



F 100097579B



SUOMI-FINLAND
(FI)

Patentti- ja rekisterihallitus
Patent- och registerstyrelsen

(B) (11) KUULUTUSJULKAISU
UTLAGNINGSSKRIFT 97579
C (45) Patentti myönnetty
Patent meddelat 10 01 1997

(51) Kv.1k.6 - Int.cl.6

H 03L 7/18

(21) Patentihakemus - Patentansökning	951604
(22) Hakemispäivä - Ansökningsdag	04.04.95
(24) Alkupäivä - Löpdag	04.04.95
(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig	30.09.96
(44) Nähtäväksipanon ja kuul.julkaisun pvm. - Ansökan utlagd och utl.skriften publicerad	30.09.96

(71) Hakija - Sökande

1. Nokia Telecommunications Oy, Mäkkylän puistotie 1, 02600 Espoo, (FI)

(72) Keksijä - Uppfinnare

1. Dekker, André, Urpiaisentie 13, 90540 Oulu, (FI)

(74) Asiamies - Ombud: Oy Kolster Ab

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning

Vaihelukitun silmukan silmukkasuodatin
Slingfilter för en fasläsningskrets

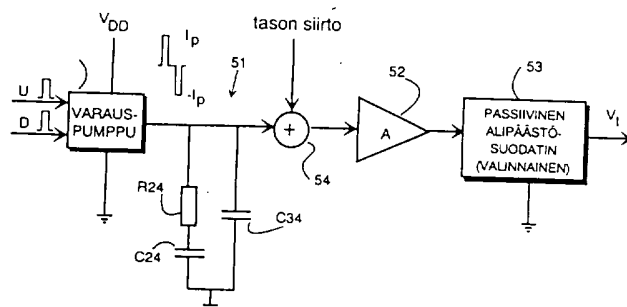
(56) Viitejulkaisut - Anförda publikationer

EP A 518684 (H 03L 7/183), US A 5414741 (H 03L 7/00)

(57) Tiivistelmä - Sammandrag

Vaihelukitussa silmukassa PLL käytettäväsä aktiivisessa suodattimessa on passiivinen integraattori kytketty invertoivan operaatiovahvistimen tulon ja lähdön väliin. Se aiheuttaa sen, että varauspumpulta tulevat nopeat pulssit pääsevät suoraan vahvistimen lähtöön. Keksinnön mukaisesti passiivinen integraattori (51) sijoitetaan ennen ei-invertoivaa operaatiovahvistinta (52), jolloin se oikosulkee varauspumpun pulssit piirin maahan, eikä ylimääräistä alipäästösuodatinta tarvita operaatiovahvistimen eteen. Siten voidaan passiiviseen integraattoriin sisällyttää enemmän alipäästösuodatusta. VCO:n säätöjännitealuetta voidaan laajentaa käyttämällä vahvistusta $A > 1$ siirtämällä DC-tasoa operaatiovahvistimen (52) tulossa.

I en fasläst slinga PLL i ett aktivt filter är en passiv integrator kopplad mellan utgång och ingång till en inverterande operationsförstärkare. Den orsakar, att snabba pulser från en laddningspump kommer direkt till förstärkarens utgång. Enligt uppfinningen placeras den passiva integratorn (51) innan en icke inverterande operationsförstärkare (52), varvid den kortsluter laddningspumpens pulser till jord, och överlopps lågpasfilter behöves ej före operationsförstärkaren. Sålunda kan mera lågpasfiltrering innehållas i den passiva integratorn. VCO:ns reglerspänningsområde kan utvidgas genom att använda en förstärkning $A > 1$ genom att ändra DC-nivån i operationsförstärkarens (52) ingång.



Vaihelukitun silmukan silmukkasuodatin

Tämän keksinnön kohteena on vaihelukittu silmukka ja erityisesti siinä käytettävä silmukkasuodatin.

5 Taajuussyntetioijana käytetty vaihelukittu silmukka sisältää kuvassa 1 esitetyt osat. Digitaalisessa vaihe/taajuusilmaisimessa 2 verrataan tulotaajuuksia, joista toinen on referenssijakajassa 1 tekijällä R jaettu vertailutaajuus f_{ref} ja toinen on silmukan lähtötaajuus f_{vco} , joka
 10 on jaettu silmukajakajassa 6 tekijällä N. Vaihevertailija 2 tuottaa U- (up) ja D- (down) pulsseja, joiden leveydet ovat verrannollisia tulosignaalien taajuus- ja/tai vaiheeroon. Varauspumppu 3 muuntaa U- ja D- pulssit bipolaareiksi pulsseiksi, joiden polaarisuus ilmaisee vaihe
 15 ja/tai taajuuseron suunnan ja leveys ilmaisee eron suuruuden. Varauspumpun antamat pulssit integroidaan silmukkasuodattimessa 4, josta saatava tasajännite V_c on jänniteohjatun oskillaattorin VCO 5 ohjausjännite ja ohjaa VCO:ta niin, että vaihevertailijan tulosignaalien taajuus ja/tai
 20 vaihe-ero minimoituu.

