



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 04 183 T2** 2004.04.15

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 161 709 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 04 183.2**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US00/06679**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 917 938.3**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 00/55700**

(86) PCT-Anmeldetag: **14.03.2000**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **21.09.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **12.12.2001**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **30.07.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **15.04.2004**

(51) Int Cl.⁷: **G05B 19/418**
G05B 19/042

(30) Unionspriorität:

271182 17.03.1999 US

(73) Patentinhaber:

Rosemount Inc., Eden Prairie, Minn., US

(74) Vertreter:

**PAe Splanemann Reitzner Baronetzky
Westendorf, 80469 München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB, NL

(72) Erfinder:

**DAVIS, B., Bruce, Eden Prairie, US; KAMMANN, D.,
Paul, Golden Valley, US**

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR BEARBEITUNG HINTEREINANDERFOLGENDER FELD-
BUSMELDUNGEN**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0001] Die Prozessindustrie verwendet eine Vielzahl von Vorrichtungen zur Überwachung und Steuerung industrieller Prozesse. Derartige Vorrichtungen schließen Prozessvariablen-Sender, Prozess-Stellglieder, Prozess-Warnvorrichtungen sowie Prozess-Steuermodule ein.

[0002] Prozessvariablen-Sender werden zum Überwachen von Prozessvariablen verwendet, die mit industriellen Prozessen in Zusammenhang stehen. Solche Variablen schließen Druck, Temperatur, Strömung, Pegel, pH-Wert, Trübheit, Dichte, Konzentration, chemische Zusammensetzung und andere Eigenschaften ein. Prozess-Stellglieder werden zum Steuern von Ventilen, Pumpen, Heizvorrichtungen, Agitatoren, Magnetspulen, Abzügen und anderen derartigen Vorrichtungen verwendet. Prozess-Warnvorrichtungen werden zum Fernüberwachen einer spezifischen Prozessvariablen verwendet, die unter anderem von einem Prozessvariablen-Sender bereitgestellt wird, und liefern ein Warnsignal, falls die Prozessvariable von der Prozessnorm unzulässig abweicht. Prozesssteuermodule empfangen mit dem Prozess in Zusammenhang stehende Informationen von Prozessvariablen-Sendern, führen Analysen der empfangenen Prozessinformationen durch und setzen einen Korrekturvorgang mit Hilfe der Prozess-Stellglieder in Gang. Im Allgemeinen ist ein Prozesssteuerungsmodul in einer Steuerwarte angeordnet, um ein Einwirken durch den Benutzer zu erleichtern.

[0003] Aufgrund der unbeständigen Natur der Prozessfluidumgebung sollten die Prozessvorrichtungen keinen Funken erzeugen, der mit explosiven Atmosphären und brennbaren Stoffen koppeln und diese entflammen könnte. Prozessvorrichtungen erfüllen dieses Konstruktionskriterium im Allgemeinen dadurch, dass sie entweder explosionssichere Gehäuse gemäß der Definition in den NEC-Paragraphen 500–503, 1996, oder von sich aus sichere Schaltkreise aufweisen. Wenn eine Prozessvorrichtung eigensicher ist, arbeitet sie auf derart niedrigen Energiepegeln, dass sie im Allgemeinen nicht in der Lage ist, einen Funken mit genügend Energie zu erzeugen, um eine Zündung selbst bei Fehlerzuständen zu verursachen. Dieses Konstruktionskriterium wird weiter durch die Tatsache verkompliziert, dass zusätzliche externe Energiequellen oft nicht für das Betreiben einer Prozessvorrichtung im Feld zur Verfügung stehen. Daher muss sich die Prozessvorrichtung auf Energie verlassen, die von der Stromschleife selbst geliefert wird, wobei diese entweder explosionssicher oder eigensicher ist. Niedrigenergie-Prozessvorrichtungen sind in der Lage, Eigensicherheitskriterien zu erfüllen, während sie immer noch nur mit der von einer Prozesssteuerschleife empfangenen Energie betrieben werden.

[0004] In der Prozessindustrie ist eine schnelle und verlässliche Kommunikation zwischen den Prozessvorrichtungen sehr wichtig. In der Vergangenheit beinhaltete eine derartige Kommunikation einen Prozessvariablen-Sender, der die durch eine Prozessregelschleife fließende Strommenge basierend auf einer Prozessvariablen steuert. Der Strom wurde von einer Stromquelle in der Steuerwarte geliefert und der Prozessvariablen-Sender steuerte die Strommenge von seiner Anordnung im Feld aus. Beispielsweise könnte ein Signal mit einer Stärke von 4 Milliampere (mA) dazu verwendet werden, eine Nullablesung anzuzeigen, während ein 20 mA-Strom dazu verwendet werden könnte, eine umfassende Ablesung anzuzeigen. Aufgrund des technologischen Fortschritts besteht ein stetig zunehmender Bedarf daran, mehr und mehr Informationen über den Prozess und die Prozessvorrichtungen selbst zu liefern. [0005] Beim Foundation™-Feldbussen und Profibus-PA (die kollektiv als Feldbus bezeichnet werden) handelt es sich um serielle digitale Mehrpunkt-Kommunikationsprotokolle, die zum Verbinden von Feldinstrumenten und anderen Prozessvorrichtungen, wie z. B. Überwachungs- und Simulationseinheiten in Prozesssteuersystemen, gedacht sind. Die physische Schicht der Feldbusprotokolle wird von der Instrument Society of America Norm ISA-S50.02-1992, und deren Entwurf 2-Zusatz von 1995; oder der IEC 1158-2 von 1993 definiert. Feldbus ermöglicht eine verbesserte digitale Übertragung mit Hilfe früherer Prozessregelkreisverfahren, während die Fähigkeit beibehalten wird, an die Feldbusschleife gekoppelte Prozessvorrichtungen zu betreiben, und während Eigensicherheitsanforderungen erfüllt werden.

