

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
18. Dezember 2003 (18.12.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 03/105401 A2

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **H04L 12/00**

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP03/05769

(22) Internationales Anmeldedatum:
3. Juni 2003 (03.06.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
102 25 567.9 10. Juni 2002 (10.06.2002) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **ENDRESS + HAUSER CONDUCTA GMBH+CO.
KG** [DE/DE]; Dieselstrasse 24, 70839 Gerlingen (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **GEHRKE, Mar-
tin** [DE/DE]; Adelheidweg 13/2, 71384 Weinstadt (DE).
GUNZERT, Michael [DE/DE]; Christian-Leichtle-Strasse
16, 74388 Talheim (DE).

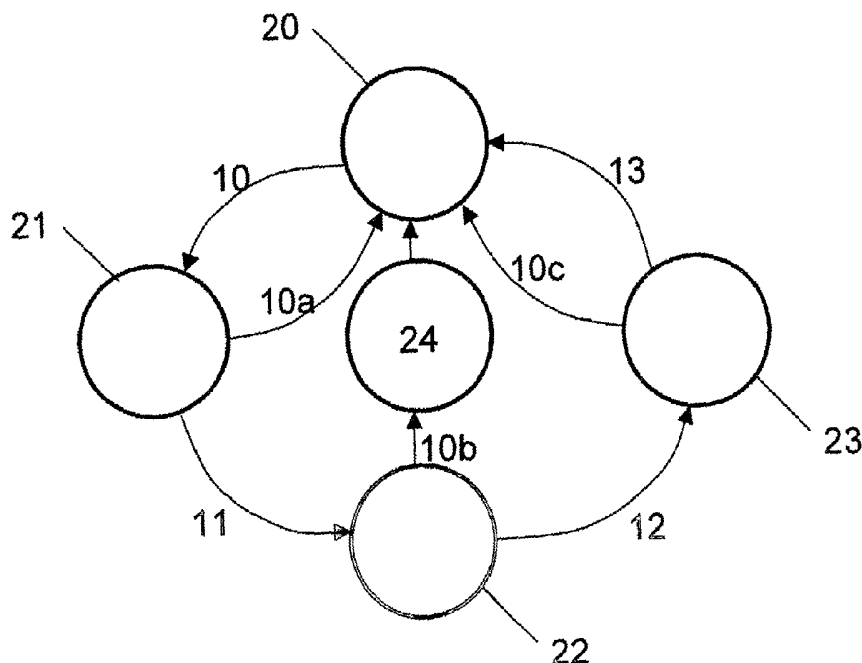
(74) Anwalt: **ANDRES, Angelika**; c/o Endress + Hauser
Deutschland Holding GmbH, PatServe, Colmarer Strasse
6, 79576 Weil am Rhein (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT,
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,
CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE,
GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR,
KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK,
MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: COMMUNICATION METHOD AND CORRESPONDING SYSTEM

(54) Bezeichnung: KOMMUNIKATIONSVERFAHREN UND SYSTEM HIERFÜR



(57) Abstract: The invention relates to a communication method for data exchange in a communication system comprising a master (30) and at least one slave (32), whereby the master (30) and the slave (32) may assume at least two states, especially an initialization state (3) and an operational state (6). The inventive method is characterized in that the maser (30)/slave (32) signals to the slave (32)/master (30) its state (3, 6) by setting a signaling bit provided in the data packets of the communication system used for data exchange.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 03/105401 A2



(84) **Bestimmungsstaaten** (*regional*): ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) **Zusammenfassung:** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Kommunikationsverfahren zum Datenaustausch in einem Kommunikationssystem mit einem Master (30) und mindestens einem Slave (32), bei dem der Master (30) und der Slave (32) jeweils mindestens zwei Zustände, insbesondere einen Initialisierungszustand (3) und einen Betriebszustand (6) aufweisen, dadurch gekennzeichnet, dass der Master (30)/Slave (32) dem Slave (32)/Master (30) seinen Zustand (3, 6) durch entsprechendes Setzen eines in den zum Datenaustausch verwendeten Datenpaketen des Kommunikationssystems vorgesehenen Signalisierungsbits anzeigt.

