



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 600 28 182 T2 2007.03.29

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 1 142 125 B1

(51) Int Cl.⁸: H03M 1/34 (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: 600 28 182.5

(86) PCT-Aktenzeichen: PCT/US00/00173

(96) Europäisches Aktenzeichen: 00 905 537.7

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: WO 2000/041310

(86) PCT-Anmeldetag: 05.01.2000

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: 13.07.2000

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 10.10.2001

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: 24.05.2006

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 29.03.2007

(30) Unionspriorität:

115129 P 06.01.1999 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC

(73) Patentinhaber:

Raytheon Co., Lexington, Mass., US

(72) Erfinder:

BROEKAERT, P., Tom, Calabasas, CA 91302, US

(74) Vertreter:

Westphal, Mussgnug & Partner, 80336 München

(54) Bezeichnung: SYSTEM ZUR QUANTISIERUNG EINES ANALOGEN SIGNALS MIT EINER BRÜCKE VON DIODEN
MIT RESONANTEM TUNNELEFFEKT

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 eingelebt, 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**TECHNISCHES GEBIET DER ERFINDUNG**

[0001] Diese Erfindung bezieht sich im Allgemeinen auf elektronische Quantisierung und im Besonderen auf eine Anordnung zur Quantisierung eines analogen Signals und macht Gebrauch von einer Brücke von Dioden mit resonantem Tunneleffekt.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0002] Analog-Digital-Wandler sind in einer Vielfalt von Bauweisen ausgeformt worden. Normalerweise sind diese Bauweisen mit Transistoren realisiert worden. Zum Beispiel umfasst eine bekannte Implementierung ein kreuzgekoppeltes Paar von Transistoren. Es gibt jedoch mehrere Nachteile, die mit der Verwendung von Transistoren bei der Realisierung von Analog-Digital-Wandlern verbunden sind.

[0003] Als Erstes werden Vorrichtungen, die in digitalen Schaltkreisen verwendet werden, zunehmend kleiner. In dem Maß wie diese Bausteine in der Größe abnehmen, beginnen quantenmechanische Effekte aufzutreten. Die elektrischen Eigenschaften von konventionellen Transistoren können durch quantenmechanische Effekte inakzeptabel werden. Zum Zweiten wird ein mit Transistoren realisierter Analog-Digital-Wandler durch die Schaltgeschwindigkeit der Transistoren limitiert, die für einige Anwendungen zu langsam sein kann. Zuletzt sind konventionelle Transistoren auf zwei stabile Zustände beschränkt. Daher können Anordnungen, die Transistoren verwenden, typischerweise Analogsignale nur in binäre digitale Signale umwandeln, wodurch die Anwendung von mehrwertiger Logik schwierig wird.

[0004] Ein Beispiel eines Analog-Digital-Wandlers, der die Ausführungsform einer Brückenschaltung verwendet, wird in dem U.S. Patent mit der Nr. 5,272,480 gezeigt.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0005] Es ist ein Ziel der vorliegenden Erfindung, die Auswirkungen von Gleichtaktstörungen auf das Eingangssignal eines solchen Analog-Digital-Wandlers zu reduzieren und ein Eingangssignal zu empfangen, dessen Leistung nicht hoch genug ist, um die Brücke und die auf den Eingang angewandte Last anzusteuern. Dieses Ziel kann von einer Anordnung für die Quantisierung eines analogen Signals mit den Merkmalen des unabhängigen Anspruchs 1 erreicht werden.

[0006] Entsprechend der vorliegenden Erfindung wird eine Anordnung für die Quantisierung eines analogen Signals unter Verwendung einer Brücke von Dioden mit resonantem Tunneleffekt zur Verfügung ge-

stellt, die die Nachteile oder Probleme, die mit zuvor entwickelten Quantisierungsanordnungen verbunden sind, im Wesentlichen eliminiert oder reduziert.

[0007] In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird eine Anordnung für die Quantisierung eines analogen Signals zur Verfügung gestellt, die eine erste Negativwiderstandseinrichtung umfasst. Die erste Negativwiderstandseinrichtung weist ein erstes Anschlusselement auf, das verbunden ist, um ein Taktsignal zu empfangen und ein zweites Anschlusselement, das verbunden ist, um ein erstes Eingangssignal zu empfangen. Eine zweite Negativwiderstandseinrichtung weist ein erstes Anschlusselement auf, das verbunden ist, um das erste Eingangssignal zu empfangen und ein zweites Anschlusselement, das verbunden ist, um das invertierte Taktsignal zu empfangen. Eine dritte Negativwiderstandseinrichtung weist ein erstes Anschlusselement auf, das verbunden ist, um das erste Eingangssignal zu empfangen und ein zweites Anschlusselement, das verbunden ist, um das invertierte Taktsignal zu empfangen. Eine vierte Negativwiderstandseinrichtung weist ein erstes Anschlusselement auf, das verbunden ist, um das zweite Eingangssignal zu empfangen und ein zweites Anschlusselement, das verbunden ist, um das invertierte Taktsignal zu empfangen. Ein Ausgangsanschlusselement ist mit dem zweiten Anschlusselement der ersten Negativwiderstandseinrichtung und dem ersten Anschlusselement der dritten Negativwiderstandseinrichtung verbunden. Das Ausgangsanschlusselement stellt ein Ausgangssignal zur Verfügung. Ein invertiertes Ausgangsanschlusselement ist mit dem zweiten Anschlusselement der zweiten Negativwiderstandseinrichtung und dem ersten Anschlusselement der vierten Negativwiderstandseinrichtung verbunden. Das invertierte Ausgangsanschlusselement stellt ein invertiertes Ausgangssignal zur Verfügung.

[0008] Die technischen Vorteile der vorliegenden Erfindung beinhalten das zur Verfügung stellen einer verbesserten Anordnung für die Quantisierung eines analogen Signals. Im Besonderen ist ein Element negativen Widerstands, wie zum Beispiel eine Diode mit resonantem Tunneleffekt, als Teil des Analog-Digital-Wandlers beinhaltet. Dementsprechend wird die Notwendigkeit von Transistoren vermieden. Als Ergebnis werden die abträglichen Auswirkungen der Quantenmechanik reduziert oder liegen nicht vor, die Schaltgeschwindigkeit wird gesteigert und die Verwendung von mehrwertiger Logik ist möglich.

