamalla VCO:n 109 lähtösignaalin ja piirille 107 ennalta ohjelmoidun vertailusignaalin vaihe-eroon verrannollinen signaali ja suodattamalla se silmukkasuodattimessa 108 (LPF). VCO:n lähtösignaalisä f_{TX} näkyvät ainoastaan silmukan asettumisnopeutta nopeammat moduloivan signaalin MOD aiheuttamat vaihe- tai taajuusmuutokset eli silmukalla on ylipäästöluonteinen taajuusvaste.

Kuvassa 1 on esitetty myös tavanomainen heterodynevastaaotin, jossa vastaanotinsignaali f_{RX} sekoitetaan paikallistaajuuteen f_1 sekoittimessa 3 ja suodatetaan kais-
tanpäästösuodattimessa 4 välitaajuuden f_{IF} muodostamiseksi. Paikallistaajuus f_1 muodostetaan oskillaattorissa 5,

joka voi olla esimerkiksi vaihelukittu taajuussyntesoija tai kideoskillaattori. Kuvassa on selvyyden vuoksi esitetty myös lähetin/vastaanottimen antenni 1, dupleksisuo-

datin 2 sekä lähettimen tehovahvistin 106.

5

Matkapuhelimissa käytettyjen jänniteohjattujen oskillaattorien taajuuden säätöalue on suuruusluokkaa 30 MHz (esimerkiksi kantoaaltotaajuuksien ollessa 890 - 915 MHz) ja ohjausjännite enintään 5 V, jolloin yhden kilohertzin

10 taajuuspoikkemaa VCO:n lähdössä vastaa 200 μ V:n ohjausjännite, mistä johtuen modulaatiosignaalin MOD sisältämät häiriöt aiheuttavat helposti epätarkkuutta lähtösignaaliin f_{TX} . Lisäksi VCO:n 109 taajuusmuutoksen ja sitä vastaavan ohjausjännitteen V_{CMOD} muutoksen välinen suhde ei

15 ole vakio, vaan muuttuu VCO:n lähtötaajuuden f_{TX} muuttuessa. Seurauksena on, että modulaatiokerroin vaihtelee helposti sekä laitekohtaisesti että taajuuteen ja lämpötilaan verrannollisena. Lähettimen hyötysuhteen kannalta kuvan 1 ratkaisu on edullinen, sillä VCO:n 109 lähtöteho

20 johtuu lähes suoraan lähetyssignaaliin f_{TX} . Ratkaisu on yksinkertainen, mutta se ei sovellu mainitun ylipäästöluonteisen taajuusvasteen ja häiriöherkkyyden takia DC-modulaation tai digitaalisen vaihemodulaation synnyttämiseen.

25

Kuvan 1 rakenteen ongelmat voidaan osittain poistaa kuvan 2 mukaisella rakenteella, jossa lähetystaajuus f_{TX} muodostetaan lähetin/vastaanotinosan yhteisen paikallistaajuuden f_1 ja oskillaattorissa 209 synnytetyn moduloidun

30 siirtotaajuuden f_{OFF} sekoitustuloksena. Modulaatiokerroin voidaan toteuttaa käytännön vaatimusten mukaiseksi, jolloin esimerkiksi 1 kHz suuruusluokkaa oleva taajuuspoikkema saadaan aikaan noin yhden voltin vaihtelulla moduloivassa signaalissa MOD. Lähetystaajuudeksi f_{TX} valitaan

35 kaistanpäästösuodattimella 207 sekoittimen 208 lähdöstä joko taajuus $f_1 + f_{OFF}$ tai taajuus $f_1 - f_{OFF}$. Sekoitti-

messa 208 ja suodattimessa 207 signaalin teho vaimenee jopa noin 10 dB, mikä heikentää kytkennän kokonaishyötysuhdetta kuvan 1 ratkaisuun verrattuna. Jos oskillaattori 209 on esimerkiksi kideoskillaattori, voidaan tällä rakenteella toteuttaa myös DC-modulaatio. Moduloitavien kideoskillaattoreiden taajuudet ovat tyypillisesti alle 50 MHz, mikä asettaa omat rajoituksensa rakenteen soveltamiselle. Ongelmana on edelleen, että rakenteella ei saavuteta vaihemodulaation vaatimaa vaihetarkkuutta.

10

Kuvassa 3 esitetty I/Q-modulaattori 310 sen sijaan soveltuu myös hallitun vaihemodulaation synnyttämiseen. Lähetystaajuinen moduloimaton vakioamplitudinen signaali f_C ja sen kanssa 90 asteen vaihesiirrossa oleva ja amplitudiltaan samansuuruinen signaali $f_{C\pi/2}$ kerrotaan moduloivilla signaalikomponenteilla I ja Q kertojissa 308 ja 309 vastaavasti. Näin saadut signaalit lasketaan yhteen summaimessa 307, jonka lähdöstä saadaan modulaation sisältävä lähetystaajuinen signaali f_{TX} . Tämän kytkennän ongelmana on, että I/Q-modulaattori 310 on teknisesti vaikeasti toteutettava komponentti erityisesti suurilla taajuuksilla, sillä esimerkiksi kertojilta 308 ja 309 vaaditaan hyvää lineaarisuutta. Kertojat 308, 309 sekä summain 307 toteutetaankin yleensä aktiivisina rakenteina, esimerkiksi tunnettuina Gilbertin soluina, joiden virran kulutus on useita kymmeniä mA. Eräs tämän kytkennän ongelmista on, että lähetystaajuisen moduloimattoman signaalin f_C vuotamista kertojan kautta lähetteeseen on vaikea estää. Näistä syistä lähetystaajuudella toimivan I/Q-moduloinnin sijaan päädytäänkin usein kuvan 4 mukaiseen I/Q-modulointiin siirto-oskillaattoritaajuudella f_T . Moduloitu siirto-oskillaattoritaajuus f_{OFF} sekoitetaan lähetystaajuudelle f_{TX} paikallistaajuuden f_1 avulla. Tässä kytkennässä modulaattoriipiiri 410 toimii lähetystaajuutta huomattavasti pienemmällä taajuudella, esimerkiksi 90 MHz taajuudella, kun lähetystaajuus f_{TX} on noin 900 MHz.

35

Sekoittajalta 411 tulevista taajuuksien f_1 ja f_{OFF} sekointustuloksista $f_1 + f_{OFF}$ ja $f_1 - f_{OFF}$ toinen valitaan lähetystaajuudeksi f_{TX} suodattimen 412 avulla. Suodattimella vaimennetaan myös taajuuksien f_1 ja f_{OFF} läpikuulumista. Sekä kuvan 3 että kuvan 4 rakenteiden virrankulutus on suuri lähinnä I/Q-modulaattorin 310, 410 kertojien ja summaimen johdosta sekä kuvan 4 suodattimen 412 aiheuttamien häviöiden takia.

10

Tämän keksinnön avulla pyritään edellä kuvattuihin rakenteisiin liittyvät ongelmat poistamaan. Keksinnön avulla voidaan toteuttaa hyötysuhteeltaan hyvä ja rakenteeltaan yksinkertainen lähetin/vastaanotin, joka soveltuu myös digitaalisen vaihemodulaation toteutukseen. Keksintö poistaa rf-taajuudella toimivan kaistanpäästösuodattimen tarpeen. Lisäksi keksinnön avulla voidaan toteuttaa digitaalinen vaihemodulaatio myös suoraan lähetystaajuudelle. Keksinnölle on tunnusomaista se, mitä on esitetty 1. ja 9. patenttivaatimuksen tunnusmerkkiosassa.

20

Keksinnössä moduloitava siirtotaajuus muodostetaan vaihelukitus- silmukassa säädettävän oskillaattorin lähtötaajuudesta sekoittamalla se silmukkaan tuotuun sekoitinsignaaliin, joka on edullisesti vastaanottimen paikallistaajuus, ja suodattamalla sekoitustuloksesta erotussignaali. Näin saatu siirtotaajuus johdetaan silmukan vaihevertailijalle. Säädettävää oskillaattoria ohjataan siirtotaajuuden ja vertailutaajuuden vaihe-eroon verrannollisella ohjaussignaalilla, joka sisältää modulaation. Modulaatio voidaan toteuttaa sinänsä tunnetuilla tavoilla lisäämällä taajuus- tai vaihemuutos ainakin yhteen vaihevertailijan tulossignaaleista tai niiden johdannaisista. Mainittuja moduloitavia signaaleja ovat esimerkiksi siirtotaajuus, vertailutaajuus tai niistä jakamalla tai kertomalla muodostetut johdannaiset.

35

Keksintöä selostetaan seuraavassa tarkemmin oheisiin piirustuksiin viitaten, joissa

- 5 Kuvat 1-4 esittävät tunnettujen lähetin/vastaanotinrakenteiden periaateratkaisuja,

Kuva 5 esittää keksinnön mukaisen lähetin/vastaanottimen periaatteen,

10

Kuva 6 esittää keksinnön erään sovellutuksen, jossa modulaatio on toteutettu pulssinviivästystekniikalla,

- 15 Kuva 7 esittää keksinnön erään sovellutuksen, jossa modulaatio on toteutettu I/Q-modulaattorilla ja

Kuva 8 esittää erään esimerkin silmukkasuodattimen toteutuksesta keksinnön mukaisessa lähetin/vastaanottimessa.

