



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 10 2005 009 707 A1 2006.09.07

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2005 009 707.3

(22) Anmeldetag: 03.03.2005

(43) Offenlegungstag: 07.09.2006

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: H04L 12/56 (2006.01)  
H04L 12/26 (2006.01)

(71) Anmelder:

Dr. Johannes Heidenhain GmbH, 83301 Traunreut,  
DE

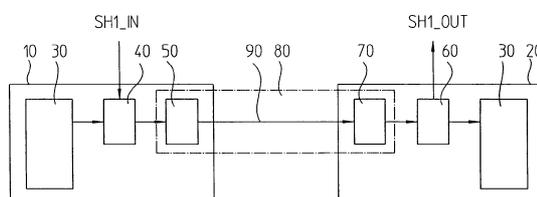
(72) Erfinder:

Zehentner, Georg, Dipl.-Ing. (Univ.), 83317  
Teisendorf, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Modulares numerisches Steuergerät**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein modulares numerisches Steuergerät, das aus wenigstens zwei Modulen (10, 20; 300, 400) besteht, die je eine Mikroprozessoreinheit (30) enthalten und über serielle Datenübertragungskanäle (80; 480) zur Übertragung von Informationen in Form von Datenpaketen miteinander verbunden sind. In wenigstens einem Modul (10; 300) ist eine Datenpaket-Erzeugungseinheit (40; 310; 630) zur Erzeugung von Datenpaketen und zur Übertragung von Datenpaketen zu wenigstens einem weiteren Modul (20; 400) vorgesehen. Dabei arbeitet die Datenpaket-Erzeugungseinheit (40; 310; 630) unabhängig von der Funktion der Mikroprozessoreinheit (30). Darüber hinaus ist in wenigstens einem Modul (20; 400) eine Datenpaket-Verarbeitungseinheit (60; 320, 410, 420; 620) vorgesehen, mit der, ebenfalls unabhängig von der Funktion der Mikroprozessoreinheit (30), Datenpakete verarbeitbar und/oder zu wenigstens einem weiteren Modul (10, 20; 300, 400) übertragbar sind. Die Datenpakete enthalten den Status von wenigstens einem Sicherheits-signal (SH1\_IN, SH2\_IN, SH1\_IN', SH2\_IN').



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein modulares numerisches Steuergerät nach Anspruch 1. In einem derartigen modularen numerischen Steuergerät können sicherheitsrelevante Informationen zuverlässig über serielle Schnittstellen übertragen werden.

### Stand der Technik

**[0002]** Numerische Steuergeräte (numerical control; NC) werden vorwiegend zur Steuerung von Werkzeugmaschinen eingesetzt und können im wesentlichen in zwei Funktionseinheiten unterteilt werden, einem Hauptrechner und wenigstens einer Reglereinheit.

**[0003]** Der Hauptrechner stellt die zur Bedienung der NC notwendigen Benutzerschnittstellen wie Tastatur und Monitor zur Verfügung und dient zur Erstellung, Speicherung und Abarbeitung von Programmen. In den Reglereinheiten befinden sich Regelkreise, die zur Ansteuerung von Umrichtermodulen dienen, die wiederum Motoren ansteuern. Außerdem umfassen die Reglereinheiten digitale und/oder analoge Schnittstellen zur Erfassung von Istwerten, die während eines Programmlaufs kontinuierlich zur Steuerung der Regelkreise benötigt werden. Bei den zu erfassenden Istwerten kann es sich beispielsweise um Positionswerte (Lagewerte), Geschwindigkeitswerte, Beschleunigungswerte oder auch Stromwerte handeln. Ebenso wie der Hauptrechner sind auch die Reglereinheiten mikroprozessorgesteuert.

**[0004]** Häufig besteht der Wunsch, Hauptrechner und Reglereinheiten räumlich getrennt anzuordnen. So ist es sinnvoll, den Hauptrechner zusammen mit der Tastatur und dem Monitor in einem Gehäuse zusammenzufassen, um eine Benutzerschnittstelle zu schaffen, die nach ergonomischen Gesichtspunkten für den Anwender optimal platzierbar ist. Ebenso ist es wünschenswert, die Reglereinheiten nahe an den Umrichtern anzuordnen, um eine optimale Signalqualität der pulsbreitenmodulierten Steuersignale zu gewährleisten.

**[0005]** Für die Datenübertragung zwischen räumlich getrennten Einheiten bieten sich serielle Schnittstellen an, da hier Kabel mit nur wenigen Adern eingesetzt werden können, die im Vergleich zu Kabeln für die Datenübertragung über parallele Schnittstellen sehr preisgünstig und einfach handhabbar sind.

**[0006]** Als problematisch ist in einer solchen Systemarchitektur die Übertragung von sicherheitsrelevanten Informationen anzusehen, da die mikroprozessorgesteuerten Einheiten bestimmen, welche Daten über die serielle Schnittstelle übertragen werden. Deshalb kann es bei einer Fehlfunktion einer mikroprozessorgesteuerten Einheit, hervorgerufen bei-

spielsweise durch einen Programmabsturz oder durch äußere Einflüsse (z.B. Schwankungen der Betriebsspannung, Überhitzung von Modulen), passieren, dass sicherheitsrelevante Informationen nicht übertragen werden. Besonders im Falle einer sicherheitsbedingten Notabschaltung kann das gefährliche Folgen haben, die von materiellen Schäden an der Werkzeugmaschine bis hin zur Gefährdung von Leib und Leben des Bedienpersonals reichen.

**[0007]** Die US 5,274,311 beschreibt ein modulares Motorsteuerungssystem, bestehend aus einem Motorsteuermodul, einem Ein-/Ausgabemodul und einem Prozessormodul, die über eine differentielle Zweidraht-Schnittstelle miteinander kommunizieren. Zur sicheren Übertragung eines Abschaltsignals ist eine separate Leitung vorgesehen, die parallel zur Zweidraht-Schnittstelle zu allen Modulen geführt ist. Dadurch wird eine sichere Abschaltung auch bei Ausfall der Datenübertragung über die Zweidraht-Schnittstelle gewährleistet.

**[0008]** Nachteile dieser Lösung sind zum einen, dass eine zusätzliche Leitung benötigt wird, zum anderen, dass über die eine zusätzliche Leitung nur ein dediziertes Signal übertragen werden kann.

### Aufgabenstellung

**[0009]** Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein modulares numerisches Steuergerät anzugeben, das eine sichere Übertragung von sicherheitsrelevanten Informationen über serielle Schnittstellen erlaubt, ohne dass dafür zusätzliche Leitungen eingesetzt werden müssen.

