



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2017 101 463.2**
 (22) Anmeldetag: **25.01.2017**
 (43) Offenlegungstag: **03.08.2017**

(51) Int Cl.: **H04L 7/04 (2006.01)**
H04L 12/403 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
62/289,060 **29.01.2016** **US**
15/411,801 **20.01.2017** **US**

(71) Anmelder:
Analog Devices, Inc., Norwood, Mass., US

(74) Vertreter:
Fleuchaus & Gallo Partnerschaft mbB, 81369 München, DE

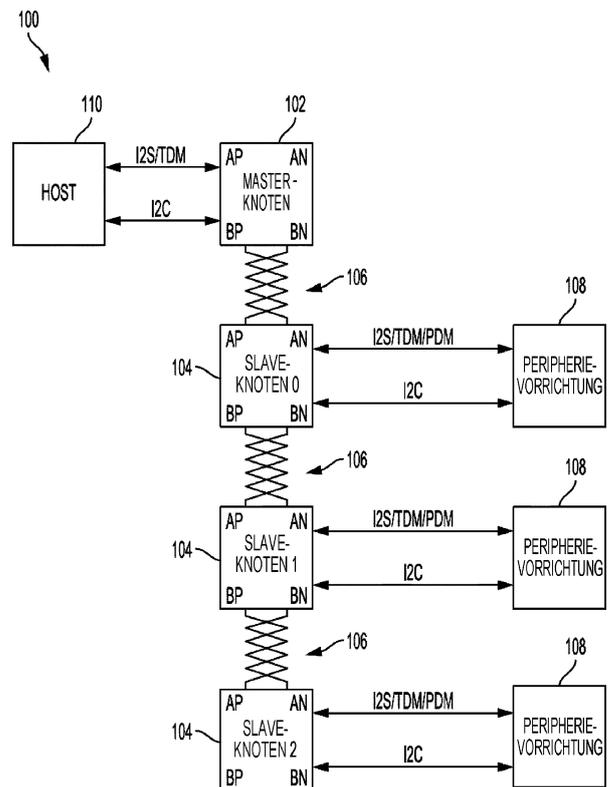
(72) Erfinder:
Hooper, William, Newton, Mass., US; Lahr, Lewis F., Dover, Mass., US

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **TAKTAUFRECHTERHALTUNG BEI ABWESENHEIT EINES REFERENZTAKTS IN EINEM KOMMUNIKATIONSSYSTEM**

(57) Zusammenfassung: Es werden hier Systeme und Verfahren zur Taktaufrechterhaltung in Zweidraht-Kommunikationssystemen und Anwendungen dafür offenbart. Bei einigen Ausführungsformen können in einem Taktaufrechterhaltungszustand Slave-Knoten mit Prozessoren und Digital-Analog-Umsetzern (DAC) im Fall verlorener Buskommunikation effizient heruntergefahren werden. Wenn zum Beispiel der Bus Kommunikation verliert und der Slave-Knoten keinen zuverlässigen Takt wiedergewinnen kann, kann der Slave-Knoten in den Aufrechterhaltungszustand eintreten und signalisiert dieses Ereignis, falls freigegeben, einem GPIO-Pin (General Purpose Input/Output). Im Taktaufrechterhaltungszustand kann der Slave-Knoten-Phasenregelkreis (PLL) für eine vorbestimmte Anzahl von SYNC-Perioden weiterlaufen, während die I2S-DTXn-Daten (Inter-Integrated Circuit Transmit) von ihrem aktuellen Wert auf 0 gedämpft werden. Nach der vorbestimmten Anzahl von SYNC-Perioden kann sich der Slave-Knoten zurücksetzen und wieder in einen Herauffahrzustand eintreten.



Beschreibung

QUERVERWEIS AUF VERWANDTE ANMELDUNG

[0001] Die vorliegende Anmeldung beansprucht Priorität der vorläufigen US-Patentanmeldung Nr. 62/289, 060, eingereicht am 29.1.2016 mit dem Titel „CLOCK SUSTAIN IN THE ABSENCE OF A REFERENCE CLOCK IN A COMMUNICATION SYSTEM“. Diese Prioritätsanmeldung wird hiermit durch Bezugnahme vollständig aufgenommen.

STAND DER TECHNIK

[0002] Mit abnehmender Größe von elektronischen Komponenten und zunehmenden Erwartungen an die Leistungsfähigkeit werden mehr Komponenten in zuvor nicht instrumentierte oder weniger instrumentierte Vorrichtungen aufgenommen. In einigen Umgebungen weist die zum Austauschen von Signalen zwischen diesen Komponenten (z.B. in einem Fahrzeug) verwendete Kommunikationsinfrastruktur dicke und schwere Kabelbündel auf.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0003] Durch Bezugnahme auf die folgende ausführliche Beschreibung in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen werden Ausführungsformen ohne Weiteres verständlich. Um diese Beschreibung zu erleichtern, kennzeichnen gleiche Bezugswahlen gleiche Strukturelemente. Ausführungsformen werden in den Figuren der beigefügten Zeichnungen beispielhaft und nicht als Beschränkung dargestellt.

[0004] **Fig. 1** ist eine Blockdarstellung eines beispielhaften Zweidraht-Kommunikationssystems gemäß verschiedenen Ausführungsformen.

[0005] **Fig. 2** ist eine Blockdarstellung eines Knotensendeempfängers, der in einem Knoten des Systems von **Fig. 1** enthalten sein kann, gemäß verschiedenen Ausführungsformen.

[0006] **Fig. 3** ist eine Darstellung eines Teils eines zur Kommunikation in dem System von **Fig. 1** verwendeten Synchronisations-Stuerrahmens gemäß verschiedenen Ausführungsformen.

[0007] **Fig. 4** ist eine Darstellung eines zur Kommunikation in dem System von **Fig. 1** verwendeten Superrahmens gemäß verschiedenen Ausführungsformen.

[0008] **Fig. 5** zeigt beispielhafte Formate für einen Synchronisations-Stuerrahmen in verschiedenen Betriebsmodi des Systems von **Fig. 1** gemäß verschiedenen Ausführungsformen.

[0009] **Fig. 6** zeigt beispielhafte Formate für einen Synchronisations-Stuerrahmen in verschiedenen Betriebsmodi des Systems von **Fig. 1** gemäß verschiedenen Ausführungsformen.

[0010] **Fig. 7** ist eine Blockdarstellung verschiedener Komponenten der Busprotokollschaltkreise von **Fig. 2** gemäß verschiedenen Ausführungsformen.

[0011] **Fig. 8–Fig. 11** zeigen Beispiele für Informationsaustausch auf einem Zweidrahtbus gemäß verschiedenen Ausführungsformen der hier beschriebenen Busprotokolle.

[0012] **Fig. 12** zeigt eine Ringtopologie für den Zweidrahtbus und ein unidirektionales Kommunikationsschema darauf gemäß verschiedenen Ausführungsformen.

[0013] **Fig. 13** zeigt schematisch eine Vorrichtung, die in dem System von **Fig. 1** als Knoten oder Host dienen kann, gemäß verschiedenen Ausführungsformen.

[0014] **Fig. 14** zeigt ein Beispiel für Informationsaustausch auf einem Zweidrahtbus gemäß verschiedenen Ausführungsformen der hier beschriebenen Busprotokolle.

[0015] **Fig. 15** ist eine Blockdarstellung einer Anordnung, bei der ein Slave-Knoten mit einer Energiespeichervorrichtung und einer Peripherievorrichtung gekoppelt ist, gemäß verschiedenen Ausführungsformen.

[0016] Fig. 16 zeigt eine Ausführungsform des Systems von Fig. 1 zusammen mit einem Flussdiagramm eines Verfahrens, das durch einen Host zum selektiven Routen von Audio in dem System ausgeführt werden kann.

[0017] Fig. 17 ist ein Flussdiagramm eines Verfahrens, das durch einen Slave-Knoten während des selektiven Routens von Audio in dem System wie in Fig. 16 abgebildet ausgeführt werden kann, gemäß verschiedenen Ausführungsformen.

[0018] Fig. 18 zeigt eine Ausführungsform des Systems von Fig. 1, bei der ein Slave-Knoten einen drahtlosen Sendeempfänger als Peripherievorrichtung aufweist.

[0019] Fig. 19 zeigt eine Ausführungsform des Systems von Fig. 1, bei dem ein Host mit einem drahtlosen Sendeempfänger gekoppelt ist.

[0020] Fig. 20–Fig. 23 zeigen beispielhafte Anordnungen eines Mikrofons, eines Mikrofonskabels und einer Audioempfangsvorrichtung, die in dem System von Fig. 1 enthalten sein können, gemäß verschiedenen Ausführungsformen.

[0021] Fig. 24 zeigt eine Anordnung, bei der sich ein Slave-Knoten in der Nähe einer mit einem Dach eines Fahrzeugs gekoppelten Antenne befindet, gemäß verschiedenen Ausführungsformen.

[0022] Fig. 25 zeigt eine Anordnung mehrerer Arten von audiovisuellen Geräten als Slave-Knoten in dem System von Fig. 1 gemäß verschiedenen Ausführungsformen.

[0023] Fig. 26 zeigt einen Roboterarm und eine Anordnung des Systems von Fig. 1 zur Ermöglichung von Kommunikation zwischen Sensoren und Aktoren des Roboterarms gemäß verschiedenen Ausführungsformen.

[0024] Fig. 27 ist eine Blockdarstellung einer Anordnung von Komponenten des Systems 100 mit Sende- und Empfangs-Postkästen gemäß verschiedenen Ausführungsformen.

[0025] Fig. 28 zeigt eine Anordnung von Slave-Knoten und zugeordneten Peripherievorrichtungen in einem Fahrzeug gemäß verschiedenen Ausführungsformen.

[0026] Fig. 29 ist eine Blockdarstellung einer Anordnung von Elementen des Systems von Fig. 1 und eines Busmonitors gemäß verschiedenen Ausführungsformen.

[0027] Fig. 30 ist ein Flussdiagramm eines Verfahrens zum Beginnen des Betriebs eines Busmonitors gemäß verschiedenen Ausführungsformen.

[0028] Fig. 31 zeigt ein Slave-Zustandsdiagramm mit einem SUSTAIN-Zustand gemäß verschiedenen Ausführungsformen.

[0029] Fig. 32 zeigt ein beispielhaftes SUSCFG-Register gemäß verschiedenen Ausführungsformen.

[0030] Fig. 33 zeigt ein Impulsdiagramm für SUSTAIN-Betrieb gemäß verschiedenen Ausführungsformen.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG

[0031] Mit abnehmender Größe von elektronischen Komponenten und zunehmenden Erwartungen an die Leistungsfähigkeit werden mehr Komponenten in zuvor nicht instrumentierte oder weniger instrumentierte Vorrichtungen aufgenommen. Dieser Trend in Richtung vergrößerter Instrumentation wurde herkömmlicherweise durch die zum Austauschen von Signalen zwischen Komponenten verwendete Kommunikationsinfrastruktur begrenzt. Zum Beispiel hat die starke Vermehrung von Sensoren wie Mikrofonen, Kameras usw. in Automobilen (und anderen geschlossenen und/oder mobilen Systemen wie robotischen Systemen) zu einer übermäßigen Menge an Verdrahtung zwischen Komponenten geführt. Diese übermäßige Verdrahtung wird durch eine Zunahme der Systemkomplexität und des Gewichts und eine Abnahme der Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit begleitet.

[0032] Es werden hier Kommunikationssysteme beschrieben, die TDM-Kommunikation (Zeitmultiplex) mit niedriger Latenz über einen Zweidrahtbus (z.B. eine verdrehte Doppelleitung) bereitstellen. In diesen Systemen können bidirektionale synchrone Daten (z.B. digitales Audio), Takt- und Synchronisationssignale durch den

Zweidrahtbus bereitgestellt werden, wodurch direkte Verbindungen von Punkt zu Punkt zwischen Knoten auf dem Bus unterstützt werden und erlaubt wird, dass mehrere aneinandergereihte Knoten an verschiedenen Orten TDM-Kanalinhalt beitragen oder verbrauchen. Diese Kommunikationssysteme ermöglichen Downstream-Verkehr (z.B. von einem Master-Knoten zu einem letzten Slave-Knoten), Upstream-Verkehr (z.B. zu einem Master-Knoten von einem Slave-Knoten) und Stromversorgungsübertragung über denselben Zweidrahtbus.

[0033] In der folgenden ausführlichen Beschreibung wird auf die beigefügten Zeichnungen verwiesen, die einen Teil hiervon bilden, wobei gleiche Zahlen durchweg gleiche Teile kennzeichnen und in denen zur Veranschaulichung Ausführungsformen gezeigt sind, die praktiziert werden können. Es versteht sich, dass andere Ausführungsformen benutzt und strukturelle oder logische Änderungen vorgenommen werden können, ohne vom Schutzzumfang der vorliegenden Offenbarung abzuweichen. Die folgende ausführliche Beschreibung ist deshalb nicht im einschränkenden Sinne zu deuten.

[0034] Verschiedene Operationen können als mehrere diskrete Aktionen oder Operationen der Reihe nach auf eine Weise beschrieben werden, die für das Verständnis des beanspruchten Gegenstands am hilfreichsten ist. Die Reihenfolge der Beschreibung sollte jedoch nicht als Folgerung aufgefasst werden, dass diese Operationen notwendigerweise reihenfolgeabhängig sind. Insbesondere können diese Operationen nicht in der Präsentationsreihenfolge ausgeführt werden. Beschriebene Operationen können in einer anderen Reihenfolge als die beschriebene Ausführungsform ausgeführt werden. Bei zusätzlichen Ausführungsformen können verschiedene zusätzliche Operationen ausgeführt und/oder beschriebene Operationen weggelassen werden.

[0035] Für die Zwecke der vorliegenden Offenbarung bedeutet der Ausdruck „A und/oder B“ (A), (B) oder (A und B). Für die Zwecke der vorliegenden Offenbarung bedeutet der Ausdruck „A, B und/oder C“ (A), (B), (C), (A und B), (A und C), (B und C) oder (A, B und C).

[0036] Verschiedene Komponenten können hier im Singular erwähnt oder dargestellt sein (z.B. ein „Prozessor“, eine „Peripherievorrichtung“ usw.), aber dies dient nur zur leichteren Besprechung, und jegliche im Singular erwähnte Elemente können gemäß den vorliegenden Lehren mehrere solche Elemente umfassen.

[0037] Die Beschreibung verwendet die Ausdrücke „bei einer Ausführungsform“ oder „bei Ausführungsformen“, die sich jeweils auf eine oder mehrere derselben oder verschiedener Ausführungsformen beziehen können. Ferner sind die Ausdrücke „umfassend“, „enthaltend“, „aufweisend“ und dergleichen, so wie sie mit Bezug auf Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung verwendet werden, synonym. Im vorliegenden Gebrauch kann sich der Begriff „Schaltkreise“ auf Folgendes beziehen oder Teil davon sein oder umfassen: eine anwendungsspezifische integrierte Schaltung (ASIC), eine elektronische Schaltung und optische Schaltung, einen Prozessor (geteilt, dediziert oder gruppiert) und/oder einen Speicher (geteilt, dediziert oder gruppiert), die ein oder mehrere Software- oder Firmwareprogramme ausführen, eine kombinatorische Logikschaltung und/oder andere geeignete Hardware, die die beschriebene Funktionalität bereitstellen. Ein Master-Knoten kann hier auch als eine Master-„Vorrichtung“ bezeichnet werden; ähnlich kann ein Slave-Knoten hier als eine Slave-„Vorrichtung“ bezeichnet werden.

[0038] Alle hier beschriebenen Ausführungsformen können gemäß beliebigen geeigneten verwandten Ausführungsformen ausgeführt werden, die in beliebigen der vorbekannten Patenteinreichungen offenbart werden, deren Priorität die vorliegende Anmeldung beansprucht. Insbesondere können beliebige der Ausführungsformen des in beliebigen der vorbekannten Einreichungen offenbarten A2B-Systems (Automotive Audio Bus) in beliebiger Kombination mit den hier beschriebenen Ausführungsformen implementiert werden. Zum Beispiel können Stromversorgungsumschaltung und Diagnostik in den hier beschriebenen Zweidraht-Kommunikationssystemen enthalten sein, so wie es in der vorläufigen US-Anmeldung Nr. 61/845,542, eingereicht am 12.7.2013, besprochen wird. In einem anderen Beispiel können Decodierer in den hier beschriebenen Zweidraht-Kommunikationssystemen enthalten sein, so wie es in der vorläufigen US-Anmeldung Nr. 61/843,902, eingereicht am 8.7.2013, besprochen wird. In einem anderen Beispiel können digitale Phasendetektoren in den hier beschriebenen Zweidraht-Kommunikationssystemen enthalten sein, wie in der vorläufigen US-Anmeldung Nr. 61/843,896, eingereicht am 8.7.2013, besprochen wird. In einem anderen Beispiel können die hier beschriebenen Zweidraht-Kommunikationssysteme die Zustandsautomatenfunktionalität umfassen, die in der vorläufigen US-Anmeldung Nr. 61/843,891, eingereicht am 8.7.2013, besprochen wird.

[0039] Fig. 1 ist eine Blockdarstellung eines beispielhaften Halbduplex-Zweidraht-Kommunikationssystems **100** gemäß verschiedenen Ausführungsformen. Das System **100** umfasst einen Host **110**, einen Master-Knoten **102** und mindestens einen Slave-Knoten **104**. In Fig. 1 sind drei Slave-Knoten (0, 1 und 2) dargestellt. Die

Abbildung von drei Slave-Knoten **104** in **Fig. 1** ist lediglich beispielhaft und das System **100** kann je nach Wunsch einen, zwei oder mehr Slave-Knoten **104** umfassen.

[0040] Der Master-Knoten **102** kann über einen Zweidrahtbus **106** mit den Slave-Knoten **104** kommunizieren. Der Bus **106** kann verschiedene Zweidraht-Busverbindungen zwischen angrenzenden Knoten auf dem Bus **106** zur Verbindung der Knoten auf dem Bus **106** auf aneinandergereihte Weise umfassen. Zum Beispiel kann der Bus **106** wie in **Fig. 1** dargestellt eine Verbindung umfassen, die den Master-Knoten **102** mit dem Slave-Knoten 0 koppelt, eine Verbindung, die den Slave-Knoten 0 mit dem Slave-Knoten 1 koppelt, und eine Verbindung, die den Slave-Knoten 1 mit dem Slave-Knoten 2 koppelt. Die Verbindungen des Busses **106** können jeweils aus einer einzelnen verdrehten Doppelleitung (z.B. einer nicht abgeschirmten verdrehten Doppelleitung) gebildet sein.

[0041] Der Host **110** kann einen Prozessor umfassen, der den Master-Knoten **102** programmiert und als Ursprung und Empfänger verschiedener auf dem Bus **106** übertragener Nutzinformationen wirkt. Insbesondere kann der Host **110** der Master von I2S-Kommunikation (Inter-Integrated Circuit Sound) sein, die auf dem Bus **106** geschieht. Der Host **110** kann über einen I2S-/Zeitmultiplex- bzw. -TDM-Bus und/oder einen I2C-Bus (Inter-Integrated Circuit) mit dem Master-Knoten **102** kommunizieren. Bei einigen Ausführungsformen kann der Master-Knoten **102** ein Sendeempfänger (z.B. der nachfolgend mit Bezug auf **Fig. 2** besprochene Knotensendeempfänger **120**) sein, der sich in einem Gehäuse des Hosts **110** befindet. Der Master-Knoten **102** kann über den I2C-Bus für Konfiguration und Rücklesen durch den Host **110** programmierbar sein und kann dafür ausgelegt sein, Takt, Synchronisation und Framing für alle Slave-Knoten **104** zu erzeugen. Bei einigen Ausführungsformen kann eine Erweiterung des I2C-Steuerbusses zwischen dem Host **110** in dem Master-Knoten **102** in die über den Bus **106** übertragenen Datenströme eingebettet werden, wodurch der Host **110** direkt auf Register und Statusinformationen für den einen oder die mehreren Slave-Knoten **104** zugreifen kann und auch Kommunikation von I2C zu I2C über Distanz ermöglicht wird, um es dem Host **110** zu erlauben, die Peripheriegeräte **108** zu steuern.

[0042] Der Master-Knoten **102** kann „Downstream-Signale“ (z.B. Datensignale, Stromversorgungssignale usw., die von dem Master-Knoten **102** weg auf dem Bus **106** übertragen werden) erzeugen und „Upstream-Signale“ (die z.B. auf dem Bus **106** in Richtung des Master-Knotens **102** übertragen werden) empfangen. Der Master-Knoten **102** kann ein Taktsignal für synchrone Datenübertragung über den Bus **106** bereitstellen. Im vorliegenden Gebrauch kann „synchrone Daten“ Daten umfassen, die kontinuierlich mit einem festen Zeitintervall zwischen zwei sukzessiven Übertragungen zu/von demselben Knoten auf dem Bus **106** gestreamt werden (z.B. Audiosignale). Bei einigen Ausführungsformen kann das durch den Master-Knoten **102** bereitgestellte Taktsignal von einer dem Master-Knoten **102** durch den Host **110** bereitgestellten I2S-Eingabe abgeleitet werden. Ein Slave-Knoten **104** kann ein adressierbarer Netzwerkverbindungspunkt sein, der ein mögliches Ziel für downstream auf dem Bus **106** oder upstream auf dem Bus **106** übertragene Datenrahmen repräsentiert. Ein Slave-Knoten **104** kann auch eine mögliche Quelle von Downstream- oder Upstream-Datenrahmen repräsentieren. Das System **100** kann Übertragung von Steuerinformationen und anderen Daten in beiden Richtungen über den Bus **106** von einem Knoten zum nächsten erlauben. Einer oder mehrere der Slave-Knoten **104** können auch durch über den Bus **106** übertragene Signale mit Strom versorgt werden.

[0043] Insbesondere kann jeder des Master-Knotens **102** und der Slave-Knoten **104** einen positiven Upstream-Anschluss (als „AP“ bezeichnet), einen negativen Upstream-Anschluss (als „AN“ bezeichnet), einen positiven Downstream-Anschluss (als „BP“ bezeichnet) und einen negativen Downstream-Anschluss (als „BN“ bezeichnet) umfassen. Der positive und negative Downstream-Anschluss eines Knotens können mit dem positiven bzw. negativen Upstream-Anschluss des angrenzenden Downstream-Knotens gekoppelt sein. Wie in **Fig. 1** gezeigt, kann der Master-Knoten **102** einen positiven und negativen Upstream-Anschluss umfassen, aber diese Anschlüsse können nicht verwendet werden; bei anderen Ausführungsformen kann der Master-Knoten **102** keinen positiven und negativen Upstream-Anschluss umfassen. Der letzte Slave-Knoten **104** auf dem Bus **106** (in **Fig. 1** der Slave-Knoten 2) kann einen positiven und negativen Downstream-Anschluss umfassen, aber diese Anschlüsse können nicht verwendet werden; bei anderen Ausführungsformen kann der letzte Slave-Knoten **104** auf dem Bus einen positiven und negativen Downstream-Anschluss nicht umfassen.

[0044] Wie nachfolgend ausführlich besprochen wird, kann der Master-Knoten **102** periodisch einen Synchronisationssteuerrahmen downstream senden, gegebenenfalls zusammen mit Daten, die für einen oder mehrere der Slave-Knoten **104** bestimmt sind. Zum Beispiel kann der Master-Knoten **102** alle 1024 Bit (was einen Superrahmen repräsentiert) mit einer Frequenz von 48 kHz einen Synchronisationssteuerrahmen senden, was zu einer effektiven Bitrate auf dem Bus **106** von 49,152 Mbps führt. Es können andere Raten unterstützt werden, darunter zum Beispiel 44,1 kHz. Der Synchronisationssteuerrahmen kann es den Slave-Knoten **104**

erlauben, den Anfang jedes Superrahmens zu identifizieren, und kann außerdem in Kombination mit Bitübertragungsschichtcodierung/-signalisierung jedem Slave-Knoten **104** erlauben, seinen internen Betriebstakt aus dem Bus **106** abzuleiten. Der Synchronisationssteuerrahmen kann eine Präambel zur Signalisierung des Starts der Synchronisation sowie Steuerfelder, die verschiedene Adressierungsmodi (z.B. normal, Rundsendung, Entdeckung), Konfigurationsinformationen (z.B. Schreiben in Register der Slave-Knoten **104**), Übermittlung von I2C-Informationen, Fernsteuerung bestimmter GPIO-Pins (Vielzweck-Eingabe/-Ausgabe) an den Slave-Knoten **104** und andere Dienste umfassen. Ein Teil des Synchronisationssteuerrahmens nach der Präambel und den Nutzinformationsdaten kann verwürfelt werden, um die Wahrscheinlichkeit zu verringern, dass Informationen in dem Synchronisationssteuerrahmen für eine neue Präambel gehalten werden, und um das Spektrum diesbezüglicher elektromagnetischer Emissionen zu verflachen.

[0045] Der Synchronisationssteuerrahmen kann zwischen dem Slave-Knoten **104** (gegebenenfalls zusammen mit anderen Daten, die von dem Master-Knoten **102** kommen können, aber zusätzlich oder als Alternative von einem oder mehreren Upstream-Slave-Knoten **104** oder von einem Slave-Knoten **104** selbst kommen können) weitergeleitet werden, bis er den letzten Slave-Knoten **104** (d.h. den Slave-Knoten 2 in **Fig. 1**) erreicht, der durch den Master-Knoten **102** als der letzte Slave-Knoten **104** konfiguriert wurde oder sich selbst als der letzte Slave-Knoten **104** identifiziert hat. Auf den Empfang des Synchronisationssteuerrahmens hin kann der letzte Slave-Knoten **104** einen Synchronisationsantwortrahmen senden, dem etwaige Daten folgen, die er senden darf (z.B. einen 24-Bit-Audioabtastwert in einem designierten Zeitschlitz). Der Synchronisationsantwortrahmen kann dann upstream zwischen Slave-Knoten **104** (gegebenenfalls zusammen mit Daten von Downstream-Slave-Knoten **104**) weitergeleitet werden, und auf der Basis des Synchronisationsantwortrahmens kann jeder Slave-Knoten **104** in der Lage sein, einen etwaigen Zeitschlitz zu identifizieren, in dem dem Slave-Knoten **104** gestattet ist, zu senden.

[0046] Bei einigen Ausführungsformen kann bzw. können einer oder mehrere der Slave-Knoten **104** im System **100** mit einer Peripherievorrichtung **108** gekoppelt sein und damit kommunizieren. Zum Beispiel kann ein Slave-Knoten **104** dafür ausgelegt sein, wie nachfolgend besprochen unter Verwendung von I2S, Impulsdichtemodulation (PDM), TDM und/oder von I2C-Protokollen Daten von der zugeordneten Peripherievorrichtung **108** zu lesen und/oder Daten in diese zu schreiben. Obwohl die „Peripherievorrichtung“ **108** hier im Singular erwähnt werden kann, dient dies einfach zur leichteren Besprechung, und ein einzelner Slave-Knoten **104** kann mit null, einer oder mehr Peripherievorrichtungen gekoppelt sein. Beispiele für Peripherievorrichtungen, die in der Peripherievorrichtung **108** enthalten sein können, wären ein DSP (digitaler Signalprozessor), ein FPGA (Field Programmable Gate Array), eine ASIC (anwendungsspezifische integrierte Schaltung), ein ADC (Analog-Digital-Wandler), ein DAC (Digital-Analog-Umsetzer), ein Codec, ein Mikrofon, ein Mikrofonarray, ein Lautsprecher, ein Audioverstärker, ein Protokollanalytiker, ein Beschleunigungsmesser oder anderer Bewegungssensor, ein Umgebungsbedingungssensor (z.B. ein Temperatur-, Feuchtigkeits- und/oder Gassensor), ein verdrahteter oder drahtloser Kommunikations-Sendeempfänger, eine Anzeigevorrichtung (z.B. ein Touchscreen-Display), eine Benutzeroberflächenkomponente (z.B. eine Taste, eine Wahlscheibe oder ein anderes Steuerelement), eine Kamera (z.B. eine Videokamera), eine Speichervorrichtung oder eine beliebige andere geeignete Vorrichtung, die Daten sendet und/oder empfängt. Es werden hier mehrere Beispiele für verschiedene Peripherievorrichtungskonfigurationen detailliert besprochen.

[0047] Bei einigen Ausführungsformen kann die Peripherievorrichtung **108** eine beliebige Vorrichtung umfassen, die für I2S-Kommunikation (Inter-Integrated Circuit Sound) konfiguriert ist; die Peripherievorrichtung **108** kann über das I2S-Protokoll mit dem zugeordneten Slave-Knoten **104** kommunizieren. Bei einigen Ausführungsformen kann die Peripherievorrichtung **108** eine beliebige Vorrichtung umfassen, die für I2C-Kommunikation (Inter-Integrated Circuit Sound) konfiguriert ist; die Peripherievorrichtung **108** kann über das I2C-Protokoll mit dem zugeordneten Slave-Knoten **104** kommunizieren. Bei einigen Ausführungsformen kann ein Slave-Knoten **104** mit keiner Peripherievorrichtung **108** gekoppelt sein.

[0048] Ein Slave-Knoten **104** und seine zugeordnete Peripherievorrichtung **108** können in getrennten Gehäusen enthalten und mittels einer verdrahteten oder drahtlosen Kommunikationsverbindung gekoppelt sein oder können in einem gemeinsamen Gehäuse enthalten sein. Zum Beispiel kann ein als Peripherievorrichtung **108** verbundener Lautsprecher mit der Hardware für einen zugeordneten Slave-Knoten **104** (z.B. den nachfolgend mit Bezug auf **Fig. 2** besprochenen Knoten-Sendeempfänger **120**) gekapselt sein, so dass die Hardware für den zugeordneten Slave-Knoten **104** in einem Gehäuse enthalten ist, das andere Lautsprecherkomponenten enthält. Dasselbe kann für eine beliebige Art von Peripherievorrichtung **108** gelten.

[0049] Wie oben besprochen, kann der Host **110** unter Verwendung von mehrkanaligen I2S- und I2C-Kommunikationsprotokollen mit dem Master-Knoten **102** kommunizieren und ihn steuern. Insbesondere kann der

Host **110** über I2S Daten zu einem (nicht dargestellten) Rahmenpuffer im Master-Knoten **102** senden, und der Master-Knoten **102** kann Daten aus dem Rahmenpuffer lesen und die Daten auf dem Bus **106** senden. Analog kann der Master-Knoten **102** über den Bus **106** empfangene Daten im Rahmenpuffer speichern und kann dann die Daten über I2S zu dem Host **110** senden.

[0050] Jeder Slave-Knoten **104** kann interne Steuerregister aufweisen, die durch Übermittlungen vom Master-Knoten **102** konfiguriert werden können. Im Folgenden wird eine Anzahl solcher Register ausführlich besprochen. Jeder Slave-Knoten **104** kann Downstream-Daten empfangen und die Daten erneut weiter downstream senden. Jeder Slave-Knoten **104** kann Upstream-Daten empfangen und/oder erzeugen und/oder Daten upstream weiter senden und/oder Daten zu einer Upstream-Transaktion hinzufügen.

[0051] Kommunikation auf dem Bus **106** kann in periodischen Superrahmen erfolgen. Jeder Superrahmen kann mit einem Downstream-Synchronisationssteuerrahmen beginnen; in Perioden der Downstream-Übertragung (auch als „Downstream-Teile“ bezeichnet), Upstream-Übertragung (auch als „Upstream-Teile“ bezeichnet) und keiner Übertragung (wobei der Bus **106** nicht angesteuert wird) aufgeteilt werden; und kurz vor der Übertragung eines weiteren Downstream-Synchronisationssteuerrahmens enden. Der Master-Knoten **102** kann (durch den Host **110**) mit einer Anzahl von Downstream-Teilen, die zu einem oder mehreren der Slave-Knoten **104** zu senden sind, und einer Anzahl von Upstream-Teilen zum Empfang von einem oder mehreren der Slave-Knoten **104** programmiert werden. Jeder Slave-Knoten **104** kann (durch den Master-Knoten **102**) mit einer Anzahl von Downstream-Teilen, die den Bus **106** hinunter weiterzusenden sind, einer Anzahl von Downstream-Teilen, die zu konsumieren sind, einer Anzahl von Upstream-Teilen, die den Bus **106** hinauf weiterzusenden sind, und einer Anzahl von Upstream-Teilen, in denen der Slave-Knoten **104** von dem Slave-Knoten **104** von der zugeordneten Peripherievorrichtung **108** empfangene Daten senden kann, programmiert werden. Kommunikation auf dem Bus **106** wird nachfolgend ausführlicher mit Bezug auf **Fig. 2–Fig. 12** besprochen.

[0052] Jeder des Master-Knotens **102** und der Slave-Knoten **104** kann einen Sendeempfänger zum Verwalten von Kommunikation zwischen Komponenten des Systems **100** umfassen. **Fig. 2** ist eine Blockdarstellung eines Knoten-Sendeempfängers **120**, der in einem Knoten (z.B. dem Master-Knoten **102** oder einem Slave-Knoten **104**) des Systems **100** von **Fig. 1** enthalten sein kann, gemäß verschiedenen Ausführungsformen. Bei einigen Ausführungsformen kann in jedem der Knoten des Systems **100** ein Knoten-Sendeempfänger **120** enthalten sein, und dem Knoten-Sendeempfänger **120** kann über einen Master- bzw. MSTR-Pin ein Steuersignal zugeführt werden, um anzugeben, ob der Knoten-Sendeempfänger **120** als Master (z.B. wenn der MSTR-Pin hoch ist) oder Slave (z.B. wenn der MSTR-Pin niedrig ist) handeln soll.

[0053] Der Knoten-Sendeempfänger **120** kann einen Upstream-Sendeempfänger **122** und einen Downstream-Sendeempfänger **124** umfassen. Der Upstream-Sendeempfänger **122** kann mit dem oben mit Bezug auf **Fig. 1** besprochenen positiven und negativen Upstream-Anschluss gekoppelt sein und der Downstream-Sendeempfänger **124** kann mit dem oben mit Bezug auf **Fig. 1** besprochenen positiven und negativen Downstream-Anschluss gekoppelt sein. Bei einigen Ausführungsformen können der Upstream-Sendeempfänger **122** und der Downstream-Sendeempfänger **124** Differenzsignalisierungs- bzw. DS-Sendeempfänger sein. Bei einigen Ausführungsformen kann der Upstream-Sendeempfänger **122** ein Niederspannungs-DS- bzw. LVDS-Sendeempfänger sein, und der Downstream-Sendeempfänger **124** kann ein LVDS-Sendeempfänger sein. Jeder Knoten im System **100** kann mit dem Bus **106** wechselstromgekoppelt sein, und Datensignale können auf dem Bus **106** (z.B. über den Upstream-Sendeempfänger **122** und/oder den Downstream-Sendeempfänger **124**) unter Verwendung einer vorbestimmten Form von DS (z.B. LVDS oder Mehrpunkt-LVDS (MLVDS) oder ähnlicher Signalisierung) mit entsprechender Codierung zur Bereitstellung von Timinginformationen über den Bus **106** (z.B. Differenz-Manchestercodierung, Biphasenmarkierungscodierung, Manchestercodierung, NRZI-Codierung (Non-Return-To-Zero, Inverted) mit Lauflängenbeschränkung oder einer beliebigen anderen geeigneten Codierung) übermittelt werden. Bei einigen Ausführungsformen kann der Bus **106** durch ein Koaxialkabel bereitgestellt werden, und die Upstream- und Downstream-Signale können asymmetrische Signale sein, die das Koaxialkabel ansteuern.

[0054] Der Upstream-Sendeempfänger **122** und der Downstream-Sendeempfänger **124** können mit den Busprotokollschaltkreisen **126** kommunizieren, und die Busprotokollschaltkreise **126** können neben anderen Komponenten mit einem Phasenregelkreis (PLL) **128** und Spannungsreglerschaltkreisen **130** kommunizieren. Wenn der Knoten-Sendeempfänger **120** heraufgefahren wird, können die Spannungsreglerschaltkreise **130** ein Signal „Stromversorgung gut“ setzen, das vom PLL **128** als ein Einschalt rücksetzen verwendet wird.

[0055] Wie oben erwähnt, kann bzw. können einer oder mehrere der Slave-Knoten **104** im System **100** Stromversorgung erhalten, die gleichzeitig mit Daten über dem Bus **106** übertragen wird. Zur Stromversorgungsver-

teilung (die optional ist, da einige der Slave-Knoten **104** dafür ausgelegt sein können, dass ihnen ausschließlich lokale Stromversorgung zugeführt wird), kann der Master-Knoten **102** ein Gleichstrombias auf die Busverbindung zwischen dem Masterknoten **102** und dem Slave-Knoten 0 legen (z.B. durch Verbinden eines der Downstream-Anschlüsse mit einer durch einen Spannungsregler bereitgestellten Spannungsquelle und des anderen Downstream-Anschlusses mit Masse). Das Gleichstrombias kann eine vorbestimmte Spannung sein, wie etwa 5 V, 8 V, die Spannung einer Autobatterie oder eine höhere Spannung. Jeder sukzessive Slave-Knoten **104** kann seine Upstream-Busverbindung selektiv anzapfen, um (z.B. unter Verwendung der Spannungsreglerschaltkreise **130**) Stromversorgung wiederzugewinnen. Mit dieser Stromversorgung kann man den Slave-Knoten **104** selbst (und gegebenenfalls eine oder mehrere mit dem Slave-Knoten **104** gekoppelte Peripherievorrichtungen **108**) mit Strom versorgen. Ein Slave-Knoten **104** kann auch selektiv die Busverbindung downstream für den nächsten Slave-Knoten **104** in der Reihe entweder mit der wiedergewonnenen Stromversorgung aus der Upstream-Busverbindung oder aus einer lokalen Stromversorgung vorspannen. Zum Beispiel kann der Slave-Knoten 0 das Gleichstrombias auf der Upstream-Busverbindung **106** verwenden, um Stromversorgung für den Slave-Knoten 0 selbst und/oder für eine oder mehrere zugeordnete Peripherievorrichtungen **108** wiederzugewinnen und/oder der Slave-Knoten 0 kann Stromversorgung aus seiner Upstream-Busverbindung **106** wiedergewinnen, um seine Downstream-Busverbindung **106** vorzuspannen.

[0056] Bei einigen Ausführungsformen kann somit jeder Knoten im System **100** dem folgenden Downstream-Knoten über eine Downstream-Busverbindung Stromversorgung zuführen. Die Stromversorgung von Knoten kann auf sequenzierte Weise durchgeführt werden. Nach dem Entdecken und Konfigurieren des Slave-Knotens 0 über den Bus **106** kann der Master-Knoten **102** zum Beispiel den Slave-Knoten 0 anweisen, seiner Downstream-Busverbindung **106** Stromversorgung zuzuführen, um den Slave-Knoten 1 mit Strom zu versorgen; nachdem der Slave-Knoten 1 entdeckt und konfiguriert ist, kann der Master-Knoten **102** den Slave-Knoten 1 anweisen, seiner Downstream-Busverbindung **106** Stromversorgung zuzuführen, um dem Slave-Knoten 2 Stromversorgung zuzuführen (und so weiter) für zusätzliche mit dem Bus **106** gekoppelte Slave-Knoten **104**. Bei einigen Ausführungsformen können ein oder mehrere der Slave-Knoten **104** lokal mit Strom versorgt werden, statt aus ihrer Upstream-Busverbindung mit Strom oder zusätzlich dazu versorgt zu werden. Bei einigen solchen Ausführungsformen kann man mit der lokalen Stromquelle für einen gegebenen Slave-Knoten **104** einen oder mehrere Downstream-Slave-Knoten mit Strom versorgen.

[0057] Bei einigen Ausführungsformen können Upstream-Filterungsschaltkreise **132** zwischen dem Upstream-Sendeempfänger **122** und den Spannungsreglerschaltkreisen **130** angeordnet sein, und Downstream-Filterungsschaltkreise **131** können zwischen dem Downstream-Sendeempfänger **124** und den Spannungsreglerschaltkreisen **130** angeordnet sein. Da jede Verbindung des Busses **106** Wechselstrom-(Signal-) und Gleichstrom-(Stromversorgungs-)Komponenten führen kann, können die Upstream-Filterungsschaltkreise **132** und die Downstream-Filterungsschaltkreise **131** die Wechselstrom- und Gleichstromkomponenten trennen, die Wechselstromkomponenten dem Upstream-Sendeempfänger **122** und dem Downstream-Sendeempfänger **124** zuführen und die Gleichstromkomponenten dem Spannungsregler **130** zuführen. Wechselstromkopplungen auf der Leitungsseite des Upstream-Sendeempfängers **122** und Downstream-Sendeempfängers **124** isolieren im Wesentlichen die Sendempfangs **122** und **124** von der Gleichstromkomponente auf der Leitung, um schnelle bidirektionale Kommunikation zu erlauben. Wie oben besprochen kann die Gleichstromkomponente für Stromversorgung angezapft werden und die Upstream-Filterungsschaltkreise **132** und die Downstream-Filterungsschaltkreise **131** können zum Beispiel ein Ferrit, eine Gleichtaktdrossel oder eine Induktivität umfassen, um die den Spannungsreglerschaltkreisen **130** zugeführte Wechselstromkomponente zu verringern. Bei einigen Ausführungsformen können die Upstream-Filterungsschaltkreise **132** in dem Upstream-Sendeempfänger **122** enthalten sein, und/oder die Downstream-Filterungsschaltkreise **131** können in dem Downstream-Sendeempfänger **124** enthalten sein; bei anderen Ausführungsformen können sich die Filterungsschaltkreise außerhalb der Sendempfangs **122** und **124** befinden. Rückstrom kann von den Upstream-Filterungsschaltkreisen **122** und den Downstream-Filterungsschaltkreisen **131** durch einen VSSN-Anschluss bereitgestellt werden, der durch den Knoten-Sendeempfänger **120** hindurch an VSS (z.B. Masse) angeschlossen sein kann. Die Upstream-Filterungsschaltkreise **132** und die Downstream-Filterungsschaltkreise **131** können Gleichspannungsanschlüsse sowohl zur Stromverbindung als auch Rückstromverbindung umfassen.

[0058] Der Knoten-Sendeempfänger **120** kann einen Sendempfangs **127** für I2S-, TDM- und PDM-Kommunikation zwischen dem Knoten-Sendeempfänger **120** und einer externen Vorrichtung **155** umfassen. Obwohl die „externe Vorrichtung **155**“ hier im Singular erwähnt werden kann, ist dies einfach zur leichteren Darstellung, und es können mehrere externe Vorrichtungen über den I2S/TDM/PDM-Sendeempfänger **127** mit dem Knoten-Sendeempfänger **120** kommunizieren. Wie in der Technik bekannt ist, dient das I2S-Protokoll zum Führen von pulscodemodulierten bzw. PCM-Informationen (z.B. zwischen Audiochips auf einer Leiterplatte). Im vorliegenden Gebrauch kann sich „I2S/TDM“ auf eine Erweiterung des I2S-Stereo-(Zweikanal-)Inhalts auf mehrere

Kanäle unter Verwendung von TDM beziehen. Wie in der Technik bekannt ist, kann PDM in Sigma-Delta-Umsetzern verwendet werden, und insbesondere kann das PDM-Format ein überabgetastetes 1-Bit-Sigma-Delta-ADC-Signal vor Dezimierung repräsentieren. Das PDM-Format wird oft als das Ausgabeformat für digitale Mikrofone verwendet. Der I2S/TDM/PDM-Sendeempfänger **127** kann sich mit den Busprotokollschaltkreisen **126** und Pins zur Kommunikation mit der externen Vorrichtung **155** in Kommunikation befinden. In **Fig. 2** sind sechs Pins BCLK, SYNC, DTX[1:0] und DRX[1:0] dargestellt; der BCLK-Pin kann für einen I2S-Bit-Takt verwendet werden, der SYNC-Pin kann für ein I2S-Rahmensynchronisationssignal verwendet werden und die Pins DTX [1:0] und DRX[1:0] werden zum Senden bzw. Empfangen von Datenkanälen verwendet. Obwohl in **Fig. 2** zwei Sendepins (DTX[1:0]) und zwei Empfangspins (DRX[1:0]) dargestellt sind, kann eine beliebige gewünschte Anzahl von Empfangs- und/oder Sendepins verwendet werden.

[0059] Wenn der Knoten-Sendeempfänger **120** im Master-Knoten **102** enthalten ist, kann die externe Vorrichtung **155** den Host **110** umfassen und der I2S/TDM/PDM-Sendeempfänger **127** kann (hinsichtlich BCLK und SYNC) einen I2S-Slave bereitstellen, der Daten vom Host **110** empfangen und Daten synchron mit einem I2S-Schnittstellentakt des Hosts **110** zu dem Host **110** senden kann. Insbesondere kann ein I2S-Rahmensynchronisationssignal am SYNC-Pin als Eingabe vom Host **110** empfangen werden, und der PLL **128** kann mit diesem Signal Takte erzeugen. Wenn der Knoten-Sendeempfänger **120** in einem Slave-Knoten **104** enthalten ist, kann die externe Vorrichtung **155** eine oder mehrere Peripherievorrichtungen **108** umfassen und der I2S/TDM/PDM-Sendeempfänger **127** kann einen I2S-Taktmaster (für BCLK und SYNC) bereitstellen, der I2S-Kommunikation mit der Peripherievorrichtung **108** steuern kann. Insbesondere kann der I2S/TDM/PDM-Sendeempfänger **127** ein I2S-Rahmensynchronisationssignal am SYNC-Pin als Ausgabe bereitstellen. Register in dem Knoten-Sendeempfänger **120** können bestimmen, welche und wie viele I2S/TDM-Kanäle als Datenslitze über dem Bus **106** gesendet werden. Ein Register für den TDM-Modus (TDMMODE) im Knoten-Sendeempfänger **120** kann einen Wert speichern, wie viele TDM-Kanäle zwischen aufeinanderfolgende SYNC-Impulse auf einem TDM-Sende- oder -Empfangspin passen. Zusammen mit Kenntnis der Kanalgröße kann der Knoten-Sendeempfänger **120** automatisch die BCLK-Rate setzen, um auf die Menge an Bit in der Abtastzeit (z.B. 48 kHz) zu passen.

