



(10) **DE 10 2018 202 170 A1** 2019.06.27

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2018 202 170.8**

(22) Anmeldetag: **13.02.2018**

(43) Offenlegungstag: **27.06.2019**

(51) Int Cl.: **H04L 12/407** (2006.01)

(66) Innere Priorität:  
**10 2017 223 777.5 22.12.2017**

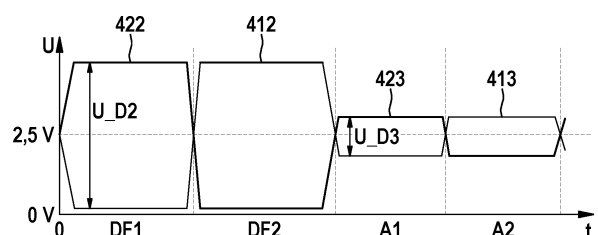
(71) Anmelder:  
**Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE**

(72) Erfinder:  
**Walker, Steffen, 72770 Reutlingen, DE; Mutter, Arthur, 73765 Neuhausen, DE**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.**

(54) Bezeichnung: **Teilnehmerstation für ein serielles Bussystem und Verfahren zum Senden einer Nachricht in einem seriellen Bussystem**

(57) Zusammenfassung: Es ist eine Teilnehmerstation (20; 30) für ein Bussystem (1) und ein Verfahren zum Senden einer Nachricht mit unterschiedlichen Bitraten in einem Bussystem (1) bereitgestellt. Die Teilnehmerstation (20; 30) umfasst eine Sendestufe (220A) zum Senden einer Nachricht (4; 5) auf eine Busleitung (3) des Bussystems (1), wobei die Sendestufe (220A) Endstufen (225 bis 228) zum Schalten von Bussignalen (412, 422; 413, 423) für eine Nachricht (5) zwischen mehr als zwei verschiedenen Buszuständen (DF1, DF2; A1, A2) aufweist, wobei die Sendestufe (220A) in einer ersten Betriebsart ausgestaltet ist, mit den Endstufen (225 bis 228) einen ersten und zweiten Datenzustand jeweils als Buszustand (A1, A2; A1, DF2; A2, DF1) mit unterschiedlichen Buspegeln für zwei Busadern (41, 42) der Busleitung (3) zu erzeugen, wobei die Sendestufe (220A) in einer zweiten Betriebsart ausgestaltet ist, mit den Endstufen (225 bis 228) einen dritten und vierten Datenzustand jeweils als Buszustand (DF1, DF2; DF1, A2; DF2, A1) mit unterschiedlichen Buspegeln für die zwei Busadern (41, 42) der Busleitung (3) zu erzeugen, und wobei zwei Buszustände (A1, A2) des ersten bis vierten Buszustands (DF1, DF2; A1, A2) einen kleineren Buspegel als die beiden anderen Buszustände (DF1, DF2) des ersten bis vierten Buszustands (DF1, DF2; A1, A2) aufweisen.



**Beschreibung**

## Technisches Gebiet

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Teilnehmerstation für ein seriellcs Bussystem und ein Verfahren zum Senden einer Nachricht in einem seriellen Bussystem, das mit hoher Datenrate und großer Fehlerrobustheit arbeitet.

## Stand der Technik

**[0002]** Für die Kommunikation zwischen Sensoren und Steuergeräten, beispielsweise in Fahrzeugen, wird häufig ein Bussystem eingesetzt, in welchem Daten als Nachrichten im Standard ISO11898-1: 2015 als CAN Protokoll-Spezifikation mit CAN FD übertragen werden. Die Nachrichten werden zwischen den Busteilnehmern des Bussystems, wie Sensor, Steuergerät, Geber, usw., übertragen.

**[0003]** Mit steigender Anzahl an Funktionen einer technischen Anlage bzw. eines Fahrzeugs, nimmt auch der Datenverkehr im Bussystem zu. Noch dazu ist es oft gefordert, dass die Daten schneller vom Sender zum Empfänger zu übertragen sind als bisher. Folge davon ist, dass die geforderte Bandbreite des Bussystems weiter steigen wird.

**[0004]** Um Daten mit höherer Bitrate übertragen zu können als bei CAN, wurde im CAN FD Nachrichten-Format eine Option zur Umschaltung auf eine höhere Bitrate innerhalb einer Nachricht geschaffen. Bei solchen Techniken wird die maximal mögliche Datenrate durch Einsatz einer höheren Taktung im Bereich der Datenfelder über einen Wert von 1 MBit/s hinaus gesteigert. Solche Nachrichten werden nachfolgend auch als CAN FD-Rahmen oder CAN FD-Nachrichten bezeichnet. Bei CAN FD ist die Nutzdatenlänge von 8 auf bis zu 64 Bytes erweitert und sind die Datenübertragungsraten deutlich höher als bei CAN.

**[0005]** Auch wenn ein CAN oder CAN FD basiertes Kommunikationsnetzwerk im Hinblick auf beispielsweise seine Robustheit sehr viele Vorteile bietet, hat es doch eine deutlich geringere Schnelligkeit im Vergleich zu einer Datenübertragung bei zum Beispiel 100 Base-T1 Ethernet. Außerdem ist die bisher mit CAN FD erreichte Nutzdatenlänge von bis zu 64 Bytes für einige Anwendungen zu gering.

## Offenbarung der Erfindung

**[0006]** Daher ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Teilnehmerstation für ein seriellcs Bussystem und ein Verfahren zum Senden einer Nachricht in einem seriellen Bussystem bereitzustellen, welche die zuvor genannten Probleme lösen. Insbesondere sollen eine Teilnehmerstation für ein seriellcs Bussystem und ein Verfahren zum Senden einer Nach-

richt in einem seriellen Bussystem bereitgestellt werden, bei welchen bei großer Fehlerrobustheit eine hohe Datenrate und eine Steigerung der Menge der Nutzdaten pro Rahmen realisiert werden kann.

**[0007]** Die Aufgabe wird durch eine Teilnehmerstation für ein seriellcs Bussystem mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Die Teilnehmerstation umfasst eine Sendestufe zum Senden einer Nachricht auf eine Busleitung des Bussystems, wobei die Sendestufe Endstufen zum Schalten von Bussignalen für eine Nachricht zwischen mehr als zwei verschiedenen Buszuständen aufweist, wobei die Sendestufe in einer ersten Betriebsart ausgestaltet ist, mit den Endstufen einen ersten und zweiten Datenzustand jeweils als Buszustand mit unterschiedlichen Buspegeln für zwei Busadern der Busleitung zu erzeugen, wobei die Sendestufe in einer zweiten Betriebsart ausgestaltet ist, mit den Endstufen einen dritten und vierten Datenzustand jeweils als Buszustand mit unterschiedlichen Buspegeln für die zwei Busadern der Busleitung zu erzeugen, und wobei zwei Buszustände des ersten bis vierten Buszustands einen kleineren Buspegel als die beiden anderen Buszustände des ersten bis vierten Buszustands aufweisen.

**[0008]** Mit der Teilnehmerstation ist eine deutliche Steigerung der Bitrate und damit der Übertragungsgeschwindigkeit von Sender zu Empfänger realisierbar. Hierbei ist jedoch gleichzeitig eine große Fehlerrrobustheit gewährleistet.

**[0009]** Aufgrund der Ausgestaltung der Teilnehmerstation werden keine Fehlerrahmen (Error-Frames) mehr benötigt. Dies trägt mit dazu bei, eine Nettodatenrate von mindestens 10 Mbps zu realisieren. Noch dazu kann die Größe der Nutzdaten bis zu 4096 Byte pro Rahmen betragen.

**[0010]** Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass mehrere Domänen per Switches bedarfsgerecht miteinander verbunden werden können. Das senkt den Verkabelungsaufwand zwischen den einzelnen Komponenten einer technischen Anlage bzw. eines Fahrzeugs. Dies ist in Bezug auf den geringeren zeitlichen Aufwand, verminderten Materialeinsatz und dadurch reduziertes Gewicht insbesondere bei einem Fahrzeug ein besonders deutlicher Pluspunkt.

**[0011]** Das von der Teilnehmerstation durchgeführte Verfahren kann auch zum Einsatz kommen, wenn in dem Bussystem auch mindestens eine CAN-Teilnehmerstation und/oder mindestens eine CAN FD Teilnehmerstation vorhanden ist, die Nachrichten nach dem CAN-Protokoll und/oder CAN FD Protokoll senden.

**[0012]** Vorteilhafte weitere Ausgestaltungen der Teilnehmerstation sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

**[0013]** In einer Ausführungsvariante ist die Sendestufe ausgestaltet, die kleineren Pegel für die zwei Buszustände durch schwächeres Treiben der Buspegel für die zwei Busadern zu erzeugen, wobei das schwächere Treiben der Buspegel erreicht wird durch einen höheren Einschaltwiderstand von Transistoren der jeweiligen Endstufen, die zum Treiben der zwei Buszustände verwendet werden, als einen Einschaltwiderstand von Transistoren der jeweiligen Endstufen, die zum Treiben der beiden anderen Buszustände verwendet werden.

**[0014]** Möglicherweise sind die Endstufen derart symmetrisch aufgebaut, dass jeweils zwei Buszustände der mehr als zwei verschiedenen Buszustände symmetrisch zueinander sind.

**[0015]** Gemäß einer speziellen Ausführungsvariante ist die Sendestufe ausgestaltet, in die erste Betriebsart mit zwei ersten verschiedenen Buszuständen für eine Nachricht zu schalten, wenn von der Nachricht Daten einer ersten Phase zu senden sind, die mit einer ersten Bitrate zu senden sind, wobei die Sendestufe ausgestaltet ist, in die zweite Betriebsart mit zwei zweiten verschiedenen Buszuständen für eine Nachricht zu schalten, wenn von der Nachricht Daten einer zweiten Phase zu senden sind, die mit einer zweiten Bitrate zu senden ist, die schneller als die erste Bitrate ist. Hierbei kann die Sendestufe ausgestaltet sein, gemäß einer vorbestimmten Codierung in die erste Betriebsart mit den zwei ersten verschiedenen Buszuständen für die Nachricht oder die zweite Betriebsart mit den zwei zweiten verschiedenen Buszuständen für eine Nachricht zu schalten, wenn von der Nachricht die Daten der zweiten Phase zu senden sind. Hierbei kann die Sendestufe zudem ausgestaltet sein, durch Verwendung von vier verschiedenen Buszuständen eine Frequenz für die Bussignale zum Senden der Daten der zweiten Phase zu reduzieren im Vergleich zu der Frequenz für die Bussignale zum Senden der Daten der ersten Phase, in welcher die Sendestufe ausgestaltet ist zwei verschiedene Buszustände der vier verschiedenen Buszustände zu verwenden.

**[0016]** Gemäß einer weiteren speziellen Ausführungsvariante ist die Sendestufe ausgestaltet, nur in die zweite Betriebsart zum Senden von Daten zu schalten, wenn für die Teilnehmerstation für eine vorbestimmte Zeit ein exklusiver, kollisionsfreier Zugriff auf die Busleitung des Bussystems gewährleistet ist.

**[0017]** Bei einem Ausführungsbeispiel hat die Sendestufe eine erste Endstufe, die zwischen einen Anschluss für eine Spannungsversorgung und eine erste Busader der Busleitung geschaltet ist, eine zweite Endstufe, die zwischen eine zweite Busader der Busleitung und einen Anschluss für Masse geschaltet ist, eine dritte Endstufe, die zwischen die erste Busader der Busleitung und einen Anschluss für Masse

geschaltet ist, und eine vierte Endstufe, die zwischen den Anschluss für die Spannungsversorgung und die zweite Busader der Busleitung geschaltet ist.

**[0018]** Denkbar ist, dass die erste und vierte Endstufe einen PMOS-Transistor aufweisen, und die zweite und dritte Endstufe einen NMOS-Transistor aufweisen.

**[0019]** Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel ist die Sendestufe ausgestaltet, in der ersten Betriebsart einen schwächeren Pegel für die zwei ersten verschiedenen Bussignale zu treiben als in der zweiten Betriebsart für die zwei zweiten verschiedenen Bussignale.

**[0020]** Es ist möglich, dass die Nachricht ein Datenfeld mit einer variablen Länge aufweist, wobei die variable Länge zwischen 1 Byte bis 4096 Bytes beträgt.