[0009] Weitere technische Vorteile der vorliegenden Erfindung werden jemandem, der in der Technik ausgebildet ist, leicht aus den nachfolgenden Figuren, Beschreibungen und Ansprüchen offenbar.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0010] Für ein vollständiges Verständnis der vorliegenden Erfindung und ihrer Vorzüge, wird jetzt Bezug genommen auf die nachfolgende Beschreibung in Verbindung mit den begleitenden Figuren:

[0011] [Fig. 1](#) zeigt ein schematisches Diagramm einer Resonanzeffekt-Tunneldiode (Resonant Tunneling Diode – RTD) zum Gebrauch als ein Element negativen Widerstands entsprechend den Lehren der vorliegenden Erfindung;

[0012] [Fig. 2](#) zeigt einen Graphen des Stroms als eine Funktion der elektrischen Spannung für das in [Fig. 1](#) veranschaulichte Element negativen Widerstands;

[0013] Die [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) zeigen Stromlaufpläne, die eine Anordnung für die Quantisierung eines analogen Signals entsprechend ersten und zweiten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung veranschaulichen;

[0014] Die [Fig. 5](#), [Fig. 6](#) und [Fig. 7](#) zeigen Stromlaufpläne, die eine Brücke für die Quantisierung eines analogen Signals entsprechend zusätzlichen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung veranschaulichen;

[0015] [Fig. 8](#) zeigt einen Stromlaufplan, der die Brücke gemäß der [Fig. 5](#), [Fig. 6](#) und [Fig. 7](#) in einem direkten Betriebsmodus veranschaulicht;

[0016] [Fig. 9](#) zeigt einen Stromlaufplan, der die Brücke gemäß der [Fig. 5](#), [Fig. 6](#) und [Fig. 7](#) in einem kapazitiv gekoppelten Betriebsmodus veranschaulicht; und

[0017] [Fig. 10](#) zeigt einen Stromlaufplan, der einen entsprechend einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung gebauten Konstantzeitmodulator veranschaulicht.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0018] Die bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung und deren Vorzüge werden am besten verstanden, in dem man sich jetzt detaillierter auf die [Fig. 1](#) bis [Fig. 10](#) der Figuren bezieht, in denen sich gleiche Bezugszeichen auf gleich Elemente beziehen.

[0019] [Fig. 1](#) zeigt ein schematisches Diagramm einer Resonanzeffekt-Tunneldiode (RTD) **10** zur Verwendung als ein Element negativen Widerstands entsprechend den Lehren der vorliegenden Erfindung. Die RTD **10** umfasst ein Eingangsanschlusselement **11** für das Empfangen eines Eingangssignals, ein

Ausgangsanschlusselement **12** für das Erzeugen eines Ausgangssignals, zweier Tunnelsperrschichten **13** und eine Quantenwannenschicht **14**.

[0020] [Fig. 2](#) zeigt einen Graphen, der den Strom als Funktion der elektrischen Spannung für ein Element negativen Widerstands wie eine RTD **10** zeigt. Die Form dieser I-V Kurve wird von den Quanteneffekten bestimmt, die ein Ergebnis der extremen Dünneheit der Tunnelsperrschichten **13** und der Quantenwannenschicht **14** sind. Diese Schichten **13** und **14** sind etwa zehn (10) bis zwanzig (20) Atome stark.

[0021] Wenn eine elektrische Spannung niedriger Amplitude an das Eingangsanschlusselement **11** angelegt wird, tunnen fast keine Elektronen durch die beiden Tunnelsperrschichten **13**. Dies führt zu einem vernachlässigbaren Strom und die RTD **10** ist ausgeschaltet. Wenn die elektrische Spannung zunimmt, nimmt die Energie der am Eingangsanschlusselement **11** empfangenen Elektronen ebenfalls zu und die Wellenlänge dieser Elektronen nimmt ab. Wenn ein bestimmter elektrischer Spannungspegel am Eingangsanschlusselement **11** erreicht wird, passt eine bestimmte Anzahl von Elektronenwellenlängen in die Quantenwannenschicht **14**. An dieser Stelle wird eine Resonanz aufgebaut, da Elektronen, die durch eine Tunnelsperrschicht **13** tunnen, in der Quantenwannenschicht **14** verbleiben, wodurch jenen Elektronen die Gelegenheiten geben wird, durch die zweite Tunnelsperrschicht **13** an das Ausgangsanschlusselement **12** zu tunnen. Auf diese Weise wird ein Stromfluss vom Eingangsanschlusselement **11** zum Ausgangsanschlusselement **12** aufgebaut und RTD **10** wird eingeschaltet. Wenn jedoch der elektrische Spannungspegel weiterhin ansteigt, weisen schließlich keine der Elektronen die richtige Wellenlänge auf, um durch die Tunnelsperrschichten **13** zu tunnen und RTD **10** wird ausgeschaltet. Diese Eigenschaft von Elementen negativen Widerstands wie zum Beispiel RTDs **10**, die es erlaubt, zwischen Ein- und Aus-Zuständen hin und her umzuschalten während die elektrische Spannung zunimmt, ermöglicht den Betrieb mit einer Vorspannung, um, wie in [Fig. 2](#) veranschaulicht, in einem von drei stabilen Zuständen zu arbeiten. Diese drei stabilen Zustände sind der Bereich des Tals bei negativer Vorspannung **16**, der Bereich vor dem Spitzenvwert **17** und der Bereich des Tals bei positiver Vorspannung **18**.

[0022] Eine weitere Eigenschaft in Verbindung mit der extremen Dünneheit der Tunnelsperrschichten **13** und der Quantenwannenschicht **14** der RTD **10** bezieht sich auf die Umschaltgeschwindigkeit. Weil jede von diesen Schichten **13** und **14** nur etwa zehn (10) bis zwanzig (20) Atomen stark ist, wandert ein Elektron nur etwa 0,1 Mikron vom Eingangsanschlusselement **11** zum Ausgangsanschlusselement **12**. Wegen dieses kurzen Abstands schaltet die RTD **10** mit einer sehr hohen Rate an und ab.

[0023] Die [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) zeigen Stromlaufpläne, die Anordnungen **20** und **40** für die Quantisierung eines analogen Signals entsprechend der vorliegenden Erfindung veranschaulichen. Die Anordnungen **20** und **40** umfassen eine erste Resonanzeffekt-Tunneldiode(n) **22** und eine zweite Resonanzeffekt-Tunneldiode(n) **24**. Die Anordnungen **20** und **40** umfassen auch ein Eingangsanschlusselement **26** für das Empfangen eines analogen Eingangssignals, ein Taktanschlusselement **28** für das Empfangen eines Taktsignals, ein invertiertes Taktanschlusselement **30** für das Empfangen eines invertierten Taktsignals und ein Ausgangsanschlusselement **32**, um ein quantisiertes Ausgangssignal zu erzeugen.

[0024] Entsprechend einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst das am Eingangsanschlusselement **26** empfangene Eingangssignal ein im Strom veränderliches Signal, während der Ausgang am Ausgangsanschlusselement **32** eine in der Spannung veränderliche elektrische Spannung umfasst. In einer Implementierung der Anordnungen **20** und **40** variiert das Eingangssignal im Bereich des X-Bandes (zehn oder mehr Gigahertz). In der in [Fig. 3](#) gezeigten Anordnung **20** werden die RTDs **22** und **24** in Bezug auf das Taktanschlusselement **28** auf die gleiche Weise mit einer Vorspannung beaufschlagt. In der in [Fig. 4](#) gezeigten Anordnung **40** umfassen die RTDs **22** und **24** jeweils ein Paar, das parallel verschaltet und entgegen gesetzt zu einander mit einer Vorspannung beaufschlagt wird.

