



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 05 291 T2** 2004.07.15

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 120 899 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 05 291.5**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 101 381.2**

(96) Europäischer Anmeldetag: **24.01.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **01.08.2001**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **17.09.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **15.07.2004**

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: **H03D 1/22**  
**H03D 3/00**

(73) Patentinhaber:

**Sony International (Europe) GmbH, 50829 Köln,  
DE**

(74) Vertreter:

**Mitscherlich & Partner, Patent- und  
Rechtsanwälte, 80331 München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**DE, FI, FR, GB, IT, SE**

(72) Erfinder:

**Oberschmidt, Gerald, 70736 Fellbach, DE;  
Brankovic, Veselin, 70736 Fellbach, DE;  
Krupezevic, Dragan, 70736 Fellbach, DE;  
Konschak, Tino, 70736 Fellbach, DE; Dölle,  
Thomas, 70736 Fellbach, DE**

(54) Bezeichnung: **Struktur und Methode zur Demodulation**

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 vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Struktur und auf ein Verfahren zur Demodulation, um ein modulierte Digitalsignal abwärts umzusetzen und zu demodulieren.

[0002] Strukturen und Verfahren zur Demodulation zum Abwärtsumsetzen und zur Demodulation eines digital-modulierten Signals sind aus vielen verschiedenen Anwendungen bekannt und werden bei diesen benutzt, wobei Signale von einem Übertragungsgerät zu einem Empfangsgerät übertragen werden. Die Übertragung kann entweder drahtlos über eine Luftschnittstelle oder über eine Drahtverbindung sein. Natürlich hängt die gewählte Struktur und das Verfahren zum Abwärtsumsetzen und zum Demodulieren eines übertragenen digital-modulierten Signals im Wesentlichen vom Modulationsschema, welches auf der Übertragungsseite verwendet wird, und vom Übertragungsträger ab.

[0003] **Fig. 10** zeigt ein Beispiel für eine Demodulationsstruktur, um ein digital-moduliertes Signal  $S_0$  abwärts-umzusetzen und um dieses zu demodulieren. Die gezeigte Demodulationsstruktur wird beispielsweise zum Abwärtsumsetzen und zum Demodulieren eines Hochfrequenzsignals (RF-Signal) verwendet, welches in einem mobilen Endgerät eines drahtlosen Telekommunikationssystems empfangen wird, beispielsweise des GSM- oder UMTS-Systems. Hierdurch wird ein übertragenes RF-Signal über eine Antenne des mobilen Endgeräts empfangen und zu einem RF-Empfänger geliefert. Das digitale RF-Signal wird dann zu einer Demodulationsstruktur geliefert, wie beispielsweise in **Fig. 10** gezeigt ist. Eine andere Möglichkeit könnte sein, das RF-Signal in ein Zwischenfrequenzband abwärts umzusetzen, wonach das Zwischensignal weiter in einer Struktur, wie in **Fig. 10** gezeigt ist, abwärtsumgesetzt und demoduliert wird.

[0004] Bei der drahtlosen Telekommunikation wird üblicherweise eine I/Q-Modulation verwendet, bei der die Modulationszustände in einem I/Q-Diagramm dargestellt werden können. Die Horizontalachse zeigt hierbei das I-Teil, d. h., das Teil der Signalkomponente, welches in Phase mit dem Trägersignal ist, und die Vertikalachse zeigt das Q-Teil, d. h., den Blindanteil senkrecht zur Phase des Trägersignals. Das digitale Informationssignal wird somit mittels der Phase des Trägersignals übertragen, wodurch die Phase des Trägersignals zwischen den verschiedenen diskreten Zuständen in Abhängigkeit vom Symbol, welches zu übertragen ist, umgeschaltet wird. Diese sogenannte Phasenumtastungsmodulation (PSK-Modulation) wird bei vielen unterschiedlichen Anwendungsbereichen verwendet, sehr häufig in Verbindung mit einer Amplitudenumtastung. GSM beispielsweise verwendet eine GMSK-Modulation (minimale Gaußsche Umtastungsmodulation).

[0005] Die Demodulation und das Abwärtsumsetzen von entsprechend I/Q-modulierten Signalen wird beispielsweise durch analoge Demodulationsstrukturen durchgeführt, wie in **Fig. 10** gezeigt ist, die einen lokalen Oszillator **101**, zwei Mischer **102**, **103**, einen  $90^\circ$  Phasenschieber **104**, zwei Tiefpassfilter **105**, **106** und zwei Analog-Digital-Umsetzer **107**, **108** aufweisen. Ein lokales Oszillatorsignal, welches im lokalen Oszillator **101** erzeugt wird, wird unmittelbar zum ersten Mischer **102** geliefert und indirekt zum zweiten Mischer **103** über den  $90^\circ$ -Phasenschieber **104** geliefert. In den Mischern **102**, **103** wird das digital-modulierte Signal  $S_0$  mit dem entsprechenden lokalen Oszillatorsignal bzw. dem lokalen Phasenschieber-Oszillatorsignal gemischt, so dass zwei separate Ausgangssignalströme, einer für das Teil (I), das in Phase ist, und einer für das Teil für den Blindanteil (Q erzeugt werden. Nach weiterer Verarbeitung in den Tiefpassfiltern **105** und **106** und in den Analog-Digital-Umsetzern **107** und **108** werden das Teil, das in Phase ist, und das Teil, das den Blindanteil bildet, parallel als Digitalsignale  $S_I$  und  $S_Q$  erhalten.

[0006] Die Nachteile dieses herkömmlichen Lösungsvorschlags sind dahingehend, dass der notwendige  $90^\circ$ -Phasenschieber eine analoge Einrichtung ist, die von Natur aus frequenzabhängig ist und somit den Frequenzbereich der gesamten Demodulationsstruktur aufgrund des Vergrößerns der Phasen- und Amplitudengleichgewichte begrenzt. Da außerdem zwei parallele Ausgangssignalströme erzeugt werden, sind zwei Mischer, zwei Tiefpassfilter und zwei A/D-Umsetzer erforderlich, so dass die gesamte Demodulationsstruktur viele Teile erfordert und daher teuer wird.

[0007] Die EP 0 458 452 A2 offenbart eine Demodulationsstruktur und ein Verfahren zum Abwärtsumsetzen und zum Demodulieren eines digital-modulierten Signals gemäß den Oberbegriffen der Patentansprüche und 1 und 9, wo eine abwärts-umgesetztes und demoduliertes Digitalsignal, welches zwei seriell-angeordnete Informationsteile umfasst, vorgesehen ist.

[0008] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine Demodulationsstruktur und ein Verfahren zum Abwärtsumsetzen und zum Demodulieren eines digitalmodulierten Signals gemäß dem Oberbegriff der Patentansprüche 1 und 9 bereitzustellen, die einen einfachen Aufbau haben, jedoch trotzdem wirksam beim Betrieb und ebenfalls nützlich in einer Mehrfachkanal-Umgebung sind.

[0009] Die obige Aufgabe wird durch eine Demodulationsstruktur nach Anspruch 1 gelöst. Weiter wird die obige Aufgabe durch ein Demodulationsverfahren gemäß Anspruch 9 gelöst.

[0010] Verglichen mit dem Stand der Technik haben die Demodulationsstrukturen und Verfahren nach der vorliegenden Erfindung einen einfachen Aufbau, sind jedoch im Betrieb trotzdem effektiv.

[0011] Die Demodulationsstruktur nach Anspruch 1 und das Verfahren nach Anspruch 9 sind dadurch gekennzeichnet, dass das lokale Oszillatorsignal mit zumindest zwei Modulationszuständen, die unterschiedliche

Phasen haben, während der Symbolperiode des digitalmodulierten Signals moduliert wird. In diesem Fall können die beiden unterschiedlichen Modulationszustände die gleiche Amplitude und eine Phasenverschiebung von  $90^\circ$  in Bezug zueinander haben. Die Demodulationsstruktur kann außerdem eine Modulationssteuereinrichtung umfassen, um ein Modulationssignal zur lokalen Oszillatoreinrichtung zu liefern, um intern das lokale Oszillatorsignal mit den beiden Modulationszuständen zu modulieren. Alternativ kann die Demodulationsstruktur der vorliegenden Erfindung eine analoge Schaltungseinrichtung aufweisen, um das lokale Oszillatorsignal von der lokalen Oszillatoreinrichtung mit den beiden Modulationszuständen zu modulieren und um ein modulierte lokales Oszillatorsignal an die Mischereinrichtung auszugeben. Hierbei kann die analoge Schaltungseinrichtung eine Umschaltereinrichtung aufweisen, die zwischen einem ersten Zweig, der eine Phasenverschiebungseinrichtung hat, und einem zweiten Zweig, der keine Phasenverschiebungseinrichtung hat, umgeschaltet werden kann, wodurch die Schaltungseinrichtung mittels eines Steuersignals mit einer Frequenz von zumindest dem Zweifachen der Symbolfrequenz des digital-modulierten Signals umgeschaltet wird.