[0006] Die Einführung des Feldbus lieferte zu Beginn eine digitale Prozessschleife, die in der Lage ist, eine Kommunikation bei 31,250 Bit/Sekunde zu ermöglichen. Später ermöglichten Überarbeitungen von Feldbus Geschwindigkeiten von 1 Megabit/Sekunde und 2,5 Megabit/Sekunde bei der seriellen digitalen Übertragung. Es wurden zudem auch andere Übertragungsgeschwindigkeiten in Betracht gezogen.

[0007] Feldbus schafft nun bedeutende Möglichkeiten für die digitale Übertragung riesiger Mengen an Prozessdaten. Daher besteht ein fortschreitender Bedarf, Prozessvorrichtungen zu entwickeln, die dazu in der Lage sind, die Wirksamkeit der Feldbus-Kommunikation zu erhöhen, während Stromverbrauch, Kosten und Vorrichtungsgröße auf ein Minimum reduziert werden.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0008] Die vorliegende Erfindung schafft eine Feldbus-Vorrichtung, die Folgendes aufweist: eine Medien-Zugriffseinheit, die zum Koppeln an eine Feldbuschleife und zum Empfangen von Signalen, die Feldbusnachrichten repräsentieren, ausgelegt ist, sowie eine serielle Ausgangsschnittstelle aufweist; einen

Feldbus-Kommunikationsregler, der eine serielle Eingangsschnittstelle, die an die serielle Ausgangsschnittstelle der Medien-Zugriffseinheit gekoppelt ist, sowie einen Datenausgang aufweist; und einen Regler mit einer Dateneingangsschnittstelle, die an die Datenausgangsschnittstelle des Feldbus-Kommunikationsreglers gekoppelt ist; und wobei die Feldbus-Vorrichtung dadurch gekennzeichnet ist, dass der Feldbus-Kommunikationsregler einen FIFO-Empfangsspeicher (FIFO = first-in-first-out) einschließt und so ausgelegt ist, dass er gleichzeitig zumindest Abschnitte von zwei Feldbus-Nachrichten speichert.

[0009] Die vorliegende Erfindung liefert des Weiteren eine anwenderspezifischen integrierten Schaltkreis zum Speichern von zumindest ersten und zweiten Feldbus-Nachrichten, wobei der Schaltkreis Folgendes aufweist: eine serielle Eingangsschnittstelle, die so ausgelegt ist, dass sie serielle Feldbusdaten bei einer ersten Übertragungsrate empfängt; einen Datenausgang, der so ausgelegt ist, dass er Feldbusdaten mit einer zweiten Übertragungsgeschwindigkeit liefert, die schneller ist als die erste Übertragungsgeschwindigkeit; einen FIFO-Empfangsspeicher, der an die serielle Eingangsschnittstelle und den Datenausgang gekoppelt ist und so ausgelegt ist, dass er eine Vielzahl von Feldbusdaten-Segmenten speichert; einen ersten Zeiger, der so ausgelegt ist, dass er eine Segment-Speicherstelle anzeigt, die einer aktuellen Empfangs-FIFO-Lese-Speicherstelle entspricht; einen zweiten Zeiger, der so ausgelegt ist, dass er eine Segment-Speicherstelle anzeigt, die einer aktuellen Empfangs-FIFO-Schreib-Speicherstelle entspricht; und einen dritten Zeiger, der so ausgelegt ist, dass er eine Segment-Speicherzelle anzeigt, die einem ersten Segment eines Abschnitts der zweiten Feldbus-Nachricht entspricht.

[0010] Die vorliegende Erfindung schafft weiter ein Verfahren zum Empfangen zumindest von Abschnitten einer Mehrzahl von Feldbus-Nachrichten, die Folgendes aufweist: seriell Empfangen von Daten, die eine erste Feldbus-Nachricht und mindestens einen Abschnitt einer zweiten Feldbus-Nachricht darstellen; Assemblieren von Daten, die die erste Feldbus-Nachricht repräsentieren, in mindestens ein Segment der ersten Nachricht; Speichern des mindestens einen Segments der ersten Nachricht in einem FIFO-Empfangsspeicher; Assemblieren von Daten, die zumindest einen Abschnitt der zweiten Feldbus-Nachricht darstellen, in mindestens ein Segment der zweiten Nachricht; und Speichern des mindestens einen Segments der zweiten Nachricht in dem FIFO-Empfangsspeicher, während das zumindest eine Segment der ersten Nachricht in dem FIFO-Empfangsspeicher gespeichert ist.

[0011] Die vorliegende Erfindung schafft zudem ein Feldbus-Computerprogramm auf computerlesbaren Medien, das Folgendes aufweist: FIFO-Empfangsspeicher-Befehle zum Empfangen zumindest von Abschnitten von zwei Feldbus-Nachrichten und Spei-

chern von zumindest Abschnitten in einem FIFO-Empfangsspeicher; Zeigerbefehle zum Speichern von Informationen, die mit einer Endsegment-Speicherstelle in Zusammenhang stehen, falls es sich bei dem mindestens einen Feldbus-Nachrichtensegment um ein Endsegment handelt; Zählbefehle, die einen Zählwert einer Gesamtanzahl an in dem FIFO-Empfangsspeicher gespeicherten Nachrichten-Segmenten beibehalten; und Lesebefehle, die wiederholt Segmente von Inkremental-Speicherstellen des FIFO-Empfangsspeichers lesen, die auf der Anzahl der in dem FIFO-Empfangsspeicher gespeicherten Segmente und den Zeigerinformationen basieren.

