



(10) **DE 10 2010 040 732 B4** 2022.11.03

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2010 040 732.1**
(22) Anmeldetag: **14.09.2010**
(43) Offenlegungstag: **19.05.2011**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **03.11.2022**

(51) Int Cl.: **H03F 3/217** (2006.01)
H04R 3/00 (2006.01)
H03K 7/08 (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:
10-2009-0087600 16.09.2009 KR

(73) Patentinhaber:
**Samsung Electronics Co., Ltd., Suwon-si,
Gyeonggi-do, KR**

(74) Vertreter:
**Patentanwälte Ruff, Wilhelm, Beier, Dauster &
Partner mbB, 70174 Stuttgart, DE**

(72) Erfinder:
**Kim, Bong-Joo, Seoul, KR; Yeum, Wang-Seup,
Yongin, Kyonggi, KR; Lee, Yong-Hee, Yongin,
Kyonggi, KR; You, Seung-Bin, Seongnam,
Kyonggy, KR; Seok, Chun Kyun, Seoul, KR**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

US	7 492 219	B1
US	2005 / 0 212 592	A1
JP	2003- 234 621	A

(54) Bezeichnung: **Dreipegel-PWM-Verstärker und Audioverarbeitungsvorrichtung**

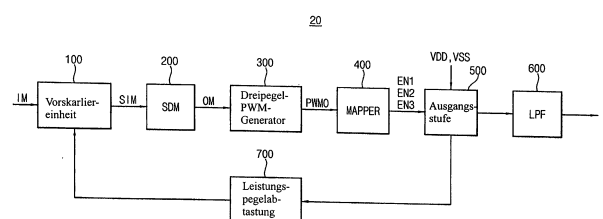
(57) Hauptanspruch: Dreipegel-Impulsbreitenmodulations (PWM)-Verstärker mit:

- einem PWM-Generator (300), der dafür konfiguriert ist, ein Dreipegel-PWM-Signal (PWMO) mit einem ersten Pegel, einem zweiten Pegel und einem Referenzpegel zu erzeugen, indem die Breite von Impulsen mit dem ersten Pegel variiert wird und indem die Breite von Impulsen mit dem zweiten Pegel variiert wird, jeweils basierend auf einem Eingangssignal (IM),
- einer Ausgangsstufe (500), die dafür konfiguriert ist, basierend auf dem Dreipegel-PWM-Signal einen Ausgangsknoten (NO) auf einen Pegel einer ersten Leistungsversorgungsspannung (VDD), einer zweiten Leistungsversorgungsspannung (VSS) oder einer dritten Leistungsversorgungsspannung (GND) zu treiben, und
- einer Vorskalierereinheit (100), die dafür konfiguriert ist, das Eingangssignal (IM) gemäß wenigstens einem Verstärkungswert (G; G1, G2) zu skalieren, um für den PWM-Generator (300) ein skaliertes Eingangssignal (SIM) bereitzustellen, wobei der wenigstens eine Verstärkungswert (G; G1, G2) eine Höhe aufweist, die eine Variation von wenigstens einer der ersten bis dritten Leistungsversorgungsspannung (VDD, VSS, GND) kompensiert,
- wobei die Vorskalierereinheit (100) folgendes umfasst:
 - einen Signalseparator (111), der das Eingangssignal (IM) basierend auf dem Referenzpegel in ein erstes Eingangssignal (IM1) und ein zweites Eingangssignal (IM2) separiert, wobei das erste Eingangssignal lediglich Pegel aufweist, die gleich oder höher als der Referenzpegel sind, und das zweite Eingangssignal Pegel aufweist, die niedri-

ger als der Referenzpegel sind,

- einen Skalierer (115, 125, 135), der dafür konfiguriert ist, das erste Eingangssignal (IM1) und/oder das zweite Eingangssignal (IM2) mit dem wenigstens einen Verstärkungswert (G; G1, G2) zu multiplizieren, um ein erstes skaliertes Signal (SIM1) und/oder ein zweites skaliertes Signal (SIM2) bereitzustellen, und

- einen Addierer (119, 129, 139) beinhaltet, der das erste und das zweite Eingangssignal (IM1, IM2) und/oder skalierte Signal (SIM1, SIM2) summiert, um das skalierte Eingangssignal für den PWM-Generator bereitzustellen.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf einen Dreipegel-Impulsbreitenmodulations(PWM)-Verstärker und auf eine denselben beinhaltende Audioverarbeitungs Vorrichtung.

[0002] Impulsbreitenmodulation (PWM) ist eine Modulationstechnik, welche die Breite eines Impulses oder von Impulsen, z.B. periodischen Impulsen, gemäß der Höhe eines Modulationssignals variiert, und die PWM wird verbreitet in Verstärkern, zum Beispiel Audioverstärkern der Klasse D, und in Audiogeräten verwendet, da die PWM vorteilhafte Charakteristika aufweist, wie eine hohe Effizienz, eine hohe Auflösung und einen geringen Leistungsverbrauch.

[0003] Allgemein trägt ein Audiogerät vom PWM-Typ Audiosignale mit PWM-Signalen, die eine höhere Frequenz als eine Frequenz einer Abtastrate der Audiosignale aufweisen. PWM-Audioverstärker wandeln analoge Audiosignale in digitale PWM-Signale um und verstärken die zu einem Lautsprecher oder einem Kopfhörer zu übertragenden PWM-Signale.

[0004] Vollbrücken-PWM-Verstärker werden allgemein zum Ansteuern von Lautsprechern verwendet, und Halbbrücken-PWM-Verstärker werden im Allgemeinen zum Ansteuern von Niederleistungsgeräten verwendet, wie Kopfhörern, die Eingangssignale bezüglich eines Massepegels mit Spannung null empfangen.

[0005] Übliche Zweipegel-PWM-Verstärker steuern Lastbauelemente, wie Kopfhörer, gemäß den PWM-Signalen auf zwei Pegeln an, wobei die zwei Pegel einem vorgegebenen positiven Pegel und einem Massepegel oder einem vorgegebenen positiven Pegel und einem vorgegebenen negativen Pegel entsprechen.

[0006] Die Zweipegel-PWM-Verstärker können zusätzlich zu dynamischem Strom, der durch das aktive Audiosignal verbraucht wird, während eines inaktiven Audiosignals Strom verbrauchen. Somit weisen Zweipegel-PWM-Verstärker eine relativ schlechte Leistungseffizienz auf, da eine Ausgangsstufe weiterhin schaltet, während ein Austastverhältnis von 0,5 (50:50) aufrechterhalten wird, selbst wenn der Audioeingangssignalepegel null ist. Außerdem weisen die Zweipegel-PWM-Verstärker aufgrund einer Fehlanpassung der Leistungsversorgungsspannungen der Ausgangsstufe in wiedergewonnenen Audiosignalen ein Verzerrungsproblem auf.

[0007] In der US 7 492 219 B1 wird ein Verstärker beschrieben, der einen Steuerblock, einen Signalgenerator, einen Integrator und einen Komparator

umfasst. Der Steuerblock ist so ausgelegt, dass er als Reaktion auf ein unskaliertes, digitales Eingangssignal ein erstes und ein zweites pulswidenmoduliertes (PWM-)Steuersignal erzeugt. Der Signalgenerator erzeugt als Reaktion auf diese beiden Steuersignale ein drittes Signal. Der Integrator integriert das dritte Signal in Übereinstimmung mit einem Rückkopplungssignal. Der Komparator erzeugt ein logisches Vergleichssignal basierend auf einem Vergleich des Ausgangssignals des Integrators mit einem Referenzsignal.

[0008] Des Weiteren ist in der JP 2003-234621 A eine Vorrichtung zum Verstärken und Ausgeben von Audiosignalen entsprechend einer Einstellung einer Lautstärkeregelungseinrichtung offenbart, wobei dort spezielle Maßnahmen zur Unterdrückung eines unnötigen Stromverbrauchs getroffen sind.

[0009] In der US 2005 / 0212592 A1 wird eine Schaltung beschrieben, welche Schwankungen in der Versorgungsspannung am Ausgang eines Audioverstärkers reduziert, indem die Schwankungen im Ausgangssignal ermittelt, invertiert und dann zum Eingangssignal zugemischt werden, um die Schwankungen am Ausgang zu kompensieren.

[0010] Fig. 1 stellt ein Beispiel eines herkömmlichen analogen Verstärkereingangssignals dar, und die Fig. 2A, Fig. 2B und Fig. 2C stellen ein herkömmliches Zweipegel-PWM-Signal bezüglich des Verstärkereingangssignals von Fig. 1 dar, die Zeitskalen sind jedoch unterschiedlich. Wie in Fig. 1 dargestellt, schwingt das Verstärkereingangssignal zwischen einer positiven Spitzenspannung MAX und einer negativen Spitzenspannung MIN. Außerdem ist das herkömmliche Zweipegel-PWM-Signal ein Impuls-signal mit zwei Pegeln VDD und VSS.

[0011] Während das Verstärkereingangssignal der positiven Spitzenspannung MAX entspricht, weist das Zweipegel-PWM-Signal eine maximale Periode auf dem VDD-Pegel auf, und während das Verstärkereingangssignal der negativen Spitzenspannung MIN entspricht, weist das Zweipegel-PWM-Signal eine maximale Periode auf dem VSS-Pegel auf. Während das analoge Verstärkereingangssignal null (0) ist, weist das Zweipegel-PWM-Signal ein Austastverhältnis von 0,5 („50:50“) mit der gleichen hohen (VDD) Breite und niedrigen (VSS) Breite auf. Wenn das analoge Verstärkereingangssignal von null auf die positive Spitzenspannung MAX zunimmt, weist das Zweipegel-PWM-Signal eine graduell zunehmende Breite auf dem VDD-Pegel (und eine graduell abnehmende Breite auf dem VSS-Pegel) auf, und wenn das Verstärkereingangssignal von null auf die negative Spitzenspannung MIN abnimmt, weist das Zweipegel-PWM-Signal eine graduell zunehmende Breite auf dem VSS-Pegel (und eine

graduell abnehmende Breite auf dem VDD-Pegel) auf.

[0012] Die herkömmlichen Zweipegel-PWM-Verstärker (d.h. Verstärker der Klasse D) weisen eine relativ höhere Effizienz als Verstärker der Klasse A, der Klasse B und der Klasse AB auf. Die herkömmlichen Zweipegel-PWM-Verstärker verbrauchen jedoch aufgrund kontinuierlichen Umschaltens zwischen VDD-Pegel und VSS-Pegel (oder Massepegel) Strom, selbst wenn das analoge Verstärkereingangssignal null (0) ist.

[0013] Der Erfindung liegt als technisches Problem die Bereitstellung eines Dreipegel-Impulsbreitenmodulations(PWM)-Verstärkers, der in der Lage ist, den Stromverbrauch während Ruhezeiten zu reduzieren und eine Signalverzerrung aufgrund von Schwankungen von Leistungsversorgungsspannungen zu verhindern, sowie einer Audioverarbeitungsvorrichtung zugrunde, die einen derartigen PWM-Verstärker beinhaltet.

[0014] Die Erfindung löst dieses Problem durch die Bereitstellung eines Dreipegel-PWM-Verstärkers mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und einer Audioverarbeitungsvorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 15. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0015] Der Dreipegel-PWM-Verstärker der Erfindung kann ein Halbbrücken-Dreipegel-PWM-Verstärker sein.

[0016] Der Halbbrücken-Dreipegel-PWM-Verstärker gemäß der Erfindung ist in der Lage, einen unnötigen Stromverbrauch zu verhindern und ein unverzerrtes Audiosignal wiederzugewinnen, selbst wenn die Schwankungen der Leistungsversorgungsspannungen auftreten.

[0017] Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung werden im Folgenden beschrieben und sind in den Zeichnungen gezeigt, die außerdem eine herkömmliche Ausführungsform zeigen, die vorstehend zur Erleichterung des Verständnisses der Erfindung erläutert wurde. In den Zeichnungen zeigen:

Fig. 1 eine graphische Darstellung eines Signalverlaufs, der ein herkömmliches Beispiel eines analogen Verstärkereingangssignals zeigt,

Fig. 2A, Fig. 2B und Fig. 2C ein herkömmliches Zweipegel-PWM-Ausgangssignal in Bezug auf das Beispiel des analogen Verstärkereingangssignals von **Fig. 1**,

Fig. 3 ein Blockdiagramm eines Dreipegel-Halbbrücken-PWM-Verstärkers gemäß der Erfindung,

Fig. 4 ein Blockdiagramm eines anderen Dreipegel-Halbbrücken-PWM-Verstärkers gemäß der Erfindung,

Fig. 5 ein Blockdiagramm einer beispielhaften Ausführung eines SDM in dem PWM-Verstärker von **Fig. 3**,

Fig. 6 ein Blockdiagramm einer exemplarischen Ausführung eines Dreipegel-PWM-Generators in dem PWM-Verstärker von **Fig. 3**,

Fig. 7 ein Schaltbild einer exemplarischen Ausführung einer Ausgangsstufe in dem PWM-Verstärker von **Fig. 3**,

Fig. 8 eine graphische Darstellung, die Pegeländerungen einer ersten und zweiten Leistungsversorgungsspannung zeigt, die in der Ausgangsstufe in dem PWM-Verstärker von **Fig. 3** auftreten,

Fig. 9 ein Blockdiagramm einer exemplarischen Ausführung einer Vorkalier-Einheit in dem PWM-Verstärker von **Fig. 3**,

Fig. 10 ein Blockdiagramm einer weiteren exemplarischen Ausführung der Vorkalier-Einheit in dem PWM-Verstärker von **Fig. 3**,

Fig. 11 ein Blockdiagramm einer weiteren exemplarischen Ausführung der Vorkalier-Einheit in dem PWM-Verstärker von **Fig. 3**,

Fig. 12A ein Blockdiagramm einer exemplarischen Ausführung einer Leistungspegelabtasteinheit in dem PWM-Verstärker von **Fig. 4**,

Fig. 12B ein Blockdiagramm einer weiteren exemplarischen Ausführung der Leistungspegelabtasteinheit in dem PWM-Verstärker von **Fig. 4**,

Fig. 13 eine graphische Darstellung, die eine Impulsbreitenmodulation von Signalverläufen eines dem PWM-Generator von **Fig. 6** zugeführten Signals zeigt,

Fig. 14A und Fig. 14B graphische Darstellungen, die impulsbreitenmodulierte Signalverläufe zeigen, die von dem PWM-Generator von **Fig. 6** basierend auf der Signaleingabe in **Fig. 13** abgegeben werden,

Fig. 15A bis Fig. 15C Kopien des Schaltbilds von **Fig. 7**, die drei Betriebsarten der Ausgangsstufe von **Fig. 7** zeigen,

Fig. 16 eine graphische Darstellung, welche die drei Pegel der PWM-Signale des Dreipegel-PWM-Verstärkers von **Fig. 3** oder **Fig. 4** zeigt,

Fig. 17 eine Tabelle, die einen Mapper in **Fig. 3** zeigt, der die drei Betriebsarten von Schaltern in der Ausgangsstufe von **Fig. 7** steuert,

Fig. 18A eine graphische Darstellung, die ein Beispielleingangssignal in den PWM-Verstärker zeigt,

Fig. 18B das Signal von **Fig. 18A**, das gemäß der Erfindung skaliert ist,

Fig. 19A bis **Fig. 19H** ein Dreipegel-PWM-Signal in Bezug auf das gemäß der Erfindung skalierte Signal von **Fig. 18B** und

Fig. 20 ein Blockdiagramm einer Audioverarbeitungsvorrichtung gemäß der Erfindung.