**[0010]** Diese Aufgabe wird gelöst durch ein modulares numerisches Steuergerät nach Anspruch 1. Vorteilhafte Details des modularen numerischen Steuergeräts ergeben sich aus den von Anspruch 1 abhängigen Ansprüchen.

**[0011]** Es wird nun ein modulares numerisches Steuergerät vorgeschlagen, das aus wenigstens zwei Modulen besteht, die je eine Mikroprozessoreinheit enthalten und über serielle Datenübertragungskanäle zur Übertragung von Informationen in Form von Datenpaketen miteinander verbunden sind. In wenigstens einem Modul ist eine Datenpaket-Erzeugungseinheit zur Erzeugung von Datenpaketen und zur Übertragung von Datenpaketen zu wenigstens einem weiteren Modul vorgesehen. Dabei arbeitet die Datenpaket-Erzeugungseinheit unabhängig von der Funktion der Mikroprozessoreinheit. Darüber hinaus ist in wenigstens einem Modul eine Datenpaket-Verarbeitungseinheit vorgesehen, mit der, ebenfalls unabhängig von der Funktion der Mikroprozessoreinheit, Datenpakete verarbeitbar und/oder zu wenigstens einem weiteren Modul übertragbar sind. Die Datenpakete enthalten den Status von wenigstens ei-

nem Sicherheitssignal.

#### Ausführungsbeispiel

**[0012]** Weitere Vorteile sowie Einzelheiten der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung anhand der Figuren. Dabei zeigt

**[0013]** [Fig. 1](#) ein Blockschaltbild eines erfindungsgemäßen modularen numerischen Steuergeräts,

**[0014]** [Fig. 2](#) ein Blockschaltbild einer weiteren Ausführungsform eines erfindungsgemäßen modularen numerischen Steuergeräts,

**[0015]** [Fig. 3](#) ein Blockschaltbild einer bevorzugten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen modularen numerischen Steuergeräts

**[0016]** [Fig. 4](#) ein Blockschaltbild einer vierten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen modularen numerischen Steuergeräts

**[0017]** [Fig. 1](#) zeigt ein erfindungsgemäßes modulares numerisches Steuergerät. Es besteht aus zwei Modulen, einem Hauptrechner **10** und einer Reglereinheit **20**. Beide Module enthalten je eine Mikroprozessoreinheit **30**. Der Hauptrechner **10** enthält weiter eine Datenpaket-Erzeugungseinheit **40**, dem ein Sicherheitssignal SH1\_IN zugeführt ist, und eine Hauptsendeeinheit **50**. In der Reglereinheit **20** befindet sich eine Datenpaket-Verarbeitungseinheit **60**, die ein Abschaltssignal SH1\_OUT ausgibt, und eine erste Empfängereinheit **70**. Hauptrechner **10** und Reglereinheit **20** sind über einen seriellen Datenübertragungskanal **80** verbunden, der sich aus der Hauptsendeeinheit **50** und der ersten Empfängereinheit **70** zusammensetzt, mit deren Hilfe über einen Sendekanal **90** eine unidirektionale Datenübertragung vom Hauptrechner **10** zur Reglereinheit **20** möglich ist.

**[0018]** Da die Art und der Aufbau der Mikroprozessoreinheiten **30** beliebig sein kann, sind sie im Hauptrechner **10** und in der Reglereinheit **20** mit dem gleichen Bezugszeichen versehen. Es sei aber ausdrücklich darauf hingewiesen, dass sich die Mikroprozessoreinheit **30** im Hauptrechner **10** durchaus von der Mikroprozessoreinheit **30** in der Reglereinheit **20** unterscheiden kann. So kann es sich bei der Mikroprozessoreinheit **30** im Hauptrechner **10** beispielsweise um einen Personal Computer (PC) handeln, der dazu geeignet ist, Befehle über ein Eingabegerät (Tastatur, Maus) zu empfangen und zu verarbeiten, Informationen auf einem Monitor anzuzeigen und Daten auf Speichermedien zu verwalten. Die Mikroprozessoreinheit **30** in der Reglereinheit **20** kann dagegen von einem Signalprozessor gesteuert sein und Regelkreise, sowie Schnittstellen zum Erfassen

von Istwerten (Positionswerten, Stromwerten, ...) und zur Ansteuerung von Umrichtermodulen, die wiederum Antriebsachsen ansteuern, enthalten.

**[0019]** Während der Abarbeitung eines Programms, etwa zur Bearbeitung eines Werkstückes durch eine Werkzeugmaschine, die vom modularen numerischen Steuergerät gesteuert wird, überträgt der Hauptrechner **10** in äquidistanten Zeitabständen Daten, z.B. Sollwerte, zur Reglereinheit **20**. Dabei werden die zu übertragenden Daten von der Mikroprozessoreinheit **30** im Hauptrechner **10** der Datenpaket-Erzeugungseinheit **40** zugeführt. Diese bildet in äquidistanten Zeitabständen aus den zu übertragenden Daten und dem Status des Sicherheitssignals SH1\_IN ein Datenpaket und überträgt dieses über den seriellen Datenübertragungskanal **80** zur Datenpaket-Verarbeitungseinheit **60** in der Reglereinheit **20**. Die Datenpaket-Verarbeitungseinheit **60** leitet die im Datenpaket enthaltenen Daten an die Mikroprozessoreinheit **30** der Reglereinheit **20** weiter und schaltet in Abhängigkeit vom Status des Sicherheitssignals SH1\_IN das Abschaltssignal SH1\_OUT ein oder aus.

**[0020]** Das Bilden der Datenpakete in der Datenpaket-Erzeugungseinheit **40** im Hauptrechner **10**, die Übertragung der Datenpakete über den seriellen Datenübertragungskanal **80** und die anschließende Auswertung der Datenpakete, insbesondere des Status des Sicherheitssignals SH1\_IN, in der Datenpaket-Verarbeitungseinheit **60** ist dabei unabhängig von den Mikroprozessoreinheiten **30**. Das bedeutet zum einen, dass auch bei Ausfall der Mikroprozessoreinheit **30** im Hauptrechner **10** weiter Datenpakete gebildet und übertragen werden, zum anderen, dass auch bei Ausfall der Mikroprozessoreinheit **30** in der Reglereinheit **20** bei Empfang eines Datenpakets der Status des Sicherheitssignals SH1\_IN überprüft wird und gegebenenfalls über das Abschaltssignal SH1\_OUT eine Sicherheitsabschaltung initiiert wird. Es hat sich als besonders vorteilhaft erwiesen, die Datenpaket-Erzeugungseinheit **40** und auch die Datenpaket-Verarbeitungseinheit **60** als digitale zustandsgesteuerte Automaten (State Machines) mit eigener, unabhängiger Zeitbasis auszuführen. Eine derartige Schaltung kann beispielsweise in einem programmierbaren Logikbaustein, insbesondere in einem FPGA integriert werden.