[0012] Es sind ein Verfahren und eine Vorrichtung vorgesehen, die zumindest die Speicherung von Abschnitten von zwei Feldbus-Nachrichten in einer Feldbus-Vorrichtung ermöglichen. Die Feldbus-Vorrichtung schließt eine Medien-Zugriffseinheit, einen Feldbus-Kommunikationsregler, sowie einen Regler ein. Die Medien-Zugriffseinheit ist für den Empfang von Feldbussignalen an eine Feldbusschleife gekoppelt und liefert einen digitalen Bitstrom, der mit den Feldbussignalen in Beziehung steht. Der Feldbus-Kommunikationsregler assembliert Datenssegmente, die zumindest mit Abschnitten der beiden Feldbusnachrichten von dem Bitstrom in Zusammenhang stehen und speichert die Segmente in einem FIFO-Empfangsspeicher. Der Regler ist so ausgelegt, dass er die Segmente aus dem FIFO-Empfangsspeicher ausliest und auf die Feldbusnachrichten anspricht.

[0013] Weitere Einzelheiten, Merkmale und Vorteile ergeben sich aus der nachfolgenden Kurzbeschreibung der Erfindung anhand der Zeichnungen:

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0014] Es zeigen:

[0015] **Fig. 1** Blockdiagramm eines Feldbus-Prozesssteuersystems, das die Umgebung der Erfindung zeigt;

[0016] **Fig. 2** ein Blockdiagramm einer Feldbus-Vorrichtung entsprechend einer erfindungsgemäßen Ausführungsform;

[0017] **Fig. 3** ein Blockdiagramm einer anderen Feldbus-Vorrichtung entsprechend einer weiteren erfindungsgemäßen Ausführungsform;

[0018] **Fig. 4** ein Blockdiagramm des Feldbus-Kommunikationsreglers aus

[0019] **Fig. 2** und **Fig. 3** entsprechend einer erfindungsgemäßen Ausführungsform;

[0020] **Fig. 5A–5C** Diagrammansichten eines Feldbus-FIFO-Empfangsspeichers des Feldbus-Kommunikationsreglers aus **Fig. 4**;

[0021] **Fig. 6** ein Blockdiagramm, das ein Verfahren zum Speichern empfangener Feldbussegmente entsprechend einer erfindungsgemäßen Ausführungsform darstellt; und

[0022] **Fig. 7** ein Zeitdiagramm, das die Zeitsteue-

rung der Feldbus-Nachricht darstellt.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0023] **Fig. 1** ist ein Blockdiagramm des Feldbus-Prozesssteuersystems **10**, das eine Prozess-Mess-/Steuerungsumgebung darstellt. Das System **10** weist die Feldbusschleife **12**, die Schleifenenden **14**, die Feldbus-Stromversorgung **16**, sowie die Feldbusvorrichtungen **18, 20, 22, 24, 26** und **28** auf.

[0024] Das System **10** ist in einer Stützpfeiler-Implementierung verdrahtet, wobei jedoch eine Vielzahl anderen Verdrahtungs-Implementierungen möglich ist. Die Feldbus-Enden **14** begrenzen gegenüberliegende Enden der Feldbusschleife **12**. Jedes Feldbus-Ende **14** ist als ein in Reihe mit einem Widerstand geschalteter Kondensator ausgebildet. Im Allgemeinen weist der Kondensator eine Kapazität von ungefähr 1 Mikrofara und auf der Widerstand besitzt einen Widerstand von ungefähr 100 Ohm. Die Feldbus-Stromversorgung **16** ist ebenfalls an die Feldbusschleife **12** gekoppelt, um Energie an die Feldbusvorrichtungen **18, 20, 22, 24, 26, 28** zu liefern, die an die Feldbusschleife **12** gekoppelt sind. Im Allgemeinen erfordern die Feldbus-Vorrichtungen eine Spannung zwischen 9 und 35 Volt Gleichstrom, die von einer Feldbus-Stromversorgung **16** über die Feldbus-Schleife **12** geliefert wird.

[0025] Eine Feldbusvorrichtung ist eine Prozessvorrichtung, die über die Hardware, Software oder einer Kombination aus beiden für die Kommunikation entsprechend den vorstehend definierten Feldbus-Protokollen ausgelegt ist. Die Prozessvorrichtungen **18, 20, 22, 24, 26** und **28** sind lediglich ein paar wenige Beispiele für Feldbusvorrichtungen. Beispielsweise handelt es sich bei der Feldbus-Vorrichtung **18** um eine Host-Vorrichtung, die als Feldbus-Prozesssteuerungsmodul arbeitet, das Steuerfunktionen für den Prozess bereitstellt. Die Feldbus-Vorrichtungen **20** und **22** sind beispielsweise Prozessvariablen-sender, die Prozessinformationen in Zusammenhang mit Prozessvariablen liefern. Bei der Feldbus-Vorrichtung **24** handelt es sich um ein Prozess-Stellglied, das ein Ventil schließt oder irgendeine andere Betätigungsfunktion nach Erhalt einer Feldbus-Nachricht von der Feldbus-Schleife **12** ausübt. Die Feldbus-Vorrichtung **26** ist eine Prozess-Warnvorrichtung, die Informationen über Prozessvariablen von den Feldbus-Vorrichtungen **20** und **22** überwacht und ein Warnsignal liefert, falls die Informationen über die Prozessvariablen von den Feldbus-Vorrichtungen **20** und **22** unzulässig von einer Prozessnorm abweichen. Die Feldbus-Vorrichtung **28** ist eine Diagnoseeinheit, wie z. B. eine Feldbus-Überwachungs- und Simulationseinheit mit einer Benutzerschnittstelle zur Fehlersuche.

