



(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: 199 30 394.0

(51) Int Cl.: H02M 3/07 (2006.01)

(22) Anmelddatum: 01.07.1999

(43) Offenlegungstag: 05.01.2000

(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 20.03.2014

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:  
109130 02.07.1998 US

(72) Erfinder:  
Kotowski, Jeff, Nevada City, Calif., US; McIntyre, William J., Wheatland, Calif., US

(73) Patentinhaber:  
National Semiconductor Corp.(n.d.Ges.d.Staates Delaware), Santa Clara, Calif., US

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	693 19 512	T2
US	5 414 614	A
US	5 606 491	A
US	4 451 743	A
US	5 596 489	A
JP	H06- 165 481	A

(74) Vertreter:  
BOEHMERT & BOEHMERT, 80336, München, DE

(54) Bezeichnung: **Geschaltete Abwärts- und Aufwärts-Kondensatorverstärkungsstufe mit optionalem gemeinschaftlichem Ruhezustand**

(57) Hauptanspruch: Geschaltete Kondensatoranordnung (10; 20; 30; 50; 70) zum Vorsehen einer Abwärts- und Aufwärtswandlung mit:

N Kondensatoren (C) und mehreren Schaltern (SW), die so angeschlossen sind, daß ausgewählte Kondensatoren der N Kondensatoren (C) zum Vorsehen sowohl einer Abwärts- als auch einer Aufwärtswandlung konfiguriert werden können, wobei

die N Kondensatoren (C) und die mehreren Schalter (SW) N Verstärkungsblöcke (15; 35; 71, 72, 73) bilden, wobei jeder der N Verstärkungsblöcke (15; 35; 71, 72, 73) einen der N Kondensatoren (C) und folgende Schalter aufweist:

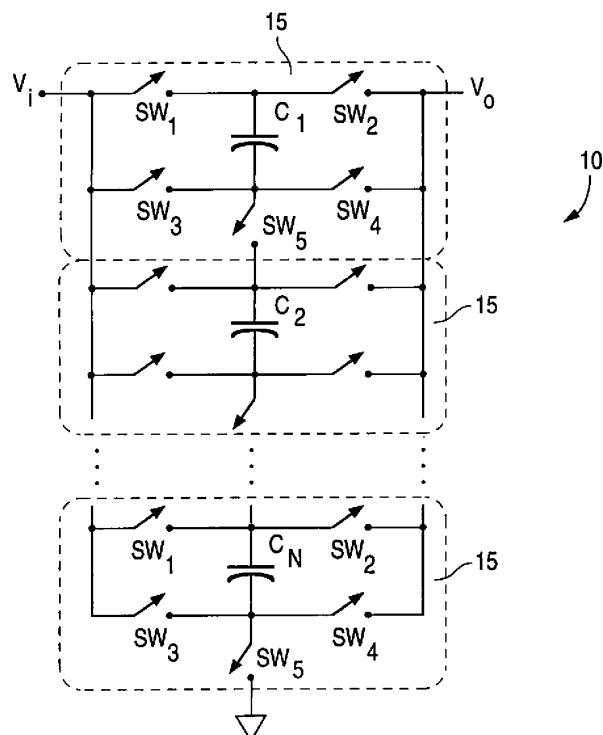
einen ersten Schalter (SW<sub>1</sub>), der eine erste Platte eines Kondensators (C) mit einem Eingang (V<sub>i</sub>) verbindet;

einen zweiten Schalter (SW<sub>2</sub>; SW<sub>4</sub>), der die erste Platte mit einem Ausgang (V<sub>o</sub>) verbindet;

einen dritten Schalter (SW<sub>3</sub>; SW<sub>5</sub>), der eine zweite Platte des Kondensators (C) mit dem Eingang (V<sub>i</sub>) verbindet;

einen vierten Schalter (SW<sub>4</sub>; SW<sub>7</sub>), der die zweite Platte mit dem Ausgang (V<sub>o</sub>) verbindet; und

einen fünften Schalter (SW<sub>5</sub>; SW<sub>2</sub>), der die zweite Platte mit einem nächsten Verstärkungsblock (15; 35) verbindet, wobei der fünfte Schalter (SW<sub>5</sub>; SW<sub>2</sub>) eines letzten Verstärkungsblocks die erste oder zweite Platte des Kondensators (C) des letzten Verstärkungsblocks mit Bezugsspannung (Masse) verbindet.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft geschaltete Kondensatoranordnungen zur Verwendung in Gleichstromwandlern und spezieller derartige Anordnungen die so konfiguriert werden können, daß sie eine Abwärts- und eine Aufwärtswandlung vorsehen.

**[0002]** Wenn bei den elektronischen Schaltkreisen mehrere Geräte von einer einzigen Energieversorgung versorgt werden müssen, muß die Energieversorgung, die mit einer einzigen Spannungsquelle arbeitet, mehrere Versorgungsspannungen an die verschiedenen Geräte liefern können. In anderen Anwendungen, bei denen ein elektronisches Gerät eine konstante Spannung benötigt, muß die Energieversorgung eine geregelte Versorgungsspannung aus einer variablen Spannungsquelle, z. B. einer Batterie, liefern. In beiden Fällen wird üblicherweise ein Gleichstromwandler verwendet, der mit einer geschalteten Kondensatoranordnung arbeitet, um die gewünschten Versorgungsspannungen vorzusehen. Eine geschaltete Kondensatoranordnung ist üblicherweise ein Schaltkreis aus Schaltern und Kondensatoren, die so konfiguriert werden können, daß sie mehrere Verstärkungsfaktoren vorsehen. Eine Steuereinheit zum Ein- und Ausschalten der Schalter ermöglicht es, die Kondensatoren zu konfigurieren und umzukonfigurieren, so daß ausgewählte Kondensatoren geladen und entladen werden, um eine Eingangsspannung in eine gewünschte Ausgangsspannung, mit dem gewünschten Verstärkungsfaktor, umzuwandeln.

**[0003]** Eine übliche Art einer geschalteten Kondensatoranordnung ist ein Spannungsteiler. Die Spannungsteilerschaltung arbeitet als ein Gleichstromwandler, um eine Ausgangsspannung zu erzeugen, die niedriger oder gleich der Wert der Eingangs- oder Hauptspannungsquelle ist. Übliche Spannungsteileranordnungen verwenden N Kondensatoren zum Erzeugen unterschiedlicher abwärtsgewandelter oder Abwärts-Verstärkungen (Verstärkungsfaktoren  $\leq 1$ ), indem die Kondensatoren über eine Spannungsquelle in Reihe geschaltet werden, um die Kondensatoren zu laden, und indem die Kondensatoren dann parallel geschaltet werden, um die Kondensatoren in einen Lastkondensator zu entladen. Durch abwechselndes Laden und Entladen der Kondensatoren sind Verstärkungsfaktoren in den Verstärkungsbereich  $1/N$  möglich, d. h.  $1/2$ ,  $1/3$ , ...,  $1/N$ . Selbst wenn solche Schaltkreise einen hohen Wirkungsgrad haben, sind sie insofern beschränkt, als die Ausgangsspannungen auf ganzzahlige Bruchteile der Eingangsspannung begrenzt sind.

**[0004]** Um den Bereich der Verstärkungsfaktoren zu vergrößern, offenbart das PatentUS 4 451 743 A, mit dem Titel "DC to DC Voltage Converter" von Suzuki et al., eine Spannungsteilerschaltung, die N Kondensatoren und einen Hauptkondensator verwendet. Auf dieses Dokument wird in seiner Gesamtheit Bezug genommen. Bei Suzuki werden die N Kondensatoren während eines Ladezyklus, in dem alle Kondensatoren geladen werden, parallel zueinander und Reihe zu dem Hauptkondensator geschaltet. Die N Kondensatoren werden dann während eines Entladezyklus, in dem die Kondensatoren entladen werden, in Reihe zueinander und parallel zu den Hauptkondensator geschaltet. Als ein Resultat wird ein Spannungsteiler erhalten, der Verstärkungsfaktoren in dem Verstärkungsbereich von  $N/(N + 1)$  ermöglicht, d. h.  $1/2$ ,  $2/3$ ,  $3/4$ , ...,  $N/(N + 1)$ .

**[0005]** Eine andere Art einer geschalteten Kondensatoranordnung ist ein Spannungsmultiplizierer, der einen Ausgangsversorgungsspannung liefert, die größer als die Eingangsquellspannung ist. Aufwärtsgewandelte oder Aufwärts-Verstärkungsfaktoren (Verstärkung  $> 1$ ) werden üblicherweise erreicht, indem N Kondensatoren während des Ladezyklus parallel zu einer Batterie und während des Entladezyklus in Reihe über einen Lastkondensator konfiguriert werden. Ähnlich wie bei den oben erörterten Spannungsteilern sind solche Spannungsmultiplizierer, die im Stand der Technik bekannt sind, auf Verstärkungsfaktoren im Verstärkungsbereich von N beschränkt, d. h. ganzzahlige Verstärkungen von 2, 3, ..., N.

**[0006]** Suzuki et al. offenbaren auch einen Spannungsmultiplizierer, der nicht ganzzahlige Verstärkungsfaktoren vorsehen kann. Hierauf wird Bezug genommen. Der Spannungsmultiplizierer von Suzuki verwendet N Hilfskondensatoren und einen Hauptkondensator. Die N Hilfskondensatoren werden während des Ladezyklus in Reihe zueinander und parallel zu dem Hauptkondensator und zu einer Batterie konfiguriert, um die N Hilfskondensatoren und den einen Hauptkondensator zu laden. Während des Entladezyklus werden die N Hilfskondensatoren parallel zueinander und in Reihe zu den Hauptkondensator konfiguriert, um sie in einen Lastkondensator zu entladen. Ein Resultat wird ein Spannungsmultiplizierer erhalten, der Verstärkungsfaktoren in dem Verstärkungsbereich von  $(N + 1)/N$  realisiert, d. h.,  $2$ ,  $3/2$ ,  $4/3$ , ...,  $(N + 1)/N$ .

**[0007]** Obwohl sie nicht ganzzahlige Spannungsdivisionen oder -multiplikationen durchführen können, können die oben beschriebenen geschalteten Kondensatoranordnungen keine Abwärts- und Aufwärtswandlungen vorsehen, was wünschenswert wäre, um die Flexibilität und Leistungsfähigkeit der Energieversorgung zu er-

höhen. Es können z. B. verschiedene Ausgangsspannungen oder ein breiterer Bereich von Betriebseingangsspannungen wünschenswert sein.

**[0008]** In solchen Fällen kann ein Nur-Abwärts-Wandler die notwendige Energie nicht liefern, wenn die Eingangsspannung niedriger als die gewünschte Ausgangsspannung ist, und die Wirksamkeit eines Nur-Aufwärts-Wandlers wird reduziert, wenn die Eingangsspannung größer als die gewünschte Ausgangsspannung ist.

