



(10) **DE 11 2011 100 892 B4** 2015.12.31

(12)

Patentschrift

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2011 100 892.9**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US2011/022831**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2011/112290**
(86) PCT-Anmeldetag: **28.01.2011**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **15.09.2011**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **27.12.2012**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **31.12.2015**

(51) Int Cl.: **H03H 19/00 (2006.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
12/722,753 **12.03.2010** **US**

(73) Patentinhaber:
Allegro MicroSystems, LLC, Worcester, Mass., US

(74) Vertreter:
**KUHNEN & WACKER Patent- und
Rechtsanwaltsbüro, 85354 Freising, DE**

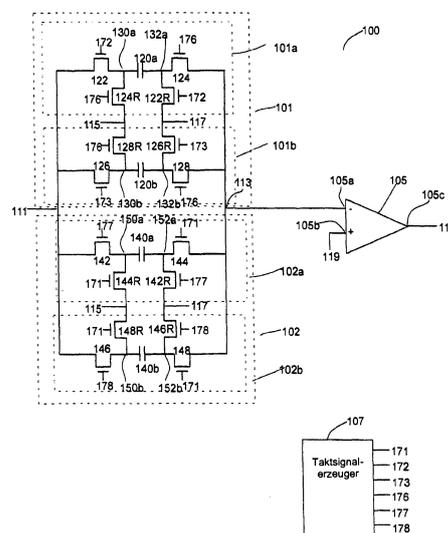
(72) Erfinder:
Romero, Hernan D., Buenos Aires, AR

(56) Ermittelte Stand der Technik:
US 7 292 095 B2
US 5 331 218 A

(54) Bezeichnung: **KerbfILTER mit geschaltetem Kondensator mit schneller Ansprechzeit**

(57) Hauptanspruch: KerbfILTER (100, 200) mit geschaltetem Kondensator, der Folgendes aufweist:
einen Operationsverstärker (105), welcher einen negativen Eingangsknoten (105a), welcher mit einem gemeinsamen Knoten (113) gekoppelt ist, einen Eingangsknoten (105b) und einen Ausgangsknoten (115) aufweist, an welchem ein Ausgangssignal des Filters vorgesehen ist;
einen ersten Abtast-Kondensator (120a), welcher einen ersten Anschluss (130a) hat, welcher wahlweise durch einen ersten Schalter (122) mit einem Eingangssignal gekoppelt ist, und welcher einen zweiten Anschluss (132a) hat, welcher wahlweise durch einen zweiten Schalter (124) mit dem gemeinsamen Knoten (113) gekoppelt ist;
einen zweiten Abtast-Kondensator (120b), welcher einen ersten Anschluss (130b) hat, welcher wahlweise durch einen dritten Schalter (126) mit einem Eingangssignal gekoppelt ist, und welcher einen zweiten Anschluss (132b) hat, welcher wahlweise durch einen vierten Schalter (128) mit dem gemeinsamen Knoten (113) gekoppelt ist;
einen ersten Referenzschalter (122R), welcher zwischen dem zweiten Anschluss (132a) des ersten Abtast-Kondensators (120a) und einem Referenzknoten (117) gekoppelt ist;
einen zweiten Referenzschalter (124R), welcher zwischen dem ersten Anschluss (130a) des ersten Abtast-Kondensators (120a) und dem Ausgangsknoten (105c) des Operationsverstärkers (105) gekoppelt ist;

einen dritten Referenzschalter (126R), welcher zwischen dem zweiten Anschluss (132b) des zweiten Abtast-Kondensators (120b) und dem Referenzknoten (117) gekoppelt ist;
einen vierten Referenzschalter (128R), welcher zwischen dem ersten Anschluss (130b) des zweiten Abtast-Kondensators (120b) und dem Ausgangsknoten (105c) des Operationsverstärkers (105) gekoppelt ist; ...



Beschreibung

GEBIET DER ERFINDUNG

[0001] Diese Erfindung bezieht sich im Allgemeinen auf elektronische Filter und genauer auf elektronische Kerbfilter bzw. Sperrfilter (Notch-Filter), welche Abtast- und Mittelungs- bzw. Mittelwertbildungsfunktionen besitzen.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0002] Kerbfilter werden oft verwendet, um ungewollte Signalbestandteile bzw. Signalkomponenten innerhalb eines bestimmten Frequenzbereiches für eine bestimmte Schaltung zu entfernen. Eine Anwendung für einen Kerbfilter ist in Chopper- bzw. Zerhackter- oder getaktet stabilisierten Hall-Effekt-Sensoren, in welchen ein Kerbfilter, auf welchen manchmal als ein idealer Tiefpass bzw. si-Filter (Sinc-Filter) Bezug genommen wird, verwendet werden kann, um ungewollte Bestandteile zu entfernen, wie beispielsweise einen modulierten Offset-Signal-Bestandteil, welcher als eine Welligkeit auftritt, welche aus dem Zerhackungsvorgang bzw. Taktungsvorgang resultiert, ohne eine Multipol-Filter-Herangehensweise zu benötigen, welche zu unakzeptablen Zeitverzögerungen für das Sensor-Ausgangssignal führen kann. Ein Offset in einem Sensor ist unerwünscht, da er das minimal erfassbare Signal des Sensors beschränken kann. Eine solche Anordnung ist im U.S.-Patent mit der Nr. 7,425,821 beschrieben, welches den Titel „Chopped Hall Effekt Sensor“ trägt, welches am 16. September 2008 für Allegro MicroSystems, Inc. of Worcester, MA, den Assignaten bzw. Abtretungsempfänger der vorliegenden Erfindung erteilt wurde.

[0003] Einige Kerbfilter tasten ein Eingangssignal ab und mitteln dieses. Eine typische Implementierung kann zwei Abtaststufen verwenden, um übermäßige residuelle harmonische Bestandteile zu vermeiden. Die erste Stufe führt zu manchen Zeiten eine Abtast- und eine Haltefunktion durch. Eine zweite Stufe tastet den Ausgang bzw. die Ausgabe der ersten Stufe unter einer 90°-Phasenverschiebung hinsichtlich der ersten Stufe ab, um das dV/dt , welches durch die nicht idealen Abtastpulse der ersten Stufe erzeugt wird, zu vermeiden. Der Ausgang der zweiten Abtaststufe wird der Mittelwertbildungsstufe zugeführt, welche ein resistives Mitteln anwenden mag, ein Multi-Gate/Base-Mitteln oder eine Ladungsrückverteilungs-Mittelungstechnik. Die ersten zwei Herangehensweisen sind zeitlich kontinuierliche Herangehensweisen und die Ladungs-Wiederverteilung ist eine zeitlich diskrete Herangehensweise. Die zeitlich kontinuierlichen Herangehensweisen benötigen im Allgemeinen zwei Abtaststufen, relativ große Abtast-Kondensatorgrößen, wie beispielsweise in der Größenordnung von 4 bis 10 Picofarad und einen Ausgangspuffer zum Isolieren der Abtaststufen von

der Mittelwertbildungsstufe, welche einen signifikanten Raum bzw. ein signifikantes Gebiet verbrauchen können. Diese Pufferstufe – wie auch die Mittelwertbildungsstufe – können einen Offset für die Schaltung einbringen. Zusätzlich mag die Pufferstufe für ein dynamisches Auslösen ihres Offset-Beitrags für die Schaltung nicht geeignet sein. Die zeitlich diskrete Herangehensweise der Ladungsverteilung verwendet die zweite Abtaststufe als die Ladungs-Wiederverteilungs-Mittelwertbildungsstufe und benötigt auch relativ große Abtast-Kondensatorgrößen, wie beispielsweise in der Größenordnung von 4 bis 10 Picofarad und einen Ausgangspuffer zum Isolieren der Kondensatoren, welche das gemittelte Signal halten, von dem Rest der Schaltung, wobei der Ausgangspuffer auch ein Gebiet benötigen kann und nicht geeignet sein mag zur Verwendung einer dynamischen Offset-Auslöschungstechnik zum Entfernen seines Offset-Beitrags zu der Schaltung.

[0004] In der US-Patentanmeldung Nr. 12/487965 mit dem Titel „Switched Capacitor Notched Filter“, welche am 19. Juni 2009 eingereicht wurde und an Allegro MicroSystems, Inc. of Worcester, MA, den Abtretungsempfänger der vorliegenden Erfindung, abgetreten wurde, ist ein Abtast- und Mittelwertbildungs-Kerbfilter beschrieben, in welchem Ladung von den Abtast-Kondensatoren simultan gemittelt wird und zu dem Filterausgang übertragen bzw. transferiert wird, wodurch die Notwendigkeit für ein herkömmliches Puffer zwischen Abtast- und Mittelwertbildungsstufen und die damit verbundenen Nachteile beseitigt werden. Aufgrund der Verwendung eines festen Rückkopplungs-Kondensators jedoch können gewisse Ansprechzeitbeschränkungen existieren.

[0005] Andere Kerbfilter tasten ein Eingangssignal, wie beispielsweise ein getaktetes Signal, welches mit dem Taktgeber in einer solchen Art und Weise synchronisiert ist, dass die ungewollte Welligkeit, welche aus dem Taktungsvorgang resultiert, über jede Taktgeber-Periode zu Null integriert wird, ab und integrieren dieses (eher als es zu mitteln). Die Genauigkeit dieser Herangehensweise hängt jedoch in höchstem Maße von den Integrationstaktphasen relativ zu dem Taktgeber ab und ist auch auf nicht ideale Abtast-Effekte empfindlich, wie Ladungsinjektion und Takt-Störsignale, wobei solche Effekte verringert werden, wenn an Stelle dessen eine Mittelwertbildung verwendet wird.

[0006] Eine Nachfilterstufe kann benötigt werden, wenn ein Kerbfilter verwendet wird, um weiterhin verbleibende Hochfrequenzkomponenten, welche nicht entfernt (oder erzeugt) werden, durch den Kerbfilter zu entfernen. Als ein Beispiel kann die Nachfilterstufe mit einer Tiefpassfilter-Topologie implementiert werden, welche aus einem Widerstand parallel mit einem festen Kondensator in einem Operationsverstärker-

Rückkoppelungsnetzwerk bestehen kann. Dieser Widerstand kann mit einer Topologie eines geschalteten Kondensators implementiert werden, um die Größe der Schaltung zu verringern.

[0007] Die Erfindung stellt diesbezüglich Kerbfilter mit geschaltetem Kondensator gemäß Anspruch 1 und Anspruch 21 bereit. Die abhängigen Ansprüche definieren weitere Ausführungsformen.

KURZFASSUNG DER ERFINDUNG

[0008] Ein Kerbfilter bzw. Sperrfilter mit geschaltetem Kondensator gemäß der Erfindung weist einen ersten Abtast-Kondensator, einen zweiten Abtast-Kondensator, einen dritten Abtast-Kondensator, einen vierten Abtast-Kondensator und einen Operationsverstärker auf. Jeder Abtast-Kondensator ist mit einem jeweiligen Satz von Schaltern gekoppelt, welche derart gesteuert werden, dass der dritte und vierte Abtast-Kondensator während einer ersten Zeitperiode bzw. Zeitdauer parallel zwischen einem gemeinsamen Knoten und einem Ausgangsknoten des Verstärkers verbunden sind, und dass während einer zweiten, nicht überlappenden Zeitdauer der erste und zweite Abtast-Kondensator parallel zwischen dem gemeinsamen Knoten und dem Ausgangsknoten des Verstärkers verbunden sind. Die Schalter werden weiterhin derart gesteuert, dass während einer dritten Zeitdauer der erste Abtast-Kondensator durch den Eingang zu dem Filter geladen wird, während einer vierten Zeitdauer der zweite Abtast-Kondensator durch den Eingang zu dem Filter geladen wird, während einer fünften Zeitdauer der dritte Abtast-Kondensator durch den Eingang zu dem Filter geladen wird, und während einer sechsten Zeitdauer der vierte Abtast-Kondensator durch den Eingang zu dem Filter geladen wird.

[0009] Genauer weist ein solcher Kerbfilter mit geschaltetem Kondensator einen Operationsverstärker, welcher einen ersten Eingangsknoten hat, welcher mit einem gemeinsamen Knoten gekoppelt ist, einen zweiten Eingangsknoten und einen Ausgangsknoten, an welchem ein Ausgangssignal des Filters vorgesehen ist; einen ersten Abtast-Kondensator, welcher einen ersten Anschluss hat, welcher wahlweise mit einem Eingangssignal durch einen ersten Schalter gekoppelt ist, und welcher einen zweiten Anschluss hat, welcher wahlweise mit dem gemeinsamen Knoten durch einen zweiten Schalter gekoppelt ist; einen zweiten Abtast-Kondensator, welcher einen ersten Anschluss hat, welcher wahlweise mit dem Eingangssignal durch einen dritten Schalter gekoppelt ist, und einen zweiten Anschluss hat, welcher wahlweise mit dem gemeinsamen Knoten durch einen vierten Schalter gekoppelt ist; einen ersten Referenzschalter, welcher zwischen dem zweiten Anschluss des ersten Abtast-Kondensators und einem Referenzknoten gekoppelt ist; einen zweiten Referenz-

schalter, welcher zwischen dem ersten Anschluss des ersten Abtast-Kondensators und dem Ausgangsknoten des Operationsverstärkers gekoppelt ist; einen dritten Referenzschalter, welcher zwischen dem zweiten Anschluss des zweiten Abtast-Kondensators und dem Referenzknoten gekoppelt ist; einen vierten Referenzschalter, welcher zwischen dem ersten Anschluss des zweiten Abtast-Kondensators und dem Ausgangsknoten des Operationsverstärkers gekoppelt ist; einen dritten Abtast-Kondensator, welcher einen ersten Anschluss hat, welcher wahlweise mit dem Eingangssignal durch einen fünften Schalter gekoppelt ist, und einen zweiten Anschluss hat, welcher wahlweise mit dem gemeinsamen Knoten durch einen sechsten Schalter gekoppelt ist; einen vierten Abtast-Kondensator, welcher einen ersten Anschluss hat, welcher wahlweise mit dem Eingangssignal durch einen siebten Schalter gekoppelt ist, und einen zweiten Anschluss hat, welcher wahlweise mit dem gemeinsamen Knoten durch einen achten Schalter gekoppelt ist; einen fünften Referenzschalter, welcher zwischen dem zweiten Anschluss des dritten Abtast-Kondensators und dem Referenzknoten gekoppelt ist; einen sechsten Referenzschalter, welcher zwischen dem ersten Anschluss des dritten Abtast-Kondensators und dem Ausgangsknoten des Operationsverstärkers gekoppelt ist; einen siebten Referenzschalter, welcher zwischen dem zweiten Anschluss des vierten Abtast-Kondensators und dem Referenzknoten gekoppelt ist; und einen achten Referenzschalter auf, welcher zwischen dem ersten Anschluss des vierten Abtast-Kondensators und dem Ausgangsknoten des Operationsverstärkers gekoppelt ist. Der Filter kann weiterhin einen Taktsignalerzeuger aufweisen zum Vorsehen eines ersten Taktsignals zum Schließen des sechsten Schalters, des sechsten Referenzschalters, des achten Schalters und des achten Referenzschalters während eines ersten Abschnittes jedes Taktzyklus', und eines zweiten Taktsignals zum Schließen des zweiten Schalters, des zweiten Referenzschalters, des vierten Schalters und des vierten Referenzschalters während eines zweiten Abschnittes jedes Taktzyklus', und das erste und das zweite Taktsignal mögen nicht überlappend sein. Der Taktsignalerzeuger kann weiterhin ein drittes Taktsignal zum Schließen des ersten Schalters und des ersten Referenzschalters, ein viertes Taktsignal zum Schließen des dritten Schalters und des dritten Referenzschalters, ein fünftes Taktsignal zum Schließen des fünften Schalters und des fünften Referenzschalters und ein sechstes Taktsignal zum Schließen des siebten Schalters und des siebten Referenzschalters vorsehen, wobei das dritte und vierte Taktsignal mit dem ersten Taktsignal überlappen und das fünfte und sechste Taktsignal mit dem zweiten Taktsignal überlappen, und wobei das zweite Taktsignal das Inverse des ersten Taktsignals sein kann.

[0010] Im Allgemeinen weist der Filter wenigstens zwei Abtast- und Mittelwertbildungsabschnitte auf, welche wenigstens zwei geschaltete Kondensator-Abtastnetzwerke aufweisen, wobei jedes solche Netzwerk einen jeweiligen Abtast-Kondensator und zugeordnete Schalter und einen Operationsverstärker aufweist. In einigen Ausführungsformen kann der Abtast- und Mittelwertbildungsabschnitt zwei geschaltete Kondensator-Abtastnetzwerke aufweisen, während in anderen Ausführungsformen der Abtast- und Mittelwertbildungsabschnitt mehr als zwei geschaltete Kondensator-Abtastnetzwerke aufweisen mag.

[0011] Solch ein Kerbfilter mit geschaltetem Kondensator weist einen Operationsverstärker auf, welcher einen ersten Eingangsknoten, welcher mit einem gemeinsamen Knoten gekoppelt ist, einen zweiten Eingangsknoten und einen Ausgangsknoten hat, an welchem ein Ausgangssignal des Filters vorgesehen ist; einen ersten Satz von wenigstens zwei Abtast-Kondensatoren, welche wahlweise zwischen einem Eingangssignal und einem Referenzknoten während einer ersten Zeitdauer zum abwechselnden Abtasten des Eingangssignals während der ersten Zeitdauer gekoppelt sind, und welche während einer zweiten Zeitdauer zwischen dem gemeinsamen Knoten und dem Ausgangsknoten des Operationsverstärkers gekoppelt sind; und einen zweiten Satz von wenigstens zwei Abtast-Kondensatoren, welche wahlweise zwischen dem Eingangssignal und einem Referenzknoten während der zweiten Zeitdauer zum abwechselnden Abtasten des Eingangssignals während der zweiten Zeitdauer gekoppelt sind, und welche während der ersten Zeitdauer zwischen dem gemeinsamen Knoten und dem Ausgangsknoten des Operationsverstärkers gekoppelt sind. Das Eingangssignal zu dem Kerbfilter kann durch einen Magnetfeld-Transducer vorgesehen sein, und der Magnetfeld-Transducer kann Chopped-Hall-Sensor bzw. Hallsensor mit aktiver Fehlerkorrektur sein. In einer Ausführungsform weist der Filter wenigstens acht Abtast-Kondensatoren auf.

