



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2018 220 069.6**
(22) Anmeldetag: **22.11.2018**
(43) Offenlegungstag: **28.05.2020**

(51) Int Cl.: **H04L 25/08 (2006.01)**
H04L 12/40 (2006.01)

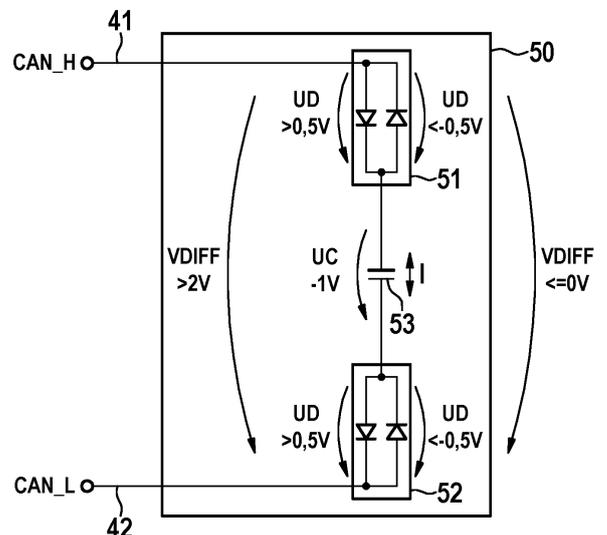
(71) Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:
Walker, Steffen, 72770 Reutlingen, DE;
Mueller, Andreas, 71706 Markgröningen, DE;
Weissenmayer, Simon, 74223 Flein, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Reflexionsdämpfungsvorrichtung für einen Bus eines Bussystems und Verfahren zum Dämpfen von Reflexionen bei einer Datenübertragung in einem Bussystem**

(57) Zusammenfassung: Es ist eine Reflexionsdämpfungsvorrichtung (50; 50A; 50B; 50C; 50D; 50E; 50F; 50G; 50H) für einen Bus (40) eines Bussystems (1) und ein Verfahren zum Dämpfen von Reflexionen bei einer Datenübertragung in einem Bussystem (1) bereitgestellt. Die Reflexionsdämpfungsvorrichtung (50; 50A; 50B; 50C; 50D; 50E; 50F; 50G; 50H) kann ein freies Ende von Busleitungen (41; 42) des Busses (40), insbesondere in einer Sende-Empfangeinrichtung (12; 22; 32) einer Teilnehmerstation (10; 20; 30) des Bussystems (1) abschließen. Alternativ kann die Reflexionsdämpfungsvorrichtung (50; 50A; 50B; 50C; 50D; 50E; 50F; 50G; 50H) an einem Verzweigungspunkt des Busses (40) angeschlossen sein, der insbesondere ein Sternpunkt ist oder zum Anschluss einer Teilnehmerstation (10; 20) an den Bus (40) dient. Dadurch sind auch Busteilnehmer in einem Fahrzeuganhänger bei Bedarf an das Bussystem (1) des Fahrzeugs anschließbar. Die Reflexionsdämpfungsvorrichtung (50; 50A; 50B; 50C; 50D; 50E; 50F; 50G; 50H) umfasst mindestens ein Paar (51; 52; 51A; 52A; 51B) aus parallel geschalteten elektrischen Halbleiterkomponenten, und mindestens einen Kondensator (53; 54), der an das mindestens eine Paar (51; 52; 51A; 52A; 51B) aus parallel geschalteten elektrischen Halbleiterkomponenten in Reihe angeschlossen ist, zum Dämpfen von Reflexionen auf einer Busleitung (41; 42) des Busses (40).



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Reflexionsdämpfungsvorrichtung für einen Bus eines Bussystems, das insbesondere ein serielles Bussystem ist, und ein Verfahren zum Dämpfen von Reflexionen bei einer Datenübertragung in einem Bussystem, bei welchem eine Schaltung eingesetzt wird, die mindestens einen Kondensator und antiparallele Dioden oder Transistoren aufweist.

Stand der Technik

[0002] Zwischen Sensoren und Steuergeräten wird, beispielsweise in Fahrzeugen, immer häufiger 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 Teilnehmerstationen des Bussystems, wie Sensor, Steuergerät, Geber, usw., übertragen. Hierbei wird CAN FD derzeit in der Einführungsphase im ersten Schritt meist mit einer Daten-Bitrate von 2Mbit/s bei der Übertragung von Bits des Datenfelds und mit einer Arbitrations-Bitrate von 500kbit/s bei der Übertragung von Bits des Arbitrationsfelds im Fahrzeug eingesetzt.

[0003] Die Datenübertragung wird in Bussystemen stark durch die Reflexionen an offenen Busenden, Leitungsverzweigungen und Steckern begrenzt. In der Regel werden bei dem Bussystem zwei Abschlusswiderstände an den Teilnehmerstationen eingesetzt, die im Bussystem am weitesten voneinander entfernt angebracht sind.

[0004] Probleme ergeben sich jedoch, wenn eine derartige Terminierung des Busses nicht möglich ist, beispielsweise wenn eine CAN-Teilnehmerstation im Anhänger angeordnet ist, wobei das Fahrzeug mit oder ohne Anhänger betrieben werden kann. In diesem Fall

muss der Anhänger über eine private CAN-Leitung angeschlossen oder große Abstriche bei der Datenrate in Kauf genommen werden.

[0005] Sind alle Teilnehmerstationen sternförmig miteinander verbunden, wird auch häufig ein Widerstand im Sternpunkt angebracht, um die Reflexionen im Bussystem zu dämpfen.

[0006] Bei einem CAN-Bussystem besteht aufgrund der differentiellen Spannung **VDIFF** auf dem Bus zudem die Anforderung, dass die Spannungen auf dem Bus auf 0 V bis 2 V begrenzt werden. Dies kann beispielsweise mit einer Zenerdiode erreicht werden, die mit einer extern versorgten Operationsverstärkerschaltung beschaltet ist, welche die Zenerdiode außerdem gegen einen Kurzschluss der Busleitungen

schützt. Jedoch ist eine derartige Variante aufgrund des benötigten Operationsverstärkers recht aufwändig.

Offenbarung der Erfindung

[0007] Daher ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Reflexionsdämpfungsvorrichtung für einen Bus eines Bussystems und ein Verfahren zum Dämpfen von Reflexionen bei einer Datenübertragung in einem Bussystem bereitzustellen, welche die zuvor genannten Probleme lösen. Insbesondere sollen eine Reflexionsdämpfungsvorrichtung für einen Bus eines Bussystems und ein Verfahren zum Dämpfen von Reflexionen bei einer Datenübertragung in einem Bussystem bereitgestellt werden, bei welchen die Reflexionsdämpfung auch bei hohen Datenraten optimiert werden kann.

[0008] Die Aufgabe wird durch eine Reflexionsdämpfungsvorrichtung für einen Bus eines Bussystems mit den Merkmalen von Anspruch 1 gelöst. Die Reflexionsdämpfungsvorrichtung hat mindestens ein Paar aus parallel geschalteten elektrischen Halbleiterkomponenten, und mindestens einen Kondensator, der an das mindestens eine Paar aus parallel geschalteten elektrischen Halbleiterkomponenten in Reihe angeschlossen ist, zum Dämpfen von Reflexionen auf einer Busleitung des Busses.

[0009] Die beschriebene Reflexionsdämpfungsvorrichtung muss nicht generell mit einer externen Spannung versorgt werden, ist aber in jedem Fall robust gegenüber Kurzschlüssen und kann die Spannung sehr gut auf einen Bereich zwischen beispielsweise 0 Volt und 2 Volt oder einen anderen gewünschten Spannungsbereich begrenzen. Außerdem lässt sich die beschriebene Reflexionsdämpfungsvorrichtung besonders symmetrisch aufbauen. Dadurch ist die elektrische Schaltung der Reflexionsdämpfungsvorrichtung besonders robust gegenüber Gleichtaktstörungen.

[0010] Durch die Gestaltung der beschriebenen Reflexionsdämpfungsvorrichtung bestehen mehr Freiräume bei der Gestaltung eines Kabelbaums in insbesondere einem Fahrzeug. Noch dazu können mit der beschriebenen Reflexionsdämpfungsvorrichtung höhere Datenübertragungsraten erreicht werden. Die beschriebene Reflexionsdämpfungsvorrichtung ermöglicht, dass auch bei einer Steigerung der Bitrate im Vergleich zu bisherigen Bussystemen eine gute Reflexionsunterdrückung von hochfrequenten Gleichtaktstörungen realisierbar ist.

[0011] Als Folge davon kann die Datenrate im Bussystem erhöht werden, ohne dass die Kommunikation aufgrund von Leitungsreflexionen merklich beeinträchtigt würde.

[0012] Dadurch stellt die beschriebene Reflexionsdämpfungsvorrichtung sicher, dass in dem Bussystem, in dem die Reflexionsdämpfungsvorrichtung verwendet wird, ein flexibler Einsatz von insbesondere CAN FD oder dessen

Nachfolgekommunikationsarten mit noch höherer Datenübertragungsrate als bei Classical CAN oder CAN FD möglich ist.

[0013] Vorteilhafte weitere Ausgestaltungen der Reflexionsdämpfungsvorrichtung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0014] Gemäß einem Ausführungsbeispiel ist ein Paar aus parallel geschalteten elektrischen Halbleiterkomponenten zwischen zwei Kondensatoren geschaltet.

[0015] Gemäß einem Ausführungsbeispiel ist ein Kondensator zwischen zwei Paare aus parallel geschalteten elektrischen Halbleiterkomponenten geschaltet.

[0016] Gemäß einer Option ist das mindestens eine Paar aus parallel geschalteten elektrischen Halbleiterkomponenten zwei antiparallel geschaltete Dioden aufweist.

[0017] Gemäß einer anderen Option weist das mindestens eine Paar aus parallel geschalteten elektrischen Halbleiterkomponenten zwei Transistoren auf, die insbesondere antiparallel geschaltet sind, wobei die Transistoren Bipolartransistoren sind, bei denen jeweils der Basis-Anschluss und Kollektor-Anschluss des einen Transistors mit dem Emitter-Anschluss des anderen Transistors verbunden ist, oder wobei die Transistoren Feldeffekttransistoren sind, bei denen jeweils der Gate-Anschluss und Drain-Anschluss des einen Transistors mit dem Source-Anschluss des anderen Transistors verbunden ist.

[0018] Möglicherweise hat die Reflexionsdämpfungsvorrichtung zudem einen Spannungsteiler, der parallel zu der Reihenschaltung aus dem mindestens einen Paar aus parallel geschalteten elektrischen Halbleiterkomponenten und dem mindestens einen Kondensator geschaltet ist, wobei der Spannungsteiler optional mit einer Schaltungsvorrichtung zum Zuschalten oder Abschalten des Spannungsteilers verbunden ist.

[0019] Denkbar ist, dass der Spannungsteiler drei Widerstände aufweist, die in Reihe zueinander geschaltet sind, und wobei der mittlere Widerstand des Spannungsteilers parallel zu dem Kondensator geschaltet ist, wobei der mittlere Widerstand einen Widerstandswert hat, der etwa halb so groß ist wie der Widerstandswert der anderen beiden Widerstände des Spannungsteilers, und wobei der Widerstands-

wert des mittleren Widerstands größer als etwa 10 kOhm ist oder etwa 1 kOhm ist.