Ensimmäisen sukupolven varauspumpuilla oli jännitelähtö, kun taas nykyään useimpien PLL-piirin osia sisältävillä IC-piirien varauspumpuilla on virtalähtö. Ensin mainituilla tunnetuilla varauspumpuilla on kolmetilainen
 25 jännitelähtö: lähtö kytketään positiiviseen syöttöjännitteeseen V_{DD} , negatiiviseen syöttöjännitteeseen V_{SS} (jona oli usein piirin maa) tai jätettiin avoimeksi. Lähtöjännitteen muuntamiseksi integraattorin (suodattimen) virtaherätteeksi käytetään suodattimessa (integraattorissa) etuvastusta.
 30 Vaihevertailijan tulosignaalien vaihe-eron ollessa pieni ovat varauspumpun lähtöpulssit kapeita ja varauspumppu on suurimman osan ajasta avoin. Sen tähden vaikuttaa näennäisesti siltä, että integraattoria syötetään paljon suuremman vastuksen kautta kuin etuvastuksen kautta ts. syötetään virtalähteestä. Kuitenkin syöttövirran arvo riippuu
 35

suodattimen lähtöjännitteestä ts. VCO:n säätöjännitteestä V_t ja syöttövirta on symmetrinen vain mikäli V_t on täsmälleen $V_{DD}/2$, olettaen tietysti, että $V_{SS} = 0$. Muussa tapauksessa se riippuu vaihe-eron etumerkistä.

5 Tyypillinen passiivinen silmukkasuodatin on esitetty kuvassa 2. Suodatin 21 käsittää integrointikondensaattorin C2, vaimennusvastuksen R2 ja tasoituskondensaattorin C3. Suodattimen tulona on varauspumpun 3 (kuva 1 ja kuva 2) antamat pulssit. Usein käytetään vielä ylimääräistä
10 passiivista alipäästösuodatinta 22 vaimentamaan kohinaa ja suodattimen 21 mahdollisesti läpäissyttä referenssisignaalin taajuista signaalia. Vastus R1 on etuvastus. Esitetyn ensimmäisen sukupolven varauspumpun ja passiivisen suodattimen haittana on se, että varauspumpun lähtövirta on
15 riippuvainen suodattimen lähtöjännitteestä V_t .

Jotta saataisiin integraattorin tulovirta riippumattomaksi sen lähtöjännitteestä V_t ja vaihe-eron etumerkistä, on tunnettua käyttää passiivisuodattimen sijasta aktiivista operaatiovahvistimella toteutettua suodatinta
20 (integraattoria) kuvassa 3 esitetyllä tavalla. Operaatiovahvistin 31, jos se olisi ideaalinen, pitäisi sisään-tuloporttien jännitteet yhtäsuurina. Niinpä jos sen positiivisessa tulonavassa vaikuttaa jännite $V_{DD}/2$, vaikuttaisi sen negatiivisessa tulonavassa sama jännite ja etuvastuksen R1 läpi kulkeva virta olisi riippumaton vaihe-eron etumerkistä.
25

Aktiivisuodattimien yleinen ongelma on se, että operaatiovahvistin on itsessään hidas eikä sitä ole tarkoitettu syötettäväksi digitaalipiirien tuottamilla nopeilla pulsseilla. Käytännössä varauspumpun antamat pulssit menevät suoraan takaisinkytkentähaaran kondensaattorin C33, kuva 3, läpi operaatiovahvistimen tuloon aiheuttaen sen yliohtautumisen. Myös silmukan ollessa tasapainossa varauspumppu antaa pulsseja, sillä kohina aiheuttaa jatkuvasti pientä vaihe-eroa vaihevertailijan tulosisignaalien
30
35

välillä. Pahin tapaus olisi, että pulssit estäisivät sil-
 mukkaa saavuttamasta tasapainoa ja saisivat sen värähte-
 lemään tasapainoaseman ympärillä. Näin voi käydä, koska
 pulssit pääsevät inverttoimattomina operaatiovahvistimen 31
 5 lähtöön, kun taas vahvistin itsessään on matalia taajuuk-
 sia inverttoiva. Siten pulssit aikaansaavat silmukassa po-
 sitiivisen takaisinkytkennän ja näin kasvattavat vaiheko-
 hinaa. Lisäksi operaatiovahvistin tarvitsee aikaa palau-
 tuukseen yliohjaustilasta pulssien hävittyä. Tämän jälkeen
 10 se yrittää palauttaa kondensaattorin C33 varauksen. Siten
 muutamien nanosekuntien pulssit vahvistimen tulossa voivat
 häiritä mikrosekuntien ajan vahvistimen toimintaa.

