(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 697 23 350 T2** 2004.08.19

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 803 984 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 23 350.2**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **97 301 552.2**
(96) Europäischer Anmeldetag: **06.03.1997**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **29.10.1997**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **09.07.2003**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **19.08.2004**

(51) Int Cl.[7]: **H03L 7/093**
H04B 1/40

(30) Unionspriorität:
9608622 25.04.1996 GB

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT, DE, ES, FR, IT

(73) Patentinhaber:
Zarlink Semiconductor Ltd., Swindon, Wiltshire, GB

(74) Vertreter:
Patentanwälte Reichel und Reichel, 60322 Frankfurt

(72) Erfinder:
Clarke, David Stuart, Kingsdown, Wiltshire, SN2 6TZ, GB; Fobbester, Ian Godfrey, Fairford, Gloucestershire, GL7 4AR, GB

(54) Bezeichnung: **Phasenregelschleifen**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf Phasenregelkreise.

[0002] Die Erfindung bezieht sich insbesondere auf Phasenregelkreise, die in Funkgeräten zum Synthetisieren der HF-Kanalfrequenzen verwendet werden, insbesondere ein Funkgerät, das für WLAN(Drahtloses Lokales Datennetz)-Anwendungen verwendet werden. Eine Anwendung des letzteren ist für tragbare Stationen wie Laptops, Verkaufsstationen, die mit einem Hauptrechner kommunizieren, und das Funkgerät kann in einer Standarderweiterungskarte für Personalcomputer wie einer PCMCIA(Personalcomputer Speicherkarte der Internationalen Vereinigung)-genormten Karte untergebracht sein. Diese hat einen Standardversorgungsspannung von 3.0 V +/– 10%, und die minimale Versorgungsspanne von 2,7 V führt zu einer Begrenzung der Ausführung des Phasenregelkreises.

[0003] Deshalb wird in vielen gewöhnlichen Synthetisierern mit Phasenregelkreisen eine Ladungspumpen-Schaltung verwendet, um den spannungsgesteuerten Oszillator anzusteuern, wobei die Komponenten des Regelkreisfilters von dem Ausgang der Ladungspumpen-Schaltung mit Erde, wie in **Fig.** 1 gezeigt, verbunden sind. Der Phasendetektor **1** stellt entweder positive Pulse von der Stromquelle **2** oder negative Pulse von der Stromquelle **3** an dem spannungsgesteuerten Oszillator **4** bereit, abhängig davon, ob der spannungsgesteuerte Oszillator eine höhere oder eine niedrigere Frequenz als der Referenzoszillator hat. Eine bipolare Ladungspumpe, die ausschließlich NPN-Transistoren für die Verwendung mit Hochfrequenzschaltungen verwendet, wurde vorgeschlagen (GB-B-2 249 443), da PNP-Transistoren entweder nicht erhältlich sind, oder eine niedrige Leistung haben. In diesem Fall folgt auf die Ladungspumpenschaltung ein Operationsverstärker, um den Ausgang der Ladungspumpe bei einer konstanten Spannung beizubehalten, und der Ausgang des Operationsverstärkers stellt die Steuerungsspannung des VCO bereit. Wenn der Frequenzbereich des VCO weit ist, kann es für den Fall niedriger Versorgungsspannungen, auf die Bezug genommen wird, nötig sein, den Verstärkerausgang sehr nahe der Versorgungsschienen zu schwingen, um den notwendigen Abstimmbereich von dem VCO zu erhalten.