[0018] In den Zeichnungen können die Abmessungen und relativen Abmessungen von Schaltkreisen und Bereichen zwecks Klarheit übertrieben dargestellt sein. Gleiche Bezugszeichen beziehen sich überall auf identische oder funktionell äquivalente Elemente. Es versteht sich, dass wenn ein Element als „verbunden“ oder „gekoppelt“ mit oder „bereitgestellt“ für oder „eingegeben“ in ein anderes Element bezeichnet wird, dieses direkt verbunden oder gekoppelt mit oder bereitgestellt für oder eingegeben in das andere Element sein kann oder zwischenliegende Elemente oder zwischenliegende Transformationen (z.B. Signalskalierung) vorliegen können. Im Gegensatz dazu sind keine zwischenliegenden Elemente vorhanden, wenn ein Element als „direkt verbunden“ oder „direkt gekoppelt“ mit einem anderen Element bezeichnet wird. Andere Worte, die zur Beschreibung der Beziehung zwischen Elementen verwendet werden, sind in einer gleichen Weise zu interpretieren.

[0019] Bezugnehmend auf **Fig. 3** beinhaltet ein dort gezeigter Dreipegel-Halbbrücken-PWM-Verstärker 10 eine Vorskaliereinheit 100, einen Sigma-Delta-Modulator (SDM) 200, einen Dreipegel-PWM-Generator 300, einen Mapper 400 und eine Ausgangsstufe 500. Der Dreipegel-PWM-Verstärker 10 kann des Weiteren einen Tiefpassfilter (LPF) 600 beinhalten. Bezugnehmend auf **Fig. 4** beinhaltet ein dort gezeigter Dreipegel-Halbbrücken-PWM-Verstärker 20 die Vorskaliereinheit 100, den SDM 200, den Dreipegel-PWM-Generator 300, den Mapper 400, die Ausgangsstufe 500 und den LPF 600 entsprechend dem Verstärker 10 von **Fig. 3** und beinhaltet des Weiteren eine Leistungspegelabtasteinheit 700. Ein Eingangssignal IM ist ein Impulscodemodulations (PCM)-Signal wie ein impulscodemoduliertes Audioquellsignal.

[0020] Die Vorskaliereinheit 100 skaliert das Eingangssignal IM gemäß wenigstens einem Verstärkungswert G (z.B. G1 und G2), um ein skaliertes Signal SIM bereitzustellen. Der wenigstens eine Verstärkungswert G weist eine Höhe für eine inverse Kompensierung von Pegeländerungen der ersten und zweiten Leistungsversorgungsspannung VDD und VSS auf, die der Ausgangsstufe 500 zugeführt werden. Der wenigstens eine Verstärkungswert G

kann vorgegeben sein oder kann basierend auf einer Rückkopplung von der Leistungspegelabtasteinheit 700 in **Fig. 7** dynamisch ausgewählt sein. Aufbau und Betrieb der Vorskaliereinheit 100 werden später beschrieben.

[0021] Der SDM 200 quantisiert das analoge Eingangssignal IM. Die Sigma-Delta-Modulation zusammen mit einer Überabtastung kann ein Quantisierungsrauschen der PCM-Daten reduzieren und eine hohe Auflösung erzielen. Wenngleich in den **Fig. 3** und **Fig. 4** nicht gezeigt, kann ein Oversampler zwischen der Vorskaliereinheit 100 und dem SDM 200 eingefügt sein. Wenn zum Beispiel der Verstärker ein Audioverstärker ist, weist das Audioeingangssignal eine relativ hohe Auflösung auf, die eine direkte Umwandlung des Audioeingangssignals in ein PWM-Signal leistet. Daher muss die Auflösung des skalierten Signals SIM genügend herabgesetzt werden, um durch Verwenden des Oversamplers in ein PWM-Signal umgewandelt zu werden.

[0022] **Fig. 5** zeigt eine exemplarische Ausführung des Sigma-Delta-Modulators (SDM) 200 in dem Dreipegel-PWM-Verstärker 10 oder 20 von **Fig. 3** und **Fig. 4**. Bezugnehmend auf **Fig. 5** kann der Sigma-Delta-Modulator SDM 200 einen Addierer 210, einen Schleifenfilter 220 und einen M-Bit-Quantisierer 230 beinhalten. Daher ist das Ausgangssignal OM des SDM 200 ein M-Bit-quantisiertes Signal. M ist eine geringere Anzahl von Bits als das skalierte Signal SIM, welches das impulscodemodulierte Audioquellsignal ist. Wenn zum Beispiel das skalierte Signal SIM 16 Bit oder 20 Bit beinhaltet, kann das Ausgangssignal OM 4 Bit oder 5 Bit beinhalten.

[0023] **Fig. 6** zeigt eine exemplarische Ausführung des Dreipegel-PWM-Generators 300 in **Fig. 3**. Bezugnehmend auf **Fig. 6** erzeugt der Dreipegel-PWM-Generator 300 gemäß dieser Ausführungsform ein PWM-Signal PWMO und gibt dieses ab, indem er die Impulsbreite variiert und die Impulsgrenzspannungen gemäß der Höhe (Pegel) eines Eingangssignals (d.h. des Ausgangssignals OM des SDM 200) auswählt.

[0024] Der Dreipegel-PWM-Generator 300 kann ein analoger PWM-Generator sein. Der Dreipegel-PWM-Generator 300 beinhaltet einen Rampensignalgenerator (wie einen Sägezahngenerator) 330, einen ersten Komparator 310, einen zweiten Komparator 320 und einen Addierer 340. Der Rampensignalgenerator 330 erzeugt ein erstes und ein zweites Dreieckwellensignal SA1 und SA2, wie in **Fig. 13** gezeigt. Wie in **Fig. 13** gezeigt, nimmt das erste Dreieckwellensignal SA1 zwischen einem ersten Pegel LEVEL1 (zum Beispiel einer vorgegebenen positiven Spannung) und einem Referenzpegel (zum Beispiel Massepegel) periodisch alternierend zu und ab. Das zweite Dreieckwellensignal SA2 nimmt zwischen

dem Referenzpegel und einem zweiten Pegel LEVEL2 (zum Beispiel einer vorgegebenen negativen Spannung) alternierend zu und ab. Das erste und das zweite Dreieckwellensignal SA1 und SA2 weisen gleiche Periode und Wellenform auf. Das erste und das zweite Dreieckwellensignal SA1 und SA2 weisen jedoch entgegengesetzte Phasen in Bezug zueinander auf

[0025] Der erste Komparator 310 vergleicht das erste Dreieckwellensignal SA1 und ein erstes Eingangssignal OM1 (d.h. ein positiv skaliertes Signal), um ein erstes Ausgangssignal PWMO1 abzugeben, das ein erstes Vergleichsresultat anzeigt. Der zweite Komparator 320 vergleicht das zweite Dreieckwellensignal SA2 und ein zweites Eingangssignal OM2 (d.h. ein negativ skaliertes Signal), um ein zweites Ausgangssignal PWMO2 abzugeben, das ein zweites Vergleichsresultat anzeigt. Der Addierer 340 addiert das erste und das zweite Ausgangssignal PWMO1 und PWMO2, um das PWM-Signal PWMO abzugeben.

[0026] Das erste Eingangssignal OM1 kann ein Signal mit einem Pegel gleich oder über dem Referenzpegel des Ausgangssignals OM sein. Das zweite Eingangssignal OM2 kann ein Signal mit einem Pegel unter dem Referenzpegel des Ausgangssignals OM des SDM 200 sein. Der erste Komparator 310 gibt den ersten Pegel LEVEL1 ab, wenn das erste Eingangssignal OM1 höher als das erste Dreieckwellensignal SA1 ist, und gibt den Referenzpegel ab, wenn das erste Eingangssignal OM1 niedriger als das erste Dreieckwellensignal SA1 ist. Der zweite Komparator 320 gibt den Referenzpegel ab, wenn das zweite Eingangssignal OM2 höher als das zweite Dreieckwellensignal SA2 ist, und gibt den zweiten Pegel LEVEL2 ab, wenn das zweite Eingangssignal OM2 niedriger als das zweite Dreieckwellensignal SA2 ist. Wie beschrieben, erzeugt der Dreipegel-PWM-Generator 300 das PWM-Signal PWMO mit dem ersten Pegel 1, dem zweiten Pegel 2 und dem Referenzpegel.

[0027] Fig. 7 zeigt eine exemplarische Ausführung der Ausgangsstufe 500 in dem Dreipegel-PWM-Verstärker 10 oder 20 der Fig. 3 und Fig. 4. Die Ausgangsstufe 500 treibt einen Ausgangsknoten NO basierend auf dem Dreipegel-PWM-Signal PWMO auf den Pegel einer ersten Leistungsversorgungsspannung VDD, auf den Pegel einer zweiten Leistungsversorgungsspannung VSS oder auf den Pegel einer dritten Leistungsversorgungsspannung GND.

[0028] Bezugnehmend auf Fig. 7 beinhaltet die Ausgangsstufe 500 einen Pull-up-Transistor 510 (auch als eine Pull-up-Einheit bezeichnet), einen Pull-down-Transistor 520 (auch als eine Pull-down-Einheit bezeichnet) und eine auf Masse schaltende Ein-

heit 530. Der Pull-up-Transistor 510 ist zwischen die erste Leistungsversorgungsspannung VDD und den Ausgangsknoten NO eingeschleift und treibt den Ausgangsknoten in Reaktion auf ein erstes Freigabesignal EN1 auf den Pegel der ersten Leistungsversorgungsspannung VDD. Der Ausgangsknoten NO ist mit einem Anschluss einer Last 540 wie einem Kopfhörer, einem Ohrhörer oder einem Headset verbunden. Der andere Anschluss der Last 540 ist mit der Masse GND verbunden.

[0029] Der Pull-down-Transistor 520 ist zwischen den Ausgangsknoten NO und der zweiten Leistungsversorgungsspannung VSS eingeschleift und treibt den Ausgangsknoten NO in Reaktion auf ein zweites Freigabesignal EN2 auf den Pegel der zweiten Leistungsversorgungsspannung VSS. Die auf Masse schaltende Einheit 530 ist zwischen den Ausgangsknoten NO und die dritte Leistungsversorgungsspannung GND eingeschleift und wird in Reaktion auf ein drittes Freigabesignal EN3 auf EIN/AUS geschaltet. Wenn die auf Masse schaltende Einheit 530 auf EIN geschaltet ist, ist der Ausgang NO mit der dritten Leistungsversorgungsspannung GND verbunden und der Pegel des Ausgangs NO ist der Massepegel. Die Schalteinheit 530 kann wenigstens einen Schalter SW beinhalten, der als einer oder mehrere Transistoren ausgeführt sein kann, die als ein Transmissionsgate konfiguriert sind.

[0030] Ein Ausgangssignal OUT von der Ausgangsstufe 500 wird durch den Tiefpassfilter (LPF) 600 tiefpassgefiltert und wird dadurch als ein Audiosignal AS wiedergewonnen. Die Pegel der ersten und der zweiten Leistungsversorgungsspannung VDD und VSS, die der Ausgangsstufe 500 zugeführt werden, können im Wesentlichen derart in Bezug zueinander angepasst sein, dass die Wellenform des Audiosignals AS im Wesentlichen die gleiche wie das ursprüngliche Audioquellensignal sein kann. Wenn die Pegel der ersten und der zweiten Leistungsversorgungsspannung VDD und VSS nicht in Bezug zueinander angepasst sind, kann das Audiosignal AS eine Asymmetrie proportional zu Fehlanpassungen der Pegel der ersten und der zweiten Leistungsversorgungsspannung VDD und VSS aufweisen. Die Asymmetrie des Audiosignals AS resultiert in erhöhten harmonischen Verzerrungen, welche die Leistungsfähigkeit der Verstärker degradieren. Wenn in exemplarischen Ausführungsformen physikalische Asymmetrien der Pegel der Leistungsversorgungsspannungen unvermeidlich sind, werden asymmetrische Verzerrungen, die in wiedergewonnenen Audiosignalen auftreten können, im Voraus vor der PWM kompensiert.

[0031] Fig. 8 zeigt Pegeländerungen der ersten und der zweiten Leistungsversorgungsspannung, die in der Ausgangsstufe 500 in Fig. 3 auftreten können. Speziell zeigt Fig. 8 einen Fall, in dem eine Asym-

metrie der Höhen (Absolutwert) der ersten und der zweiten Leistungsversorgungsspannung VDD und VSS vorliegt, wenn Pegeländerungen in der ersten und der zweiten Leistungsversorgungsspannung VDD und VSS auftreten, die der Ausgangsstufe 500 zugeführt werden. In einem derartigen Fall liegt eine Asymmetrie zwischen positiven und negativen Komponenten in dem PWM-Signal PWM0 zum Treiben der Last 540 in der Ausgangsstufe 500 und somit eine Verzerrung in dem wiederzugewinnenden Audiosignal AS vor. Die Verzerrung ist proportional zu einem Verhältnis der Höhen der ersten und der zweiten Leistungsversorgungsspannung VDD und VSS.

[0032] Fig. 9 zeigt eine exemplarische Ausführung 110 der Vorskaliereinheit 100 in dem Dreipegel-PWM-Verstärker 10 oder 20 der Fig. 3 und Fig. 4. In Fig. 9 sind ein erstes und ein zweites Eingangssignal IM1 und IM2 von IM separiert und jeweils skaliert. Das erste Eingangssignal IM1 weist einen Pegel gleich oder über dem Referenzpegel des Eingangssignals IM auf, und das zweite Eingangssignal IM2 weist einen Pegel unter dem Referenzpegel des Eingangssignals IM auf. Außerdem gibt es eine Korrelation von Referenzwerten (Übergangspunkte) zwischen dem ersten und dem zweiten Eingangssignal IM1 und IM2.