[0012] Die Demodulationsstruktur gemäß der vorliegenden Erfindung kann außerdem vorteilhafterweise ein Bandpassfilter aufweisen, um das modulierte lokale Oszillatorsignal mittels Bandpass zu filtern. In vorteilhafter Weise besitzt das Bandpassfilter eine Mittenfrequenz entsprechend der Mittenfrequenz und eine Bandbreite entsprechend der Bandbreite des Signalbands des digital-modulierten Signals.

[0013] Außerdem ist in vorteilhafter Weise das digital-modulierte Signal I/Q-moduliert, und die beiden seriell-angeordneten Informationsteile, welche im abwärts-umgesetzten und demodulierten Digitalsignal enthalten sind, sind ein I-Teil und ein Q-Teil des I/Q-modulierten Digitalsignals.

[0014] Vorteilhafte Merkmale des Verfahrens zum Abwärtsumsetzen und zum Demodulieren eines modulierten Digitalsignals gemäß der vorliegenden Erfindung sind in den Unteransprüchen 10 bis 16 definiert.

[0015] In der folgenden Beschreibung wird die vorliegende Erfindung ausführlicher in Bezug auf die beigefügten Zeichnungen erläutert, in denen:

[0016] **Fig. 1** ein schematisches Blockdiagramm eines Beispiels einer Demodulationsstruktur zeigt;

[0017] **Fig. 2** das Blockdiagramm von **Fig. 1** mit zusätzlichen Darstellungen von Mittenfrequenzen und Frequenzbändern der Signale in den unterschiedlichen Teilen der Demodulationsstruktur zeigt;

[0018] **Fig. 3** ein Simulationsergebnis für I/Q-Werte zeigt, welche für die Modulationsstruktur erhalten werden, wie in **Fig. 1** gezeigt ist;

[0019] **Fig. 4** ein schematisches Blockdiagramm einer ersten Ausführungsform einer Demodulationsstruktur gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0020] **Fig. 5** ein schematisches Blockdiagramm einer zweiten Ausführungsform einer Demodulationsstruktur gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0021] **Fig. 6** eine ausführlichere Darstellung einer analogen Schaltungseinrichtung zeigt, welche in der in **Fig. 5** gezeigten Demodulationsstruktur enthalten ist;

[0022] **Fig. 7** ein Simulationsergebnis für I/Q-Werte zeigt, welche für eine Demodulationsstruktur erzielt werden, wie in **Fig. 4** und **5** gezeigt ist;

[0023] **Fig. 8** eine schematische Darstellung von Mittenfrequenzen und Frequenzbändern für eine Demodulationsstruktur zeigt, wie in **Fig. 5** gezeigt ist, in einer Multikanal-Umgebung;

[0024] **Fig. 9** eine schematische Darstellung von Mittenfrequenzen und Frequenzbändern für eine Demodulationsstruktur zeigt, wie in **Fig. 4** und **5** gezeigt ist, in einer Multikanal-Umgebung; und

[0025] **Fig. 10** ein schematisches Blockdiagramm einer Demodulationsstruktur gemäß dem Stand der Technik zeigt.

[0026] Die folgende Beschreibung bezieht sich auf das Abwärtsumsetzen und die Demodulation eines I/Q-modulierten Signals. Es soll jedoch verstanden werden, dass die Demodulationsstrukturen und Verfahren, die in den beigefügten Figuren gezeigt und in Bezug darauf erläutert sind, auf die Abwärtsumsetzung und Demodulation anderer digital-modulierter Signal angewendet werden können.

[0027] **Fig. 1** zeigt ein schematisches Blockdiagramm eines Beispiels einer Demodulationsstruktur zum Abwärtsumsetzen und zur Demodulation eines I/Q-modulierten Signals  $S_0$ . Das I/Q-modulierte Signal  $S_0$  kann beispielsweise von einem HF-Teil einer Empfangseinrichtung geliefert werden, die beispielsweise aus einem mobilen Endgerät oder einer Basisstation eines Drahtlos-Kommunikationssystems besteht. Die Demodulationsstruktur, welche in **Fig. 1** gezeigt ist, weist eine lokale Oszillatoreinrichtung **1** auf, um ein lokales Oszillatorsignal  $S_{10}$  zu erzeugen. Das lokale Oszillatorsignal, welches von der lokalen Oszillatoreinrichtung **1** herkommt, hat eine Mittenfrequenz  $f_{10}$ , welche in Bezug auf die Mittenfrequenz  $f_c$  des I/Q-modulierten Signals  $S_0$  im entsprechenden Signalband um die Hälfte der Signalbandbreite des I/Q-modulierten Signals  $S_0$  versetzt ist.  $S_0$  ist beispielsweise Teil eines Hochfrequenzbands oder eines Zwischenfrequenzbands in Abhängigkeit davon, ob ein empfangenes Hochfrequenzsignal, bevor es zur Demodulationsstruktur geliefert wird, die in **Fig. 1** gezeigt ist, abwärts-umgesetzt ist oder nicht.

[0028] Schematische Darstellungen der Frequenzbänder und der Mittenfrequenzen des I/Q-modulierten Signals  $S_0$  und des lokalen Oszillatorsignals  $S_{10}$  sind in **Fig. 2** gezeigt. Wenn man annimmt, dass das I/Q-modulierte Signal  $S_0$  eine Signalbandbreite  $B$  und eine Mittenfrequenz  $f_c$  hat, kann die Mittenfrequenz  $f_{10}$  des lokalen

Oszillatorsignals  $S_{10}$  beispielsweise auf dem oberen Ende des Signalbands des V/Q-modulierten Signals  $S_0$  angeordnet sein, so dass die Mittenfrequenz  $f_{10}$  des lokalen Oszillatorsignals  $S_{10}$  gleich  $f_c + B/2$  ist. Alternativ kann die Mittenfrequenz  $f_{10}$  des lokalen Oszillatorsignals  $S_{10}$  an der unteren Flanke des Signalbands des I/Q-modulierten Signals  $S_0$  ( $f_{10} = f_c - B/2$ ) angeordnet sein.

[0029] Das lokale Oszillatorsignals  $S_{10}$  und das I/Q-modulierte Signal  $S_0$  werden in einer einzigen Mischeinrichtung **2** gemischt, um ein Mischsignal zu erzielen, welches in einer Tiefpassfiltereinrichtung **3** durch ein Tiefpassfilter gefiltert wird, so dass ein Basisbandsignal mit einer Grenzfrequenz  $B$  entsprechend der Signalbandbreite des I/Q-modulierten Signals  $S_0$  erhalten wird. Das von der Tiefpassfiltereinrichtung **3** ausgegebene gefilterte Signal wird zu einem Analog-Digital-Umsetzer **4** für eine Analog-Digital-Umsetzung mit einer Abtastrate des Zweifachen der Symbolrate des I/Q-modulierten Signals  $S_0$  geliefert. Anders ausgedrückt wird das Abtasten zweimal pro Symbollänge des I/Q-modulierten Signals  $S_0$  durchgeführt. Es tritt jedoch ein Ruck im Zeichen der abgetasteten I- und Q-Werte von Taktzyklus zu Taktzyklus auf, so dass eine weitere Verarbeitung in Bezug darauf erforderlich ist.

[0030] Unter Betrachtung, dass das lokale Oszillatorsignal  $S_{10}$  eine Mittenfrequenz von  $f_{10} = f_c + B/2$  hat, wird der Betrieb der Demodulationsstruktur, welche in **Fig. 1** und **2** gezeigt ist, erläutert. Das I/Q-modulierte Signal  $S_0$  kann dargestellt werden durch:

$$s(t) = i(t)\cos(\omega_c t) + q(t)\sin(\omega_c t)$$

wobei  $\omega_c = 2\pi f_c$  und  $i(t)$  und  $q(t)$  ein I-Basisband-Signal bzw. ein Q-Basisband-Signal sind. Diese sollten gefiltert werden, so dass Symbolinterferenz vermieden wird. In der Mischeinrichtung **2** wird das I/Q-modulierte Signal  $S_0$  mit dem lokalen Oszillatorsignal  $S_{10}$  multipliziert, welches eine Mittenfrequenz  $f_{10} = f_c + B/2$  hat, so dass das folgende Mischsignal erhalten wird:

$$\begin{aligned} s_r(t) &= s_0(t) * s_{10}(t) = a \cos((\omega_c + \pi B)t) * s_0(t) \\ &= a i(t) \cos((\omega_c + \pi B)t) \cos(\omega_c t) + a q(t) \cos((\omega_c + \pi B)t) \sin(\omega_c t) \\ &= \frac{a}{2} i(t) [\cos(\pi B t) + \cos((2\omega_c + \pi B)t)] + \frac{a}{2} q(t) [\sin(\pi B t) + \sin((2\omega_c + \pi B)t)] \end{aligned}$$

[0031] Nach dem Ausfiltern der höheren Frequenzkomponente in der Tiefpassfiltereinrichtung **3** wird die Niedrigfrequenzkomponente erhalten:

$$s(t) = \frac{a}{2} i(t) \cos(\pi B t) + \frac{a}{2} q(t) \sin(\pi B t)$$

[0032] Durch Abtasten bei diskreten Punkten im Zeitpunkt  $t = n/2B$  ist entweder die Kosinus- oder die Sinus-Funktion gleich 0, so dass  $i(n/2B)$  und  $q(n/2B)$  in jeder Abtastung extrahiert werden können. Da die Abtastrate  $f_s$  das Zweifache der Symbolrate ( $f_s = 2B$ ) ist, muss die Tiefpassfiltereinrichtung **3** eine Ecken- oder Grenzfrequenz von zumindest  $B$  haben. Das Signal, welches von der Analog-Digital-Umsetzeinrichtung **4** ausgegeben wird (Signal **5**<sub>1</sub>), umfasst dann seriell das I-Teil und das Q-Teil innerhalb jeder Symbolperiode des I/Q-modulierten Signals.

