



(10) **DE 10 2014 201 807 B3** 2015.02.26

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2014 201 807.2**
(22) Anmeldetag: **31.01.2014**
(43) Offenlegungstag: –
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **26.02.2015**

(51) Int Cl.: **H04L 25/03 (2006.01)**
H03K 7/08 (2006.01)

Innerhalb von neun 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).

(73) Patentinhaber:
Universität Rostock, 18055 Rostock, DE

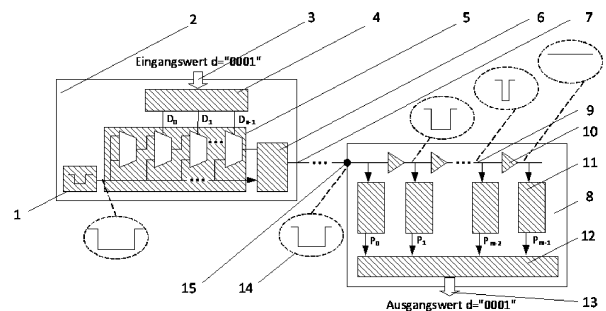
(74) Vertreter:
**Gulde & Partner Patent- und
Rechtsanwaltskanzlei mbB, 10179 Berlin, DE**

(72) Erfinder:
**Salomon, Ralf, Prof., 18119 Rostock, DE; Joost,
Ralf, Dr.-Ing., 18225 Kühlungsborn, DE; Hinkfoth,
Matthias, 18059 Rostock, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:
US 4 061 976 A
WO 2013/ 132 875 A1

(54) Bezeichnung: **Verfahren und System zur Übertragung von Daten**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und ein System zur Übertragung von Daten. Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und ein System zur Übertragung von Daten anzugeben, dessen Übertragungsgeschwindigkeit bei vergleichsweise geringen Anforderungen an die Übertragungsgeschwindigkeit der beteiligten Ein-/Ausgabebausteine signifikant erhöht werden. Dazu durchläuft ein pulsbreitenmoduliertes Taktsignal (15) zur Demodulation eine Vielzahl entlang eines Signalpfades (9) in Reihe geschalteter Leitungstreiber (10) und wird jeweils mittels den Leitungstreibern (10) zugeordneten Pulsdetektoren (11) ausgewertet, wobei die Daten (13) aus einer Position eines Leitungstreibers (10) entlang des Signalpfades (9), an dessen zugeordnetem Pulsdetektor (11) das pulsbreitenmodulierte Taktsignal (15) erstmals nicht detektiert wird, bestimmt werden.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und ein System zur Übertragung von Daten.

Stand der Technik

[0002] Für die Kommunikation zwischen Sender und Empfänger sind unterschiedlichste Übertragungstechniken bekannt. Hierzu zählen unter anderem die synchrone und die asynchrone Übertragung. Je nach gewählter Technik wird zusätzlich zu den Daten ein weiteres Taktsignal übertragen. Charakteristisch für eine derartige Übertragung ist, dass der Empfänger das eingehende Signal zu bestimmten Zeitpunkten abtastet und in Abhängigkeit des gelesenen Wertes eine logische Eins oder eine logische Null ableitet.

[0003] Die Übertragungsgeschwindigkeit richtet sich nach der Frequenz des Datensignals und wird sowohl von der Übertragungsgeschwindigkeit der beteiligten Ein-/Ausgabebausteine als auch den vorgeschalteten bzw. nachfolgenden Verarbeitungseinheiten (d. h. Abtastgeschwindigkeiten) begrenzt.

[0004] Zur Erhöhung der Übertragungsgeschwindigkeit muss daher die Übertragungsgeschwindigkeit der beteiligten Ein-/Ausgabebausteine sowie den vorgeschalteten bzw. nachfolgenden Verarbeitungseinheiten erhöht werden, was zu erhöhten Kosten führt.

[0005] Die Pulsweitenmodulation (PWM) ist eine Modulationsart zur Übertragung von Daten, wobei der Tastgrad eines Rechteckpulses bei konstanter Frequenz moduliert wird. Zur Erhöhung der Übertragungsgeschwindigkeit bei Verwendung der Pulsweitenmodulation muss daher entweder die Taktfrequenz oder die Abtastauflösung(-geschwindigkeit) des empfangenen Rechtecksignals (mithin der vorgeschalteten bzw. nachfolgenden Verarbeitungseinheiten) erhöht werden, was ebenfalls zu erhöhten Kosten führt. Solche Verfahren sind beispielsweise aus US 4 061 976 A und WO 2013/132 875 A1 bekannt.

[0006] Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und ein System zur Übertragung von (bevorzugt digitalen) Daten anzugeben, dessen Übertragungsgeschwindigkeit bei vergleichsweise geringen Anforderungen an die Übertragungsgeschwindigkeit der beteiligten Ein-/Ausgabebausteine sowie der vorgeschalteten bzw. nachfolgenden Verarbeitungseinheiten signifikant erhöht werden.