[0060] Der Knoten-Sendeempfänger **120** kann einen Sendempfeänger **129** für I2C-Kommunikation zwischen dem Knoten-Sendeempfänger **120** und einer externen Vorrichtung **157** umfassen. Obwohl die „externe Vorrichtung **157**“ hier im Singular erwähnt werden kann, dient dies lediglich zur leichteren Darstellung, und es können mehrere externe Vorrichtungen über den I2C-Sendeempfänger **129** mit dem Knoten-Sendeempfänger **120** kommunizieren. Wie in der Technik bekannt ist, verwendet das I2C-Protokoll Takt-(SCL-) und Daten-(SDA-)Leitungen zur Bereitstellung von Datentransfer. Der I2C-Sendeempfänger **129** kann sich mit den Busprotokollschaltkreisen **126** und Pins zur Kommunikation mit der externen Vorrichtung **157** in Kommunikation befinden. In **Fig. 2** sind vier Pins ADR1, ADR2, SDA und SCL dargestellt; ADR1 und ADR2 können zum Modifizieren der I2C-Adressen verwendet werden, die der Knoten-Sendeempfänger **120** verwendet, wenn der Knoten-Sendeempfänger **120** als I2C-Slave handelt (z.B. wenn er im Master-Knoten **102** enthalten ist), und SDA und SCL werden für die seriellen Daten- bzw. seriellen Taktsignale von I2C verwendet. Wenn der Knoten-Sendeempfänger **120** im Master-Knoten **102** enthalten ist, kann die externe Vorrichtung **157** den Host **110** umfassen, und der I2C-Sendeempfänger **129** kann einen I2C-Slave bereitstellen, der Programmieranweisungen vom Host **110** empfangen kann. Insbesondere kann ein serielles I2C-Taktsignal am SCL-Pin als Eingabe vom Host **110** für Registerzugriffe empfangen werden. Wenn der Knoten-Sendeempfänger **120** in einem Slave-Knoten **104** enthalten ist, kann die externe Vorrichtung **157** eine Peripherievorrichtung **108** umfassen, und der I2C-Sendeempfänger **129** kann einen I2C-Master bereitstellen, um es dem I2C-Sendeempfänger zu erlauben, eine oder mehrere Peripherievorrichtungen gemäß Anweisungen zu programmieren, die durch den Host **110** bereitgestellt und über den Bus **106** zum Knoten-Senderempfänger **120** gesendet werden. Insbesondere kann der I2C-Sendeempfänger **129** das serielle I2C-Taktsignal am SCL-Pin als Ausgabe bereitstellen.

[0061] Der Knoten-Sendeempfänger **120** kann einen Interrupt-Anforderungs- bzw. IRQ-Pin in Kommunikation mit den Busprotokollschaltkreisen **126** umfassen. Wenn der Knoten-Sendeempfänger **120** über den I2C-Sendeempfänger **129** in dem Master-Knoten **102** enthalten ist, können die Busprotokollschaltkreise **126** über den IRQ-Pin ereignisgesteuerte Interrupt-Anforderungen in Richtung des Hosts **110** bereitstellen. Wenn der Knoten-Sendeempfänger **120** in einem Slave-Knoten **104** enthalten ist (z.B. wenn der MSTR-Pin niedrig ist), kann der IRQ-Pin als GPIO-Pin mit Interrupt-Anforderungsfähigkeit dienen.

[0062] Das System **100** kann in einem beliebigen einer Anzahl verschiedener Betriebsmodi arbeiten. Die Knoten auf dem Bus **106** können jeweils ein Register aufweisen, das angibt, welcher Betriebsmodus gerade freigegeben ist. Es folgen Beschreibungen von Beispielen für verschiedene Betriebsmodi, die implementiert werden können. In einem Standby-Betriebsmodus wird Busaktivität verringert, um globale Stromersparnisse zu ermöglichen; der einzige erforderliche Verkehr ist eine minimale Downstream-Präambel zum Synchronisiert-

halten der PLL jedes Knotens (z.B. des PLL **128**). Im Standby-Betriebsmodus werden Lese- und Schreibvorgänge über den Bus **106** nicht unterstützt. In einem Entdeckungs-Betriebsmodus kann der Master-Knoten **102** vorbestimmte Signale auf dem Bus **106** aussenden und auf geeignete Antworten warten, um die Topologie der auf dem Bus **106** verteilten Slave-Knoten **104** zu kartieren. In einem normalen Betriebsmodus kann voller Registerzugriff zu und von den Slave-Knoten **104** sowie Zugriff zu und von Peripherievorrichtungen **108** über den Bus **106** verfügbar sein. Der Normalmodus kann global durch den Host **110** mit oder ohne synchrone Upstream-Daten und mit oder ohne synchrone Downstream-Daten konfiguriert werden.

[0063] Fig. 3 ist eine Darstellung eines Teils eines Synchronisationssteuerrahmens **180**, der zur Kommunikation im System **100** verwendet wird, gemäß verschiedenen Ausführungsformen. Insbesondere kann der Synchronisationssteuerrahmen **180** wie nachfolgend besprochen zur Datentaktwiedergewinnung und PLL-Synchronisation verwendet werden. Da Kommunikation über den Bus **106** in beiden Richtungen stattfinden kann, kann wie oben erwähnt Kommunikation zeitlich zu Downstream-Teilen und Upstream-Teilen gemultiplext werden. In einem Downstream-Teil können ein Synchronisationssteuerrahmen und Downstream-Daten vom Master-Knoten **102** gesendet werden, während in einem Upstream-Teil ein Synchronisationsantwortrahmen und Upstream-Daten von jedem der Slave-Knoten **104** zum Master-Knoten **102** gesendet werden können. Der Synchronisationssteuerrahmen **180** kann eine Präambel **182** und Steuerdaten **184** umfassen. Jeder Slave-Knoten **104** kann dafür ausgelegt sein, die Präambel **182** des empfangenen Synchronisationssteuerrahmens **180** als Zeitbasis zum Speisen des PLL **128** zu verwenden. Um dies zu ermöglichen, folgt eine Präambel **182** nicht den „Regeln“ gültiger Steuerdaten **184** und kann somit ohne Weiteres von den Steuerdaten **184** unterschieden werden.

[0064] Zum Beispiel kann bei einigen Ausführungsformen Kommunikation auf dem Bus **106** unter Verwendung eines differentiellen Manchester-Codierungsschemas des Typs Takt zuerst, Übergang an null codiert werden. Gemäß einem solchen Codierungsschema beginnt jede Bitzeit mit einem Taktübergang. Wenn der Datenwert null ist, geht das codierte Signal in der Mitte der Bitzeit wieder über. Wenn der Datenwert eins ist, geht das codierte Signal nicht wieder über. Die in Fig. 5 dargestellte Präambel **182** kann gegen das Codierungsprotokoll verstoßen (z.B. indem es Taktübergänge aufweist, die nicht am Anfang der Bitzeiten 5, 7 und 8 auftreten), was bedeutet, dass die Präambel **182** mit keinem legalen (z.B. korrekt codierten) Muster für die Steuerdaten **184** übereinstimmen kann. Außerdem kann die Präambel **182** nicht reproduziert werden, indem ein legales Muster der Steuerdaten **184** genommen und der Bus **106** für eine Einzelbitzeit- oder für eine Mehrfachbitzeitdauer auf hoch oder niedrig gezwungen wird. Die in Fig. 5 dargestellte Präambel **182** ist lediglich beispielhaft, und der Synchronisationssteuerrahmen **180** kann andere Präambeln **182** umfassen, die auf eine beliebige geeignete Weise gegen die durch die Steuerdaten **184** verwendete Codierung verstoßen können.

[0065] Die Busprotokollschaltkreise **126** können Differenz-Manchester-Decodiererschaltkreise umfassen, die auf einem von dem Bus **106** wiedergewonnenen Takt laufen und die den Synchronisationssteuerrahmen **180** detektieren, um einen Rahmen-SYNC-Indikator zum PLL **128** zu senden. Auf diese Weise kann der Synchronisationssteuerrahmen **180** detektiert werden, ohne einen Systemtakt oder einen schnelleren Überabtastungstakt zu verwenden. Folglich können die Slave-Knoten **104** ein PLL-Synchronisationssignal vom Bus **106** empfangen, ohne eine Kristall-Taktquelle an den Slave-Knoten **104** zu erfordern.

[0066] Wie bereits erwähnt, kann Kommunikation auf dem Bus **106** in periodischen Superrahmen auftreten. Fig. 4 ist eine Darstellung eines Superrahmens **190** gemäß verschiedenen Ausführungsformen. Wie in Fig. 6 gezeigt, kann ein Superrahmen mit einem Synchronisationssteuerrahmen **180** beginnen. Wenn der Synchronisationssteuerrahmen **180** als Timingquelle für den PLL **128** verwendet wird, kann die Frequenz, mit der Superrahmen übermittelt werden („die Superrahmenfrequenz“) dieselbe wie die Synchronisationssignalfrequenz sein. Bei einigen Ausführungsformen, bei denen Audiodaten auf dem Bus **106** übertragen werden, kann die Superrahmenfrequenz dieselbe wie die in dem System **100** verwendete Audioabtastfrequenz sein (z.B. entweder 48 kHz oder 44,1 kHz), es kann aber jede beliebige geeignete Superrahmenfrequenz verwendet werden. Jeder Superrahmen **190** kann in Perioden der Downstream-Übertragung **192**, Perioden der Upstream-Übertragung **194** und Perioden mit keiner Übertragung **196** (z.B. wenn der Bus **106** nicht angesteuert wird) aufgeteilt werden.

[0067] In Fig. 4 ist der Superrahmen **190** mit einer anfänglichen Periode der Downstream-Übertragung **192** und einer späteren Periode der Upstream-Übertragung **194** gezeigt. Die Periode der Downstream-Übertragung **192** kann einen Synchronisationssteuerrahmen **180** und X Downstream-Datenschlitze **198** umfassen, wobei X null sein kann. Im Wesentlichen alle Signale auf dem Bus **106** können leitungs codiert sein, und ein Synchronisationssignal, das Downstream vom Master-Knoten **102** zu dem letzten Slave-Knoten **104** (z.B. dem Slave-Knoten **104C**) in Form der Synchronisationspräambel **182** in dem Synchronisationssteuerrahmen **180** weiter-

geleitet wird, wie oben besprochen. Downstream können synchrone TDM-Daten in den X Downstream-Datenschlitzen **198** nach dem Synchronisationssteuerrahmen **180** enthalten sein. Die Downstream-Datenschlitze **198** können gleiche Breite aufweisen. Wie oben besprochen, kann der PLL **128** den Takt, den ein Knoten zum Timen von Kommunikation über den Bus **106** verwendet, bereitstellen. Bei einigen Ausführungsformen, bei denen der Bus **106** zum Übertragen von Audiodaten verwendet wird, kann der PLL **128** mit einem Vielfachen der Audioabstastfrequenz arbeiten (z.B. 1024 Mal die Audioabstastfrequenz, was zu 1024-Bit-Takten in jedem Superrahmen führt).

[0068] Die Periode der Upstream-Übertragung **194** kann einen Synchronisationsantwortrahmen **197** und Y Upstream-Datenschlitze **199** umfassen, wobei Y null sein kann. Bei einigen Ausführungsformen kann jeder Slave-Knoten **104** einen Teil der Downstream-Datenschlitze **198** verbrauchen. Der letzte Slave-Knoten (z.B. der Slave-Knoten 2 in **Fig. 1**) kann (nach einer in einem Register des letzten Slave-Knotens gespeicherten vorbestimmten Antwortzeit) mit einem Synchronisationsantwortrahmen **197** antworten. Upstream können synchrone TDM-Daten durch jeden Slave-Knoten **104** in den Upstream-Datenschlitzen **199** direkt nach dem Synchronisationsantwortrahmen **197** hinzugefügt werden. Die Upstream-Datenschlitze **199** können gleiche Breite aufweisen. Ein Slave-Knoten **104**, der nicht der letzte Slave-Knoten ist (z.B. die Slave-Knoten 0 und 1 in **Fig. 1**), kann den empfangenen Synchronisationsantwortrahmen **197** mit seiner eigenen Upstream-Antwort ersetzen, wenn ein Lesen eines seiner Register in dem Synchronisationssteuerrahmen **180** des Superrahmens **190** angefordert wurde oder wenn ein Fern-I2C-Lesen in dem Synchronisationssteuerrahmen **180** des Superrahmens **190** angefordert wurde.

[0069] Der Synchronisationssteuerrahmen **180** kann wie oben besprochen jede Downstream-Übertragung beginnen. Bei einigen Ausführungsformen kann der Synchronisationssteuerrahmen **180** 64 Bit lang sein, es kann aber eine beliebige andere geeignete Länge verwendet werden. Der Synchronisationssteuerrahmen **180** kann wie oben erwähnt mit der Präambel **182** beginnen. Bei einigen Ausführungsformen kann, wenn der Synchronisationssteuerrahmen **180** durch einen Slave-Knoten **104** zu einem Downstream-Slave-Knoten **104** weiter gesendet wird, die Präambel **182** durch den sendenden Slave-Knoten **104** erzeugt werden, statt wieder gesendet zu werden.

[0070] Die Steuerdaten **184** des Synchronisationssteuerrahmens **180** können Felder umfassen, die zum Steuern von Transaktionen über den Bus **106** verwendete Daten enthalten. Beispiele für diese Felder werden nachfolgend besprochen, und einige Ausführungsformen sind in **Fig. 5** dargestellt. Insbesondere zeigt **Fig. 5** beispielhafte Formate für den Synchronisationssteuerrahmen **180** im Normalmodus, I2C-Modus und Entdeckungs-Modus gemäß verschiedenen Ausführungsformen. Bei einigen Ausführungsformen können im Standby-Modus eine völlig andere Präambel **182** oder ein völlig anderer Synchronisationssteuerrahmen **180** verwendet werden, so dass die Slave-Knoten **104** den gesamten Synchronisationssteuerrahmen **180** erst dann empfangen müssen, wenn ein Übergang zum Normalmodus gesendet wird.

[0071] Bei einigen Ausführungsformen kann der Synchronisationssteuerrahmen **180** ein Zähl- bzw. CNT-Feld umfassen. Das CNT-Feld kann eine beliebige geeignete Länge aufweisen (z.B. 2 Bit) und kann (modulo der Länge des Feldes) von dem in dem vorherigen Superrahmen verwendeten Wert aus inkrementiert werden. Ein Slave-Knoten **104**, der einen CNT-Wert empfängt, der nicht erwartet wird, kann dafür programmiert sein, ein Interrupt zurückzugeben.

[0072] Bei einigen Ausführungsformen kann der Synchronisationssteuerrahmen **180** ein Knotenadressierungsmodus- bzw. NAM-Feld umfassen. Das NAM-Feld kann eine beliebige geeignete Länge (z.B. 2 Bit) aufweisen und kann zum Steuern des Zugriffs auf Register eines Slave-Knotens **104** über den Bus **106** verwendet werden. Im Normalmodus können Register eines Slave-Knotens **104** auf der Basis der ID des Slave-Knotens **104** und der Adresse des Registers gelesen und/oder beschrieben werden. Broadcast-Transaktionen sind Schreibvorgänge, die durch jeden Slave-Knoten **104** genommen werden sollten. Bei einigen Ausführungsformen kann das NAM-Feld vier Knotenadressierungsmodi bereitstellen, darunter „keine“ (z.B. Daten an keinen konkreten Slave-Knoten **104** adressiert), „normal“ (z.B. Daten-Unicast an einen spezifischen Slave-Knoten **104**, der in dem nachfolgend besprochenen Adressenfeld spezifiziert wird), „Broadcast“ (z.B. an alle Slave-Knoten **104** adressiert) und „Entdeckung“.

[0073] Bei einigen Ausführungsformen kann der Synchronisationssteuerrahmen **180** ein I2C-Feld umfassen. Das I2C-Feld kann eine beliebige geeignete Länge aufweisen (z.B. 1 Bit) und kann zur Angabe verwendet werden, dass die Periode der Downstream-Übertragung **192** eine I2C-Transaktion umfasst. Das I2C-Feld kann angeben, dass der Host **110** Anweisungen gegeben hat, aus der Ferne auf eine Peripherievorrichtung **108** zuzugreifen, die mit Bezug auf einen zugeordneten Slave-Knoten **104** als ein I2C-Slave wirkt.

[0074] Bei einigen Ausführungsformen kann der Synchronisationssteuerrahmen **180** ein Knotenfeld umfassen. Das Knotenfeld kann eine beliebige geeignete Länge aufweisen (z.B. 4 Bit) und kann zur Angabe verwendet werden, welcher Slave-Knoten für normale und I2C-Zugriffe adressiert wird. Im Entdeckungsmodus kann mit diesem Feld eine Kennung für einen neu entdeckten Slave-Knoten **104** in einem Knoten-ID-Register des Slave-Knotens **104** programmiert werden. Jeder Slave-Knoten **104** im System **100** kann eine eindeutige ID zugewiesen bekommen, wenn der Slave-Knoten **104** durch den Master-Knoten **102** entdeckt wird, wie nachfolgend besprochen. Bei einigen Ausführungsformen hat der Master-Knoten **102** keine Knoten-ID, während der Master-Knoten **102** bei anderen Ausführungsformen eine Knoten-ID aufweisen kann. Bei einigen Ausführungsformen ist der an den Master-Knoten **102** auf dem Bus **106** angeschlossene Slave-Knoten **104** (z.B. der Slave-Knoten 0 in Fig. 1) der Slave-Knoten 0 und jeder sukzessive Slave-Knoten **104** hat eine Nummer, die um 1 größer als beim vorherigen Slave-Knoten ist. Dies ist jedoch lediglich beispielhaft, und es kann ein beliebiges geeignetes Slave-Knoten-Identifikationssystem verwendet werden.

[0075] Bei einigen Ausführungsformen kann der Synchronisationssteuerrahmen **180** ein Lese-/Schreib- bzw. RW-Feld umfassen. Das RW-Feld kann eine beliebige geeignete Länge aufweisen (z.B. 1 Bit) und kann verwendet werden, um zu steuern, ob normale Zugriffe Lesevorgänge (z.B. RW=1) oder Schreibvorgänge (z.B. RW=0) sind.

[0076] Bei einigen Ausführungsformen kann der Synchronisationssteuerrahmen **180** ein Adressenfeld umfassen. Das Adressenfeld kann eine beliebige geeignete Länge aufweisen (z.B. 8 Bit) und kann zur Adressierung spezifischer Register eines Slave-Knotens **104** durch den Bus **106** verwendet werden. Für I2C-Transaktionen kann das Adressenfeld mit I2C-Steuerwerten, wie etwa START/STOP, WAIT, RW und DATA VLD, ersetzt werden. Für Entdeckungs-Transaktionen kann das Adressenfeld einen vorbestimmten Wert aufweisen (z.B. wie in Fig. 5 dargestellt).

[0077] Bei einigen Ausführungsformen kann der Synchronisationssteuerrahmen **180** ein Datenfeld umfassen. Das Datenfeld kann eine beliebige geeignete Länge aufweisen (z.B. 8 Bit) und kann für normale, I2C- und Broadcast-Schreibvorgänge verwendet werden. Der RESPCYCS-Wert, multipliziert mit 4, kann verwendet werden, um zu bestimmen, wie viele Zyklen eines neu entdeckten Knotens zwischen dem Start des Empfangs des Synchronisationssteuerrahmens **180** und dem Start des Sendens des Synchronisationsantwortrahmens **197** vergehen gelassen werden sollten. Wenn das NAM-Feld Entdeckungsmodus angibt, können die Knotenadressen- und Datenfelder, die nachfolgend besprochen werden, als ein RESPCYCS-Wert codiert werden, der, wenn er mit einem geeigneten optionalen Multiplikator (z.B. 4) multipliziert wird, die Zeit in Bit vom Ende des Synchronisationssteuerrahmens **180** zum Start des Synchronisationsantwortrahmens **197** angeibt. Dadurch kann ein neu entdeckter Slave-Knoten **104** den richtigen Zeitschlitz für Upstream-Übertragung bestimmen.

[0078] Bei einigen Ausführungsformen kann der Synchronisationssteuerrahmen **180** ein Feld für zyklische Redundanzprüfung (CRC) umfassen. Das CRC-Feld kann eine beliebige geeignete Länge aufweisen (z.B. 16 Bit) und kann zum Senden eines CRC-Werts für die Steuerdaten **184** des Synchronisationssteuerrahmens **180** nach der Präambel **182** verwendet werden. Bei einigen Ausführungsformen kann die CRC gemäß dem CCITT-CRC-Fehlerdetektionsschema berechnet werden.

[0079] Bei einigen Ausführungsformen kann mindestens ein Teil des Synchronisationssteuerrahmens **180** zwischen der Präambel **182** und dem CRC-Feld verwürfelt werden, um die Wahrscheinlichkeit zu verringern, dass eine Sequenz von Bit in diesem Intervall periodisch mit der Präambel **182** übereinstimmt (und somit durch den Slave-Knoten **104** als Anfang eines neuen Superrahmens **190** fehlinterpretiert werden kann), und auch um elektromagnetische Emissionen wie oben erwähnt zu verringern. Bei einigen solchen Ausführungsformen kann das CNT-Feld des Synchronisationssteuerrahmens **180** von Verwüfelungslogik verwendet werden, um sicherzustellen, dass die verwürfelten Felder von einem Superrahmen zum nächsten verschieden verwürfelt werden. Verschiedene Ausführungsformen des hier beschriebenen Systems **100** können das Verwüfeln weglassen.

[0080] Es können andere Techniken verwendet werden, um sicherzustellen, dass die Präambel **182** eindeutig durch die Slave-Knoten **104** identifiziert werden kann, oder um die Wahrscheinlichkeit zu verringern, dass die Präambel **182** an einer anderen Stelle in dem Synchronisationssteuerrahmen **180** auftraucht, zusätzlich zu oder anstelle von Techniken wie Verwüfelung und/oder Fehlercodierung wie oben besprochen. Zum Beispiel kann eine längere Synchronisationssequenz verwendet werden, um so die Wahrscheinlichkeit zu verringern, dass eine bestimmte Codierung des Rests des Synchronisationssteuerrahmens **180** mit ihr übereinstimmt. Zusätzlich oder als Alternative kann der Rest des Synchronisationssteuerrahmens so strukturiert werden, dass

die Synchronisationssequenz nicht auftreten kann, wie etwa durch Platzieren von festen „0“- oder „1“-Werten an geeigneten Bit.

[0081] Der Master-Knoten **102** kann Lese- und Schreibanforderungen zu den Slave-Knoten **104** senden, darunter sowohl für Kommunikation auf dem Bus **106** spezifische Anforderungen als auch I2C-Anforderungen. Zum Beispiel kann der Master-Knoten **102** Lese- und Schreibanforderungen (die unter Verwendung des RW-Felds angegeben werden) (unter Verwendung der NAM- und Knotenfelder) zu einem oder mehreren designierten Slave-Knoten **104** senden und kann angeben, ob die Anforderung eine für den Bus **106** spezifische Anforderung für den Slave-Knoten **104**, eine I2C-Anforderung für den Slave-Knoten **104** oder eine I2C-Anforderung ist, die zu einer mit dem Slave-Knoten **104** an einem oder mehreren I2C-Ports des Slave-Knotens **104** gekoppelten I2C-kompatiblen Peripherievorrichtung **108** weiterzuleiten ist.

[0082] Nunmehr mit Bezug auf Upstream-Kommunikation kann der Synchronisationsantwortrahmen **197** jede Upstream-Übertragung beginnen. Bei einigen Ausführungsformen kann der Synchronisationsantwortrahmen **197** eine Länge von **64** Bit aufweisen, es kann aber eine beliebige andere geeignete Länge verwendet werden. Der Synchronisationsantwortrahmen **197** kann auch eine Präambel umfassen, wie oben mit Bezug auf die Präambel **182** des Synchronisationssteuerrahmens **180** besprochen, gefolgt von einem Datenteil. Am Ende einer Downstream-Übertragung kann der letzte Slave-Knoten **104** auf dem Bus **106** warten, bis der RESP-CYCS-Zähler abgelaufen ist, und dann mit dem Übertragen eines Synchronisationsantwortrahmens **197** upstream beginnen. Wenn ein Upstream-Slave-Knoten **104** das Ziel einer normalen Lese- oder Schreibtransaktion geworden ist, kann ein Slave-Knoten **104** seinen eigenen Synchronisationsantwortrahmen **197** erzeugen und den von downstream empfangenen ersetzen. Wenn irgendein Slave-Knoten **104** zum erwarteten Zeitpunkt keinen Synchronisationsantwortrahmen **197** von einem Downstream-Slave-Knoten **104** sieht, erzeugt der Slave-Knoten **104** seinen eigenen Synchronisationsantwortrahmen **197** und beginnt, ihn upstream zu senden.

[0083] Der Datenteil des Synchronisationsantwortrahmens **197** kann Felder umfassen, die Daten enthalten, mit denen Antwortinformationen zum Master-Knoten **102** zurückübermittelt werden. Beispiele für diese Felder werden nachfolgend besprochen, und in **Fig. 6** sind einige Ausführungsformen dargestellt. Insbesondere zeigt **Fig. 6** beispielhafte Formate für den Synchronisationsantwortrahmen **197** im Normalmodus, I2C-Modus und Entdeckungsmodus gemäß verschiedenen Ausführungsformen.

[0084] Bei einigen Ausführungsformen kann der Synchronisationsantwortrahmen **197** ein Zähl- bzw. CNT-Feld umfassen. Das CNT-Feld kann eine beliebige geeignete Länge aufweisen (z.B. 2 Bit) und kann zum Übertragen des Werts des CNT-Felds in dem zuvor empfangenen Synchronisationssteuerrahmen **180** verwendet werden.

[0085] Bei einigen Ausführungsformen kann der Synchronisationsantwortrahmen **197** ein Bestätigungs- bzw. ACK-Feld umfassen. Das ACK-Feld kann eine beliebige geeignete Länge aufweisen (z.B. 2 Bit) und kann durch einen Slave-Knoten **104** eingefügt werden, um einen in dem vorherigen Synchronisationssteuerrahmen **180** empfangenen Befehl zu bestätigen, wenn dieser Slave-Knoten **104** den Synchronisationsantwortrahmen **197** erzeugt. Beispielhafte Indikatoren, die im ACK-Feld übermittelt werden können, wären Warten, Bestätigen, Nichtbestätigen (NACK) und Neuversuch. Bei einigen Ausführungsformen kann das ACK-Feld für Übertragung einer Bestätigung durch einen Slave-Knoten **104** bemessen werden, dass er eine Broadcast-Nachricht empfangen und verarbeitet hat (indem z.B. eine Broadcast-Bestätigung zum Master-Knoten **102** gesendet wird). Bei einigen Ausführungsformen kann ein Slave-Knoten **104** auch angeben, ob der Slave-Knoten **104** Daten zu senden hat (was zum Beispiel für bedarfsgesteuerte Upstream-Übertragungen verwendet werden könnte, wie etwa Nicht-TDM-Eingaben von einem Tastenfeld oder Touchscreen oder für priorisierte Upstream-Übertragung, wie etwa wenn der Slave-Knoten **104** einen Fehler oder Notfallzustand melden möchte).

[0086] Bei einigen Ausführungsformen kann der Synchronisationsantwortrahmen **197** ein I2C-Feld umfassen. Das I2C-Feld kann eine beliebige geeignete Länge aufweisen (z.B. 1 Bit) und kann zum Senden des Werts des I2C-Felds in dem zuvor empfangenen Synchronisationssteuerrahmen **180** verwendet werden.

[0087] Bei einigen Ausführungsformen kann der Synchronisationsantwortrahmen **197** ein Knotenfeld umfassen. Das Knotenfeld kann eine beliebige geeignete Länge aufweisen (z.B. 4 Bit) und kann zum Senden der ID des Slave-Knotens **104** verwendet werden, der den Synchronisationsantwortrahmen **197** erzeugt.

[0088] Bei einigen Ausführungsformen kann der Synchronisationsantwortrahmen **197** ein Datenfeld umfassen. Das Datenfeld kann eine beliebige geeignete Länge aufweisen (z.B. 8 Bit), und sein Wert kann von der Art von Transaktion und der ACK-Antwort des Slave-Knotens **104** abhängen, der den Synchronisationsant-

wortrahmen **197** erzeugt. Für Entdeckungstransaktionen kann das Datenfeld den Wert des RESPCYCS-Felds in dem zuvor empfangenen Synchronisationssteuerrahmen **180** umfassen. Wenn das ACK-Feld ein NACK angibt oder wenn der Synchronisationsantwortrahmen **197** auf eine Broadcast-Transaktion antwortet, kann das Datenfeld einen Broadcast-Bestätigungs- bzw. BA-Indikator (in dem der letzte Slave-Knoten **104** angeben kann, ob der Broadcast-Schreibvorgang ohne Fehler empfangen wurde), einen Entdeckungsfehler- bzw. DER-Indikator (der angibt, ob ein neu entdeckter Slave-Knoten **104** in einer Entdeckungstransaktion mit einem existierenden Slave-Knoten **104** übereinstimmt) und einen CRC-Fehler- bzw. CER-Indikator (der angibt, ob ein NACK durch einen CRC-Fehler verursacht wurde) umfassen.

[0089] Bei einigen Ausführungsformen kann der Synchronisationsantwortrahmen **197** ein CRC-Feld umfassen. Das CRC-Feld kann eine beliebige geeignete Länge aufweisen (z.B. 16 Bit) und kann zum Senden eines CRC-Werts für den Teil des Synchronisationsantwortrahmens **197** zwischen der Präambel und dem CRC-Feld verwendet werden.

[0090] Bei einigen Ausführungsformen kann der Synchronisationsantwortrahmen **197** ein Interruptanforderungs- bzw. IRQ-Feld umfassen. Das IRQ-Feld kann eine beliebige geeignete Länge aufweisen (z.B. 1 Bit) und kann zur Angabe verwendet werden, dass ein Interrupt von einem Slave-Knoten **104** signalisiert wurde.

[0091] Bei einigen Ausführungsformen kann der Synchronisationsantwortrahmen **197** ein IRQ-Knoten- bzw. IRQNODE-Feld umfassen. Das IRQNODE-Feld kann eine beliebige geeignete Länge aufweisen (z.B. 4 Bit) und kann zum Senden der ID des Slave-Knotens **104**, der das durch das IRQ-Feld präsentierte Interrupt signalisiert hat, verwendet werden. Bei einigen Ausführungsformen fügt der Slave-Knoten **104** zum Erzeugen des IRQ-Felds seine eigene ID in das IRQNODE-Feld ein.

[0092] Bei einigen Ausführungsformen kann der Synchronisationsantwortrahmen **197** ein zweites CRC- bzw. CRC-4-Feld umfassen. Das CRC-4-Feld kann eine beliebige geeignete Länge aufweisen (z.B. 4 Bit) und kann zum Senden eines CRC-Werts für das IRQ- und IRQNODE-Feld verwendet werden.

[0093] Bei einigen Ausführungsformen kann der Synchronisationsantwortrahmen **197** ein IRQ-Feld, ein IRQNODE-Feld und ein CRC-4-Feld als die letzten Bit des Synchronisationsantwortrahmens **197** (z.B. die letzten 10 Bit) umfassen. Wie oben besprochen, können diese Interrupt-bezogenen Felder ihren eigenen CRC-Schutz in Form von CRC-4 aufweisen (und somit nicht durch das vorhergehende CRC-Feld geschützt sein). Jeder Slave-Knoten **104**, der dem Master-Knoten **102** ein Interrupt signalisieren muss, fügt seine Interrupt-Informationen in diese Felder ein. Bei einigen Ausführungsformen kann ein Slave-Knoten **104** mit einem anstehenden Interrupt höhere Priorität als jeder weiter downstream befindliche Slave-Knoten **104** aufweisen, bei dem auch ein Interrupt ansteht. Der letzte Slave-Knoten **104** auf dem Bus **106** (z.B. der Slave-Knoten 2 in **Fig. 1**) kann diese Interrupt-Felder immer auffüllen. Wenn der letzte Slave-Knoten **104** kein Interrupt anstehend hat, kann der letzte Slave-Knoten **104** das IRQ-Bit auf null und das IRQNODE-Feld auf seine Knoten-ID setzen und den korrekten CRC-4-Wert bereitstellen. Der Zweckmäßigkeit halber kann ein Synchronisationsantwortrahmen **197**, der ein Interrupt überträgt, hier als „Interrupt-Rahmen“ bezeichnet werden.

[0094] Bei einigen Ausführungsformen kann mindestens ein Teil des Synchronisationsantwortrahmens **197** zwischen der Präambel **182** und dem CRC-Feld verwürfelt werden, um Emissionen zu verringern. Bei einigen solchen Ausführungsformen kann das CNT-Feld des Synchronisationsantwortrahmens **197** von Verwürfelungslogik verwendet werden, um sicherzustellen, dass die verwürfelten Felder von einem Superrahmen zum nächsten verschieden verwürfelt werden. Verschiedene Ausführungsformen des hier beschriebenen Systems **100** können das Verwürfeln weglassen.

[0095] Es können andere Techniken verwendet werden, um sicherzustellen, dass die Präambel **182** eindeutig durch die Slave-Knoten **104** identifiziert werden kann, oder um die Wahrscheinlichkeit zu verringern, dass die Präambel **182** an einer anderen Stelle in dem Synchronisationsantwortrahmen **197** auftraucht, zusätzlich zu oder anstelle von Techniken wie Verwürfelung und/oder Fehlercodierung wie oben besprochen. Zum Beispiel kann eine längere Synchronisationssequenz verwendet werden, um so die Wahrscheinlichkeit zu verringern, dass eine bestimmte Codierung des Rests des Synchronisationssteuerrahmens **180** mit ihr übereinstimmt. Zusätzlich oder als Alternative kann der Rest des Synchronisationsantwortrahmens so strukturiert werden, dass die Synchronisationssequenz nicht auftreten kann, wie etwa durch Platzieren von festen „0“- oder „1“-Werten an geeigneten Bits.

[0096] **Fig. 7** ist eine Blockdarstellung der Busprotokollschaltkreise **126** von **Fig. 2** gemäß verschiedenen Ausführungsformen. Die Busprotokollschaltkreise **126** können Steuerschaltkreise **154** zur Steuerung des Betriebs

des Knoten-Sendeempfängers **120** gemäß dem hier beschriebenen Protokoll für den Bus **106** umfassen. Insbesondere können die Steuerschaltkreise **154** die Erzeugung von Synchronisationsrahmen zur Übertragung (z.B. Synchronisationssteuerrahmen oder Synchronisationsantwortrahmen wie oben besprochen), der Verarbeitung empfangener Synchronisationsrahmen und der Ausführung von Steueroperationen, die in empfangenen Synchronisationssteuerrahmen spezifiziert werden, steuern. Die Steuerschaltkreise **154** können programmierbare Register umfassen, wie nachfolgend besprochen. Die Steuerschaltkreise **154** können Synchronisationssteuerrahmen erzeugen und empfangen, geeignet auf empfangene Nachrichten (die z.B. einem Synchronisationssteuerrahmen zugeordnet sind, wenn die Busprotokollschaltkreise **126** in einem Slave-Knoten **104** enthalten sind, oder von einer I2C-Vorrichtung, wenn die Busprotokollschaltkreise **126** in einem Master-Knoten **102** enthalten sind) reagieren und das Framing auf die verschiedenen Betriebsmodi (z.B. normal, Entdeckung, Standby usw.) einstellen.

[0097] Wenn der Knoten-Sendeempfänger **120** Daten zur Übertragung auf dem Bus **106** erstellt, können die Präambelschaltkreise **156** dafür ausgelegt sein, Präambeln für Synchronisationsrahmen zur Übertragung zu erzeugen und Präambeln von empfangenen Synchronisationsrahmen zu empfangen. Bei einigen Ausführungsformen kann eine Downstream-Synchronisationssteuerrahmen-Präambel alle 1024 Bit durch den Master-Knoten **102** gesendet werden. Wie oben besprochen, können sich ein oder mehrere Slave-Knoten **104** mit der Downstream-Synchronisationssteuerrahmen-Präambel synchronisieren und aus der Präambel lokale phasensynchronisierte Master-Takte erzeugen.

[0098] Die Schaltkreise **158** zum Einfügen der zyklischen Redundanzprüfung (CRC) können dafür ausgelegt sein, eine oder mehrere CRC für Synchronisationsrahmen zur Übertragung zu erzeugen. Rahmen-/Komprimierschaltkreise **160** können dafür ausgelegt sein, ankommende Daten von dem I2S/TDM/PDM-Sendeempfänger **127** (z.B. von einem dem Sendempfänger **127** zugeordneten Rahmenpuffer) und/oder dem I2C-Sendeempfänger **129** zu nehmen, die Daten gegebenenfalls zu komprimieren und gegebenenfalls Paritätsprüfbits oder Fehlerkorrekturcodes (ECC) für die Daten zu erzeugen. Ein Multiplexer (MUX) **162** kann eine Präambel von den Präambelschaltkreisen **156**, Synchronisationsrahmen und Daten zu einem Stream zur Übertragung multiplexen. Bei einigen Ausführungsformen kann der Übertragungsstream vor der Übertragung durch Verwürfelungsschaltkreise **164** verwürfelt werden.

[0099] Zum Beispiel können bei einigen Ausführungsformen die Rahmen-/Komprimierschaltkreise **160** ein Fließkomma-Komprimierungsschema anwenden. Bei einer solchen Ausführungsform können die Steuerschaltkreise **154** 3 Bit übertragen, um anzugeben, wie viele wiederholte Vorzeichenbit sich in der Zahl befinden, gefolgt von einem Vorzeichenbit und N-4 Datenbit, wobei N die Größe der über den Bus **106** zu übertragenden Daten ist. Die Verwendung von Datenkomprimierung kann, wenn gewünscht, durch den Master-Knoten **102** konfiguriert werden.

[0100] Bei einigen Ausführungsformen kann der in den Knoten-Sendeempfänger **120** eintretende Empfangs-Stream durch die Entwürfelungsschaltkreise **166** entwürfelt werden. Ein Demultiplexer (DEMUX) **168** kann die Präambel, Synchronisationsrahmen und Daten aus dem Empfangs-Stream demultiplexen. CRC-Prüfschaltkreise **159** auf der Empfangsseite können empfangene Synchronisationsrahmen auf die korrekte CRC prüfen. Wenn die CRC-Prüfschaltkreise **159** einen CRC-Fehler in einem ankommenden Synchronisationssteuerrahmen **180** identifizieren, können die Steuerschaltkreise **154** über den Fehler benachrichtigt werden und führen keinerlei Steuerbefehle in den Steuerdaten **184** des Synchronisationssteuerrahmens **180** aus. Wenn die CRC-Prüfschaltkreise **159** einen CRC-Fehler in einem ankommenden Synchronisationsantwortrahmen **197** identifizieren, können die Steuerschaltkreise **154** über den Fehler benachrichtigt werden und können ein Interrupt zur Übertragung zum Host **110** in einem Interrupt-Rahmen erzeugen. Deframe-/Dekomprimierschaltkreise **170** können Empfangsdaten annehmen, gegebenenfalls ihre Parität prüfen, gegebenenfalls Fehlerdetektion und -korrektur (z.B. einzelne Fehlerkorrektur-Doppelfehlerdetektion (SECDED)) durchführen, gegebenenfalls die Daten dekomprimieren und können die Empfangsdaten in den I2S/TDM/PDM-Sendeempfänger **127** (z.B. einen dem Sendempfänger **127** zugeordneten Rahmenpuffer) und/oder den I2C-Sendeempfänger **129** schreiben.

[0101] Wie oben besprochen, können Upstream- und Downstream-Daten auf dem Bus **106** in TDM-Datenschlitzen in einem Superrahmen **190** übertragen werden. Die Steuerschaltkreise **154** können Register umfassen, die der Verwaltung dieser Datenschlitze auf dem Bus **106** gewidmet sind, für die nachfolgend eine Anzahl von Beispielen besprochen wird. Wenn die Steuerschaltkreise **154** in einem Master-Knoten **102** enthalten sind, können die Werte in diesen Registern durch den Host **110** in die Steuerschaltkreise **154** programmiert werden. Wenn die Steuerschaltkreise **154** in einem Slave-Knoten **104** enthalten sind, können die Werte in diesen Registern durch den Master-Knoten **102** in die Steuerschaltkreise **154** programmiert werden.

[0102] Bei einigen Ausführungsformen können die Steuerschaltkreise **154** ein Register für Downstream-Schlitz (DNSLOTS) umfassen. Wenn der Knoten-Sendeempfänger **120** im Master-Knoten **102** enthalten ist, kann dieses Register die Werte der Gesamtzahl von Downstream-Datenschlitzen halten. Dieses Register kann auch die Anzahl der Datenschlitze definieren, die für kombiniertes I2S/TDM/PDM-Empfangen durch den I2S/TDM/PDM-Sendeempfänger **127** im Master-Knoten **102** verwendet werden. In einem Slave-Knoten **104** kann dieses Register die Anzahl der Datenschlitze definieren, die Downstream zum nächsten Slave-Knoten **104** geleitet werden, bevor oder nachdem lokal erzeugte Downstream-Schlitz hinzugefügt werden, wie nachfolgend ausführlicher mit Bezug auf LDNSLOTS besprochen wird.

[0103] Bei einigen Ausführungsformen können die Steuerschaltkreise **154** ein Register von lokalen Downstream-Schlitzen (LDNSLOTS) umfassen. Dieses Register kann in dem Master-Knoten **102** unbenutzt sein. In einem Slave-Knoten **104** kann dieses Register die Anzahl der Datenschlitze definieren, die der Slave-Knoten **104** verwenden und nicht weitersenden wird. Als Alternative kann dieses Register die Anzahl der Schlitze definieren, die der Slave-Knoten **104** zu der Downstream-Datenstrecke **106** beitragen kann.

[0104] Bei einigen Ausführungsformen können die Steuerschaltkreise **154** ein Register für Upstream-Schlitz (UPSLOTS) umfassen. Im Master-Knoten **102** kann dieses Register den Wert der Gesamtzahl von Upstream-Datenschlitzen halten. Dieses Register kann auch die Anzahl der Schlitze definieren, die durch den I2S/TDM/PDM-Sendeempfänger **127** im Master-Knoten **102** zum I2S/TDM-Senden verwendet wird. In einem Slave-Knoten **104** kann dieses Register die Anzahl der Datenschlitze definieren, die upstream weitergeleitet werden, bevor der Slave-Knoten **104** beginnt, seine eigenen Daten hinzuzufügen.

[0105] Bei einigen Ausführungsformen können die Steuerschaltkreise **154** ein Register von lokalen Upstream-Schlitzen (LUPSLOTS) umfassen. Dieses Register kann im Master-Knoten **102** unbenutzt sein. In einem Slave-Knoten **104** kann dieses Register die Anzahl von Datenschlitzen definieren, die der Slave-Knoten **104** zu den von downstream empfangenen Daten hinzufügt, bevor sie upstream gesendet werden. Dieses Register kann auch die Anzahl der Datenschlitze definieren, die für kombiniertes I2S/TDM/PDM-Empfangen durch den I2S/TDM/PDM-Sendeempfänger **127** im Slave-Knoten **104** verwendet wird.

[0106] Bei einigen Ausführungsformen können die Steuerschaltkreise **154** ein Register für Broadcast-Downstream-Schlitz (BCDNSLOTS) umfassen. Dieses Register kann im Master-Knoten **102** unbenutzt sein. In einem Slave-Knoten **104** kann dieses Register die Anzahl der Broadcast-Datenschlitze definieren. Bei einigen Ausführungsformen können Broadcast-Datenschlitze immer am Anfang des Datenfeldes kommen. Die Daten in den Broadcast-Datenschlitzen können von mehreren Slave-Knoten **104** benutzt werden und können durch alle Slave-Knoten **104** downstream geleitet werden, gleichgültig, ob sie benutzt werden oder nicht.

[0107] Bei einigen Ausführungsformen können die Steuerschaltkreise **154** ein Register für das Schlitzformat (SLOTFMT) umfassen. Dieses Register kann das Format von Daten für Upstream- und Downstream-Übertragungen definieren. Die Datengröße für den I2S/TDM/PDM-Sendeempfänger **127** kann durch dieses Register auch bestimmt werden. Bei einigen Ausführungsformen umfassen gültige Datengrößen 8, 12, 16, 20, 24, 28 und 32 Bit. Dieses Register kann auch Bit zum Freigeben von Fließkomma-Komprimierung für Downstream- und Upstream-Verkehr umfassen. Wenn Fließkomma-Komprimierung freigegeben ist, kann die I2S/TDM-Datengröße 4 Bit größer als die Datengröße über dem Bus **106** sein. Alle Knoten im System **100** können dieselben Werte für SLOTFMT aufweisen, wenn Datenschlitze freigegeben sind, und die Knoten können durch einen Broadcast-Schreibvorgang programmiert werden, so dass alle Knoten mit demselben Wert aktualisiert werden.

[0108] **Fig. 8–Fig. 11** zeigen Beispiele für Informationsaustausch auf dem Bus **106** gemäß verschiedenen Ausführungsformen der hier beschriebenen Busprotokolle. Insbesondere zeigen **Fig. 8–Fig. 11** Ausführungsformen, bei denen jeder Slave-Knoten **104** mit einem oder mehreren Lautsprechern und/oder einem oder mehreren Mikrofonen als die Peripherievorrichtung **108** gekoppelt ist. Dies ist lediglich beispielhaft, da jede gewünschte Anordnung der Peripherievorrichtung **108** gemäß den hier beschriebenen Techniken mit jedem bestimmten Slave-Knoten **104** gekoppelt werden kann.

[0109] Zum Anfang zeigt **Fig. 8** Signalisierungs- und Timingbetrachtungen für bidirektionale Kommunikation auf dem Bus **106** gemäß verschiedenen Ausführungsformen. Die in **Fig. 8** abgebildeten Slave-Knoten **104** weisen verschiedene Anzahlen von Sensor-/Aktorelementen auf, und somit können verschiedene Mengen an Daten zu den verschiedenen Slave-Knoten **104** gesendet oder von diesen empfangen werden. Speziell weist der Slave-Knoten 1 zwei Elemente auf, der Slave-Knoten 4 weist vier Elemente auf und der Slave-Knoten 5 weist drei Elemente auf, so dass die durch den Master-Knoten **102** übertragenen Daten zwei Zeitschlitze für den Slave-Knoten 1, vier Zeitschlitze für den Slave-Knoten 4 und drei Zeitschlitze für den Slave-Knoten

5 umfassen. Ähnlich hat der Slave-Knoten 0 drei Elemente, der Slave-Knoten 2 drei Elemente, der Slave-Knoten 3 drei Elemente, der Slave-Knoten 6 ein Element und der Slave-Knoten 7 vier Elemente, so dass durch diese Slave-Knoten **104** upstream übertragene Daten die entsprechende Anzahl von Zeitschlitzten umfassen. Es sollte beachtet werden, dass keine injektive Korrelation zwischen Elementen und Zeitschlitzten bestehen muss. Zum Beispiel kann ein in der Peripherievorrichtung **108** enthaltenes Mikrofonarray mit drei Mikrofonen einen digitalen Signalprozessor umfassen, der Signale von den drei Mikrofonen (und möglicherweise auch von dem Master-Knoten **102** oder von anderen Slave-Knoten **104** empfangene Informationen) kombiniert, um eine einzige Datenprobe zu produzieren, die abhängig von der Art von Verarbeitung einem einzelnen Zeitschlitz oder mehreren Zeitschlitzten entsprechen könnte.