[0025] In den Anordnungen **20** und **40** arbeiten die RTDs in dem Bereich vor dem Spitzenwert **17**, wenn der Eingangstrom null ist. Dies erzeugt ein Ausgangssignal einer elektrischen Spannung von Null. Wenn der Eingangstrom jedoch einen festgelegten Pegel erreicht, wird eine der RTDs **22** oder **24** durch die resultierende Asymmetrie entweder in den Bereich des Tals bei negativer Vorspannung **16** gezwungen, woraus ein Ausgangssignal von **-1** resultiert oder in den Bereich des Tals bei positiver Vorspannung **18**, was zu einem Ausgangssignal von **+1** führt.

[0026] Entsprechend der vorliegenden Erfindung erzeugt das Ausgangsanschlusselement **32** ein elektrisches **+1** Spannungssignal als Ausgangssignal, wenn das Eingangssignal größer ist als eine erste Schwelle, ein elektrisches **-1** Spannungssignal als Ausgangssignal, wenn das Eingangssignal kleiner ist als eine zweite Schwelle und eine elektrische Spannung von Null als Ausgangssignal, wenn sich das Eingangssignal zwischen den ersten und zweiten Schwellen befindet.

[0027] In der in [Fig. 3](#) gezeigten Ausführungsform umfasst die Anordnung **20** eine einzelne RTD **22** und eine einzelne RTD **24**. Diese Ausführungsform stellt ein kompakteres Layout zur Verfügung und läuft mit einer höheren Geschwindigkeit als die in [Fig. 4](#) ge-

zeigte Ausführungsform, wobei jede der RTDs **22** und **24** ein Paar umfasst. Jedoch stellt die in [Fig. 4](#) gezeigte Ausführungsform mehr Symmetrie zur Verfügung und reduziert Harmonische geradzahliger Ordnung, die in der in [Fig. 3](#) gezeigten Ausführungsform vorhanden sein können.

[0028] Die [Fig. 5](#), [Fig. 6](#) und [Fig. 7](#) zeigen Stromlaufpläne, die die Brücken **50**, **70** und **80** für die Quantisierung eines analogen Signals entsprechend der vorliegenden Erfindung veranschaulichen. Die Brücken **50**, **70** und **80** umfassen eine erste Resonanzeffekt-Tunneldiode(n) **52**, eine zweite Resonanzeffekt-Tunneldiode(n) **54**, eine dritte Resonanzeffekt-Tunneldiode(n) **56** und eine vierte Resonanzeffekt-Tunneldiode(n) **58**. Die Brücken **50**, **70** und **80** umfassen auch ein Eingangsanschlusselement **60** für das Empfangen eines analogen Eingangssignals, ein invertiertes Eingangsanschlusselement **62** für das Empfangen eines invertierten Eingangssignals, ein Taktanschlusselement **64** für das Empfangen eines Taktsignals und ein invertiertes Taktanschlusselement **66** für das Empfangen eines invertierten Taktsignals. In einer alternativen Ausführungsform kann das invertierte Eingangsanschlusselement **62** für das Empfangen eines invertierten Eingangssignals ein Referenzanschlusselement für das Empfangen eines Referenzsignals sein.

[0029] In der in [Fig. 5](#) gezeigten Ausführungsform wird jede RTD **52**, **54**, **56** und **58** in Bezug auf das Taktanschlusselement **64** mit einer Vorspannung beaufschlagt. In der in [Fig. 6](#) gezeigten Ausführungsform umfasst jede RTD **52**, **54**, **56** und **58** ein parallel geschaltetes und zu einander entgegen gesetztes Diodenpaar. Die in [Fig. 7](#) gezeigte Anordnung **80** umfasst eine fünfte Resonanzeffekt-Tunneldiode **82**. In dieser Ausführungsform wird jede RTD **52**, **54**, **56**, **58** und **82** in Bezug auf das Taktanschlusselement **64** auf gleiche Weise unter Vorspannung gesetzt. Jedoch kann als Alternative jede RTD **52**, **54**, **56**, **58** und **82** ein parallel geschaltetes und zu einander entgegen gesetztes RTD Paar umfassen.

[0030] In den Brücken **50** und **70** arbeiten die RTDs **52**, **54**, **56** und **58** in dem Bereich vor dem Spitzenwert **17**, siehe [Fig. 2](#), wenn der Eingangstrom Null ist. Dies erzeugt ein Ausgangssignal von Null. Wenn jedoch der Eingangstrom einen festgelegten Pegel erreicht, resultiert daraus eine Asymmetrie und erzeugt ein Ausgangssignal von **-1** oder **+1**.

[0031] Eine Entscheidung darüber, ob das Ausgangssignal **-1** oder **+1** sein wird, wird getroffen, wenn der Pegel des Taktsignals zunimmt. In dieser Situation werden die Brücken **50** und **70** positiv unter Vorspannung gesetzt und zwei der RTDs **52**, **54**, **56** und **58** arbeiten entweder im Bereich des Tals bei negativer Vorspannung **16**, wodurch ein Ausgangssig-

nal von -1 Volt erzeugt wird oder im Bereich des Tals bei positiver Vorspannung **18**, wodurch ein Ausgangssignal von $+1$ Volt erzeugt wird. Wenn der Pegel des Eingangsstroms bewirkt, dass die RTD **52** umschaltet, schaltet die RTD **58** ebenfalls um. Wenn jedoch der Pegel des Eingangsstroms bewirkt, dass die RTD **54** umschaltet, wird die RTD **56** die zweite sein, die umschaltet. Wenn die RTDs **52** und **58** umschalten, wird das Ausgangssignal zu $+1$ Volt, während wenn die RTDs **54** und **56** umschalten, das Ausgangssignal zu -1 Volt wird.

[0032] Eine Festlegung in Bezug darauf, ob das Ausgangssignal -1 oder $+1$ sein wird, wird auch gemacht, wenn das Taktsignal abnimmt. In dieser Situation werden die Brücken **50** und **70** negativ unter Vorspannung gesetzt und zwei der RTDs **52**, **54**, **56** und **58** werden entweder in den Bereich des Tals bei negativer Vorspannung **16** gezwungen, siehe [Fig. 2](#), oder in den Bereich des Tals bei positiver Vorspannung **18**, wie gerade in Verbindung mit einer Zunahme des Taktsignals beschrieben. Wie zuvor schalten entweder die RTDs **52** und **58** oder die RTDs **54** und **56** um. In diesem Fall jedoch, wenn die RTDs **52** und **58** umschalten, wird das Ausgangssignal zu -1 , während wenn die RTDs **54** und **56** umschalten, das Ausgangssignal zu $+1$ wird.

[0033] In der Brücke **80** erzeugt die fünfte RTD **82** eine Asymmetrie, die eines der Paare der RTDs, entweder **52** und **58** oder **54** und **56** in den Bereich des Tals bei negativer Vorspannung **16** oder in den Bereich des Tals bei positiver Vorspannung **18** zwingt. In dieser Konfiguration gibt es im Grunde genommen kein Eingangssignal, das zu einem Ausgangssignal von Null führt. Auf diese Weise ist das erzeugte Ausgangssignal für die Ausführungsform, in der die Brücke **80** eine fünfte RTD umfasst, binär statt ternär.