[0012] Mit dieser Anordnung wird die Ladung von einem ersten Satz von wenigstens zwei Abtast-Kondensatoren gleichzeitig gemittelt und während einer Zeitdauer zu dem Verstärkerausgang übertragen, während der Eingang durch einen zweiten Satz von wenigstens zwei Abtast-Kondensatoren in getrennten Zeitdauern abgetastet wird, welche mit der ersten Zeitdauer überlappen, und während einer zweiten Zeitdauer wird die Ladung von dem zweiten Satz von wenigstens zwei Abtast-Kondensatoren gleichzeitig gemittelt und zu dem Verstärkerausgang übertragen, während der Eingang durch den ersten Satz von wenigstens zwei Abtast-Kondensatoren in getrennten Zeitdauern abgetastet wird, welche mit der zweiten Zeitdauer überlappen, wodurch die Notwendigkeit für einen Mittelwertbildungs-Taktzyklus oder eine

herkömmliche Pufferung zwischen Abtast- und Mittelwertbildungsstufen eines Kerbfilters und die verknüpften Nachteile beseitigt werden.

[0013] In anderen Ausführungsformen werden ein fünfter und ein sechster Abtast-Kondensator und ein zugeordneter Satz von Steuerschaltern zu dem Filter hinzugefügt derart, dass der fünfte und der sechste Abtast-Kondensator parallel zwischen dem gemeinsamen Knoten und dem Ausgangsknoten des Verstärkers während einer dritten Zeitdauer verbunden sind, welche mit der ersten und zweiten Zeitdauer nicht überlappt. Die Schalter werden weiterhin derart gesteuert, dass während einer vierten Zeitdauer der dritte und der fünfte Abtast-Kondensator durch den Eingang zu dem Filter geladen werden, während einer fünften Zeitdauer der erste und sechste Abtast-Kondensator durch den Eingang zu dem Filter geladen werden, und während einer sechsten Zeitdauer der zweite und vierte Abtast-Kondensator durch den Filtereingang geladen werden.

[0014] Genauer weist solch ein Filter mit einem fünften und sechsten Abtast-Kondensator weiterhin einen fünften Abtast-Kondensator und einen sechsten Abtast-Kondensator auf, welche parallel mit dem ersten und dem zweiten Abtast-Kondensator zwischen dem gemeinsamen Knoten und dem Ausgangsknoten des Operationsverstärkers während des zweiten Abschnittes jedes Taktzyklus gekoppelt sind, und er weist weiterhin einen siebten Abtast-Kondensator und einen achten Abtast-Kondensator auf, welche parallel mit dem dritten Abtast-Kondensator und dem vierten Abtast-Kondensator zwischen dem gemeinsamen Knoten und dem Ausgangsknoten des Operationsverstärkers während des ersten Abschnittes jedes Taktzyklus gekoppelt sind. Der Taktsignalerzeuger kann weiterhin ein siebtes Taktsignal vorsehen, um den fünften Abtast-Kondensator mit dem Eingangsanschluss zu koppeln, ein achttes Taktsignal, um den sechsten Abtast-Kondensator mit dem Eingangsanschluss zu koppeln, ein neuntes Taktsignal, um den siebten Abtast-Kondensator mit dem Eingangsanschluss zu koppeln, und ein zehntes Taktsignal, um den achten Abtast-Kondensator mit dem Eingangsanschluss zu koppeln, wobei das siebte und das achte Taktsignal mit dem ersten Taktsignal überlappen, und das neunte und das zehnte Taktsignal mit dem zweiten Taktsignal überlappen. Alternativ kann in einem solchen Filter mit einem fünften und sechsten Abtast-Kondensator der Taktsignalerzeuger weiterhin ein drittes Taktsignal vorsehen, um den fünften Abtast-Kondensator und den sechsten Abtast-Kondensator parallel zwischen dem gemeinsamen Knoten und dem Ausgangsknoten des Operationsverstärkers während eines dritten Abschnittes jedes Taktzyklus' zu koppeln, und das erste, zweite und dritte Taktsignal können nicht-überlappend sein.

[0015] Referenzschalter sind vorgesehen, um Anschlüsse jedes Abtast-Kondensators wahlweise mit Referenzknoten zu koppeln. In einigen Ausführungsformen ist eine gemeinsame Referenzspannung an den Referenzknoten vorgesehen.

[0016] In Differential-Implementierungen weist der Kerbfilter mit geschaltetem Kondensator auch einen ersten Differential-Abtast-Kondensator, einen zweiten Differential-Abtast-Kondensator, einen dritten Differential-Abtast-Kondensator, einen vierten Differential-Abtast-Kondensator und einen Differential-Operationsverstärker auf. Jeder Abtast-Kondensator und Differential-Abtast-Kondensator ist mit einem jeweiligen Satz von Schaltern gekoppelt, welche derart gesteuert werden, dass der dritte und vierte Abtast-Kondensator während einer ersten Zeitdauer parallel zwischen dem gemeinsamen Knoten und einem ersten Ausgangsknoten des Differential-Verstärkers verbunden sind, und dass der dritte und vierte Differential-Abtast-Kondensator parallel zwischen einem gemeinsamen Differential-Knoten und einem zweiten Ausgangsknoten des Differential-Verstärkers gekoppelt sind, und dass während einer zweiten, nicht-überlappenden Zeitdauer der erste und der zweite Abtast-Kondensator parallel zwischen dem gemeinsamen Knoten und dem ersten Ausgangsknoten des Differential-Verstärkers gekoppelt sind, und der erste und zweite Differential-Abtast-Kondensator parallel zwischen dem gemeinsamen Differential-Knoten und dem zweiten Ausgangsknoten des Differential-Verstärkers gekoppelt sind. Die Schalter werden weiterhin derart gesteuert, dass während einer dritten Zeitdauer der erste Abtast-Kondensator und der erste Differential-Abtast-Kondensator jeweils durch den Eingang und den Differential-Eingang zu dem Filter geladen werden, dass während einer vierten Zeitdauer der zweite Abtast-Kondensator und der zweite Differential-Abtast-Kondensator jeweils durch den Eingang und den Differential-Eingang zu dem Filter geladen werden, dass während einer fünften Zeitdauer der dritte Abtast-Kondensator und der dritte Differential-Abtast-Kondensator jeweils durch den Filtereingang und den Differential-Eingang geladen werden, und dass während einer sechsten Zeitdauer der vierte Abtast-Kondensator und der vierte Differential-Abtast-Kondensator jeweils durch den Filtereingang und Differential-Eingang geladen werden.

[0017] Genauer hat in einem solchen Differential-Kerbfilter mit geschaltetem Kondensator der Operationsverstärker einen zweiten Ausgangsknoten und einen Referenzknoten und der Filter weist weiterhin Folgendes auf: einen ersten Differential-Abtast-Kondensator, welcher einen ersten Anschluss hat, welcher wahlweise mit einem zweiten Eingangssignal durch einen ersten Differentialschalter gekoppelt ist, und welcher einen zweiten Anschluss hat, welcher wahlweise mit einem gemeinsamen Differentialknoten durch einen zweiten Differentialschalter ge-

koppelt ist; einen zweiten Differential-Abtast-Kondensator, welcher einen ersten Anschluss hat, welcher wahlweise mit dem zweiten Eingangssignal durch einen dritten Differentialschalter gekoppelt ist, und welcher einen zweiten Anschluss hat, welcher wahlweise mit dem gemeinsamen Differentialknoten durch einen vierten Differentialschalter gekoppelt ist; einen ersten Differentialreferenzschalter, welcher zwischen dem zweiten Anschluss des ersten Differential-Abtast-Kondensators und dem Referenzknoten gekoppelt ist; einen zweiten Differentialreferenzschalter, welcher zwischen dem ersten Anschluss des ersten Differential-Abtast-Kondensators und dem zweiten Ausgangsknoten des Operationsverstärkers gekoppelt ist; einen dritten Differentialreferenzschalter, welcher zwischen dem zweiten Anschluss des zweiten Differential-Abtast-Kondensators und dem Referenzknoten gekoppelt ist; einen vierten Differentialreferenzschalter, welcher zwischen dem ersten Anschluss des zweiten Differential-Abtast-Kondensators und dem zweiten Ausgangsknoten des Operationsverstärkers gekoppelt ist; einen dritten Differential-Abtast-Kondensator, welcher einen ersten Anschluss hat, welcher wahlweise mit dem zweiten Eingangssignal durch einen fünften Differentialschalter gekoppelt ist, und welcher einen zweiten Anschluss hat, welcher wahlweise mit dem gemeinsamen Differentialknoten durch einen sechsten Differentialschalter gekoppelt ist; einen vierten Differential-Abtast-Kondensator, welcher einen ersten Anschluss hat, welcher wahlweise mit dem zweiten Eingangssignal durch einen siebten Differentialschalter gekoppelt ist, und welcher einen zweiten Anschluss hat, welcher wahlweise mit dem gemeinsamen Differentialknoten durch einen achten Differentialschalter gekoppelt ist; einen fünften Differentialreferenzschalter, welcher zwischen dem zweiten Anschluss des dritten Differential-Abtast-Kondensators und dem Referenzknoten gekoppelt ist; einen sechsten Differentialreferenzschalter, welcher zwischen dem ersten Anschluss des dritten Differential-Abtast-Kondensators und dem zweiten Ausgangsknoten des Operationsverstärkers gekoppelt ist; einen siebten Differentialreferenzschalter, welcher zwischen dem zweiten Anschluss des vierten Differential-Abtast-Kondensators und dem Referenzknoten gekoppelt ist; und einen achten Differentialreferenzschalter, welcher zwischen dem ersten Anschluss des vierten Differential-Abtast-Kondensators und dem zweiten Ausgangsknoten des Operationsverstärkers gekoppelt ist. Ein Taktsignalerzeuger kann ein erstes Taktsignal, um den sechsten Differentialschalter, den sechsten Differentialreferenzschalter, den achten Differentialschalter und den achten Differentialreferenzschalter während eines ersten Abschnitts jedes Taktzyklus' zu schließen und ein zweites Taktsignal vorsehen, um den zweiten Differentialschalter, den zweiten Differentialreferenzschalter, den vierten Differentialschalter und den vierten Differentialreferenzschalter während eines zweiten Abschnitts jedes Taktzy-

klus' zu schließen, und das erste und das zweite Taktsignal können nicht-überlappend sein. Der Taktsignalerzeuger kann weiterhin ein drittes Taktsignal, um den ersten Differentialschalter und den ersten Differentialreferenzschalter zu schließen, ein viertes Taktsignal, um den dritten Differentialschalter und den dritten Differentialreferenzschalter zu schließen, ein fünftes Taktsignal, um den fünften Differentialschalter und den fünften Differentialreferenzschalter zu schließen und ein sechstes Taktsignal vorsehen, um den siebten Differentialschalter und den siebten Differentialreferenzschalter zu schließen, wobei das dritte und vierte Taktsignal mit dem ersten Taktsignal überlappen, und das fünfte und sechste Taktsignal mit dem zweiten Taktsignal überlappen, und das zweite Taktsignal das Inverse des ersten Taktsignals sein kann. Der Filter kann weiterhin einen fünften Differential-Abtast-Kondensator und einen sechsten Differential-Abtast-Kondensator aufweisen, welche parallel mit dem ersten und zweiten Differential-Abtast-Kondensator zwischen dem gemeinsamen Differentialknoten und dem zweiten Ausgangsknoten des Operationsverstärkers während des zweiten Abschnitts jedes Taktzyklus' gekoppelt sind, und kann weiterhin einen siebten Differential-Abtast-Kondensator und einen achten Differential-Abtast-Kondensator aufweisen, welcher parallel mit dem dritten Differential-Abtast-Kondensator und dem vierten Differential-Abtast-Kondensator zwischen dem gemeinsamen Differentialknoten und dem zweiten Ausgangsknoten des Operationsverstärkers während des ersten Abschnitts jedes Taktzyklus' gekoppelt sind. Der Taktsignalerzeuger kann weiterhin ein siebtes Taktsignal vorsehen, um den fünften Differential-Abtast-Kondensator mit dem zweiten Eingangsanschluss zu koppeln, ein achttes Taktsignal, um den sechsten Differential-Abtast-Kondensator mit dem zweiten Eingangsanschluss zu koppeln, ein neuntes Taktsignal, um den siebten Differential-Abtast-Kondensator mit dem zweiten Eingangsanschluss zu koppeln und ein zehntes Taktsignal, um den achten Abtast-Kondensator mit dem zweiten Eingangsanschluss zu koppeln, wobei das siebte und achte Taktsignal mit dem ersten Taktsignal überlappen, und das neunte und zehnte Taktsignal mit dem zweiten Taktsignal überlappen. Das erste und zweite Eingangssignal zu dem Kerbfilter kann durch eine Magnetfeld-Sensorschaltung vorgesehen sein und die Magnetfeld-Sensorschaltung kann eine geschaltete Hall-Schaltung aufweisen. Der Filter kann einen fünften Differential-Abtast-Kondensator und einen sechsten Differential-Abtast-Kondensator aufweisen, wobei der Taktsignalerzeuger weiterhin ein drittes Taktsignal vorseht, um den fünften Differential-Abtast-Kondensator und den sechsten Differential-Abtast-Kondensator parallel zwischen dem gemeinsamen Differentialknoten und dem zweiten Ausgangsknoten des Operationsverstärkers während eines dritten Abschnitts jedes Taktzyklus' zu koppeln, und das erste, zweite und dritte Taktsignal können nicht-überlappend sein.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0018] Die vorangehenden Merkmale der Erfindung, sowie die Erfindung selbst können aus der folgenden detaillierten Beschreibung der Zeichnungen vollständiger verstanden werden, in welchen:

[0019] Fig. 1 eine schematische Ansicht eines Kerbfilters mit geschaltetem Kondensator gemäß der Erfindung ist;

[0020] Fig. 1A veranschaulichende Taktsignale für den Filter der Fig. 1 zeigt;

[0021] Fig. 1B eine schematische Ansicht des Kerbfilters mit geschaltetem Kondensator in Fig. 1 während einem ersten Betriebszustand ist;

[0022] Fig. 1C eine schematische Ansicht des Kerbfilters mit geschaltetem Kondensator in Fig. 1 während eines zweiten Betriebszustandes ist;

[0023] Fig. 1D ein Beispiel eines Eingangs- und Ausgangssignals zu dem Filter zeigt;

[0024] Fig. 1E einen alternativen Abtast- und Mittelwertbildungsabschnitt zeigt, welcher n Abtast-Kondensatoren für eine Verwendung in dem Filter der Fig. 1 hat;

[0025] Fig. 1F veranschaulichende Taktsignale für das Abtastnetzwerk mit geschaltetem Kondensator der Fig. 1E zeigt;

[0026] Fig. 1G ein Beispiel eines Eingangs- und Ausgangssignals zu dem Filter für den Fall von vier Eingangs-Abtast-Kondensatoren zeigt;

[0027] Fig. 1H ein Beispiel einer Ausführungsform mit gleitendem Mittelwert des Filters zeigt;

[0028] Fig. 1I veranschaulichende Taktsignale für die Schaltung der Fig. 1H zeigt;

[0029] Fig. 2 eine schematische Ansicht einer Ausführungsform eines Differential-Kerbfilters mit geschaltetem Kondensator ist;

[0030] Fig. 2A eine schematische Ansicht des Differential-Abtastnetzwerkes 201 und 202, welches in Fig. 2 gezeigt ist, ist; und

[0031] Fig. 3 eine schematische Ansicht eines Chopped-Hall Sensors bzw. Hallsensors mit aktiver Fehlerkorrektur ist, welcher einen Kerbfilter mit geschaltetem Kondensator aufweist.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG
DER ERFINDUNG

[0032] Bezug nehmend auf **Fig. 1** weist ein einen Ausgang aufweisender bzw. unsymmetrischer (single-ended) Kerbfilter **100** mit geschaltetem Kondensator einen Eingangsknoten **111**, welcher zum Empfangen eines Eingangssignals **181** (**Fig. 1D**) angepasst ist, wenigstens zwei Abtast- und Mittelwertbildungsabschnitte **101**, **102**, einen gemeinsamen Knoten **113** und einen Verstärker **105**, welcher einen Ausgangsknoten **105c** hat, welcher den Filterausgangsknoten vorsieht, einen negativen Eingangsknoten **105a**, welcher mit dem gemeinsamen Knoten **113** gekoppelt ist, und einen positiven Eingangsknoten **105b** auf, welcher mit einer Referenzspannung beispielsweise Masse oder einem Spannungswert über der Masse basierend auf dem jeweiligen Schaltungsdesign verbunden ist. Jeder Abtast- und Mittelwertbildungsabschnitt **101** und **102** weist jeweils wenigstens zwei Abtastnetzwerke **101a** und **101b** und **102a** und **102b** mit geschaltetem Kondensator auf. Die Anzahl von Abtastnetzwerken in jedem Abschnitt **101**, **102** entspricht der Anzahl von Eingangssignal-Abtastungen, welche verarbeitet (d. h. gemittelt) werden. Beispielsweise würde in dem Fall, in dem vier Abtastungen gemittelt werden, jeder Abtast-Abschnitt **101**, **102** vier Abtastnetzwerke für eine Gesamtzahl von acht Abtast-Kondensatoren in dem Filter haben. Beispiele eines Kerbfilter-Abtast- und -Mittelwertbildungsabschnitts, welche mehr als zwei Abtastnetzwerke beinhalten, sind in der oben genannten U.S.-Patentanmeldung Nr. 12/487,965 und in Verbindung mit den **Fig. 1E** und **Fig. 1F** untenstehend beschrieben.