Kommunikationsverfahren und System hierfür

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Kommunikationsverfahren zum Datenaustausch in einem Kommunikationssystem mit einem Master und mindestens einem Slave, bei dem der Master und der Slave jeweils mindestens zwei Zustände, insbesondere einen Initialisierungszustand und einen Betriebszustand, aufweisen.

Herkömmliche Kommunikationsverfahren verwenden eigens für die Synchronisation zwischen Master und Slave vorgesehene Synchronisationsbotschaften. Dieses Prinzip hat den Nachteil, dass während der Synchronisation keine Nutzdaten ausgetauscht werden können.

Ein weiterer Nachteil bekannter Verfahren besteht darin, dass die ausschließlich zur Synchronisation verwendeten Botschaften bzw. die für die Zusammenstellung einer Synchronisationsbotschaft erforderlichen Informationen wertvolle Ressourcen in dem Master/Slave belegen.

Demgemäß ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein verbessertes gattungsgemäßes Kommunikationsverfahren bereitzustellen.

Diese Aufgabe wird bei einem Kommunikationsverfahren der eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass der Master dem Slave seinen Zustand durch entsprechendes Setzen eines in den zum Datenaustausch verwendeten Datenpaketen des Kommunikationssystems vorgesehenen Signalisierungsbits anzeigt. Ebenso ist es möglich, dass der Slave dem Master seinen Zustand durch entsprechendes Setzen eines in den zum Datenaustausch verwendeten Datenpaketen des Kommunikationssystems vorgesehenen Signalisierungsbits anzeigt.

Das Signalisierungsbit kann hierzu beispielsweise in Kopfdaten der Datenpakete vorgesehen sein, die üblicherweise weitere Steuerinformationen für die Kommunikation aufweisen. Dadurch erhält z.B. der Slave beim Empfang eines Datenpakets vom Master aktuelle Informationen darüber, in welchem Zustand sich der Master befindet.

Wenn der Master vor dem Absenden eines nächsten Datenpakets in einen anderen Zustand übergeht, setzt er das Signalisierungsbit des zu sendenden Datenpakets entsprechend, so dass der Slave beim Empfang dieses Datenpakets die Information über die Zustandsänderung des Masters erhält.

Ebenso wertet der Master vom Slave gesendete Datenpakete und das darin enthaltene Signalisierungsbit aus und erhält auf diese Weise Informationen über den Zustand des Slaves.

2

Bei einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung nimmt der Master und/oder der Slave nach dem Start des Kommunikationssystems den Initialisierungszustand an. In diesem Initialisierungszustand werden beispielsweise Informationen zur Identifikation des Masters/Slaves sowie Parameter für den weiteren Betrieb des Kommunikationssystems oder des Masters/Slaves ausgetauscht.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung geht der Master von dem Initialisierungszustand in den Betriebszustand über, in dem der Anwendung des Kommunikationsverfahrens entsprechende Daten zwischen Master und Slave ausgetauscht werden.

Beispielsweise ist es gemäß einer weiteren Variante der Erfindung vorgesehen, das Kommunikationsverfahren in der Prozesstechnik zum Einsatz in Mess- und/oder Reinigungs- und/oder Kalibrierungsanlagen im Bereich der Prozessautomatisierung, zur Messung von pH-Werten und/oder Redoxpotentialen und/oder anderen Prozessgrößen zu verwenden.

Eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, dass der Slave von dem Initialisierungszustand in den Betriebszustand übergeht, wenn die Initialisierung des Slaves abgeschlossen ist und der Master sich in dem Betriebszustand befindet.