- 20 Kuvien 1-4 mukaiset rakenteet on käsitelty hakemuksen yleisessä osassa. Keksinnön periaate sovellettuna matkapuhelimeen on esitetty kuvassa 5. Kuvan 5 esimerkissä oletetaan, että radiopuhelinjärjestelmän vastaanottotaajuus $f_{RX} = 935$ MHz ja lähetystaajuus $f_{TX} = 890$ MHz (NMT-taajuudet) sekä vastaanottimen ensimmäinen välitaajuus $f_{IF} = 45$ MHz. Tähän sekoitustulokseen pääsemiseksi vastaanotinhaarassa tarvitaan paikallistaajuus $f_1 = f_{RX} \pm 45$ MHz, joka synnytetään oskillaattorilla 5, joka voi muodostua esimerkiksi VCO- ja PLL-komponenteista. 890 MHz taajuinen
- 25 lähetysignaali f_{TX} muodostetaan säädettävällä oskillaattorilla 511 (esim. VCO). Lähetystaajuinen oskillaattorin 511 lähtösignaali f_{TX} johdetaan myös sekoittajalle 507, jossa se kerrotaan vastaanotinhaaran paikallistaajuudella f_1 eli kuvan 5 esimerkissä taajuudella 980 MHz. Sekoitustuloksena syntyvät taajuudet 890 ± 980 Hz eli 90 MHz erotustaajuus ja 1870 MHz summataajuus, sekä tasoltaan näitä
- 30
- 35

pienemmät sekoittajan 507 epäideaalisuudesta johtuvat
vuototaajuuDET 890 ja 980 MHz. Erotustaajuus 90 MHz, jota
myöhemmin kutsutaan siirtotaajuudeksi f_2 , valitaan ali-
päästösuodattimella 508 ja johdetaan moduloivalle vaihe-
5 lukkopiirille 509 (M-PLL), jossa modulaatio voi tapahtua
esimerkiksi hakijan patentoimalla pulssinviivästystekniik-
kalla. Vaihelukkopiirin tulosaali f_2 verrataan ver-
tailusaaliin f_r ja näiden vaihe-eroon verrannollista
vaihelukkopiirin lähtösaaliä edelleen integroidaan ja
10 suodatetaan silmukkasuodattimessa 510 (LPF). Silmukkasuo-
dattimen 510 lähtösaali V_{MOD} ohjaa säädettävää oskil-
laattoria 511. Vaihelukkusiimukassa 90 MHz siirtotaajuu-
teen f_2 synnytetty modulaatio kompensoituu oskillaattorin
511 taajuusmuutoksen johdosta ja siten synnyttää modulaa-
15 tion oskillaattorin lähtösaaliin f_{TX} .

Seuraava numeerinen esimerkki valaisee asiaa. Alkutilan-
teessa taajuudet ovat lukittaneet siten, että $f_1 = 980$
MHz, $f_{\text{TX}} = 890$ MHz ja näiden erotustaajuus $f_2 = 90$ MHz.
20 Kun erotustaajuiseen moduloivan PLL-rakenteen 509 tulo-
saaliin f_2 synnytetään mainituissa rakenteissa askel-
mainen taajuuspoikkeama Δf , edustavat suodattimelta 508
piirin 509 sisäiselle vertailuelimelle saapuvat pulssit
taajuutta $90 \text{ MHz} + \Delta f$. Vaihelukko säätää nyt oskillaatto-
25 rin 511 lähtösaalin f_{TX} taajuuden muuttumaan siten,
että sekoittajalta 507 PLL-rakenteen 509 vaihevertailue-
limelle saapuvien pulssien taajuus palautuu arvoon 90
MHz, mikä toteutuu kun oskillaattorin 511 taajuus piene-
nee Δf :n verran.

30 Siirtotaajuuteen f_2 lisätty taajuusmodulaatio näkyy siten
taajuuden muutoksena oskillaattorin 511 lähdössä. Voidaan
osoittaa, että vaihemodulaatiolle pätee sama. Modulointi
on mahdollista nollataajuudesta alkaen niin suureen taa-
35 juuteen saakka kuin vaihelukkusiimukan tekninen toteutus
antaa mahdollisuuden.

Edellä olevasta ilmenevät ratkaisun edut aiemmin tunnet-
tuihin ratkaisuihin nähden. Modulaatio toteutetaan VCO:n
511 avulla suoraan lähetystaajuudelle f_{TX} , mikä parantaa
5 kokonaishyötysuhdetta. Käytännössä modulaatioinformaatio
lisätään kuitenkin alempaan siirtotaajuuteen f_2 , mikä
puolestaan parantaa modulaation tarkkuutta. Hyötysuhteen
ja valmistuskustannusten kannalta on oleellista, että se-
koitustulosten suodattamiseen tarvitaan kaistanpäästösuo-
10 dattimen, esimerkiksi 207 kuvassa 2, sijasta vain yksin-
kertainen alipäästösuodatin 508. Moduloitavalle siirto-
taajuudelle f_2 ei myöskään ole radiopuhelinjärjestelmän
lähetys- tai vastaanottotaajuuksien asettamia rajoituk-
sia, koska siirtotaajuus f_2 ei ole lähettimen signaalipo-
15 lulla kuten tunnetuissa ratkaisuissa. Lisäksi, kun modu-
lointi tapahtuu suljetussa säätösilmukassa, riippuu modu-
laatiokerroin ainoastaan referenssitaajuudesta f_r , eikä
esimerkiksi lähetystaajuudesta f_{TX} , lämpötilasta tai
laitteiden yksilöllisistä vaihteluista.

20 Valitsemalla kuvan 5 mukaiseen rakenteeseen vastaanotti-
men välitaajuudeksi f_{IF} 45 MHz:n sijasta esimerkiksi
57,15 MHz, voidaan muut taajuudet valita seuraavasti
(kuvan 5 mukaisilla lähetys- ja vastaanottotaajuuksilla
25 f_{TX} ja f_{RX}):

paikallistaajuus $f_1 = 877.85$ MHz

siirtotaajuus $f_2 = 12.15$ MHz.

30 12,15 MHz siirtotaajuuden f_2 suodattaminen ja käsittely
on helposti toteutettavissa. Suodatin 508 voi tässä tapa-
uksessa olla yksinkertainen, piille integroitava RC-ali-
päästösuodatin.

35 Kuvan 5 ratkaisun toteuttaminen edellyttää, että oskil-
laattori 511 on lukittavissa laajalle taajuusalueelle

(esim. 890 MHz - 915 MHz) sekä toisaalta moduloitavissa hyvin pienellä taajuusalueella. Lisäksi on varmistettava, ettei oskillaattori 511 vaihelukitu halutun taajuuden $f_{TX} = f_1 - f_2$ sijasta peilitaajuudelle $f_1 + f_2$. Tämä mahdollisuus on olemassa, mikäli siirtotaajuus f_2 on suuruudeltaan alle puolet oskillaattorin 511 säätöalueesta.

Kuvissa 6, 7 ja 8 on esitetty yksityiskohtia ja täydennyksiä kuvan 5 laiteratkaisun lähetin- ja modulaattoritoiminteisiin. Kuvassa 6 on esitetty pulssinviivästystekniikkaan perustuva modulointiratkaisu ja kuvassa 7 vaihtoehtoisena modulointiratkaisuna I/Q-modulaattoriin perustuva ratkaisu sekä periaate oikeaan taajuuteen lukitumiseksi. Pulssinviivästystekniikkaan perustuva modulointi on esitetty tarkemmin patenttijulkaisuissa US 5,079,520 ja US 5,325,075. Kuvassa 8 on esitetty esimerkki silmukkasuodattimen ja sen yksityiskohtien toteutuksesta.

Kuvassa 6 on esitetty yksityiskohdat kuvan 5 paikallisoskillaattorista ja keksinnön mukaisesta moduloidun lähettinsignaalin muodostavasta vaihelukitusta silmukasta. Kuvan 5 paikallisoskillaattori 5 on tässä toteutettu vaihelukitulla taajuussyntesoijalla 605 (katkoviiva rajaa lohkoa). Paikallisoskillaattori 605 tuottaa paikallistaajuuden f_1 . Vastaavasti keksinnön mukaisessa vaihelukkosiilmukassa kuvan 5 sekoitinta 507 vastaa sekoitin 607, alipäästösuodatinta 508 suodatin 608, säädettävää oskillaattoria 511 oskillaattori 611 ja silmukkasuodatinta 510 lohko 610. Moduloivan vaihelukkopiirin 509 M-PLL sisäinen rakenne on esitetty lohkoissa 609.

Paikallisoskillaattori 605 muodostuu säädettävästä oskillaattorista 612, silmukkasuodattimesta 613 ja vaihelukkopiiristä 614, jota rajaa pilkkuviiva. Paikallistaajuudelle f_1 pätee

$$f_1 = \frac{f_r}{M_R} (N_R P_R + A_R) \quad (1)$$

missä M_R on referenssitaajuuden f_r jakajan 601 jakoluku,
 5 N_R on jakajan 602 jakoluku ja P_R dual-modulus esijakajan
 603 jakoluku sekä A_R esijakajan modulusohjaimen 604 oh-
 jausluku. Syntesoijan 605 lähtösignaali f_1 sekoitetaan
 VCO:n 611 muodostamaan lähetystaajuiseen lähtösignaaliin
 10 f_{TX} sekoittimessa 607 ja suodatetaan alipäästösuodatti-
 messa 608 keksinnön mukaisesti. Sekoitustuloksena saatu
 siirtotaajuus f_2 johdetaan vaihelukkopiirin 609 jakaja-
 kytkennälle, jota kuvaa lohko 615. Kytkennässä pulssitaa-
 juus f_2 jaetaan luvulla $(N_T P_T + A_T)$. Signaalin f_2 taajuu-
 desta riippuen jakaja 615 voi perustua kuvan esijakaja-
 15 ratkaisuun tai suoraan pulssilaskuriin. Referenssitaajuus
 f_r jaetaan luvulla M_T jakajassa 616.