[0034] Wie bei den Brücken **50** und **70**, arbeitet die Brücke **80**, um den Wert des Ausgangssignals zu bestimmen, sowohl wenn der Takt zunimmt als auch wenn der Takt abnimmt. Deshalb erzeugen die Brücken **50**, **70** und **80** zwei Ausgangssignale für jeden Taktzyklus. Daher ist, um zum Beispiel 25 Gigasamples pro Sekunde zu erhalten, ein Taktsignal mit 12,5 Gigahertz ausreichend.

[0035] Die in den [Fig. 5](#) und [Fig. 7](#) gezeigten Ausführungsformen, in denen einzelne RTDs **52**, **54**, **56**, **58** und RTD **82** gemäß [Fig. 7](#) die Brücke umfassen, stellen ein kompakteres Layout zur Verfügung, das mit einer höheren Geschwindigkeit läuft als die Ausführungsform, die in [Fig. 6](#) gezeigt wird, wo jede RTD **52**, **54**, **56** und **58** ein Paar umfasst. Jedoch stellt die in [Fig. 6](#) gezeigte Ausführungsform mehr Symmetrie zur Verfügung und reduziert die geradzahligen Harmonischen, die in den in den [Fig. 5](#) und [Fig. 7](#) gezeigten Ausführungsformen auftreten können.

[0036] [Fig. 8](#) zeigt einen Stromlaufplan, der eine Anordnung **90** für die Quantisierung eines analogen Signals in einem direkten Betriebsmodus veranschaulicht. Die Anordnung **90** umfasst eine entsprechend einer der in den [Fig. 5](#), [Fig. 6](#) oder [Fig. 7](#) gezeigten Ausführungsformen konfigurierte Brücke **100**. Auf diese Weise umfasst die Brücke **100** ein Eingangsanschlusselement **60** für das Empfangen eines analogen Eingangssignals, ein invertiertes Eingangsanschlusselement **62** für das Empfangen eines invertierten Eingangssignals, ein Taktanschlusselement **64** für das Empfangen eines Taktsignals und ein invertiertes Taktanschlusselement **66** für das Empfangen eines invertierten Taktsignals. In einer alternativen Ausführungsform kann das invertierte Eingangsanschlusselement **62** für das Empfangen eines invertierten Eingangssignals ein Referenzanschlusselement für das Empfangen eines Referenzsignals sein.

[0037] Entsprechend der in [Fig. 8](#) gezeigten Ausführungsform umfasst das Eingangssignal eine in der Spannung variierende elektrische Spannung, die an einem Eingangsanschlusselement **102** der Anordnung empfangen wird. Das invertierte Eingangssignal wird an dem Eingangsanschlusselement **104** der Anordnung empfangen. Das Eingangssignal und das invertierte Eingangssignal werden an einen Eingangsverstärker **106** angelegt, der ein Ausgangsanschlusselement aufweist, das an das Eingangsanschlusselement **60** beziehungsweise das invertierte Eingangsanschlusselement **62** angeschlossen ist. Auf ähnliche Weise wird das Taktsignal an dem Taktanschlusselement **108** empfangen und das invertierte Taktsignal wird an einem Taktanschlusselement **110** empfangen. Das Taktsignal und das invertierte Taktsignal werden an einen Taktverstärker **112** angelegt, der einen Ausgang aufweist, der auf das Taktanschlusselement **64** angewendet wird beziehungsweise einen zweiten Ausgang aufweist, der auf das invertierte Taktanschlusselement **66** geführt wird.

[0038] Ein Ausgangssignal der Anordnung **90** wird an einem Ausgangsanschlusselement **114** der Anordnung zur Verfügung gestellt, und ein invertierter Ausgang der Anordnung wird an einem invertierten Ausgangsanschlusselement **116** der Anordnung zur Verfügung gestellt. Entsprechend einer Ausführungsform umfasst das Ausgangssignal ein Signal, das mit dem Strom variiert. Das Ausgangsanschlusselement **114** der Anordnung ist mit dem Eingangsanschlusselement **60** der Brücke **100** verbunden und das invertierte Ausgangsanschlusselement **116** der Anordnung ist mit dem invertierten Eingangsanschlusselement **62** der Brücke **100** verbunden.

[0039] Wenn die Brücke **100** entsprechend der [Fig. 5](#) oder [Fig. 6](#) ausgeführt ist, umfasst das Ausgangssignal drei Pegel, die durch -1 , 0 und $+1$ dargestellt werden. Entsprechend der vorliegenden Erfindung verstärkt der Eingangsverstärker **106** das Ein-

gangssignal und das invertierte Eingangssignal und der Taktverstärker **112** verstärkt das Taktsignal. Durch diese Verstärkung wird ein +1 für das Ausgangssignal erzeugt, wenn das Eingangssignal größer als eine erste Schwelle ist, ein -1 für das Ausgangssignal, wenn das Eingangssignal kleiner als eine zweite Schwelle ist und eine Null für das Ausgangssignal, wenn das Eingangssignal zwischen den ersten und zweiten Schwellen liegt.

[0040] Wenn die Brücke **100** entsprechend [Fig. 7](#) ausgeführt wird, umfasst das Ausgangssignal einen von zwei durch -1 und +1 dargestellten Pegeln. Entsprechend der vorliegenden Erfindung verstärkt der Eingangsverstärker **106** das Eingangssignal und das invertierte Eingangssignal und der Taktverstärker **112** verstärkt das Taktsignal und das invertierte Takt signal.

[0041] Durch diese Verstärkung wird ein +1 für das Ausgangssignal erzeugt, wenn das Eingangssignal größer als eine erste Schwelle ist und ein -1 für das Ausgangssignal, wenn das Eingangssignal kleiner als eine zweite Schwelle ist.

[0042] [Fig. 9](#) zeigt einen Stromlaufplan, der eine Anordnung **120** für die Quantisierung eines analogen Signals in einem kapazitiv gekoppelten Betriebsmodus veranschaulicht. Die Anordnung **120** umfasst eine entsprechend einer der in [Fig. 5](#), [Fig. 6](#) oder [Fig. 7](#) gezeigten Ausführungsformen konfigurierte Brücke **100**. Daher umfasst die Brücke **100** ein Eingangsanschlusselement **60** für das Empfangen eines analogen Eingangssignals, ein invertiertes Eingangsanschlusselement **62** für das Empfangen eines invertierten Eingangssignals, ein Taktanschlusselement für das Empfangen eines Taktsignals und ein invertiertes Taktanschlusselement **66** für das Empfangen eines invertierten Taktsignals. In einer alternativen Ausführungsform kann das invertierte Eingangsanschlusselement **62** für das Empfangen eines invertierten Eingangssignals ein Referenzanschlusselement für das Empfangen eines Referenzsignals sein.

[0043] Entsprechend der in [Fig. 9](#) gezeigten Ausführungsform umfasst das Eingangssignal ein im Strom veränderliches Signal, das am Eingangsanschlusselement **102** der Anordnung empfangen wird. Das invertierte Eingangssignal wird am Eingangsanschlusselement **104** der Anordnung empfangen. Das Eingangssignal und das invertierte Eingangssignal werden auf den Eingangsverstärker **106** geführt, der Ausgänge aufweist, die mit dem Eingangsanschlusselement **60** beziehungsweise mit dem invertierten Eingangsanschlusselement **62** verbunden sind. Ebenso wird das Taktsignal am Taktanschlusselement **108** empfangen und das invertierte Taktsignal wird am Taktanschlusselement **110** empfangen. Das Taktsignal und das invertierte Taktsignal werden auf die Widerstände **124** und die Kondensatoren **126** ge-

führt und dann mit dem Taktanschlusselement **64** beziehungsweise dem invertierten Taktanschlusselement **66** verbunden.