[0026] Die Feldbus-Schleife **12** stellt eine Medienkonfiguration dar, die zwei oder mehr Leiter einschließt, die für das Weiterleiten von Signalen ent-

sprechend den vorstehend definierten physikalischen Schichtbeschreibungen geeignet sind. Daher kann es sich bei der Feldbus-Schleife **12** um einen Niedriggeschwindigkeits-Feldbus, um einen Hochgeschwindigkeits-Feldbus oder um jede andere beliebige Feldbusimplementierung handeln, die in Übereinstimmung mit den vorstehend zitierten Protokollen konstruiert worden sind.

[0027] **Fig. 2** ist ein System-Blockdiagramm einer Feldbus-Vorrichtung **30**, die an eine Feldbus-Schleife **12** mit einer Medien-Zugriffseinheit **32**, einem Feldbus-Kommunikationsregler **34** und einen Regler **36** gekoppelt ist. Während die Medien-Zugriffseinheit **32**, der Feldbus-Kommunikationsregler **34** sowie der Regler **36** im Allgemeinen separat beschrieben werden, soll eine solche Beschreibung die Klarheit fördern, und es ist beabsichtigt, dass derartige Bauteile auf einem einzigen anwenderspezifischen integrierten Schaltkreis vorgesehen sind.

[0028] Die Medien-Zugriffseinheit **32** ist so ausgelegt, dass sie an eine Feldbus-Schleife **12** koppelt, um analoge Signale zu übertragen und zu senden, welche Feldbus-Nachrichten oder Rahmen darstellen. Während des Empfangs wandelt die Medien-Zugriffseinheit **32** die empfangenen analogen Signale in digitale Signale um, die im Wesentlichen Manchester-codierte serielle Daten einschließt. Die Medien-Zugriffseinheit **32** weist eine serielle Ausgangsschnittstelle **38** auf, welche die digitalen Daten bei einer ersten Übertragungsrate bidirektional liefert. Beispielsweise stellt ein Niedriggeschwindigkeits-Feldbus eine Datenübertragung mit einer Geschwindigkeit von 31,250 Bit/Sekunde bereit. Somit beträgt die erste Übertragungsgeschwindigkeit ungefähr 31,250 Bit/Sekunde, falls die Medien-Zugriffseinheit **32** so ausgelegt ist, dass sie zusammen mit einem Niedriggeschwindigkeits-Feldbus arbeitet.

[0029] Bei dem Feldbus-Kommunikationsregler **34** kann es sich um einen anwenderspezifischen integrierten Schaltkreis handeln, wobei dieser eine serielle Eingangsschnittstelle **40** aufweist, die an die serielle Ausgangsschnittstelle **38** der Medien-Zugriffseinheit **32** gekoppelt ist. Der Feldbus-Kommunikationsregler **34** weist zudem einen Datenausgang **42** auf, der Daten bei einer zweiten Übertragungsrate bereitstellt, wobei diese schneller als die von der Medien-Zugriffseinheit **32** bereitgestellte Übertragungsgeschwindigkeit ist. Der Feldbus-Kommunikationsregler **34** weist zudem einen Feldbus-FIFO-Empfangsspeicher **46** auf, der Feldbusdaten speichern kann und den Geschwindigkeitsabgleich der beiden Daten-Übertragungsgeschwindigkeiten erleichtert. Der Feldbus-FIFO-Empfangsspeicher **46** ist eine Speicheranordnung in dem Feldbus-Kommunikationsregler **34**, die so ausgelegt ist, dass sie Datensegmente in der Reihenfolge des Empfangs speichert.

[0030] Der Regler **36** schließt eine Daten-Eingangsschnittstelle **44** ein, die an die Daten-Ausgangsschnittstelle **42** des Feldbus-Kommunikationsreglers **34** gekoppelt ist. Die Daten-Eingangsschnittstelle ist

so ausgelegt, dass sie mit der Daten-Ausgangsschnittstelle **42** kommuniziert, und als solche eine parallele oder eine serielle Schnittstelle sein kann. Der Regler **36** kann ein Mikroprozessor oder ein direkter Speicherzugangsregler sein, und kann eine Vielzahl von Steuerfunktionen bereitstellen, oder der Regler **36** kann lediglich Feldbusdaten von der Feldbus-schleife **12** protokollieren. Bei den Daten kann es sich um Prozessdaten oder Diagnosedaten handeln, die mit dem Betrieb des Feldbus-Protokolls selbst in Zusammenhang stehen.

[0031] Während des Empfangs von Feldbusdaten empfängt die Medien-Zugriffseinheit **32** Manchester-codierte Daten im Feldbusformat von der Feldbusschleife **12** und wandelt diese in Manchester-codierte digitale Daten mit Logikpegeln um, wobei diese Daten dann über die Anschlüsse **38**, **40** an den Feldbus-Kommunikationsregler **34** geliefert werden. Der Feldbus-Kommunikationsregler **34** empfängt den Manchester-codierten seriellen Bitstrom und entschlüsselt den Bitstrom, während er die Bits in Datensegmente assembliert. Ein Datensegment ist jegliche Gruppierung von zwei oder mehr Bits. Beispielsweise kann ein Datensegment eine Tetrade, ein Oktett, ein Byte, ein Wort oder jegliche andere Gruppierung sein. Die Datensegmente werden für das Auslesen durch den Regler **36** in dem FIFO-Empfangsspeicher **46** gespeichert. Die Feldbus-Nachricht, oder der Rahmen, weist einen Dateianfangs-Block, ein Anfangs-Trennzeichen, ein oder mehrere Feldbus-Datensegmente, Rahmenprüfsequenz (RPS)-Segmente und ein End-Trennzeichen auf, wobei alle ein oder mehrere Datensegmente aufweisen können. Jedes gespeicherte Feldbus-Datensegment kann durch den Regler **36** ausgelesen werden, um auf die Feldbusnachricht anzusprechen. Wahlweise können die RPS-Segmente durch den Regler **36** zum Zweck der Datensicherheit ausgelesen werden.