[0110] In **Fig. 8** sendet der Master-Knoten **102** einen Synchronisationssteuerrahmen (SCF), gefolgt von Daten für Lautsprecher, die mit spezifischen Slave-Knoten **104** (SD) gekoppelt sind. Jeder sukzessive Slave-Knoten **104** leitet den Synchronisationssteuerrahmen weiter und leitet auch mindestens etwaige für Downstream-Slave-Knoten **104** bestimmte Daten weiter. Ein bestimmter Slave-Knoten **104** kann alle Daten weiterleiten oder kann für diesen Slave-Knoten **104** bestimmte Daten entfernen. Wenn der letzte Slave-Knoten **104** den Synchronisationssteuerrahmen empfängt, sendet dieser Slave-Knoten **104** den Synchronisationsantwortrahmen (SRF), gegebenenfalls gefolgt von etwaigen Daten, die der Slave-Knoten **104** senden darf. Jeder sukzessive Slave-Knoten **104** leitet den Synchronisationsantwortrahmen zusammen mit etwaigen Daten von Downstream-Slave-Knoten **104** weiter und fügt gegebenenfalls Daten von einem oder mehreren mit den bestimmten Slave-Knoten **104** gekoppelten Mikrofonen (MD) ein. In dem Beispiel von **Fig. 8** sendet der Master-Knoten **102** Daten zu Slave-Knoten 1, 4 und 5 (in **Fig. 8** als aktive Lautsprecher abgebildet) und empfängt Daten von Slave-Knoten 7, 6, 3, 2 und 0 (in **Fig. 8** als Mikrofonarrays abgebildet).

[0111] **Fig. 9–Fig. 11** zeigen verschiedene beispielhafte Datenübertragungsoperationen in dem System **100**. In **Fig. 9–Fig. 11** sind die SCF als zwischen angrenzenden Knoten zeitlich synchronisiert dargestellt, während die SRF als zwischen angrenzenden Knoten zeitverzögert dargestellt sind; dies dient lediglich zur leichteren Veranschaulichung, und sowohl die SCF als auch die SRF können von Knoten zu Knoten ähnliche Zeitverzögerungen aufweisen. Schlitz „Y“ könnte auch Teil der Downstream-Daten sein.

[0112] **Fig. 9** zeigt schematisch die dynamische Entfernung von Daten aus einer Downstream-Übertragung und Einfügung von Daten in eine Upstream-Übertragung vom Standpunkt des Downstream-Sendeempfängers **124** aus gesehen gemäß verschiedenen Ausführungsformen. In **Fig. 9** sendet der Master-Knoten **102** wie in **Fig. 8** einen Synchronisationssteuerrahmen (SCF), gefolgt von Daten für die Slave-Knoten 1, 4 und 5 (SD) in umgekehrter Reihenfolge (z.B. folgen Daten für den Slave-Knoten 5 Daten für den Slave-Knoten 4, denen Daten für den Slave-Knoten 1 folgen usw.) (siehe die als MASTER bezeichnete Zeile). Wenn der Slave-Knoten 1 diese Übertragung empfängt, entfernt der Slave-Knoten 1 seine eigenen Daten und leitet nur den Synchronisationssteuerrahmen, gefolgt von den Daten für die Slave-Knoten 5 und 4, zu dem Slave-Knoten 2 weiter. Die Slave-Knoten 2 und 3 leiten die Daten unverändert weiter (siehe die mit SLAVE 2 bezeichnete Zeile), so dass die durch Slave-Knoten 1 weitergeleiteten Daten durch Slave-Knoten 4 empfangen werden (siehe die mit SLAVE 3 bezeichnete Zeile). Der Slave-Knoten 4 entfernt seine eigenen Daten und leitet nur den Synchronisationssteuerrahmen, gefolgt von den Daten für den Slave-Knoten 5, zu dem Slave-Knoten 5 weiter, und ähnlich entfernt der Slave-Knoten 5 seine eigenen Daten und leitet nur den Synchronisationssteuerrahmen zu dem Slave-Knoten 6 weiter. Der Slave-Knoten 6 leitet den Synchronisationssteuerrahmen zu dem Slave-Knoten 7 weiter (siehe die mit SLAVE 6 bezeichnete Zeile).

[0113] An diesem Punkt sendet der Slave-Knoten 7 den Synchronisationsantwortrahmen (SRF), gefolgt von seinen Daten (siehe die mit SLAVE 6 bezeichnete Zeile) zu dem Slave-Knoten 6. Der Slave-Knoten 6 leitet den Synchronisationsantwortrahmen zusammen mit den Daten von Slave-Knoten 7 und seinen eigenen Daten zu dem Slave-Knoten 5 weiter, und der Slave-Knoten 5 leitet seinerseits den Synchronisationsantwortrahmen zusammen mit den Daten von den Slave-Knoten 7 und 6 zu dem Slave-Knoten 4. Der Slave-Knoten 4 hat keine Daten hinzuzufügen und leitet somit einfach die Daten zu dem Slave-Knoten 3 weiter (siehe die mit SLAVE 3 bezeichnete Zeile), der die Daten zusammen mit seinen eigenen Daten zu dem Slave-Knoten 2 weiterleitet (siehe die mit SLAVE 2 bezeichnete Zeile), der seinerseits die Daten zusammen mit seinen eigenen Daten zu dem Slave-Knoten 1 weiterleitet. Der Slave-Knoten 1 hat keine Daten hinzuzufügen und leitet also die Daten zu dem Slave-Knoten 0 weiter, der die Daten zusammen mit seinen eigenen Daten weiterleitet. Als Ergebnis empfängt der Master-Knoten **102** den Synchronisationsantwortrahmen, gefolgt von den Daten von dem Slave-Knoten 7, 6, 3, 2 und 0 (siehe die mit MASTER bezeichnete Zeile).

[0114] **Fig. 10** zeigt ein anderes Beispiel für die dynamische Entfernung von Daten aus einer Downstream-Übertragung und Einfügung von Daten in eine Upstream-Übertragung vom Standpunkt des Downstream-Sen-

deempfängers **124** aus gesehen wie in **Fig. 9**, obwohl in **Fig. 10** die Slave-Knoten **104** sowohl mit Sensoren als auch Aktoren als die Peripherievorrichtung **108** gekoppelt sind, so dass der Master-Knoten **102** Daten downstream zu allen Slave-Knoten **104** sendet und Daten von allen Slave-Knoten **104** zurückempfängt. Außerdem sind in **Fig. 10** die Daten auf der Basis der Knotenadresse geordnet, für die sie bestimmt sind oder von der sie stammen. Der mit „Y“ bezeichnete Datenschlitz kann für eine Datenintegritätsprüfung oder Datenkorrektur verwendet werden; bei einigen Ausführungsformen kann der als „Y“ bezeichnete Datenschlitz zusätzlich oder als Alternative in den Downstream-Daten enthalten sein.

[0115] **Fig. 11** zeigt ein anderes Beispiel für die dynamische Entfernung von Daten aus einer Downstream-Übertragung und Einfügung von Daten in eine Upstream-Übertragung vom Standpunkt des Downstream-Sendeempfängers **124** aus gesehen wie in **Fig. 9**, obwohl in **Fig. 11** die Daten downstream und upstream in sequentieller Reihenfolge statt umgekehrter Reihenfolge übermittelt werden. Pufferung in jedem Slave-Knoten **104** erlaubt selektives Hinzufügen, Entfernen und/oder Weiterleiten von Daten.

[0116] Wie bereits besprochen, kann jeder Slave-Knoten **104** Daten aus Downstream- oder Upstream-Übertragungen entfernen und/oder kann Daten zu Downstream- oder Upstream-Übertragungen hinzufügen. Somit kann zum Beispiel der Master-Knoten **102** zu jedem einer Anzahl von Slave-Knoten **104** eine getrennte Probe von Daten senden und jeder solche Slave-Knoten **104** kann seine Datenprobe entfernen und nur Daten weiterleiten, die für Downstream-Slaves bestimmt sind. Dagegen kann ein Slave-Knoten **104** Daten von einem Downstream-Slave-Knoten **104** empfangen und die Daten zusammen mit zusätzlichen Daten weiterleiten. Ein Vorteil davon, so wenig Informationen wie notwendig zu übertragen, besteht darin, die Menge an kollektiv durch das System **100** verbrauchtem Strom zu verringern.

[0117] Das System **100** kann auch Broadcast-Übertragungen (und Multicast-Übertragungen) vom Master-Knoten **102** zu den Slave-Knoten **104** unterstützen, speziell mittels Konfiguration der Downstream-Schlitzbenutzung der Slave-Knoten **104**. Jeder Slave-Knoten **104** kann die Broadcast-Übertragung verarbeiten und sie zum nächsten Slave-Knoten **104** weiterleiten, obwohl ein bestimmter Slave-Knoten **104** die Broadcast-Nachricht „konsumieren“ (d.h. die Broadcast-Übertragung nicht zum nächsten Slave-Knoten **104** weiterleiten) kann.

[0118] Das System **100** kann auch Upstream-Übertragungen (z.B. von einem bestimmten Slave-Knoten **104** zu einem oder mehreren anderen Slave-Knoten **104**) unterstützen. Solche Upstream-Übertragungen können Unicast-, Multicast- und/oder Broadcast-Upstream-Übertragungen umfassen. Mit Upstream-Adressierung wie oben mit Bezug auf Downstream-Übertragungen besprochen kann ein Slave-Knoten **104** auf der Basis der Konfiguration der Upstream-Schlitzbenutzung der Slave-Knoten **104** bestimmen, ob Daten aus einer Upstream-Übertragung zu entfernen sind oder nicht und/oder ob eine Upstream-Übertragung zu dem nächsten Upstream-Slave-Knoten **104** weiterzuleiten ist oder nicht. Somit können die Daten zum Beispiel durch einen bestimmten Slave-Knoten **104** zu einem oder mehreren anderen Slave-Knoten **104** zusätzlich zu oder anstelle von dem Weiterleiten der Daten zu dem Master-Knoten **102** weitergeleitet werden. Solche Slave-Slave-Beziehungen können zum Beispiel über den Master-Knoten **102** konfiguriert werden.

[0119] Somit können bei verschiedenen Ausführungsformen die Slave-Knoten **104** als aktive/intelligente Repeaterknoten mit der Möglichkeit zum selektiven Weiterleiten, Abwerfen und Hinzufügen von Informationen wirken. Die Slave-Knoten **104** können im Allgemeinen solche Funktionen ausführen, ohne unbedingt alle Daten zu decodieren/zu untersuchen, da jeder Slave-Knoten **104** den relevanten Zeitschlitz bzw. die relevanten Zeitschlitze kennt, in denen er Daten empfangen/senden wird, und daher Daten aus einem Zeitschlitz entfernen oder Daten zu diesem hinzufügen kann. Obwohl die Slave-Knoten **104** möglicherweise nicht alle Daten decodieren/untersuchen müssen, können die Slave-Knoten **104** typischerweise die Daten, die sie senden/weiterleiten, umtakten. Dies kann die Robustheit des Systems **100** verbessern.

[0120] Bei einigen Ausführungsformen kann der Bus **106** für unidirektionale Kommunikation in einer Ringtopologie ausgelegt sein. Zum Beispiel zeigt **Fig. 12** eine Anordnung **1200** mit dem Master-Knoten **102** und vier Slave-Knoten **104** in einer Ringtopologie und zeigt Signalisierungs- und Timingbetrachtungen für unidirektionale Kommunikation in der Anordnung **1200** gemäß verschiedenen Ausführungsformen. Bei solchen Ausführungsformen können die Sendeempfänger **120** in den Knoten einen Nur-Empfangs-Sendeempfänger (MASTER IN) und einen Nur-Sende-Sendeempfänger (MASTER OUT) umfassen, statt zwei bidirektionale Sendeempfänger für Upstream- und Downstream-Kommunikation. Bei dem in **Fig. 12** dargestellten Verbindungsschicht-Synchronisationsschema sendet der Master-Knoten **102** einen Synchronisationssteuerrahmen (SCF) **180**, dem gegebenenfalls „Downstream“-Daten **1202** für die drei mit verschiedenen Slave-Knoten **104** gekoppelten Lautsprecher folgen (die Daten für die verschiedenen Lautsprecher können in einer beliebigen geeigneten Reihenfolge angeordnet werden, wie oben mit Bezug auf **Fig. 8–Fig. 11** besprochen), und jeder sukzessive

Slave-Knoten **104** leitet den Synchronisationssteuerrahmen **180** zusammen mit etwaigen „Upstream“-Daten von vorherigen Slave-Knoten **104** und „Upstream“-Daten von sich selbst weiter, um „Upstream“-Daten **1204** bereitzustellen (z.B. können die Daten von den acht verschiedenen Mikrofonen in einer beliebigen geeigneten Reihenfolge angeordnet werden, wie oben mit Bezug auf **Fig. 8–Fig. 11** besprochen).

[0121] Wie hier beschrieben, können Daten auf eine beliebige einer Anzahl von Weisen zwischen Elementen des Systems **100** übermittelt werden. Bei einigen Ausführungsformen können Daten als Teil einer Menge von synchronen Datenschlitz durch einen Slave-Knoten **104** (z.B. unter Verwendung der Datenschlitz **199**) upstream oder durch einen Slave-Knoten **104** oder einen Master-Knoten **102** (z.B. unter Verwendung der Datenschlitz **198**) downstream gesendet werden. Das Volumen solcher Daten kann durch Ändern der Anzahl von Bit in einem Datenschlitz oder durch Aufnehmen zusätzlicher Datenschlitz eingestellt werden. Daten können auch durch Aufnahme in einen Synchronisationssteuerrahmen **180** oder einen Synchronisationsantwortrahmen **197** in dem System **100** übermittelt werden. Auf diese Weise übermittelte Daten können I2C-Steuerdaten vom Host **110** (mit einer Antwort von einer einem Slave-Knoten **104** zugeordneten Peripherievorrichtung **108**); Zugriffe auf Register der Slave-Knoten **104** (z.B. zur Entdeckung und Konfiguration von Schlitz und Schnittstellen), die Schreibzugriff vom Host **110**/Master-Knoten **102** auf einen Slave-Knoten **104** und Lesezugriff von einem Slave-Knoten **104** auf den Host **110**/Master-Knoten **102** umfassen können; und Ereignissignalisierung über Interrupts von einer Peripherievorrichtung **108** zum Host **110** umfassen. Bei einigen Ausführungsformen können GPIO-Pins zum Übermitteln von Informationen von einem Slave-Knoten **104** zum Master-Knoten **102** verwendet werden (indem man z.B. den Master-Knoten **102** die GPIO-Pins über I2C abfragen lässt oder indem man einen Knoten-Sendeempfänger **120** eines Slave-Knotens **104** ein Interrupt an einem Interrupt-Anforderungspin erzeugen lässt). Zum Beispiel kann bei einigen solchen Ausführungsformen ein Host **110** Informationen über I2C zum Master-Knoten **102** senden und der Master-Knoten **102** kann dann diese Informationen über die GPIO-Pins zum Slave senden. Es können beliebige der hier besprochenen Arten von Daten, so wie sie über den Bus **106** übertragen werden, unter Verwendung eines beliebigen oder mehrerer dieser Kommunikationspfade übertragen werden. Es können hier andere Arten von Daten und Datenkommunikationstechniken in dem System **100** offenbart werden.

[0122] Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung können unter Verwendung einer beliebigen geeigneten Hardware und/oder Software zum Konfigurieren wie gewünscht zu einem System implementiert werden. **Fig. 13** zeigt schematisch eine Vorrichtung **1300**, die als Host oder Knoten (z.B. ein Host **110**, ein Master-Knoten **102** oder ein Slave-Knoten **104**) in dem System **100** dienen kann, gemäß verschiedenen Ausführungsformen. In **Fig. 13** ist eine Anzahl von Komponenten als in der Vorrichtung **1300** enthalten dargestellt, aber eine beliebige oder mehrere dieser Komponenten können je nachdem wie es für die Anwendung geeignet ist, weggelassen oder dupliziert sein.

[0123] Außerdem kann die Vorrichtung **1300** bei verschiedenen Ausführungsformen eine oder mehrere der in **Fig. 13** dargestellten Komponenten nicht enthalten, aber die Vorrichtung **1300** kann Schnittstellenschaltkreise zur Kopplung mit der einen oder den mehreren Komponenten umfassen. Zum Beispiel kann die Vorrichtung **1300** keine Anzeigevorrichtung **1306** umfassen, kann aber Anzeigevorrichtungs-Schnittstellenschaltkreise (z.B. einen Verbinder und Treiberschaltkreise) umfassen, mit denen eine Anzeigevorrichtung **1306** gekoppelt werden kann. In einer anderen Menge von Beispielen kann die Vorrichtung **1300** keine Audioeingabevorrichtung **1324** oder Audioausgabevorrichtung **1308** umfassen, kann aber Audioeingangs- oder Audioausgangsschnittstellenschaltkreise (z.B. Verbinder und unterstützende Schaltkreise) umfassen, mit denen eine Audioeingabevorrichtung **1324** oder Audioausgabevorrichtung **1308** gekoppelt werden kann.

[0124] Die Vorrichtung **1300** kann den Knoten-Sendeempfänger **120** gemäß beliebigen der hier offenbarten Ausführungsformen zur Verwaltung von Kommunikation auf dem Bus **106**, wenn die Vorrichtung **1300** mit dem Bus **106** gekoppelt ist, umfassen. Die Vorrichtung **1300** kann eine Verarbeitungsvorrichtung **1302** (z.B. eine oder mehrere Verarbeitungsvorrichtungen) umfassen, die in dem Knoten-Sendeempfänger **120** enthalten oder von dem Knoten-Sendeempfänger **120** getrennt sein können. Im vorliegenden Gebrauch kann sich der Ausdruck „Verarbeitungsvorrichtung“ auf eine beliebige Vorrichtung oder einen Teil einer Vorrichtung beziehen, die bzw. der elektronische Daten aus Registern und/oder Speicher verarbeitet, um diese elektronischen Daten in andere elektronische Daten zu transformieren, die in Registern und/oder Speicher gespeichert werden können. Die Verarbeitungsvorrichtung **1302** kann einen oder mehrere digitale Signalprozessoren (DSP), anwendungsspezifische integrierte Schaltungen (ASIC), Zentralverarbeitungseinheiten (CPU), Grafikverarbeitungseinheiten (GPU), Kryptoprozessoren oder beliebige andere geeignete Verarbeitungsvorrichtungen umfassen. Die Vorrichtung **1300** kann einen Speicher **1304** umfassen, der selbst eine oder mehrere Speichervorrichtungen umfassen kann, wie etwa flüchtigen Speicher (z.B. dynamischen Direktzugriffsspeicher (DRAM)), nichtflüchtigen Speicher (z.B. Festwertspeicher (ROM)), Flash-Speicher, Halbleiterspeicher und/oder eine Festplatte.

[0125] Bei einigen Ausführungsformen kann der Speicher **1304** zum Speichern einer Arbeitskopie und einer permanenten Kopie von Programmierungsanweisungen verwendet werden, die bewirken, dass die Vorrichtung **1300** beliebige geeignete der hier offenbarten Techniken ausführt. Bei einigen Ausführungsformen sind maschinen zugängliche Medien (darunter nichttransitorische computerlesbare Speichermedien), Verfahren, Systeme und Vorrichtungen zum Ausführen der oben beschriebenen Techniken. Anschauungsbeispiele für hier offenbarte Ausführungsformen zur Kommunikation über einen Zweidrahtbus. Zum Beispiel können auf computerlesbaren Medien (z.B. dem Speicher **1304**) Anweisungen gespeichert sein, die, wenn sie durch eine oder mehrere in der Verarbeitungsvorrichtung **1302** enthaltene Verarbeitungsvorrichtungen ausgeführt werden, bewirken, dass die Vorrichtung **1300** beliebige der hier offenbarten Techniken ausführt.

[0126] Bei einigen Ausführungsformen kann die Vorrichtung **1300** einen anderen Kommunikationschip **1312** (z.B. einen oder mehrere andere Kommunikationschips) umfassen. Der Kommunikationschip **1312** kann zum Beispiel für Verwaltung drahtloser Kommunikation zum Transfer von Daten zu und von der Vorrichtung **1300** ausgelegt sein. Der Ausdruck „drahtlos“ und seine Ableitungen können verwendet werden, um Schaltungen, Vorrichtungen, Systeme, Verfahren, Techniken, Kommunikationskanäle usw. zu beschreiben, die Daten mittels Verwendung modulierter elektromagnetischer Strahlung mittels eines nichtfesten Mediums übermitteln können. Aus dem Ausdruck folgt nicht, dass die zugeordneten Vorrichtungen keinerlei Drähte enthalten, obwohl sie bei einigen Ausführungsformen keine enthalten könnten.

[0127] Der Kommunikationschip **1312** kann beliebige von mehreren drahtlosen Standards oder Protokollen implementieren, darunter, aber ohne Beschränkung darauf, Standards des IEEE (Institute for Electrical and Electronic Engineers) wie Wi-Fi (Familie IEEE 802.11), die Standards IEEE 802.16 (z.B. IEEE 802.16-Ergänzung von 2005), das LTE-Projekt (Long-Term Evolution) zusammen mit etwaigen Ergänzungen, Aktualisierungen und/oder Revisionen (z.B. das Advanced-LTE-Projekt, das UMB-Projekt (Ultra Mobile Broadband) (auch als „3GPP2“ bezeichnet) usw.). Mit IEEE 802.16 kompatible BWA-Netzwerke (Broadband Wireless Access) werden im Allgemeinen als WiMAX-Netzwerke bezeichnet, wobei die Abkürzung für Worldwide Interoperability for Microwave Access steht, wobei es sich um eine Zertifizierungsnote für Produkte handelt, die Konformitäts- und Interoperabilitätsprüfungen für die IEEE 802.16-Standards bestehen. Der eine oder die mehreren Kommunikationschips **1312** können gemäß einem GSM (Global System for Mobile Communication), GPRS (General Packet Radio Service), UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), HSPA (High Speed Packet Access), E-HSPA (Evolved HSPA) oder einem LTE-Netz arbeiten. Der eine oder die mehreren Kommunikationschips **1312** können gemäß EDGE (Enhanced Data for GSM Evolution), GERAN (GSM EDGE Radio Access Network), UTRAN (Universal Terrestrial Radio Access Network) oder E-UTRAN (Evolved UTRAN) arbeiten. Der eine oder die mehreren Kommunikationschips **1312** können gemäß CDMA (Code Division Multiple Access), TDMA (Time Division Multiple Access), DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications), EV-DO (Evolution-Data Optimized) und Ableitungen davon, sowie beliebigen anderen drahtlosen Protokollen, die als 3G, 4G, 5G und darüber hinaus gekennzeichnet sind, arbeiten. Der Kommunikationschip **1312** kann bei anderen Ausführungsformen gemäß anderen drahtlosen Protokollen arbeiten. Die Vorrichtung **1300** kann eine Antenne **1322** umfassen, um drahtlose Kommunikation zu ermöglichen und/oder um andere drahtlose Übermittlungen (wie etwa AM- oder FM-Radioübertragungen) zu empfangen.

[0128] Bei einigen Ausführungsformen kann der Kommunikationschip **1312** verdrahtete Kommunikation unter Verwendung eines anderen Protokolls als des hier beschriebenen Protokolls für den Bus **106** verwalten. Verdrahtete Kommunikation kann elektrische, optische oder beliebige andere geeignete Kommunikationsprotokolle umfassen. Beispiele für verdrahtete Kommunikationsprotokolle, die durch den Kommunikationschip **1312** ermöglicht werden können, wären Ethernet, CAN (Controller Area Network), I2C, MOST (Media-Oriented Systems Transport) oder ein beliebiges anderes geeignetes verdrahtetes Kommunikationsprotokoll.

[0129] Wie oben erwähnt, kann der Kommunikationschip **1312** mehrere Kommunikationschips umfassen. Zum Beispiel kann ein erster Kommunikationschip **1312** drahtloser Kommunikation mit kürzerer Reichweite, wie etwa Wi-Fi oder Bluetooth, gewidmet sein und ein zweiter Kommunikationschip **1312** kann drahtloser Kommunikation größerer Reichweite, wie etwa GPS, EDGE, GPRS, CDMA, WiMAX, LTE, EV-DO oder anderen gewidmet sein. Bei einigen Ausführungsformen kann ein erster Kommunikationschip **1312** drahtloser Kommunikation gewidmet sein und ein zweiter Kommunikationschip **1312** kann verdrahteter Kommunikation gewidmet sein.

[0130] Die Vorrichtung **1300** kann Batterie-/Stromversorgungsschaltkreise **1314** umfassen. Die Batterie-/Stromversorgungsschaltkreise **1314** können eine oder mehrere Energiespeichervorrichtungen (z.B. Batterien oder Kondensatoren) und/oder Schaltkreise zum Koppeln von Komponenten der Vorrichtung **1300** mit einer von der Vorrichtung **1300** getrennten Energiequelle (z.B. Netzstromversorgung, durch eine Autobatterie bereit-

gestellte Spannung usw.) umfassen. Zum Beispiel können die Batterie-/Stromversorgungsschaltkreise **1314** die Upstream-Filterungsschaltkreise **132** und die Downstream-Filterungsschaltkreise **131** umfassen, die oben mit Bezug auf **Fig. 2** besprochen werden, und könnten durch das Bias auf dem Bus **106** geladen werden.

[0131] Die Vorrichtung **1300** kann eine Anzeigevorrichtung **1306** umfassen (oder entsprechende Schnittstellenschaltkreise, wie oben besprochen). Die Anzeigevorrichtung **1306** kann zum Beispiel beliebige visuelle Indikatoren umfassen, wie etwa ein Heads-Up-Display, einen Computermonitor, einen Projektor, ein Touchscreen-Display, eine Flüssigkristallanzeige (LCD), eine Leuchtdiodenanzeige oder einen Flachbildschirm.

[0132] Die Vorrichtung **1300** kann eine Audioausgabevorrichtung **1308** (oder entsprechende Schnittstellenschaltkreise, wie oben besprochen) umfassen. Die Audioausgabevorrichtung **1308** kann zum Beispiel eine beliebige Vorrichtung umfassen, die einen hörbaren Indikator erzeugt, wie etwa Lautsprecher, Headsets oder Ohrhörer.

[0133] Die Vorrichtung **1300** kann eine Audioeingabevorrichtung **1324** umfassen (oder entsprechende Schnittstellenschaltkreise, wie oben besprochen). Die Audioeingabevorrichtung **1324** kann eine beliebige Vorrichtung umfassen, die ein Signal erzeugt, das einen Ton repräsentiert, wie etwa Mikrofone, Mikrofonarrays oder Digitalinstrumente (z.B. Instrumente mit einem MIDI-Ausgang (Musical Instrument Digital Interface)).

[0134] Die Vorrichtung **1300** kann eine GPS-Vorrichtung **1318** (Global Positioning System) umfassen (oder entsprechende Schnittstellenschaltkreise, wie oben besprochen). Die GPS-Vorrichtung **1318** kann sich mit einem satellitengestützten System in Kommunikation befinden und kann einen Ort der Vorrichtung **1300** empfangen, so wie es in der Technik bekannt ist.

[0135] Die Vorrichtung **1300** kann eine weitere Ausgabevorrichtung **1310** umfassen (oder entsprechende Schnittstellenschaltkreise, wie oben besprochen). Beispiele für die andere Ausgabevorrichtung **1310** wären ein Audiocodec, ein Videocodec, ein Drucker, ein verdrahteter oder drahtloser Sender, um anderen Vorrichtungen Informationen bereitzustellen, oder eine zusätzliche Speichervorrichtung. Zusätzlich können beliebige geeignete der hier besprochenen Peripherievorrichtungen **108** in der weiteren Ausgabevorrichtung **1310** enthalten sein.

[0136] Die Vorrichtung **1300** kann eine weitere Eingabevorrichtung **1320** umfassen (oder entsprechende Schnittstellenschaltkreise, wie oben besprochen). Beispiele für die weitere Eingabevorrichtung **1320** wären ein Beschleunigungsmesser, ein Kreisel, eine Bildaufnahmvorrichtung, eine Tastatur, eine Cursorsteuervorrichtung, wie etwa eine Maus, ein Stift, ein Touchpad, ein Strichcodeleser, ein QR-Codeleser (Quick Response) oder ein RFID-Leser (Hochfrequenzidentifikation). Zusätzlich können beliebige geeignete der hier besprochenen Sensoren oder Peripherievorrichtungen **108** in der weiteren Eingabevorrichtung **1320** enthalten sein.

[0137] Beliebige geeignete der oben mit Bezug auf die Vorrichtung **1300** beschriebenen Anzeige-, Eingabe-, Ausgabe-, Kommunikations- oder Speichervorrichtungen können als die Peripherievorrichtung **108** im System **100** dienen. Als Alternative oder zusätzlich können beliebige der oben mit Bezug auf die Vorrichtung **1300** beschriebenen Anzeige-, Eingabe-, Ausgabe-, Kommunikations- oder Speichervorrichtungen in einem Host (z.B. dem Host **110**) oder einem Knoten (z.B. einem Master-Knoten **102** oder einem Slave-Knoten **104**) enthalten sein.

Dezimierung zur Unterstützung niedrigerer Abtastraten und
Verwendung mehrerer Schlitze zur Unterstützung höherer Abtastraten

[0138] Bei einigen Ausführungsformen können die Knoten des Buses **106** eine einzige Audioabtastrate hoher Bandbreite (z.B. 44,1 kHz–48 kHz) unterstützen. Viele digitale Audiosignale können jedoch das durch den Bus **106** unterstützte volle Audiospektrum nicht immer erfordern. Zum Beispiel können einige Audio-Rauschlöschungsanwendungen die volle Bandbreite für einige der über den Bus **106** übertragenen Audiosignale nicht erfordern. Durch Dezimieren von Signalen, die nicht volle Bandbreite erfordern, können mehrere Kanäle in einen einzigen Audiostrom „gepackt“ und unabhängig auf dem Bus **106** zu verschiedenen Slave-Knoten **104** verteilt werden. Zum Beispiel kann ein dezimierter Audiostrom mehrkanalige Rauschlöschungsströme, Mehrkanal-Aktiv-Tonaudio oder andere Ströme niedrigerer Bandbreite umfassen. Kleinere Abtastraten als 40 kHz können zum Beispiel für Übertragung der menschlichen Sprache, Audio mit niedrigerer Qualität und FM-Radio angemessen sein.

[0139] In einem isochronen digitalen Audionetzwerk (z.B. dem Bus **106**) erfordern herkömmliche Ansätze zur Bereitstellung mehrerer Ströme von Audio gewöhnlich, dass alle Ströme mit einer Abtastrate bereitgestellt werden, die durch die Bedürfnisse des Kanals mit der höchsten Audiobandbreite ausgewählt wird. Alle anderen Kanäle können dazu gezwungen werden, diese selbe hohe Abtastaudiorate aufrechtzuerhalten, und deshalb kann digitaler Durchsatz verschwendet werden, wenn diese hohe Abtastaudiorate nicht notwendig ist. Da der Gesamt-Digitalbus-Durchsatz begrenzt ist, kann diese herkömmliche Redundanz die Anzahl möglicher zu übertragender Kanäle verringern.

[0140] Wenn stattdessen Audio dezimiert wird, kann der Bus **106** Übertragung mehrerer Kanäle von Audio in einem einzigen Audioschlitz erlauben, indem der Stream im Master-Knoten **102** gemultiplext und einer oder mehrere der Kanäle in den Slave-Knoten **104** selektiv angehört oder empfangen werden.

[0141] Wenn ein digitales Audiosignal eine höhere Abtastrate als die Superrahmenrate des Busses **106** erfordert, ist es auch möglich, den Bus **106** zu verwenden, um die höhere Abtastrate zu unterstützen, indem das Audiosignal (z.B. in mehreren Datenschlitzten in einem einzigen Superrahmen **190**) über mehrere Kanäle übertragen wird. Zum Beispiel kann ein Slave-Knoten **104** mehrere Datenschlitzte verwenden, um mit einer höheren Abtastrate als die Superrahmenrate zu übertragen (z.B. zwei Datenschlitzte zur Verdopplung der Superrahmenrate, vier Datenschlitzte zur Vervierfachung der Superrahmenrate usw.). Abtastraten von mehr als 48 kHz können zum Beispiel für Audio höherer Qualität (z.B. professionelles Audio) und DVD-Audio wünschenswert sein.

[0142] Um zweimal und viermal die Abtastraten in einem Slave-Knoten **104** zu unterstützen, kann der Master-Knoten **102** zwei- oder viermal die Menge an TDM-Datenkanälen an seiner Abtastfrequenzschnittstelle zum Host **110** benutzen. Um die Abtastrate zu vergrößern, können mehrere ganze Kanäle und/oder Bruchteile eines Kanals verwendet werden.

[0143] Bei einigen Ausführungsformen können Daten für eine einzelne Peripherievorrichtung **108** (die mit einem Slave-Knoten **104** assoziiert ist) mehrere der Downstream-Datenschlitzte **198** einnehmen. Diese Daten können zum Beispiel Audiodaten sein. Bei einigen Ausführungsformen können Daten von einer einzelnen Peripherievorrichtung **108** (die mit dem Slave-Knoten **104** assoziiert ist) mehrere der Upstream-Datenschlitzte **199** einnehmen. Zum Beispiel zeigt **Fig. 14** ein Beispiel für Informationsaustausch auf dem Zweidrahtbus **106** gemäß verschiedenen Ausführungsformen der hier beschriebenen Busprotokolle. Wie in der Zeile „MASTER SENDEN“ von **Fig. 14** gezeigt, kann ein Downstream-Datenschlitz durch Lautsprecherdaten eingenommen werden, die für den mit dem Slave-Knoten 1 assoziierten Lautsprecher bestimmt werden, und zwei Downstream-Datenschlitzte (SD2(1) und SD2(2)) können durch Lautsprecherdaten eingenommen werden, die für den mit Slave-Knoten 2 assoziierten Lautsprecher bestimmt sind. Der mit Slave-Knoten 2 assoziierte Lautsprecher kann somit Daten mit zweimal der Rate des mit Slave-Knoten 1 assoziierten Lautsprechers empfangen. Analoge Verwendung mehrerer Datenschlitzte kann in den Upstream-Datenschlitzten **199** auftreten.

[0144] Bei einigen Ausführungsformen kann ein bestimmter Datenschlitz in den Upstream-Datenschlitzten **199** eines ersten Superrahmens **190** Daten von einer ersten Peripherievorrichtung umfassen, während dieser bestimmte Datenschlitz in den Upstream-Datenschlitzten **199** eines zweiten Superrahmens **190** Daten von einer zweiten, anderen Peripherievorrichtung umfassen kann. Wie zum Beispiel nach dem ersten Synchronisationsantwortrahmen in der Zeile „MASTER-EMPfangEN“ von **Fig. 14** gezeigt, kann der erste Upstream-Datenschlitz durch Mikrofondaten von dem mit Slave-Knoten 1 assoziierten Mikrofon eingenommen werden und der zweite Upstream-Datenschlitz kann durch Mikrofondaten von dem mit Slave-Knoten 0 (MD0A) assoziierten Mikrofon A eingenommen werden. Wie nach dem zweiten Synchronisationsantwortrahmen in der Zeile „MASTER-EMPfangEN“ von **Fig. 14** gezeigt, kann der erste Upstream-Datenschlitz wieder durch Mikrofondaten von dem mit Slave-Knoten 1 assoziierten Mikrofon eingenommen werden, aber der zweite Upstream-Datenschlitz kann durch Mikrofondaten von dem mit Slave-Knoten 0 (MD0B) assoziierten Mikrofon B eingenommen werden. Das mit Slave-Knoten 1 assoziierte Mikrofon kann somit Daten auf dem Bus **106** mit zweimal der Rate der mit Slave-Knoten **104** assoziierten Mikrofone bereitstellen. Analoge Verwendung mehrerer Datenschlitzte kann in den Downstream-Datenschlitzten **198** auftreten. Obwohl **Fig. 14** ein Beispiel zeigt, in dem sich mehrere mit demselben Slave-Knoten assoziierte Peripherievorrichtungen einen bestimmten Upstream-Datenschlitz teilen, können sich bei einigen Ausführungsformen mehrere mit verschiedenen Slave-Knoten assoziierte Peripherievorrichtungen einen bestimmten Upstream-Datenschlitz teilen.

[0145] Wie oben erwähnt kann ein Slave-Knoten **104**, der über einen I2S/TDM-Bus (z.B. unter Verwendung des I2S/TDM/PDM-Sendeempfängers **127** des Knotensendeempfängers **120**) mit einer Peripherievorrichtung **108** gekoppelt ist, mit einer Rate von weniger als der Superrahmenrate mit der Peripherievorrichtung **108** kom-

munizieren. Eine Einstellung im Slave-Knoten **104** kann bestimmen, um welchen Faktor die Slave-Peripheriekommunikation relativ zu der Superrahmenrate verringert ist (z.B. um einen Faktor zwei, einen Faktor vier usw.), und mehrere mit dem Slave-Knoten **104** gekoppelte Peripherievorrichtungen **108** (oder mehrere Kanäle zu einer einzelnen Peripherievorrichtung **108**) können sich einen Kommunikationsschlitz zwischen dem Slave-Knoten **104** und dem Master-Knoten **102** teilen, indem zeitlich gemultiplext wird (z.B. können sich zwei Peripherievorrichtungen **108** beim Legen von Daten in einen gegebenen Kommunikationsschlitz zwischen dem Master-Knoten **102** und dem Slave-Knoten **104** abwechseln). Bei einigen Ausführungsformen kann, wenn eine Peripherievorrichtung **108** mit „verringertes Datenrate“ eine lange Zeit braucht, um Daten zu dem Slave-Knoten **104** zurückzusenden, wenn die Datenrate verringert ist, der Slave-Knoten **104** an einer ganzen Anzahl von Superrahmen vor dem Zeitpunkt, zu dem die Daten zu dem Master-Knoten **102** gesendet werden sollten (wobei die ganze Zahl in dem Slave-Knoten **104** gespeichert wird), ein SYNC-Signal zu der Peripherievorrichtung **108** senden.

[0146] Bei einigen Ausführungsformen kann der I2S/TDM/PDM-Sendeempfänger **127** des Knotensendeempfängers **120** relativ zu der Superrahmenrate mit einer verringerten Rate laufen. Die zulässigen verringerten Raten bei einer Superrahmenrate von 48 kHz wären zum Beispiel 24 kHz, 12 kHz, 6 kHz, 4 kHz, 3 kHz, 2,4 kHz, 2 kHz, 1,71 kHz und 1,5 kHz. Der Knotensendeempfänger **127** kann Daten senden, die durch den I2S/TDM/PDM-Sendeempfänger **127** upstream oder downstream empfangen werden. Die I2S/TDM/PDM-Sendeempfänger **127** verschiedener der Slave-Knoten **104** können mit verschiedenen Raten laufen. Bei einigen Ausführungsformen kann der I2S/TDM/PDM-Sendeempfänger **127** des Master-Knotens **102** mit der höchsten Datenrate in dem System **100** laufen.

[0147] Bei einigen Ausführungsformen können die Datenslitze auf dem Bus **106** dafür ausgelegt sein, mit einer vollen kontinuierlichen Audiorate (z.B. 48 kHz) laufengelassen zu werden oder mit einer verringerten Rate laufengelassen zu werden, indem Datenslitze für die Superrahmen **190**, die keine Daten enthalten, übersprungen werden (z.B. wenn es nur Mikrofonknoten mit „verringertes Abtastrate“ als Peripherievorrichtungen **108** im System **100** gibt). Dieser Ansatz kann Strom sparen, indem das Aktivitätsniveau auf dem Bus **106** verringert wird, ohne die Kanalbandbreite auf dem Bus **106** zu vergrößern.

[0148] Bei einigen Ausführungsformen können die Datenslitze auf dem Bus **106** dafür ausgelegt sein, mit einer vollen kontinuierlichen Audiorate laufengelassen zu werden oder mit einer verringerten Rate laufengelassen zu werden, indem Bus-Datenslitze für einen bestimmten Slave-Knoten **104** in mehrere I2S/TDM-Kanäle zeitaufgeteilt werden, ohne Datenslitze für Superrahmen **190** zu überspringen. Dieser Ansatz kann vorteilhaft sein, wenn verschiedene Arten von Peripherievorrichtungen **108** mit Slave-Knoten **104** auf dem Bus **106** gekoppelt sind (z.B. ein mit einem Slave-Knoten **104** gekoppelter Mehrachsen-Beschleunigungsmesser, ein mit einem anderen Slave-Knoten **104** gekoppelter Mikrofon- oder Verstärkerknoten usw.). Dieser Ansatz kann die Kanalbandbreite auf dem Bus **106** vergrößern und etwas Strom sparen.

[0149] Ein Knoten auf dem Bus **106** kann ein oder mehrere Register (z.B. im Speicher **1304**) zum Speichern von Konfigurationsinformationen in Bezug auf Betrieb mit verringerter Rate umfassen. Zum Beispiel kann ein I2SRRATE-Register ein Feld RRDIV definieren, mit dem die Superrahmenrate bis herunter auf die verringerte I2S-Rate geteilt werden kann. Zum Beispiel kann bei einer Superrahmenrate von 48 kHz RRDIV bei einigen Ausführungsformen für eine verringerte Rate von 24 kHz, 12 kHz, 6 kHz, 4 kHz, 3 kHz, 2,4 kHz, 2 kHz, 1,71 kHz oder 1,5 kHz gesetzt werden. Das I2SRRATE-Register kann auch ein Steuerbit RBUS umfassen, mit dem Schlitz verringertes Datenrate auf dem Bus **106** ermöglicht werden können. Bei einigen Ausführungsformen kann das I2SRRATE-Register als Nur-Master, Auto-Broadcast, definiert werden, um sicherzustellen, dass der Wert in allen Knoten eines Busses derselbe ist, während dies bei anderen Ausführungsformen nicht der Fall sein muss.

[0150] Ein I2SRATE-Register kann ein Feld (z.B. ein 3-Bit-Feld) umfassen, mit dem die Slave-Knoten-I2S/TDM-Rate als ganzzahliges Vielfaches der Superrahmenrate ausgewählt ist, oder ist ein Bruchteil der Superrahmenrate. Das I2SRATE-Register kann auch ein REDUCE-Bit umfassen, mit dem der Umgang mit RX-Daten in einem Slave-Knoten **104** vergrößerter Rate gesteuert wird, indem Verringerung oder Duplikation von I2S/TDM-Daten festgenagelt werden, um die Superrahmenrate zu erreichen. Ein SHARE-Feld kann das Ermöglichen des Teilens von Datenslitzen auf dem Bus **106** erlauben.

[0151] Ein I2SRRCTL-Register kann Bit bereitstellen, mit denen es einer Verarbeitungsvorrichtung **1302** eines Knotens erlaubt wird, einen Vollratenrahmen zu verfolgen, der neue Abtastwerte verringertes Rate enthält. Setzen eines ENVLSB-Bit in dem I2SRRCTL-Register kann dazu führen, dass das niedrigstwertige Bit (LSB) jedes Datenkanals gesetzt ist, wenn ein neuer Abtastwert gesendet wird, und andernfalls gelöscht wird. Setzen

eines ENXBIT-Bit im I2SRRCTL-Register kann dazu führen, dass ein zusätzliches Bit nach dem LSB des Datenworts jedes Datenkanals benutzt wird. Dieses zusätzliche Bit kann gesetzt werden, wenn ein neuer Abtastwert gesendet wird, und andernfalls gelöscht werden. Bei einigen Ausführungsformen kann die Datenwortlänge kleiner als die Kanalbreiten sein (z.B. ein 24-Bit-Datenwort in einem 32-Bit-I2S-Kanal), und dieses zusätzliche Bit kann neue Abtastwerte angeben (während die übrigen Bit im Kanal immer noch fehlerhafte Daten angeben können). Setzen eines ENSTRB-Bit im I2SRRCTL-Register kann den ADR1-Pin als ein Strobe konfigurieren, das den Rahmen angibt, wo Daten verringerter Rate aktualisiert werden. Setzen eines ENCHAN-Bit im I2SRRCTL-Register kann für einen „Vollraten“-Knoten den Knoten dafür konfigurieren, einen zusätzlichen I2S/TDM-Datenkanal zu produzieren, um den Rahmen anzugeben, wo Daten reduzierter Rate aktualisiert werden.

[0152] Ein I2SRRSOFFS-Register kann Felder bereitstellen, die zum Bewegen der SYNC-Flanke in einem Slave-Knoten **104** verringerter Rate um Superrahmeninkremente verwendet werden. Das RRSOFFSET-Feld des I2SRRSOFFS-Register kann einen Wert speichern, der zum Bewegen der SYNC-Flanke eines Slave-Knotens **104** verringerter Rate zeitlich früher um eine Anzahl von Superrahmen verwendet wird. Mit diesem Register kann die Latenz von Daten verringerter Rate minimiert werden, die über den Bus **106** transferiert werden, wenn I2S/TDM RECEIVE-Daten mehr als einen Superrahmen **190** Zugriffszeit erfordern. Bei einigen Ausführungsformen kann in einem Slave-Knoten **104** verringerter Rate die aktive SYNC-Flanke zwei Superrahmen **190** auftreten, bevor die Daten zum Host **110** oder einem anderen Prozessor gesendet werden sollten. Setzen von RRSOFFSET auf N kann bewirken, dass die SYNC-Flanke N Superrahmen früher auftritt. Die Empfangsdaten können immer noch im selben Superrahmen **190** auf dem Bus **106** gesendet werden, ungeachtet des RRSOFFSET-Werts.

Übertragen von Hilfsstrom und Batteriestrom

[0153] Wie bereits besprochen, können die Slave-Knoten **104** lokal durch ihre eigene Energiequelle mit Strom versorgt werden und/oder können Strom aus dem Bus **106** extrahieren. Bei einigen Ausführungsformen kann ein Slave-Knoten **104** Hilfsausgangsstrom extrahieren, um einen Verstärker mit Strom zu versorgen, der als Peripherievorrichtung **108** mit dem Slave-Knoten **104** assoziiert ist, um genug Audio durch den Verstärker (und möglicherweise in Kombination mit anderen Verstärkern, die mit denselben oder anderen Slave-Knoten **104** verbunden sind) zu erzeugen, um Lautsprecher anzusteuern. Der Verstärker kann „intelligent“ sein (z.B. mit seiner eigenen digitalen Signalverarbeitungsfähigkeit) oder nicht (z.B. ohne digitale Signalverarbeitung).