**[0021]** [Fig. 2](#) zeigt ein Blockschaltbild einer weiteren Ausführungsform eines erfindungsgemäßen modularen numerischen Steuergeräts. Es besteht aus einem Hauptrechner **10** und zwei Reglereinheiten **20**, die mittels serieller Datenübertragungskanäle **80** in Form einer Reihenschaltung miteinander verbunden sind. Im Vergleich zu [Fig. 1](#) enthalten die Reglereinheiten **20** zusätzlich eine erste Sendeeinheit **100**, die zusammen mit dem Sendekanal **90** und der ersten Empfängereinheit **70** der nachfolgenden Reglerein-

heit **20** der Reihenschaltung den seriellen Datenübertragungskanal **80** bilden. Der serielle Datenübertragungskanal **80**, der den Hauptrechner **10** mit der ersten Reglereinheit **20** der Reihenschaltung verbindet, setzt sich, wie in [Fig. 1](#), aus der Hauptsendeeinheit **50**, dem Sendekanal **90** und der ersten Empfängereinheit **70** der ersten Reglereinheit **20** der Reihenschaltung zusammen. Die Datenpaket-Verarbeitungseinheit **60** in dieser Ausführungsform ist so ausgebildet, dass sie erstens den Status des Sicherheitssignals SH1\_IN auswertet und gegebenenfalls über das Abschaltsignal SH1\_OUT eine Notabschaltung initiiert, zweitens im Datenpaket enthaltene Daten der Mikroprozessoreinheit **30** zuführt und drittens eintreffende Datenpakete zur ersten Sendeeinheit **100** weiterleitet, die sie zur nachfolgenden Reglereinheit **20** der Reihenschaltung überträgt.

**[0022]** Auf diese Weise wird der Status des Sicherheitssignals SH1\_IN, ausgehend vom Hauptrechner **10**, sequentiell zu allen Reglereinheiten **20** der Reihenschaltung übertragen. Da sowohl die Datenpaket-Erzeugungseinheit **40**, als auch die Datenpaket-Verarbeitungseinheit **60** unabhängig von den Mikroprozessoreinheiten **30** arbeiten, ist sichergestellt, dass der Status des Sicherheitssignals SH1\_IN auch bei Ausfall von einer oder mehreren Mikroprozessoreinheiten **30** übertragen wird.

**[0023]** Wie durch die gestrichelte Linie am Ausgang der ersten Sendeeinheit **100** der zweiten Reglereinheit **20** der Reihenschaltung angedeutet, kann die Ausführungsform in [Fig. 2](#) um eine Vielzahl von weiteren Reglereinheiten **20** erweitert werden.

**[0024]** [Fig. 3](#) zeigt schließlich eine bevorzugte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen modularen numerischen Steuergeräts. Es besteht aus einem Hauptrechner **300** und zwei Reglereinheiten **400**, die, ausgehend vom Hauptrechner **300**, in Form einer Reihenschaltung miteinander verbunden sind.

**[0025]** Der Hauptrechner **300** enthält neben der Mikroprozessoreinheit **30** eine Datenpaket-Erzeugungseinheit **310**, eine abschließende Datenpaket-Verarbeitungseinheit **320**, sowie eine Hauptsendeeinheit **330** und eine Hauptempfängereinheit **340**. Der Datenpaket-Erzeugungseinheit **310** ist, wie in den vorhergehenden Beispielen, ein Sicherheitssignal SH1\_IN zugeführt. Dagegen gibt die abschließende Datenpaket-Verarbeitungseinheit **320** ein Abschaltsignal SH2\_OUT aus.

**[0026]** Die Reglereinheiten **400** bestehen aus einer ersten Datenpaket-Verarbeitungseinheit **410**, einer zweiten Datenpaket-Verarbeitungseinheit **420**, einer ersten Empfängereinheit **430**, einer ersten Sendeeinheit **440**, einer zweiten Empfängereinheit **450** und einer zweiten Sendeeinheit **460**. Außerdem befindet sich in jeder Reglereinheit **400** eine Mikroprozessoreinheit **30**.

Der ersten Datenpaket-Verarbeitungseinheit **410** ist ein Sicherheitssignal SH2\_IN zugeführt, während die zweite Datenpaket-Verarbeitungseinheit **420** zwei Abschaltsignale SH1\_OUT und SH2\_OUT ausgibt.

**[0027]** Die seriellen Datenübertragungskanäle **480**, über die der Hauptrechner **300** mit der ersten Reglereinheit **400** der Reihenschaltung, bzw. die Reglereinheiten **400** untereinander verbunden sind, sind in diesem bevorzugten Ausführungsbeispiel bidirektional ausgelegt. So besteht der serielle Datenübertragungskanal **480**, der den Hauptrechner **300** mit der ersten Reglereinheit **400** der Reihenschaltung verbindet, aus der Hauptsendeeinheit **330**, die über einen Sendekanal **490** Datenpakete zur ersten Empfängereinheit **430** sendet und aus der Hauptempfängereinheit **340**, die über einen Empfangskanal **500** Datenpakete von der zweiten Sendeeinheit **460** empfängt. Analog dazu besteht der serielle Datenübertragungskanal **480**, der die Reglereinheiten **400** untereinander verbindet, aus der ersten Sendeeinheit **440**, die über den Sendekanal **490** Datenpakete zur ersten Empfängereinheit **430** der nachfolgenden Reglereinheit **400** der Reihenschaltung sendet und der zweiten Empfängereinheit **450**, die Datenpakete über den Empfangskanal **500** von der zweiten Sendeeinheit **460** der nachfolgenden Reglereinheit **400** der Reihenschaltung empfängt.

**[0028]** Eine weit verbreitete serielle Datenschnittstelle, die zur Bildung der seriellen Datenübertragungskanäle **480** besonders geeignet ist, ist vor allem aus dem Bereich der Local Area Networks (LAN) bekannt und trägt die Bezeichnung FAST ETHERNET (Norm IEEE Std. 802.3-2002). Das Datenübertragungsverfahren, wie es im Standard IEEE 802.3 beschrieben ist, ist für zeitkritische Anwendungen zwar nur bedingt geeignet, da es vorwiegend für die Bürotechnik zur Übertragung großer Datenmengen entwickelt wurde und dadurch kein determiniertes Zeitverhalten aufweist. Auf der Basis der physikalischen Ebene des Standards IEEE 802.3 (Layer 1 des OSI/ISO Schichtenmodells) kann jedoch ein echtzeitfähiges Datenübertragungssystem aufgebaut werden. Das hat insbesondere den Vorteil, dass auf eine bewährte Technik zurückgegriffen werden kann, zu der auf dem Markt eine große Anzahl von Bauteilen zu einem günstigen Preis zur Verfügung stehen.