Offenbarung der Erfindung

[0007] Erfindungsgemäß wird ein Verfahren zur Übertragung von Daten offenbart, bei dem die Pulsbreite eines Taktsignals in Abhängigkeit der zu über-

tragenden Daten moduliert; das pulsbreitenmodulierte Taktsignal übertragen und nach der Übertragung durch den Empfänger zur Rückgewinnung der Daten demoduliert wird, wobei das pulsbreitenmodulierte Taktsignal zur Demodulation eine Vielzahl entlang eines Signalpfades in Reihe geschalteter Leitungstreiber durchläuft und jeweils mittels den Leitungstreibern zugeordneten Pulsdetektoren ausgewertet wird, wobei die Daten aus einer Position eines Leitungstreibers entlang des Signalpfades, an dessen zugeordnetem Pulsdetektor das pulsbreitenmodulierte Taktsignal nicht detektiert wird, bestimmt werden.

[0008] Unter einem Leitungstreiber wird im Sinne der vorliegenden Erfindung allgemein ein Signal-Buffer verstanden. Vorzugsweise ist der Signal-Buffer durch einen Transistor ausgebildet.

[0009] Die wesentliche Idee der vorliegenden Erfindung besteht darin, dass die enthaltene Information (Datenwert) in der Länge eines zu übertragenden Pulses kodiert ist und dass diese Länge in einer effizienten Art und Weise vom Empfänger dekodiert wird, wobei trotz hoher Übertragungsgeschwindigkeit vergleichsweise geringe Anforderungen an die vorgeschalteten bzw. nachfolgenden Verarbeitungseinheiten zu stellen sind. Somit lassen sich mit niedrig getakteten Bauelementen (digitalen Schaltkreisen) sehr hohe Übertragungsgeschwindigkeiten realisieren.

[0010] Die effiziente Dekodierung erfolgt dadurch, dass die bei einem Durchlauf eines Pulses durch einen Signalpfad (insbesondere durch im Signalpfad vorhandene Leitungstreiber) prinzipbedingte Veränderung der Pulsform, insbesondere des Tastverhältnisses von Pulsen ausgenutzt wird, um die am Signaleingang vorhandene Länge des Pulses zu bestimmen. Diese genannte Veränderung der Pulsform, die sich in einer Verkürzung oder ggf. einer Verlängerung der Pulslänge widerspiegelt, ist unter anderem durch die unterschiedliche Dotierung und unterschiedliche geometrische Dimensionierung der beispielsweise in den Leitungstreibern verwendeten Halbleiter bedingt.

[0011] Anstatt die Länge des Pulses durch eine im Vergleich zum Taktsignal höherfrequente Abtastung (zur Bestimmung des Tastverhältnisses) zu realisieren, schlägt die vorliegende Erfindung vor, die Länge des empfangenen Pulses durch einen Durchlauf des am Eingang des Empfängersignalpfades vorliegenden Pulses durch eine Vielzahl von Leitungstreibern (vorzugsweise Transistoren) so lange zu verkürzen, bis der Puls durch einen dem jeweiligen Leitungstreiber zugeordneten Pulsdetektor (vorzugsweise erstmals) nicht mehr detektiert wird. Aufgrund der Anzahl der durchlaufenden Abschnitte im Signalpfad und der Kenntnis der jeweiligen Verkürzung der Pulslänge durch die einzelnen Abschnitte (insbesondere durch die Leitungstreiber) kann die ursprünglich am Eingang des Empfängersignalpfades vorliegen-

de Pulslänge bestimmt werden, beispielsweise durch Aufsummierung der jeweiligen zeitlichen Verkürzungen der Pulslänge.

[0012] Alternativ ist es jedoch auch möglich, die Leitungstreiber derart auszubilden, dass die Signallängen konsekutiv verlängert werden. Auch in diesem Fall gibt es nach dem Durchlauf ausreichend vieler Leistungstreiber keinen detektierbaren Puls mehr, so dass die Eingangspulslänge auch dann aus der Position desjenigen Treibers, an dessen zugeordnetem Pulsdetektor das pulsbreitenmodulierte Taktsignal (vorzugsweise erstmals) nicht detektiert wird, bestimmt werden kann. Grundsätzlich ist es sogar möglich, dass die Vielzahl der Leitungstreiber teilweise eine Verkürzung und teilweise eine Verlängerung der Pulslänge bewirken, wobei die Vielzahl der Leitungstreiber überwiegend eine Verkürzung bzw. Verlängerung bewirken, so dass der Puls nach Durchlauf einer ausreichenden Anzahl von Treibern verschwindet. Bei Kenntnis der Beiträge der einzelnen Treiber ist es dann möglich, auf die Eingangspulslänge zu schließen.

[0013] Dazu kann vorteilhafterweise auf eine im Vergleich zum Taktsignal höherfrequente Abtastung des am Eingang des Empfängersignalfades vorliegenden Pulses verzichtet werden, wodurch die Kosten für die Schaltkreise deutlich reduziert werden können. Aus der bestimmten Pulslänge lassen sich dann die Daten ermitteln (demodulieren), da die Pulsbreite des Taktsignals in Abhängigkeit der zu übertragenden Daten moduliert wurde.