[0154] Übertragen von Hilfsstrom über den Bus **106** kann besonders in Notfallsituationen vorteilhaft sein, bei denen die primäre lokale Stromquelle für einen Slave-Knoten **104** ausfällt; z.B. können in einem Fahrzeug immer noch Warnnachrichten oder andere Hinweise über das Audiosystem übertragen werden. Das Extrahieren von Hilfsstrom aus dem Bus **106** kann auch die Kosten eliminieren, die mit der Verbindung und Verdrahtung einer lokalen Stromquelle mit dem Slave-Knoten **104** (zum Beispiel in Assoziation mit einem aktiven Lautsprecher) assoziiert sind.

[0155] Außerdem kann bei Ausführungsformen, bei denen der Bus **106** Strom für die Slave-Knoten **104** liefert, der Bus **106** einen Strom bereitstellen, der lokale Stromspeicherung unterstützt (z.B. zum Laden einer oder mehrerer Batterien, Kondensatoren, Superkondensatoren) und dadurch zusätzliche lokale oder Phantomstromversorgung zur Versorgung einer mit einem Slave-Knoten **104** assoziierten Peripherievorrichtung **108** (z.B. eines Audioverstärkers) weniger notwendig oder überflüssig macht. Bei einigen Ausführungsformen kann man mit dem begrenzten aus dem Bus **106** kommenden Strom einen Slave-Knoten **106** speisen, der eine lokale Energiespeichervorrichtung aufweist, wobei die Energiespeichervorrichtung in Zeiten der Spitzenstromanforderung die notwendige Energie liefert, während sie zu Zeiten mit geringer Stromanforderung geladen wird. Dies kann besonders vorteilhaft sein, wenn es auf Audiosignale mit hohem Scheitelfaktor angewandt wird. Bei einigen Ausführungsformen kann eine lokale Batterie auch in lokal mit Strom versorgten Slave-Knoten **104** nützlich sein (z.B. zum Verringern der Drahtstärke für die lokale Stromversorgung).

[0156] Fig. 15 ist eine Blockdarstellung einer Anordnung **1500**, in der ein Slave-Knoten **104** mit einer Energiespeichervorrichtung **1502** und einer Peripherievorrichtung **108** (z.B. einem Lautsprecher) gekoppelt ist. Bei einigen Ausführungsformen kann der Slave-Knoten **104** Strom aus dem Bus **106** extrahieren (wie z.B. oben mit Bezug auf Fig. 1 und Fig. 2 besprochen) und kann diesen Strom mindestens teilweise zum Speichern von Energie in der Energiespeichervorrichtung **1502** verwenden. Die Energiespeichervorrichtung **1502** kann eine beliebige geeignete Energiespeichervorrichtung umfassen, wie etwa einen Kondensator oder eine Batterie. Insbesondere kann der (nicht gezeigte) Knotensendeempfänger **120** des Slave-Knotens **104** Stromversorgungsschaltkreise **1314** zum Empfangen einer Vorspannung über den Bus **106** und zum Bereitstellen von Energie aus der Vorspannung für die Energiespeichervorrichtung **1502** umfassen. Der Slave-Knoten **104** kann

die Energiespeichervorrichtung **1502** selektiv benutzen, um den Lautsprecher **108** anzusteuern. Bei einigen Ausführungsformen kann der Slave-Knoten **104** die Energiespeichervorrichtung **1502** selektiv verwenden, um Stromversorgung auf den Bus **106** zu legen, um einem anderen Slave-Knoten **104** Strom bereitzustellen. Die Energiespeichervorrichtung **1502** kann an einen Verstärker, einen Sendeempfänger und/oder andere Komponenten oder Peripherievorrichtungen **108** (z.B. einen digitalen Signalprozessor, ADC, DAC, Batterieverwaltungsschaltkreise usw.) angeschlossen werden.

Knoten mit sowohl einem Lautsprecher als auch einem Mikrofon als Peripherievorrichtungen

[0157] Bei einigen Ausführungsformen kann ein Slave-Knoten **104** mit einem Lautsprecher als Peripherievorrichtung **108** (zum größten Teil unter Verwendung von Downstream-Kommunikation), einem Mikrofon als Peripherievorrichtung **108** (zum größten Teil unter Verwendung von Upstream-Kommunikation) oder einer Kombination von einem Lautsprecher und einem Mikrofon (unter Verwendung sowohl von Upstream- als auch von Downstream-Kommunikation, so wie es durch den Bus **106** unterstützt wird) assoziiert sein. Die Anzahl der Lautsprecher und Mikrofone für einen Slave-Knoten **104** kann abhängig von der Anwendung unterschiedlich sein und kann eine beliebige geeignete Kombination sein. Es wird hier eine Anzahl von Beispielen für Slave-Knoten **104** besprochen, die sowohl mit Lautsprechern als auch Mikrofonen als Peripherievorrichtungen assoziiert sind. Bei einigen dieser Ausführungsformen können Peripherievorrichtungs-Kommunikationsschaltkreise (wie etwa der I2S/TDM/PDM-Sendeempfänger **127**, der I2C-Sendeempfänger **129** oder ein oder mehrere GPIO-Pins mit Interrupt-Anforderungsfähigkeit) eines Knotensendeempfängers **120** eines Slave-Knotens **104** mit mindestens einem Lautsprecher und mindestens einem Mikrofon kommunizieren. Der Host **110** kann (über den Master-Knoten **102**) Daten auf den Bus **106** pushen, um mit diesen Vorrichtungen zu kommunizieren und/oder (über den Master-Knoten **102**) Daten von dem Bus **106** von diesen Vorrichtungen zu empfangen.

Erfassung in Kollisionen

[0158] Bei einigen Ausführungsformen, bei denen das System **100** in einem Fahrzeug enthalten ist, kann der Bus **106** ein digitales Netzwerk als Hilfe zum Verständnis von Fahrzeugintegrität und Schwere eines Unfalls während Kollisionen bereitstellen. Mit Mikrofonen und/oder anderen Sensoren (die in der Peripherievorrichtung **108** enthalten sind) kann man den Zustand der Umgebung in der Nähe des zugeordneten Slave-Knotens **104** erfassen, und die erfassten Informationen können upstream oder downstream zu einer Anwendung gesendet werden, die Informationen in Bezug auf die Sicherheit und Integrität des Fahrzeugs sammeln möchte. Beispiele für andere Erfassungen wären unter anderem Ultraschallsensoren, visuelle Sensoren oder elektromechanische Sensoren (z.B. Beschleunigungsmesser und Kreisel).

Konferenzsysteme

[0159] Bei einigen Ausführungsformen kann das System **100** durch ein Mikrofon, das mit einem Slave-Knoten **104** (oder mehreren Slave-Knoten **106**) assoziiert ist, abgetastetes Audio an einen Lautsprecher verteilen, der mit einem anderen Slave-Knoten **104** (oder mehreren anderen Slave-Knoten **104**) assoziiert ist. Zum Beispiel kann der Bus **106** beschaffte lokale Mikrofoninformationen in der Nähe eines Fahrzeugs (z.B. Autos, Limousinen, Busse, Minivans, Flugzeuge usw.) verteilen, so dass Audiokommunikation zwischen Passagier und Fahrer, Fahrer zu Rücksitz oder zwischen einem beliebigen Paar von Orten bereitgestellt werden kann. Einige Ausführungsformen des Systems **100** können durch ein mit einem beliebigen der Slave-Knoten **104** assoziiertes Mikrofon abgetastetes Audio zu vielen anderen Slave-Knoten **104** in einem durch den Bus **106** bereitgestellten Audionetzwerk rundsenden. Der Bus **106** kann auch beliebige andere Daten zwischen zwei beliebigen geeigneten Punkten (z.B. Nachrichten, Daten-Dateien, Inhaltsströme usw.) übertragen.

[0160] Bei einigen Ausführungsformen kann ein Slave-Knoten **104** Peripherievorrichtungs-Kommunikationsschaltkreise (wie etwa den I2S/TDM/PDM-Sendeempfänger **127**, den I2C-Sendeempfänger **129** des Knotensendeempfängers **120** oder einen oder mehrere GPIO-Pins mit Interrupt-Anforderungsfähigkeit) zur Kommunikation mit einem Mikrofon und ein Konferenzschaltungs-Benutzeroberflächenelement (z.B. als Peripherievorrichtungen **108**) umfassen. Ein Benutzer kann das Konferenzschaltungs-Benutzeroberflächenelement betätigen, wenn der Benutzer Audio vom Mikrofon einer anderen mit dem Bus **106** gekoppelten Vorrichtung bereitstellen möchte. Das Konferenzschaltungs-Benutzeroberflächenelement kann zum Beispiel eine Schaltfläche, eine Gestenerkennungsvorrichtung, ein Mikrofon (z.B. gekoppelt mit einer Verarbeitungsvorrichtung, die Spracherkennungsaufgaben ausführen kann, um Befehle zum Beginnen und Enden einer Konferenzschaltung) oder ein designierter Teil einer Touchscreen-Anzeige sein. Bei Betätigung des Konferenzschaltungs-Benutzeroberflächenelements durch einen Benutzer kann der Slave-Knoten **104** Daten vom Mikrofon upstream und/oder downstream auf dem Bus **104** zum Empfang und/oder zur Wiedergabe durch eine oder mehrere

andere Vorrichtungen (z.B. Knoten oder den Host **110**) bereitstellen. Bei einigen Ausführungsformen kann der Host **110** die Mikrofondaten empfangen und sie zur Wiedergabe zu einem anderen Slave-Knoten **104** auf dem Bus **106** routen. Der Slave-Knoten **104** kann auch Routen von Daten als Reaktion auf Betätigung des Konferenzschaltungs-Benutzeroberflächenelements bereitstellen, um die Quelle der Mikrofondaten und/oder das gewünschte Ziel bzw. die gewünschten Ziele für die Mikrofondaten anzugeben.

[0161] Zum Beispiel zeigt **Fig. 16** eine Anordnung **1600** eines Hosts **110**, eines Master-Knotens **102** und zweier Slave-Knoten **104** und ihrer zugeordneten Peripherievorrichtungen **108** zusammen mit einem Flussdiagramm eines Verfahrens **1602**, das durch den Host **110** der Anordnung **1600** ausgeführt werden kann, um selektiv Audio in der Anordnung **1600** umher zu routen. In der Anordnung **1600** kann ein Slave-Knoten **0** mit einem einzelnen Lautsprecher assoziiert sein, während der Slave-Knoten **1** mit einem Lautsprecher, einem Mikrofon und einer Schaltfläche assoziiert sein kann, die als das oben besprochene Konferenzschaltungs-Benutzeroberflächenelement wirkt. Das Verfahren **1602** kann einen „hostzentrischen“ Ansatz zum Routen von Daten in der Anordnung **1600** repräsentieren.

[0162] In **1604** kann der Host **110** dem Slave-Knoten **0** Musik **0** bereitstellen. Die Musik **0** repräsentiert einen beliebigen gewünschten Datenstrom, der während „nominalen“ Betriebs zu dem Slave-Knoten **0** geroutet wird. Bei einigen Ausführungsformen kann die Musik **0** Videodaten, Sprachdaten oder beliebige andere geeignete Daten sein. Der Host **110** kann die Musik **0** in **1604** über den Bus **106** dem Slave-Knoten **0** über den Master-Knoten **102** unter Verwendung beliebiger der hier offenbarten Busprotokolle bereitstellen.

[0163] In **1606** kann der Host **110** dem Slave-Knoten **1** Musik **1** bereitstellen. Die Musik **1** repräsentiert einen beliebigen gewünschten Datenstrom, der während „nominalen“ Betriebs zu dem Slave-Knoten **1** geroutet wird. Bei einigen Ausführungsformen kann die Musik **1** Videodaten, Sprachdaten oder beliebige andere geeignete Daten sein. Der Host **110** kann die Musik **1** in **1606** über den Bus **106** dem Slave-Knoten **1** über den Master-Knoten **102** unter Verwendung beliebiger der hier offenbarten Busprotokolle bereitstellen.

[0164] In **1608** kann der Host **110** Schaltflächendaten von dem Slave-Knoten **1** empfangen. Die Schaltflächendaten können einen Zustand der Schaltfläche angeben (z.B. ob die Schaltfläche durch einen Benutzer gedrückt wurde). Der Host **110** kann über den Bus **106** Schaltflächendaten von dem Slave-Knoten **1** in **1608** über den Master-Knoten **102** unter Verwendung beliebiger der hier offenbarten Busprotokolle empfangen.

[0165] In **1610** kann der Host **110** Mikrofondaten von dem Slave-Knoten **1** empfangen. Die Mikrofondaten können Audiodaten sein, die durch das Mikrofon erfasst werden, das mit dem Slave-Knoten **1** als Peripherievorrichtung **108** assoziiert ist. Der Host **110** kann Mikrofondaten von dem Slave-Knoten **1** in **1610** über den Bus **106** über den Master-Knoten **102** unter Verwendung beliebiger der hier offenbarten Busprotokolle empfangen.

[0166] In **1612** kann der Host **110** bestimmen, ob die in **1608** empfangenen Schaltflächendaten angeben, dass die Schaltfläche von einem Benutzer gedrückt wurde. Wenn der Host **110** in **1612** bestimmt, dass die Schaltfläche nicht gedrückt wurde, kann der Host **110** zu **1604** zurückkehren und weiter dem Slave-Knoten **0** Musik **0** bereitstellen.

[0167] Wenn der Host **110** in **1612** bestimmt, dass die Schaltfläche gedrückt wurde, kann der Host **110** zu **1614** voranschreiten und die Mikrofondaten von dem Slave-Knoten **1** dem Slave-Knoten **0** bereitstellen. Der Host **110** kann die Mikrofondaten dem Slave-Knoten **1** anstelle der Musik **1** bereitstellen, wobei die Musik **1** für die Mikrofondaten unterbrochen wird. Der Slave-Knoten **1** kann die Mikrofondaten seinem assoziierten Lautsprecher bereitstellen, um somit das durch das Mikrofon, das mit Slave-Knoten **1** assoziiert ist, gesammelte Audio dem Lautsprecher bereitzustellen, der mit Slave-Knoten **0** assoziiert ist. Der Host **110** kann die Mikrofondaten über den Bus **106** dem Slave-Knoten **1** in **1614** über den Master-Knoten **102** unter Verwendung beliebiger der hier offenbarten Busprotokolle bereitstellen.

[0168] In **1616** kann der Host **110** das Bereitstellen von Musik **1** für den Slave-Knoten **1** beenden (um den Lautsprecher, der mit Slave-Knoten **1** assoziiert ist, rückzustellen, während das mit dem Slave-Knoten **1** assoziierte Mikrofon seine Daten zu anderen Vorrichtungen auf dem Bus sendet) und kann dann zu **1612** zurückkehren, um zu bestimmen, ob die Schaltfläche immer noch gedrückt ist. Bei einigen Ausführungsformen kann der Host **110** die Lautstärke der Musik **1** in **1616** verringern, statt ihre Bereitstellung zu beenden. Bei einigen Ausführungsformen kann der Host **110** die Lautstärke der Musik **1** in **1616** stummschalten, statt ihre Bereitstellung zu beenden.

[0169] Fig. 17 ist ein Flussdiagramm eines Verfahrens **1700**, das durch den Slave-Knoten 0 der Anordnung **1600** von Fig. 16 während des selektiven Routens von Audio um die Anordnung **1500** ausgeführt werden kann, gemäß verschiedenen Ausführungsformen. Das Verfahren **1700** kann einen „Slave-zentrischen“ Ansatz zum Routen von Daten in der Anordnung **1600** repräsentieren.

[0170] In **1702** kann der Slave-Knoten 0 Musik 0 vom Host **110** empfangen. Wie oben mit Bezug auf **1604** besprochen, repräsentiert die Musik 0 einen beliebigen gewünschten Datenstrom, der während des „nominalen“ Betriebs zu dem Slave-Knoten 0 geroutet wird. Bei einigen Ausführungsformen kann die Musik 0 Videodaten, Sprachdaten oder beliebige andere geeignete Daten sein. Der Host **110** kann dem Slave-Knoten 0 in **1702** über den Bus **106** die Musik 0 über den Master-Knoten **102** unter Verwendung beliebiger der hier offenbarten Busprotokolle bereitstellen.

[0171] In **1704** kann der Slave-Knoten 0 die Musik 0 dem Lautsprecher bereitstellen, der als Peripherievorrichtung **108** mit dem Slave-Knoten 0 assoziiert ist. Als Reaktion kann der Lautsprecher die Musik 0 als hörbares Signal ausgeben.

[0172] In **1706** kann der Slave-Knoten 0 Schaltflächendaten von dem Slave-Knoten 1 empfangen. Die Schaltflächendaten können einen Zustand der mit dem Slave-Knoten 1 assoziierten Schaltfläche angeben (z.B. ob die Schaltfläche durch einen Benutzer gedrückt wurde). Bei einigen Ausführungsformen kann der Slave-Knoten 0 die Schaltflächendaten direkt über den Bus **106** von dem Slave-Knoten 1 empfangen (z.B. ohne dass die Daten zuerst den Master-Knoten **102** durchlaufen müssen). Bei einigen Ausführungsformen kann der Slave-Knoten 0 die Schaltflächendaten über den Master-Knoten **102** und/oder über den Host **110** von dem Slave-Knoten 1 empfangen. Im Allgemeinen kann der Slave-Knoten 0 in **1706** unter Verwendung beliebiger der hier offenbarten Busprotokolle Schaltflächendaten von dem Slave-Knoten 1 empfangen.

[0173] In **1708** kann der Slave-Knoten 0 Mikrofondaten von dem Slave-Knoten 1 empfangen. Die Mikrofondaten können Audiodaten sein, die durch das Mikrofon erfasst werden, das als Peripherievorrichtung **108** mit dem Slave-Knoten 1 assoziiert ist. Bei einigen Ausführungsformen kann der Slave-Knoten 0 die Mikrofondaten direkt über den Bus **106** von dem Slave-Knoten 1 empfangen (z.B. ohne dass die Daten zuerst den Master-Knoten **102** durchlaufen müssen). Bei einigen Ausführungsformen kann der Slave-Knoten 0 die Mikrofondaten über den Master-Knoten **102** und/oder über den Host **110** von dem Slave-Knoten 1 empfangen. Im Allgemeinen kann der Slave-Knoten 0 in **1708** unter Verwendung beliebiger der hier offenbarten Busprotokolle Mikrofondaten von dem Slave-Knoten 1 empfangen.

[0174] In **1710** kann der Slave-Knoten 0 bestimmen, ob die in **1706** empfangenen Schaltflächendaten angeben, dass die Schaltfläche von einem Benutzer gedrückt wurde. Wenn der Slave-Knoten 0 in **1710** bestimmt, dass die Schaltfläche nicht gedrückt wurde, kann der Slave-Knoten 0 zu **1702** zurückkehren und weiter die Musik 0 von dem Host **110** empfangen.

[0175] Wenn der Slave-Knoten 0 in **1710** bestimmt, dass die Schaltfläche gedrückt wurde, kann der Slave-Knoten 0 zu **1712** voranschreiten und die Mikrofondaten dem Lautsprecher bereitstellen, der mit dem Slave-Knoten 0 assoziiert ist. Der Slave-Knoten 0 kann die Mikrofondaten dem Lautsprecher anstelle der Musik 0 bereitstellen und die Musik für die Mikrofondaten unterbrechen. Der Slave-Knoten 0 kann dann zu **1710** zurückkehren, um zu bestimmen, ob die Schaltfläche immer noch gedrückt wird.

Routen von Sprachanrufen

[0176] Bei einigen Ausführungsformen kann das System **100** ein digitales Audionetzwerk zum Routen ankommender und abgehender Sprachanrufe von einem einzigen Empfänger bereitstellen (z.B. Umherrouten von Anrufen zwischen verschiedenen Positionen in einem Fahrzeug). Durch wirksames Einsetzen der Downstream- und Upstream-Kanäle mit niedriger Latenz können qualitativ hochwertige Sprachanrufe auf vielerlei Weise in einem Fahrzeug umhergeroutet werden.

[0177] Bei einigen Ausführungsformen kann ein Slave-Knoten **104** Peripherievorrichtungs-Kommunikationsschaltkreise (wie etwa den I2S/TDM/PDM-Sendeempfänger **127**, den I2C-Sendeempfänger **129** des Knotensendeempfängers **120** oder einen oder mehrere GPIO-Pins mit Interrupt-Anforderungsfähigkeit), die mit einem drahtlosen Sendempfänger als Peripherievorrichtung **108** gekoppelt sind, umfassen. Der drahtlose Sendempfänger kann Sprachanrufe empfangen und der Slave-Knoten **104** kann die Sprachanrufe repräsentierende Daten (z.B. upstream oder downstream) auf den Bus **106** legen.

[0178] Zum Beispiel zeigt **Fig. 18** eine Ausführungsform des Systems **100**, bei der ein drahtloser Sendeempfänger in der mit dem Slave-Knoten 1 assoziierten Peripherievorrichtung **108** enthalten ist. Der Slave-Knoten 1 kann Sprachanrufdaten von dem drahtlosen Sendeempfänger empfangen und kann sie anderen Vorrichtungen im System **100** (upstream und/oder downstream) gemäß beliebigen der hier offenbarten Busprotokolle bereitstellen. Der Slave-Knoten 1 kann Daten auch von beliebigen anderen Vorrichtungen im System **100** empfangen und sie zur Aufnahme in eine abgehende Sprachübertragung gemäß beliebigen der hier offenbarten Busprotokolle dem drahtlosen Sendeempfänger bereitstellen.

[0179] In einem anderen Beispiel zeigt **Fig. 19** eine Ausführungsform des Systems **100**, bei der ein drahtloser Sendeempfänger **1902** (z.B. unter Verwendung eines beliebigen geeigneten Kommunikationsprotokolls) mit dem Host **110** gekoppelt ist. Der Host **110** kann Daten von dem drahtlosen Sendeempfänger **1902** empfangen und sie gemäß beliebigen der hier offenbarten Busprotokolle anderen Vorrichtungen im System **100** bereitstellen. Der Host **110** kann Daten auch von beliebigen der anderen Vorrichtungen im System **100** empfangen und sie gemäß beliebigen der hier offenbarten Busprotokolle zur Aufnahme in eine abgehende Sprachübertragung dem drahtlosen Sendeempfänger **1902** bereitstellen.

Kommunikationsempfänger und -sender

[0180] Wie oben mit Bezug auf drahtlose Sendeempfänger von Sprachanrufen besprochen, kann anstelle von oder zusätzlich zu dem Bereitstellen von Lautsprechern und Mikrofonen als Peripherievorrichtungen **108** für Slave-Knoten **104**, die mit dem Bus **106** verbunden sind, ein Slave-Knoten **104** auch als Peripherievorrichtung **108** mit einem oder mehreren Kommunikationssendeempfängern assoziiert werden. Beispiele für solche Sendeempfänger wären Bluetooth-Module, Nahfeldsendeempfänger, drahtlose Internet-Sendeempfänger, Ethernet-Sendeempfänger, EAVB-Sendeempfänger (Ethernet Audio Video Bridging), Sendeempfänger, die zum Übertragen von Daten in IoT-Anwendungen (Internet of Things) verwendet werden, usw. Das System **100** kann effektiv eine Bitübertragungsschicht-Kommunikationsstrecke bereitstellen, die den Bus **106** erweitert, um nicht nur Downstream- und Upstream-Audiokommunikation bereitzustellen, sondern auch Streaming-Kommunikation. Audio, Video und beliebige geeignete Informationen können unter Verwendung des Busses synchron übertragen werden (wobei Daten gleichzeitig mit Audio-I2S/TDM, I2C, IRQ, usw. gleichzeitig übertragen werden, wie oben mit Bezug auf den I2S/TDM/PDM-Sendeempfänger **127** und den I2C-Sendeempfänger **129** besprochen). Diese Funktionalität kann besonders zum Abliefern und Empfangen von zeitcodierten Medien vorteilhaft sein, oder in Anwendungen, bei denen Timing zwischen verschiedenen Datenströmen wichtig ist. Die oben mit Bezug auf **Fig. 18** und **Fig. 19** besprochenen Ausführungsformen können auch für beliebige geeignete Kommunikationsempfänger und -sender gelten.

[0181] Zum Beispiel kann bei einigen Ausführungsformen ein mit dem Slave-Knoten **104** assoziiertes Bluetooth-Modul mit einer mobilen Vorrichtung kommunizieren, um Signale über Bluetooth zu dem Bus **106** (z.B. zu einem Slave-Knoten **104** oder dem Master-Knoten **102**) zu senden, so dass das Signal an andere Vorrichtungen im System **100** abgeliefert werden kann (z.B. kann ein Audiosignal durch Lautsprecher wiedergegeben werden, die mit den Slave-Knoten **104** assoziiert sind, die mit dem Bus **106** verbunden sind). Allgemeiner können die hier offenbarten Busprotokolle als Brücke zu anderen Kommunikationssystemen und/oder zum Überbrücken mehrerer Kommunikationssysteme verwendet werden.

Routen von Inhalt

[0182] Bei einigen Ausführungsformen kann das System **100** ein digitales Audionetzwerk bereitstellen, das Übertragung von Audioinhalten lokal zu einem beliebigen oder mehreren der Slave-Knoten **104** erlaubt. Zum Beispiel kann das System **100** dafür ausgelegt sein, selektiv Audio zu verschiedenen Teilen des digitalen Audionetzwerks (z.B. hinteren Kanälen, vorderen Kanälen, einem Lautsprecher an einem bestimmten Sitz des Fahrzeugs usw.) zu routen. Beispiele für diese Funktionalität wurden oben mit Bezug auf **Fig. 16** und **Fig. 17** besprochen. Zusätzlich zu Audio kann ein solches selektives Routen auf eine beliebige andere Art von Streaming-Inhalt angewandt werden.

[0183] Bei einigen Ausführungsformen kann die durch das System **100** ermöglichte Kommunikation zwischen Knoten verwendet werden, um Audiosignale von vielen in den Peripherievorrichtungen **108** enthaltenen Mikrofonen zu sammeln, um Übersprechen und/oder Echo in dem durch das System **100** implementierten digitalen verteilten Audionetzwerk zu vermeiden. Insbesondere können verschiedene Slave-Knoten **104** auf dem Bus **106** die auf dem Bus **106** übertragenen Audiosignale kennen und können ihre Audioausgabe als Reaktion kompensieren. Wie oben mit Bezug auf **Fig. 16** und **Fig. 17** angegeben, können Steuerentscheidungen darüber, wie mehrere Audioquellen ordnungsgemäß zu kompensieren sind, auf verteilte Weise (z.B. durch

Verarbeitungsvorrichtungen **1302**, die in einem oder mehreren der Slave-Knoten **104** enthalten sind) oder auf zentralisierte Weise (z.B. durch Verarbeitungsvorrichtungen **1302**, die in dem Master-Knoten **102** oder dem Host **110** enthalten sind) getroffen werden.

Strahlformung

[0184] Bei einigen Ausführungsformen kann die Fähigkeit des Systems **100**, synchronen Audioinhalte an mehrere Slave-Knoten **104** auf dem Bus **106** abzuliefern und von diesem zu sammeln, Strahlformungsanwendungen unterstützen. Solche Anwendungen können Detektieren, wo sich ein Lautsprecher befindet, und/oder Bilden eines Strahls zur Sicherstellung, dass ausgegebenes Audio auf einem bestimmten Bereich fokussiert ist (aber mit verringerter oder keiner Hörbarkeit außerhalb des Bereichs) umfassen. Beliebige geeignete Anwendungen für fokussiertes Senden oder Empfangen von Audio können das System **100** auch wirksam einsetzen.

Konnektivität für Mikrofone

[0185] Bei einigen Ausführungsformen kann man mit dem System **100** eine digitale Mikrofonverbindung bereitstellen, die mit existierenden analogen Mikrofonen, Verbindern und Vorverstärkern kompatibel ist und unter Verwendung von standardmäßiger abgeschirmter Dreileiter-Mikrofonverkabelung arbeitet.

[0186] Es sind vorherige Versuche unternommen worden, digitale Mikrofone für professionelles Audio und Beschallung einzuführen. Bei diesen Versuchen wurde das Audiosignal direkt in der Kapsel von analog in digital umgesetzt und dann digital übertragen. Dieser Ansatz erfordert angepasste Mikrofone, spezielle digitale Verkabelung und digitale Empfänger und war somit nicht mit dem Rest des Ökosystems von professionellem Audio kompatibel.

[0187] Mit dem System **100** kann man ein digitales Verbindungssystem bereitstellen, indem ein in einem standardmäßigen positiven XLR-Verbinder eines Mikrofons (oder einem anderen mit einem Mikrofon verbundenen Gehäuse) enthaltender ADC unter Verwendung des Knotensendeempfängers **120** mit dem Bus **106** verbunden wird. Der ADC kann direkt mit dem Ausgang eines beliebigen existierenden analogen dynamischen, Electret- oder Kondensatormikrofons gekoppelt werden und kann über standardmäßige Mikrofon-„Phantom Power“ von 48 V mit Strom versorgt werden. Der ADC kann das analoge Mikrofonsignal in ein digitales Signal umsetzen, und dieses digitale Signal kann (über den Knotensendeempfänger **120**) unter Verwendung von Standard-Mikrofonverkabelung über den Bus **106** übertragen werden. Bei den meisten Ausführungsformen können für Kommunikation über den Bus **106** die charakteristischen Hochfrequenzsignale auf einer gemeinsamen Menge von Leitern mit dem analogen Mikrofonsignal niedrigerer Frequenz kombiniert werden, ohne dass sie sich stören, so dass beide auf demselben Kabel übertragen und ohne Weiteres je nach Wunsch getrennt werden können. Da der Bus **106** aus Zweidrahtverbindungen gebildet ist, kann eine Verbindung durch Standard-Mikrofonverkabelung bereitgestellt werden, und weil Kommunikation über den Bus **106** typischerweise mit einer viel höheren Frequenz als Standard-Audio durchgeführt wird, können Übermittlungen über den Bus **106** auf der Mikrofonverkabelung für Rückwärts-/Vorwärtskompatibilität mit dem existierenden analogen Mikrofonsignal kombiniert werden.

[0188] Am Empfangsende eines Mikrofons kann eine Anzahl verschiedener Verbindungsanordnungen verwendet werden. Bei einigen Ausführungsformen kann ein Verbindungselement den Knotensendeempfänger **120** und eine digitale Ausgabe umfassen, die zur Verbindung mit einer Audioempfangsvorrichtung (z.B. einem Mischer oder einer Audioeingabevorrichtung) in ein standardmäßiges S/PDIF-, AES/EBU-, AES42- oder anderes digitales Format umgesetzt werden kann. Bei einigen Ausführungsformen kann ein Verbindungselement auch den Knotensendeempfänger und ein DAC umfassen und kann ein analoges Signal zu dem Standard-Mikrofoneingang senden. Zu Vorteilen eines solchen Ansatzes können die Verwendung einer rauschärmeren digitalen Verbindung anstelle einer analogen Verbindung gehören. Bei einigen Ausführungsformen kann ein Verbindungselement an einen analogen Mikrofoneingang angeschlossen werden, wobei das über den Knotensendeempfänger **120** übertragene Signal außerhalb des Audiobands ist und somit mit analogen Geräten rückwärtskompatibel ist. Bei einigen Ausführungsformen kann ein Verbindungselement eine zweifache Empfängerverbindung sowohl für die digitale Ausgabe als auch das analoge Signal umfassen, wodurch ein Benutzer die Möglichkeit erhält, für verschiedene Anwendungen zwischen dem digitalen Signal und dem analogen Signal auszuwählen (z.B. dem Analogsignal für einen sekundären Vorverstärker und Umsetzung).

[0189] Bei einigen Ausführungsformen könnten der Knotensendeempfänger **120** und ein DAC direkt in einen XLR-Verbinder oder eine Verbindungsbox mit Stromversorgung durch „Phantom Power“ von 48 V eingebaut

werden. Die gesamte Anordnung könnte ein Standard-Mikrofonkabel umfassen, wobei sich der Knotensendeempfänger **120** und Umsetzer in den Mikrofonverbindern befinden.

[0190] Diese Ausführungsformen können auf mehrere Mikrofoneinstellungen angewandt und verwendet werden, um eine „Digital-Snake“ zu erzeugen. Bei solchen Ausführungsformen können mehrere Mikrofonsignale (entweder analog oder digital) kombiniert und über ein Standard-Mikrofonkabel über den Bus **106** übertragen werden, ohne dass irgendein großer Mehrfachleiter oder spezialisierte digitale Verkabelung erforderlich ist. Am Empfangsende kann ein Knotensendeempfänger **120** jeden Audioeingangskanal zur Verbindung mit Standard-Audiohardware wie oben besprochen trennen.

[0191] Fig. 20–Fig. 23 zeigen beispielhafte Anordnungen eines Mikrofons **2002**, eines Mikrofonkabels **2010** und einer Audioempfangsvorrichtung **2020**, die in dem System **100** enthalten sein können, gemäß verschiedenen Ausführungsformen. In jeder dieser Anordnungen weist ein Mikrofon **2002** einen Kabelverbinder **2004** auf. Das Mikrofonkabel **2010** weist einen ersten Verbinder **2006** zur Kopplung mit dem Kabelverbinder **2004** und einen zweiten Verbinder **2012** zur Kopplung mit der Audioempfangsvorrichtung **2020** auf. Ein oder mehrere Leiter koppeln den ersten Verbinder **2006** und den zweiten Verbinder **2012** zur Übertragung von Daten zwischen ihnen. Der eine oder die mehreren Leiter können zum Beispiel Standard-Mikrofonverkabelung sein. Die Audioempfangsvorrichtung **2020** kann einen Kabelverbinder **2018** zur Kopplung mit dem zweiten Verbinder **2012** des Mikrofonkabels **2010** aufweisen. Bei einigen Ausführungsformen können der Kabelverbinder **2004**, der erste Verbinder **2006**, der zweite Verbinder **2012** und der Kabelverbinder **2018** XLR-Verbinder sein oder eine beliebige andere geeignete Geometrie aufweisen.

[0192] Fig. 20 zeigt eine Anordnung **2000**, bei der ein ADC **2008** in oder nahe dem ersten Verbinder **2006** angeordnet ist und eine digitale Ausgabe aus dem analogen Mikrofonsignal erzeugt, die einem in oder nahe dem zweiten Verbinder **2012** angeordneten Knotensendeempfänger **120** zugeführt wird. Die Ausgabe des Knotensendeempfängers **120** kann vier Drähte umfassen, die Upstream-Signale zur Übertragung auf einem Upstream-Paar der vier Drähte und/oder Downstream-Signale zur Übertragung auf einem Downstream-Paar der vier Drähte bereitstellen. Die digitale Ausgabe des ADC **2008** kann parallel zur Ausgabe des Knotensendeempfängers **120** (z.B. auf seinem eigenen Draht oder seinen eigenen Drähten) bereitgestellt werden. Der Kabelverbinder **2018** der Audioempfangsvorrichtung **2020** kann die vier Drähte, die die Ausgabe des Knotensendeempfängers **120** übermitteln, empfangen und diese Signale auf diesen vier Drähten zum Bus **106** routen und kann die Drähte, die die digitale Ausgabe des ADC **2008** übermitteln, empfangen und diese digitale Ausgabe zu einem beliebigen geeigneten digitalen Audioeingang routen.

[0193] Fig. 21 zeigt eine Anordnung **2100**, bei der ein ADC **2008** in oder nahe dem ersten Verbinder **2006** angeordnet ist und eine digitale Ausgabe aus dem analogen Mikrofonsignal erzeugt. Diese digitale Ausgabe wird einem Knotensendeempfänger **120** zugeführt, der in oder nahe dem zweiten Verbinder **2012** angeordnet ist. Wie oben mit Bezug auf Fig. 20 besprochen, kann die Ausgabe des Knotensendeempfängers **120** vier Drähte umfassen, die Upstream-Signale zur Übertragung auf einem Upstream-Paar der vier Drähte und/oder Downstream-Signale zur Übertragung auf einem Downstream-Paar der vier Drähte bereitstellen. Die digitale Ausgabe des ADC **2008** kann parallel einem DAC **2016** zugeführt werden, der in oder nahe dem zweiten Verbinder **2012** angeordnet ist. Die analoge Ausgabe des DAC **2016** kann parallel dem Ausgang des Knotensendeempfängers **120** zugeführt werden (z.B. auf seinem eigenen Draht oder seinen eigenen Drähten). Der Kabelverbinder **2018** der Audioempfangsvorrichtung **2020** kann die vier Drähte, die die Ausgabe des Knotensendeempfängers **120** übermitteln, empfangen und die Signale auf diesen vier Drähten zum Bus **106** routen und kann die Drähte, die die analoge Ausgabe des DAC **2016** übermitteln, empfangen und diese analoge Ausgabe zu einem beliebigen geeigneten analogen Audioeingang routen.

[0194] Fig. 22 zeigt eine Anordnung **2200**, bei der ein ADC **2008** in oder nahe dem ersten Verbinder **2006** angeordnet ist und eine digitale Ausgabe aus dem analogen Mikrofonsignal erzeugt, die einem Knotensendeempfänger **120** zugeführt wird, der auch in oder nahe dem ersten Verbinder **2006** angeordnet ist. Die Ausgabe des Knotensendeempfängers **120** kann vier Drähte umfassen, die Upstream-Signale zur Übertragung auf einem Upstream-Paar der vier Drähte und/oder Downstream-Signale zur Übertragung auf einem Downstream-Paar der vier Drähte bereitstellen. Die analoge Ausgabe des Mikrofons **2002** kann mit der Ausgabe des Knotensendeempfängers **120** kombiniert werden (z.B. auf einem gemeinsamen Satz von mindestens vier Drähten). Der Kabelverbinder **2018** der Audioempfangsvorrichtung **2020** kann die vier Drähte, die die Ausgabe des Knotensendeempfängers **120**, kombiniert mit der analogen Ausgabe des Mikrofons **2002**, übermitteln, empfangen und diese vier Drähte zu dem Bus **106** und zu einem beliebigen geeigneten analogen Audioeingang routen. Wie oben besprochen können, da sich die über den Bus **106** übermittelten Signale im Allgemeinen bezüglich Frequenz nicht mit analogen Audiosignalen überlappen, die Signale auf demselben Satz von Leitern

übertragen und die gewünschten Signale extrahiert werden (z.B. durch Filtern oder durch die Unfähigkeit der letztendlichen Empfangsvorrichtung, Signale in dem anderen Frequenzband zu erkennen).

[0195] Fig. 23 zeigt eine Anordnung **2300**, bei der ein ADC **2008** in oder nahe dem ersten Verbinder **2006** angeordnet ist und eine digitale Ausgabe aus dem analogen Mikrofonsignal erzeugt. Diese digitale Ausgabe wird einem Knotensendeempfänger **120** zugeführt, der in oder nahe dem zweiten Verbinder **2012** angeordnet ist. Wie oben mit Bezug auf Fig. 20 besprochen, kann die Ausgabe des Knotensendeempfängers **120** vier Drähte umfassen, die Upstream-Signale zur Übertragung auf einem Upstream-Paar der vier Drähte und/oder Downstream-Signale zur Übertragung auf einem Downstream-Paar der vier Drähte bereitstellen. Die digitale Ausgabe des ADC **2008** kann in dem zweiten Verbinder **2012** parallel dem Ausgang des Knotensendeempfängers **120** zugeführt werden (z.B. auf seinem eigenen Draht oder seinen eigenen Drähten), und das analoge Mikrofonsignal von dem Mikrofon **2002** kann in dem zweiten Verbinder **2012** parallel beiden zugeführt werden (z.B. auf seinem eigenen Draht oder seinen eigenen Drähten). Der Kabelverbinder **2018** der Audioempfangsvorrichtung **2020** kann die vier Drähte, die die Ausgabe des Knotensendeempfängers **120** übermitteln, empfangen und die Signale auf diesen vier Drähten zum Bus **106** routen, die Drähte, die das analoge Mikrofonsignal übermitteln, empfangen und dieses Analogsignal zu einem beliebigen geeigneten analogen Audioeingang routen und die Drähte, die die digitale Ausgabe des ADC **2008** übermitteln, empfangen und dieses digitale Signal zu einem beliebigen geeigneten digitalen Audioeingang routen.

[0196] Obwohl Fig. 20–Fig. 23 verschiedene Komponenten an verschiedenen Orten in einem Mikrofonkabel **2010** zeigen, sind diese Anordnungen lediglich beispielhaft, und die Komponenten können so umgeordnet werden, wie es geeignet ist. Zum Beispiel können bei einigen Ausführungsformen einige oder alle der Komponenten (z.B. der ADC **2008**, der Knotensendeempfänger **120** und/oder der DAC **2016**) in dem Kabelverbinder **2004** oder dem Kabelverbinder **2018** angeordnet sein. Wie oben besprochen, kann sich bei einigen Ausführungsformen das analoge Mikrofonsignal Leiter mit dem durch den Knotensendeempfänger **120** erzeugten Verkehr auf dem Bus **106** und/oder der digitalen Repräsentation des analogen Mikrofonsignals, die durch den ADC **2008** erzeugt wird, teilen.

Funkempfänger als Knoten auf dem Bus

[0197] Wie oben mit Bezug auf drahtlose Sendeempfänger von Sprachanrufen besprochen, kann, anstelle von oder zusätzlich zu Bereitstellung von Lautsprechern und Mikrofonen als Peripherievorrichtung **108** für mit dem Bus **106** verbundene Slave-Knoten **104** ein Slave-Knoten **104** auch mit einem oder mehreren Funkempfängern als Peripherievorrichtung **108** assoziiert sein, wie etwa FM-Empfängern (Frequenzmodulation), AM-Empfängern (Amplitudenmodulation), Satellitenfunkempfängern, Fernseh-Medienempfängern oder anderen Funk-Signalempfängern. In einer herkömmlichen Fahrzeugumgebung weist ein Empfänger eine Antenne auf, die an einem Dach, Heckfenster, Heckspoiler oder anderen Teil des Fahrzeugs angebracht ist, wobei ein langer Draht die Antenne wieder mit einer Funkkopfeinheit vorne im Fahrzeug verbindet. Bei diesem herkömmlichen Ansatz kann es aufgrund des langen Drahts zu elektromagnetischen Störungen kommen, die es erfordern, dass andere fahrzeuginterne Elektronik sorgfältig entworfen und kontrolliert wird, damit die Frequenz des über den langen Draht geführten Signals nicht gestört wird.

[0198] Um diese Probleme zu mindern und Entwurfsflexibilität und Leistungsfähigkeit zu verbessern, kann bei einigen Ausführungsformen des Systems **100** ein Knotensendeempfänger **120** (der z.B. in einem Slave-Knoten **104** enthalten ist) Peripherievorrichtungs-Kommunikationsschaltkreise umfassen, die sich mit einer Antenne in Kommunikation befinden, die mit einem Dach oder anderen Teil eines Fahrzeugs gekoppelt ist, und die Peripherievorrichtungs-Kommunikationsschaltkreise können über eine verdrahtete Verbindung mit der Antenne kommunizieren. Der Knotensendeempfänger **120** kann sich in der Nähe der Antenne befinden, und die durch die Antenne empfangenen Daten können über den Bus **106** zu einer Kopfeinheit (z.B. einem Master-Knoten **102** oder einem Host **110**, der in einer Kopfeinheit enthalten ist) übermittelt werden, statt über einen einzigen langen Leiter, der die Antenne mit der Kopfeinheit koppelt. Dies kann das Problem der elektromagnetischen Störungen verringern oder beseitigen, indem die empfangenen Daten digital in Frequenzbändern übertragen werden, die nicht so leicht durch andere fahrzeuginterne Elektronik gestört werden.

[0199] Fig. 24 zeigt eine Anordnung **2400**, bei der sich ein Slave-Knoten **104** in der Nähe einer mit einem Dach eines Fahrzeugs gekoppelten Antenne **2404** befindet, gemäß verschiedenen Ausführungsformen. Die Antenne **2404** (und etwaige zugeordnete Funkempfängerschaltkreise) kann eine Peripherievorrichtung **108** des Slave-Knotens **104** sein und kann empfangene Funkdaten über beliebige geeignete Peripherievorrichtungs-Kommunikationsschaltkreise dem Slave-Knoten **104** bereitstellen. Der Slave-Knoten **104** kann die empfangenen

Funkdaten (z.B. in unverarbeiteter oder verarbeiteter Form) über den Bus **106** einem Master-Knoten **102** in einer Kopfeinheit **2402** des Fahrzeugs bereitstellen.

[0200] Die Peripherievorrichtungskommunikationsschaltkreise, die mit der Antenne kommunizieren (z.B. der I2S/TDM/PDM-Sendeempfänger **127**, der I2C-Sendeempfänger **129** und/oder ein oder mehrere GPIO-Pins mit Interrupt-Anforderungsfähigkeit des Knotensendeempfängers **120**) können mit existierenden I2S- und/oder I2C-Schnittstellen für einen mit der Antenne assoziierten Funkempfänger eine Schnittstelle bilden und somit kann der Knotensendeempfänger **120** ohne Weiteres eine Schnittstelle mit einem Funkempfänger bilden. Bei einigen Ausführungsformen kann der Knotensendeempfänger **120** auch einen Abstratenumsetzer (z.B. eingebaut) bereitstellen, um die empfangenen Funksignale (die gewöhnlich auf einer geeigneten Trägerfrequenz festliegen) zu verarbeiten, bevor die empfangenen Funksignale (z.B. mit der der Superrahmenrate entsprechenden Audioabtastrfrequenz) über den Bus **106** übertragen werden. Die vom Funkempfänger empfangenen Daten können dann upstream oder downstream zu einem Slave-Knoten **104** auf dem Bus **106** (z.B. zu einem Lautsprecher oder zur anderen Ablieferung an einen Benutzer) übertragen werden.

Transportieren von komprimiertem Video

[0201] Wie oben besprochen kann zusätzlich zu oder anstelle von Übertragung von Audio über den Bus **106** Video über den Bus **106** übertragen werden. Bei einigen Ausführungsformen kann auch komprimiertes Video (oder Video mit niedriger Qualität, wie etwa eine nach hinten sehende Kamera oder ein Rücksitz-Videomonitor) mit einer geeigneten Datenrate über den Bus **106** übertragen werden. Zum Beispiel kann komprimiertes Video von einer Kamera übertragen werden oder komprimiertes Video für ein Videodisplay übertragen werden.