[0020] Die Reflexionsdämpfungsvorrichtung kann zudem mindestens eine zuschaltbare Spannungsquelle aufweisen, die einen Impedanzwandler aufweist. Hierbei ist es möglich, dass der Impedanzwandler einen Operationsverstärker aufweist, an dessen Ausgang eine Reihenschaltung aus zwei Dioden angeschlossen ist, wobei die Reihenschaltung aus zwei Dioden parallel zu dem einen Kondensator geschaltet ist.

[0021] Die zuvor beschriebene Reflexionsdämpfungsvorrichtung kann Teil einer Teilnehmerstation für ein Bussystem sein, die zudem eine Sende- und Empfangseinrichtung zum Senden von Nachrichten auf einen Bus des Bussystems und/oder zum Empfangen von Nachrichten von dem Bus des Bussystems aufweist. Hierbei kann die Reflexionsdämpfungsvorrichtung in die Sende- und Empfangseinrichtung integriert sein.

[0022] Möglicherweise hat die Teilnehmerstation zudem eine Kommunikationssteuereinrichtung zum Erzeugen und Senden von Nachrichten an die Sende- und Empfangseinrichtung und zum Empfangen und Auswerten von Nachrichten von der Sende- und Empfangseinrichtung, wobei die Kommunikationssteuereinrichtung ausgestaltet ist, die Nachrichten derart zu erzeugen, dass in der ersten Kommunikationsphase zum Senden der Nachrichten auf den Bus zwischen den Teilnehmerstationen des Bussystems ausgehandelt wird, welche der Teilnehmerstationen in der nachfolgenden zweiten Kommunikationsphase zumindest zeitweise einen exklusiven, kollisionsfreien Zugriff auf den Bus des Bussystems hat.

[0023] Mindestens zwei Teilnehmerstationen können Teil eines Bussystems sein, das zudem einen Bus hat, so dass die mindestens zwei Teilnehmerstationen über den Bus derart miteinander verbunden sind, dass sie seriell miteinander kommunizieren können. Zudem hat das Bussystem mindestens eine zuvor beschriebene Reflexionsdämpfungsvorrichtung für mindestens eine Busleitung des Busses. Hierbei kann die mindestens eine Reflexionsdämpfungsvorrichtung an einen Verzweigungspunkt des Busses angeschlossen sein. Alternativ kann die mindestens eine Reflexionsdämpfungsvorrichtung ein freies Ende des Busses abschließen. Möglicherweise ist bei dem Bussystem mindestens eine der mindestens zwei Teilnehmerstationen eine zuvor beschriebene Teilnehmerstation.

[0024] Die zuvor genannte Aufgabe wird zudem durch ein Verfahren zum Dämpfen von Reflexionen bei einer Datenübertragung in einem Bussystem nach Anspruch 15 gelöst. Das Verfahren hat die Schritte: Senden einer Nachricht in dem Bussystem

über einen Bus, an dessen mindestens eine Busleitung eine Reflexionsdämpfungsvorrichtung angeschlossen ist, die mindestens ein Paar aus parallel geschalteten elektrischen Halbleiterkomponenten, und mindestens einen Kondensator aufweist, der an das mindestens eine Paar aus parallel geschalteten elektrischen Halbleiterkomponenten in Reihe angeschlossen ist, und Dämpfen, mit der Reflexionsdämpfungsvorrichtung, von Reflexionen auf einer Busleitung des Busses.

[0025] Das Verfahren bietet dieselben Vorteile, wie sie zuvor in Bezug auf die Reflexionsdämpfungsvorrichtung genannt sind.

[0026] 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

[0027] 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 eine elektrische Schaltung einer Reflexionsdämpfungsvorrichtung für das Bussystem gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel;

Fig. 3 eine elektrische Schaltung einer Reflexionsdämpfungsvorrichtung für ein Bussystem gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel;

Fig. 4 eine elektrische Schaltung einer Reflexionsdämpfungsvorrichtung für ein Bussystem gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel;

Fig. 5 eine elektrische Schaltung einer Reflexionsdämpfungsvorrichtung für ein Bussystem gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel;

Fig. 6 eine elektrische Schaltung einer Reflexionsdämpfungsvorrichtung für ein Bussystem gemäß einem fünften Ausführungsbeispiel;

Fig. 7 eine elektrische Schaltung einer Reflexionsdämpfungsvorrichtung für ein Bussystem gemäß einem sechsten Ausführungsbeispiel;

Fig. 8 eine elektrische Schaltung einer Reflexionsdämpfungsvorrichtung für ein Bussystem gemäß einem siebenten Ausführungsbeispiel;

Fig. 9 eine elektrische Schaltung einer Reflexionsdämpfungsvorrichtung für ein Bussystem gemäß einem achten Ausführungsbeispiel; und

Fig. 10 eine elektrische Schaltung einer Reflexionsdämpfungsvorrichtung für ein Bussystem gemäß einem neunten Ausführungsbeispiel.

[0028] In den Figuren sind gleiche oder funktionsgleiche Elemente, sofern nichts anderes angegeben ist, mit denselben Bezugszeichen versehen.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

[0029] **Fig. 1** zeigt als Beispiel ein Bussystem **1**, das insbesondere grundlegend für ein Classical CAN-Bussystem, ein CAN FD-Bussystem oder CAN FD-Nachfolgebussysteme ausgestaltet ist, wie nachfolgend beschrieben. Das Bussystem **1** kann in einem Fahrzeug, insbesondere einem Kraftfahrzeug, einem Flugzeug, usw., oder im Krankenhaus usw. Verwendung finden.

[0030] In **Fig. 1** hat das Bussystem **1** eine Vielzahl von Teilnehmerstationen **10**, **20**, **30**, die jeweils an einen Bus **40** mit einer ersten Busleitung **41** und einer zweiten Busleitung **42** angeschlossen sind. Der Bus **40** ist bei dem Beispiel von **Fig. 1a**n mehreren Stellen mit einer Reflexionsdämpfungsvorrichtung **50** abgeschlossen. Hiervon ist eine Reflexionsdämpfungsvorrichtung **50** bei der Teilnehmerstation **30** vorgesehen. Die Teilnehmerstationen **10**, **20** sind an den Bus **40** jeweils mit einer Stichleitung angeschlossen, die ebenfalls mit einer Reflexionsdämpfungsvorrichtung **50** abgeschlossen ist.

[0031] Insbesondere sind die Teilnehmerstationen **10**, **20** in einem Personenkraftwagen (PKW) oder Lastkraftwagen (LKW) angeordnet, wohingegen die Teilnehmerstation **30** in einem Anhänger untergebracht ist, der je nach Bedarf an den PKW oder LKW angehängt wird. Dadurch wird auch die Teilnehmerstation **30** nur je nach Bedarf an das Bussystem **1** angeschlossen.

[0032] Somit ist es bei dem Bussystem **1** möglich, dass mindestens eine der Teilnehmerstationen **10**, **20**, **30** oder mindestens eine Teilnehmerstation zusätzlich zu den Teilnehmerstationen **10**, **20**, **30** je nach Bedarf an den Bus **40** angeschlossen wird oder vom Bus **40** getrennt wird.

[0033] Die Busleitungen **41**, **42** können auch CAN_H und CAN_L genannt werden und dienen, unter Verwendung eines TX-Signals im Sendezustand, zur elektrischen Signalübertragung nach Einkopplung der dominanten Pegel bzw. Zustände **401** oder Erzeugung bzw. aktivem Treiben von rezessiven Pegeln bzw. Zuständen **402**. Die Zustände **401**, **402** sind nur bei der Teilnehmerstation **20** sehr schematisch gezeigt. Die Zustände **401**, **402** entsprechen

den Zuständen eines TX-Signals einer sendenden Teilnehmerstation **10**, **20**, **30**. Nach Übertragung der Signale **CAN_H** und **CAN_L** auf den Busleitungen **41**, **42** werden die Signale von den Teilnehmerstationen **10**, **20**, **30** als ein RX-Signal empfangen. Über den Bus **40** sind Nachrichten **45**, **46** in der Form der Signale **CAN_H** und **CAN_L** zwischen den einzelnen Teilnehmerstationen **10**, **20**, **30** seriell übertragbar. Aus den Signalen **CAN_H** und **CAN_L** auf den beiden Busleitungen **41**, **42** errechnet sich eine differentielle Busspannung $V_{DIFF} = CAN_H - CAN_L$. Die Teilnehmerstationen **10**, **20**, **30** sind beispielsweise Steuergeräte, Sensoren, Anzeigevorrichtungen, usw. eines Kraftfahrzeugs.

[0034] Wie in **Fig. 1** gezeigt, hat die Teilnehmerstation **10** eine Kommunikationssteuereinrichtung **11** und eine Sende-/Empfangseinrichtung **12**.

[0035] Die Teilnehmerstation **20** hat 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 den Bus **40** angeschlossen, auch wenn dies in **Fig. 1** nicht veranschaulicht ist. Die Sende-/Empfangseinrichtungen **12**, **22** sind jeweils mit einer Stichleitung an den Bus **40** angeschlossen.

[0036] Die Kommunikationssteuereinrichtungen **11**, **21**, **31** dienen jeweils zur Steuerung einer Kommunikation der jeweiligen Teilnehmerstation **10**, **20**, **30** über den Bus **40** mit einer oder mehreren anderen Teilnehmerstation der Teilnehmerstationen **10**, **20**, **30**, die an den Bus **40** angeschlossen sind. Hierbei erzeugen die Kommunikationssteuereinrichtungen **11**, **21**, **31** jeweils ein Sendesignal, das auch TX-Signal genannt wird, für die zu sendende Nachrichten **45**, **46** und senden das TX-Signal an die zugehörige Sende- und Empfangseinrichtung **12**, **22**, **32**. Zudem kann die jeweilige Kommunikationssteuereinrichtung **11**, **21**, **31** ein Empfangssignal, das auch RX-Signal genannt wird, für die vom Bus **40** empfangene Nachricht **45**, **46** von der zugehörigen Sende- und Empfangseinrichtung **12**, **22**, **32** empfangen und auswerten. Insbesondere können die Kommunikationssteuereinrichtungen **11**, **21**, **31** die Nachrichten **45**, **46** derart erzeugen, dass in einer ersten Kommunikationsphase zum Senden der Nachrichten **45**, **46** auf den Bus **40** zwischen den Teilnehmerstationen **10**, **20**, **30** ausgehandelt wird, welche der Teilnehmerstationen **10**, **20**, **30** in der nachfolgenden zweiten Kommunikationsphase zumindest zeitweise einen exklusiven, kollisionsfreien Zugriff auf den Bus **40** des Bussystems **1** hat. In der zweiten Kommunikationsphase können die Nutzdaten der Nachrichten **45**, **46** auf den Bus **40** gesendet werden.

[0037] Die Kommunikationssteuereinrichtung **11** kann wie ein herkömmlicher Classical CAN- oder CAN FD-Controller ausgeführt sein. Die Kommunikationssteuereinrichtung **11** erstellt und liest erste Nachrichten **45**, die beispielsweise Classical CAN-Nachrichten oder CAN FD Nachrichten sind. Die Classical CAN-Nachrichten sind gemäß dem Classical Basisformat aufgebaut, bei welchem in der ersten Nachricht **45** eine Anzahl von bis zu 8 Datenbytes umfasst sein können. Die CAN FD Nachricht ist gemäß dem CAN FD Format aufgebaut, bei welcher eine Anzahl von bis zu 64 Datenbytes umfasst sein können, die noch dazu mit einer deutlich schnelleren und damit höheren Datenrate als bei der Classical CAN-Nachricht übertragen werden. Die Sende-/Empfangseinrichtung **12** kann wie ein herkömmlicher CAN Transceiver und/oder CAN FD Transceiver ausgeführt sein.