[0014] Vorzugsweise ist ein erster Leitungstreiber, an dessen zugeordnetem Pulsdetektor das pulsbreitenmodulierte Taktsignal erstmals nicht detektiert wird, entlang des Signalfades zu einem zweiten Leitungstreiber benachbart angeordnet ist, wobei der zweite Leitungstreiber dem Signaleingang des Signalfades näher liegt als der erste Leitungstreiber, und wobei das pulsbreitenmodulierte Taktsignal an dem dem zweiten Leitungstreiber zugeordneten Pulsdetektor detektiert wird, und wobei die Daten aus einer Position des ersten Leitungstreibers entlang des Signalfades bestimmt werden. Mit anderen Worten wird die Position desjenigen (ersten) Leitungstreibers zur Bestimmung der Daten verwendet, an dessen zugeordnetem Pulsdetektor das pulsbreitenmodulierte Taktsignal erstmals nicht mehr detektiert wird, d. h. an allen im Signalpfad vorangegangenen Pulsdetektoren wurde der Puls detektiert. Alternativ ist es jedoch auch möglich, die Position eines (entlang des Signalfades) hinter dem ersten Leitungstreiber gelegenen Leitungstreibers zu verwenden, an dessen zugeordnetem Pulsdetektor das pulsbreitenmodulierte Taktsignal nicht mehr detektiert wird, sofern die Anzahl der bereits durchlaufenen Leitungstreiber, an deren zugeordneten Pulsdetektoren das pulsbreitenmodulierte Taktsignal nicht

mehr detektiert wurde, bekannt ist. Denn die Kenntnis der Position des Leitungstreibers, an dessen zugeordnetem Pulsdetektor das pulsbreitenmodulierte Taktsignal nicht mehr detektiert wird, und die Anzahl der Leitungstreiber, die ohne detektierten Puls durchlaufen wurden, ermöglicht es ebenfalls, die ursprüngliche Pulslänge und damit die Daten zu bestimmen.

[0015] Vorzugsweise sind die zu übertragenden Daten digitale Daten. Besonders bevorzugt ist die Frequenz des Taktsignals größer oder gleich der Abtastfrequenz der Pulsdetektoren. Alternativ ist es auch möglich, dass die Frequenz des Taktsignals geringfügig kleiner als die Abtastfrequenz der Pulsdetektoren ist, da auch in einem solchen Fall vergleichsweise geringe Anforderungen an die (vorgeschalteten bzw.) nachfolgenden Verarbeitungseinheiten zu stellen sind. Vorzugsweise ist die (maximale) Abtastfrequenz der Pulsdetektoren lediglich 100 Mal höher als die Frequenz des Taktsignals, bevorzugter ist die (maximale) Abtastfrequenz der Pulsdetektoren lediglich 10 Mal höher als die Frequenz des Taktsignals und noch bevorzugter ist die (maximale) Abtastfrequenz der Pulsdetektoren lediglich 3 Mal höher als die Frequenz des Taktsignals.

[0016] Erfindungsgemäß wird ein Verfahren zur Demodulation eines pulsbreitenmodulierten Taktsignals offenbart, wobei das pulsbreitenmodulierte Taktsignal zur Demodulation eine Vielzahl entlang eines Signalfades in Reihe geschalteter Leitungstreiber durchläuft und jeweils mittels den Leitungstreibern zugeordneten Pulsdetektoren ausgewertet wird, wobei die Daten aus einer Position eines Leitungstreibers entlang des Signalfades, an dessen zugeordnetem Pulsdetektor das pulsbreitenmodulierte Taktsignal (vorzugsweise erstmals) nicht detektiert wird, bestimmt werden.

[0017] Das offenbarte Verfahren kann besonders bevorzugt in anwendungsspezifisch konfigurierbarer Hardware wie ASICs (Application-specific Integrated Circuit bzw. anwendungsspezifische integrierte Schaltung) und FPGAs (Field Programmable Gate Array) eingesetzt werden, da diese Bausteine das Parallelverarbeiten von Signalen auf der Hardware-Ebene ermöglichen.

[0018] In einer besonders bevorzugten Variante werden die jeweiligen Verkürzungen des Signalpulses beim Passieren der einzelnen (bevorzugt einen Leitungstreiber aufweisenden) Abschnitte des Signalfades vorab bestimmt. Dann ist es in besonders einfacher Weise möglich, aus der Position des Abschnitts (bzw. Leitungstreibers bzw. zugeordneten Pulsdetektors), an dem das eingespeiste (empfangene, pulsbreitenmodulierte) Taktsignal erstmals nicht mehr detektiert wird, die Länge des empfangenen Pulses zu bestimmen, da lediglich die vorab bestimmten Verkürzungen des Signalpulses der bis zum „Ver-

schwinden" des Pulses (d. h. Verkürzung der Länge des Signalpulses bis unter die Schwelle der Detektierbarkeit durch die Pulsdetektoren) durchlaufenen Abschnitte aufsummiert werden muss. Aus der derart bestimmten Länge des empfangenen Signalpulses kann dann auf die Daten geschlossen werden, da die Signallänge (auch als Pulsbreite bezeichnet) des gesendeten Signalpulses vorab in Abhängigkeit der zu übertragenden Daten moduliert worden ist. Alternativ ist es möglich, die jeweilige Verkürzung des Signalpulses durch implementierte Messmethoden bzw. eine Kalibrierung vor oder während des Übertragungsprozesses oder durch Modellrechnungen zu ermitteln.