Benutzeroberflächen-Bedienelemente

[0202] In dem System **106** können Mikrofone und beliebige geeignete Sensoren als Peripherievorrichtungen **108** enthalten sein, um Benutzeroberflächen bereitzustellen oder um Audioanwendungen zu verbessern. Anwendungen von Mikrofonen und/oder Sensoren in einer Fahrzeugumgebung wären zum Beispiel freihändige Benutzeroberflächen (z.B. Sprachsteuerung/-befehle), Telematik, Fahrerüberwachung, Notfall-/Pannenhilfe und Gestenerkennungsanwendungen. Zum Beispiel können Mikrofone in einen Sitzgurt oder einen beliebigen geeigneten Ort in einem Fahrzeug eingebettet sein. Der Bus **106** kann einen effizienten Kommunikationskanal zum Übertragen der durch die Mikrofone und beliebige geeignete Sensoren gesammelten Audiodaten bereitstellen. Bei einigen Ausführungsformen können auch beliebige geeignete I2C-Vorrichtungen, wie etwa Gestenerkennungssensoren, Drucktasten, Speichervorrichtungen, Displays usw. in dem System **100** enthalten sein (da z.B. die Peripherievorrichtungen **108** mit dem in dem Knotensendeempfänger **120** enthaltenen I2C-Sendeempfänger **129** kommunizieren können).

Backplane-Konnektivität

[0203] Bei einigen Ausführungsformen kann das System **100** zur Verbindung verschiedener Subsysteme (die z.B. in verschiedenen Steuerplatinen oder auf derselben Platine enthalten sein können) mit niedriger Latenz verwendet werden. Insbesondere kann man mit dem System **100** mehrere Platinen verketteten, um ein viel größeres System zu erzeugen. Das System **100** kann auch die Platinen mit kleineren Vorrichtungen über denselben Bus **106** verbinden. Konferenzraum, Unterhaltungssysteme, Interkom-Systeme, intelligente Wohnungen, Überwachungssysteme und Notfallsysteme können unter anderem den Bus **106** wirksam einsetzen, um die Subsysteme miteinander zu verbinden.

[0204] Bei einigen Ausführungsformen kann man mit dem System **100** audiovisuelle Geräte für eine Aufführungsbühne, ein Aufnahmestudio oder eine beliebige andere geeignete Unterhaltungsumgebung miteinander verbinden. Die zur Verbindung audiovisueller Geräte benötigte Verdrahtung kann vorteilhafterweise relativ zu herkömmlichen Dickkabeltechniken durch Verwendung des Zweidrahtbusses **106** verringert werden. Die audiovisuellen Geräte können Lautsprecher, Mischpulte, Musikinstrumente, Zeitcodierungsgeräte, Beleuchtungsgeräte, Verstärker, Videoanzeigen, Pyrotechnik und beliebige andere geeignete Geräte umfassen. Zum Beispiel zeigt **Fig. 25** eine Anordnung **2500**, bei der mehrere Arten audiovisueller Geräte einen Knotensendeempfänger **120** enthalten und somit als Slave-Knoten **104** wirken und auf dem Bus **106** kommunizieren können. Insbesondere kann eine Master-Konsole **2502** den Host **110** und den Master-Knoten **102** umfassen, und die Knotensendeempfänger **120** können in einem Mischpult **2504**, einem Musikinstrument **2506**, Beleuchtungsgeräten **2508**, einem Verstärker **2510**, einem Lautsprecher **2512** und einem Pyrotechnikpult **2514** enthalten oder damit gekoppelt sein. Jedes dieser Geräte kann als eine Peripherievorrichtung **108** wirken und kann unter Verwendung beliebiger geeigneter Peripherievorrichtungskommunikationsschaltkreise (z.B. des

I2S/TDM/PDM-Sendeempfängers **127**, des I2C-Sendeempfängers **129** und/oder eines oder mehrerer GPIO-Pins mit Interrupt-Anforderungsfähigkeit) mit seinem zugeordneten Knotensendeempfänger **120** kommunizieren. Daten von diesen Geräten können auf dem Bus **106** durch die Knotensendeempfänger **120** gemäß beliebigen der hier offenbarten Busprotokolle anderen Geräten bereitgestellt werden.

[0205] Das System **100** kann zur Verbindung von Geräten in einer beliebigen geeigneten Umgebung verwendet werden. Zum Beispiel kann man mit dem System **100** medizinische Geräte mit vielen Sensoren oder Subsystemen (z.B. für Patientenüberwachungsanwendungen) auf die in Bezug auf **Fig. 25** besprochene Weise miteinander verbinden. Die Verwendung des Zweidrahtbusses **106** kann die diese Sensoren und Systeme verbindende Verdrahtung relativ zu herkömmlichen Ansätzen verringern.

Vibrationsmessung

[0206] Bei einigen Ausführungsformen kann man mit dem System **100** Mikrofone und andere Sensoren miteinander verbinden, die dafür ausgelegt sind, viele Teile eines Materials, wie etwa eines Kohlefasermaterials, zu überwachen, wenn das Material einer Belastungsprüfung unterzogen wird, oder während des Gebrauchs. Die Materialien können zum Beispiel Blätter aus Material, Objekte, Schienen, Brücken, Fahrzeuge oder Gebäude umfassen. Diese Mikrofone und andere Sensoren und/oder Vorrichtungen, die Stimuli zur Bauteilprüfung von Materialien oder Objekten erzeugen, können auch unter Verwendung des Busses **106** in dem System **100** gemäß beliebigen der hier offenbarten Busprotokolle effektiv verbunden werden.

Steuersysteme

[0207] Bei einigen Ausführungsformen kann das System **100** wie oben besprochen eine verkettete Kommunikationsarchitektur mit niedriger Latenz bereitstellen. Aufgrund der niedrigen Latenz und Synchronizität bei Datenübertragung des Systems **100** kann das System **100** einen effektiven Kommunikationskanal für Steuersysteme bereitstellen, insbesondere Steuersysteme, die aus verringerter Verdrahtung Nutzen ziehen können und/oder Steuersysteme, die mit dem durch den Bus **106** gelieferten Strom arbeiten können. Steuersysteme können das System **100** vorteilhafterweise verwenden, um Befehle zwischen Knoten auf dem Bus **106** oder Daten, die mit dem Zustand der Knoten auf dem Bus **106** assoziiert sind, zu übermitteln, um Steuerfunktionen auszuführen.

[0208] Wenn das System **100** in Systemen mit Anforderungen bezüglich Fehlertoleranz implementiert wird, können die Slave-Knoten **104** auf dem Bus in einer Ringkonfiguration verbunden werden, bei der beliebige der Slave-Knoten **104** als der letzte Slave-Knoten **104** vorgesehen werden können. Beispiele für Ringkonfigurationen werden oben mit Bezug auf **Fig. 12** besprochen. Wenn eine Busstrecke im Ring ausfällt, kann die Ringkonfiguration eine fehlertolerante Konfiguration zum Aufrechterhalten von Konnektivität zwischen Knoten bereitstellen. Der Bus **106** kann auch den hier besprochenen Knotenentdeckungsmechanismus wirksam einsetzen, um den richtigen letzten Slave-Knoten **104** im Ring zu entdecken, um sich von dem Fehler zu erholen.

Verteilte Verarbeitung über Kommunikationsstrecken mit niedriger Latenz

[0209] Das System **100** kann zum Verteilen von Verarbeitungsoperationen zwischen verschiedenen Slave-Knoten **104** verwendet werden. Wie oben besprochen kann dies für Steuersysteme vorteilhaft sein, bei denen es wünschenswert ist, lokale Verarbeitung in den Knoten auszuführen, während immer noch über eine die Knoten miteinander verbindende Kommunikationsstrecke mit niedriger Latenz verfügt wird. Zum Beispiel können Sicherheits-/Sicherheitsfunktionen zwischen mehreren Slave-Knoten **104** verteilt werden. Ein Slave-Knoten **104** kann einen Mechanismus implementieren, um zu verhindern, dass eine oder mehrere diesem Slave-Knoten **104** zugeordnete Peripherievorrichtungen **108** (z.B. Vorrichtungen, die ein robotisches Glied überwachen und steuern) zu viel Kraft ausüben oder zu früh auf lokal detektierte Probleme reagieren. Das System **100** kann verteilte lokale Verarbeitung ermöglichen, die die unmittelbare Notwendigkeit, Informationen von den Slave-Knoten **104** zu einem zentralisierten Prozessor (mit dem Potential, das System zu kompromittieren) zu senden, mindern oder vermeiden kann.

[0210] Bei einigen Ausführungsformen kann ein Slave-Knoten **104** die Rundsendefunktionalität des Systems **100** verwenden, um andere Sensoren/Servos/Aktoren, die als Peripherievorrichtungen **108** für andere Slave-Knoten **104** wirken, anzuhören und um entsprechend zu reagieren, ohne sich auf einen Zentralprozessor (z.B. im Host **110**) zu verlassen.

[0211] Durch wirksames Einsetzen der durch das System **100** ermöglichten verteilten Verarbeitung können künstliche Glieder und andere Robotikanwendungen eine Verarbeitung verliehen bekommen, die Muskelgedächtnis äquivalent ist, wobei die Slave-Knoten **104** ihre Umgebungen und ihren eigenen Zustand unabhängig verarbeiten und darauf reagieren können, ohne durch den Master-Knoten **102** und/oder den Host **110** gestört zu werden.

Künstliche Glieder

[0212] Verschiedene Ausführungsformen des Systems **100** können vorteilhafterweise auf die Steuersysteme angewandt werden, die oft in künstlichen/robotischen Gliedern und in der Robotik allgemein anzutreffen sind. Die Sensoren und Aktoren und solche Sensoren und Aktoren, die robotische Systeme benutzen, können als Peripherievorrichtungen **108** für Slave-Knoten **104** auf dem Bus **106** dienen. Bei einigen Ausführungsformen können diese Sensoren und Aktoren auch durch den Bus **106** wie oben besprochen mit Strom versorgt werden. Vorteilhafterweise kann Verdrahtung anstelle eines großen Bündels von Drähten auf ein verkettetes Zweidrahtsystem reduziert werden, wodurch Vorteile bezüglich Formfaktor der Robotik bereitgestellt werden.

[0213] Ein Beispiel ist ein robotisches Bein, bei dem das Kniegelenk Informationen von einem oder mehreren Fußsensoren benötigt und das Fußgelenk Informationen von einem oder mehreren Kniesensoren benötigt. Herkömmlicherweise würde ein zentralisierter Prozessor mit den Sensoren und Aktoren unter Verwendung vieler Drähte verbunden. Unter Verwendung des Systems **100** kann die Anzahl der Drähte von diesem herkömmlichen Ansatz aus reduziert werden, um somit schnellere lokalisierte Verarbeitung zu ermöglichen, da Informationen gemäß beliebigen der hier offenbarten Busprotokolltechniken global über den Bus **106** verteilt werden.

[0214] Zum Beispiel zeigt **Fig. 26** ein robotisches Glied **2600** mit einem Kniegelenk **2602**, einer Fußgelenkmittle **2604** und einem Fußgelenk **2606**. **Fig. 26** zeigt auch eine Anordnung **2608** des Systems **100**, mit dem es Sensoren und Aktoren für das robotische Glied **2600** ermöglicht werden kann, Daten auf dem robotischen Glied **2600** zu übermitteln. Insbesondere kann die Anordnung **2608** einen Slave-Knoten 0 mit einer Peripherievorrichtung **108** mit einem Kniesensor, einen Slave-Knoten 1 mit einer Peripherievorrichtung **108** mit dem Knieaktor, einen Slave-Knoten 2 mit einer Peripherievorrichtung **108** mit einem Fußgelenkmittelsensor, einen Slave-Knoten 3 mit einer Peripherievorrichtung **108** mit einem Fußgelenkmittlenaktor, einem Slave-Knoten 4 mit einer Peripherievorrichtung **108** mit einem Fußsensor und einen Slave-Knoten 5 mit einer Peripherievorrichtung **108** mit einem Fußaktor umfassen. Durch beliebige der in den Peripherievorrichtungen **108** enthaltenen Sensoren erzeugte Daten können zu den zugeordneten Slave-Knoten **104** übermittelt werden und können dann upstream und/oder downstream übermittelt werden, um so letztendlich einen oder mehrere der anderen Slave-Knoten **104** zu erreichen (z.B. zur Verwendung beim Ansteuern beliebiger der in den Peripherievorrichtungen **108** enthaltenen Aktoren).

[0215] Dieselben wie oben mit Bezug auf robotische Glieder besprochenen Vorteile können auch für beliebige robotische Systeme gelten, die viele kleinere Subsysteme von Elektronik (die jeweils gewisse lokale Verarbeitung für das Subsystem ausführen) umfassen. Die Verwendung des Systems **100** in der Robotik zur Verbindung von Sensoren und Servos ist nicht auf das Verbinden von Sensoren und Aktoren beschränkt, sondern das System **100** kann verwendet werden, um beliebige geeignete elektronische Vorrichtungen zu verbinden, wie etwa Speicher, Prozessoren, Lautsprecher, Mikrofone, Lampen, Funkempfänger usw. Zum Beispiel kann das System **100** auf ein Netzwerk von Körpersensoren in einer Spielanwendung, Erforschung der Körperbewegung oder Steuerung anderer Maschinerie durch Körperbewegung angewandt werden.

Sensor- oder Vorrichtungsnetzwerke

[0216] Mit dem System **100** kann man beliebige geeignete Steuersysteme implementieren, um Verkabelung zu verringern, während eine Kommunikationsstrecke mit niedriger Latenz bereitgestellt wird. Diese Steuersysteme wären zum Beispiel Maschinerie (schwere industrielle Maschinerie auf großem Maßstab), Fertigungslineengeräte (mit vielen Steuerungen und Sensoren), Drohnen (autonome fliegende Roboter), autonome Steuersysteme, angetriebene Steuersysteme usw. In vielen dieser Steuersysteme können Vorrichtungen wie Sensoren (oder Sensorblöcke), Controller und/oder Aktoren (z.B. kleine Aktoren) synchron arbeiten, um ihre jeweiligen Funktionen bereitzustellen, und das System **100** kann eine effektive Kommunikationsstrecke mit niedriger Latenz zwischen diesen Vorrichtungen ohne übermäßige Mengen an Verdrahtung (und Gewicht) bereitstellen, während diese Vorrichtungen mit Strom versorgt werden. Sensornetzwerke allgemein können auch die Merkmale des Systems **100** ausnutzen, um die Verdrahtung zu verringern, und können auch den Bus **106** als Stromversorgungsnetzwerk für die Sensoren benutzen.

Verteilte Intelligenzunterstützung

[0217] Bei einigen Ausführungsformen können der Slave-Knoten **104** und der Host **110** jeweils Postkästen zur Kommunikation dazwischen umfassen, empfangen und senden. Einige Ausführungsformen können I2C für die Postkastenkommunikation verwenden; die I2C-Schnittstelle eines Slave-Knotens **104** (z.B. durch den I2C-Sendeempfänger **129** verwaltet) kann als I2C-Slave konfiguriert werden, so dass eine Verarbeitungsvorrichtung den Slave-Knoten **104** über I2C programmieren und Lesevorgänge und/oder Schreibvorgänge an den Postkästen einleiten kann.

[0218] Bei einigen Ausführungsformen kann der Knotensendeempfänger **120** für einen Slave-Knoten **104** Register umfassen, empfangen und senden, die als Eingangs- und Ausgangs-„Postkästen“ für Kommunikation zwischen einer Verarbeitungsvorrichtung **1302** des Hosts **110** und einer Verarbeitungsvorrichtung **1302** des Slave-Knotens **104** (z.B. einer von dem Knotensendeempfänger **120** getrennten Verarbeitungsvorrichtung) verwendet werden können. Der Host **110** und der Slave-Knoten **104** können durch ein Interrupt, das beim Abschluss des Datenschreibens in den Postkasten ausgelöst wird, über Daten in ihren jeweiligen Postkästen benachrichtigt werden. Der Knotensendeempfänger **120** kann dafür ausgelegt werden, beim Abschluss eines Datenschreibens in einen relevanten Postkasten ein Interrupt für eine in dem Slave-Knoten **104** enthaltene Verarbeitungsvorrichtung **1302** zu erzeugen.

[0219] Fig. 27 ist eine Blockdarstellung einer Anordnung **2700**, bei der ein Slave-Knoten **0** einen Knotensendeempfänger **120** mit einem Empfangspostkasten **2710** und einem Sendepostkasten **2712** umfasst, womit mit einem Empfangspostkasten **2704** und einem Sendepostkasten **2708** eines Hosts **110** (über einen Master-Knoten **102**) kommuniziert werden kann. Insbesondere können dem Empfangspostkasten **2710** zugeführte Daten über ein durch den Knotensendeempfänger **120** erzeugtes Interrupt zu der Verarbeitungsvorrichtung **1302** des Slave-Knotens **0** übermittelt werden, und die Verarbeitungsvorrichtung **1302** des Slave-Knotens **0** kann den Knotensendeempfänger **120** benachrichtigen, dass sich Daten zur Übertragung zum Host **110** im Sendepostkasten **2712** befinden.

[0220] Der Knotensendeempfänger **120** kann eine Anzahl von Registern zur Steuerung dieser Postkästen umfassen. Bei einigen Ausführungsformen können Register MBOX0CTL und MBOX1CTL Felder bereitstellen, um diese Postkästen freizugeben und um Richtung, Nachrichtenlänge und Interrupt-Freigaben für die Postkästen zu steuern.

[0221] Postkasten **0** kann als Vorgabe als ein Empfangspostkasten konfiguriert werden (z.B. der Empfangspostkasten **2710**, in den der Host **110** schreibt und den eine Verarbeitungsvorrichtung **1302** des Slave-Knotens **104** liest). Postkasten **1** kann als Vorgabe als ein Sendepostkasten konfiguriert werden (z.B. der Sendepostkasten **2712**, in den eine Verarbeitungsvorrichtung **1302** des Slave-Knotens **104** schreibt und den der Host **110** liest).

[0222] Ein MBxLEN-Feld des MBOXxCTL-Registers kann die Länge des zugeordneten Postkastens definieren. Wenn dieses Feld **0** ist, kann MBOXxB0 das letzte Byte des Postkastens sein. Wenn dieses Feld **1** ist, kann MBOXxB1 das letzte Byte des Postkastens sein. Wenn dieses Feld **2** ist, kann MBOXxB2 das letzte Byte des Postkastens sein. Wenn dieses Feld **3** ist, kann MBOXxB3 das letzte Byte des Postkastens sein.

[0223] Für einen freigegebenen Empfangspostkasten kann, wenn ein MBxFIEN-Bit des MBOXxCTL-Registers gesetzt ist, ein Interrupt für die Verarbeitungsvorrichtung **1302** des Slave-Knotens **104** auftreten, nachdem das letzte Byte des zugeordneten Postkastens durch den Host **110** geschrieben wird und der Knotensendeempfänger **120** bestimmt, dass kein Busneuersuch notwendig war. Wenn ein MBxEIEN-Feld des MBOXxCTL-Registers gesetzt ist, kann ein Interrupt für den Host **110** auftreten, nachdem das letzte Byte des zugeordneten Postkastens durch die Verarbeitungsvorrichtung **1302** des Slave-Knotens **104** gelesen wird.

[0224] Für einen freigegebenen Sendepostkasten kann, wenn das MBxFIEN-Feld gesetzt ist, ein Interrupt für den Host **110** auftreten, nachdem das letzte Byte des zugeordneten Postkastens durch die Verarbeitungsvorrichtung **1302** des Slave-Knotens **104** geschrieben wird. Wenn das MBxEIEN-Feld gesetzt ist, kann ein Interrupt für die Verarbeitungsvorrichtung **1302** des Slave-Knotens **104** auftreten, nachdem das letzte Byte des zugeordneten Postkastens durch den Host **110** gelesen wird und der Knotensendeempfänger **120** bestimmt, dass kein Busneuersuch notwendig war.

[0225] Bei einigen Ausführungsformen können Register MBOX0STAT und MBOX1STAT Statusinformationen für die Postkästen bereitstellen. Wenn ein Postkasten gefüllt ist, kann ein zugeordnetes MBxFULL-Bit des

MBOXxSTAT-Registers auf hoch gehen und das MBxEMPTY-Bit kann auf niedrig gehen. Wenn ein Postkasten geleert ist, kann ein zugeordnetes MBxEMPTY-Bit des MBOXxSTAT-Registers auf hoch gehen, und das MBxFULL-Bit kann auf niedrig gehen. Die Bit MBxEIRQ und MBxFIRQ, die in dem MBOXxSTAT-Register enthalten sind, können auf hoch gehen, wenn der zugeordnete Postkasten ein Interrupt für den Host **110** oder lokalen Prozessor (z.B. die Verarbeitungsvorrichtung **1302** des Slave-Knotens **104**) signalisiert, und kann auf niedrig gehen, wenn das Interrupt durch den Host **110** oder lokalen Prozessor verarbeitet wird.

[0226] Bei einigen Ausführungsformen können Register MBOX0Bn und MBOX1Bn Postkastendaten enthalten. Jeder Postkasten kann in einigen Beispielen bis zu 32 Bit Daten halten. Ein MBxLEN-Feld in dem MBOXx Bn-Register kann die Anzahl aktiver Byte im Postkasten definieren. Bei einigen Ausführungsformen kann jeder Postkasten 8-, 16-, 24- oder 32-Bit-Nachrichten unterstützen.

Sensorunterstützung

[0227] Bei einigen Fahrzeuganwendungen kann das System **100** eine Anordnung von Slave-Knoten **104** auf dem Bus **106** zur Verbindung von zwei Mikrofonen umfassen, die sich auf der linken bzw. rechten Seite des Fahrgastraums befinden, sowie einen Umgebungssensor, der mit einem Slave-Knoten **104** auf dem Bus **106** gekoppelt und zwischen den Mikrofonen und in der Nähe der Windschutzscheibe positioniert ist. Der Umgebungssensor kann Temperatur und Feuchtigkeit (z.B. für Kondensenschutz- und Klimatisierungsfunktionen) und/oder Umgebungsgase (z.B. Ammoniak, Kohlenmonoxid, Stickstoffdioxid) zum Luftumleiten zur Verbesserung des Passagierkomforts messen. Die Mikrofone können zum Beispiel MEMS-Mikrofonarrays (mikroelektromechanische Systeme) sein.

[0228] Bei einigen Ausführungsformen umfasst der Knotensendeempfänger **120** eines Slave-Knotens **104** Peripherievorrichtungskommunikationsschaltkreise (z.B. den I2S/TDM/PDM-Sendeempfänger **127**, den I2C-Sendeempfänger **129** und/oder einen oder mehrere GPIO-Pins mit Interrupt-Anforderungsfähigkeit) in Kommunikation mit einem Umgebungssensor (wie etwa einem Feuchtigkeitssensor, Temperatursensor und/oder Gassensor) in einem Fahrzeug. Bei einigen Ausführungsformen kann der Host **110** eine Steueranweisung für ein Klimatisierungssystem im Fahrzeug auf der Basis von Daten von einem Umgebungssensor erzeugen, die über einen Slave-Knoten **104**, den Bus **106** und den Master-Knoten **102** zum Host **110** übertragen werden. Zum Beispiel zeigt **Fig. 28** eine Anordnung **2800** des Systems **100**, bei der ein Slave-Knoten 0 (auf der linken Seite des Fahrgastraums) eine Peripherievorrichtung **108** mit einem Mikrofon und einem Lautsprecher aufweist, ein Slave-Knoten 1 (in der Nähe einer Windschutzscheibe **2802**) eine Peripherievorrichtung **108** mit einem Feuchtigkeits- und/oder Temperatursensor aufweist, ein Slave-Knoten 2 eine Peripherievorrichtung **108** mit einem Gassensor aufweist und ein Slave-Knoten 3 (auf der rechten Seite des Fahrgastraums) eine Peripherievorrichtung **108** mit einem Mikrofon und einem Lautsprecher aufweist.

[0229] Wenn Mikrofone in Fahrzeugen auf der linken und rechten Seite des Fahrgastraums (z.B. zur Geräuschminderung und/oder Strahlformung) enthalten sind, kann die zum Koppeln dieser Mikrofone verwendete Verkabelung durch Zwischen-Slave-Knoten **104** unterbrochen werden, die mit den Peripherievorrichtungen gekoppelt sind, die Klimatisierungsfunktionen (HVAC-Funktionen (Heating Ventilation and Air Conditioning) und/oder Luftüberwachungsfunktionen) in der Nähe des Windschutzscheibenbereichs ausführen. In einigen Szenarien kann eine Peripherievorrichtung für einen Slave-Knoten **104** einen Feuchtigkeits- und/oder Temperatursensor umfassen, der Feuchtigkeits- und/oder Temperaturinformationen bereitstellen kann, die die Messung des Taupunkts an der Windschutzscheibenoberfläche gestattet und Vorhersage von Windschutzscheibenkondensation ermöglicht, so dass das HVAC-System im Fahrzeug „gerade rechtzeitig“ arbeiten kann, um Beschlagen der Scheiben zu verhindern. Ein solches System kann gegenüber „immer eingeschalteten“ oder manuell gesteuerten HVAC-Systemen sowohl Energie sparen als auch die Sicherheit während des Fahrzeugbetriebs verbessern, indem Beschlagen der Windschutzscheibe vermieden wird. Ein Beispiel für einen Feuchtigkeits- und/oder Temperatursensor, der bei einigen Ausführungsformen verwendet werden kann, ist der von Measurement Specialties in Hampton, Virginia, USA, hergestellte HTU21D-Sensor. Ähnlich können Daten, die durch einen Gassensor erzeugt werden, der die Anwesenheit unerwünschter Chemikalien in der Luft des Fahrzeugfahrgastraums detektiert, verwendet werden, um Betrieb des HVAC-Systems im Fahrzeug auszulösen, um die Ventilation zu verbessern und die Chemikalienkonzentration zu verringern. Ein Beispiel für einen Gassensor, der bei einigen Ausführungsformen verwendet werden kann, ist der von SGX Sensortech in der Schweiz hergestellte Sensor MiCS-6814.

Integrierter Beschleunigungsmesser

[0230] Bei einigen Ausführungsformen kann ein Slave-Knoten **104** mit einer Peripherievorrichtung **108** assoziiert sein, die einen in dieselbe Platine wie der Knotensendeempfänger **120** (z.B. der Upstream-Sendeempfänger **122** und/oder der Downstream-Sendeempfänger **124**) integrierten Beschleunigungsmesser (z.B. einen Mehrachsen-Beschleunigungsmesser) umfasst. Audioeingänge und -ausgänge, wie etwa Mikrofone und Lautsprecher, können auch mit derselben Platine gekoppelt sein. Eine Anwendung für eine solche Ausführungsform kann Straßengeräuschlöschung sein, bei der die Vibration des Chassis gemessen und die Audiokomponenten weggehoben werden.

Testgeräteunterstützung

[0231] Bei einigen Ausführungsformen kann ein Knotensendeempfänger **120** in einem „Busmonitormodus“ oder „BMM“ konfiguriert sein, bei dem der Knotensendeempfänger **120** Upstream- und/oder Downstream-Aktivität auf einem Segment des Busses **106** sowohl auf Master- als auch auf Slave-Knoten-Verhalten (z.B. welche Signale von Master und/oder Slave kommen und/oder zu ihm gehen) überwacht. Bei einigen Ausführungsformen überwacht der Upstream-Sendeempfänger **122** des Knotensendeempfängers **120** Daten, die downstream kommen, und stellt diese einem Protokollanalysator (z.B. über einen I2S-Bus unter Verwendung des I2S/TDM/PDM-Sendeempfängers **127**) zu. Ein im Busmonitormodus arbeitender Knotensendeempfänger **120** kann hier als „Busmonitor“ oder „BM“ bezeichnet werden. In diesem Modus kann der Downstream-Sendeempfänger **124** des Knotensendeempfängers **120** gesperrt werden. Ein Busmonitor kann nicht mit anderen Slave-Knoten **104** verkettet werden, kann aber das Paar von Drähten gerade upstream eines zu überwachenden Slave-Knotens **104** anzapfen und kann durch den Master-Knoten **102** entdeckt werden, obwohl er nicht über alle Funktionalität eines Knotensendeempfängers **120** in einem typischen Slave-Knoten **104** verfügt. Der Busmonitor kann anfänglich durch einen Prozessor konfiguriert werden, der mit dem Busmonitor kommuniziert (z.B. über ein I2C-Protokoll).

[0232] Somit kann bei einigen Ausführungsformen ein als Busmonitor wirkender Knotensendeempfänger **120** Peripherievorrichtungs-Kommunikationsschaltkreise (z.B. den I2S/TDM/PDM-Sendeempfänger **127**, den I2C-Sendeempfänger **129** und/oder einen oder mehrere GPIO-Pins mit Interrupt-Anforderungsfähigkeit) umfassen, um ein über den Bus **106** von einer Upstream-Vorrichtung empfangenes Signal einem Protokollanalysator bereitzustellen. Bei einigen Ausführungsformen kann der Downstream-Sendeempfänger **124** eines im Busmonitormodus arbeitenden Knotensendeempfängers **120** gesperrt sein. Der Upstream-Sendeempfänger **122** kann dafür ausgelegt sein, Daten nur zu empfangen, nicht zu senden.

[0233] Fig. 29 ist eine Blockdarstellung einer Anordnung **2900** von Elementen des Systems **100** und eines Busmonitors gemäß verschiedenen Ausführungsformen. In der Anordnung **2900** kann eine Busmonitorvorrichtung **2902** einen Busmonitor **2906** und eine über I2C und/oder I2S (z.B. unter Verwendung des I2S/TDM/PDM-Sendeempfängers **127** und/oder des I2C-Sendeempfängers **129** des Busmonitors) mit dem Busmonitor **2906** in Kommunikation befindliche Verarbeitungsvorrichtung **2908** umfassen. Die Verarbeitungsvorrichtung **2908** kann die Form beliebiger der oben mit Bezug auf Fig. 13 besprochenen Verarbeitungsvorrichtungen **1302** annehmen. Der BMM **2906** kann die zwei Drähte des Busses **106** gerade upstream des Slave-Knotens **1** anzapfen, und zwischen dem BMM **2906** und dem Bus **106** können Isolationsschaltkreise **2904** angeordnet sein. Die Isolationsschaltkreise **2904** können analoge Schaltkreise zum Isolieren des Busses **106** von der Last des BMM **2906** umfassen.

[0234] Bei einigen Ausführungsformen kann der Busmonitormodus einem Knotensendeempfänger **120** ermöglichen, als passiver BM zu wirken, der hier auch als Sniffer bezeichnet wird. Ein BM kann seinen I2S-Port zum Senden von Verkehr von dem Bus **106** zu einem Protokollanalysator verwenden. Ein BM kann insofern passiv in dem System **100** sein, als er Steuerschreibvorgänge des Bussynchronisationssteuerrahmens **180** untersucht, um seine Buseigenschaften so zu konfigurieren, dass sie mit denen des Slave-Knotens **104** übereinstimmen, den der BM überwacht, reagiert aber nicht auf Synchronisationssteuerrahmen **180**.

[0235] Der Upstream-Sendeempfänger **122** kann sowohl Upstream- als auch Downstream-Daten sehen, da der BM nicht verkettet ist. Bei einigen Ausführungsformen kann beim Empfang von Downstream-Daten über den Upstream-Sendeempfänger **122** ein BM einen empfangenen Synchronisationssteuerrahmen **180** und seine entsprechenden Downstream-Datenschlitze **198** in einem Downstream-Rahmenpuffer laden. Bei einigen Ausführungsformen kann ein BM beim Empfang von Upstream-Daten über den Upstream-Sendeempfänger **122** einen empfangenen Synchronisationsantwortrahmen und seine entsprechenden Upstream-Datenschlitze in einen Upstream-Rahmenpuffer laden. Der BM kann sowohl Downstream- als auch Upstream-Daten zur Be-

reitstellung für einen Protokollanalysator (z.B. die Verarbeitungsvorrichtung **2908**) dem I2S/TDM/PDM-Sendeempfänger **127** zuführen.

[0236] Der Knotensendeempfänger **120** kann ein oder mehrere Register zur Unterstützung des BMM umfassen. Bei einigen Ausführungsformen kann der Knotensendeempfänger **120** ein BMMCFG-Register umfassen. Das BMMCFG-Register kann ein BMMEN-Bit (zur Angabe, ob der Knotensendeempfänger **120** im BMM arbeiten soll oder nicht), ein BMMRXEN-Bit (zum Freigeben oder Sperren des Upstream-Sendeempfängers **122**, wenn sich der Knotensendeempfänger im BMM befindet) und einen BMMNDSC-Knoten (zur Angabe, ob die Herauffahr- und Entdeckungsprozesse des Systems **100** auftreten sollen, bevor oder nachdem der BM angeschlossen und freigegeben ist) umfassen.

[0237] Fig. 30 ist ein Flussdiagramm eines Verfahrens **3000** zum Beginnen des Betriebs eines BM gemäß verschiedenen Ausführungsformen. Das Verfahren **3000** kann durch die Verarbeitungsvorrichtung **2908** in der Busmonitorvorrichtung **2902** ausgeführt werden und kann als mit Bezug auf den BM **2906** ausgeführt beschrieben werden.

[0238] In **3002** kann die Verarbeitungsvorrichtung **2908** BMM in dem BM **2906** freigeben. Vor dem Freigeben des BMM kann der BM **2906** als Vorgabe zu einer Standardkonfiguration für den Knotensendeempfänger **120** kommen. Freigeben des BMM in **3002** kann Setzen des oben besprochenen BMMEN-Bit umfassen.

[0239] In **3004** kann die Verarbeitungsvorrichtung **2908** nach Anschluss des BM an die Strecke des Busses **106** upstream eines zu überwachenden Slave-Knotens **104** (z.B. des Slave-Knotens 1 von Fig. 29) den Upstream-Sendeempfänger **122** in dem BM **2906** freigeben. Freigeben des Upstream-Sendeempfängers **122** in **3004** kann Setzen des oben besprochenen BMMRXEN-Bit umfassen.

[0240] In **3006** kann die Verarbeitungsvorrichtung **2908** den I2S/TDM/PDM-Sendeempfänger **127** des BM **2906** zur Übertragung unter Verwendung von über den I2C-Sendeempfänger **129** gesendeten Befehlen konfigurieren.

[0241] In **3008** kann, nachdem der BM **2906** durch den Host **110** entdeckt ist und der PLL **128** des BM **2906** einrastet, die Verarbeitungsvorrichtung **2908** über den I2S/TDM/PDM-Sendeempfänger **127** des BM **2906** Daten von dem Bus **106** empfangen. Wie bereits erwähnt, kann der BM **2906** Steuerschreibvorgänge des Bus-synchronisationssteuerrahmens **180** untersuchen, um seine Buseigenschaften (z.B. die Werte von DNSLOTS und UPSLOTS) so zu konfigurieren, dass sie mit denen des Slave-Knotens **104**, der überwacht wird (z.B. des Slave-Knotens 1 von Fig. 29) übereinstimmen.

[0242] Ein BM kann das Segment des Busses **106**, an das es angeschlossen ist, herausfinden und kann auch die Konfiguration des Downstream-Slave-Knotens **104** erfahren, wenn dem BM erlaubt ist, den Bus **106** während der Entdeckung zu überwachen. Einige überwachte Parameter können für den gesamten Bus **106** (z.B. alle Slave-Knoten **104**), einige für den unmittelbar downstream befindlichen Slave-Knoten **104** und einige für weiter downstream liegende Slave-Knoten **104** gelten. Der BM kann die Entdeckung überwachen, die Parameter von einer neueren Entdeckung speichern, bekannte Einstellungen verwenden oder verschiedene Parametervarianten versuchen, bis erfolgreiche Decodierung erzielt wurde (z.B. Musikdaten erfolgreich decodiert wurden).

[0243] Bei einigen Ausführungsformen können die downstream auf dem Bus **106** übertragenen Nutzinformationen nur untersucht werden, wenn der Host **110** diese Funktionalität mit einer Steueranweisung freigibt, die mittels des Master-Knotens **102** zu einem Slave-Knoten **104** weitergeleitet wird, der als BM wirken soll. Bei einigen solchen Ausführungsformen kann, wenn der BM nicht entsprechend mittels des Master-Knotens **102** konfiguriert wird, der BM nur Synchronisationssteuer- und Antwortrahmendaten ausgeben („sniffen“), aber nicht die Nutzinformationen in den Datenschlitzten. Dies kann einen gewissen Grad an Inhaltsschutz bereitstellen, da die Daten verwürfelt sind und ein BM nur auf die Nutzinformationsdaten zugreifen kann, wenn es der Host **110** erlaubt.

Taktaufrechterhaltung

[0244] Taktaufrechterhaltungsfunktionalität kann es Slave-Knoten **104** mit Prozessoren und Digital-Analog-Umsetzern (DAC) erlauben, im Fall von Verlust der Buskommunikation graziös herunterzufahren. Taktaufrechterhaltungsfunktionalität kann durch die Einstellung eines entsprechenden Bit in einem Freigaberegister oder einer anderen Speicherstruktur freigegeben oder gesperrt werden.

[0245] Fig. 31–Fig. 33 zeigen verschiedene Beispiele für Taktaufrechterhaltungssysteme und -techniken. Beliebige der in diesen Figuren dargestellten oder nachfolgend mit Bezug auf diese besprochenen Ausführungsformen können mit beliebigen der anderen hier offenbarten Ausführungsformen kombiniert werden. Die Verwendung oder Darstellung bestimmter Anzahlen von Elementen in diesen Figuren (z.B. eine bestimmte Größe des in Fig. 32 dargestellten Registers) sind lediglich Beispiele, und die Systeme und Techniken können auf eine beliebige gewünschte und geeignete Anzahl von beliebigen Elementen angewandt werden oder diese integrieren. Außerdem können hier der Klarheit halber konkrete Namen für Register, Variablen, Datenschlitz usw. verwendet werden, aber beliebige wie hier beschrieben verwendete Datenstrukturen können beliebige geeignete Namen oder andere Kennungen aufweisen.

[0246] Während des typischen Betriebs können Slave-Knoten **104** einen Takt aus Downstream-Paketen des Synchronisationssteuerrahmens (SCF) wiedergeben. Wenn ein Slave-Knoten **104** bestimmt, dass kein zuverlässiger Takt aus empfangenen SCF wiedergewonnen werden kann (z.B. indem keine gültigen Syncs in einer vorbestimmten Anzahl von Superrahmen, wie etwa 8 aufeinanderfolgende Superrahmen, empfangen werden), kann der Slave-Knoten **104** in den SUSTAIN-Zustand eintreten und kann gemäß dem folgenden Protokoll arbeiten:

1. Laufen mit der aktuellen Frequenz für 1024 SYNC-Perioden (oder eine andere gewünschte Anzahl von SYNC-Perioden)
 - a. I2S-Ports laufen weiter
 - b. I2S-TX-Daten (z.B. die Signale TX0 und TX1) werden graziös von ihren aktuellen Werten auf 0 gedämpft
 - c. Signal "Sustain (aufrechterhalten)" auf einem GPIO, wenn solche Funktionalität freigegeben ist
 - d. PLL-Neueinrastung wird während des SUSTAIN-Zustands nicht versucht
2. Knoten rücksetzen und wieder in POWER-UP-Zustand eintreten
3. Übergang zum Zustand NODE READY, wenn stabile SCF-Entdeckungsrahmen vorliegen

[0247] Somit läuft bei einigen Ausführungsformen des SUSTAIN-Zustands der PLL des Slave-Knotens **104** weiter für 1024 SYNC-Perioden (oder eine andere Anzahl von SYNC-Perioden), während die I2S-DTXn-Daten von ihrem aktuellen Wert auf 0 gedämpft werden. Nach den 1024 SYNC-Perioden kann sich der Slave-Knoten **104** rücksetzen und wieder in einen Power-Up-Zustand eintreten.

[0248] Fig. 31 zeigt ein Slave-Zustandsdiagramm mit einem SUSTAIN-Zustand gemäß verschiedenen Ausführungsformen. Von dem OFF/RESET-Zustand **3102** kann ein Slave-Knoten **104** zu dem Zustand POWER-UP-SLAVES **3104** übergehen, wenn bestimmt wird, dass dem Slave-Knoten **104** eine angemessene Eingangsspannung bereitgestellt wurde. Der Slave-Knoten **104** kann diese Bestimmung vornehmen, indem die Eingangsspannung V_{in} mit einer Schwelle X verglichen wird, wobei X einen beliebigen geeigneten Wert (z.B. 3, 7 Volt) annimmt. Von dem Zustand POWER-UP-SLAVES **3104** aus kann ein Slave-Knoten **104** zu dem OFF/RESET-Zustand **3102** übergehen, wenn bestimmt wird, dass die Eingangsspannung nicht mehr angemessen ist. Zum Beispiel kann der Slave-Knoten **104** bestimmen, dass eine Eingangsspannung V_{in} nicht mehr angemessen ist, wenn sie unter die Schwelle X (oder eine andere Schwelle) fällt. Von dem Zustand POWER-UP-SLAVES **1304** aus kann ein Slave-Knoten **104** zu dem Zustand NODE READY/PLL LOCKED **3106** übergehen, wenn genug Entdeckungsrahmen empfangen werden, um es dem PLL des Slave-Knotens **104** zu erlauben, einzurasten. Die erforderliche Zeit zum Empfangen von genug Entdeckungsrahmen kann durch $T_{plllock}$ repräsentiert werden und kann von der Rate des Datentransfers über den Bus **106** (z.B. 48 Kilohertz) abhängen.

[0249] Von dem Zustand NODE READY/PLL LOCKED **3106** kann ein Slave-Knoten **104** zu dem off/reset-Zustand **3102** übergehen, wenn bestimmt wird, dass die Eingangsspannung nicht mehr angemessen ist (z.B. wenn die Eingangsspannung V_{in} wie oben besprochen unter die Schwelle X fällt). Von dem Zustand NODE READY/PLL LOCKED **3106** aus kann ein Slave-Knoten **104** zu dem SUSTAIN-Zustand **3108** übergehen, wenn bestimmt wird, dass der PLL des Slave-Knotens **104** ausgerastet ist. Der Zeitraum für PLL-Ausrüstung kann als T_{dyncnr} repräsentiert werden. Von dem SUSTAIN-Zustand **3108** aus kann ein Slave-Knoten **104** nach einem Zeitraum $T_{sustain}$ zu dem Zustand POWER-UP SLAVES **3104** übergehen.

[0250] Ein SUSCFG-Register (Aufrechterhaltungskonfiguration) oder eine andere Datenstruktur kann verwendet werden, um die Taktaufrechterhaltungsfunktionalität zu unterstützen. Fig. 32 zeigt ein beispielhaftes SUSCFG-Register und die nachfolgende Tabelle 1 gibt seine Registerbeschreibung gemäß verschiedenen Ausführungsformen.

Tabelle 1. Bitbeschreibungen für SUSCFG

Bit	Bitname	Einstellungen	Beschreibung	Rücksetzen	Zugriff
7:6	RESERVED		Reserviert	0 × 0	R0
5	SUSDIS		SUSTAIN-Funktionalität sperren	0 × 0	R/W
			SUSTAIN gesperrt		
		1	SUSTAIN freigegeben		
		0			
4	SUSOE		Ausgabe des SUSTAIN-Zustands auf einem GPIO freigeben	0 × 0	R/W
		1	SUSTAIN-Ausgabe freigegeben		
		0	SUSTAIN-Ausgabe gesperrt		
3	RESERVED		Reserviert	0 × 0	R0
2:0	SUSSEL[2:0]		SUSTAIN-Ausgabe-GPIO-Auswahl	0 × 0	R/W
		0	SUSTAIN-Ausgabe auf GPIO0		
		1	SUSTAIN-Ausgabe auf GPIO1		
			
		7	SUSTAIN-Ausgabe auf GPIO7		

[0251] Wenn das SUSOE-Bit in SUSCFG gesetzt ist, kann der Wert des Aufrechterhaltungssignals von PLL auf dem GPIO-Pin gesteuert werden, der durch SUSSEL[2:0] ausgewählt wird. Bei einigen Ausführungsformen kann dieses Merkmal höhere Priorität als andere GPIO-Ausgaben aufweisen, aber niedrigere Priorität als Funktionsausgaben auf den Pins. Zum Beispiel kann bei einigen Ausführungsformen, wenn CLK0CFG.CLK0EN gesetzt ist, der ADR2-Pin durch eine Taktausgabe angesteuert werden. Bei einigen Ausführungsformen kann Setzen von SUSOE auf 1 und SUSSEL[2:0] dieses Verhalten nicht ändern.

[0252] Das Aufrechterhaltungssignal vom PLL kann in der Nähe des Anfangs eines Superrahmens auf hoch gehen. Sobald das Aufrechterhaltungssignal hoch ist, können beginnend am folgenden I2S/TDM-Rahmen abgeklungene Datenwerte auf den DTXn-Pins produziert werden.

[0253] Jeder Eintrag im Rahmenpuffer kann einen 32-Bit-Wert enthalten. Bei einigen Ausführungsformen kann der nächste abgeklungene Wert mit der folgenden Gleichung aus dem aktuellen Wert berechnet werden:

$$\text{nxt_val} = ((\text{cur_val} \ggg 8) - (\text{cur_val} \ggg 13)) \lll 8.$$

[0254] Bei anderen Ausführungsformen kann eine andere geeignete Gleichung zur Berechnung abgeklungener Werte verwendet werden. Positive und negative Werte können abhängig von dem gewählten Abklingalgorithmus auf null oder nahezu null abklingen. Zum Beispiel können bei einigen Ausführungsformen negative Werte allmählich auf null abklingen, während positive Werte allmählich auf $0 \times 00001f00$ (−109 dB) abklingen können.

[0255] Bei einigen Ausführungsformen kann eine refclk-Monitorfunktion den ankommenden Referenztakt überwachen und kann einen Zähler bereitstellen. Der Zähler kann sich inkrementieren, wenn refclk verfehlt wird, sich rücksetzen, wenn 4 aufeinander folgende refclk gefunden werden, und ein "sync verloren" setzen, wenn der Zählwert 8 (oder einen anderen geeigneten Wert) erreicht. Aufrechterhaltungsfunktionalität kann im Allgemeinen bewirken, dass der PLL für eine vorbestimmte Anzahl von Rahmen (z.B. 1024) läuft, sich rücksetzt und dann versucht, wieder einzurasten. **Fig. 33** zeigt ein Impulsdiagramm für SUSTAIN-Betrieb gemäß verschiedenen Ausführungsformen. **Fig. 33** zeigt, dass ein Slave-Knoten **104** in einen SUSTAIN-Zustand eintreten kann, nachdem ein Intervall $T_{syncloss}$ vom letzten empfangenen sync-Signal vergangen ist (wobei an diesem Punkt der PLL gesperrt wird); der Slave-Knoten **104** kann für ein Intervall $T_{sustain}$ im SUSTAIN-Zustand bleiben und kann dann den PLL nach einem Intervall $T_{sustain_reset}$ wieder freigeben.