[0033] Jedes Abtastnetzwerk **101a**, **101b**, **102a**, **102b** mit geschaltetem Kondensator weist einen jeweiligen Abtast-Kondensator und zugeordnete Schalter auf. Genauer weist das erste Abtast-Netzwerk **101a** mit geschaltetem Kondensator einen ersten Abtast-Kondensator **120a** und zugeordnete Schalter **122**, **122R**, **124** und **124R** auf; das zweite Abtastnetzwerk **101b** mit geschaltetem Kondensator weist einen zweiten Abtast-Kondensator **120b** und zugeordnete Schalter **126**, **126R**, **128** und **128R** auf; das dritte Abtastnetzwerk **102a** mit geschaltetem Kondensator weist einen dritten Abtast-Kondensator **140a** und zugeordnete Schalter **142**, **142R**, **144** und **144R** auf; und das vierte Abtastnetzwerk **102b** mit geschaltetem Kondensator weist einen vierten Abtast-Kondensator **140b** und zugeordnete Schalter **146**, **146R**, **148** und **148R** auf. Der erste Abtast-Kondensator **120a** hat einen ersten Anschluss **130a**, welcher mit einem ersten Schalter **122** gekoppelt ist, um wahlweise den ersten Abtast-Kondensator mit dem Eingangsknoten **111** zu koppeln, und einen zweiten Anschluss **132a**, welcher mit einem zweiten Schalter **124** gekoppelt ist, um wahlweise den ersten Abtast-Kondensator mit dem gemeinsamen Knoten **113**

zu koppeln. Der zweite Anschluss **132a** des ersten Abtast-Kondensators **120a** ist auch wahlweise mit einem Referenzknoten **117** durch einen ersten Referenzschalter **122R** gekoppelt. Der erste Anschluss **130a** des ersten Abtast-Kondensators **120a** ist wahlweise mit dem Ausgangsknoten **105c** des Verstärkers **105** durch einen zweiten Referenzschalter **124R** gekoppelt.

[0034] Der zweite Abtast-Kondensator **120b** hat einen ersten Anschluss **130b**, welcher mit einem dritten Schalter **126** gekoppelt ist, um wahlweise den zweiten Abtast-Kondensator **120b** mit dem Eingangsknoten **111** zu koppeln, und einen zweiten Anschluss **132b**, welcher mit einem vierten Schalter **128** gekoppelt ist, um wahlweise den zweiten Abtast-Kondensator **120b** mit dem gemeinsamen Knoten **113** zu koppeln. Der zweite Anschluss **132b** des zweiten Abtast-Kondensators **120b** ist auch wahlweise mit dem Referenzknoten **117** durch einen dritten Referenzschalter **126R** gekoppelt. Der erste Anschluss **130b** des zweiten Abtast-Kondensators **120b** ist wahlweise mit dem Ausgangsknoten **105c** des Verstärkers **105** durch einen vierten Referenzschalter **128R** gekoppelt.

[0035] Der dritte Abtast-Kondensator **140a** hat einen ersten Anschluss **150a**, welcher mit einem fünften Schalter **142** gekoppelt ist, um wahlweise den dritten Abtast-Kondensator mit dem Eingangsknoten **111** zu koppeln, und einen zweiten Anschluss **152a**, welcher mit einem sechsten Schalter **144** gekoppelt ist, um wahlweise den dritten Abtast-Kondensator **140a** mit dem gemeinsamen Knoten **113** zu koppeln. Der zweite Anschluss **152a** des dritten Abtast-Kondensators **140a** ist auch wahlweise mit dem Referenzknoten **117** durch einen fünften Referenzschalter **142R** gekoppelt. Der erste Anschluss **150a** des dritten Abtast-Kondensators **140a** ist wahlweise mit dem Ausgangsknoten **105c** des Verstärkers **105** durch einen sechsten Referenzschalter **144R** gekoppelt.

[0036] Der vierte Abtast-Kondensator **140b** hat einen ersten Anschluss **150b**, welcher mit einem siebten Schalter **146** gekoppelt ist, um wahlweise den vierten Abtast-Kondensator **140b** mit dem Eingangsknoten **111** zu koppeln, und einen zweiten Anschluss **152b**, welcher mit einem achten Schalter **148** gekoppelt ist, um wahlweise den vierten Abtast-Kondensator **140b** mit dem gemeinsamen Knoten **113** zu koppeln. Der zweite Anschluss **152b** des vierten Abtast-Kondensators **140b** ist auch wahlweise mit dem Referenzknoten **117** durch einen siebten Referenzschalter **146R** gekoppelt. Der erste Anschluss **150b** des vierten Abtast-Kondensators **140b** ist wahlweise mit dem Ausgangsknoten **105c** des Verstärkers **105** durch einen achten Referenzschalter **148R** gekoppelt.

[0037] Der Filter **100** weist weiterhin einen Taktsignalerzeuger **107** auf, welcher angepasst ist, Taktsignale zum Steuern der verschiedenen Schalter vorzusehen. Insbesondere ist ein erstes Taktsignal **171** vorgesehen, um den sechsten Schalter **144**, den sechsten Referenzschalter **144R**, den achten Schalter **148** und den achten Referenzschalter **148R** während eines ersten Abschnitts jedes Taktsignals zu schließen.

[0038] Der Taktsignalerzeuger **107** sieht weiterhin ein zweites Taktsignal **172** vor, um den ersten Schalter **122** und den ersten Referenzschalter **122R** während eines dritten Abschnitts jedes Taktzyklus' zu schließen, und ein drittes, nicht-überlappendes Taktsignal **173**, um den dritten Schalter **126** und den dritten Referenzschalter **126R** während eines vierten Abschnitts jedes Taktzyklus' zu schließen. Die Taktsignale **172** und **173** sind beide aktiv während das Taktgebersignal **171** aktiv ist.

[0039] Der Taktsignalerzeuger sieht weiterhin ein viertes Taktsignal **176** vor, um den zweiten Schalter **124**, den zweiten Referenzschalter **124R**, den vierten Schalter **128** und den vierten Referenzschalter **128R** während eines zweiten Abschnitts jedes Taktzyklus' zu schließen. Ein fünftes Taktsignal **177** ist vorgesehen, um den fünften Schalter **142** und den fünften Referenzschalter **142R** während eines fünften Abschnitts jedes Taktzyklus' zu schließen und ein sechstes, nicht-überlappendes Taktsignal **178**, um den siebten Schalter **146** und den siebten Referenzschalter **146R** während eines sechsten Abschnitts jedes Taktzyklus' zu schließen. Die Taktsignale **177** und **178** sind beide aktiv während das Taktgebersignal **176** aktiv ist.

[0040] In Betrieb werden während eines ersten Abschnitts jedes Taktzyklus' die Abtast-Kondensatoren **120a**, **120b** wechselweise während nicht-überlappenden Zeitdauern geladen, während Kondensatoren **140a**, **140b** gemittelt werden und ihre gemittelte Ladung zu dem Filterausgang übertragen wird. Ähnlich werden während eines zweiten Abschnitts jedes Taktzyklus' (welcher hinsichtlich des ersten Abschnitts nicht-überlappend ist) Abtast-Kondensatoren **140a**, **140b** wechselweise während nicht-überlappenden Zeitdauern geladen, während die Ladung in Kondensatoren **120a**, **120b** gemittelt wird und ihre gemittelte Ladung zu dem Filterausgang übertragen wird.

[0041] Bezug nehmend auf die **Fig. 1A** und **Fig. 1D** sind veranschaulichende Schaltersteuersignale zusammen mit einem veranschaulichenden Filtereingangssignal **181** zum Koppeln an den Eingangsknoten **111**, die Mittelwerte **182** des Eingangssignals der gegenwärtigen Zeitdauer, welches während der nächsten Mittelwertbildungsphase des Taktzyklus' zu dem Ausgang übertragen wird, und ein veranschau-

lichendes Filterausgangssignal **187**, welches an dem Filterausgangsknoten **105c** vorgesehen ist, gezeigt.

[0042] Während eines ersten Abschnitts T_1 jedes Taktzyklus' T_{ck} (hierin die erste Zeitdauer) ist das erste Taktsignal **171** in einem Logik-Zustand, hier high bzw. hoch, um gesteuerte Schalter **144**, **144R**, **148**, **148R** zu schließen. Es ist während der ersten Zeitdauer T_1 , dass die Ladung in dem dritten und vierten Abtast-Kondensator **140a**, **140b** gemittelt wird, wenn die Ladung gleichzeitig von den Abtast-Kondensatoren zu dem Filterausgang **115** übertragen wird. In anderen Worten werden während der ersten Zeitdauer die Abtast-Kondensatoren **140a**, **140b** parallel von dem gemeinsamen Knoten **113** zu dem Verstärkerausgang **115** gekoppelt, so dass das Rückkoppelungsnetzwerk des Operationsverstärkers **105** die Abtast-Kondensatoren **140a**, **140b**, welche zwischen dem Verstärkereingangsknoten **105** und dem Ausgangsknoten **105c** gekoppelt sind, einschließt, wie in **Fig. 1B** gezeigt ist.

[0043] Während eines zweiten Abschnitts T_2 jedes Taktzyklus' T_{ck} (hierin die zweite Zeitdauer) ist das zweite Taktsignal **176** in einem Logik-Zustand, hier high bzw. hoch, um gesteuerte Schalter **124**, **124R**, **128**, **128R** zu schließen. Es ist während der zweiten Zeitdauer T_2 , dass die Ladung in dem ersten und zweiten Abtast-Kondensator **120a**, **120b** gemittelt wird, wenn die Ladung gleichzeitig von den Abtast-Kondensatoren zu dem Filterausgang **115** übertragen wird. In anderen Worten werden während der zweiten Zeitdauer die Abtast-Kondensatoren **120a**, **120b** parallel von dem gemeinsamen Knoten **113** zu dem Verstärkerausgang **115** gekoppelt, so dass das Rückkoppelungsnetzwerk des Operationsverstärkers **105** die Abtast-Kondensatoren **120a**, **120b**, welche zwischen dem Verstärkereingangsknoten **105** und dem Ausgangsknoten **105c** gekoppelt sind, einschließt, wie in **Fig. 1C** gezeigt ist.

[0044] Während einer dritten Zeitdauer T_3 jedes Taktzyklus' (hierin die dritte Zeitdauer), welche während der ersten Zeitdauer T_1 auftritt, schließt das Taktsignal **172** die Schalter **122** und **122R**. Demnach ist während der dritten Zeitdauer T_3 der erste Abtast-Kondensator **120a** zwischen dem Eingangsknoten **111** und dem Referenzknoten **117** gekoppelt.

[0045] Während eines vierten Abschnitts T_4 jedes Taktzyklus' T_{ck} (hierin die vierte Zeitdauer) ist das vierte Taktsignal **173** in einem Logik-Zustand, hier high bzw. hoch, um gesteuerte Schalter **126**, **126R** zu schließen. Demnach ist während der vierten Zeitdauer T_4 der zweite Abtast-Kondensator **120b** mit dem Eingangsknoten **111** und dem Referenzknoten **117** gekoppelt. Demnach wird während der dritten Zeitdauer T_3 der Abtast-Kondensator **120a** durch das Eingangssignal **181** geladen, und während der vier-

ten Zeitdauer T_4 wird der Abtast-Kondensator **120b** durch das Eingangssignal **181** geladen.

[0046] Während einer fünften Zeitdauer T_5 jedes Taktzyklus' (hierin die fünfte Zeitdauer), welche während der zweiten Zeitdauer T_2 auftritt, schließt das Taktsignal **177** die Schalter **142** und **142R**. Demnach ist während der fünften Zeitdauer T_5 der dritte Abtast-Kondensator **140a** zwischen dem Eingangsknoten **111** und dem Referenzknoten **117** gekoppelt.

[0047] Während eines sechsten Abschnitts T_6 jedes Taktzyklus' T_{ck} (hierin die sechste Zeitdauer) ist das sechste Taktsignal **178** in einem Logik-Zustand, hier high bzw. hoch, um gesteuerte Schalter **146**, **146R** zu schließen. Demnach ist während der sechsten Zeitdauer T_6 der vierte Abtast-Kondensator **140b** mit dem Eingangsknoten **111** und dem Referenzknoten **117** gekoppelt. Demnach wird während der fünften Zeitdauer T_5 der Abtast-Kondensator **140a** durch das Eingangssignal **181** geladen, und während der sechsten Zeitdauer T_6 wird der Abtast-Kondensator **140b** durch das Eingangssignal **181** geladen.

[0048] Der oben beschriebene Kerbfilter **100** kann, zusätzlich zum Vorsehen eines Filters von Signalen, welche eine vorbestimmte Frequenz haben (d. h. der Kerbfunktionalität bzw. Sperrfunktionalität) eine Tiefpass-Charakteristik vorsehen, da die Abtast-Kondensatoren während der Zeitdauer T_1 und T_2 zwischen dem Ausgangsknoten und einer Referenzspannung verbunden sind. Die Tiefpassfilter-Charakteristik sollte so weit-bandig bzw. breitbandig wie möglich sein, um die Ansprechzeit des Filterausgangs **115** auf Änderungen des Filtereingangs **111** zu minimieren.

[0049] Typische Kondensatorwerte für Kondensatoren **120a**, **120b**, **140a** und **140b** sind in der Größenordnung von 0,1 bis 1 pF. Die Abtast-Kondensatorwerte, welche in der vorliegenden Erfindung verwendet werden, können kleiner gemacht werden verglichen zu früheren Kondensatoren, welche im Stand der Technik diskutiert sind, was zu einem Platzsparen führt, im Vergleich zu denjenigen einer typischen Zweistufen-Abtast- und -Mittelwertbildungsschaltung, da die Kondensatoren in der vorliegenden Erfindung floating sind, wie in der Streuverlust-insensitiven Anordnung, welche für geschaltete Kondensatoren verwendet wird.

[0050] Die Betriebsfrequenz, Mittelwertbildungsfrequenz oder Kerbfrequenz f_{ck} des Kerbfilters **100** wird durch die Frequenz der Zeitdauer T_1 und T_2 bestimmt, d. h. $1/T_1$ oder $1/T_2$. Die maximale Taktfrequenz wird durch die Anzahl von Abtast-Kondensatoren und die Einstellzeit der zugeordneten Schalter bestimmt werden, welche in einer bestimmten Filterausführungsform verwendet werden, so dass jeder Abtast-Kondensator den Eingang abtasten kann und sich dann einstellt, bevor er in die Rückkopp-

lungsschleife des Verstärkers geschaltet wird. Demnach würde, wenn mehr Abtast-Kondensatoren hinzugefügt werden, die maximale Taktfrequenz verringert werden, gegeben dass die Einstellzeit der Schalter konstant verbleibt. Typische Betriebsfrequenzen oder Kerbfilter-Frequenzen oder in einigen Anwendungen die Modulationsfrequenz, können in dem Bereich von 2 kHz bis 2 MHz sein, obwohl diese Frequenzen größer oder geringer sein können, abhängig von der exakten Anwendung der Filterschaltung. In einer beispielhaften Ausführungsform kann die Betriebsfrequenz des Filters **100** in der Größenordnung von 100 kHz bis 400 kHz sein. In dieser bestimmten Ausführungsform mit vier Abtastungen pro Taktzyklus, d. h. vier Abtast-Kondensatoren in Abtast- und Mittelwertbildungsabschnitten **101**, **102**, wäre die effektive Abtast-Frequenz in der Größenordnung von 400 kHz bis 1.600 kHz. In Anwendungen, in welchen der Kerbfilter **100** Frequenzkomponenten bei einer Modulationsfrequenz filtert, kann die minimale Kerbfrequenz durch die Modulationsfrequenz beschränkt sein. Die maximale Kerbfrequenz ist typischerweise durch das Verstärkungs-Bandbreitenprodukt (gain-bandwidth product) des Operationsverstärkers beschränkt, welches von der Herstellungstechnologie abhängig ist, welche verwendet wird, um die Schaltung aufzubauen.

[0051] Die Einstellzeit, welche mit den Schaltern und Kondensatoren verknüpft ist, welche zum Abtasten und Mitteln verwendet werden, bestimmt die benötigte Dauer der unterschiedlichen Pulsbreiten (d. h. die Zeitdauer T_1 des Taktsignals **171**, die Zeitdauer T_3 des Taktsignals **172**, die Zeitdauer T_4 des Taktsignals **173**, die Zeitdauer T_2 des Taktsignals **176**, die Zeitdauer T_5 des Taktsignals **177** und die Zeitdauer T_6 des Taktsignals **178**). Um die harmonische Verzerrung und den Verstärkungsverlust bzw. Verstärkungsgradverlust zu minimieren, sollte die Zeitkonstante des Widerstands der Schalter und der Abtast-Kondensatoren derart ausgelegt sein, dass das Signal sich auf 99,9% einstellt, oder welcher Prozentsatz auch immer für die zugelassene Fehlergrenze innerhalb der Taktpulse eines bestimmten Filters erlaubt ist. Die Breite der Taktpulse kann angepasst werden, wenn die Abtast-Kondensatoren und Schalter in einem gegebenen Filterdesign ausgelegt worden sind.