[0038] Jede der Kommunikationssteuereinrichtungen **21**, **31** erstellt und liest erste Nachrichten **45**, wie zuvor beschrieben, oder optional zweite Nachrichten **46**. Die zweiten Nachrichten **46** sind auf der Grundlage eines Formats aufgebaut, das als CAN FD-Nachfolgeformat bezeichnet wird und beispielsweise Daten in der Datenphase mit einer höheren Bitrate als CAN FD übertragen kann. Jede der Sende-/Empfangseinrichtungen **22**, **32** kann als CAN Transceiver ausgeführt sein, der je nach Bedarf eine der zuvor beschriebenen ersten Nachrichten **45** oder eine zweite Nachricht **46** gemäß dem CAN FD-Nachfolgeformat für die zugehörige Kommunikationssteuereinrichtung **21**, **31** bereitstellen oder von dieser empfangen kann.

[0039] Mit den beiden Teilnehmerstationen **20**, **30** ist eine Bildung und dann Übertragung von Nachrichten **46** mit dem CAN FD-Nachfolgeformat sowie der Empfang solcher Nachrichten **46** realisierbar.

[0040] **Fig. 2** zeigt eine elektrische Schaltung der Reflexionsdämpfungsvorrichtung **50** für die Busleitungen **41**, **42** des Busses **40** gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel.

[0041] Bei der Reflexionsdämpfungsvorrichtung **50** sind an den Leitungsenden der Busleitungen **41**, **42**, in anderen Worten zwischen den Leitungen für die Signale **CAN_H** und **CAN_L**, ein erstes antiparalleles Diodenpaar **51**, ein zweites antiparalleles Diodenpaar **52** und ein Kondensator **53** in Reihe geschaltet. Hierbei ist der Kondensator **53** zwischen die beiden antiparallelen Diodenpaare **51**, **52** geschaltet.

[0042] Die Dioden der Diodenpaare **51**, **52** sind jeweils elektrische Halbleiterkomponenten, bei denen bei Anliegen einer vorbestimmten Schwellwertspannung, die einen Stromfluss durch die elektrische Halbleiterkomponente zur Folge hat, die Spannung an der elektrischen Halbleiterkomponente unabhän-

gig von der Stärke des Stromflusses in etwa konstant bleibt. Die Schwellwertspannung hat beispielsweise einen Wert von 0,7 V. Hierbei kann der Strom durch die Diode nach Überschreiten der Schwellwertspannung von ca. 0 mA auf beispielsweise 100 mA ansteigen, wohingegen die Spannung hierbei nur auf ca. 0,8 V ansteigt. Selbstverständlich sind je nach Halbleiter andere Werte für die Schwellwertspannung und die Stromstärke nach Überschreiten der Schwellwertspannung möglich. Somit ist der Stromfluss durch die Diode, bzw. die elektrische Halbleiterkomponente, nach Überschreiten der Schwellwertspannung nicht proportional zu der anliegenden Spannung. Dies gilt sowohl in Durchlassrichtung der Diode als auch in Sperrrichtung der Diode.

[0043] Im Betrieb des Bussystems **1** liegt an den Dioden der antiparallelen Diodenpaare **51**, **52** jeweils eine Spannung **UD** von 0,5 Volt an, wie in **Fig. 2** gezeigt. Dadurch wird der Kondensator **53** durch Differenzspannungen $V_{DIFF} = CAN_H - CAN_L$ von 2 Volt auf dem Bus **40** auf 1 Volt geladen, wie ebenfalls in **Fig. 2** gezeigt. Sobald die Spannung **UC** des Kondensators **53** den Wert von 1 Volt erreicht hat, fließt bei Differenzspannungen **V_{DIFF}** zwischen 0 Volt und 2 Volt kein Strom **I** mehr über den Kondensator **53**. Steigt die Differenzspannung **V_{DIFF}** über 2 Volt an, fließt ein Ausgleichsstrom als Strom **I**, der die Spannung **UC** am Kondensator **53** erhöht und die Differenzspannung **V_{DIFF}** reduziert. Sinkt die Differenzspannung **V_{DIFF}** unter 0 Volt, fließt ein Ausgleichsstrom als Strom **I**, der die Spannung **UC** am Kondensator **53** reduziert und die Differenzspannung **V_{DIFF}** erhöht.

[0044] Somit benötigt die elektrische Schaltung der Reflexionsdämpfungsvorrichtung **50** keine zusätzliche Spannung. Daher kann die Reflexionsdämpfungsvorrichtung **50** bevorzugt an Stellen angebracht werden, an denen Reflexionen entstehen, wie beispielsweise an Sternpunkten, Verzweigungspunkten, Steckern oder an Leitungsenden, an denen keine Sende- /Empfangseinrichtung **12**, **22**, **32** (Transceiver) angeschlossen ist. Ein Verzweigungspunkt des Busses **40** ist insbesondere ein Sternpunkt oder ein Anschluss einer Stichleitung für eine Teilnehmerstation **10**, **20** an den Bus **40**.

[0045] An den Steckern oder Leitungsenden an den Sende- /Empfangseinrichtungen **12**, **22**, **32** (Transceiver) kann ein sonst üblicher Leitungsabschluss vorhanden sein, der mit mindestens einem Widerstand realisiert ist. Jedoch ist es selbstverständlich alternativ möglich, die Reflexionsdämpfungsvorrichtung **50** integriert in mindesten eine der Sende-/Empfangseinrichtungen **12**, **22**, **32** (Transceiver) einzubauen.

[0046] Die Reflexionsdämpfungsvorrichtung **50** bildet insgesamt eine sehr einfache elektronische Vor-

richtung, welche die Reflexionen am Ende der Busleitungen **41**, **42** sehr gut reduzieren kann. Hierbei ist eine Begrenzung der Spannungen auf 0 bis 2 Volt möglich, ohne dass dazu eine zusätzliche Versorgungsspannung notwendig ist. Gleichzeitig ist die Reflexionsdämpfungsvorrichtung **50** robust gegenüber Kurzschlüssen der Busleitungen **41**, **42**.

[0047] **Fig. 3** zeigt eine elektrische Schaltung einer Reflexionsdämpfungsvorrichtung **50A**, die an die Busleitungen **41**, **42** des Busses **40** gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel angeschlossen ist. Die Reflexionsdämpfungsvorrichtung **50A** kann anstelle mindestens einer Reflexionsdämpfungsvorrichtung **50** für die Busleitungen **41**, **42** des Busses **40** von **Fig. 1** eingesetzt werden. Somit kann das Bussystem **1** mindestens eine Reflexionsdämpfungsvorrichtung **50** und/oder mindestens eine Reflexionsdämpfungsvorrichtung **50A** aufweisen, wie in Bezug auf die Vorrichtung **50** zuvor beschrieben.

[0048] Die Schaltung der Reflexionsdämpfungsvorrichtung **50A** von **Fig. 3** hat im Unterschied zu der Schaltung der Reflexionsdämpfungsvorrichtung **50** gemäß dem vorangehenden Ausführungsbeispiel antiparallele Transistorpaare **51A**, **52A** anstelle der Diodenpaare **51**, **52**. Bei den Transistorpaaren **51A**, **52A** sind, im Falle von Bipolartransistoren, jeweils der Basis-Anschluss und Kollektor-Anschluss des einen Transistors mit dem Emitter-Anschluss des anderen Transistors verbunden. Im Falle eines Feldeffekttransistors (FET) sind bei den Transistorpaaren **51A**, **52A** jeweils der Gate-Anschluss und Drain-Anschluss des einen Transistors mit dem Source-Anschluss des anderen Transistors verbunden. An den Transistoren bildet sich eine Spannung **UT** aus, wie in **Fig. 3** gezeigt.

[0049] Auch Transistoren sind elektrische Halbleiterkomponenten bei denen der Stromfluss durch die elektrische Halbleiterkomponente nach Überschreiten der Schwellwertspannung des Transistors, nicht proportional zu den Spannungen am Transistor ist. Derartige Spannungen am Transistor liegen beispielsweise zwischen dem Basis-Anschluss und dem Emitter-Anschluss oder zwischen dem Kollektor-Anschluss und dem Emitter-Anschluss an.

[0050] Durch die genannte Verbindung der Transistoren der Transistorpaare **51A**, **52A** zeigen die Transistoren ein ähnliches Verhalten wie die Dioden der Reflexionsdämpfungsvorrichtung **50** von **Fig. 2**. Jedoch sind die Kennlinien der Transistoren der Reflexionsdämpfungsvorrichtung **50A** des vorliegenden Ausführungsbeispiels steiler als diejenigen der Dioden der Reflexionsdämpfungsvorrichtung **50** von **Fig. 2**. Dadurch werden Spannungen über 2 Volt und unter 0 Volt bei der Reflexionsdämpfungsvorrichtung **50A** des vorliegenden Ausführungsbeispiels besser beschränkt als bei der Reflexionsdämpfungsvorrich-

tung **50** von **Fig. 2**. Außerdem können von Dioden abweichende Schwellenspannungen realisiert werden, wodurch auch Differenzspannungen auf dem Bus **40** in Bereichen besser beschränkt werden können, die kleiner sind als 2 Volt.

[0051] **Fig. 4** zeigt eine elektrische Schaltung einer Reflexionsdämpfungsvorrichtung **50B**, die an die Busleitungen **41, 42** des Busses **40** gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel angeschlossen ist. Die Reflexionsdämpfungsvorrichtung **50B** ist anstelle mindestens einer Reflexionsdämpfungsvorrichtung **50, 50A** für die Busleitungen **41, 42** des Busses **40** von **Fig. 1** einsetzbar. Somit kann das Bussystem **1** mindestens eine der Reflexionsdämpfungsvorrichtungen **50, 50A, 50B** aufweisen, wie in Bezug auf die Vorrichtung **50** zuvor beschrieben.

[0052] Bei der Reflexionsdämpfungsvorrichtung **50B** sind an den Leitungsenden der Busleitungen **41, 42** zusätzlich zu den Schaltungskomponenten der Reflexionsdämpfungsvorrichtung **50** noch zwei Widerstände **55, 56** angebracht. Hierbei ist die Reflexionsdämpfungsvorrichtung **50** zwischen die zwei Widerstände **55, 56** geschaltet.

[0053] Dadurch kann die Reflexionsdämpfungsvorrichtung **50B** besonders gut an Steckverbindungen eingesetzt werden, bei denen der Bus **40** um weitere Teilnetze während des Betriebs erweitert wird und dadurch die Schaltung zeitweise am Ende einer Stichleitung und zeitweise innerhalb des Busses **40** angebracht ist.

[0054] Bei der Dimensionierung der Abschlusswiderstände **55, 56** kann das ohmsche Verhalten der Diodenpaare **51, 52** berücksichtigt und die Abschlusswiderstände **55, 56** entsprechend reduziert werden, so dass sich insgesamt kurzzeitig der gewünschte Abschlusswiderstand von insbesondere 120 Ohm bei Spannungen größer 2 Volt und kleiner 0 Volt einstellt.