[0256] Beliebige der hier beschriebenen Ausführungsformen können in einer beliebigen gewünschten Kombination mit Taktaufrechterhaltungsfunktionalität gemäß beliebigen der hier offenbarten Ausführungsformen kombiniert werden.

[0257] Die folgenden Absätze geben Beispiele für verschiedene der hier offenbarten Ausführungsformen.

[0258] Beispiel A1 ist ein Slave-Knoten-Sendeempfänger für Kommunikation mit niedriger Latenz, umfassend: Upstream-Sendeempfängerschaltkreise zum Empfangen eines ersten Signals, das über einen Zweidrahtbus von einer Upstream-Vorrichtung gesendet wird, und zum Bereitstellen eines zweiten Signals über den Zweidrahtbus für die Upstream-Vorrichtung; Downstream-Sendeempfängerschaltkreise zum Bereitstellen eines dritten Signals downstream über den Zweidrahtbus in Richtung einer Downstream-Vorrichtung und zum Empfangen eines vierten Signals über den Zweidrahtbus von der Downstream-Vorrichtung; und Taktschaltkreise zum Erzeugen eines Taktsignals in dem Slave-Knoten-Sendeempfänger auf der Basis einer Präambel eines Synchronisationssteuerrahmens in dem ersten Signal, wobei Timing des Empfangs und der Bereitstellung von Signalen über den Zweidrahtbus durch den Slave-Knoten-Sendeempfänger auf dem Taktsignal basiert.

[0259] Beispiel A2 kann den Gegenstand von Beispiel A1 umfassen und kann ferner spezifizieren, dass der Synchronisationssteuerrahmen mit Downstream-Daten in einem Superrahmen des ersten Signals assoziiert ist, die Downstream-Daten mehrere Datenschlitze umfassen und Daten für eine einzelne Peripherievorrichtung in Kommunikation mit dem Slave-Knoten-Sendeempfänger zwei oder mehr der mehreren Datenschlitze einnehmen.

[0260] Beispiel A3 kann den Gegenstand von Beispiel A2 umfassen und kann ferner spezifizieren, dass die Daten für die einzelne Peripherievorrichtung Audiodaten sind.

[0261] Beispiel A4 kann den Gegenstand beliebiger der Beispiele A1–A3 umfassen und kann ferner Folgendes spezifizieren: das erste Signal umfasst einen ersten Synchronisationssteuerrahmen und zugeordnete erste Downstream-Daten und einen zweiten Synchronisationssteuerrahmen und zugeordnete zweite Downstream-Daten; die ersten Downstream-Daten umfassen einen Datenschlitz mit einem bestimmten Index und mit Daten für eine erste Peripherievorrichtung in Kommunikation mit dem Slave-Knoten-Sendeempfänger; und die zweiten Downstream-Daten umfassen einen Datenschlitz mit dem bestimmten Index und mit Daten für eine zweite Peripherievorrichtung, die von der ersten Peripherievorrichtung verschieden ist, in Kommunikation mit dem Slave-Knoten-Sendeempfänger.

[0262] Beispiel A5 kann den Gegenstand von Beispiel A4 umfassen und kann ferner spezifizieren, dass die erste und zweite Peripherievorrichtung verschiedene Mikrofone sind.

[0263] Beispiel A6 kann den Gegenstand beliebiger der Beispiele A1–A5 umfassen und kann ferner Folgendes spezifizieren: Das zweite Signal umfasst einen Synchronisationsantwortrahmen, der Synchronisationsantwortrahmen ist mit Upstream-Daten in einem Superrahmen des zweiten Signals assoziiert, die Upstream-Daten umfassen mehrere Datenschlitze und Daten mit Ursprung in einer einzigen Peripherievorrichtung in Kommunikation mit dem Slave-Knoten-Sendeempfänger nehmen zwei oder mehr der mehreren Datenschlitze ein.

- [0264]** Beispiel A7 kann den Gegenstand von Beispiel A6 umfassen und kann ferner spezifizieren, dass die Daten mit Ursprung in der einzigen Peripherievorrichtung Audiodaten sind.
- [0265]** Beispiel A8 kann den Gegenstand beliebiger der Beispiele A1–A7 umfassen und kann ferner Folgendes spezifizieren: das zweite Signal umfasst einen ersten Synchronisationsantwortrahmen und assoziierte erste Upstream-Daten und einen zweiten Synchronisationsantwortrahmen und assoziierte zweite Upstream-Daten; die ersten Upstream-Daten umfassen einen Datenschlitz mit einem bestimmten Index und mit Daten mit Ursprung in einer ersten Peripherievorrichtung in Kommunikation mit dem Slave-Knoten-Sendeempfänger; und die zweiten Upstream-Daten umfassen einen Datenschlitz mit dem bestimmten Index und mit Daten mit Ursprung in einer von der ersten Peripherievorrichtung verschiedenen zweiten Peripherievorrichtung in Kommunikation mit dem Slave-Knoten-Sendeempfänger.
- [0266]** Beispiel A9 kann den Gegenstand von Beispiel A8 umfassen und kann ferner spezifizieren, dass die erste und zweite Peripherievorrichtung verschiedene Mikrofone sind.
- [0267]** Beispiel A10 kann den Gegenstand beliebiger der Beispiele A1–A9 umfassen und kann ferner Folgendes umfassen: Stromversorgungsschaltkreise zum Empfangen einer Vorspannung über den Zweidrahtbus von der Upstream-Vorrichtung und Bereitstellen von Energie aus der Vorspannung für eine mit dem Slave-Knoten-Sendeempfänger gekoppelte Energiespeichervorrichtung.
- [0268]** Beispiel A11 kann den Gegenstand beliebiger der Beispiele A1–A10 umfassen und kann ferner Peripherievorrichtungskommunikationsschaltkreise zur Kommunikation mit mindestens einem Lautsprecher und mindestens einem Mikrofon umfassen.
- [0269]** Beispiel A12 kann den Gegenstand von Beispiel A11 umfassen und kann ferner spezifizieren, dass die Peripherievorrichtungskommunikationsschaltkreise einen I2S-Sendeempfänger (Inter-Integrated Circuit Sound), einen TDM-Sendeempfänger (Zeitmultiplex), einen PDM-Sendeempfänger (Impulsdichtemodulation), einen I2C-Sendeempfänger (Inter-Integrated Circuit) oder einen GPIO-Pin (General Purpose Input/Output) umfassen.
- [0270]** Beispiel A13 kann den Gegenstand beliebiger der Beispiele A1–A12 umfassen und kann ferner Peripherievorrichtungskommunikationsschaltkreise zur Kommunikation mit einem Mikrofon und einem Konferenzschaltungs-Benutzeroberflächenelement umfassen, wobei ein Benutzer das Konferenzschaltungs-Benutzeroberflächenelement betätigt, wenn der Benutzer Audio von dem Mikrofon einer anderen mit dem Zweidrahtbus gekoppelten Vorrichtung bereitstellen möchte, und wobei das zweite Signal Daten umfasst, die aus dem Mikrofon stammen, wenn das Konferenzschaltungs-Benutzeroberflächenelement betätigt wird.
- [0271]** Beispiel A14 kann den Gegenstand beliebiger der Beispiele A1–A13 umfassen und kann ferner Peripherievorrichtungskommunikationsschaltkreise zum Kommunizieren mit einem drahtlosen Sendeempfänger umfassen, wobei der drahtlose Sendeempfänger Sprachanrufe empfangen soll und wobei die Upstream-Sendeempfängerschaltkreise Daten, die die Sprachanrufe repräsentieren, in das zweite Signal aufnehmen sollen.
- [0272]** Beispiel A15 kann den Gegenstand beliebiger der Beispiele A1–A14 umfassen und kann ferner spezifizieren, dass die Upstream-Vorrichtung mit einem drahtlosen Sendeempfänger gekoppelt ist, wobei der drahtlose Sendeempfänger Sprachanrufe empfangen soll und die Upstream-Sendeempfängerschaltkreise Daten, die Sprachanrufe repräsentieren, in dem ersten Signal empfangen sollen.
- [0273]** Beispiel A16 kann den Gegenstand beliebiger der Beispiele A1–A15 umfassen und kann ferner spezifizieren, dass eine Hostvorrichtung mit einer Master-Vorrichtung des Zweidrahtbusses gekoppelt ist, die Hostvorrichtung mit einem drahtlosen Sendeempfänger gekoppelt ist, der drahtlose Sendeempfänger Sprachanrufe empfangen soll und die Upstream-Sendeempfängerschaltkreise Daten, die die Sprachanrufe repräsentieren, in dem ersten Signal empfangen sollen.
- [0274]** Beispiel A17 kann den Gegenstand beliebiger der Beispiele A1–A16 umfassen und kann ferner Peripherievorrichtungskommunikationsschaltkreise in Kommunikation mit einer Antenne, die mit einem Dach oder anderen Teil eines Fahrzeugs gekoppelt ist, umfassen, wobei die Peripherievorrichtungskommunikationsschaltkreise über eine verdrahtete Verbindung mit der Antenne kommunizieren.
- [0275]** Beispiel A18 kann den Gegenstand von Beispiel A17 umfassen und kann ferner spezifizieren, dass die Upstream-Vorrichtung eine Master-Vorrichtung ist, die sich in der Kopfeinheit des Fahrzeugs befindet.

[0276] Beispiel A19 kann den Gegenstand beliebiger der Beispiele A1–A18 umfassen und kann ferner spezifizieren, dass der Slave-Knoten-Sendeempfänger in einem Lautsprecher, einem Mischpult, einem Musikinstrument, Zeitcodierungsgeräten, einem Verstärker, einer Videoanzeige oder einem Pyrotechnikpult enthalten ist.

[0277] Beispiel A20 kann den Gegenstand beliebiger der Beispiele A1–A19 umfassen und kann ferner Peripherievorrichtungskommunikationsschaltkreise in Kommunikation mit einem Sensor oder einem Aktor an einem Gelenk eines robotischen Gliedes umfassen.

[0278] Beispiel A21 kann den Gegenstand beliebiger der Beispiele A1–A20 umfassen und kann ferner einen Empfangspostkasten und einen Sendepostkasten umfassen, wobei die Hostvorrichtung ein Interrupt zur Übertragung zu der Downstream-Vorrichtung erzeugen soll, wenn Daten dem Sendepostkasten bereitgestellt werden, und die Downstream-Vorrichtung ein Interrupt zur Übertragung zur Hostvorrichtung erzeugen soll, wenn Daten dem Empfangspostkasten bereitzustellen sind.

[0279] Beispiel A22 kann den Gegenstand beliebiger der Beispiele A1–A21 umfassen und kann ferner Peripherievorrichtungskommunikationsschaltkreise in Kommunikation mit einem Feuchtigkeits- oder Temperatursensor in einem Fahrzeug umfassen.

[0280] Beispiel A23 kann den Gegenstand beliebiger der Beispiele A1–A22 umfassen und kann ferner Peripherievorrichtungskommunikationsschaltkreise in Kommunikation mit einem Gassensor in einem Fahrzeug umfassen.

[0281] Beispiel A24 kann den Gegenstand beliebiger der Beispiele A1–A23 umfassen und kann ferner Peripherievorrichtungskommunikationsschaltkreise umfassen, um das erste Signal oder das zweite Signal einem Protokollanalytiker zuzuführen, und wobei die Downstream-Sendeempfängerschaltkreise gesperrt sind.

[0282] Beispiel A25 kann den Gegenstand beliebiger der Beispiele A1–A24 umfassen und kann ferner spezifizieren, dass Daten downstream in dem Synchronisationssteuerrahmen gesendet werden.

[0283] Beispiel A26 kann den Gegenstand beliebiger der Beispiele A1–A25 umfassen und kann ferner spezifizieren, dass Daten upstream in einem Synchronisationsantwortrahmen gesendet werden.

[0284] Beispiel B1 ist ein Master-Knoten-Sendeempfänger zur Kommunikation mit niedriger Latenz, umfassend: einen I2S-Empfänger (Inter-Integrated Circuit Sound) zum Empfangen eines I2S-Signals von einer Hostvorrichtung, wobei die das I2S-Signal Taktinformationen bereitstellt; Taktschaltkreise zum Erzeugen eines Taktsignals auf der Basis der Taktinformationen; und Downstream-Sendeempfängerschaltkreise zum Leiten eines ersten Signals downstream über einen Zweidrahtbus in Richtung einer Downstream-Vorrichtung und zum Empfangen eines zweiten Signals über den Zweidrahtbus von der Downstream-Vorrichtung, wobei eine Präambel eines Synchronisationssteuerrahmens des ersten Signals auf dem Taktsignal basiert und die Downstream-Vorrichtung ihr eigenes Taktsignal auf der Basis der Präambel erzeugt.

[0285] Beispiel B2 kann den Gegenstand von Beispiel B1 umfassen und kann ferner Folgendes spezifizieren: Der Synchronisationssteuerrahmen ist mit Downstream-Daten in einem Superrahmen des ersten Signals assoziiert, die Downstream-Daten umfassen mehrere Datenslitze und Daten für eine einzelne mit der Downstream-Vorrichtung gekoppelte Peripherievorrichtung nehmen zwei oder mehr der mehreren Datenslitze ein.

[0286] Beispiel B3 kann den Gegenstand von Beispiel B2 umfassen und kann ferner spezifizieren, dass die Daten für die einzelne Peripherievorrichtung Audiodaten sind.

[0287] Beispiel B4 kann den Gegenstand beliebiger der Beispiele B1–B3 umfassen und kann ferner Folgendes spezifizieren: Das erste Signal umfasst einen ersten Synchronisationssteuerrahmen und zugeordnete erste Downstream-Daten und einen zweiten Synchronisationssteuerrahmen und zugeordnete zweite Downstream-Daten; die ersten Downstream-Daten umfassen einen Datenschlitz mit einem bestimmten Index und mit Daten für eine mit der Downstream-Vorrichtung gekoppelte erste Peripherievorrichtung; und die zweiten Downstream-Daten umfassen einen Datenschlitz mit dem bestimmten Index und mit Daten für eine von der ersten Peripherievorrichtung verschiedene zweite Peripherievorrichtung, die mit der Downstream-Vorrichtung gekoppelt ist.

[0288] Beispiel B5 kann den Gegenstand von Beispiel B4 umfassen und kann ferner spezifizieren, dass die erste und zweite Peripherievorrichtung verschiedene Mikrofone sind.

[0289] Beispiel B6 kann den Gegenstand beliebiger der Beispiele B1–B5 umfassen und kann ferner spezifizieren, dass das zweite Signal einen Synchronisationsantwortrahmen umfasst, der Synchronisationsantwortrahmen mit Upstream-Daten in einem Superrahmen des zweiten Signals assoziiert ist, die Upstream-Daten mehrere Datenschlitze umfassen und Daten, die aus einer einzelnen Peripherievorrichtung kommen, die mit der Downstream-Vorrichtung gekoppelt ist, zwei oder mehr der mehreren Datenschlitze einnehmen.

[0290] Beispiel B7 kann den Gegenstand von Beispiel B6 umfassen und kann ferner spezifizieren, dass die Daten, die von der einzelnen Peripherievorrichtung kommen, Audiodaten sind.

[0291] Beispiel B8 kann den Gegenstand beliebiger der Beispiele B1–B7 umfassen und kann ferner Folgendes spezifizieren: Das zweite Signal umfasst einen ersten Synchronisationsantwortrahmen und zugeordnete erste Upstream-Daten und einen zweiten Synchronisationsantwortrahmen und zugeordnete zweite Upstream-Daten; die ersten Upstream-Daten umfassen einen Datenschlitz mit einem bestimmten Index und mit Daten, die aus einer ersten Peripherievorrichtung kommen, die mit der Downstream-Vorrichtung gekoppelt ist; und die zweiten Upstream-Daten umfassen einen Datenschlitz mit dem bestimmten Index und mit Daten, die aus einer von der ersten Peripherievorrichtung verschiedenen zweiten Peripherievorrichtung kommen, die mit der Downstream-Vorrichtung gekoppelt ist.

[0292] Beispiel B9 kann den Gegenstand von Beispiel B8 umfassen und kann ferner spezifizieren, dass die erste und zweite Peripherievorrichtung verschiedene Mikrofone sind.

[0293] Beispiel B10 kann den Gegenstand beliebiger der Beispiele B1–B9 umfassen und kann ferner spezifizieren, dass das erste Signal Daten für mindestens einen mit der Downstream-Vorrichtung gekoppelten Lautsprecher umfasst und das zweite Signal Daten umfasst, die aus mindestens einem mit der Downstream-Vorrichtung gekoppelten Mikrofon kommen.

[0294] Beispiel B11 kann den Gegenstand beliebiger der Beispiele B1–B10 umfassen und kann ferner Peripherievorrichtungs-Kommunikationsschaltkreise zur Kommunikation mit einem drahtlosen Sendeempfänger umfassen, wobei der drahtlose Sendeempfänger Sprachanrufe empfangen soll und wobei die Downstream-Sendeempfängerschaltkreise Daten, die die Sprachanrufe repräsentieren, in das erste Signal aufnehmen sollen.

[0295] Beispiel B12 kann den Gegenstand beliebiger der Beispiele B1–B11 umfassen und kann ferner spezifizieren, dass die Downstream-Vorrichtung mit einem drahtlosen Sendeempfänger gekoppelt ist, der drahtlose Sendeempfänger Sprachanrufe empfangen soll und die Downstream-Sendeempfängerschaltkreise Daten, die die Sprachanrufe repräsentieren, in dem zweiten Signal empfangen sollen.

[0296] Beispiel C1 ist eine Hostvorrichtung, umfassend: I2S-Sendeempfängerschaltkreise (Inter-Integrated Circuit Sound) zum Leiten eines I2S-Signals zu einem Master-Knoten-Sendeempfänger, wobei der Master-Knoten-Sendeempfänger ein Master eines Zweidrahtbusses ist, das I2S-Signal Taktinformationen bereitstellt, der Master-Knoten-Sendeempfänger auf der Basis der Taktinformationen ein Taktsignal erzeugen soll, der Master-Knoten-Sendeempfänger ein erstes Signal downstream über den Zweidrahtbus in Richtung einer Downstream-Vorrichtung bereitstellen soll, eine Präambel des Synchronisationssteuerrahmens des ersten Signals auf dem Taktsignal basiert und die Downstream-Vorrichtung auf der Basis der Präambel ihr eigenes Taktsignal erzeugen soll; I2C-Sendeempfängerschaltkreise (Inter-Integrated Circuit) zum Empfangen eines ersten I2C-Signals von dem Master-Knoten-Sendeempfänger und zum Leiten eines zweiten I2C-Signals zu dem Master-Knoten-Sendeempfänger; und Verarbeitungsschaltkreise zum Erzeugen von Daten für die Downstream-Vorrichtung auf der Basis des ersten I2C-Signals, wobei die Daten für die Downstream-Vorrichtung in das zweite I2C-Signal aufzunehmen und durch den Master-Knoten-Sendeempfänger über den Zweidrahtbus zu der Downstream-Vorrichtung zu senden sind.

[0297] Beispiel C2 kann den Gegenstand von Beispiel C1 umfassen und kann ferner spezifizieren, dass das erste Signal Daten für mindestens einen mit der Downstream-Vorrichtung gekoppelten Lautsprecher umfasst.

[0298] Beispiel C3 kann den Gegenstand beliebiger der Beispiele C1–C2 umfassen und kann ferner Folgendes spezifizieren: Die I2S-Sendeempfängerschaltkreise sollen über den Zweidrahtbus und den Master-Knoten-Sendeempfänger Audio von einem mit der Downstream-Vorrichtung gekoppelten Mikrofon empfangen; die I2C-Sendeempfängerschaltkreise sollen über den Zweidrahtbus und den Master-Knoten-Sendeempfänger eine Angabe empfangen, dass ein Benutzer ein mit der Downstream-Vorrichtung gekoppeltes Konferenzschaltungs-Benutzeroberflächenelement betätigt hat; und die I2S-Sendeempfängerschaltkreise sollen als Reaktion

auf die Angabe und über den Zweidrahtbus und den Master-Knoten-Sendeempfänger das Audio über den Zweidrahtbus einer anderen Downstream-Vorrichtung bereitstellen.

[0299] Beispiel C4 kann den Gegenstand beliebiger der Beispiele C1–C3 umfassen und kann ferner spezifizieren, dass die Downstream-Vorrichtung mit einem drahtlosen Sendeempfänger gekoppelt ist, der drahtlose Sendeempfänger Sprachanrufe empfangen soll und die I2C-Sendeempfängerschaltkreise Daten, die die Sprachanrufe repräsentieren, über den Master-Knoten-Sendeempfänger und den Zweidrahtbus empfangen sollen.

[0300] Beispiel C5 kann den Gegenstand beliebiger der Beispiele C1–C4 umfassen und kann ferner spezifizieren, dass die Downstream-Vorrichtung mit einer mit einem Dach oder einem anderen Teil eines Fahrzeugs gekoppelten Antenne verdrahtet ist und sich der Master-Knoten-Sendeempfänger in einer Kopfeinheit des Fahrzeugs befindet.

[0301] Beispiel C6 kann den Gegenstand beliebiger der Beispiele C1–C5 umfassen und kann ferner spezifizieren, dass die Hostvorrichtung einen Empfangspostkasten und einen Sendepostkasten umfasst und wobei die Hostvorrichtung einen Interrupt zur Übertragung zu der Downstream-Vorrichtung erzeugen soll, wenn dem Sendepostkasten Daten bereitgestellt werden.

[0302] Beispiel C7 kann den Gegenstand beliebiger der Beispiele C1–C6 umfassen und kann ferner spezifizieren, dass die Downstream-Vorrichtung mit einem Umgebungssensor in einem Fahrzeug gekoppelt ist und die Verarbeitungsschaltkreise eine Steueranweisung für ein Klimatisierungssystem im Fahrzeug auf der Basis von Daten von dem Sensor erzeugen sollen, die über den Master-Knoten-Sendeempfänger und den Zweidrahtbus zu der Hostvorrichtung gesendet werden.

[0303] Beispiel D1 ist ein Mikrofonkabel, umfassend: einen ersten Verbinder zur Kopplung mit einem Mikrofon; einen zweiten Verbinder zur Kopplung mit einer Audioempfangsvorrichtung; einen Leiter zum Übertragen von Daten zwischen dem ersten Verbinder und dem zweiten Verbinder; und einen Slave-Knoten-Sendeempfänger mit Upstream-Sendeempfängerschaltkreisen zum Empfangen eines über einen Zweidrahtbus von einer Upstream-Vorrichtung übertragenen ersten Signals und zum Leiten eines zweiten Signals über den Zweidrahtbus zu der Upstream-Vorrichtung, Taktschaltkreisen zum Erzeugen eines Taktsignals in dem Slave-Knoten-Sendeempfänger auf der Basis einer Präambel eines Synchronisationssteuerrahmens in dem ersten Signal, wobei Timing des Empfangs und der Bereitstellung von Signalen über den Zweidrahtbus durch den Knotensendeempfänger auf dem Taktsignal basieren, und Peripherievorrichtungs-Kommunikationsschaltkreisen, die mit dem Leiter gekoppelt sind, um die zwischen dem ersten Verbinder und dem zweiten Verbinder übertragenen Daten zu empfangen, wobei die Daten in dem zweiten Signal enthalten sind.

[0304] Beispiel D2 kann den Gegenstand von Beispiel D1 umfassen und kann ferner spezifizieren, dass der Slave-Knoten-Sendeempfänger in dem ersten Verbinder enthalten ist.

[0305] Beispiel D3 kann den Gegenstand beliebiger der Beispiele D1–D2 umfassen und kann ferner spezifizieren, dass die Slave-Knoten-Sendeempfänger im zweiten Verbinder sind.

[0306] Beispiel D4 kann den Gegenstand beliebiger der Beispiele D1–D3 umfassen und kann ferner spezifizieren, dass der Slave-Knoten-Sendeempfänger zwischen dem ersten Verbinder und dem zweiten Verbinder angeordnet ist.

[0307] Beispiel D5 kann den Gegenstand beliebiger der Beispiele D1–D4 umfassen und kann ferner einen Analog-Digital-Umsetzer (ADC) zum Umsetzen eines an dem ersten Verbinder empfangenen analogen Mikrofoneingangssignals in ein Digitalsignal umfassen, wobei die zwischen dem ersten Verbinder des zweiten Verbinders übertragenen Daten das Digitalsignal umfassen.

[0308] Beispiel D6 kann den Gegenstand von Beispiel D5 umfassen und kann ferner spezifizieren, dass der zweite Verbinder das zweite Signal und das Digitalsignal der Audioempfangsvorrichtung bereitstellen soll.

[0309] Beispiel D7 kann den Gegenstand beliebiger der Beispiele D5–D6 umfassen und kann ferner spezifizieren, dass der zweite Verbinder das zweite Signal und das analoge Mikrofoneingangssignal der Audioempfangsvorrichtung bereitstellen soll.

- [0310]** Beispiel D8 kann den Gegenstand von Beispiel D7 umfassen und kann ferner spezifizieren, dass Bereitstellen des zweiten Signals und des analogen Mikrofoneingangssignals umfasst, die Summe des zweiten Signals und des analogen Mikrofoneingangssignals bereitzustellen.
- [0311]** Beispiel D9 kann den Gegenstand beliebiger der Beispiele D7–D8 umfassen und kann ferner spezifizieren, dass der zweite Verbinder ferner der Audioempfangsvorrichtung das Digitalsignal bereitstellen soll.
- [0312]** Beispiel D10 kann den Gegenstand beliebiger der Beispiele D5–D9 umfassen und kann ferner einen Digital-Analog-Umsetzer zum Umsetzen des Digitalsignals in ein Analogsignal umfassen.
- [0313]** Beispiel D11 kann den Gegenstand von Beispiel D10 umfassen und kann ferner spezifizieren, dass der zweite Verbinder der Audioempfangsvorrichtung das zweite Signal und das Analogsignal bereitstellen soll.
- [0314]** Beispiel E1 ist ein System mit einem oder mehreren der Slave-Knoten-Sendeempfänger nach einem der Beispiele A, gekoppelt über Zweidraht-Busstrecken mit einem Master-Knoten-Sendeempfänger nach einem der Beispiele B.
- [0315]** Beispiel E2 kann den Gegenstand von Beispiel E1 umfassen und kann ferner eine Hostvorrichtung beliebiger der Beispiele C, gekoppelt mit dem Master-Knoten-Sendeempfänger, umfassen.
- [0316]** Beispiel E3 ist ein Verfahren gemäß beliebigen der hier offenbarten Techniken.
- [0317]** Beispiel E4 ist eine Vorrichtung mit Mitteln zum Ausführen beliebiger der hier offenbarten Techniken.
- [0318]** Beispiel E5 ist ein oder mehrere nichttransistorische computerlesbare Medien mit Anweisungen darauf, die als Reaktion auf Ausführung durch eine oder mehrere Verarbeitungsvorrichtungen eines Systems bewirken, dass das System beliebige der hier offenbarten Techniken ausführt.
- [0319]** Beispiel F1 kann beliebige Ausführungsformen der hier offenbarten Taktaufrechterhaltungsfunktionalität umfassen.
- [0320]** Beispiel F2 kann den Gegenstand beliebiger der obigen Beispiele A–E umfassen und kann ferner beliebige Ausführungsformen der hier offenbarten Taktaufrechterhaltungsfunktionalität umfassen.
- [0321]** Beispiel G1 ist ein Slave-Knoten-Sendeempfänger für Kommunikation mit niedriger Latenz, umfassend: Upstream-Sendeempfängerschaltkreise zum Empfangen eines über einen Bus von einer Upstream-Vorrichtung gesendeten Signals; Taktschaltkreise zum Erzeugen eines Taktsignals in dem Slave-Knoten-Sendeempfänger auf der Basis von sync-Teilen des Signals, wobei Timing des Empfangs und der Bereitstellung von Signalen über den Bus durch den Slave-Knoten-Sendeempfänger auf dem Taktsignal basiert; Peripherievorrichtungskommunikationsschaltkreise zum Bereitstellen von Ausgangssignalen für eine oder mehrere Peripherievorrichtungen; und Aufrechterhaltungsschaltkreise zum Bestimmen, dass in einem vorbestimmten Zeitintervall eine vorbestimmte Anzahl von sync-Teilen nicht empfangen wurde, und als Reaktion auf die Bestimmung Bewirken der Dämpfung der Ausgangssignale.
- [0322]** Beispiel G2 kann den Gegenstand von Beispiel G1 umfassen und kann ferner spezifizieren, dass die sync-Teile des Signals in Synchronisationssteuerrahmen des Signals enthalten sind.
- [0323]** Beispiel G3 kann den Gegenstand beliebiger der Beispiele G1–2 umfassen und kann ferner spezifizieren, dass die Peripherievorrichtungskommunikationsschaltkreise einen I2S-Sendeempfänger (Inter-Integrated Circuit Sound), einen TDM-Sendeempfänger (Zeitmultiplex), einen PDM-Sendeempfänger (Impulsdichtemodulation), einen I2C-Sendeempfänger (Inter-Integrated Circuit) oder einen GPIO-Pin (General Purpose Input/Output) umfassen.
- [0324]** Beispiel G4 kann den Gegenstand beliebiger der Beispiele G1–3 umfassen und kann ferner spezifizieren, dass die Taktschaltkreise einen Phasenregelkreis (PLL) umfassen und der PLL während der Dämpfung der Ausgangssignale weiterläuft.
- [0325]** Beispiel G5 kann den Gegenstand von Beispiel G4 umfassen und kann ferner spezifizieren, dass die Taktschaltkreise Wiedereinrastung des PLL während der Dämpfung der Ausgangssignale nicht versuchen sollen.

[0326] Beispiel G6 kann den Gegenstand beliebiger der Beispiele G1–5 umfassen und kann ferner spezifizieren, dass die Dämpfung der Ausgangssignale Verringerung des Werts mindestens eines Ausgangssignals auf null über ein vorbestimmtes Zeitintervall umfasst.

[0327] Beispiel G7 kann den Gegenstand beliebiger der Beispiele G1–6 umfassen und kann ferner spezifizieren, dass die Aufrechterhaltungsschaltkreise bewirken sollen, dass sich der Slave-Knoten-Sendeempfänger nach Dämpfung der Ausgangssignale rückt.

[0328] Beispiel G8 kann den Gegenstand beliebiger der Beispiele G1–7 umfassen und kann ferner spezifizieren, dass die Aufrechterhaltungsschaltkreise ferner nach dem Rückt bestimmen sollen, dass eine vorbestimmte Anzahl von sync-Teilen in einem vorbestimmten Zeitintervall empfangen wurde, und als Reaktion bewirken sollen, dass der Slave-Knoten-Sendeempfänger über den Bus kommuniziert.

[0329] Beispiel G9 kann den Gegenstand beliebiger der Beispiele G1 umfassen und kann ferner spezifizieren, dass der Bus ein Zweidrahtbus ist.

[0330] Beispiel G10 kann den Gegenstand beliebiger der Beispiele G1–9 umfassen und kann ferner Downstream-Sendeempfängerschaltkreise zum Bereitstellen eines Signals downstream über den Bus in Richtung einer Downstream-Vorrichtung umfassen.

[0331] Beispiel G11 kann den Gegenstand beliebiger der Beispiele G1–10 umfassen und kann ferner Stromversorgungsschaltkreise zum Empfangen einer Vorspannung über den Bus von der Upstream-Vorrichtung umfassen.

[0332] Beispiel G12 kann den Gegenstand beliebiger der Beispiele G1–11 umfassen und kann ferner spezifizieren, dass die Upstream-Vorrichtung ein anderer Slave-Knoten-Sendeempfänger ist.

[0333] Beispiel G13 kann den Gegenstand beliebiger der Beispiele G1–12 umfassen und kann ferner spezifizieren, dass die Upstream-Vorrichtung ein Master-Knoten-Sendeempfänger ist.

[0334] Beispiel H14 ist ein Kommunikationssystem mit niedriger Latenz, umfassend: einen Master-Knoten-Sendeempfänger; und mehrere Slave-Knoten-Sendeempfänger, die in einem Verkettungsbus mit dem Master-Knoten-Sendeempfänger gekoppelt sind, wobei einzelne der Slave-Knoten-Sendeempfänger auf der Basis von downstream durch den Bus gesendeten Synchronisationsinformationen ein lokales Taktsignal erzeugen, einzelne der Slave-Knoten-Sendeempfänger lokal verbundenen Peripherievorrichtungen lokale Ausgaben bereitstellen und einzelne der Slave-Knoten-Sendeempfänger bei Bestimmung, dass die Synchronisationsinformationen angemessen sind, um das lokale Taktsignal zu erzeugen, die den lokal verbundenen Peripherievorrichtungen bereitgestellten lokalen Ausgaben dämpfen sollen.

[0335] Beispiel H15 kann den Gegenstand von Beispiel H14 umfassen und kann ferner spezifizieren, dass der Verkettungsbus ein Zweidrahtbus ist.

[0336] Beispiel H16 kann den Gegenstand beliebiger der Beispiele H14–15 umfassen und kann ferner spezifizieren, dass Bestimmen, dass die Synchronisationsinformationen angemessen sind, um das lokale Taktsignal zu erzeugen, umfasst, zu bestimmen, dass eine unzureichende Anzahl von Synchronisationssignalen zum Einrastenlassen eines lokalen Phasenregelkreises (PLL) empfangen wurde.

[0337] Beispiel H17 kann den Gegenstand beliebiger der Beispiele H14–16 umfassen und kann ferner spezifizieren, dass eine oder mehrere der lokal verbundenen Peripherievorrichtungen eine Audioausgabevorrichtung oder eine Audioeingabevorrichtung umfassen.

[0338] Beispiel I18 ist ein Verfahren zum Herunterfahren eines Slave-Knoten-Sendeempfängers auf einem Kommunikationsbus mit niedriger Latenz, umfassend: Identifizieren von Synchronisationsteilen eines von dem Bus empfangenen Signals durch einen Slave-Knoten-Sendeempfänger; Bestimmen durch den Slave-Knoten-Sendeempfänger, dass die Synchronisationsteile nicht angemessen sind, um ein lokales Taktsignal für den Slave-Knoten-Sendeempfänger zu erzeugen; und als Reaktion auf Bestimmung, dass die Synchronisationsteile nicht angemessen sind, allmähliches Verringern einer Amplitude einer Ausgabe des Slave-Knoten-Sendeempfängers an eine Peripherievorrichtung.

[0339] Beispiel I19 kann den Gegenstand von Beispiel I18 umfassen und kann ferner spezifizieren, dass Bestimmen, dass die Synchronisationsteile nicht angemessen sind, umfasst, zu bestimmen, dass in einem vorbestimmten Zeitintervall kein Synchronisationsteil empfangen wurde.

[0340] Beispiel I20 kann den Gegenstand beliebiger der Beispiel I18–19 umfassen und kann ferner spezifizieren, dass die Ausgabe des Slave-Knoten-Sendeempfängers an eine Peripherievorrichtung eine I2S-Ausgabe (Inter-Integrated Circuit Sound) ist.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- IEEE 802.11 [0127]
- IEEE 802.16-Ergänzung von 2005 [0127]

Patentansprüche

1. Slave-Knoten-Sendeempfänger für Kommunikation mit niedriger Latenz, umfassend:
Upstream-Sendeempfängerschaltkreise zum Empfangen eines über einen Bus von einer Upstream-Vorrichtung gesendeten Signals;
Taktschaltkreise zum Erzeugen eines Taktsignals in dem Slave-Knoten-Sendeempfänger auf der Basis von sync-Teilen des Signals, wobei Timing des Empfangs und Bereitstellung von Signalen über dem Bus durch den Slave-Knoten-Sendeempfänger auf dem Taktsignal basieren;
Peripherievorrichtungskommunikationsschaltkreise, um einer oder mehreren Peripherievorrichtungen Ausgangssignale bereitzustellen; und
Aufrechterhaltungsschaltkreise zum Bestimmen, dass in einem vorbestimmten Zeitintervall eine vorbestimmte Anzahl von sync-Teilen nicht empfangen wurde, und als Reaktion auf die Bestimmung, Bewirken der Dämpfung der Ausgangssignale.
2. Slave-Knoten-Sendeempfänger nach Anspruch 1, wobei die sync-Teile des Signals in Synchronisationssteuerrahmen des Signals enthalten sind.
3. Slave-Knoten-Sendeempfänger nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Peripherievorrichtungskommunikationsschaltkreise einen I2S-Sendeempfänger (Inter-Integrated Circuit Sound), einen TDM-Sendeempfänger (Zeitmultiplex), einen PDM-Sendeempfänger (Impulsdichtemodulation), einen I2C-Sendeempfänger (Inter-Integrated Circuit) oder einen GPIO-Pin (General Purpose Input/Output) umfassen.
4. Slave-Knoten-Sendeempfänger nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Taktschaltkreise einen Phasenregelkreis (PLL) umfassen und der PLL während der Dämpfung der Ausgangssignale weiterläuft.
5. Slave-Knoten-Sendeempfänger nach Anspruch 4, wobei die Taktschaltkreise Wiedereinrastung des PLL während der Dämpfung der Ausgangssignale nicht versuchen sollen.
6. Slave-Knoten-Sendeempfänger nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Dämpfung der Ausgangssignale Verringerung des Werts mindestens eines Ausgangssignals auf null über ein vorbestimmtes Zeitintervall umfasst.
7. Slave-Knoten-Sendeempfänger nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Aufrechterhaltungsschaltkreise bewirken sollen, dass sich der Slave-Knoten-Sendeempfänger nach Dämpfung der Ausgangssignale rücksetzt.
8. Slave-Knoten-Sendeempfänger nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Aufrechterhaltungsschaltkreise ferner nach dem Rücksetzen bestimmen sollen, dass eine vorbestimmte Anzahl von sync-Teilen in einem vorbestimmten Zeitintervall empfangen wurde, und als Reaktion bewirken sollen, dass der Slave-Knoten-Sendeempfänger über den Bus kommuniziert.
9. Slave-Knoten-Sendeempfänger nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Bus ein Zweidrahtbus ist.
10. Slave-Knoten-Sendeempfänger nach einem der vorhergehenden Ansprüche, ferner umfassend:
Downstream-Sendeempfängerschaltkreise zum Bereitstellen eines Signals downstream über dem Bus in Richtung einer Downstream-Vorrichtung.
11. Slave-Knoten-Sendeempfänger nach einem der vorhergehenden Ansprüche, ferner umfassend:
Stromversorgungsschaltkreise zum Empfangen einer Vorspannung über den Bus von der Upstream-Vorrichtung.
12. Slave-Knoten-Sendeempfänger nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Upstream-Vorrichtung ein anderer Slave-Knoten-Sendeempfänger ist.
13. Slave-Knoten-Sendeempfänger nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei die Upstream-Vorrichtung ein Master-Knoten-Sendeempfänger ist.
14. Kommunikationssystem mit niedriger Latenz, umfassend:
einen Master-Knoten-Sendeempfänger; und

mehrere Slave-Knoten-Sendeempfänger, die in einem Verkettungsbus mit dem Master-Knoten-Sendeempfänger gekoppelt sind, wobei einzelne der Slave-Knoten-Sendeempfänger auf der Basis von downstream durch den Bus gesendeten Synchronisationsinformationen ein lokales Taktsignal erzeugen, einzelne der Slave-Knoten-Sendeempfänger lokal verbundenen Peripherievorrichtungen lokale Ausgaben bereitstellen und einzelne der Slave-Knoten-Sendeempfänger bei Bestimmung, dass die Synchronisationsinformationen angemessen sind, um das lokale Taktsignal zu erzeugen, die den lokal verbundenen Peripherievorrichtungen bereitgestellten lokalen Ausgaben dämpfen sollen.

15. Kommunikationssystem mit niedriger Latenz nach Anspruch 14, wobei der Verkettungsbus ein Zweidrahtbus ist.

16. Kommunikationssystem mit niedriger Latenz nach Anspruch 14 oder 15, wobei das Bestimmen, dass die Synchronisationsinformationen angemessen sind, um das lokale Taktsignal zu erzeugen, umfasst, zu bestimmen, dass eine unzureichende Anzahl von Synchronisationssignalen zum Einrastenlassen eines lokalen Phasenregelkreises (PLL) empfangen wurde.

17. Kommunikationssystem mit niedriger Latenz nach einem der Ansprüche 14 bis 16, wobei eine oder mehrere der lokal verbundenen Peripherievorrichtungen eine Audioausgabevorrichtung oder eine Audioeingabevorrichtung umfassen.

18. Verfahren zum Herunterfahren eines Slave-Knoten-Sendeempfängers auf einem Kommunikationsbus mit niedriger Latenz, umfassend:
Identifizieren von Synchronisationsteilen eines von dem Bus empfangenen Signals durch einen Slave-Knoten-Sendeempfänger;
Bestimmen durch den Slave-Knoten-Sendeempfänger, dass die Synchronisationsteile nicht angemessen sind, um ein lokales Taktsignal für den Slave-Knoten-Sendeempfänger zu erzeugen; und
als Reaktion auf Bestimmung, dass die Synchronisationsteile nicht angemessen sind, allmähliches Verringern einer Amplitude einer Ausgabe des Slave-Knoten-Sendeempfängers an eine Peripherievorrichtung.

19. Verfahren nach Anspruch 18, wobei Bestimmen, dass die Synchronisationsteile nicht angemessen sind, umfasst, zu bestimmen, dass in einem vorbestimmten Zeitintervall kein Synchronisationsteil empfangen wurde.

20. Verfahren nach Anspruch 18 oder 19, wobei die Ausgabe des Slave-Knoten-Sendeempfängers an eine Peripherievorrichtung eine I2S-Ausgabe (Inter-Integrated Circuit Sound) ist.