**[0009]** Bei dem Patent von Suzuki, auf das Bezug genommen wird, wird eine eigene nicht-ganzzahlige Spannungsteilerschaltung und eine eigene nicht-ganzzahlige Spannungsmultipliziererschaltung in einem Gleichstromwandler verwendet, um sowohl Aufwärts- als auch Abwärtswandlungen vorsehen zu können, wobei jede Schaltung unabhängig von der anderen arbeitet. Das Erfordernis getrennter Aufwärts- und Abwärtsanordnungen erhöht jedoch zwangsläufig die Größe des Gleichstromwandlers. Eine andere Art eines Abwärts- und Aufwärts-Wandlers ist in dem Patent US 5 414 614 A mit dem Titel "Dynamically Configurable Switched Capacitor Power Supply and Method" von Fette et al. beschrieben, auf das in seiner Gesamtheit Bezug genommen wird. Im Gegensatz zu Suzuki können die geschalteten Kondensatoranordnungen bei Fette entweder ganzzahlige Divisionen oder ganzzahlige Multiplikationen vorsehen, wobei alle Anordnungen gemeinsam für die nicht-ganzzahlige Abwärts- oder Aufwärts-Wandlung arbeiten. Ähnlich wie Suzuki erfordert Fette jedoch getrennte geschaltete Kondensatoranordnungen, um einen solchen Wandler zu realisieren.

**[0010]** Die japanische Patentschrift JP H06-165 481 A offenbart einen Gleichstromwandler, der eine Reihenschaltung dreier Kondensatoren umfaßt und sowohl eine Abwärtswandlung als auch eine Aufwärtswandlung einer Eingangsspannung ermöglicht.

**[0011]** Eine Abwärtswandlerschaltung, bei der Kondensatoren abwechselnd parallel und in Reihe geschaltet werden und deren Verstärkungsfaktor bei divergierender Anzahl der Takte von der Kapazität der eingesetzten Kondensatoren asymptotisch unabhängig wird, ist in der Patentschrift US 5 596 489 A beschrieben.

**[0012]** Die Patentschrift DE 693 19 512 T2 offenbart eine Ladungspumpe zur Erzeugung einer hohen positiven und negativen Spannung aus einer einzigen Spannungsquelle. Neben einer solchen Aufwärtsschaltung beschreibt die DE 693 19 512 T2 auch eine getrennte Vorrichtung und ein Verfahren zur Abwärtswandlung.

**[0013]** Eine weitere Ladungspumpe zur Aufwärtsschaltung ist in der Patentschrift US 5 606 491 A offenbart.

**[0014]** Es wird daher eine geschaltete Kondensatoranordnung benötigt, die für die Abwärts- und die Aufwärts-Wandlung konfiguriert werden kann, um einen kleineren und weniger komplexen Spannungswandler zu erhalten.

**[0015]** Die vorliegende Erfindung sieht eine Struktur und ein Verfahren zum Wandeln von Gleichspannungen vor, das mit einer einzigen geschalteten Kondensatoranordnung sowohl Abwärts- als auch Aufwärts-Wandlungen ermöglicht. Schalter und Kondensatoren sind so miteinander verbunden, daß verschiedene Kombinationen der Kondensatoren konfiguriert werden können, um in einer einzigen geschalteten Kondensatoranordnung Abwärts- und Aufwärtswandlungen zu ermöglichen. Die geschaltete Kondensatoranordnung besteht aus mehreren Verstärkungsblöcken, wobei jeder Verstärkungsblock einen Kondensator und mehrere Schalter aufweist. Bei einigen Ausführungsformen sind alle Verstärkungsblöcke gleich, so daß eine beliebige Anzahl Blöcke „gestapelt“ oder miteinander verbunden werden kann, um eine modulare geschaltete Kondensatoranordnung für einen größeren Bereich von Verstärkungsfaktoren zu bilden. Bei anderen Ausführungsformen sind nur die mittleren Verstärkungsblöcke gleich, wodurch die Modularität geringer wird. Bei diesen Ausführungsformen ist jedoch auch die Anzahl der Schalter geringer, wodurch sich die Größe und die Kosten der Anordnung reduzieren.

**[0016]** Einige Ausführungsformen der Erfindung sehen eine einzige geschaltete Kondensatoranordnung für die Abwärts- und die Aufwärtswandlung vor, die auch für einen gemeinsam genutzten oder gemeinschaftlichen Ruhezustand konfiguriert werden kann. Ein gemeinschaftlicher-Ruhezustand ermöglicht es, die Verstärkungseinstellung direkt zwischen zwei Verstärkungsbereichen umzuschalten, weil beide Verstärkungsbereiche einen gemeinsamen Zustand teilen, unabhängig davon, in welchem Bereich die Verstärkung liegt. Als eine Folge wird die richtige Ladung immer mit der gewünschten Verstärkung übertragen. Ohne den gemeinschaftlichen Ruhezustand müßte die geschaltete Kondensatoranordnung zunächst auf eine Verstärkung schalten, die für beide Verstärkungsbereiche gilt, um dann auf die gewünschte Verstärkung in dem neuen Bereich zu schalten. Mit einem gemeinschaftlichen Ruhezustand kann daher die Effektivität der Wandlung der Anordnung verbessert werden.

**[0017]** Die Erfindung ist im folgenden anhand bevorzugter Ausführungsformen mit Bezug auf die Zeichnung näher erläutert. In den Figuren zeigt:

**[0018]** **Fig. 1** ein Diagramm einer geschalteten Anordnung aus N Kondensatoren gemäß einer Ausführungsform der Erfindung;

**[0019]** **Fig. 2** ein Diagramm der Anordnung der **Fig. 1** für  $N = 3$ ;

**[0020]** **Fig. 2A** und **Fig. 2B** Konfigurationen der Anordnung der **Fig. 2** zum Erhalten eines Verstärkungsfaktors von  $3/2$ ;

**[0021]** **Fig. 2C** und **Fig. 2D** Konfigurationen der Anordnung der **Fig. 2** zum Erhalten des Verstärkungsfaktors von  $2/3$ ;

**[0022]** **Fig. 3** ein Diagramm einer geschalteten Anordnung aus N Kondensatoren mit einem gemeinschaftlichen Ruhezustand gemäß einer anderen Ausführungsform der Erfindung;

**[0023]** **Fig. 4A** bis **Fig. 4D** Kondensatorkonfigurationen zum Schalten von einem Verstärkungsfaktor  $4/3$  auf einen Verstärkungsfaktor  $3/4$ ;

**[0024]** **Fig. 5** ein Diagramm der Anordnung der **Fig. 3** für  $N = 3$ ;

**[0025]** **Fig. 5A** bis **Fig. 5D** Kondensatorkonfigurationen zum Schalten von einem Verstärkungsfaktor  $4/3$  auf einen Verstärkungsfaktor  $3/4$  mit der Anordnung der **Fig. 5**;

**[0026]** **Fig. 6A** bis **Fig. 6E** Kondensatorkonfigurationen für die Einstellung von Verstärkungsfaktoren  $2/3$ ,  $3/2$ ,  $1/2$ ,  $2$  bzw.  $1$ ; und

**[0027]** **Fig. 7** ein Diagramm einer geschalteten Anordnung aus N Kondensatoren gemäß einer anderen Ausführungsform der Erfindung.

**[0028]** Man beachte, daß in den verschiedenen Figuren dieselben Bezugszeichen verwendet werden, um gleiche oder ähnliche Elemente zu bezeichnen.

**[0029]** Die Erfindung sieht eine Struktur und ein Verfahren vor, die sowohl eine Abwärts- als auch eine Aufwärts-Spannungswandlung mit einer einzigen geschalteten Kondensatoranordnung ermöglichen. Kondensatoren und Schalter werden so konfiguriert, daß die gewünschten Kondensatoren in Reihe oder parallel zu einer Eingangsspannungsquelle oder dem Ausgang geschaltet werden können. Bei anderen Ausführungsformen umfaßt die geschaltete Kondensatoranordnung einen gemeinschaftlichen Ruhezustand, d. h. die Kondensatoren teilen einen gemeinsamen Konfigurationszustand für sowohl die Abwärts- als auch die Aufwärts-Wandlung. Als ein Resultat liefert die Umkonfiguration der Kondensatoren für verschiedene Verstärkungsfaktoren immer die richtige Größe der Ladungsübertragung bei dem gewünschten Verstärkungsfaktor. Ferner erlaubt es der modulare Aspekt der Anordnung, zusätzliche Kondensatoren und Schalter auf einfache Weise hinzuzufügen, um den Bereich der möglichen Verstärkungen zu vergrößern.

**[0030]** **Fig. 1** zeigt eine Ausführungsform einer geschalteten Kondensatoranordnung **10** gemäß der vorliegenden Erfindung. Die Anordnung **10** besteht aus N Verstärkungsböcken **15**, wobei jeder Verstärkungsblock **15** einen Kondensator und fünf Schalter umfaßt. Die Anordnung **10** umfaßt somit insgesamt N Kondensatoren  $C_1, C_2, \dots, C_N$  und N Gruppen aus fünf Schaltern  $SW_1, SW_2, \dots, SW_5$ . Die folgenden Ausführungsformen werden mit N Kondensatoren beschrieben, die jeweils die gleiche oder ungefähr die gleiche (d. h. innerhalb einer Größenordnung) Kapazität haben. Die Kapazitäten müssen jedoch nicht gleich sein. Jeder Verstärkungsblock **15** umfaßt einen Kondensator  $C$  mit einer Platte, die über einen ersten Schalter  $SW_1$  mit einer Eingangsspannung  $V_i$  und über einen zweiten Schalter  $SW_2$  mit einer Ausgangsspannung  $V_o$  verbunden ist, und mit einer weiteren Platte, die über einen dritten Schalter  $SW_3$  mit  $V_i$  und über einen vierten Schalter  $SW_4$  mit  $V_o$  und über einen fünften Schalter  $SW_5$  mit dem nächsten Verstärkungsblock verbunden ist. Der fünfte Schalter des letzten Verstärkungsblocks ist mit Masse verbunden.