**[0021]** Teilnehmerstation nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Sendestufe ausgestaltet ist, die Daten in der ersten Betriebsart mit dem gleichen Bus-Pegel auf die Busleitung zu senden wie in der zweiten Betriebsart.

**[0022]** Die zuvor beschriebene Teilnehmerstation kann Teil eines Bussystems sein, das zudem eine parallele Busleitung und mindestens zwei Teilnehmerstationen umfasst, welche über die Busleitung derart miteinander verbunden sind, dass sie miteinander kommunizieren können. Hierbei ist mindestens eine der mindestens zwei Teilnehmerstationen eine zuvor beschriebene Teilnehmerstation.

**[0023]** Die zuvor genannte Aufgabe wird zudem durch ein Verfahren zum Senden einer Nachricht in einem seriellen Bussystem nach Anspruch 14 gelöst. Das Verfahren hat den Schritt: Senden, mit einer Sendestufe einer Teilnehmerstation des Bussystems, einer Nachricht auf eine Busleitung des Bussystems, wobei die Sendestufe Endstufen aufweist, die Bussignale für eine Nachricht zwischen mehr als zwei verschiedenen Buszuständen schalten, wobei die Sendestufe in einer ersten Betriebsart mit den Endstufen einen ersten und zweiten Datenzustand jeweils als Buszustand mit unterschiedlichen Buspegeln für zwei Busadern der Busleitung erzeugt, wobei die Sendestufe in einer zweiten Betriebsart mit den Endstufen einen dritten und vierten Datenzustand jeweils als Buszustand mit unterschiedlichen Buspegeln für die zwei Busadern der Busleitung erzeugt, und wobei zwei Buszustände des ersten bis vierten Buszustands einen kleineren Buspegel als die beiden anderen Buszustände des ersten bis vierten Buszustands aufweisen.

**[0024]** Das Verfahren bietet dieselben Vorteile, wie sie zuvor in Bezug auf die Teilnehmerstation genannt sind.

**[0025]** Weitere mögliche Implementierungen der Erfindung umfassen auch nicht explizit genannte Kombinationen von zuvor oder im Folgenden bezüglich der Ausführungsbeispiele beschriebenen Merkmale oder Ausführungsformen. Dabei wird der Fachmann auch Einzelaspekte als Verbesserungen oder Ergänzungen zu der jeweiligen Grundform der Erfindung hinzufügen.

#### Figurenliste

**[0026]** Nachfolgend ist die Erfindung unter Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung und anhand von Ausführungsbeispielen näher beschrieben. Es zeigen:

**Fig. 1** ein vereinfachtes Blockschaltbild eines Bussystems gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel;

**Fig. 2** ein Schaubild zur Veranschaulichung des Aufbaus von Nachrichten, die von Teilnehmerstationen des Bussystems gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel gesendet werden können;

**Fig. 3** ein Schaltbild einer Sendestufe einer Teilnehmerstation des Bussystems gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel;

**Fig. 4** eine Darstellung eines Beispiels für einen zeitlichen Spannungsverlauf von differenziellen Bussignalen CAN\_H und CAN\_L, die von der Sendestufe gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel für einen Teil einer Nachricht generiert werden;

**Fig. 5** eine Darstellung eines Beispiels für einen zeitlichen Spannungsverlauf von Bussignalen nach einer Umschaltung der Sendestufe gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel in eine schnellere Datenübertragungsbetriebsart als bei **Fig. 4**;

**Fig. 6** eine Darstellung eines Beispiels für einen zeitlichen Spannungsverlauf der Bussignale CAN\_H und CAN\_L für einen Teil einer Nachricht bei einem zweiten Ausführungsbeispiel;

**Fig. 7** ein Schaltbild einer Sendestufe einer Teilnehmerstation des Bussystems gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel;

**Fig. 8** und **Fig. 9** jeweils eine Darstellung eines Beispiels für einen zeitlichen Spannungsverlauf von differentiellen Bussignalen für verschiedene Teile einer Nachricht bei einem dritten Ausführungsbeispiel;

**Fig. 10** ein Schaltbild einer Sendestufe einer Teilnehmerstation eines Bussystems gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel;

**Fig. 11** und **Fig. 12** jeweils eine Darstellung eines Beispiels für einen zeitlichen Spannungsverlauf von differentiellen Bussignalen für ver-

schiedene Teile einer Nachricht bei einem vierten Ausführungsbeispiel;

**Fig. 13** ein Schaltbild einer Ankopplung der Sendestufe einer Teilnehmerstation an Busadern eines Bussystems gemäß einem fünften Ausführungsbeispiel; und

**Fig. 14** ein Schaltbild einer Ankopplung der Sendestufe einer Teilnehmerstation an Busadern eines Bussystems gemäß einer Modifikation des fünften Ausführungsbeispiels.

**[0027]** In den Figuren sind gleiche oder funktionsgleiche Elemente, sofern nichts anderes angegeben ist, mit denselben Bezugszeichen versehen.

#### Beschreibung der Ausführungsbeispiele

**[0028]** **Fig. 1** zeigt als Beispiel ein Bussystem **1**, das insbesondere grundlegend für ein CAN-Bussystem, ein CAN FD-Bussystem, ein CAN EL-Bussystem, und/oder Abwandlungen davon, ausgestaltet ist, wie nachfolgend beschrieben. Das Bussystem **1** kann in einem Fahrzeug, insbesondere einem Kraftfahrzeug, einem Flugzeug, usw., oder im Krankenhaus usw. Verwendung finden.

**[0029]** In **Fig. 1** hat das Bussystem **1** eine, insbesondere parallele, Busleitung **3**, an die eine Vielzahl von Teilnehmerstationen **10**, **20**, **30** angeschlossen sind. Über die Busleitung **3** sind Nachrichten **4**, **5** in der Form von Signalen zwischen den einzelnen Teilnehmerstationen **10**, **20**, **30** seriell übertragbar. Die Teilnehmerstationen **10**, **20**, **30** sind beispielsweise Steuergeräte, Sensoren, Anzeigevorrichtungen, usw. eines Kraftfahrzeugs.

**[0030]** Wie in **Fig. 1** gezeigt, hat die Teilnehmerstation **10** eine Kommunikationssteuereinrichtung **11** und eine Sende-/Empfangseinrichtung **12**. Die Teilnehmerstation **20** hat dagegen eine Kommunikationssteuereinrichtung **21** und eine Sende-/Empfangseinrichtung **22**. Die Teilnehmerstation **30** hat eine Kommunikationssteuereinrichtung **31** und eine Sende-/Empfangseinrichtung **32**. Die Sende-/Empfangseinrichtungen **12**, **22**, **32** der Teilnehmerstationen **10**, **20**, **30** sind jeweils direkt an die Busleitung **3** angeschlossen, auch wenn dies in **Fig. 1** nicht veranschaulicht ist.

**[0031]** Die Kommunikationssteuereinrichtungen **11**, **21**, **31** dienen jeweils zur Steuerung einer Kommunikation der jeweiligen Teilnehmerstation **10**, **20**, **30** über die Busleitung **3** mit einer anderen Teilnehmerstation der Teilnehmerstationen **10**, **20**, **30**, die an die Busleitung **3** angeschlossen sind.

**[0032]** Die Kommunikationssteuereinrichtung **11** kann wie ein herkömmlicher CAN-Controller ausgeführt sein. Die Kommunikationssteuereinrichtung **11**

erstellt und liest erste Nachrichten **4**, beispielsweise Classic CAN-Nachrichten **4**. Die Classic CAN-Nachrichten **4** sind gemäß dem Classic Basisformat aufgebaut, bei welchem in der Nachricht **4** eine Anzahl von bis zu 8 Datenbytes umfasst sein können. Alternativ ist die Classic CAN-Nachricht **4** als CAN FD Nachricht aufgebaut, bei welcher eine Anzahl von bis zu 64 Datenbytes umfasst sein können, die noch dazu mit einer deutlich schnelleren Datenrate als bei der Classic CAN-Nachricht **4** übertragen werden. Im letzteren Fall ist die Kommunikationssteuereinrichtung **11** wie ein herkömmlicher CAN FD-Controller ausgeführt.

**[0033]** Die Kommunikationssteuereinrichtung **21** erstellt und liest zweite Nachrichten **5**, die beispielsweise modifizierte CAN Nachrichten **5** sind. Hierbei sind die modifizierten CAN Nachrichten **5** auf der Grundlage eines CAN EL-Formats aufgebaut, das in Bezug auf **Fig. 2** detaillierter beschrieben ist.

**[0034]** Die Kommunikationssteuereinrichtung **31** kann ausgeführt sein, um je nach Bedarf eine Classic CAN-Nachricht **4** oder eine CAN EL-Nachricht **5** für die Sende-/Empfangseinrichtung **32** bereitzustellen oder von dieser zu empfangen. Die Kommunikationssteuereinrichtung **21** erstellt und liest also eine erste Nachricht **4** oder zweite Nachricht **5**, wobei sich die erste und zweite Nachricht **4, 5** durch ihren Datenübertragungsstandard unterscheiden, nämlich in diesem Fall CAN oder CAN EL. Alternativ ist die Classic CAN-Nachricht **4** als CAN FD Nachricht aufgebaut. Im letzteren Fall ist die Kommunikationssteuereinrichtung **11** wie ein herkömmlicher CAN FD-Controller ausgeführt.

**[0035]** Die Sende-/Empfangseinrichtung **12** kann wie ein herkömmlicher CAN Transceiver oder CAN FD Transceiver ausgeführt sein. Die Sende-/Empfangseinrichtung **22** kann bis auf die nachfolgend noch genauer beschriebenen Unterschiede als CAN EL-Transceiver ausgeführt sein. Die Sende-/Empfangseinrichtung **32** kann ausgeführt sein, um je nach Bedarf Nachrichten **4** gemäß dem derzeitigen CAN-Basisformat oder Nachrichten **5** gemäß dem CAN EL-Format für die Kommunikationssteuereinrichtung **31** bereitzustellen oder von dieser zu empfangen. Die Sende-/Empfangseinrichtungen **22, 32** sind zusätzlich oder alternativ wie ein herkömmlicher CAN FD Transceiver ausführbar.

**[0036]** Mit den beiden Teilnehmerstationen **20, 30** kann eine Bildung und dann Übertragung von Nachrichten **5** mit dem CAN EL Format sowie der Empfang solcher Nachrichten **5** realisiert werden.

**[0037]** **Fig. 2** zeigt für die Nachricht **5** einen CAN EL Rahmen **45**, wie er von der Sende-/Empfangseinrichtung **22** oder der Sende-/Empfangseinrichtung **32** gesendet wird. Der CAN-EL-Rahmen **45** ist für die CAN-Kommunikation auf der Busleitung **3** in unterschied-

liche Felder unterteilt, nämlich ein Startfeld **451**, ein Arbitrationfeld **452**, ein Steuerfeld **453**, ein Datenfeld **454**, ein Prüfsummenfeld **455** und ein Endefeld **456**.

**[0038]** Das Startfeld **451** hat beispielsweise ein Bit, das auch SOF-Bit genannt wird und den Beginn des Rahmens bzw. Start of Frame anzeigt. In dem Arbitrationfeld **452** ist ein Identifizierer mit insbesondere 32 Bit zur Identifikation des Senders der Nachricht enthalten. In dem Steuerfeld **453** ist ein insbesondere 13 Bit langer Datenlängencode (Data-Length-Code) enthalten, der Werte bis zu 4096 mit der Schrittweite von 1 haben kann. In dem Datenfeld **454** sind die Nutzdaten des CAN-EL-Rahmens bzw. der Nachricht **5** enthalten. Die Nutzdaten können entsprechend des Werts des Datenlängencodes bis zu 4096 Bytes aufweisen. In dem Prüfsummenfeld **455** ist eine Prüfsumme über die Daten in dem Datenfeld **454** einschließlich der Stuffbits enthalten, die vom Sender der Nachricht **5** nach jeweils 10 gleichen Bits als inverses Bit eingefügt werden. In dem Endefeld **456** ist mindestens ein Acknowledge-Bit enthalten und außerdem eine Folge von 11 gleichen Bits, welche das Ende des CAN EL Rahmens **45** anzeigen. Mit dem mindestens einen Acknowledge-Bit wird mitgeteilt, ob ein Empfänger in dem empfangenen CAN EL Rahmen **45** bzw. der Nachricht **5** einen Fehler entdeckt hat oder nicht.