[0004] Ein gewöhnlicher Operationsverstärker wird eine komplementäre Ausgangsstufe, wie in **Fig.** 2 gezeigt, verwenden. Aber dies wird den erreichbaren Hub bei dem Ausgang um zumindest den zweifachen Diodenabfall (dies entspricht ungefähr 1,6 Volt insgesamt) verringern, was eine beträchtliche Spannung für den Fall einer nominellen Versorgungsspannung von 3 V darstellt. Eine alternative Ausgangsstufe verwendet, wie in **Fig.** 3 gezeigt, komplementäre Transistoren im Emitter-Schaltungsmodus (eher als Kollektorschaltungsmodus wie in **Fig.** 2 gezeigt), und dies verringert den Spannungsverlust auf nur einige 100 mV, wenn die Ausgangsstufe richtig entworfen ist. Beim Vorgang erhöht sich die Ausgangsimpedanz jedoch verglichen mit **Fig.** 2, und dies macht es schwierig, den Ausgang der Ladungspumpe bei der virtuellen Erdungs-Eingangspannung des Operationsverstärkers beizubehalten.

[0005] Wenn eine Ladungspumpen-Schaltung, die ausschließlich NPN-Transistoren verwendet, in Verbindung mit einem Operationsverstärker, der die Ausgangsstufe hat, die in **Fig.** 3 gezeigt ist, verwendet würde, wäre dies zusätzlich praktisch schwer umsetzbar, da der Ausgangsstrom der Ladungspumpe für eine gute Rauschleistung relativ hoch (Pulse mit zumindest +/– 1 mA für Dauern von 10 ns bis 1 µs bei 1 Mhz) sein muß, und dieser Strom müßte von dem Verstärkerausgang unter Übergangszuständen zugeführt werden, wenn die Regelkreiseinschwingzeit nicht beeinträchtigt werden sollte. Für viele Hochfrequenzvorgänge wäre die Größe des PNP-Transistors des komplementären Paares, welches in **Fig.** 3 gezeigt ist und benötigt wird, um 1 mA mit vernünftiger Verstärkung zuzuführen, exzessiv.

[0006] In „Technique eases design of phase-locked loops" von F. Salvatti (EDN Electrical Design News, Band 35, Nr. 17, 20. August 1990, Seiten 141 bis 149) ist ein Phasenregelkreis-System offenbart, das einen aktiven Filter aufweist, der zwei in Reihe verbundene Operationsverstärker umfaßt.

[0007] Diese Erfindung schafft einen Phasenregelkreis, der einen spannungsgesteuerten Oszillator (**4**), Verstärkermittel zum Ansteuern des spannungsgesteuerten Oszillators und eine Ladungspumpenschaltung (**7**) mit einem Ausgang umfaßt, der zur Erzeugung von Pulsen eingerichtet ist, welche in ihrer Polarität entsprechend dem Phasenfehler zwischen denjenigen Signalen variieren, die von dem Ausgang des spannungsgesteuerten Oszillators und von einem Referenzoszillator (**8**) abgeleitet werden, wobei die Verstärkermittel einen ersten Verstärker (**5a**) umfassen, der zum Empfang der Pulse mit dem Ausgang der Ladungspumpen-Schaltung verbunden ist, und einen zweiten Verstärker (**5b**), der mit dem ersten Verstärker in Reihe geschaltet ist, wobei ein Ausgang eines der Verstärker einen Hub über einen großen Bereich der Potentialdifferenz zwischen den Versorgungsanschlüssen haben kann und mit dem spannungsgesteuerten Oszillator zur Steuerung von dessen Frequenz verbunden ist, und wobei der andere Verstärker einen Ausgang aufweist, der über einen Schleifenfilter (**6**) mit dem Ausgang der Ladungspumpen-Schaltung verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, daß der Verstärker dessen Ausgang mit dem spannungsgesteuerten Oszillator verbunden ist, eine Ausgangsstufe mit komplementärer PNP-NPN-Emitterschaltungs-konfiguration aufweist, die einen Ausgang hoher Impedanz bietet, und dadurch, daß der andere Verstärker nur NPN-Transistoren verwendet und einen Ausgang niedriger Impedanz bietet.

[0008] Indem der gewöhnliche Phasenregel-

kreis-Verstärker in zwei Teile aufgespalten wird, ist es möglich, sowohl für einen hohen Spannungshub für den spannungsgesteuerten Oszillator als auch für eine niedrige Eingangsimpedanz und hohen Ausgangsstrom, der zur Verwendung mit einer Ladungspumpen-Schaltung benötigt wird, zu sorgen.