[0033] In **Fig. 3** sind die Signale über der Zeit in einem Simulationsergebnis dargestellt. Hier ist der Takt durch feine Skalenstriche dargestellt, und die ursprünglichen I-(linierten) und Q-(strichpunktierten) Signale sind ebenfalls als ideale Rechtecksignale parallel dargestellt. Schließlich ist das demodulierte Analogsignal (dicke Linie) so gezeigt, wo I und Q bei unterschiedlichen Hälften eines jeden Taktzyklus zeigen, ob das I- oder das Q-Signal in diesem Zeitpunkt aufgenommen werden können. Das Zusatzzeichen "-" zeigt einen Ruck im Signal des Werts aufgrund der Arbeitstheorie. Als Beispiel werden die ersten beiden Taktzyklen betrachtet. In der ersten Hälfte führt der Wert des abwärts-umgesetzten Signals nach oben auf eine "1" für den I-Wert. In der zweiten Hälfte ist der Wert noch hoch, jedoch aufgrund einer a priori bekannten Änderung im Zeichen liefern wir "1" als Q-Wert. Dritte Hälfte: analoger Wert hoch, was gleich "-1" für I ist (wegen des Minusvorzeichens) und schließlich wieder "-1" für Q (niedriger Analogwert, kein Minusvorzeichen) usw. Somit erhalten wir die serielle Sequenz 1-1-1-1... oder wie üblich  $I = 1-1 \dots$  und  $Q = -1-1 \dots$  parallel.

[0034] Aus Einfachheitsgründen haben wir in diesem Beispiel lediglich die QPSK-Modulation verwendet, wobei jedoch Modulationsschemen höherer Ordnung gleichfalls möglich sein sollten. Die korrekten analogen I- und Q-Werte oder Teile, welche seriell im Ausgangssignal  $S_1$  enthalten sind, sind in Zeitpunkten  $(1/4 + n/2) * T_s$  verfügbar, wobei  $n$  die Abtastzahl und  $T_s = 1/2B$  ist, so dass das I-Teil für geradzahlige  $N$  und das Q-Teil für ungeradzahlige  $n$  erhalten wird.

[0035] **Fig. 4** zeigt ein schematisches Blockdiagramm einer ersten Ausführungsform einer Demodulationsstruktur gemäß der vorliegenden Erfindung. Die Gesamtstruktur umfasst eine lokale Oszillatoreinrichtung **5**, welche ein lokales Oszillatorsignal  $S_{10}$  erzeugt und ausgibt, welches mittels eines Modulationssignals moduliert

ist, welches durch eine Modulationssteuereinrichtung 7 erzeugt und ausgegeben wird. Das lokale Oszillatorsignal  $S_{10}$  wird mit zumindest zwei Modulationszuständen mit unterschiedlichen Phasen moduliert. Vorzugsweise hat der zweite Modulationszustand die gleiche Amplitude und die Phasenverschiebung von  $90^\circ$  in Bezug auf den ersten Modulationszustand, wodurch die Modulationszustände sich abwechselnd ändern, wie beispielsweise 010101..., wodurch zumindest zwei Modulationszustände innerhalb einer Symbolperiode des I/Q-modulierten Signals  $S_0$  sein müssen. Die Mittenfrequenz  $f_c$  des lokalen Oszillatorsignals  $S_{10}$  ist unmittelbar in der Mitte des Signalbands des I/Q-modulierten Signals  $S_0$ . Das modulierte lokale Oszillatorsignal  $S_{10}$  wird zu einer Bandpassfiltereinrichtung 6 geliefert. Die Bandpassfiltereinrichtung 6 hat vorteilhafter Weise eine Bandbreite von zumindest B und am vorteilhaftesten zwei 2B, wobei B die Signalbandbreite des Signalbands des I/Q-modulierten Signals  $S_0$  ist.

[0036] Das Ausgangssignal der Bandbreitenfiltereinrichtung 6 wird zu einer Mischeinrichtung 2 geliefert, in welcher das durch den Bandpass gefilterte und modulierte lokale Oszillatorsignal  $S_{10}$  mit dem I/Q-modulierten Signal  $S_0$  multipliziert wird. Die Demodulationsstruktur, welche in Fig. 4 gezeigt ist, umfasst außerdem eine Tiefpassfiltereinrichtung 3 und eine Analog-Digital-Umsetzeinrichtung 4. Die Mischeinrichtung 2, die Tiefpassfiltereinrichtung 3 und die Analog-Digital-Umsetzeinrichtung 4 haben die gleiche Funktion wie gezeigt und erklärt in Bezug auf das Beispiel, welches in Fig. 1 gezeigt ist und welches in Bezug auf Fig. 1, 2 und 3 erläutert wurde, so dass auf eine Erläuterung von deren Funktion ausgenommen wird. Die Analog-Digital-Umsetzeinrichtung 4 gibt das Ausgangssignal  $S_1$ , welches das I-Teil und das Q-Teil aufweist, in einer seriellen Anordnung aus.

[0037] Fig. 5 zeigt ein Blockdiagramm einer zweiten Ausführungsform einer Demodulationsstruktur gemäß der vorliegenden Erfindung, welche ähnlich der ersten Ausführungsform, die in Fig. 4 gezeigt ist, ist. Im Gegensatz zur ersten Ausführungsform, welche in Fig. 4 gezeigt ist, bei der das lokale Oszillatorsignal  $S_{10}$  intern-moduliert ist, ist das lokale Oszillatorsignal nach der zweiten Ausführungsform, welche in Fig. 5 gezeigt ist, extern moduliert. Die Demodulationsstruktur der dritten Ausführungsform umfasst eine lokale Oszillatoreinrichtung 8, welche ein lokales Oszillatorsignal ausgibt, welches nicht moduliert ist und welches eine Mittenfrequenz in der Mitte des Signalbands des I/Q-modulierten Signals  $S_0$  hat. Das lokale Oszillatorsignal wird zu einer analogen Schaltungseinrichtung 9 geliefert, um das lokale Oszillatorsignal mit zwei Modulationszuständen innerhalb einer Symbolperiode des I/Q-modulierten Signals  $S_0$  zu modulieren und um ein modulierte lokales Oszillatorsignal an eine Bandpassfiltereinrichtung 6 auszugeben, welche der Bandpassfiltereinrichtung 6 der zweiten Ausführungsform entspricht. Die analoge Schaltungseinrichtung 9 moduliert das lokale Oszillatorsignal von der lokalen Oszillatoreinrichtung 8 mit zumindest zwei verschiedenen Modulationszuständen, die unterschiedliche Phasenwerte haben. Vorzugsweise hat der zweite Modulationszustand die gleiche Amplitude und ist um  $90^\circ$  phasenverschoben in bezug auf den ersten Modulationszustand. Vorzugsweise ändern sich die Modulationszustände außerdem alternativ zweimal so schnell wie die Symbolrate des I/Q-modulierten Signals  $S_0$ . Ein Beispiel für eine analoge Schaltungseinrichtung 9 ist schematisch in Fig. 6 gezeigt. Die in Fig. 6 gezeigte analoge Schaltungseinrichtung 9 umfasst eine Schaltungseinrichtung 10, welche durch ein Steuersignal zwischen einem ersten Zweig 12, der eine Phasenverschiebungseinrichtung 11 hat, und einem zweiten Zweig 13, der keine Phasenverschiebungseinrichtung hat, umgeschaltet werden kann. Das Steuersignal hat eine Frequenz von zumindest dem Zweifachen der Symbolfrequenz des I/Q-modulierten Signals  $S_0$ . Das lokale Oszillatorsignal, welches zur Schaltungseinrichtung 10 von der lokalen Oszillatoreinrichtung 8 geliefert wird, wird daher zwischen dem ersten Zweig 12 und dem zweiten Zweig 13 umgeschaltet. Da der erste Zweig 12 eine Phasenverschiebungseinrichtung 11 aufweist, die vorzugsweise eine Phasenverschiebung von  $90^\circ$  verursacht, wird die lokale Oszillatoreinrichtung mit den beiden Modulationszuständen, die unterschiedliche Phasenwerte haben, moduliert.