[0052] In einigen Ausführungsformen können die Taktsignale **171** und **176** das Inverse voneinander sein, beispielsweise kann das Taktsignal **176** realisiert sein durch ein Hindurchpassieren des Taktsignals **171** durch einen Inverter. Solch eine Ausführungsform würde benötigen, dass jede Verzögerungszeit von einem Inverter ausreichend gering ist, um einen Kondensator in der Rückkoppelungsschleife des Verstärkers zu platzieren, um zu verhindern, dass der Verstärker instabil wird. Wenn die Schalter den Rückkoppelungsweg bzw. Rückkopplungspfad

offen ließen, oder ohne einen Abtast-Kondensator in dem Rückkopplungspfad, beispielsweise wenn sowohl **171** als auch **176** in dem Low bzw. Niedrig- oder „AUS“-Zustand in dem obigen Beispiel wären, oder wo beide Sätze von Schaltern für die Abtast-Kondensatoren für eine signifikante Zeitdauer des Taktzyklus T_{ck} in einem Offen- oder „AUS“-Zustand wären, dann würde die Ausgabe instabil werden. Dies kann vermieden werden, wie obenstehend beschrieben ist, wenn die Zeit, welche der Rückkopplungsweg offen ist, für eine gegebene Filterausführungsform ausreichend gering ist. In anderen Ausführungsformen kann der Verstärker instantan in einer Konfiguration mit einer offenen Schleife arbeiten, wenn beide Taktsignale **171** und **176** in demselben Zustand sind, beispielsweise in dem Low-Zustand. Dies ist akzeptabel, gegeben dass die Zeitdauer, in welcher die zwei Signale in demselben Zustand sind (beispielsweise sowohl **171** als auch **176** in dem Low-Zustand sind) ausreichend gering ist, wie beispielsweise eine Zeit von weniger als einigen Zehnteln von Millisekunden.

[0053] Der Referenzknoten **117** kann typischerweise mit Masse gekoppelt sein oder einer anderen Referenzspannung, wie sie für ein gegebenes Schaltungsdesign, welches den Kerbfilter der vorliegenden Erfindung verwendet, angemessen ist.

[0054] In anderen Ausführungsformen kann es mehr als zwei Abtast-Netzwerke mit geschaltetem Kondensator für jeden Abtast- und Mittelwertbildungsabschnitt **101** und **102** geben. Die Abtast- und Mittelwertbildungsabschnitte **101** und **102** des Kerbfilters **100** in **Fig. 1** können n Abtast-Kondensator-Netzwerke haben, beispielsweise kann der Abtast- und Mittelwertbildungsabschnitt **101** durch einen Abtast- und Mittelwertbildungsabschnitt **101'** ersetzt werden, welcher Abtast-Kondensator-Netzwerke **101'a**, **101'b**, ... **101'(n-1)** und **101'n**, wie in **Fig. 1E** gezeigt, hat. Jedes Abtast- und Mittelwertbildungs-Netzwerk hat einen Schalter **122a** bis **122n** und **122r** bis **122nR**, um den Abtast-Kondensator **120a** bis **120n** zwischen dem Eingangsknoten **111** und dem Referenzknoten **117** während nicht-überlappender Zeitdauern T_{174a} bis T_{174n} zu verbinden, welche während der Zeit auftreten würden, zu der der Taktgeber T_1 der **Fig. 1F** high oder in einem „AN“-Zustand ist. Gleichermäßen hat jeder Abtast-Kondensator **120a** bis **120n** ein Paar von Schaltern **124a** bis **124n** und **124aR** bis **124nR**, welche die Abtast-Kondensatoren zwischen dem Ausgangsknoten **105c** und dem gemeinsamen Knoten **113** während der Zeitdauer T_2 , welche durch das Signal **176** in der **Fig. 1F** repräsentiert wird, verbinden. Die Schaltung **102** würde auch in einer ähnlichen Art und Weise modifiziert werden müssen, um die Anzahl von Abtast-Kondensatoren, welche in **Fig. 1E** gezeigt ist, zu treffen, die Schaltung **102'** erzeugend. Die Signale **179a** bis **179n** in **Fig. 1F** repräsentieren eine Zeitabstimmungsanordnung für die

Schaltung **102'**, welche in einer ähnlichen Art und Weise arbeitet, wie dies für die Schaltung **101'** obenstehend beschrieben ist, jedoch während der Zeitdauer T_2 , wenn das Signal **176** high ist. **Fig. 1G** zeigt ein Beispiel des Eingangssignals **181**, ein Beispiel der Mittelwerte **182** der Eingänge und ein Ausgangssignal **187** für den Fall von $n = 4$ geschalteten Abtast-Kondensator-Netzwerken.

[0055] Eine andere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Version mit gleitendem Mittelwert, wobei die Abtast-Kondensatoren in einem Abtast- und Mittelwertbildungsabschnitt **101**, **102**, **101'** oder **102'** während verschiedenen Zeitdauern geladen und in verschiedenen Zeitdauern gemittelt werden. Ein Beispiel einer solchen Ausführungsform ist in **Fig. 1H** vorgesehen mit einem zugeordneten Zeitabstimmungs- bzw. Zeitpunktsdiagramm in **Fig. 11**. Die Schaltungen **101** und **102** sind durch Schaltungen **101''**, **102''** und **103''** in dem Kerbfilter ersetzt. Die Schaltung **101''** ist ähnlich im Betrieb zur Schaltung **101** mit der Ausnahme, dass die Zeitabstimmung der Schalter geändert ist. Das Taktsignal **193** steuert die Schalter, welche die Abtast-Kondensatoren **120a** und **120b** mit dem gemeinsamen Knoten **113** und dem Ausgang des Verstärkers am Knoten **115** während einer ersten Zeitdauer T_A verbinden. Das Eingangssignal **181** wird durch den Schaltungsabschnitt **101''** über den Knoten **111** zu zwei unterschiedlichen Abtast-Zeiten abgetastet; der Abtast-Kondensator **120a** ist mit dem Eingangsknoten **111** während einer fünften Zeitdauer T_e , welche durch das Signal **197** repräsentiert wird, verbunden, und der Abtast-Kondensator **120** ist mit dem Eingangsknoten während einer sechsten Zeitdauer T_f , welche durch das Signal **198** repräsentiert wird, verbunden.

[0056] Die Abtast-Kondensatoren **140a** und **140b** der Schaltung **102''** sind mit dem gemeinsamen Knoten **113** und dem Ausgangsknoten **105c** während einer zweiten Zeitdauer T_B und ihrem Signal **194** verbunden. Das Eingangssignal **181** wird durch einen Schaltungsabschnitt **102''** über den Knoten **111** zu zwei unterschiedlichen Abtast-Zeiten abgetastet; der Abtast-Kondensator **140a** ist mit dem Eingangsknoten **111** während einer vierten Zeitdauer T_d verbunden, welche durch das Signal **196** repräsentiert wird, und der Abtast-Kondensator **140b** ist mit dem Eingangsknoten während der sechsten Zeitdauer T_f verbunden, welche durch das Signal **198** repräsentiert wird.

[0057] Die Abtast-Kondensatoren **160a** und **160b** der Schaltung **103''** sind mit dem gemeinsamen Knoten **113** und dem Ausgangsknoten **115** während einer dritten Zeitdauer T_C und ihrem Signal **195** verbunden. Das Eingangssignal **181** wird durch eine Schaltung **103''** über einen Knoten **111** zu zwei unterschiedlichen Abtast-Zeiten abgetastet; der Abtast-Kondensator **160a** ist mit dem Eingangsknoten **111** während

einer vierten Zeitdauer T_d , welche durch das Signal **196** repräsentiert ist, verbunden, und der Abtast-Kondensator **160b** ist mit dem Eingangsknoten während der fünften Zeitdauer T_c , welche durch das Signal **197** repräsentiert wird, verbunden. Schalter **162**, **162R**, **164**, **164R**, **166**, **166R**, **168** und **168R** arbeiten in einer ähnlichen Art und Weise zu den Schaltern, welche vorangehend für die Abtast-Kondensator-Netzwerke **101** und **102** beschrieben worden sind, jedoch mit verschiedenen Zeitabstimmungs-Eingängen **195** bis **197**, wie in **Fig. 1H** gezeigt ist.

[0058] Demnach werden während irgendeinem Abtast-Abschnitt T_d , T_c oder T_f zwei Abtast-Kondensatoren durch den Eingangsknoten **111** geladen. Während eines Mittelwertbildungsabschnittes T_A , T_B oder T_C werden die Abtast-Kondensatoren, welche gemittelt werden von verschiedenen Eingangszeitdauern zu dem Ausgang des Kerbfilters am Knoten **115** gemittelt. Die Ausführungsform mit dem gleitenden Mittelwert hat den Vorteil, dass die Ausgabe teilweise schneller als die Vollendung einer gesamten Zeitdauer T_{ck} aktualisiert wird. In bestimmten Ausführungsformen wird die Ausgabe in einer Zeitdauer T_A , T_B oder T_C , welche ungefähr ein Drittel der Zeitdauer T_{ck} ist, geändert werden.

[0059] Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung ist eine Differential-Implementierung eines Kerbfilters **200** in den **Fig. 2** und **Fig. 2A** gezeigt, wo gleiche Elemente mit gleichen Bezugszeichen bezeichnet sind. In den Differential-Ausführungsformen hat der Operationsverstärker **105** eine Differential-Ausgabe an Knoten **115** und **215**. Knoten **117** ist ein Referenzknoten, beispielsweise Masse oder eine Referenzspannung gleich zu $V_{CC}/2$, wobei V_{CC} die Versorgungsspannung für die Schaltung ist. Der Filter **200** weist einen zweiten Eingangsknoten **211**, welcher angepasst ist zum Empfangen eines Eingangssignals ähnlich zu dem Eingangssignal **181**, welches in **Fig. 1B** gezeigt ist, wenigstens zwei Differential-Abtast- und Mittelwertbildungsabschnitte **201**, **202** und einen gemeinsamen Differentialknoten **213** auf, welcher mit einem Eingang **105b** des Operationsverstärkers **105** gekoppelt ist. Jeder Differential-Abtast- und Mittelwertbildungsabschnitt **201** und **202** weist jeweils wenigstens zwei Differential-Abtast-Netzwerke **201a**, **201b**, **202a**, **202b** mit geschaltetem Kondensator auf. Die Anzahl von Abtast-Netzwerken in jedem Abschnitt **201**, **202** entspricht der Anzahl von Eingangssignal-Abtastungen, welche verarbeitet werden (d. h. gemittelt werden).

[0060] Jedes Differential-Abtast-Netzwerk mit geschaltetem Kondensator **201a**, **201b**, **202a**, **202b** weist einen jeweiligen Differential-Abtast-Kondensator und zugeordnete Differentialschalter auf. Genauer weist das erste Differential-Abtast-Netzwerk **201a** mit geschaltetem Kondensator einen ersten Differential-Abtast-Kondensator **220a** und zugeordnete Differen-

tialschalter **222**, **222R**, **224** und **224R** auf; das zweite Differential-Abtast-Netzwerk **201b** mit geschaltetem Kondensator weist einen zweiten Differential-Abtast-Kondensator **220b** und zugeordnete Differentialschalter **226**, **226R**, **228** und **228R** auf; das dritte Differential-Abtast-Netzwerk **202a** mit geschaltetem Kondensator weist einen dritten Differential-Abtast-Kondensator **240a** und zugeordnete Differentialschalter **242**, **242R**, **244** und **244R** auf; und das vierte Differential-Abtast-Netzwerk **202a** mit geschaltetem Kondensator weist einen vierten Differential-Abtast-Kondensator **240b** und zugeordnete Differentialschalter **246**, **246R**, **248** und **248R** auf. Der erste Differential-Abtast-Kondensator **220a** hat einen ersten Anschluss **230a**, welcher mit einem ersten Differentialschalter **222** gekoppelt ist, um wahlweise den ersten Differential-Abtast-Kondensator mit dem zweiten Eingangsanschluss **211** zu koppeln, und einen zweiten Anschluss **232a**, welcher mit einem zweiten Differentialschalter **224** gekoppelt ist, um wahlweise den ersten Differential-Abtast-Kondensator mit dem gemeinsamen Differentialknoten **213** zu koppeln. Der zweite Anschluss **232a** des ersten Differential-Abtast-Kondensators **220a** ist auch wahlweise mit einem Differential-Referenzknoten **217** durch einen ersten Differential-Referenzschalter **222R** gekoppelt. Der erste Anschluss **230a** des ersten Differential-Abtast-Kondensators **220a** ist wahlweise mit dem zweiten Ausgangsknoten **215** des Verstärkers **105** durch einen zweiten Differential-Referenzschalter **224R** gekoppelt. In einigen Ausführungsformen sind der Differential-Referenzknoten **217** und der Referenzknoten **117** auf dem gleichen Potential.

[0061] Der zweite Differential-Abtast-Kondensator **220b** hat einen ersten Anschluss **230b**, welcher mit einem dritten Differentialschalter **226** gekoppelt ist, um wahlweise den zweiten Differential-Abtast-Kondensator **220b** mit dem zweiten Eingangsanschluss **211** zu koppeln, und einen zweiten Anschluss **232b**, welcher mit einem vierten Differentialschalter **228** gekoppelt ist, um wahlweise den zweiten Differential-Abtast-Kondensator **220b** mit dem gemeinsamen Differentialknoten **213** zu koppeln. Der zweite Anschluss **232b** des zweiten Differential-Abtast-Kondensators **220b** ist auch wahlweise mit dem Differential-Referenzknoten **217** durch einen dritten Differential-Referenzschalter **226R** gekoppelt. Der erste Anschluss **230b** des zweiten Differential-Abtast-Kondensators **220b** ist wahlweise mit dem zweiten Ausgangsknoten **215** des Verstärkers **105** durch einen vierten Differential-Referenzschalter **228R** gekoppelt.

[0062] Der dritte Differential-Abtast-Kondensator **240a** hat einen ersten Anschluss **250a**, welcher mit einem fünften Differentialschalter **242** gekoppelt ist, um wahlweise den dritten Differential-Abtast-Kondensator mit dem zweiten Eingangsanschluss **211** zu koppeln, und einen zweiten Anschluss **252a**, welcher mit einem sechsten Differentialschalter **244** gekop-

pelt ist, um wahlweise den dritten Differential-Abtast-Kondensator **240a** mit dem gemeinsamen Differentialknoten **213** zu koppeln. Der zweite Anschluss **252a** des dritten Differential-Abtast-Kondensators **240a** ist auch wahlweise mit einem Differential-Referenzknoten **217** durch einen fünften Differential-Referenzschalter **242R** gekoppelt. Der erste Anschluss **250a** des dritten Differential-Abtast-Kondensators **240a** ist wahlweise mit dem zweiten Ausgangsknoten **215** des Verstärkers **105** durch einen sechsten Differential-Referenzschalter **244R** gekoppelt.

[0063] Der vierte Differential-Abtast-Kondensator **240b** hat einen ersten Anschluss **250b**, welcher mit einem siebten Differentialschalter **246** gekoppelt ist, um wahlweise den vierten Differential-Abtast-Kondensator **240b** mit dem zweiten Eingangsanschluss **211** zu koppeln, und einen zweiten Anschluss **252b**, welcher mit einem achten Differentialschalter **248** gekoppelt ist, um wahlweise den vierten Differential-Abtast-Kondensator **240b** mit dem gemeinsamen Differentialknoten **213** zu koppeln. Der zweite Anschluss **252b** des vierten Differential-Abtast-Kondensators **240b** ist auch wahlweise mit dem Differential-Referenzknoten **217** durch einen siebten Differential-Referenzschalter **246R** gekoppelt. Der erste Anschluss **250b** des vierten Differential-Abtast-Kondensators **240b** ist wahlweise mit dem zweiten Ausgangsknoten **215** des Verstärkers **105** durch einen achten Differential-Referenzschalter **248R** gekoppelt.

[0064] Der Filter **200** weist weiterhin einen Takterzeuger **107** auf, welcher angepasst ist, um Taktsignale zum Steuern der verschiedenen Schalter vorzusehen, wie beispielsweise die veranschaulichenden Signale, welche obenstehend in Verbindung mit **Fig. 1A** gezeigt und beschrieben sind. Insbesondere ist ein erstes Taktsignal **171** vorgesehen, um den sechsten Differentialschalter **244**, den sechsten Differential-Referenzschalter **244R**, den achten Differentialschalter **248** und den achten Differential-Referenzschalter **248R** während eines ersten Abschnitts jedes Taktzyklus' zu schließen.

[0065] Der Taktsignalerzeuger **107** sieht weiterhin ein zweites Taktsignal **172** vor, um den ersten Differentialschalter **222** und den ersten Differential-Referenzschalter **222R** während eines dritten Abschnitts jedes Taktzyklus' zu schließen, und ein drittes, nicht-überlappendes Taktsignal **173**, um den dritten Differentialschalter **226** und den dritten Differential-Referenzschalter **226R** während eines vierten Abschnitts jedes Taktzyklus' zu schließen. Die Taktsignale **172** und **173** sind beide aktiv, während das Taktgebersignal **171** aktiv ist.

[0066] Der Taktsignalerzeuger sieht weiterhin ein viertes Taktsignal **176** vor, um den zweiten Differentialschalter **224**, den zweiten Differential-Referenz-

schalter **224R**, den vierten Differentialschalter **228** und den vierten Differential-Referenzschalter **228R** während eines zweiten Abschnitts jedes Taktzyklus' zu schließen. Ein fünftes Taktsignal **177** ist vorgesehen, um den fünften Differentialschalter **242** und den fünften Differential-Referenzschalter **242R** während eines fünften Abschnitts jedes Taktzyklus' zu schließen und ein sechstes nicht-überlappendes Taktsignal **178**, um den siebten Differentialschalter **246** und den siebten Differential-Referenzschalter **246R** während eines sechsten Abschnitts jedes Taktzyklus' zu schließen. Die Taktsignale **177** und **178** sind beide aktiv, während das Taktgebersignal **176** aktiv ist.