[0009] Ein Phasenregelkreis, der erfindungsgemäß aufgebaut ist, wird nun beispielhaft mit Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen beschrieben, in denen:

[0010] **Fig.** 1 ein Schaltungsblockdiagramm eines Teils eines gewöhnlichen Phasenregelkreises ist;

[0011] **Fig.** 2 eine typische Ausgangsstufe eines Operationsverstärkers ist;

[0012] **Fig.** 3 eine weitere typische Ausgangsstufe, die für einen weiteren Spannungshub sorgt, ist;

[0013] **Fig.** 4 ein Schaltungsblockdiagramm einer ersten Form eines erfindungsgemäßen Phasenregelkreises;

[0014] **Fig.** 5 zeigt einen Teil einer Ladungspumpe und der Verstärkermittel aus **Fig.** 4 genauer;

[0015] **Fig.** 6 ist ein Schaltungsblockdiagramm einer zweiten erfindungsgemäßen Ausführungsform eines Phasenregelkreises.

[0016] Mit Bezugnahme auf **Fig.** 4 bildet der Phasenregelkreis den lokalen Oszillator zum Synthetisieren der HF-Kanäle in einem Funkgerät, welches in einem WLAN-System verwendet wird. Das Funkgerät befindet sich in einer PMCIA-genormten Karte, die so eingerichtet ist, daß sie in eine tragbare Station wie einen Laptop oder eine Verkaufsstation paßt, um mit einem Hauptrechner zu kommunizieren. Die Kommunikationsfrequenz könnte innerhalb eines Bereichs von 2,4 bis 2,5 GHz sein. Der VCO wäre typischerweise über einen Bereich von 2,05 bis 2,15 GHz abstimmbar. Die Standardversorgungsspannung ist 3 V +/– 10 s und kann daher so gering wie 2,7 V sein.

[0017] Die HF-Kanäle sind bei dem Ausgang des VCO **4** synthetisiert, der seine Steuerungsspannung von Verstärkermitteln in Form des ersten Verstärkers **5a** in Reihe mit dem zweiten Verstärker **5b**, der als ein Operationsverstärker ausgeführt ist, dessen invertierender Eingang einen Filter **6** dritter Ordnung in einem Rückkopplungspfad zu seinem Eingang hat, empfängt. Der invertierende Eingang ist mit einer Ladungspumpe **7** verbunden und der nichtinvertierende Eingang ist mit einer Referenzspannung in der Ladungspumpe **7** verbunden. Der invertierende Eingang wird von dem Phasendetektor **1** gesteuert. Der letztere vergleicht die Phase eines Referenzoszillators **8** mit dem Ausgangssignal des VCO, welches durch einen Zähler **9** geteilt ist. Das Teilungsverhältnis des Zählers kann zunehmen oder abnehmen, so daß der Regelkreis bei einer unterschiedlichen Ausgangsfrequenz einrastet. Die Ladungspumpe **7** führt Pulse zu dem Operationsverstärker zu, die in Weite und Polarität abhängig von dem Phasenfehler variieren, aber immer eine konstante Amplitude haben. Die Ladungspumpe kann wie in GB-B-2 249 443 gezeigt ausgeführt sein.