**[0029]** Die Datenpaket-Erzeugungseinheit **310** im Hauptrechner **300** ist so ausgebildet, dass sie während der Abarbeitung eines Programms in determinierten, mit Vorteil äquidistanten Zeitabständen aus Daten, die ihr von der Mikroprozessoreinheit **30** übermittelt werden, und dem Status des Sicherheitssignals SH1\_IN, Datenpakete bildet und über den seriellen Datenübertragungskanal **480** zur ersten Reglereinheit **400** der Reihenschaltung sendet. Abweichend zu den vorhergehenden Ausführungsbeispielen

len enthalten die Daten, die die Mikroprozessoreinheit **30** der Datenpaket-Erzeugungseinheit **310** übermittelt, auch noch die Information, ob es sich um einen schreibenden oder/und lesenden Zugriff handelt. Die Bildung und Übertragung der Datenpakete erfolgt, wie bei den vorhergehenden Ausführungsbeispielen, unabhängig von der Mikroprozessoreinheit **30**. Treffen aufgrund einer Fehlfunktion keine Daten von der Mikroprozessoreinheit **30** bei der Datenpaket-Erzeugungseinheit **310** ein, so bildet die Datenpaket-Erzeugungseinheit **310** Datenpakete, in denen der Bereich, der zur Aufnahme der zu übertragenden Daten vorgesehen ist, leer ist, oder die überhaupt keinen derartigen Bereich aufweisen. In der Reglereinheit **400** werden in der ersten Datenpaket-Verarbeitungseinheit **410** die in einem empfangenen Datenpaket enthaltenen Daten ausgelesen und an die Mikroprozessoreinheit **30** weitergeleitet. Außerdem fügt die erste Datenpaket-Verarbeitungseinheit **410** den Status des Sicherheitssignals SH2\_IN in das Datenpaket ein und sendet es weiter zur nächsten Reglereinheit **400** der Reihenschaltung.

**[0030]** Bei der letzten Reglereinheit **400** der Reihenschaltung ist der Sendekanal **490** mit dem Empfangskanal **500** verbunden, d.h. Datenpakete, die von der ersten Sendeeinheit **440** gesendet werden, werden in umgekehrter Richtung zurückgeschickt und erreichen über die zweite Empfängereinheit **450** die zweite Datenpaket-Verarbeitungseinheit **420** der Reglereinheit **400**. Diese wertet den Status der Sicherheitssignale SH1\_IN und SH2\_IN aus und schaltet die Abschaltssignale SH1\_OUT und SH2\_OUT in Abhängigkeit vom Status der Sicherheitssignale SH1\_IN und SH2\_IN ein oder aus. Weiterhin fügt die zweite Datenpaket-Verarbeitungseinheit **420** bei einem lesenden Zugriff Daten, die ihr von der Mikroprozessoreinheit **30** zugeführt werden, in das Datenpaket ein und leitet es über den seriellen Datenübertragungskanal **480** zur nächsten Reglereinheit **400** in Richtung Hauptrechner **300** weiter. An dieser Stelle sei noch einmal darauf hingewiesen, dass die Weiterleitung des Datenpakets unabhängig von der Funktion der Mikroprozessoreinheit **30** funktioniert, d.h. auch wenn die Mikroprozessoreinheit **30** keine Daten zur zweiten Datenpaket-Verarbeitungseinheit **420** übermittelt, wird das Datenpaket weitergeleitet.

**[0031]** Schließlich erreicht das Datenpaket die abschließende Datenpaket-Verarbeitungseinheit **320** im Hauptrechner **300**. Diese übermittelt die im Datenpaket enthaltenen, gegebenenfalls von den Reglereinheiten **400** modifizierten Daten zur weiteren Verarbeitung zur Mikroprozessoreinheit **30**. Für den Fall, dass auch am Hauptrechner **30** sicherheitsrelevante Einheiten angeschlossen sind, wertet die abschließende Datenpaket-Verarbeitungseinheit **320** den Status des Sicherheitssignals SH2\_IN aus und schaltet in Abhängigkeit davon das Abschaltssignal SH2\_OUT ein oder aus.

**[0032]** In diesem bevorzugten Ausführungsbeispiel ist der Zusammenhang zwischen den Sicherheitssignalen SH1\_IN, SH2\_IN und den Abschaltssignalen SH1\_OUT, SH2\_OUT wie folgt geregelt:

Der Status des Sicherheitssignals SH1\_IN bestimmt direkt den Zustand des Abschaltssignals SH1\_OUT, d.h. signalisiert der Status von SH1\_IN einen Fehler, dann wird in jeder Reglereinheit **400** das Abschaltssignal SH1\_OUT aktiv geschaltet.

**[0033]** Der Status aller Sicherheitssignale SH2\_IN ist ODER-verknüpft, d.h. sobald das Sicherheitssignal SH2\_IN von einer Reglereinheit **400** einen Fehler anzeigt, werden alle Abschaltssignale SH2\_OUT aktiv geschaltet.

**[0034]** Wie der Fachmann erkennt, kann der Zusammenhang zwischen den Sicherheitssignalen SH1\_IN, SH2\_IN und den Abschaltssignalen SH1\_OUT, SH2\_OUT auch völlig anders geregelt sein. So könnte z.B. das Sicherheitssignal SH1\_IN nur ein Abschalten der Antriebe einer bestimmten Reglereinheit **400** bewirken. Gleiches gilt für die Anzahl der Sicherheitssignale und Abschaltssignale. So könnte eine beliebige Anzahl von Sicherheitssignalen zur Abschaltung aller von der modularen numerischen Steuerung gesteuerten Module über eine einzelnes Abschaltssignal führen.

**[0035]** Neben, oder anstatt der Sicherheitssignale SH1\_IN, SH2\_IN, können auch interne Sicherheitssignale erzeugt werden. So ist im Hauptrechner **300** mit gestrichelten Linien eine Hauptrechner-Überwachungseinheit **350** eingezeichnet, über deren Ausgang ein internes Sicherheitssignal SH1\_IN' an die Datenpaket-Erzeugungseinheit **310** gelangt. Analog dazu ist in den Reglereinheiten **400** eine Regler-Überwachungseinheit **520** vorgesehen, über deren Ausgang ein internes Sicherheitssignal SH2\_IN' der ersten Datenpaket-Verarbeitungseinheit **410** zugeführt ist.