**[0031]** Man sollte beachten, daß jeder Verstärkungsblock **15** identisch zu jedem anderen Verstärkungsblock ist, so daß die Anordnung **10** modular ist und einen gemeinsamen Eingang  $V_i$  und einen gemeinsamen Ausgang  $V_o$  aufweist. Durch diese Modularität kann eine geschaltete Kondensatoranordnung beliebiger Größe

einfach durch Verbinden so vieler Verstärkungsblöcke wie erwünscht hergestellt werden. Die Konfiguration der Schalter und Kondensatoren der Anordnung **10** erlaubt sowohl eine Abwärts- als auch eine Aufwärts-Wandlung der Eingangsspannung  $V_i$ , weil die Kondensatoren sowohl in Reihe als auch parallel verbunden werden können. Durch selektives Öffnen und Schließen der Schalter zum Herstellen wechselnder serieller und paralleler Konfigurationen, kann die geschaltete Kondensatoranordnung **10** Verstärkungsfaktoren innerhalb der Verstärkungsbereiche von  $N/(N + 1)$ , 1 und  $(N + 1)/N$  vorsehen. Mit einer Kondensatoranordnung aus  $N = 3$  Kondensatoren sind die möglichen Verstärkungsfaktoren beispielsweise in Tabelle 1 unten angegeben:

Tabelle 1

Verstärkungsbereich	Verstärkungsfaktoren (für $N = 3$ )
$N/(N + 1)$	$1/2, 2/3, 3/4$
1	1
$(N + 1)/N$	$2, 3/2, 4/3$

**[0032]** **Fig. 2** zeigt eine Kondensatoranordnung **20** mit drei Kondensatoren, die der Anordnung **10** der **Fig. 1** für  $N = 3$  entspricht. Die Anordnung **20** umfaßt drei Kondensatoren  $C_1$ ,  $C_2$  und  $C_3$  und fünfzehn Schalter  $SW_1$  bis  $SW_{15}$ , die drei Verstärkungsblöcke bilden. Für Verstärkungsfaktoren im Verstärkungsbereich von  $N/(N + 1)$  (d. h.  $1/2$ ,  $2/3$  und  $3/4$ ) werden  $K$  Kondensatoren ( $K = 1$  bis  $N$ ) während einer ersten Phase von  $V_i$  nach  $V_o$  parallel geschaltet und dann während einer zweiten Phase von  $V_o$  zu Masse in Reihe geschaltet, oder alternativ werden  $K$  Kondensatoren während einer ersten Phase von  $V_i$  zu Masse in Reihe geschaltet und während einer zweiten Phase von  $V_i$  zu  $V_o$  parallel geschaltet. Für einen Verstärkungsfaktor 1 werden  $K$  Kondensatoren in einer ersten Phase von  $V_i$  zu  $V_o$  parallel geschaltet und in einer zweiten Phase von  $V_o$  zu  $V_i$  parallel geschaltet. Für Verstärkungsfaktoren im Verstärkungsbereich von  $(N + 1)/N$  (d. h.  $2$ ,  $3/2$  und  $4/3$ ) werden  $K$  Kondensatoren während einer ersten Phase von  $V_i$  zu Masse in Reihe geschaltet und während einer zweiten Phase von  $V_o$  zu  $V_i$  parallel geschaltet.

**[0033]** Um einen Verstärkungsfaktor  $3/2$  (in dem Verstärkungsbereich  $(N + 1)/N$ ) zu erhalten, werden z. B. zunächst die Schalter  $SW_6$ ,  $SW_{10}$  und  $SW_{15}$  geschlossen, was zu der Reihenschaltung in **Fig. 2A** führt. Während der ersten Phase werden die Kondensatoren  $C_2$  und  $C_3$  von der Eingangsspannung  $V_i$  geladen, so daß die Spannungen,  $V_{C2}$  und  $V_{C3}$ , über jedem Kondensator  $C_2$  bzw.  $C_3$  gleich  $1/2 \cdot V_i$  sind, d. h.

$$V_{C2} = V_{C3} = 1/2 \cdot V_i \quad (1)$$

**[0034]** Während der nächsten Phase werden die Schalter  $SW_7$ ,  $SW_8$ ,  $SW_{12}$  und  $SW_{13}$  geschlossen, wodurch die Kondensatoren  $C_2$  und  $C_3$  parallel geschaltet werden und den Schaltkreis in **Fig. 2B** bilden. Der entsprechende Spannungsausdruck ist gegeben durch

$$V_o - V_i = V_{C2} = V_{C3} \quad (2)$$

**[0035]** Die Kombination der Gleichungen (1) und (2) führt zu

$$V_o = V_i + 1/2 \cdot V_i = 3/2 \cdot V_i$$

**[0036]** Dadurch wird der Verstärkungsfaktor von  $3/2$  erreicht.

**[0037]** Um den inversen Verstärkungsfaktor zu erhalten, d. h.  $2/3$  (im Verstärkungsbereich  $N/(N + 1)$ ), werden dieselben Kondensatoren  $C_2$  und  $C_3$  zunächst parallel geladen, indem die Schalter  $SW_6$ ,  $SW_9$ ,  $SW_{11}$  und  $SW_{14}$  geschlossen werden, um den in **Fig. 2** gezeigten Schaltkreis zu bilden. Die Spannung über den Kondensatoren  $C_2$  und  $C_3$  ist gegeben durch

$$V_{C2} = V_{C3} = V_i - V_o \quad (3)$$

**[0038]** Dann werden die Kondensatoren  $C_2$  und  $C_3$  entladen, indem die Schalter  $SW_7$ ,  $SW_{10}$  und  $SW_{15}$  geschlossen werden, um die in **Fig. 2D** gezeigte Reihenschaltung zu bilden. Die Spannung über den Kondensatoren  $C_2$  und  $C_3$  ist somit

$$V_{C2} = V_{C3} = 1/2 \cdot V_o \quad (4)$$

**[0039]** Die Kombination der Gleichungen (3) und (4) ergibt

$$V_i - V_o = 1/2 \cdot V_o \Rightarrow V_o = 2/3 \cdot V_i$$

**[0040]** Dadurch erhält man einen Verstärkungsfaktor von 2/3. Durch Öffnen und Schließen ausgewählter Schalter ist es mit der Anordnung aus den drei Kondensatoren der **Fig. 2** auch möglich, andere Verstärkungsfaktoren von 1/2, 3/4, 1, 4/3 und 2 zu erhalten. Die Anordnung **20** aus den drei Kondensatoren der **Fig. 2** und im allgemeinen die Anordnung **10** aus N Kondensatoren der **Fig. 1** können somit für die Abwärts- und die Aufwärts-Wandlung konfiguriert werden.

**[0041]** **Fig. 3** zeigt eine andere Ausführungsform der Erfindung, bei der die geschaltete Kondensatoranordnung **30**, die im folgenden beschrieben ist, so konfiguriert werden kann, daß sie einen gemeinsam genutzten oder gemeinschaftlichen Ruhezustand aufweist, wodurch ihr Wirkungsgrad verbessert und Welligkeit reduziert wird. Bei geschalteten Kondensatoranordnungen werden die Kondensatoren während einer ersten Phase gemeinsam auf eine gewünschte Verstärkungseinstellung konfiguriert und während einer zweiten Phase in einen Entladezustand zurückgeführt. Die Entladezustände unterscheiden sich für die Abwärts- und die Aufwärts-Wandlungen. Demzufolge kann die Ladung bei einem unerwünschten Verstärkungsfaktor übertragen werden, wenn der Übergang zwischen Abwärts- und Aufwärts- oder Aufwärts- und Abwärts-Wandlung, d. h. zwischen Verstärkungsfaktoren in verschiedenen Verstärkungsbereichen, erfolgt. Ein gemeinsam genutzter Ruhezustand erlaubt eine gemeinsame Konfiguration der Kondensatoren derart, daß die Ladung immer bei dem gewünschten Verstärkungsfaktoren übertragen wird.

**[0042]** Ein Nachteil des Fehlens eines gemeinsam genutzten Ruhezustands kann anhand des Beispiels der geschalteten Anordnung **20** mit den drei Kondensatoren in **Fig. 2** dargestellt werden. Die **Fig. 4A** bis **Fig. 4D** zeigen Kondensatorkonfigurationen zum Verändern des Verstärkungsfaktors von 4/3 (Verstärkungsbereich  $(N+1)/N$ ) auf 3/4 (Verstärkungsbereich  $N/(N+1)$ ). Die **Fig. 4A** und **Fig. 4B** zeigen die Kondensatorkonfigurationen zum Erhalten eines Verstärkungsfaktors von 4/3. Während einer ersten Phase, die in **Fig. 4A** gezeigt ist, ist die Spannung über jedem der drei Kondensatoren gegeben durch

$$V_{C1} = V_{C2} = V_{C3} = 1/3 \cdot V_i \quad (5)$$

**[0043]** Während der nächsten Phase, ein Entladezustand, der in **Fig. 4B** gezeigt ist, ergibt sich der Spannungsausdruck zu

$$V_o - V_i = V_{C1} = V_{C2} = V_{C3} \quad (6)$$

**[0044]** Die Kombination der Gleichungen (5) und (6) führt zu

$$V_o = V_i + 1/3 \cdot V_i = 4/3 \cdot V_i$$

für einen Verstärkungsfaktor von 4/3.

**[0045]** Zum Umschalten von dem Verstärkungsfaktor 4/3 in **Fig. 4B** auf einen Verstärkungsfaktor 3/4, können die Kondensatoren gemäß den **Fig. 4C** oder **Fig. 4D** konfiguriert werden. In beiden Konfigurationen beträgt die Ladung jedes Kondensators  $C_1$ ,  $C_2$  und  $C_3$  (vor der Änderung der Verstärkungsfaktoren) ungefähr  $1/3 \cdot V_i$ , wie durch die Gleichung (5) angegeben. Wenn die Anordnung gemäß **Fig. 4C** konfiguriert wird, wird die Spannung über jedem Kondensator zu

$$V_{C1} = V_{C2} = V_{C3} = 1/3 \cdot V_o \quad (7)$$

**[0046]** Die Kombination der Gleichungen (7) und (5) zeigt, daß  $V_o$  ungefähr gleich  $V_i$  ist, um einen Verstärkungsfaktor von ungefähr eins vorzusehen, der höher ist als der gewünschte Verstärkungsfaktor von 3/4. Als ein Resultat wird das Ausgangssignal höher als erwünscht, und der Wirkungsgrad nimmt ab.

**[0047]** Wenn die Anordnung gemäß **Fig. 4D** konfiguriert ist, ergibt sich der Spannungsausdruck zu

$$V_i - V_o = V_{C1} = V_{C2} = V_{C3} \quad (8)$$

**[0048]** Dann ergibt sich aus der Kombination der Gleichungen (8) und (5)

$$V_i - V_o = 1/3 \cdot V_i \Rightarrow V_o = 2/3 \cdot V_i$$

für eine Verstärkung von 2/3, die in diesem Fall niedriger als die gewünschte Verstärkung von 3/4 ist. Das tatsächliche Ausgangssignal ist somit niedriger als das gewünschte Ausgangssignal, und der Wirkungsgrad ist wiederum geringer.

