



(10) **DE 10 2017 128 923 A1** 2019.03.28

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2017 128 923.2**

(22) Anmeldetag: **05.12.2017**

(43) Offenlegungstag: **28.03.2019**

(51) Int Cl.: **H04L 12/24 (2006.01)**

H04L 12/40 (2006.01)

(66) Innere Priorität:

10 2017 122 364.9 26.09.2017

(72) Erfinder:

**Schmitz, Christian, 44575 Castrop-Rauxel, DE;
Burchard, Bernd, Dr., 45276 Essen, DE**

(71) Anmelder:

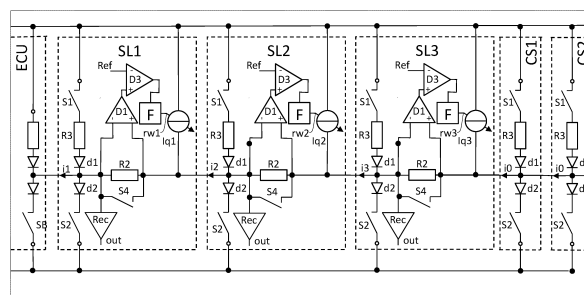
**Elmos Semiconductor Aktiengesellschaft, 44227
Dortmund, DE**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Busknoten für ein Bussystem mit günstigem EMV-Verhalten und der Fähigkeit zur Vergabe von Busknotenadressen mittels eines zugeordneten Verfahrens**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Busknoten, der zur Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Vergabe von Busadressen an Busknoten eines seriellen Datenbussystems in der Lage ist. Das Verfahren zur Vergabe von Busadressen an Busknoten eines seriellen Datenbussystems wird mit Hilfe von Bus-Shunt-Widerständen (R2) in den einzelnen Busknoten (SL1, SL2, SL3) des Datenbussystems in einem Vergabezeitraum durchgeführt. Nach dem Durchführen des Verfahrens zur Vergabe von Busadressen an die Busknoten des seriellen Datenbussystems in dem Vergabezeitraum schließt sich ein Betriebszeitraum an. Der Busknoten weist einen solchen Bus-Shunt-Widerstand (R2) auf. Der Busknoten zeichnet sich durch einen Bus-Shunt-Überbrückungsschalter (S4) auf, der vor Vergabe einer Busadresse an den Busknoten im Vergabezeitraum geöffnet ist und der nach Vergabe einer Busadresse an den Busknoten im Vergabezeitraum geschlossen ist und der in dem Betriebszeitraum geschlossen ist.



Beschreibung

Oberbegriff

[0001] Der Vorschlag richtet sich auf ein selbsttestfähiges seriell Datenbussystem und ein Verfahren zur Vergabe von Busknotenadressen innerhalb dieses seriellen Datenbusses aus einer Kette von Busknoten.

[0002] Der Vorschlag nimmt die Priorität der deutschen Patentanmeldung DE 10 2017 122 364.9 vom 26.09.2017 in Anspruch.

Allgemeine Einleitung und Stand der Technik

[0003] Aus dem Stand der Technik sind verschiedene Verfahren zur Adresszuweisung in LIN-Bus-Systemen bekannt. Hier sei beispielhaft auf die Schriften DE 10 2010 026 431 B1, DE 10 147 512 B4, EP 1 490 772 B1 und US 9 331 866 B2 verwiesen.

[0004] Allen diesen Schriften ist gemeinsam, dass die Menge an durch den Busmaster adressierbaren Busknoten begrenzt ist, da jeder Busknoten im Rahmen der Autoadressierung einen definierten Strom in den Bus einleitet. In den Ein-Draht-Datenbus sind dabei in jedem Busknoten Shunt-Widerstände (Bus-Shunts) eingefügt, an denen diese Ströme auf ihrem Weg zum Busmaster, in dem während des Adressvergabevorgangs eine Stromsenke aktiv ist, einen Spannungsabfall hervorrufen. Die dem Busmaster am nächsten liegenden Busknoten registrieren dabei einen höheren Spannungsabfall als die dem Bus-Master entfernt liegenden Busknoten. Die Spannung über den Bus-Shunt wird mit einem Schwellwert verglichen. Wird dieser überschritten, kann der betreffende Busknoten an dessen Bus-Shunt diese Schwellwertüberschreitung stattfindet davon ausgehen, dass er nicht der letzte Busknoten in der Kette der Busknoten vom Busmaster aus gesehen ist. Er schaltet dann seine Stromquelle ab und wartet auf den nächsten Initialisierungsdurchlauf.

[0005] Derjenige Busknoten, der der letzte Busknoten in der Busknotenketten vom Busmaster aus ist, schaltet seine Stromquelle nicht ab. Nach Ablauf einer vorgegebenen Initialisierungszeit, kann dieser Busknoten davon ausgehen, dass er der letzte Busknoten in der Kette der Busknoten ist. Er übernimmt dann die vom Busmaster übermittelte Busknotenadresse und nimmt an weiteren Initialisierungsdurchläufen nicht mehr teil, bis durch einen Rücksetzbefehl oder eine sonstige Rücksetzbedingung die erhaltene Busknotenadresse für ungültig erklärt wird.

[0006] Das Problem ist nun, dass zum Ersten der elektrische Widerstand des Bus-Shunts möglichst klein sein soll. Zum Zweiten sollen möglichst viele Busknoten adressiert werden können. Zum Drit-

ten muss das Adressierungssystem in der Lage sein, mit einem negativen Masseversatz arbeiten zu können. Zum Vierten muss der Pegel über dem Bus-Shunt maximiert werden, was einen möglichst großen Adressierungsstrom erfordert. Zum fünften darf die Stromsumme, die durch den Busmaster während des Adressvergabevorgangs aufgenommen werden muss einen vorgegebenen Wert, bei LIN-Bussen derzeit 40mA, nicht überschreiten.

[0007] Aus der DE 10 2010 026 431 B1 ist ein Verfahren bekannt, bei dem die einzelnen Busknoten nicht mit einem konstanten Adressierungsstrom wie in der DE 10 147 512 B4 und der EP 1 490 772 B1 arbeiten, sondern diesem Adressierungsstrom kontinuierlich oder treppenförmig bis zum Überschreiten der Schwellen bei den vorausgehenden Busknoten steigern. Dies hat mehrere Nachteile: Zum Ersten führt dies bei sehr vielen Busknoten zu einer zeitlich sehr langen Anstiegszeit. Die Zeit für die Durchführung der Autoadressierung ist aber begrenzt. Daher ist es notwendig, diese Zeit bis zur Adressierung des vom Bus-Master am weitesten entfernten und noch nicht adressierten Busknotens zu verkürzen. Die DE 10 2010 026 431 B1 löst daher das Problem nicht vollständig. Sehr viele Busknoten adressieren zu können und den Widerstandswert des Bus-Shunt-Widerstands ausreichend weit absenken zu können. Außerdem führt die in der DE 10 2010 026 431 B1 offenbarte technische Lehre nicht zu einer Selbsttestfähigkeit.

[0008] Ein weiterer Nachteil der DE 10 2010 026 431 B1 ist, dass aus Robustheitsgründen auch hier ein gewisser Pegelumfang freigehalten werden muss, um zu verhindern, dass es zur Überlastung des Masters oder zu Fehladressierungen kommt. Um die Bus-Shunt-Widerstände zu minimieren und Konformität mit dem LIN-Bus herzustellen, ist es daher sinnvoll, den Gleichanteil im Adressierungsstrom zu maximieren. Bei der in der DE 10 2010 026 431 B1 offenbarten technischen Lehre schwankt dieser Wert jedoch um einen Adressierungsstrompegelwert. Hierdurch wird der zur Verfügung stehende Adressierungsstrompegel unnötig reduziert.

[0009] Aus der DE 10 256 631 B4, EP 1 603 282 B1, US 7 590 140 B2, EP 1 490 772 B1, EP 1 298 851 B1 und der noch unveröffentlichten deutschen Patentanmeldungen DE 10 2017 122 364.9 sind Busknotenadressierungsverfahren bekannt, die einen Bus-Shunt-Widerstand (**R2**) innerhalb jedes Autoadressierungsbusknotens (**SL1**, **SL2**, **SL3**) erfordern. Dieser Widerstand hat den Nachteil, dass er das EMV-Verhalten gegenüber einem standardkonformen LIN-Busknoten verschlechtert.

Aufgabe

[0010] Dem Vorschlag liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Lösung zu schaffen, die die obigen Nachteile des Stands der Technik nicht aufweist und weitere Vorteile aufweist.

[0011] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren nach Anspruch 1 und einen Busknoten nach Anspruch 2 gelöst.

Lösung der Aufgabe

[0012] Zur besseren Orientierung werden hier zunächst folgende Richtungen auf dem Datenbus vereinbart: Die Betrachtungsrichtung von einem Busknoten aus ist so, dass alles was sich in dem Datenbus zwischen Busknoten und Busmaster befindet, sich VOR dem Busknoten befindet und alles was sich zwischen dem Busknoten und dem Ende des Datenbusses befindet, sich NACH dem Busknoten befindet. Diese Definitionen gelten für das ganze folgende Dokument.

[0013] Im Folgenden wird zunächst ein beispielhaftes Verfahren für die automatische Adressvergabe anhand eines standardkonformen LIN-Bus-Systems beschrieben.

[0014] Erst am Ende dieses Abschnitts wird die beanspruchte Erfindung beschrieben.

[0015] Im Gegensatz zu den Verfahren und Vorrichtungen der DE 10 147 512 B4, EP 1 490 772 B1 und US 9 331 866 B2 wird hier der Widerstandswert des Bus-Shunt-Widerstands dabei soweit abgesenkt, dass wieder Standardkonformität erreicht werden kann. Das Local Interconnect Network (LIN), auch LIN-Bus genannt, ist ein serielles Kommunikationssystem für die Vernetzung von Sensoren und Aktoren, ein Feldbus. LIN kommt dort zum Einsatz, wo die Bandbreite und Vielseitigkeit von CAN nicht benötigt wird. Typische Anwendungsbeispiele sind die Vernetzung innerhalb der Tür oder des Sitzes eines Kraftfahrzeugs. Der relevante Standard ist die ISO-Norm 17987-1, „Road vehicles - Local interconnect network (LIN) - Part 1-7“.

[0016] Die Grundidee des hier beispielhaft vorgelegten Vorschlags ist nun, die Adressierungsstromquelle für den Selbsttest zu nutzen und so Anforderungen der ISO 26262 zu erfüllen. Hierzu wird nun abweichend von der technischen Lehre der DE 10 2010 026 431 B1 nicht der von den nachfolgenden Busknoten in den jeweiligen Busknoten einströmende Busstrom gemessen, sondern der den jeweiligen Busknoten verlassende Summenstrom (i_1 , i_2 , i_3), der sich aus dem Adressierungsstrom, der in diesem jeweiligen Busknoten durch die Adressierungsstromquelle (I_{q1} , I_{q2} , I_{q3}) dieses jeweiligen Buskno-

tens in die Datenleitung eingespeist wird, und dem von den nachfolgenden Busknoten in den jeweiligen Busknoten einströmende Busstrom zusammensetzt. Das bedeutet architektonisch, dass der Bus-Shunt-Widerstand (R_2) des jeweiligen Busknotens (SL_1 , SL_2 , SL_3) jeweils vor der jeweiligen Autoadressierungsstromquelle (I_{q1} , I_{q2} , I_{q3}) angeordnet ist, sodass der eigene Adressierungsstrom des jeweiligen Busknotens diesen Bus-Shunt-Widerstand (R_2) durchströmen muss um zu dem Busmaster (ECU) zu gelangen, wo er gegen Masse abgeleitet wird.

[0017] Eine weitere Idee des hier vorgelegten Vorschlags ist darüber hinaus, dass aus dem Ausgang jedes Busknotens während des Adressvergabevorgangs im Gegensatz zu allen vorgenannten Schriften ein im Wesentlichen konstanter Ausgangsstrom (i_j) des betreffenden Busknotens (SL_j) in den vorausgehenden Datenbus in Richtung Busmaster (ECU) eingespeist wird.

[0018] Ein Problem stellen möglicherweise vorhandene Standard-Busknoten (CS_1 , CS_2) dar, die keine Fähigkeit zur Autoadressierung im Sinne dieser Schrift haben. In dieser Schrift wird davon ausgegangen, dass kein Mischverbau mit Busknoten mit Autoadressierungsfähigkeiten entsprechend anderen Autoadressierungsverfahren stattfindet. Diese Busknoten (CS_1 , CS_2) ohne Fähigkeit zur Autoadressierung speisen mit ihrer Busstromquelle (S_1 , R_3 , d_1) jeweils einen Busstrom, den Busknotengrundstrom, in den Datenbus in Richtung Busmaster (ECU) ein. Bevorzugt handelt es sich dabei um Busknoten (CS_1 , CS_2), die nur einmal im Datenbus vorhanden sind und daher leicht aufgrund ihres Aussehens beispielsweise bei der Montage eines Kraftfahrzeugs voneinander durch die Monteure visuell unterscheidbar sind. Hierdurch ist eine Selbstadressierung bei der Montage dieser Busknoten beispielsweise in einem Kraftfahrzeug während dessen Montage nicht notwendig. Jeder dieser Standard-Busknoten (CS_1 , CS_2) speist entsprechend dem LIN-Standard einen Grundstromanteil in den Datenbus mittels einer Pull-Up-Stromquelle (S_1 , R_3 , d_1) ein. Diese Standard-Busknoten (CS_1 , CS_2) verursachen somit zusammen einen maximalen Grundstrom. Dieser Grundstrom kann durch die Busknoten mit Autoadressierungsfähigkeit, im Folgenden als Autoadressierungsbusknoten bezeichnet, aufgrund der Abgabe der Anzahl der Standard-Busknoten ohne Autoadressierungsfähigkeit abgeschätzt werden.

[0019] Es gibt zwei Extremkonfigurationen, an denen das sich daraus ergebende Problem erläutert werden kann. In beiden Extremkonfigurationen ist die Anzahl der Standard-Busknoten ohne Autoadressierungsfähigkeit maximal, während die Anzahl der Autoadressierungsbusknoten mit Autoadressierungsfähigkeit minimal ist:

Konfiguration A

[0020] In der Konfiguration A befinden sich alle n Standard-Busknotten, die keine Fähigkeit zur Autoadressierung haben, vom Busmaster (**ECU**) aus gesehen hinter lediglich zwei Autoadressierungs-Busknotten, die die Fähigkeit zur Autoadressierung gemäß des hier beschriebenen Vorschlags haben. Die maximale Anzahl n der Standard-Busknotten hinter den zwei Autoadressierungs-Busknotten mit Autoadressierungsfähigkeit ist dann $(n+2) < I_{\max}/I_k$. Hierbei ist $I_{\max}$ der maximale Stromwert, den der Busmaster (**ECU**) in der Autoadressierungsphase ISO standardgemäß aufnehmen kann. Vorzugsweise wird der maximale Stromwert $I_{\max}$ ein wenig kleiner als der echte maximale Stromwert des Busmasters (**ECU**) gewählt, um Fertigungsschwankungen und Betriebsparameterschwankungen abzufangen. I_k ist der obere Grenzwert für den Wert des Busknotengrundstroms, den jeder Standard-Busknott ohne Autoadressierungsfähigkeit in den Datenbus einspeist. Vorzugsweise speist jeder der Standard-Busknotten ohne Autoadressierung in etwa den gleichen Busknotengrundstrom in den Datenbus ein. Die Standard-Busknotten ohne Autoadressierungsfähigkeit erzeugen dann am Eingang des zweiten Autoadressierungsbusknottens mit Autoadressierungsfähigkeit einen maximalen Grundstrom von $I_G = n \cdot I_k$. Es verbleibt für die Autoadressierung durch die Autoadressierungsbusknotten mit Autoadressierung ein Strombereich von $I_{\max} = 2 \cdot I_k$ für den maximalen Adressierungsstrom jedes Autoadressierungsbusknottens. Dieser Strombereich für den maximalen Adressierungsstrom jedes Autoadressierungsbusknottens kann dann zur Autoadressierung genutzt werden. Hierzu können die Autoadressierungsbusknotten in einer vorgelagerten Phase A diesen Grundstrom durch ihren jeweiligen Bus-Shunt-Widerstand (**R2**) messen und dann den Strombereich für den maximalen Adressierungsstrom jedes Autoadressierungsbusknottens ermitteln und anschließend zur Autoadressierung verwenden. Hierdurch wird der Spannungsabfall über die Bus-Shunt-Widerstände (**R2**) maximal. Diese können daher minimiert werden. Dies steht im Gegensatz zur DE 10 2010 026 431 B1, die dieses Problem nicht löst.

Konfiguration B

[0021] In der Konfiguration B befinden sich alle n Standard-Busknotten, die keine Fähigkeit zur Autoadressierung haben, vom Busmaster (**ECU**) aus gesehen vor den lediglich zwei Autoadressierungsbusknotten, die die Fähigkeit zur Autoadressierung gemäß des hier beschriebenen Vorschlags haben. Im Gegensatz zur Konfiguration A können die Autoadressierungsbusknotten nun jedoch keine Information über die Anzahl der Standard-Busknotten vor ihnen in Richtung Busmaster (**ECU**) erhalten. Somit besteht die Gefahr, dass der von den Autoadres-

sierungsbusknotten verwendete maximale Adressierungsstrom in Kombination mit dem am Busmaster ankommenden Grundstrom aller vorausgehenden Busknotten im Datenbus zu groß ist, was zu einer Fehlermeldung führen würde. Die maximale Anzahl n der Standard-Busknotten hinter den zwei Autoadressierungsbusknotten mit Autoadressierungsfähigkeit ist aber wieder $(n+2) < I_{\max}/I_k$. Hierbei ist $I_{\max}$ wieder der maximale Stromwert, den der Busmaster (**ECU**) in der Autoadressierungsphase aufnehmen kann. Vorzugsweise wird der maximale Stromwert $I_{\max}$ auch hier ein wenig kleiner als der echte maximale Stromwert des Busmasters (**ECU**) gewählt, um Fertigungsschwankungen und Betriebsparameterschwankungen abzufangen. I_k ist der obere Grenzwert für den Wert des Busknotengrundstroms, den jeder Standard-Busknott ohne Autoadressierungsfähigkeit in den Datenbus einspeist. Vorzugsweise speist auch hier wieder jeder der Standard-Busknotten in etwa den gleichen Busknotengrundstrom in den Datenbus ein. Die Standard-Busknotten ohne Autoadressierungsfähigkeit erzeugen dann am Eingang des Busmasters (**ECU**) einen maximalen Grundstrom von $I_G = n \cdot I_k$. Es verbleibt für die Autoadressierung durch die diesen nachfolgenden Autoadressierungsbusknotten mit Autoadressierung wieder nur ein Strombereich von $2 \cdot I_k$ für den Adressierungsstrom (I_a). Über diesen Strombereich können die nachfolgenden Autoadressierungsbusknotten mit Autoadressierungsfähigkeit jedoch keine Information erhalten. Dieser Strombereich kann zwar zur Autoadressierung genutzt werden, muss jedoch den Autoadressierungsbusknotten mit Autoadressierungsfähigkeit nun durch den Busmaster (**ECU**) mitgeteilt werden. Dies kann so geschehen, dass der Busmaster allen Busknotten die Anzahl der Standard-Busknotten ohne Autoadressierungsfähigkeit mittels einer an alle Busknotten gerichteten Botschaft mitteilt oder einen geeigneten Adressierungsstromwert mittels eines solchen Befehls vorab mitteilt. Hierdurch wird es möglich, den Adressierungsstrom in den jeweiligen Autoadressierungsbusknotten zu maximieren.