Solange der Slave sich in dem Initialisierungszustand befindet, kann er möglicherweise nicht alle von dem Master angeforderten Operationen durchführen. Damit der Master korrekt reagieren kann, beispielsweise durch das Einhalten einer vorgebbaren Wartezeit vor dem Anfordern der o.g. Operationen, setzt der Slave das Signalisierungsbit entsprechend seinem Initialisierungszustand und teilt auf diese Weise dem Master mit, dass er noch nicht bereit ist für den Betriebszustand.

Sobald die Initialisierung des Slaves abgeschlossen ist, geht auch der Slave in den Betriebszustand über, sofern sich der Master weiterhin im Betriebszustand befindet. Dann befinden sich Master und Slave im Betriebszustand.

Den Betriebszustand verlässt der Master/Slave erfindungsgemäß bei einer Störung des Masters/Slaves, um erneut in den Initialisierungszustand überzugehen.

Eine Störung kann sich beispielsweise dadurch ergeben, dass der Master/Slave durch einen Softwarefehler blockiert wird oder dass die Funktion durch elektromagnetische Störstrahlung beeinträchtigt wird.

Als eine weitere Lösung der Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist ein Kommunikationssystem mit einem Master und mindestens einem Slave vorgeschlagen, das zur Ausführung des Kommunikationsverfahrens nach den Ansprüchen 1 bis 6 geeignet ist.

Weitere Merkmale, Anwendungsmöglichkeiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen der Erfindung, die in den Figuren der Zeichnung dargestellt sind. Dabei bilden alle beschriebenen oder dargestellten Merkmale für sich oder in beliebiger Kombination den Gegenstand der Erfindung, unabhängig von ihrer Zusammenfassung in den Patentansprüchen oder deren Rückbeziehung sowie unabhängig von ihrer Formulierung bzw. Darstellung in der Beschreibung bzw. in der Zeichnung.

Figur 1 zeigt schematisch ein Zustandsdiagramm des Masters,

Figur 2 zeigt schematisch ein Zustandsdiagramm des Kommunikationssystems, und

Figur 3 zeigt schematisch ein erfindungsgemäßes Kommunikationssystem.

Das in Figur 3 abgebildete Kommunikationssystem weist einen Master 30 auf, der über eine Kommunikationsverbindung 31 mit einem Slave 32 Daten in Form von Datenpaketen austauscht.

Bei der Kommunikationsverbindung 31 handelt es sich um eine serielle Kommunikationsverbindung, die im Halbduplex-Betrieb genutzt wird.

Nach dem Start des Kommunikationssystems aus Figur 3 befinden sich der Master 30 und der Slave 32 zunächst jeweils in einem Initialisierungszustand. In dem für den Master geltenden schematischen Zustandsdiagramm aus Figur 1 ist der Initialisierungszustand 3 zur Verdeutlichung auch mit der Bezeichnung „INIT“ versehen.

Neben dem Initialisierungszustand 3 ist in Figur 1 auch ein Betriebszustand 6 dargestellt, der in der Figur auch mit der Bezeichnung „CYCLE“ versehen ist.

Ferner ist in der Figur 1 ein auch als „START“ bezeichneter Startzustand 1 abgebildet, den der Master 30 unmittelbar nach dem Start des Kommunikationssystems einnimmt.

Nachfolgend werden die in Figur 1 durch Pfeile dargestellten Zustandsübergänge 2, 4, 5, 7, 8 am Beispiel des Masters 30 erläutert. Für den Slave 32 sind im wesentlichen dieselben Zustände 1, 3, 6 und Zustandsübergänge 2, 4, 5, 7, 8 definiert, weswegen das Zustandsdiagramm aus Figur 1 auf den Slave 32 entsprechend anwendbar ist.

Wie bereits beschrieben, nimmt der Master 30 (Fig. 3) unmittelbar nach dem Start des Kommunikationssystems den Startzustand 1 an, währenddessen interne Initialisierungsvorgänge wie z.B. Selbsttests oder Diagnoseprozeduren im Master 30 ablaufen.