[0032] Ein Merkmal der Ausführungsformen der Erfindung schließt die Anpassung des Feldbus-Kommunikationsreglers **34** ein, um es zumindest Abschnitten zweier Feldbus-Nachrichten zu ermöglichen, in dem Feldbus-FIFO-Empfangsspeicher **46** nebeneinander zu existieren, ohne einen Fehler zu erzeugen und keinen Abschnitt einer der beiden Feldbus-Nachrichten zu verlieren. In der Vergangenheit musste ein Regler die Datensegmente, die einer vorgegebenen Feldbusnachricht von dem Feldbus-FIFO-Empfangsspeicher vor Erhalt eines Anfangs-Trennzeichens von einer zweiten Nachricht von der Feldbusschleife entsprechen, vollständig auslesen. Falls ein Anfangs-Trennzeichen von einer zweiten Feldbus-Nachricht empfangen worden war, bevor alle der ersten Nachricht entsprechenden Datensegmente von dem Feldbus-FIFO-Empfangsspeicher entfernt worden waren, dann wurde ein Fehler erzeugt und beide Feldbusnachrichten waren verloren, da es keine Möglichkeit gab, die Grenze zwischen Abschnitten der Vielzahl von Feldbus-Nach-

richten zu verfolgen. Zur Lösung dieses Problems wäre der Feldbus-Kommunikationsregler so konfiguriert, dass er ein Unterbrechungssignal an den Regler bereitstellen würde, wenn ein vorausgewählte Anzahl an Datensegmenten in dem Feldbus-FIFO-Empfangsspeicher vorliegt. Nach dem Erhalt der Unterbrechungs-Aufforderung von dem Feldbus-Kommunikationsregler war es wichtig für den Regler, sehr schnell zu reagieren, um die Feldbus-Datensegmente aus dem Feldbus-FIFO-Empfangsspeicher auszu-lesen, oder die Ankunft eines neuen Anfangs-Trennzeichens und den damit verbundenen Fehler zu riskieren. Derartige Ergebnisse waren in der Prozessindustrie in höchstem Maße unerwünscht, da genaue Prozessinformationen in Echtzeit praktisch eine Notwendigkeit darstellen.

[0033] Fig. 3 ist ein System-Blockdiagramm der Feldbusvorrichtung **50**, die entsprechend einer Ausführungsform der Erfindung ähnlich wie die in Fig. 2 gezeigte Ausführungsform implementiert ist. Die Feldbusvorrichtung **50** weist viele Ähnlichkeiten zu der Feldbus-Vorrichtung **30** von Fig. 2 auf und gleiche Elemente sind ähnlich bezeichnet. Die Feldbusvorrichtung **50** weist eine Medien-Zugriffseinheit **32** auf, die an die Feldbusschleife **12** gekoppelt ist, um serielle Feldbusdaten an den Feldbus-Kommunikationsregler **34** zu liefern. In der in Fig. 3 gezeigten Ausführungsform weist der Feldbus-Kommunikationsregler **34** einen end ptr-Zeiger **52** auf, der so ausgelegt ist, dass er eine Segment-Speicherstelle eines Anfangssegments eines Abschnitts einer zweiten Feldbusnachricht oder eines Rahmens anzeigt.

[0034] Wie in Fig. 3 gezeigt kann der Regler **36** an einen Sensor **56** oder ein Stellglied **58** zur Überwachung oder Steuerung eines Prozesses gekoppelt sein. Beispielsweise kann es sich bei dem Sensor **56** um einen Drucksensor, einen Temperatursensor, oder jeglichen anderen geeigneten Sensor handeln. Das Stellglied kann eine elektrische Magnetspule, ein Druckluftventil oder jedes andere beliebige Stellglied sein.

[0035] Die Feldbusvorrichtung **50** weist zudem die Stromversorgung **60** auf. Die Stromversorgung **60** ist zum Erhalt von Strom von der Feldbusschleife **12** an die Feldbusschleife **12** koppelbar, und ist an die Medien-Zugriffseinheit **32**, den Feldbus-Kommunikationsregler **34**, den Regler **36**, den Sensor **56** und das Stellglied **58** gekoppelt, um Energie an diese Bauteile zu liefern. Auf diese Weise kann die Feldbusvorrichtung **50** so ausgelegt sein, dass sie vollständig durch die von der Feldbusschleife **12** empfangenen Energie betrieben wird.

[0036] Fig. 4 ist ein System-Blockdiagramm des Feldbus-Kommunikationsreglers **34**. Der Feldbus-Kommunikationsregler **34** schließt eine Empfangs-Zustandsmaschine **62**, einen FIFO-Empfangsspeicher **46**, eine Regler-Registerschnittstelle/Registerbank **64**, Zeitgeber **66**, einen FIFO-Sendespeicher **68**, eine FIFO-Dualschnittstelle **70**, eine Taktsteuerung **72**, eine Hilfsregisterschnittstelle/Registerbank

74, eine Geschnatter- bzw. Zufallszeitsteuerung **76**, eine Sende-Zustandsmaschine **78** sowie ein Schleifen-Rückmodul **80** ein.