**[0049]** Um eine Ladungsübertragung bei den gewünschten Verstärkungsfaktoren sicherzustellen, wenn zwischen Verstärkungen in unterschiedlichen Verstärkungsbereichen umgeschaltet wird, und um dadurch einen gewünschten Verstärkungsfaktor sicherzustellen, sollte die Kondensatorspannung unverändert bleiben, wenn zwischen zwei Verstärkungsbereichen umgeschaltet wird. Dies kann erreicht werden, wenn die Kondensatoranordnung zunächst für einen Verstärkungsfaktor konfiguriert ist, der beiden Verstärkungsbereichen gemeinsam ist, bevor die Anordnung auf den gewünschten Verstärkungsfaktor konfiguriert wird, d. h. die Kondensatoren werden auf eine andere Zwischenspannung geladen, bevor die Ladungsübertragung bei dem gewünschten Verstärkungsfaktor erfolgt.

**[0050]** Bei der Anordnung **20** der **Fig. 2** z. B. ist der Verstärkungsfaktor 1 beiden Verstärkungsbereichen  $N/(N+1)$  und  $(N+1)/N$  gemeinsam. Für Verstärkungsfaktoren von  $N/(N+1)$  und 1 liegt die gemeinsame Phase vor, wenn  $K$  Kondensatoren von  $V_i$  nach  $V_o$  parallel geschaltet sind, und für Verstärkungsfaktoren von  $(N+1)/N$  und 1 liegt die gemeinsame Phase vor, wenn  $K$  Kondensatoren von  $V_o$  zu  $V_i$  parallel geschaltet sind. Durch Laden der Kondensatoren zunächst für einen Verstärkungsfaktor 1, bevor auf den gewünschten Verstärkungsfaktor in einem anderen Verstärkungsbereich umgeschaltet wird, d. h. zwischen  $N/(N+1)$  und  $(N+1)/N$ , wird daher die Ladung bei dem gewünschten Verstärkungsfaktor übertragen. Durch Laden der Kondensatoren auf eine andere Spannung sinkt jedoch der Wirkungsgrad, weil mehr Umkonfigurationen notwendig sind, um eine gewünschte Verstärkung zu erhalten.

**[0051]** Die geschaltete Kondensatoranordnung **30** der **Fig. 3** besteht aus  $N$  Verstärkungsblöcken **35**, wobei jeder Verstärkungsblock **35** einen Kondensator und sieben Schalter aufweist. Diese Anordnung **30** verwendet somit insgesamt  $N$  Kondensatoren  $C_1, C_2, \dots, C_N$  und  $N$  Gruppen aus 7 Schaltern  $SW_1, SW_2, \dots, SW_7$ , wobei jeder der  $N$  Kondensatoren die gleiche Kapazität hat, obwohl dies wiederum nicht notwendig ist. Jeder Verstärkungsblock **35** umfaßt einen Kondensator  $C$  mit einer Platte, die über einen ersten Schalter  $SW_1$  mit einer Eingangsspannung  $V_i$  verbunden ist, über einen zweiten Schalter  $SW_2$  mit einem vorhergehenden Verstärkungsblock, über einen dritten Schalter  $SW_3$  mit Masse und über einen vierten Schalter  $SW_4$  mit einem Ausgang  $V_o$  verbunden ist, und dessen andere Platte über einen fünften Schalter  $SW_5$  mit  $V_i$  verbunden ist, über einen sechsten Schalter  $SW_6$  mit Masse und über einen siebten Schalter  $SW_7$  mit  $V_o$  verbunden ist.

**[0052]** Man sollte beachten, daß wie bei dem Verstärkungsblock **15** der Anordnung **10** jeder Verstärkungsblock **35** zu jedem anderen Verstärkungsblock identisch ist, so daß die Anordnung **30** modular mit einem gemeinsamen Eingang  $V_i$  und einem gemeinsamen Ausgang  $V_o$  aufgebaut ist. Ähnlich kann eine geschaltete Kondensatoranordnung beliebiger Größe leicht hergestellt werden, indem so viele Verstärkungsblöcke wie erwünscht angeschlossen werden. Die Konfiguration der Schalter und Kondensatoren der Anordnung **30** erlaubt es zusätzlich zu der Abwärts- und Aufwärtswandlung einen gemeinsamen Ruhezustand zwischen den Verstärkungsbereichen einzurichten. Die geschaltete Kondensatoranordnung **30** kann Verstärkungsfaktoren in den Verstärkungsbereichen von  $1/(N+1), 1/N, N/(N+1), 1, (N+1)/N, N$  und  $(N+1)$  vorsehen. Bei einer Anordnung mit  $N = 3$  Kondensatoren sind die möglichen Verstärkungsfaktoren z. B. in der Tabelle 2 unten angegeben.

Tabelle 2

Verstärkungsbereich	Verstärkungsfaktoren (für $N = 3$ )
$1/(N+1)$	$1/2, 1/3, 1/4$
$1/N$	$1, 1/2, 1/3$
$N/(N+1)$	$1/2, 2/3, 3/4$
1	1
$(N+1)/N$	$2, 3/2, 4/3$
N	$1, 2, 3$
$(N+1)$	$2, 3, 4$

**[0053]** Eine Anordnung **50** mit drei Kondensatoren ist in **Fig. 5** gezeigt. Die Anordnung **50** umfaßt drei Kondensatoren  $C_1$ ,  $C_2$  und  $C_3$  und 21 Schalter  $SW_1$  bis  $SW_{21}$ , die drei Verstärkungsblokke gemäß der Anordnung **30** der **Fig. 3** bilden. Zusätzlich zu den Verstärkungsbereichen und Konfigurationen der Anordnungen **10** und **20** können die Anordnungen **30** und **50** auch für Verstärkungsfaktoren in Verstärkungsbereichen von  $1/(N+1)$ ,  $1/N$ ,  $N$  und  $(N+1)$  konfiguriert werden.

**[0054]** Für Verstärkungsfaktoren in dem Verstärkungsbereich  $1/(N+1)$  (d. h.  $1/2$ ,  $1/3$  und  $1/4$ ) werden während einer ersten Phase  $K$  Kondensatoren ( $K = 1$  bis  $3$ ) von  $V_o$  gegen Masse parallel geschaltet, und während einer zweiten Phase werden sie von  $V_i$  nach  $V_o$  in Reihe geschaltet. Für Verstärkungsfaktoren im Verstärkungsbereich  $1/N$  (d. h.  $1$ ,  $1/2$  und  $1/3$ ) werden während einer ersten Phase  $K$  Kondensatoren von  $V_i$  nach Masse parallel geschaltet, und während einer zweiten Phase werden sie von  $V_o$  nach Masse in Reihe geschaltet. Man sollte beachten, daß die Konfiguration für die Verstärkungsfaktoren in dem Bereich  $1/N$  auch dazu verwendet werden kann, die Verstärkungsfaktoren in dem Bereich  $1/(N+1)$  anzunähern, insbesondere wenn  $K$  größer wird. Für Verstärkungsfaktoren in dem Verstärkungsbereich  $N$  (d. h.  $1$ ,  $2$  und  $3$ ) werden während einer ersten Phase  $K$  Kondensatoren von  $V_i$  gegen Masse parallel geschaltet, und während einer zweiten Phase werden sie von  $V_o$  gegen Masse in Reihe geschaltet. Schließlich werden für Verstärkungsfaktoren im Verstärkungsbereich  $(N+1)$  (d. h.  $2$ ,  $3$  und) während einer ersten Phase  $K$  Kondensatoren von  $V_i$  nach Masse parallel geschaltet, und während einer zweiten Phase werden sie von  $V_o$  nach  $V_i$  in Reihe geschaltet.

**[0055]** Zusätzlich zu mehr Verstärkungsbereichen kann die geschaltete Kondensatoranordnung **30** der **Fig. 3** auch so konfiguriert werden, daß sie einen gemeinschaftlichen Ruhezustand zwischen den Verstärkungsbereichen  $N/(N+1)$ ,  $1$  und  $(N+1)/N$  aufweist. Der gemeinschaftliche oder gemeinsam genutzte Ruhezustand für diese Verstärkungsbereiche wird erhalten, indem alle  $N$  Kondensatoren von  $V_o$  nach  $V_i$  parallel geschaltet werden. Die Anordnung **30** ermöglicht somit, einen gewünschten Verstärkungsfaktor zwischen den Bereichen  $N/(N+1)$ ,  $1$  und  $(N+1)/N$  zu verändern, ohne Ladung bei Verstärkungsfaktoren zu übertragen, die höher oder niedriger als gewünscht sind, und ohne zusätzliche Umkonfigurationen der Kondensatoren notwendig zu machen.

**[0056]** Die **Fig. 5A** bis **Fig. 5D** zeigen Kondensatorkonfigurationen zum Verändern des Verstärkungsfaktors von  $4/3$  auf  $3/4$  mit Hilfe eines gemeinschaftlichen Ruhezustands in der Anordnung **50** der **Fig. 5**. Die erste und die zweite Phase für den Verstärkungsfaktor  $4/3$ , die in den **Fig. 5A** bzw. **Fig. 5B** gezeigt sind, stimmen mit denen der **Fig. 4A** und **Fig. 4B** überein. Der Ladezustand der **Fig. 5A** wird erhalten, indem die Schalter  $SW_1$ ,  $SW_9$ ,  $SW_{16}$  und  $SW_{20}$  geschlossen werden, während der Entladestand der **Fig. 5B**, wenn die Ladung übertragen ist, erhalten wird, indem die Schalter  $SW_4$ ,  $SW_5$ ,  $SW_{11}$ ,  $SW_{12}$ ,  $SW_{18}$  und  $SW_{19}$  geschlossen werden.

**[0057]** Der Ladezustand für den Übergang auf eine Verstärkung von  $3/4$  ist jedoch aufgrund eines gemeinschaftlichen Ruhezustands anders als der in **Fig. 4D** gezeigte Zustand. Der Ladezustand für die Verstärkung  $3/4$  gemäß **Fig. 5C** wird also erhalten, indem die Schalter  $SW_3$ ,  $SW_9$ ,  $SW_{16}$  und  $SW_{21}$  geschlossen werden. Der resultierende Spannungsausdruck ist gegeben durch

$$V_{C1} = V_{C2} = V_{C3} = -1/3 \cdot V_o \quad (9)$$

**[0058]** Die geschaltete Kondensatoranordnung kehrt dann in den gemeinschaftlichen Ruhezustand zurück, der in **Fig. 5D** gezeigt ist, indem die Schalter  $SW_4$ ,  $SW_5$ ,  $SW_{11}$ ,  $SW_{12}$ ,  $SW_{18}$  und  $SW_{19}$  erneut geschlossen werden. Da dieser Zustand gleich ist wie die Konfiguration der **Fig. 5B** und somit der **Fig. 4B**, ist auch der Spannungsausdruck der gleiche, wie im folgenden wiedergegeben ist:

$$V_o - V_i = V_{C1} = V_{C2} = V_{C3} \quad (6)$$

**[0059]** Das Kombinieren der Gleichungen (9) und (6) führt zu

$$V_o - V_i = -1/3 \cdot V_o \Rightarrow V_o = 3/4 \cdot V_i$$

wodurch der gewünschte Verstärkungsfaktor von  $3/4$  erreicht wird.