Modulaatio suoritetaan viivästämällä tulosisignaalista f_2
 jakamalla saadun signaalin pulssien reunoja viivästimessä
 20 617 sekä referanssitaajuudesta f_r jakamalla saadun sig-
 naalin pulssien reunoja toisessa viivästimessä 618. Vii-
 västimien 617 ja 618 yksikköviiveet saadaan lausekkeista
 (2) ja (3)

$$25 \quad \Delta T_1 = \frac{1}{L} \frac{1}{f_r} \quad (2)$$

$$\Delta T_2 = \frac{1}{(L + \Delta L) f_r} \quad (3)$$

30 jossa L ja ΔL ovat kokonaislukuja. Seuraavassa oletetaan,
 että $\Delta L = 1$. Yksikköviiveet ovat eripituisia. Valitsemalla
 viivästimille tuleville pulsseille yksilölliset kertoimet
 k_1 ja k_2 sekä tarvittaessa lisäämällä tai vähentämällä
 kokonaisia referenssitaajuisia f_r pulsseja, voidaan ver-

tailuelimelle 619 menevien pulssien pituuksia muunnella siten, että haluttu taajuus- tai vaihe-ero siirtotaajuuden f_2 ja vertailutaajuuden f_r välillä toteutuu. Kun tulosignaalin f_2 taajuus on $f_1 - f_{TX}$, saadaan sitä jakamalla ja viivästämällä vertailuelimelle 619 menevän signaalin jaksonpituudeksi T_1

$$T_1 = \frac{P_T N_T + A_T}{f_1 - f_{TX}} + \frac{k_1}{L f_r} \quad (4)$$

10

Vastaavasti referenssitaajuudesta f_r jakamalla ja viivästämällä muodostetun signaalin jaksonpituus T_2 on

$$T_2 = \frac{1}{f_r} \left(M_T + \frac{k_2}{L+1} \right) \quad (5)$$

15

Vaihelukitun silmukan ollessa lukitussa tilassa saadaan VCO:n lähtotaajuudeksi f_{TX}

20

$$f_{TX} = f_1 - \frac{f_r (P_T N_T + A_T)}{M + \frac{k_2}{L+1} - \frac{k_1}{L}} \quad (6)$$

Jos valitaan vertailutaajuudeksi $f_r = 14,85$ MHz ja jakoluvuksi $M_T = 227$, johtuu vertailuelimelle 619 50 kHz:n pulssitaajuus. Jos edelleen $P_T = 64$, $N_T = 28$ ja $A_T = 8$ sekä $k_1 = k_2 = 0$, saadaan lähetystaajuudeksi

25

$$f_{TX} = 980 \text{ MHz} - \frac{14.850 \text{ MHz}(1800)}{297} = 890 \text{ MHz}$$

Jos edelleen $L = 63$, niin yhtälön 5 mukaisesti pienin taajuusmuutos syntyy, kun kertoimia k_1 ja k_2 inkrementoidaan yhdellä joka K:n vaihevertailupulssin kohdalla

30

$$\Delta f_{\min} = f_r(N_T P_T + A_T) \left(\frac{1}{M_T + \frac{k_2}{L+1} - \frac{k_1}{L}} - \frac{1}{M_T + \frac{k_2+1}{L+1} - \frac{k_1+1}{L}} \right) / K \quad (7)$$

5 Kun $M_T \gg k_2/(L+1)$ ja $M_T \gg k_1/L$, niin yhtälölle (7) saadaan hyvin tarkaksi likiarvoksi

$$\Delta f_{\min} \approx \frac{f_r}{M_T} (N_T P_T + A) \times \frac{1}{KM_T L(L+1)} \quad (8)$$

10 eli siirtotaajuus f_2 jaettuna tulolla $K \cdot M_T \cdot L(L+1)$, ja luku-
 arvoksi $\Delta f_{\min} = 75/K$ Hz. Yhtälöstä 8 nähdään edelleen,
 että mitä pienemmäksi siirtotaajuus f_2 suunnitellaan ja
 mitä suuremmalla referenssijakajan M_T arvolla referenssi-
 taajuus f_r jaetaan sitä pienemmäksi saadaan pienin taa-
 juusaskel $\Delta f_{\min}$. Valitsemalla siirtotaajuudeksi f_2 edellä
 15 jo esitetty 12.15 MHz ja referenssitaajuudeksi f_r 19.2
 MHz ja vaihelukitun silmukan vaihevertailutaajuudeksi 50
 kHz ($M = 384$), saadaan pienimmäksi taajuusaskeleeksi 8/K
 Hz, joka on riittävän pieni korkealaatuisen modulaation
 toteuttamiseksi radiopuhelimen puheensiirtoon jo arvolla
 20 $K=1$ eli muuttamalla k_1 ja k_2 :n arvoja jokaisen vaihever-
 tailijalle tulevan pulssin kohdalla. Tämä vastaa näytteen
 ottamista moduloivasta signaalista 50 kHz taajuudella.
 Taajuusaskel saadaan pienemmäksi joko käyttämällä pienem-
 pää siirtotaajuutta f_2 tai harventamalla kertoimien k_1 ja
 25 k_2 muutoksia antamalla K :lle arvo, joka on suurempi kuin
 1. Kertoimien k_1 ja k_2 muutosten on kuitenkin tapahdut-
 tava moduloivaan signaalitaajuuteen MOD nähden riittävän
 useasti, sillä kertoimien päivitys vastaa näytteen otta-
 mista moduloivasta signaalista.

30

Analoginen moduloiva signaali MOD muunnetaan viiveohjauk-
 siksi muuntamalla se muuntimessa 621 digitaaliseen muo-
 toon ja edelleen tarvittaviksi viivästyskertoimien k_1 ja

k2 arvoiksi sekä lisättävien tai vähennettävien pulssien lukumääräksi modulaatiologiikalla 620.

Kuva 7 esittää viiverakenteiden käytölle vaihtoehtoisen tavan modulaation suorittamiseen sekä menetelmän sen varmistamiseksi, että keksinnön syntesoija lukittuu oikeaan taajuuteen. Edelleen kuvan 5 säädettävää oskillaattoria 511 vastaa oskillaattori 711, sekoitinta 507 sekoitin 707, suodatinta 508 suodatin 708 ja silmukkasuodatinta 510 lohko 710. Moduloivaa vaihelukkopiiriä 509 vastaa lohko 709, jota rajaa katkoviiva. Lohko 709 sisältää ainakin I/Q-modulaattorin 704 (rajattu pilkkuviivalla), esijakajan 706 (rajattu pilkkuviivalla), vertailuelimen 714 sekä jakajan 712.

Sekoituksen 707 tuloksena syntynyt siirtotaajuinen signaali f_2 jaetaan I/Q-modulaattorissa 704 kahteen keskenään 90 asteen vaihesiirroksessa olevaan I- ja Q- komponenttiin ja kerrotaan ne kertojissa 701 ja 702 moduloivalla signaalilla $\text{Mod}(I)$ ja $\text{Mod}(Q)$. Saadut tulot lasketaan yhteen summaimessa 703. Näin saatu moduloitu siirtotaajuinen signaali syötetään jakajakytkennälle 706 ja edelleen vertailuelimelle 714. Vertailusignaali f_r jaetaan jakajassa 712. Vertailuelimen 714 lähdöstä saatava, modulaation sisältävä vaihe-erosignaali johdetaan aiemmin esitetyn mukaisesti silmukkasuodattimelle 710, jonka lähtösignaali ohjaa säädettävää oskillaattoria 711.

Modulaatio voidaan vaihtoehtoisesti toteuttaa myös vertailutaajuuteen f_r . Tällöin I/Q-modulaattori 704 sijoitetaan ennen jakajaa 712 siten, että vertailutaajuus f_r johdetaan modulaattorin tuloon A ja modulaattorin lähdöstä B saatava signaali johdetaan jakajalle 712.

Kuvien 6 ja 7 mukaiset modulaatiomenetelmät soveltuvat myös digitaalisen modulaation vaatimien tarkkojen taa-

juus- tai vaiheaskeleiden toteuttamiseen. Esitettyjen modu-
lointimenetelmien käytännön toteutuksessa on kuitenkin
parametreista riippuen tarpeellista varmistaa, ettei f_{TX}
lukitu $f_1 - f_2:n$ peilitaajuuteen ja että vaihelukitun
5 silmukan aikavakiot ovat yhtäältä sopivat $f_{TX}:n$ muuttami-
seen kanavanvaihtotilanteessa ja toisaalta sopivat myös
halutun modulaation toteuttamiseen vakioksi asettuneelle
 $f_{TX}:n$ arvolle. Tämän toiminteen mahdollistamiseksi kuvan
7 kytkentään on lisätty sekoittajan 707 ja suodattimen
10 708 ohituskytkentä, jolla tässä esimerkissä ohitetaan
myös modulaattori 704. Ohitus tapahtuu ohjattavan kytki-
men 716 avulla.