[0033] Bezugnehmend auf Fig. 9 beinhaltet die dort gezeigte Vorskaliereinheit 110 einen Signalseparator 111, eine Skaliereinheit 115 und einen Addierer 119. Die Skaliereinheit 115 beinhaltet einen ersten und einen zweiten Multiplizierer 116 und 118. Der Signalseparator 111 beinhaltet einen ersten und einen zweiten Multiplexer 112 und 114.

[0034] Der Signalseparator 111 separiert das Eingangssignal IM basierend auf dem Referenzpegel in das (positive) erste Eingangssignal IM1 und das (negative) zweite Eingangssignal IM2. Der erste Multiplexer 112 wählt jeden Teil des Eingangssignals IM mit einem Pegel gleich oder über dem Referenzpegel aus, um gemäß einem Vorzeichenbit SB des Eingangssignals IM das (positive) erste Eingangssignal IM1 bereitzustellen. Der zweite Multiplexer 114 wählt jeden Teil des Eingangssignals IM mit einem Pegel unter dem Referenzpegel aus, um gemäß dem Vorzeichenbit SB des Eingangssignals IM das (negative) zweite Eingangssignal IM2 bereitzustellen. Das Vorzeichenbit SB weist einen ersten Logikpegel (z.B. „0“) auf, wenn das Eingangssignal IM einen Pegel gleich oder über dem Referenzpegel aufweist, und das Vorzeichenbit SB weist einen zweiten Logikpegel (z.B. „1“) auf, wenn das Eingangssignal IM einen Pegel unter dem Referenzpegel aufweist. Wenn das Eingangssignal IM einen Pegel gleich oder über dem Referenzpegel aufweist, gibt demgemäß der erste Multiplexer 112 das (positive) erste Eingangssignal IM1 ab. Wenn das Eingangssignal

IM einen Pegel unter dem Referenzpegel aufweist, gibt der zweite Multiplexer 114 das zweite Eingangssignal IM2 ab.

[0035] Der erste Multiplizierer 116 der Skaliereinheit 115 multipliziert das (positive) erste Eingangssignal IM1 mit einem ersten Verstärkungswert G1, um ein erstes skaliertes Signal SIM1 bereitzustellen. Der zweite Multiplizierer 118 multipliziert das zweite Eingangssignal IM2 mit einem zweiten Verstärkungswert G2, um ein zweites skaliertes Signal SIM2 bereitzustellen. Der erste und der zweite Verstärkungswert G1, G2 können vorgegeben sein oder können von der Leistungspegelabtasteinheit 700 in Fig. 4 dynamisch bereitgestellt werden.

[0036] Es sei angenommen, dass während des Betriebs der Pegel der ersten Leistungsversorgungsspannung VDD um ΔVDD bezüglich des normalen (idealen) Pegels VDD_{ideal} abnimmt und dass der Pegel der zweiten Leistungsversorgungsspannung VSS um ΔVSS bezüglich des normalen (idealen) Pegels VSS_{ideal} zunimmt, wie in Fig. 8 gezeigt, und dass variierte Pegel der ersten und der zweiten Leistungsversorgungsspannung VDD und VSS der Ausgangsstufe 500 zugeführt werden. In diesem Fall kann der positive Teil des wiederzugewinnenden Audiosignals AS um $(VDD_{ideal} - \Delta VDD)VDD_{ideal}$ variiert sein, und der negative Teil des wiederzugewinnenden Audiosignals AS kann um $(VSS_{ideal} - \Delta VSS)VSS_{ideal}$ variiert sein, wenn die Vorskaliereinheit 100 nicht enthalten ist. Als ein Ergebnis kann das Audiosignal AS eine wesentliche Verzerrung aufweisen.

[0037] Gemäß den Ausführungsformen der Erfindung kann das Audiosignal jedoch die Symmetrie aufrechterhalten, da die Vorskaliereinheit 110 den Verstärkungswert so ausreichend skaliert, dass der Effekt von Pegelvariationen der Leistungsversorgungsspannungen vor einer Wiedergewinnung des Audiosignals AS rückgängig gemacht wird. Hierbei entspricht der erste Verstärkungswert G1 zum Kompensieren der Variation des positiven Teils des Audiosignals AS vorzugsweise $VDD_{ideal}/(VDD_{ideal} - \Delta VDD)$. Außerdem entspricht der zweite Verstärkungswert G2 zum Kompensieren der Variation des negativen Teils des Audiosignals AS vorzugsweise $VSS_{ideal}/(VSS_{ideal} - \Delta VSS)$. Daher wird der Pegel des ersten skalierten Signals SIM1 um $VDD_{ideal}/(VDD_{ideal} - \Delta VDD)$ bezüglich des ersten Eingangssignals IM1 variiert (erhöht), und der Pegel des zweiten skalierten Signals SIM2 wird um $VSS_{ideal}/(VSS_{ideal} - \Delta VSS)$ bezüglich des zweiten Eingangssignals IM2 variiert (verringert, d.h. negativer). Da das skalierte Signal SIM in den SDM 200, den Dreipegel-PWM-Generator 300 und die Ausgangsstufe 500 eingegeben wird und da die Vorskaliereinheit 110 den Verstärkungswert so ausreichend skaliert, dass die Pegelvariationen der

Leistungsversorgungsspannungen im Voraus rückgängig gemacht werden, gibt es keine Asymmetrie in den positiven und negativen Teilen des Audiosignals AS, selbst wenn Pegelvariationen in der ersten und der zweiten Leistungsversorgungsspannung VDD und VSS vorliegen.

[0038] Die Skalierung kann mit dem ersten und dem zweiten Eingangssignal IM1 beziehungsweise IM2 durchgeführt werden, wie in **Fig. 9** gezeigt. Alternativ kann die Skalierung durch eine Ausführungsform, wie in **Fig. 10** gezeigt, lediglich an einem von dem ersten und dem zweiten Eingangssignal IM1 und IM2 durchgeführt werden. Das heißt, **Fig. 10** zeigt eine exemplarische Ausführung 120 der Vorskaliereinheit in dem Dreipegel-PWM-Verstärker 10 oder 20 der **Fig. 3** und **Fig. 4** als eine Variation der in **Fig. 9** gezeigten Ausführungsform, wobei bei dieser Variation lediglich das zweite Eingangssignal IM2 skaliert wird. Bezugnehmend auf **Fig. 10** beinhaltet diese Vorskaliereinheit 120 einen Signalseparator 121, einen Skalierer 125 und einen Addierer 129. Der Skalierer 125 beinhaltet einen Multiplizierer 128. Der Signalseparator 121 beinhaltet einen ersten und einen zweiten Multiplexer 122 und 124.

[0039] Der Signalseparator 121 separiert das Eingangssignal IM basierend auf dem Referenzpegel in das (positive) erste Eingangssignal IM1 und das (negative) zweite Eingangssignal IM2. Der erste Multiplexer 122 wählt jeden Teil des Eingangssignals IM mit einem Pegel gleich oder über dem Referenzpegel aus, um das erste Eingangssignal IM1 gemäß dem Vorzeichenbit SB des Eingangssignals IM bereitzustellen, und der zweite Multiplexer 124 wählt jeden Teil des Eingangssignals IM mit einem Pegel unter dem Referenzpegel aus, um das zweite Eingangssignal IM2 gemäß dem Vorzeichenbit SB des Eingangssignals IM bereitzustellen.

[0040] In **Fig. 10** beinhaltet der Skalierer 125 den Multiplizierer 128, der das zweite Eingangssignal IM2 mit dem zweiten Verstärkungswert G2 multipliziert, um das zweite skalierte Signal SIM2 bereitzustellen. Der Addierer 129 summiert das erste Eingangssignal IM1 und das zweite skalierte Signal SIM2, um das skalierte Signal SIM bereitzustellen. Daher ist ein positiver Teil des skalierten Signals SIM gleich einem positiven Teil des Eingangssignals IM (d.h. des ersten Eingangssignals IM1), und der Pegel des zweiten skalierten Signals SIM2 wird um den zweiten Verstärkungswert G2 bezüglich des negativen Teils des Eingangssignals IM (d.h. des zweiten Eingangssignals IM2) variiert (verringert, negativer). Der zweite Verstärkungswert G2 kann vorgegeben sein oder kann von der Leistungspegelabtasteinheit 700 in **Fig. 4** bereitgestellt werden. Der zweite Verstärkungswert G2 kann dem Verhältnis der Absolutwerte $IVDDI/IVSSI$ entsprechen. Wenn das zweite Eingangssignal IM2 skaliert ist, gibt es in

dem wiedergewonnenen Audiosignal AS keine Asymmetrie.

[0041] **Fig. 11** zeigt eine weitere exemplarische Ausführung 130 der Vorskaliereinheit 100 in dem Dreipegel-PWM-Verstärker 10 oder 20 der **Fig. 3** und **Fig. 4**, wobei lediglich das erste Eingangssignal IM1 skaliert wird. Bezugnehmend auf **Fig. 11** beinhaltet diese Vorskaliereinheit 130 einen Signalseparator 131, eine Skaliereinheit 135 und einen Addierer 139. Der Skalierer 135 beinhaltet einen Multiplizierer 136. Der Signalseparator 131 beinhaltet einen ersten und einen zweiten Multiplexer 132 und 134.

[0042] Der Signalseparator 131 separiert das Eingangssignal IM basierend auf dem Referenzpegel in das (positive) erste Eingangssignal IM1 und das (negative) zweite Eingangssignal IM2. Der erste Multiplexer 132 wählt jeden Teil des Eingangssignals IM mit einem Pegel gleich oder über dem Referenzpegel aus, um das erste Eingangssignal IM1 gemäß dem Vorzeichenbit SB des Eingangssignals IM bereitzustellen, und der zweite Multiplexer 134 wählt jeden Teil des Eingangssignals IM mit einem Pegel unter dem Referenzpegel aus, um das zweite Eingangssignal IM2 gemäß dem Vorzeichenbit SB des Eingangssignals IM bereitzustellen.

[0043] In **Fig. 11** beinhaltet der Skalierer 135 den Multiplexer 136, der das erste Eingangssignal IM1 mit dem ersten Verstärkungswert G1 multipliziert, um das (positive) erste skalierte Signal SIM1 bereitzustellen. Der Addierer 139 summiert das erste skalierte Signal SIM1 und das zweite Eingangssignal IM2, um das skalierte Signal SIM bereitzustellen. Daher ist der negative Teil des skalierten Signals SIM gleich dem negativen Teil des Eingangssignals IM (d.h. des zweiten Eingangssignals IM2), und der Pegel des ersten skalierten Signals SIM1 wird um den ersten Verstärkungswert G1 bezüglich des positiven Teils des Eingangssignals IM (d.h. des ersten Eingangssignals IM1) variiert (erhöht). Der erste Verstärkungswert G1 kann vorgegeben sein oder kann von der Leistungspegelabtasteinheit 700 in **Fig. 4** bereitgestellt werden. Der erste Verstärkungswert G1 kann dem Verhältnis der Absolutwerte $IVS-SI/IVDDI$ entsprechen. Wenn das erste Eingangssignal IM1 skaliert ist, gibt es in dem wiedergewonnenen Audiosignal AS keine Asymmetrie.

[0044] Wenngleich die **Fig. 9** bis **Fig. 11** zeigen, dass der Pegel der ersten Leistungsversorgungsspannung VDD um ΔVDD abnimmt und der Pegel der zweiten Leistungsversorgungsspannung VDD um ΔVSS zunimmt, können die exemplarischen Ausführungen 110, 120, 130 der Vorskaliereinheit 100 auch verwendet werden, wenn der Pegel der ersten Leistungsversorgungsspannung VDD um ΔVDD zunimmt und der Pegel der zweiten Leistungsversorgungsspannung VDD um ΔVSS abnimmt. Somit sind

die exemplarischen Ausführungen 110, 120, 130 der Vorskaliereinheit 100 anwendbar, wenn irgendwelche zunehmenden oder abnehmenden Pegelschwankungen in den Absolutwerten der ersten und der zweiten Leistungsversorgungsspannung VDD und VSS vorliegen. So kann die Vorskaliereinheit 100 das erste und das zweite Eingangssignal IM1 und IM2 in jedem Fall von zunehmenden oder abnehmenden Pegelschwankungen in den Absolutwerten der ersten und der zweiten Leistungsversorgungsspannung VDD und VSS asymmetrisch skalieren.

[0045] Fig. 12A zeigt eine exemplarische Ausführung 710 der Leistungspegelabtasteinheit 700 in dem Dreipegel-PWM-Verstärker 20 von Fig. 4. Die Leistungspegelabtasteinheit 710 von Fig. 12A kann zusammen mit dem Vorskaliierer 110 in Fig. 9 in dem Dreipegel-PWM-Verstärker 20 von Fig. 4 verwendet werden.

[0046] Bezugnehmend auf Fig. 12A beinhaltet die Leistungspegelabtasteinheit 710 einen Analog-Digital-Konverter (ADC) 711 und eine Berechnungseinheit 713. Der ADC 711 stellt Digitalwerte bereit, die den Pegeln der ersten bzw. der zweiten Leistungsversorgungsspannung VDD und VSS entsprechen. Die Berechnungseinheit 713 berechnet die Verstärkungswerte G1 und G2 basierend auf den Digitalwerten des ADC 711 und liefert der Vorskaliereinheit 100 die Verstärkungswerte G1 und G2. Die Berechnungseinheit 713 berechnet die Differenz ΔVDD zwischen dem Digitalwert, der dem Pegel der ersten Leistungsversorgungsspannung VDD entspricht, und dem normalen idealen Pegel VDD_{ideal} der ersten Leistungsversorgungsspannung VDD und stellt für die Skaliereinheit 100 den ersten Verstärkungswert G1 entsprechend $VDD_{ideal}/(VDD_{ideal} - \Delta VDD)$ gemäß der berechneten Differenz bereit. Außerdem berechnet die Berechnungseinheit 713 die Differenz ΔVSS zwischen dem Digitalwert, der dem Pegel der zweiten Leistungsversorgungsspannung VSS entspricht, und dem normalen Pegel VSS_{ideal} der zweiten Leistungsversorgungsspannung VSS und stellt für die Skaliereinheit 100 den zweiten Verstärkungswert G2 entsprechend $VSS_{ideal}/(VSS_{ideal} - \Delta VSS)$ gemäß der berechneten Differenz bereit.