[0038] Die zweite Ausführungsform der Demodulationsstruktur, welche in Fig. 5 gezeigt ist, weist außerdem die Mischeinrichtung 2, die Tiefpassfiltereinrichtung 3 und die Analog-Digital-Umsetzeinrichtung 4 wie das Beispiel der ersten Ausführungsform auf. Wie in dem Beispiel müssen die Grenzfrequenz der Tiefpassfiltereinrichtung 3 und die Abtastrate des Analog-Digital-Umsetzers 4 der ersten und zweiten Ausführungsform gemäß der Signalspektralbandbreite am Eingang der Mischeinrichtung 2 eingestellt werden. Die Minimalerfordernisse der Grenzfrequenz der Tiefpassfiltereinrichtung 3 beträgt B (Kanalbandbreite oder Signalbandbreite des I/Q-modulierten Signals  $S_0$ ) und die Abtastrate des Analog-Digital-Umsetzers 4 beträgt  $f_s = 1/2B$ .

[0039] Bei der Demodulationsstruktur der ersten Ausführungsform, welche in Fig. 4 gezeigt ist, wird das Oszillatorsignal intern moduliert, und in der Demodulationsstruktur der zweiten Ausführungsform, welche in Fig. 5 gezeigt ist, wird das lokale Oszillatorsignal extern moduliert, wobei es über eine analoge Schaltungseinrichtung 9 geschickt wird. Hierdurch wird eine Taktwiederentwicklung oder eine andere herkömmliche Synchronisation verwendet, um die Schaltungseinrichtung 10 zu steuern, welche in der analogen Schaltungseinrichtung 9 enthalten ist. Bei der ersten Ausführungsform und der zweiten Ausführungsform wird die In-Phasen-Komponente (I) in der ersten Hälfte des Taktzyklus abwärts-umgesetzt, und die Q-Komponente wird in der zweiten Hälfte des Taktzyklus abwärts-umgesetzt. Das lokale Oszillatorsignal wird dann durch die folgende mathematische Gleichung angegeben:

$$s_{lo}(t) = \begin{cases} a \cos(\omega_c t); & 0 < t/(nT) < 1/2 \\ a \sin(\omega_c t); & 1/2 < t/(nT) < 1 \end{cases}$$

wobei  $n$  ein ganzzahliger Wert ist, der die Anzahl des entsprechenden Symbols bezeichnet und  $T$  die Symbolzeit bezeichnet. Somit muss das lokale Oszillatorsignal zwei Modulationszustände während eines Symbols des I/Q-modulierten Signals  $S_0$  annehmen, welches einen Breitbandempfänger mit zumindest einer Bandbreite  $B$  wie das Bandpassfilter **6** erfordert. Mit diesem modulierten lokalen Oszillatorsignal beträgt das abwärts-umgesetzte und das Tiefpass-gefilterte Signal, welches durch die Tiefpassfiltereinrichtung **3** ausgegeben wird:

$$s(t) = \begin{cases} \frac{a}{2} i(t); & 0 < t/(nT) < 1/2 \\ \frac{a}{2} q(t); & 1/2 < t/(nT) < 1 \end{cases}$$

und somit kann das korrekte I-Teil und Q-Teil in den entsprechenden Zeitintervallen extrahiert werden.

[0040] Wegen des Umschaltens oder der Modulation des lokalen Oszillatorsignals würde das lokale Oszillatorsignal jedoch ein unendliches Spektrum ohne die Bandpassfiltereinrichtung **6** zeigen. Da das lokale Oszillatorsignal zumindest zwei Modulationszustände während einer Symbolperiode haben muss, muss dessen Spektrum vorteilhafterweise auf eine Bandbreite von  $2B$  in der Bandpassfiltereinrichtung **6** begrenzt werden, was dennoch eine korrekte Ermittlung der bezogenen I/Q-Werte erlaubt. **Fig. 7** zeigt ein Simulationsergebnis für die I/Q-Werte, welche für eine Demodulationsstruktur gemäß der ersten oder zweiten Ausführungsform erhalten werden, welches die ursprünglich-übertragenen I/Q-Werte und die empfangenen I/Q-Werte ähnlich **Fig. 3** zeigt, wobei auf die Beschreibung davon bezuggenommen wird. In **Fig. 7** ist jedoch gezeigt, dass keine Zeichenrucks in den I- und Q-Werten auftreten.

[0041] Wie man aus der obigen Beschreibung ersehen kann, liefern die Demodulationsstruktur und das Verfahren zum Abwärtsumsetzen und das Demodulieren eines I/Q-modulierten Signals  $S_0$  gemäß der vorliegenden Erfindung ein vereinfachtes Demodulationsverfahren, welches lediglich einen Mischer, ein Tiefpassfilter und einen Analog-Digital-Umsetzer erfordert, um das I-Teil und das Q-Teil zu erzeugen. Das lokale Oszillatorsignal mit einem entsprechend-angepassten und vorher festgelegten Spektrum und eine schnellere Analog-Digital-Umsetzung ist jedoch verglichen mit einem Stand der Technik erforderlich, wie beispielsweise in **Fig. 10** gezeigt ist. Da auf insbesondere zumindest einen analoger Phasenschieber im Vergleich zum Stand der Technik verzichtet werden kann und lediglich ein einziger Mischer notwendig ist, können Amplituden- und Phasengleichgewichte wesentlich reduziert werden. Somit liefert die vorliegende Erfindung eine geringere Komplexität und ein besseres I/Q-Ungleichgewicht-Verhalten wie bekannte Demodulatoren.

[0042] Bei einer Mehrfachkanalumgebung, in welcher I/Q-modulierte Signale in mehreren Kanälen übertragen werden, sind korrekte Kanalabstände einzuhalten, was in Bezug auf **Fig. 8** und **9** erläutert wurde. **Fig. 8** zeigt die minimalen Kanalarasterfordernisse für eine Demodulationsstruktur gemäß dem Beispiel, welches in **Fig. 1** gezeigt ist. **Fig. 8** zeigt lediglich eine theoretische Einrichtung, in welcher die Mittenfrequenz des lokalen Oszillatorsignals, welches von der lokalen Oszillatoreinrichtung **1** ausgegeben wird, auf der Hochfrequenzflanke von Kanal **1** angeordnet ist, und lediglich Kanal **1** demoduliert werden soll. Um keine Kanalinterferenz zu haben, muss somit der obere Kanal **2** in einem Abstand  $B$  über der Frequenz des lokalen Oszillatorsignals sein. Der untere Kanal **3** kann unmittelbar benachbart zum Kanal **2** sein, da alle Mischprodukte von Kanal **2** mit dem lokalen Oszillatorsignal außerhalb des Basisbands mit einer Signalbandbreite  $B$  sind. Die asymmetrische Anordnung der Kanäle, wie in **Fig. 8** gezeigt ist, ist jedoch lediglich eine theoretische Grenze und wird in der Praxis wahrscheinlich nicht verwendet werden. Somit müssen die Kanäle zumindest um die Signalbandbreite  $B$  beabstandet sein.

[0043] Das gleiche gilt für die Demodulationsstruktur der ersten und zweiten Ausführungsform. Die entsprechende Situation ist in **Fig. 9** gezeigt, welche zeigt, dass sogar bei einer Theorie der untere Kanal **3** bei zumindest der Signalbandbreite vom Kanal **1** aus den Gründen beabstandet sein muss, die oben in Bezug auf **Fig. 8** angegeben wurden. Somit ist das vorgeschlagene Demodulationsschema für Anwendungen sehr geeignet, bei denen der in Betracht gezogene Kanal von dem RF-Band vor der I/Q-Demodulation extrahiert wird.

### Patentansprüche

1. Demodulationsstruktur zum Abwärtsumsetzen und zur Demodulation eines digitalmodulierten Signals ( $S_0$ ), mit  
 einer lokalen Oszillatoreinrichtung (**1, 5, 8**), um ein lokales Oszillatorsignal ( $S_{10}$ ) bereitzustellen,  
 einer Mischeinrichtung (**2**), um das lokale Oszillatorsignal ( $S_{10}$ ) und das digital-modulierte Signal ( $S_0$ ) zu mischen, um ein Mischsignal zu erzielen,

einer Tiefpassfiltereinrichtung (3), um das Mischsignal von der Mischeinrichtung (2) tiefpass-zu-filtern, und einer Analog-Digital-Umsetzungseinrichtung (4), um das gefilterte Signal von der Tiefpassfiltereinrichtung (3) in ein abwärts-umgesetztes und demoduliertes Digitalsignal ( $S_1$ ) umzusetzen, wodurch das lokale Oszillatorsignal in Bezug auf das modulierte Digitalsignal eingestellt wird, so dass das abwärts-umgesetzte und demodulierte Digitalsignal ( $S_1$ ), welches von der Analog-Digital-Umsetzungseinrichtung ausgegeben wird, zwei seriell-angeordnete Informationsteile aufweist,

**dadurch gekennzeichnet**, dass

das lokale Oszillatorsignal ( $S_{10}$ ) mit zumindest zwei Modulationszuständen, die unterschiedliche Phasen haben, während der Symbolperiode des modulierten Digitalsignals ( $S_0$ ) moduliert ist.