[0037] Die Leitungen **82** umfassen eine serielle Niedriggeschwindigkeits-Schnittstelle, die an die Medien-Zugriffseinheit koppelbar ist, wie z. B. die in den **Fig. 2** und **3** gezeigte Medien-Zugriffseinheit **32**. Die Empfangsleitungen RxA und RxS sind an ein digitales Phasenregelkreis (PLL)-Modul **84** in der Empfangs-Zustandsmaschine **62** gekoppelt. Das PLL-Modul **84** ermöglicht es der Empfangs-Zustandsmaschine **62**, mit einem Dateianfangs-Block zu synchronisieren und Manchester-codierte Daten zu entschlüsseln, wenn die Leitung RxA aktiv wird. Sofort nach Erfassung des Dateianfangs-Blocks wartet die Empfangs-Zustandsmaschine **62** auf das Anfangs-Trennzeichenmuster. Falls die Empfangs-Zustandsmaschine **62** erfasst, dass das Anfangs-Trennzeichen seine Polarität umgekehrt hat, korrigiert diese die Polarität der Daten. Das Anfangs-Trennzeichen bestimmt die Segmentgrenze innerhalb des Bitstroms. Nach der Erfassung der Anfangs-Trennzeichen durch die Empfangs-Zustandsmaschine **62** wird der serielle Bitstrom durch die Empfangs-Zustandsmaschine **62** in Datensegmente umgewandelt, die dann in den FIFO-Empfangsspeicher **46** geschrieben werden. Die Empfangs-Zustandsmaschine **62** fährt fort, neue Datensegmente in dem FIFO-Empfangsspeicher **46** anzuordnen, bis sie ein End-Trennzeichen erfasst. Sofort nach Erfassung des End-Trennzeichens und Verifizierung der RPS-Segmente wartet die Empfangs-Zustandsmaschine **62** auf die Deaktivierung der RxA-Leitung. Sobald die RxA-Leitung deaktiviert ist, kehrt die Empfangs-Zustandsmaschine **62** zu ihrem Anfangszustand zurück und wartet auf das nächste aktive RxA-Signal.

[0038] Der FIFO-Empfangsspeicher **46** akzeptiert die Datensegmente von der Empfangs-Zustandsmaschine **62** und ermöglicht es einem Regler wie z. B. dem Regler **36** (in den **Fig. 2** und **3** gezeigt), auf die gespeicherten Datensegmente über die Regler-Registerschnittstelle/Registerbank **64** zuzugreifen. Die Regler-Registerschnittstelle/Registerbank **64** weist eine Vielzahl von Leitungen **86** auf, die einen Datenausgang umfassen, der Daten bei einer zweiten Übertragungsgeschwindigkeit liefert. Die zweite Übertragungsgeschwindigkeit ist schneller als die Geschwindigkeit, die von der seriellen Niedriggeschwindigkeits-Schnittstelle **82** bereitgestellt wird. Die Leitungen **86** können eine parallele Schnittstelle oder eine serielle Schnittstelle umfassen, solange die Geschwindigkeit der Datenübertragung schneller als die der Schnittstelle **82** ist.

[0039] Der FIFO-Sendespeicher **68** ist an die Regler-Registerschnittstelle/Registerbank **64** und die Sende-Zustandsmaschine **78** gekoppelt. Der FIFO-Sendespeicher **68** und die Sende-Zustandsmaschine **78** werden zur Übertragung von Feldbusinformationen über die Feldbusschleife **12** verwendet.

Die FIFO-Dualschnittstelle **70** ist sowohl an die Regler-Registerschnittstelle/Registerbank **64** als auch an die Hilfsregler-Schnittstelle/Registerbank **74** gekoppelt. Die FIFO-Dualschnittstelle **70** und die Hilfsregler-Schnittstelle/Registerbank **74** werden zur Kopplung an einen optionalen zweiten Regler (nicht gezeigt) verwendet, der zusätzliche Funktionen wie z. B. Linearisierung und dergleichen bereitstellen kann. Die Taktsteuerung **72** wird von dem Feldbus-Kommunikationsregler **34** bereitgestellt, um eine geeignete Signalzeitsteuerung aufrechtzuerhalten.

[0040] **Fig. 5A** ist eine Diagrammansicht eines Feldbus-FIFO-Empfangsspeichers **46** mit einem damit verbundenen rd_adr-Zeiger **90** und einem wrt_adr-Zeiger **92**. Die Zeiger **90** und **92** können in jedem beliebigen Speicher ausgeführt sein, der Daten speichern kann, die Feldbus-Datensegmentspeicherstellen in dem FIFO-Empfangsspeicher **46** anzeigen. Zum Zwecke der Veranschaulichung ist der FIFO-Empfangsspeicher **46** mit 8 Feldbusdatensegmentstellen gezeigt. Vorzugsweise weist der FIFO-Empfangsspeicher **46** 32 derartige Segment-Speicherstellen auf, wobei jedoch auch jede andere Anzahl an Segmenten möglich ist. Die Zeiger **90**, **92** sind Umherkreis-Zeiger, so dass bei Vorrücken eines Zeigers über die Datensegmentspeicherstelle **7** hinaus, der Zeiger sofort die Datensegmentspeicherstelle **0** anzeigt. Bei den Zeigern **90**, **92** kann es sich um Dreibit-Zähler in dem obigen Beispiel handeln, wenn jedoch mehr als 8 Segment-Speicherstellen von dem FIFO-Empfangsspeicher **46** bereitgestellt werden, dann weisen die Zeiger **90**, **92** eine angemessene Bitanzahl auf. Im Betrieb rückt der Zeiger **92** vor, wenn ein neues Datensegment in dem FIFO-Empfangsspeicher **46** gespeichert wird. Daher zeigt der Zeiger **92** die nächste verfügbare Segment-Speicherstelle an, in der ein empfangenes Feldbus-Datensegment gespeichert werden kann. Der Zeiger **90** zeigt die augenblickliche Speicherstelle des nächsten Feldbus-Datensegments an, das durch einen Regler, beispielsweise dem Regler **36** (in den **Fig. 2** und **3** gezeigt) aus dem FIFO-Empfangsspeicher ausgelesen werden soll. Ein derartiger Regler würde im Allgemeinen das von dem Zeiger **90** angezeigte Datensegment aus dem FIFO-Empfangsspeicher **46** auslesen; den Zeiger **90** zu dem nächsten Datensegment vorrücken; prüfen, ob der FIFO-Empfangsspeicher **46** als Ergebnis der vorhergegangenen Leseoperation geleert worden ist; und den Vorgang kontinuierlich wiederholen, bis der FIFO-Empfangsspeicher **46** leer wäre. So überprüft der Regler im Allgemeinen nach jeder Segment-Ausleseoperation jedes von dem FIFO-Empfangsspeicher **46** ausgelesene Datensegment, um zu sehen, ob der FIFO-Empfangsspeicher **46** als Ergebnis einer vorhergegangenen Leseoperation geleert worden ist. Erfindungsgemäß können auch andere Arten von FIFO-Speichergefügen verwendet werden. Beispielsweise kann der FIFO-Speicher **46** durch Verwendung eines verbundenen Listendatengefüges