**[0039]** In den Phasen zum Senden des Arbitrationfelds **452** und des Endefelds **456** wird ein Physical Layer wie bei CAN und CAN-FD verwendet. Ein wichtiger Punkt während dieser Phasen ist, dass das bekannte CSMA/CR-Verfahren Verwendung findet, welches gleichzeitigen Zugriff der Teilnehmerstationen **10, 20, 30** auf die Busleitung **3** erlaubt, ohne dass die höher priorisierte Nachricht **4, 5** zerstört wird. Dadurch können dem Bussystem **1** relativ einfach weitere Bus-Teilnehmerstationen **10, 20, 30** hinzugefügt werden, was sehr vorteilhaft ist.

**[0040]** Das CSMA/CR-Verfahren hat zur Folge, dass es sogenannte rezessive Zustände auf der Busleitung **3** geben muss, welche von anderen Teilnehmerstationen **10, 20, 30** mit dominanten Zuständen auf der Busleitung **3** „überfahren“ werden können. Im rezessiven Zustand herrschen an der einzelnen Teilnehmerstation **10, 20, 30** hochohmige Verhältnisse, was in Kombination mit den Parasiten der Busbeschaltung längere Zeitkonstanten zur Folge hat. Dies führt zu einer Begrenzung der maximalen Bitrate des heutigen CAN-FD-Physical-Layer auf derzeit 2Mbps im realen Fahrzeug-Einsatz.

**[0041]** Das Steuerfeld **453** und das Datenfeld **454** werden von einem Sender der Nachricht **5** erst auf die Busleitung **3** gesendet, wenn die Teilnehmerstation **20** als der Sender die Arbitration gewonnen hat und die Teilnehmerstation **20** als Sender damit zum Senden der Felder **453** bis **456** einen exklusiven Zu-

griff auf die Busleitung **3** des Bussystems **1** hat. Bei der Arbitration wird mit Hilfe des Identifizierers in dem Arbitrationsfeld **452** bitweise zwischen den Teilnehmerstationen **10**, **20**, **30** ausgehandelt, welche Teilnehmerstation **10**, **20**, **30** die Nachricht **4**, **5** mit der höchsten Priorität senden möchte und daher für die nächste Zeit zum Senden der Felder **453** bis **455** den exklusiven Zugriff auf die Busleitung **3** des Bussystems **1** bekommt.

**[0042]** Die Arbitration am Anfang eines Rahmens **45** bzw. der Nachricht **4**, **5** und das Acknowledgement in dem Endefeld **456** am Ende des Rahmens **45** bzw. der Nachricht **4**, **5** ist nur dann möglich, wenn die Bitzeit deutlich mehr als doppelt so lang ist wie die Signal-Laufzeit zwischen zwei beliebigen Teilnehmerstationen **10**, **20**, **30** des Bussystems **1**. Daher wird die Bitrate in der Arbitrationphase bei Übertragung der Felder **451**, **452**, **456** langsamer gewählt als in den übrigen Feldern des Rahmens **45**.

**[0043]** Fig. 3 zeigt die Ausgestaltung einer Sendestufe **220** der Sende-/Empfangseinrichtung **22** bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel. Die Empfangsstufe ist in Fig. 3 nicht gezeigt, kann jedoch ausgeführt sein wie eine herkömmliche Empfangsstufe für CAN oder CAN FD-Nachrichten.

**[0044]** In Fig. 3 ist die Sendestufe **220** an ihren Anschlüssen **221**, **222** an die parallele Busleitung **3**, genauer gesagt deren erste Busader **41** für CAN\_H und deren zweite Busader **42** für CAN\_L angeschlossen. Für die Spannungsversorgung für die erste und zweite Busader **41**, **42** ist bei der Sende-/Empfangseinrichtung **12** ein Anschluss **223** vorgesehen. Die Spannungsversorgung kann insbesondere mit einer Spannung Vcc bzw. CAN-Supply von beispielsweise etwa 2,5 V gemäß dem Standard ISO11898-1:2015 als CAN Protokoll-Spezifikation mit CAN FD erfolgen. Selbstverständlich sind jedoch andere Spannungswerte als Spannung Vcc wählbar. Die Verbindung der Sende-/Empfangseinrichtung **22** mit Masse bzw. CAN\_GND ist über einen Anschluss **224** realisiert. Zur Terminierung der ersten und zweiten Busader **41**, **42** ist bei dem gezeigten Beispiel ein Abschlusswiderstand oder externer Buslastwiderstand **43** vorgesehen.

**[0045]** Gemäß Fig. 3 hat die Sendestufe **220** eine erste Endstufe **225** für das Signal CAN\_H für die erste Busader **41** und eine zweite Endstufe **226** für das Signal CAN\_L für die zweite Busader **42**. Außerdem hat die Sendestufe **220** eine dritte Endstufe **227** für die erste Busader **41** und eine vierte Endstufe **228** für die zweite Busader **42**. Die erste und vierte Endstufe **225** und **228** haben jeweils eine Diode und einen PMOS-Transistor (PMOS = p-leitender bzw. p-Kanal Metall-Oxid-Halbleiter). Die zweite und dritte Endstufe **226** und **227** haben jeweils eine Diode und einen NMOS-Transistor (NMOS = n-leitender bzw. n-

Kanal Metall-Oxid-Halbleiter). Die Endstufen **225** bis **228** können wie die entsprechenden Endstufen für eine herkömmliche Endstufe von CAN ausgestaltet sein. Die Transistoren der Endstufen **225** bis **228** sind an ihren Gates jeweils direkt oder über einen Schalter **229** an einen Anschluss **211** anschließbar. Von dem Anschluss **211** wird ein Sendesignal TxD der Kommunikationssteuereinrichtung **11** in die Sendestufe **220** eingegeben. Die beiden Schalter **229** bilden eine Schalteinrichtung. Die beiden Schalter **229** sind insbesondere gemeinsam schaltbar.

**[0046]** In der Phase zum Senden des Startfelds **451**, des Arbitrationsfelds **452** und des Endefelds **456** aktiviert die Sende-/Empfangseinrichtung **22** in der Sendestufe **220** zum Treiben eines dominanten Buszustands nur die erste Endstufe **225** für das Signal CAN\_H für die erste Busader **41** und die zweite Endstufe **226** für das Signal CAN\_L für die zweite Busader **42**. Dagegen bleiben die dritte und vierte Endstufe **227** und **228** inaktiv, und zwar nicht nur für einen rezessiven Buszustand sondern auch wenn die Sendestufe **220** einen dominanten Buszustand treiben muss. Dies kann beispielsweise durch Schalten der Schalter **229** in die geöffnete Stellung erfolgen, die in Fig. 4 gezeigt ist oder nur über ein entsprechendes Signal am Anschluss **211**, wenn die Transistoren der Endstufen **225** bis **228** an ihren Gates jeweils direkt an den Anschluss **211** angeschlossen sind. Soll die Sendestufe **220** einen rezessiven Buszustand treiben, sind alle Endstufen **225**, **226**, **227**, **228** gesperrt bzw. inaktiv. In Folge dessen stellen sich Signale CAN\_H, CAN\_L ein, die in Fig. 4 gezeigt und nachfolgend noch genauer beschrieben sind.

**[0047]** In der Phase zum Senden des Steuerfelds **453**, des Datenfelds **454** und des Prüfsummenfelds **455** aktiviert die Sende-/Empfangseinrichtung **22** in der Sendestufe **220** dagegen sowohl die erste und dritte Endstufe **225**, **227** für ein Signal **411** auf der ersten Busader **41** als auch die zweite und vierte Endstufe **226**, **228** für ein Signal **421** auf der zweiten Busader **42**, wie nachfolgend genauer beschrieben. Somit sind in dieser Phase des Sendens alle Endstufen **225** bis **228** aktiv, wie nachfolgend genauer beschrieben. Dies kann beispielsweise durch Schalten der Schalter **229** in die geschlossene Stellung erfolgen, bei welcher der Anschluss **211** für das Sendesignal TxD der Kommunikationssteuereinrichtung **11** an das Gate des jeweiligen Transistors der Endstufen **227**, **228** angeschlossen ist. Alternativ ist das Schalten der Signalzustände **411**, **421** auch nur über ein entsprechendes Signal am Anschluss **211** möglich, wie zuvor erwähnt. In Folge dessen stellen sich Signale **411**, **421** ein, wie in Fig. 5 gezeigt und nachfolgend noch genauer beschrieben.

**[0048]** Bei dem in Fig. 4 gezeigten Zustand der Sendestufe **220** können die Buspegel für CAN\_H, CAN\_L mit einem Buslastwiderstand **43** von etwa 60

Ohm erzeugt werden. Dagegen können die Buspegel bei dem Zustand der Sendestufe **220**, bei welchem die Schalter **229** in **Fig. 3** geschlossen sind, mit einem Buslastwiderstand **43** von etwa 90 Ohm erzeugt werden. Die Umschaltung des Buslastwiderstands **43** kann insbesondere durch einen entsprechenden optionalen Widerstand **230** der Sendestufe **220** erfolgen, der parallel zu dem Buslastwiderstand **43** schaltbar ist. Dadurch ist eine Veränderung des Widerstandswerts des effektiven Buslastwiderstands **43** bzw. **43**, **230** von einem ersten bzw. kleineren Widerstandswert in der Arbitrationsphase, welche die Felder **456**, **451**, **452** umfasst, auf einen zweiten bzw. größeren Widerstandswert in der Datenphase bewirkbar, welche die Felder **453** bis **455** umfasst. Ist der Widerstand **230** nicht vorhanden, kann der Buslastwiderstand **43** für die Arbitrationsphase und die Datenphase jeweils gleich bleiben. Insbesondere ist der Buslastwiderstand **43** dann als ein Wert zwischen 60 und 90 Ohm, beispielsweise 70 Ohm oder ein anderer geeigneter Wert, wählbar.

**[0049]** Gemäß **Fig. 4** werden mit der Sendestufe **220** nur die dominanten Zustände der differentiellen Signale CAN\_H, CAN\_L unterschiedlich getrieben. Dagegen sind die Buspegel auf der Busleitung **3** für die rezessiven Zustände gleich der Spannung Vcc bzw. CAN-Supply von beispielsweise etwa 2,5 V. Somit ergibt sich für eine Spannung  $V_{DIFF} = CAN\_H - CAN\_L$  für die rezessiven Zustände ein Wert von 0V und für die dominanten Zustände ein Wert von ca. 2,0 V, wie aus **Fig. 4** ablesbar.

**[0050]** Erkennt die Sende-/Empfangseinrichtung **22** das Ende der Arbitrationsphase, so wird die Sendestufe **220** von dem in **Fig. 4** gezeigten Zustand in den Zustand umgeschaltet, in welchem sich die Signalverläufe von **Fig. 5** für die jeweils von der Sendestufe **220** erzeugten Buspegel ergeben.

**[0051]** Gemäß **Fig. 5** werden in der schnelleren Datenphase, welche die Felder **453** bis **455** umfasst, für Signale **411**, **421** nach der Umschaltung von dem Zustand von **Fig. 4** ein Leerlaufzustand idle\_LP direkt nach der Umschaltung erreicht, bei welchem sich bei dem speziellen Beispiel von **Fig. 5** ein Buspegel von etwa 0 V einstellt. In der Regel sollte der Zustand eines Buspegels von etwa 0V nach der Umschaltung nicht auftreten. Danach wird ein Leerlaufzustand idle erreicht, bei welchem sich bei dem speziellen Beispiel von **Fig. 5** ein Buspegel von etwa 2,5 V einstellt, bevor Buszustände entsprechend den Datenzuständen Data\_0 und Data\_1 erreicht werden. Hierbei wird das Signal **411** für den Buszustand entsprechend dem Datenzustand Data\_0 über den NMOS-Transistor der dritten Endstufe **227** auf etwa 1,5 V gezogen. Dagegen wird das Signal **421** für den Buszustand entsprechend dem Datenzustand Data\_0 über den PMOS-Transistor der vierten Endstufe **228** auf etwa 3,5 V gezogen. Data\_1 wird erreicht, indem das Signal **411**

über den PMOS-Transistor der ersten Endstufe **225** auf etwa 3,5 V gezogen und das Signal **421** über den NMOS-Transistor der zweiten Endstufe **226** auf etwa 1,5 V gezogen wird. Bei den beschriebenen Zuständen sind auf der Busleitung **3** bei dem Zustand Data\_0 Buspegel zwischen etwa -0,6 V und etwa - 2 V und bei dem Zustand Data\_1 Buspegel zwischen etwa 0,6 V und etwa 2 V vorhanden. Bei den Zuständen Data\_0 und Data\_1 hat eine Differenzspannung U\_D der Signale **421**, **411** also in der Regel eine maximale Amplitude von etwa 1,4 V.