[0067] In Betrieb werden während eines ersten Abschnitts jedes Taktzyklus' die Differential-Abtast-Kondensatoren **220a**, **220b** wechselweise während nicht-überlappenden Zeitdauern geladen, während Differential-Kondensatoren **240a**, **240b** gemittelt werden, und deren gemittelte Ladung zu dem Filterausgang übertragen wird. Ähnlich werden während eines zweiten Abschnitts jedes Taktzyklus' (welcher hinsichtlich des ersten Abschnitts nicht-überlappend ist) Differential-Abtast-Kondensatoren **240a**, **240b** wechselweise während nicht-überlappenden Zeitdauern geladen, während die Ladung in Differential-Kondensatoren **220a**, **220b** gemittelt wird und ihre gemittelte Ladung zu dem Filterausgang übertragen wird.

[0068] Genauer ist während eines ersten Abschnitts T_1 jedes Taktzyklus' T_{ck} (hierin die erste Zeitdauer) das erste Taktsignal **171** in einem Logikzustand, hier high, um gesteuerte Differentialschalter **244**, **244R**, **248**, **248R** zu schließen. Es ist während der ersten Zeitdauer T_1 , dass die Ladung auf dem dritten und vierten Differential-Abtast-Kondensator **240a**, **240b** gemittelt wird, wenn die Ladung gleichzeitig von den Differential-Abtast-Kondensatoren zu dem zweiten Filterausgang **215** übertragen wird. In anderen Worten werden während der ersten Zeitdauer Differential-Abtast-Kondensatoren **240a**, **240b** parallel von dem gemeinsamen Differentialknoten **213** zu dem zweiten Verstärkerausgang **215** gekoppelt, so dass das Rückkopplungsnetzwerk des Operationsverstärkers **105** die Differential-Abtast-Kondensatoren **240a**, **240b** einschließt, welche zwischen dem Verstärkereingangsknoten **105b** und dem zweiten Ausgangsknoten **105d** gekoppelt sind.

[0069] Während des zweiten Abschnitts T_2 jedes Taktzyklus' T_{ck} (hierin die zweite Zeitdauer) ist das zweite Taktsignal **176** in einem Logikzustand, hier high, um gesteuerte Differentialschalter **224**, **224R**, **228**, **228R** zu schließen. Es ist während der zweiten Zeitdauer T_2 , dass die Ladung auf dem ersten und zweiten Differential-Abtast-Kondensator **220a**, **220b** gemittelt wird, wenn die Ladung gleichzeitig von den Differential-Abtast-Kondensatoren zu dem zweiten Filterausgang **215** übertragen wird. In anderen Worten werden während der zweiten Zeitdauer Differen-

tial-Abtast-Kondensatoren **220a**, **220b** parallel von dem gemeinsamen Differentialknoten **213** zu dem zweiten Verstärkerausgang **215** gekoppelt, so dass das Rückkopplungsnetzwerk des Operationsverstärkers **105** die Differential-Abtast-Kondensatoren **220a**, **220b** einschließt, welche zwischen dem Verstärkereingangsknoten **105b** und dem zweiten Ausgangsknoten **105d** gekoppelt sind.

[0070] Während eines dritten Abschnitts jedes Taktzyklus' T_3 (hierin die dritte Zeitdauer), welche während der ersten Zeitdauer T_1 auftritt, schließt das Taktsignal **172** Differentialschalter **222** und **222R**. Demnach ist während der dritten Zeitdauer T_3 der erste Differential-Abtast-Kondensator **220a** zwischen dem Differential-Eingangsanschluss **211** und dem Differential-Referenzknoten **217** gekoppelt.

[0071] Während eines vierten Abschnitts T_4 jedes Taktzyklus' T_{ck} (hierin die vierte Zeitdauer) ist das vierte Taktsignal **173** in einem Logikzustand, hier high, um gesteuerte Differentialschalter **226**, **226R** zu schließen. Demnach ist während der vierten Zeitdauer T_4 der zweite Differential-Abtast-Kondensator **220b** mit dem Differential-Eingangsanschluss **211** und dem Differential-Referenzknoten **217** gekoppelt. Demnach wird während der dritten Zeitdauer T_3 der Differential-Abtast-Kondensator **220a** durch ein Differential-Eingangssignal am Anschluss **211** geladen, welches ähnlich zu dem Eingangssignal **181** der **Fig. 1D** oder **Fig. 1G** ist, und während der vierten Zeitdauer T_4 wird der Differential-Abtast-Kondensator **220b** durch das Differential-Eingangssignal am Anschluss **211** geladen.

[0072] Während eines fünften Abschnitts jedes Taktzyklus' T_5 (hierin die fünfte Zeitdauer), welche während der zweiten Zeitdauer T_2 auftritt, schließt das Taktsignal **177** Differentialschalter **242** und **242R**. Demnach ist während der fünften Zeitdauer T_5 der dritte Differential-Abtast-Kondensator **240a** zwischen dem zweiten Eingangsanschluss **211** und dem Differential-Referenzknoten **217** gekoppelt.

[0073] Während eines sechsten Abschnitts T_6 jedes Taktzyklus' T_{ck} (hierin die sechste Zeitdauer) ist das sechste Taktsignal **178** in einem Logikzustand, hier high, um gesteuerte Differentialschalter **246**, **246R** zu schließen. Demnach ist während der sechsten Zeitdauer T_6 der vierte Differential-Abtast-Kondensator **240b** mit dem Differential-Eingangsanschluss **211** und dem Differential-Referenzknoten **217** gekoppelt. Demnach wird während der fünften Zeitdauer T_5 der Differential-Abtast-Kondensator **240a** durch ein Differential-Eingangssignal am Anschluss **211** geladen, und während der sechsten Zeitdauer T_6 wird der Differential-Abtast-Kondensator **240b** durch das Differential-Eingangssignal am Anschluss **211** geladen.

[0074] Es wird durch Fachleute anerkannt werden, dass, während die Differential-Kerbfiler-Ausführungsform mit zwei Abtast-Netzwerken mit geschaltetem Kondensator gezeigt ist, welche mit jedem Eingangsanschluss **111**, **211** gekoppelt sind, andere Anzahlen von Abtast-Netzwerken mit geschaltetem Kondensator verwendet werden können. Es wird weiterhin verstanden werden, dass, obwohl gezeigt ist, dass jedes Abtast-Netzwerk **101a**, **101b**, **201a**, **201b** zwei Abtast-Kondensatoren aufweist, mehr Abtast-Kondensatoren in jedem Abtast-Netzwerk verwendet werden können.

[0075] Wie bekannt ist, gibt es eine Vielzahl von Typen von Magnetfeld-Sensierelementen einschließlich, jedoch nicht beschränkt auf Hall-Effekt-Elemente, einschließlich beispielsweise einem planaren Hall-Element und einem vertikalen Hall-Element. Hall-Effekt-Elemente erzeugen eine Ausgangsspannung proportional zu einem Magnetfeld. Das Material, welches für ein Hall-Element verwendet wird, kann Si, GaAs, InGaAsP, InSb, InAs, Ge, SiGe oder andere Halbleitermaterialien einschließen, ist jedoch nicht hierauf beschränkt.

[0076] Magnetfeldsensoren, d. h. Schaltungen, welche Magnetfeld-Sensierelemente verwenden, werden in einer Vielzahl von Anwendungen verwendet, einschließlich, jedoch nicht beschränkt auf einen Stromsensor, welcher ein Magnetfeld sensiert bzw. erfasst, welches durch einen Strom erzeugt wird, welcher durch einen stromführenden Leiter geführt wird, einen linearen Magnetfeldsensor, welcher eine analoge oder eine digitale Ausgabe in Proportion zu der Stärke eines Magnetfeldes erzeugt, einen Magnetschalter, welcher die Nachbarschaft eines ferromagnetischen Objekts sensiert bzw. erfasst, einen Drehdetektor, welcher vorbeitretende ferromagnetische Partikel sensiert, beispielsweise magnetische Domänen eines Ringmagneten, und einen Magnetfeldsensor, welcher eine Magnetfelddichte eines Magnetfeldes sensiert.

[0077] Viele Transducer, welche Hall-Effekt-Elemente aufweisen, tendieren dazu, durch eine Vielzahl von Faktoren in ihrer Genauigkeit beschränkt zu sein, einschließlich, jedoch nicht beschränkt auf einen DC-Offset des Ausgangssignals von dem Hall-Effekt-Element. Wenn es einen DC-Offset hat, erzeugt das Hall-Effekt-Element oder ein anderes Magnetfeld wie ein Magneto-Widerstandselement ein Ausgangssignal, welches ein Magnetfeld, welches nicht Null ist, repräsentiert, wenn ein Magnetfeld von Null anwesend ist. Besonders für kleine sensierte Magnetfelder kann der Offset zu einem wesentlichen Fehler führen.

[0078] Eine Vielzahl von Techniken wird verwendet, um einen DC-Offset, welcher mit einem Magnetfeld-Sensierelement verknüpft ist, zu verringern, bei-

spielsweise Techniken, welche im US-Patent mit der Nr. 5 621 319 beschrieben sind, welches den Titel „Chopped Hall Sensor with Synchronously Chopped Sample and Hold Circuit“ trägt, welches am 15. April 1997 erteilt wurde; Techniken, welche im US-Patent Nr. 7 425 821 mit dem Titel „Chopped Hall Effect Sensor“ beschrieben werden, welches am 16. September 2008 erteilt wurde; Techniken, welche im US-Patent 7 605 647 mit dem Titel „Chopper-stabilized Amplifier and Magnetic Field Sensor“ beschrieben sind, welches am 20. Oktober 2009 erteilt wurde, welche jeweils dem Abtretungsempfänger der vorliegenden Erfindung abgetreten sind, und von welchen jedes durch Bezugnahme hierin in seiner Gesamtheit mit eingeschlossen ist.

[0079] Um die Leistungsfähigkeit eines Chopped-Hall-Effekt Sensors, eines Sinc bzw. si-Filters oder eines Kerbfilters zu verbessern, kann beispielsweise hilfreich sein, was im US-Patent Nr. 7 425 821 beschrieben ist. Der Kerbfilter der vorliegenden Erfindung ist insbesondere wünschenswert, da er eine verringerte Größe haben kann, wenn er mit früheren solchen Filtern verglichen wird. Die Größenverringerung ist aufgrund der gleichzeitigen Mittelwertbildung und des Übertragens der Kondensatorladung (wodurch die Notwendigkeit für eine Pufferstufe beseitigt wird) und auch möglicherweise aufgrund der Beseitigung eines Glättungsfilters in Anwendungen, in welchen die Tiefpass-Filterung, welche durch den beschriebenen Kerbfilter vorgesehen wird, ausreicht. Zusätzlich haben die beschriebenen Kerbfilter eine schnellere Ansprechzeit als bisher erreichbar, da die Abtastung und Ladungsmittelung oder die Übertragung gleichzeitig stattfinden. Während der Zeit, während der die Abtast-Netzwerke **201a** und **201b** den Eingang abtasten, sind die Netzwerke **101a**, **101b** in der Rückkopplung des Filters platziert, um Ladung zu übertragen, wodurch das Abtasten des Eingangs mit einem Satz von Abtast-Netzwerken auftritt, während die Ladungsübertragung und das Mitteln mit einem anderen Satz von Netzwerken stattfindet.

[0080] Bezug nehmend nunmehr auf **Fig. 3** weist ein Chopped-Hall-Effekt Sensor **300** einen Differential-Kerbfilter **200** (**Fig. 2**) und eine Hall-Plattenschaltung **301** auf. Der Transducer **303**, welcher hier als Hall-Element gezeigt ist, kann aufweisen, ist jedoch nicht beschränkt auf ein planares Hall-Element oder ein vertikales Hall-Element. Alternativ kann das Hall-Element durch ein Magneto-Widerstandselement (beispielsweise einschließlich, jedoch nicht beschränkt auf ein anisotropes Magneto-Widerstands(AMR = Anisotropic Magneto Resistance)-Element ein Riesen-Magneto-Widerstands (GMR = Giant Magneto Resistance)-Element, ein Tunnelmagneto-Widerstandselement (TMR = Tunneling Magneto Resistance) sein), oder einen allgemeiner Transducer (beispielsweise ein Beschleunigungsmesser, Flusssensor oder Drucksensor)). Das

Hall-Element **303** hat einen Ausgang bzw. eine Ausgabe **313**, welche in Übereinstimmung mit einem sensierten Magnetfeld variiert, und eine Hall-Modulationsschaltung **305** ist empfindlich auf die Ausgabe **313** und sieht ein Modulationsschaltungsausgangssignal an einem Ausgang **315** vor. Das Hall-Element **303** und die Hall-Modulationsschaltung **305** kombinieren, um eine geschaltete Hall-Platte **306** zu bilden. Das Modulationsschaltungsausgangssignal **315** ist mit dem Eingang der Verstärkerstufe **307** gekoppelt, welche einen Chopped-Verstärker bzw. einen Zerhackungsverstärker aufweisen mag. In einigen Ausführungsformen kann ein Anti-Aliasing-Filter **319** zwischen dem Verstärkerausgang **317** und Eingänge **111** und **211** zu bzw. an dem Differential-Kerbfilter **200** gekoppelt sein. Der Anti-Aliasing-Filter **319** entfernt Frequenzkomponenten über der Modulationsfrequenz um sicherzustellen, dass der Kerbfilter das Nyquist-Kriterium für Rauschsignale erfüllt. Die Kerb- bzw. Sperr- oder Betriebsfrequenz des Kerbfilters **200** wird ausgewählt, um die modulierte Offset-Signalkomponente (Welligkeit) zu entfernen und wird demnach auf die Modulationsfrequenz eingestellt, bei welcher die Offset-Signalkomponente moduliert wird, wenn sie den Kerbfilter erreicht. In einigen Ausführungsformen, wie beispielsweise in denjenigen, in welchen die Hall-Modulationsschaltung **305** die Magnetsignalkomponente an Stelle der Offset-Signalkomponente moduliert, kann ein Satz von Demodulierschaltern (nicht gezeigt) zwischen dem Verstärker **307** und dem Anti-Aliasing-Filter **309** benötigt werden, wie im US-Patent Nr. 7 425 821 beschrieben ist.

[0081] In einer anderen Ausführungsform kann eine Vier-Phasen Chopped-Hall-Effekt-Schaltung implementiert werden. In diesem Fall würde es vier Abtast-Netzwerke mit geschaltetem Kondensator in jedem Abtast-Netzwerk **101** und **201** geben.

Patentansprüche

1. Kerbfilter (**100**, **200**) mit geschaltetem Kondensator, der Folgendes aufweist:
einen Operationsverstärker (**105**), welcher einen negativen Eingangsknoten (**105a**), welcher mit einem gemeinsamen Knoten (**113**) gekoppelt ist, einen Eingangsknoten (**105b**) und einen Ausgangsknoten (**115**) aufweist, an welchem ein Ausgangssignal des Filters vorgesehen ist;
einen ersten Abtast-Kondensator (**120a**), welcher einen ersten Anschluss (**130a**) hat, welcher wahlweise durch einen ersten Schalter (**122**) mit einem Eingangssignal gekoppelt ist, und welcher einen zweiten Anschluss (**132a**) hat, welcher wahlweise durch einen zweiten Schalter (**124**) mit dem gemeinsamen Knoten (**113**) gekoppelt ist;
einen zweiten Abtast-Kondensator (**120b**), welcher einen ersten Anschluss (**130b**) hat, welcher wahlweise durch einen dritten Schalter (**126**) mit einem Ein-

gangssignal gekoppelt ist, und welcher einen zweiten Anschluss (**132b**) hat, welcher wahlweise durch einen vierten Schalter (**128**) mit dem gemeinsamen Knoten (**113**) gekoppelt ist;

einen ersten Referenzschalter (**122R**), welcher zwischen dem zweiten Anschluss (**132a**) des ersten Abtast-Kondensators (**120a**) und einem Referenzknoten (**117**) gekoppelt ist;

einen zweiten Referenzschalter (**124R**), welcher zwischen dem ersten Anschluss (**130a**) des ersten Abtast-Kondensators (**120a**) und dem Ausgangsknoten (**105c**) des Operationsverstärkers (**105**) gekoppelt ist;

einen dritten Referenzschalter (**126R**), welcher zwischen dem zweiten Anschluss (**132b**) des zweiten Abtast-Kondensators (**120b**) und dem Referenzknoten (**117**) gekoppelt ist;

einen vierten Referenzschalter (**128R**), welcher zwischen dem ersten Anschluss (**130b**) des zweiten Abtast-Kondensators (**120b**) und dem Ausgangsknoten (**105c**) des Operationsverstärkers (**105**) gekoppelt ist;

einen dritten Abtast-Kondensator (**140a**), welcher einen ersten Anschluss (**150a**) hat, welcher wahlweise durch einen fünften Schalter (**142**) mit dem Eingangssignal gekoppelt ist, und welcher einen zweiten Anschluss (**152a**) hat, welcher wahlweise durch einen sechsten Schalter (**144**) mit dem gemeinsamen Knoten (**113**) gekoppelt ist;

einen vierten Abtast-Kondensator (**140b**), welcher einen ersten Anschluss (**150b**) hat, welcher wahlweise durch einen siebten Schalter (**146**) mit dem Eingangssignal gekoppelt ist, und welcher einen zweiten Anschluss (**152b**) hat, welcher wahlweise durch einen achten Schalter (**148**) mit dem gemeinsamen Knoten (**113**) gekoppelt ist;

einen fünften Referenzschalter (**142R**), welcher zwischen dem zweiten Anschluss (**152a**) des dritten Abtast-Kondensators (**140a**) und dem Referenzknoten (**117**) gekoppelt ist;

einen sechsten Referenzschalter (**144R**), welcher zwischen dem ersten Anschluss (**150a**) des dritten Abtast-Kondensators (**140a**) und dem Ausgangsknoten (**105c**) des Operationsverstärkers (**105**) gekoppelt ist;

einen siebten Referenzschalter (**146R**), welcher zwischen dem zweiten Anschluss (**152b**) des vierten Abtast-Kondensators (**140b**) und dem Referenzknoten (**117**) gekoppelt ist;

einen achten Referenzschalter (**148R**), welcher zwischen dem ersten Anschluss (**150b**) des vierten Abtast-Kondensators (**140b**) und dem Ausgangsknoten (**105c**) des Operationsverstärkers (**105**) gekoppelt ist;

2. Filter (**100, 200**) nach Anspruch 1, weiterhin aufweisend einen Taktsignalerzeuger (**107**) zum Vorsehen eines ersten Taktsignals (**171**), um den sechsten Schalter (**144**), den sechsten Referenzschalter (**144R**), den achten Schalter (**148**) und den achten

Referenzschalter (**148R**) während eines ersten Abschnitts jedes Taktzyklus' zu schließen, und eines zweiten Taktsignals (**176**), um den zweiten Schalter (**124**), den zweiten Referenzschalter (**124R**), den vierten Schalter (**128**) und den vierten Referenzschalter (**128R**) während eines zweiten Abschnitts jedes Taktzyklus' zu schließen.