Nach Abschluss der internen Initialisierungsvorgänge im Master 30 geht der Master 30 in den Initialisierungszustand 3 über, der dazu dient, die serielle

Kommunikation mit dem Slave 32 (Fig. 3) über die Kommunikationsschnittstelle 31 zu initialisieren.

Auch der Slave 32 (Fig. 3) nimmt beim Start des Kommunikationssystems den Startzustand 1 an, den er, analog zum Master 30, nach dem Abschluss interner Initialisierungsvorgänge wieder verlässt, um in den Initialisierungszustand 3 überzugehen.

Daraufhin befinden sich der Master 30 und der Slave 32 gleichzeitig in dem Initialisierungszustand 3, wodurch der im Zustandsdiagramm des Kommunikationssystems, vgl. Figur 2, abgebildete Zustand 20 des Kommunikationssystems definiert ist. Das Kommunikationssystem selbst befindet sich also in seiner Initialisierungsphase.

Hierbei erfragt der Master 30 beispielsweise die Identifikation des Slaves 32 und tauscht für den weiteren Betrieb des Kommunikationssystems erforderliche Daten mit dem Slave 32 aus. Um dem Slave 32 die Initialisierungsphase des Kommunikationssystems anzuzeigen, setzt der Master 30 ein Signalisierungsbit in den für die Kommunikation vorgesehenen Datenpaketen, die er an den Slave 32 sendet, auf einen dem Initialisierungszustand 3 entsprechenden Wert.

Erst wenn der Master 30 die Initialisierung abgeschlossen hat, wechselt er von dem Initialisierungszustand 3 (Fig. 1) in den Betriebszustand 6 (Fig. 1), was durch den Zustandsübergang 5 symbolisiert ist. Dieser Zustandswechsel des Masters 30 wird dem Slave 32 dadurch signalisiert, dass der Master 30 das Signalisierungsbit auf einen dem Betriebszustand 6 entsprechenden Wert setzt.

Dem Zustandsübergang 5 der Masters 30 von dem Initialisierungszustand 3 zu dem Betriebszustand 6 entspricht der Zustandsübergang 10 des Kommunikationssystems vom Zustand 20 zum Zustand 21, vgl. Figur 2.

Sobald der Slave 32 nach dem Zustandswechsel des Masters 30 in den Betriebszustand 6 ein von dem Master 30 an den Slave 32 gesendetes Datenpaket empfängt, erkennt der Slave 32 an dem geänderten Wert des Signalisierungsbits den Zustandswechsel des Masters 30.

Infolgedessen begibt sich der Slave 32 von dem Initialisierungszustand 3 in den Betriebszustand 6 (Fig. 1), so dass das Kommunikationssystem über den Zustandsübergang 11 den in Figur 2 gezeigten Zustand 22 erreicht, der dadurch gekennzeichnet ist, dass sowohl der Master 30 als auch der Slave 32 jeweils im Betriebszustand 6 sind.

Falls der Slave 32 seine Initialisierung nicht abschließen kann, bevor der Master 30 den Betriebszustand 6 erreicht und dies dem Slave 32 signalisiert, verbleibt der Slave 32 in dem Initialisierungszustand 3 (Fig. 1) und teilt dies dem Master 30 mit, indem er das Signalisierungsbit in an den Master 30 zu sendenden Datenpaketen

auf einen dem Initialisierungszustand 3 entsprechenden Wert setzt. Hieran erkennt der Master 30, dass der Slave 32 noch nicht bereit ist, den Betriebszustand 6 anzunehmen.

Der Master 30 wartet eine vorgebbare Zeit und verbleibt über den Zustandsübergang 7 in dem Betriebszustand 6, z.B. bis der Slave 32 über das Signalisierungsbit signalisiert, dass auch er den Betriebszustand 6 (Fig. 1) erreicht hat. In diesem Fall verbleibt das Kommunikationssystem gemäß Fig. 2 entsprechend in dem Zustand 21, bis es mit Erreichen des Betriebszustands 6 durch den Slave 32 schließlich in den Zustand 22 übergeht.