Ohjaussignaalin MODE avulla syntesoijalle voidaan määri-
15 tellä kaksi vaihtoehtoista toimintatilaa: taajuuslukitus-
tila ja modulointitila. Taajuuslukitustilassa kytkin 716
on asennossa I, jolloin VCO:n 711 lähtösignaali f_{TX} vie-
dään suoraan jakajakytkennälle 706. Koska jaettava taa-
juus vaikuttaa myös suljetun silmukan systeemivasteeseen,
20 ohjataan vaihevertailijan lähtöpuskurin 713 ja silmukka-
suodattimen 710 ominaisuuksia halutun asettumisnopeuden
saavuttamiseksi sekä asetetaan ohjausosalla 715 jakajien
jakoluvut N_T , P_T , A_T ja M_T vastaamaan haluttua taajuutta.
Siirryttäessä modulointitilaan jakoluvut sekä lähtöpusku-
25 rin silmukkasuodattimen ominaisuudet asetetaan oskillaat-
torin 711 moduloinnin vaatimiin arvoihin sekä ohjataan
kytkin 716 asentoon II, jolloin jakajakytkennän 706 tulo-
signaali saadaan modulaattorin 704 lähdöstä B.

30 Virrankulutuksen ja siten käyttökustannusten kannalta
edullinen kuvan 7 kytkennän variaatio saadaan sijoitta-
malla kytkin 716 pisteeseen E eli "dual modulus"-esijaka-
jan 718 ja jakajan 717 väliin. Tällöin silmukan ollessa
modulointitilassa, johdetaan moduloitu siirtotaajuus f_2
35 suoraan modulaattorin 704 lähdöstä pisteestä B jakajalle
717. Taajuuslukitustilassa lähetystaajuinen signaali f_{TX}

puolestaan jaetaan kuvan mukaisella jakajakytkennällä 706. Näin virtaa kuluttava "dual modulus" -esijakaja 718 ja moduluslaskuri 719 voidaan kytkeä irti käyttöjännitteestään modulointitilassa ja siten pienentää virrankulutusta. Tätä tilannetta vastaavat kertoimien arvot $A_T = 0$ ja $P_T = 1$, jolloin jakajakytkennän 706 jakoluvuksi saadaan $P_TA_T + N_T = N_T$.

Kuvan 8 periaatteen mukaisesti säädettävälle oskillaattorille voidaan toteuttaa laaja säätöalue, esimerkiksi 50 MHz, ja taajuusdeviaatio saadaan pieneksi, esimerkiksi 4 kHz, jossa virheen ja kohinan osuus on vain muutamia hertsejä. Edelleen kuvan 5 säädettävää oskillaattoria 511 vastaa kuvassa 8 oskillaattori 811, sekoitinta 507 sekoitin 807, suodatinta 508 suodatin 808 ja silmukkasuodattinta 510 lohko 810. Kuvan 7 kytkintä 716 vastaa kytkin 812.

Kuvan 8 ratkaisussa säädettävällä oskillaattorilla 811 on kaksi tuloa. Taajuuslukitustilassa kytkimen 812 ollessa asennossa I, VCO:n 811 taajuusohjaustulon C ohjaussignaaliiksi valitaan kytkimellä 801 silmukkasuodattimen 802 lähtösignaali, joka asettaa taajuuden f_{TX} halutulle alueelle. Tulon C kautta voidaan toteuttaa oskillaattorin 811 taajuuden karkea säätö, esimerkiksi 50 MHz alueella. Modulointitulon D avulla toteutetaan VCO:n 811 taajuuden hienosäätö kapealla säätöalueella, joka on vain murtoosa, esimerkiksi joitakin satoja kilohertsejä, koko säätöalueesta. Modulointitulon D säätösignaali asetetaan taajuuslukitustilassa kytkimen 804 avulla säätöalueen keskikohtaa vastaavaksi ohjauksella V_{CENTER} . Silmukan lukkiuduttua halutulle taajuudelle, lukitaan tulo C senhetkiseen arvoonsa asettamalla ohjauselimen 805 avulla muistielimen 813 lähtösignaaliaksi silmukkasuodattimen 802 lähtösignaalin arvo taajuuslukitustilassa. Modulaatioti-
laan siirryttäessä kytkin 801 muutetaan asentoon II, jolloin muistielimen 813 lähtö ohjataan tuloon C. Muistielin

813 voidaan toteuttaa esimerkiksi D/A-muuntimella. Modulointitilassa oskillaattoria 811 ohjaa silmukkasuodatin 803, jonka lähtösignaali viedään kytkimen 804 ollessa asennossa II modulointituloon D.

5

Kytkenällä voidaan poistaa myös modulointitilassa esimerkiksi lämpötilasta johtuvat sellaiset oskillaattorin 811 lähtötaajuuden f_{TX} muutokset, joita ei ole mahdollista poistaa säätämällä modulointituloa D. Tämä suoritetaan mittaamalla silmukkasuodattimen 803 lähtösignaalin keskiarvoa elimessä 814 sekä valvomalla mitatun aikakeskiarvon pysymistä ennalta määritellyn vaihtelualan sisällä elimen 806 avulla. Mikäli silmukkasuodattimen 803 lähtösignaalin mitattu aikakeskiarvo on ennalta määritellyn vaihtelualan ulkopuolella, muutetaan oskillaattorin 811 taajuusaluetta, ohjaussignaalin CNTL sen salliessa, ohjauselimien 805 ja muistielimen 813 avulla tuloon C johdettua signaalia säätämällä.

20 Keksinnön mukaisessa lähetin/vastaanottimessa, engl. tranceiver, lähetystaajuinen moduloitu signaali muodostetaan säädettävällä oskillaattorilla, jota moduloidaan suljetussa vaihelukitus silmukassa oskillaattorin lähetystaajuisesta signaalista f_{TX} alassekoitetun siirtotaajuuden f_2 avulla. Ratkaisulla saavutetaan lähettimessä 25 hyvä hyötysuhde sekä hyvä modulaation taajuusvaste, joka alkaa nollataajuudesta, mikä antaa mahdollisuuden digitaalisten vaihemodulaatioiden toteuttamiseen. Keksintö tarjoaa myös menetelmät moduloinnin mahdollisten virhe- 30 toimintojen poistamiseen. Keksintö soveltuu erityisesti lähetin/vastaanottoon, jolta vaaditaan nopeita taajuusmuutoksia laajalla taajuusalueella sekä hallittua kapeakaistaista taajuus- tai vaihemodulaatiota.

35 Keksinnön periaate soveltuu myös muihin kuin edellä esitettyjen esimerkkien rakenteisiin. Myös säädettävä oskil-

laattori voidaan toteuttaa muutoinkin kuin VCO:lla, esimerkiksi oskillaattorilla, jonka taajuutta säädetään resonaattorin mekaanista pituutta muuttamalla. Lisäksi keksinnön selostuksesta ilmenee, että keksinnöllä on olemassaolevien rakenteiden kanssa useita yhdistelymahdollisuuksia, joita voidaan soveltaa noudattaen lähettin/vastaanottimelle asetettuja vaatimuksia, joita ovat esimerkiksi radiojärjestelmän taajuusalue tai modulaatiotapa, sekä lähetin/vastaanotinrakenteelle valitut sisäiset taajuudet sekä osin myös haluttu lähetysteho. Siten keksinnön toteutusratkaisuja ja soveltumisalaa rajoittavat ainoastaan keksinnön ominaiset piirteet esittävät oheiset patenttivaatimukset.

Patenttivaatimukset

- 5 1. Menetelmä moduloidun signaalin muodostamiseksi lähettin/vastaanottimessa vaihelukittuun silmukkaan perustuvalla taajuussyntesoijalla, jossa
- vaihevertailijan tulossignaalit ovat kiinteä vertailutaajuus (f_r) sekä siirtotaajuus (f_2), joka muodostetaan
- 10 säädettävän oskillaattorin lähtösignaalista (f_{TX}) sen taajuutta pienentämällä, ja
- säädettävää oskillaattoria ohjataan mainittujen tulossignaalien (f_r , f_2) vaihe-eroon verrannollisella ohjaussignaalilla (V_{MOD}),
- 15 **tunnettu** siitä, että modulaation aikaansaamiseksi lähtösignaaliin (f_{TX}):
- siirtotaajuus (f_2) muodostetaan sekoittamalla säädettävän oskillaattorin lähtösignaali (f_{TX}) silmukkaan tuotuun sekoitinsignaaliin (f_1) ja suodattamalla sekoitustulok-
- 20 sesta näiden erotussignaali, ja
- modulaatio (MOD) lisätään aiheuttamalla ainakin yhteen tulossignaaleista (f_2 , f_r) tai niiden johdannaisista taajuus- tai vaihemuutos.
- 25 2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että siirtotaajuus (f_2) on pienempi kuin lähtö- (f_{TX}) ja sekoitinsignaalien (f_1) taajuudet.
3. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu**
- 30 siitä, että lähtösignaali (f_{TX}) on lähetystaajuinen.
4. Patenttivaatimuksen 1, 2 tai 3 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että sekoitinsignaali (f_1) saadaan vastaanottimen paikallisoskillaattorilta (5, 605).

5. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että modulaatio (MOD) lisätään siirtotaajuuteen (f_2) tai vertailutaajuuteen (f_r) pulssinviivästystekniikalla.