[0044] Ein Ausgangssignal wird von der Anordnung **120** an einem Ausgangsanschlusselement **114** der Anordnung zur Verfügung gestellt und ein invertiertes Ausgangssignal wird an einem invertierten Ausgangsanschlusselement **116** der Anordnung zur Verfügung gestellt. Das Ausgangssignal umfasst ein in der elektrischen Spannung variierendes Signal. Das Ausgangsanschlusselement **114** der Anordnung ist am Eingangsanschlusselement **60** mit der Brücke **100** verbunden und das invertierte Ausgangsanschlusselement **116** der Anordnung ist am invertierten Eingangsanschlusselement **62** mit der Brücke **100** verbunden.

[0045] In dem in [Fig. 9](#) gezeigten kapazitiv gekoppelten Betriebsmodus umfasst das Ausgangssignal einen von zwei durch -1 und +1 repräsentierten Pegeln, die unabhängig davon sind, ob die Brücke **100** entsprechend der in [Fig. 5](#), [Fig. 6](#) oder [Fig. 7](#) gezeigten Ausführungsform konfiguriert ist. Entsprechend der vorliegenden Erfindung verstärkt der Eingangsverstärker **106** das Eingangssignal und das invertierte Eingangssignal. Im Fall der Anordnung **120** ist das Ausgangssignal am Ausgang **114** der Anordnung +1, wenn das Eingangssignal größer als eine erste Schwelle ist und ist -1, wenn das Eingangssignal kleiner als eine zweite Schwelle ist.

[0046] [Fig. 10](#) zeigt einen Stromlaufplan, der einen Konstantzeitmodulator **130** entsprechend der vorliegenden Erfindung veranschaulicht. Der Modulator **130** umfasst eine Brücke **100** entsprechend einer der in den [Fig. 5](#), [Fig. 6](#) oder [Fig. 7](#) gezeigten Ausführungsformen. Daher umfasst die Brücke **100** ein Eingangsanschlusselement **60** für das Empfangen eines analogen Eingangssignals, ein invertiertes Eingangsanschlusselement **62** für das Empfangen eines invertierten Eingangssignals, ein Taktanschlusselement **64** für das Empfangen eines Taktsignals und ein invertiertes Taktanschlusselement **66** für das Empfangen eines invertierten Taktsignals. In einer alternativen Ausführungsform kann das invertierte Eingangsanschlusselement **62** für das Empfangen eines invertierten Eingangssignals ein Referenzanschlusselement für das Empfangen eines Referenzsignals sein.

[0047] Bei dem in [Fig. 10](#) gezeigten Modulator **130** umfasst der Eingang ein im Strom veränderliches Signal und wird an einem Eingangsanschlusselement **132** der Anordnung empfangen. Das invertierte Eingangssignal wird an einem Eingangsanschlusselement **133** der Anordnung empfangen. Das Eingangssignal und das invertierte Eingangssignal werden auf einen Eingangsverstärker **134** geführt, der Ausgänge auf den Verbindungsleitungen **136** beziehungsweise **138** aufweist. Die Leitungen **136** und **138** sind mit den

Anschlusselementen **140** beziehungsweise **142** eines Brückenverstärkers **144** verbunden, der Ausgänge auf Leitungen aufweist, die **146** und **148** verbinden. Die Verbindungsleitungen **146** und **148** sind mit dem Eingangsanschlusselement **60** beziehungsweise dem invertierten Eingangsanschlusselement **62** verbunden. Ebenso verbunden mit dem Eingangsanschlusselement **60** und dem invertierten Eingangsanschlusselement **62** sind die Verbindungsleitungen **150** beziehungsweise **152**. Diese Verbindungsleitungen führen die Signale an den Anschlusselementen **60** und **62** zu einem Rückkopplungsverstärker **154**, der Ausgänge auf den Verbindungsleitungen **156** und **158** aufweist. Die Verbindungsleitungen **156** und **158** sind mit Anschlusselementen **140** beziehungsweise **142** verbunden, um die Signale der Brücke zum Brückenverstärker **144** rückzukoppeln. Ein Kondensator **160** stellt eine kapazitive Kopplung zwischen den Verbindungsleitungen **136** und **138** zur Verfügung.

[0048] Das Taktsignal wird an einem Taktanschlusselement **162** empfangen, und das invertierte Taktignal wird an einem invertierten Taktanschlusselement **164** empfangen. Das Taktignal und das invertierte Taktignal werden auf einen Taktverstärker **166** geführt, der Ausgänge auf den Verbindungsleitungen **168** beziehungsweise **170** aufweist. Die Verbindungsleitungen **168** und **170** sind mit dem Taktanschlusselement **64** beziehungsweise dem invertierten Taktanschlusselement **66** verbunden.

[0049] Der Modulator **130** umfasst auch ein Ausgangsanschlusselement **172** für das Ausgangssignal und ein invertiertes Ausgangsanschlusselement **174** für das invertierte Ausgangssignal. Das Ausgangssignal umfasst ein in der elektrischen Spannung variierendes Signal. Das Ausgangsanschlusselement **172** ist mit der Brücke **100** am Eingangsanschlusselement **60** verbunden und das invertierte Ausgangsanschlusselement **174** ist mit der Brücke **100** am invertierten Eingangsanschlusselement **62** verbunden.

[0050] Wenn die Brücke **100** entsprechend den [Fig. 5](#) oder [Fig. 6](#) konfiguriert ist, umfasst das Ausgangssignal einen von drei Pegeln, die durch -1 , 0 und $+1$ repräsentiert werden. Entsprechend der vorliegenden Erfindung verstärkt der Eingangsverstärker **134** das Eingangssignal und das invertierte Eingangssignal, verstärkt der Brückenverstärker **144** die an den Anschlusselementen **140** und **142** empfangenen Signale, verstärkt der Rückkopplungsverstärker **154** die auf den Verbindungsleitungen **150** und **152** empfangenen Signale und der Taktverstärker **166** verstärkt das Taktsignal und das invertierte Taktignal. Für den Modulator **130** ist das Ausgangssignal am Anschlusselement **172** $+1$, wenn das Eingangssignal größer ist als eine erste Schwelle, ist -1 , wenn das Eingangssignal kleiner ist als eine zweite Schwelle und ist Null, wenn das Eingangssignal zwischen den ersten und zweiten Schwellen liegt.

[0051] Wenn die Brücke **100** entsprechend [Fig. 7](#) konfiguriert ist, umfasst das Ausgangssignal einen von zwei durch -1 und $+1$ repräsentierten Pegeln. Der Eingangsverstärker **134** verstärkt die auf diesen geführten Signale, der Brückenverstärker **144** verstärkt empfangene Signale, der Rückkopplungsverstärker **154** verstärkt die auf diesen geführten Signale und der Taktverstärker **166** verstärkt die Taktsignale. Am Ausgangsanschlusselement **172** ist das Ausgangssignal ein $+1$, wenn das Eingangssignal größer ist als eine erste Schwelle und eine -1 , wenn das Eingangssignal kleiner ist als eine zweite Schwelle.