Es folgen 25 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

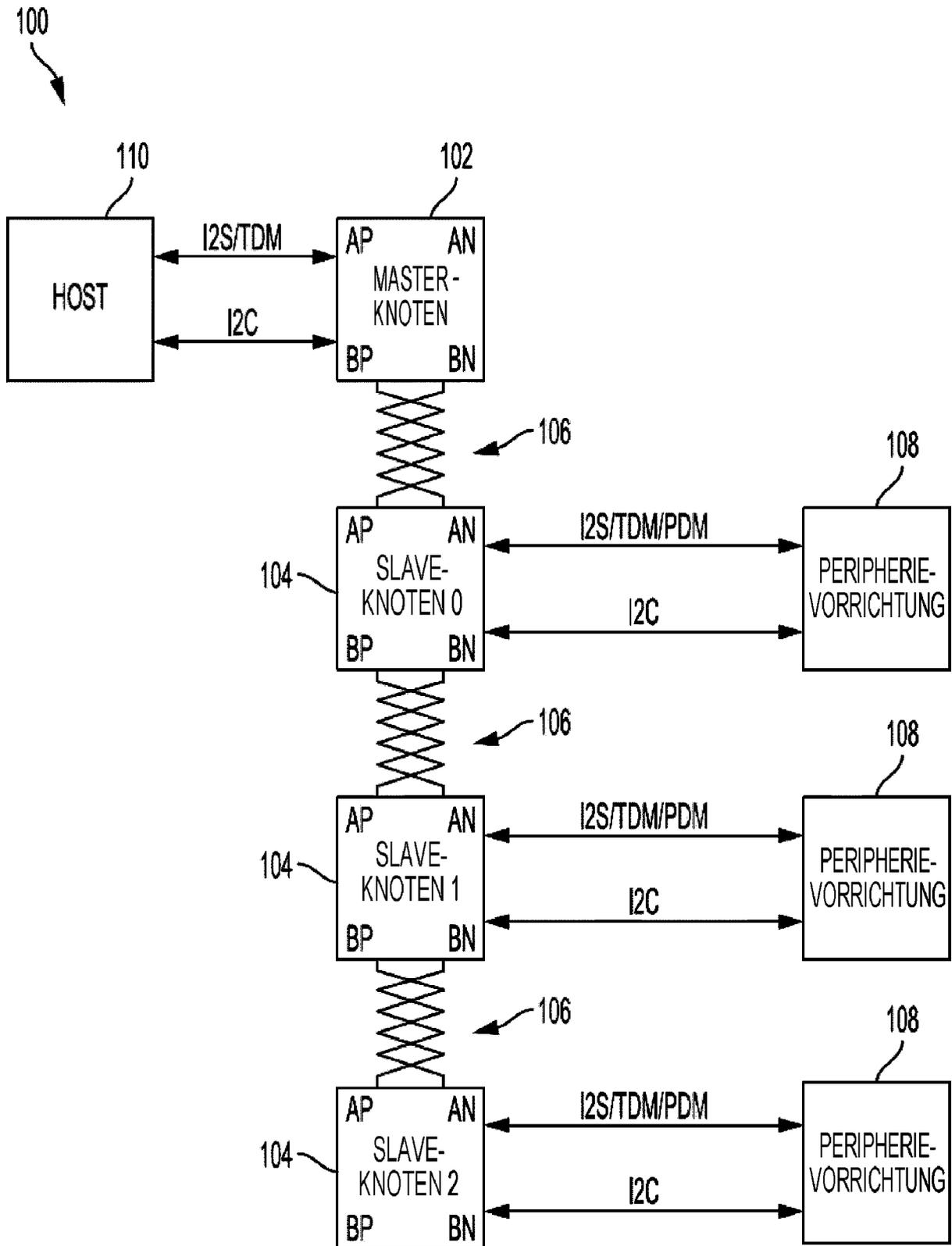


FIG. 1

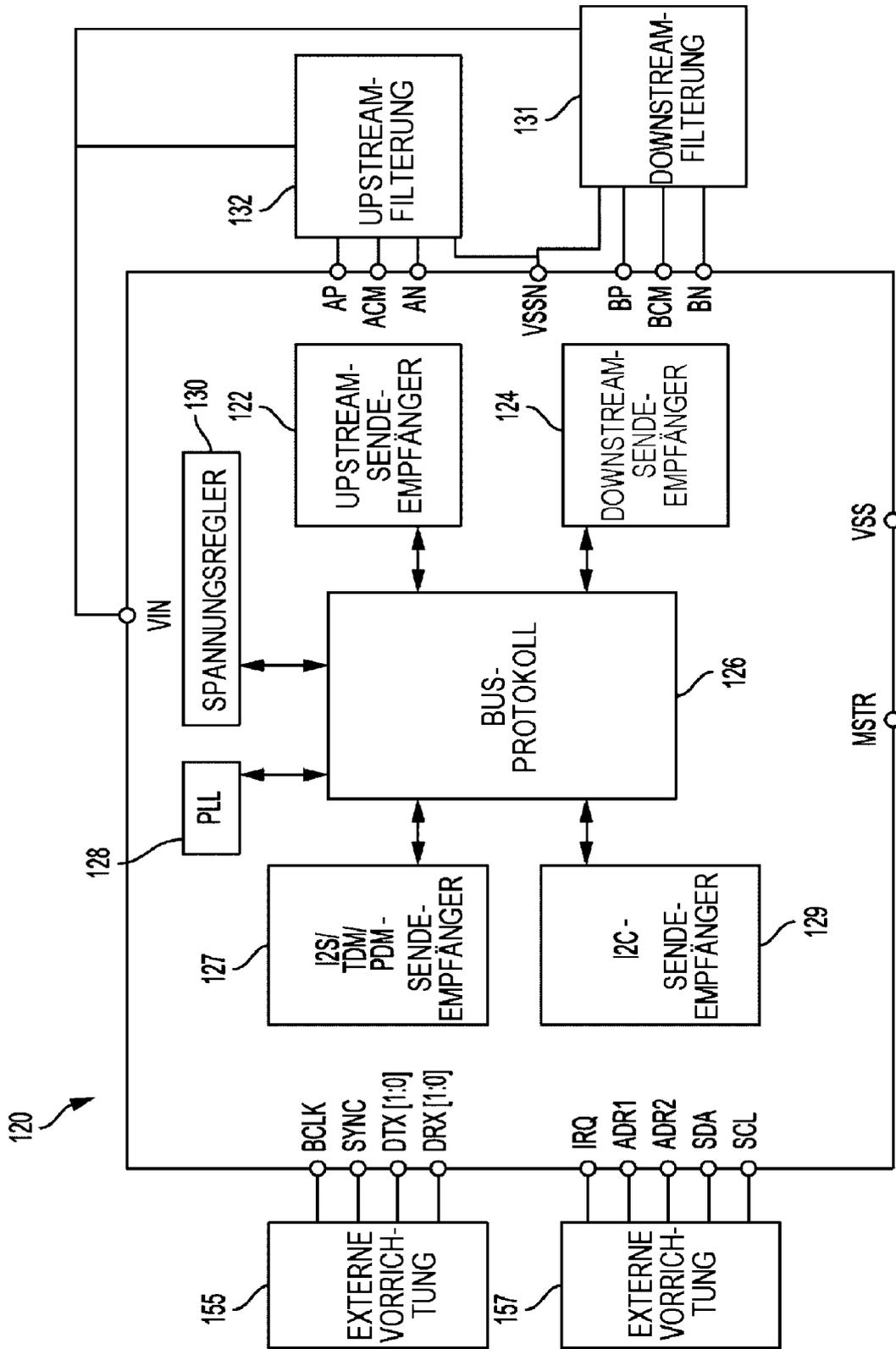


FIG. 2

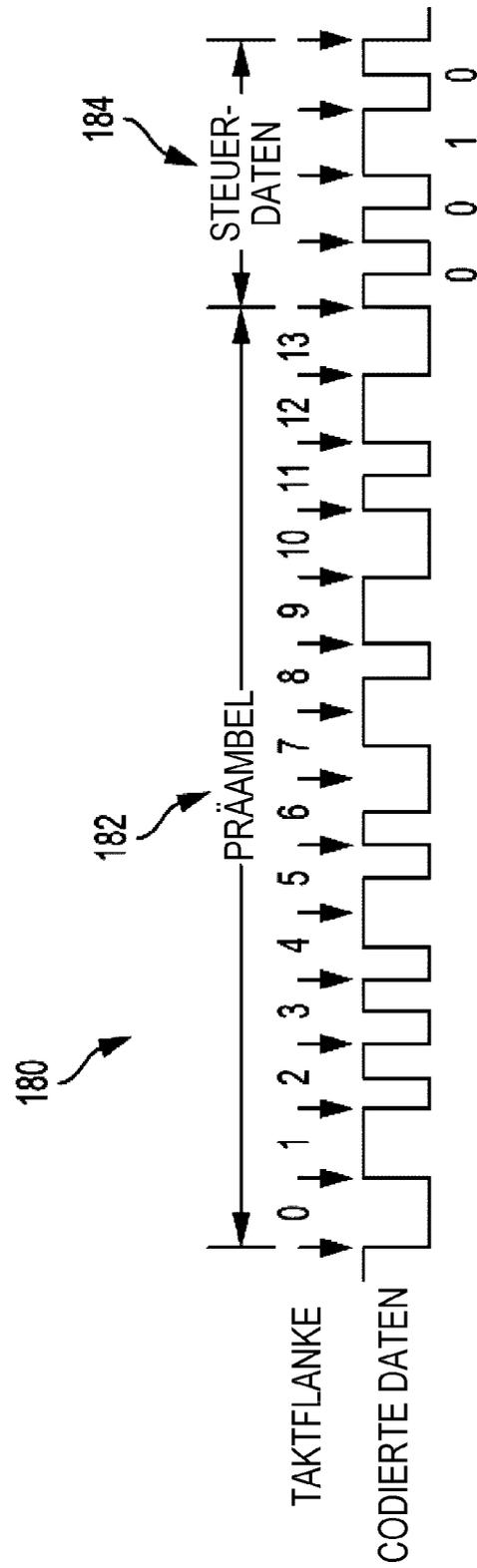


FIG. 3

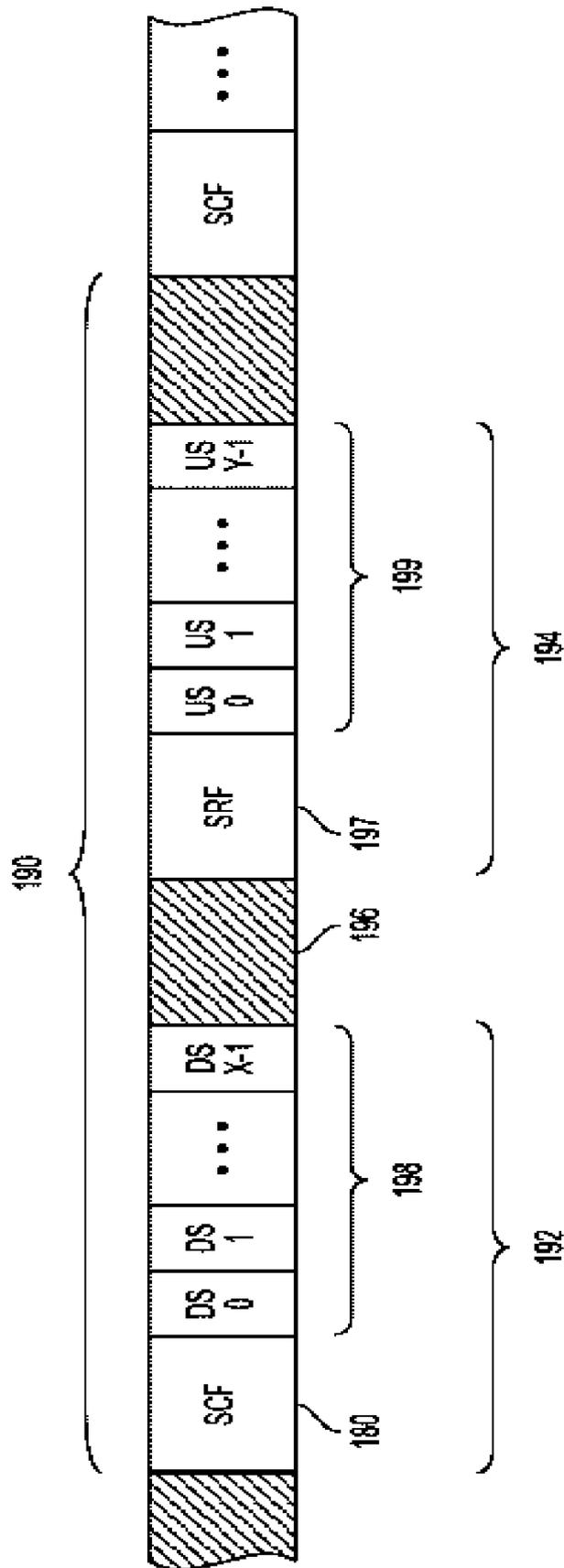


FIG. 4

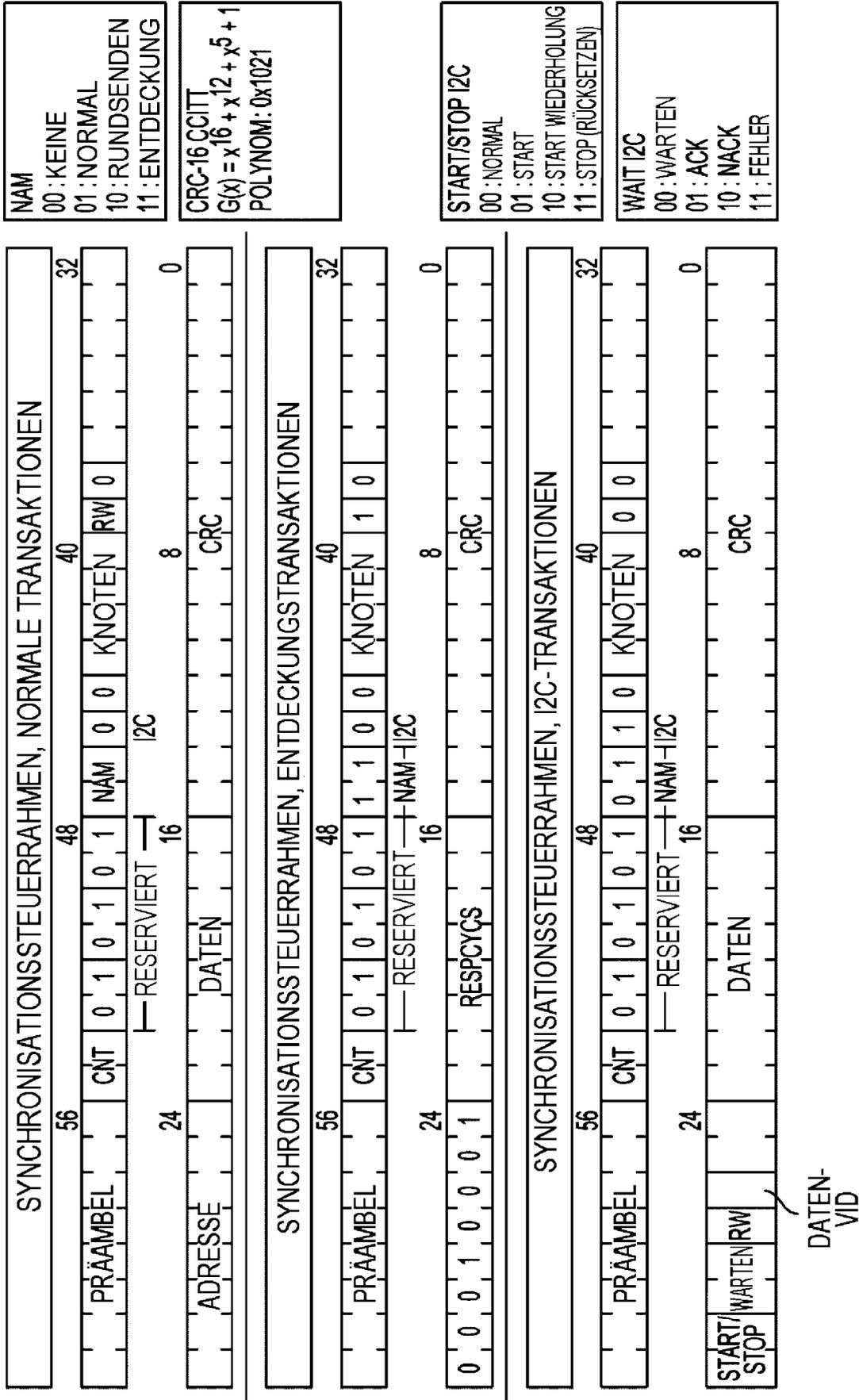


FIG. 5

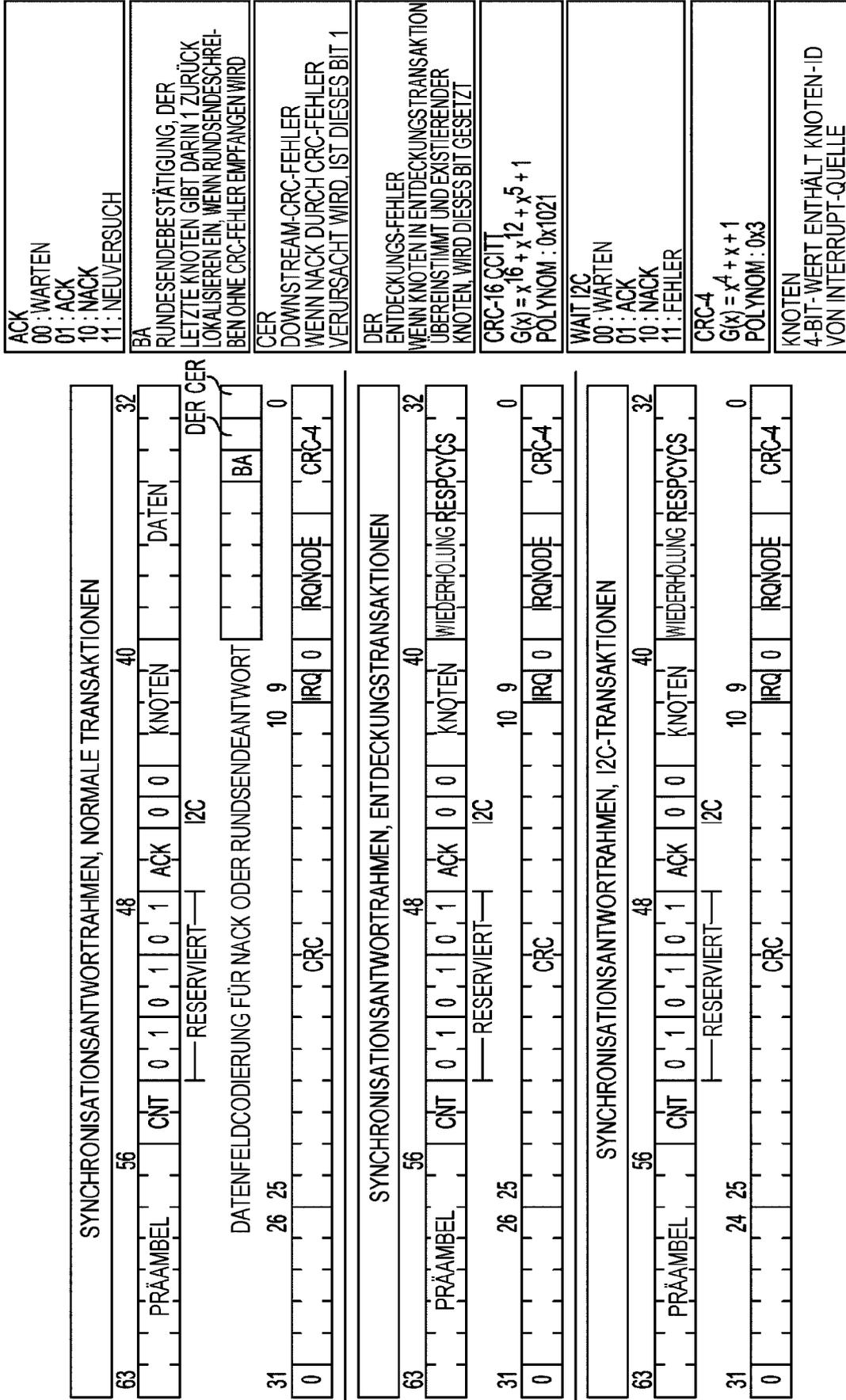


FIG. 6

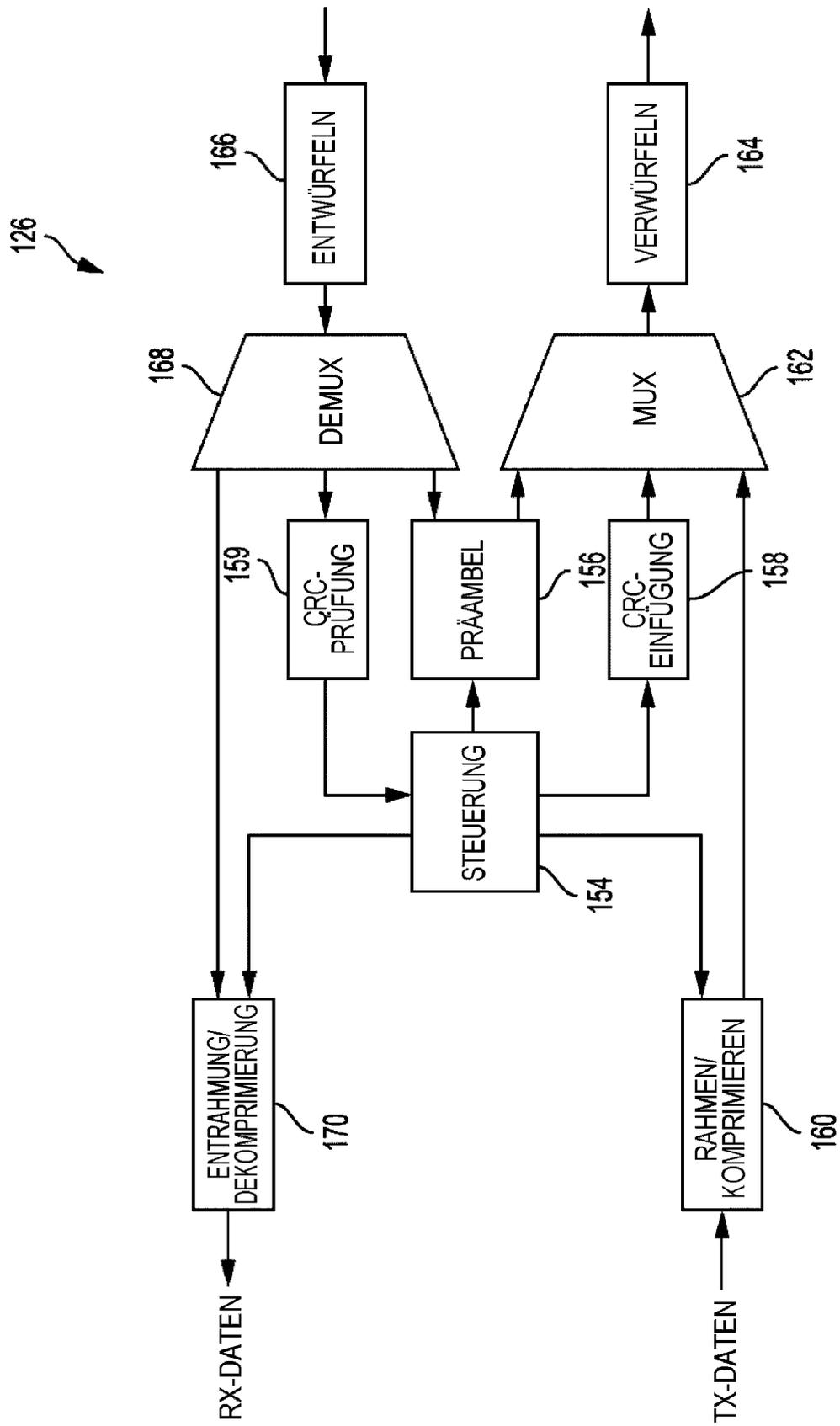


FIG. 7

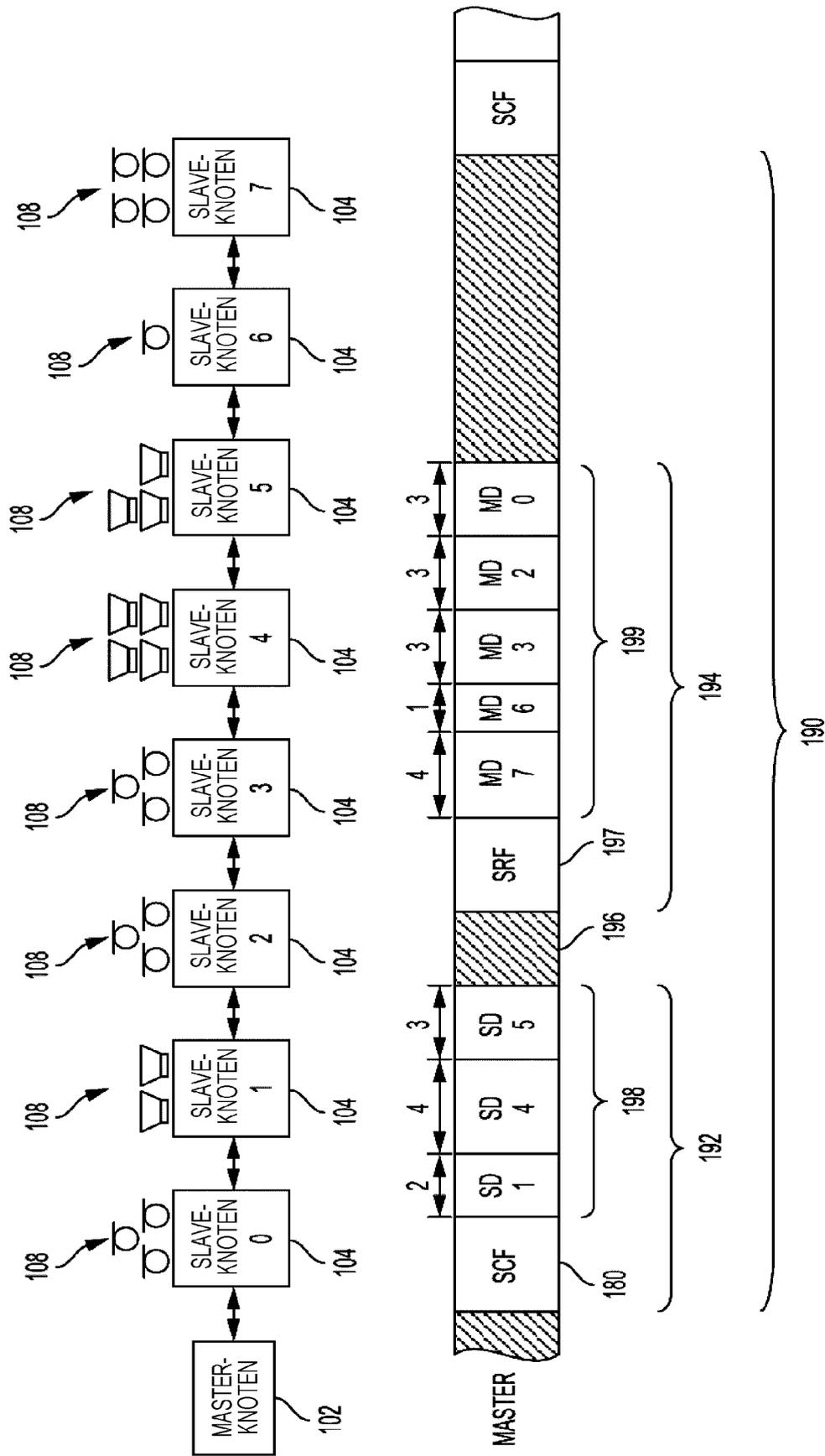


FIG. 8

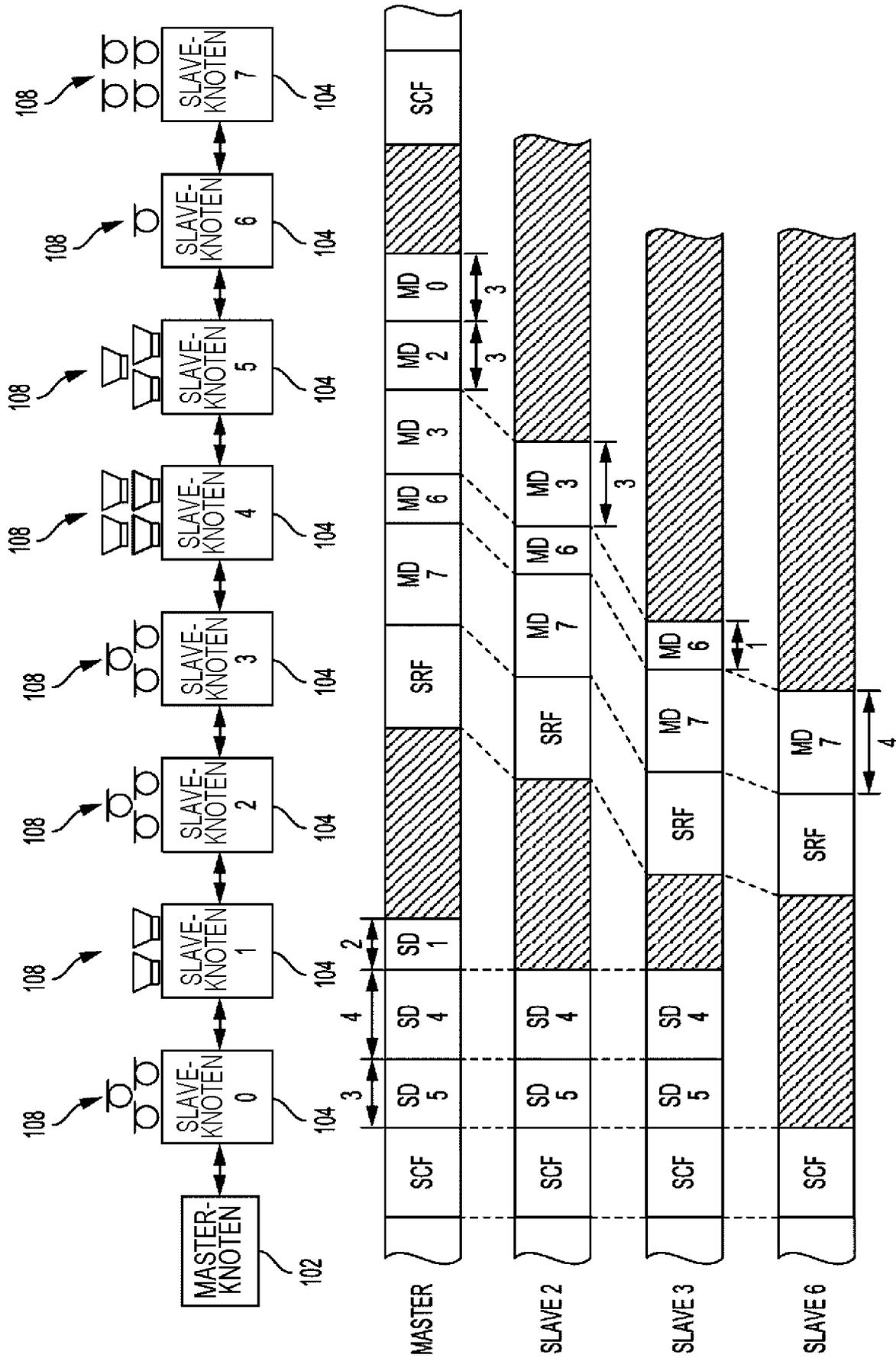


FIG. 9

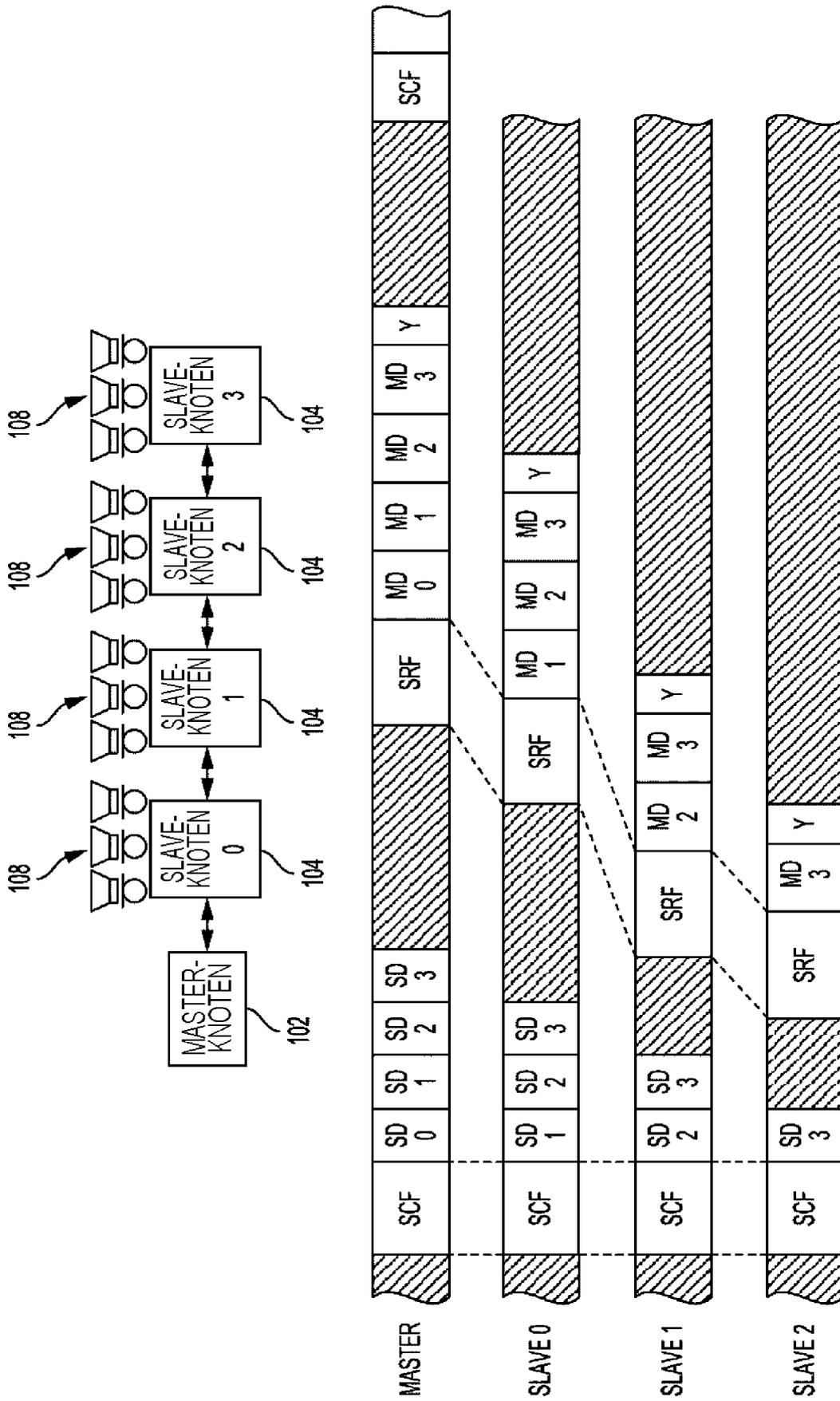


FIG. 10

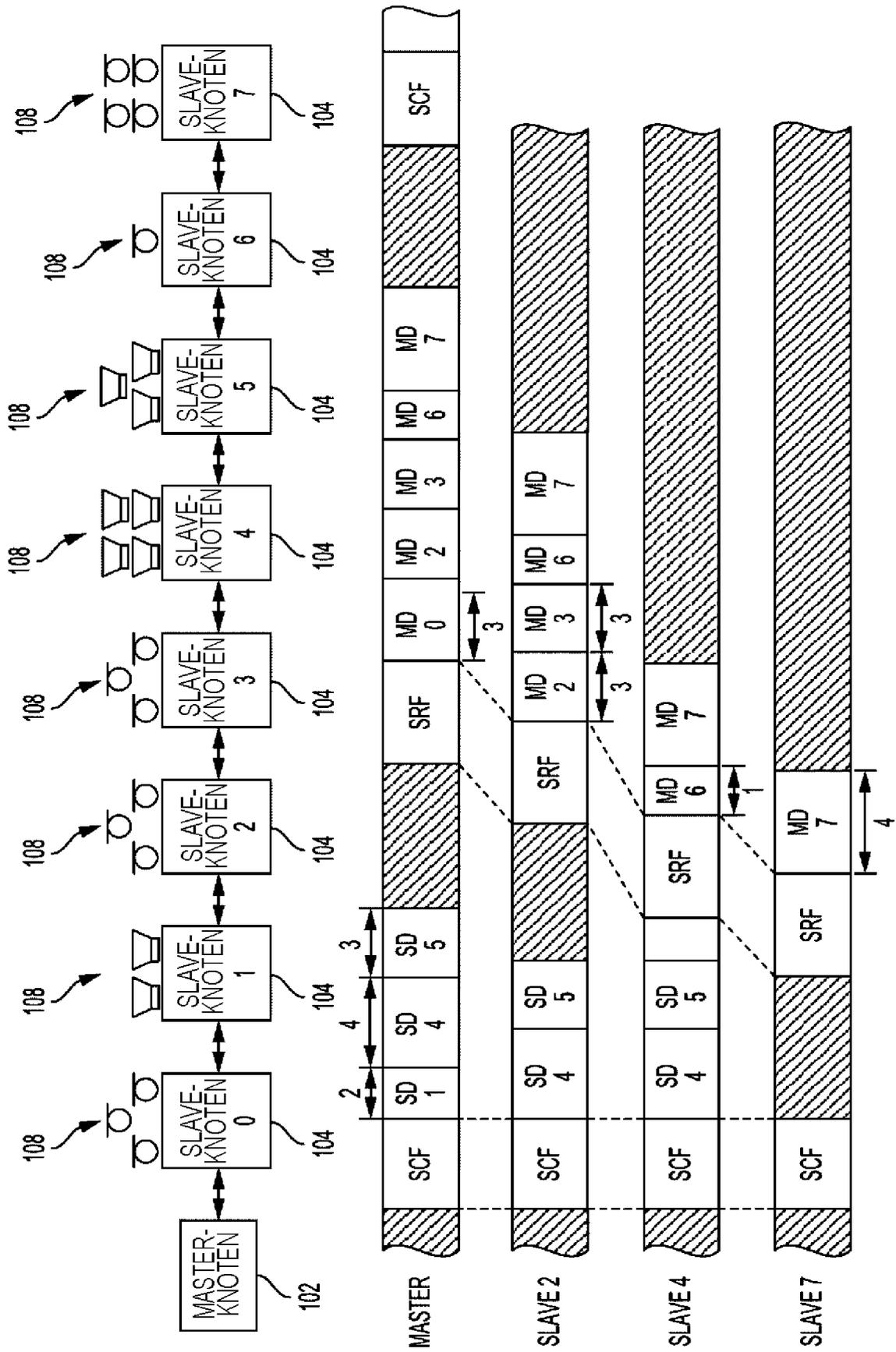


FIG. 11

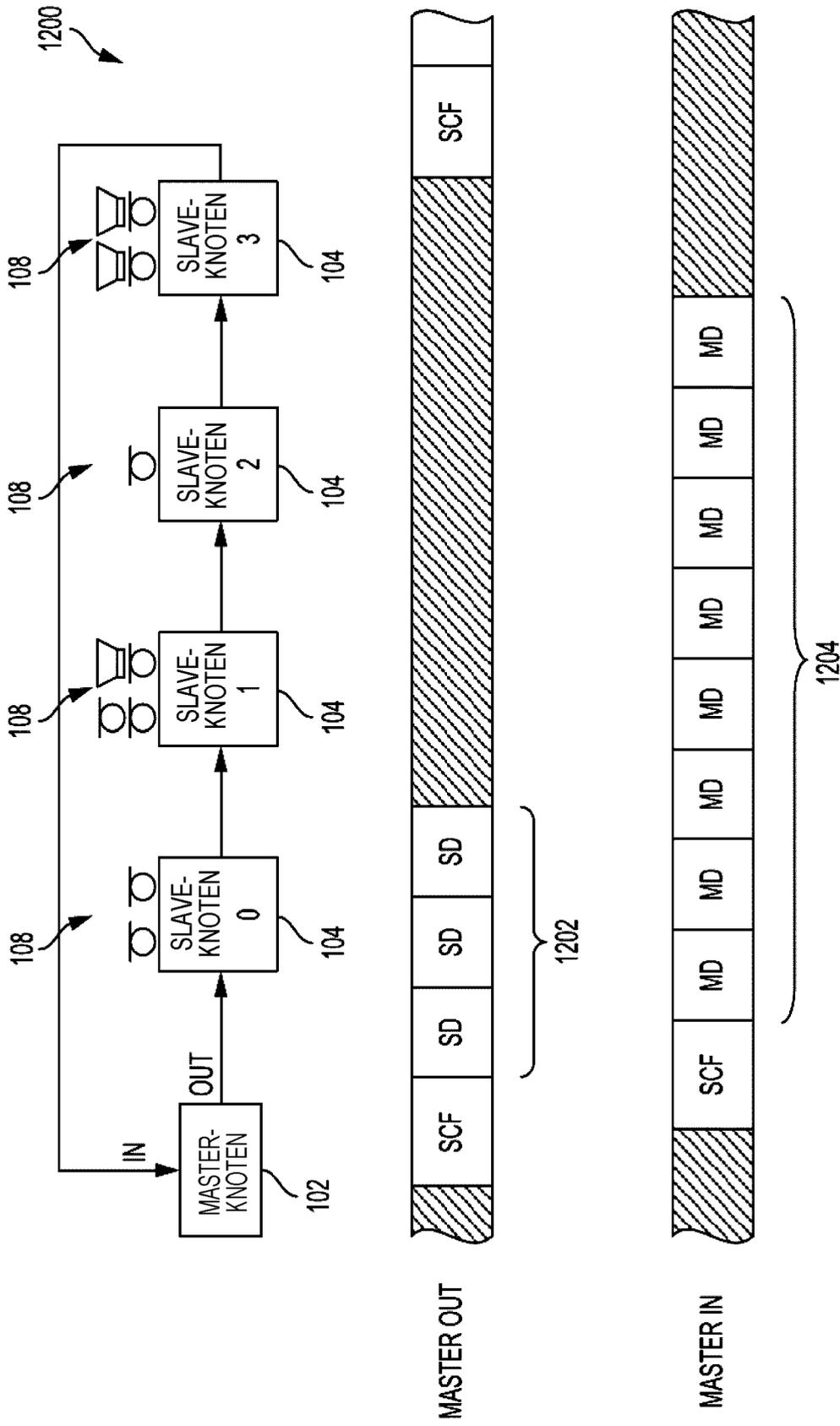


FIG. 12

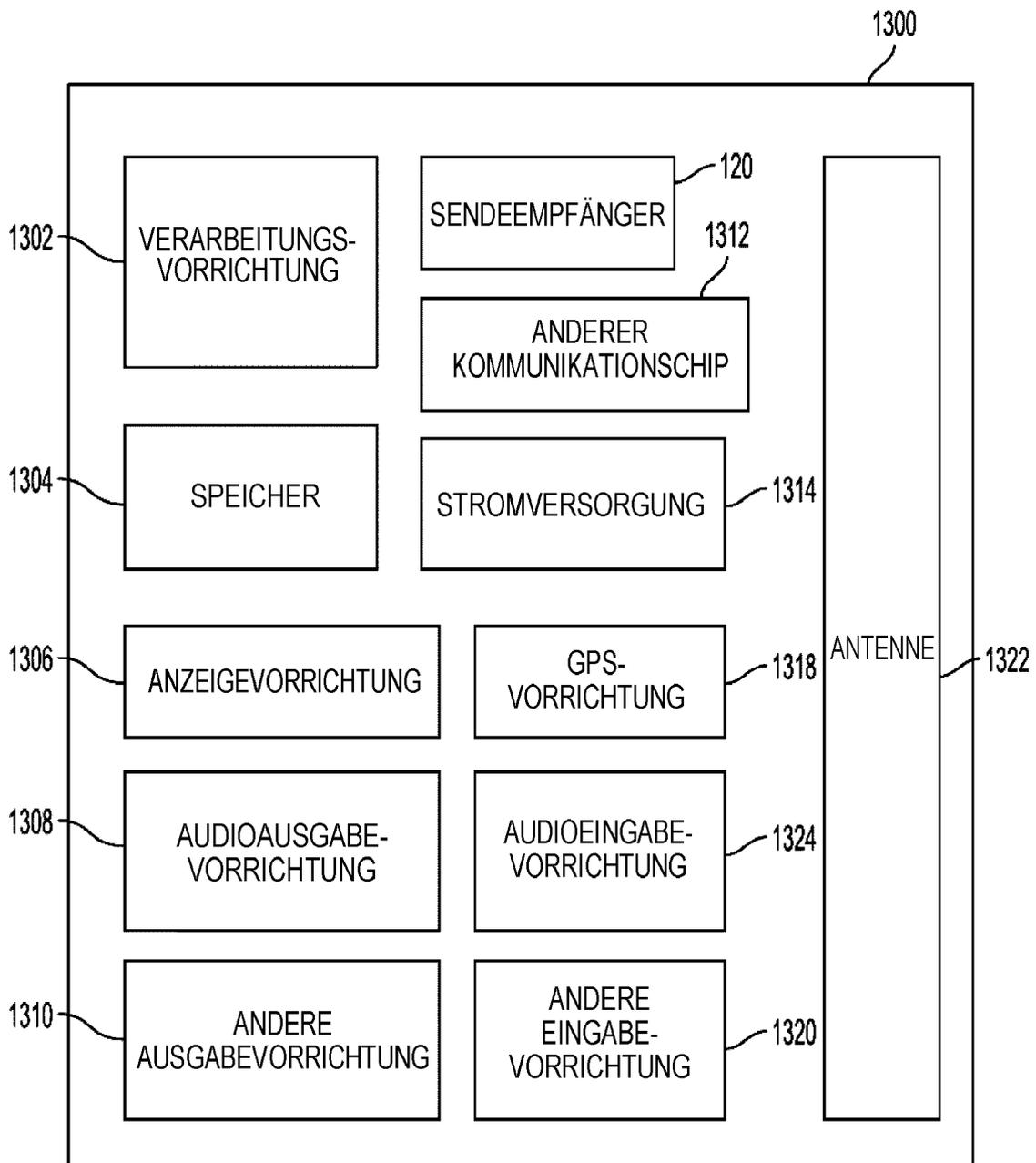


FIG. 13

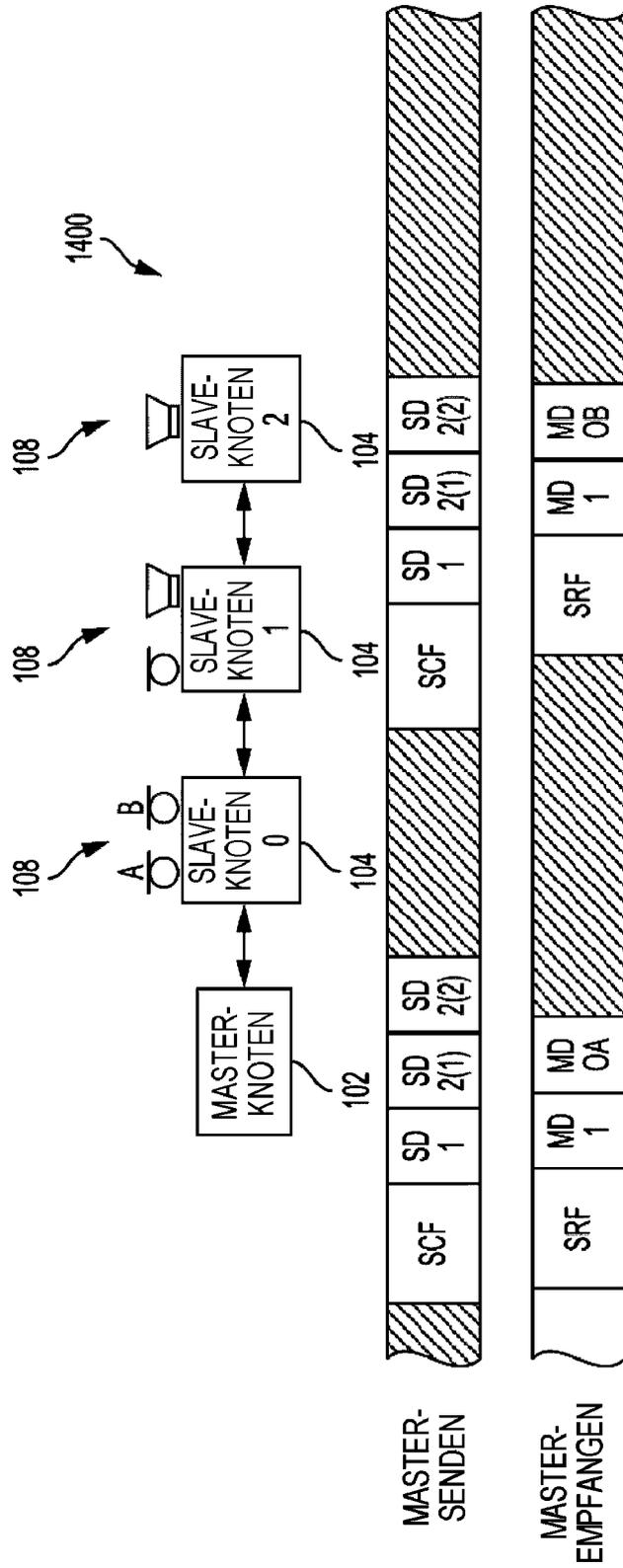


FIG. 14

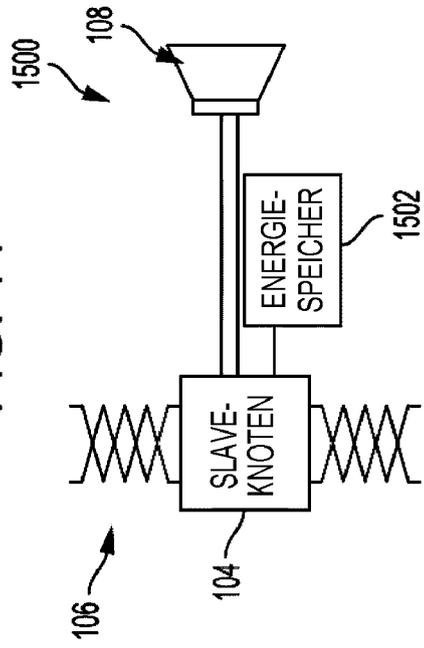


FIG. 15

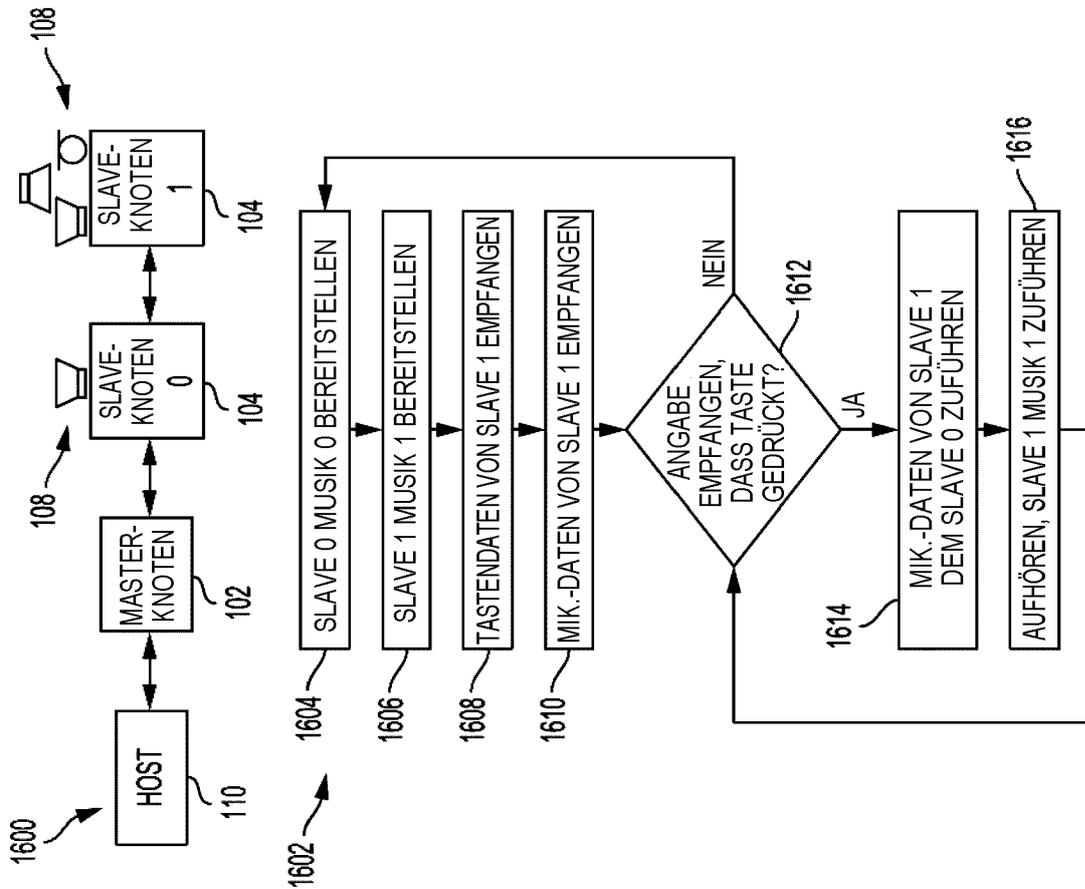


FIG. 16