gebildet werden, so dass Datenzeiger aktualisiert werden können, um den FIFO-Speicher zu beeinflussen.

[0041] **Fig. 5B** ist eine Diagrammansicht eines Feldbus-FIFO-Empfangsspeichers **46**, eines zugehörigen rd_adr-Zeigers **90**, eines wrt_adr-Zeigers **92**, sowie eines Feldbus-FIFO-Empfangszählers **94**. Der Zähler ist ein Vierbit-Aufwärts/Abwärts-Zähler, der so ausgelegt ist, dass er die Gesamtanzahl der in dem FIFO-Empfangsspeicher **46** gespeicherten Feldbus-Datensegmente zählt. Falls jedoch von dem FIFO-Empfangsspeicher **46** mehr als 8 Segment-Speicherstellen bereitgestellt werden, weist der Zähler **94** die geeignete Bitanzahl auf. Der Zähler **94** zählt bei jeder Schreiboperation aufwärts und zählt bei jeder Leseoperation rückwärts, und behält den gleichen Zählwert bei, wenn sowohl die Schreib- als auch die Leseoperation während der gleichen Taktperiode stattfinden. Die Zeiger **90** und **92** wirken wie mit Bezug auf **Fig. 5A** beschrieben. Die einer Feldbus-Nachricht (Msg1) entsprechenden Feldbus-Datensegmente werden in den FIFO-Empfangsspeicherstellen **1** bis **3** gespeichert. Somit speichert der Feldbus-Empfangszähler **94** einen Wert von 3. Durch Bereitstellung einer Zählung der Gesamtanzahl der in dem FIFO-Empfangsspeicher **46** vorliegenden Datensegmente kann ein Regler, wie z. B. der Regler **36**, iterativ eine Anzahl von Feldbus-Datensegmenten in einem Zuge auslesen, beginnend mit dem Segment, das von dem rd_adr-Zeiger **90** angezeigt wird.

[0042] **Fig. 5C** ist eine Diagrammansicht des FIFO-Empfangsspeichers **46**, des rd_adr-Zeigers **90**, des wrt_adr-Zeigers **92**, des Zählers **94**, des end_ptr-Zeigers **96**, und des Nachrichtensegment-Zählers **98**. Die Zeiger **90**, **92** und der Zähler **94** arbeiten im Hinblick auf **Fig. 5B** wie vorstehend beschrieben. Der End_ptr-Zeiger **96** kann als Platzhalter betrachtet werden und zeigt auf das erste Datensegment eines Abschnitts einer zweiten Feldbus-Nachricht. Der Zeiger **96** ist auf den wrt_adr-Zeiger **92** festgelegt, sobald Rcv_end auftritt und queue_empty ist falsch (zeigt das Ende der ersten Feldbus-Nachricht an). Der Nachrichtensegment-Zähler **98** ist für den Regler **36** zum Auslesen zu jeder beliebigen Zeit vorgesehen, und zeigt einen gültigen Segmentzählwert für die in dem FIFO-Empfangsspeicher **46** gespeicherte erste Feldbus-Nachricht (Msg1) auch dann an, wenn Datensegmente für eine zweite Feldbus-Nachricht (Msg2) ebenfalls in dem Feldbus-FIFO-Empfangsspeicher **46** gespeichert sind. Der zusätzliche Nachrichtensegment-Zähler **98** ermöglicht es einem Regler wie z. B. dem Regler **36**, alle Feldbus-Nachrichtensegmente entsprechend der Feldbus-Nachricht Msg1 in einem Zuge auszulesen.

[0043] Die folgenden Datenstrukturen erleichtern die Speicherung von zumindest Abschnitten der beiden Feldbus-Nachrichten in dem Feldbus-FIFO-Empfangsspeicher **46**. Solche Datenstrukturen werden im Allgemeinen in der Regler-Register-

schnittstelle/Speicheradressbereich **64** (gezeigt in **Fig. 4**) gespeichert.

[0044] Queue_empty kann ein Merker sein, der genau gesetzt wird, wenn der Zähler gleich 0 ist. Bei einem Merker handelt es sich um eine boolesche Datenstruktur mit nur zwei Zuständen, ein oder aus. Diese Zustände können auch als wahr oder falsch, und eins oder null bezeichnet werden.

[0045] Queue_full kann ein Merker sein, der genau gesetzt wird, wenn der Zähler **94** der Gesamtanzahl der von dem FIFO-Empfangsspeicher **46** (d. h. 8 in den **Fig. 5A** bis **5C**) bereitgestellten Segmentspeicherzellen entspricht.

[0046] Bei Rcv_end kann es sich um einen Impuls handeln, der anzeigt, dass eine Feldbus-Nachricht erhalten worden ist. Hierbei handelt es sich um ein Unterbrechungsbit für den Regler, und es wird nach Verifizierung ein End-Trennzeichen gesetzt.

