



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2005 055 829 B4 2009.06.04**

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2005 055 829.1**
 (22) Anmeldetag: **23.11.2005**
 (43) Offenlegungstag: **07.09.2006**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **04.06.2009**

(51) Int Cl.⁸: **H04L 25/12 (2006.01)**

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
11/066,832 25.02.2005 US

(73) Patentinhaber:
Verigy (Singapore) Pte. Ltd., Singapore, SG

(74) Vertreter:
Schoppe, Zimmermann, Stöckeler & Zinkler, 82049 Pullach

(72) Erfinder:
Matsumiya, Hiroshi, Loveland, Col., US

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:
US 55 28 166 A

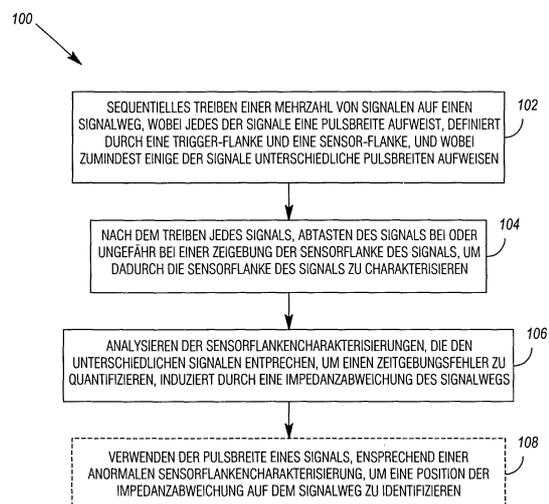
(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zum Quantifizieren des Zeitgebungsfehlers, induziert durch eine Impedanzabweichung eines Signalwegs**

(57) **Hauptanspruch:** Verfahren, das folgende Merkmale aufweist:

sequenzielles Treiben (102) einer Mehrzahl von Signalen (400, 408, 416, 424) auf einen Signalweg (202), wobei jedes der Signale eine Pulsbreite aufweist, definiert durch eine Trigger-Flanke (402, 404, 418, 426) und eine Sensor-Flanke (404, 412, 420, 428), und wobei zumindest einige der Signale (400, 408, 416, 424) unterschiedliche Pulsbreiten aufweisen;

nach dem Treiben jedes Signals (400, 408, 416, 424), Abtasten (104) des Signals (400, 408, 416, 424) bei einer Zeitgebung der Sensor-Flanke (404, 412, 420, 428) des Signals, um dadurch die Sensor-Flanke (404, 412, 420, 428) des Signals zu charakterisieren; und

Analysieren (106) der Sensor-Flanken-Charakterisierungen, die den unterschiedlichen Signalen (400, 408, 416, 424) entsprechen, um einen Zeitgebungsfehler zu quantifizieren, induziert durch eine Impedanzabweichung des Signalwegs (202).



Beschreibung

[0001] Impedanzabweichungen bei Signalwegen induzieren Signal-Reflexionen und -Verzögerungen. Während TDR-Tests (TDR = time domain reflectometer = Zeitbereich-Reflektometer) an einzelnen Signalwegen ausgeführt werden können, um Impedanzfehlpassungen zu messen, sind sie nicht in der Lage, den Zeitgebungsfehler zu messen, der durch die Fehlanpassungen verursacht wird. Ferner sind mathematische Schätzungen eines Zeitgebungsfehlers aus TDR-Daten sowohl zeitaufwendig als auch unpräzise. Aus der US 5,528,166 ist ein Ausgangstreiber bekannt, der durch Abtastung mehrerer Signale mit verschiedenen Pulsbreiten eine Kompensation der Impedanz durchgeführt. Die Signalwege der Signale sind parallel zueinander.

[0002] Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Programmspeichervorrichtung mit verbesserten Charakteristika zu schaffen.

[0003] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren gemäß Anspruch 1 und eine Programmspeichervorrichtung gemäß Anspruch 19 gelöst.

[0004] Bei einem Ausführungsbeispiel weist ein Verfahren das sequenzielle Treiben einer Mehrzahl von Signalen auf einen Signalweg auf. Jedes der Signale weist eine Pulsbreite auf, definiert durch eine Auslöse- bzw. Trigger-Flanke und eine Sensorflanke, und zumindest einige der Signale weisen unterschiedliche Pulsbreiten auf. Nach dem Treiben jedes Signals wird das Signal bei oder ungefähr bei einer Zeitgebung der Sensorflanke des Signals abgetastet, um dadurch die Sensorflanke des Signals zu charakterisieren. Die Sensorflanken-Charakterisierungen, die den unterschiedlichen Signalen entsprechen, werden dann analysiert, um einen Zeitgebungsfehler zu quantifizieren, induziert durch eine Impedanzabweichung des Signalwegs.

[0005] Andere Ausführungsbeispiele werden ebenfalls offenbart.

[0006] Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend Bezug nehmend auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

[0007] [Fig. 1](#) ein erstes exemplarisches Verfahren zum Quantifizieren des Zeitgebungsfehlers, der durch eine Impedanzabweichung eines Signalwegs induziert wird;

[0008] [Fig. 2A](#) bis [Fig. 2C](#) exemplarische Impedanzabweichungen bei verschiedenen abgeschlossenen Signalwegen;

[0009] [Fig. 3A](#) bis [Fig. 3C](#) perspektivische, exemplarische Signalreflexionen, induziert durch die Impedanzabweichungen der verschiedenen abgeschlossenen Signalwege, die in [Fig. 2A](#), [Fig. 2B](#) und [Fig. 2C](#) gezeigt sind;

[0010] [Fig. 4](#) einen Satz von exemplarischen Signalen, die jeweils eine unterschiedliche Pulsbreite aufweisen, die auf einen Signalweg gemäß dem Verfahren getrieben werden können, das in [Fig. 1](#) gezeigt ist;

[0011] [Fig. 5](#) eine exemplarische, graphische Darstellung der gemessenen Sensorflankendaten;

[0012] [Fig. 6](#) ein zweites exemplarisches Verfahren zum Quantifizieren des Zeitgebungsfehlers, der durch eine Impedanzabweichung eines Signalwegs induziert wird;

[0013] [Fig. 7](#) ein exemplarisches Verfahren zum Initialisieren einer ATE gemäß dem Verfahren, das in [Fig. 6](#) gezeigt ist;

[0014] [Fig. 8](#) ein exemplarisches Verfahren zum Konfigurieren der ATE gemäß dem Verfahren, das in [Fig. 6](#) gezeigt ist; und

[0015] [Fig. 9](#) ein exemplarisches Verfahren zur Übernahmesignalgebung einer Sensorflanke eines Antriebsignals gemäß dem Verfahren, das in [Fig. 6](#) gezeigt ist.

[0016] [Fig. 1](#) stellt ein exemplarisches Verfahren **100** dar zum Quantifizieren des Zeitgebungsfehlers, der durch eine Impedanzabweichung eines Signalwegs induziert wird. Das Verfahren **100** weist das sequenzielle Treiben **102** einer Mehrzahl von Signalen auf einen Signalweg auf. Jedes der Signale weist eine Pulsbreite auf, definiert durch eine Trigger-Flanke und eine Sensorflanke, und zumindest einige der Signale sind mit unterschiedlichen Pulsbreiten versehen. Nach dem Treiben jedes Signals wird das Signal bei oder ungefähr bei einer Zeitgebung der Sensorflanke des Signals abgetastet, um dadurch die Sensorflanke des Signals zu charakterisieren. Die Sensorflankencharakterisierungen, die den unterschiedlichen Signalen entsprechen, werden dann analysiert **106**, um einen Zeitgebungsfehler zu quantifizieren, der durch eine Impedanzabweichung des Signalwegs induziert wird.

[0017] [Fig. 2A](#), [Fig. 2B](#) und [Fig. 2C](#) stellen eine Mehrzahl von Schaltungen **200**, **204**, **208** dar, an die das Verfahren **100** angewendet werden kann. Jede der Schaltungen **200**, **204**, **208** ist ähnlich konfiguriert, abgesehen von der Art und Weise, auf die ein Signalweg **202**, **206**, **210** (z. B. eine Übertragungsleitung) der Schaltung abgeschlossen ist. Das heißt, jede Schaltung **200**, **204**, **208** weist einen Signalweg

202, 206, 210 einer ähnlichen Länge und charakteristischen Impedanz (Z_0); einer ähnlichen Impedanzabweichung (d. h. eine 3-Pikofarad-(pF-)Kapazität C1, C2, C3), ähnlich positioniert entlang des Signalwegs **202, 206, 210**; und einen Treiber (d. h. DRV1, DRV2, DRV3) und Empfänger (d. h. RCV1, RCV2, RCV3) auf, gekoppelt mit einem Ende des Signalwegs **202, 206, 210** der Schaltung. Der Signalweg **202** ist zu Masse durch eine Impedanz R2 (die mit der Impedanz R1 angepasst ist) abgeschlossen. Der Signalweg **206** ist zu Masse abgeschlossen durch einen 10-Kiloohm-(k Ω -)Resistor R4, der demselben im Wesentlichen einen Leerlauf-Abschluss gibt. Der Signalweg **210** ist zu Masse durch einen 0,1- Ω -Widerstand R6 abgeschlossen, der demselben im Wesentlichen einen Kurzschluss-Abschluss gibt.