[0019] Erfindungsgemäß wird ein System zur Übertragung von Daten offenbart, umfassend: ein Sendermodul, das ausgebildet ist, die Pulsbreite eines Taktsignals in Abhängigkeit der zu übertragenden Daten zu modulieren und das pulsbreitenmodulierte Taktsignal zu senden; ein Empfängermodul zum Empfangen des gesendeten pulsbreitenmodulierten Taktsignals; wobei das Empfängermodul eine Vielzahl entlang eines Signalpfades in Reihe geschalteter Leitungstreiber und jeweils zugeordnete Pulsdetektoren umfasst, wobei ein Decoder zur Demodulation der Daten aus dem pulsbreitenmodulierten Taktsignal vorgesehen ist, und wobei der Decoder ausgebildet ist, die Daten aus einer Position eines Leitungstreiber, an dessen zugeordnetem Pulsdetektor das pulsbreitenmodulierte Taktsignal (vorzugsweise erstmals) nicht detektiert wird, zu bestimmen.

[0020] Besonders bevorzugt ist die Frequenz des Taktsignals größer oder gleich der Abtastfrequenz der Pulsdetektoren. Alternativ ist es auch möglich, dass die Frequenz des Taktsignals geringfügig kleiner als die Abtastfrequenz der Pulsdetektoren ist, da auch in einem solchen Fall vergleichsweise geringe Anforderungen an die (vorgeschalteten bzw.) nachfolgenden Verarbeitungseinheiten zu stellen sind. Vorzugsweise ist die (maximale) Abtastfrequenz der Pulsdetektoren lediglich 100 Mal höher als die Frequenz des Taktsignals, bevorzugter ist die (maximale) Abtastfrequenz der Pulsdetektoren lediglich 10 Mal höher als die Frequenz des Taktsignals und noch bevorzugter ist die (maximale) Abtastfrequenz der Pulsdetektoren lediglich 3 Mal höher als die Frequenz des Taktsignals.

[0021] Vorzugsweise sind die Leitungstreiber ausgebildet, die Pulsbreite des pulsbreitenmodulierten Taktsignals beim Durchlaufen des Taktsignals durch den Leitungstreiber zu verringern. Alternativ ist es jedoch auch denkbar, dass die Leitungstreiber die Signallängen konsekutiv verlängern. Auch in diesem Fall gibt es nach dem Durchlauf ausreichend vieler Leistungstreiber keinen detektierbaren Puls mehr, so dass die Eingangspulslänge auch dann aus der Position desjenigen Treiber, an dessen zugeordne-

tem Pulsdetektor das pulsbreitenmodulierte Taktsignal (vorzugsweise erstmals) nicht detektiert wird, bestimmt werden kann.

[0022] Vorzugsweise ist der Signalpfad ausgebildet, die Pulsbreite des pulsbreitenmodulierten Taktsignals beim Durchlaufen des Taktsignals durch den Signalpfad zu verringern. Ein Abschnitt umfasst vorzugsweise mindestens einen Leitungstreiber. Vorzugsweise ist jeder Abschnitt ausgebildet, die Pulsbreite des pulsbreitenmodulierten Taktsignals beim Durchlaufen des Taktsignals zwischen 1000 ps und 5 ps, bevorzugter zwischen 500 ps und 10 ps, noch bevorzugter zwischen 200 ps und 20 ps und noch bevorzugter zwischen 120 ps und 40 ps zu verkürzen.

[0023] Vorzugsweise ist die Anzahl der Leitungstreiber und/oder die Länge des Signalpfades derart gewählt, dass der Puls beim Durchlauf durch die Leitungstreiber bzw. den Signalpfad vollständig verschwindet, also durch die zugeordneten Pulsdetektoren (unter Berücksichtigung der verwendeten Schwellenwerte) nicht mehr detektiert wird. Vorzugsweise ist die Anzahl der Leitungstreiber größer 10, noch bevorzugter größer 20, noch bevorzugter größer 40, noch bevorzugter größer 80 und noch bevorzugter größer 160.

[0024] Vorzugsweise sind die Vielzahl der Leitungstreiber und/oder die Vielzahl der Pulsdetektoren jeweils uniform (baugleich) ausgebildet. Dies hat den Vorteil, dass die jeweils entstehenden Pulsverkürzungen besonders einfach (auf die ursprüngliche Pulslänge) zurückgerechnet werden können.