5

6. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että modulaatio (MOD) lisätään jakamalla siirtotaajuus (f_2) I- ja Q-komponentteihin, kertomalla mainitut komponentit I- ja Q-modulaatiokertoimilla (I(mod), Q(mod)) ja laskemalla saadut tulot yhteen.

10

7. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että modulaatio lisätään jakamalla vertailutaajuus (f_r) I- ja Q-komponentteihin, kertomalla mainitut komponentit I- ja Q-modulaatiokertoimilla ja laskemalla saadut tulot yhteen.

15

8. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että sekoitustulos alipäästösuodatetaan erotussignaalia suurempitaajuisten signaalien eliminoimiseksi.

20

9. Kytkentä moduloidun signaalin muodostamiseksi lähettin/vastaanottimessa vaihelukittuun silmukkaan perustuvalla taajuussyntesoijalla, joka sisältää:

25

- säädettävän oskillaattorin (511), joka antaa lähtösignaalin (f_{TX}), ja

- vaihevertailijan (509), joka vastaanottaa tulosaaleina kiinteän vertailutaajuuden (f_r) sekä siirtotaajuuden (f_2) ja ohjaa säädettävää oskillaattoria (511) mainittujen tulosaalien (f_r , f_2) vaihe-eroon verrannollisella ohjaussignaalilla (V_{CMOD}),

30

tunnettu siitä, että kytkentä sisältää modulaation aikaansaamiseksi lähtösignaaliin (f_{TX}) lisäksi:

- sekoittimen (507), joka vastaanottaa lähtösignaalin (f_{TX}) ja sekoitinsignaalin (f_1),

35

- alipäästösuodattimen (508), joka on kytketty sekoittimen (507) ja vaihevertailijan (509) välille siirtotaajuuden (f_2) muodostamiseksi erottamalla sekoittimen (507) sekoitustuloksesta lähtösignaalin (f_{TX}) ja sekoitinsignaalin (f_1) erotus, sekä
- välineet modulaation (MOD) lisäämiseksi aiheuttamalla taajuus- tai vaihemuutos ainakin yhteen tulosignaaleista (f_2 , f_r) tai niiden johdannaisista.
- 10 10. Patenttivaatimuksen 9 mukainen kytkentä, **tunnettu** siitä, että välineet modulaation lisäämiseksi muodostuvat ainakin vaihevertailijan (609) vertailuelimen (619) siirtotaajuustuloon (f_2) kytketyistä ensimmäisestä jakajasta (615) ja ensimmäisestä viivästimestä (617), vertailutaajuustuloon (f_r) kytketyistä toisesta jakajasta (616) ja toisesta viivästimestä (618), sekä jakajia (615, 616) ja viivästimiä (617, 618) ohjaavasta modulaatiologiikasta (620), jota ohjataan A/D-muuntimessa (621) muunnetulla modulaatiosignaalilla (MOD).
- 20 11. Patenttivaatimuksen 9 mukainen kytkentä, **tunnettu** siitä, että välineet modulaation lisäämiseksi muodostuvat vaihevertailijan (709) vertailuelimen (714) siirtotaajuustulohaaraan (f_2) kytketystä I/Q-modulaattorista (704).
- 25 12. Patenttivaatimuksen 9 mukainen kytkentä, **tunnettu** siitä, että silmukassa on välineet sekoittimen ja suodattimen ohittamiseksi.
- 30 13. Patenttivaatimuksen 12 mukainen kytkentä, **tunnettu** siitä, että välineisiin sekoittimen (707) ja suodattimen (708) ohittamiseksi kuuluu kytkin (716), jota ohjaamalla silmukka saatetaan modulointitilaan kytkemällä sekoitin ja suodatin osaksi silmukkaa (II) ja taajuuslukitustilaan kytkemällä sekoitin ja suodatin silmukasta irti (I), jol-
- 35

loin oskillaattorin lähtösignaali (f_{TX}) on toinen vaihevertailijan (709) tulosaaleista.

14. Patenttivaatimuksen 12 tai 13 mukainen kytkentä, **tun-**
5 **nettu** siitä, että välineisiin sekoittimen ja suodattimen ohittamiseksi kuuluu silmukajakaja.

15. Patenttivaatimuksen 14 mukainen kytkentä, **tunnettu**
10 siitä, että silmukajakaja muodostuu "dual modulus"-esijakajasta (718) ja moduluslaskurista (719), jotka muodostavat ainakin osan vaihevertailijan (709) tulosaalin jakajakytkennästä (706) taajuuslukitustilassa, ja jotka ovat irrotettuina jakajakytkennästä (706) modulointitilassa.

15 16. Patenttivaatimuksen 13 mukainen kytkentä, **tunnettu** siitä, että säädettävässä oskillaattorissa (811) on kaksi ohjaustuloa, joista
- ensimmäiseen (C) johdetaan ensimmäinen ohjaussignaali,
20 joka asettaa lähtötaajuuden (f_{TX}) oikealle alueelle taajuuslukitustilassa, ja
- toiseen (D) johdetaan toinen ohjaussignaali, joka muuttaa lähtötaajuutta (f_{TX}) lisätyn modulaation (MOD) mukaisesti modulointitilassa.

25 17. Patenttivaatimuksen 16 mukainen kytkentä, **tunnettu** siitä, että ensimmäinen ja toinen ohjaussignaali muodostetaan tulosaalien (f_1 , f_2) vaihe-eroon verrannollisesta signaalista silmukasuodattimessa (810).

30 18. Patenttivaatimuksen 9 mukainen kytkentä, **tunnettu** siitä, että suodatin on alipäästösuodatin (508, 608, 708, 808).

Patentkrav

1. Förfarande för att generera en modulerad signal i en
5 sändare/mottagare med en frekvenssyntetisator baserad på
faslåst slinga, vid vilket
- faskomparatorns insignaler är en fast referensfrekvens
(f_r) och en transmissionsfrekvens (f_2), som bildas ur
utsignalen (f_{TX}) från en reglerbar oscillator genom att
10 reducera dess frekvens, och
- den reglerbara oscillatoren styrs med en styrsignal
(V_{MOD}) proportionerlig mot fasskillnaden mellan nämnda
insignaler (f_r , f_2),
kännetecknat av att för att åstadkomma modulering utförs
15 följande på utsignalen (f_{TX}):
-transmissionsfrekvensen (f_2) bildas genom att mixa den
reglerbara oscillators utsignal (f_{TX}) med en till
slingan hämtad mixersignal (f_1) och genom att filtrera
skillnadssignalen mellan dessa från mixerresultatet, och
20 - moduleringen (MOD) tillsätts genom att åstadkomma en
frekvens- eller fasförändring i åtminstone en av
insignalerna (f_2 , f_r) eller deras derivat.
2. Förfarande enligt patentkrav 1, **kännetecknat** av att
25 transmissionsfrekvensen (f_2) är lägre än frekvenserna hos
ut- (f_{TX}) och mixersignalerna (f_1).
3. Förfarande enligt patentkrav 1, **kännetecknat** av att
utsignalen (f_{TX}) har sändfrekvens.
30
4. Förfarande enligt patentkrav 1, 2 eller 3,
kännetecknat av att mixersignalen (f_1) erhålls från
mottagarens lokaloscillator (5, 605).

5. Förfarande enligt patentkrav 1, **kännetecknat** av att moduleringen (MOD) tillsätts transmissionsfrekvensen (f_2) eller referensfrekvensen (f_r) med pulsfördröjningsteknik.

5 6. Förfarande enligt patentkrav 1, **kännetecknat** av att moduleringen (MOD) tillsätts genom att dela transmissionsfrekvensen (f_2) i I- och Q-komponenter, genom att multiplicera nämnda komponenter med I- och Q-moduleringskoefficienter ($I(\text{mod})$, $Q(\text{mod})$) och genom att
10 addera resultaten.

7. Förfarande enligt patentkrav 1, **kännetecknat** av att moduleringen tillsätts genom att dela referensfrekvensen (f_r) i I- och Q-komponenter, genom att multiplicera
15 nämnda komponenter med I- och Q-moduleringskoefficienter och genom att addera resultaten.

8. Förfarande enligt patentkrav 2, **kännetecknat** av att mixerresultatet bandpassfiltreras för att eliminera
20 signaler på högre frekvens än skillnadssignalen.