[0018] Die Signalwege **202, 206, 210** können z. B. unterschiedliche Kanäle einer automatisierten Testausrüstung (ATE) darstellen. Folglich kann jeder Signalweg **202, 206, 210** verschiedene Spuren, Kabel und Verbinder eines Instruments, eine Lastplatte, Sondenkarte, Kabel etc. aufweisen. Bei einem Ausführungsbeispiel stellen die Impedanzabweichungen C1, C2, C3, die Impedanz eines Verbinders dar.

[0019] Die Länge jedes Signalwegs **202, 206, 210** kann im Hinblick auf die Zeit charakterisiert werden, die ein Signal benötigt, um sich entlang der Länge des Signalwegs auszubreiten. Beispielsweise ist jeder Signalweg **202, 206, 210** gezeigt, um eine Länge von 4 Nanosekunden (ns) aufzuweisen, wobei die Impedanzabweichungen C1, C2, C3 bei 3 Nanosekunden (ns) auftreten. Der Einfachheit halber ist jeder Signalweg **202, 206, 210** gezeigt, um nur eine Impedanzabweichung aufzuweisen. Ein Signalweg könnte jedoch mehr oder weniger Impedanzabweichungen aufweisen. Die Impedanzabweichungen könnten auch andere Formen annehmen, (wie z. B. resistive, induktive oder gemischte Formen).

[0020] [Fig. 3A](#), [Fig. 3B](#) und [Fig. 3C](#) stellen das Treiben eines Signals auf jeden der Signalwege **202, 206, 210** dar. Beispielsweise ist das getriebene Signal ein Signalverlauf mit einer 30-ns-Periode und einem 50%-Arbeitszyklus (d. h. einer 15 ns Pulsbreite), ansteigend von 0 auf 3 Volt (V) in 0,3 ns und abfallend von 3 V auf Null in 0,3 ns. Wie gezeigt ist, induzieren die Impedanzabweichungen C1, C2, C3 Signalreflexionen **300, 302, 304, 306, 308, 310** von ungefähr 0,4 V, 6 ns nachdem die ansteigende und abfallende Flanke des Signals auf die Signalwege **202, 206, 210** getrieben werden. Dies ist somit unabhängig von der Art und Weise, auf die verschiedene Signalwege **202, 206, 210** abgeschlossen sind. Die Signalverläufe, die an Beobachtungspunkten A, B und C abgetastet werden (durch Empfänger RCV1, RCV2 und RCV3; siehe [Fig. 2](#)) variieren jedoch in Form und Spannung.

[0021] Beim Anwenden des Verfahrens **100** an die

Signalwege **202, 206, 210**, gezeigt in [Fig. 2](#), kann die Mehrzahl von Signalen **400, 402, 404, 406**, gezeigt in [Fig. 4](#), sequenziell auf einen oder alle der Signalwege **202, 206, 210** getrieben werden. Für den Rest dieser Beschreibung wird nur der Signalweg **202** betrachtet.

[0022] Wie gezeigt ist, weist jedes der Signale **400, 408, 416, 424** eine unterschiedliche Pulsbreite auf, wobei jede Pulsbreite durch eine Trigger-Flanke **402, 410, 418, 426** und eine Sensor-Flanke **404, 412, 420, 428** definiert ist. Die unterschiedlichen Pulsbreiten können z. B. gebildet werden durch Einstellen der Zeitgebung der Trigger-Flanken, Sensor-Flanken oder beiden des Signals. Für die Signale **400** und **408** tritt die Reflexion **406, 414**, verursacht durch die Impedanzabweichung C1 ([Fig. 2](#)) vor der Zeitgebung der Sensor-Flanke **404, 412** des Signals auf, und für das Signal **424** tritt die Reflexion **430** später auf. Für das Signal **416** jedoch fällt die Reflexion **422** (gezeigt in gestrichelten Linien) mit der Zeitgebung der Sensor-Flanke **420** des Signals zusammen, wodurch eine Änderung der Sensor-Flanke **420** verursacht wird, wie an einem Beobachtungspunkt A ersichtlich ist. Zum Beispiel wurden sowohl der Mittelpunkt als auch die Steigung der Sensor-Flanke **420** geändert durch die Überlappung einer Reflexion **422** an der Sensor-Flanke **420**.

[0023] Die Sensor-Flanken der Signale mit unterschiedlichen Pulsbreiten, wie bei Punkt A des Signalwegs **202** beobachtet wird, können aufgezeichnet werden, wie in [Fig. 5](#) gezeigt ist, wobei die Darstellung **500** die Mittelpunkte von verschiedenen Sensor-Flanken darstellt, beobachtet bei Punkt A, da Signale mit unterschiedlichen Pulsbreiten auf den Signalweg **202** getrieben werden. Die Abweichung **504** oder die Abnormität bei der Sensorflankenzeitgebung für ein Signal mit einer Pulsbreite von 6 ns zeigt an, dass, wenn ein Signal mit einer Pulsbreite von 6 ns auf den Signalweg **202** getrieben wird, die Reflexion, die durch die Impedanzabweichung C1 verursacht wird, die Sensorflanke des Signals überlappte. Der Betrag der Sensorflankenabweichung stellt den Zeitgebungsfehler dar, induziert durch die Impedanzabweichung. Die Pulsbreite des Signals, die eine Erfassung des Zeitgebungsfehlers ermöglichte (d. h. 6 ns), kann verwendet werden **108** ([Fig. 1](#)), um zu identifizieren, wo auf dem Signalweg **202** der Zeitgebungsfehler induziert wird. Das heißt, da die Trigger-Flanke eines Signals sich von einem Punkt A zu der Impedanzabweichung bewegen muss und dann sich die induzierte Reflexion zurück entlang derselben Route bewegen muss, kann bestimmt werden, dass die Impedanzabweichung entlang des Signalwegs **202** 3 ns von dem Punkt A auftritt (d. h. 6 ns \div 2 = 3 ns).

[0024] Wie vorangehend erwähnt wurde, kann eine Sensorflanke eines Signals durch einen Empfänger

(z. B. RCV1, RCV2 oder RCV3) charakterisiert werden im Hinblick auf den Mittelpunkt der Sensorflanke. Der Mittelpunkt der Sensorflanke eines Signals kann z. B. gefunden werden durch Abtasten des Signals (z. B. Abtasten seiner Spannung) an einer Mehrzahl von Punkten, die sich von vor seiner Sensorflanke zu zumindest dem Mittelpunkt seiner Sensorflanke erstrecken. Der Mittelpunkt der Sensorflanke eines Signals kann ebenfalls gefunden werden durch Abtasten des Signals an einer Mehrzahl von Punkten, die sich von nach seiner Sensorflanke zu zumindest dem Mittelpunkt seiner Sensorflanke erstrecken. In einigen Fällen kann es wünschenswert sein, den Mittelpunkt der Sensorflanke eines Signals auf beide diese Weisen zu bestimmen – d. h. durch Abtasten desselben von links und von rechts. In [Fig. 5](#) stellt die Darstellung [500](#) frühe Zeitgebungen der Sensorflanken dar (d. h. basierend auf ihrer Abtastung von links) und die Darstellung [502](#) stellt späte Zeitgebungen der Sensorflanken dar (d. h. basierend auf ihrer Abtastung von rechts). Die Abweichung oder der Vergleich [506](#) zwischen einer frühen und späten Zeitgebung stellt einen Spitze-zu-Spitze-Zeitgebungsfehler dar, der einer Impedanzabweichung zugeordnet ist.

[0025] [Fig. 6](#) stellt dar, wie das Verfahren [100](#) an ein Modell V4xxx einer ATE der Versatest Series von Agilent Technology, Inc., angewendet werden kann. Es sollte jedoch darauf hingewiesen werden, dass das Verfahren [100](#) an eine große Vielzahl von Test- und Mess-Ausrüstungen anwendbar ist. Agilent Technologies, Inc., ist ein Unternehmen aus Delaware mit seinem Hauptgeschäftssitz in Palo Alto, Kalifornien, USA.