[0018] Die Pulse, die von der Ladungspumpe **7** zu dem nichtinvertierenden Eingang des Operationsverstärkers **5a**, **5b** verlaufen, können mit einer Frequenz von 1 MHz erzeugt werden und können sich in der Läge von 10 ns bis 1 µs erstrecken, und die Amplitude kann +/– 1 mA sein. Die Ladungspumpe verwendet ausschließlich NPN-Transistoren, weil für ein Herstellungsverfahren der integrierten Schaltung PNP-Transistoren nicht erhältlich sein könnten, oder weil deren Verstärkung oder Frequenzgang begrenzt sein könnte, was ein sehr schnelles Schalten des Stroms verhindert. Als Antwort auf „Aufwärts"-Pulse von dem Phasendetektor, die der Phase des Referenzoszillators entsprechen und der Phase des Ausgangssignals des VCO vorausgehen, steuert ein differentielles Paar von Transistoren Q3, Q4, das durch die Stromquelle I_1 gepolt ist, den Transistor Q5, um bei A (der invertierende Eingang des Operationsverstärkers **5a**) für Ausgangspulse mit einer Polarität zu sorgen, und als Reaktion darauf, daß der Referenzoszillator dem VCO hinterherläuft, werden „Abwärts"-Pulse von dem Paar differentieller Transistoren Q1, Q2 erzeugt, die durch I_2 gepolt sind und auch zu A zugeführt. B, der nichtinvertierende Eingang des Operationsverstärkers **5a**, ist eine Referenz, die vom Transistor Q6 festgelegt ist und von der Stromquelle I_3 gepolt wird. Q1 bis Q6 sind NPN-Transistoren. A ist eine virtuelle Erde. Die Stufe **5a** ist eine Stufe mit hoher Spannungsverstärkung und hoher Eingangsimpedanz, die eine Ausgangsstufe mit Emitterschaltung verwendet, um für beinahe einen Hub von Schiene zu Schiene zu sorgen, und der Ausgang ist mit der Steuerspannung des spannungsgesteuerten Oszillators **4** verbunden. Die differentiellen Eingänge zwischen A, B sind an ein differentielles NPN-Paar Q7, Q8 angelegt, welches von Q9 gepolt ist, der die entsprechenden Transistoren Q10, Q11 und Q12 in den Kollektorlasten hat. Das Ausgangssignal des Kollektors von Q8 wird über Q13, Q14 zu der Basis der Ausgangsstufe Q15, Q16 mit Emitterschaltung zugeführt und das Ausgangssignal wird zur Steuerung des VCO, wie bereits erwähnt, zugeführt.

[0019] Dieser Ausgang könnte nicht mit dem invertierenden Eingang A über den Regelkreisfilter direkt verbunden sein, da die Spannungsauslenkungen bei A bei diesem Ausgang überlagert würden, und da er aufgrund seiner hohen Impedanz das Niveau von A beeinträchtigen würde. Dementsprechend hat der Operationsverstärker **5a**, **5b** eine zweite Stufe **5b**, die in einer Ausgangsstufe mit ausschließlich NPN-Transistoren und niedriger Impedanz besteht, die für den Strom sorgt, der bei A benötigt wird.

[0020] Die Verstärkerstufen sind über den Widerstand R1 verbunden und die Stufe **5b**, die ein gewöhnlicher Operationsverstärker ist, hat eine mit Widerstand behaftete Rückkopplung R2 und das Verhältnis von R2 : R1 beträgt weniger als 1, typischerweise ein Drittel, um für eine Verstärkung dieses Wertes zu sorgen. Aufgrund dessen kann das Ausgangssignal nur, sagen wir, über die Hälfte der Ver-

sorgungsspannung schwanken, und deshalb treten Probleme mit der Sättigung der Ausgangsstufe nicht auf. Die Stufe **5b** kann ausschließlich NPN-Transistoren verwenden.