3. Filter (**100, 200**) nach Anspruch 2, wobei das erste und zweite Taktsignal (**171, 176**) nicht-überlappend sind.

4. Filter (**100, 200**) nach Anspruch 2, wobei der Taktsignalerzeuger (**107**) weiterhin ein drittes Taktsignal (**172**), um den ersten Schalter (**122**) und den ersten Referenzschalter (**122R**) zu schließen, ein viertes Taktsignal (**173**), um den dritten Schalter (**126**) und den dritten Referenzschalter (**126R**) zu schließen, ein fünftes Taktsignal (**177**), um den fünften Schalter (**142**) und den fünften Referenzschalter (**142R**) zu schließen und ein sechstes Taktsignal (**178**), um den siebten Schalter (**146**) und den siebten Referenzschalter (**146R**) zu schließen, erzeugt, wobei das dritte und das vierte Taktsignal (**172, 173**) mit dem ersten Taktsignal (**171**) überlappen und das fünfte und das sechste Taktsignal (**177, 178**) mit dem zweiten Taktsignal (**176**) überlappen.

5. Filter (**100, 200**) nach Anspruch 3, wobei das zweite Taktsignal (**176**) das Inverse des ersten Taktsignals (**171**) ist.

6. Filter (**100, 200**) nach Anspruch 4, weiterhin aufweisend einen fünften Abtast-Kondensator und einen sechsten Abtast-Kondensator, welche parallel mit dem ersten und dem zweiten Abtast-Kondensator (**120a, 120b**) zwischen dem gemeinsamen Knoten (**113**) und dem Ausgangsknoten (**105c**) des Operationsverstärkers (**105**) während des zweiten Abschnitts jedes Taktzyklus' gekoppelt sind, und weiterhin aufweisend einen siebten Abtast-Kondensator und einen achten Abtast-Kondensator, welche parallel mit dem dritten Abtast-Kondensator (**140a**) und dem vierten Abtast-Kondensator (**140b**) zwischen dem gemeinsamen Knoten (**113**) und dem Ausgangsknoten (**105c**) des Operationsverstärkers (**105**) während des ersten Abschnitts jedes Taktzyklus' gekoppelt sind.

7. Filter (**100, 200**) nach Anspruch 6, wobei der Taktsignalerzeuger (**107**) weiterhin ein siebtes Taktsignal, um den fünften Abtast-Kondensator mit dem Eingangsknoten (**111**) zu koppeln, ein achttes Taktsignal, um den sechsten Abtast-Kondensator mit dem Eingangsknoten (**111**) zu koppeln, ein neuntes Taktsignal, um den siebten Abtast-Kondensator mit dem Eingangsknoten (**111**) zu koppeln und ein zehntes Taktsignal, um den achten Abtast-Kondensator mit dem Eingangsknoten (**111**) zu koppeln, vorsieht, wobei das siebte und das achte Taktsignal mit dem ers-

ten Taktsignal (171) überlappen und das neunte und das zehnte Taktsignal mit dem zweiten Taktsignal (176) überlappen.

8. Filter (100, 200) nach Anspruch 2, weiterhin aufweisend einen fünften Abtast-Kondensator und einen sechsten Abtast-Kondensator und wobei der Taktsignalerzeuger (107) weiterhin ein drittes Taktsignal vorsieht, um den fünften Abtast-Kondensator und den sechsten Abtast-Kondensator parallel zwischen dem gemeinsamen Knoten (113) und dem Ausgangsknoten (105c) des Operationsverstärkers (105) während eines dritten Abschnitts jedes Taktzyklus' zu koppeln.

9. Filter (100, 200) nach Anspruch 8, wobei das erste, das zweite und das dritte Taktsignal nicht-überlappend sind.

10. Filter (100, 200) nach Anspruch 1, wobei der Operationsverstärker (105) einen zweiten Ausgangsknoten (215) und einen Differential-Referenzknoten (217) hat, und wobei der Filter (100, 200) weiterhin Folgendes aufweist:

einen ersten Differential-Abtast-Kondensator (220a), welcher einen ersten Anschluss (230a) hat, welcher wahlweise mit einem zweiten Eingangssignal durch einen ersten Differentialschalter (222) gekoppelt ist, und welcher einen zweiten Anschluss (232a) hat, welcher wahlweise mit einem gemeinsamen Differentialknoten (213) durch einen zweiten Differentialschalter (224) gekoppelt ist;

einen zweiten Differential-Abtast-Kondensator (220b), welcher einen ersten Anschluss (230b) hat, welcher wahlweise mit dem zweiten Eingangssignal durch einen dritten Differentialschalter (226) gekoppelt ist, und welcher einen zweiten Anschluss (232b) hat, welcher wahlweise mit dem gemeinsamen Differentialknoten (213) durch einen vierten Differentialschalter (228) gekoppelt ist;

einen ersten Differential-Referenzschalter (222R), welcher zwischen dem zweiten Anschluss (232a) des ersten Differential-Abtast-Kondensators (220a) und dem Differential-Referenzknoten (217) gekoppelt ist; einen zweiten Differential-Referenzschalter (224R), welcher zwischen dem ersten Anschluss (230a) des ersten Differential-Abtast-Kondensators (220a) und dem zweiten Ausgangsknoten (215) des Operationsverstärkers (105) gekoppelt ist;

einen dritten Differential-Referenzschalter (226R), welcher zwischen dem zweiten Anschluss (232b) des zweiten Differential-Abtast-Kondensators und dem Differential-Referenzknoten (217) gekoppelt ist;

einen vierten Differential-Referenzschalter (228R), welcher zwischen dem ersten Anschluss (230b) des zweiten Differential-Abtast-Kondensators (220b) und dem zweiten Ausgangsknoten (215) des Operationsverstärkers (105) gekoppelt ist;

einen dritten Differential-Abtast-Kondensator (240a), welcher einen ersten Anschluss (250a) hat, welcher wahlweise mit dem zweiten Eingangssignal durch ei-

nen fünften Differentialschalter (242) gekoppelt ist, und welcher einen zweiten Anschluss (252a) hat, welcher wahlweise mit dem gemeinsamen Differentialknoten (213) durch einen sechsten Differentialschalter (244) gekoppelt ist;

einen vierten Differential-Abtast-Kondensator (240b), welcher einen ersten Anschluss (250b) hat, welcher wahlweise mit dem zweiten Eingangssignal durch einen siebten Differentialschalter (246) gekoppelt ist, und welcher einen zweiten Anschluss (252b) hat, welcher wahlweise mit dem gemeinsamen Differentialknoten (213) durch einen achten Differentialschalter (248) gekoppelt ist;

einen fünften Differential-Referenzschalter (242R), welcher zwischen dem zweiten Anschluss (252a) des dritten Differential-Abtast-Kondensators (240a) und dem Differential-Referenzknoten (217) gekoppelt ist; einen sechsten Differential-Referenzschalter (244R), welcher zwischen dem ersten Anschluss (250a) des dritten Differential-Abtast-Kondensators (240a) und dem zweiten Ausgangsknoten (215) des Operationsverstärkers (105) gekoppelt ist;

einen siebten Differential-Referenzschalter (246R), welcher zwischen dem zweiten Anschluss (252b) des vierten Differential-Abtast-Kondensators (240b) und dem Differential-Referenzknoten (217) gekoppelt ist; und

einen achten Differential-Referenzschalter (248R), welcher zwischen dem ersten Anschluss (250b) des vierten Differential-Abtast-Kondensators (240b) und dem zweiten Ausgangsknoten (215) des Operationsverstärkers (105) gekoppelt ist.

11. Filter (100, 200) nach Anspruch 10, weiterhin aufweisend einen Taktsignalerzeuger (107) zum Vorsehen eines ersten Taktsignals (171), um den sechsten Differentialschalter (244), den sechsten Differential-Referenzschalter (244R), den achten Differentialschalter (248) und den achten Differential-Referenzschalter (248R) während eines ersten Abschnitts jedes Taktzyklus' zu schließen, und eines zweiten Taktsignals (176), um den zweiten Differentialschalter (224), den zweiten Differential-Referenzschalter (224R), den vierten Differentialschalter (228) und den vierten Differential-Referenzschalter (228R) während eines zweiten Abschnitts jedes Taktzyklus' zu schließen.

12. Filter (100, 200) nach Anspruch 11, wobei das erste und das zweite Taktsignal (171, 176) nicht-überlappend sind.

13. Filter (100, 200) nach Anspruch 11, wobei der Taktsignalerzeuger (107) weiterhin ein drittes Taktsignal (172), um den ersten Differentialschalter (222) und den ersten Differential-Referenzschalter (222R) zu schließen, ein viertes Taktsignal (173), um den dritten Differentialschalter (226) und den dritten Differential-Referenzschalter (226R) zu schließen, ein fünftes Taktsignal (177), um den fünften Differen-

tialschalter (242) und den fünften Differential-Referenzschalter (242R) zu schließen, und ein sechstes Taktsignal (178), um den siebten Differentialschalter (246) und den siebten Differential-Referenzschalter (246R) zu schließen, erzeugt, wobei das dritte und das vierte Taktsignal (172, 173) mit dem ersten Taktsignal (171) überlappen, und das fünfte und das sechste (177, 178) Taktsignal mit dem zweiten Taktsignal (176) überlappen.

14. Filter (100, 200) nach Anspruch 12, wobei das zweite Taktsignal (176) das Inverse des ersten Taktsignals (171) ist.

15. Filter (100, 200) nach Anspruch 13, weiterhin aufweisend einen fünften Differential-Abtast-Kondensator und einen sechsten Differential-Abtast-Kondensator, welche parallel mit dem ersten und dem zweiten Differential-Abtast-Kondensator (220a, 220b) zwischen dem gemeinsamen Differentialknoten (213) und dem zweiten Ausgangsknoten (215) des Operationsverstärkers (105) während des zweiten Abschnitts jedes Taktzyklus' gekoppelt sind, und weiterhin aufweisend einen siebten Differential-Abtast-Kondensator und einen achten Differential-Abtast-Kondensator, welche parallel mit dem dritten Differential-Abtast-Kondensator (240a) und dem vierten Differential-Abtast-Kondensator (240b) zwischen dem gemeinsamen Differentialknoten (213) und dem zweiten Ausgangsknoten (215) des Operationsverstärkers (105) während des ersten Abschnitts jedes Taktzyklus' gekoppelt sind.

16. Filter (100, 200) nach Anspruch 15, wobei der Taktsignalerzeuger (107) weiterhin ein siebtes Taktsignal, um den fünften Differential-Abtast-Kondensator mit dem zweiten Eingangsanschluss zu koppeln, ein achttes Taktsignal, um den sechsten Differential-Abtast-Kondensator mit dem zweiten Eingangsanschluss zu koppeln, ein neuntes Taktsignal, um den siebten Differential-Abtast-Kondensator mit dem zweiten Eingangsanschluss zu koppeln und ein zehntes Taktsignal, um den achten Differential-Abtast-Kondensator mit dem zweiten Eingangsanschluss zu koppeln, vorsieht, wobei das siebte und das achte Taktsignal mit dem ersten Taktsignal (171) überlappen, und das neunte und das zehnte Taktsignal mit dem zweiten Taktsignal (176) überlappen.

17. Filter (100, 200) nach Anspruch 16, wobei das erste und das zweite Eingangssignal zu dem Kerbfilter (100, 200) durch eine Magnetfeld-Sensorschaltung vorgesehen sind.

18. Filter (100, 200) nach Anspruch 17, wobei die Magnetfeld-Sensorschaltung eine geschaltete Hall-Schaltung aufweist.

19. Filter (100, 200) nach Anspruch 10, weiterhin aufweisend einen fünften Differential-Abtast-

Kondensator und einen sechsten Differential-Abtast-Kondensator, und wobei der Taktsignalerzeuger (107) weiterhin ein drittes Taktsignal vorsieht, um den fünften Differential-Abtast-Kondensator und den sechsten Differential-Abtast-Kondensator parallel zwischen dem gemeinsamen Differentialknoten (213) und dem zweiten Ausgangsknoten (215) des Operationsverstärkers (105) während eines dritten Abschnitts jedes Taktzyklus' zu koppeln.

20. Filter (100, 200) nach Anspruch 19, wobei das erste, das zweite und das dritte Taktsignal nicht-überlappend sind.

21. Kerbfilter (100, 200) mit geschaltetem Kondensator, der Folgendes aufweist:
einen Operationsverstärker (105), welcher einen negativen Eingangsknoten (105a), welcher mit einem gemeinsamen Knoten (113) gekoppelt ist, einen Eingangsknoten (111) und einen Ausgangsknoten (105c) hat, an welchem ein Ausgangssignal des Filters (100, 200) vorgesehen ist;
einen ersten Satz von wenigstens zwei Abtast-Kondensatoren (120a, 120b), welche wahlweise zwischen einem Eingangssignal und einem Referenzknoten (117) während einer ersten Zeitdauer zum wechselweisen Abtasten des Eingangssignals während der ersten Zeitdauer gekoppelt sind, und zwischen dem gemeinsamen Knoten (113) und dem Ausgangsknoten (105c) des Operationsverstärkers (105) während einer zweiten Zeitdauer gekoppelt sind; und
einen zweiten Satz von wenigstens zwei Abtast-Kondensatoren (140a, 140b), welche wahlweise zwischen dem Eingangssignal und dem Referenzknoten (117) während einer zweiten Zeitdauer zum wechselweisen Abtasten des Eingangssignals während der zweiten Zeitdauer gekoppelt sind, und zwischen dem gemeinsamen Knoten (113) und dem Ausgangsknoten (105c) des Operationsverstärkers (105) während der ersten Zeitdauer gekoppelt sind

22. Kerbfilter (100, 200) nach Anspruch 21, wobei das Eingangssignal zu dem Kerbfilter (100, 200) durch einen Magnetfeld-Transducer vorgesehen ist.