[0047] Fig. 12B zeigt eine weitere exemplarische Ausführung 720 der Leistungspegelabtasteinheit 700 in dem Dreipegel-PWM-Verstärker 20 von Fig. 4. Die Leistungspegelabtasteinheit 720 von Fig. 12B kann zusammen mit dem Vorskaliierer 120 in Fig. 10 oder dem Vorskaliierer 130 in Fig. 11 in dem Dreipegel-PWM-Verstärker 20 von Fig. 4 verwendet werden.

[0048] Bezugnehmend auf Fig. 12B beinhaltet diese Leistungspegelabtasteinheit 720 einen ADC 721 und eine Berechnungseinheit 723. Der ADC

721 stellt Digitalwerte bereit, die den Pegeln der ersten bzw. der zweiten Leistungsversorgungsspannung VDD und VSS entsprechen. Die Berechnungseinheit 723 berechnet den ersten Verstärkungswert G1 oder den zweiten Verstärkungswert G2 basierend auf den Digitalwerten und stellt die Verstärkungswerte G1 oder G2 für die Vorskaliereinheit 100 bereit. Die Berechnungseinheit 723 vergleicht Absolutwerte der Pegel der ersten und der zweiten Leistungsversorgungsspannung VDD und VSS. Die Berechnungseinheit 723 stellt den ersten Verstärkungswert G1 entsprechend dem Verhältnis der Absolutwerte $IVDDI/IVSSI$ bereit, wenn der Absolutwert der ersten Leistungsversorgungsspannung VDD niedriger als der Absolutwert der zweiten Leistungsversorgungsspannung VSS ist.

[0049] Der Dreipegel-PWM-Verstärker 20 von Fig. 4, der die Leistungspegelabtasteinheit 700 verwendet, ist zuverlässig, selbst wenn das Maß an Fehlanpassung der Leistungsversorgungsspannung nicht konstant ist oder wenn es schwierig ist, die Verstärkungswerte G1 und G2 festzulegen.

[0050] Fig. 13 zeigt eine Impulsbreitenmodulation von Signalverläufen der Signale, die in den Dreipegel-PWM-Generator 300 von Fig. 6 eingegeben werden. Die Fig. 14A und Fig. 14B zeigen die impulsbreitenmodulierten Signalverläufe, die basierend auf der Signaleingabe in Fig. 13 von dem Dreipegel-PWM-Generator 300 von Fig. 6 abgegeben werden.

[0051] In Fig. 13 zeigt eine gestrichelte Linie die Eingangssignale, wenn die Vorskaliereinheit 100 nicht in dem Dreipegel-PWM-Verstärker 20 von Fig. 4 enthalten ist, im Vergleich zu dem Fall, wenn die Vorskaliereinheit 100 in dem Dreipegel-PWM-Verstärker 20 von Fig. 4 enthalten ist. Außerdem zeigt in Fig. 14A eine gestrichelte Linie das Dreipegel-PWM-Signal, wenn die Vorskaliereinheit 100 nicht in dem Dreipegel-PWM-Verstärker 20 von Fig. 4 enthalten ist, im Vergleich zu einem Fall, wenn die Vorskaliereinheit 100 enthalten ist.

[0052] Bezugnehmend auf die Fig. 3 bis Fig. 14B wird der Betrieb des Halbbrücken-Dreipegel-PWM-Verstärkers 10 oder 20 weiter beschrieben. Das erste skalierte Signal SIM1 wird in das erste Eingangssignal OM1 sigma-delta-moduliert. Wenn während des ersten Intervalls ein positives Eingangssignal OM1 (das positive Eingangssignal OM1 weist einen Pegel über dem Massepegel des Eingangssignals OM auf) eingegeben wird, gibt der erste Komparator 310 den ersten Pegel LEVEL1 ab, wenn das erste Eingangssignal OM1 höher als das erste Dreieckwellensignal SA1 ist, und gibt den Referenzpegel GND ab, wenn das erste Eingangssignal OM1 niedriger als das erste Dreieckwellensignal SA1 ist. Das erste Eingangssignal OM1 kann einen höheren

Pegel als ein Eingangssignal OM11 aufweisen, da die Vorkalibrierungseinheit 100 das erste Eingangssignal IM1 basierend auf den Pegelvariationen der ersten und der zweiten Leistungsversorgungsspannung VDD und VSS um den ersten Verstärkungswert G1 multipliziert.

[0053] Während des ersten Intervalls kann der zweite Komparator 320 bei jeder Periode des zweiten Dreieckwellensignals SA2 (zum Beispiel immer, wenn das zweite Dreieckwellensignal SA2 den Referenzpegel GND aufweist) ein Minimumimpulssignal mit dem zweiten Pegel LEVEL2 abgeben. Die Impulsbreite des PWM-Signals kann in einem Bereich zwischen einer vorgegebenen minimalen Höhe und einer maximalen Höhe liegen. Das Minimumimpulssignal ist ein Impulssignal mit einer minimalen Höhe und wird auch als ein Return-Zero-Impuls bezeichnet.

[0054] Das zweite skalierte Signal SIM2 wird in das zweite Eingangssignal OM2 sigma-delta-moduliert. Wenn während eines zweiten Intervalls das negative Eingangssignal OM2 (das negative Eingangssignal OM2 weist einen Pegel unter dem Massepegel des Eingangssignals OM auf) eingegeben wird, gibt der zweite Komparator 320 den Referenzpegel GND ab, wenn das zweite Eingangssignal OM2 höher als das zweite Dreieckwellensignal SA2 ist, und gibt den zweiten Pegel LEVEL2 ab, wenn das zweite Eingangssignal OM2 niedriger als das zweite Dreieckwellensignal SA2 ist. Das zweite Eingangssignal OM2 kann einen niedrigeren Pegel als ein Eingangssignal OM22 aufweisen, da die Vorkalibrierungseinheit 100 das zweite Eingangssignal IM2 basierend auf den Pegelvariationen der ersten und der zweiten Leistungsversorgungsspannung VDD und VSS um den zweiten Verstärkungswert G2 multipliziert.

[0055] Während des zweiten Intervalls kann der erste Komparator 310 bei jeder Periode des ersten Dreieckwellensignals SA1 (zum Beispiel immer, wenn das erste Dreieckwellensignal SA1 den ersten Pegel LEVEL1 aufweist) ein Minimumimpulssignal mit dem ersten Pegel LEVEL1 abgeben.

[0056] Daher ist das PWM-Signal PWMO, das die Summe des ersten Ausgangssignals PWMO1 und des zweiten Ausgangssignals PWMO2 ist, ein Dreieckwellensignal mit dem ersten Pegel LEVEL1, dem zweiten Pegel LEVEL2 und dem Referenzpegel GND, wie in **Fig. 14A** gezeigt (durchgezogene Linie). Wenn der erste und der zweite Komparator 310 und 320 die Minimumimpulssignale abgeben, kann das PWM-Signal PWMO so sein, wie in **Fig. 14B** gezeigt.

[0057] Wiederum beziehungsweise auf die **Fig. 13** und **Fig. 14A** ist zu erwähnen, dass das erste Eingangssignal OM1 durch den ersten Verstärkungswert G1 bezüglich des Eingangssignals OM11 ska-

liert wird und die Impulsbreite des ersten Ausgangssignals PWMO1 des ersten Komparators 310 um den ersten Verstärkungswert G1 erhöht wird. Somit wird die Impulsbreite der durchgezogenen Linie während des ersten Intervalls bezüglich der Impulsbreite der gestrichelten Linie in **Fig. 14A** um den ersten Verstärkungswert G1 erhöht. Die erhöhte Impulsbreite bedeutet eine Zunahme der Einschaltzeit des Pull-up-Transistors 510 in der Ausgangsstufe 500. Außerdem ist zu erwähnen, dass das zweite Eingangssignal OM2 bezüglich des Eingangssignals OM22 um den zweiten Verstärkungswert G2 skaliert wird und die Impulsbreite des zweiten Ausgangssignals PWMO2 des zweiten Komparators 320 um den zweiten Verstärkungswert G2 verringert wird. Somit wird die Impulsbreite der durchgezogenen Linie während des zweiten Intervalls bezüglich der Impulsbreite der gestrichelten Linie in **Fig. 14A** um den zweiten Verstärkungswert G2 verringert. Die verringerte Impulsbreite bedeutet eine Abnahme der Einschaltzeit des Pull-down-Transistors 520 in der Ausgangsstufe 500. Wenn somit der Pegel der ersten und der zweiten Leistungsversorgungsspannung VDD und VSS variiert, skaliert die Vorkalibrierungseinheit 100 die Eingangssignale IM1 und IM2 mit den Verstärkungswerten G1 und G2, um die Pegelvariationen der ersten und der zweiten Leistungsversorgungsspannung VDD und VSS invers zu kompensieren. Diese Skalierungen vergrößern oder verringern die Einschaltzeiten des Pull-up-Transistors 510 und des Pull-down-Transistors 520.

[0058] Wenngleich das erste und das zweite Eingangssignal OM1 und OM2 in **Fig. 13** als analoge Signale mit Sinuswellen gezeigt sind, können das erste und das zweite Eingangssignal OM1 und OM2 andere Signalverläufe als die in **Fig. 13** gezeigte Welle aufweisen, da das erste und das zweite skalierte Signal SIM1 und SIM2 in ein erstes bzw. ein zweites Eingangssignal OM1 und OM2 sigma-delta-moduliert werden.

[0059] Wenngleich der erste und der zweite Komparator 310 und 320 jeweils in **Fig. 6** enthalten sind, können der erste und der zweite Komparator 310 und 320 alternativ mit nur einem Komparator und einigen Schaltern ausgeführt sein, so dass dieser Komparator das erste Eingangssignal OM1 während des ersten Intervalls mit der ersten Dreieckswelle SA1 vergleicht und das zweite Eingangssignal OM2 während des zweiten Intervalls mit der zweiten Dreieckswelle SA2 vergleicht, um das PWM-Signal PWMO abzugeben.

[0060] Die **Fig. 15A** bis **Fig. 15C** zeigen den Schaltkreis von **Fig. 7** in drei Betriebsarten der Schalter in der Ausgangsstufe 500 von **Fig. 7**. Bezugnehmend auf die **Fig. 15A** bis **Fig. 17** weist das PWM-Signal PWMO des PWM-Generators 300 drei Pegel auf: den ersten Pegel LEVEL1, den Referenzpegel GND

und den zweiten Pegel LEVEL2, wie in **Fig. 16** gezeigt. Der erste Pegel LEVEL1 kann höher als der Referenzpegel GND sein, während der zweite Pegel LEVEL2 niedriger als der Referenzpegel GND sein kann. Daher arbeiten die Schalter der Ausgangsstufe 500 in einem der drei Modi gemäß dem Pegel des PWM-Signals PWMO, wie in den **Fig. 15A** bis **Fig. 15C** gezeigt. Wie in **Fig. 16** gezeigt, können Freigabesignale EN1, EN2 und EN3 basierend auf dem Pegel des PWM-Signals PWMO selektiv freigegeben werden.

[0061] Wenn der Pegel des PWM-Signals PWMO der erste Pegel LEVEL1 ist, wird das erste Freigabesignal EN1 auf niedrigen Pegel freigegeben und das zweite und dritte Freigabesignal EN1 und EN2 werden deaktiviert. Daher treibt die Ausgangsstufe 500 den Ausgangsknoten NO auf die erste Leistungsversorgungsspannung VDD.

[0062] Wenn der Pegel des PWM-Signals PWMO der zweite Pegel LEVEL2 ist, wird das zweite Freigabesignal EN2 auf hohen Pegel freigegeben und das erste und das dritte Freigabesignal EN2 und EN3 werden deaktiviert. Daher treibt die Ausgangsstufe 500 den Ausgangsknoten NO auf die zweite Leistungsversorgungsspannung VSS.

[0063] Wenn der Pegel des PWM-Signals PWMO der Referenzpegel GND ist, wird das dritte Freigabesignal EN3 auf hohen Pegel freigegeben und das erste und das zweite Freigabesignal EN1 und EN2 werden deaktiviert. Daher treibt die Ausgangsstufe 500 den Ausgangsknoten NO auf die dritte Leistungsversorgungsspannung GND.

[0064] Wenn die Ausgangsstufe 500 den Ausgangsknoten NO gemäß dem Pegel des PWM-Signals PWMO treibt, kann die Einschaltzeit des Pull-up-Transistors 510 erhöht werden, um die Pegelvariation der ersten Leistungsversorgungsspannung VDD zu kompensieren, und die Einschaltzeit des Pull-down-Transistors 520 kann erhöht werden, um die Pegelvariation der zweiten Leistungsversorgungsspannung VSS zu kompensieren.

[0065] Wie in **Fig. 18A** gezeigt, schwingt das Eingangssignal IM des Halbbrücken-Dreipegel-PWM-Verstärkers 10 von **Fig. 3** zwischen einer positiven Spitzenspannung MAX1 und einer negativen Spitzenspannung MIN1. Wie in **Fig. 18B** gezeigt, schwingt das skalierte Signal SIM der Vorskaliereinheit 100 zwischen einer positiven Spitzenspannung Max2 und einer negativen Spitzenspannung MIN2.

[0066] Bezugnehmend auf die **Fig. 18B** bis **Fig. 19H** schwingt das PWM-Signal PWMO zwischen den drei Pegeln (LEVEL1, GND und LEVEL2), wie in den **Fig. 19A** bis **Fig. 19H** gezeigt, wenn das skalierte

Signal SIM acht Änderungen (1) bis (8) durchläuft, wie in **Fig. 18B** dargestellt.

[0067] Detaillierter weist das PWM-Signal PWMO, wie in **Fig. 19A** gezeigt, eine Impulsbreite mit zunehmendem erstem Pegel LEVEL1 auf, wenn sich das skalierte Signal SIM von null zu der positiven Spitzenspannung MAX2 (in **Fig. 18B** als (1) bezeichnet) ändert. Bei der positiven Spitzenspannung MAX2 (in **Fig. 18B** als (2) bezeichnet) kann das Signal mit maximaler Impulsbreite bei dem ersten Pegel LEVEL1 bei jeder Periode des PWM-Signals PWMO abgegeben werden. Das PWM-Signal PWMO weist den Massepegel auf, wenn das PWM-Signal PWMO nicht den ersten Pegel LEVEL1 aufweist, und somit kann ein unnötiger Stromverbrauch vermieden werden.

[0068] Wenn das skalierte Signal SIM, wie in **Fig. 19B** dargestellt, die positive Spitzenspannung MAX2 (in **Fig. 18B** mit (2) bezeichnet) erreicht, weist das PWM-Signal PWMO eine Impulsbreite mit maximalem erstem Pegel LEVEL1 auf.