Falls der Slave 32 seinen Betriebszustand 6 gar nicht erreicht, bevor die im Master 30 vorgebbare Wartezeit abgelaufen ist, verlässt das Kommunikationssystem den Zustand 21 über den Zustandsübergang 10a (Fig. 2), um erneut die dem Zustand 20 entsprechende Initialisierungsphase zu beginnen. Der Master 30 wird hierzu über den Zustandsübergang 8 (Fig. 1) wieder in seinen Initialisierungszustand 3 versetzt.

Falls der Master 30 gestört ist, beispielsweise durch eine Blockierung oder einen softwareverursachten Systemabsturz, kann das Kommunikationssystem analog zu den vorstehenden Ausführungen über den Zustandsübergang 10a in die Initialisierungsphase mit dem Zustand 20 versetzt werden, wobei der Master 30 einen entsprechenden Zustandsübergang durchführt.

Die Erkennung einer Blockierung oder eines Systemabsturzes ist bei dem Master 30/Slave 32 beispielsweise durch eine Überwachungsschaltung (nicht gezeigt), z.B. durch eine sog. Watchdog-Schaltung möglich.

Im Normalbetrieb erreichen Master 30 und Slave 32 jeweils den Betriebszustand 6 (Fig. 1), so dass ein Austausch von Nutzdaten über das im Zustand 22 (Fig. 2) befindliche Kommunikationssystem möglich ist. In diesem Zustand setzen sowohl der Master 30 und der Slave 32 das Signalisierungsbit jeweils auf einen dem Betriebszustand 6 entsprechenden Wert.

Auch in dem Zustand 22 des Kommunikationssystems kann es durch Störungen vorkommen, dass z.B. das Signalisierungsbit auf einen falschen Wert gesetzt wird oder der Master 30 bzw. der Slave 32 gar nicht mehr reagiert.

In diesen Fällen geht das Kommunikationssystem analog zu den obenstehenden Ausführungen über die Zustandsübergänge 12, 10b zunächst in die Zustände 23, 24 über, bei denen entweder nur der Slave 32 oder nur der Master 30 im Initialisierungszustand 3 (Fig. 1) ist, wohingegen der Master 30 bzw. der Slave 32 weiterhin im Betriebszustand 6 verbleibt.

Den Zustand 23 (Fig. 2) des Kommunikationssystems erkennt der Master 30 daran, dass der Slave 32 das Signalisierungsbit auf einen dem

Initialisierungszustand 3 entsprechenden Wert setzt, obwohl der Master 30 seinem Betriebszustand 6 entsprechend das Signalisierungsbit auf den mit dem Betriebszustand 6 korrespondierenden Wert setzt. Hierauf versetzt sich der Master 30 ebenfalls in den Initialisierungszustand 3 (Fig. 1), so dass das Kommunikationssystem schließlich mit dem Zustandsübergang 13 (Fig. 2) in den der Initialisierungsphase entsprechenden Zustand 20 gelangt.

Wenn nur der Master 30 im Initialisierungszustand 3 befindlich ist, vgl. Zustand 24 aus Fig. 2, erkennt der Slave 32 dies an dem entsprechend gesetzten Signalisierungsbit und wechselt ebenfalls in den Initialisierungszustand 3, was wiederum das Kommunikationssystem in den Zustand 20 versetzt.

Der Zustandsübergang 4 in Figur 1 deutet an, dass der Master 30/Slave 32 für eine gewisse Zeit in dem Initialisierungszustand 3 verbleiben kann. Bei dem Zustandsdiagramm aus Figur 2 sind derartige triviale Zustandsübergänge der Übersichtlichkeit halber nicht eingezeichnet. Gleichwohl kann das Kommunikationssystem, wie vorstehend erläutert, in den jeweiligen Zuständen 20, 21, 22, 23, 24 verweilen.