**[0060]** Da die in den **Fig. 5B** und **Fig. 5D** gezeigten Zustände unabhängig vom Verstärkungsfaktor gleich sind, wird immer die richtige Ladung bei der gewünschten Verstärkung übertragen. Bei diesem gemeinschaftlichen Ruhezustand sind alle Kondensatoren von  $V_i$  nach  $V_o$  parallel geschaltet, und wenn ein anderer Verstärkungsfaktor gewünscht wird, werden die Kondensatoren in dem gemeinschaftlichen Ruhezustand auf die richtige Reihenschaltung für den Ladezustand umkonfiguriert. Zusätzlich zu den oben erörterten Verstärkungsfaktoren

von 3/4 und 4/3 können mit der Anordnung **50** der **Fig. 5** auch Verstärkungsfaktoren von 2/3, 3/2, 1/2, 2 und 1 mit dem gemeinschaftlichen Ruhezustand erreicht werden, wobei die entsprechenden Kondensatorkonfigurationen jeweils in den **Fig. 6A** bis **Fig. 6E** gezeigt sind. Tabelle 3 gibt die jeweiligen Schalter an, die zum Erhalten der gewünschten Verstärkung geschlossen werden müssen.

Tabelle 3

Verstärkungsfaktor	geschlossene Schalter
1/2	SW <sub>4</sub> , SW <sub>10</sub> , SW <sub>14</sub> , SW <sub>18</sub>
2/3	SW <sub>4</sub> , SW <sub>5</sub> , SW <sub>10</sub> , SW <sub>15</sub> , SW <sub>21</sub>
3/4	SW <sub>3</sub> , SW <sub>9</sub> , SW <sub>16</sub> , SW <sub>21</sub>
1	SW <sub>4</sub> , SW <sub>5</sub> , SW <sub>11</sub> , SW <sub>12</sub> , SW <sub>15</sub> , SW <sub>21</sub>
4/3	SW <sub>1</sub> , SW <sub>9</sub> , SW <sub>16</sub> , SW <sub>20</sub>
3/2	SW <sub>1</sub> , SW <sub>9</sub> , SW <sub>13</sub> , SW <sub>18</sub> , SW <sub>19</sub>
2	SW <sub>4</sub> , SW <sub>5</sub> , SW <sub>8</sub> , SW <sub>13</sub> , SW <sub>15</sub> , SW <sub>20</sub>

**[0061]** In allgemeiner Form wird somit für die Anordnung **30** der **Fig. 3** mit den N Kondensatoren ein gemeinschaftlicher Ruhezustand erhalten, wenn alle N Kondensatoren vom Ausgang zum Eingang parallel geschaltet sind, unabhängig von dem gewünschten Verstärkungsfaktor. Schaltsteuercrreise, die im Stand der Technik bekannt sind, senden die geeigneten Signale zum Öffnen und Schließen der Schalter. Wenn ein zweiphasiges, nicht überlappendes Taktignal verwendet wird, um die Steuercrreise zu takten, wechselt die geschaltete Kondensatoranordnung zwischen diesem gemeinschaftlichen Ruhezustand und einem Ladezustand. Der Ladezustand wird erhalten, wenn die gewünschten Kondensatoren in Reihe geschaltet sind, um die gewünschte Verstärkungseinstellung zu erhalten. Die Ladungsübertragung zum Ausgang erfolgt für Verstärkungseinstellungen von weniger oder gleich eins ( $\leq 1$ ) während des Ladezustands und des gemeinschaftlichen Ruhezustands, und für Verstärkungseinstellungen, die größer als eins ( $> 1$ ) sind, erfolgt die Ladungsübertragung, wenn die Kondensatoren in den gemeinschaftlichen Ruhezustand zurückgebracht werden. Die geschaltete Kondensatoranordnung **30** der **Fig. 3** mit dem gemeinschaftlichen Ruhezustand und den modularen Blöcken sieht somit einen einfachen Schaltkreis für sowohl die Abwärts- als auch die Aufwärtswandlung mit erhöhtem Wirkungsgrad vor, ohne daß Ladungsübertragungen bei unerwünschten Verstärkungsfaktoren auftreten.

**[0062]** Eine andere Ausführungsform der Erfindung ist in **Fig. 7** gezeigt, wobei die Anzahl der Schalter in einer geschalteten Kondensatoranordnung mit einem gemeinschaftlichen Ruhezustand minimiert ist. Eine geschaltete Anordnung **70** mit N Kondensatoren umfaßt einen ersten Verstärkungsblock **71**, N-2 mittlere Verstärkungsblöcke **72** und einen Endverstärkungsblock **73**. Der erste Verstärkungsblock **71** weist einen Kondensator und vier Schalter auf, die mittleren Verstärkungsblöcke **72** weisen jeweils einen Kondensator und fünf Schalter auf, und der Endverstärkungsblock **73** weist einen Kondensator und sechs Schalter auf. Wenn die Anzahl der Verstärkungsblöcke zunimmt, wird somit Anzahl der Schalter im Vergleich zu der geschalteten Kondensatoranordnung **30** der **Fig. 3**, die sieben Schalter pro Verstärkungsblock umfaßt, weiter verringert. Mit weniger Schaltern kann die Kondensatoranordnung **70** jedoch nicht so viele Verstärkungsfaktoren wie die Anordnung **30** der **Fig. 3** konfigurieren. Während die Anordnung **30** Verstärkungsfaktoren in den Bereichen  $1/(N+1)$ ,  $1/N$ ,  $N/(N+1)$ ,  $1/(N+1)/N$ ,  $N$  und  $N+1$  konfigurieren kann, kann die Anordnung **70** nur Verstärkungsfaktoren in den Bereichen  $N/(N+1)$ ,  $1$  und  $(N+1)/N$  konfigurieren.

**[0063]** Bei der Anordnung **70** umfaßt der erste Verstärkungsblock **71** einen Kondensator C, der eine Platte aufweist, die über den Schalter SW<sub>1</sub> mit der Eingangsspannung V<sub>i</sub>, über den Schalter SW<sub>2</sub> mit der Ausgangsspannung V<sub>o</sub> und über den Schalter SW<sub>3</sub> mit Masse verbunden ist, und der eine weitere Platte aufweist, die über den Schalter SW<sub>4</sub> mit V<sub>i</sub> verbunden ist. Die mittleren Verstärkungsblöcke **72** umfassen jeweils einen Kondensator C, der eine Platte aufweist, die über den Schalter SW<sub>5</sub> mit dem vorhergehenden Block, über den Schalter SW<sub>6</sub> mit Masse und über den Schalter SW<sub>7</sub> mit V<sub>o</sub> verbunden ist, und der eine weitere Platte aufweist, die über den Schalter SW<sub>8</sub> mit V<sub>i</sub> und über den Schalter SW<sub>9</sub> mit Masse verbunden ist. Der Endverstärkungsblock **73** umfaßt einen Kondensator C, der eine Platte aufweist, die über den Schalter SW<sub>10</sub> mit V<sub>i</sub>, über den Schalter SW<sub>11</sub> mit dem Ausgang V<sub>o</sub> und über den Schalter SW<sub>12</sub> mit dem letzten der mittleren Verstärkungsblöcke verbunden ist, und der eine weitere Platte aufweist, die über den Schalter SW<sub>13</sub> mit V<sub>i</sub>, über den Schalter SW<sub>14</sub> mit V<sub>o</sub> und über den Schalter SW<sub>15</sub> mit Masse verbunden ist.

**[0064]** Wie bei der Kondensatoranordnung **30** der **Fig. 3** ergibt sich ein gemeinschaftlicher Ruhezustand für die Anordnung **70** durch Verbinden aller Kondensatoren parallel vom Ausgang zum Eingang. Für die Konfiguration des gemeinschaftlichen Ruhezustands werden daher die Schalter  $SW_2$ ,  $SW_4$ ,  $SW_7$ ,  $SW_8$ ,  $SW_{11}$  und  $SW_{13}$  geschlossen. Wenn andere Verstärkungsfaktoren gewünscht werden, werden die Kondensatoren in dem gemeinschaftlichen Ruhezustand auf die entsprechende Reihenschaltung für den Ladezustand neu konfiguriert. Wenn die Anordnung **70** der **Fig. 7** z. B. eine Anordnung mit drei Kondensatoren ( $N = 3$ ) ist, sind Verstärkungsfaktoren von  $1/2$ ,  $2/3$ ,  $3/4$ ,  $1$ ,  $4/3$ ,  $3/2$  und  $2$  möglich, indem die geeigneten Schalter wie in Tabelle 4 gezeigt geschlossen werden.

Tabelle 4

Verstärkungsfaktor	Geschlossene Schalter
$1/2$	$SW_2$ , $SW_6$ , $SW_{11}$ , $SW_{12}$
$2/3$	$SW_2$ , $SW_4$ , $SW_6$ , $SW_{12}$ , $SW_{14}$
$3/4$	$SW_3$ , $SW_5$ , $SW_{12}$ , $SW_{14}$
$1$	$SW_2$ , $SW_4$ , $SW_7$ , $SW_8$ , $SW_{10}$ , $SW_{14}$
$4/3$	$SW_1$ , $SW_5$ , $SW_{12}$ , $SW_{15}$
$3/2$	$SW_1$ , $SW_5$ , $SW_9$ , $SW_{11}$ , $SW_{13}$
$2$	$SW_2$ , $SW_4$ , $SW_5$ , $SW_9$ , $SW_{10}$ , $SW_{15}$

**[0065]** Die geschaltete Kondensatoranordnung **70** kann anstelle der geschalteten Kondensatoranordnung **30** verwendet werden, um die Anzahl der Schalter zu reduzieren, wenn nur Verstärkungsfaktoren in den Bereichen von  $N/(N + 1)$ ,  $1$  und  $(N + 1)/N$  erwünscht sind.

**[0066]** Die oben beschriebenen Ausführungsformen der Erfindung dienen lediglich als Beispiel nicht als Beschränkung. Der Fachmann wird somit verstehen, daß zahlreiche Veränderungen und Modifikationen vorgenommen werden können, ohne den Bereich dieser Erfindung zu verlassen. Die folgenden Ansprüche umfassen also all solche Änderungen und Modifikationen, die in dem Bereich der Erfindung liegen.