[0069] Wenn das skalierte Signal SIM, wie in **Fig. 19C** gezeigt, von der positiven Spitzenspannung MAX2 zu null (in **Fig. 18B** mit (3) bezeichnet) wechselt, weist das PWM-Signal PWMO mit dem ersten Pegel LEVEL1 eine abnehmende Impulsbreite auf.

[0070] Wenn das skalierte Signal SIM, wie in **Fig. 19D** gezeigt, null (in **Fig. 18B** mit (4) bezeichnet) erreicht, weist das PWM-Signal PWMO im Wesentlichen einen konstanten Massepegel auf.

[0071] Wenn das PWM-Signal, wie in den **Fig. 1** und **Fig. 2** gezeigt, zwei Pegel aufweist und das Eingangssignal null ist, weist das Zweipegel-PWM-Signal ein Austastverhältnis von 0,5 („50:50“) mit der gleichen hohen Periode und der gleichen niedrigen Periode auf. Daher tritt ein maximaler Umschaltstromverbrauch auf. Im Gegensatz dazu weist das Dreipegel-PWM-Signal PWMO einen wesentlich geringeren Umschaltstromverbrauch auf, selbst wenn das Eingangssignal IM (oder das skalierte Signal SIM) null ist.

[0072] Wenn sich das skalierte Signal SIM, wie in **Fig. 19E** gezeigt, von null auf die negative Spitzenspannung MIN2 (in **Fig. 18B** als (5) bezeichnet) ändert, weist das PWM-Signal PMWO mit dem zweiten Pegel LEVEL2 eine zunehmende Impulsbreite auf. Das PWM-Signal PWMO weist den Massepegel auf, wenn das PWM-Signal PWMO nicht den zweiten Pegel LEVEL2 aufweist, und somit kann ein unnötiger Umschaltstromverbrauch vermieden werden.

[0073] Wenn das skalierte Signal SIM, wie in **Fig. 19F** dargestellt, die negative Spitzenspannung MIN2 (in **Fig. 18B** als (6) bezeichnet) erreicht, weist

das PWM-Signal PWMO eine Impulsbreite mit maximalem zweitem Pegel LEVEL2 auf.

[0074] Wenn sich das skalierte Signal SIM, wie in **Fig. 19G** dargestellt, von der negativen Spitzenspannung MIN2 auf null ändert (in **Fig. 18B** als (7) bezeichnet), weist das PWM-Signal PWMO mit dem zweiten Pegel LEVEL2 eine abnehmende Impulsbreite auf.

[0075] Wenn das skalierte Signal SIM, wie in **Fig. 19H** dargestellt, null erreicht (wie in **Fig. 19B** mit (8) bezeichnet), weist das PWM-Signal PWMO im Wesentlichen den Massepegel auf.

[0076] Die **Fig. 13** bis **Fig. 19H** beschreiben eine exemplarische Ausführungsform, bei der das erste beziehungsweise das zweite Eingangssignal IM1 und IM2 skaliert werden. Die Beschreibungen mit Bezugnahme auf die **Fig. 13** bis **Fig. 19H** sind jedoch auch auf einen Fall anwendbar, bei dem lediglich eines des ersten und des zweiten Eingangssignals IM1 und IM2 skaliert wird, wie in **Fig. 10** oder **Fig. 11** gezeigt. Wenngleich unter Bezugnahme auf die **Fig. 13** bis **Fig. 19H** Beschreibungen hinsichtlich eines Falls vorliegen, bei dem der Pegel der ersten Leistungsversorgungsspannung VDD um ΔVDD abnimmt und der Pegel der zweiten Leistungsversorgungsspannung VDD um ΔVSS zunimmt, sind die exemplarischen Ausführungsformen außerdem auch anwendbar, wenn der Pegel der ersten Leistungsversorgungsspannung VDD um ΔVDD zunimmt und der Pegel der zweiten Leistungsversorgungsspannung VDD um ΔVSS abnimmt.

[0077] Bezugnehmend auf **Fig. 20** beinhaltet eine Audioverarbeitungsvorrichtung 800 gemäß der Erfindung eine Lautstärkesteuereinheit 810 und einen Halbbrücken-Dreipegel-PWM-Verstärker 820, der gemäß irgendeiner Ausführungsform der Erfindung ausgeführt ist. Der Halbbrücken-Dreipegel-PWM-Verstärker 820 kann z.B. wie der Halbbrücken-Dreipegel-PWM-Verstärker 10 von **Fig. 3** oder wie der Halbbrücken-Dreipegel-PWM-Verstärker 20 von **Fig. 4** ausgeführt sein. Der Halbbrücken-Dreipegel-PWM-Verstärker 820 beinhaltet, wie gezeigt, eine Vorkalibrierungseinheit 830, einen SDM 840, einen Dreipegel-PWM-Generator 850, einen Mapper 860 und eine Ausgangsstufe 860. Der Halbbrücken-Dreipegel-PWM-Verstärker 820 kann des Weiteren einen Tiefpassfilter (LPF) 870 beinhalten.

[0078] Die Lautstärkesteuereinheit 810 beinhaltet eine Lautstärketabelle 811 und einen Multiplizierer 813. Die Lautstärketabelle 811 gibt in Reaktion auf ein empfangenes Lautstärkesteuersignal VCON einen Lautstärkewert VOL ab. Der Lautstärkewert VOL ist ein Pegelsteuerwert zum Steuern des Pegels von Audioquellendaten ASD. Die Audioquellendaten

ASD können Impulscodemodulations(PCM)-Daten sein.

[0079] Die Lautstärketabelle 811 speichert eine Tabelle zum Abbilden des Lautstärkesteuersignals VCON auf den Lautstärkewert VOL. Wenn ein Nutzer der Audioverarbeitungsvorrichtung 800 die Lautstärke eines Audiosignals steuert, kann das Lautstärkesteuersignal VCON entsprechend einer Nutzersteuerung erzeugt werden. Das Lautstärkesteuersignal VCON ist ein digitaler Code, der eine Mehrzahl von Bits beinhaltet.

[0080] Wenn zum Beispiel das Lautstärkesteuersignal VCON 4 Bit beinhaltet, kann die Lautstärke auf 16 Pegel gesteuert werden.

[0081] Der Multiplizierer 813 multipliziert die Audioquellendaten ASD mit dem Lautstärkewert VOL und gibt das lautstärkegesteuerte Eingangssignal IM ab. So verstärkt der Multiplizierer 813 den Pegel der Audioquellendaten ASD gemäß dem Lautstärkewert VOL oder dämpft diesen. Wenn der Lautstärkewert VOL höher als 1 (0dB) ist, wird der Pegel der Audioquellendaten ASD verstärkt. Wenn der Lautstärkewert Vol niedriger als 1 (0dB) ist, wird der Pegel der Audioquellendaten ASD gedämpft. Voreingestellt kann der Lautstärkewert 1 (0dB) sein.

[0082] Die Audioquellendaten ASD können erhalten werden, indem PCM an einem digitalen Signal durchgeführt wird, das aus einem Abtasten und Digitalisieren eines analogen Audiosignals mit einer vorgegebenen Abtastrate resultiert, z.B. 48kHz. Jede Abtastung der digitalen Audioquellendaten ASD kann eine Mehrzahl von Bits beinhalten, z.B. 16 Bit oder 20 Bit.

[0083] Die Vorkalibrierungseinheit 830 skaliert das Eingangssignal IM gemäß wenigstens einem Verstärkungswert G, um ein skaliertes Signal SIM bereitzustellen. Der SDM 840 sigma-delta-moduliert das Eingangssignal IM, um ein moduliertes Signal QS abzugeben. Der Dreipegel-PWM-Verstärker 850 erzeugt ein PWM-Signal PWMO mit drei Pegeln (dem ersten Pegel, dem zweiten Pegel und dem Referenzpegel), indem die Impulsbreite variiert und sein Pegel gemäß einer Höhe (Pegel) des modulierten Signals QS ausgewählt wird. Die Ausgangsstufe 860 treibt einen Ausgangsknoten auf den Pegel einer ersten Leistungsversorgungsspannung VDD, einer zweiten Leistungsversorgungsspannung VSS oder einer dritten Leistungsversorgungsspannung GND, basierend auf dem Dreipegel-PWM-Signal PWMO. Die Ausgangsstufe 860 stellt ein Ausgangssignal OUT bereit, und der LPF 870 führt an dem Ausgangssignal OUT eine Tiefpassfilterung durch, um ein Audiosignal AS wiederzugewinnen.

[0084] Wie vorstehend erwähnt, ist der Halbbrücken-Dreipegel-PWM-Verstärker gemäß der Erfindung in der Lage, einen unnötigen Umschaltstromverbrauch zu verhindern, und erleichtert eine Wiedergewinnung eines nicht verzerrten Audiosignals, selbst wenn asymmetrische Variationen der Leistungsversorgungsspannung in der Ausgangsstufe 860 auftreten. Daher kann der Halbbrücken-Dreipegel-PWM-Verstärker gemäß der Erfindung eine verbesserte Leistungsfähigkeit aufweisen und kann weniger Leistung verbrauchen.

Patentansprüche

1. Dreipegel-Impulsbreitenmodulations(PWM)-Verstärker mit:

- einem PWM-Generator (300), der dafür konfiguriert ist, ein Dreipegel-PWM-Signal (PWMO) mit einem ersten Pegel, einem zweiten Pegel und einem Referenzpegel zu erzeugen, indem die Breite von Impulsen mit dem ersten Pegel variiert wird und indem die Breite von Impulsen mit dem zweiten Pegel variiert wird, jeweils basierend auf einem Eingangssignal (IM),
- einer Ausgangsstufe (500), die dafür konfiguriert ist, basierend auf dem Dreipegel-PWM-Signal einen Ausgangsknoten (NO) auf einen Pegel einer ersten Leistungsversorgungsspannung (VDD), einer zweiten Leistungsversorgungsspannung (VSS) oder einer dritten Leistungsversorgungsspannung (GND) zu treiben, und
- einer Vorskaliereinheit (100), die dafür konfiguriert ist, das Eingangssignal (IM) gemäß wenigstens einem Verstärkungswert (G; G1, G2) zu skalieren, um für den PWM-Generator (300) ein skaliertes Eingangssignal (SIM) bereitzustellen, wobei der wenigstens eine Verstärkungswert (G; G1, G2) eine Höhe aufweist, die eine Variation von wenigstens einer der ersten bis dritten Leistungsversorgungsspannung (VDD, VSS, GND) kompensiert,
- wobei die Vorskaliereinheit (100) folgendes umfasst:
 - einen Signalseparator (111), der das Eingangssignal (IM) basierend auf dem Referenzpegel in ein erstes Eingangssignal (IM1) und ein zweites Eingangssignal (IM2) separiert, wobei das erste Eingangssignal lediglich Pegel aufweist, die gleich oder höher als der Referenzpegel sind, und das zweite Eingangssignal Pegel aufweist, die niedriger als der Referenzpegel sind,
 - einen Skalierer (115, 125, 135), der dafür konfiguriert ist, das erste Eingangssignal (IM1) und/oder das zweite Eingangssignal (IM2) mit dem wenigstens einen Verstärkungswert (G; G1, G2) zu multiplizieren, um ein erstes skaliertes Signal (SIM1) und/oder ein zweites skaliertes Signal (SIM2) bereitzustellen, und
 - einen Addierer (119, 129, 139) beinhaltet, der das erste und das zweite Eingangssignal (IM1, IM2) und/oder skalierte Signal (SIM1, SIM2) summiert,

um das skalierte Eingangssignal für den PWM-Generator bereitzustellen.

2. Dreipegel-PWM-Verstärker nach Anspruch 1, wobei die dritte Leistungsversorgungsspannung einem Massepegel (GND) entspricht, die erste Leistungsversorgungsspannung einer positiven Spannung (VDD) entspricht, die höher als die dritte Leistungsversorgungsspannung ist, und die zweite Leistungsversorgungsspannung einer negativen Spannung (VSS) entspricht, die niedriger als die dritte Leistungsversorgungsspannung (GND) ist.

3. Dreipegel-PWM-Verstärker nach Anspruch 1 oder 2, der des Weiteren eine Leistungspegelabstasteinheit (710, 720) beinhaltet, die dafür konfiguriert ist, den wenigstens einen Verstärkungswert basierend auf der Pegelvariation von wenigstens einer der ersten und der zweiten Leistungsversorgungsspannung für die Vorskaliereinheit bereitzustellen.

4. Dreipegel-PWM-Verstärker nach Anspruch 3, wobei die Leistungspegelabstasteinheit beinhaltet:

- einen Analog-Digital-Konverter (711, 721), der dafür konfiguriert ist, den Pegel der ersten Leistungsversorgungsspannung und der zweiten Leistungsversorgungsspannung zu messen und Digitalwerte entsprechend den gemessenen Pegeln bereitzustellen, und
- eine Berechnungseinheit (713, 723), die dafür konfiguriert ist, den wenigstens einen Verstärkungswert basierend auf den Digitalwerten bereitzustellen.

5. Dreipegel-PWM-Verstärker nach Anspruch 4, wobei die Berechnungseinheit die Digitalwerte vergleicht, um den wenigstens einen Verstärkungswert bereitzustellen, und/oder wobei die Berechnungseinheit den wenigstens einen Verstärkungswert basierend auf idealen Pegeln der ersten und der zweiten Leistungsversorgungsspannung und basierend auf den gemessenen Pegeln der ersten und der zweiten Leistungsversorgungsspannung bereitstellt.

6. Dreipegel-PWM-Verstärker nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Vorskaliereinheit das erste und das zweite skalierte Signal durch Multiplizieren von jedem des ersten und des zweiten Eingangssignals mit einem ersten beziehungsweise zweiten Verstärkungswert bereitstellt oder wobei die Vorskaliereinheit das erste skalierte Signal durch Multiplizieren des ersten Eingangssignals mit dem wenigstens einen Verstärkungswert bereitstellt oder wobei die Vorskaliereinheit das zweite skalierte Signal durch Multiplizieren des zweiten Eingangssignals mit dem wenigstens einen Verstärkungswert bereitstellt.

7. Dreipegel-PWM-Verstärker nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Vorskaliereinheit das

erste und das zweite Eingangssignal asymmetrisch skaliert.

8. Dreipegel-PWM-Verstärker nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei der PWM-Generator ein positives erstes PWM-Signal und ein negatives zweites PWM-Signal kombiniert, um das Dreipegel-PWM-Signal abzugeben, das erste PWM-Signal durch Variieren der Impulsbreite mit dem ersten Pegel gemäß einem positiven ersten Signalteil erhalten wird und das zweite PWM-Signal durch Variieren der Impulsbreite mit dem zweiten Pegel gemäß einem negativen zweiten Signalteil erhalten wird, wobei der erste und der zweite Signalteil in dem Eingangssignal enthalten sind, der erste Signalteil einen Spannungspegel aufweist, der gleich oder höher als der Referenzpegel ist, und der zweite Signalteil einen Spannungspegel aufweist, der niedriger als der Referenzpegel ist.