Kuvassa 3 esitetyn piirin käyttämisessä syntyvien
 edellä sanottujen ongelmien ratkaisemiseksi on tunnettua
 15 käyttää esisuodatusta vahvistimen edessä. Tätä on esitetty
 kuvassa 4, jossa käytetään soveltuvien osien samoja vii-
 tenumeroita kuin kuvassa 3. Kun operaatiovahvistimen 31
 negatiivisen tulonavan etuvastus on korvattu vastusten R1a
 ja R1b sarjakytkennällä ja vastusten välistä on kytketty
 20 kondensaattori C13 maahan, vaikuttaakin jännite $V_{DD}/2$ nyt
 vastusten R1a ja R1b välillä. Kondensaattori C13 tasoittaa
 varauspumpun 3 pulssit niin, että operaatiovahvistin pys-
 tyy seuraamaan niitä. Koska operaatiovahvistimen 31 DC-tu-
 lovirta on ideaalitapauksessa nolla, on kondensaattorin
 25 C13 yli vaikuttava jännite tasapainotilassa sama kuin
 operaatiovahvistimen tulonavoissa eli $V_{DD}/2$.

Kuvan 4 mukaisesti esisuodatusta käyttämällä saa-
 daan melko puhdas säätöjännite. Haittana on kuitenkin,
 että mitoituksessa on tehtävä paljon kompromisseja ja mi-
 30 toitus on hyvin vaikeaa, mikäli on saavutettava lyhyt
 asettumisaika, pieni kohina ja vähäinen referenssitaa-
 juisen signaalin pääsy säätöjännitteeseen. Tämä johtuu ali-
 päästösuodatuksen rajoituksista ja vastusten R1a ja R1b
 valinnasta. Kuvan 4 mukaisen tunnetun aktiivisen suodatti-
 35 men komponenttiarvojen valinta on myös vaikeaa: kohinan

kannalta katsottuna kuvan 3 aktiivista integraattoria voidaan pitää ei-invertoivana vahvistimena, jonka vahvistus on 1. Kuvan 4 kytkennässä vahvistus suurille taajuuksille on kuitenkin $(R_2+R_{1b})/R_{1b}$ olettaen, että C33 ei vaikuta.

5 Niinpä kondensaattorin C13 läsnäolo kasvattaa merkittävästi kohinaa eikä R1b voi siten olla liian pieni. Toisaalta R1a ei voi olla pieni siksi, että varauspumpun lähtövirta kasvaisi liian suureksi. Lähtövirralla on suuri toleranssi, joka on usein eri suuri positiivisilla ja negatiivisilla vaihevirheillä. Kaikki tämä tuottaa ennalta ennustamattomia vaikutuksia, joita ei voida hyväksyä massa-

10 tuotannossa. Jos kondensaattori C33 vaikuttaa, alenee kohina kyllä suurilla taajuuksilla, mutta asettumisajan pitämiseksi lyhyenä olisi kondensaattorin C13 arvoa pienennettävä. Tämä kasvattaa varauspumpun pulssien muutosnopeutta vahvistimen tulossa, jolloin vahvistin saattaa kylästyä.

Toinen haitta kuvan 4 kytkennässä on se, että varauspumpun 3 ulostulovirta pienenee, ts. asettumisaika

20 pitenee, kun on suuri taajuusaskel. Silloin nimittäin aktiivinen integraattori vaatii suuren ohjausvirran, joten kondensaattorin C13 tasojännitteen on pakko muuttua pois tasapainoarvostaan $V_{DD}/2$.

Edellä esitettyjen aktiivisten suodattimien haittoista ts. monimutkaisuudesta, vaikeasta optimoitavuudesta ja vähäisestä referenssitajuisen signaalin vaimennuksesta johtuen kiinnostus passiivisiin suodattimiin on edelleen säilynyt. Kun kehitettiin toisen sukupolven vakiovirtalähdön omaavat varauspumput, ts. pumput, joiden lähtövirta on riippumaton lähtöjännitteestä, tuli jälleen mahdolliseksi

30 käyttää kuvan 2 mukaista passiivista suodatinta edellyttäen, että säätöjännitteen ei tarvitse ylittää aluetta nolla - käyttöjännite V_{DD} . Koska varauspumpun virtalähteet eivät ole ideaalisia, on säätöjännitealue käytännössä välillä 1 V, ..., $V_{DD}-1V$. Tällaisia pumppuja käytettäessä on

35

kuvan 2 piirissä vastuksen R1 arvo nolla. Vaihelukittu
silmukka PLL, jossa käytetään vakiovirtalähdön omaavaa
varauspumpua yhdessä tekniikan tason mukaisen passiivisen
integraattorin kanssa, toimii hyvin, kun oskillaattorin
5 ohjausjännitealueen ei tarvitse olla laaja. Säätoalueen
laajentamiseksi on tosin olemassa varauspumppuja, joiden
lähtöasteen syöttöjännite on jopa suurempi kuin logiikan
positiivinen syöttöjännite. Kuitenkaan passiivisuodattimen
tapauksessa ei ole keinoja saavuttaa suurempaa säätojänni-
10 tettä kuin 6 V. Ammattimiehelle luonnollisin ratkaisu oli-
si siten luopua passiivisesta suodattimesta ja käyttää
tunnettua kuvan 3 tai 4 mukaista aktiivista suodatinta.

Tämä keksintö esittää vaihelukitun silmukan, jonka
silmukkasuodattimella varauspumpun kanssa käytettynä ei
15 ole tekniikan tason aktiivisten suodattimien haittoja ja
joka mahdollistaa laajan VCO:n säätojännitealueen.