[0055] Beispielsweise wird aufgrund der Reflexionsdämpfungsvorrichtung **50B** bei einer kurzzeitigen Spannungserhöhung der Differenzspannung $V_{DIFF} = CAN_H - CAN_L$ von 2 Volt auf 2,2 Volt ein Strom $I = (2,2\text{ V} - 2\text{ V}) / 120\text{ Ohm} = 1,67\text{ mA}$ abfließen. Bei einer kurzfristigen Spannungserniedrigung der Differenzspannung V_{DIFF} von 0 Volt auf -0,2 Volt wird ein Strom $I = -0,2\text{ V} / 120\text{ Ohm} = -1,67\text{ mA}$ durch die Schaltung der Reflexionsdämpfungsvorrichtung **50B** abfließen.

[0056] Gemäß einer Modifikation der Schaltung von **Fig. 4** sind anstelle der Diodenpaare **51, 52** die Transistorpaare **51A, 51B** vorgesehen. In diesem Fall ist die Reflexionsdämpfungsvorrichtung **50A** zwischen die zwei Widerstände **55, 56** geschaltet.

[0057] Gemäß einer anderen Modifikation der Schaltung von **Fig. 4** ist der Widerstand **55** zwischen das Diodenpaar **51** und den Kondensator **53** geschaltet und der Widerstand **56** ist zwischen das Diodenpaar **52** und den Kondensator **53** geschaltet.

[0058] Gemäß noch einer anderen Modifikation der Schaltung von **Fig. 4** ist der Widerstand **55** zwischen das Transistorpaar **51A** von **Fig. 3** und den Kondensator **53** geschaltet und der Widerstand **56** ist zwischen das Transistorpaar **51A** von **Fig. 3** und den Kondensator **53** geschaltet.

[0059] **Fig. 5** zeigt eine elektrische Schaltung einer Reflexionsdämpfungsvorrichtung **50C**, die an die Busleitungen **41, 42** des Busses **40** gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel angeschlossen ist. Die Reflexionsdämpfungsvorrichtung **50C** ist anstelle mindestens einer Reflexionsdämpfungsvorrichtung **50, 50A, 50B** für die Busleitungen **41, 42** des Busses **40** von **Fig. 1** einsetzbar. Somit kann das Bussystem **1** mindestens eine der Reflexionsdämpfungsvorrichtungen **50, 50A, 50B, 50C** aufweisen, wie in Bezug auf die Vorrichtung **50** zuvor beschrieben.

[0060] Bei der Reflexionsdämpfungsvorrichtung **50C** ist an den Leitungsenden der Busleitungen **41, 42** nur ein antiparalleles Diodenpaar **51** zwischen zwei Kondensatoren **53, 54** geschaltet. Dadurch können Differenzspannungen V_{DIFF} auf dem Bus **40** bzw. zwischen den Busleitungen **41, 42** auf Werte kleiner 2 Volt begrenzt werden.

[0061] Wenn beispielsweise, wie in **Fig. 5** als Beispiel angegeben, als Schwellwertspannung U_S der Dioden 0,2 Volt gewählt wird, dann werden die Differenzspannungen V_{DIFF} über 0,4 Volt und unter 0 Volt begrenzt. Die Kondensatoren **53, 54** werden wegen der sich an der jeweiligen Diode des Diodenpaars **51** ausbildenden Spannung U_D von 0,2 Volt auf mehr als 0,1 Volt geladen. Sobald die Spannungen U_C der Kondensatoren **53, 54** einen Wert von 0,1 Volt erreicht haben, fließt bei Differenzspannungen V_{DIFF} zwischen 0 Volt und 0,4 Volt kein Strom I mehr über die Kondensatoren **53, 54**, solange die Differenzspannung V_{DIFF} den Bereich zwischen 0 und 0,4 Volt nicht verlässt. Steigt die Differenzspannung V_{DIFF} über 0,4 Volt, fließt ein Ausgleichsstrom als Strom I , der die Differenzspannung V_{DIFF} reduziert. Sinkt die Differenzspannung V_{DIFF} unter 0 Volt, fließt ein Ausgleichsstrom als Strom I , der die Differenzspannung V_{DIFF} erhöht.

[0062] Gemäß einer Modifikation der Schaltung von **Fig. 5** ist anstelle des Diodenpaars **51** das Transistorpaar **51A** von **Fig. 2** vorgesehen.

[0063] Gemäß einer anderen Modifikation der Schaltung von **Fig. 5** ist die Reflexionsdämpfungsvorrichtung

tung **50C** zwischen die Widerstände **55**, **56** von **Fig. 4** geschaltet.

[0064] Gemäß noch einer anderen Modifikation der Schaltung von **Fig. 5** ist der Widerstand **55** zwischen das Diodenpaar **51** und den Kondensator **53** geschaltet und der Widerstand **56** ist zwischen das Diodenpaar **51** und den Kondensator **54** geschaltet.

[0065] Gemäß noch einer anderen Modifikation der Schaltung von **Fig. 5** ist der Widerstand **55** zwischen das Transistorpaar **51A** von **Fig. 3** und den Kondensator **53** geschaltet und der Widerstand **56** ist zwischen das Transistorpaar **51A** von **Fig. 3** und den Kondensator **54** geschaltet.

[0066] **Fig. 6** zeigt eine elektrische Schaltung einer Reflexionsdämpfungsvorrichtung **50D**, die an die Busleitungen **41**, **42** des Busses **40** gemäß einem fünften Ausführungsbeispiel angeschlossen ist. Die Reflexionsdämpfungsvorrichtung **50D** ist anstelle mindestens einer Reflexionsdämpfungsvorrichtung **50**, **50A**, **50B**, **50C** für die Busleitungen **41**, **42** des Busses **40** von **Fig. 1** einsetzbar. Somit kann das Bussystem **1** mindestens eine der Reflexionsdämpfungsvorrichtungen **50**, **50A**, **50B**, **50C**, **50D** aufweisen, wie in Bezug auf die Vorrichtung **50** zuvor beschrieben.

[0067] Bei der Reflexionsdämpfungsvorrichtung **50D** ist an den Leitungsenden der Busleitungen **41**, **42** zwischen zwei Kondensatoren **53**, **54** ein antiparalleles Darlingtontistorpaar **51B** eingesetzt. Bei den Darlingtontistoren sind Basis-Anschluss und Kollektor-Anschluss der Transistoren miteinander verbunden.

[0068] Dadurch wird die Kennlinie der Reflexionsdämpfungsvorrichtung **50D** gegenüber der Reflexionsdämpfungsvorrichtung **50A** gemäß der Schaltung von **Fig. 3** mit antiparallelen Transistoren nochmals steiler. Allerdings wird auch die Schwellspannung bei der Reflexionsdämpfungsvorrichtung **50D** höher, wodurch sich die Schaltung bevorzugt für höhere Differenzspannungsbereiche wie beispielsweise 0 Volt und 2 Volt einsetzen lässt.

[0069] Gemäß einer Modifikation des vorliegenden Ausführungsbeispiels ist bei der Auswahl von speziellen Darlingtontistormaterialien mit niedrigerer Schwellspannung oder für die Begrenzung noch höherer Spannungen für die Differenzspannung **VDIFF** eine Anordnung denkbar, bei der zwei antiparallele Darlingtontistorstufenpaare **51B** in Reihe zu einem Kondensator **53** geschaltet sind. Hierbei ist der Kondensator **53** zwischen die zwei antiparallelen Darlingtontistorstufenpaare **51B** geschaltet.

[0070] **Fig. 7** zeigt eine elektrische Schaltung einer Reflexionsdämpfungsvorrichtung **50E**, die an die

Busleitungen **41**, **42** des Busses **40** gemäß einem sechsten Ausführungsbeispiel angeschlossen ist. Die Reflexionsdämpfungsvorrichtung **50E** ist anstelle mindestens einer Reflexionsdämpfungsvorrichtung **50**, **50A**, **50B**, **50C**, **50D** für die Busleitungen **41**, **42** des Busses **40** von **Fig. 1** einsetzbar. Somit kann das Bussystem **1** mindestens eine der Reflexionsdämpfungsvorrichtungen **50**, **50A**, **50B**, **50C**, **50D**, **50E** aufweisen, wie in Bezug auf die Vorrichtung **50** zuvor beschrieben.

[0071] Bei der Reflexionsdämpfungsvorrichtung **50E** ist ein externer Spannungsteiler **57** vorgesehen, der eine Reihenschaltung aus Widerständen **571**, **572**, **573** aufweist. Die Verbindung der Widerstände **571**, **572** ist mit der Verbindung des Diodenpaars **51** und dem Kondensator **53** verbunden. Die Verbindung der Widerstände **572**, **573** ist mit der Verbindung des Diodenpaars **52** und dem Kondensator **53** verbunden. Der Spannungsteiler **57** ist von einer Spannung **VS** versorgt, die bei dem gezeigten Beispiel des CAN Bussystems **1** insbesondere 5V entspricht, die in der zuvor genannten CAN Protokoll-Spezifikation für die Versorgungsspannung CAN-Supply festgelegt ist.

[0072] Der externe Spannungsteiler **57** berücksichtigt den Effekt der Diodenpaare **51**, **52** und des Kondensators **53**, gemäß welchem beim Ausgleich von Differenzspannungen **VDIFF** über 2 Volt die Kondensatorspannung über 1 Volt steigt, so dass bereits bei einer Differenzspannung **VDIFF** von etwas mehr als 0 Volt ein Ausgleichstrom als Strom **I** fließt, der die Differenzspannung **VDIFF** zunächst auf etwas mehr als 0 Volt stabilisiert und zwar solange, bis die Spannung **UC** am Kondensator **53** wieder auf 1 Volt reduziert wird. Sollte dieser Effekt nicht gewünscht sein, dann kann mit Hilfe des externen Spannungsteilers **57** die Differenzspannung **VDIFF** stabilisiert werden.

[0073] Im Spannungsteiler **57** sind möglichst niedrige Widerstandswerte für die Widerstände **571**, **572**, **573** empfehlenswert, um Spannungsabweichungen von idealen IV am Kondensator **53** möglichst schnell auszugleichen. Allerdings sind hohe Widerstandswerte für die Widerstände **571**, **572**, **573** des Spannungsteilers **57** erwünscht, um asymmetrische Stromspeisungen über den Spannungsteiler **57** bei Gleichtaktschwankungen klein zu halten. Als Kompromiss kann sich ein Widerstand $R > 10 \text{ k}\Omega$ für den Widerstand **572** als günstig erweisen.

[0074] Somit sind bei dem Beispiel von **Fig. 7** die Widerstandswerte der Widerstände **571**, **572**, **573** derart gewählt, dass der Widerstand **571** einen Widerstandswert von $2R$ hat und der Widerstand **571** einen Widerstandswert von $2R$ hat. Dagegen hat der Widerstand **572** einen Widerstandswert, der größer als $10 \text{ k}\Omega$ ist.

[0075] Fig. 8 zeigt eine elektrische Schaltung einer Reflexionsdämpfungsvorrichtung **50F**, die an die Busleitungen **41**, **42** des Busses **40** gemäß einem siebenten Ausführungsbeispiel angeschlossen ist. Die Reflexionsdämpfungsvorrichtung **50F** ist anstelle mindestens einer Reflexionsdämpfungsvorrichtung **50**, **50A**, **50B**, **50C**, **50D**, **50E** für die Busleitungen **41**, **42** des Busses **40** von Fig. 1 einsetzbar. Somit kann das Bussystem **1** mindestens eine der Reflexionsdämpfungsvorrichtungen **50**, **50A**, **50B**, **50C**, **50D**, **50E**, **50F** aufweisen, wie in Bezug auf die Vorrichtung **50** zuvor beschrieben.