9. Dreipegel-PWM-Verstärker nach Anspruch 8, wobei der Referenzpegel einem Massepegel entspricht, der erste Signalteil ein positiv skaliertes Signal ist und der zweite Signalteil ein negativ skaliertes Signal ist.

10. Dreipegel-PWM-Verstärker nach Anspruch 8 oder 9, wobei der PWM-Generator beinhaltet:

- einen ersten Komparator (310), der dafür konfiguriert ist, den ersten Signalteil mit einem ersten Dreieckwellensignal zu vergleichen, um das erste PWM-Signal abzugeben, und
- einen zweiten Komparator (320), der dafür konfiguriert ist, den zweiten Signalteil mit einem zweiten Dreieckwellensignal zu vergleichen, um das zweite PWM-Signal abzugeben.

11. Dreipegel-PWM-Verstärker nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei die Ausgangsstufe beinhaltet:

- eine Pull-up-Einheit (510), die den Ausgangsknoten in Reaktion auf ein erstes Freigabesignal (EN1) auf den Pegel der ersten Leistungsversorgungsspannung treibt,
- eine Pull-down-Einheit (520), die den Ausgangsknoten in Reaktion auf ein zweites Freigabesignal (EN2) auf den Pegel der zweiten Leistungsversorgungsspannung treibt, und
- eine auf Masse schaltende Einheit (530), die den Ausgangsknoten in Reaktion auf ein drittes Freigabesignal (EN3) auf den Pegel der dritten Leistungsversorgungsspannung treibt.

12. Dreipegel-PWM-Verstärker nach Anspruch 11, wobei

- die Pull-up-Einheit einen Pull-up-Transistor beinhaltet, der zwischen den Ausgangsknoten und die erste Leistungsversorgungsspannung eingeschleift ist und in Reaktion auf das erste Freigabesignal ein-/ausgeschaltet wird,

- die Pull-down-Einheit einen Pull-down-Transistor beinhaltet, der zwischen den Ausgangsknoten und die zweite Leistungsversorgungsspannung eingeschleift ist und in Reaktion auf das zweite Freigabesignal ein-/ausgeschaltet wird, und

- die auf Masse schaltende Einheit wenigstens einen Schalter beinhaltet, der zwischen den Ausgangsknoten und die dritte Leistungsversorgungsspannung eingeschleift ist und in Reaktion auf das dritte Freigabesignal ein-/ausgeschaltet wird.

13. Dreipegel-PWM-Verstärker nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei das Eingangssignal ein sigma-delta-moduliertes Signal ist.

14. Dreipegel-PWM-Verstärker nach einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei der Verstärker ein Halbbrücken-Dreipegel-Impulsbreitenmodulations (PWM)-Verstärker ist.

15. Audioverarbeitungsvorrichtung mit

- einer Lautstärkesteuereinheit (810), die dafür konfiguriert ist, Audioquellendaten (ASD) eines empfangenen Eingangssignals in Reaktion auf ein Lautstärkesteuersignal (VCON) hinsichtlich der Lautstärke (VOL) zu steuern, um ein lautstärkegesteuertes Eingangssignal (IM) abzugeben, und
- einem Halbbrücken-Dreipegel-Impulsbreitenmodulations (PWM)-Verstärker, der dafür konfiguriert ist, das Eingangssignal in ein Dreipegel-PWM-Signal zu wandeln, das einen ersten Pegel, einen zweiten Pegel und einen Referenzpegel aufweist, und dafür konfiguriert ist, einen mit einer Last zu verbindenden Ausgangsknoten zu treiben,
- wobei der Halbbrücken-Dreipegel-PWM-Verstärker ein solcher gemäß einem der Ansprüche 1 bis 14 ist.