23. Kerbfilter (100, 200) nach Anspruch 22, wobei der Magnetfeld-Transducer ein Chopped-Hall Sensor ist.

24. Kerbfilter (100, 200) nach Anspruch 21, wobei der Filter (100, 200) wenigstens acht Abtast-Kondensatoren aufweist.

Es folgen 12 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

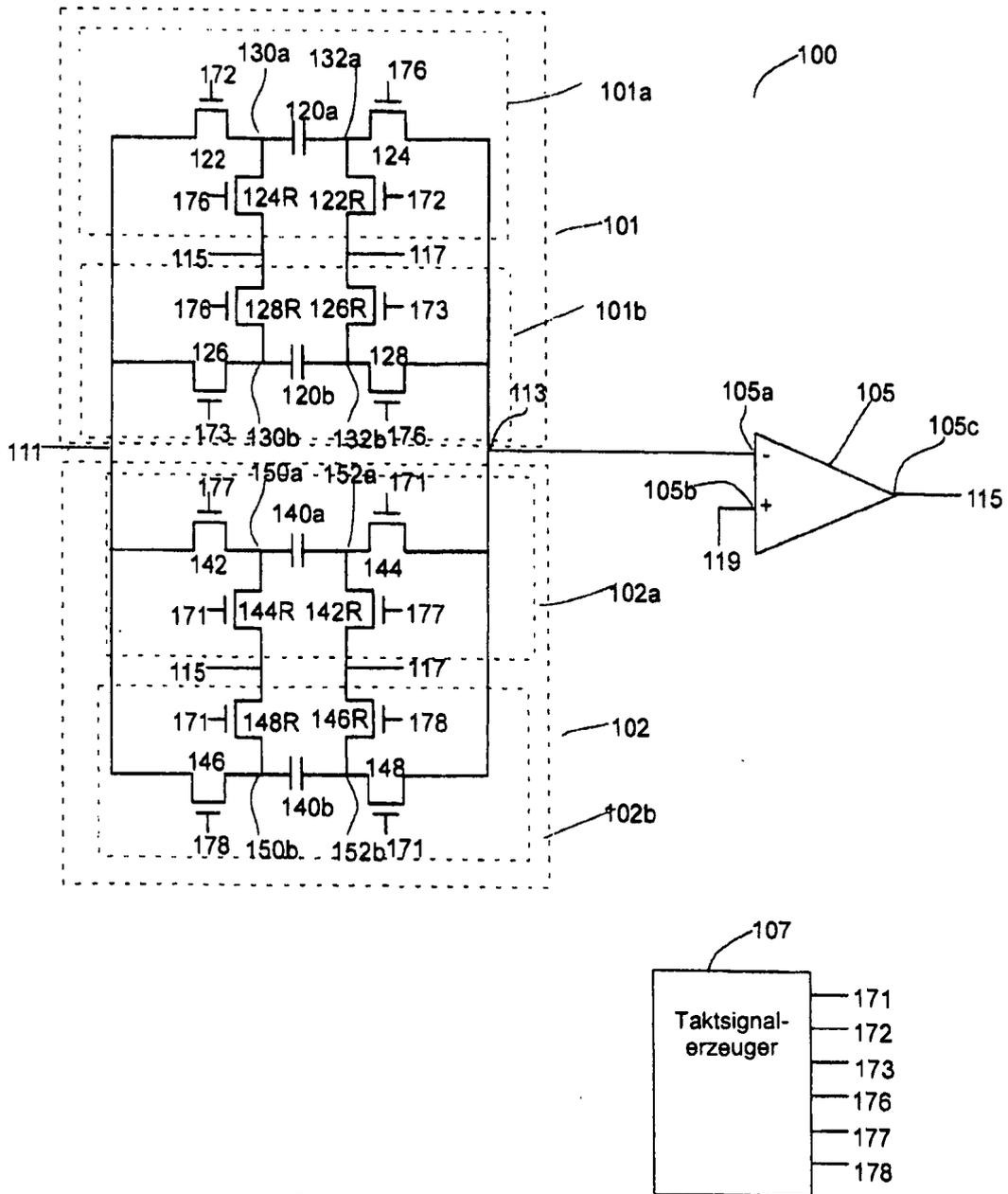


Fig. 1

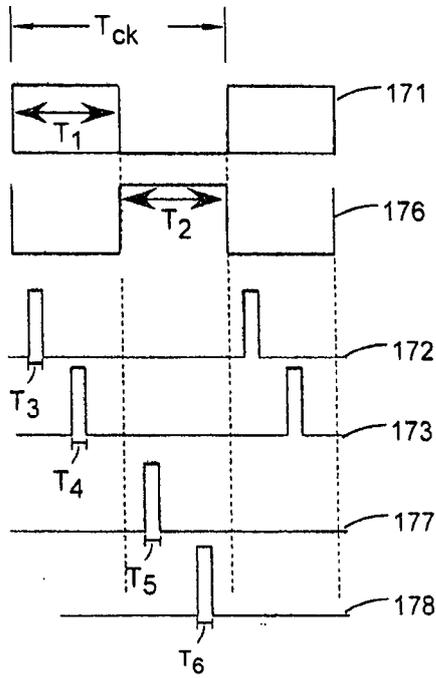


Fig. 1A

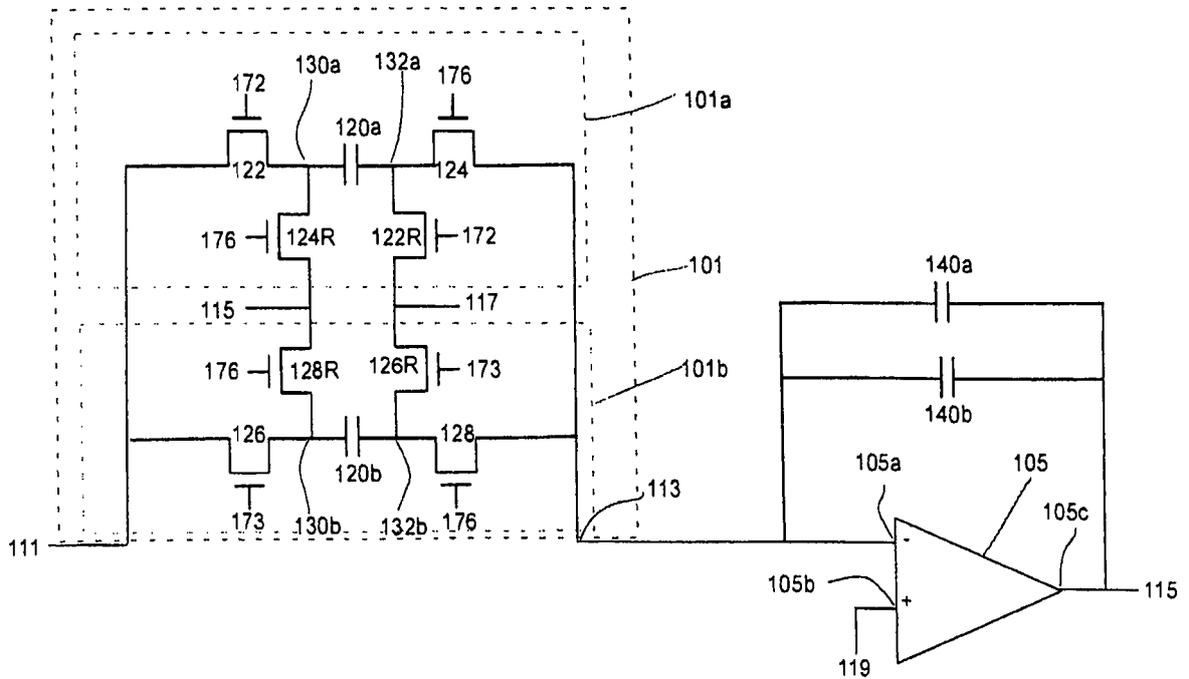


Fig. 1B

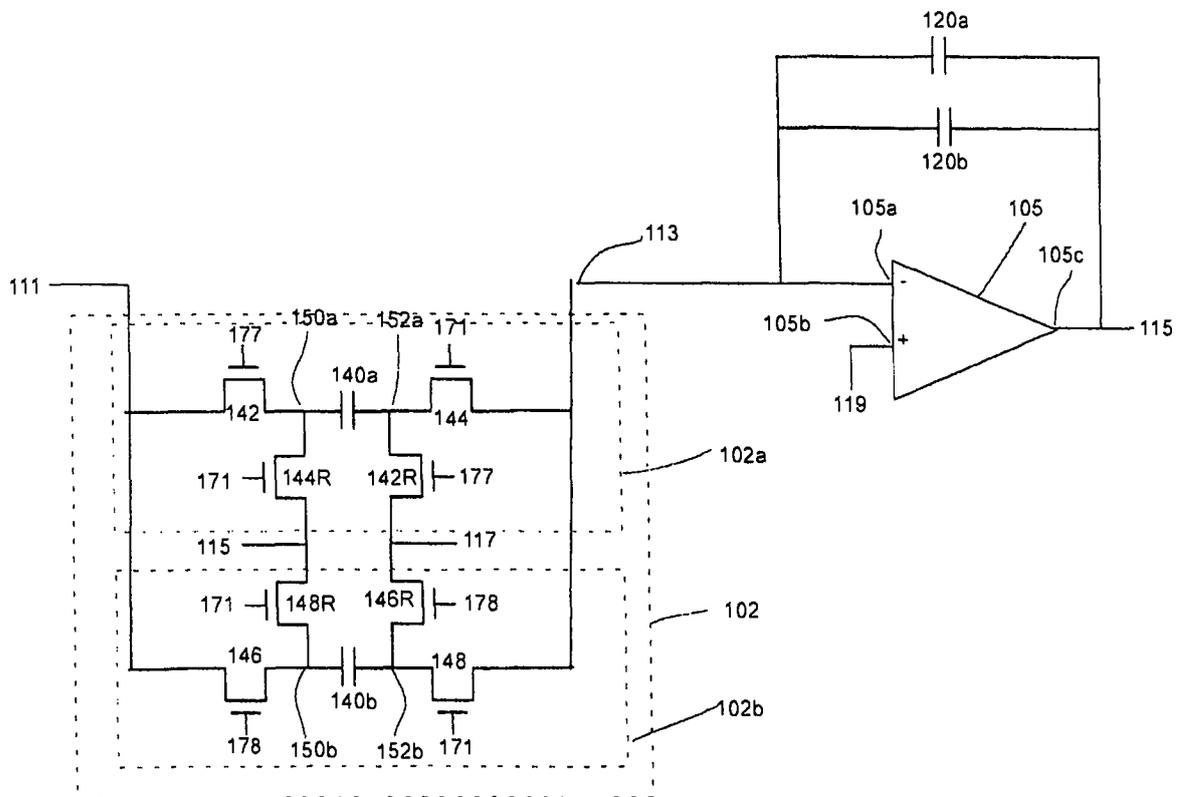