[0052] Die Verstärkung des Taktverstärkers **166** ist etwa vier bis zehn Mal größer als die Verstärkung des Brückenverstärkers **144**. Dies verstärkt das digitale Signal, wodurch im Vergleich die analoge Rückkopplung reduziert wird. Dies reduziert ebenfalls den Ausgangswiderstand und steigert sowohl die Geschwindigkeit als auch die Empfindlichkeit.

Patentansprüche

1. System zum Quantisieren eines Analogsignals, umfassend:
eine Quantisierungsbrücke (**100**) mit einem Brückeneingangsanschluß (**60**), einem invertierten Brückeneingangsanschluß (**62**), einem Taktanschluß (**64**) und einem invertierten Taktanschluß (**66**);
eine erste Koppeleinrichtung (**108**), die ein Taktignal empfängt, wobei die Brücke (**100**) so geschaltet ist, daß sie das Ausgangssignal der ersten Koppeleinrichtung (**108**) empfängt;
eine zweite Koppeleinrichtung (**110**), die ein invertiertes Taktignal empfängt, wobei die Brücke (**100**) so geschaltet ist, daß sie das Ausgangssignal der zweiten Koppeleinrichtung (**110**) empfängt;
einen Ausgangsanschluß (**114**), der ein Ausgangssignal liefert, wobei der Ausgangsanschluß (**114**) an den Brückeneingangsanschluß (**60**) gekoppelt ist; und
einen invertierten Ausgangsanschluß (**116**), wobei der invertierte Ausgangsanschluß (**116**) an den invertierten Brückeneingangsanschluß (**62**) gekoppelt ist; **dadurch gekennzeichnet**, daß die Quantisierungsbrücke (**100**) weiterhin folgendes umfaßt:
einen Eingangsverstärker (**106**), der ein erstes Eingangssignal und ein zweites Eingangssignal zu deren Verstärkung empfängt, wobei der Eingangsverstärker (**106**) an die Brücke (**100**) angelegte Ausgänge aufweist;
eine erste Negativwiderstandseinrichtung (**52**) mit einem an den Taktanschluß (**64**) gekoppelten ersten Anschluß und einen an den Brückeneingangsanschluß (**60**) gekoppelten zweiten Anschluß;
eine zweite Negativwiderstandseinrichtung (**54**) mit einem an den Taktanschluß (**64**) gekoppelten ersten Anschluß und einen an den invertierten Brückeneingangsanschluß (**62**) gekoppelten zweiten Anschluß; und
eine dritte Negativwiderstandseinrichtung (**56**) mit ei-

nem an den Brückeneingangsanschluß (60) gekoppelten ersten Anschluß und einen an den invertierten Taktanschluß (66) gekoppelten zweiten Anschluß; und

eine vierte Negativwiderstandseinrichtung (58) mit einem an den invertierten Brückeneingangsanschluß (62) gekoppelten ersten Anschluß und einen an den invertierten Taktanschluß (66) gekoppelten zweiten Anschluß.

2. System (120) nach Anspruch 1, das weiterhin folgendes umfaßt:

einen zwischen den Eingangsverstärker (106) und die Brücke (100) gekoppelten Brückenverstärker (144) zum Empfangen verstärkter Signale von dem Eingangsverstärker (106), wobei der Brückenverstärker (144) an die Brücke (100) angelegte Ausgänge aufweist.

3. System (120) nach Anspruch 1 oder 2, wobei die erste, zweite, dritte und vierte Negativwiderstandseinrichtung (52, 54, 56, 58) jeweils eine Resonanzeffekt-Tunneldiode umfassen.

4. System (120) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, weiterhin mit Mitteln zum gleichen Vorspannen der ersten, zweiten, dritten und vierten Negativwiderstandseinrichtung (52, 54, 56, 58) bezüglich des Taktsignals.

5. System (120) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die erste, zweite, dritte und vierte Negativwiderstandseinrichtung (52, 54, 56, 58) jeweils eine erste Resonanzeffekt-Tunneldiode parallel zu einer zweiten Resonanzeffekt-Tunneldiode umfassen und wobei die erste Resonanzeffekt-Tunneldiode entgegen der zweiten Resonanzeffekt-Tunneldiode vorgespannt ist.

6. System (120) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, weiterhin mit einer fünften Negativwiderstandseinrichtung (82) mit einem ersten Anschluß, der gekoppelt ist, um das Taktsignal zu empfangen, und einem zweiten Anschluß, der gekoppelt ist, um das invertierte Taktsignal zu empfangen.

7. System (120) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die erste und zweite Koppeleinrichtung (108, 110) Teil eines Taktverstärkers (112) mit einem ersten Eingangsanschluß, einem zweiten Eingangsanschluß, einem ersten Ausgangsanschluß und einem zweiten Ausgangsanschluß sind; Mittel zum Koppeln des Taktsignals an den ersten Eingangsanschluß des Taktverstärkers (112); Mittel zum Koppeln des invertierten Taktsignals an den zweiten Eingangsanschluß des Taktverstärkers (112); Mittel zum Koppeln des ersten Ausgangsanschlusses des Taktverstärkers (112) an den ersten Anschluß der ersten Negativwiderstandseinrichtung

(52) und den ersten Anschluß der zweiten Negativwiderstandseinrichtung (54) und Mittel zum Koppeln des zweiten Ausgangsanschlusses des Taktverstärkers (112) an den zweiten Anschluß der dritten Negativwiderstandseinrichtung (56) und den zweiten Anschluß der vierten Negativwiderstandseinrichtung (58).

8. System (120) nach Anspruch 1, wobei die erste und zweite Koppeleinrichtung (108, 110) von einem Taktverstärker (112) vorgesehen werden, wobei der Taktverstärker (112) ein Taktsignal und ein invertiertes Taktsignal zu deren Verstärkung empfängt, wobei die Brücke (100) gekoppelt ist, um die Ausgangssignale des Taktverstärkers (112) zu empfangen.

9. System (120) nach Anspruch 8, das weiterhin folgendes umfaßt:

einen zwischen den Eingangsverstärker (106) und die Brücke (100) gekoppelten Brückenverstärker (144) zum Empfangen verstärkter Signale von dem Eingangsverstärker (106), wobei der Brückenverstärker (144) an die Brücke (100) angelegte Ausgänge aufweist.

10. System (120) nach Anspruch 1, wobei die erste Koppeleinrichtung (108) und die zweite Koppeleinrichtung (110) jeweils einen mit einem Kondensator (126) in Reihe geschalteten Widerstand (124) umfassen.

11. System (120) nach Anspruch 1, weiterhin umfassend:

einen Rückkopplungsverstärker (154), der gekoppelt ist, um Ausgangssignale von der Brücke (100) zu empfangen, wobei der Rückkopplungsverstärker (154) an die Brücke (100) angelegte Ausgänge aufweist.