**[0036]** Derartige Überwachungseinheiten sind im Stand der Technik als Watchdog-Schaltungen bekannt. Ihre Funktion entspricht im Wesentlichen der eines retriggerbaren Monoflops. Solange die Schaltung regelmäßig innerhalb ihrer eingestellten Umschaltzeit durch einen Triggerimpuls zurückgesetzt wird, bleibt der Pegel an ihrem Ausgang gleich. Wird diese definierte Zeitdauer verletzt, d.h. überschreitet die Zeit zwischen zwei Triggerimpulsen die eingestellte Umschaltzeit, ändert sich der Pegel am Ausgang der Schaltung. In der Praxis kann eine Watchdog-Schaltung beispielsweise mit einem freilaufenden Zähler mit Überlauf-Ausgang realisiert werden, der durch einen Triggerimpuls rücksetzbar ist. Bleibt der Triggerimpuls aus, kommt es zu einem Überlauf des Zählers und der Pegel am Überlauf-Ausgang ändert sich.

[0037] Im Beispiel in [Fig. 3](#) erhält die Hauptrechner-Überwachungseinheit **350** die Triggerimpulse über eine Triggerleitung **360** von der Mikroprozessoreinheit **30** des Hauptrechners **300**. Um zu verhindern, dass die Hauptrechner-Überwachungseinheit **350** den Status des internen Sicherheitssignals SH1\_IN' ändert, muss das Programm, das im Hauptrechner **300** abgearbeitet wird, so geschrieben sein, dass stets innerhalb der eingestellten Umschaltzeit der Hauptrechner-Überwachungseinheit **350** durch einen Programmbefehl ein Triggerimpuls generiert wird. Bei einer Fehlfunktion, wenn der Programmbefehl zum Erzeugen des Triggerimpulses, etwa hervorgerufen durch einen Programmabsturz, nicht mehr oder zu spät ausgeführt wird, bleibt der Triggerimpuls aus. Dadurch wird die definierte Zeitdauer überschritten und das interne Sicherheitssignal SH1\_IN' ändert seinen Pegel.

[0038] Das gleiche gilt für die Regler-Überwachungseinheit **520**. Sie erhält über die Triggerleitung **530** ihren Triggerimpuls von der Mikroprozessoreinheit **30** der Reglereinheit **400**. Das Ausbleiben des Triggerimpulses wird hier durch den Pegel des internen Sicherheitssignals SH2\_IN' signalisiert.

[0039] Da die Bildung und das Senden von Datenpaketen, die den Status der internen Sicherheitssignale SH1\_IN' und SH2\_IN' enthalten, wie oben beschrieben, unabhängig von der Funktion der Mikroprozessoreinheiten **30** erfolgt, ist damit gewährleistet, dass bei einer Fehlfunktion einer Mikroprozessoreinheit **30** eine Notabschaltung aller mit der modularen numerischen Steuerung verbundenen Antriebe initiiert werden kann.

[0040] [Fig. 4](#) zeigt schließlich ein Blockschaltbild einer vierten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen modularen numerischen Steuergeräts. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurde in [Fig. 4](#) auf die Darstellung der Überwachungseinheiten zur Erzeugung der internen Sicherheitssignale, wie sie anhand von [Fig. 3](#) beschrieben wurden, verzichtet.

[0041] Abweichend zum in [Fig. 3](#) dargestellten Beispiel umfasst der Hauptrechner **300** in [Fig. 4](#) zusätzlich eine zweite Hauptempfängereinheit **600**, eine zweite Hauptsendeeinheit **610**, sowie eine zweite abschließende Datenpaket-Verarbeitungseinheit **620** und eine zweite Datenpaket-Erzeugungseinheit **630**.

[0042] Die zweite Hauptempfängereinheit **600** ist über einen Sendekanal **490** mit der ersten Sendeeinheit **440** der abschließenden Reglereinheit **400** der Reihenschaltung verbunden, die zweite Hauptsendeeinheit **610** über einen Empfangskanal **500** mit der zweiten Empfängereinheit **450** der abschließenden Reglereinheit **400**. Somit ist wiederum ein serieller Datenübertragungskanal **480** gebildet, der die abschließende Reglereinheit **400** der Reihenschaltung

mit dem Hauptrechner **300** verbindet.

[0043] Die zweite abschließende Datenpaket-Verarbeitungseinheit **620** und die zweite Datenpaket-Erzeugungseinheit **630** arbeiten analog zur abschließenden Datenpaket-Verarbeitungseinheit **320** bzw. zur Datenpaket-Erzeugungseinheit **310**. Der zweiten Datenpaket-Erzeugungseinheit **630** ist das Sicherheitssignal SH1\_IN' zugeführt. Sie bildet in determinierten Zeitabständen aus Daten, die ihr von der Mikroprozessoreinheit **30** zugeführt werden und dem Status des Sicherheitssignals SH1\_IN' Datenpakete und sendet sie über den seriellen Datenübertragungskanal **500** zur abschließenden Reglereinheit **400** der Reihenschaltung. Die zweite abschließende Datenpaket-Verarbeitungseinheit **620** erhält über den seriellen Datenübertragungskanal **490** Datenpakete, verarbeitet sie und schaltet, abhängig vom Status des Sicherheitssignals SH2\_IN', das Abschaltssignal SH2\_OUT'. Die Funktion der zweiten abschließenden Datenpaket-Verarbeitungseinheit **620**, sowie der zweiten Datenpaket-Erzeugungseinheit **630** ist wiederum unabhängig von der Funktion der Mikroprozessoreinheit **30**.

[0044] In den Reglereinheiten **400** ist die erste Datenpaket-Verarbeitungseinheit **410** jeweils so aufgebaut, dass sie den Status des Sicherheitssignals SH2\_IN' in ankommende Datenpakete einfügt und diese zur nachfolgenden Reglereinheit **400** der Reihenschaltung weiterleitet. Eine Auswertung der Sicherheitssignale SH1\_IN' und SH2\_IN', insbesondere ein Schalten der Abschaltssignale SH1\_OUT' und SH2\_OUT' in Abhängigkeit vom Status der Sicherheitssignale SH1\_IN' und SH2\_IN', findet dagegen in den Reglereinheiten **400** nur in der zweiten Datenpaket-Verarbeitungseinheit **420** statt. Aus diesem Grund ist der Datenpaket-Erzeugungseinheit **310**, abweichend vom Ausführungsbeispiel in [Fig. 3](#), kein Sicherheitssignal zugeführt und die abschließende Datenpaket-Verarbeitungseinheit **320** gibt kein Abschaltssignal aus. Statt dessen füllt die Datenpaket-Erzeugungseinheit **310** die Bereiche in den erzeugten Datenpaketen, die den Status von Sicherheitssignalen aufnehmen sollen, mit Werten, die inaktiven Sicherheitssignalen entsprechen.