Konfiguration C

Konfiguration C ist eine Mischung von Konfiguration A und Konfiguration B

[0022] Es befinden sich dann Standard-Busknotten ohne Autoadressierungsfähigkeit vor und hinter den Autoadressierungsbusknotten mit Autoadressierungsfähigkeit in dem seriellen Datenbus. In dem Fall muss der Busmaster (**ECU**) nur die Anzahl n der vor den Autoadressierungsbusknotten mit Autoadressierungsfähigkeit liegenden Standard-Busknotten übertragen. Die Autoadressierungsbusknotten können durch eine Vermessung des Grundstroms durch ihren Bus-Shunt-Widerstand bezogen auf die nachfolgenden Busknotten so den Gesamtgrundstrom durch Summierung dieses Grundstroms mit dem n -fachen

des Busknotengrundstroms I_k ermitteln. Alternativ kann der Busmaster (**ECU**) natürlich auch einen anderen Wert übertragen, aus dem sich der Grundbusstrom errechnen lässt. Auf dieser Basis kann dann wieder jeder Autoadressierungsbusknoten den maximalen Adressierungsstrom I_{amax} berechnen und maximiert einstellen.

[0023] Bevor die Busknotenadressen vergeben werden, signalisiert also der Busmaster (**ECU**) bevorzugt an alle Busknoten, welche Konfiguration der oben angegebenen Konfigurationen vorliegt und wie viele Standard-Busknoten im System vorhanden sind, die keine Fähigkeit zur Autoadressierung haben und/oder wie groß der erwartete Grundbusstrom ist.

[0024] Mit Beginn der Autoadressierung zieht der Bus-Master (**ECU**) die Datenleitung mittels eines Schalters (**SB**) oder ähnlichem nach Masse. Die dafür verwendete Stromsenke kann den maximalen Stromwert I_{max} aufnehmen. Bei Überschreitung dieses Wertes durch den Betrag des Busstroms in den Busmaster (**ECU**) hinein, kann der Bus-Master (**ECU**) einen Kurzschluss annehmen und entsprechende Signalisierungen und Fehlermeldungen erzeugen. Daher darf dieser maximale Stromwert I_{max} im Normalbetrieb betragsmäßig nicht überschritten werden.

[0025] In Abhängigkeit von der Anzahl der Standard-Busknoten ohne Autoadressierungsfähigkeit und des standardgemäß vorgegebenen maximalzulässigen Busstroms I_{max} kann jeder Busknoten dann den maximalen Adressierungsstrom I_{amax} seiner jeweiligen Adressierungsstromquelle (I_{q1} , I_{q2} , I_{q3}) berechnen, der noch zulässig ist, ohne den maximal zulässigen Adressierungsstrom (I_{max}) zu überschreiten. Bevorzugt wird dieser Wert durch die empfangene Anzahl n der Standard-Busknoten ohne Autoadressierungsfähigkeit im jeweiligen Autoadressierungsbusknoten mit Autoadressierungsfähigkeit vorgegeben. Dabei wird bevorzugt noch eine Sicherheitsmarge berücksichtigt, sodass der tatsächlich eingestellte Autoadressierungsstrom I_{amax} der Autoadressierungsstromquellen der Autoadressierungsbusknoten (**SL1**, **SL2**, **SL3**) geringer ist, als der tatsächlich maximal zulässige Autoadressierungsstrom.

[0026] Es muss nun sichergestellt werden, dass der maximal zulässige Busstrom I_{max} nicht überschritten wird. Im Gegensatz zur DE 10 2010 026 431 B1 wird nun nicht der in den Autoadressierungsbusknoten von den nachfolgenden Busknoten kommende Grundstrom und Adressierungsstrom erfasst und bei Abweichung vom Grundstrom die eigene Adressierungsstromquelle deaktiviert.

[0027] Vielmehr wird der Summenstrom ($i1$, $i2$, $i3$) erfasst, der den jeweiligen Busknoten über den Datenbus in Richtung Bus-Master (**ECU**) verlässt. Dieser setzt sich zusammen aus dem von den nachfol-

genden Busknoten eingespeisten Busstrom zuzüglich dem selbst erzeugten Adressierungsstrom.

[0028] Hierzu vermisst der jeweilige Busknoten (**SL1**, **SL2**, **SL3**) den ausgehenden Busstrom ($i1$, $i2$, $i3$), der kommend von den nachfolgenden Busknoten (**SL2**, **SL3**) den Bus-Shunt (**R2**) des jeweiligen Busknotens (**SL1**, **SL2**, **SL3**) durchfließt und an dem Ausgang des jeweiligen Busknotens diesen wieder in Richtung auf den Busmaster (**ECU**) verlässt. Der jeweilige Autoadressierungsbusknoten (**SL1**, **SL2**, **SL3**) steuert nun seine eigene Adressierungsstromquelle (I_{q1} , I_{q2} , I_{q3}) so, dass die Summe aus einkommendem Busstrom der nachfolgenden Busknoten (**SL2**, **SL3**) und Adressierungsstrom der eigenen Adressierungsstromquelle (I_{q1} , I_{q2} , I_{q3}) einem vorgegebenen Summenstrom (I_s) entspricht. Die Amplitude des Adressierungsstroms (I_a) wird dabei so eingestellt, dass der maximale Busstrom I_{max} durch den Betrag des ausgehenden Busstroms ($i1$, $i2$, $i3$) nicht überschritten werden kann. Somit bleibt der Busstrom ($i1$, $i2$, $i3$), der den jeweiligen Busknoten (**SL1**, **SL2**, **SL3**) verlässt konstant und wird durch den jeweiligen Busknoten (**SL1**, **SL2**, **SL3**) nicht über einen Maximalwert erhöht. Eine Überlastung der Busmaster-Stromsenke während des Adressvergabeverfahrens ist damit ausgeschlossen.

[0029] In diesem Verfahren detektiert also jeder der am Adresszuteilungsverfahren teilnehmenden Autoadressierungsbusknoten einen vom Grundstrom abweichenden zusätzlichen Strom. Dieser zusätzliche Strom setzt sich zusammen aus dem eigenen Adressierungsstrom des jeweiligen Busknotens und dem Adressierungsstrom des dem jeweiligen Busknoten (**SL1**, **SL2**, **SL3**) nachfolgenden Busknotens.

[0030] Damit es nicht zu einer Übersteuerung des Ausgangsstromes ($i1$, $i2$, $i3$) über I_{max} kommt, regelt der jeweilige Busknoten seinen Ausgangsstrom ($i1$, $i2$, $i3$) in Richtung Busmaster (**ECU**) in der Art, dass er stets dem vorgesehenen Maximalwert des Adressierungsstromes I_{amax} plus dem Grundstrom entspricht. Hierfür ist die Adressierungsstromquelle (I_{q1} , I_{q2} , I_{q3}) innerhalb jedes Autoadressierungsbusknotens (**SL1**, **SL2**, **SL3**) mit Autoadressierungsfähigkeit steuerbar ausgelegt. Der Adressierungsstrom der jeweiligen Adressierungsstromquelle (I_{q1} , I_{q2} , I_{q3}) hängt dann zum einen von dem zuvor ermittelten Maximalwert (I_{amax}) und zum anderen von einem Regelsignal ab, das mittels einer Regelstrecke (**F**) und einer Messvorrichtung (**R2**, **D1**) aus dem Ausgangsstrom ($i1$, $i2$, $i3$) des jeweiligen Busknotens (**SL2**) in Richtung Busmaster (**ECU**) ermittelt wird.

[0031] Die Regelstrecke beginnt also bei einer Messvorrichtung, vorzugsweise einem Bus-Shunt-Widerstand (**R2**), der zwischen vom Busmaster (**ECU**) aus gesehen, dem jeweiligen Busknoten (**SL1**, **SL2**, **SL3**) vorausgehend in den Datenbus eingefügt

ist. Dort wird der Busstrom aus dem jeweiligen Busknoten in Richtung Busmaster (**ECU**) in einen Spannungswert gewandelt. Dieser wird durch eine Messvorrichtung, z.B. einen Operationsverstärker (**D1**) erfasst und ggf. nach Filterung (**F**) zu einem Regelwert umgewandelt, mit dem die jeweilige Autoadressierungsstromquelle (**Iq1**, **Iq2**, **Iq3**) dann so gesteuert werden kann, dass der Busstrom (**i1**, **i2**, **i3**) in Richtung Busmaster (**ECU**) in dieser Adressvergabephase konstant gehalten wird.

[0032] Hierbei tritt innerhalb des jeweiligen Busknotens (**SL1**, **SL2**, **SL3**) bei geeigneter Konstruktion der notwendigen Regelschleife eine Regelgröße, der Regelwert, vorzugsweise als Ausgangssignals des besagten Filters (**F**) auf. Zur Vereinfachung sei hier beispielhaft angenommen, dass diese Regelgröße direkt proportional zum jeweiligen Ausgangsstrom (**i1**, **i2**, **i3**) des jeweiligen Autoadressierungsbusknotens (**SL1**, **SL2**, **SL3**) in Richtung Busmaster (**ECU**) sei.

[0033] Überschreitet dieser Regelwert nach Ablauf der besagten vorgegebenen Initialisierungszeit immer noch einen vorgegebenen Schwellwert (**SW**), liefert also die eigene Adressierungsstromquelle (**Iq1**, **Iq2**, **Iq3**) den vorgegebenen Ausgangsstrom in Richtung Busmaster (**ECU**), so ist der jeweilige Autoadressierungsbusknoten der Letzte in der Kette der Autoadressierungsbusknoten vom Busmaster (**ECU**) aus gesehen. Der betreffende Autoadressierungsbusknoten übernimmt dann die vom Busmaster (**ECU**) zuvor an alle Autoadressierungsbusknoten (**SL1**, **SL2**, **SL3**) übermittelte zur vergebende Busknotenadresse als seine nunmehr gültige Busknotenadresse und nimmt an weiteren Initialisierungsdurchläufen nicht mehr teil, bis durch einen Rücksetzbefehl oder eine sonstige Rücksetzbedingung die erhaltene Busknotenadresse für ungültig erklärt wird. Die anderen Autoadressierungsbusknoten, die noch keine gültige Busknotenadresse besitzen und nicht der betreffende Autoadressierungsbusknoten sind, der gerade die zu vergebende Busknotenadresse als gültige Busknotenadresse übernommen hat, nehmen an folgenden Initialisierungsdurchläufen teil.

[0034] Bevorzugt erfolgt die Regelung des Ausgangsstromwerts der Autoadressierungsstromquellen **Iq1**, **Iq2**, **Iq3** innerhalb der Autoadressierungsbusknoten (**SL1**, **SL2**, **SL3**) mittels eines Filters (**F**) gefiltert. Bevorzugt bildet die Regelschleife einen PI-Regler. Diese Filterung ist notwendig, damit es nicht zu Überschwingern bei der Erzeugung des Adressierungsstroms durch die Gesamtheit der Autoadressierungsbusknoten (**SL1**, **SL2**, **SL3**) am Busmaster (**ECU**) kommt. Würde dies geschehen, so kann der maximal zulässige Busstrom $I_{\max}$ überschritten werden und der Busmaster (**ECU**) einen Kurzschluss erkennen, was zu vermeiden ist.

[0035] Daher ist es vorteilhaft und bevorzugt zumindest ein Tiefpassfilter (**F**) in den Regelkreis jedes Autoadressierungsbusknotens (**SL1**, **SL2**, **SL3**) aufzunehmen.

[0036] In einer weiteren, bevorzugten Ausprägung des Vorschlags wird das Filter (**F**) nichtlinear ausgeführt. Dabei sollte bevorzugt eine erste Regelzeitkonstante (τ_1) des nicht linearen Filters (**F**) für ein Erhöhen des Adressierungsstroms der jeweiligen Adressierungsstromquelle (**Iq1**, **Iq2**, **Iq3**) des jeweiligen Busknotens (**SL1**, **SL2**, **SL3**) größer sein als eine zweite Regelzeitkonstante (τ_2) des nicht linearen Filters (**F**) für ein Erniedrigen des Adressierungsstroms der jeweiligen Adressierungsstromquelle (**Iq1**, **Iq2**, **Iq3**) des jeweiligen Busknotens (**SL1**, **SL2**, **SL3**). Es hat sich gezeigt, dass bei m Autoadressierungsbusknoten die zweite Zeitkonstante (τ_2) für eine Verminderung des Adressierungsstromes der jeweiligen Adressierungsstromquelle (**Iq1**, **Iq2**, **Iq3**) um einen Faktor m kürzer sein sollte als die erste Zeitkonstante (τ_1) für eine Erhöhung des Adressierungsstromes der jeweiligen Adressierungsstromquelle (**Iq1**, **Iq2**, **Iq3**). Dies führt dazu, dass der Adressierungsstrom der jeweiligen Adressierungsstromquelle (**Iq1**, **Iq2**, **Iq3**) des jeweiligen Busknotens (**SL1**, **SL2**, **SL3**) schneller erniedrigt als erhöht wird. Somit regeln nachfolgende Autoadressierungsbusknoten ihren Adressierungsstrom schneller herunter als dieser von anderen Autoadressierungsbusknoten heraufgeregelt wird. Somit ist eine Konstanz des Busstroms, zumindest aber ein permanentes Unterschreiten eines maximalen Busstromwerts $I_{\max}$ während der Adressierungsphase sichergestellt. Simulationen haben ergeben, dass die erste Zeitkonstante (τ_1), mit der die Adressierungsstromquelle (**Iq1**, **Iq2**, **Iq3**) des jeweiligen Autoadressierungsbusknotens (**SL1**, **SL2**, **SL3**) herunter geregelt wird, bevorzugt um einen Faktor 10, besser um einen Faktor 100 schneller (=kleiner) sein sollte, als die zweite Zeitkonstante (τ_2), mit der die Adressierungsstromquelle (**Iq1**, **Iq2**, **Iq3**) des jeweiligen Autoadressierungsbusknotens (**SL1**, **SL2**, **SL3**) herauf geregelt wird.

[0037] In einem typischen LIN-Bus sind aber, wie bereits beschrieben, erfahrungsgemäß auch Standard LIN-Busknoten ohne Autoadressierungsfähigkeit vorhanden. Diese liefern einen konstanten Dauerstrom während der Adressierungsphase in den Busmaster (**ECU**) hinein. Im Gegensatz zu anderen Verfahren, die Grundstrom bezogen sind, kann nun die Schwelle für das Erkennen der letzten Busposition für den in dem betreffenden Initialisierungsdurchlauf mit einer Busknotenadresse zu versehenden Autoadressierungsbusknoten sehr hoch gelegt werden.

[0038] Nachdem ein Autoadressierungsbusknoten mit Autoadressierungsfähigkeit auf diese Weise eine gültige Busknotenadresse erhalten hat, nutzt er seine Adressierungsstromquelle bevorzugt wie eine

Busknotengrundstromquelle und verhält sich dann wie ein Busknoten ohne Autoadressierungsfähigkeit. In den Figuren sind als mögliche Alternative trotzdem separate Busknotengrundstromquellen (**S1**, **R3**, **d1**) in den Autoadressierungsbusknoten (**SL1**, **SL2**, **SL3**) eingezeichnet. Diese würden dann entfallen können. Dieser Zustand eines Autoadressierungsbusknotens nach der erfolgten Vergabe einer gültigen Busknotenadresse wird bevorzugt nur durch ein Rücksetzen des Autoadressierungsbusknotens oder eine Löschung der Gültigkeit der Busknotenadresse geändert. Im nächsten Initialisierungsdurchlauf erhält daher der dann letzte Autoadressierungsbusknoten vom Busmaster (**ECU**) aus gesehen eine gültige Busknotendresse und verhält sich ab da wie ein Standard-Busknoten ohne Autoadressierungsfähigkeit. Die Autoadressierungsbusknoten, die noch keine gültige Busknotenadresse erhalten haben, verhalten sich weiterhin wie Autoadressierungsbusknoten. Damit endet ein Initialisierungsdurchlauf. Der Busmaster initiiert daraufhin einen weiteren Initialisierungsdurchlauf, bei dem dann der bisherige vorletzte Autoadressierungsbusknoten vom Busmaster (**ECU**) aus gesehen, der nun der letzte Autoadressierungsbusknoten vom Busmaster aus gesehen ist, der sich als solcher verhält, eine gültige Busknotenadresse erhält und so weiter. Dieses wiederholte Imitieren der Initialisierungsdurchläufe durch den Busmaster (**ECU**) und die Vergabe einer gültigen Busknotenadresse in einem solchen Initialisierungsdurchlauf an den letzten Autoadressierungsbusknoten vom Busmaster aus gesehen, der sich als solcher verhält, wird so lange durchgeführt, bis alle Autoadressierungsbusknoten eine gültige Busknotenadresse vom Busmaster (**ECU**) erhalten haben. Um dies festzustellen, prüft bevorzugt der Busmaster (**ECU**) nach jedem Initialisierungslauf, ob der adressierte Autoadressierungsbusknoten, der gerade eine gültige Busknotenadresse erhalten haben soll, antwortet. Bevorzugt sendet der adressierte Autoadressierungsbusknoten dann eine Zufallszahl an den Busmaster (**ECU**) auf Veranlassung des Busmasters (**ECU**) hin. Sind - aus welchen Gründen auch immer - zwei Autoadressierungsbusknoten aktiv, so kommt es zu Buskollisionen. Diese können von den Busknoten detektiert werden und an den Busmaster signalisiert werden. In gewissen Fällen, wenn die Antwort vorbestimmbar ist, kann auch der Busmaster (**ECU**) eine Buskollision direkt feststellen. Der Busmaster kann hierdurch entweder direkt oder indirekt eine Buskollision erkennen und ggf. die Initialisierung der betreffenden Busknotenadresse wiederholen. Dafür ist es sinnvoll, wenn der Busmaster (**ECU**) einen Löschbefehl für die zuletzt vergebene Busknotenadresse an alle Busknoten absetzen kann.