[0026] Ein Fachmann wird erkennen, dass jeglicher Abschnitt der Signalwege einer ATE bewertet werden kann, einschließlich jener der Lastplatinen, Sondenkarten, Kalibrierungsplatinen, Schnittstellenplatinen, Kabel und Sockel der ATE. Ferner kann das Verfahren [100](#) an jeden Kanal der ATE angewendet werden, wobei jeder derselben wahrscheinlich bereits einem Signaltreiber und einem Signalempfänger zugeordnet ist. Bei einigen Ausführungsbeispielen kann das Verfahren [100](#) an Umgebungen angewendet werden, in denen eine ATE, eine Lastplatine und eine Sondenkarte jeweils Tausende von Spuren aufweisen. Bei solchen Ausführungsbeispielen kann das Verfahren [100](#) verwendet werden, um die sich am schlechtesten verhaltende der vielen Tausenden von Spuren zu identifizieren, in wesentlich kürzerer Zeit als dies herkömmliche Verfahren können.

[0027] Weiter nun mit einer Beschreibung des Verfahrens [600](#) ([Fig. 6](#)) beginnt das Verfahren mit einer Initialisierung [602](#) der ATE. [Fig. 7](#) stellt exemplarische Schritte dar, die unternommen werden können, um das Modell V4xxx der ATE der Versatest Series zu initialisieren. Das heißt, Leistungsversorgungen V1–V5 werden abgetrennt [700](#); eine Kanal-I/O-(In-

put/Output-)–Zeitgebung für zumindest den getesteten Kanal (hierin nachfolgend einfach bezeichnet als „der Kanal“) wird gesetzt [702](#); der Kanal wird in den Vektormodus gesetzt [704](#); die Invert-Maske wird von dem Kanal entfernt [706](#); und Hoch- und Niedrig-Eingangsspannungen (VIH, VIL, VOH, VOL) werden für den Kanal gesetzt [708](#).

[0028] Bezug nehmend zurück auf [Fig. 6](#) fährt das Verfahren [600](#) fort mit einer Treibersignal- und Empfänger-Aktivierungssignal-Konfiguration [604](#). [Fig. 8](#) stellt exemplarische Schritte dar, die unternommen werden können, um dies auszuführen, einschließlich der Einstellung [802](#) der Zeitgebung eines DRIVE_START (d. h. ein Signal, das eine Sensorflankenzeitgebung darstellt) und eines DRIVE_END (d. h. ein Signal, das eine Triggerflankenzeitgebung darstellt) für ein Signal, das auf den Kanal getrieben werden soll; Einstellen bzw. Setzen [804](#) eines Aktivierungssignal-Starts (d. h. MIN_STROBE) und eines Aktivierungssignal-Endes (MAX_STROBE) eines Aktivierungssignals (Strobe), das zum Abtasten des Signals verwendet wird, das auf den Kanal getrieben wird; Einstellen [806](#) einer Aktivierungssignal-Maske für den Kanal; und Einstellen [808](#) des Aktivierungssignal-Empfängers auf einen Flanken-Modus. Um ein Übersprechen und eine andere potenzielle Störung auf dem Kanal zu vermeiden, der bei der Analyse beteiligt ist, kann eine Signalübertragung auf allen Kanälen außer dem getesteten Kanal maskiert werden.

[0029] Bezug nehmend zurück auf [Fig. 6](#) fährt das Verfahren [600](#) mit der inkrementellen Aktivierung [606](#) der ansteigenden Sensorflanke des Signals fort, das auf den Kanal getrieben wird. Das heißt, das getriebene Signal wird ansprechend auf das Aktivierungssignal abgetastet, um die Sensorflanke von links zu charakterisieren. Die ansteigende Sensorflanke wird dann dekrementell aktiviert [608](#), um die Sensorflanke von rechts zu charakterisieren. Nachfolgend wird die Polarität des getriebenen Signals verändert [610](#) und die abfallende Sensorflanke des neuen Treibersignals wird dann inkrementell und dekrementell aktiviert [612](#), [614](#).

[0030] Nach dem Charakterisieren der ansteigenden und abfallenden Sensorflanke des Treibersignals mit einer gegebenen Pulsbreite aber unterschiedlichen Polaritäten, wird bestimmt, ob eine minimale Pulsbreite erreicht wurde [616](#). Wenn nicht, wird die Zeitgebung von DRIVE_START des getriebenen Signals inkrementiert [618](#), und die Schritte [606–614](#) werden wiederholt. Wenn ja, wird bestimmt, ob alle Kanäle der ATE getestet wurden [620](#). Wenn nicht, wird der getestete Kanal inkrementiert [622](#) und die Schritte [604–618](#) werden wiederholt. Ansonsten endet das Verfahren [600](#).

[0031] [Fig. 9](#) stellt ein exemplarisches Verfahren

900 dar zum inkrementellen oder dekrementellen Aktivieren einer Sensorflanke gemäß einem der Schritte **606**, **608**, **612**, **614** des Verfahrens **600**. Das Verfahren **900** weist das Einstellen **902** eines STROBE_START; das Einstellen **904** der Aktivierungssignal-Zeitgebung; und das Ausführen **906** eines Mustergenerators und der Suche nach dem Mittelpunkt einer Sensorflanke auf. Wenn der Mittelpunkt gefunden ist **908**, endet das Verfahren **900**. Ansonsten wird das STROBE_START inkrementiert oder dekrementiert **910** und der Mustergenerator wird verwendet, um noch mal nach der Sensorflanke zu suchen. Die Schwelle des Mustergenerators wird auf die Spannung gesetzt, die an dem Mittelpunkt einer Sensorflanke erwartet wird.

[0032] Wenn das Verfahren **600** ausgeführt wird, kann die Zeitgebung von DRIVE_START über eine Zeitperiode inkrementiert werden gleich der Ausbreitungsverzögerung eines getesteten Kanals oder über einen Bereich von Pulsbreiten, der einem Abschnitt eines Kanals entspricht, wo erwartet wird, dass eine Impedanzabweichung existiert. Ferner kann STROBE_START über eine gesamte Periode eines Treibersignals inkrementiert werden oder über einen Bereich, wo erwartet wird, dass eine Sensorflanke eines Treibersignals erfasst wird.

[0033] Die Daten, die durch fehlangepasste Impedanzzeitgebungsanalysen erzeugt werden, können viele Formen annehmen, einschließlich Tabellen, Datenbanken und Darstellungen. Bei einigen Ausführungsbeispielen können solche Daten Zwischendaten sein, die für weitere manuelle oder automatisierte Analysen verwendet werden können. Die Genauigkeit der Verfahren **100** und **600** kann durch Wiederholbarkeit verbessert werden. Zum Beispiel könnte es erwünscht sein, einen Schleifenvektor 1.000 mal pro Kanal schleifenmäßig zu verarbeiten, z. B. um einen ausreichend großen Satz von Daten zu erhalten, um einen gewünschten Pegel an Genauigkeit zu erreichen.

[0034] **Fig. 5** stellt eine exemplarische graphische Darstellung (d. h. Skizze) von Sensorflankenmittelpunkten dar, relativ zu dem Verfahren **600** und dem Signalweg **202**. Die vertikale Einheit der Darstellung ist die Pulsbreite (PW; PW = pulse-width) des Treibersignals in Nanosekunden. Die horizontale Einheit der Darstellung ist die erfasste Sensorflankenzeitgebung in Pikosekunden. Linie **500** stellt eine Darstellung der ansteigenden Sensorflanke dar, erfasst durch eine inkrementelle Aktivierung. Linie **502** stellt eine Darstellung der ansteigenden Sensorflanke dar, erfasst durch eine dekrementelle Aktivierung. Linie **508** stellt eine Darstellung der abfallenden Sensorflanke dar, erfasst durch eine inkrementelle Aktivierung. Linie **510** stellt eine Darstellung der abfallenden Sensorflanke dar, erfasst durch eine dekrementelle Aktivierung (Strobing).

[0035] Unter einer Pulsbreite von ungefähr 3 ns weisen die Sensorflankendarstellungen Verzerrungen auf, die die minimale Pulsbreite reflektieren, für die der Empfänger (RCV1), der mit dem Signalweg **202** verbunden ist, genau einen Sensorflankenmittelpunkt erfassen kann. Es wird jedoch daraufhingewiesen, dass diese minimale Pulsbreite von 3 ns nur exemplarisch ist. Abhängig von dem ATE-System, von dem der Empfänger ein Teil ist, kann diese minimale Pulsbreite kleiner oder größer sein.