9. Koppling för att generera en modulerad signal i en sändare/mottagare med en frekvenssyntetisator baserad på faslåst slinga, innefattande:
25 - en reglerbar oscillator (511) som avger en utsignal (f_{TX}) och
- en faskomparator (509), som insignaler tar emot en fast referensfrekvens (f_r) samt transmissionsfrekvensen (f_2) och styr den reglerbara oscillatoren (511) med en
30 styrsignal (V_{CMOD}) proportionerlig mot fasskillnaden mellan nämnda insignaler (f_r , f_2),
kännetecknad av att kopplingen för att alstra en modulering förutom utsignalen innehåller:
- en mixer (507) som tar emot utsignalen (f_{TX}) och
35 mixersignalen (f_1),

- ett lågpasfilter (508), som är kopplat mellan mixern (507) och faskomparatorn (509) för att bilda en transmissionsfrekvens (f_2) genom att från mixerns (507) mixerresultat avskilja skillnaden mellan utsignalen (f_{TX}) och mixersignalen (f_1) samt
 - organ för att tillsätta en modulering (MOD) genom att åstadkomma en frekvens- och fasförändring i åtminstone en av insignalerna (f_2 , f_r) eller deras derivat.
- 10 10. Koppling enligt patentkrav 9, **kännetecknad** av att organen för att tillsätta en modulering består av en första delare (615) och en första fördröjare (617) kopplade till transmissionsfrekvensingången (f_2) i faskomparatorns (609) komparatororgan (619), av en andra
- 15 delare (616) och en andra fördröjare (618) kopplade till referensfrekvensingången (f_r), samt av en moduleringslogik (620) som styr delarna (615, 616) och fördröjarna (617, 618), vilken styrs med en moduleringssignal (MOD) som omvandlats i en A/D-
- 20 omvandlare (621).
11. Koppling enligt patentkrav 9, **kännetecknad** av att organen för att tillsätta en modulering består av en I/Q-modulator (704) kopplad till
- 25 transmissionsfrekvensingångsgrenen (f_2) i faskomparatorns (709) komparatororgan (714).
12. Koppling enligt patentkrav 9, **kännetecknad** av att slingan inbegriper organ för att förbikoppla mixern och
- 30 filtret.
13. Koppling enligt patentkrav 12, **kännetecknad** av att organen för att förbikoppla mixern (707) och filtret (708) innefattar en kopplare (716), med vars styrning
- 35 slingan försätts i moduleringsstillstånd genom att koppla mixern och filtret till slingan (II) och i

frekvenslåstillstånd genom att koppla mixern och filtret från (I) slingan, varvid oscillators utsignal (f_{TX}) är den ena av faskomparators (709) insignaler.

5 14. Koppling enligt patentkrav 12 eller 13, **kännetecknad** av att organen för att förbikoppla mixern och filtret inbegriper en slingfördelare.

10 15. Koppling enligt patentkrav 14, **kännetecknad** av att slingfördelaren består av en "dual modus"-primärfördelare (718) och en modulusräknare (719), som bildar åtminstone en del av delarkopplingen (706) i faskomparators (709) insignal, och som är fränkopplade från delarkopplingen (706) i moduleringsstillståndet.

15 16. Koppling enligt patentkrav 13, **kännetecknad** av att den reglerbara oscillatoren (811) har två styrgångar, av vilka

20 - till den första (C) leds en första styrsignal, som ställer utfrekvensen (f_{TX}) i den rätta intervallen i frekvenslåstillståndet, och
- till den andra (D) leds en andra styrsignal, som ändrar utfrekvensen (f_{TX}) i enlighet med den tillsatta moduleringen (MOD) i moduleringsstillståndet.

25 17. Koppling enligt patentkrav 16, **kännetecknad** av att den första och den andra styrsignalen genereras av en signal proportionerlig mot fasskillnaden mellan insignalerna (f_1 , f_2) i slingfiltret (810).

30 18. Koppling enligt patentkrav 9, **kännetecknad** av att filtret är ett lågpassfilter (508, 608, 708, 808).