[0039] Während der Adressvergabe kann nun der Busstrom durch den Bus-Shunt auf verschiedene Bedingungen geprüft werden:

a) Liegt der Spannungsabfall über den Bus-Shunt-Widerstand (**R2**) über einem maximalen Spannungsabfallschwellwert, so liegt ein Kurzschluss des nachfolgenden Busses nach der Versorgungsspannung vor. In dem Fall schaltet der betroffene Busknoten bevorzugt alle Stromquellen ab, um eine Beschädigung des Systems auszuschließen. In der Regel erkennt dann aber auch der Busmaster (**ECU**) diesen Kurzschluss.

b) Ist der Spannungsabfall über den Bus-Shunt-Widerstand **OV**, so ist typischerweise der Messeingang kurzgeschlossen.

c) Liegt der Spannungsabfall über den Bus-Shunt-Widerstand (**R2**) unter dem maximalen Spannungsabfallschwellwert, aber über einem zweiten Spannungsabfallschwellwert, so ist der Bus-Shunt-Widerstand vermutlich von den nachfolgenden Busknoten getrennt und der Messeingang noch mit den nachfolgenden Busknoten verbunden, die diese Messleitung zur Versorgungsspannung hin potenzialmäßig hoch ziehen.

d) Liegt der Spannungsabfall über den Bus-Shunt-Widerstand im Bereich des Spannungsabfalls des Grundstroms, so arbeitet die eigene Adressierungsstromquelle (**Iq1**, **Iq2**, **Iq3**) des betreffenden Busknotens nicht, obwohl er der letzte ist. Der Busknoten kann dies dem Busmaster (**ECU**) beispielsweise dadurch signalisieren, dass er eine Buskollision provoziert, indem er die zu vergebene Busknotenadresse als gültige Busknotenadresse übernimmt. Dies führt dann dazu, dass bei der Überprüfung der korrekten Busknotenadressierung zwei Autoadressierungsbusknoten dem Busmaster antworten, was dieser dann erkennen kann. Es wird somit ein Verfahren zur Vergabe von Busknotenadressen innerhalb eines seriellen Datenbusses aus einer Kette von Busknoten (**SL1**, **SL2**, **SL3**) und einem Busmaster (**ECU**) vorgeschlagen, bei dem die Busknoten (**SL1**, **SL2**, **SL3**) Autoadressierungsbusknoten oder Standard-Busknoten sein können und der Datenbus einen Busmaster (**ECU**) aufweist. Jeder Busknoten (**SL2**, **SL3**) weist einen vorausgehenden Busknoten (**SL1**, **SL2**) auf, wenn er nicht der erste Busknoten (**SL1**) ist. Jeder Busknoten (**SL2**, **SL3**) ist mit seinem vorausgehenden Busknoten (**SL1**, **SL2**) durch den Datenbus verbunden, wenn er nicht der erste Busknoten (**SL1**) ist. Der erste Busknoten (**SL1**) ist mit dem Busmaster (**ECU**) durch den Datenbus verbunden. Jeder Busknoten (**SL2**, **SL3**) sendet einen Busknotenausgangsstrom (**i2**, **i3**) an seinen vorausgehenden Busknoten (**SL1**, **SL2**) über einen Busknoten-Ausgang, wenn er nicht der erste Busknoten (**SL1**) ist. Der erste Busknoten (**SL1**) sendet einen Busknotenausgangsstrom (**i1**) an den Busmaster (**ECU**) über einen Busknoten-Ausgang. Jeder Busknoten (**SL1**, **SL2**)

empfängt einen Busknoteneingangstrom (i_2 , i_3) von seinen nachfolgenden Busknoten (**SL2**, **SL3**) über einen Busknoten Eingang, wenn er nicht der letzte Busknoten (**SL3**) ist. Das Verfahren umfasst die Schritte:

- Bestimmung des maximalen Adressierungsstroms (I_{amax});
- Durchführen einer Initialisierungssequenz mit folgenden Schritten für jeden Autoadressierungsbusknoten der Busknoten(**SL1**, **SL2**, **SL3**), der noch keine gültige Busknotenadresse besitzt bis alle Autoadressierungsbusknoten der Busknoten (**SL1**, **SL2**, **SL3**) über eine gültige Busknotenadresse verfügen:
- Signalisierung einer zu vergebenden Busknotenadresse an alle Autoadressierungsbusknoten;
- Durchführung der folgenden Schritte durch alle Autoadressierungsbusknoten (**SL1**, **SL2**, **SL3**), im Folgenden als betreffender Autoadressierungsbusknoten (**SLj**) bezeichnet:
 - Empfang des besagten Autoadressierungskommandos vom Busmaster (**ECU**) durch den betreffenden Autoadressierungsbusknoten (**SLj**);
 - Empfang der zu vergebenden Busknotenadresse vom Busmaster (**ECU**) durch den betreffenden Autoadressierungsbusknoten (**SLj**);
 - Ausschalten ggf. vorhandener Busknotengrundstromquellen (**S1**, **R3**, **d1**) innerhalb des jeweiligen Autoadressierungsbusknotens (**SLj**);
 - Empfang eines Startsignals für die Vergabe der zu vergebenden Busknotenadresse vom Busmaster (**ECU**) durch den betreffenden Autoadressierungsbusknoten (**SLj**) und Start eines Zeitgebers durch den betreffenden Autoadressierungsbusknoten (**SLj**);
 - Einspeisen des von den nachfolgenden Busknoten (**SL(j+1)**, **SL(j+2)**...) empfangenen Buseingangsstroms ($i_{(j+1)}$) in den Busknotenausgang des betreffenden Autoadressierungsbusknotens (**SLj**) als Teil des Busausgangsstroms (i_j) des betreffenden Autoadressierungsbusknotens (**SLj**);
 - Erfassen des Werts des Busknotenausgangsstroms (i_j) des betreffenden Autoadressierungsbusknotens (**SLj**) mittels Messmitteln (**R2**, **D1**, **D3**);
 - Erzeugung eines Regelsignals (rw_j) aus dem erfassten Wert des Busknotenausgangsstroms (i_j) des betreffenden Autoadressierungsbusknotens (**SLj**) mittels Mitteln zum Regeln (**F**);
 - Ausregeln des Busknotenausgangsstroms (i_j) durch den betreffenden Autoadressierungs-

busknoten (**SLj**), mittels einer geregelten Autoadressierungsstromquelle (I_{qj}), deren Adressierungsstrom einen Anteil des Busausgangsstromes (i_j) darstellt, auf einen vorgegebenen Summenstromwert (I_{ref}) in Abhängigkeit von dem erzeugten Regelsignal (rw_j),

- wobei eine Erhöhung des Adressierungsstroms der geregelten Autoadressierungsstromquelle (I_{qj}) des betreffenden Autoadressierungsbusknotens (**SLj**) mit einer ersten Zeitkonstante (τ_1) erfolgt und
- wobei eine Erniedrigung des Adressierungsstroms der geregelten Autoadressierungsstromquelle (I_{qj}) des betreffenden Autoadressierungsbusknotens (**SLj**) mit einer zweiten Zeitkonstante (τ_2) erfolgt und
- wobei die zweite Zeitkonstante (τ_2) kleiner ist als die erste Zeitkonstante (τ_1) ist;
- Vergleichen des Regelwerts (r_j) des betreffenden Autoadressierungsbusknotens (**SLj**) mit einem Schwellwert (**SWj**) des betreffenden Autoadressierungsbusknotens (**SLj**);
- Einfrieren der Regelung der Adressierungsstromquelle (I_{qj}) des betreffenden Autoadressierungsbusknotens (**SLj**) zu einem ersten Zeitpunkt t_1 nach dem Start des Zeitgebers;
- Übernahme der zu vergebenden Busknotenadresse vom Busmaster (**ECU**) als gültige Busknotenadresse des betreffenden Autoadressierungsbusknotens (**SLj**), wenn eine Mindestzeit seit dem Start des Zeitgebers vergangen ist und wenn der Vergleich des Regelwerts (r_j) mit einem Schwellwert (**SWj**) ergibt, dass der Adressierungsstrom der Adressierungsstromquelle (I_{qj}) des betreffenden Autoadressierungsbusknotens (**SLj**) betragsmäßig oberhalb eines Stromschwellwertes liegt und Konfiguration des betreffenden Autoadressierungsbusknotens (**SLj**) als Standard-Busknoten ohne Autoadressierungsfähigkeit mit der zu vergebenen Busknotenadresse als Busknotenadresse des betreffenden Autoadressierungsbusknotens (**SLj**) zu einem zweiten Zeitpunkt t_2 nach dem ersten Zeitpunkt t_1 , wodurch dieser Autoadressierungsbusknoten (**SLj**) bis auf Weiteres nicht mehr an folgenden Initialisierungssequenzen teilnimmt.
- Überprüfung der erfolgreichen Adressvergabe durch den Busmaster (**ECU**);
- Ggf. Löschung der Gültigkeit der letzten vergebenen Busknotenadresse, wodurch die betreffenden Autoadressierungsbusknoten (**SLj**) sich wieder wie Autoadressierungsbusknoten (**SLj**) ohne gültige Busknotenadresse verhalten;

- Überprüfung ob alle Autoadressierungsbusknoten eine gültige Busknotenadresse erhalten haben;
- Durchführung einer weiteren Initialisierungssequenz, wenn nicht alle Autoadressierungsbusknoten eine gültige Busknotenadresse erhalten haben

[0040] In einer Variante des vorgeschlagenen Verfahrens ist die zweite Zeitkonstante (τ_2) um einen Faktor größer als 10, bevorzugt größer als 100 kleiner als die erste Zeitkonstante (τ_1). In einer anderen Variante des Verfahrens hängt die erste Zeitkonstante (τ_1) innerhalb des betreffenden Autoadressierungsbusknotens (SL_j) von dem mittels Messmitteln (**R2**, **D1**, **D3**) erfassten Werts des Busknotenausgangsstroms (i_j) des betreffenden Autoadressierungsbusknotens (SL_j) ab. Beispielsweise ist es vorteilhaft, wenn die erste Zeitkonstante (τ_1) zu Beginn, wenn der Gesamtstrom durch den Bus-Shunt-Widerstand noch klein ist sehr kurz ist und somit die Adressierungsstromquelle des jeweiligen Autoadressierungsbusknotens sehr schnell den Strom erhöht, während später der Adressierungsstrom der Autoadressierungsstromquelle langsam erhöht wird. Es ist also denkbar, dass die erste Zeitkonstante (τ_1) innerhalb des betreffenden Autoadressierungsbusknotens (SL_j) von dem mittels Messmitteln (**R2**, **D1**, **D3**) erfassten Werts des Busknotenausgangsstroms (i_j) des betreffenden Autoadressierungsbusknotens (SL_j) in der Art abhängt, dass der Wert der ersten Zeitkonstante (τ_1) unterhalb eines Schwellwerts einen ersten Wert und oberhalb des Schwellwerts einen zweiten Wert besitzt. Ebenso ist es natürlich denkbar, dass die zweite Zeitkonstante (τ_2) innerhalb des betreffenden Autoadressierungsbusknotens (SL_j) von dem mittels Messmitteln (**R2**, **D1**, **D3**) erfassten Werts des Busknotenausgangsstroms (i_j) des betreffenden Autoadressierungsbusknotens (SL_j) abhängt.

[0041] Um nun eine Vertauschung des LIN-Eingangs mit dem LIN-Ausgang detektieren zu können umfasst eine Variante des Verfahrens bevorzugt die Überprüfung des erfassten Werts des Busknotenausgangsstroms (i_j) des betreffenden Autoadressierungsbusknotens (SL_j) auf Plausibilität und Einleitung von Maßnahmen falls der erfasste Wert des Busknotenausgangsstroms (i_j) des betreffenden Autoadressierungsbusknotens (SL_j) nicht plausibel ist.

[0042] In einer weiteren Verfeinerung kann dann als Gegenmaßnahme eine Neubestimmung des Einspeisepunkts des Adressierungsstroms erfolgen, falls der erfasste Wert des Busknotenausgangsstroms (i_j) des betreffenden Autoadressierungsbusknotens (SL_j) nicht plausibel ist.

[0043] Neben diesen kompensierenden Maßnahmen kann auch eine Signalisierung eines Fehlers

über den Datenbus nach Aufforderung durch einen Bus-Master (**ECU**) erfolgen, falls der erfasste Wert des Busknotenausgangsstroms (i_j) des betreffenden Autoadressierungsbusknotens (SL_j) nicht plausibel ist.

[0044] Eine weitere Maßnahme, die zur Stabilität des Regelkreises notwendig ist, kann in einer Verfeinerung der Durchführung des Schritts des Erfassens des Werts des Busknotenausgangsstroms (i_j) des betreffenden Autoadressierungsbusknotens (SL_j) mittels Messmitteln (**R2**, **D1**, **D3**) sein. Bevorzugt erfolgt ein Erfassen des Werts des Busknotenausgangsstroms (i_j) des betreffenden Autoadressierungsbusknotens (SL_j) mittels Messmitteln (**R2**, **D1**, **D3**) mit einem ersten Vorzeichen, falls der erfasste Wert des Busknotenausgangsstroms (i_j) des betreffenden Autoadressierungsbusknotens (SL_j) plausibel ist, und ein Erfassen des Werts des Busknotenausgangsstroms (i_j) des betreffenden Autoadressierungsbusknotens (SL_j) mittels Messmitteln (**R2**, **D1**, **D3**) mit einem zweiten Vorzeichen, das zum ersten Vorzeichen invertiert ist, falls der erfasste Wert des Busknotenausgangsstroms (i_j) des betreffenden Autoadressierungsbusknotens (SL_j) plausibel ist.

[0045] Eine weitere verfahrenstechnische Maßnahme kann die Verwendung einer vorbestimmten Fehleradresse als gültige Busknotenadresse des betreffenden Autoadressierungsbusknotens (SL_j) sein, falls der erfasste Wert des Busknotenausgangsstroms (i_j) des betreffenden Autoadressierungsbusknotens (SL_j) nicht plausibel ist. Diese kann konstruktiv vorbestimmt sein oder beispielsweise per Broadcast-Message durch den Bus-Master (**ECU**) vorgegeben werden.

[0046] Es wird somit ein Datenbussystem mit Busknoten (**SL1**, **SL2**, **SL3**) für einen seriellen Datenbus vorgeschlagen, die jeweils einen Bus-Shunt-Widerstand (**R2**) aufweisen, der jeweils in den Datenbus eingefügt ist. Des Weiteren sollen sie eine Adressierungsstromquelle (**Iq1**, **Iq2**, **Iq3**) zur Ermittlung der Busposition des Busknotens im Datenbus aufweisen, die einen Adressierungsstrom in der Art in den Datenbus geregelt zusätzlich einspeisen kann, dass der Gesamtstrom (**i1**, **i2**, **i3**) durch den Bus-Shunt-Widerstand (**R2**) des Busknotens (**SL1**, **SL2**, **SL3**) einem vorgegebenen oder berechneten oder sonst wie bestimmten Summenstrom (**I_{ref}**) entspricht. Die Regelung erfolgt dabei über den besagten Regelkreis (**R2**, **D1**, **D3**, **F**, **Iq1**, **Iq2**, **Iq3**). Dabei durchströmt der Adressierungsstrom den Bus-Shunt-Widerstand (**R2**) des betreffenden Autoadressierungsbusknotens. Eine Variante des vorgeschlagenen Busknotens verfügt dabei über Mittel (**R2**, **D1**), um den Strom durch den Bus-Shunt-Widerstand (**R2**) zu detektieren, was die Erfassung eines Messwerts umfassen kann. Dieser detektierte Strom durch den Bus-Shunt-Widerstand (**R2**) kann in der Weise für einen Selbsttest ge-

nutzt werden, dass die oben beschriebenen Fehler (z.B. Bus-Shunt-Widerstandsabriss) detektiert werden können.

[0047] In einer weiteren Variante der Vorrichtung weist diese eine Detektionsvorrichtung (**DET**) auf, die interne Signale (**ds1**, **ds3**) des Busknotens (**SLx**) auf Plausibilität prüft. Hier sei auf die Beschreibung der Figuren verwiesen.

[0048] Der Busknoten (**SLx**) oder eine Teilvorrichtung (**DET**) des Busknotens (**SLx**) ist dabei bevorzugt so gestaltet, dass er Maßnahmen ergreift, wenn die Detektionsvorrichtung (**DET**) nicht plausible interne Signale innerhalb des Busknotens feststellt. Hier sei auf die folgende Beschreibung der Figuren bezüglich möglicher Maßnahmen verwiesen.

[0049] Beispielsweise weist ein vorschlagsgemäßer Busknoten eine Teilvorrichtung (**MUX**) aufweist, die den Einspeisepunkt des Adressierungsstromes der Adressierungsstromquelle (**lqx**) ändern kann. Alternativ statt einer Adressierungsstromquelle (**lqx**) und eines Multiplexers (**MUX**) kann ein vorschlagsgemäßer Busknoten (**SLx**) auch eine erste Adressierungsstromquelle (**lqx1**) und eine zweite Adressierungsstromquelle (**lqx2**) aufweisen, wobei die erste Adressierungsstromquelle (**lqx1**) ihren Strom in einen mit dem ersten Anschluss des Bus-Shunt-Widerstands (**R2**) verbundenen Knoten einspeist, wenn sie Strom einspeist, und wobei die zweite Adressierungsstromquelle (**lqx2**) ihren Strom in einen mit dem ersten Anschluss des Bus-Shunt-Widerstands (**R2**) verbundenen Knoten einspeist, wenn sie Strom einspeist. Um die Autoadressierung zu ermöglichen speist nur eine der beiden Adressierungsstromquellen (**lqx1**, **lqx2**) den Autoadressierungsstrom ein, während die jeweils andere bevorzugt keinen Strom einspeist. Bevorzugt speisen also die beiden Adressierungsstromquellen (**lqx1**, **lqx2**) ihre Ströme so ein, dass der Adressierungsstrom den Bus-Shunt-Widerstand (**R2**) vorzugsweise in Richtung des Bus-Masters (**ECU**) durchströmt.