[0036] **Fig. 5** stellt einige aber nicht alle der nützlichen Messungen dar, die aus den gesammelten Daten abgeleitet werden können. Zum Beispiel, zusätzlich zu Messungen **504** und **506**, die bereits erörtert wurden, weisen die Messungen einen Spitze-zu-Spitze-Zeitgebungsfehler **512** für die Impedanzfehlanpassung C1 auf, zusätzlich zu der Totzone. Der Spitze-zu-Spitze-Zeitgebungsfehler **512** weist die kombinierten Fehler auf, die Zittern, Linearität, Empfänger- und Treiber-Fehlern zugeordnet sind, plus den maximalen Zeitgebungsfehler, der durch ansteigende oder abfallende Flanken verursacht wird, die durch die Impedanzabweichung C1 reflektiert werden.

[0037] Die hierin beschriebenen Verfahren können manuell oder automatisch ausgeführt werden, entweder ganz oder teilweise. In einigen Fällen können die Verfahren in Anweisungssequenzen verkörpert sein, die, wenn sie durch eine Maschine (z. B. ATE) ausgeführt werden, verursachen, dass die Maschine die Aktionen des Verfahrens ausführt. Die Anweisungssequenzen können auf einer Programmspeichervorrichtung gespeichert sein, wie z. B. einer Festplatte, einer entfernbaren Platte, einem Speicher oder einer Kombination derselben, egal ob an einer einzelnen Position oder verteilt über ein Netzwerk.

Patentansprüche

1. Verfahren, das folgende Merkmale aufweist: sequenzielles Treiben (**102**) einer Mehrzahl von Signalen (**400**, **408**, **416**, **424**) auf einen Signalweg (**202**), wobei jedes der Signale eine Pulsbreite aufweist, definiert durch eine Trigger-Flanke (**402**, **404**, **418**, **426**) und eine Sensor-Flanke (**404**, **412**, **420**, **428**), und wobei zumindest einige der Signale (**400**, **408**, **416**, **424**) unterschiedliche Pulsbreiten aufweisen; nach dem Treiben jedes Signals (**400**, **408**, **416**, **424**), Abtasten (**104**) des Signals (**400**, **408**, **416**, **424**) bei einer Zeitgebung der Sensor-Flanke (**404**, **412**, **420**, **428**) des Signals, um dadurch die Sensor-Flanke (**404**, **412**, **420**, **428**) des Signals zu charakterisieren; und Analysieren (**106**) der Sensor-Flanken-Charakterisierungen, die den unterschiedlichen Signalen (**400**, **408**, **416**, **424**) entsprechen, um einen Zeitgebungsfehler (**504**) zu quantifizieren, induziert durch eine Impedanzabweichung des Signalwegs (**202**).

2. Verfahren (100) gemäß Anspruch 1, bei dem die unterschiedlichen Pulsbreiten der Signale (400, 408, 416, 424) gebildet werden durch Einstellen von Zeitgebungen der Trigger-Flanken, aber nicht der Sensor-Flanken (404, 412, 420, 428), von zumindest einigen der Signale.

3. Verfahren gemäß Anspruch 1 oder 2, bei dem die unterschiedlichen Pulsbreiten der Signale (400, 408, 416, 424) gebildet werden durch Einstellen von Zeitgebungen der Sensor-Flanken (404, 412, 420, 428), aber nicht der Trigger-Flanken, von zumindest einigen der Signale.

4. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem die unterschiedlichen Pulsbreiten der Signale (400, 408, 416, 424) gebildet werden durch Einstellen der Zeitgebungen von sowohl den Trigger- als auch Sensor-Flanken von zumindest einigen der Signale.

5. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem die Signalabtastwerte Spannungen aufweisen.

6. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem jedes Signal (400, 408, 416, 424) an einer Mehrzahl von Punkten abgetastet wird, die sich von vor der Sensor-Flanke (404, 412, 420, 428) des Signals bis zumindest dem Mittelpunkt der Sensor-Flanke (404, 412, 420, 428) des Signals erstrecken.

7. Verfahren gemäß Anspruch 6, bei dem die Sensor-Flanke (404, 412, 420, 428) jedes Signals gekennzeichnet ist durch Verwenden der Mehrzahl von Abtastpunkten für das Signal (400, 408, 416, 424), um eine Zeitgebung eines Mittelpunkts der Sensor-Flanke (404, 412, 420, 428) des Signals zu bestimmen.

8. Verfahren gemäß Anspruch 6 oder 7, bei dem jedes Signal (400, 408, 416, 424) ferner abgetastet wird an einer Mehrzahl von Punkten, die sich von nach der Sensor-Flanke (404, 412, 420, 428) des Signals zu zumindest dem Mittelpunkt der Sensor-Flanke (404, 412, 420, 428) des Signals erstrecken.

9. Verfahren (100) gemäß Anspruch 8, bei dem die Sensor-Flanke (404, 412, 420, 428) des Signals gekennzeichnet ist durch Verwenden der Mehrzahl von Abtastpunkten beginnend von vor der Sensor-Flanke (404, 412, 420, 428) des Signals, um eine frühe Zeitgebung (500) eines Mittelpunkts der Sensor-Flanke (404, 412, 420, 428) des Signal zu bestimmen; und Verwenden der Mehrzahl von Abtastpunkten beginnend von nach der Sensor-Flanke des Signals, um eine späte Zeitgebung (502) eines Mittelpunkts der Sensor-Flanke (404, 412, 420, 428) des Signals zu

bestimmen

10. Verfahren (100) gemäß Anspruch 9, bei dem ein Analysieren (106) der Sensor-Flanken-Charakterisierungen, die den unterschiedliche Signalen (400, 408, 416, 424) entsprechen, um den Zeitgebungsfehler zu quantifizieren, der durch die Impedanzabweichung des Signalwegs (202) induziert wird, folgenden Schritt aufweist:

Vergleichen von Darstellungen (500, 502, 508, 510) einer frühen und späten Zeitgebung der Mittelpunkte der Sensor-Flanken (404, 412, 420, 428) des Signals, um einen Spitze-zu-Spitze-Zeitgebungsfehler (506) zu quantifizieren, der der Impedanzabweichung zugeordnet ist.

11. Verfahren (100) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, bei dem jedes Signal (400, 408, 416, 424) an einer Mehrzahl von Punkten abgetastet wird, die sich von nach der Sensor-Flanke (404, 412, 420, 428) des Signals zu zumindest dem Mittelpunkt der Sensor-Flanke des Signals erstrecken.

12. Verfahren gemäß Anspruch 11, bei dem die Sensor-Flanke (404, 412, 420, 428) des Signals gekennzeichnet ist durch Verwenden der Mehrzahl von Abtastpunkten für das Signal, um eine Zeitgebung eines Mittelpunkts der Sensor-Flanke des Signals zu bestimmen.

13. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 12, das ferner das Verwenden der Pulsbreite eines Signals aufweist, das einer anormalen Sensor-Flanken-Charakterisierung entspricht, um eine Position der Impedanzabweichung auf dem Signalweg zu identifizieren.

14. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 13, bei dem ein sequenzielles Treiben der Mehrzahl von Signalen auf den Signalweg (202) folgende Schritte aufweist:

Treiben einer Mehrzahl von Signalen mit abfallenden Sensor-Flanken auf den Signalweg (202); und Treiben einer Mehrzahl von Signalen mit ansteigenden Sensor-Flanken auf den Signalweg (202).

15. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 14, bei dem der Signalweg (202) ein Signalweg eines Schaltungstesters ist.

16. Verfahren gemäß Anspruch 15, das ferner das Wiederholen der Treib-, Abtast- und Analyser-Aktionen für jeden Kanal des Schaltungstesters aufweist.

17. Verfahren gemäß Anspruch 15 oder 16, bei dem die Impedanzabweichung bekannt ist, um ein Ergebnis eines Verbinders in dem Signalweg zu sein, und bei dem die unterschiedlichen Pulsbreiten der Mehrzahl von Signalen ausgewählt sind, um bei zwei

Mal der Zeit zu sein, die die Signale brauchen, um sich zu dem Verbinder auszubreiten.

18. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 17, bei dem die unterschiedlichen Pulsbreiten der Mehrzahl von Signalen ausgewählt sind, um bei zwei Mal der Zeit zu sein, die die Signale brauchen, um sich zu einem Bereich des Signalwegs auszubreiten, wo erwartet wird, dass die Impedanzabweichung vorliegt.