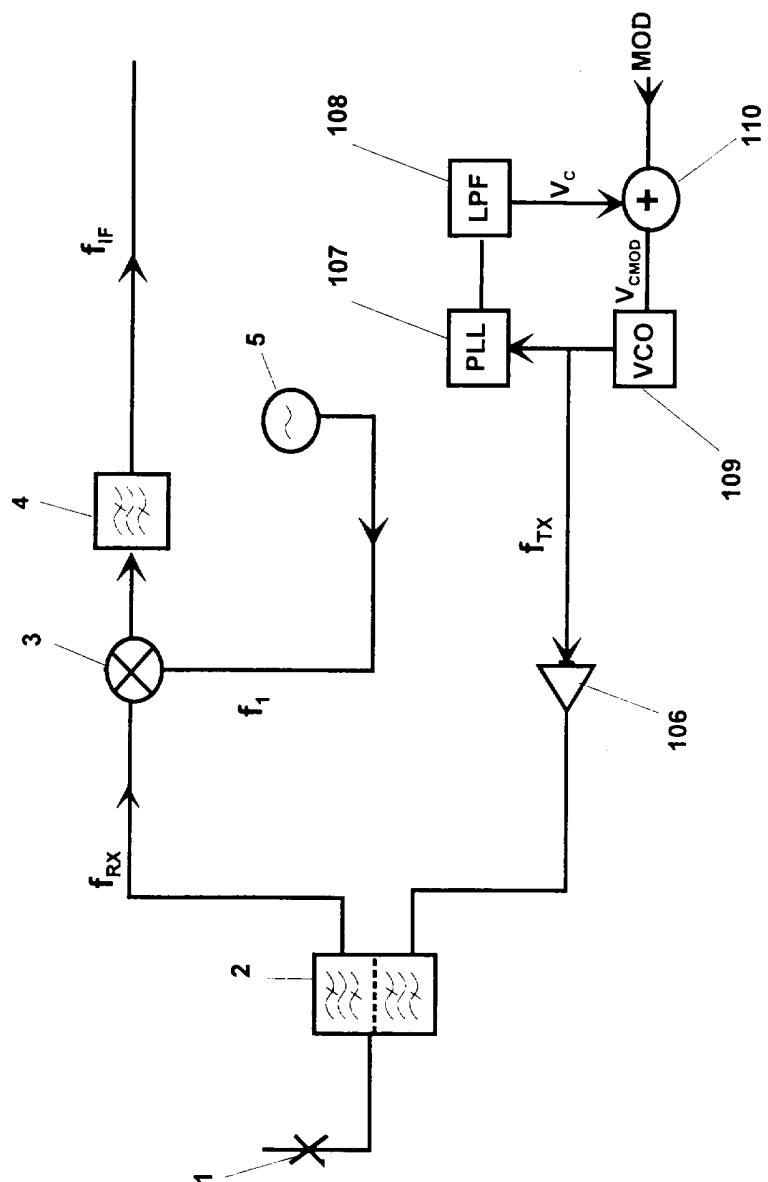


Fig. 1

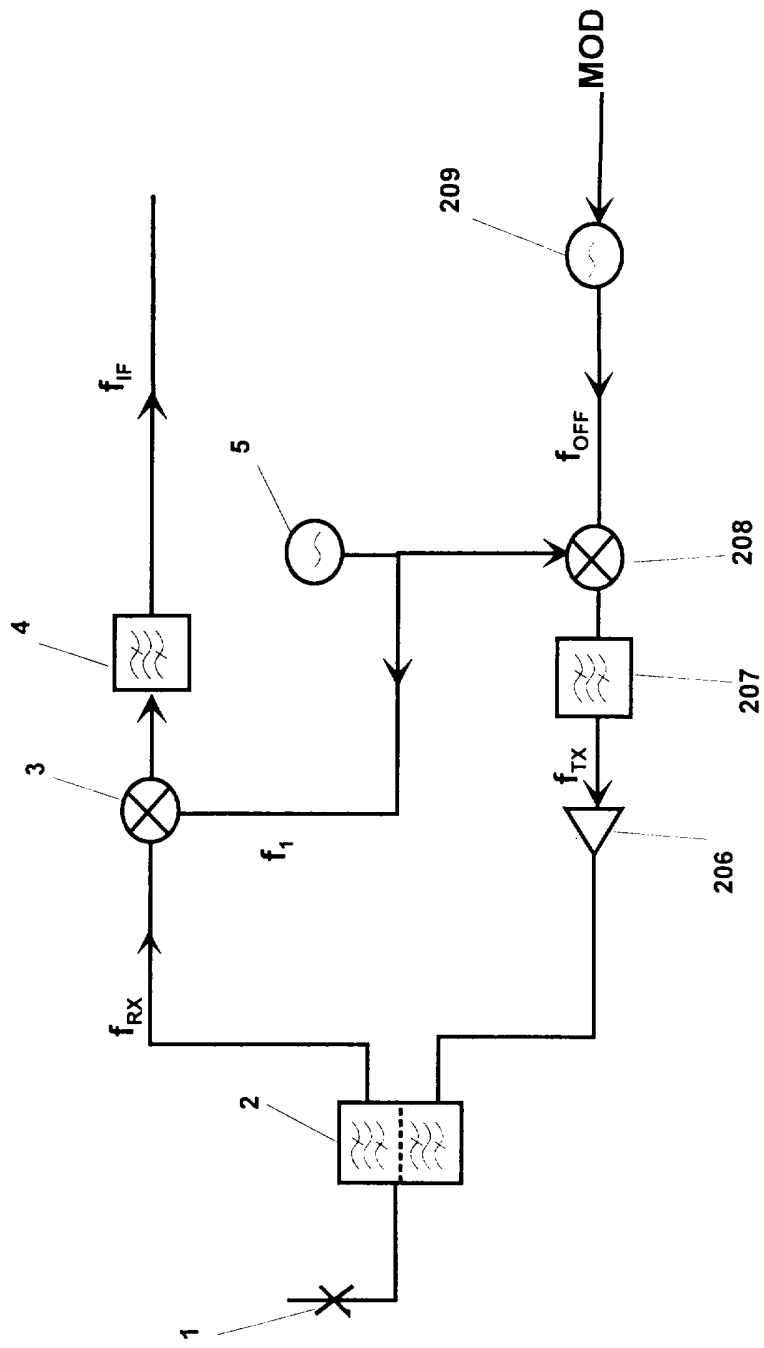


Fig. 2

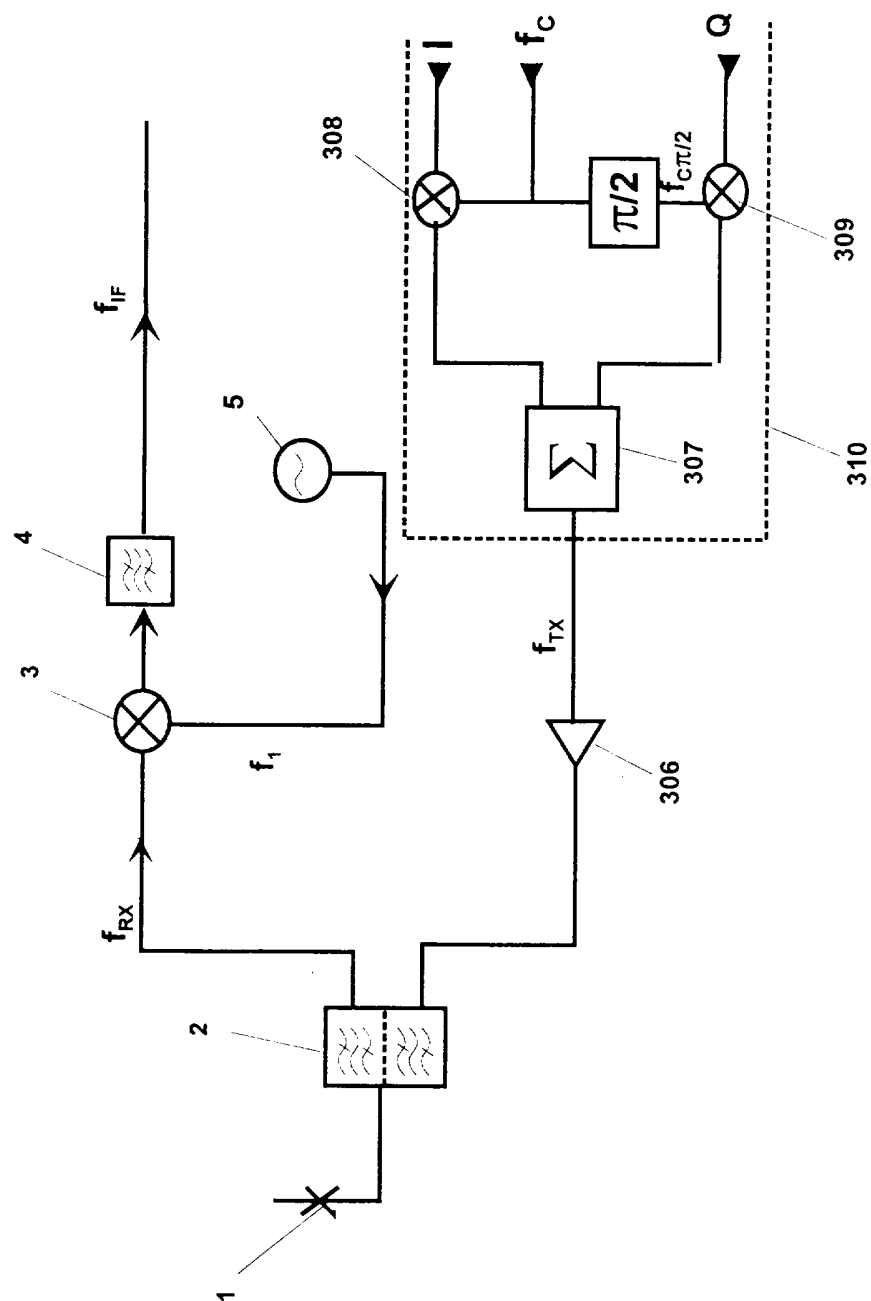


Fig. 3

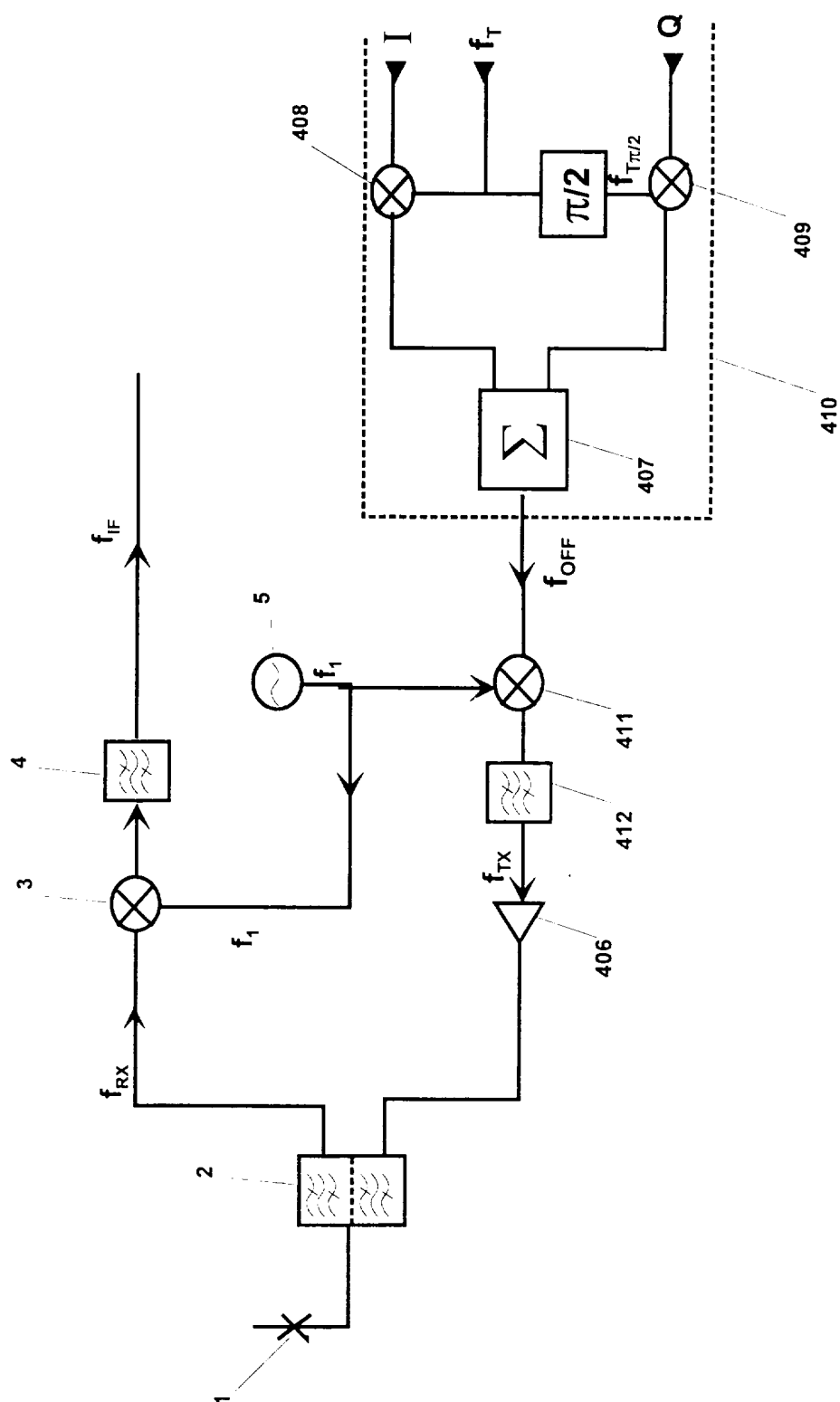