[0050] In einer weiteren besonders bevorzugten Variante des Autoadressierungsbusknotens erhöht die den Adressierungsstrom einspeisende Adressierungsstromquelle (**lq1**, **lq2**, **lq2**) den Adressierungsstrom mit einer ersten Zeitkonstante (τ_1) und erniedrigt ihn mit einer zweiten Zeitkonstante (τ_2), die kleiner als die erste Zeitkonstante (τ_1) ist.

[0051] Zur Verbesserung der EMV-Fähigkeit wird vorgeschlagen, ein Verfahren zur Vergabe von Busknotenadressen innerhalb eines seriellen Datenbusses aus einer Kette von Busknoten (**SL1**, **SL2**, **SL3**) und einem Busmaster (**ECU**) wie z.B. oben beschrieben auszuführen. Das folgende Prinzip zur Verbesserung des EMV-Verhaltens kann aber auch auf Autoadressierungsmethoden ange-

wandt werden, wie sie beispielsweise in den Schriften DE 10 256 631 B4, EP 1 603 282 B1, US 7 590 140 B2, EP 1 490 772 B1, EP 1 298 851 B1 und der noch unveröffentlichten deutschen Patentanmeldungen DE 10 2017 122 364.9 bekannt sind.

[0052] Dabei können die Busknoten (**SL1**, **SL2**, **SL3**) Autoadressierungsbusknoten oder Standard-Busknoten sein. Der Datenbus weist einen Busmaster (**ECU**) auf. Jeder Busknoten (**SL2**, **SL3**) weist einen vorausgehenden Busknoten (**SL1**, **SL2**) auf, wenn er nicht der erste Busknoten (**SL1**) ist. Jeder Busknoten (**SL2**, **SL3**) ist mit seinem vorausgehenden Busknoten (**SL1**, **SL2**) durch den Datenbus verbunden, wenn er nicht der erste Busknoten (**SL1**) ist. Der erste Busknoten (**SL1**) ist mit dem Busmaster (**ECU**) durch den Datenbus verbunden. Jeder Busknoten (**SL2**, **SL3**) sendet einen Busknotenausgangsstrom (**i2**, **i3**) an seinen vorausgehenden Busknoten (**SL1**, **SL2**) über einen Busknoten-Ausgang, wenn er nicht der erste Busknoten (**SL1**) ist. Der erste Busknoten (**SL1**) sendet einen Busknotenausgangsstrom (**i1**) an den Busmaster (**ECU**) über einen Busknoten-Ausgang. Jeder Busknoten (**SL1**, **SL2**) empfängt einen Busknoteneingangsstrom (**i2**, **i3**) von seinen nachfolgenden Busknoten (**SL2**, **SL3**) über einen Busknoten Eingang, wenn er nicht der letzte Busknoten (**SL3**) ist.

[0053] Das Verfahren zur Vergabe von Busknotenadressen innerhalb eines seriellen Datenbusses aus einer Kette von Busknoten (**SL1**, **SL2**, **SL3**) und einem Busmaster (**ECU**) umfasst dann erfindungsgemäß folgende Schritte:

- Einfügen eines zugeordneten Bus-Shunt-Widerstands (**R2**) je Autoadressierungsbusknoten (**SL1**, **SL2**, **SL3**), der Teil des jeweiligen Autoadressierungsbusknotens (**SL1**, **SL2**, **SL3**) ist, in den seriellen Datenbus, durch Öffnen eines Bus-Shunt-Überbrückungsschalters (**S4**) innerhalb des jeweiligen Autoadressierungsbusknotens (**SL1**, **SL2**, **SL3**), der dem zugeordneten Bus-Shunt-Widerstand (**R2**) zugeordnet ist. Es ist offensichtlich, dass dieses Einfügen nur dann erfolgt, wenn der Bus-Shunt-Überbrückungsschalter (**S4**) des jeweiligen Bus-Shunt-Widerstands (**R2**) noch nicht geöffnet ist. Im Rahmen dieser Offenbarung wird davon ausgegangen, dass der jeweilige Bus-Shunt-Widerstand (**R2**) eines Autoadressierungsbusknotens (**SL1**, **SL2**, **SL3**) zu Anfang der Adressierungssequenz durch den jeweiligen Bus-Shunt-Überbrückungsschalters (**S4**) überbrückt ist und damit aus dem Datenbus entfernt ist;
- Ermittlung und Vergabe einer Busknotendresse für zumindest einen der Autoadressierungsbusknoten (**SL1**, **SL2**, **SL3**), dem neuadressierten Autoadressierungsbusknoten (**SL1**, **SL2**, **SL3**), unter Zuhilfenahme der nicht durch ihren

zugeordneten Bus-Shunt-Überbrückungsschalter (**S4**) überbrückten, zugeordneten Bus-Shunt-Widerstände (**R2**);

- Überbrücken des zugeordneten Bus-Shunt-Widerstands (**R2**) des neuadressierten Autoadressierungsbusknoten (**SL1, SL2, SL3**) durch Schließen des dem zugeordneten Bus-Shunt-Widerstand (**R2**) des neuadressierten Autoadressierungsbusknoten (**SL1, SL2, SL3**) zugeordneten Bus-Shunt-Überbrückungsschalters (**S4**), wobei sich der neuadressierten Autoadressierungsbusknoten (**SL1, SL2, SL3**) wie nach der Vergabe der Busknotenadresse an den neuadressierten Autoadressierungsbusknoten (**SL1, SL2, SL3**) und dem Schließen seines zugeordneten Bus-Shunt-Überbrückungsschalters (**S4**) wie ein Standard-Busknoten bist zu einem Ereignis verhält, dass dieses Verhalten des neuadressierten Autoadressierungsbusknoten (**SL1, SL2, SL3**) aufhebt. Ein solches Ereignis kann beispielsweise ein Broadcast-Kommando an alle Autoadressierungsbusknoten sein, diese Bus-Shunt-Überbrückungsschalter (**S4**) zu öffnen oder ein Reset des Bussystems oder ein Spannungseinbruch der Versorgungsspannung. Bevorzugt führt ein Öffnen des Bus-Shunt-Überbrückungsschalters (**S4**) zu einem Ungültigwerden der vergeben Busknotenadresse des betreffenden Autoadressierungsbusknotens (**SL1, SL2, SL3**);

- Ggf. Wiederholung der Ermittlung und Vergabe einer Busknotenadresse für zumindest einen weiteren der Autoadressierungsbusknoten (**SL1, SL2, SL3**) und ggf. Überbrücken des zugeordneten Bus-Shunt-Widerstands (**R2**) des weiteren neuadressierten Autoadressierungsbusknoten (**SL1, SL2, SL3**) mittels des zugeordneten Bus-Shunt-Überbrückungsschalters (**S4**) bis ggf. alle Autoadressierungsbusknoten (**SL1, SL2, SL3**) eine Busknotenadresse erhalten haben. Natürlich kann dieser Prozess auch abgebrochen werden, ohne dass alle Autoadressierungsbusknoten (**SL1, SL2, SL3**) eine Busknotenadresse erhalten haben. Dies dürfte in der Regel aber nicht sinnvoll sein;

[0054] Um das zuvor beschriebene Verfahren durchführen zu können wird ein erfindungsgemäßer Busknoten vorgeschlagen, der zur Durchführung eines Verfahrens zur Vergabe von Busknotenadressen an Busknoten eines seriellen Datenbussystems in der Lage ist, wobei das Verfahren zur Vergabe von Busknotenadressen an Busknoten eines seriellen Datenbussystems mit Hilfe von Bus-Shunt-Widerständen (**R2**) in den einzelnen Busknoten (**SL1, SL2, SL3**) in einem Vergabezeitraum durchgeführt wird und wobei sich nach der Verfahren zur Vergabe von Busknotenadressen an die Busknoten des seriellen Datenbussystems in dem Vergabezeitraum ein Be-

triebszeitraum anschließt. Der Busknoten weist zu diesem Zweck einen solchen Bus-Shunt-Widerstand (**R2**) auf. Erfindungsgemäße weist er einen Bus-Shunt-Überbrückungsschalter (**S4**) auf, der vor Vergabe einer Busknotenadresse an den Busknoten im Vergabezeitraum geöffnet ist und der nach Vergabe einer Busknotenadresse an den Busknoten im Vergabezeitraum geschlossen ist und der in dem Betriebszeitraum geschlossen ist.

Vorteil des Vorschlags

[0055] Das vorgeschlagene Verfahren und der vorgeschlagene Busknoten ermöglichen eine Autoadressierung nach einem der vorbenannten Verfahren (bus-shunt-method = BSM-Autoadressierung), wie sie beispielsweise in den Schriften DE 10 256 631 B4, EP 1 603 282 B1, US 7 590 140 B2, EP 1 490 772 B1, EP 1 298 851 B1 und der noch unveröffentlichten deutschen Patentanmeldungen DE 10 2017 122 364.9 offenbart sind. Durch den Shunt-Überbrückungsschalter (**S4**) wird der Widerstand im Normalbetrieb nach durchgeführter Autoadressierung auf ein Minimum reduziert, während im Adressierungsbetrieb der Widerstandswert eine gute und robuste Autoadressierung ermöglicht.

Vorteile sind hierauf aber nicht beschränkt.

Figurenliste

Fig. 1

zeigt vereinfacht, schematisch ein vorschlagsgemäßes Bussystem, wobei die Messung des Summenstroms durch die Messung des Summenstroms an einem Shunt-Widerstand im Busausgang des jeweiligen Autoadressierungsbusknotens (**SL1, SL2, SL3**) erfolgt.

Fig. 2 bis Fig. 4

zeigen den Verlauf der Ausgangsströme (**i1, i2, i3**) der Busknoten (**SL1, SL2, SL3**) und der Ströme der Adressierungsstromquellen (**Iq1, Iq2, Iq3**) für verschiedene Zeitkonstanten der Regelung.

Fig. 5

zeigt schematisch vereinfacht ein Bussystem der Kategorie A mit zwei Standard-Busknoten (**CS1, CS2**), die keine Autoadressierungsfähigkeit besitzen.

Fig. 6

zeigt schematisch vereinfacht ein Bussystem der Kategorie B mit zwei Standard-Busknoten (**CS1, CS2**), die keine Autoadressierungsfähigkeit besitzen.

Fig. 7

zeigt schematisch vereinfacht ein Bussystem der Kategorie C mit zwei Standard-Busknoten

(**CS1**, **CS2**), die keine Autoadressierungsfähigkeit besitzen.

Fig. 8

zeigt den Fall der Verdrehung des zweiten Busknotens (**SL2**).

Fig. 9

zeigt die Situation der **Fig. 8** nach dem Erkennen einer Vertauschung der LIN-Ein- und Ausgänge und Durchführung von Gegenmaßnahmen.

Fig. 10

zeigt den zweiten Autoadressierungsbusknoten (**SL2**), der **Fig. 8** und **Fig. 9** in detaillierter Form nun als x-ten Autoadressierungsbusknoten (**SLx**).

Fig. 11

entspricht der **Fig. 5** und zeigt schematisch vereinfacht ein Bussystem der Kategorie A mit zwei Standard-Busknoten (**CS1**, **CS2**), die keine Autoadressierungsfähigkeit besitzen und Autoadressierungsbusknoten (**SL1**, **SL2**, **SL3**) mit je einem Bus-Shunt-Überbrückungsschalter (**S4**) und einem Empfänger (**Rec**).

Beschreibung der Figuren

Figur 1

[0056] **Fig. 1** zeigt vereinfacht und schematisch ein vorschlagsgemäßes Bussystem.

[0057] Zu Beginn der Autoadressierung signalisiert der Busmaster (**ECU**) an alle Autoadressierungsbusknoten, dass die Busknotenadressen vergeben werden sollen. Die folgende Adressvergabe ist in Adressvergabephasen aufgespalten, wobei in jeder Adressvergabephase genau mittels eines Initialisierungsdurchlaufs bevorzugt genau ein Autoadressierungsbusknoten, nämlich der letzte der Autoadressierungsbusknoten (**SL1**, **SL2**, **SL3**) vom Busmaster (**ECU**) aus in der Busknotenkette, der noch keine Busknotenadresse erhalten hat, eine gültige Busknotenadresse vom Busmaster (**ECU**) erhält. Bevorzugt übermittelt der Busmaster mittels eines sogenannten Broadcast-Kommandos an alle Autoadressierungsbusknoten die Anzahl der Standard-Busknoten, die sich vor den Autoadressierungsbusknoten (**SL1**, **SL2**, **SL3**), also zwischen diesen und dem Busmaster (**ECU**) befinden oder einen maximalen Adressierungsstrompegel. Selbstverständlich kann dieser maximale Adressierungsstrompegel I_{amax} auch den Busknoten einprogrammiert sein, da die Bus-Topologie ja typischerweise konstruktiv und nicht betriebsbedingt ist und daher vorhersagbar ist. Hierbei wird festgelegt, welcher Summenstrom (I_{ref}) durch den Bus-Shunt-Widerstand (**R2**) fließen soll.

[0058] Zu Beginn jeder Adressvergabephase schließt der Busmaster (**ECU**) seinen Schalter (**SB**)

wieder für eine vorbestimmte Adressierungszeit T_A . Bei dieser Stromsenke (**SB**) des Busmasters (**ECU**) handelt es sich in der Regel in Wirklichkeit um eine komplexere Struktur, die auch einen Buskurzschluss detektieren kann und hier nur vereinfacht wieder gegeben ist. Auf diese Weise stellt der Busmaster (**ECU**) eine Stromsenke für den Adressierungsstrom der Autoadressierungsstromquellen und die Busknoten Grundströme der Busknoten in der folgenden Adressvergabephase bereit. Die autoadressierungsfähigen Autoadressierungsbusknoten (**SL1**), (**SL2**) und (**SL3**) registrieren, dass der Datenbus gegen Masse gezogen wird und öffnen ihre jeweiligen Schalter **S1** und **S2**. Damit speisen die Autoadressierungsbusknoten (**SL1**, **SL2**, **SL3**) keinen Busknoten Grundstrom mehr in den Datenbus ein.

[0059] Nach Verstreichen eines ersten Zeitraums (**dt1**) bestimmen die Autoadressierungsbusknoten den Grundstrom durch den jeweiligen Bus-Shunt-Widerstand (**R2**) durch Vermessen des Spannungsabfalls über diesen Bus-Shunt-Widerstand (**R2**). Dieser Spannungsabfall kann beispielsweise als Offset-Spannungswert in einer Sample-And-Hold-Schaltung zwischen gespeichert werden und durch eine Subtrahierer Schaltung in der Folge von dem dann später gemessenen Spannungsabfall über den Bus-Shunt-Widerstand (**R2**) abgezogen werden. Hierdurch wird sichergestellt, dass nur der vom jeweiligen Grundstrom abweichende Busstrom, der auf dem Adressierungsstrom der Autoadressierungsbusknoten, für die Adressvergabe und die Regelung der Adressierungsstromquellen (**Iq1**, **Iq2**, **Iq3**) genutzt wird.

[0060] Diese Phase wird nach Verstreichen eines zweiten Zeitraums (**dt2**) beendet.

[0061] Alle Autoadressierungsbusknoten, die noch keine gültige Busknotenadresse besitzen, erfassen den vom Grundstrom abweichenden Strom durch ihren jeweiligen Bus-Shunt-Widerstand (**R2**) und regeln auf Basis dieses so erhaltenen Busstrommesswerts nun im Anschluss daran ihre jeweilige Adressierungsstromquelle (**Iq1**, **Iq2**, **Iq3**) so aus, dass der Strom durch ihren jeweiligen Bus-Shunt-Widerstand (**R2**) der zuvor ermittelten oder vorgegebenen Stromsumme (I_{ref}) entspricht. Hierzu verfügt der jeweilige Autoadressierungsbusknoten über Messmittel (**R2**, **D1**, **D3**), um die reale Stromsumme in Form des jeweiligen Busknotenausgangsstroms (**i1**, **i2**, **i3**) in Richtung Busmaster (**ECU**) zu ermitteln. Hierbei wird der Spannungsabfall über den Bus-Shunt-Widerstand (**R2**) erfasst und bevorzugt nach Abzug des Spannungswerts für den Busgrundstrom als Stromsummensignal weiterverarbeitet. Wie bereits erläutert, wird das so erzeugte Stromsummensignal in einem vorzugsweise nichtlinearen Filter (**F1**) zu einem Regelsignal gefiltert. Dieses wird mit einem Referenzwert (**Ref**) durch eine Differenzverstärkerstufe verglichen, was einem Vergleich des jeweili-

gen Busknotenausgangsstroms (i_1 , i_2 , i_3) mit einem Referenzstrom (I_{ref}) in seiner Wirkung gleichkommt. Bei der Einstellung oder Berechnung des Referenzstroms (I_{ref}) wird also in Wirklichkeit typischerweise dieser Referenzwert (**Ref**) festgelegt. Dieser Vergleich kann vor und nach der Filterung im Filter (**F**) erfolgen. Bevorzugt handelt es sich um eine Differenzbildung. Auch kann nach diesem Vergleich eine weitere Filterung erfolgen, die in den Figuren nicht eingezeichnet ist. Der so ermittelte Regelwert (**rw1**, **rw2**, **rw3**) steuert dann die jeweilige Adressierungsstromquelle (**lq1**, **lq2**, **lq3**) des jeweiligen Autoadressierungsbusknotens (**SL1**, **SL2**, **SL3**).