19. Programmspeichervorrichtung, die gespeichert auf derselben Sequenzen von Anweisungen aufweist, die, wenn sie durch eine Maschine ausgeführt werden, verursachen, dass die Maschine folgende Aktionen ausführt:

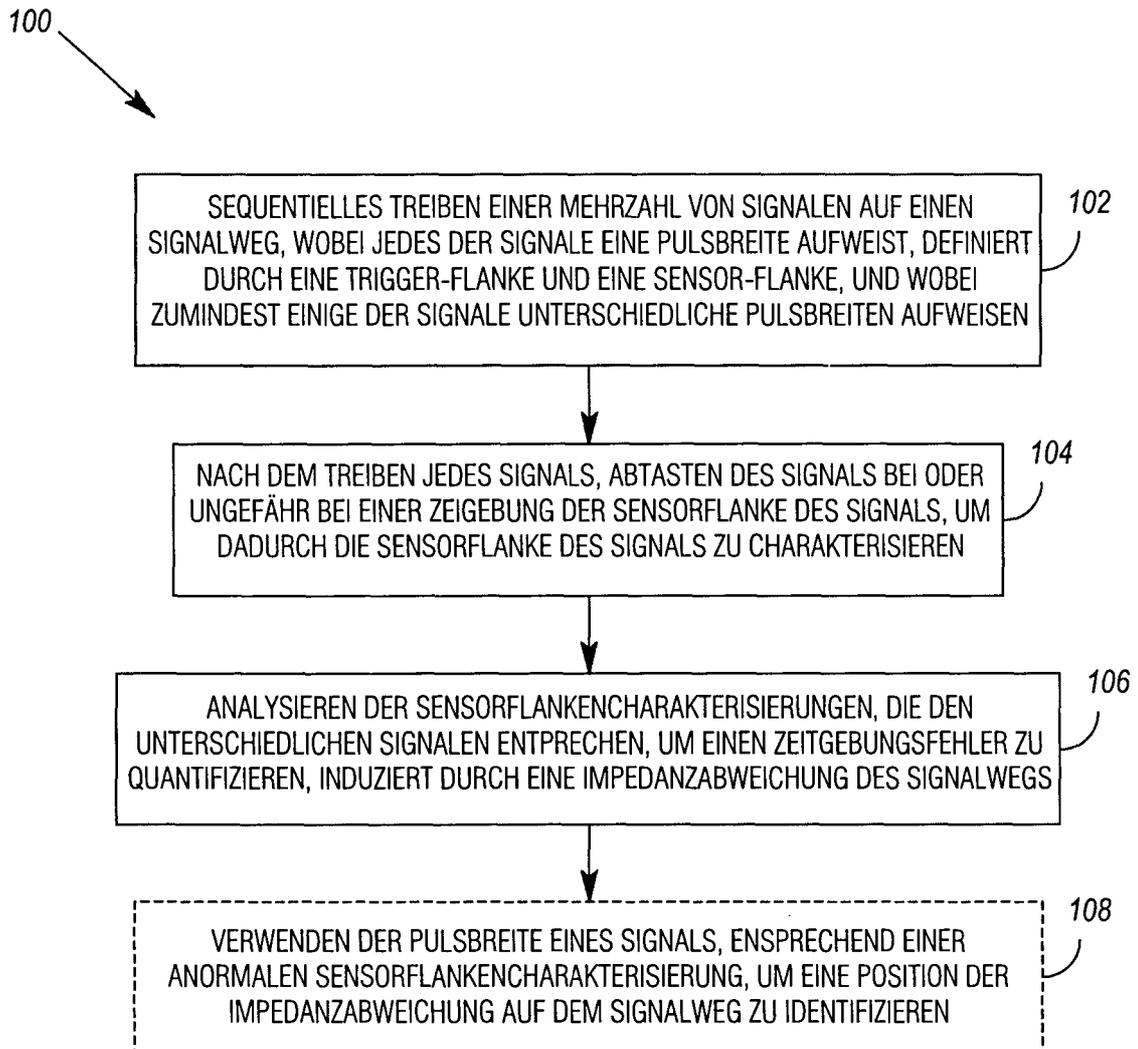
sequenzielles Treiben (102) einer Mehrzahl von Signalen (400, 408, 416, 424) auf einen Signalweg (202), wobei jedes der Signale eine Pulsbreite aufweist, definiert durch eine Trigger-Flanke (402, 404, 418, 426) und eine Sensor-Flanke (404, 412, 420, 428), wobei zumindest einige der Signale (400, 408, 416, 424) unterschiedliche Pulsbreiten aufweisen; nach dem Treiben jedes Signals (400, 408, 416, 424), Abtasten (104) des Signals (400, 408, 416, 424) bei einer Zeitgebung der Sensor-Flanke (404, 412, 420, 428) des Signals, um dadurch die Sensor-Flanke (404, 412, 420, 428) des Signals zu charakterisieren; und

Vergleichen (106) der Sensor-Flanken-Charakterisierungen von Unterschiedlichen der mehreren Signale (400, 408, 416, 424), um einen Zeitgebungsfehler (504) zu quantifizieren, induziert durch eine Impedanzabweichung des Signalwegs (202).

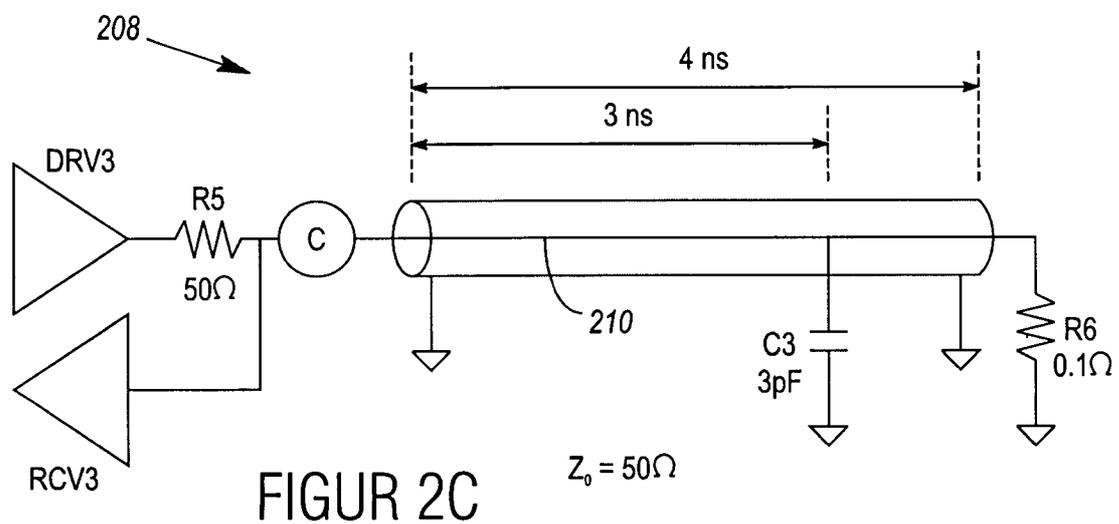
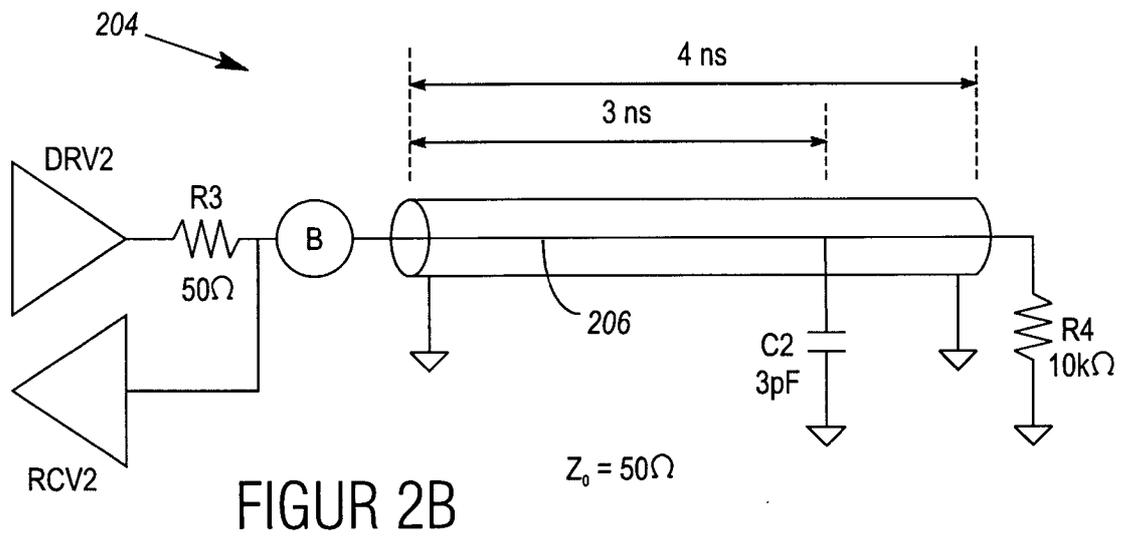
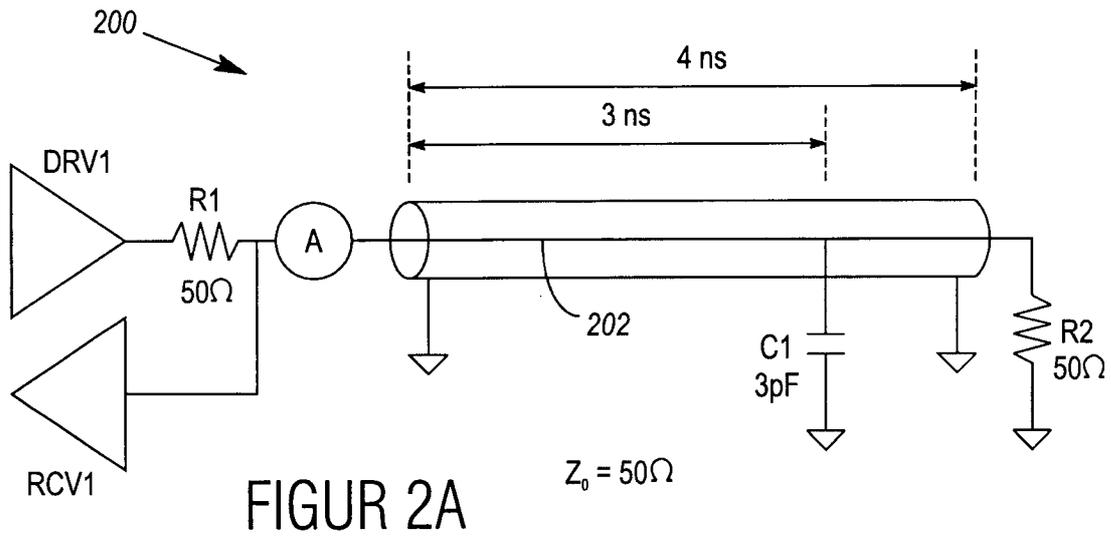
20. Programmspeichervorrichtung gemäß Anspruch 19, bei der jedes Signal an einer Mehrzahl von Punkten auf jeder Seite seiner Sensor-Flanke abgetastet wird.