[0021] In der zweiten Ausführungsform des Phasenregelkreises besteht der Regelkreis (**Fig.** 6) aus dem spannungsgesteuerten Oszillator **4**, dem Zähler **9**, der durch N teilt, dem Referenzoszillator **8**, dem Phasendetektor **1**, der Ladungspumpe **7** und dem Operationsverstärker wie für die erste Ausführungsform, aber die Stufen **15a** und **15b** des Verstärkers sind umgekehrt, verglichen mit den Stufen **5a**, **5b** der ersten Ausführungsform. Somit hat der erste Verstärker **15a** gewöhnlich eine Ausgangsstufe mit niedriger Impedanz, die den Regelkreisfilter **6** ansteuert und für ein Signal mit hoher Stromsteuerung beim Ausgang sorgt, um den Ausgangsstrom der Ladungspumpe zuzuführen, die um ungefähr Vcc-2Vbe schwankt, und auf den ein zweiter Verstärker mit einem großen Hub der Ausgangsspannung und hoher Ausgangsimpedanz folgt, um den spannungsgesteuerten Oszillator anzusteuern. Das Verhältnis von R3 zu R4 kann derart sein, daß für eine Verstärkung von typischerweise × 3 für den zweiten Verstärker **15b** gesorgt wird, wobei der andere Eingang des zweiten Verstärkers mit einer Referenzspannung verbunden ist.

[0022] Selbstverständlich können Änderungen durchgeführt werden, ohne den Bereich der Erfindung, wie er durch die beigefügten Ansprüche definiert wird, zu verlassen. Somit muß der Phasenregelkreis nicht zum Synthetisieren von HF-Frequenzkanälen dienen.

Patentansprüche

1.) Phasenregelkreis, umfassend einen spannungsgesteuerten Oszillator (**4**), Verstärkermittel zum Ansteuern des spannungsgesteuerten Oszillators und eine Ladungspumpen-Schaltung (**7**) mit einem Ausgang, der zur Erzeugung von Pulsen eingerichtet ist, welche in ihrer Polarität entsprechend dem Phasenfehler zwischen denjenigen Signalen variieren, die von dem Ausgang des spannungsgesteuerten Oszillators und von einem Referenzoszillator (**8**) abgeleitet werden, wobei die Verstärkermittel einen ersten Verstärker (**5a**) umfassen, der zum Empfang der Pulse mit dem Ausgang der Ladungspumpen-Schaltung verbunden ist, und einen zweiten Verstärker (**5b**), der mit dem ersten Verstärker in Reihe geschaltet ist, wobei der Ausgang eines der Verstärker einen Hub über einen großen Bereich der Potentialdifferenz zwischen den Versorgungsanschlüssen haben kann und mit dem spannungsgesteuerten Oszillator zur Steuerung von dessen Frequenz verbunden ist, und wobei der andere Verstärker einen Ausgang aufweist, der über einen Schleifenfilter (**6**) mit dem Ausgang der Ladungspumpen-Schaltung verbunden ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Verstärker, dessen Ausgang mit dem spannungsgesteuerten Oszillator verbunden ist, eine Ausgangsstufe mit komplementärer PNP-NPN-Emitterschaltungskonfiguration aufweist, die einen Ausgang hoher Impedanz bietet, und dadurch, dass der andere Verstärker nur NPN-Transistoren verwendet, und einen Ausgang niedriger Impedanz bietet.

2. Phasenregelkreis nach Anspruch 1, wobei der Verstärker, dessen Ausgang mit dem spannungsgesteuerten Oszillator (**4**) verbunden ist, der erste Verstärker (**5a**) ist.

3. Phasenregelkreis nach Anspruch 2, wobei das Verhältnis des Rückkopplungswiderstandes und des dem zweiten Verstärker (**5b**) zugeordneten Eingangswiderstandes so ist, dass der Verstärkungsfaktor des Verstärkers kleiner als eins ist.

4. Phasenregelkreis nach Anspruch 3, wobei die Verstärker (**5a**, **5b**) über Widerstandsmittel verbunden sind.

5. Sende/Empfangsgerät mit einem Phasenregelkreis zur Erzeugung von RF-Kanälen nach einem der Ansprüche 1 bis 4.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