**[0052]** Mit anderen Worten erzeugt die Sendestufe **220** in einer ersten Betriebsart gemäß **Fig. 4** einen ersten Datenzustand, beispielsweise Data\_1, als Buszustand mit unterschiedlichen Buspegeln für zwei Busadern **41**, **42** der Busleitung und einen zweiten Datenzustand, beispielsweise Data\_0, als Buszustand mit demselben Buspegel für die zwei Busadern **41**, **42** der Busleitung **3**.

**[0053]** Außerdem schaltet die Sendestufe **220** für die zeitlichen Verläufe der Signale **411**, **421** gemäß **Fig. 5** in einer zweiten Betriebsart, welche die Datenphase umfasst, sowohl die erste und zweite Endstufe **225**, **226** leitfähig und sperrt die Endstufen **227**, **228**, wenn ein erster Datenzustand, beispielsweise der Zustand Data\_1, auf die Busleitung **3** getrieben werden soll. Dagegen schaltet die Sendestufe **220** die dritte und vierte Endstufe **227** und **228** leitfähig und sperrt die Endstufen **225**, **226**, wenn ein zweiter Datenzustand, beispielsweise der Zustand Data\_0, auf die Busleitung **3** getrieben werden soll. Somit ist die Sendestufe **220** in der zweiten Betriebsart ausgestaltet, den ersten und zweiten Datenzustand jeweils als Buszustand mit unterschiedlichen Buspegeln für die zwei Busadern **41**, **42** der Busleitung **3** zu erzeugen

**[0054]** Durch die beschriebene Umschaltung der Sendestufe **220** können in der Datenphase weit höhere Datenraten als mit CAN oder CAN-FD erreicht werden. Zudem kann die Datenlänge in dem Datenfeld **454** auf bis zu 4096 Byte erhöht werden. Dadurch können die Vorteile von CAN in Bezug auf die Arbitrierung beibehalten und dennoch eine größere Anzahl von Daten in kürzerer Zeit als bisher effektiv übertragen werden, das heißt ohne dass eine Wiederholung der Daten aufgrund eines Fehlers notwendig wäre, wie nachfolgend erläutert.

**[0055]** Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass Fehlerrahmen in dem Bussystem **1** bei der Übertragung von Nachrichten **5** nicht benötigt werden. Dadurch werden Nachrichten **5** nicht mehr zerstört, was eine Ursache für die Notwendigkeit einer Doppelübertragung von Nachrichten beseitigt. Dadurch steigt die Nettodatenrate.

**[0056]** Noch dazu ist es mit der Sendestufe **220** möglich, mehrere Domänen bzw. Teilbussysteme **1**

per hier nicht näher beschriebenen Switches bedarfsgerecht miteinander zu verbinden. Damit kann die Vernetzung in einer technischen Anlage, beispielsweise in einem Fahrzeug deutlich erweitert werden.

**[0057]** Fig. 6 zeigt Spannungsverläufe von Bussignalen **412**, **422** und **413**, **423** gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel. Die Spannungsverläufe der Bussignale **412**, **422** und **413**, **423**, ergeben sich, wenn die Schalter **229** der Sendestufe **220** von Fig. 3 entfallen oder im geschlossenen Zustand gehalten werden, so dass auch die Transistoren der Endstufen **227**, **228** direkt mit den Anschlüssen **211** verbunden sind.

**[0058]** Fig. 7 zeigt die daraus resultierende Sendestufe **220A** des zweiten Ausführungsbeispiels.

**[0059]** Somit wird gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel für den gesamten Rahmen **45** von Fig. 2 ein Physical Layer verwendet, welcher die genannte Arbitrationsphase für die Felder **451**, **452** und **456** sowie eine lange und schnelle Datenphase für die Felder **453**, **454**, **455** erlaubt. Der Vorteil der Schaltung der Sendestufe **220A** in eine derartige Betriebsart ist, dass die Sendestufe **220A** komplett symmetrisch aufgebaut ist und auch in allen Kommunikationsphasen symmetrisch arbeitet. Es wird also der Wert des Buslastwiderstands **43** nicht umgeschaltet, wie zuvor in Bezug auf Fig. 3 und Fig. 4 beschrieben.

**[0060]** In Fig. 6 sind die resultierenden Bussignale in allen vier möglichen Buszuständen DF1, DF2, A1, A2 bei einer derartigen Sendestufe **220A** gezeigt. Die Differenzspannung  $U_{D2}$  der Buszustände DF1, DF2 hat eine größere Amplitude als die Differenzspannung  $U_{D3}$  der Buszustände A1, A2. Hierbei hat die Amplitude der Differenzspannung  $U_{D2}$  einen Wert, der  $n$  mal größer ist als ein Wert der Amplitude der Differenzspannung  $U_{D3}$ , wobei  $n$  eine beliebig wählbare natürliche Zahl ist. Jedoch berechnet sich die Obergrenze für die Anzahl von Teilnehmerstationen **10**, **20**, **30** in dem Bussystem **1** als  $n - 1$ . Die Amplitude der Differenzspannung  $U_{D3}$  kann daher auch als Amplitudengrundeinheit bezeichnet werden.

**[0061]** Mit den beiden Buszuständen DF1 und DF2 wird nach abgeschlossener Arbitration in der Datenphase, also in den Feldern **453** bis **455**, kommuniziert. Dies ist ähnlich zu der Vorgehensweise, wie zuvor in Bezug auf Fig. 5 beschrieben. Der Buszustand DF1 hat eine positive Differenzspannung  $V_{diff} = U_{D2}$  ( $V_{Plus} - V_{Minus}$ ) zur Folge. Der Buszustand DF2 hat eine negative Differenzspannung  $V_{diff} = -U_{D2}$  zur Folge. Der Buszustand A1 hat eine positive Differenzspannung  $V_{diff} = U_{D3}$  ( $V_{Plus} - V_{Minus}$ ) zur Folge. Der Buszustand A2 hat eine negative Differenzspannung  $V_{diff} = -U_{D3}$  zur Folge.

**[0062]** Die Buszustände A1 und A2 sind eingeführt, um eine Arbitration zu erlauben. Die Buszustände A1, A2 gleichen qualitativ den Buszuständen DF1 und DF2, werden von der Sendestufe **220A** jedoch schwächer als die Buszustände DF1, DF2 getrieben, wie in Fig. 7 veranschaulicht. Daher können die Buszustände A1, A2 von anderen Teilnehmerstationen **10**, **30** zu Arbitrationszwecken überschrieben werden.

**[0063]** Während einer Arbitrationsphase sind die Teilnehmerstationen **10**, **20**, **30**, insbesondere die Sendestufe **220A** ausgestaltet, eine Differenzspannung  $V_{diff}$  mit einer Amplitudengrundeinheit, also  $U_{D3} = 1$  Einheit, auf die Busleitung **3** zu senden und zu prüfen, welche Differenzspannung  $V_{diff}$  auf der Busleitung **3** vorliegt. Liegt eine Differenzspannung  $V_{diff} > 1$  Einheit bzw. Amplitudengrundeinheit vor, zieht sich die betroffene Teilnehmerstation **10**, **20**, **30** zurück und ist daher Verlierer der Arbitration.

**[0064]** Somit schaltet die Sendestufe **220A** bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel in einer ersten Betriebsart zwischen den zwei ersten verschiedenen Buszuständen A1, A2 für die Nachricht, wenn von der Nachricht **5** Daten der Arbitrationsphase oder ersten Phase **456**, **451**, **452** zu senden sind. Außerdem schaltet die Sendestufe **220A** in eine zweite Betriebsart mit den zwei zweiten verschiedenen Buszuständen DF1, DF2 für die Nachricht **5**, wenn von der Nachricht **5** Daten der Datenphase oder zweiten Phase **453**, **454**, **455** zu senden sind. Die Sendestufe **220A** schaltet also zwischen mehr als zwei verschiedenen Buszuständen DF1, DF2, A1, A2, um die Nachricht **5** bzw. den Rahmen **45** zu senden. Hierbei sind jeweils die zwei Buszustände DF1, DF2 symmetrisch zueinander. Außerdem sind die zwei Buszustände A1, A2 symmetrisch zueinander. Selbstverständlich sind noch mehr als die genannten vier Buszustände möglich.

**[0065]** Dadurch sind bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel sowohl in der Arbitrations- als auch in der Datenphase immer alle Komponenten der Sendestufe **220A** aktiv und beteiligt, was zu maximaler Symmetrie führt. Infolgedessen ergeben sich Vorteile bei den Bit-Timings bzw. dem Zeitverhalten der Bits der Nachricht **5** und elektromagnetischer Verträglichkeit (EMV).

**[0066]** Außerdem können mit der Ausgestaltung der Sendestufe **220A** bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel die gleichen Vorteile erzielt werden, wie zuvor in Bezug auf das erste Ausführungsbeispiel beschrieben.

**[0067]** Gemäß einer Modifikation des zweiten Ausführungsbeispiels wird bei der Arbitration anstelle der Buszustände A1 mit A2 eine der folgenden Kombinationen von Buszuständen verwendet:

- Buszustand DF1 mit Buszustand A2
- Buszustand DF2 mit Buszustand A1

**[0068]** Gemäß einer weiteren Modifikation des zweiten Ausführungsbeispiels werden bei einer weiteren Ausführung alle vier Buszustände DF1, DF2, A1, A2 zumindest zum Senden des Datenfelds **454** genutzt. Zudem ist eine Nutzung der vier Buszustände DF1, DF2, A1, A2 in den Feldern **453**, **455** möglich. Durch Codierung kann somit die Bitrate erhöht werden.

**[0069]** Gemäß noch einer weiteren Modifikation des zweiten Ausführungsbeispiels wird die Frequenz der Signale **412**, **422**, **413**, **423** reduziert. Dadurch ist eine Verbesserung in dem EMV-Verhalten erreichbar. Durch die zuvor beschriebene Codierung in mehr als zwei Buszustände kann die Bitrate trotz geringerer Frequenz konstant gehalten werden.

**[0070]** Ansonsten gilt das Gleiche, wie zuvor im Zusammenhang mit dem ersten Ausführungsbeispiel beschrieben.

**[0071]** Fig. 8 und Fig. 9 zeigen Spannungsverläufe von Bussignalen CAN\_H, CAN\_L zur Erläuterung des Verhaltens eines Bussystems **1** gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel.

**[0072]** Fig. 8 zeigt die bekannten Spannungsverläufe der Bussignale CAN\_H und CAN\_L, die zum Senden einer Nachricht **5** bzw. eines Rahmens **45** gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel für die Arbitrationsphase **456**, **451**, **452** des Rahmens **45** verwendet werden. Die Spannungsverläufe der Bussignale CAN\_H und CAN\_L zeigen bei einem Übergang von einem dominanten Zustand **46** zu einem rezessiven Zustand **47** einen deutlich langsameren Zustandswechsel als bei einem Übergang von dem rezessiven Zustand **47** zu dem dominanten Zustand **46**.