[0025] Vorzugsweise ist die Vielzahl der Leitungstreiber äquidistant entlang des Signalpfades angeordnet ist.

[0026] Vorzugsweise ist der Decoder ausgebildet, aus der Position eines ersten Leitungstreiber, an dessen zugeordnetem Pulsdetektor das pulsbreitenmodulierte Taktsignal erstmals nicht detektiert wird, die ursprüngliche durch den Empfänger empfangene (d. h. durch das Sendermodul eingestellte) Pulsbreite des Taktsignals und daraus die Daten zu bestimmen.

[0027] Erfindungsgemäß wird ein Decoder zur Dekodierung (bzw. Demodulation) von Daten offenbart, umfassend einen Signaleingang und eine Vielzahl entlang eines Signalpfades in Reihe geschalteter Leitungstreiber und jeweils zugeordnete Pulsdetektoren, wobei der Decoder ausgebildet ist, die Daten aus einer Position eines Leitungstreiber, an dessen zugeordnetem Pulsdetektor das pulsbreiten modulierte Taktsignal (vorzugsweise erstmals) nicht detektiert wird, zu bestimmen.

[0028] In einer besonders bevorzugten Variante weist der Decoder (bzw. das System) ein Speicher-

mittel auf, in dem die vorab bestimmten, jeweiligen Verkürzungen des Signalpulses beim Passieren der einzelnen (bevorzugt einen Leitungstreiber aufweisenden) Abschnitte des Signalpfades abgespeichert sind. Dann ist es in besonders einfacher Weise möglich, aus der Position des Abschnitts (bzw. Leitungstreibers bzw. zugeordneten Pulsdetektors), an dem das eingespeiste (empfangene, pulsbreitenmodulierte) Taktsignal erstmals nicht mehr detektiert wird, die Länge des empfangenen Pulses zu bestimmen, da lediglich die gespeicherten, den einzelnen Abschnitten zugeordneten zeitlichen Verkürzungen des Signalpulses der bis zum „Verschwinden“ des Pulses durchlaufenen Abschnitte aufsummiert werden muss.

Zeichnungen

[0029] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden anhand der Zeichnungen und nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

[0030] Fig. 1 ein System zur Übertragung von digitalen Daten in schematischer Darstellung gemäß einer bevorzugten Ausführungsvariante der vorliegenden Erfindung, und

[0031] Fig. 2 eine schematische Darstellung zur Veranschaulichung des Prinzips der Dekodierung der Daten gemäß einer bevorzugten Ausführungsvariante der vorliegenden Erfindung.

[0032] Fig. 1 zeigt ein System zur Übertragung von digitalen Daten in schematischer Darstellung gemäß einer bevorzugten Ausführungsvariante der vorliegenden Erfindung.

[0033] Die nachfolgenden Angaben sind bevorzugte Parameter und beziehen sich auf ein handelsübliches Altera FPGA Entwicklungs-Board, d. h. sowohl Sender **2** als auch Empfänger **8** sind in ein FPGA implementiert.

[0034] Das System zur Datenübertragung umfasst einen Sender **2**, der durch einen Übertragungskanal **7** (im vorliegenden Beispiel ein Kabel) mit einem Empfänger **8** verbunden ist. Der Übertragungskanal **7** kann auch als optischer oder sonstiger drahtloser Übertragungskanal ausgebildet sein.

[0035] Der Sender **2** wird mit einem 100 MHz Taktsignal **1** gespeist. Über einen 4-bit Dateneingang werden die zu übertragenden Daten **3** (beispielsweise das digitale 4-bit Signal „0001“) in einen Decoder **4** eingespeist. Der Decoder **4** steuert mehrere Verzögerungselemente einer Delay-Line **5** derart, dass die Verzögerung in 100 ps-Schritten variiert werden kann. Der Decoder **4** ermöglicht somit 16 verschiedene Verzögerungen zwischen 0 ps (für die Daten „0000“) bis 15·100 ps = 1500 ps (für die Daten „1111“). Im vorliegenden Beispiel wird für die

zu übertragenden Daten **3** (also das digitale 4-bit Signal „0001“) eine Verzögerung von 100 ps eingestellt. Die Pulsbreite des unverzögerten Taktsignals **1** beträgt im vorliegenden Ausführungsbeispiel 5 ns. Daher beträgt die Pulsbreite des Taktsignals **1** für die zu übertragenden Daten **3** (also das digitale 4-bit Signal „0001“) im vorliegenden Ausführungsbeispiel 4,9 ns. Durch die Verknüpfung des des unverzögerten Taktsignals **1** (mittels eines Pulsformers **6**) mit dem durch die Delay-Line **5** verzögerten Taktsignal lässt sich die Pulsbreite des in einen Übertragungskanal **7** eingespeisten Ausgangssignals zwischen 5 ns und 3,5 ns variieren.