Fig. 4

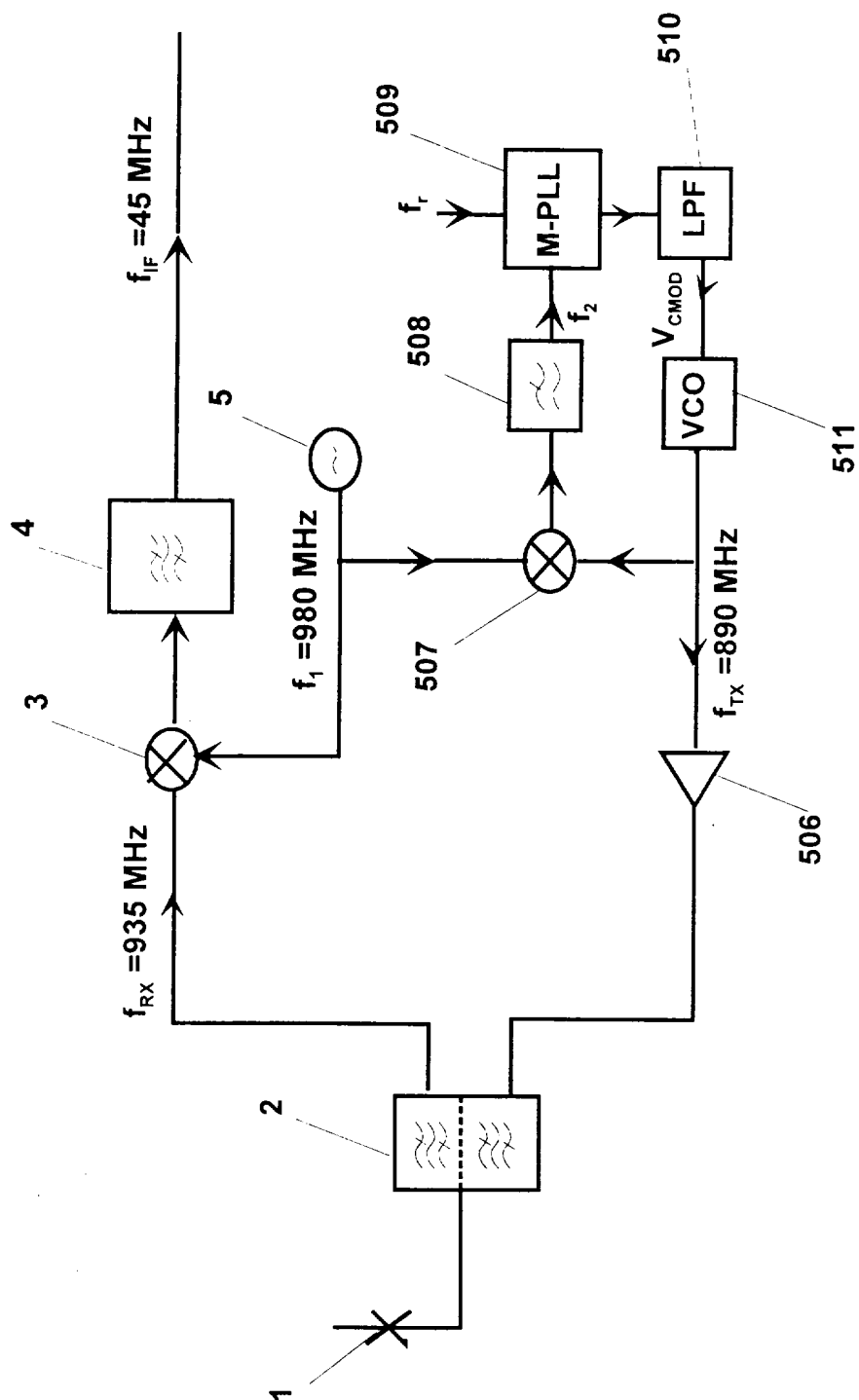


Fig.5

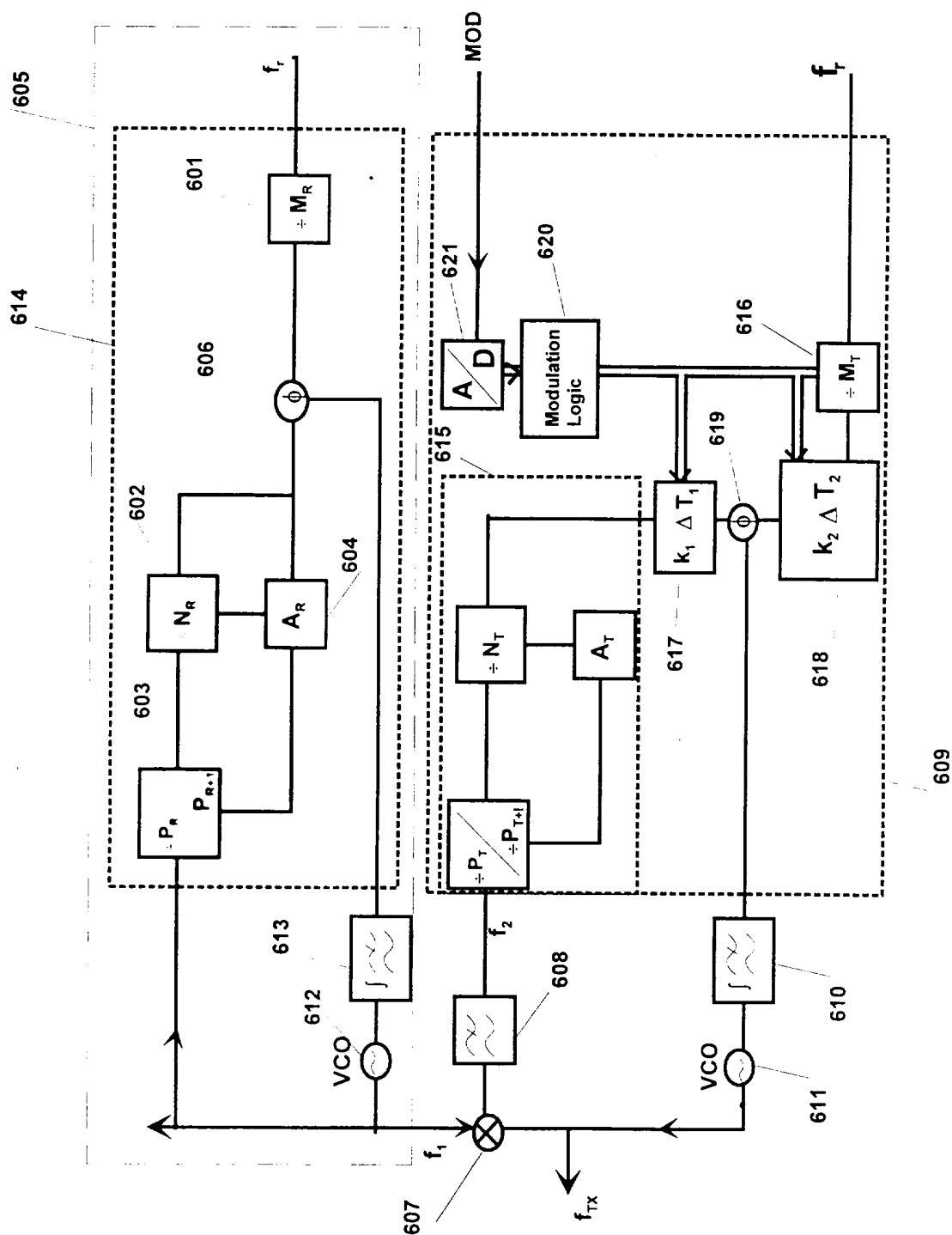


Fig. 6

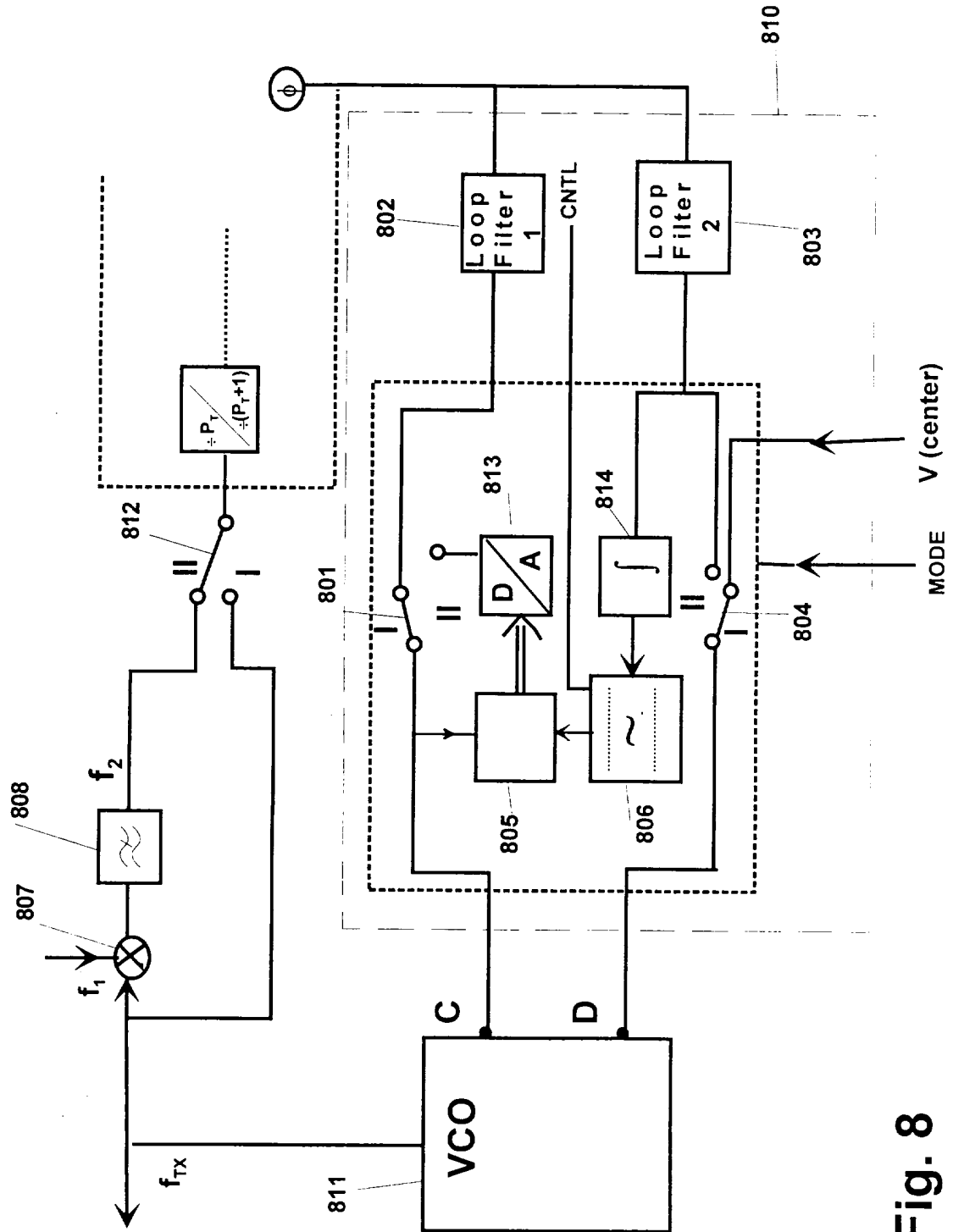


Fig. 8