2. Demodulationsstruktur nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden unterschiedlichen Modulationszustände die gleiche Amplitude und eine Phasenverschiebung von  $90^\circ$  in Bezug zueinander haben.

3. Demodulationsstruktur nach Anspruch 1 oder 2, gekennzeichnet durch eine Modulationssteuereinrichtung (7), um ein Modulationssignal zur lokalen Oszillatoreinrichtung (5) zu liefern, um das lokale Oszillatorsignal ( $S_{10}$ ) mit den beiden Modulationszuständen intern zu modulieren.

4. Demodulationsstruktur nach Anspruch 1 oder 2, gekennzeichnet durch eine analoge Schaltungseinrichtung, um das lokale Oszillatorsignal von der lokalen Oszillatoreinrichtung mit den beiden Modulationszuständen zu modulieren und um ein moduliertes lokales Oszillatorsignal an die Mischeinrichtung auszugeben.

5. Demodulationsstruktur nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die analoge Schaltungseinrichtung (9) eine Schaltungseinrichtung (10) aufweist, welche zwischen einem ersten Zweig (12), der eine Phasenverschiebungseinrichtung (11) hat, und einem zweiten Zweig (13), der keine Phasenverschiebungseinrichtung hat, umgeschaltet werden kann, wobei die Umschalteneinrichtung mittels eines Steuersignals mit einer Häufigkeit eines Zweifachen der Symbolfrequenz des modulierten Digitalsignals umgeschaltet wird.

6. Demodulationsstruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 5, gekennzeichnet durch ein Bandpassfilter (6) zum Bandpass-Filtern des modulierten lokalen Oszillatorsignals ( $S_{10}$ ).

7. Demodulationsstruktur nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Bandpassfilter (6) eine Mittenfrequenz hat, welche der Mittenfrequenz ( $f_c$ ) entspricht, und eine Bandbreite, welche der Bandbreite des Signalbands des modulierten Digitalsignals entspricht.

8. Demodulationsstruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das digital-modulierte Signal ( $S_0$ ) I/Q-moduliert ist und beiden seriell-angeordneten Informationsteile, welche im abwärts-umgesetzten und demodulierten Digitalsignal ( $S_1$ ) enthalten sind, ein I-Teil und ein Q-Teil des I/Q-modulierten Digitalsignals sind.

9. Verfahren zum Abwärtsumsetzen und zum Demodulieren eines digitalmodulierten Signals ( $S_0$ ) mit folgenden Schritten:

Bereitstellen eines lokalen Oszillatorsignals ( $S_{10}$ );

Mischen des lokalen Oszillatorsignals ( $S_{10}$ ) und des digital-modulierten Signals ( $S_0$ ), um ein Mischsignal zu erzielen;

Tiefpassfiltern des Mischsignals; und

Analog-Digital-Umsetzen des gefilterten Signals in ein abwärts-umgesetztes und demoduliertes Digitalsignal ( $S_1$ );

wodurch das lokale Oszillatorsignal ( $S_{10}$ ) in Bezug auf das modulierte Digitalsignal ( $S_0$ ) eingestellt wird, so dass das abwärts-umgesetzte und demodulierte Digitalsignal ( $S_1$ ) zwei seriell-angeordnete Informationsteile aufweist,

**dadurch gekennzeichnet**, dass

das lokale Oszillatorsignal ( $S_{10}$ ) mit zumindest zwei Modulationszuständen, welche unterschiedliche Phasen haben, während der Symbolperiode des modulierten Digitalsignals ( $S_0$ ) moduliert ist.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden verschiedenen Modulationszustände die gleiche Amplitude und eine Phasenverschiebung von  $90^\circ$  in Bezug zueinander haben.

11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, gekennzeichnet durch internes Modulieren des lokalen Oszillatorsignals ( $S_{10}$ ) mit den beiden Modulationszuständen mittels eines gelieferten Modulationssignals.

12. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, gekennzeichnet durch externes Modulieren des lokalen Oszillatorsignals ( $S_{10}$ ) mit den beiden Modulationszuständen und Ausgeben eines modulierten lokalen Oszillatorsignals an den Mischschritt.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass das lokale Oszillatorsignal ( $S_{10}$ ) zwischen einem Phasenverschiebungszustand und einem Nicht-Phasenverschiebungszustand mittels eines Steuersignals mit einer Frequenz von zumindest dem Zweifachen der Symbolfrequenz des modulierten Digitalsignals umgeschaltet wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 13, gekennzeichnet durch Bandpassfiltern des modulierten lokalen Oszillatorsignals ( $S_{10}$ ).

15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass der Bandpassfilterungsschritt eine Mittenfrequenz verwendet, die der Mittenfrequenz  $f_c$  entspricht, und eine Bandbreite, welche der Bandbreite des Signalbands des modulierten Digitalsignals entspricht.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass das digital-modulierte Signal ( $S_0$ ) I/Q-moduliert ist und die beiden seriell-angeordneten Informationsteile, welche im abwärts-umgesetzten und demodulierten Digitalsignal ( $S_1$ ) enthalten sind, ein I-Teil und ein Q-Teil des I/Q-modulierten Digitalsignals sind.