[0036] Der Empfänger **8** leitet das Signal über einen Signaleingang **15** auf eine als Signalpfad **9** ausgebildete, lange Leitung mit 72 in Reihe geschalteter Leitungsabschnitte. Jeder der 72 Leitungsabschnitte weist einen Transistor **10** und einen zugeordneten Pulsdetektor **11** auf. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel sind sämtliche Transistoren **10** der einzelnen Leitungsabschnitte baugleich ausgebildet und jeweils äquidistant zueinander angeordnet. Aufgrund der durch die Technologie des verwendeten Schaltkreises bedingten Dimensionierung der Transistoren **10** zwischen den Leitungstücken **9** verkürzt sich der Puls um 100 ps pro Transistor **10**. Alternativ ist es möglich, die Transistoren **10** unterschiedlich auszubilden und ggf. auch nicht äquidistant zueinander anzuordnen. Es ist lediglich notwendig, die jeweilige Verkürzung des Pulses für jeden Leitungsabschnitt (Transistor **10**) zu kennen bzw. zu bestimmen. Auch ist es möglich, dass die Leitungstreiber **10** die Signallängen nicht verkürzen, sondern konsekutiv verlängern. Auch in diesem Fall gibt es nach dem Durchlauf ausreichend vieler Leistungstreiber **10** keinen detektierbaren Puls mehr, so dass die Eingangspulslänge auch dann – bei Kenntnis der Verlängerungen der Pulslänge an den einzelnen Treibern – aus der Position desjenigen Treibers, an dessen zugeordnetem Pulsdetektor das pulsbreitenmodulierte Taktsignal (vorzugsweise erstmals) nicht detektiert wird, bestimmt werden kann.

[0037] Hinter jedem Treiber **10** bestimmt ein Pulsdetektor **11**, ob auf dem jeweiligen Leitungsabschnitt noch ein Puls auftritt, d. h. detektiert werden kann. Hierbei ist es bevorzugt, die Pulsdetektoren **11** baugleich bzw. mit einer gleichen Detektionsschwelle auszubilden. Alternativ ist es jedoch möglich, die Pulsdetektoren **11** unterschiedlich auszubilden. Dann ist lediglich notwendig, die jeweilige Detektionsschwelle der Pulsdetektoren **11** für jeden Leitungsabschnitt zu kennen, um dies bei der Rückrechnung der Pulsdauer einfließen zu lassen.

[0038] An einer bestimmten Stelle, abhängig von der Pulsbreite des Übertragungssignals **14**, wird der Puls verschwinden. Wird beispielsweise ein 3,5 ns breiter Puls übertragen, ist dieser nach 35 Leitungsstü-

cken verschwunden. Ein 5 ns breiter Puls verschwindet nach 50 Leitungsstücken. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel wird der 4,9 ns breite Puls nach 49 Leitungsstücken verschwinden bzw. durch den zugeordneten Pulsdetektor **11** nicht mehr detektierbar sein.

[0039] Eine Auswertelogik (Decoder **12**) wertet die Ausgangsbits aller Pulsdetektoren **11** aus, und ermittelt die Position, an der erstmalig kein Puls mehr auftritt. Anhand dieser Position ergibt sich, wie groß die Länge des Pulses **14** des Übertragungssignals war. Daraus wird nachfolgend der Datenwert **13** berechnet. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel wird der Decoder **12** nach Auswertung der Signale der Pulsdetektoren **11** bestimmen, dass am 49. Leitungsabschnitt, d. h. nach Durchlauf von 49 baugleichen Transistoren **10**, erstmalig kein Puls mehr auftritt. Daraus kann aufgrund der Kenntnis, dass jeder Transistor **10** eine Verkürzung der Pulslänge von 100 ps bewirkt auf eine Pulslänge des Übertragungssignals **14** von 4,9 ns und somit auf den Datenwert **13** „0001“ geschlossen werden. Damit kann mit einem Taktsignal von lediglich 100 MHz und damit vergleichsweise geringen Anforderungen an die beteiligten Ein-/Ausgabebausteine sowie die vorgeschalteten bzw. nachfolgenden Verarbeitungseinheiten eine Übertragungsgeschwindigkeit von 400 Mbit/s statt 100 Mbit/s erreicht werden.

[0040] Fig. 2 veranschaulicht das Prinzip der Dekodierung der Daten gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0041] Wie bereits erläutert, zeigt Fig. 2, wie ein Eingangssignal mit der Länge t_1 durch vier Leistungsabschnitte mit jeweils einem Leitungstreiber **10** in seiner Länge $t_5 < t_4 < t_3 < t_2 < t_1$ verkleinert wird. Wie bereits erläutert, erfolgt dies prinzipbedingt. Je nach anfänglicher Signallänge t_1 (auch als Pulsbreite bezeichnet), der Zahl der verwendeten Leitungstreiber **10** sowie deren innerem Aufbau kann die Signallänge bis auf Null reduziert werden. Im Umkehrschluss lässt sich die anfängliche Signallänge t_1 durch denjenigen Ort bestimmen, an dem das Signal zum „ersten Mal“ verschwindet. Die Bestimmung der Signallänge t_1 erfolgt durch den Decoder **12** (Fig. 1).