[0076] Bei der Reflexionsdämpfungsvorrichtung **50F** ist, im Unterschied zu der Reflexionsdämpfungsvorrichtung **50E** von Fig. 7, der externe Spannungsteiler **57** mittels Schaltern **58**, **59** schaltbar. Dadurch wirken die Widerstände **571**, **572**, **573** je nach Stellung der Schalter **58**, **59** und beeinflussen den Strom I am Kondensator **53**.

[0077] Die Schalter **58**, **59** ermöglichen, dass die Einflüsse von hohen Gleichtaktspannungen reduzierbar sind, und trotzdem die idealen 1 Volt am Kondensator **53** möglichst schnell erreichbar sind.

[0078] Der Spannungsteiler **57** wird nur dann zur Stabilisierung der Kondensatorspannung **UC** mit den Schaltern **58**, **59** zugeschaltet, solange die Gleichtaktspannung in einem dafür zulässigen Bereich um 2,5 Volt liegt, z.B. 2 bis 3 Volt. Der zulässige Bereich zur Stabilisierung der Spannung **UC** am Kondensator **53** hängt vom gewählten Widerstandswert für **R** und damit vom gewählten Widerstandswert der Widerstände **571**, **572**, **573** ab. Maßgebend für den Spannungsbereich und den Widerstandswert **R** ist der Unterschied der Ströme durch die Gleichtaktspannung. Der Unterschied muss vernachlässigbar klein sein. Insbesondere kann als Widerstandswert **R** ungefähr 1 kOhm gewählt werden.

[0079] Fig. 9 zeigt eine elektrische Schaltung einer Reflexionsdämpfungsvorrichtung **50G**, die an die Busleitungen **41**, **42** des Busses **40** gemäß einem achten Ausführungsbeispiel angeschlossen ist. Die Reflexionsdämpfungsvorrichtung **50G** ist anstelle mindestens einer Reflexionsdämpfungsvorrichtung **50**, **50A**, **50B**, **50C**, **50D**, **50E**, **50F** für die Busleitungen **41**, **42** des Busses **40** von Fig. 1 einsetzbar. Somit kann das Bussystem **1** mindestens eine der Reflexionsdämpfungsvorrichtungen **50**, **50A**, **50B**, **50C**, **50D**, **50E**, **50F**, **50G** aufweisen, wie in Bezug auf die Vorrichtung **50** zuvor beschrieben.

[0080] Bei der Reflexionsdämpfungsvorrichtung **50G** ist eine zuschaltbare Spannungsquelle **60** vorgesehen. Mit der Spannungsquelle **60** kann der Gleichspannungsbereich, in welchem die Spannung **UC** am Kondensator **53** stabilisiert werden kann,

im Vergleich zu der Schaltung der Reflexionsdämpfungsvorrichtung **50F** vergrößert werden.

[0081] Die Spannungsquelle **60** hat einen Operationsverstärker **61**, der an seinem invertierenden Eingang mit einer Diodenschaltung **62** beschaltet ist. Der invertierende Eingang ist mit der Kathode der Diode der Diodenschaltung **62** verbunden. An dem anderen Eingang des Operationsverstärkers **61** ist die Verbindung zwischen den Widerständen **571**, **572** angeschlossen. Am Ausgang des Operationsverstärkers **61** ist die Anode der Diode der Diodenschaltung **62** angeschlossen. Die Diode der Diodenschaltung **62** ist also in den Rückführungszweig des Operationsverstärkers **61** geschaltet. Der Ausgang des Operationsverstärkers **61** ist außerdem an eine Reihenschaltung aus Dioden **63**, **64** und dem Widerstand **573** angeschlossen. Die Zuschaltung oder Abschaltung der Spannungsquelle **60** erfolgt mit Schaltern **66**, **67**, die über Widerstände **68**, **69** mit den Dioden **63**, **64** verbunden sind.

[0082] Der Operationsverstärker **61** bildet mit seiner Beschaltung einen Impedanzwandler, der eine Spannung erzeugt, die 0,5 Volt über der Mittenspannung zwischen den Signalen **CAN_H** und **CAN_L** an den Busleitungen **41**, **42** liegt. Über die zwei seriellen Dioden **63**, **64** bildet sich eine Spannung von 1 Volt aus, in Folge welcher ein Strom I fließt, mit dem der Kondensator **53** über die zwei Widerstände **68**, **69** und Schalter **67**, **68** gespeist wird. Die Spannungsquelle **60** wird nur dann zugeschaltet, solange der Operationsverstärker **61** die benötigte Spannung treiben kann und diese ausreichend größer als U_{\min} ist.

[0083] Die Schalter **58**, **59** ermöglichen, dass die Einflüsse von hohen Gleichtaktspannungen reduzierbar sind, und trotzdem die idealen 1 Volt am Kondensator **53** möglichst schnell erreichbar sind.

[0084] Fig. 10 zeigt eine elektrische Schaltung einer Reflexionsdämpfungsvorrichtung **50H**, die an die Busleitungen **41**, **42** des Busses **40** gemäß einem neunten Ausführungsbeispiel angeschlossen ist. Die Reflexionsdämpfungsvorrichtung **50H** ist anstelle mindestens einer Reflexionsdämpfungsvorrichtung **50**, **50A**, **50B**, **50C**, **50D**, **50E**, **50F**, **50G** für die Busleitungen **41**, **42** des Busses **40** von Fig. 1 einsetzbar. Somit kann das Bussystem **1** mindestens eine der Reflexionsdämpfungsvorrichtungen **50**, **50A**, **50B**, **50C**, **50D**, **50E**, **50F**, **50G**, **50H** aufweisen, wie in Bezug auf die Vorrichtung **50** zuvor beschrieben.

[0085] Bei der Reflexionsdämpfungsvorrichtung **50H** sind im Unterschied zu der Reflexionsdämpfungsvorrichtung **50G** gemäß Fig. 9 zwei zuschaltbare Spannungsquellen **60**, **60A** vorgesehen, die als Impedanzwandler ausgestaltet sind. Die zweite zuschaltbare Spannungsquelle **60A** hat einen Operationsverstärker **61A**, der an seinem invertierenden

Eingang mit einer Diodenschaltung **62A** beschaltet ist. Der invertierende Eingang des Operationsverstärkers **61A** ist mit der Anode der Diode der Diodenschaltung **62A** verbunden. An den anderen Eingang des Operationsverstärkers **61A** ist die Verbindung zwischen den Widerständen **571**, **572** angeschlossen. Am Ausgang des Operationsverstärkers **61A** ist die Kathode der Diode der Diodenschaltung **62A** angeschlossen. Die Diode der Diodenschaltung **62A** ist also in den Rückführungszweig des Operationsverstärkers **61A** geschaltet. Der Ausgang des Operationsverstärkers **61A** ist außerdem mit dem Widerstand **69** verbunden, so dass die Spannungsquelle **60A** mit dem Schalter **67** zuschaltbar oder abschaltbar ist.

[0086] Der Operationsverstärker **61** bildet mit seiner Beschaltung einen Impedanzwandler, der eine Spannung erzeugt, die 0,5 Volt über der Mittenspannung zwischen den Signalen **CAN_H** und **CAN_L** an den Busleitungen **41**, **42** liegt. Im Unterschied dazu bildet der Operationsverstärker **61A** mit seiner Beschaltung einen Impedanzwandler, der eine Spannung erzeugt, die 0,5 Volt unter der Mittenspannung liegt. Dadurch stellt sich die Spannung am Kondensator **53** auf 1 Volt ein. Die Impedanzwandler bzw. die Operationsverstärker **61**, **61A** werden nur dann zugeschaltet, solange die Gleichtaktspannung in einem von den Operationsverstärkern **61**, **61A** tolerierten Bereich liegt, das heißt solange die Operationsverstärker **61**, **61A** noch genau genug arbeiten können.

[0087] Mit den zuvor beschriebenen Reflexionsdämpfungsvorrichtungen **50**, **50A**, **50B**, **50C**, **50D**, **50E**, **50F**, **50G**, **50H** können jeweils die Reflexionen auf den Busleitungen **41**, **42** gedämpft werden und Gleichtaktstörungen oder Gegentaktstörungen effektiv abgeleitet werden.

[0088] Alle zuvor beschriebenen Ausgestaltungen der Reflexionsdämpfungsvorrichtungen **50**, **50A**, **50B**, **50C**, **50D**, **50E**, **50F**, **50G**, **50H**, der Teilnehmerstationen **10**, **20**, **30**, der Sende-/Empfangseinrichtung **12**, **22**, **32**, des Bussystems **1** und des darin 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.

[0089] Denkbar ist, dass eine der beschriebenen Schaltungen der Reflexionsdämpfungsvorrichtungen **50**, **50A**, **50B**, **50C**, **50D**, **50E**, **50F**, **50G**, **50H** in eine der Sende-/Empfangseinrichtung **12**, **22**, **32** integriert ist. Dies ist insbesondere sinnvoll, wenn die Sende-/Empfangseinrichtung **12**, **22**, **32**, wie oft üblich, an einem Ende der Busleitungen **41**, **42** sitzt und hier Reflexionen entstehen können. Eine derartige

Ausgestaltung und Integration der Reflexionsdämpfungsvorrichtungen **50**, **50A**, **50B**, **50C**, **50D**, **50E**, **50F**, **50G**, **50H** in eine der Sende-/Empfangseinrichtung **12**, **22**, **32** ist auch deshalb vorteilhaft, dass dadurch bereits vorhandene Strukturen, beispielsweise zur Erfassung der Gleichspannung, wiederverwendbar sind.

[0090] Auch wenn die Reflexionsdämpfungsvorrichtungen **50**, **50A**, **50B**, **50C**, **50D**, **50E**, **50F**, **50G**, **50H** in Bezug auf das CAN-Bussystem beschrieben sind, ist die Erfindung nicht darauf beschränkt. Die Reflexionsdämpfungsvorrichtungen **50**, **50A**, **50B**, **50C**, **50D**, **50E**, **50F**, **50G**, **50H** der Ausführungsbeispiele und deren Modifikationen sind in allen verzweigten Bussystemen, also nicht nur bei CAN- und CAN-FD-Netzwerken einsetzbar. In gleicher Weise sind die beschriebenen Schaltungen für verzweigte Bussysteme ohne differenzielle Signalübertragung wie z.B. LIN (Local Interconnect Network = lokales Zwischenverbindungsnetzwerk), SPI (Serial Peripheral Interface = serielle Peripherieschnittstelle) oder I²C (Integrated Circuit = Bus zur geräteinternen Kommunikation) einsetzbar.

[0091] 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.

[0092] 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 Teilnehmerstationen **20** oder **30** in dem Bussystem **1** vorhanden sind.

Patentansprüche

1. Reflexionsdämpfungsvorrichtung (50; 50A; 50B; 50C; 50D; 50E; 50F; 50G; 50H) für einen Bus (40) eines Bussystems (1), mit mindestens einem Paar (51; 52; 51A; 52A; 51B) aus parallel geschalteten elektrischen Halbleiterkomponenten, und mindestens einem Kondensator (53; 54), der an das mindestens eine Paar (51; 52; 51A; 52A; 51B) aus parallel geschalteten elektrischen Halbleiterkomponenten in Reihe angeschlossen ist, zum Dämpfen von Reflexionen auf einer Busleitung (41; 42) des Busses (40).