#### Patentansprüche

1. Geschaltete Kondensatoranordnung (**10**; **20**; **30**; **50**; **70**) zum Vorsehen einer Abwärts- und Aufwärtswandlung mit:

N Kondensatoren (C) und mehreren Schaltern (SW), die so angeschlossen sind, daß ausgewählte Kondensatoren der N Kondensatoren (C) zum Vorsehen sowohl einer Abwärts- als auch einer Aufwärtswandlung konfiguriert werden können, wobei

die N Kondensatoren (C) und die mehreren Schalter (SW) N Verstärkungsblöcke (**15**; **35**; **71**, **72**, **73**) bilden, wobei jeder der N Verstärkungsblöcke (**15**; **35**; **71**, **72**, **73**) einen der N Kondensatoren (C) und folgende Schalter aufweist:

einen ersten Schalter ( $SW_1$ ), der eine erste Platte eines Kondensators (C) mit einem Eingang ( $V_i$ ) verbindet; einen zweiten Schalter ( $SW_2$ ;  $SW_4$ ), der die erste Platte mit einem Ausgang ( $V_o$ ) verbindet; einen dritten Schalter ( $SW_3$ ;  $SW_5$ ), der eine zweite Platte des Kondensators (C) mit dem Eingang ( $V_1$ ) verbindet; einen vierten Schalter ( $SW_4$ ;  $SW_7$ ), der die zweite Platte mit dem Ausgang ( $V_o$ ) verbindet; und einen fünften Schalter ( $SW_5$ ;  $SW_2$ ), der die zweite Platte mit einem nächsten Verstärkungsblock (**15**; **35**) verbindet, wobei der fünfte Schalter ( $SW_5$ ;  $SW_2$ ) eines letzten Verstärkungsblocks die erste oder zweite Platte des Kondensators (C) des letzten Verstärkungsblocks mit Bezugsspannung (Masse) verbindet.

2. Anordnung nach Anspruch 1, bei der die N Verstärkungsblöcke (**15**; **35**) identisch sind.

3. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2, bei der die N Kondensatoren (C) und die mehreren Schalter (SW) so verbunden sind, daß sich jeder der Verstärkungsfaktoren  $\frac{1}{K+1}$  und  $1$  und  $\frac{K+1}{K}$  einstellen lässt, wobei K aus der Menge der natürlichen Zahlen und nicht größer als N ist.

4. Anordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei der die N Kondensatoren (C) und die mehreren Schalter (SW) so verbunden sind, daß ein gemeinschaftlicher Ruhezustand zwischen einem ersten Verstärkungsfaktor oberhalb von  $1$  und einem zweiten Verstärkungsfaktor nicht oberhalb von  $1$  konfigurierbar ist.

5. Anordnung nach Anspruch 4, bei der die N Kondensatoren (C) und die mehreren Schalter (SW) so verbunden sind, daß sich jeder der Verstärkungsfaktoren  $\frac{1}{K+1}$  und  $\frac{1}{K}$  und  $\frac{K}{K+1}$  und  $\frac{K+1}{K}$  und K + 1 einstellen läßt, wobei K aus der Menge der natürlichen Zahlen und nicht größer als N ist.

6. Anordnung nach Anspruch 4 oder 5, bei der die N Kondensatoren (C) von dem Ausgang ( $V_o$ ) zu dem Eingang ( $V_i$ ) parallel geschaltet sind, um den gemeinschaftlichen Ruhezustand herzustellen.

7. Anordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei jeder der N Verstärkungsblöcke (75) zusätzlich folgende Komponenten umfasst:  
einen sechsten Schalter ( $SW_3$ ), der die erste Platte mit Masse verbindet; und  
einen siebten Schalter ( $SW_6$ ), der die zweite Platte mit Masse verbindet.

8. Geschaltete Kondensatoranordnung (70) zum Vorsehen einer Abwärts- und Aufwärtswandlung mit N Kondensatoren (C) und mehreren Schaltern (SW), die so angeschlossen sind, daß ausgewählte Kondensatoren der N Kondensatoren (C) zum Vorsehen sowohl einer Abwärts- als auch einer Aufwärtswandlung konfiguriert werden können, wobei  $N \geq 3$  und die N Kondensatoren (C) und die mehreren Schalter (SW) einen ersten Verstärkungsblock (71), N-2 mittlere Verstärkungsblöcke (72) und einen letzten Verstärkungsblock (73) bilden, wobei jeder Block einen der N Kondensatoren (C) aufweist und  
der erste Verstärkungsblock (71) folgende Komponenten aufweist:  
einen ersten Schalter ( $SW_1$ ), der eine erste Platte eines ersten Kondensators (C) mit einem Eingang ( $V_i$ ) verbindet;  
einen zweiten Schalter ( $SW_2$ ), der die erste Platte des ersten Kondensators (C) mit einem Ausgang ( $V_o$ ) verbindet;  
einen dritten Schalter ( $SW_3$ ), der die erste Platte des ersten Kondensators (C) mit Masse verbindet; und  
einen vierten Schalter ( $SW_4$ ), der eine zweite Platte des ersten Kondensators (C) mit dem Eingang ( $V_i$ ) verbindet;  
wobei jeder der mittleren Verstärkungsblöcke (72) folgende Komponenten umfaßt:  
einen fünften Schalter (SW), der eine erste Platte eines mittleren Kondensators (C) mit einem vorhergehenden Verstärkungsblock (71) verbindet;  
einen sechsten Schalter ( $SW_6$ ), der die erste Platte des mittleren Kondensators (C) mit Masse verbindet;  
einen siebten Schalter ( $SW_7$ ), der die erste Platte des mittleren Kondensators (C) mit dem Ausgang ( $V_o$ ) verbindet;  
einen acht Schalter ( $SW_8$ ), der eine zweite Platte des mittleren Kondensators (C) mit dem Eingang ( $V_i$ ) verbindet; und  
einen neunten Schalter ( $SW_9$ ), der die zweite Platte des mittleren Kondensators (C) mit Masse verbindet; und  
wobei der letzte Verstärkungsblock (73) folgende Komponenten aufweist:  
einen zehnten Schalter ( $SW_{10}$ ), der eine erste Platte eines Endkondensators (C) mit dem Eingang ( $V_i$ ) verbindet;  
einen elften Schalter ( $SW_{11}$ ), der die erste Platte des Endkondensators (C) mit dem Ausgang ( $V_o$ ) verbindet;  
einen zwölften Schalter ( $SW_{12}$ ), der die erste Platte des Endkondensators (C) mit dem letzten der mittleren Verstärkungsblöcke (72) verbindet;  
einen dreizehnten Schalter ( $SW_{13}$ ), der eine zweite Platte des Endkondensators (C) mit dem Eingang ( $V_i$ ) verbindet;  
einen vierzehnten Schalter ( $SW_{14}$ ), der die zweite Platte des Endkondensators (C) mit dem Ausgang ( $V_o$ ) verbindet; und  
einen fünfzehnten Schalter ( $SW_{15}$ ), der die zweite Platte des Endkondensators (C) mit Masse verbindet.

9. Anordnung nach Anspruch 8, bei der alle N-2 mittleren Verstärkungsblöcke (72) gleich sind.

10. Geschaltete Kondensatoranordnung (10; 20; 30; 50; 70) zum Vorsehen einer Abwärts- und Aufwärtswandlung mit folgenden Merkmalen:  
einem Eingang ( $V_i$ );  
einem Ausgang ( $V_o$ );  
einem Verstärkungskreis, der mit dem Eingang ( $V_i$ ) und dem Ausgang ( $V_o$ ) verbunden ist und N Kondensatoren (C) und mehrere Schalter (SW) umfaßt, die so angeschlossen sind, daß ausgewählte Kondensatoren zum Wandel einer am Eingang ( $V_i$ ) angelegten Spannung in eine betragsmäßig größere, am Ausgang ( $V_o$ ) anliegende Spannung von einem ersten Zustand in einen zweiten Zustand geschaltet werden können und die ausgewählten Kondensatoren zum Wandel der am Eingang ( $V_i$ ) angelegten Spannung in eine betragsmäßig kleinere, am Ausgang ( $V_o$ ) anliegende Spannung von einem dritten Zustand in einen vierten Zustand geschal-

tet werden können, wobei der erste Zustand oder zweite Zustand und der dritte Zustand oder vierte Zustand eine Parallelschaltung der N Kondensatoren umfaßt.

11. Anordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei der jeder der N Kondensatoren (C) die gleiche Kapazität hat.

12. Verfahren zum Vorsehen einer Abwärts- und Aufwärtswandlung mit einer Anordnung aus N Kondensatoren (C) und mehreren Schaltern (SW), die mit einem Eingang ( $V_i$ ) und einem Ausgang ( $V_o$ ) verbunden sind, mit folgenden Verfahrensschritten:

Konfigurieren einer ersten Vielzahl der N Kondensatoren, um die erste Vielzahl der Kondensatoren zu laden; Konfigurieren der ersten Vielzahl der N Kondensatoren, um die erste Vielzahl der Kondensatoren zu entladen, um eine an dem Eingang ( $V_i$ ) angelegte Spannung in eine an dem Ausgang ( $V_o$ ) anliegende betragsmäßig größere Spannung zu wandeln;

Konfigurieren einer zweiten Vielzahl der N Kondensatoren, um die zweite Vielzahl der Kondensatoren zu laden; und

Konfigurieren der zweiten Vielzahl der N Kondensatoren, um die zweite Vielzahl der Kondensatoren zu entladen, um die an dem Eingang ( $V_i$ ) angelegte Spannung in eine an dem Ausgang ( $V_o$ ) anliegende betragsmäßig kleinere Spannung zu wandeln;

wobei das Konfigurieren der ersten und/oder zweiten Vielzahl der N Kondensatoren das Parallelschalten der N Kondensatoren umfaßt.