Keksinnölle on tunnusomaista se, mitä on sanottu
patenttivaatimuksessa 1.

Keksintö perustuu siihen tosiseikkaan, että tekni-
20 kan tason mukaisissa aktiivisissa suodattimissa on passiiv-
vinen integraattori kytketty invertoivan operaatiovahvis-
timen tulon ja lähdön väliin ts. takaisinkytkentähaaraan,
mikä aiheuttaa sen, että varauspumpulta tulevat nopeat
pulssit pääsevät suoraan vahvistimen lähtöön. Keksinnön
25 mukaisesti passiivinen integraattori sijoitetaan ennen ei-
invertoivaa operaatiovahvistinta, jolloin se oikosulkee
varauspumpun pulssit piirin maahan, eikä ylimääräistä ali-
päästösuoatinta tarvita operaatiovahvistimen eteen. Siten
voidaan passiiviseen integraattoriin sisällyttää enemmän
30 alipäästösuoatusta sekä haluttaessa niihin suodattimiin,
joita voidaan haluttaessa sijoittaa operaatiovahvistimen
jälkeen, ja kuitenkin silmukan asettumisaika säilyy lyhye-
nä. Koska operaatiovahvistin on ei-inversoiva, se aiheut-
taa vähemmän kohinaa kuin saman vahvistuskertoimen omaava
35 inversoiva vahvistin. Esitetty kytkentä on tekniikan tason

kytkentöihin nähden yksinkertaisempi ja mitoituksessa on helpompi saavuttaa kompromissi silmukan asettumisajan sekä oskillaattorin säätöjännitteen puhtauden välillä.

5 Keksintöä selostetaan seuraavassa lähemmin erään keksinnön mukaisen edullisen suoritusmuodon avulla viitaten oheisiin kuviin, joista

- kuva 1 esittää lohkokaaaviona vaihelukittua silmukkaa,
- 10 kuva 2 kuvaa tunnettua passiivista silmukkasuodatinta,
- kuva 3 ja
- kuva 4 esittävät tunnettuja aktiivisia silmukkasuodatinkytkentöjä,
- 15 kuva 5 esittää lohkokaaaviona keksinnön mukaista silmukkasuodatinta ja
- kuva 6 on eräs piiriratkaisu kuvan 5 suodattimesta.

20 Kuten kuvassa 5 on esitetty, vakiovirtalähtöisen virtapumpun 3 antamat pulssit johdetaan tunnettuun, esim. kuvassa 2 esitetyn tyyppiseen passiiviseen integraattoriin 51 ja sen antama lähtöjännite vahvistetaan ei-invertoivassa operaatiovahvistimessa 52. Olennaista on havaita, että itse passiivista integraattoria 51 käytetään suojaamaan

25 operaatiovahvistinta 52 varauspumpun 3 pulsseilta. Ylimääräistä alipäästösuodatusta ei siten tarvita. Kun passiivinen integraattori 52 toimii suojana vaimentuvat pulssit paremmin, komponenttien lukumäärä pienenee ja mitoitus helpottuu verrattuna tekniikan tason suodattimiin. Vahvistimella 52 voidaan toteuttaa helposti myös DC-tason siirto

30 summaamalla jomman kumman tulonavan jännitteeseen DC-jännite V_0 . Tällä tavalla voidaan helposti saada VCO:lle haluttu säätöjännitealue, jossa suurin jännite ylittää 6 V. DC-tason siirtoa on kuvassa 5 esitetty summaimella 54.

35 Vahvistimen 52 lähtösignaalin suodattamiseksi voidaan

käyttää haluttaessa suodatinta 53.

Komponenttien mitoitus suoritetaan pääpiirteissään samoin kuin passiivisella integraattorilla, mutta on yksinkertaisempaa, sillä integraattori 51 ja valinnainen suodatin 53 on erotettu toisistaan vahvistimella 52.

Kuvassa 6 on esitetty eräs piiritason ratkaisu keksinnön suodattimelle. Vahvistimen 62 invertoivaan tuloon etuvastuksen R65 kautta tuotu tasajännite V_0 aiheuttaa vahvistimen lähtöjännitteessä DC-tason siirron. Käytännössä jännite V_0 on jokin laitteen käyttöjännitteistä, mahdollisesti suodatettuna. Vahvistimen takaisinkytkentähaarassa oleva kapasitanssi C_{comp} on pieni kapasitanssi, jonka tarkoitus on kompensoida vahvistimen invertoivan tulon ja maan välinen hajakapasitanssi C_{par} . Ylikompensointi muuttaa vahvistinta jossain määrin alipäästösuodattimen luonteiseksi. Tätä ominaisuutta voidaan käyttää edullisesti suuritaajuisen kohinan vaimentamiseen suodattimen lähtöjännitteestä V_t eli VCO:n säätöjännitteestä. Diodia D1 käytetään estämään operaatiovahvistimen lähdön menemästä liian alas siinä poikkeustapauksessa, että varauspumpun lähtö on nolla.

Valinnaisesti käytetty alipäästösuodatin 63 voidaan yksinkertaisesti toteuttaa RC-suodattimena R75, C75.