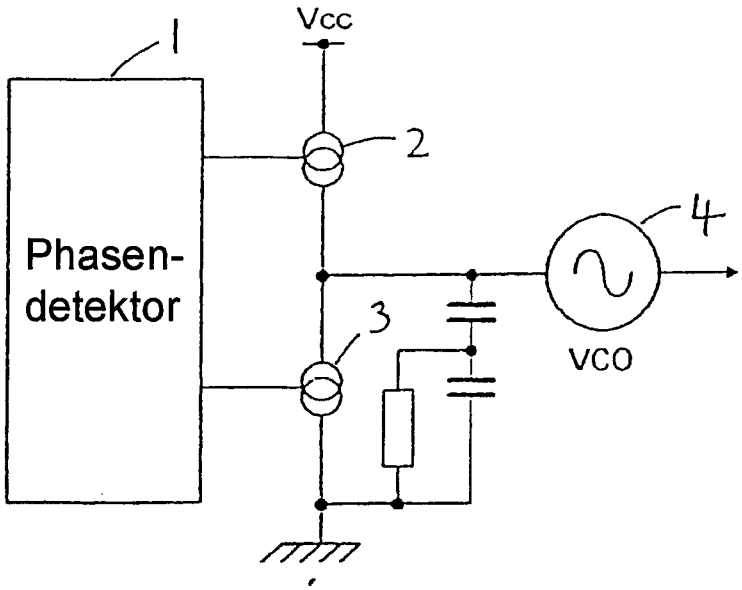

Fig 1

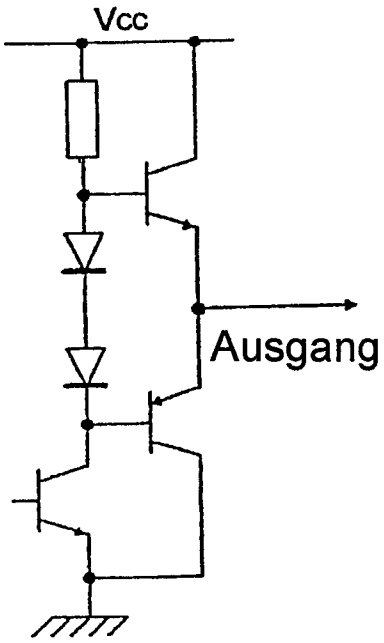

Fig 2

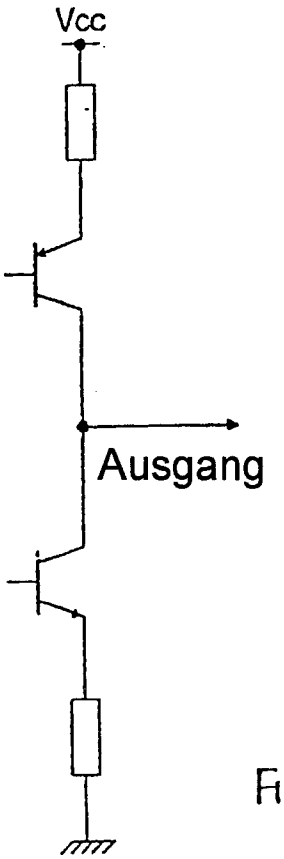