**[0073]** Im Unterschied dazu werden jedoch bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel für die Datenphase **453**, **454**, **455** des Rahmens **45** Signale CAN\_EL\_H und CAN\_EL\_L gemäß Fig. 9 erzeugt, die einen High-Zustand **461** und einen Low-Zustand **471** aufweisen. Die Signale gemäß Fig. 9 werden mit einem Physical-Layer erzeugt, bei welchem die High-Zustände **461** einem dominanten Zustand **46** von CAN bzw. CAN FD gleichen, wie er in Fig. 8 gezeigt ist und Spannungswerte für CAN\_H = 3,5 V und CAN\_L = 1,5 V hat. Zudem werden bei dem Physical-Layer gemäß Fig. 9 Low-Zustände **471** erzeugt, welche von ihrem Pegel her einem rezessiven Zustand **47** von CAN bzw. CAN FD gleichen, wie er in Fig. 8 gezeigt ist und Werte für CAN\_H = CAN\_L = 2,5 V hat.

**[0074]** Wie in Fig. 9 gezeigt, findet der Übergang von dem High-Zustand **461** zu dem Low-Zustand **471** in etwa genauso schnell statt wie der Übergang von dem Low-Zustand **471** zu dem High-Zustand **461**.

**[0075]** Dies wird erreicht, indem die Low-Zustände **471** niederohmig getrieben werden. („niederohmiges Rezessiv“). Dadurch wird der langsamere Übergang von dem dominanten Zustand **46** zu dem rezessiven Zustand **47**, wie er in Fig. 8 gezeigt ist, bei den Signalen von Fig. 9 beschleunigt. In der Folge können für die Datenphase **453**, **454**, **455** des Rahmens **45** Bitraten deutlich über 2Mbps erreicht werden.

**[0076]** Daher wird bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel mit der Sende-/Empfangseinrichtung **22** und/oder der Sende-/Empfangseinrichtung **32**, wenn das Ende der Arbitrationsphase erkannt wird, vom CAN-Physical-Layer in ein anderes Physical-Layer umgeschaltet. Da auf Fehlerrahmen bzw. Error-Frames verzichtet werden kann, muss in der Datenphase keine andere Teilnehmerstation **10**, **20**, **30** die aktuell sendende Teilnehmerstation **10**, **20**, **30** überfahren können. Folglich werden in der Datenphase keine rezessiven (hochohmigen) Buszustände benötigt.

**[0077]** Der Physical Layer für die Signalverläufe gemäß Fig. 9 kann beispielsweise mit einer Sendestufe **2200** gemäß Fig. 10 erzielt werden.

**[0078]** Wie in Fig. 10 gezeigt, hat die Sendestufe **2200** gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel somit im Unterschied zu der Sendestufe **220** von Fig. 3 eine dritte Endstufe **2270**, die mit einer Spannungsquelle **232** verbunden ist und eine vierte Endstufe **2280**, die mit einer Spannungsquelle **233** verbunden ist. Die dritte Endstufe **2270** hat einen NMOS-Transistor und eine Diode. Die vierte Endstufe **2280** hat einen PMOS-Transistor und eine Diode. Die Transistoren der ersten und zweiten Endstufe **225**, **226** werden über eine Treiberschaltung **230** mit dem Sendesignal TxD angesteuert. Die Transistoren der dritten und vierten Endstufe **225**, **226** werden über eine Treiberschaltung **231** mit dem Sendesignal TxD angesteuert.

**[0079]** In der Datenphase des Rahmens **45**, also bei hoher Bitrate, wird ein High-Zustand **461** abgebildet, indem die über die Treiberschaltung **230** angesteuerten Endstufen **225**, **226** leitfähig werden oder aktiv geschaltet werden und die über die Treiberschaltung **231** angesteuerten Endstufen **227**, **228** und Spannungsquellen **232**, **233** hochohmig bzw. abgeschaltet sind. Um einen Low-Zustand **471** zu treiben (niederohmig getriebenes Rezessiv), wird für die über die Treiberschaltung **230** angesteuerten Endstufen **225**, **226** die Treiberfähigkeit, insbesondere stark, reduziert und die über die Treiberschaltung **231** angesteuerten Endstufen **227**, **228** und Spannungsquellen **232**, **233** werden leitfähig. Die Reduktion der Treiberfähigkeit umfasst auch den Fall, dass die Endstufen **225**, **226** abgeschaltet werden, was die stärkste Reduktion der Treiberfähigkeit bedeutet. Somit zieht der NMOS-Transistor der dritten Endstufe **2270** den An-

schluss **221** für CAN-EL\_H auf 2,5V und der PMOS-Transistor der vierten Endstufe **2280** hebt den Anschluss **221** für CAN-EL\_L auf 2,5 V, wodurch ein Low-Buszustand **471** entsteht.

**[0080]** Die Schaltung von **Fig. 10** ist vor allem in Junction-Isolated-Halbleiter-Technologien sinnvoll.

**[0081]** Dadurch wird bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel in der Datenphase eine sehr gute Symmetrie der Bussignale erreicht. Infolgedessen ergeben sich Vorteile bei den Bit-Timings bzw. dem Zeitverhalten der Bits der Nachricht **5** und elektromagnetischer Verträglichkeit (EMV).

**[0082]** Außerdem können mit der Ausgestaltung der Sendestufe **2200** bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel die gleichen Vorteile erzielt werden, wie zuvor in Bezug auf das erste und zweite Ausführungsbeispiel beschrieben.

**[0083]** Das zuvor genannte Prinzip des niederohmigen Treibens des Low-Zustands **471** (niederohmig getriebenes Rezessiv) ist alternativ für alle anderen seriellen Bussysteme einsetzbar, bei welchen Rezessiv-Zustände vorhanden sind.

**[0084]** Ansonsten gilt das Gleiche, wie zuvor im Zusammenhang mit dem ersten Ausführungsbeispiel beschrieben.

**[0085]** **Fig. 11** und **Fig. 12** zeigen Spannungsverläufe von Bussignalen CAN\_EL\_H1, CAN\_EL\_L1 und CAN\_EL\_H2, CAN\_EL\_L2 zur Erläuterung des Verhaltens eines Bussystems **1** gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel.

**[0086]** Die Spannungsverläufe der Bussignale CAN\_EL\_H1, CAN\_EL\_L1 von **Fig. 11** sind gleich den Spannungsverläufen der Bussignale CAN\_EL\_H, CAN\_EL\_L von **Fig. 9**. Der Unterschied besteht jedoch darin, dass die Sendestufe **2200** von **Fig. 10** die Spannungsverläufe der Bussignale CAN\_EL\_H1, CAN\_EL\_L1 von **Fig. 11** in der Arbitrationsphase des Rahmens **45** erzeugt. Alternativ sind jedoch die Spannungsverläufe der Bussignale CAN\_H, CAN\_L von **Fig. 8** in der Arbitrationsphase des Rahmens **45** verwendbar.

**[0087]** Dagegen schaltet die Sendestufe **2200** bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel, wenn das Ende der Arbitrationsphase erkannt wird, in eine Betriebsart um, bei welcher die Sendestufe **2200** die Spannungsverläufe der Bussignale CAN\_EL\_H2, CAN\_EL\_L2 von **Fig. 12** für die Daten der Datenphase des Rahmens **45** erzeugt. Das Bussignal CAN\_EL\_H2 von **Fig. 12** hat in einem dominanten Zustand **462** einen Spannungspegel von etwa 3,0 V. Der High-Zustand **461** von **Fig. 11**, der ebenfalls ein dominanter Zustand ist, entspricht dem dominanten

Zustand **462** von **Fig. 12**. Das Bussignal CAN\_EL\_L2 von **Fig. 12** hat in dem dominanten Buszustand **462** einen Spannungspegel von etwa 2,0 V. Somit hat der dominante Buszustand **462** Spannungspegel für die Bussignale CAN\_EL\_H2, CAN\_EL\_L2, die gegenüber den Spannungspegeln für den dominanten Buszustand **461** der Bussignale CAN\_EL\_H1, CAN\_EL\_L1 in der Arbitrationsphase reduziert sind. Dadurch liegt auch die Differenzspannung  $V_{diff} = CAN\_EL\_H2 - CAN\_EL\_L2$  der Signale von **Fig. 12** nur bei 1,0 V und ist damit geringer als, genauer gesagt nur halb so groß wie, die Differenzspannung  $V_{diff}$  der Signale von **Fig. 11** oder **Fig. 8**, vorausgesetzt der Buslastwiderstand **43** bleibt gleich. Dagegen sind die Low-Zustände **471** unverändert.

**[0088]** Im Vergleich zu den Bussignalen gemäß **Fig. 8** und **Fig. 9** des vorangehenden Ausführungsbeispiels ergeben sich bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel stabilere Signalverläufe an  $V_{diff}$ , was einen Empfang kleinerer Sendepegel mit den Teilnehmerstationen **20**, **30**, genauer gesagt deren Send-/Empfangeinrichtungen **22**, **32**, ermöglicht.

**[0089]** Mit den beschriebenen Signalen von **Fig. 11** und **Fig. 12** kann sowohl in zumindest dem Datenfeld **454** eine stark erhöhte Bitrate von >12Mbps und eine Datenmenge bis 4096 Byte gefahren werden, wie zuvor bereits beschrieben. Jedoch kann durch die Umschaltung der Bussignale in der Datenphase auf die Bussignale CAN\_EL\_H2, CAN\_EL\_L2 die Stromaufnahme und damit der Energieverbrauch der Sendestufe **2200** deutlich gegenüber den vorangehenden Ausführungsbeispielen gesenkt werden, auch wenn pro Zeit viel mehr Schaltvorgänge stattfinden als bei CAN oder CAN FD. Erreicht wird dies durch eine Senkung der Sendepegel bzw. der Amplitude von  $V_{DIFF}$  zumindest im Datenfeld **454**.

**[0090]** Um bei steigender Bitrate brauchbare Signalintegrität zu erreichen, werden die Topologien der Bussysteme **1** stark vereinfacht werden müssen. Somit ergibt sich hier der Vorteil, dass durch die reduzierten Sendepegel auch eine geringere Abstrahlung vorhanden ist und dadurch die EMV-Verträglichkeit verbessert wird.

**[0091]** Ansonsten gilt das Gleiche, wie zuvor im Zusammenhang mit dem dritten Ausführungsbeispiel beschrieben.

**[0092]** Bei einer Modifikation des dritten Ausführungsbeispiels hat die Sendestufe **2200** von **Fig. 10** keine Endstufen **2270**, **2280**. In diesem Fall ist die Sendestufe **2200** von **Fig. 10** ausgestaltet wie eine herkömmliche CAN-Sendestufe. Um die vorangehend beschriebenen Signalverläufe von **Fig. 11** und **Fig. 12** zu erzielen, wird eine derartige herkömmliche CAN-Sendestufe derart gesteuert, dass für dominante Zustände bzw. High-Zustände **461** außerhalb der

Datenphase, also Signalverläufe gemäß **Fig. 11**, der Treiber bzw. die Endstufen **225, 226** „normal“ wie bei CAN betrieben werden. Dagegen werden für dominante Zustände **462** von **Fig. 12**, also in der Datenphase **225** und **226**, der Treiber bzw. die Endstufen **225, 226** hochohmiger betrieben, wodurch der Pegel der jeweiligen dominanten Zustände **462** im Vergleich zu dem Pegel der jeweiligen dominanten Zustände bzw. High-Zustände **461** reduziert ist.

**[0093]** **Fig. 13** zeigt ein Beispiel für eine Ankopplung der Sende-/Empfangseinrichtungen **22** an die Busleitung **3** mit ihren beiden Busadern **41, 42**. Die Ankopplung kann bei allen Sende-/Empfangseinrichtungen **22, 32** der vorangehenden Ausführungsbeispiele und deren Sendestufen **220, 220A, 2200** zum Einsatz kommen.

**[0094]** Für die Ankopplung der Sende-/Empfangseinrichtung **22** an die Busleitung **3** ist ein erster Kopplungskondensator **251** für die Ankopplung der Sende-/Empfangseinrichtungen **22** an die erste Busader **41** und ein zweiter Kopplungskondensator **251** für die Ankopplung der Sende-/Empfangseinrichtungen **22** an die zweite Busader **42** vorgesehen. Zudem ist zwischen dem Anschluss **223** für die Spannungsversorgung für die erste und zweite Busader **41, 42** und dem Anschluss **221** für die erste Busader **41** ein Widerstand **255** vorgesehen. Außerdem ist zwischen dem Anschluss **223** und dem Anschluss **222** für die zweite Busader **42** ein Widerstand **256** vorgesehen.