[0062] Da die Stromsumme am Ausgang des jeweiligen Autoadressierungsbusknotens (**SL1**, **SL2**, **SL3**) immer konstant sein soll, liefert schließlich nur der letzte Autoadressierungsbusknoten (**SL3**) elektrischen Strom in den Datenbus, während alle anderen Adressierungsstromquellen (**lq1**, **lq2**) der anderen Autoadressierungsbusknoten (**SL1**, **SL2**) durch die Regler (**R2**, **D1**, **D3**, **F**) der anderen Autoadressierungsbusknoten (**SL1**, **SL2**) herunter geregelt sind. Dies hat zur Folge, dass der Regelwert (**rw3**) des letzten Busknotens (**SL3**) sich durch die Regelwerte (**rw1**, **rw2**) der anderen Busknoten (**SL1**, **SL2**) darin unterscheidet, dass er die Adressierungsstromquelle (**lq3**) seines Busknotens (**SL3**) voll aufsteuert, während die Regelwerte (**rw1**, **rw2**) der vorausgehenden Busknoten (**SL1**, **SL2**) solche Werte haben, dass sie ihre Adressierungsstromquellen (**lq1**, **lq2**) herunterregeln. Somit kann jeder Busknoten (**SL1**, **SL2**, **SL3**) diesen Regelwert (**rw1**, **rw2**, **rw3**) mit einem vorzugsweise in etwa gleichen Schwellwert (**SW**) vergleichen.

[0063] Diese Phase endet nach einem dritten Zeitraum (**dt3**).

[0064] Das Ende dieser Adressierungsphase ist bevorzugt durch das Öffnen des Stromsenkenschalters (**SB**) gekennzeichnet. Hierdurch wird der Datenbus wieder gegen Versorgungsspannung gebracht. Die Busknoten (**SL1**, **SL2**, **SL3**) frieren dann bevorzugt den Stand ihres jeweiligen Regelwerts (**rw1**, **rw2**, **rw3**) ein und werten ihn im Vergleich zum besagten Schwellwert (**SW**) aus und entscheiden dann auf dieser Basis, ob sie der letzte Autoadressierungsbusknoten (hier **SL3**) in der Busknotenkette (**SL1**, **SL2**, **SL3**) sind oder ein vorausgehender Autoadressierungsbusknoten (**SL1**, **SL2**). Sind sie der letzte Busknoten (**SL3**), so übernehmen sie die ganz zu Beginn vom Busmaster (**ECU**) signalisierte, zu vergebende Busknotenadresse, die sie vorzugsweise in einem geeigneten Speicher für diesen Fall nach dem Empfang abgespeichert haben. An weiteren Adressierungsphasen in Form von Initialisierungsdurchläufen nimmt dieser Autoadressierungsbusknoten (**SL3**) dann nicht mehr teil. Dies bedeutet, dass dieser Autoadressierungsbusknoten

(**SL3**) dann keinen Adressierungsstrom mittels seiner Adressierungsstromquelle (**lq3**) mehr in den Datenbus einspeist. Selbstverständlich übernimmt er die vom Busmaster (**ECU**) angebotenen weiteren Busknotenadressen dann ebenso nicht mehr, da er ja über eine gültige Busknotenadresse verfügt und sich wie ein Standard-busknoten bis zum ungültig werden seiner gültigen Busknotenadresse verhalten soll. Die Busknotenadresse eines Autoadressierungsbusknotens wird beispielsweise ungültig, z.B. bei einem Spannungseinbruch der Betriebsspannung unter einen Betriebsspannungsschwellwert oder beispielsweise aufgrund eines Befehls des Busmasters oder aufgrund einer anderen Signalisierung.

[0065] Bevorzugt prüft der Busmaster am Ende eines jeden Initialisierungsdurchlaufs die erfolgreiche Adressvergabe.

[0066] Es folgt dann die Adressierungsphase in Form eines folgenden Initialisierungsdurchlaufs, in der der nächste nunmehr letzte noch nicht adressierte Autoadressierungsbusknoten (**SL2**) seine gültige Busknotenadresse auf gleiche Weise erhält. Der Ablauf erfolgt analog. An weiteren Adressierungsphasen in Form von folgenden Initialisierungsdurchläufen nimmt dieser Autoadressierungsbusknoten (**SL2**) dann so wie der zuerst mit einer gültigen Busknotenadresse versehene Autoadressierungsbusknoten (**SL3**) auch nicht mehr teil. Er verhält sich dann wie ein Standard-Busknoten. Dies bedeutet, dass er keinen Adressierungsstrom mittels seiner Adressierungsstromquelle (**lq2**) mehr in den Datenbus einspeist. Selbstverständlich übernimmt er die vom Busmaster (**ECU**) angebotenen weiteren zu vergebenden Busknotenadressen dann ebenfalls nicht mehr, da er ja dann über eine gültige Busknotenadresse verfügt. Dies wird fortgesetzt, bis alle Autoadressierungsbusknoten eine gültige Busknotenadresse erhalten haben.

Figur 2

[0067] Fig. 2 zeigt den Verlauf des Ausgangsstroms (i_1) des ersten Busknotens (**SL1**), des Ausgangsstroms (i_2) des zweiten Busknotens (**SL2**) und des Ausgangsstroms (i_3) des dritten Busknotens (**SL3**). Außerdem zeigt sie den Strom (I_{1_intern}) der Adressierungsstromquelle (**lq1**) des ersten Busknotens (**SL1**), den Strom (I_{2_intern}) der Adressierungsstromquelle (**lq2**) des zweiten Busknotens (**SL2**) und den Strom (I_{3_intern}) der Adressierungsstromquelle (**lq3**) des dritten Busknotens (**SL3**). Hier sind die Zeitkonstanten für Heraufreglung der Adressierungsstromquellen und Herunterreglung der Adressierungsstromquellen in etwa gleich. Es kommt zu einem Überschwinger. Gut zu erkennen ist, dass der Strom (I_{1_intern}) der Adressierungsstromquelle (**lq1**) des ersten Busknotens (**SL1**) und der Strom (I_{2_intern}) der Adressierungsstrom-

quelle (**Iq2**) des zweiten Busknotens (**SL2**) von den Reglern dieser Autoadressierungsbusknoten herunter geregelt werden, während der Strom (**I3_intern**) der Adressierungsstromquelle (**Iq3**) des dritten Busknotens (**SL3**) auf den Referenzwert geregelt wird. Die Zeit zum Einschwingen wird anders als in der DE 10 2010 026 431 B1 nur durch die erste Zeitkonstante (τ_1) bestimmt.

Figur 3

[0068] Fig. 3 zeigt den Verlauf des Ausgangsstroms (**i1**) des ersten Busknotens (**SL1**), des Ausgangsstroms (**i2**) des zweiten Busknotens (**SL2**) und des Ausgangsstroms (**i3**) des dritten Busknotens (**SL3**). Außerdem zeigt sie den Strom (**I1_intern**) der Adressierungsstromquelle (**Iq1**) des ersten Busknotens (**SL1**), den Strom (**I2_intern**) der Adressierungsstromquelle (**Iq2**) des zweiten Busknotens (**SL2**) und den Strom (**I3_intern**) der Adressierungsstromquelle (**Iq3**) des dritten Busknotens (**SL3**). Hier sind die Zeitkonstanten für Heraufregelung der Adressierungsstromquellen in etwa zehnmal so lang wie die Zeitkonstanten für die Herunterregelung der Adressierungsstromquellen. Es kommt zu einem minimalen Überschwinger.

Figur 4

[0069] Fig. 4 zeigt den Verlauf des Ausgangsstroms (**i1**) des ersten Busknotens (**SL1**), des Ausgangsstroms (**i2**) des zweiten Busknotens (**SL2**) und des Ausgangsstroms (**i3**) des dritten Busknotens (**SL3**). Außerdem zeigt sie den Strom (**I1_intern**) der Adressierungsstromquelle (**Iq1**) des ersten Busknotens (**SL1**), den Strom (**I2_intern**) der Adressierungsstromquelle (**Iq2**) des zweiten Busknotens (**SL2**) und den Strom (**I3_intern**) der Adressierungsstromquelle (**Iq3**) des dritten Busknotens (**SL3**). Hier sind die Zeitkonstanten für Heraufregelung der Adressierungsstromquellen in etwa hundertmal so lang wie die Zeitkonstanten für die Herunterregelung der Adressierungsstromquellen. Es kommt zu keinem Überschwinger.

Figur 5

[0070] Fig. 5 zeigt schematisch vereinfacht ein Bussystem der Kategorie A mit zwei Standard-Busknoten (**CS1**, **CS2**), die keine Autoadressierungsfähigkeit besitzen.

Figur 6

[0071] Fig. 6 zeigt schematisch vereinfacht ein Bussystem der Kategorie B mit zwei Standard-Busknoten (**CS1**, **CS2**), die keine Autoadressierungsfähigkeit besitzen.

Figur 7

[0072] Fig. 7 zeigt schematisch vereinfacht ein Bussystem der Kategorie C mit zwei Standard-Busknoten (**CS1**, **CS2**), die keine Autoadressierungsfähigkeit besitzen.

Figur 8

[0073] Fig. 8 zeigt den Fall der Verdrehung des zweiten Busknotens (**SL2**). Bei dem zweiten Busknoten (**SL2**) sind in diesem Beispiel der LIN-Bus-Eingang und der LIN-Bus-Ausgang vertauscht. Dieser Betriebsfall soll erkannt werden. Die Vertauschung hat zur Folge, dass der Bus-Shunt-Strom (**i2R**) durch den Bus-Shunt Widerstand (**R2**) dieses verdrehten zweiten Busknotens (**SL2**), in dessen Bus-Shunt Widerstand (**R2**) rückwärts im Vergleich zur Normallage eingespeist wird. Dieser Bus-Shunt-Strom (**i2R**) durch den Bus-Shunt Widerstand (**R2**) umfasst in diesem Beispiel nur den Busknotenausgangsstrom (**i3**) des nachfolgenden, dritten Autoadressierungsbusknotens (**SL3**) bzw. in anderen Fällen der nachfolgenden Busknoten. Dieser Busknotenausgangsstrom (**i3**) des dritten Autoadressierungsbusknotens (**SL3**) führt also nun zu einem negativen Spannungsabfall (**V_{R2}**) über den Bus-Shunt-Widerstand (**R2**). Dies kann von dem ersten Differenzverstärker (**D1**) des verdrehten zweiten Autoadressierungsbusknotens (**SL2**) in diesem Beispiel erkannt werden. Dessen Ausgang (**ds1**) saturiert infolge der negativen Ansteuerung durch den negativen Spannungsabfall (**V_{R2}**) über den Bus-Shunt-Widerstand (**R2**) bei dem kleinsten möglichen Ausgangspegel des Ausgangs (**ds1**) des Differenzverstärkers (**D1**). Dieser kleinste mögliche Ausgangspegel des Ausgangs (**ds1**) des Differenzverstärkers (**D1**) kann ein betragsmäßiger Maximalwert eines negativen Ausgangswerts oder ein betragsmäßiger Minimalwert eines positiven Ausgangswerts sein. Typischerweise liegt dies je nach Konstruktion des ersten Differenzverstärkers (**D1**) und seiner Spannungsversorgung in der Nähe von OV. Damit liegt der Ausgang (**ds1**) des ersten Differenzverstärkers (**D1**) typischerweise unter dem Pegel des Referenzwerts (**Ref**). Dies verursacht ein großes positives Signal am Ausgang (**ds3**) des dritten Differenzverstärkers (**D3**) und damit zumindest nach dem Einschwingen des nichtlinearen Filters (**F**) des verdrehten Autoadressierungsbusknotens (**SL2**) eine Maximierung des Adressierungsstroms durch die geregelte Adressierungsstromquelle (**iq2**) des zweiten, hier in diesem beispielhaften Fehlerfall verdrehten Autoadressierungsbusknotens (**SL2**). Somit erhöht der Regelkreis den Adressierungsstrom, der durch die Adressierungsstromquelle (**Iq2**) in den Datenbus eingespeist wird. Hierbei entsteht nun das Problem, dass dieser Adressierungsstrom nicht wie vorgesehen durch den eigenen Bus-Shunt-Widerstand (**R2**) fließt. Somit ist der vorgesehene Regelkreis unterbrochen. Die Stromtransi-

ente durch den Busknotenausgangsstrom (**i3**) des nachfolgenden dritten Autoadressierungsbusknotens (**SL3**) bewirkt daher nicht wie vorgesehen eine positive Stromtransiente im Bus-Shunt-Widerstand (**R2**), sondern eine negative Stromtransiente. Weitere hinter dem zweiten verdrehten Autoadressierungsbusknoten (**SL2**) liegende Autoadressierungsbusknoten (**SL2**) würden den Spannungsabfall über den Bus-Shunt-Widerstand (**R2**) des zweiten verdrehten Autoadressierungsbusknotens (**SL2**) weiter negativ vorspannen.

[0074] Der verdrehte zweite Autoadressierungsbusknoten (**SL2**) kann jedoch anhand des Spannungsabfalls (**V_{R2}**) über seinen Bus-Shunt-Widerstand (**R2**), der den Spannungsbetrag von $|V_{R2}| = |i2R| \cdot |R2|$ hat, erkennen, dass ein Missverhältnis zwischen der durch seine geregelte Adressierungsstromquelle (**Iq2**) erzeugte Transiente des Adressierungsstroms und der im Normalfall korrelierenden Transiente des Spannungsabfalls (**V_{R2}**) über seinen Bus-Shunt-Widerstand (**R2**) besteht. Außerdem liegt dann ein Vorzeichenfehler vor. Erfasst ein x-ter Autoadressierungsbusknoten (**SLx**) an einer x-ten Position in der Kette der Busknoten also einen negativen Spannungsabfall (**V_{R2}**) über seinen Bus-Shunt-Widerstand (**R2**) und sollte seine Adressierungsstromquelle (**Iq2**) einen positiven Strom liefern, so kann der betreffende Autoadressierungsbusknoten (**SL2**) diese Konstellation erkennen und Gegenmaßnahmen einleiten.

[0075] Insbesondere muss der betreffende x-te Autoadressierungsbusknoten (**SLx**) verhindern, dass in diesem Fehlerfalle der Adressierungsstrom seiner geregelte Adressierungsstromquelle (**Iqx**) und damit der Busknotenausgangsstrom (**ix**) des betreffenden x-ten Autoadressierungsbusknotens (**SLx**) weiter steigt, da der Busknotenausgangsstrom (**ix**), der die Summe des Buseingangsstroms und des Adressierungsstrom seiner geregelte Adressierungsstromquelle (**Iqx**) ist, den maximalen LIN-Busstrom überschreiten würde (Bedingung: $i1 = < 40\text{mA}$).

[0076] Im einfachsten Fall schaltet der x-te Autoadressierungsbusknoten (**SLx**) seine Adressierungsstromquelle (**Iqx**) ab und übernimmt eine vorherbestimmte Fehleradresse als Busknotenadresse. Der Busmaster (**ECU**) kann nach erfolgter Autoadressierung eine Testabfrage der Busknoten mit dieser Fehleradresse als Busknotenadresse senden, worauf diese mit einer standardisierten Antwort antworten.

[0077] Der Busmaster (**ECU**) kann dann im einfachsten Fall einen Busfehler an alle Busknoten und/oder Nutzer signalisieren. Der Busmaster (**ECU**) kann aber auch einen Befehl an die Busknoten mit dieser Fehleradresse absetzen, woraufhin diese zum Ersten den Einspeisepunkt Ihres Adressierungsstromes z.B. durch einen Multiplexer (**MUX**) ändern und zum

Zweiten die Polarität der Eingänge oder alternativ des Ausgangs des ersten Differenzverstärkers (**D1**) tauschen. Der Bus-Master (**ECU**) führt dann eine erneute Adressvergabe durch. Erst wenn diese immer noch fehlerhaft ist, signalisiert er bevorzugt einen Fehler. Ggf. schaltet er die dann immer noch betroffenen Busknoten per Befehl (Broadcast-Befehl) an die besagte Fehleradresse ab, da dann offensichtlich ein anderer Fehler vorliegt.

Figur 9

[0078] Fig. 9 zeigt die Situation nach

- a. dem Erkennen einer Vertauschung der LIN-Ein- und Ausgänge,
- b. dem Umschalten des Einspeisepunkts des Autoadressierungsstroms der Adressierungsstromquelle (**Iq2**) des hier beispielhaft verdrehten zweiten Autoadressierungsbusknotens (**SL2**) und
- c. dem Vertauschen der Polarität der Eingänge oder dem alternativen Vertauschen des Ausgangs des ersten Differenzverstärkers (**D1**).

Figur 10

[0079] Fig. 10 zeigt den zweiten Autoadressierungsbusknoten (**SL2**), der Fig. 8 und Fig. 9 in detaillierter Form nun als x-ten Autoadressierungsbusknoten. Hierbei steht x für eine Position in der LIN-Bus-Kette der Busknoten in Form einer positiven, ganzen, natürlichen Zahl. Es handelt sich um einen x-ten Autoadressierungsbusknoten (**SLx**) der in der Lage ist,

- zum Ersten eine Vertauschung seines LIN-Eingangs mit seinem LIN-Ausgang zu erkennen und
- zum Zweiten in diesem Fall als beispielhafte Gegenmaßnahme den Einspeisepunkt für den Adressierungsstrom seiner geregelten Adressierungsstromquelle (**Iqx**) so vor oder hinter seinem Bus-Shunt Widerstand (**R2**) zu positionieren, dass die Autoadressierung je nach Beschaltung möglich ist.

[0080] Hierzu weist der in Fig. 10 beispielhaft dargestellte x-te Autoadressierungsbusknoten (**SLx**) eine Detektionsvorrichtung (**DET**) auf, die in der Lage ist, eine Vertauschung des LIN-Eingangs des x-ten Autoadressierungsbusknotens (**SLx**) mit dem LIN-Ausgang des x-ten Autoadressierungsbusknotens (**SLx**) festzustellen. Hierzu überprüft die beispielhafte Detektionsvorrichtung (**DET**) interne Signale des x-ten Autoadressierungsbusknotens (**SLx**) auf Plausibilität. Lassen die internen Signale des x-ten Autoadressierungsbusknotens (**SLx**) auf eine Vertauschung des LIN-Eingangs des x-ten Autoadressierungsbusknotens (**SLx**) mit dem LIN-Ausgang des x-ten Autoadressierungsbusknotens (**SLx**) sicher schließen,

so kann die Detektionsvorrichtung verschiedene beispielhafte Maßnahmen potenziell ergreifen.

- a. Signalisierung des Fehlers an einen Nutzer;
- b. Signalisierung des Fehlers an einen Bus-Master (**ECU**) mittels Antwort auf eine Diagnoseanfrage (Broadcast-Message);
- c. Verwendung einer Fehleradresse als Busknotenadresse;
- d. Umkonfiguration der internen Topologie zur Neutralisation des Fehlers;
- e. Umparametrierung interner Teilvorrichtungen wie z.B. Stromquellen zur Neutralisation des Fehlers;

Weitere Maßnahmen sind denkbar.