[0045] Um sicherzustellen, dass der Status des Sicherheitssignals SH2\_IN' alle Reglereinheiten erreicht, rekonstruiert die zweite Datenpaket-Verarbeitungseinheit **620** aus dem in eintreffenden Datenpaketen enthaltenen Status des Sicherheitssignals SH2\_IN' das Signal SH2\_IN' und führt es der zweiten Datenpaket-Erzeugungseinheit **630** zu, die es wiederum in von ihr erzeugte Datenpakete einfügt. Ohne diese Maßnahme würden beispielsweise Reglereinheiten **400**, die sich vor der abschließenden Reglereinheit **400** befinden, ein Problem, dass der abschließenden Reglereinheit **400** über das Sicherheitssignal SH2\_IN' angezeigt wird, nicht erkennen, da die Da-

tenpakete, die den Status dieses Sicherheitssignals SH2\_IN enthalten, nur in Richtung des Hauptrechners **300** weitergeleitet werden.

**[0046]** Besonders vorteilhaft an diesem Ausführungsbeispiel ist es, dass die Datenpakete nicht zweimal alle Reglereinheiten der Reihenschaltung passieren müssen, sondern nach dem einmaligen Durchlaufen der Reihenschaltung direkt zum Hauptrechner **300** zurückgeschickt werden. Darüber hinaus können Datenpakete aus zwei Richtungen zu den Reglereinheiten gesendet werden, wodurch eine höhere Übertragungssicherheit erreichbar ist. In anderen Worten ist eine doppelte Ringstruktur gebildet, bei der Datenpakete, die von der Datenpaket-Erzeugungseinheit **310** erzeugt wurden, nach dem einmaligen Durchlaufen der Reglereinheiten **400** der Reihenschaltung (bezogen auf die Darstellung in [Fig. 4](#) im Uhrzeigersinn) bei der zweiten abschließenden Datenpaket-Verarbeitungseinheit **620** im Hauptrechner **300** ankommen, und Datenpakete, die von der zweiten Datenpaket-Erzeugungseinheit **630** erzeugt wurden, analog dazu nach dem einmaligen Durchlaufen der Reihenschaltung (bezogen auf die Darstellung in [Fig. 4](#) gegen den Uhrzeigersinn) bei der Datenpaket-Verarbeitungseinheit **320** der abschließenden Datenpaket-Verarbeitungseinheit **320** eintreffen.

### Patentansprüche

1. Modulares numerisches Steuergerät, bestehend aus wenigstens zwei Modulen (**10**, **20**; **300**, **400**), die je eine Mikroprozessoreinheit (**30**) enthalten und über serielle Datenübertragungskanäle (**80**; **480**) zur Übertragung von Informationen in Form von Datenpaketen miteinander verbunden sind, wobei

- in wenigstens einem Modul (**10**; **300**) eine Datenpaket-Erzeugungseinheit (**40**; **310**; **630**) zur Erzeugung von Datenpaketen und zur Übertragung von Datenpaketen zu wenigstens einem weiteren Modul (**20**; **400**) vorgesehen ist, und die Datenpaket-Erzeugungseinheit (**40**; **310**; **630**) unabhängig von der Funktion der Mikroprozessoreinheit (**30**) arbeitet,
- in wenigstens einem Modul (**20**; **400**) eine Datenpaket-Verarbeitungseinheit (**60**; **320**, **410**, **420**; **620**) vorgesehen ist, mit der, unabhängig von der Funktion der Mikroprozessoreinheit (**30**), Datenpakete verarbeitbar und/oder zu wenigstens einem weiteren Modul (**10**, **20**; **300**, **400**) übertragbar sind und
- die Datenpakete den Status von wenigstens einem Sicherheitssignal (SH1\_IN, SH2\_IN, SH1\_IN', SH2\_IN') enthalten.

2. Modulares numerisches Steuergerät nach Anspruch 1, wobei der Datenpaket-Erzeugungseinheit (**40**; **310**; **630**) wenigstens ein Sicherheitssignal (SH1\_IN, SH1\_IN') zugeführt ist und der Status des wenigstens einen Sicherheitssignals (SH1\_IN, SH1\_IN') in von der Datenpaket-Erzeugungseinheit

(**40**; **310**; **630**) erzeugte Datenpakete einfügbar ist.

3. Modulares numerisches Steuergerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Erzeugung und Übertragung von Datenpaketen in determinierten Zeitabständen erfolgt.

4. Modulares numerisches Steuergerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Datenpaket-Verarbeitungseinheit (**60**; **320**, **410**, **420**; **620**) in Abhängigkeit von wenigstens einem im Datenpaket enthaltenen Sicherheitssignal (SH1\_IN, SH2\_IN, SH1\_IN', SH2\_IN') wenigstens ein Abschaltssignal (SH1\_OUT, SH2\_OUT) ausgibt.

5. Modulares numerisches Steuergerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Datenpaket-Verarbeitungseinheit (**60**; **320**, **410**, **420**; **620**) wenigstens ein Sicherheitssignal (SH2\_IN, SH2\_IN') zugeführt ist, dessen Status in empfangene Datenpakete einfügbar ist und die Datenpakete zu wenigstens einem weiteren Modul (**10**, **20**; **300**, **400**) übertragbar sind.

6. Modulares numerisches Steuergerät nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem die wenigstens zwei Module (**10**, **20**; **300**, **400**) ein Hauptrechner (**10**) und wenigstens eine Reglereinheit (**20**) sind, die über einen seriellen Datenübertragungskanal (**80**) in Form einer Reihenschaltung miteinander verbunden sind, wobei

- im Hauptrechner (**10**) eine Datenpaket-Erzeugungseinheit (**40**) angeordnet ist,
- in der wenigstens einen Reglereinheit (**20**) eine Datenpaket-Verarbeitungseinheit (**60**) vorgesehen ist.

7. Modulares numerisches Steuergerät nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem die wenigstens zwei Module (**10**, **20**; **300**, **400**) ein Hauptrechner (**300**) und wenigstens eine Reglereinheit (**400**) sind, die über serielle Datenübertragungskanäle (**480**) in Form einer Reihenschaltung miteinander verbunden sind, wobei

- im Hauptrechner (**300**) eine Datenpaket-Erzeugungseinheit (**310**) angeordnet ist,
- in der wenigstens einen Reglereinheit (**400**) eine erste Datenpaket-Verarbeitungseinheit (**410**) vorgesehen ist, mit der aus Richtung des Hauptrechners (**300**) eintreffende Datenpakete verarbeitbar und zur nächsten Reglereinheit (**400**) der Reihenschaltung übertragbar sind und
- in der wenigstens einen Reglereinheit (**400**) weiter eine zweite Datenpaket-Verarbeitungseinheit (**420**) vorgesehen ist, mit der aus Richtung der abschließenden Reglereinheit (**400**) der Reihenschaltung eintreffende Datenpakete verarbeitbar und in Richtung des Hauptrechners (**300**) übertragbar sind.