Es folgen 8 Blatt Zeichnungen



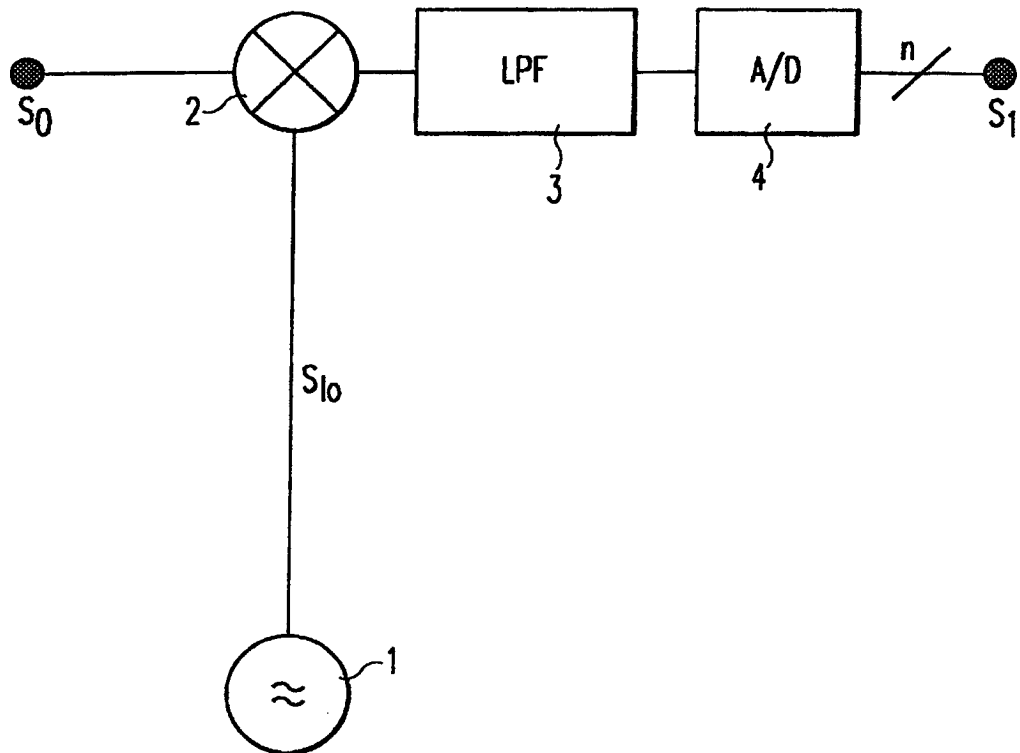


Fig. 1

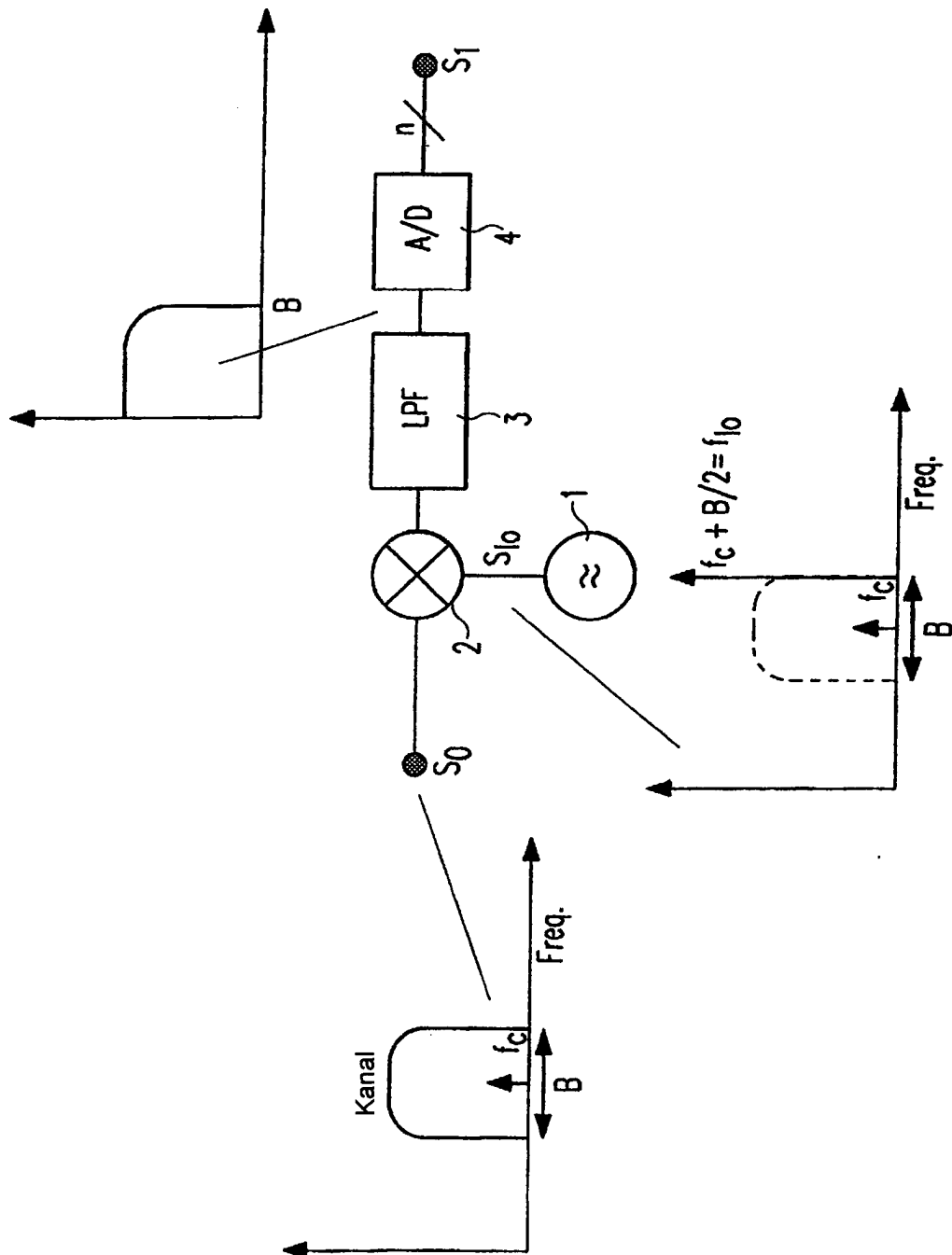


Fig. 2

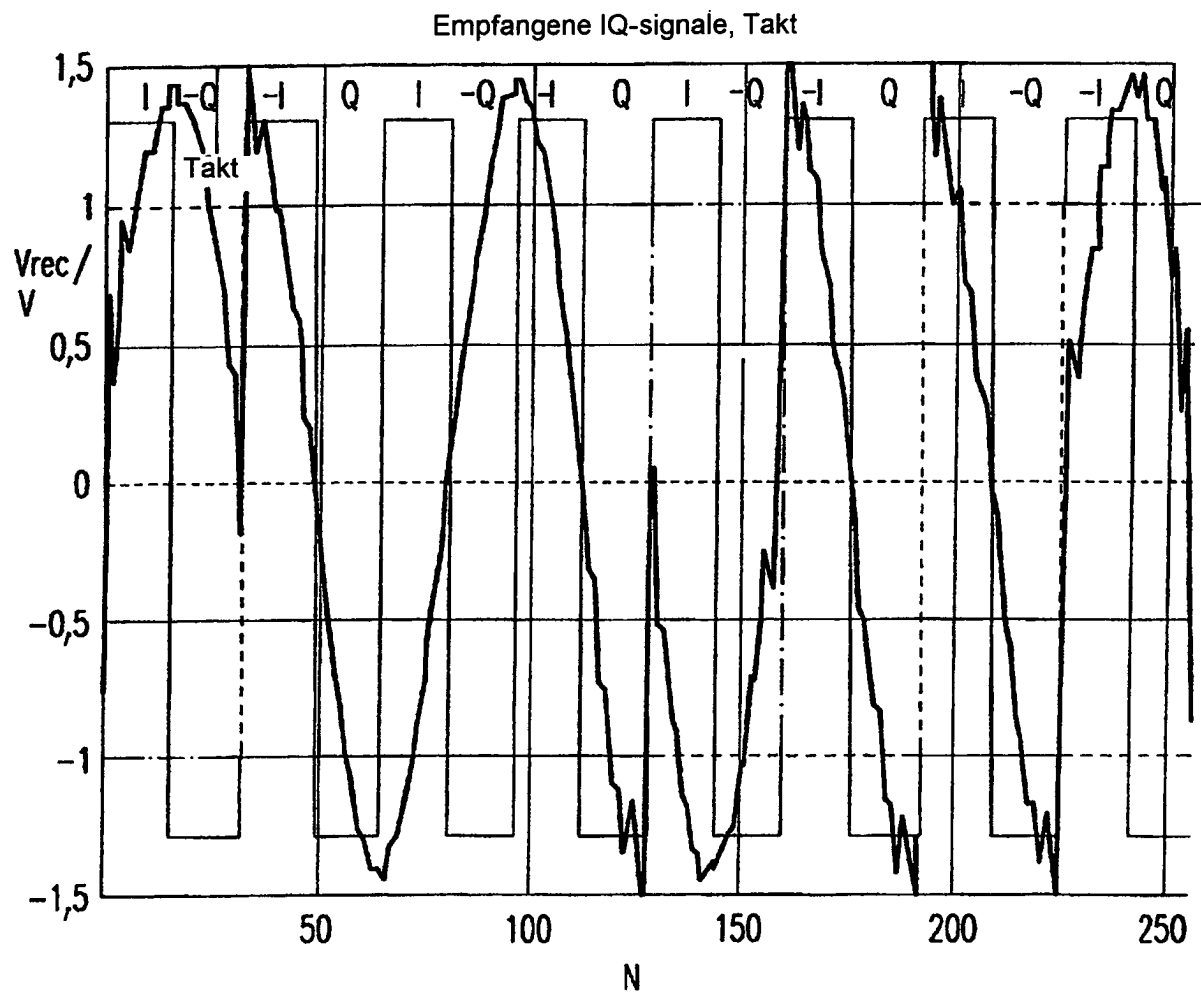