[0081] In dem Beispiel der **Fig. 10** ist eine Umkonfiguration der internen Topologie zur Neutralisation des Fehlers vorgesehen. In der **Fig. 10** ändert beispielhaft die Detektionsvorrichtung (**DET**) den Einspeisepunkt für den Adressierungsstrom der geregelten Adressierungsstromquelle (**I_{qx}**) des x-ten Autoadressierungsbusknotens (**SL_x**) beispielsweise mit Hilfe eines analogen Multiplexers (**MUX**) und vertauscht die Polarität der Eingänge oder des Ausgangs des ersten Differenzverstärkers (**D1**) mittels des Polaritätssignals (**pol**).

[0082] Alternativ zu dem Beispiel der **Fig. 10** ist eine Umparametrierung interner Teilvorrichtungen wie z.B. Stromquellen zur Neutralisation des Fehlers möglich wenn statt einer Adressierungsstromquelle (**I_{qx}**) des x-ten Autoadressierungsbusknotens (**SL_x**) und einem Multiplexer (**MUX**) eine erste Adressierungsstromquelle (**I_{qx1}**) des x-ten Autoadressierungsbusknotens (**SL_x**) und beispielsweise eine zweite Adressierungsstromquelle (**I_{qx2}**) des x-ten Autoadressierungsbusknotens (**SL_x**) verwendet werden, von denen die erste Adressierungsstromquelle (**I_{qx1}**) des x-ten Autoadressierungsbusknotens (**SL_x**) ihren Adressierungsstrom vor dem Bus-Shunt-Widerstand (**R2**) einspeist und die zweite Adressierungsstromquelle (**I_{qx2}**) des x-ten Autoadressierungsbusknotens (**SL_x**) ihren Adressierungsstrom hinter dem Bus-Shunt-Widerstand (**R2**) einspeist. In dem Fall würde die Detektionsvorrichtung (**DET**) den Adressierungsstrom einer der beiden Stromquellen (**I_{qx1}**, **I_{qx2}**) zu null setzen, so dass der äquivalente Effekt wie bei der Kombination einer Adressierungsstromquelle (**I_{qx}**) des x-ten Autoadressierungsbusknotens (**SL_x**) mit der Umschaltung durch einem Multiplexer (**MUX**) erzielt wird.

[0083] Beispielsweise kann die Detektionsvorrichtung (**DET**) erkennen, dass der Regelwert (**rw_x**) des x-ten Autoadressierungsbusknotens (**SL_x**) den Adressierungsstrom der Adressierungsstromquelle (**i_{qx}**) maximiert. Dies kann beispielsweise bei geeig-

neter Konstruktion durch Vergleich des Regelwerts (**rw_x**) mit einem zweiten Schwellwert (**Ref2**) geschehen. Ist die Ableitung des Adressierungsstromes der Autoadressierungsstromquelle (**i_{qx}**) nach dem Regelwert (**rw_x**) positiv, so bedeutet dies, dass der Regelwert (**rw_x**) oberhalb des zweiten Schwellwerts (**Ref2**) liegt. Des Weiteren kann die Detektionsvorrichtung (**DET**) gleichzeitig den Ausgang (**ds1**) des ersten Differenzverstärkers (**D1**) mit einem dritten Referenzwert vergleichen. Liegt der Ausgang (**ds1**) des ersten Differenzverstärkers (**D1**) unterhalb eines dritten Referenzwerts (**Ref3**), so kann die Detektionsvorrichtung auf einen negativen Spannungsabfall (**V_{R2}**) über den Bus-Shunt-Widerstand (**R2**) schließen oder auf einen Spannungsabfall (**V_{R2}**) über den Bus-Shunt-Widerstand (**R2**) nahe Null schließen. Dieser Zustand ist illegal, da die Autoadressierungsstromquelle ja einen positiven Adressierungsstrom liefert, der bei korrekter Montage durch den Bus-Shunt-Widerstand (**R2**) fließen müsste, was aber offensichtlich nicht geschieht.

[0084] Einen solchen erkannten Fehler kann die Detektionsvorrichtung (**DET**) beispielsweise über ein Fehlersignal (**er**) an einen Busknoten internen Rechner oder eine geeignete Steuerung signalisieren.

Figur 11

[0085] entspricht der **Fig. 5** und zeigt schematisch vereinfacht ein Bussystem der Kategorie A mit zwei Standard-Busknoten (**CS1**, **CS2**), die keine Autoadressierungsfähigkeit besitzen und Autoadressierungsbusknoten (**SL1**, **SL2**, **SL3**) mit je einem Bus-Shunt-Überbrückungsschalter (**S4**) und einem Empfänger (**Rec**). Der Empfänger (**Rec**) wurde in den anderen **Fig. 1**, **Fig. 5**, **Fig. 6**, **Fig. 7**, **Fig. 8** und **Fig. 9** nur der besseren Übersicht wegen nicht eingezeichnet. Typischerweise verfügt jeder Autoadressierungsbusknoten (**SL1**, **SL2**, **SL3**) über eine Steuerung, die mit dem Ausgang des Empfängers (**Rec**) verbunden ist und die typischerweise Befehle über den Datenbus empfangen kann. Durch solche Befehle kann diese Steuerung, die nicht eingezeichnet ist, vorzugsweise den Bus-Shunt-Überbrückungsschalter (**S4**) schließen oder öffnen. Es ist aber nicht zwingend notwendig, solche Bus-Master-Befehle für die besagte Steuerung vorzusehen, wird aber empfohlen, um dem Bus-Master (**ECU**) eine volle Kontrolle über den Zustand der Bus-Shunt-Überbrückungsschalter (**S4**) der Autoadressierungsbusknoten (**SL1**, **SL2**, **SL3**) zu geben. Bevorzugt können die Bus-Master-Befehle zur Kontrolle der Bus-Shunt-Überbrückungsschalter (**S4**) durch den Bus-Master (**ECU**) per Befehl an alle Autoadressierungsbusknoten (**SL1**, **SL2**, **SL3**) oder als ein Befehl an einen konkreten Autoadressierungsbusknoten (**SL1**, **SL2**, **SL3**) abgesetzt werden. In letzterem Falle ist es notwendig, dass der betroffene Autoadressierungsbusknoten eine gültige Busknotenadresse besitzt. Dies kann eine zuvor

zugewiesene Busknotenadresse sein oder eine vorbestimmte Default-Busknotenadresse, die dann typischerweise allen noch solchen Autoadressierungsbusknoten (**SL1**, **SL2**, **SL3**), gemeinsam ist, denen noch keine Busknotenadresse zugewiesen wurde. Somit ist es auch denkbar, dass der Bus-Master (**ECU**) einen Befehl zur Steuerung der Bus-Shunt-Überbrückungsschalter (**S4**) nur an diejenigen Autoadressierungsbusknoten (**SL1**, **SL2**, **SL3**), die noch über keine zugewiesene Busknotenadresse verfügen, absetzt. Für das Datenbussystem kann die Zeit nach dem Einschalten in zwei grundlegende Zeitabschnitte aufgeteilt werden:

- Einen Vergabezeitraum, in dem die Autoadressierungsbusknoten (**SL1**, **SL2**, **SL3**) durch eines der zuvor genannten oder das zuvor beschriebene Autoadressierungsverfahren einen Busknotenadresse zugewiesen bekommen, und
- einen Betriebszeitraum, in dem der Datenbus normal betrieben wird, alle Busknoten einschließlich der Autoadressierungsbusknoten (**SL1**, **SL2**, **SL3**) eine bevorzugt gültige und bevorzugt individuelle Busknotenadresse besitzen und in dem sich die Autoadressierungsbusknoten (**SL1**, **SL2**, **SL3**) wie Standard-Busknoten (**CS1**, **CS2**) verhalten.

[0086] Bevorzugt sind die jeweiligen Bus-Shunt-Überbrückungsschalter (**S4**) der Autoadressierungsbusknoten (**SL1**, **SL2**, **SL3**) im Betriebszeitraum geschlossen. Hierdurch wird die Ähnlichkeit im elektrischen Verhalten der Autoadressierungsbusknoten (**SL1**, **SL2**, **SL3**) im Vergleich zu den Standard-Busknoten (**CS1**, **CS2**) wesentlich verbessert, was das EMV-Verhalten verbessert. Aus dem Stand der Technik ist nämlich bekannt, dass ggf. bei Verwendung innerhalb eines Kfz ein ferrit am Buseingang und am Busausgang eines Busknotens platziert werden muss. Durch die Reduktion des Buswiderstands durch virtuellen Wegfall des Bus-Shunt-Widerstands (**R2**) infolge seiner Überbrückung durch den Bus-Shunt-Überbrückungsschalter (**S4**) im Betriebszeitraum wird eine wesentliche Verbesserung der Buseigenschaften erzielt und die Anzahl maximal möglicher Busknoten erhöht.

[0087] Zu Beginn des Vergabezeitraums sind bevorzugt alle Bus-Shunt-Überbrückungsschalter (**S4**) geöffnet. Der Vergabezeitraum startet bevorzugt mit der Signalsierung des Beginns der Adressvergabe durch den Bus-Master an alle Busknoten. Insofern hängt die konkrete Art dieses Startsignals von dem verwendeten konkreten Autoadressierungsverfahren auf Basis eines Bus-Shunt-Widerstands (**R2**) ab. Spätestens das Startsignal des Bus-Masters (**ECU**) öffnet also alle Bus-Shunt-Überbrückungsschalter (**S4**) aller Autoadressierungsbusknoten, die über einen solchen Bus-Shunt-Überbrückungsschalter (**S4**) verfügen. Wird einem Autoadressierungsbusknoten (**SL1**,

SL2, **SL3**) durch eines der bekannten Verfahren zur Autoadressierung mittels eines bus-Shunt-Widerstands (**R2**) eine gültige Busknotenadresse zugewiesen, so schließt dieser betreffende Autoadressierungsbusknoten seinen Bus-Shunt-Überbrückungsschalter (**S4**) und überbrückt somit für den Rest des Vergabezeitraums und dien sich anschließenden Betriebszeitraum den zugehörigen Bus-Shunt-Widerstand (**R2**). Diese Überbrückung sollte bevorzugt durch ein Rücksetzen zum Einschaltzeitpunkt oder per Software-Befehl des Bus-Masters (**ECU**) aufgehoben werden können.

Bezugszeichenliste

D1	erster Differenzverstärker;
d1	erste Verpolschutzdiode
D2	zweiter Differenzverstärker;
d2	zweite Verpolschutzdiode
D3	dritter Differenzverstärker;
DET	Detektionsvorrichtung;
ds1	Ausgang des ersten Differenzverstärkers (D1);
ds2	Ausgang des zweiten Differenzverstärkers (D2);
ds3	Ausgang des dritten Differenzverstärkers (D3);
ECU	Busmaster;
er	Fehlersignal an den Busknoten internen optionalen Prozessor;
F	nichtlineares Filter eines Autoadressierungsbusknotens(SL1 , SL2 , SL3);
Iq1	geregelte Adressierungsstromquelle des ersten Autoadressierungsbusknotens(SL1), die den Adressierungsstrom des ersten Autoadressierungsbusknotens(SL1) liefert;
i1	Busknotenausgangsstrom des ersten Autoadressierungsbusknotens (SL1);
Iq2	geregelte Adressierungsstromquelle des zweiten Autoadressierungsbusknotens(SL2), die den Adressierungsstrom des zweiten Autoadressierungsbusknotens(SL2) liefert;
i2	Busknotenausgangsstrom des zweiten Autoadressierungsbusknotens (SL2);
i2R	Bus-Shunt-Strom durch den Bus-Shunt Widerstand (R2) des zweiten Autoadressierungsbusknotens (SL2);

lq3	geregelter Adressierungsstromquelle des dritten Autoadressierungsbusknotens(SL3), die den Adressierungsstrom des dritten Autoadressierungsbusknotens(SL3) liefert;	S4	Bus-Shunt-Überbrückungsschalter eines Autoadressierungsbusknotens (SL1 , SL2 , SL3)
i3	Busknotenausgangsstrom des dritten Autoadressierungsbusknotens (SL3);	SB	Schalter
lqx	geregelter Adressierungsstromquelle des x-ten Autoadressierungsbusknotens(SLx), die den Adressierungsstrom des x-ten Autoadressierungsbusknotens(SLx) liefert;	SL1	erster Autoadressierungsbusknoten
ix	Busknotenausgangsstrom des x-ten Autoadressierungsbusknotens (SLx);	SL2	zweiter Autoadressierungsbusknoten
ixR	Bus-Shunt-Strom durch den Bus-Shunt Widerstand (R2) des x-ten Autoadressierungsbusknotens (SLx);	SL3	dritter Autoadressierungsbusknoten
I_{ref}	vorgegebene Stromsumme für die Busknotenausgangsströme;	SLx	x-ter Autoadressierungsbusknoten
pol	Signal mit dem die Detektionsvorrichtung (DET) die Polarität der beiden Eingänge des ersten Differenzverstärkers (D1) oder die Polarität des Ausgangs des ersten Differenzverstärkers (D1) umschaltet, wenn die Plausibilitätsprüfung nicht plausible interne Signale (ds1 , ds3) ergibt.	V_{R2}	Spannungsabfall über den Bus-Shunt-Widerstand (R2) des betreffenden Autoadressierungsbusknotens (SL1 , SL2 , SL3);
R1	Hilfs-Shunt Widerstand eines Autoadressierungsbusknotens (SL1 , SL2 , SL3)	Liste der zitierten Schriften	
R2	Bus-Shunt Widerstand eines Autoadressierungsbusknotens (SL1 , SL2 , SL3)	DE 10 147 512 B4,	
R3	Slave Pull-Up-Widerstand	DE 10 256 631 B4,	
Rec	Empfänger	DE 10 2010 026 431 B1,	
Ref	Referenzwert	DE 10 2017 122 364.9,	
rw1	Regelwert des ersten Autoadressierungsbusknotens (SL1)	EP 1 298 851 B1,	
rw2	Regelwert des zweiten Autoadressierungsbusknotens (SL2)	EP 1 490 772 B1,	
rw3	Regelwert des dritten Autoadressierungsbusknotens (SL3)	EP 1603 282 B1,	
rw_x	Regelwert des x-ten Autoadressierungsbusknotens (SLx)	US 7 590 140 B2,	
S1	erster Schalter eines Autoadressierungsbusknotens (SL1 , SL2 , SL3)	US 9 331 866 B2	
S2	zweiter Schalter eines Autoadressierungsbusknotens (SL1 , SL2 , SL3)		
S3	dritter Schalter eines Autoadressierungsbusknotens (SL1 , SL2 , SL3)		

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

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

Zitierte Patentliteratur

- DE 102017122364 [0002, 0009, 0051, 0055, 0087]
- DE 102010026431 B1 [0003, 0007, 0008, 0016, 0020, 0026, 0067, 0087]
- DE 10147512 B4 [0003, 0007, 0015, 0087]
- EP 1490772 B1 [0003, 0007, 0009, 0015, 0051, 0055, 0087]
- US 9331866 B2 [0003, 0015, 0087]
- DE 10256631 B4 [0009, 0051, 0055, 0087]
- EP 1603282 B1 [0009, 0051, 0055, 0087]
- US 7590140 B2 [0009, 0051, 0055, 0087]
- EP 1298851 B1 [0009, 0051, 0055, 0087]

Patentansprüche

1. Verfahren zur Vergabe von Busadressen innerhalb eines seriellen Datenbusses aus einer Kette von Busknoten (SL1, SL2, SL3) und einem Busmaster (ECU)

- wobei die Busknoten (SL1, SL2, SL3) Autoadressierungsbusknoten oder Standard-Busknoten sein können und
- wobei der Datenbus einen Busmaster (ECU) aufweist und
- wobei jeder Busknoten (SL2, SL3) einen vorausgehenden Busknoten (SL1, SL2) aufweist, wenn er nicht der erste Busknoten (SL1) ist und
- wobei jeder Busknoten (SL2, SL3) mit seinem vorausgehenden Busknoten (SL1, SL2) durch den Datenbus verbunden ist, wenn er nicht der erste Busknoten (SL1) ist und
- wobei der erste Busknoten (SL1) mit dem Busmaster (ECU) durch den Datenbus verbunden ist und
- wobei jeder Busknoten (SL2, SL3) einen Busknotenausgangsstrom (i2, i3) an seinen vorausgehenden Busknoten (SL1, SL2) über einen Busknoten-Ausgang sendet, wenn er nicht der erste Busknoten (SL1) ist, und
- wobei der erste Busknoten (SL1) einen Busknotenausgangsstrom (i1) an den Busmaster (ECU) über einen Busknoten-Ausgang sendet und
- wobei jeder Busknoten (SL1, SL2) einen Busknoteneingangsstrom (i2, i3) von seinen nachfolgenden Busknoten (SL2, SL3) über einen Busknoten Eingang empfängt, wenn er nicht der letzte Busknoten (SL3) ist mit folgenden Schritten
- Einfügen eines zugeordneten Bus-Shunt-Widerstands (R2) je Autoadressierungsbusknoten (SL1, SL2, SL3), der Teil des jeweiligen Autoadressierungsbusknotens (SL1, SL2, SL3) ist, in den seriellen Datenbus, insbesondere durch Öffnen eines Bus-Shunt-Überbrückungsschalters (S4) innerhalb des jeweiligen Autoadressierungsbusknotens (SL1, SL2, SL3), der dem zugeordneten Bus-Shunt-Widerstand (R2) zugeordnet ist;
- Ermittlung und Vergabe einer Busadresse für zumindest einen der Autoadressierungsbusknoten (SL1, SL2, SL3), dem neuadressierten Autoadressierungsbusknoten (SL1, SL2, SL3), unter Zuhilfenahme der nicht durch ihren zugeordneten Bus-Shunt-Überbrückungsschalter (S4) überbrückten, zugeordneten Bus-Shunt-Widerstände (R2);
- Überbrücken des zugeordneten Bus-Shunt-Widerstands (R2) des neuadressierten Autoadressierungsbusknoten (SL1, SL2, SL3) durch Schließen des dem zugeordneten Bus-Shunt-Widerstands (R2) des neuadressierten Autoadressierungsbusknotens (SL1, SL2, SL3) zugeordneten Bus-Shunt-Überbrückungsschalters (S4), wobei sich der neuadressierte Autoadressierungsbusknoten (SL1, SL2, SL3) wie nach der Vergabe der Busadresse an den neuadressierten Autoadressierungsbusknoten (SL1, SL2, SL3) und dem Schließen seines zugeordneten

Bus-Shunt-Überbrückungsschalter (S4) wie ein Standard-Busknoten bist zu einem Ereignis verhält, dass dieses Verhalten des neuadressierten Autoadressierungsbusknoten (SL1, SL2, SL3) aufhebt;

- Ggf. Wiederholung der Ermittlung und Vergabe einer Busadresse für zumindest einen weiteren der Autoadressierungsbusknoten (SL1, SL2, SL3) und ggf. Überbrücken des zugeordneten Bus-Shunt-Widerstands (R2) des weiteren neuadressierten Autoadressierungsbusknoten (SL1, SL2, SL3) mittels des zugeordneten Bus-Shunt-Überbrückungsschalters (S4) bis ggf. alle Autoadressierungsbusknoten (SL1, SL2, SL3) eine Busadresse erhalten haben;

2. Busknoten, der zur Durchführung eines Verfahrens zur Vergabe von Busadressen an Busknoten eines seriellen Datenbussystems in der Lage ist,

- wobei das Verfahren zur Vergabe von Busadressen an Busknoten eines seriellen Datenbussystems mit Hilfe von Bus-Shunt-Widerständen (R2) in den einzelnen Busknoten (SL1, SL2, SL3) in einem Vergabezeitraum durchgeführt wird und
- wobei sich nach der Durchführung des Verfahrens zur Vergabe von Busadressen an die Busknoten des seriellen Datenbussystems in dem Vergabezeitraum ein Betriebszeitraum anschließt und
- wobei der Busknoten einen solchen Bus-Shunt-Widerstand (R2) aufweist **dadurch gekennzeichnet**,
- dass er einen Bus-Shunt-Überbrückungsschalter (S4) aufweist,
- der vor Vergabe einer Busadresse an den Busknoten im Vergabezeitraum geöffnet ist und
- der nach Vergabe einer Busadresse an den Busknoten im Vergabezeitraum geschlossen ist und
- der in dem Betriebszeitraum geschlossen ist.