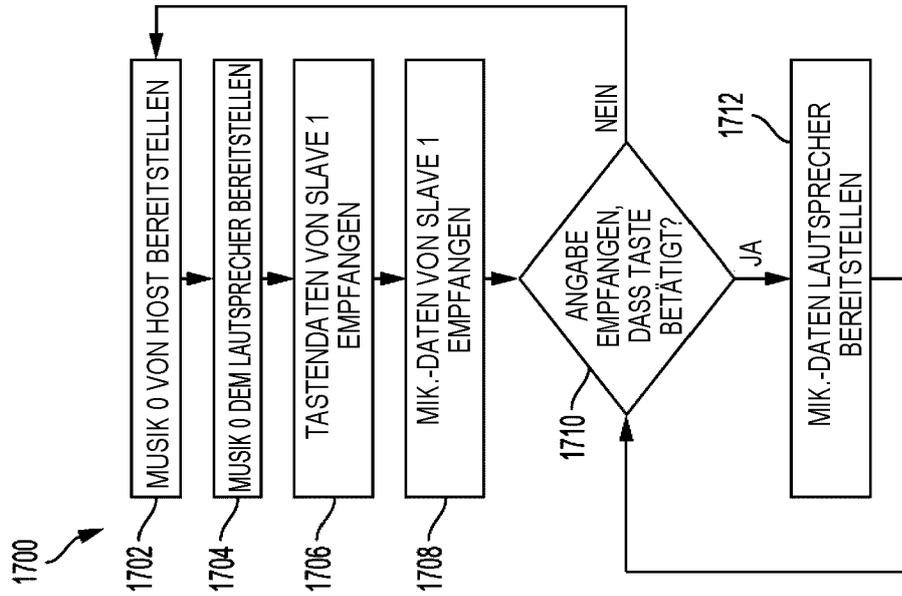


FIG. 17

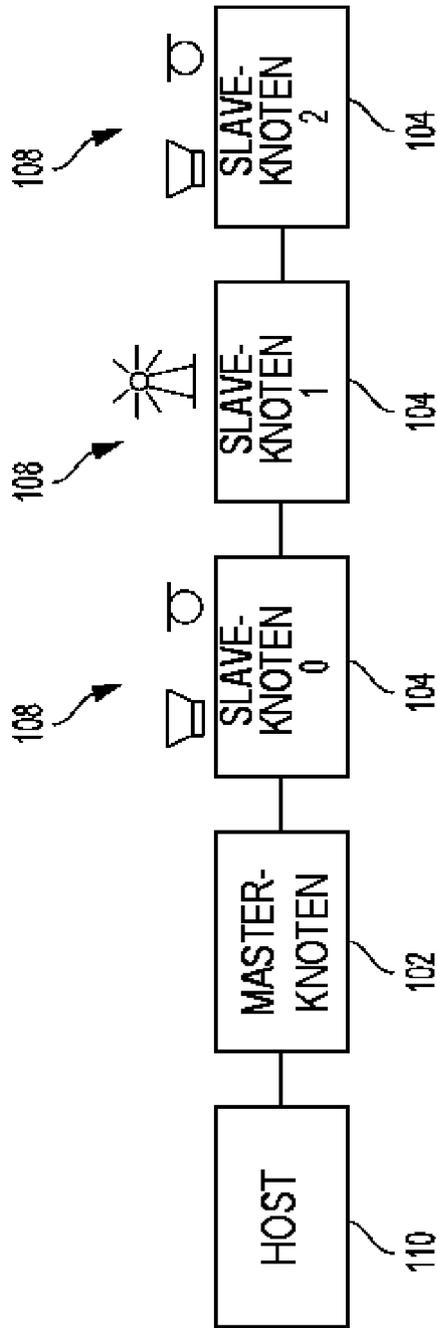


FIG. 18

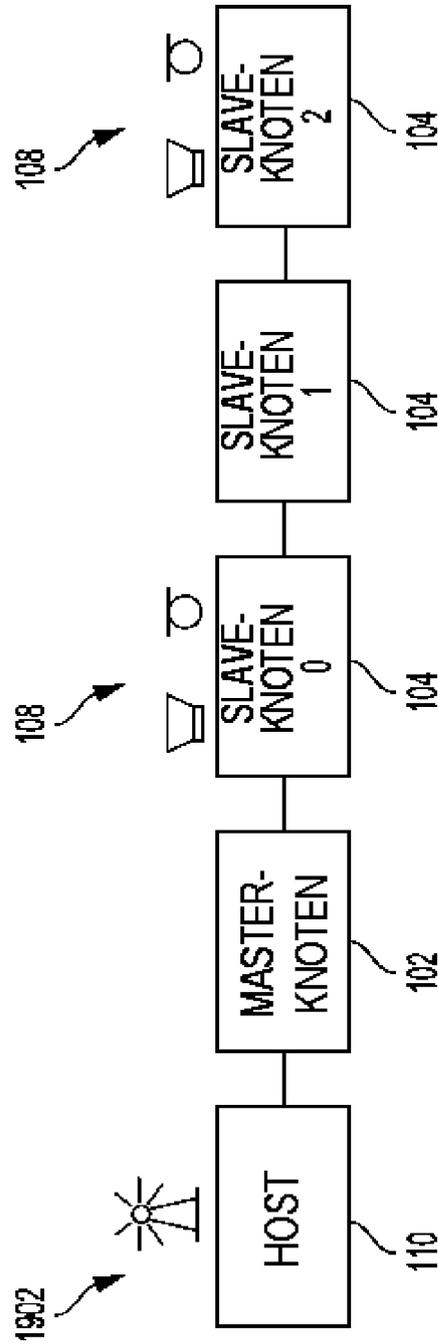


FIG. 19

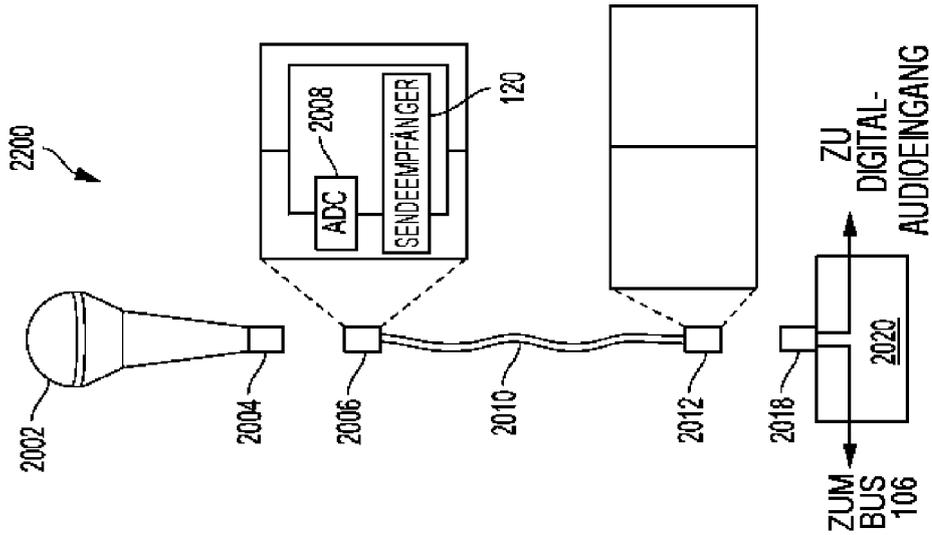


FIG. 22

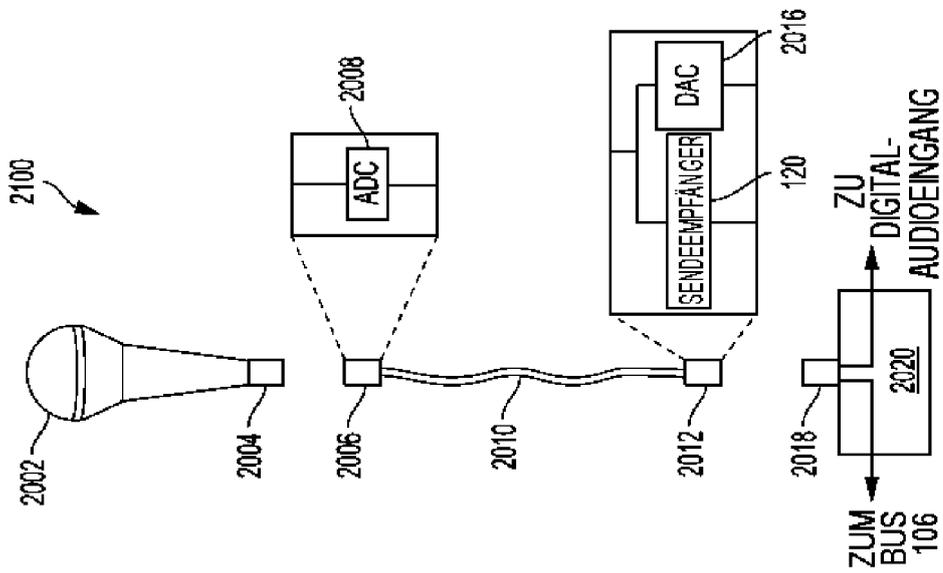


FIG. 21

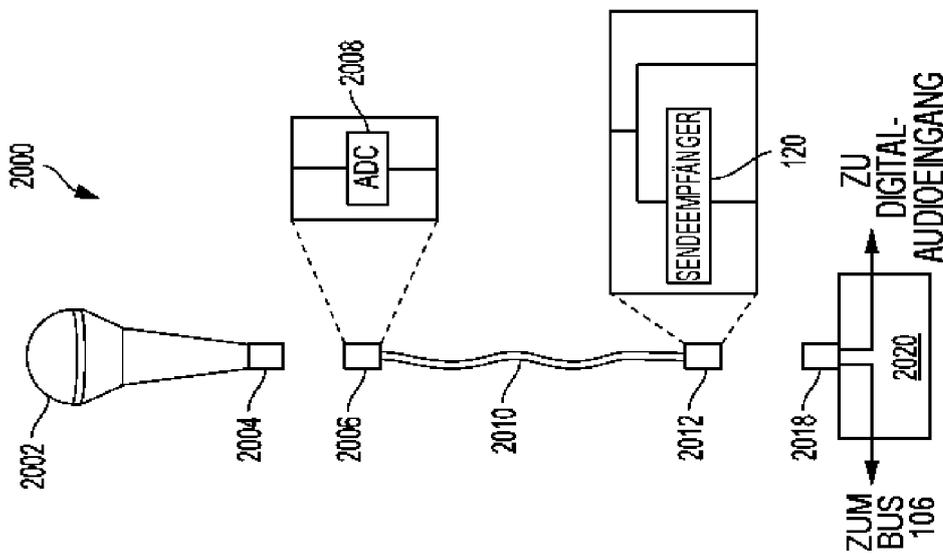


FIG. 20

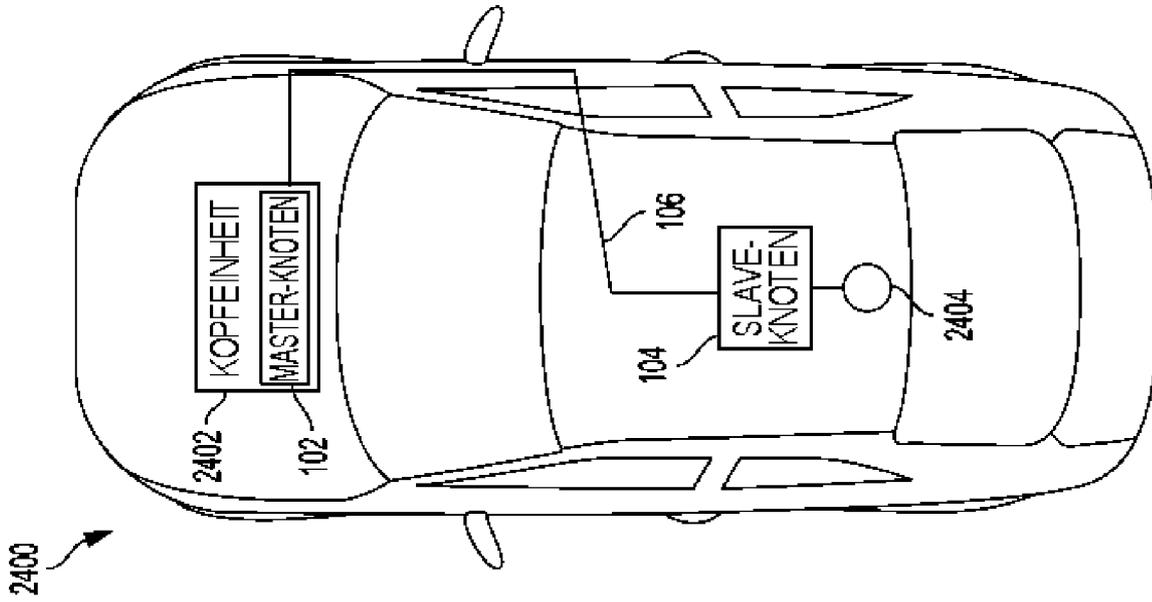


FIG. 24

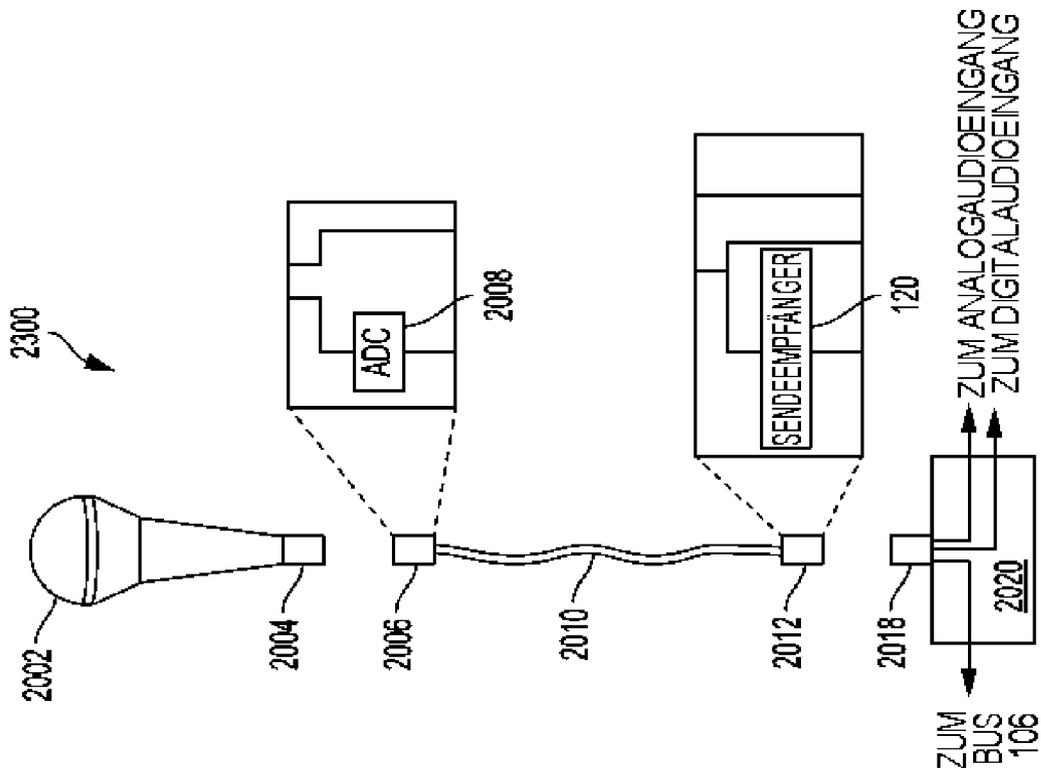


FIG. 23

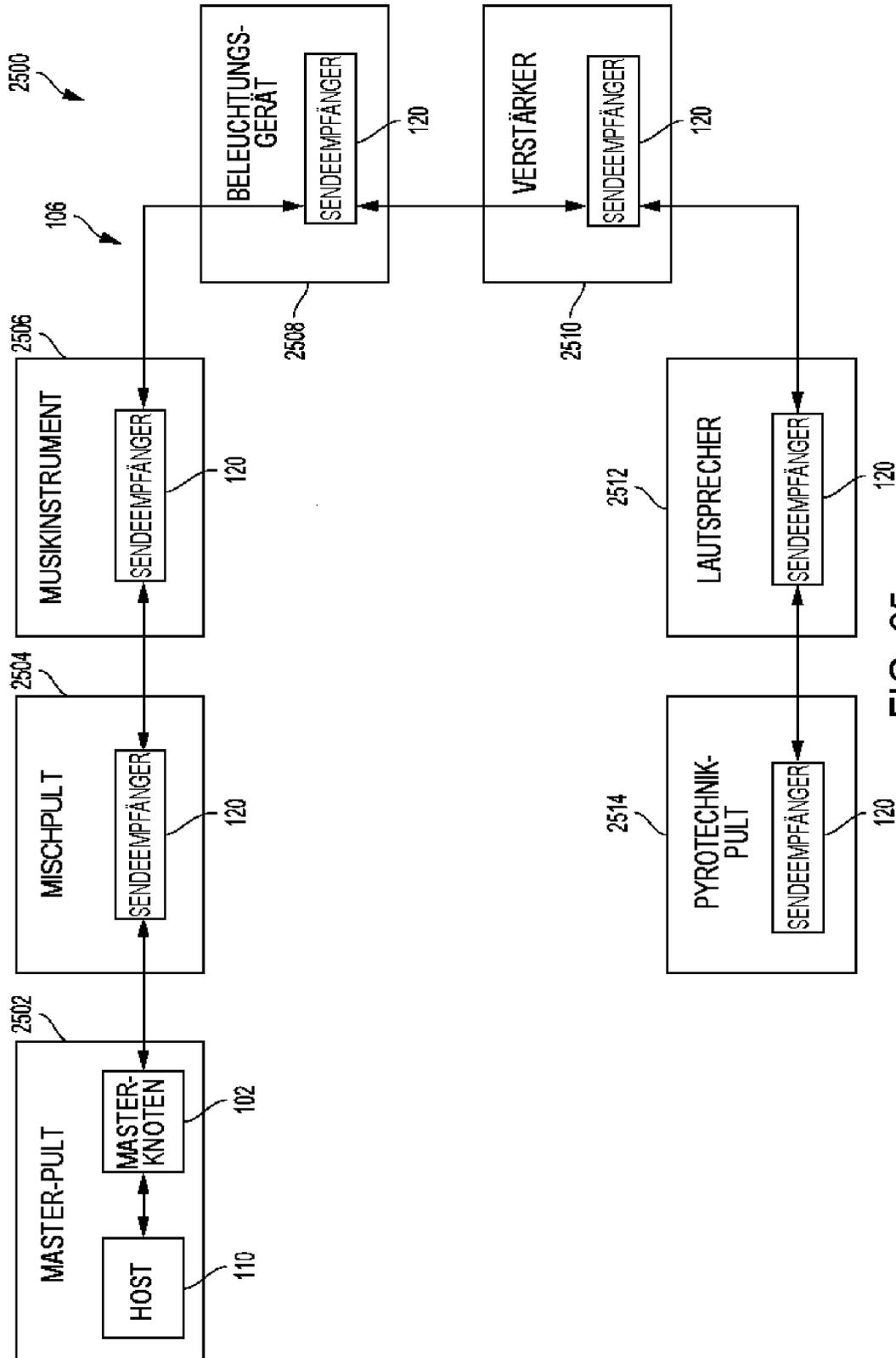


FIG. 25

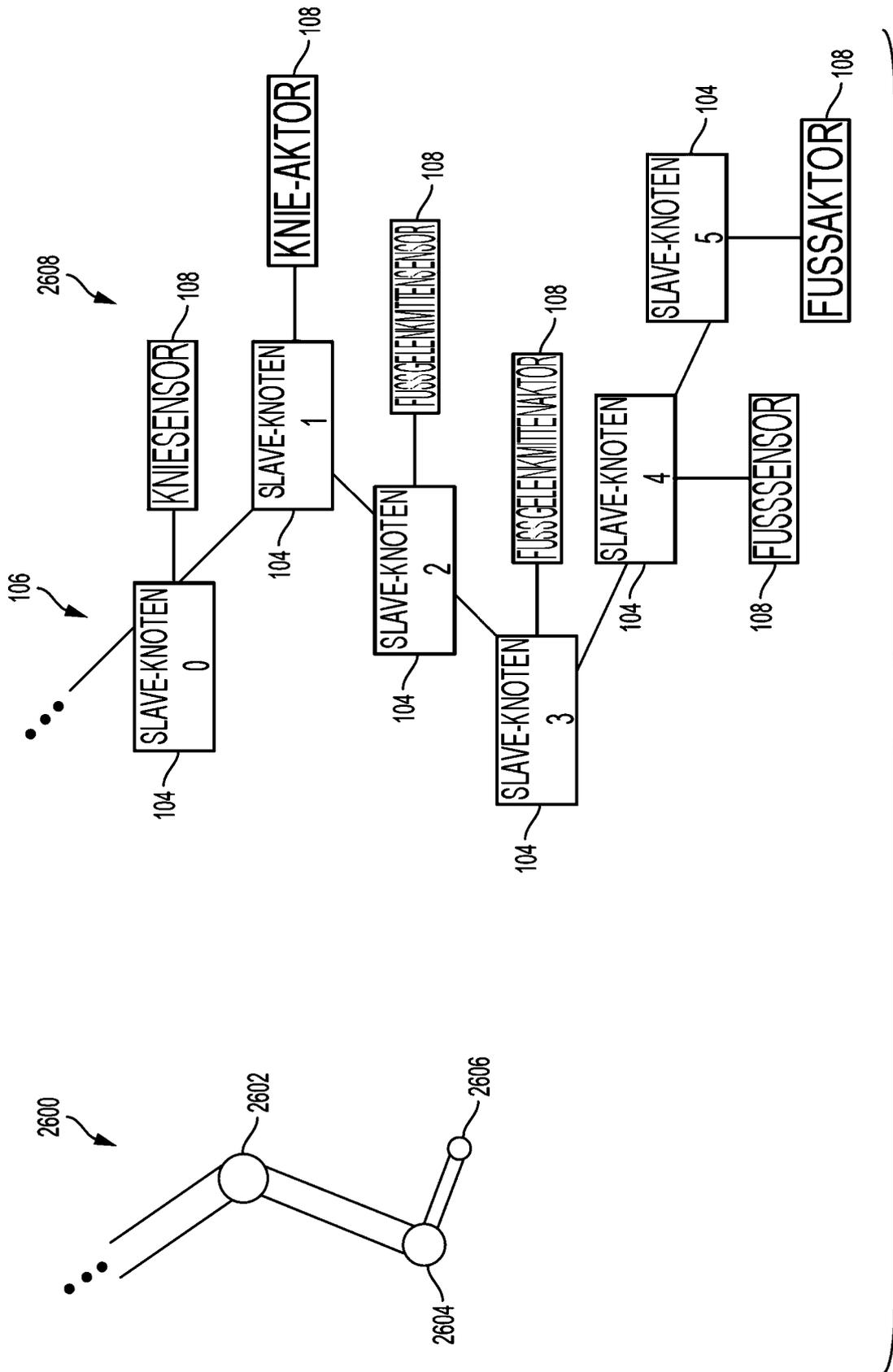


FIG. 26

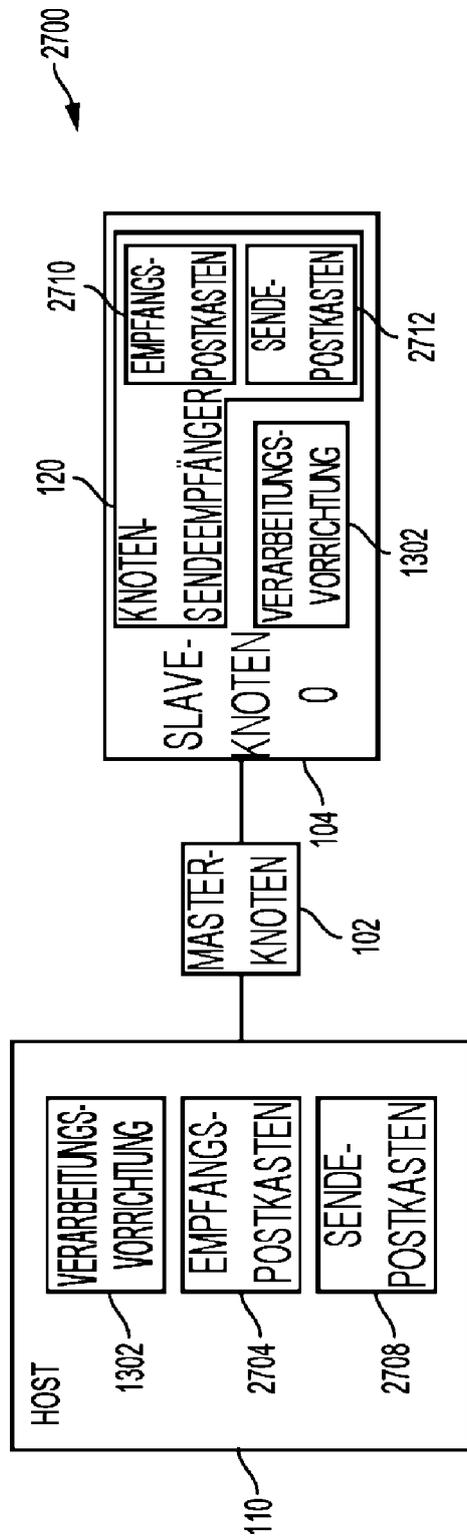


FIG. 27

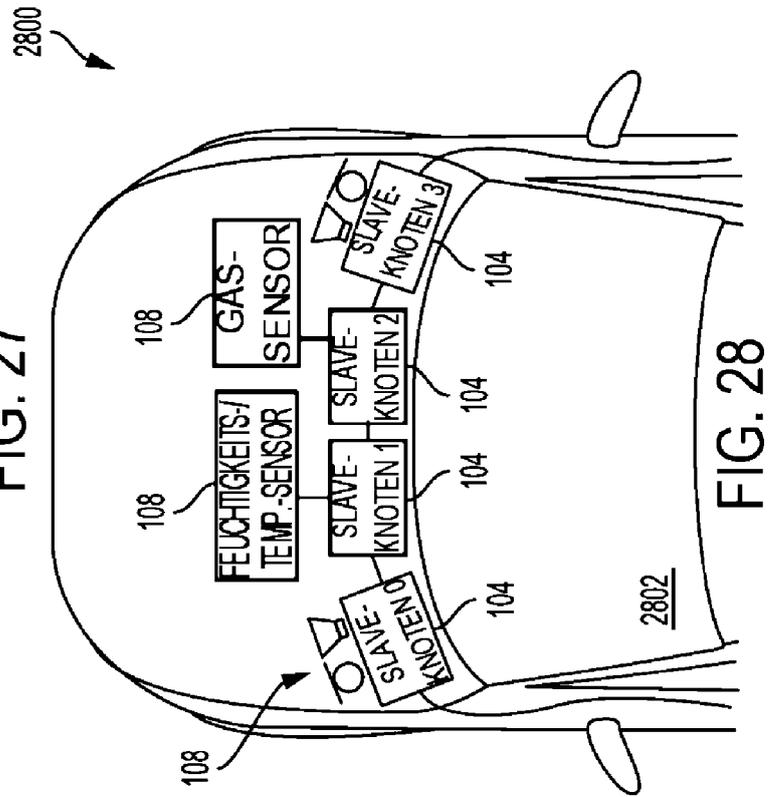


FIG. 28

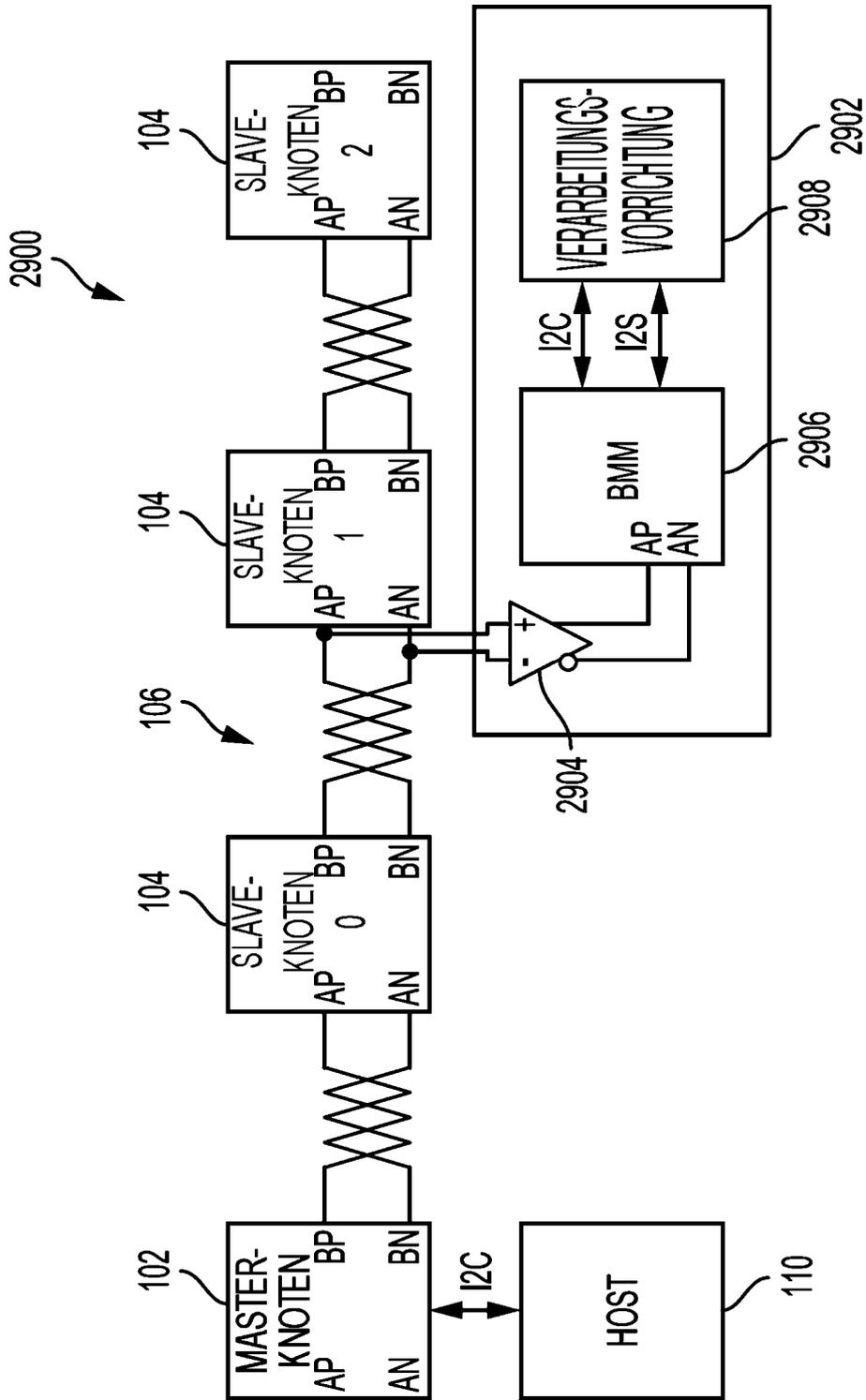


FIG. 29

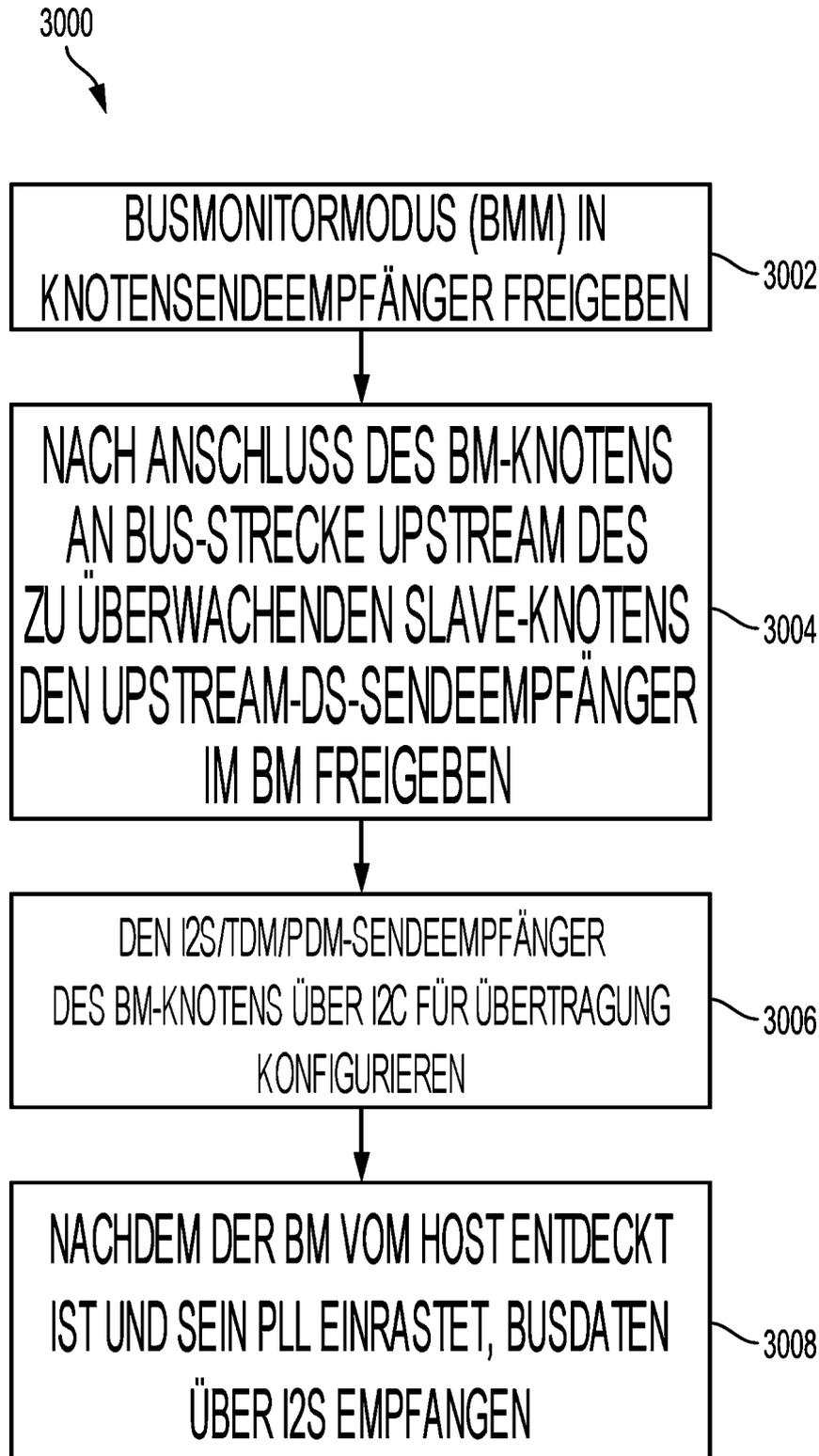


FIG. 30

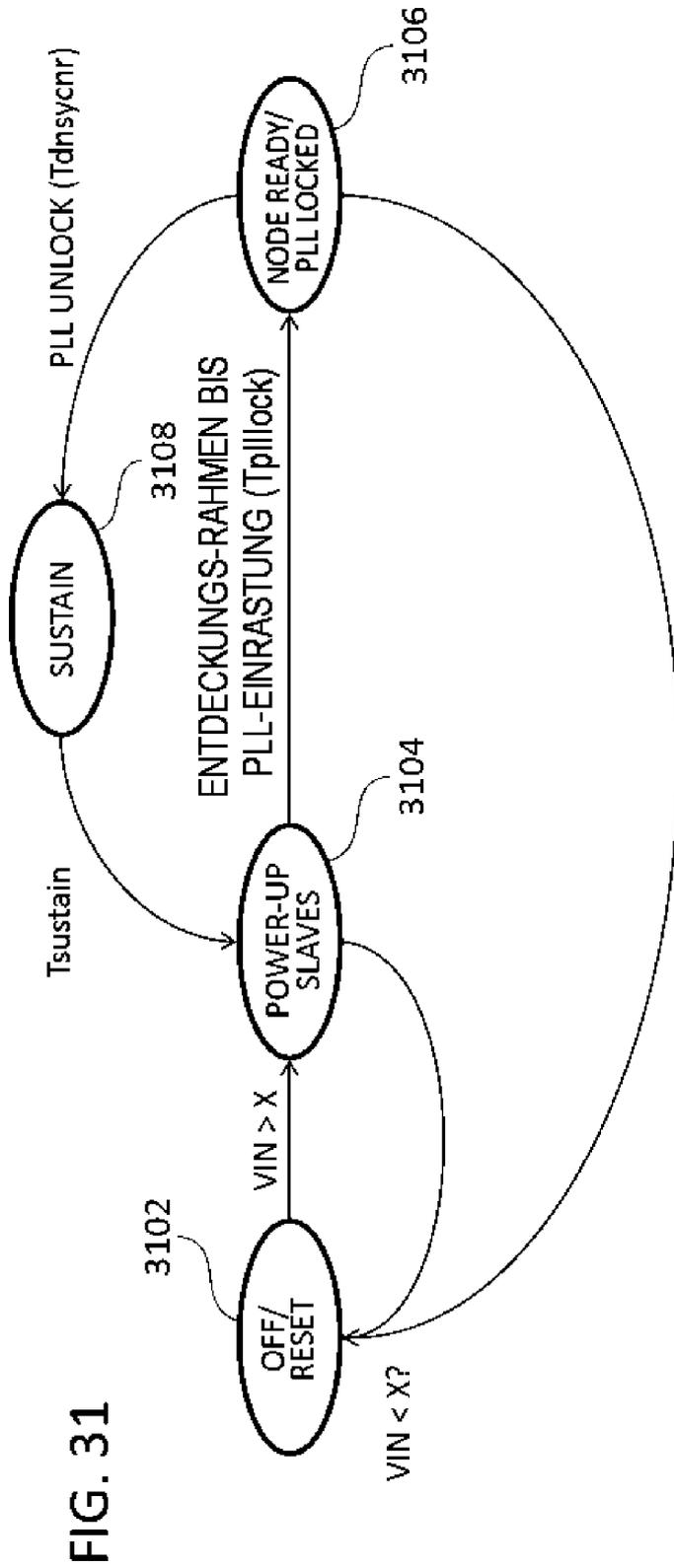


FIG. 31

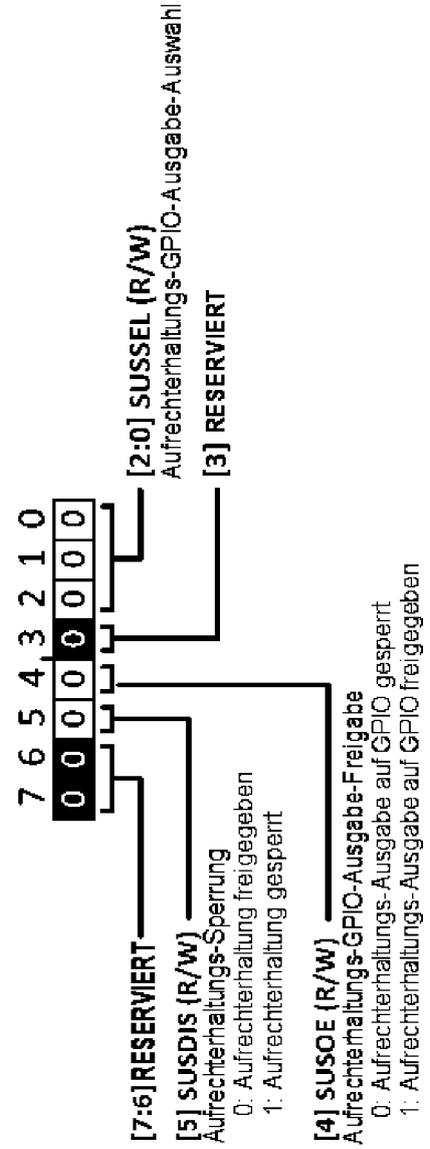


FIG. 32

Aufrechterhaltungs-Timing

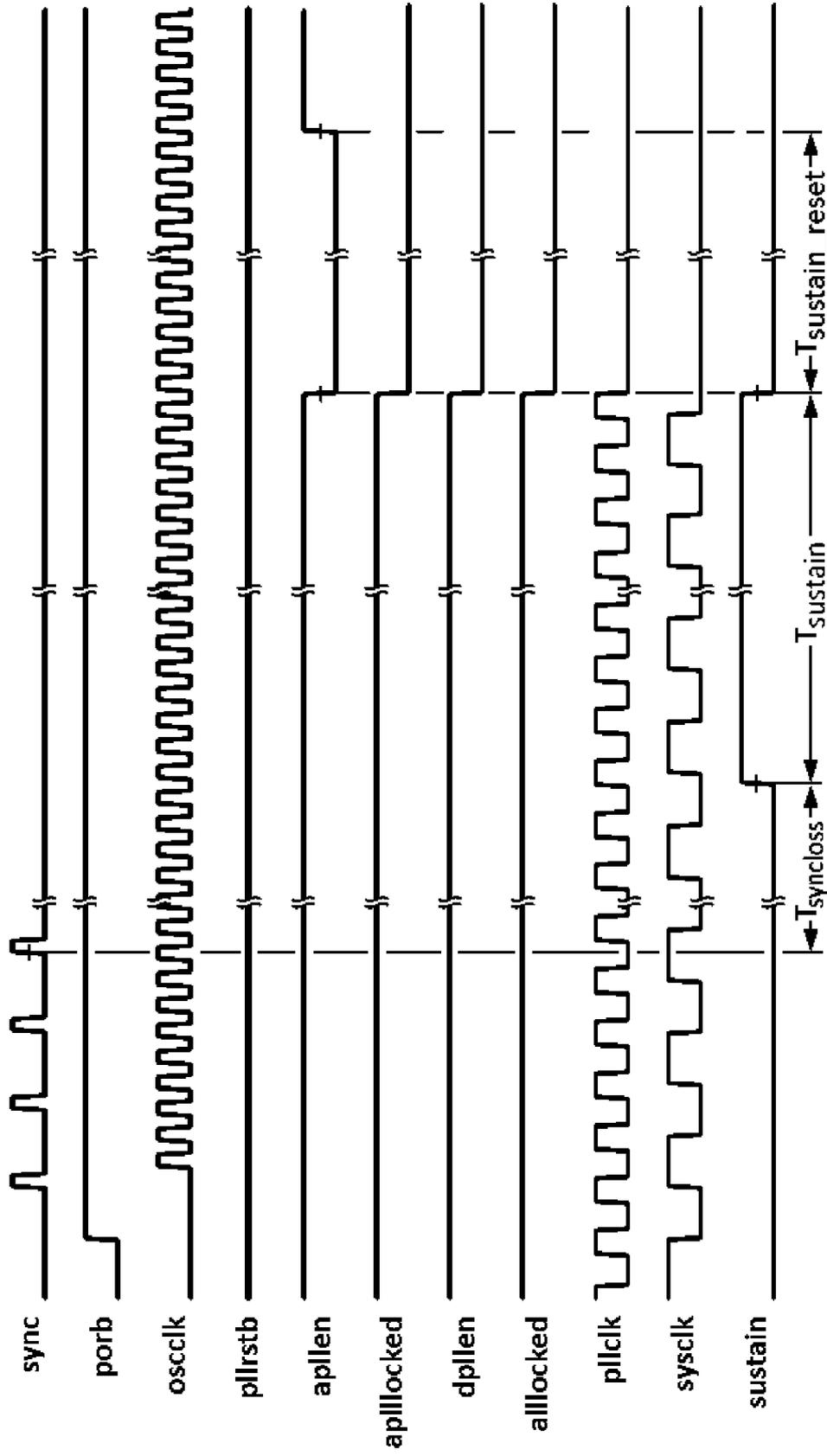


FIG. 33