**[0095]** Die Kapazitäten oder Kopplungskondensatoren **251, 252** sind extern von der jeweiligen Sende-/Empfangseinrichtungen **22** vorgesehen. Die Kopplungskondensatoren **251, 252** realisieren im Gegensatz zu anderen seriellen Bussystemen **1**, wie CAN oder CAN-FD oder Flexray, usw., eine galvanisch isolierte Verbindung der jeweiligen Sende-/Empfangseinrichtung **22** zu den Busadern **41, 42**.

**[0096]** Vorteilhaft an der AC-Kopplung bzw. Wechselspannungskopplung oder Wechselstromkopplung mit Hilfe der Kopplungskondensatoren **251, 252** ist, dass Gleichtaktstörungen (Common-Mode-Störungen) auf der Busleitung **3** die jeweils vorhandene Sendestufe **220, 220A, 2200** der vorangehenden Ausführungsbeispiele oder gemäß **Fig. 13** nicht stören. Ein weiterer Vorteil liegt darin, dass die jeweils vorhandene Sendestufe **220, 220A, 2200** der vorangehenden Ausführungsbeispiele oder gemäß **Fig. 13** aufgrund der galvanischen Isolierung bzw. Trennung in Niedervolt-CMOS-Technologie ausgeführt werden kann (CMOS = Complementary Metal-Oxide-Semiconductor = Halbleiterbauelemente, bei denen sowohl p-Kanal- als auch n-Kanal-MOS-Transistoren auf einem gemeinsamen Substrat verwendet werden). Infolgedessen ergeben sich eine deutlich höhere Genauigkeit zwischen den beiden Pin-Treiberstu-

fen der Endstufen **225, 226** sowie schnellere Schaltzeiten.

**[0097]** Dadurch kann die Schnelligkeit der Übertragung der Daten in dem Bussystem **1** der zuvor beschriebenen Ausführungsbeispiele weiter erhöht werden.

**[0098]** Bei der Schaltung von **Fig. 13** ist die Sendestufe derart aufgebaut, um den ersten und zweiten Kopplungskondensator (**251, 252**) mit hohen oder niedrigen Strömen auf die entsprechenden Pegel eines dominanten oder rezessiven Buszustands bzw. des High-Buszustands (**461; 462**) und des Low-Buszustands (**471**) zu ziehen.

**[0099]** Wie in **Fig. 14** sehr schematisch gezeigt, ist gemäß einer Modifikation des fünften Ausführungsbeispiels anstelle des Widerstands **255**, der zwischen dem Anschluss **223** für die Spannungsversorgung für die erste und zweite Busader **41, 42** und dem Anschluss **221** für die erste Busader **41** vorgesehen ist, ein Transistor **257** vorgesehen. Außerdem ist anstelle des Widerstands **256**, der zwischen dem Anschluss **223** und dem Anschluss **222** für die zweite Busader **42** vorgesehen ist, ein Transistor **258** vorgesehen. Auch auf diese Weise kann mit den Kopplungskondensatoren **251, 252** die galvanisch isolierte Verbindung der jeweiligen Sende-/Empfangseinrichtung **22** zu den Busadern **41, 42** ausgeführt sein.

**[0100]** Alle zuvor beschriebenen Ausgestaltungen des Bussystems **1**, der Teilnehmerstationen **10, 20, 30** und des von diesen ausgeführten Verfahrens können einzeln oder in allen möglichen Kombinationen Verwendung finden. Insbesondere können alle Merkmale der zuvor beschriebenen Ausführungsbeispiele und/oder deren Modifikationen beliebig kombiniert werden. Zusätzlich oder alternativ sind insbesondere folgende Modifikationen denkbar.

**[0101]** Das zuvor beschriebene Bussystem **1** gemäß den Ausführungsbeispielen ist anhand eines auf dem CAN-Protokoll basierenden Bussystems beschrieben. Das Bussystem **1** gemäß den Ausführungsbeispielen kann jedoch auch eine andere Art von Kommunikationsnetz sein, bei welchem Daten seriell mit zwei verschiedenen Bitraten übertragbar sind. Es ist vorteilhaft, jedoch nicht zwangsläufige Voraussetzung, dass bei dem Bussystem **1** zumindest für bestimmte Zeitspannen ein exklusiver, kollisionsfreier Zugriff einer Teilnehmerstation **10, 20, 30** auf einen gemeinsamen Kanal gewährleistet ist.

**[0102]** Die Anzahl und Anordnung der Teilnehmerstationen **10, 20, 30** in dem Bussystem **1** der Ausführungsbeispiele ist beliebig. Insbesondere kann die Teilnehmerstation **10** in dem Bussystem **1** entfallen. Es ist möglich, dass eine oder mehrere der Teilneh-

merstationen **20** oder **30** in dem Bussystem **1** vorhanden sind.

### Patentansprüche

1. Teilnehmerstation (20; 30) für ein serielles Bussystem (1), mit einer Sendestufe (220A) zum Senden einer Nachricht (4; 5) auf eine Busleitung (3) des Bussystems (1), wobei die Sendestufe (220A) Endstufen (225 bis 228) zum Schalten von Bussignalen (412, 422; 413, 423) für eine Nachricht (5) zwischen mehr als zwei verschiedenen Buszuständen (DF1, DF2; A1, A2) aufweist, wobei die Sendestufe (220A) in einer ersten Betriebsart ausgestaltet ist, mit den Endstufen (225 bis 228) einen ersten und zweiten Datenzustand jeweils als Buszustand (A1, A2; A1, DF2; A2, DF1) mit unterschiedlichen Buspegeln für zwei Busadern (41, 42) der Busleitung (3) zu erzeugen, wobei die Sendestufe (220A) in einer zweiten Betriebsart ausgestaltet ist, mit den Endstufen (225 bis 228) einen dritten und vierten Datenzustand jeweils als Buszustand (DF1, DF2; DF1, A2; DF2, A1) mit unterschiedlichen Buspegeln für die zwei Busadern (41, 42) der Busleitung (3) zu erzeugen, und wobei zwei Buszustände (A1, A2) des ersten bis vierten Buszustands (DF1, DF2; A1, A2) einen kleineren Buspegel als die beiden anderen Buszustände (DF1, DF2) des ersten bis vierten Buszustands (DF1, DF2; A1, A2) aufweisen.

2. Teilnehmerstation (20; 30) nach Anspruch 1, wobei die Sendestufe (220A) ausgestaltet ist, die kleineren Pegel für die zwei Buszustände (A1, A2) durch schwächeres Treiben der Buspegel für die zwei Busadern (41, 42) zu erzeugen, und wobei das schwächere Treiben der Buspegel erreicht wird durch einen höheren Einschaltwiderstand von Transistoren der jeweiligen Endstufen (225 bis 228), die zum Treiben der zwei Buszustände (A1, A2) verwendet werden, als einen Einschaltwiderstand von Transistoren der jeweiligen Endstufen (225 bis 228), die zum Treiben der beiden anderen Buszustände (DF1, DF2) verwendet werden.

3. Teilnehmerstation (20; 30) nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Endstufen (225 bis 228) derart symmetrisch aufgebaut sind, dass jeweils zwei Buszustände (DF1, DF2; A1, A2) der mehr als zwei verschiedenen Buszustände (DF1, DF2; A1, A2) symmetrisch zueinander sind.

4. Teilnehmerstation (20; 30) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Sendestufe (220A) ausgestaltet ist, in die erste Betriebsart mit zwei ersten verschiedenen Buszuständen (A1, A2; DF1, A2; DF2, A1) für eine Nachricht (5) zu schalten, wenn von der Nachricht (5) Da-

ten einer ersten Phase (456; 451; 452) zu senden sind, die mit einer ersten Bitrate zu senden sind, und wobei die Sendestufe (220A) ausgestaltet ist, in die zweite Betriebsart mit zwei zweiten verschiedenen Buszuständen (DF1, DF2) für eine Nachricht (5) zu schalten, wenn von der Nachricht (5) Daten einer zweiten Phase (453; 454; 455) zu senden sind, die mit einer zweiten Bitrate zu senden ist, die schneller als die erste Bitrate ist.

5. Teilnehmerstation (20; 30) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Sendestufe (220A) ausgestaltet ist, gemäß einer vorbestimmten Codierung in die erste Betriebsart mit den zwei ersten verschiedenen Buszuständen (A1, A2) für die Nachricht (5) oder die zweite Betriebsart mit den zwei zweiten verschiedenen Buszuständen (DF1, DF2) für eine Nachricht (5) zu schalten, wenn von der Nachricht (5) die Daten der zweiten Phase (453; 454; 455) zu senden sind.

6. Teilnehmerstation (20; 30) nach Anspruch 5, wobei die Sendestufe (220A) ausgestaltet ist, durch Verwendung von vier verschiedenen Buszuständen (DF1, DF2, A1, A2) eine Frequenz für die Bussignale (412, 422, 413, 423) zum Senden der Daten der zweiten Phase (453; 454; 455) zu reduzieren im Vergleich zu der Frequenz für die Bussignale (412, 422, 413, 423) zum Senden der Daten der ersten Phase (456; 451; 452), in welcher die Sendestufe (220A) ausgestaltet ist zwei verschiedene Buszustände der vier verschiedenen Buszustände (DF1, DF2, A1, A2) zu verwenden.

7. Teilnehmerstation (20; 30) nach einem der Ansprüche 4 bis 6, wobei die Sendestufe (220A) ausgestaltet ist, nur in die zweite Betriebsart zum Senden von Daten zu schalten, wenn für die Teilnehmerstation (20; 30) für eine vorbestimmte Zeit ein exklusiver, kollisionsfreier Zugriff auf die Busleitung (3) des Bussystems (1) gewährleistet ist.

8. Teilnehmerstation (20; 30) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Sendestufe (220A) aufweist eine erste Endstufe (225), die zwischen einen Anschluss (223) für eine Spannungsversorgung und eine erste Busleitung (41) geschaltet ist, eine zweite Endstufe (226), die zwischen eine zweite Busleitung (42) und einen Anschluss (224) für Masse geschaltet ist, eine dritte Endstufe (227), die zwischen die erste Busleitung (41) und einen Anschluss (224) für Masse geschaltet ist, und eine vierte Endstufe (228), die zwischen den Anschluss (223) für die Spannungsversorgung und die zweite Busleitung (42) geschaltet ist.

9. Teilnehmerstation (20; 30) nach Anspruch 6,

wobei die erste und vierte Endstufe (225, 228) einen PMOS-Transistor aufweisen, und  
wobei die zweite und dritte Endstufe (226, 227) einen NMOS-Transistor aufweisen.

deren Buszustände (DF1, DF2) des ersten bis vierten Buszustands (DF1, DF2; A1, A2) aufweisen.

Es folgen 8 Seiten Zeichnungen

10. Teilnehmerstation (20; 30) nach Anspruch 8 oder 9, wobei die Sendestufe (220A) ausgestaltet ist, in der ersten Betriebsart einen schwächeren Pegel für die zwei ersten verschiedenen Bussignale (413, 423) zu treiben als in der zweiten Betriebsart für die zwei zweiten verschiedenen Bussignale (412, 422).

11. Teilnehmerstation (20; 30) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Nachricht (5) ein Datenfeld (454) mit einer variablen Länge aufweist, wobei die variable Länge zwischen 1 Byte bis 4096 Bytes beträgt.

12. Teilnehmerstation (20; 30) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Sendestufe (220A) ausgestaltet ist, die Daten in der ersten Betriebsart mit dem gleichen Buspegel auf die Busleitung (3) zu senden wie in der zweiten Betriebsart.

13. Bussystem (1), mit  
einer parallelen Busleitung (3), und  
mindestens zwei Teilnehmerstationen (10; 20; 30),  
welche über die Busleitung (3) derart miteinander verbunden sind, dass sie miteinander kommunizieren können,  
wobei mindestens eine der mindestens zwei Teilnehmerstationen (10; 20; 30) eine Teilnehmerstation (20; 30) nach einem der vorangehenden Ansprüche ist.