Es folgen 11 Seiten Zeichnungen



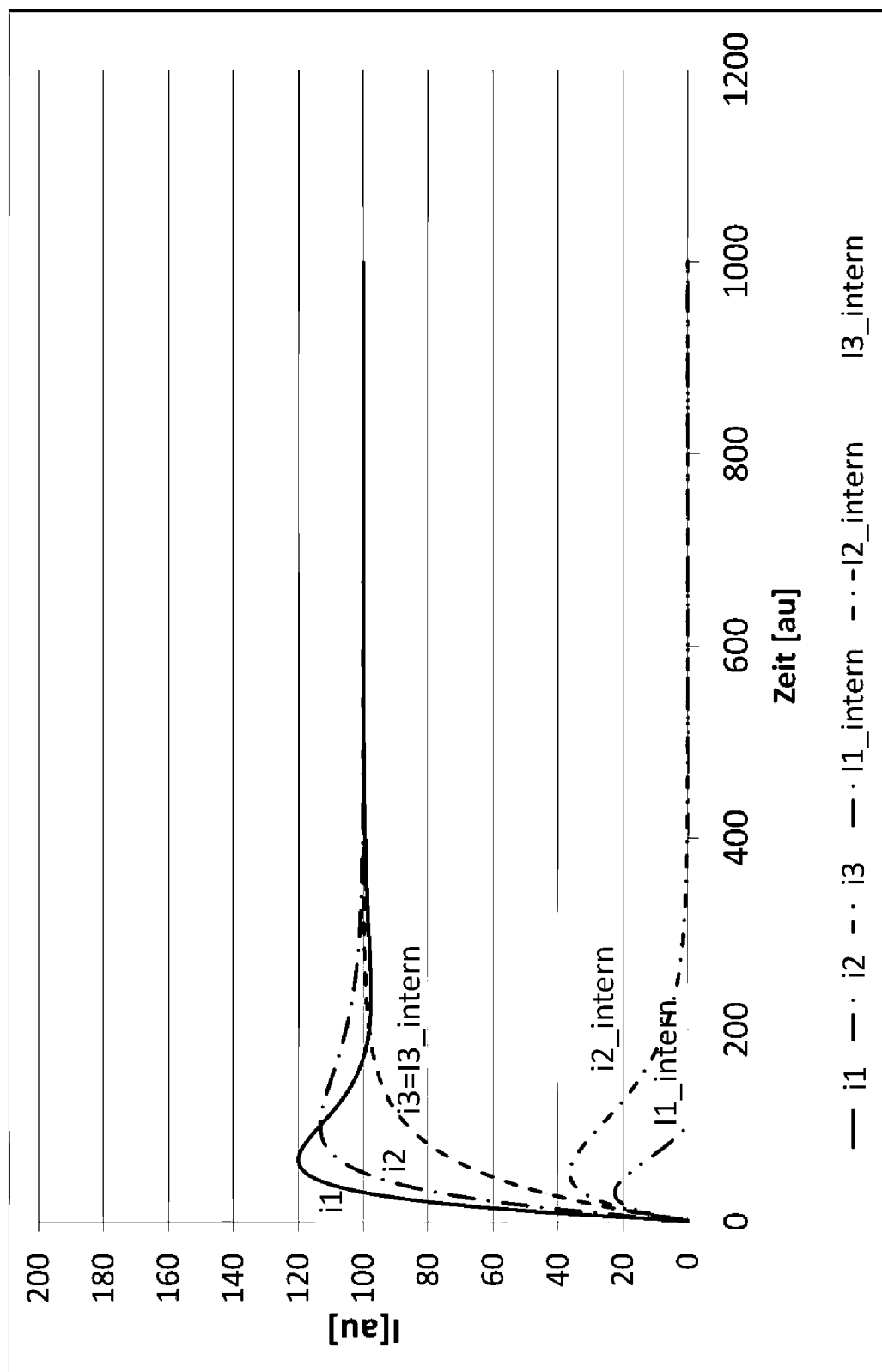


Fig. 2

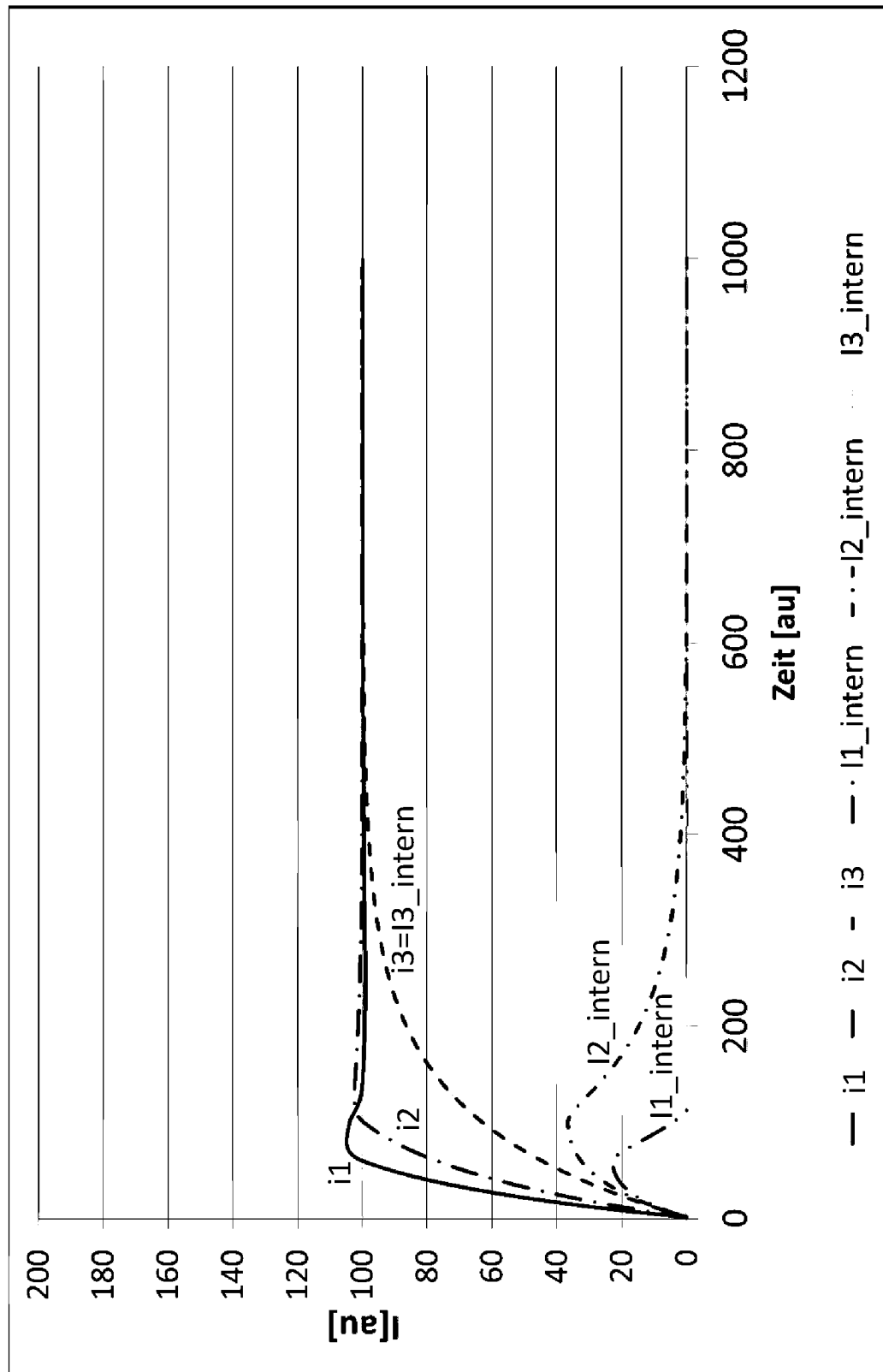


Fig. 3

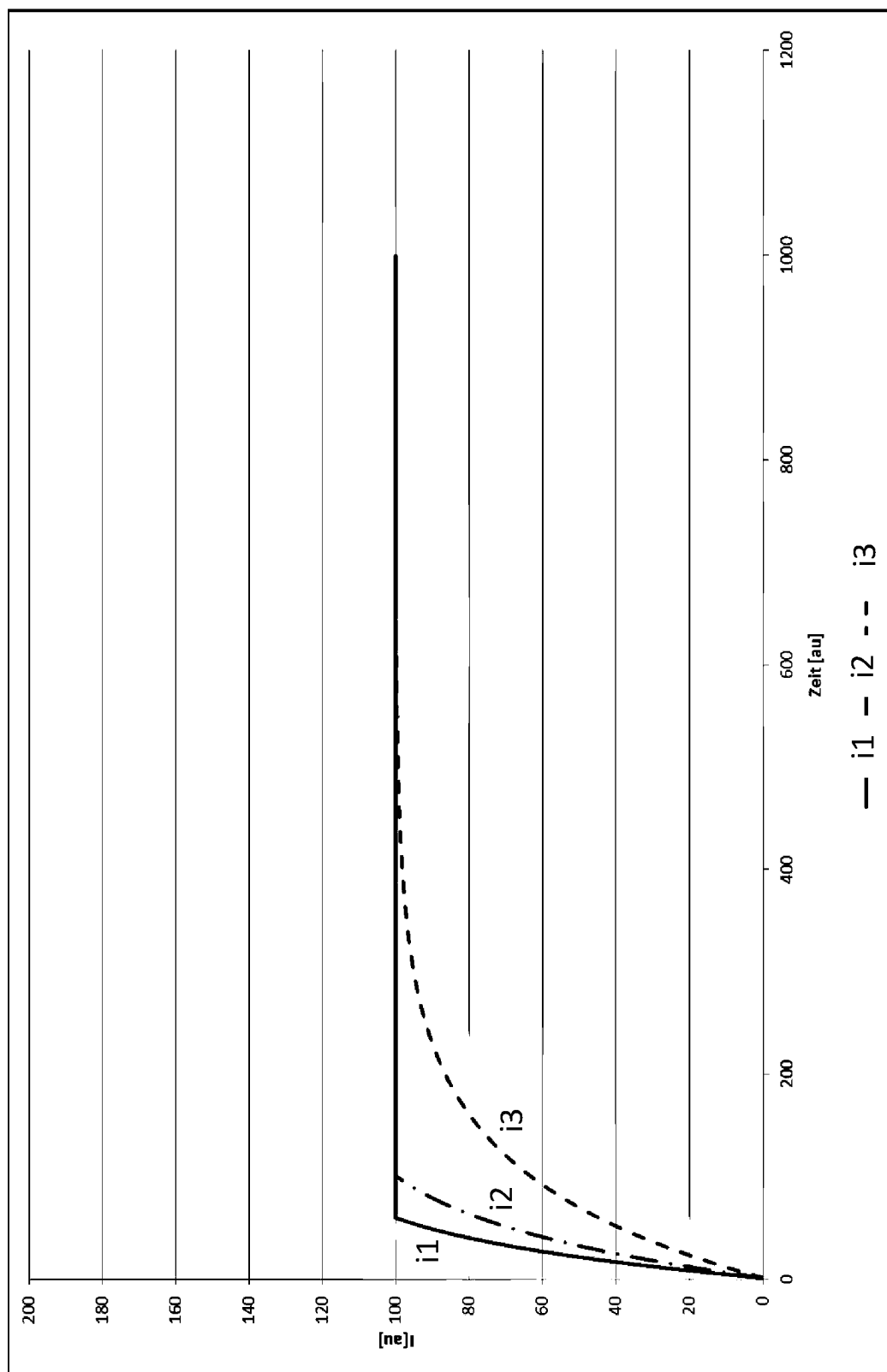


Fig. 4

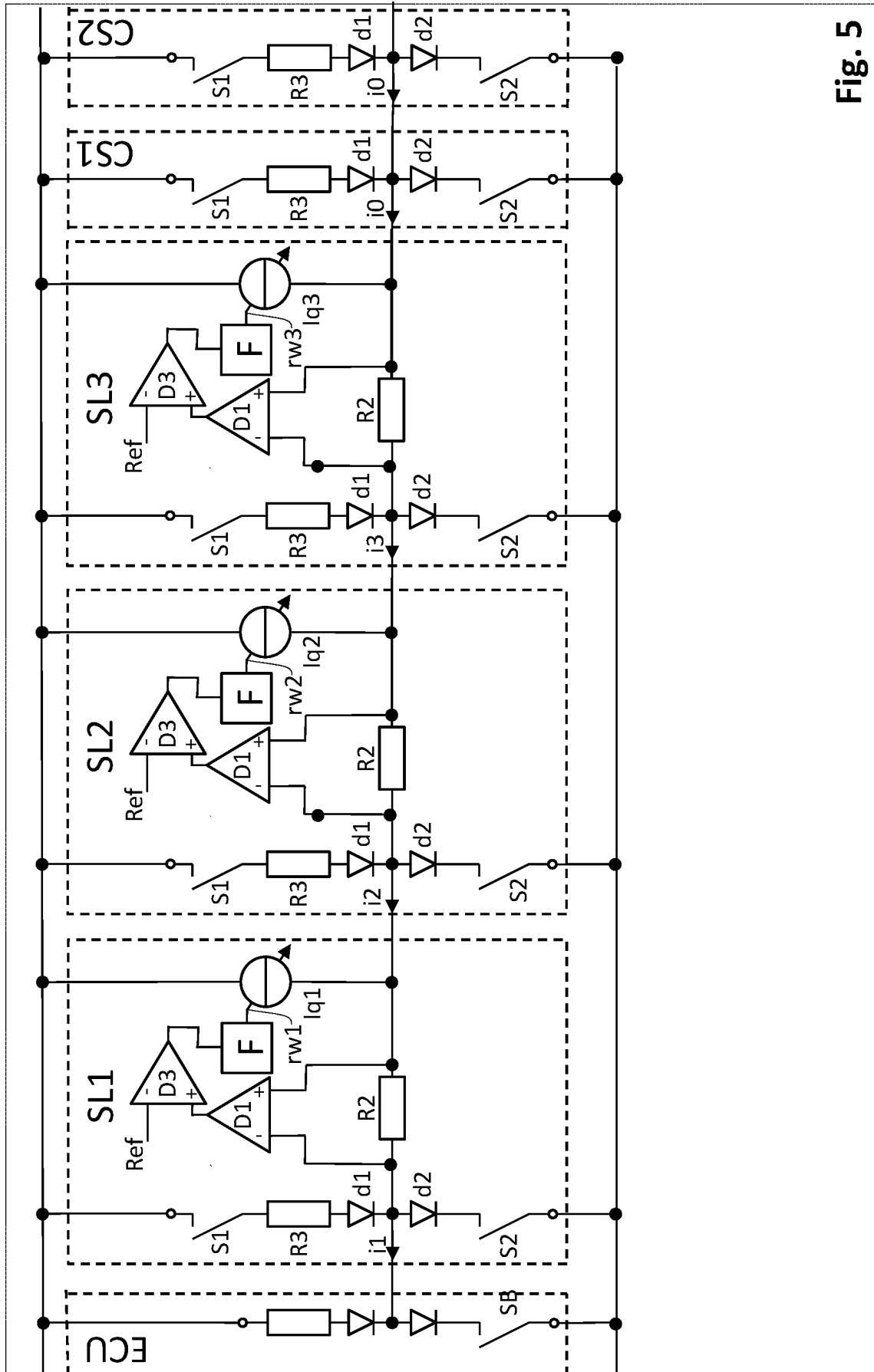


Fig. 5