2. Reflexionsdämpfungsvorrichtung (50; 50A; 50B; 50E; 50F; 50G; 50H) nach Anspruch 1, wobei ein Paar (51; 51A; 51B) aus parallel geschalteten elektrischen Halbleiterkomponenten zwischen zwei Kondensatoren (53; 54), geschaltet ist.

3. Reflexionsdämpfungsvorrichtung (50C; 50D) nach Anspruch 1, wobei ein Kondensator (53) zwischen zwei Paare (51, 52; 51A, 52A) aus parallel geschalteten elektrischen Halbleiterkomponenten geschaltet ist.

4. Reflexionsdämpfungsvorrichtung (50; 50B; 50C; 50E; 50F; 50G; 50H) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das mindestens eine Paar (51A, 52A; 51B) aus parallel geschalteten elektrischen Halbleiterkomponenten zwei antiparallel geschaltete Dioden aufweist.

5. Reflexionsdämpfungsvorrichtung (50A; 50D) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das mindestens eine Paar (51A, 52A; 51B) aus parallel geschalteten elektrischen Halbleiterkomponenten zwei Transistoren aufweist, die insbesondere antiparallel geschaltet sind, und wobei die Transistoren Bipolartransistoren sind, bei denen jeweils der Basis-Anschluss und Kollektor-Anschluss des einen Transistors mit dem Emitter-Anschluss des anderen Transistors verbunden ist, oder wobei die Transistoren Feldeffekttransistoren sind, bei denen jeweils der Gate-Anschluss und Drain-Anschluss des einen Transistors mit dem Source-Anschluss des anderen Transistors verbunden ist.

6. Reflexionsdämpfungsvorrichtung (50E; 50F) nach einem der vorangehenden Ansprüche, zudem mit einem Spannungsteiler (57), der parallel zu der Reihenschaltung aus dem mindestens einen Paar (51; 52; 51A; 52A; 51B) aus parallel geschalteten elektrischen Halbleiterkomponenten und dem mindestens einen Kondensator (53; 54) geschaltet ist, wobei der Spannungsteiler (57) optional mit einer Schaltvorrichtung (58, 59) zum Zuschalten oder Abschalten des Spannungsteilers (57) verbunden ist.

7. Reflexionsdämpfungsvorrichtung (50E; 50F) nach Anspruch 6, wobei der Spannungsteiler (57) drei Widerstände (571, 572, 573) aufweist, die in Reihe zueinander geschaltet sind, und wobei der mittlere Widerstand (572) des Spannungsteilers (57) parallel zu dem Kondensator (53) geschaltet ist, wobei der mittlere Widerstand (572) einen Widerstandswert (R) hat, der etwa halb so groß ist wie der Widerstandswert ($2R$) der anderen beiden Widerstände (572) des Spannungsteilers (57), und wobei der Widerstandswert (R) des mittleren Widerstands (572) größer als etwa 10 kOhm ist oder etwa 1 kOhm ist.

8. Reflexionsdämpfungsvorrichtung (50G; 50H) nach einem der Ansprüche 2 bis 7, zudem mit mindestens einer zuschaltbaren Spannungsquelle (60; 60, 60A), die einen Impedanzwandler aufweist.

9. Reflexionsdämpfungsvorrichtung (50G) nach Anspruch 8, wobei der Impedanzwandler einen Operationsverstärker (61) aufweist, an dessen Ausgang eine Reihenschaltung aus zwei Dioden (63, 64) angeschlossen ist, und wobei die Reihenschaltung aus zwei Dioden (63, 64) parallel zu dem einen Kondensator (53) geschaltet ist.

10. Teilnehmerstation (10; 20; 30) für ein Bussystem (1), mit einer Sende- und Empfangseinrichtung (12; 22; 32) zum Senden von Nachrichten (45; 46) auf einen Bus (40) des Bussystems (1) und/oder zum Empfangen von Nachrichten (45; 46) von dem Bus (40) des Bussystems (1), und einer Reflexionsdämpfungsvorrichtung (50; 50A; 50B; 50C; 50D; 50E; 50F; 50G; 50H) nach einem der vorangehenden Ansprüche.

11. Teilnehmerstation (10; 20; 30) nach Anspruch 10, wobei der Leitungsabschluss (50 bis 54) in die Sende- und Empfangseinrichtung (12; 22; 32) integriert ist.

12. Teilnehmerstation (10; 20; 30) nach Anspruch 10 oder 11, zudem mit einer Kommunikationssteuereinrichtung (11; 21; 31) zum Erzeugen und Senden von Nachrichten (45; 46) an die Sende- und Empfangseinrichtung (12; 22; 32) und zum Empfangen und Auswerten von Nachrichten (45; 46) von der Sende- und Empfangseinrichtung (12; 22; 32), wobei die Kommunikationssteuereinrichtung (11; 21; 31) ausgestaltet ist, die Nachrichten (45; 46) derart zu erzeugen, dass in der ersten Kommunikationsphase zum Senden der Nachrichten (45; 46) auf den Bus (40) zwischen den Teilnehmerstationen (10; 20, 30) des Bussystems (1) ausgehandelt wird, welche der Teilnehmerstationen (10; 20; 30) in der nachfolgenden zweiten Kommunikationsphase zumindest zeitweise einen exklusiven, kollisionsfreien Zugriff auf den Bus (40) des Bussystems (1) hat.

13. Bussystem (1), mit einem Bus (40), mindestens zwei Teilnehmerstationen (10; 20; 30), welche über den Bus (40) derart miteinander verbunden sind, dass sie seriell miteinander kommunizieren können, und mindestens einer Reflexionsdämpfungsvorrichtung (50; 50A; 50B; 50C; 50D; 50E; 50F; 50G; 50H) nach einem der Ansprüche 1 bis 9 für mindestens eine Busleitung (41; 42) des Busses (40).

14. Bussystem (1) nach Anspruch 13,
wobei die mindestens eine Reflexionsdämpfungsvorrichtung (50; 50A; 50B; 50C; 50D; 50E; 50F; 50G; 50H) an einen Verzweigungspunkt des Busses (40) angeschlossen ist, und/oder
wobei die mindestens eine Reflexionsdämpfungsvorrichtung (50; 50A; 50B; 50C; 50D; 50E; 50F; 50G; 50H) ein freies Ende des Busses (40) abschließt, und/oder
wobei die mindestens zwei Teilnehmerstationen (10; 20; 30) mindestens eine Teilnehmerstation (10; 20; 30) nach einem der Ansprüche 10 bis 12 aufweisen.

15. Verfahren zum Dämpfen von Reflexionen bei einer Datenübertragung in einem Bussystem (1), wobei das Verfahren die Schritte aufweist
Senden einer Nachricht (45; 46) in dem Bussystem (1) über einen Bus (40), an dessen mindestens eine Busleitung (41; 42) eine Reflexionsdämpfungsvorrichtung (50; 50A; 50B; 50C; 50D; 50E; 50F; 50G; 50H) angeschlossen ist, die mindestens ein Paar (51; 52; 51A; 52A; 51B) aus parallel geschalteten elektrischen Halbleiterkomponenten, und mindestens einen Kondensator (53; 54) aufweist, der an das mindestens eine Paar (51; 52; 51A; 52A; 51B) aus parallel geschalteten elektrischen Halbleiterkomponenten in Reihe angeschlossen ist, und
Dämpfen, mit der Reflexionsdämpfungsvorrichtung (50; 50A; 50B; 50C; 50D; 50E; 50F; 50G; 50H), von Reflexionen auf einer Busleitung (41; 42) des Busses (40).