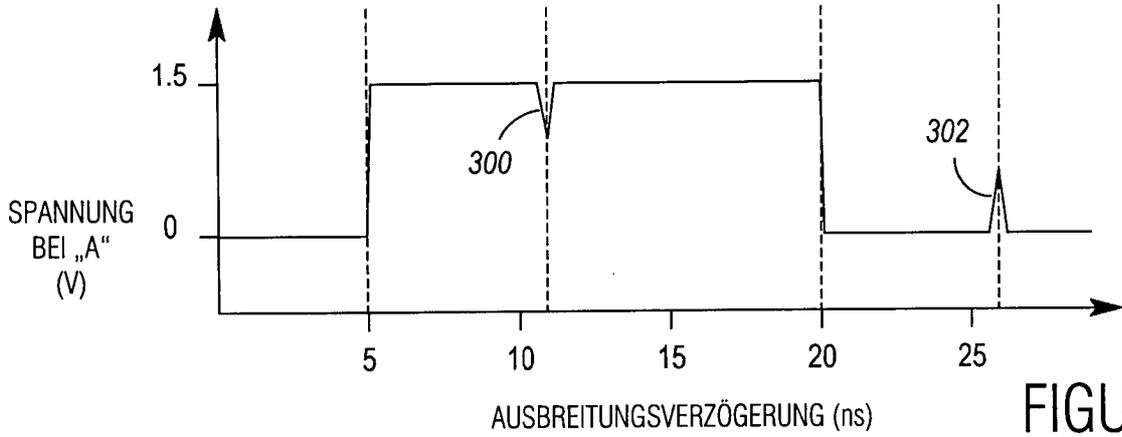
Es folgen 8 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