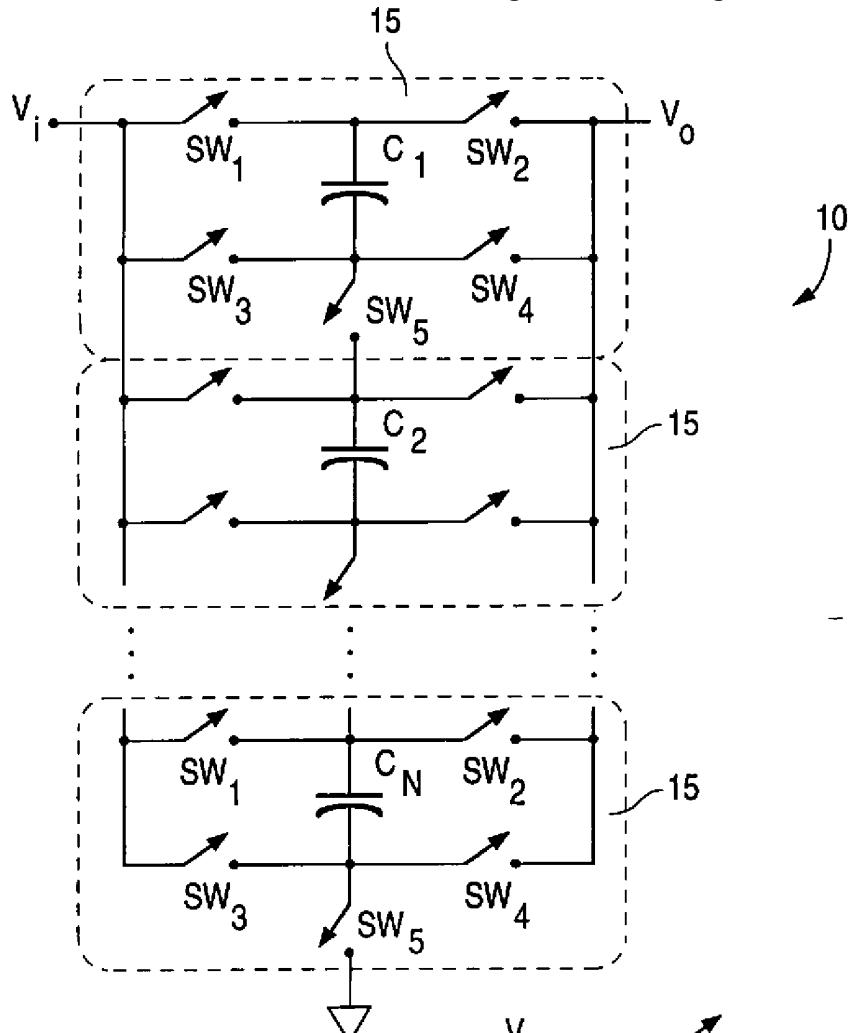
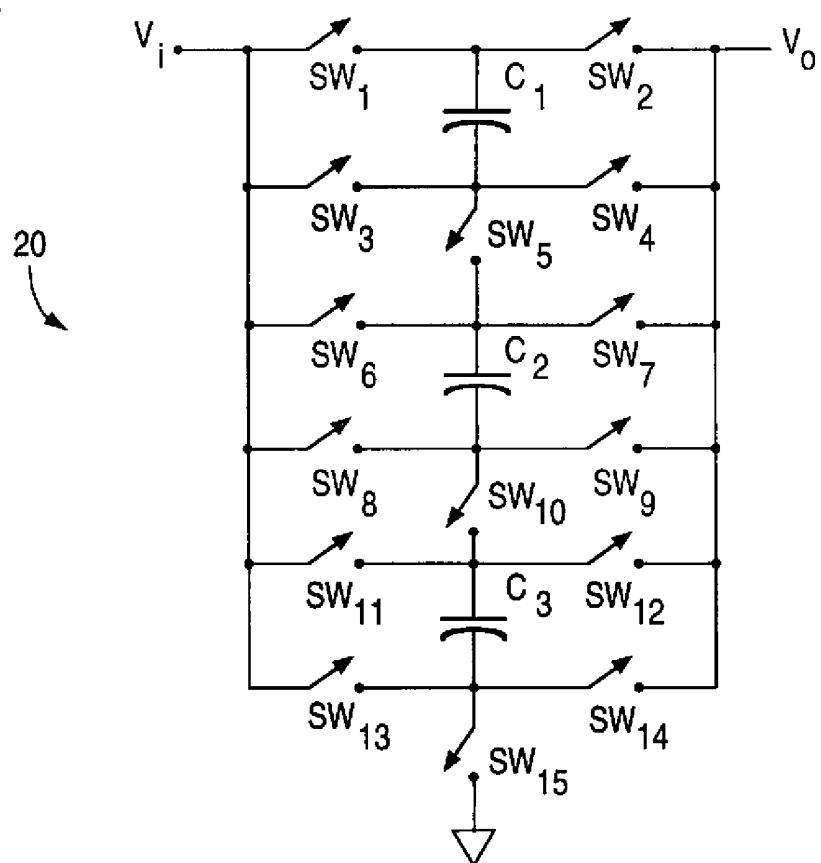
13. Verfahren nach Anspruch 12 mit zusätzlich folgendem Schritt:

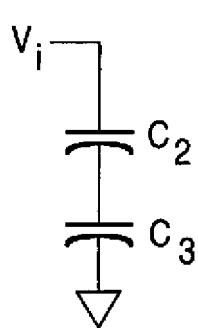
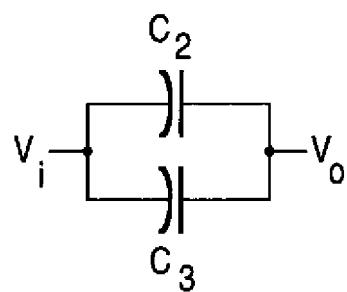
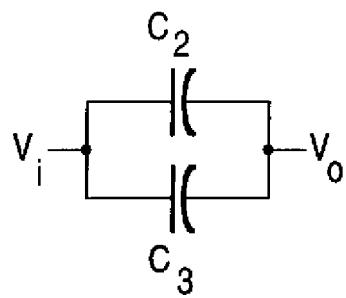
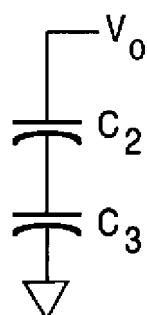
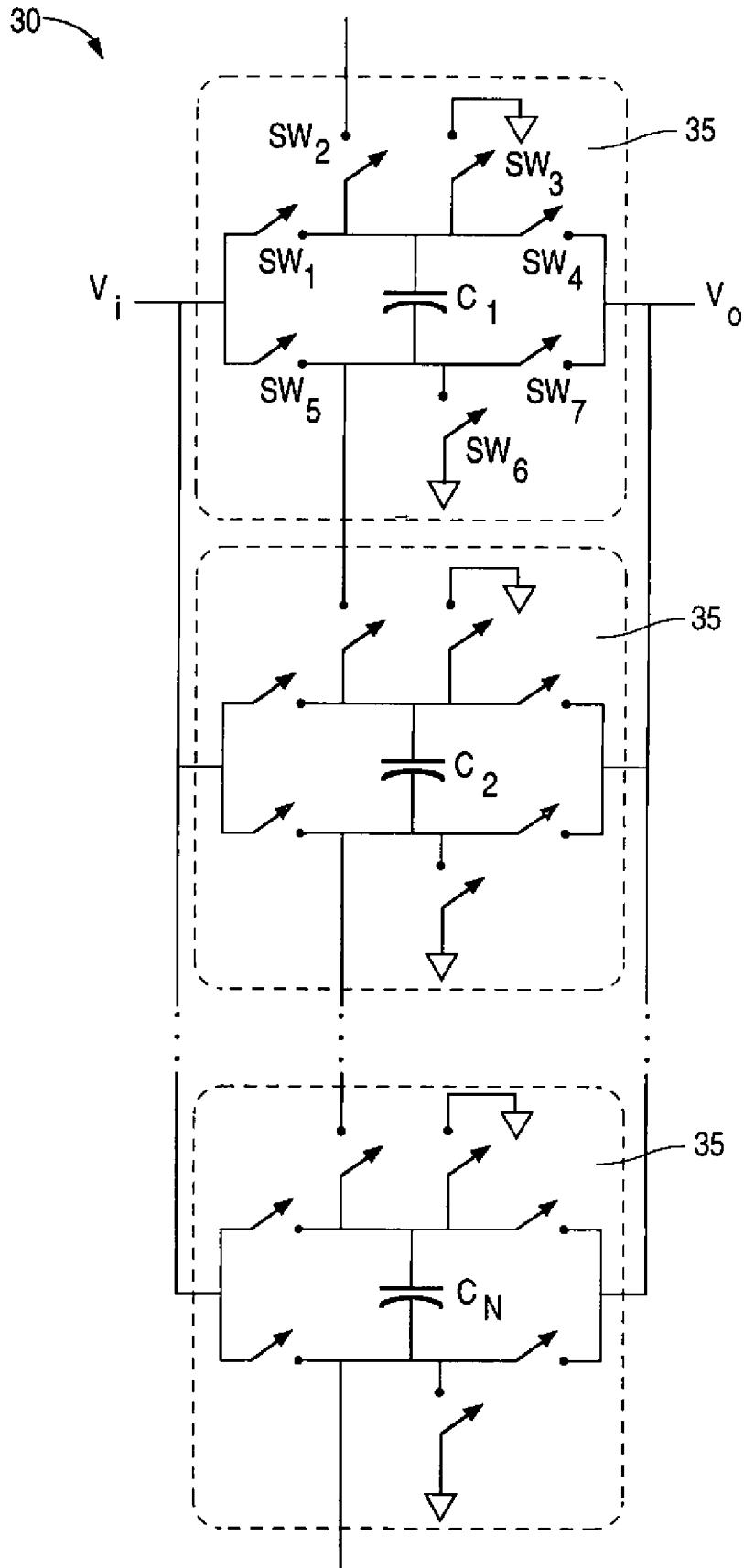
Konfigurieren der N Kondensatoren, um einen gemeinschaftlichen Ruhezustand vorzusehen.

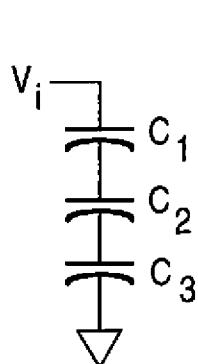
14. Verfahren nach Anspruch 13, bei dem die Konfiguration der N Kondensatoren zum Bilden eines gemeinschaftlichen Ruhezustands das Anschließen der N Kondensatoren (C) parallel zwischen dem Ausgang ( $V_o$ ) und dem Eingang ( $V_i$ ) umfaßt.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

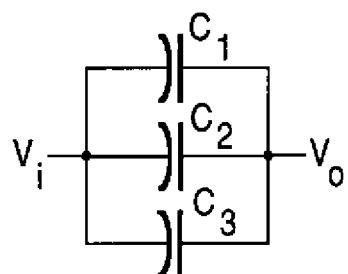
## Anhängende Zeichnungen

**FIG. 1****FIG. 2**

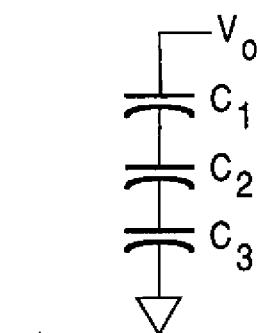
**FIG. 2A****FIG. 2B****FIG. 2C****FIG. 2D****FIG. 3**