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

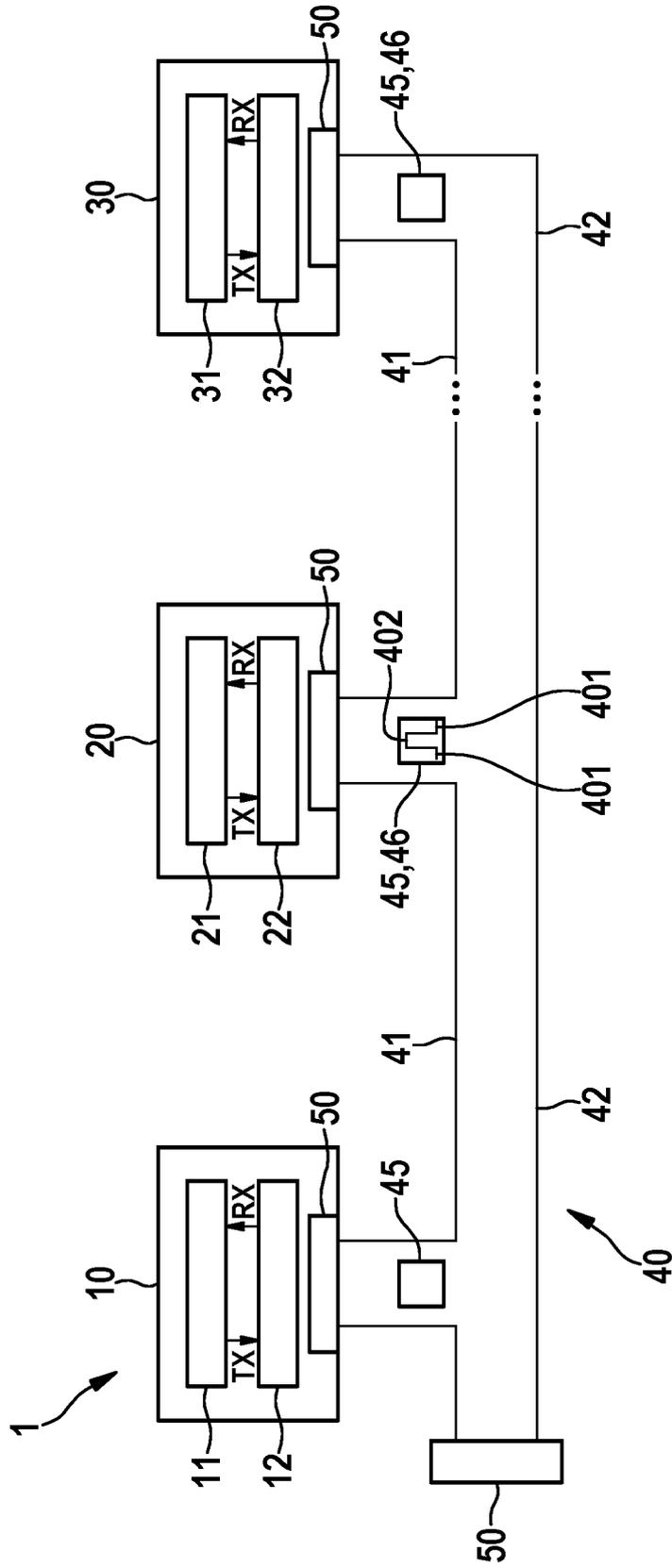


Fig. 1

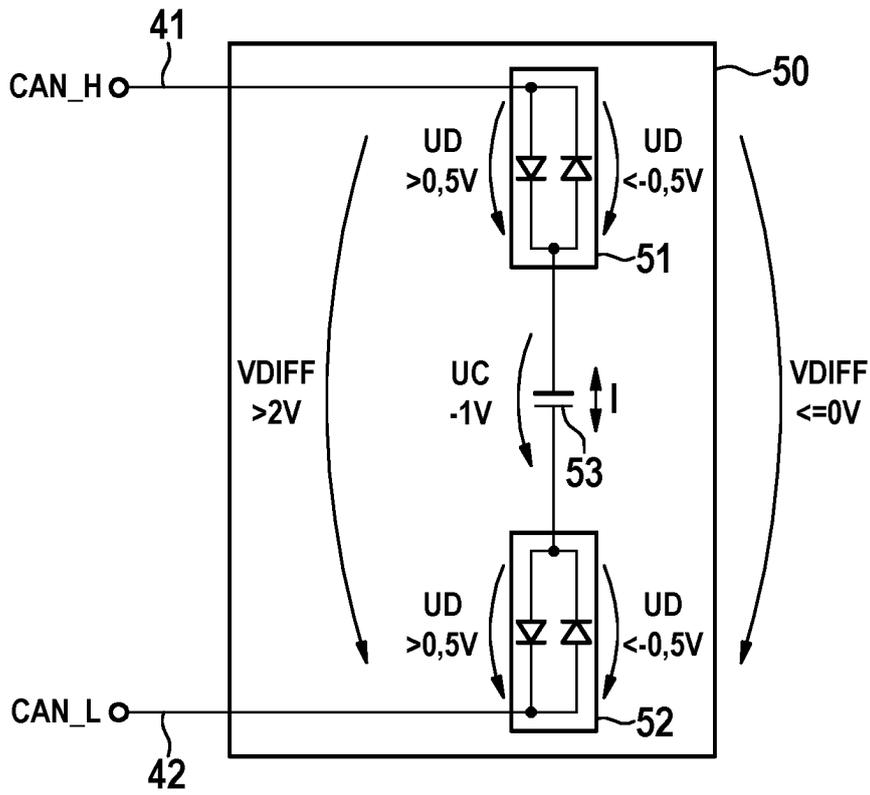


Fig. 2

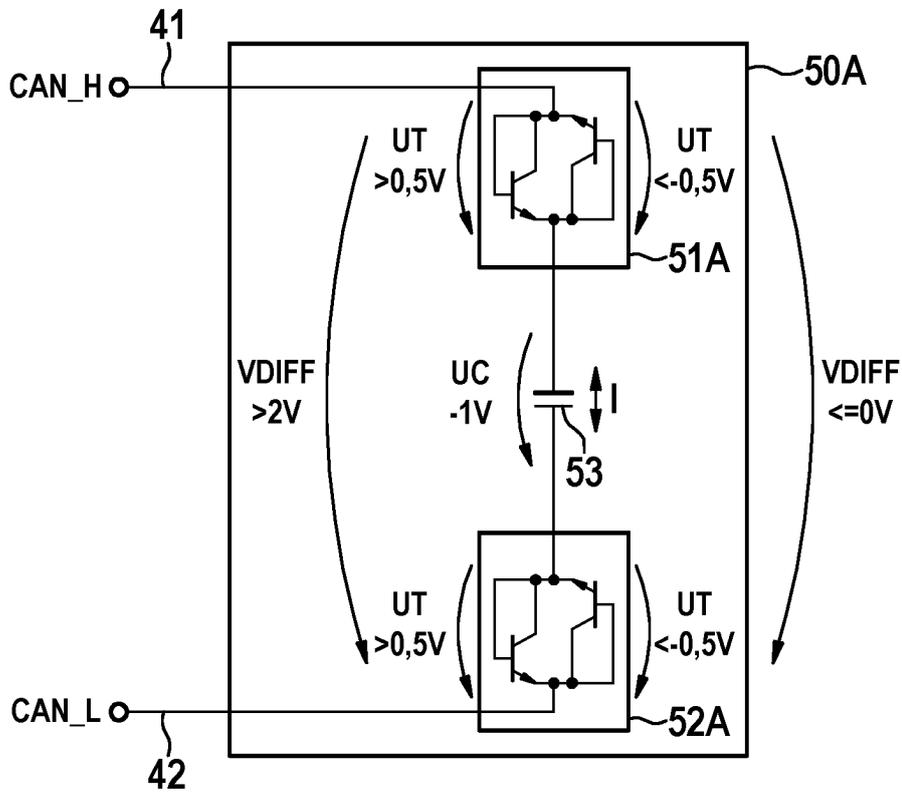


Fig. 3

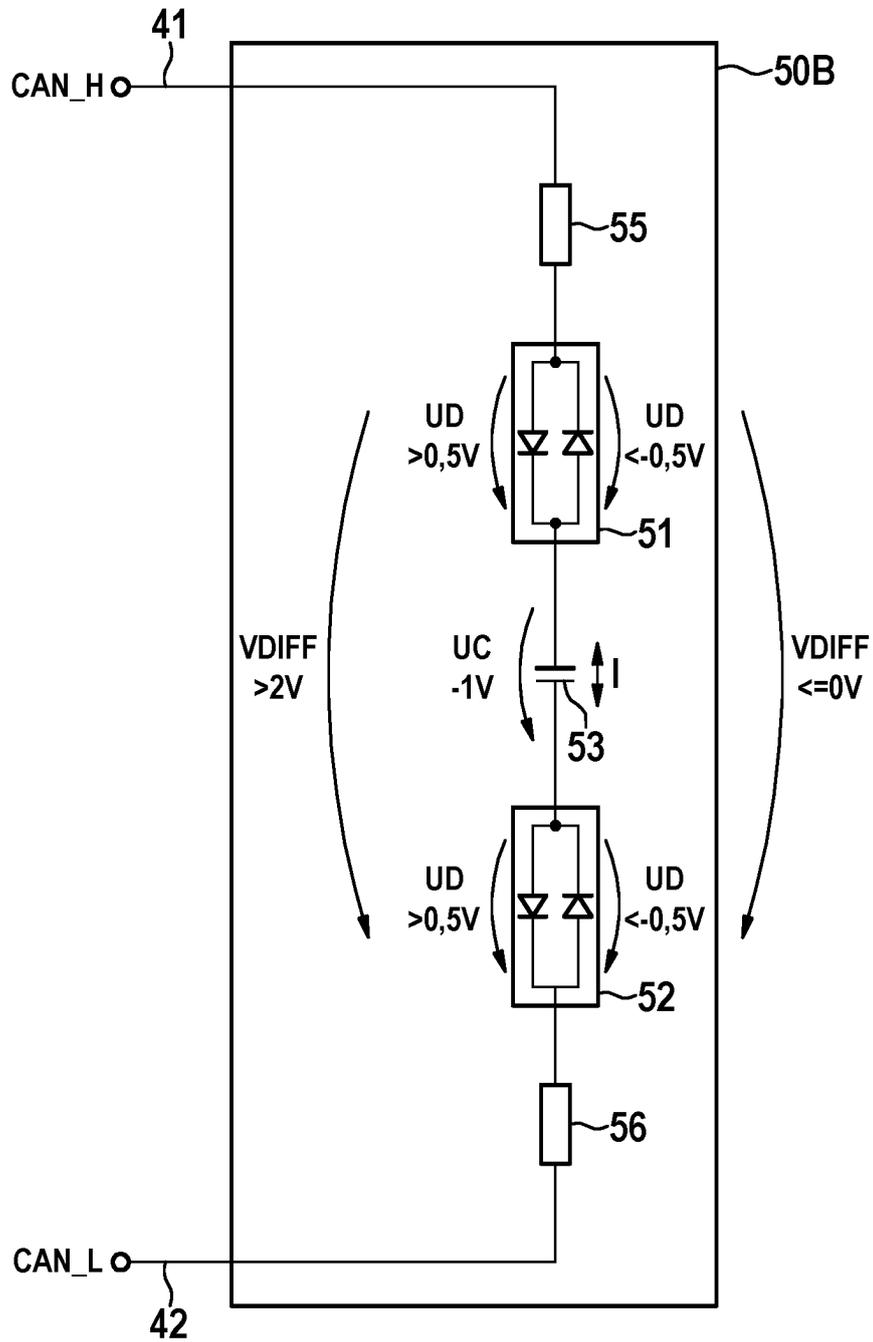


Fig. 4

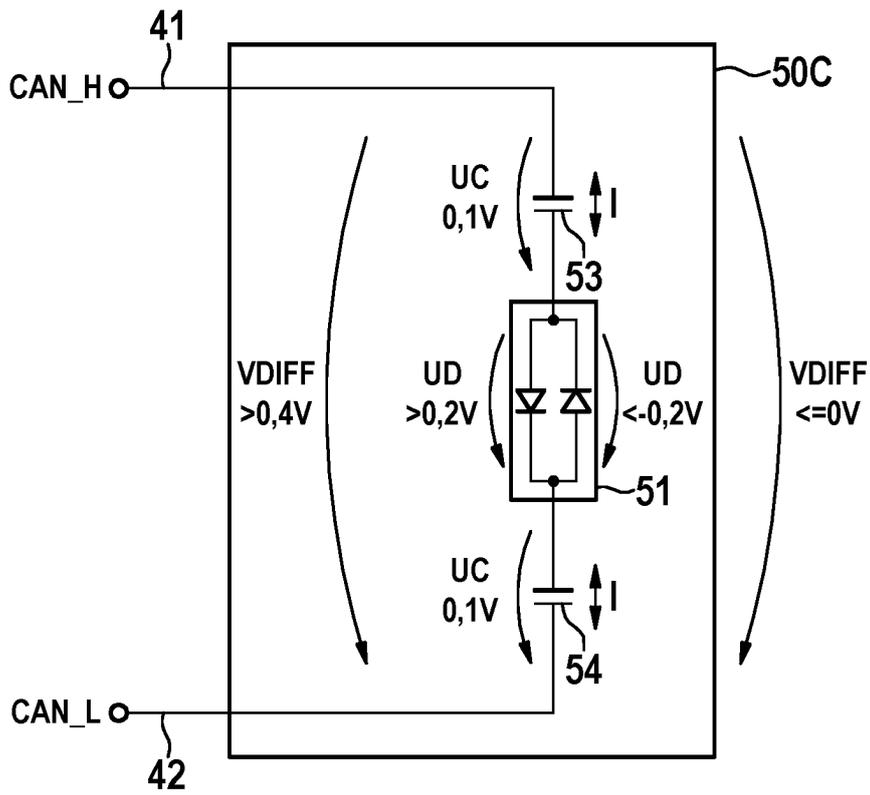