[0042] Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung kann der Sender **2** wiederum mit einem 100 MHz Taktsignal **1** gespeist werden. Durch Verwendung von entsprechend dimensionierten on-chip Signalpfaden **9** und on-chip Treibern **10** wird das Signal **14** beim Durchlauf durch einen Abschnitt nunmehr um 60 ps verkürzt. Somit kann das Signal bei einem Taktzyklus von 10 ns zirka 166 Treiberstufen (Leistungsabschnitte) durchlaufen, wodurch sich pro Taktzyklus 7 Bits (die eine Differenzierung der Pulsbreite in 128 Stufen erfordert) übertragen lassen. Somit kann mit einem Taktsignal von lediglich

100 MHz und damit vergleichsweise geringen Anforderungen an die beteiligten Ein-/Ausgabebausteine sowie der vorgeschalteten bzw. nachfolgenden Verarbeitungseinheiten eine Übertragungsgeschwindigkeit von 700 Mbit/s statt 100 Mbit/s erreicht werden.

Bezugszeichenliste

1	Taktsignal/Oszillator
2	Sendermodul
3	zu übertragende Daten/Eingangswert
4	Encoder
5	Delay Line
6	Pulsformer
7	Übertragungskanal
8	Empfängermodul
9	Signalpfad
10	Leitungstreiber
11	Pulsdetektor
12	Decoder
13	dekodierte Daten/Ausgangswert
14	pulsbreitenmoduliertes Taktsignal
15	Signaleingang

Patentansprüche

1. Verfahren zur Übertragung von Daten (**3**) mit folgenden Verfahrensschritten:
Modulation der Pulsbreite eines Taktsignals (**1**) in Abhängigkeit der zu übertragenden Daten (**3**);
Übertragung des pulsbreitenmodulierten Taktsignals (**14**); und
Demodulation des pulsbreitenmodulierten Taktsignals (**14**) zur Rückgewinnung der Daten (**13**),
dadurch gekennzeichnet, dass
das pulsbreitenmodulierte Taktsignal (**14**) zur Demodulation eine Vielzahl entlang eines Signalpfades (**9**) in Reihe geschalteter Leitungstreiber (**10**) durchläuft und jeweils mittels den Leitungstreibern (**10**) zugeordneten Pulsdetektoren (**11**) ausgewertet wird, wobei die Daten (**13**) aus einer Position eines Leitungstreibers (**10**) entlang des Signalpfades (**9**), an dessen zugeordnetem Pulsdetektor (**11**) das pulsbreitenmodulierte Taktsignal (**14**) nicht detektiert wird, bestimmt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei ein erster Leitungstreiber (**10**), an dessen zugeordnetem Pulsdetektor (**11**) das pulsbreitenmodulierte Taktsignal (**14**) erstmals nicht detektiert wird, entlang des Signalpfades (**9**) zu einem zweiten Leitungstreiber (**10**) benachbart angeordnet ist, wobei der zweite Leitungstreiber (**10**) einem Signaleingang (**15**) des Signalpfades (**9**) näher liegt als der erste Leitungstreiber (**10**) und wobei das pulsbreitenmodulierte Taktsignal (**14**) an dem dem zweiten Leitungstreiber (**10**) zugeordneten Pulsdetektor (**11**) detektiert wird, wobei die zu übertragenden Daten (**13**) aus einer Position des ersten Leitungstreibers (**10**) entlang des Signalpfades (**9**) bestimmt werden.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Frequenz des Taktsignals (14) größer oder gleich der Abtastfrequenz der Pulsdetektoren (11) ist.

4. System (2, 8) zur Übertragung von Daten (3), umfassend:

ein Sendermodul (2), das ausgebildet ist, die Pulsbreite eines Taktsignals (1) in Abhängigkeit der zu übertragenden Daten (3) zu modulieren und das pulsbreitenmodulierte Taktsignal (14) zu senden;

ein Empfängermodul (8) zum Empfangen des gesendeten pulsbreitenmodulierten Taktsignals (14);

dadurch gekennzeichnet, dass

das Empfängermodul (8) eine Vielzahl entlang eines Signalpfades (9) in Reihe geschalteter Leitungstreiber (10) und jeweils zugeordnete Pulsdetektoren (11) umfasst, wobei ein Decoder (12) zur Demodulation der Daten (3) aus dem pulsbreitenmodulierten Taktsignal (14) vorgesehen ist, wobei der Decoder (12) ausgebildet ist, die Daten (13) aus einer Position eines Leitungstreibers (10), an dessen zugeordnetem Pulsdetektor (11) das pulsbreitenmodulierte Taktsignal (14) nicht detektiert wird, zu bestimmen.

5. System nach Anspruch 4, wobei die Frequenz des Taktsignals (14) größer oder gleich der Abtastfrequenz der Pulsdetektoren (11) ist.

6. System nach einem der Ansprüche 4 und 5, wobei die Leitungstreiber (10) ausgebildet sind, die Pulsbreite des pulsbreitenmodulierten Taktsignals (14) beim Durchlaufen des Taktsignals (14) durch den Leitungstreiber (10) zu verringern.