12. System (120) nach Anspruch 11, das weiterhin folgendes umfaßt:

einen zwischen den Eingangsverstärker (106) und die Brücke (100) gekoppelten Brückenverstärker (144) zum Empfangen verstärkter Signale von dem Eingangsverstärker (106), wobei der Brückenverstärker (144) an die Brücke (100) angelegte Ausgänge aufweist, wobei der Rückkopplungsverstärker (154) an den Brückenverstärker (144) angelegte Ausgänge aufweist.

13. System (120) nach Anspruch 12, wobei der Brückenverstärker (144) weiterhin einen ersten Eingangsanschluß und einen zweiten Eingangsanschluß umfaßt und weiterhin einen Kondensator (160) mit einem an den ersten Eingangsanschluß gekoppelten ersten Anschluß und einem an den zweiten Eingangsanschluß gekoppelten zweiten Anschluß aufweist.

14. System (**120**) nach den Ansprüchen 11–13, wobei die erste und zweite Koppeleinrichtung (**108, 110**) von einem Taktverstärker (**112**) vorgesehen werden, wobei der Taktverstärker (**112**) ein Taktsignal und ein invertiertes Taktsignal zu deren Verstärkung empfängt, wobei die Brücke (**100**) gekoppelt ist, um die Ausgangssignale des Taktverstärkers (**112**) zu empfangen.

15. System (**120**) nach Anspruch 14, wobei die erste, zweite, dritte und vierte Negativwiderstandseinrichtung (**52, 54, 56, 58**) bezüglich des Taktanschlusses (**64**) gleich vorgespannt sind.

16. System (**120**) nach Anspruch 14, wobei die erste, zweite, dritte und vierte Negativwiderstandseinrichtung (**52, 54, 56, 58**) jeweils eine erste Resonanzeffekt-Tunneldiode parallel zu einer zweiten Resonanzeffekt-Tunneldiode umfassen und wobei die erste Resonanzeffekt-Tunneldiode eine der zweiten Resonanzeffekt-Tunneldiode entgegengesetzte Vorspannung aufweist.

17. System (**120**) nach Anspruch 14, weiterhin mit einer fünften Negativwiderstandseinrichtung (**82**) mit einem an den Taktanschluß (**64**) gekoppelten ersten Anschluß und einem an den invertierten Taktanschluß (**66**) gekoppelten zweiten Anschluß.

18. System (**120**) nach Anspruch 11, wobei der Eingangsverstärker (**106**) weiterhin einen ersten Eingangsanschluß und einen zweiten Eingangsanschluß umfaßt und weiterhin einen Kondensator mit einem an den ersten Eingangsanschluß gekoppelten Anschluß und einem an den zweiten Eingangsanschluß gekoppelten zweiten Anschluß umfaßt.

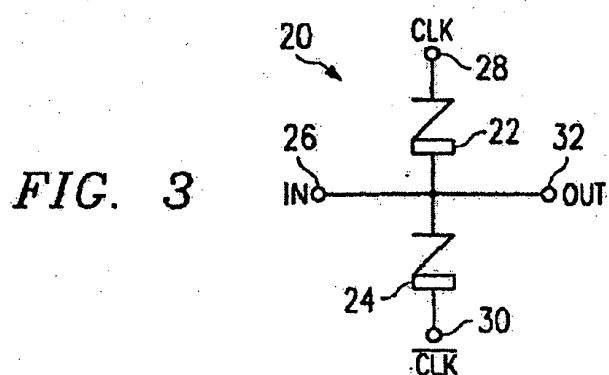
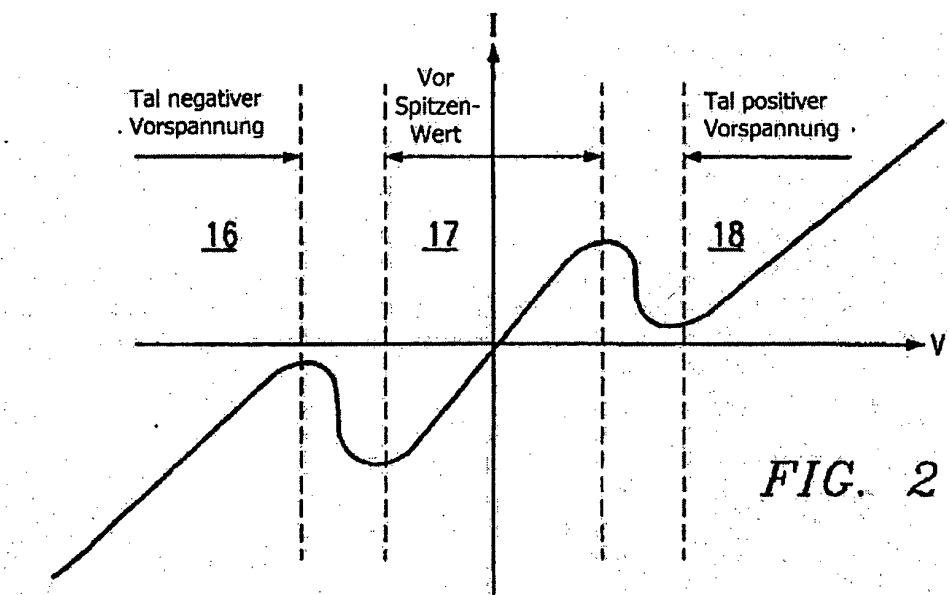
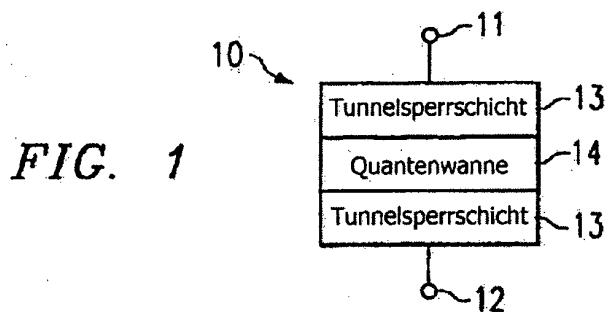
19. System (**120**) nach Anspruch 18, wobei die erste, zweite, dritte und vierte Negativwiderstandseinrichtung (**52, 54, 56, 58**) dahingehend betrieben werden können, daß sie in einem von drei stabilen Zuständen arbeiten.