Insgesamt stellt das erfindungsgemäße Kommunikationssystem ein sich selbst synchronisierendes System dar, das mit sehr einfachen Mitteln und geringem Ressourcenbedarf auskommt. Der jeweilige Wert für das Signalisierungsbit eines zu sendenden Datenpakets kann beispielsweise direkt aus einem dem Master 30/Slave 32 zugrundeliegenden Zustandsautomaten entnommen werden, so dass kein zusätzlicher Speicher verwendet werden muss, um diese Information zu verwalten.

Der Master 30 kann auch mit mehreren Slaves 32 kommunizieren, die jeweils über eine eigene Kommunikationsverbindung 31 mit dem Master 30 verbunden sind. Hierbei wird das erfindungsgemäße Kommunikationsverfahren für jede der Kommunikationsverbindungen 31 unabhängig ausgeführt.

Der Master 30/Slave 32 kann beispielsweise als Mikrocontroller ausgebildet sein. Besonders vorteilhaft bei der vorliegenden Erfindung ist die Anordnung des Signalisierungsbits in den zum Datenaustausch verwendeten Datenpaketen, wodurch es möglich ist, mit einem Datenpaket sowohl Nutzdaten als auch Steuerdaten, nämlich die Zustandsinformation des Senders zu übertragen.

Patentansprüche

1. Kommunikationsverfahren zum Datenaustausch in einem Kommunikationssystem mit einem Master (30) und mindestens einem Slave (32), bei dem der Master (30) und der Slave (32) jeweils mindestens zwei Zustände, insbesondere einen Initialisierungszustand (3) und einen Betriebszustand (6) aufweisen, dadurch gekennzeichnet, dass der Master (30) dem Slave (32) seinen Zustand (3, 6) durch entsprechendes Setzen eines in den zum Datenaustausch verwendeten Datenpaketen des Kommunikationssystems vorgesehenen Signalisierungsbits anzeigt.
2. Kommunikationsverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Slave (32) dem Master (30) seinen Zustand (3, 6) durch entsprechendes Setzen eines in den zum Datenaustausch verwendeten Datenpaketen des Kommunikationssystems vorgesehenen Signalisierungsbits anzeigt.
3. Kommunikationsverfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Master (30) und/oder der Slave (32) nach dem Start (1) des Kommunikationssystems den Initialisierungszustand (3) annehmen.
4. Kommunikationsverfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Master (30) von dem Initialisierungszustand (3) in den Betriebszustand (6) übergeht.
5. Kommunikationsverfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Slave (32) von dem Initialisierungszustand (3) in den Betriebszustand (6) übergeht, wenn die Initialisierung des Slaves (32) abgeschlossen ist und der Master (30) sich in dem Betriebszustand (6) befindet.
6. Kommunikationsverfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Master (30)/Slave (32) bei einer Störung des Masters (30)/Slaves (32) in den Initialisierungszustand (3) übergeht.
7. Kommunikationssystem mit einem Master (30) und mindestens einem Slave (32), das zur Ausführung des Kommunikationsverfahrens nach den Ansprüchen 1 bis 6 geeignet ist.
8. Verwendung des Kommunikationsverfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 6 und/oder des Kommunikationssystems nach Anspruch 7 in der Prozesstechnik zum Einsatz in Mess- und/oder Reinigungs- und/oder Kalibrierungsanlagen im Bereich der Prozessautomatisierung, zur Messung von pH-Werten und/oder Redoxpotentialen und/oder anderen Prozessgrößen.