14. Verfahren zum Senden einer Nachricht (5) in einem seriellen Bussystem (1), wobei das Verfahren den Schritt aufweist:

Senden, mit einer Sendestufe (220A) einer Teilnehmerstation (20; 30) des Bussystems (1), einer Nachricht (4; 5) auf eine Busleitung (3) des Bussystems (1),

wobei die Sendestufe (220A) Endstufen (225 bis 228) aufweist, die Bussignale (412, 422; 413, 423) für eine Nachricht (5) zwischen mehr als zwei verschiedenen Buszuständen (DF1, DF2; A1, A2) schalten,

wobei die Sendestufe (220A) in einer ersten Betriebsart mit den Endstufen (225 bis 228) einen ersten und zweiten Datenzustand jeweils als Buszustand (A1, A2; A1, DF2; A2, DF1) mit unterschiedlichen Buspegeln für zwei Busadern (41, 42) der Busleitung (3) erzeugt,

wobei die Sendestufe (220A) in einer zweiten Betriebsart mit den Endstufen (225 bis 228) einen dritten und vierten Datenzustand jeweils als Buszustand (DF1, DF2; DF1, A2; DF2, A1) mit unterschiedlichen Buspegeln für die zwei Busadern (41, 42) der Busleitung (3) erzeugt, und wobei zwei Buszustände (A1, A2) des ersten bis vierten Buszustands (DF1, DF2; A1, A2) einen kleineren Buspegel als die beiden an-