Fig 3

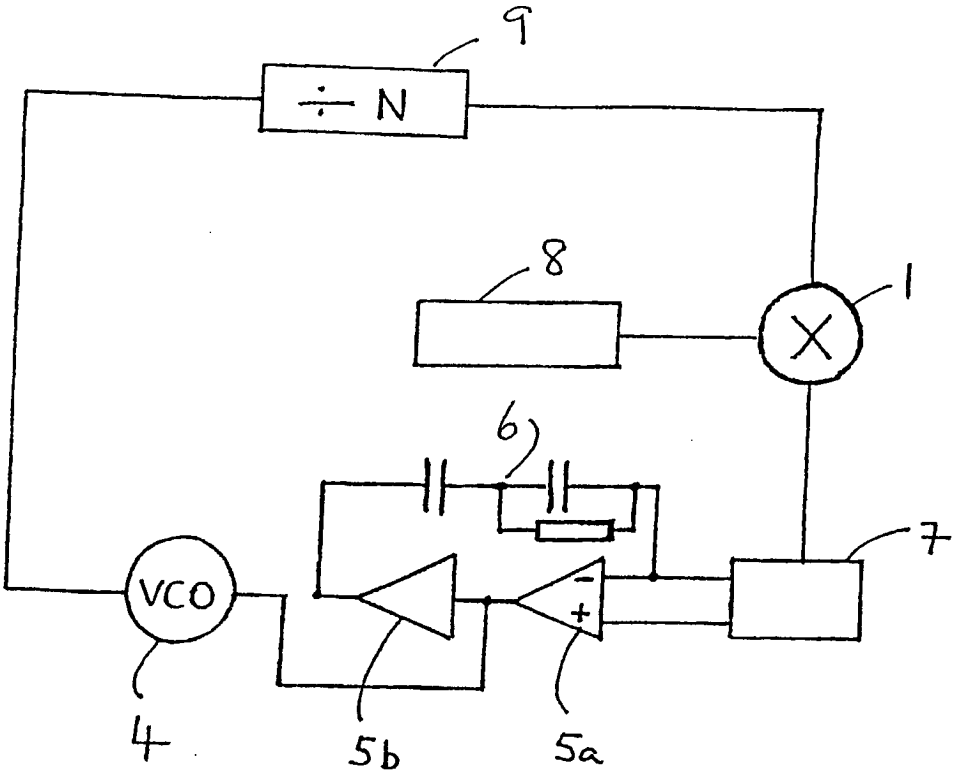

FIG 4

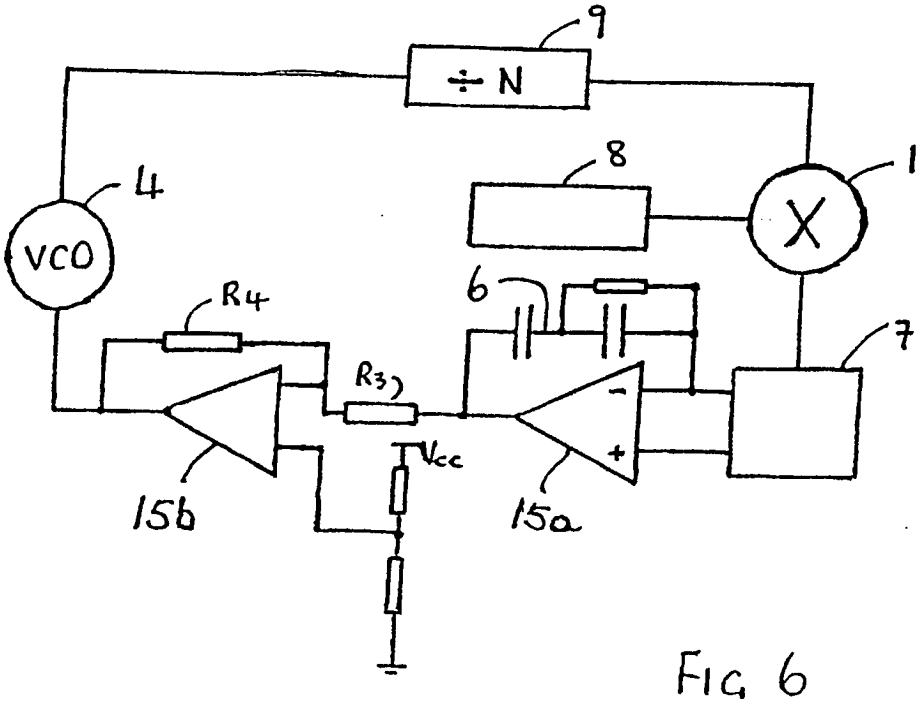

FIG 6