Es folgen 19 Seiten Zeichnungen

FIG. 1

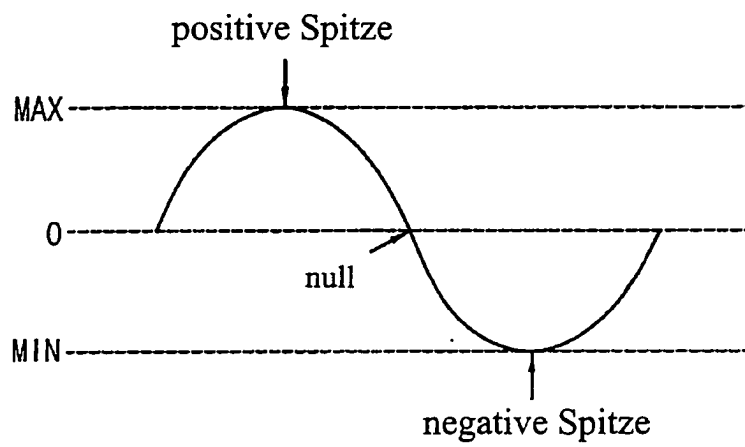


FIG. 2A

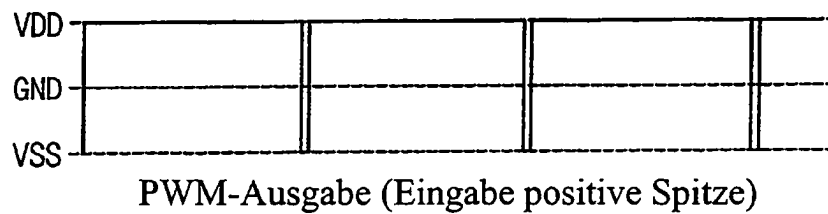


FIG. 2B

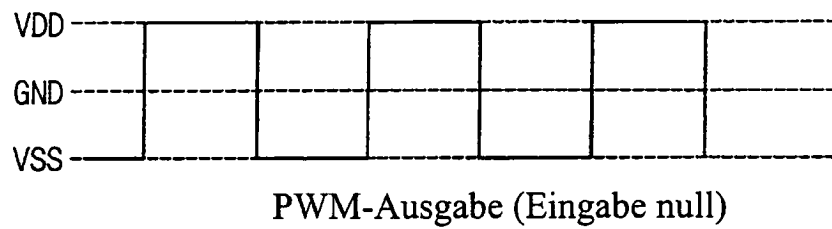


FIG. 2C

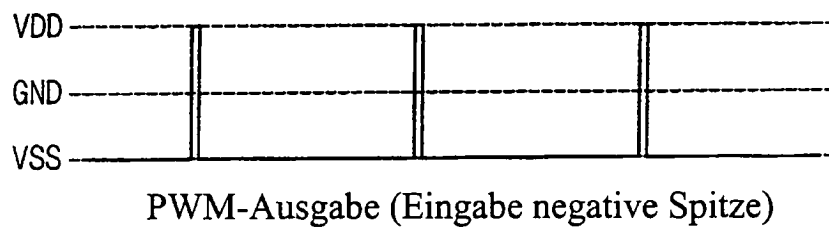


FIG. 3

10

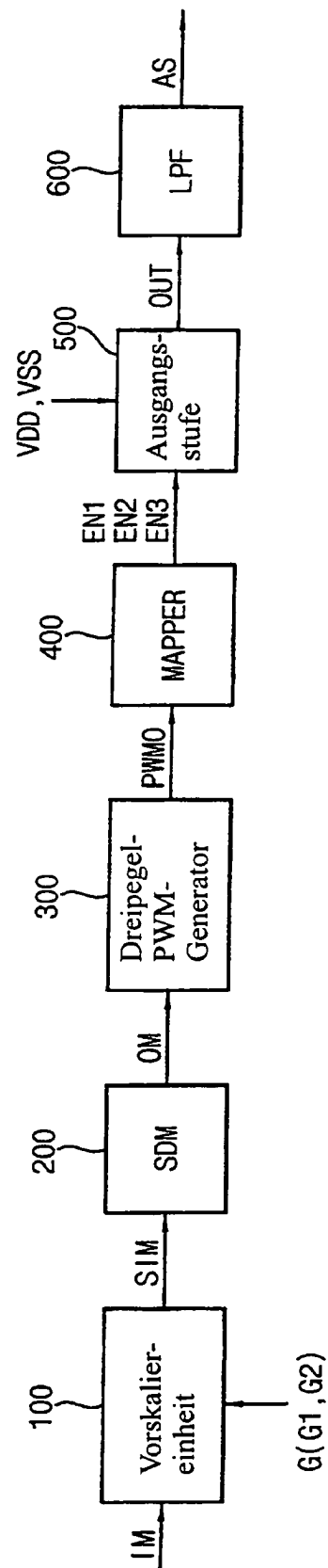


FIG. 4

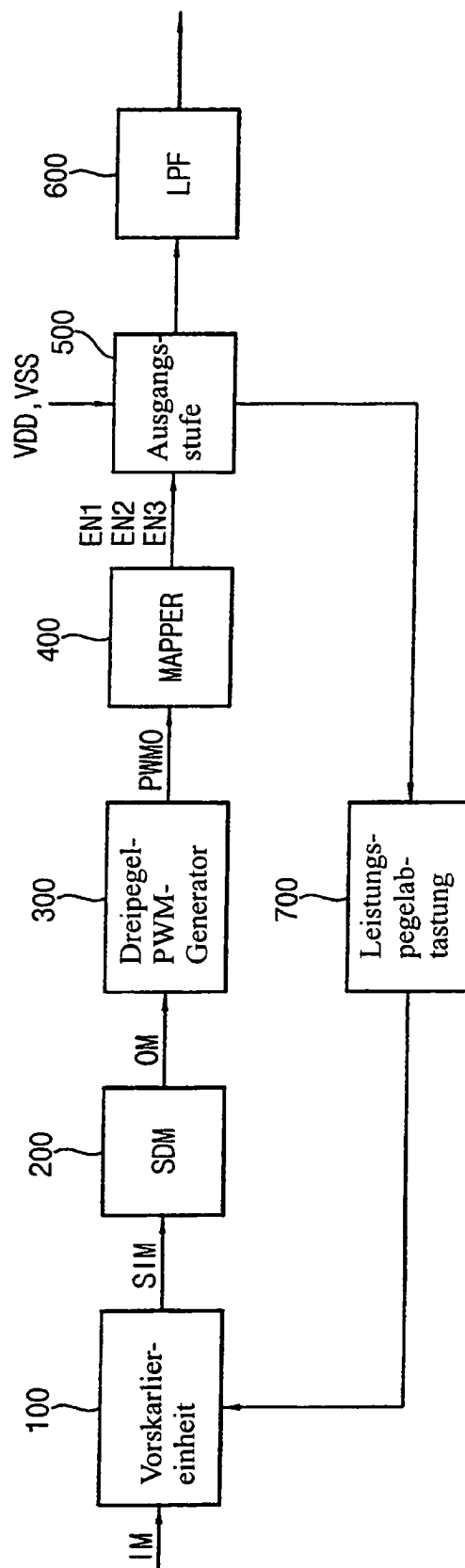
20

FIG. 5

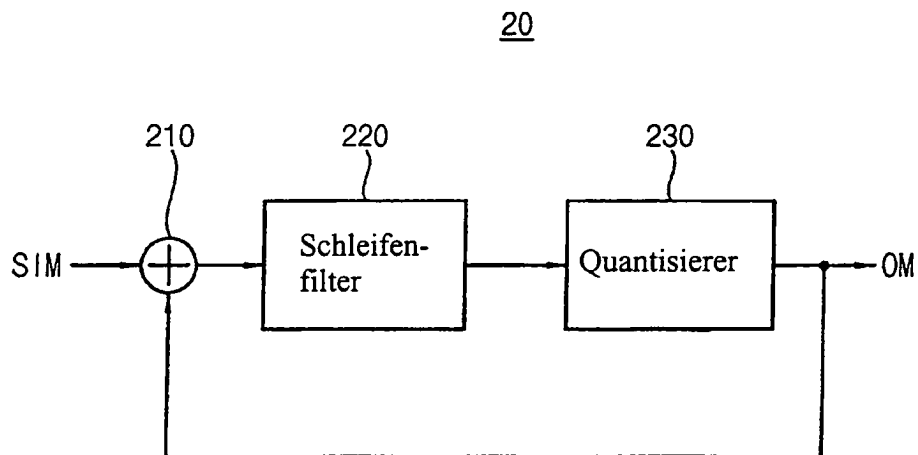


FIG. 6

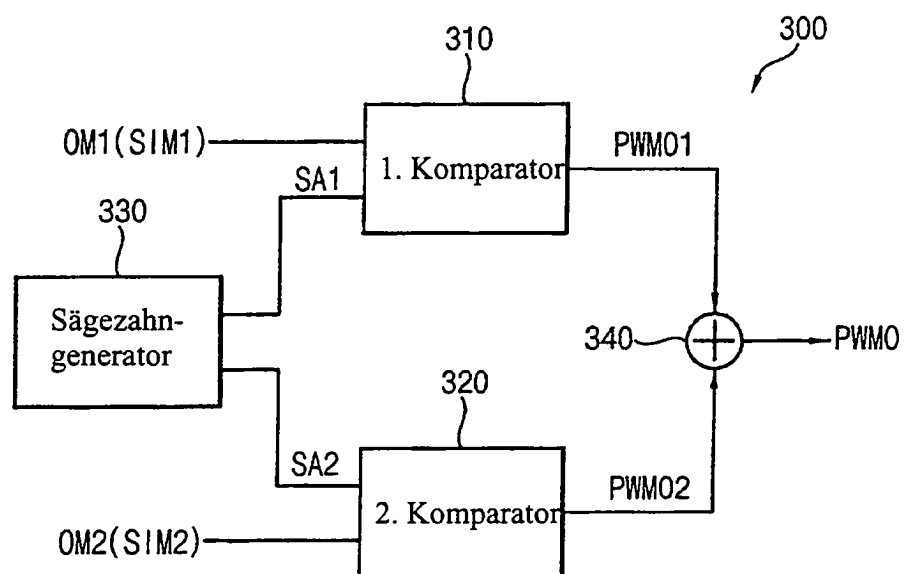


FIG. 7

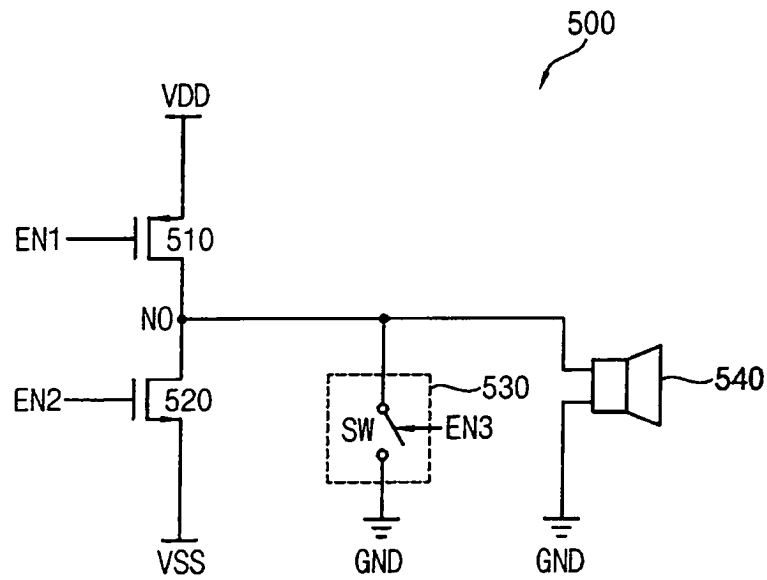


FIG. 8

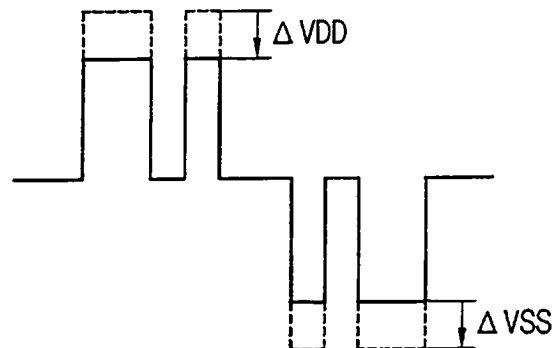


FIG. 9

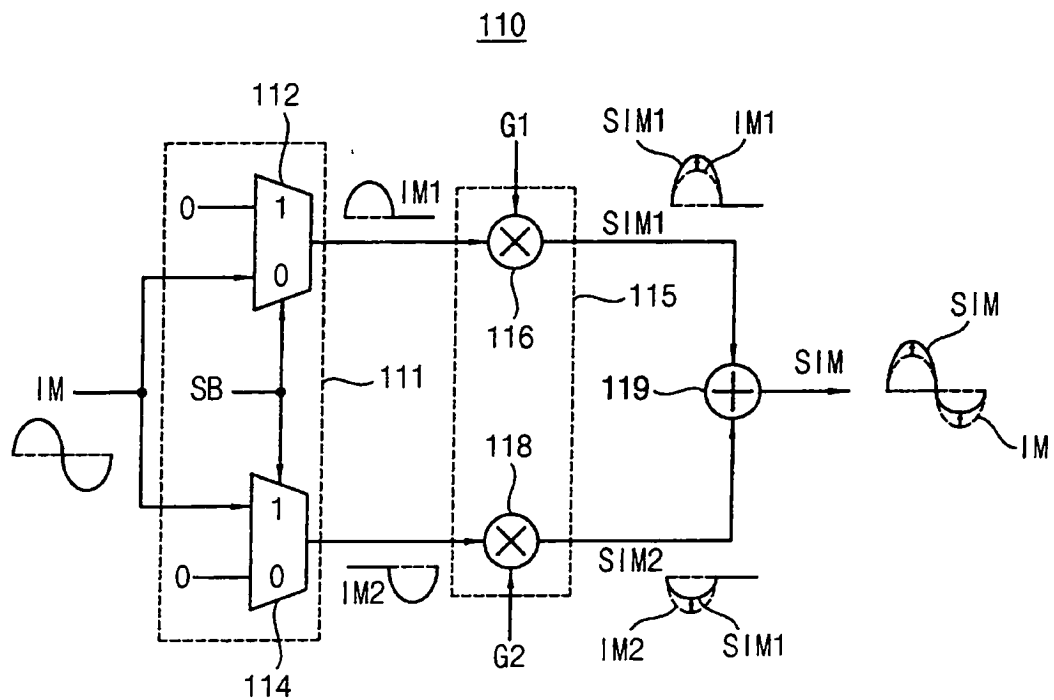


FIG. 10

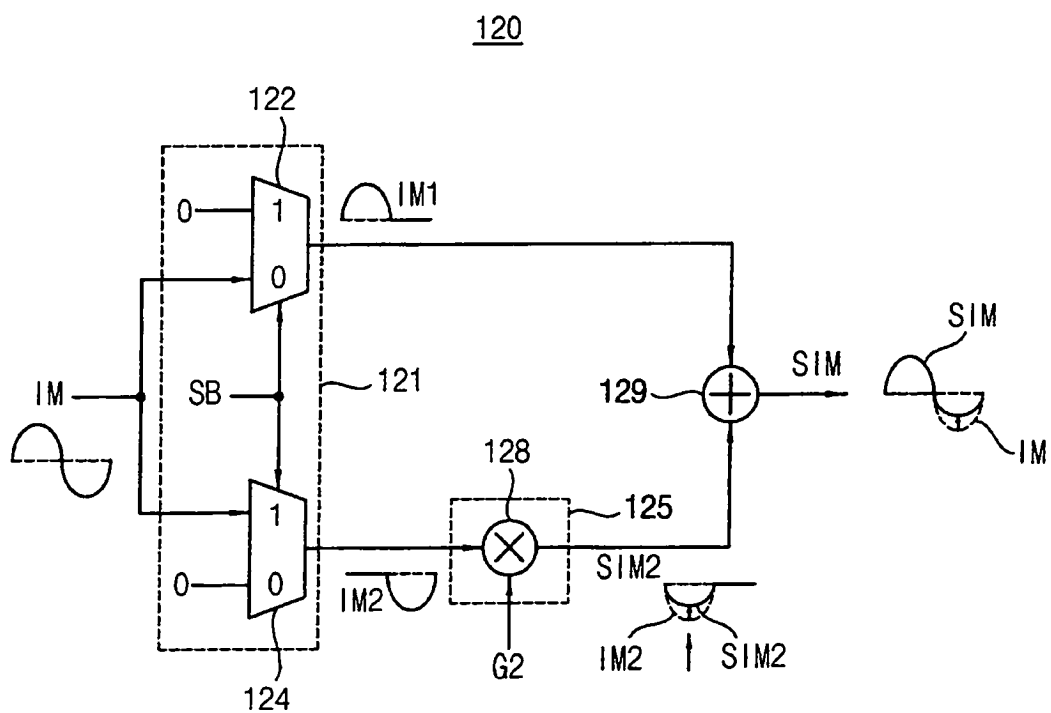


FIG. 11

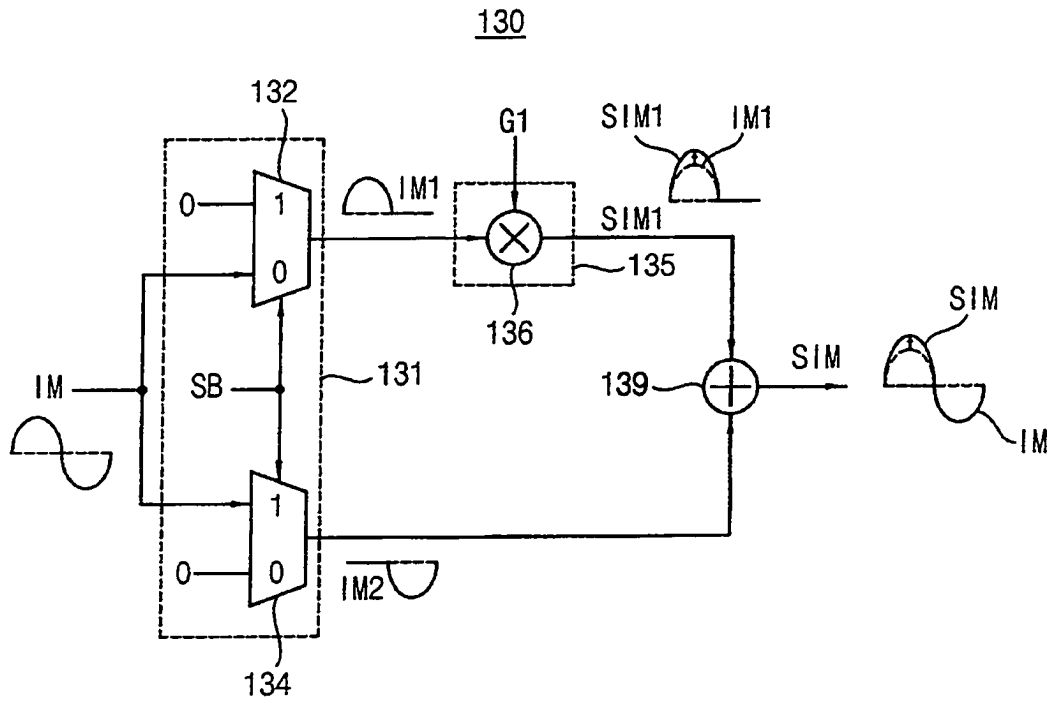


FIG. 12A

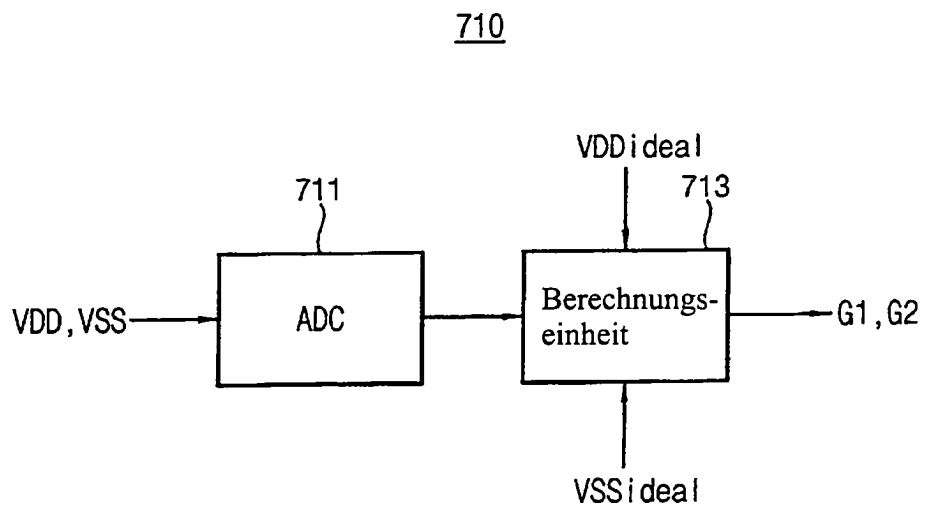


FIG. 12B

720

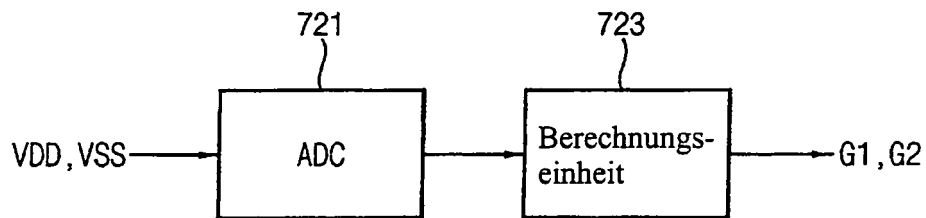


FIG. 13

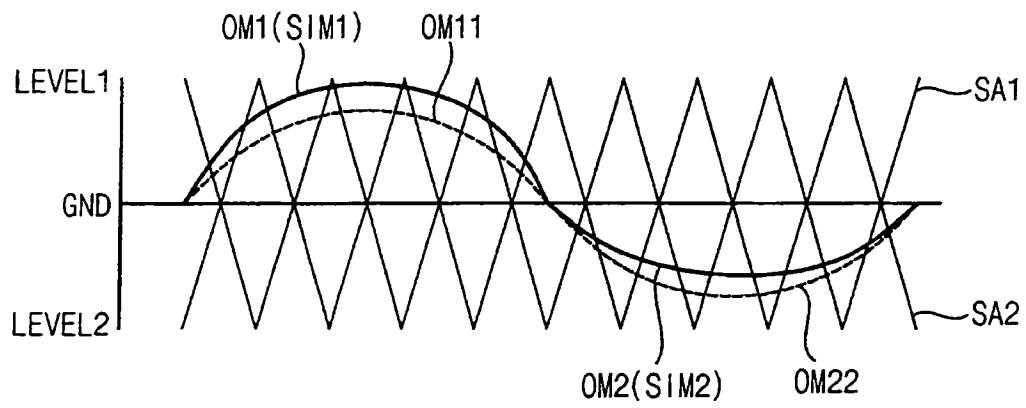


FIG. 14A