7. System nach einem der Ansprüche 4 bis 6, wobei der Signalpfad (9) ausgebildet ist, die Pulsbreite des pulsbreitenmodulierten Taktsignals (14) beim Durchlaufen des Taktsignals (14) durch den Signalpfad (9) zu verringern.

8. System nach einem der Ansprüche 4 bis 7, wobei die Vielzahl der Leitungstreiber (10) und/oder die Vielzahl der Pulsdetektoren jeweils uniform ausgebildet sind.

9. System nach einem der Ansprüche 4 bis 8, wobei die Vielzahl der Leitungstreiber (10) äquidistant entlang des Signalpfades (9) angeordnet ist.

10. System nach einem der Ansprüche 4 bis 9, wobei der Decoder (12) ausgebildet ist, aus der Position eines ersten Leitungstreibers (10), an dessen zugeordnetem Pulsdetektor (11) das pulsbreitenmodulierte Taktsignal (14) erstmals nicht detektiert wird, die ursprüngliche durch das Sendermodul (2) eingestellte Pulsbreite des Taktsignals (14) und daraus die Daten (13) zu bestimmen.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

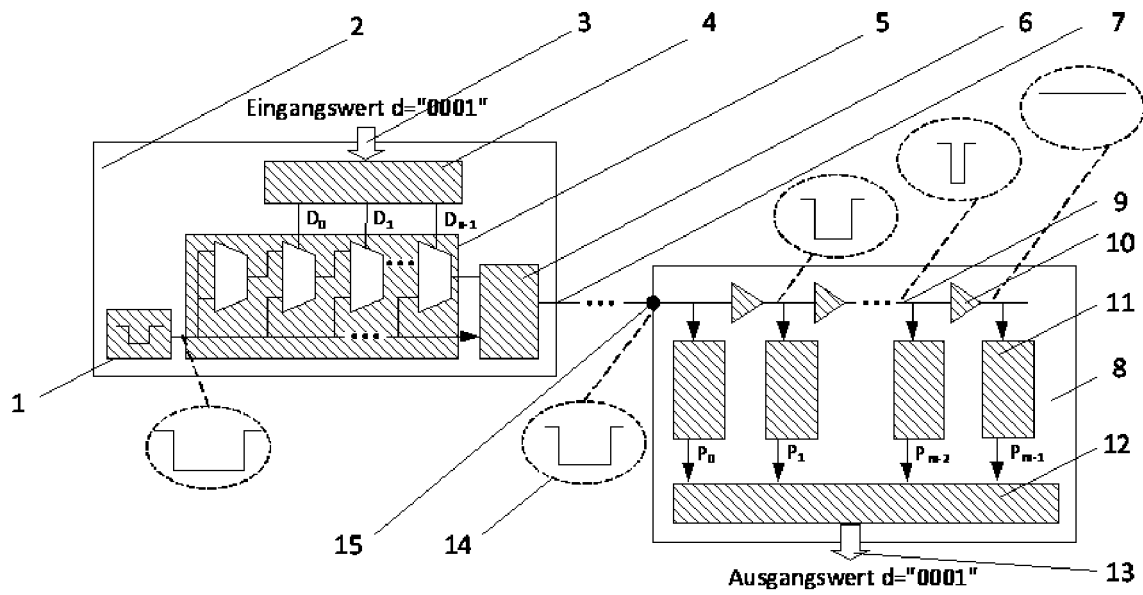


Fig.1

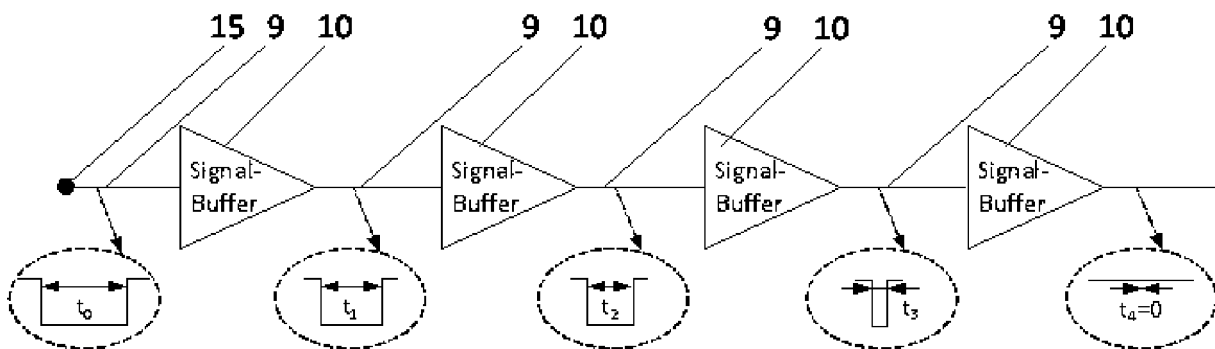


Fig.2