8. Modulares numerisches Steuergerät nach Anspruch 7, wobei die seriellen Datenübertragungskanäle

näle (**480**) einen Sendekanal (**490**) und einen Empfangskanal (**500**) enthalten und bei der abschließenden Reglereinheit (**400**) der Reihenschaltung der Sendekanal (**490**) mit dem Empfangskanal (**500**) verbunden ist und somit Datenpakete, die aus Richtung des Hauptrechners (**300**) bei der abschließenden Reglereinheit (**400**) der Reihenschaltung eintreffen, wieder in Richtung des Hauptrechners (**300**) übertragbar sind.

9. Modulares numerisches Steuergerät nach Anspruch 7 oder 8, wobei im Hauptrechner (**300**) weiter eine abschließende Datenpaket-Verarbeitungseinheit (**320**) zur Verarbeitung von Datenpaketen vorgesehen ist, die in Abhängigkeit vom in empfangenen Datenpaketen enthaltenen Status wenigstens eines Sicherheitssignals (SH2\_IN) ein Abschaltsignal (SH2\_OUT) schaltet.

10. Modulares numerisches Steuergerät nach Anspruch 7, wobei  
 – der Hauptrechner weiter eine zweite Datenpaket-Erzeugungseinheit (**630**) enthält und  
 – die abschließende Reglereinheit (**400**) der Reihenschaltung über einen seriellen Datenübertragungskanal (**480**) wieder mit dem Hauptrechner (**300**) verbunden ist und Datenpakete sowohl von der Datenpaket-Erzeugungseinheit (**310**) in Richtung der abschließenden Reglereinheit (**400**), als auch von der zweiten Datenpaket-Erzeugungseinheit (**630**) in entgegengesetzter Richtung der Reihenschaltung übertragbar sind.

11. Modulares numerisches Steuergerät nach Anspruch 10, wobei im Hauptrechner (**300**) weiter eine abschließende Datenpaket-Verarbeitungseinheit (**320**) zur Verarbeitung von Datenpaketen, die aus Richtung der abschließenden Reglereinheit (**400**) der Reihenschaltung eintreffen, vorgesehen ist

12. Modulares numerisches Steuergerät nach Anspruch 10 oder 11, wobei im Hauptrechner (**300**) weiter eine zweite abschließende Datenpaket-Verarbeitungseinheit (**620**) zur Verarbeitung von Datenpaketen, die aus Richtung der ersten Reglereinheit (**400**) der Reihenschaltung eintreffen, vorgesehen ist.

13. Modulares numerisches Steuergerät nach Anspruch 12, wobei die zweite abschließende Datenpaket-Verarbeitungseinheit (**620**) in Abhängigkeit vom in empfangenen Datenpaketen enthaltenen Status wenigstens eines Sicherheitssignals (SH2\_IN) ein Abschaltsignal (SH2\_OUT) schaltet.

14. Modulares numerisches Steuergerät nach einem der Ansprüche 7 bis 13, wobei sich im Hauptrechner (**300**) eine Hauptrechner-Überwachungseinheit (**350**) befindet, die an die Datenpaket-Erzeugungseinheit (**310**) ein erstes internes Sicherheitssignal (SH1\_IN') ausgibt, dessen Status sich bei Über-

schreiten einer definierten Zeitdauer ändert und die Messung der definierten Zeitdauer in der Hauptrechner-Überwachungseinheit (**350**) von der Mikroprozessoreinheit (**30**) über eine Triggerleitung (**360**) rücksetzbar ist.

15. Modulares numerisches Steuergerät nach einem der Ansprüche 7 bis 14, wobei sich in der wenigstens einen Reglereinheit (**400**) eine Regler-Überwachungseinheit (**520**) befindet, die an die erste Datenpaket-Verarbeitungseinheit (**410**) ein zweites internes Sicherheitssignal (SH2\_IN') ausgibt, dessen Status sich bei Überschreiten einer definierten Zeitdauer ändert und die Messung der definierten Zeitdauer in der Regler-Überwachungseinheit (**520**) von der Mikroprozessoreinheit (**30**) über eine Triggerleitung (**530**) rücksetzbar ist.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