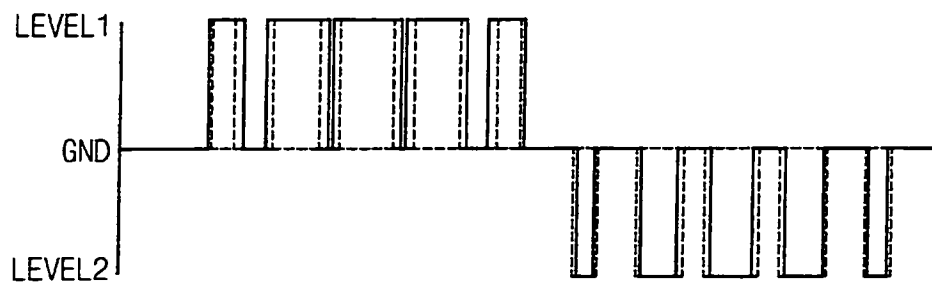


FIG. 14B

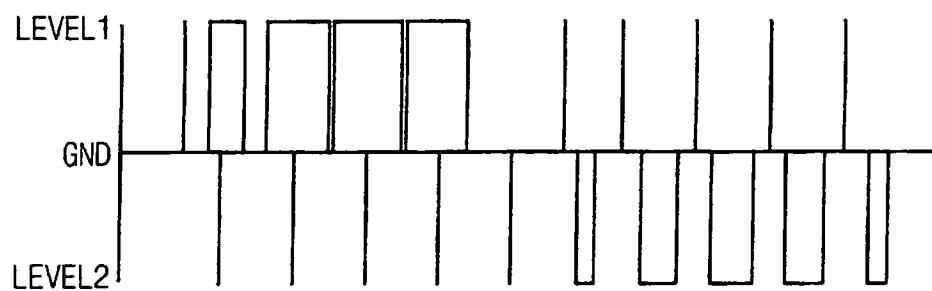


FIG. 15A

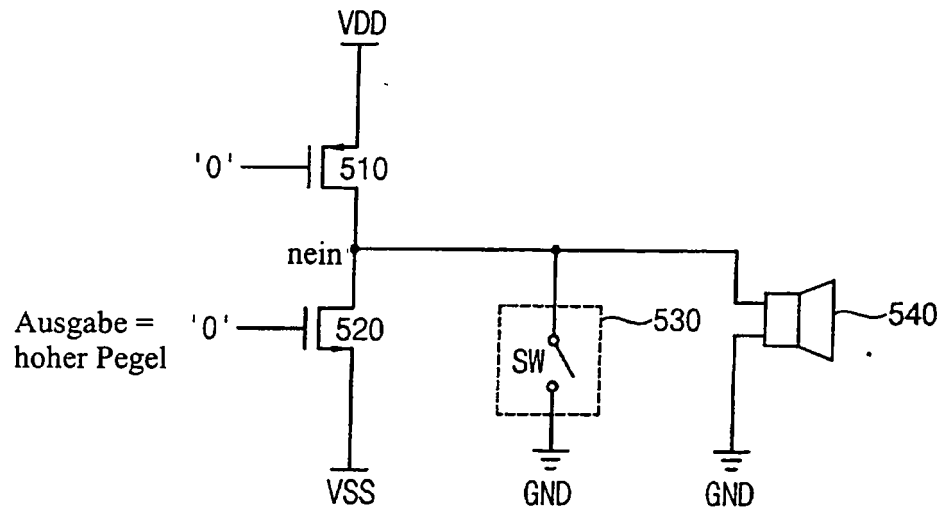


FIG. 15B

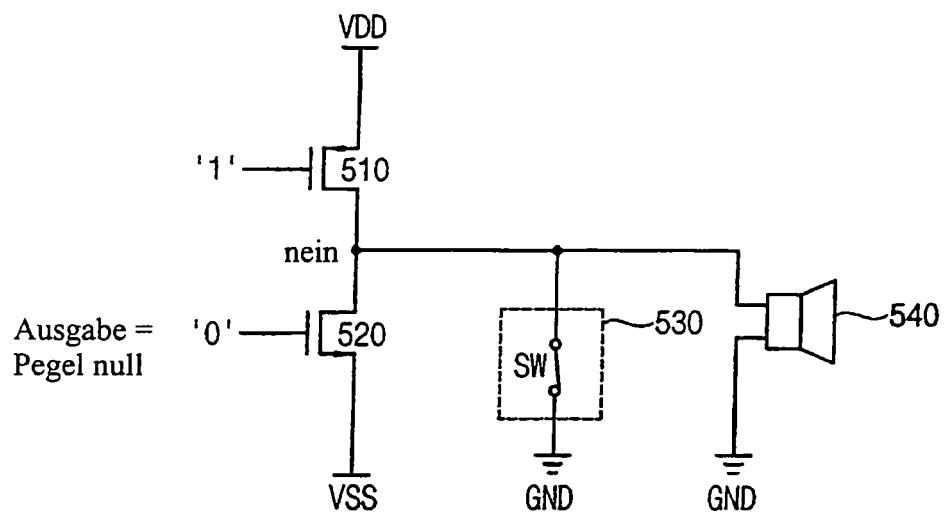


FIG. 15C

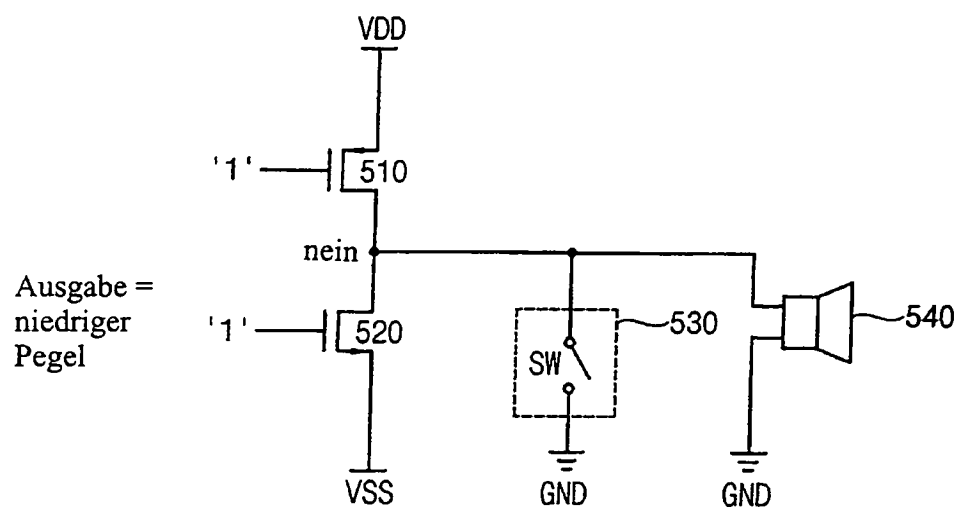


FIG. 16

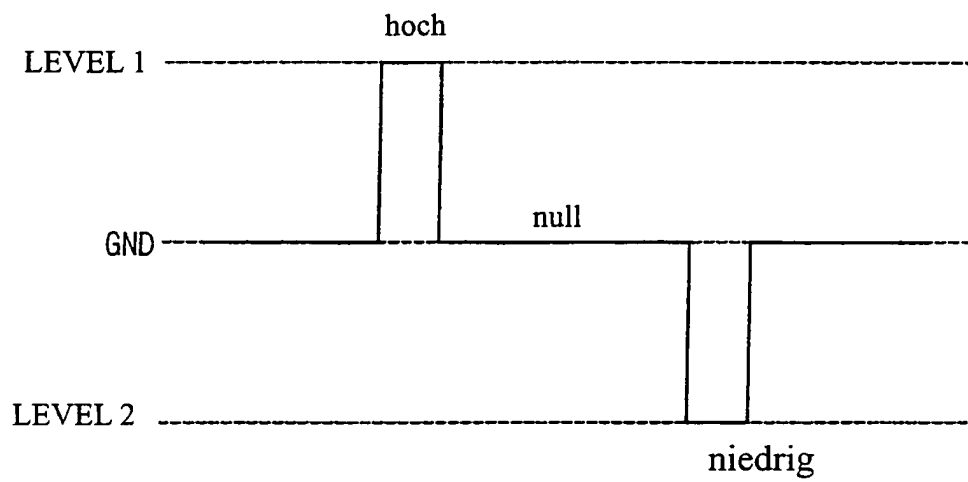


FIG. 17

PWM0	EN1	EN2	EN3
LEVEL 1	0	0	0
LEVEL 2	1	1	0
GND	1	0	1

FIG. 18A

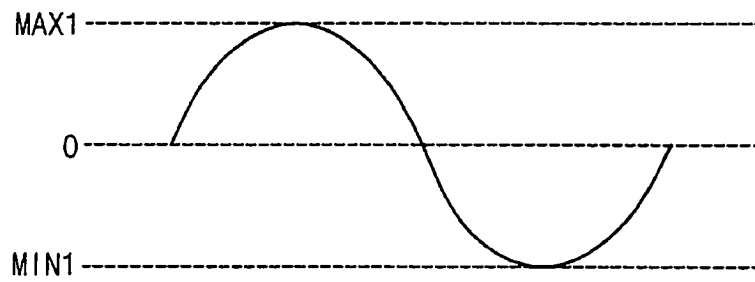


FIG. 18B

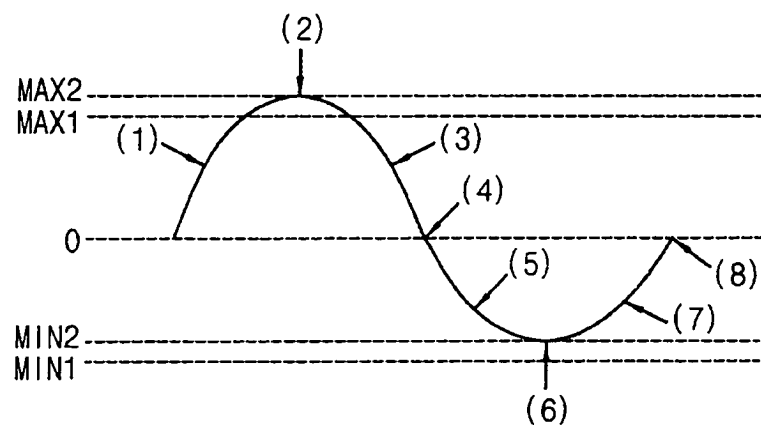


FIG. 19A

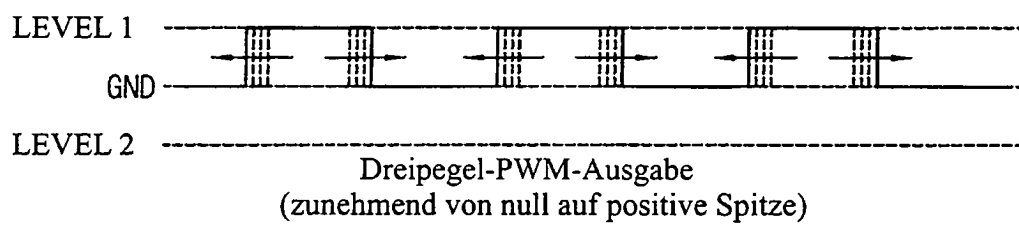


FIG. 19B

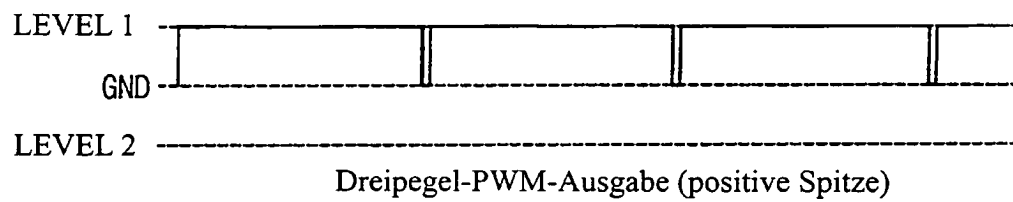


FIG. 19C

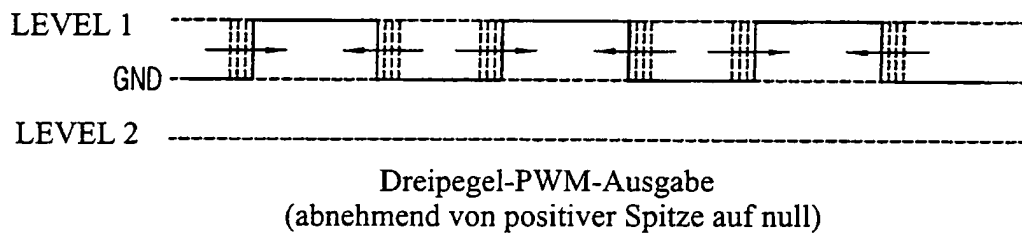


FIG. 19D

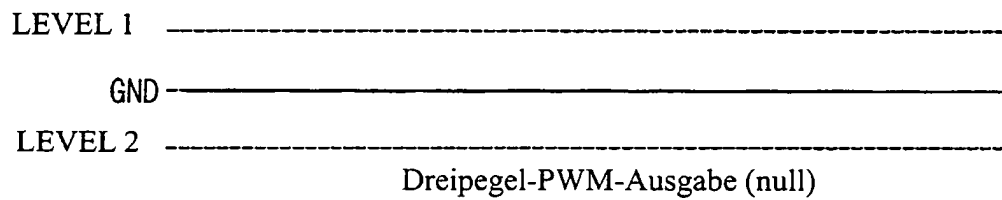


FIG. 19E

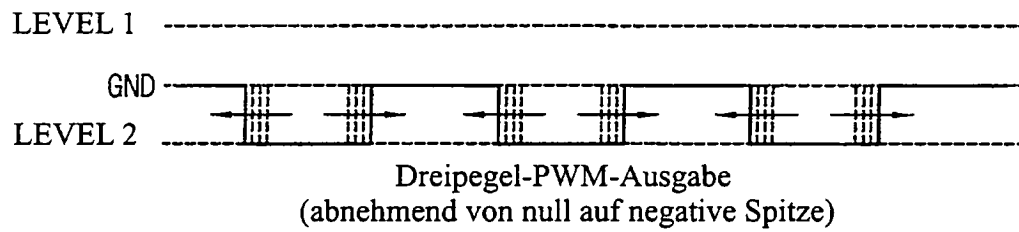


FIG. 19F

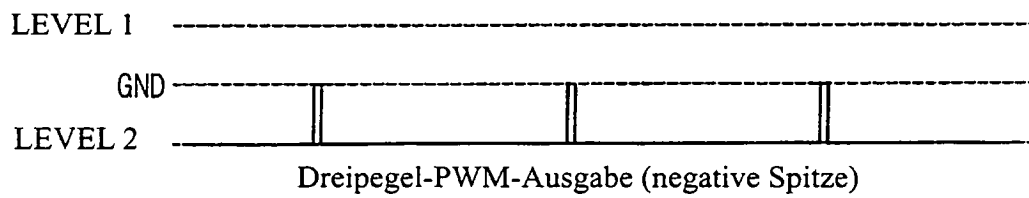


FIG. 19G

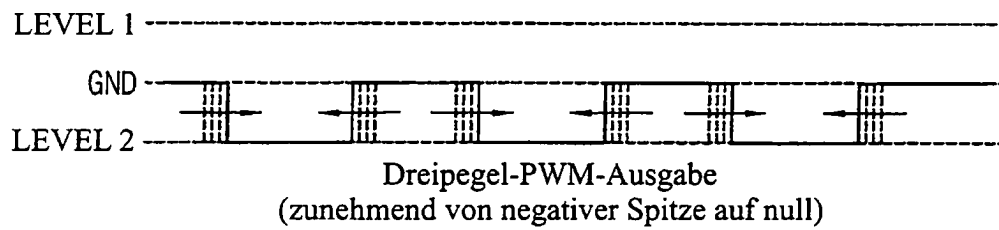


FIG. 19H

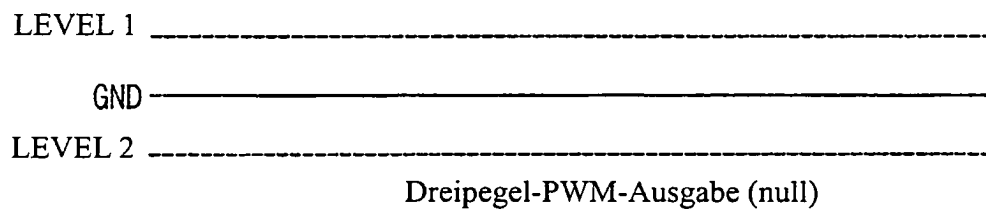


FIG. 20

800