Kuvan 5 piirin mitoitus voidaan suorittaa seuraavasti: valitaan ensin vahvistimen 52 vahvistus. Se voi olla sama kuin tarvittava VCO:n säätöjännitealue jaettuna varauspumpulle 3 sallitun lähtöjännitteen käyttökelpoisella jännitealueella. Vahvistus ei kuitenkaan saa olla liian suuri, ettei kohina kasva. Tämän jälkeen lasketaan tasonsiirto, joka tarvitaan siirtämään varauspumpun pienin lähtöjännite pienimmäksi tarvittavaksi VCO:n säätöjännitteeksi V_{tmin} . Integraattorin 61 aikavakiot mitoitetaan samaan tapaan kuin passiivisella integraattorilla yleensäkin, mutta todellisen VCO:n säätöherkkyyden sijaan käytetään sen arvoa kerrottuna vahvistimen 62 vahvistuksella. Var-

mistetaan vielä, että operaatiovahvistimen 62 kohinavaikutus säätöjännitteeseen V_c on riittävän pieni. Jos näin ei ole, voidaan vaikutusta pienentää esim. lisäämällä ali-päästösuodatusta suodattimeen 63 ja vastaavasti pienentämällä kondensaattoria C35.

Keksinnön eräs etu on se, että operaatiovahvistin on ei-invertoiva. Joillakin kaupallisesti saatavissa olevilla integroiduilla PLL-piireillä ei ole mahdollista muuttaa vaiheilmiasimen polariteettia, mikä olisi tarpeen, jos käytettäisiin invertoivaa aktiivista suodatinta. Keksinnön suodatin sopii siten käytettäväksi myös tällaisten IC-piirien kanssa.

Edellä oleva selitys ja siihen liittyvät kuviot on ainoastaan tarkoitettu havainnollistamaan esillä olevaa keksintöä. Alan ammattimiehille tulevat olemaan ilmeisiä erilaiset keksinnön variaatiot ja muunnelmat ilman että poiketaan oheisissa patenttivaatimuksissa esitetyn keksinnön suojapiiristä ja hengestä. Niinpä keksintöä on mahdollista käyttää negatiivista säätöjännitettä käyttävässä VCO kytkennässä.



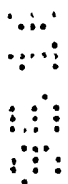
Patenttivaatimukset:

1. Vaihelukittu silmukka, joka sisältää
jännitteellä (V_t) ohjatun oskillaattorin,
5 vaiheilmaisimen, jolla on ensimmäinen tulo vertai-
lusignaalin vastaanottamiseksi ja toinen tulo jänniteohja-
tun oskillaattorin lähdöstä saatavan, mahdollisesti taa-
juusjakajassa jaetun oskillaattorin signaalin (f_{vco}) vas-
taanottamiseksi ja joka vasteena tulosaalien eroon
10 tuottaa U- (up) ja D- (down) pulsseja,
varauspumpun, joka muuntaa siihen johdetut U- ja D-
pulssit lähdön bipolaareiksi virtapulsseiksi, joiden virta
on olennaisesti riippumaton lähtöjännitteestä,
integroitivälineet varauspumpun antamien pulssien
15 muuntamiseksi jänniteohjatun oskillaattorin säätöjännit-
teeksi (V_t),
t u n n e t t u siitä, että integroitivälineisiin kuuluu
passiivinen integraattori (51), johon johdetaan varauspu-
mpun antamat pulssit integroidun jännitteen muodostamiseksi,
20 ja operaatiovahvistin (52), jonka ei-invertoivaan tu-
loon johdetaan mainittu integroitu jännite ja jonka lähtö-
jännite on jänniteohjatun oskillaattorin säätöjännite (V_t),
jolloin passiivinen integraattori (51) suojaa operaatio-
vahvistinta (52) virtapulsseilta.

25
2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen vaihelukittu sil-
mukka, t u n n e t t u siitä, että integroitivälinei-
siin kuuluu lisäksi välineet (54) integroidun jännitteen
jännitetason siirtämiseksi.

30
3. Patenttivaatimuksen 2 mukainen vaihelukittu sil-
mukka, t u n n e t t u siitä, että välineet (54) integ-
roidun jännitteen jännitetason siirtämiseksi käsittävät
välineet (V_0 , R65) operaatiovahvistimen (52) invertoidun
35 tulon DC-tason muuttamiseksi.

4. Patenttivaatimuksen 1 mukainen vaihelukittu sil-
mukka, t u n n e t t u siitä, että operaatiovahvistimen
(52) lähtö on kytketty alipäästösuodattimeen lähtöjännit-
teen (V_t) edelleen suodattamiseksi.