Anhängende Zeichnungen

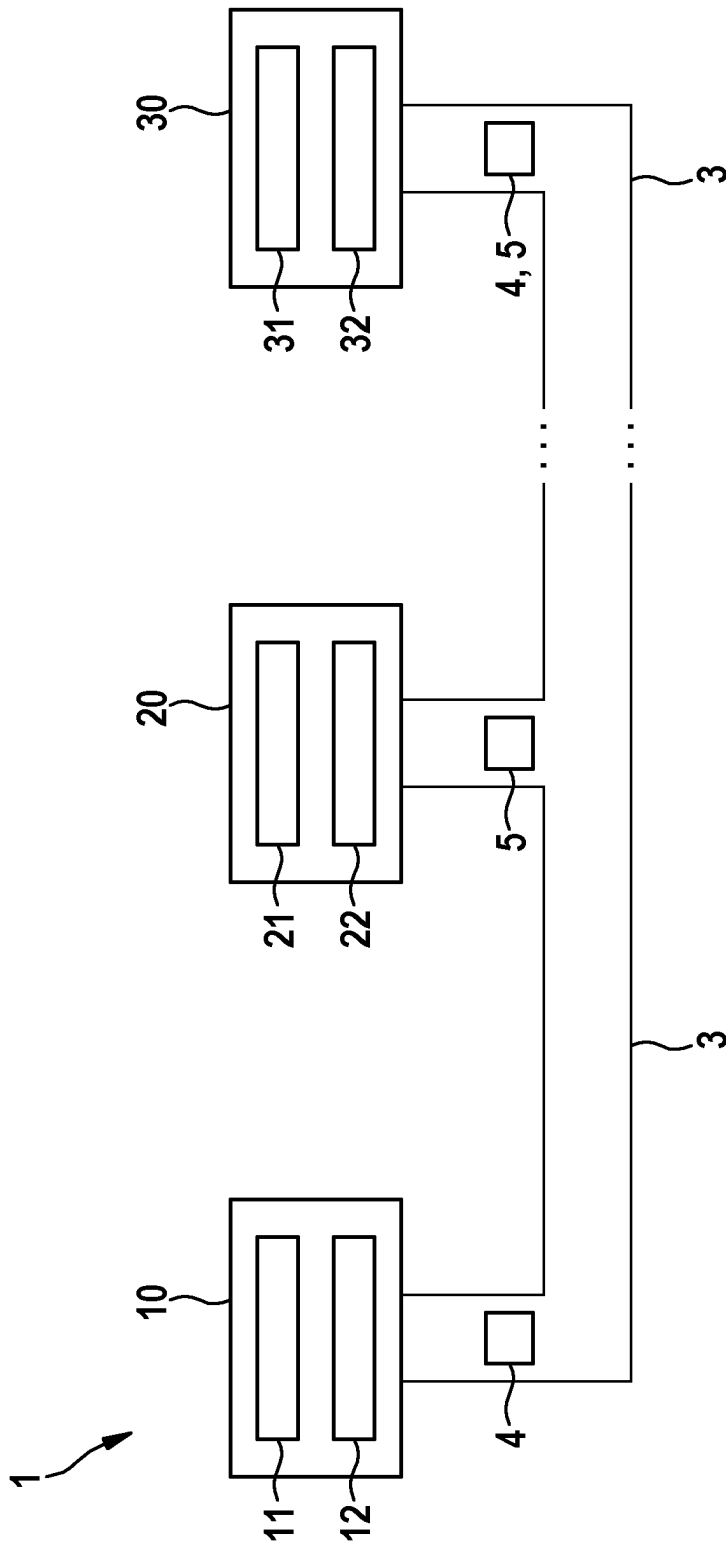


Fig. 1

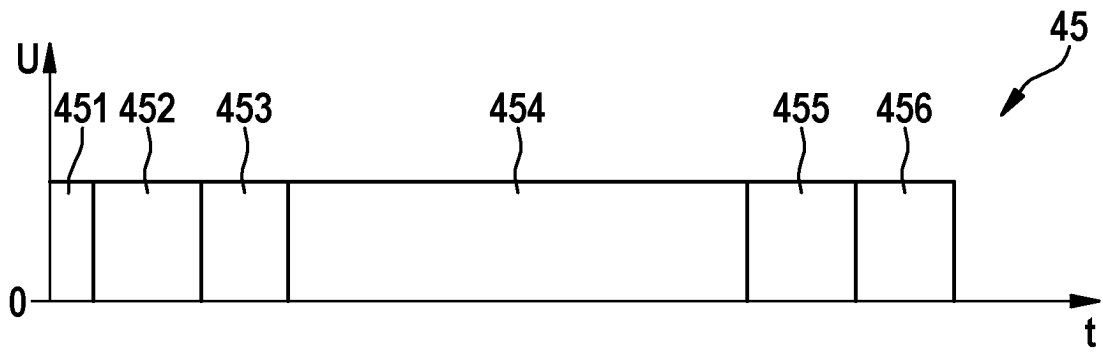


Fig. 2

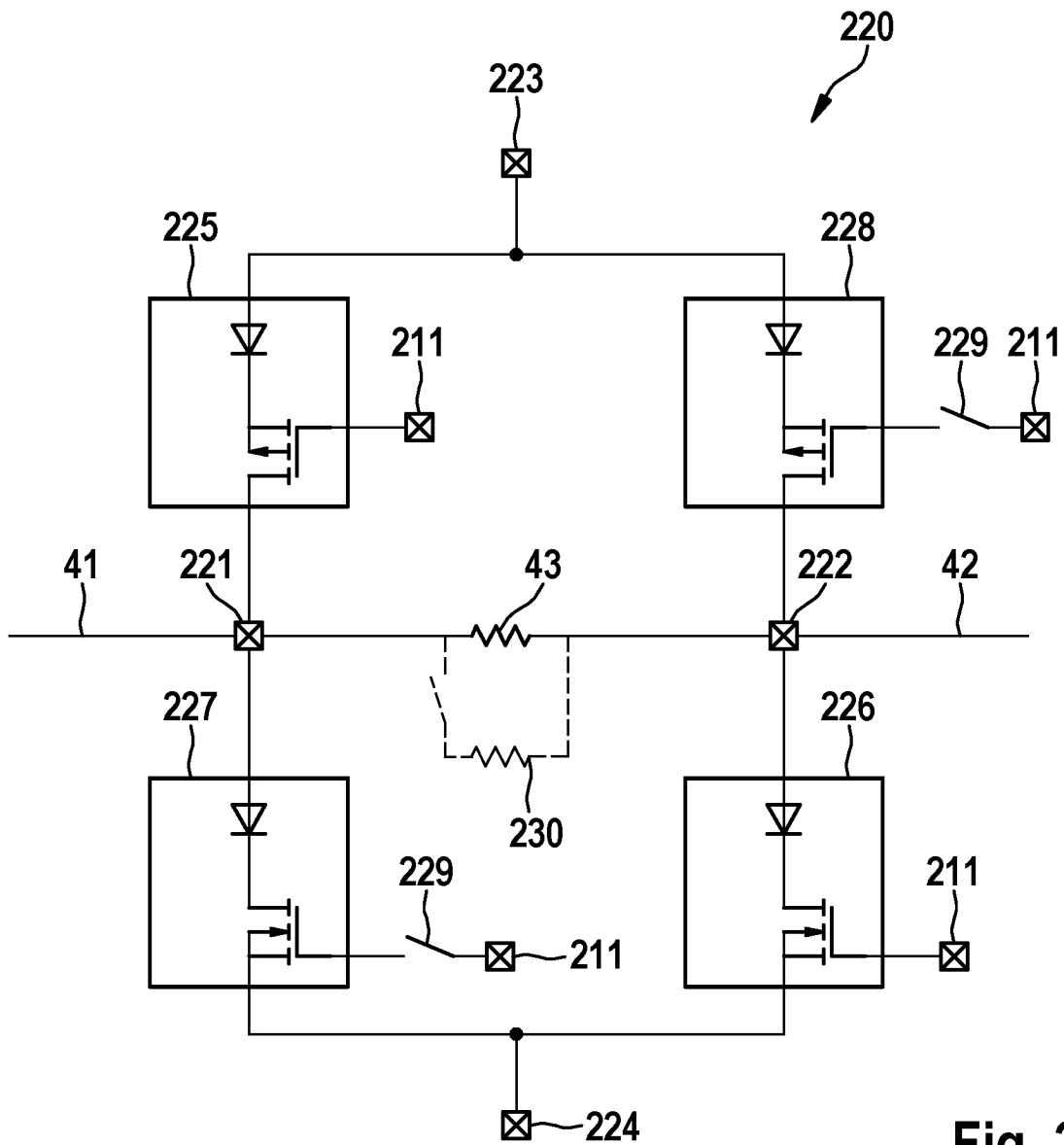


Fig. 3

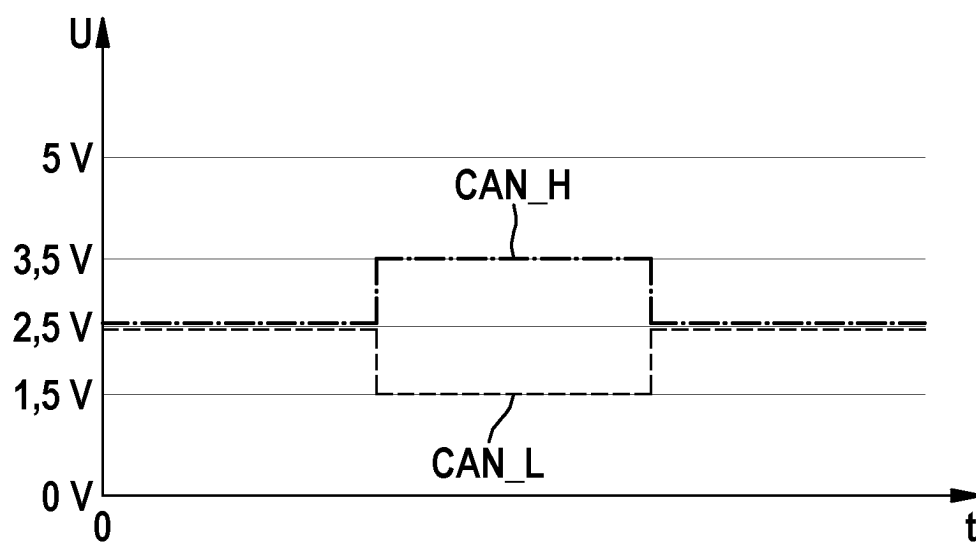


Fig. 4

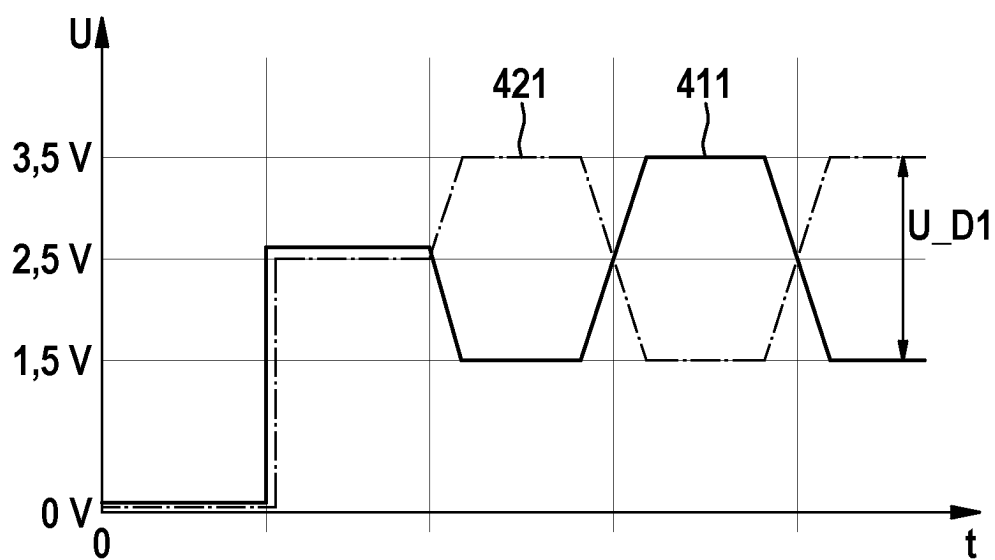


Fig. 5



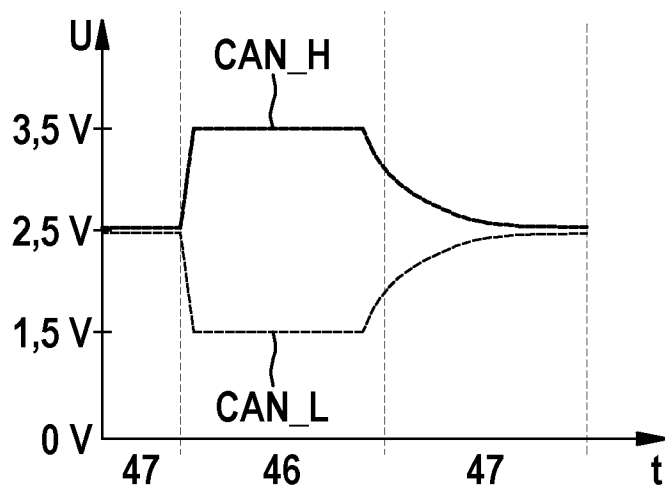


Fig. 8

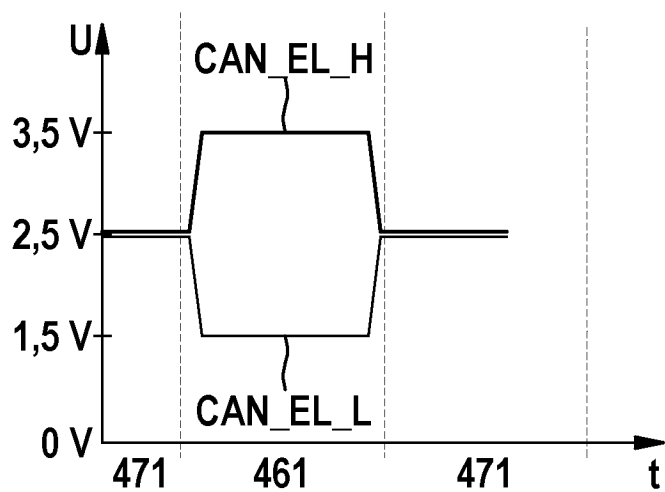
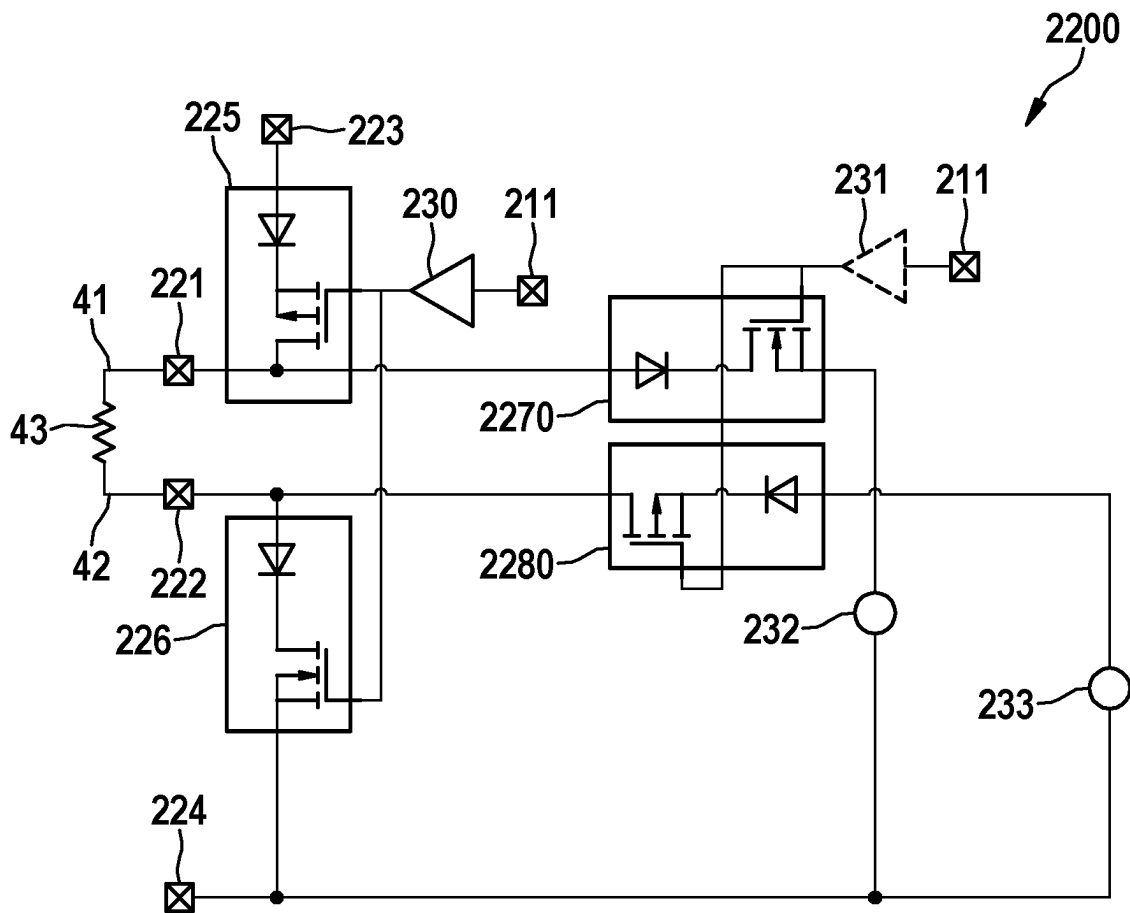


Fig. 9



**Fig. 10**

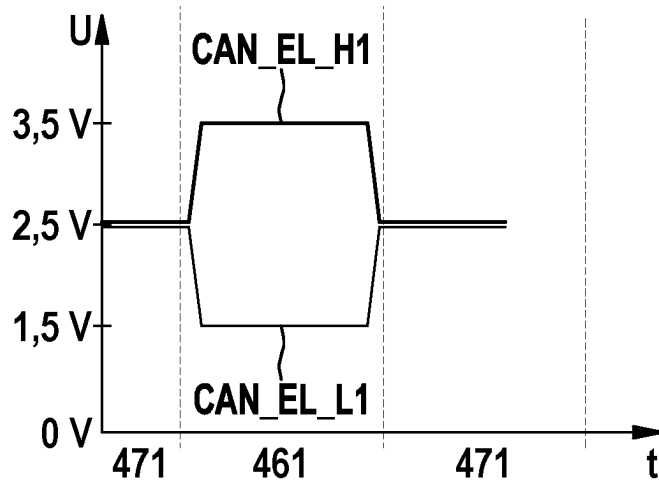


Fig. 11

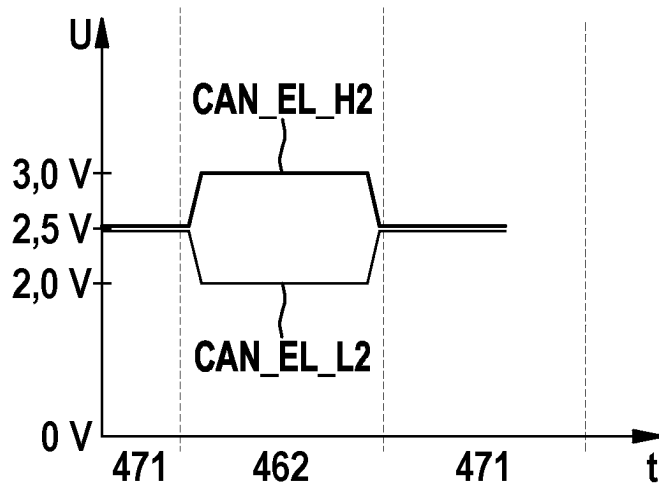


Fig. 12

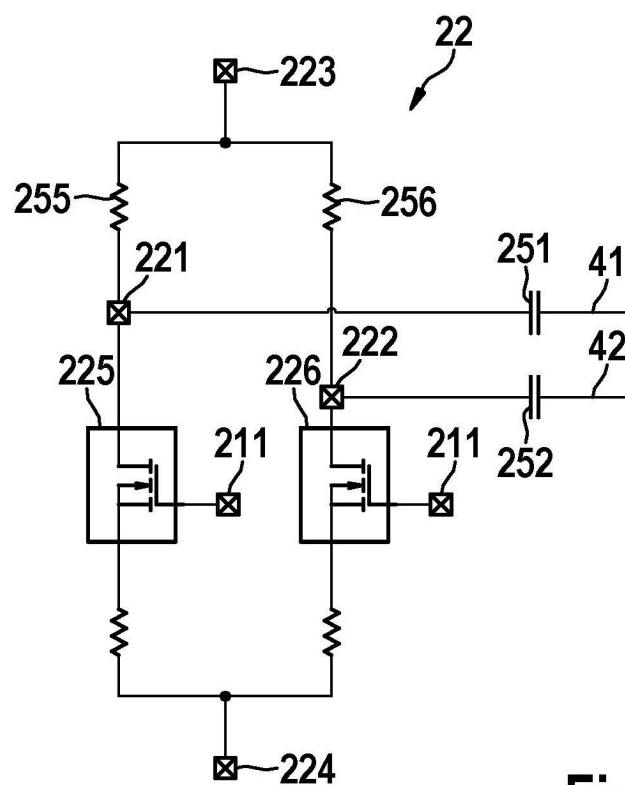


Fig. 13

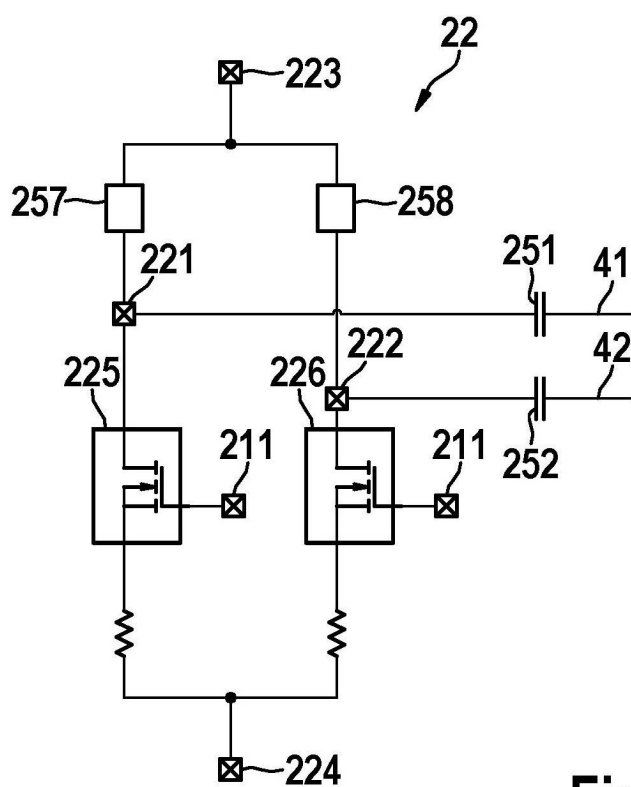


Fig. 14