Fig. 5

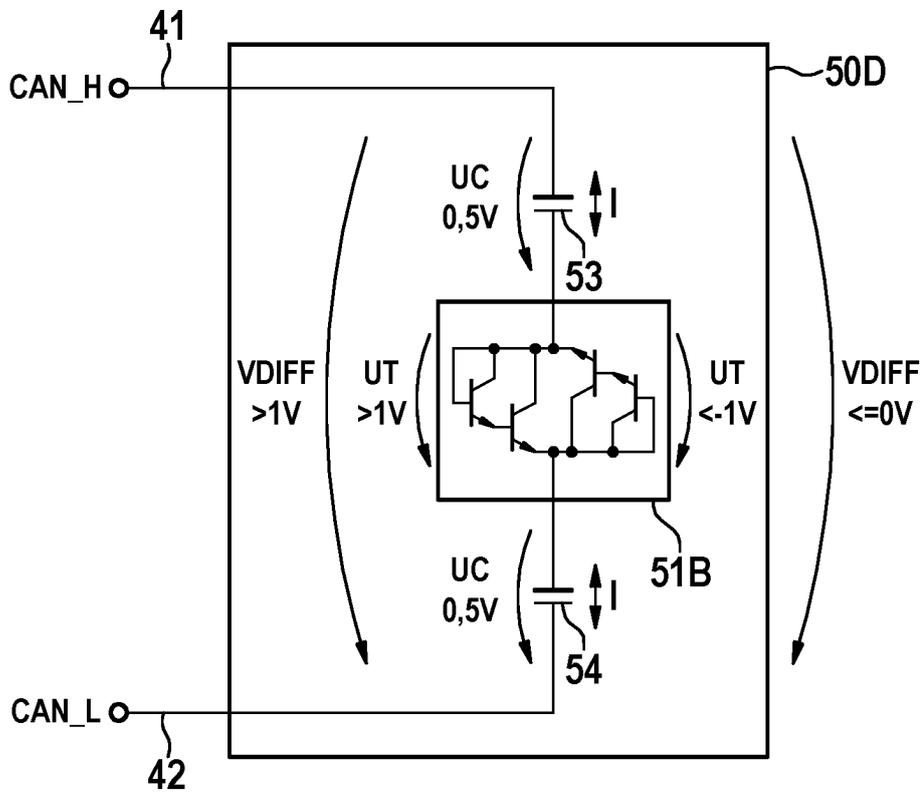


Fig. 6

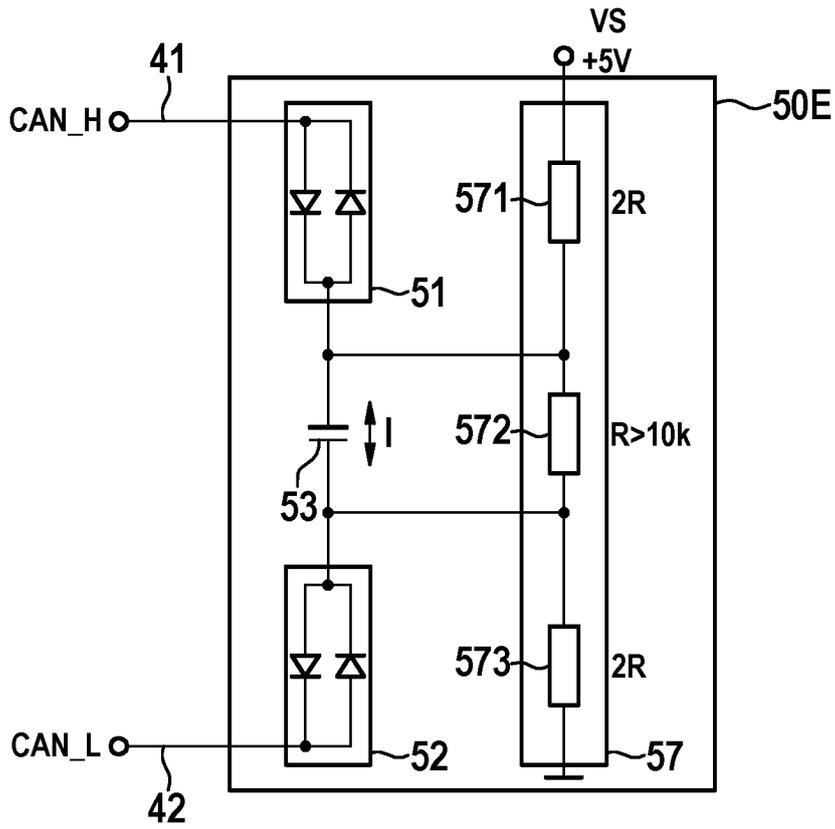


Fig. 7

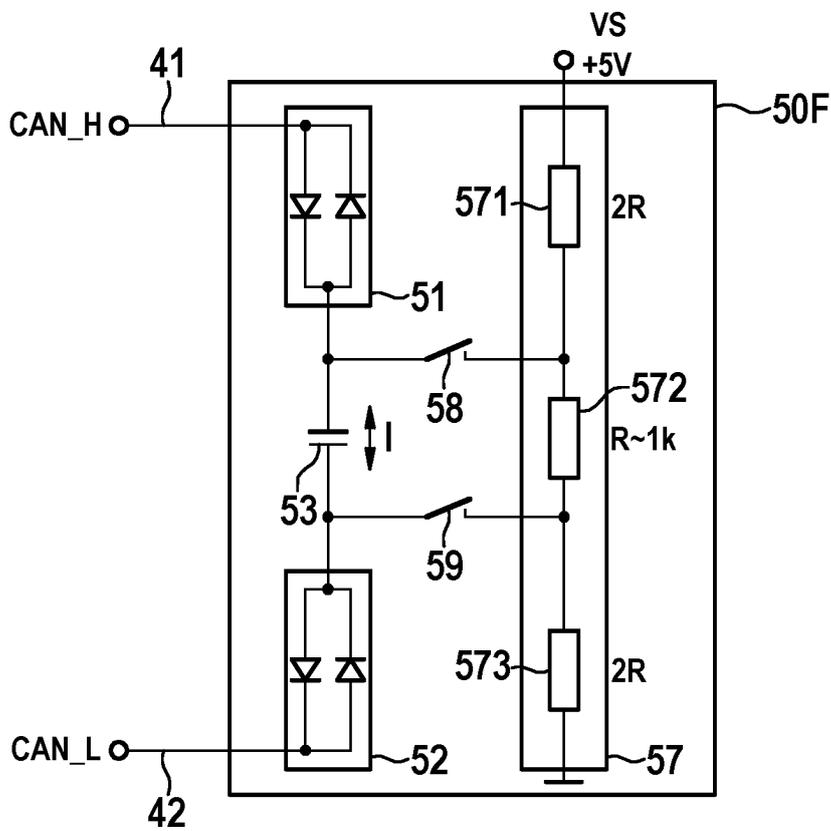


Fig. 8

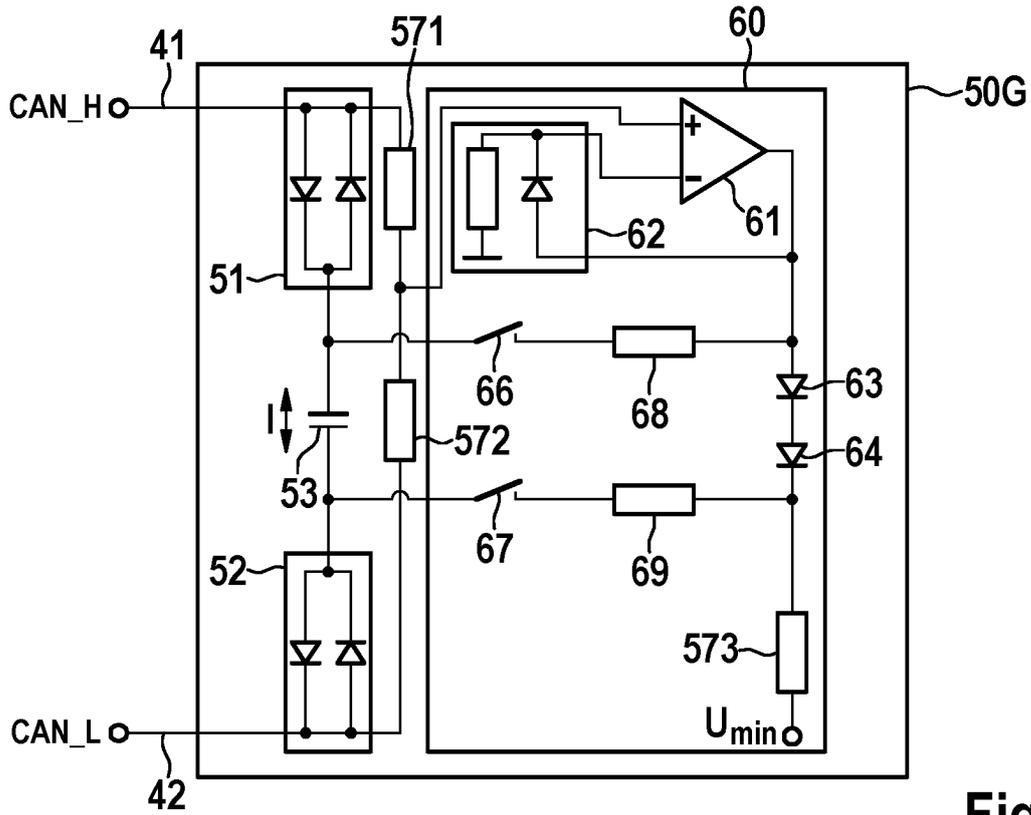


Fig. 9

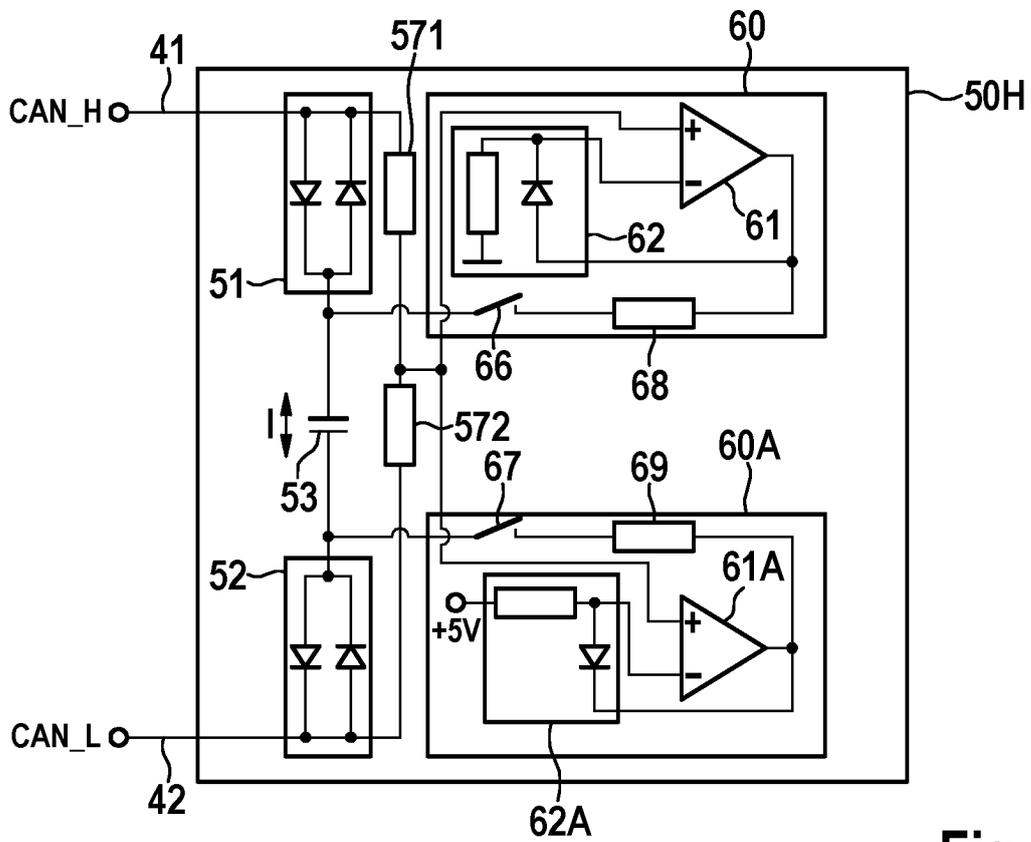


Fig. 10