Patentkrav

1. Faslåst slinga som omfattar
en med spänning (V_t) styrd oscillator,
5 en fasdetektor som uppvisar en första ingång för
mottagning av en jämförelsesignal och en andra ingång för
mottagning av en från den spänningsstyrda oscillatorns ut-
gång erhållen, eventuellt i en frekvensdelare delad oscil-
latorsignal (f_{vco}) och som alstrar U- (up) och D- (down)
10 pulsar som gensvar på insignalernas differens,
en laddningspump som konverterar de till denna
ledda U- och D-pulsarna till en utgångs bipolara ström-
pulsar vars ström är väsentligen oberoende av utspän-
ningen,
15 integreringsorgan för konvertering av de av ladd-
ningspumpen givna pulsarna till regler-spänning (V_t) för den
spänningsstyrda oscillatorn,
k ä n n e t e c k n a d av att integreringsorganen omfat-
tar en passiv integrator (51) till vilken de av laddnings-
20 pumpen givna pulsarna leds för alstring av en integrerad
spänning, och en operationsförstärkare (52) till vars icke
inverterande ingång nämnda integrerade spänning leds och
vars utspänning är den spänningsstyrda oscillatorns reg-
lerspänning (V_t), varvid den passiva integratorn (51) skyd-
25 dar operationsförstärkaren (52) mot strömpulsar.
2. Faslåst slinga enligt patentkrav 1, k ä n -
n e t e c k n a d av att integreringsorganen ytterligare
omfattar organ (54) för förflyttning av den integrerade
spänningens spänningsnivå.
30
3. Faslåst slinga enligt patentkrav 2, k ä n -
n e t e c k n a d av att organen (54) för förflyttning av
den integrerade spänningens spänningsnivå omfattar organ
35 (V_0 , R65) för ändring av DC-nivån hos operationsförstärka-
rens (52) inverterade ingång.

4. Faslåst slinga enligt patentkrav 1, k ä n -
n e t e c k n a d av att operationsförstärkarens (52) ut-
gång är kopplad till ett lågpasfilter för vidare filt-
ring av utspänningen (V_t).