Fig. 3

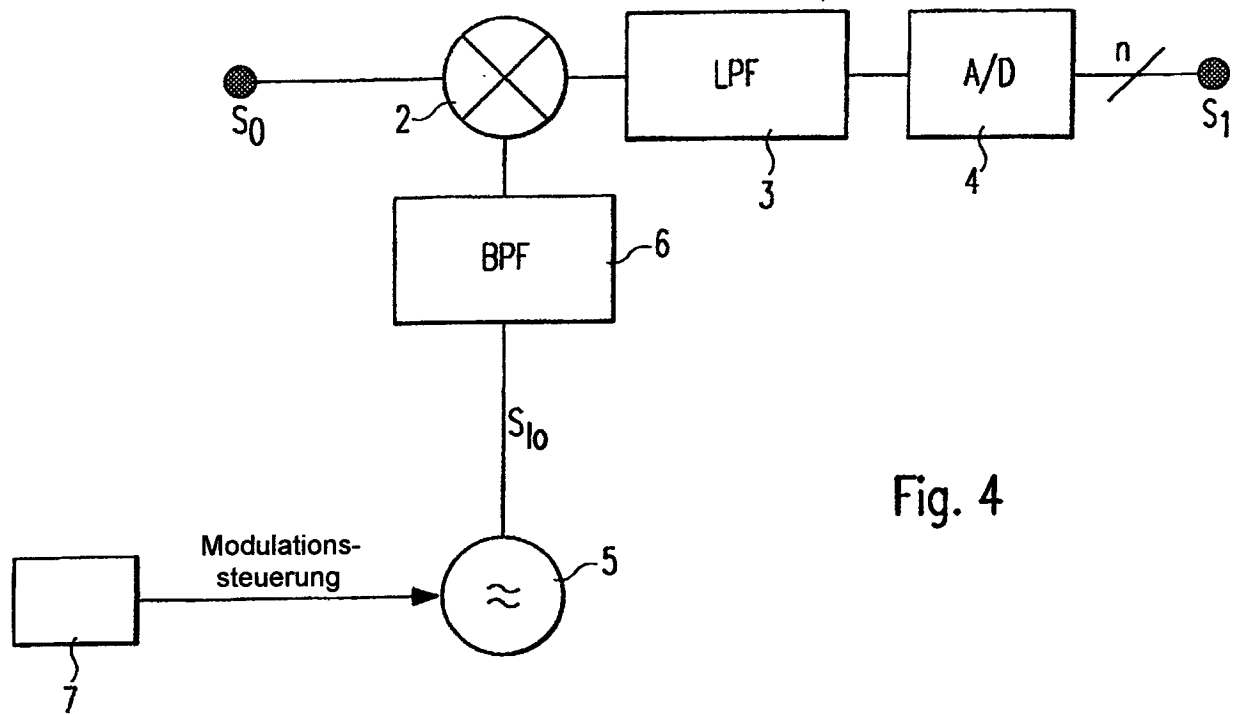


Fig. 4

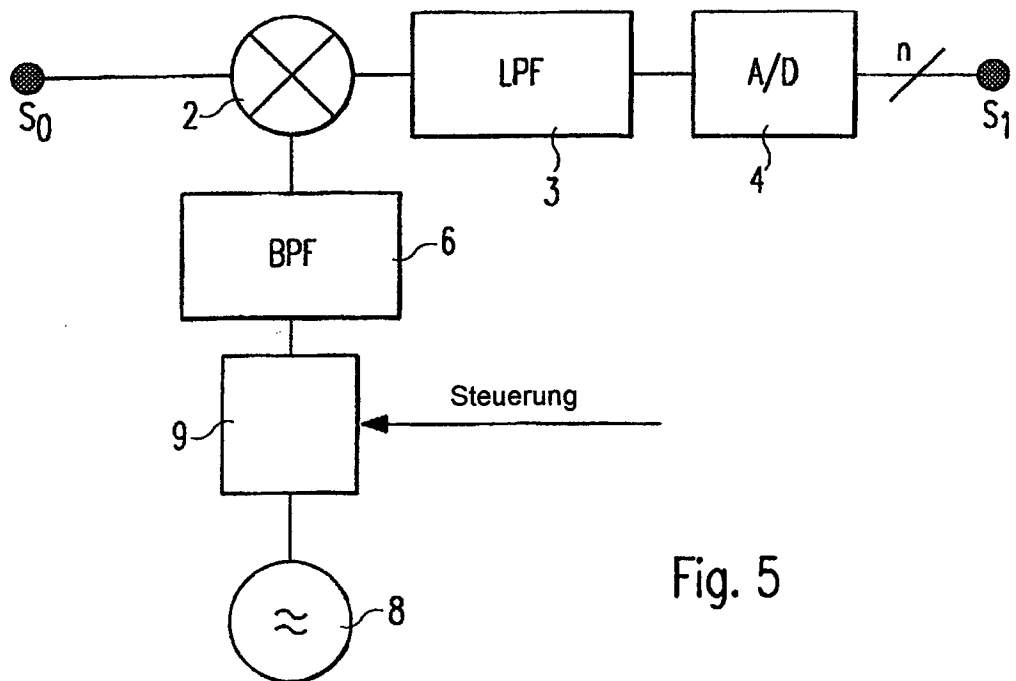


Fig. 5

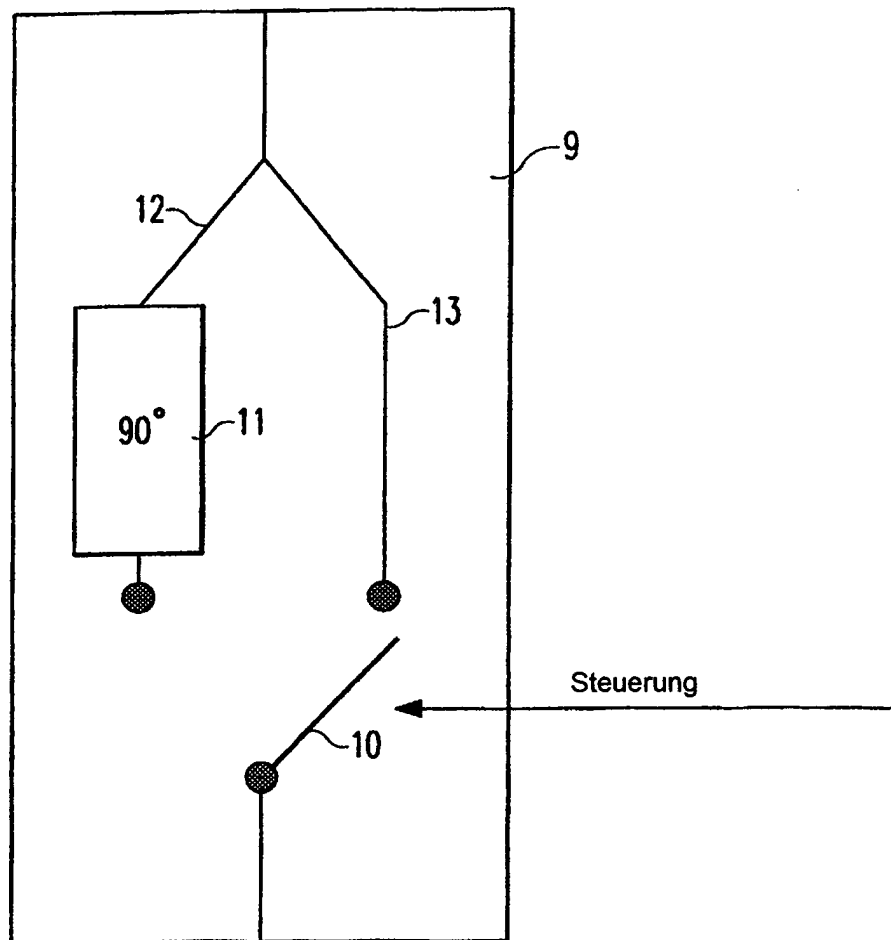


Fig. 6

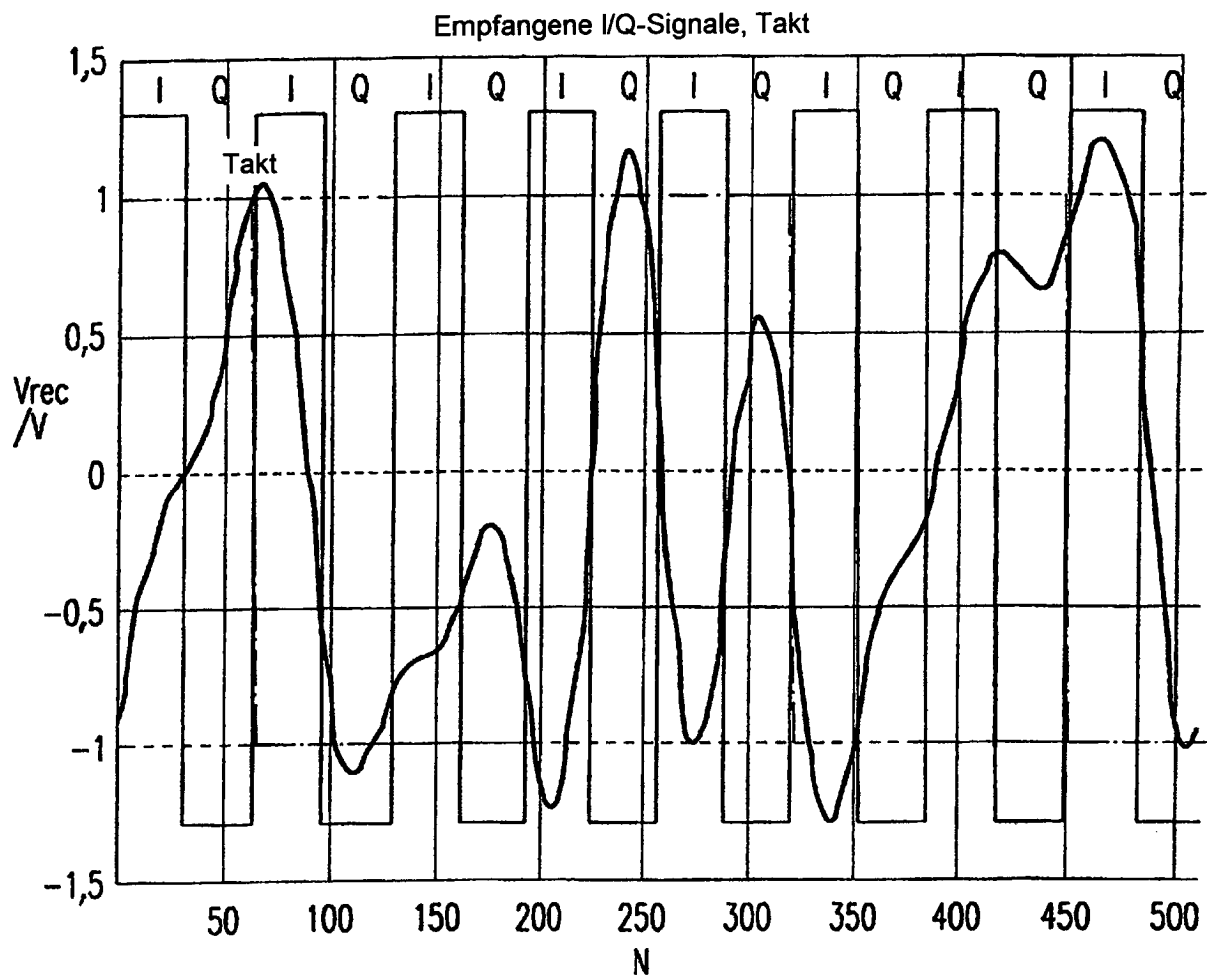