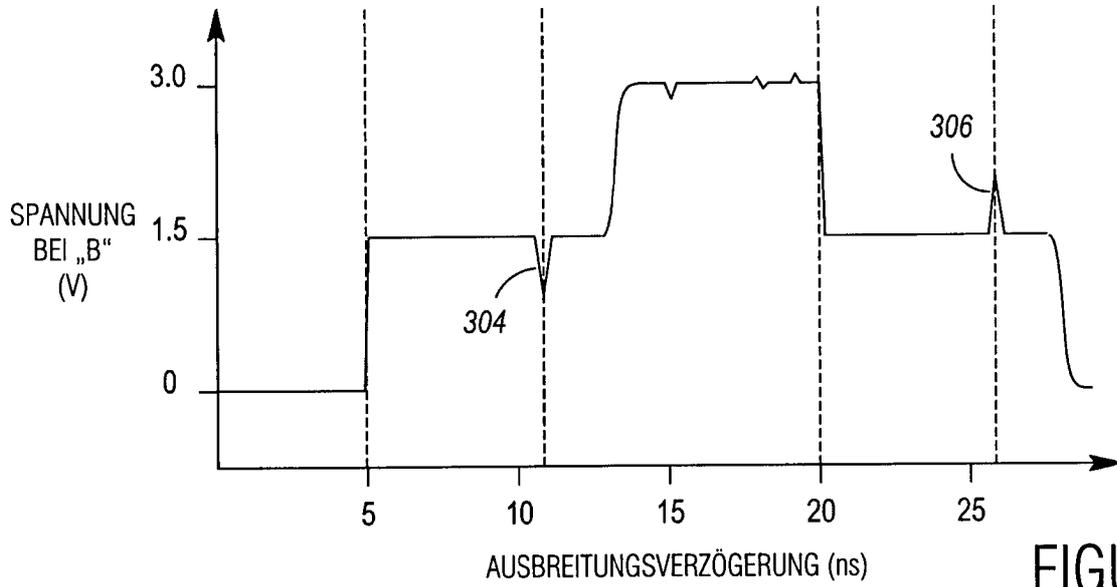


FIGUR 1

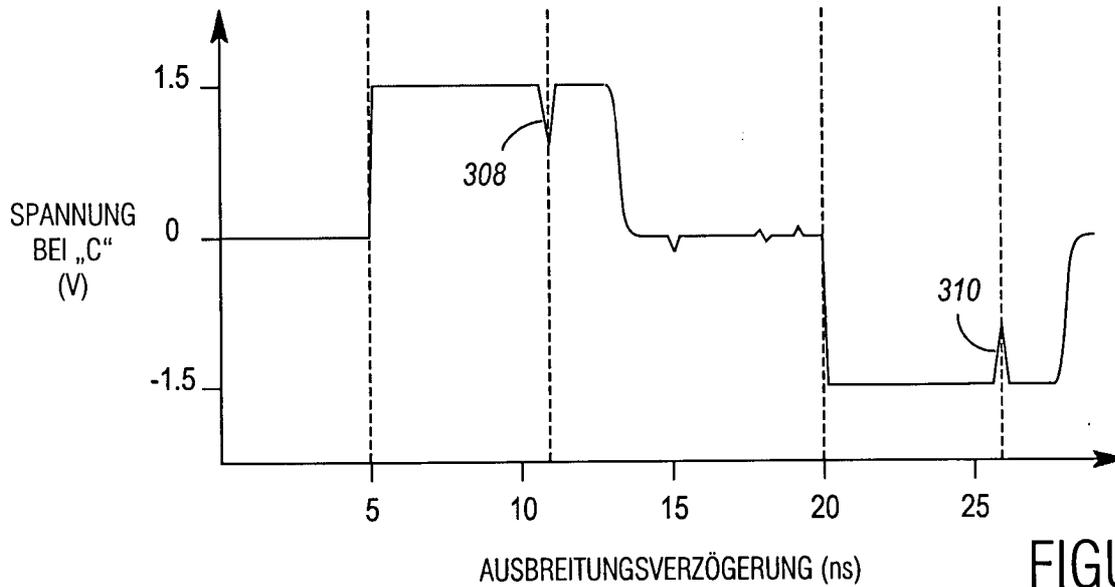




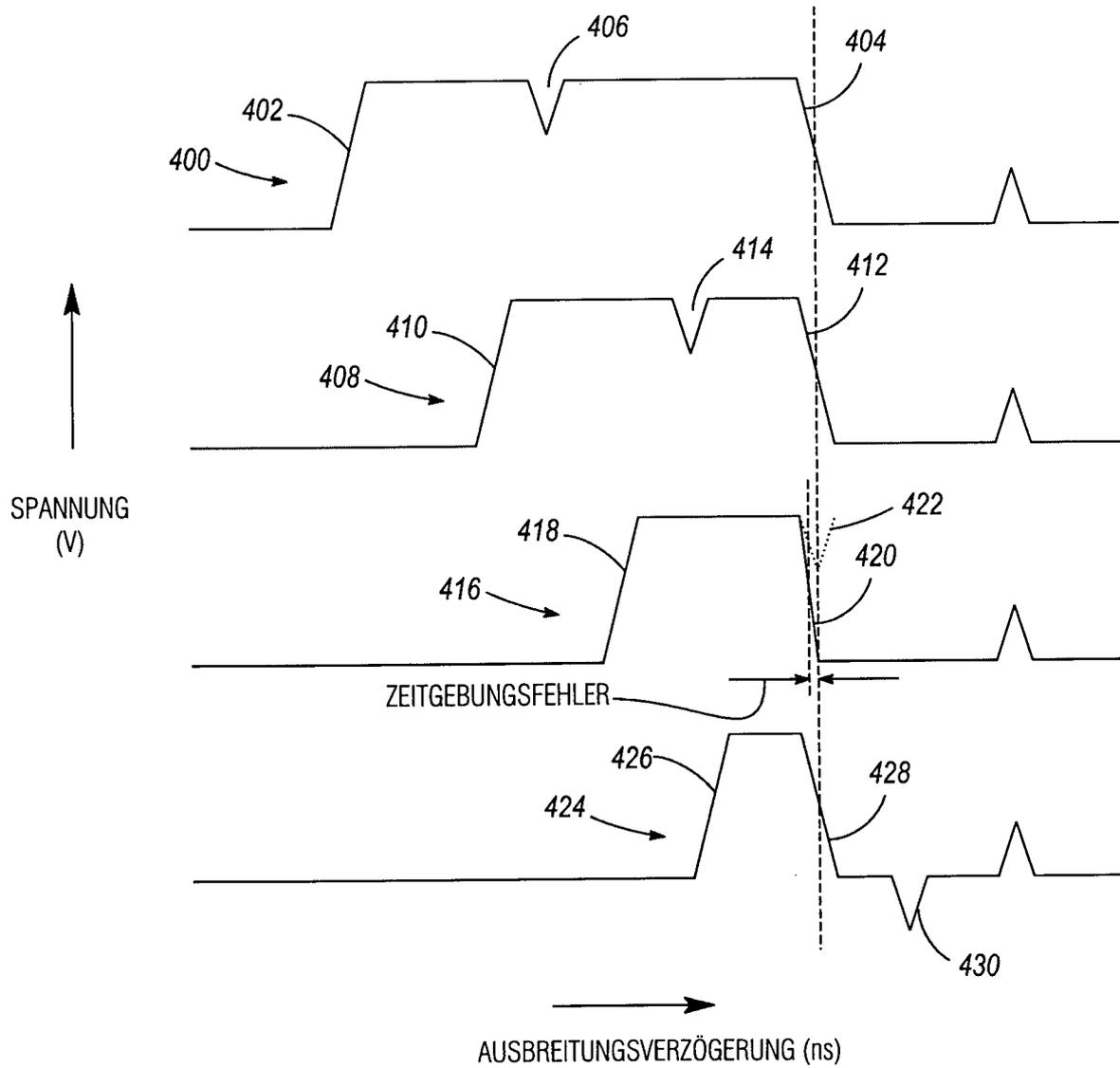
FIGUR 3A



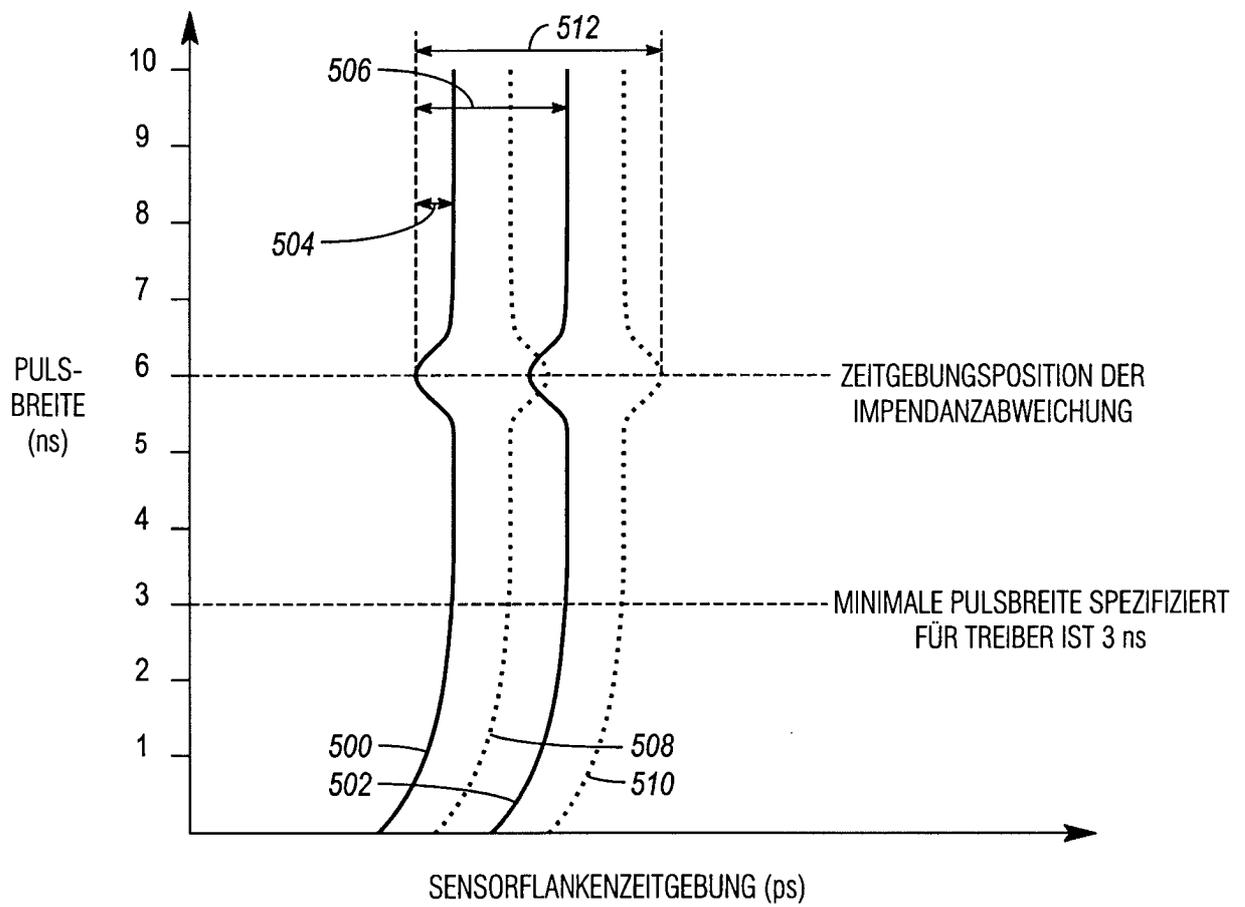
FIGUR 3B