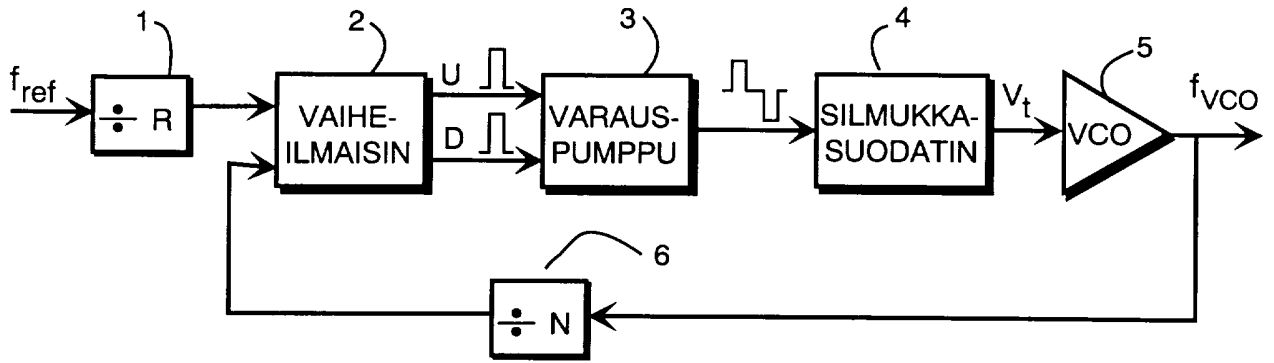


Fig. 1

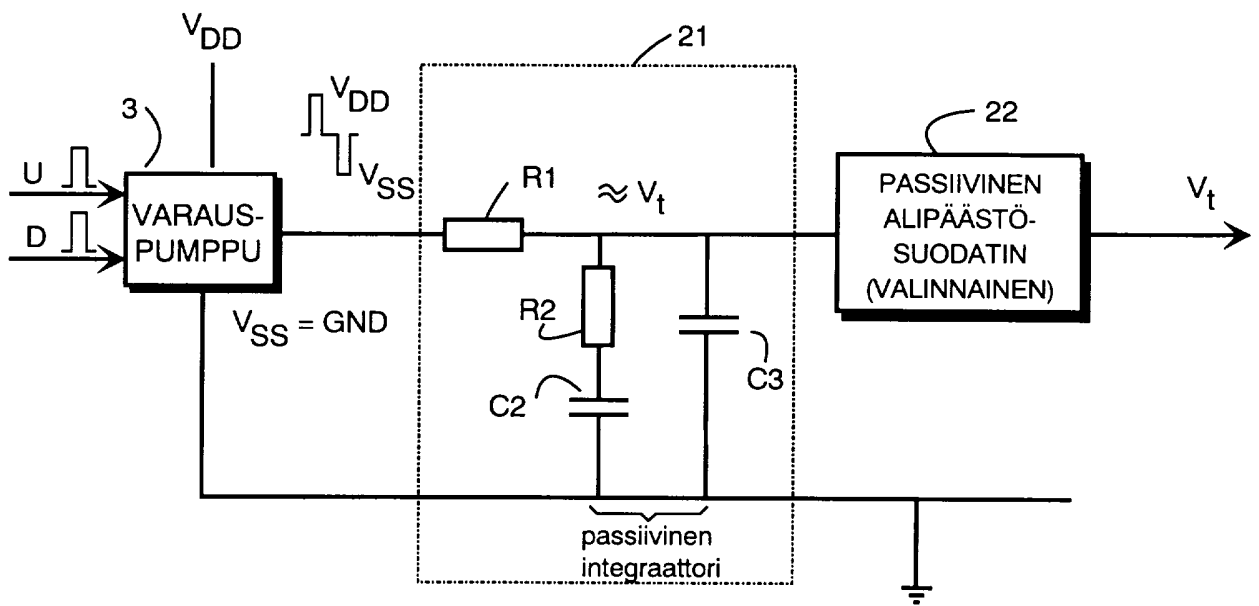


Fig. 2

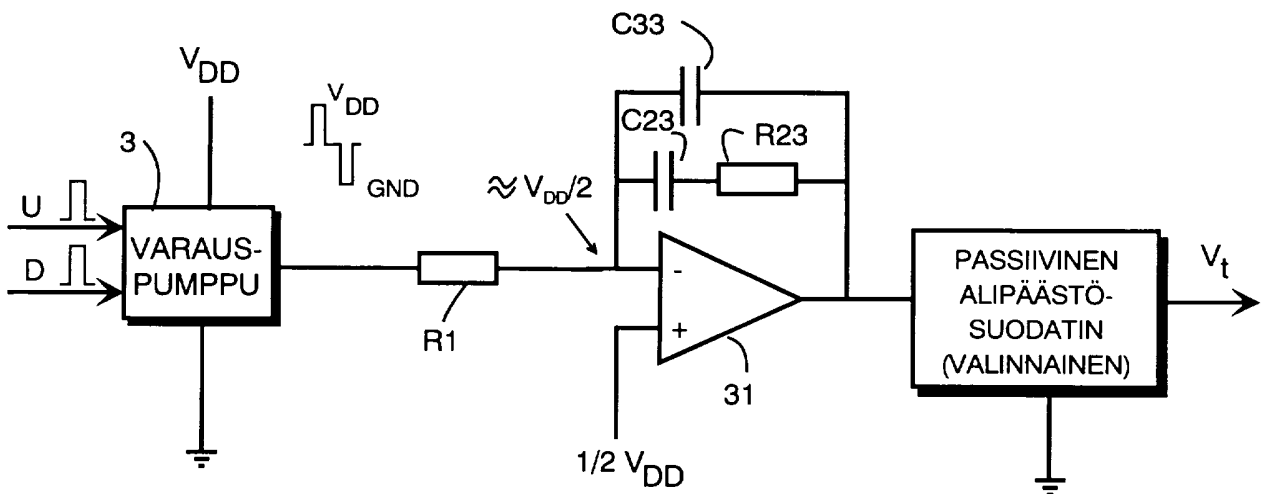


Fig. 3