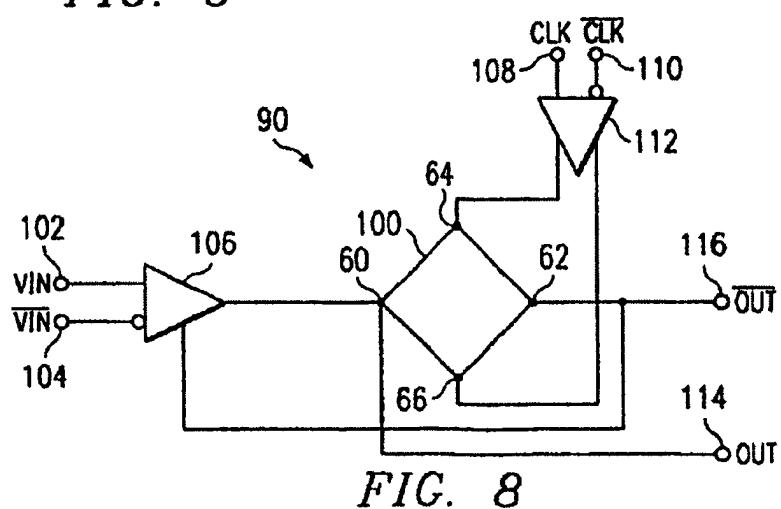
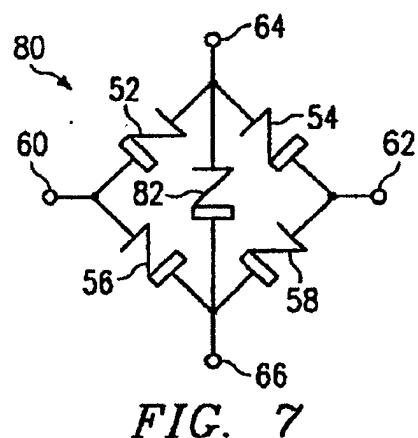
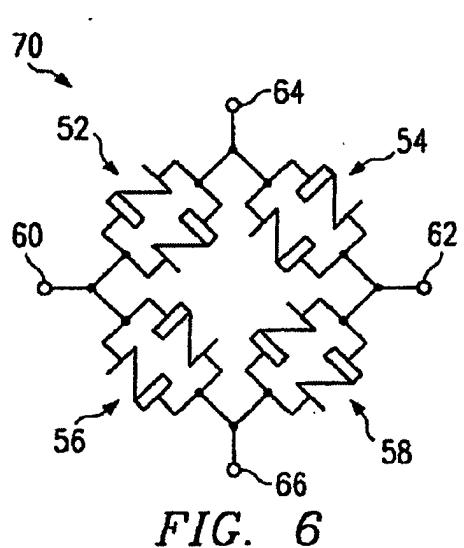
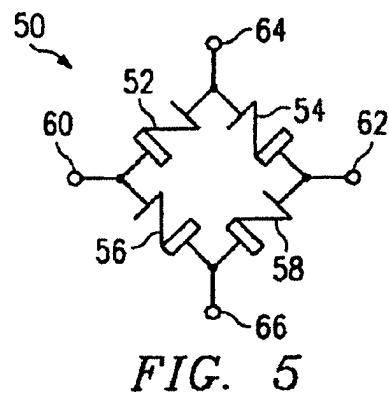
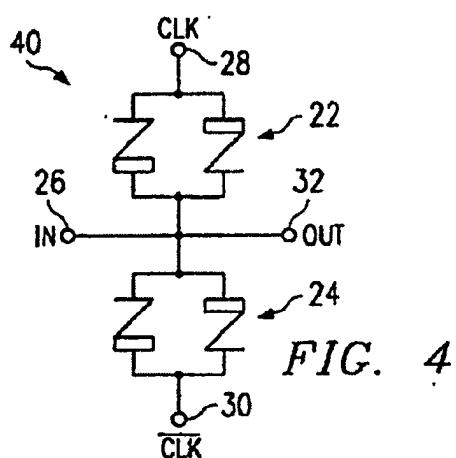
20. System (**120**) nach Anspruch 18 oder 19, wobei die erste, zweite, dritte und vierte Negativwiderstandseinrichtung (**52, 54, 56, 58**) jeweils eine erste Resonanzeffekt-Tunneldiode parallel zu einer zweiten Resonanzeffekt-Tunneldiode umfassen und wobei die erste Resonanzeffekt-Tunneldiode eine der zweiten Resonanzeffekt-Tunneldiode entgegengesetzte Vorspannung aufweist.

21. System (**120**) nach einem der Ansprüche 18–20, weiterhin mit einer fünften Negativwiderstandseinrichtung (**82**) mit einem an den invertierten Taktanschluß (**66**) gekoppelten ersten Anschluß.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen





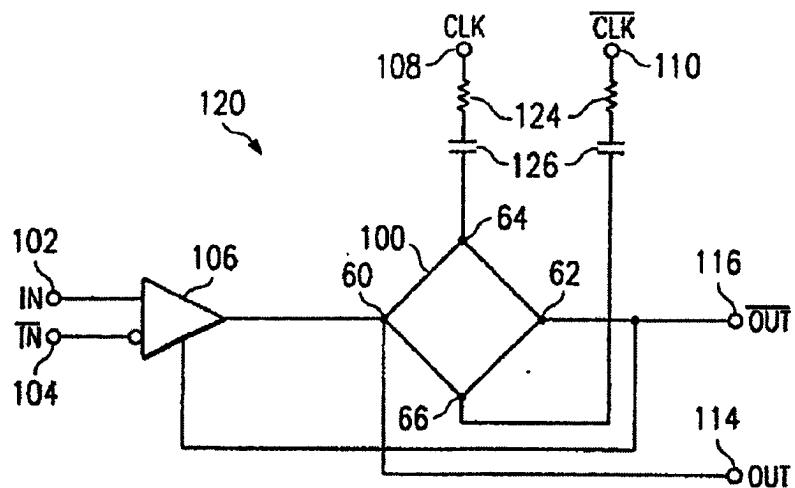


FIG. 9

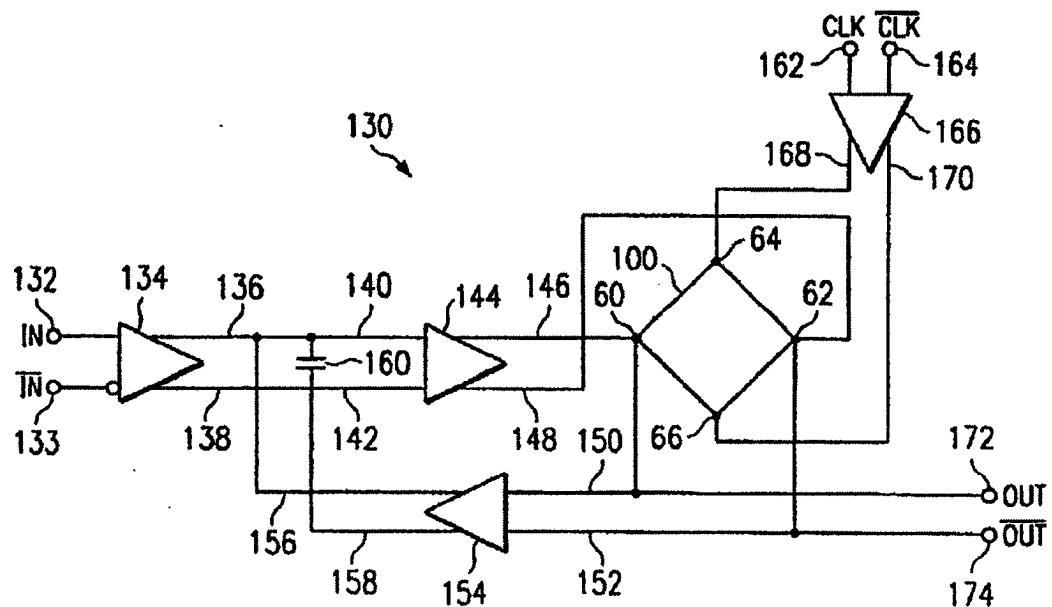


FIG. 10