Fig. 7

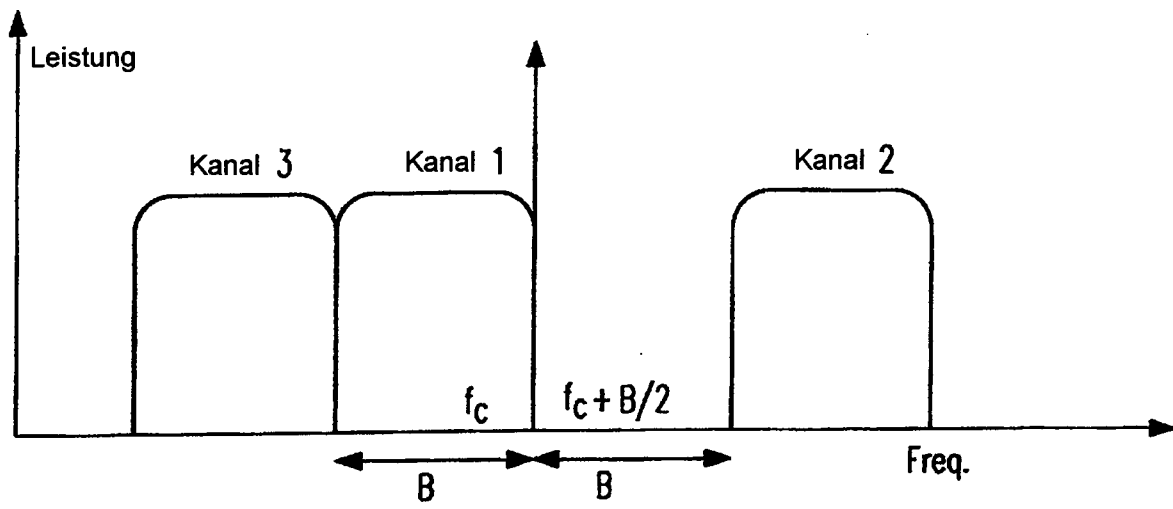


Fig. 8

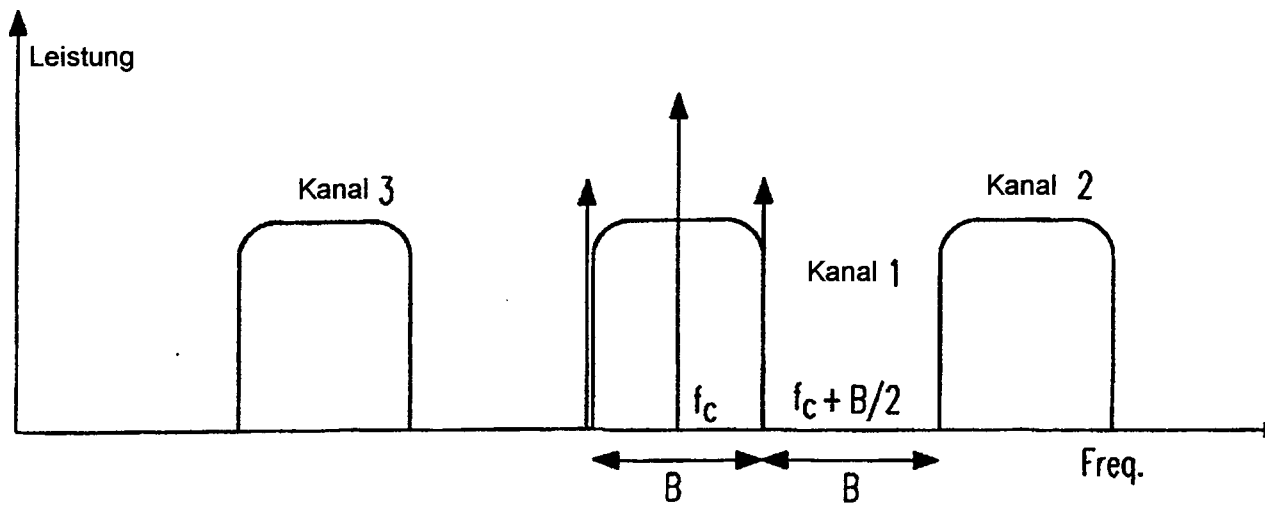


Fig. 9

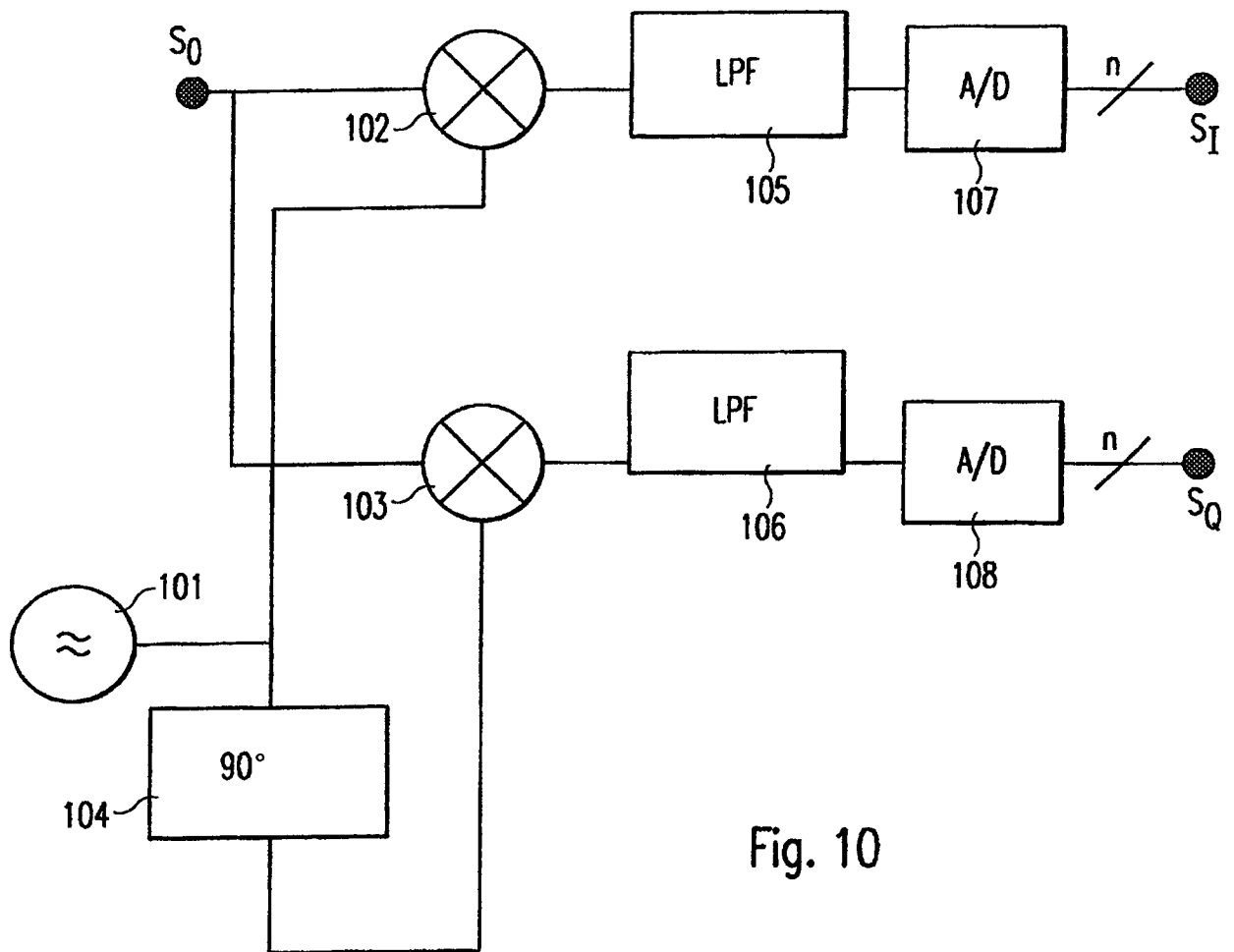


Fig. 10