Fig. 1C

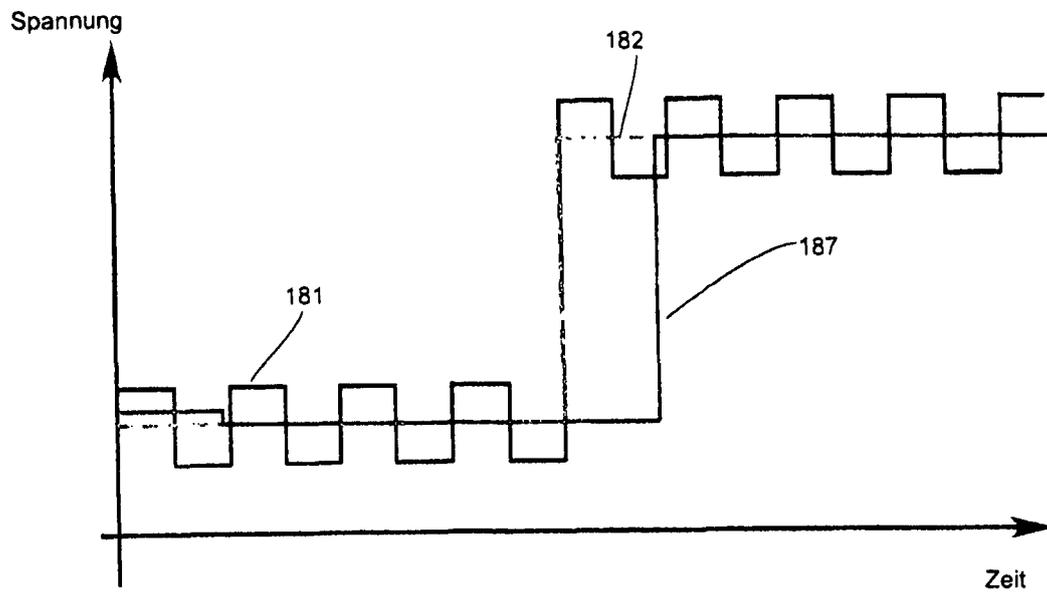


Fig. 1D

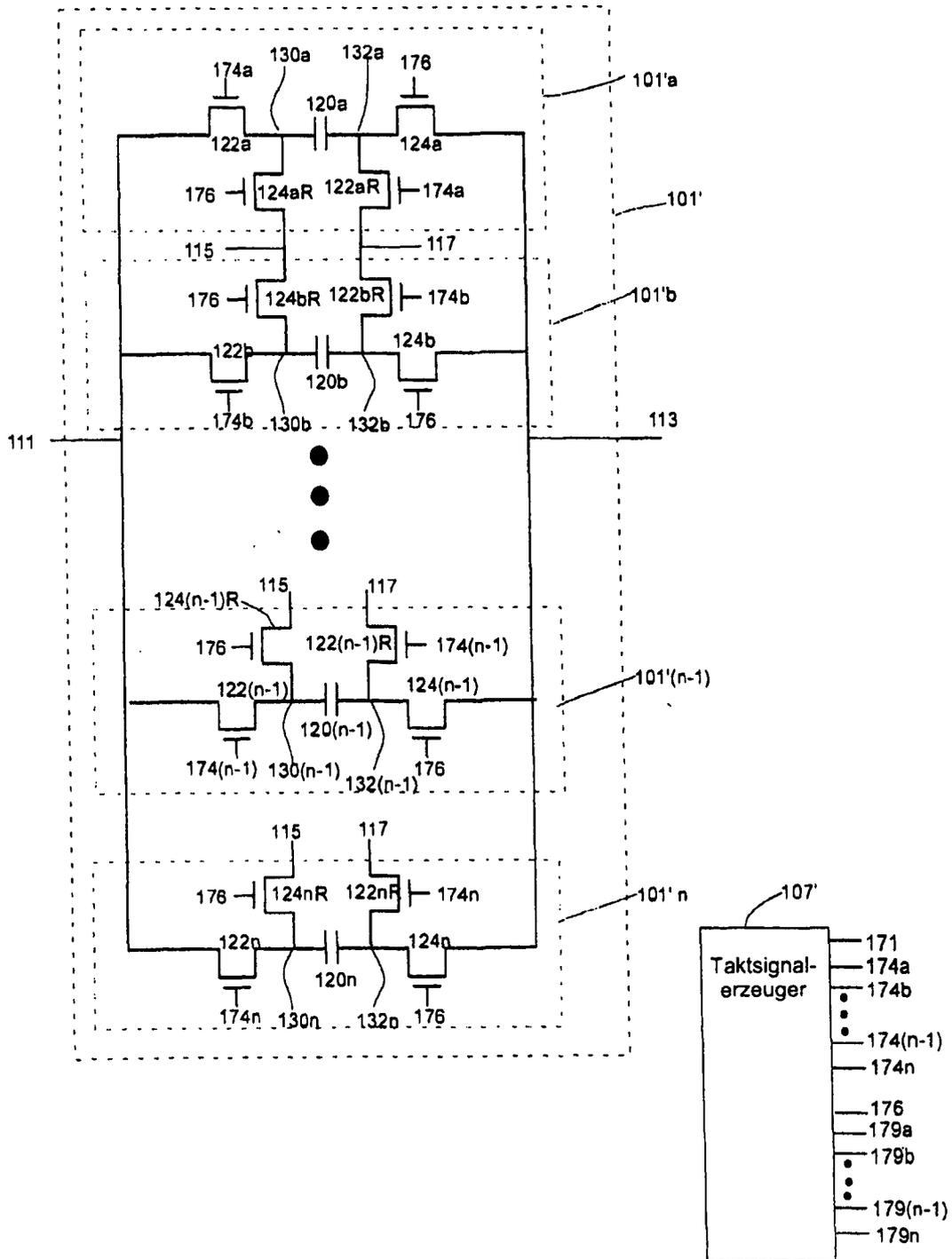


Fig. 1E

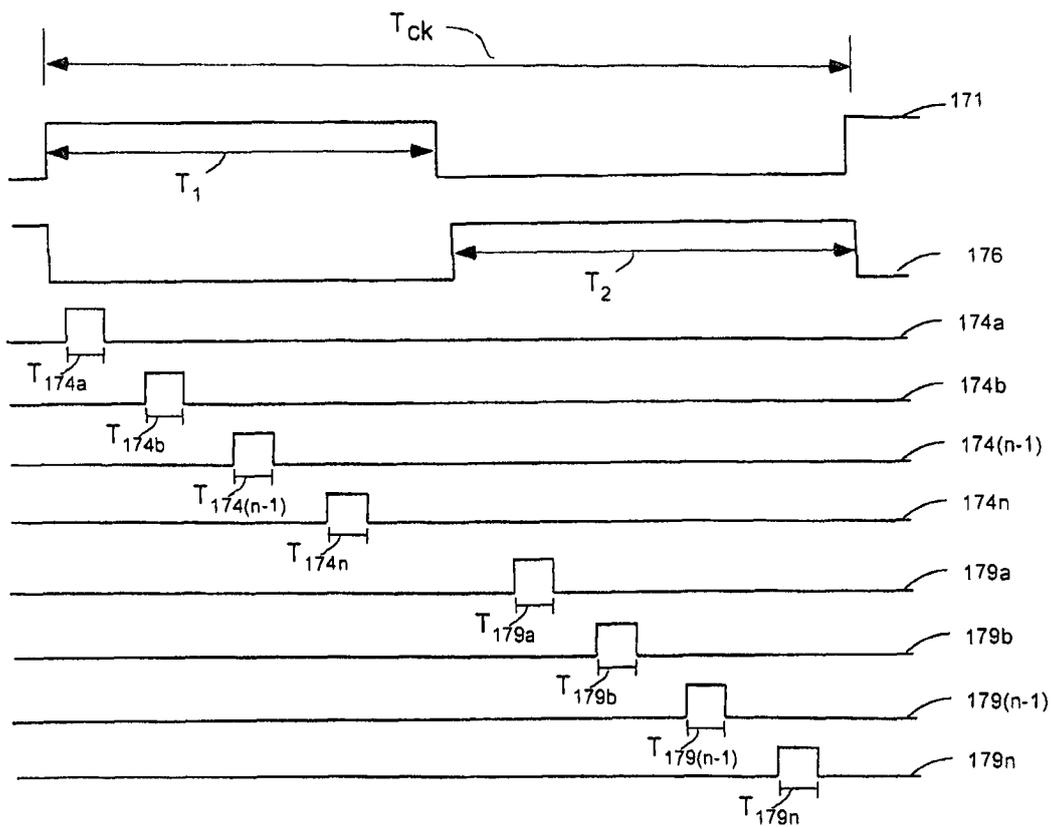


Fig. 1F

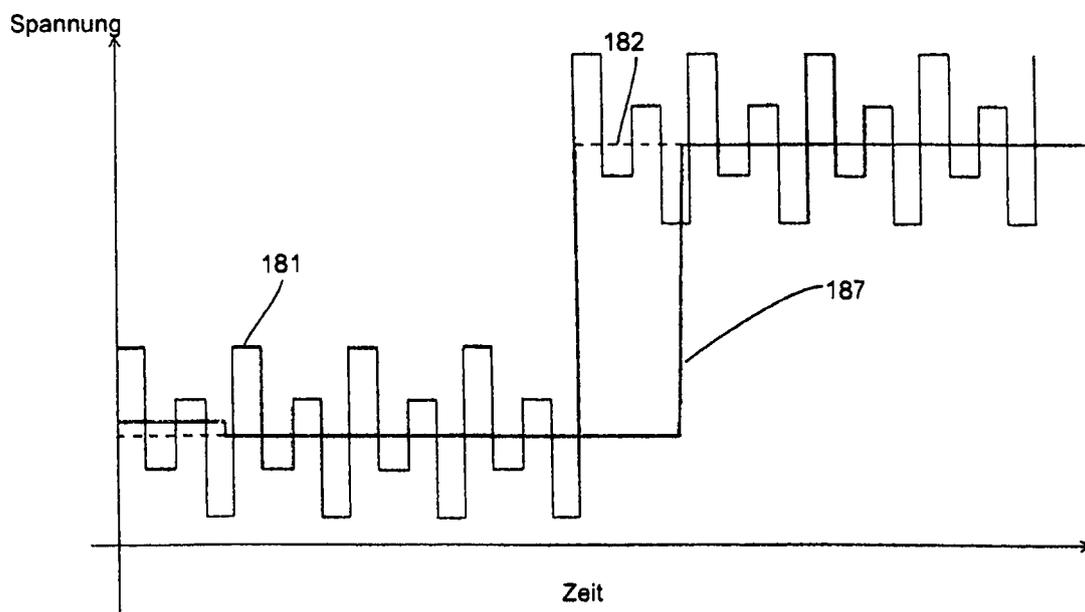


Fig. 1G

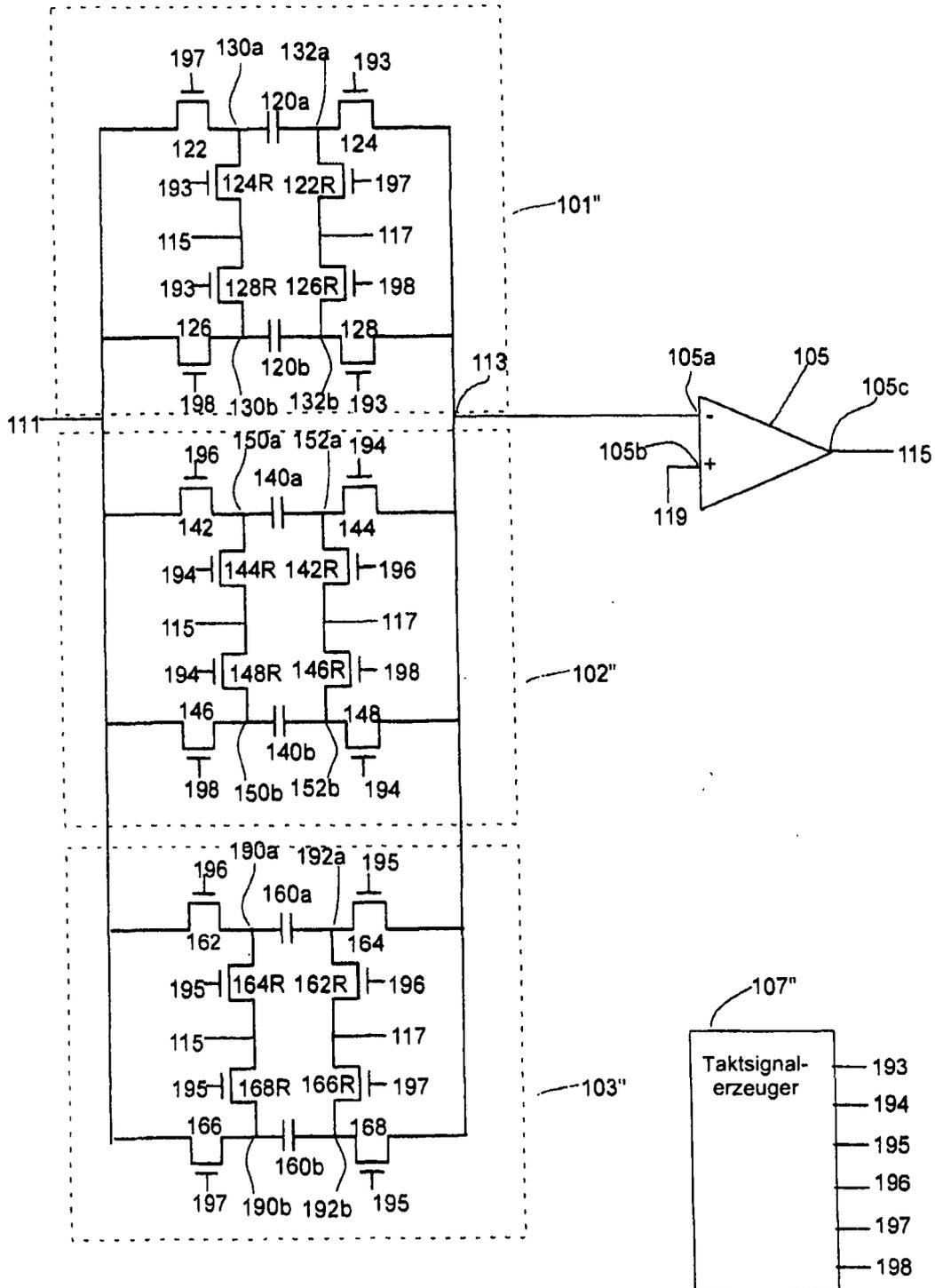


Fig. 1H

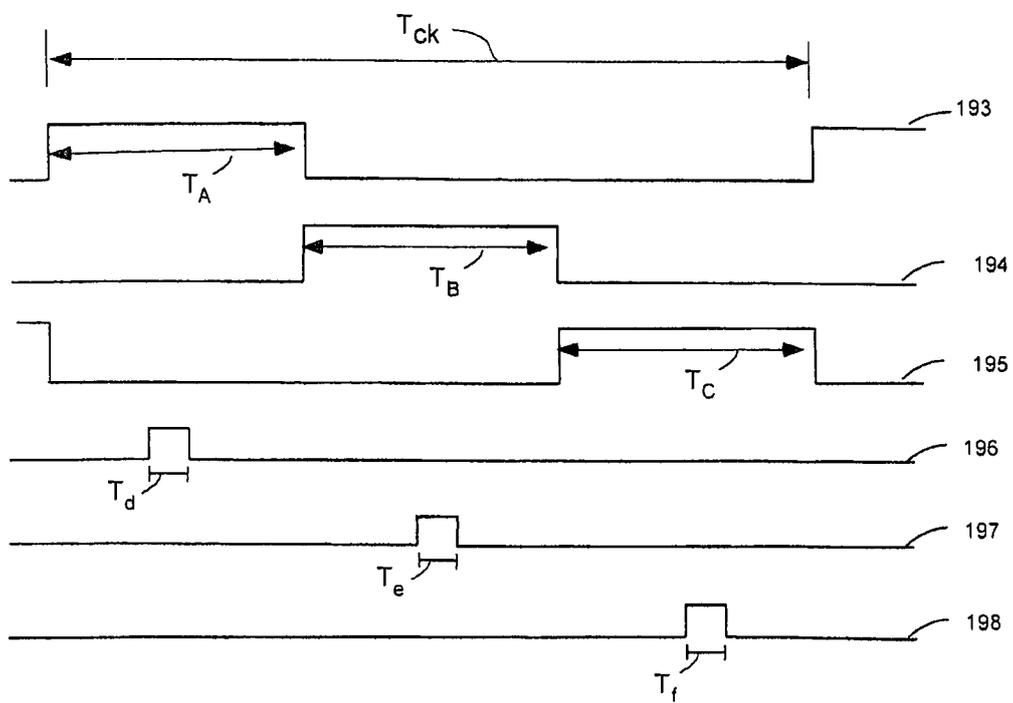


Fig. 11

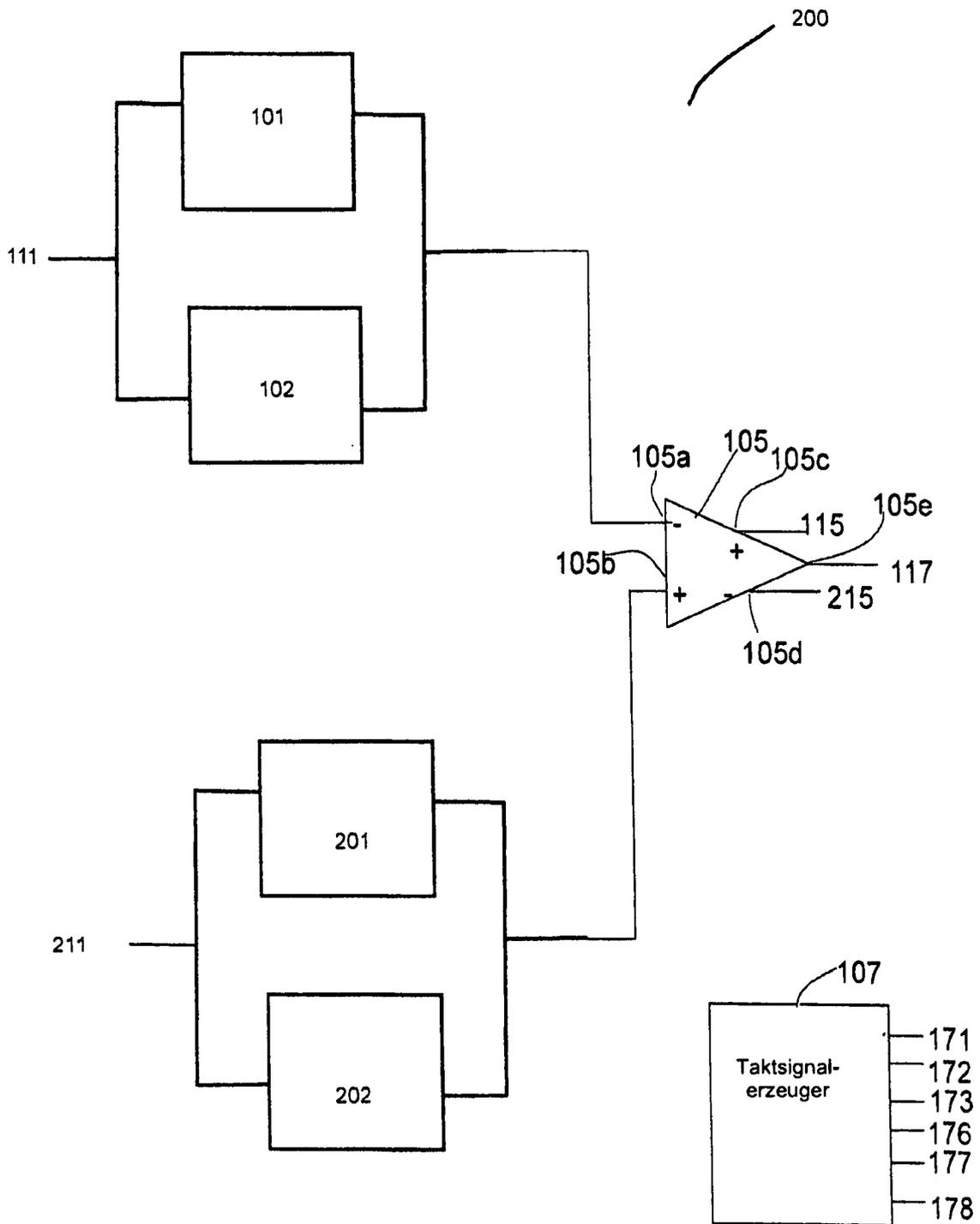


Fig. 2

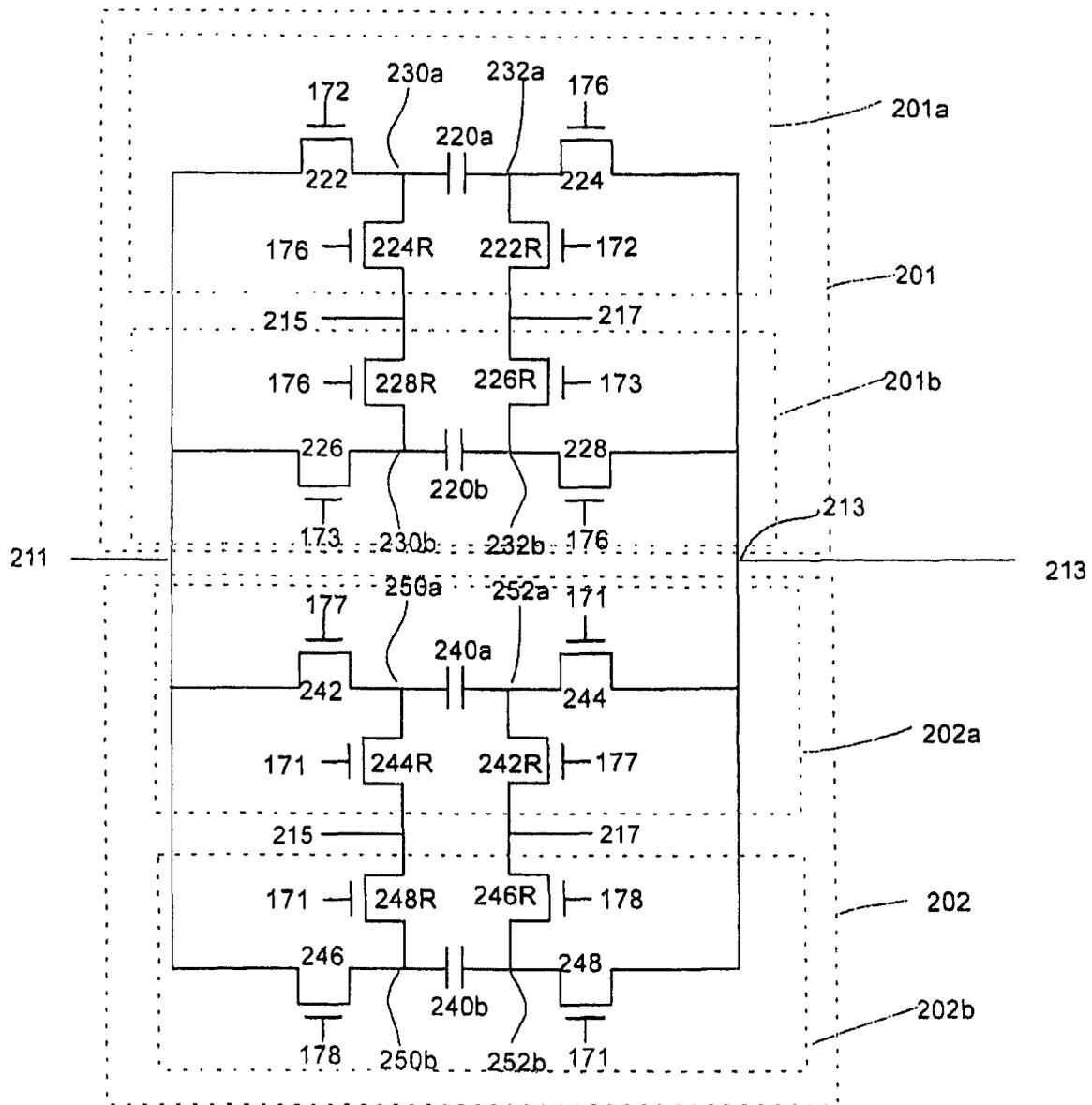


Fig. 2A

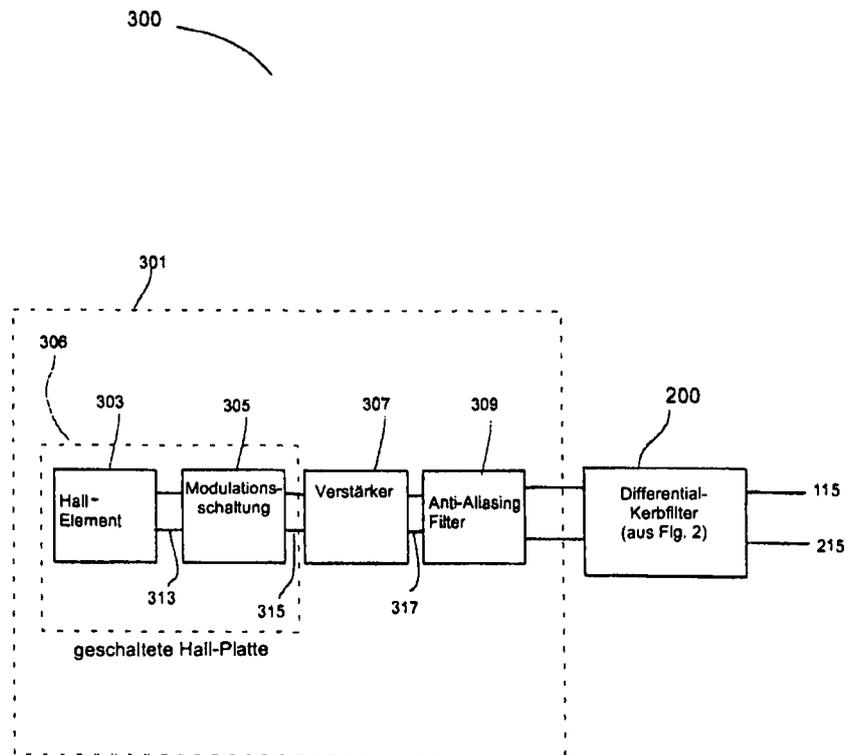


Fig. 3