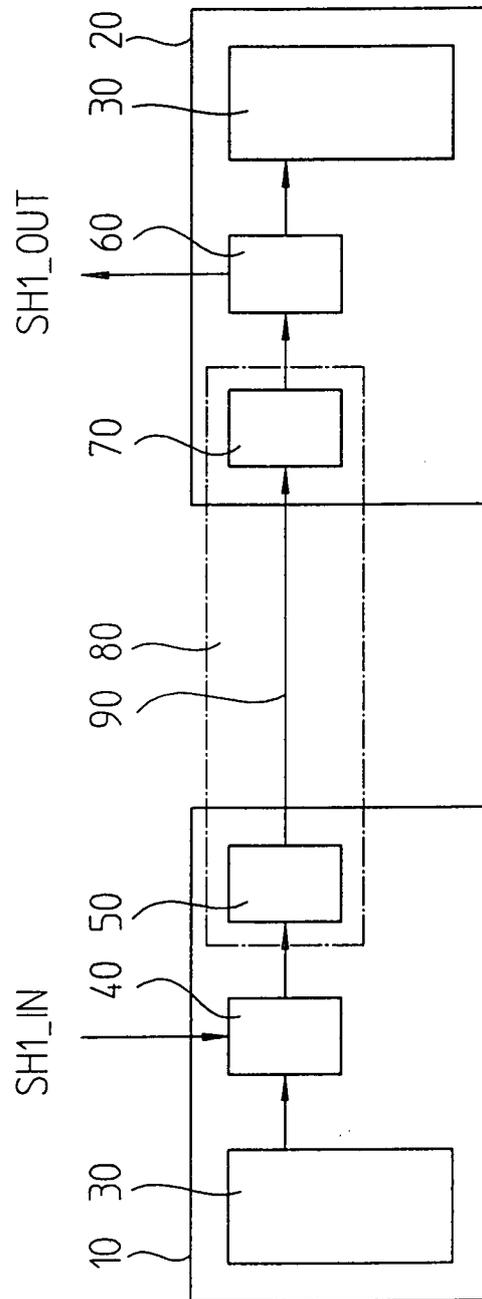


FIG. 2

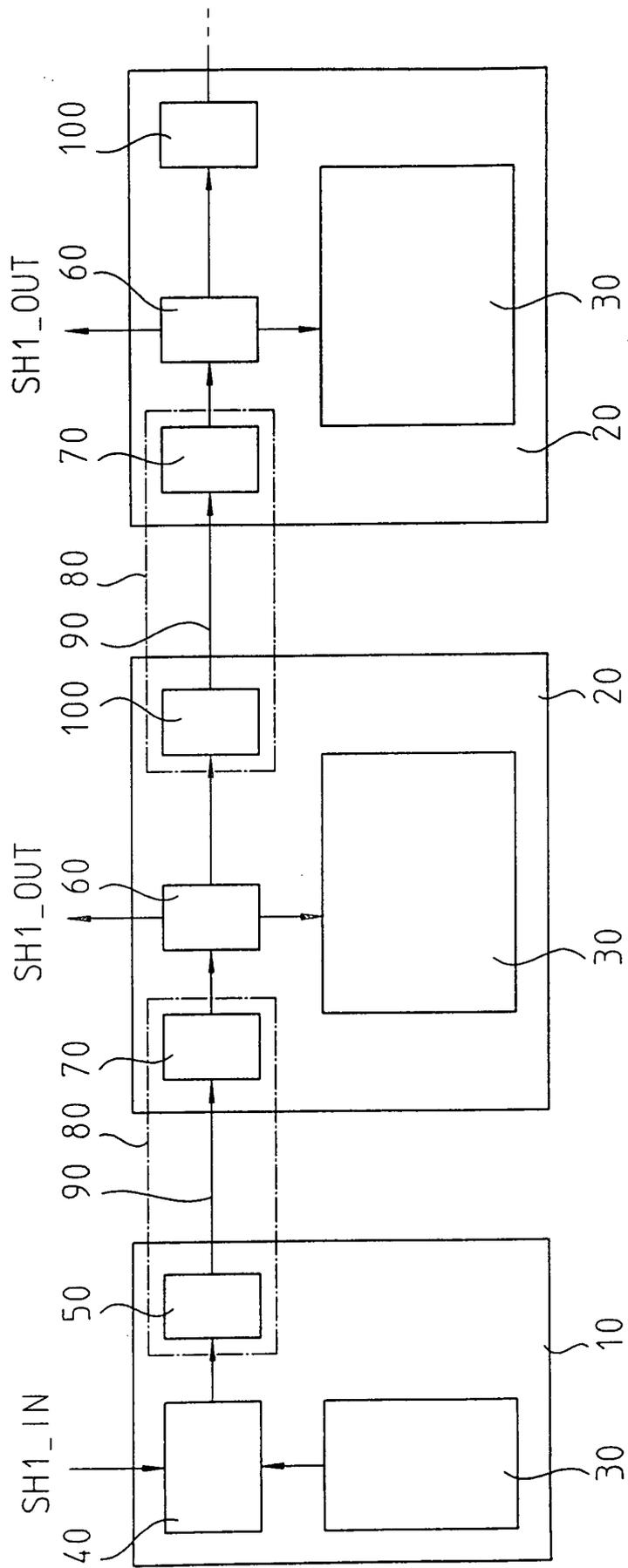


FIG. 3

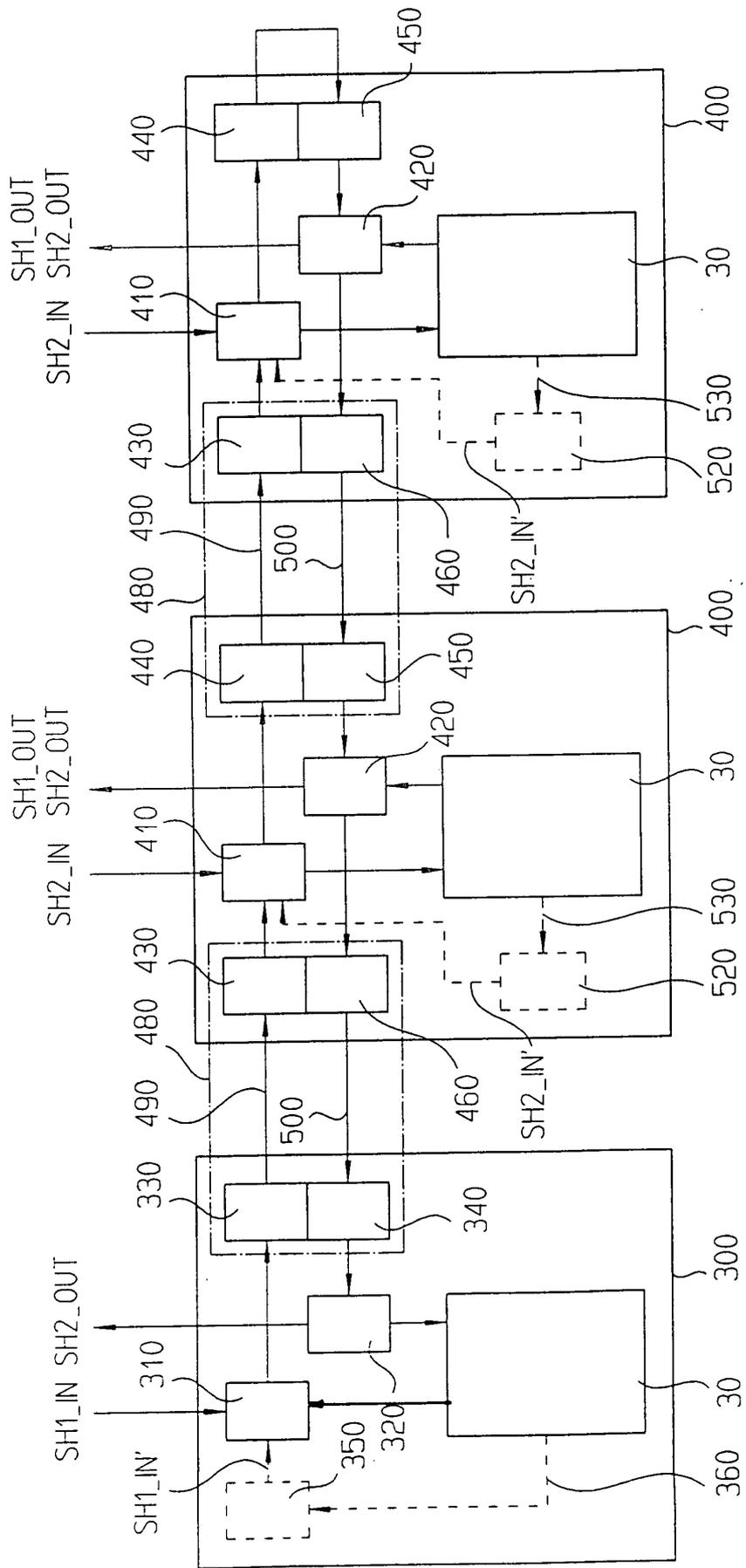


FIG. 4