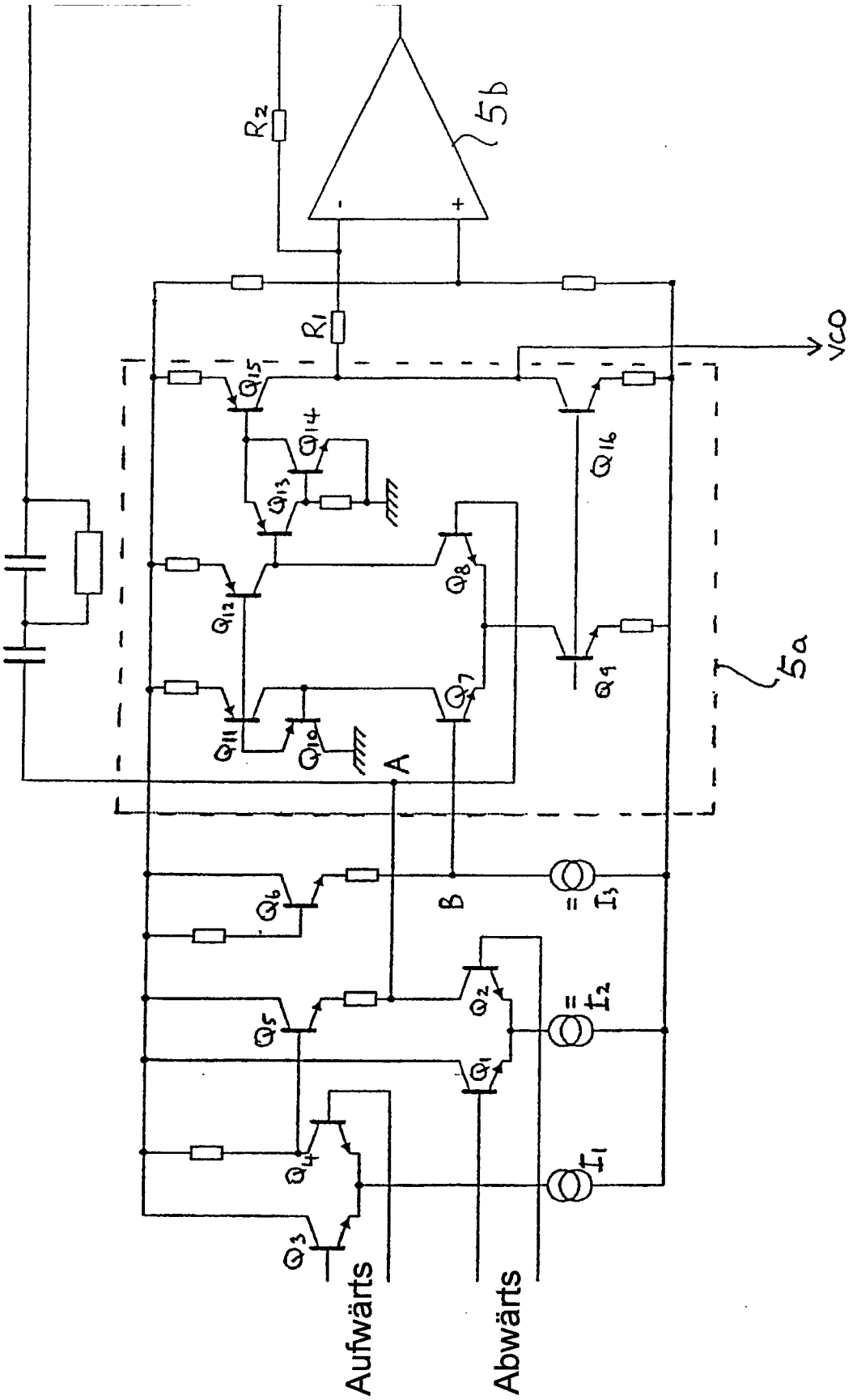
R2
5b
R1
VCO
Q15
Q14
Q13
Q16
Q12
Q8
Q9
Q7
Q11
Q10
A
5a
B
Q6
= I3
Q2
= I2
Q5
Q1
Q4
I1
Q3
Aufwärts
Abwärts

Fig 5