Fig. 1

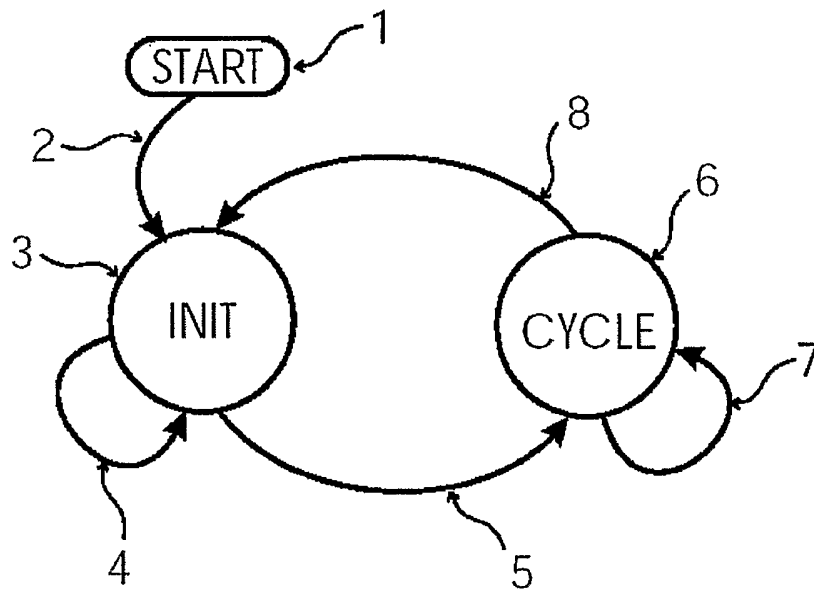


Fig. 2

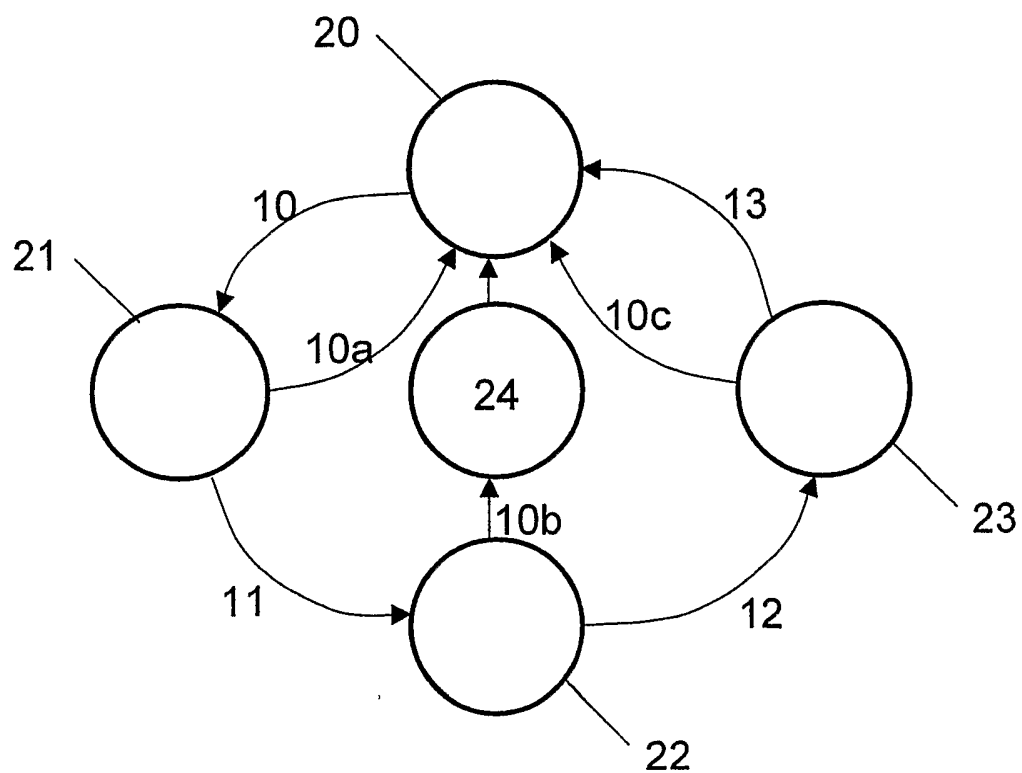


Fig. 3