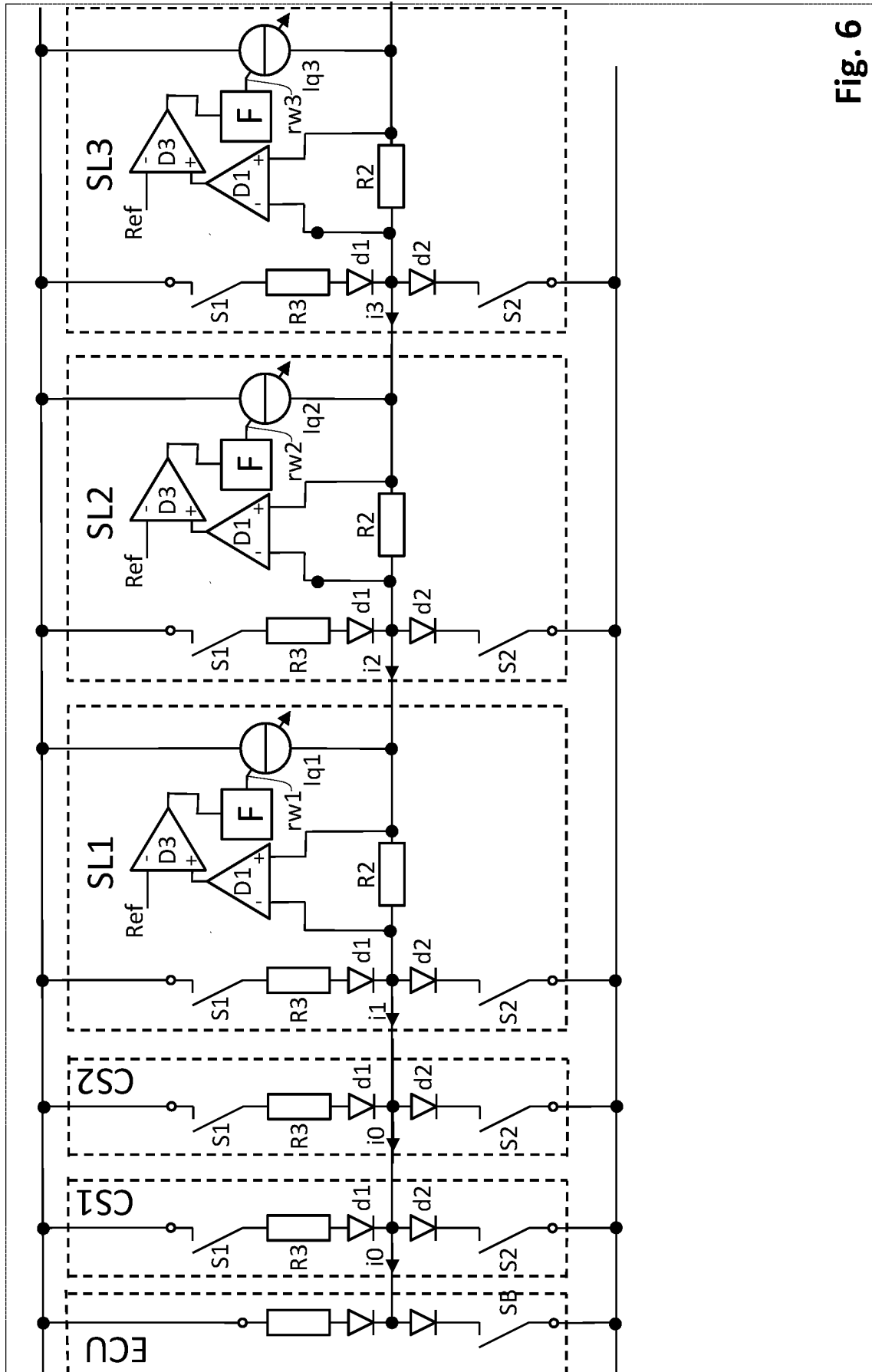


Fig. 6

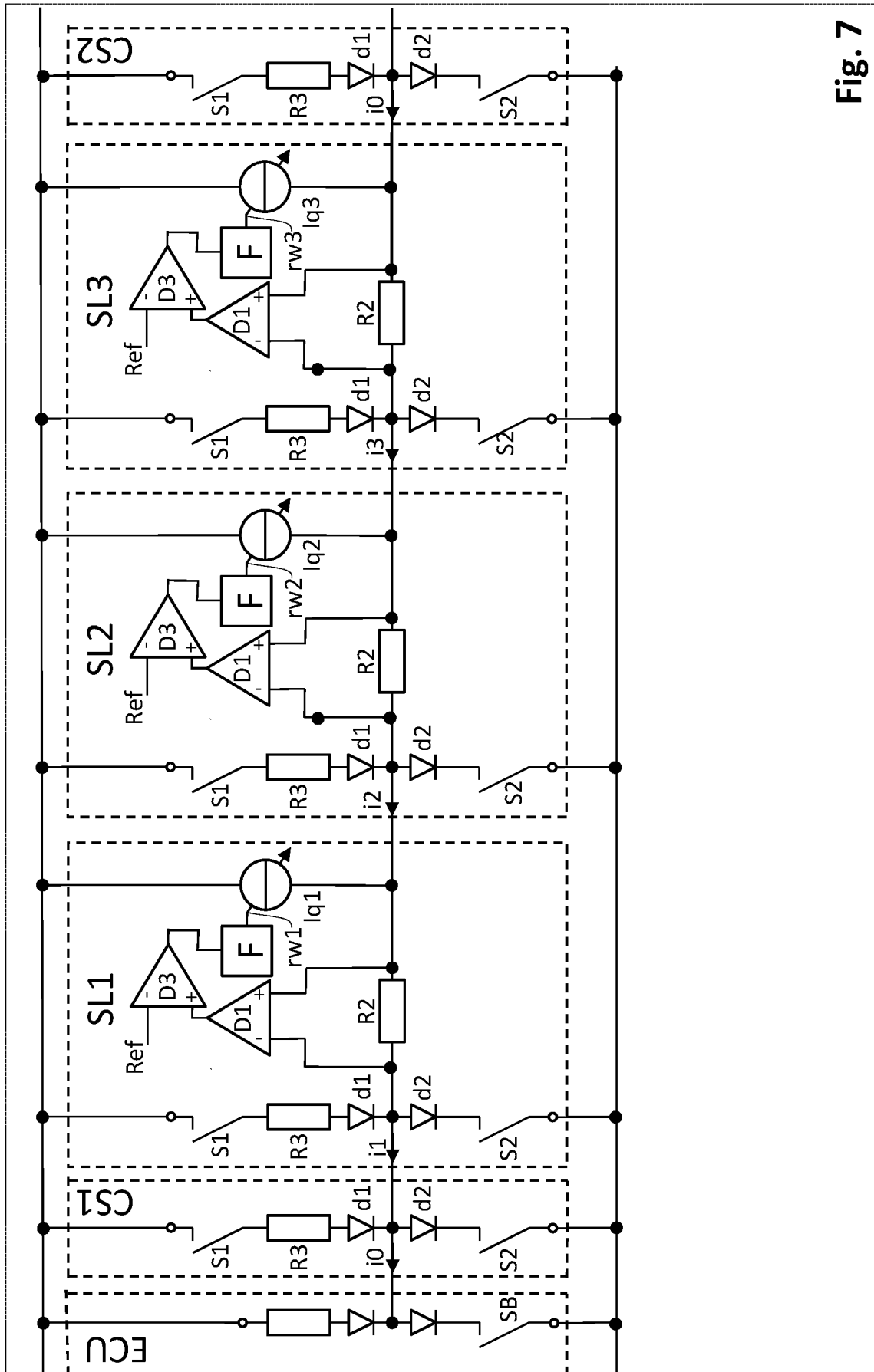


Fig. 7

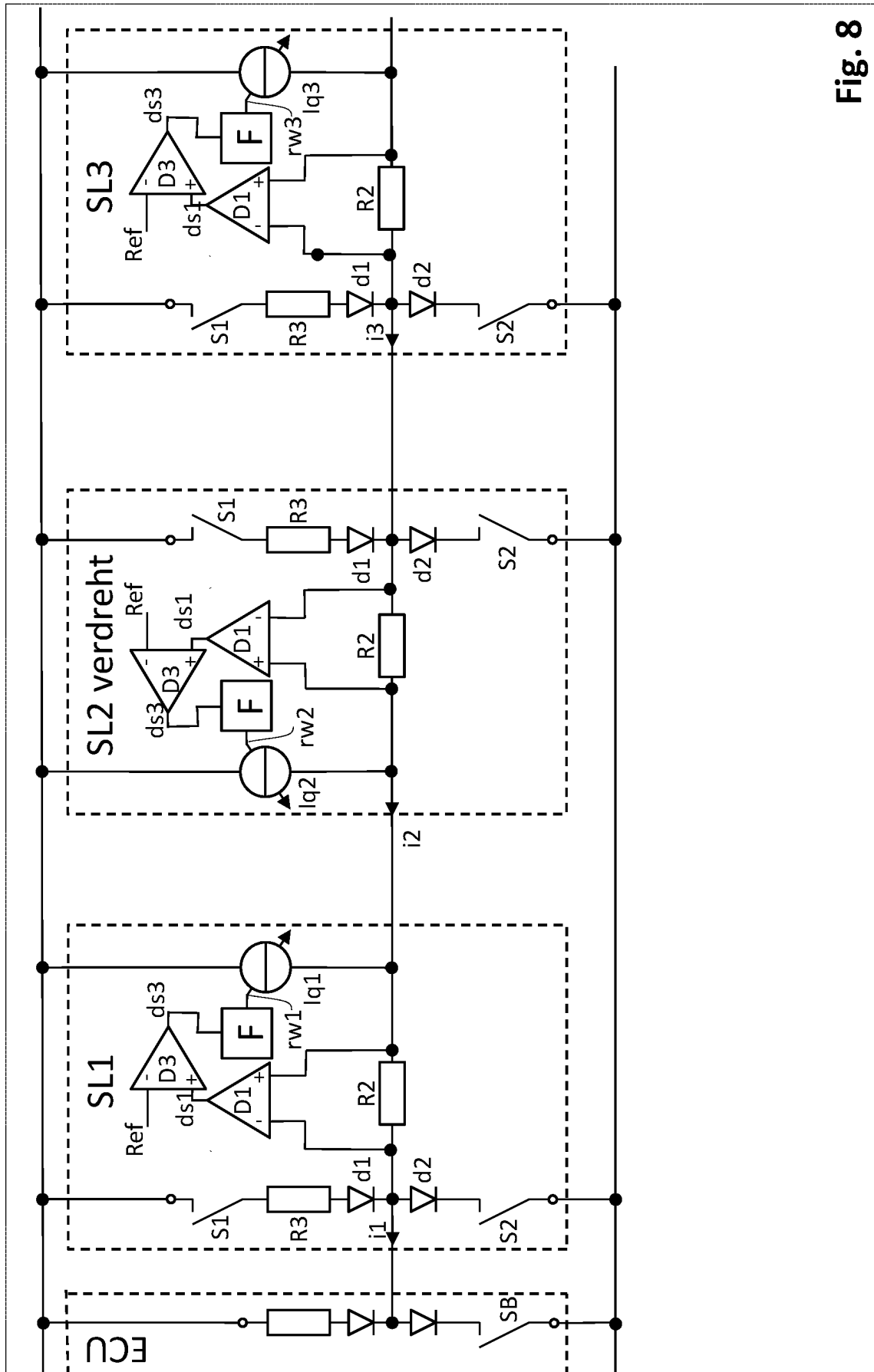


Fig. 8

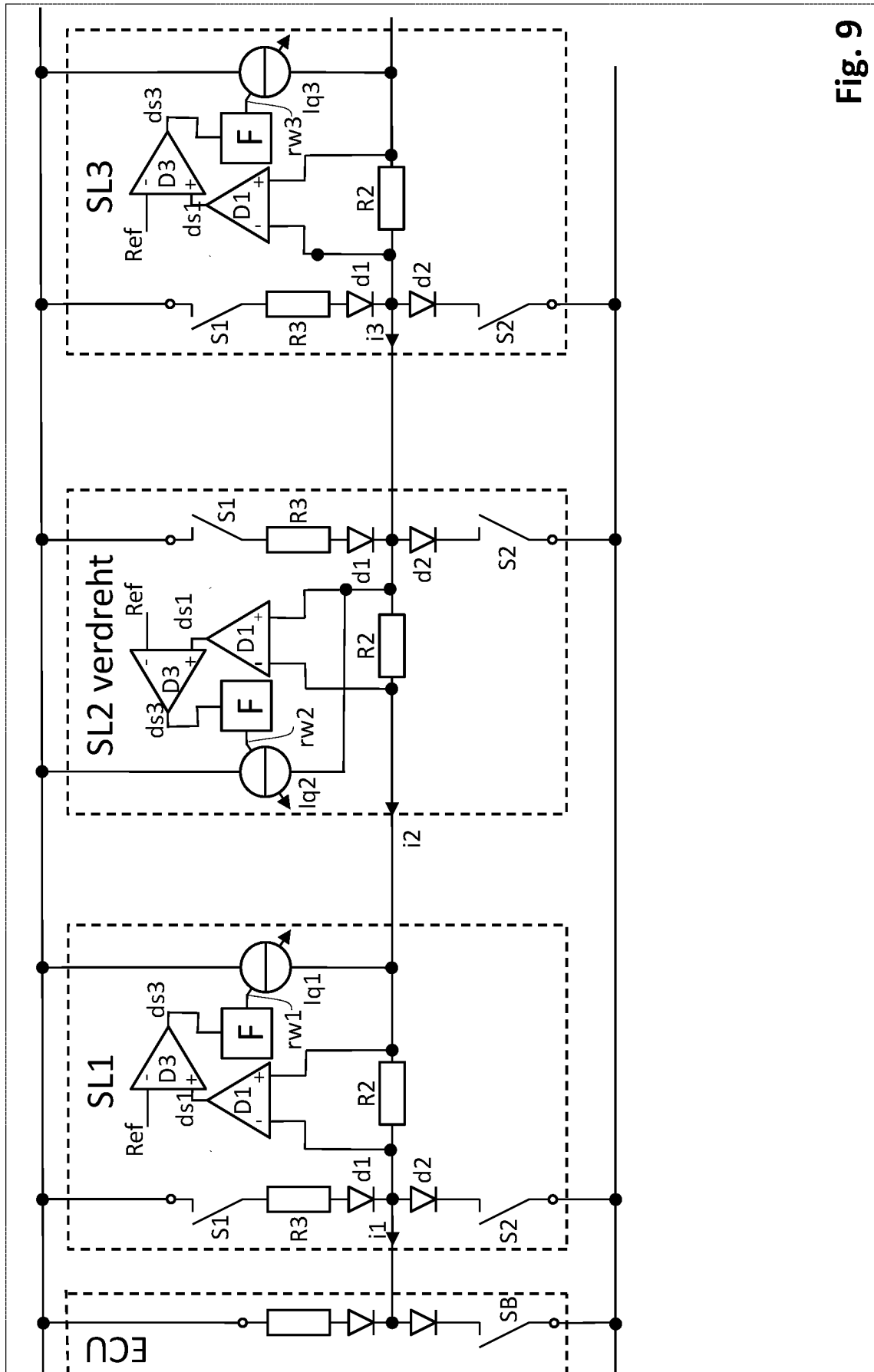


Fig. 9

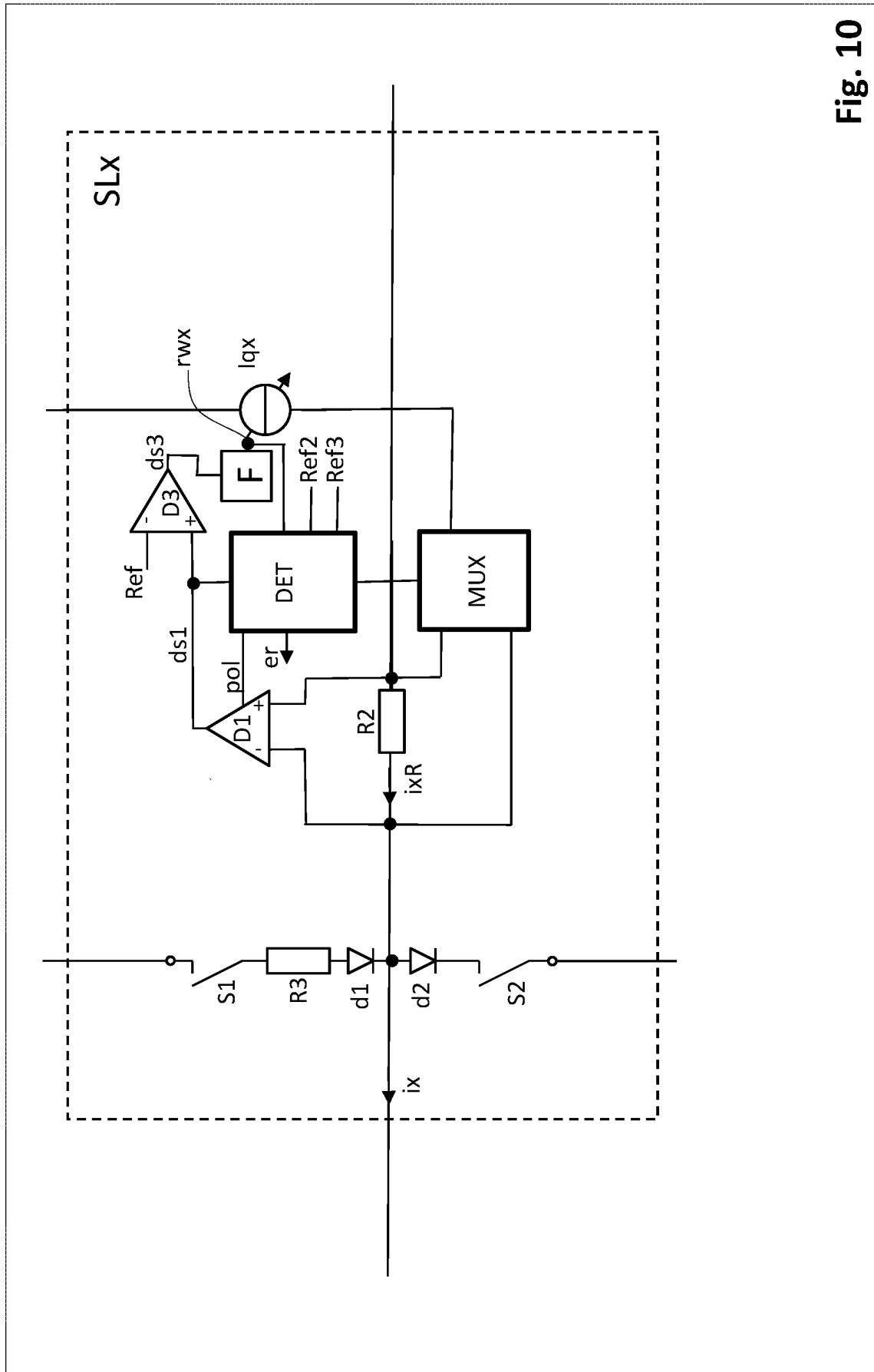


Fig. 10