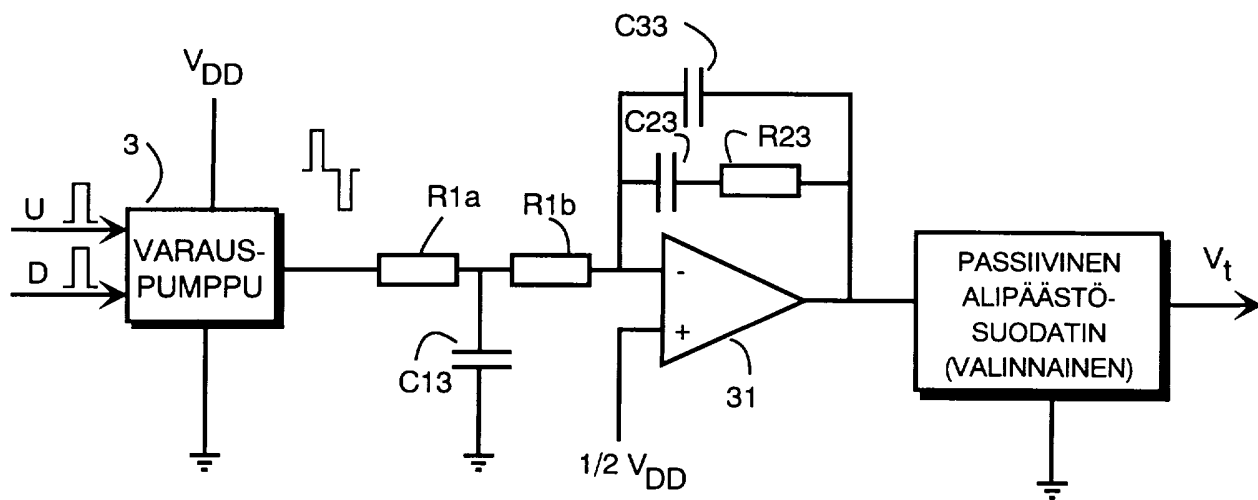


Fig. 4

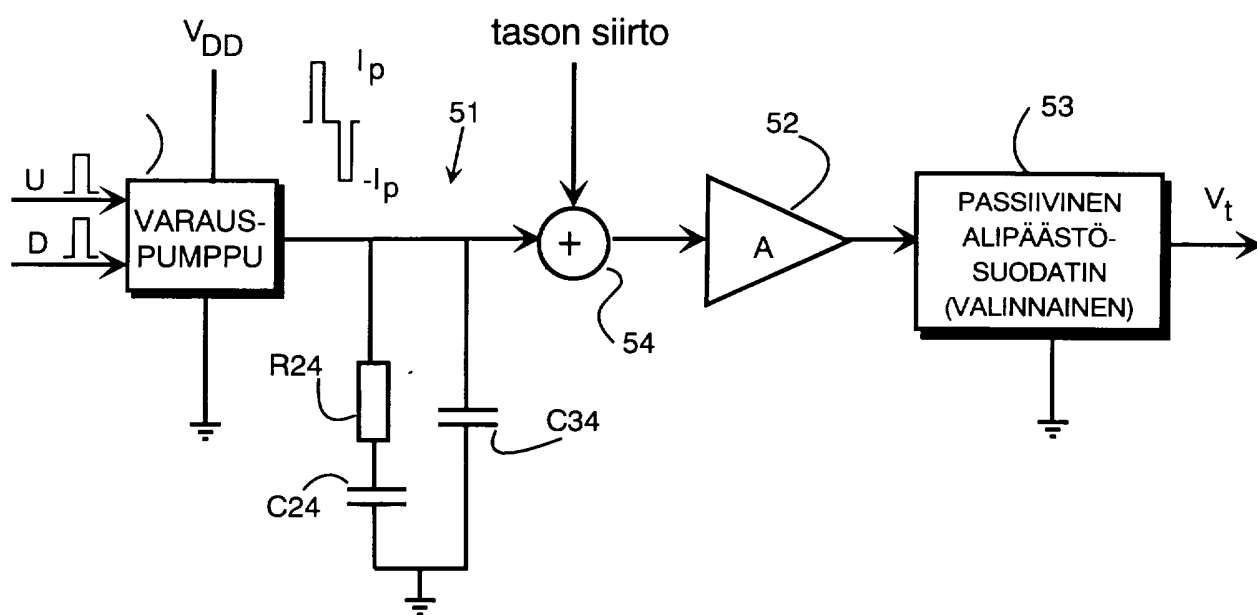


Fig. 5

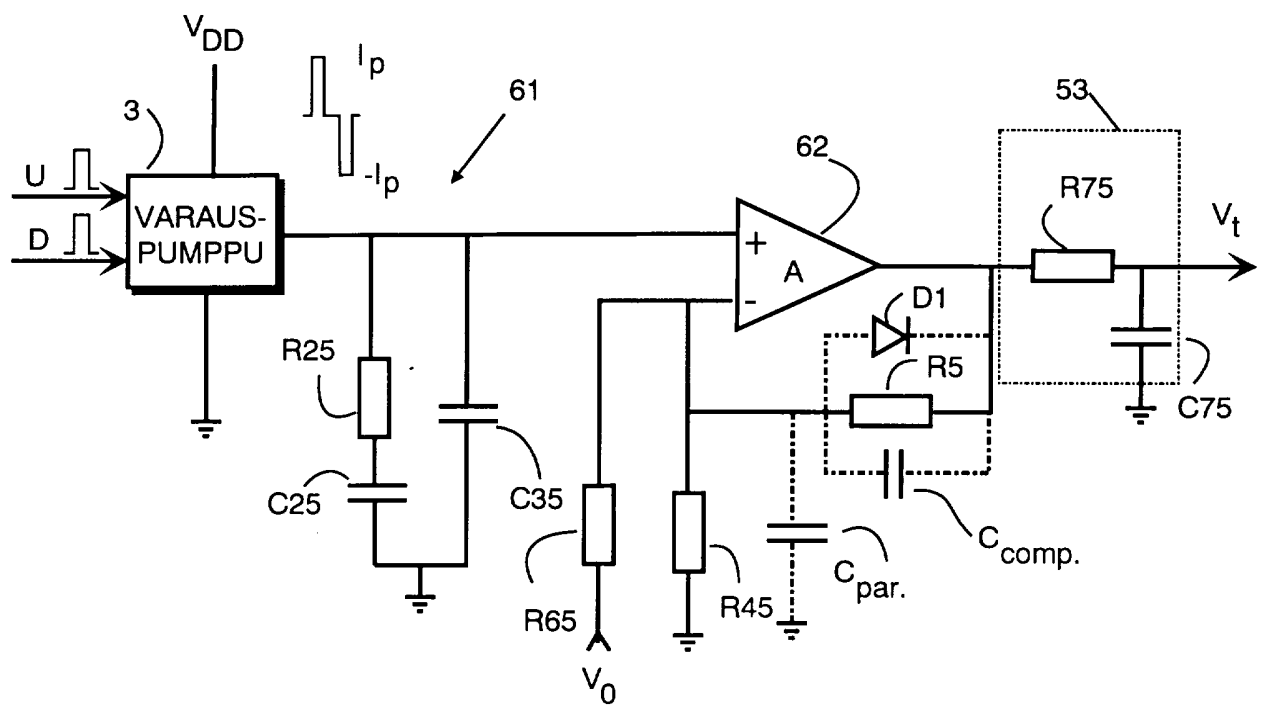


Fig. 6