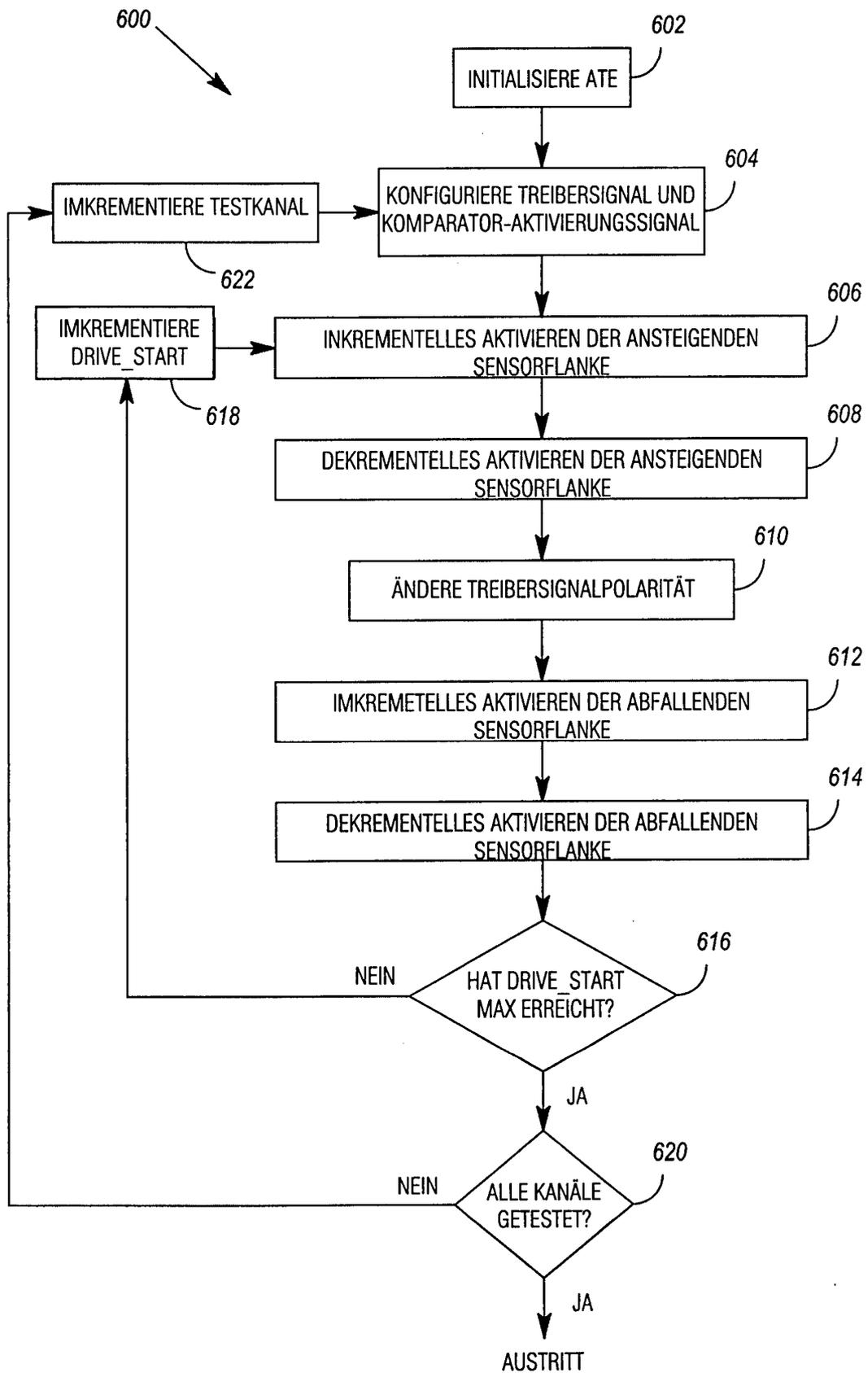
FIGUR 3C



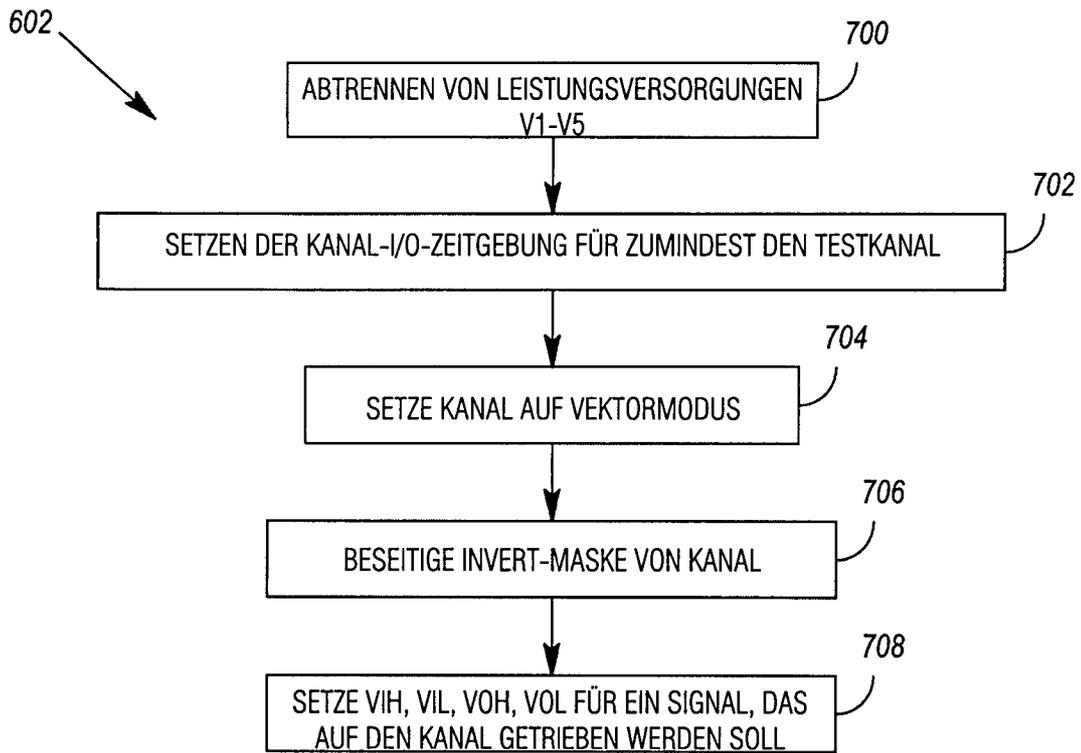
FIGUR 4



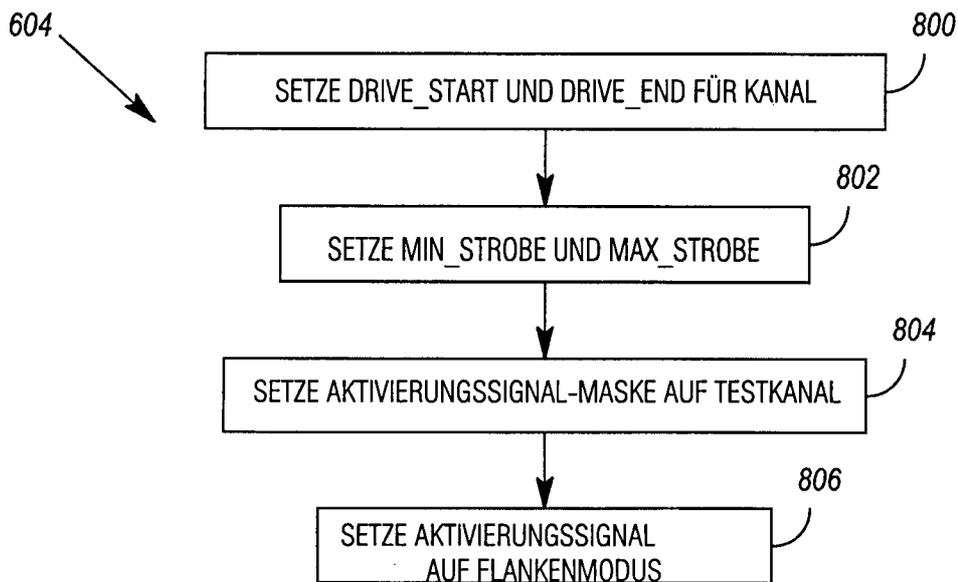
FIGUR 5



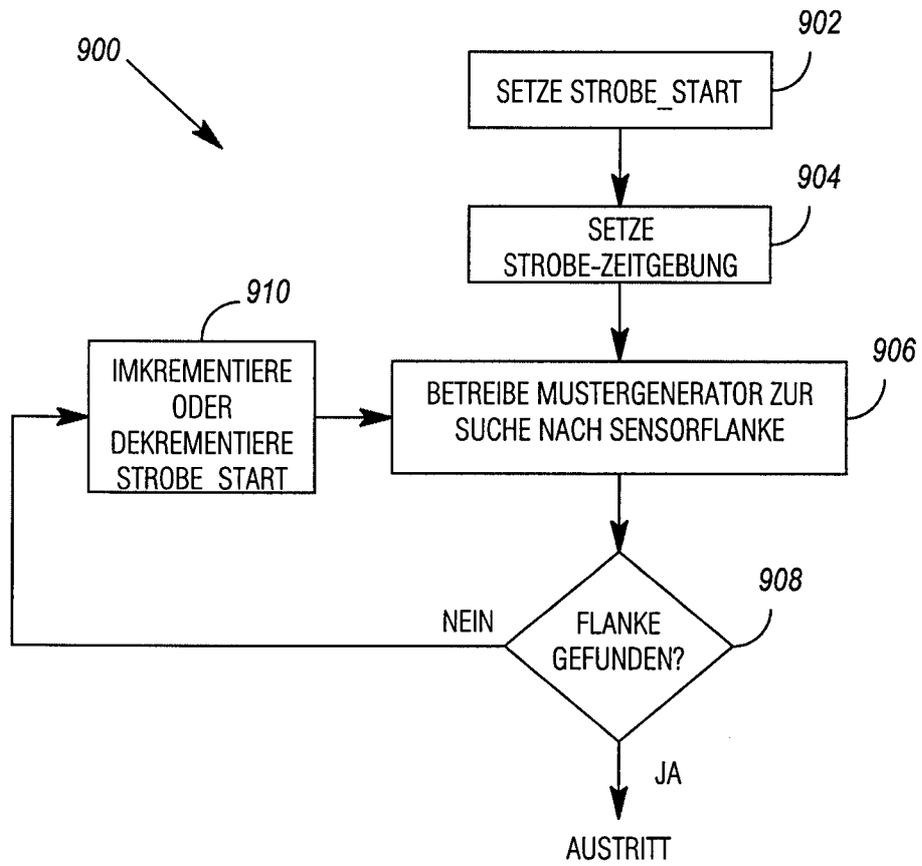
FIGUR 6



FIGUR 7



FIGUR 8



FIGUR 9