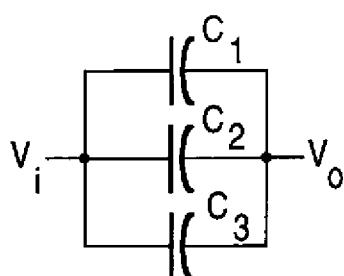
**FIG. 4A**



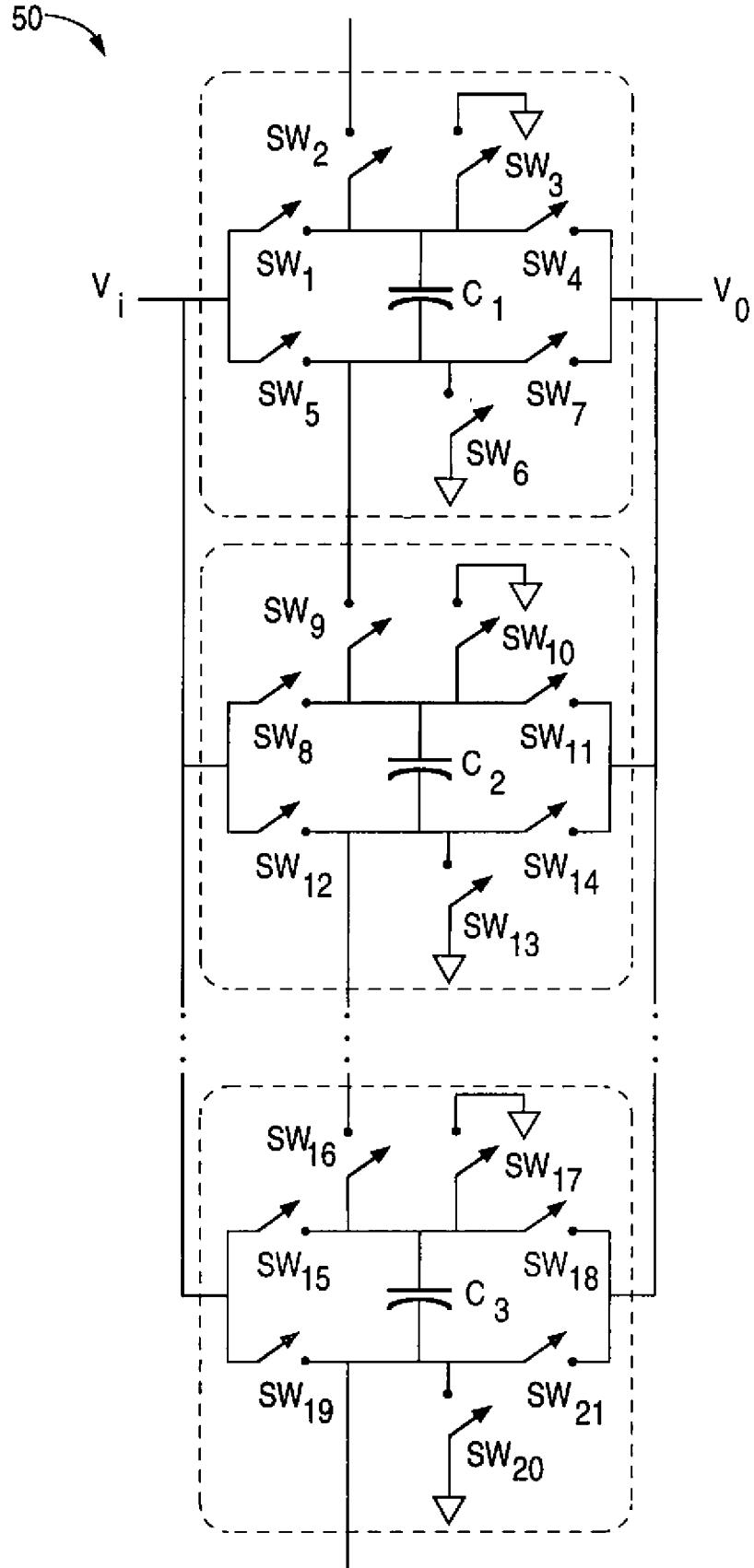
**FIG. 4B**



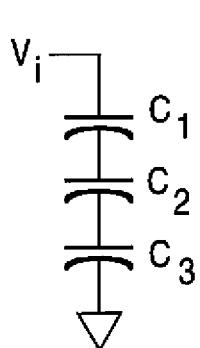
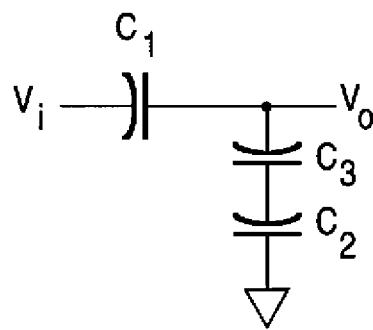
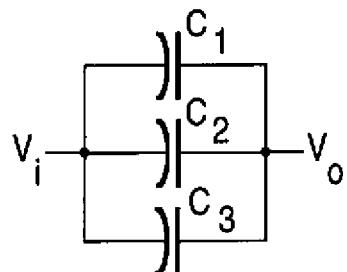
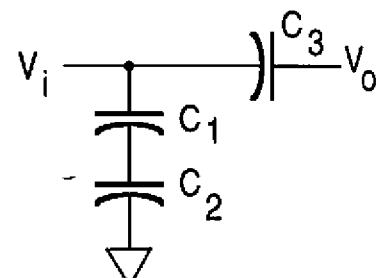
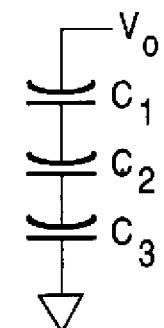
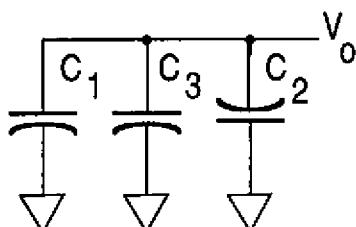
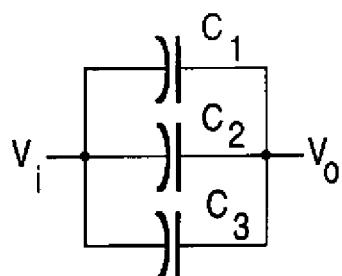
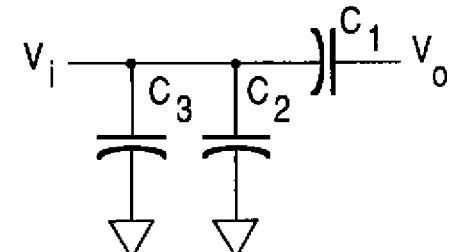
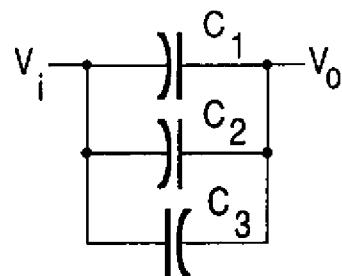
**FIG. 4C**

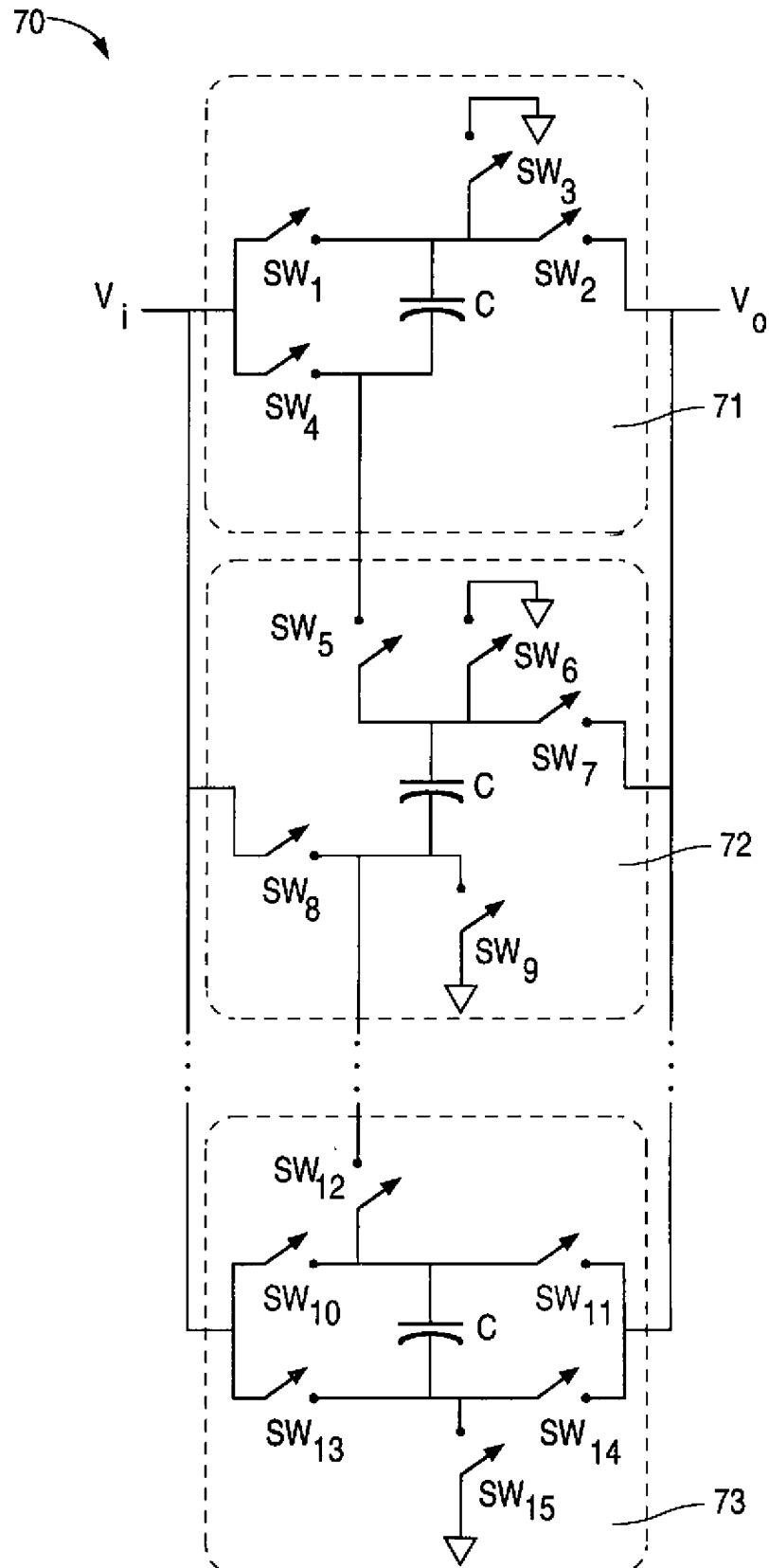


**FIG. 4D**



**FIG. 5**

**FIG. 5A****FIG. 6A****FIG. 5B****FIG. 6B****FIG. 6C****FIG. 5C****FIG. 6D****FIG. 5D****FIG. 6E**

**FIG. 7**