[0047] Last_Segment_Read ist ein Impuls, der anzeigt, dass das letzte Segment einer ersten Feldbus-Nachricht gerade eben von dem Feldbus-FIFO-Empfangsspeicher **46** ausgelesen worden ist. Der Impuls wird gesetzt, wenn end_ptr_valid wahr ist, queue_full falsch ist, und der rd_adr-Zeiger **90** end_ptr **96** entspricht.

[0048] End_ptr_valid ist ein Signal, das anzeigt, wann Daten von zwei Feldbus-Nachrichten gleichzeitig in dem FIFO-Empfangsspeicher **46** gespeichert werden. Dieses Signal wird verwendet, um zu entscheiden, wann die end_ptr-Einstellung gültig ist. End_ptr_valid wird genau gesetzt, sobald Rcv_end auftritt und queue_empty falsch ist. Dieses Signal wird bei Rücksetzung auf falsch gelöscht, oder falls last_segment_read auftritt, oder falls queue_empty wahr ist, oder falls Msg_Err aktiv ist.

[0049] Msg_Err kann ein Fehlerunterbrechungs-Merker sein, der anzeigt, dass eine zweite Feldbus-Nachricht vollständig empfangen worden ist, bevor die erste Feldbus-Nachricht vollständig aus dem Feldbus-FIFO-Empfangsspeicher **46** gelöscht worden ist. Msg_Err wird gesetzt, wenn End_ptr_valid gesetzt wird und Rcv_end auftritt.

[0050] Bei Msg_End kann es sich um einen Unterbrechungs-Merker für den Regler **36** handeln. Dieser Merker zeigt an, dass das letzte Bit der ersten Feldbus-Nachricht gelesen worden ist, und der Beginn der zweiten Feldbus-Nachricht ist bereits in dem Feldbus-FIFO-Empfangsspeicher **46** gespeichert. Msg_End wird genau gesetzt, wenn Last_segment_read auftritt und queue_empty falsch ist.

[0051] **Fig. 6** ist ein Blockdiagramm, das die für ein Speicherverfahren von Abschnitten von zumindest zwei Feldbus-Nachrichten entsprechend einer erfindungsgemäßen Ausführungsform ausgeführten Schritte zeigt. Es versteht sich, dass Segmente aus dem FIFO-Empfangsspeicher bei jedem beliebigen Schritt während des nachfolgenden Verfahrens ausgelesen werden können.

[0052] Das Verfahren beginnt bei Block **100**, wenn

die Variablen auf vorgewählte Anfangszustände initialisiert werden. Die Steuerung geht auf Block **102** über, wenn die RxA-Leitung einen hohen Pegel erreicht. Bei Block **102** empfängt ein Feldbus-Kommunikationsregler ein Feldbus-Datensegment. Nach Erhalt des Feldbus-Datensegments geht die Steuerung auf Block **104** über, wo das empfangene Segment in dem FIFO-Empfangsspeicher bei einer Segment-speicherstelle gespeichert wird, die durch einen wrt_adr-Zeiger (wie z. B. Zeiger **92**) angezeigt wird; ein Gesamt-FIFO-Empfangszähler (wie z. B. der Zähler **94**) zählt aufwärts, ein Segmentzähler (wie z. B. der Zähler **94**) zählt aufwärts, und ein wrt_adr-Zeiger rückt vor. Die Steuerung geht dann auf Block **106** über, der prüft, ob das empfangene Segment von einem End-Trennzeichen gefolgt wurde, welches anzeigt, dass das Segment ein letztes Segment einer Feldbus-Nachricht ist. Falls das empfangene Feldbus-Segment nicht das letzte Segment ist, dann geht die Steuerung zurück zu Block **102**, der mit dem Empfang eines anderen Segments beginnt. Falls der Feldbus-Kommunikationsregler während Block **106** erkennt, dass das empfangene Segment das letzte Segment einer Feldbus-Nachricht ist, dann geht die Steuerung weiter zu Block **108**, welcher wartet, bis die RxA-Leitung einen hohen Pegel erreicht, bei dem die Zeitsteuerung dann auf Block **110** übergeht.

[0053] Bei Block **110** führt ein Regler, wie z. B. der Feldbus-Kommunikationsregler **34**, eine Überprüfung durch, um zu sehen, ob der FIFO-Empfangsspeicher leer ist, wie es durch den Merker (Queue Empty?) angezeigt wird. Falls der FIFO-Empfangsspeicher leer ist, geht die Steuerung zurück zu Block **102**, welcher mit der Aufsummierung der Feldbus-Nachricht als erste Nachricht beginnt. Dies erfolgt, da keine anderen Feldbus-Nachrichtenabschnitte in dem FIFO-Empfangsspeicher vorhanden sind. Falls der Regler **34** erkennt, dass der FIFO-Empfangsspeicher nicht leer ist, dann geht die Steuerung weiter zu Block **112**, da ein Setzen eines Zeigers, der eine Grenze zwischen den beiden Feldbus-Nachrichtenabschnitten anzeigt, erforderlich ist. Bei Block **112** wird ein End_ptr-Zeiger auf den augenblicklichen Wert des wrt_adr-Zeigers gesetzt. Nach der Setzung von End_ptr geht die Steuerung auf Block **114** über. Bei Block **114** wird ein Feldbus-Segment empfangen, nach dessen Erhalt die Steuerung zu Block **116** weitergeht.

[0054] Bei Block **116** wird das empfangene Segment in dem Empfangs-FIFO-Speicher gespeichert, der wrt_adr-Zeiger rückt vor, und der Gesamt-FIFO-Empfangszähler zählt aufwärts. Die Steuerung geht dann weiter zu Block **118**, der identisch wie Block **106** funktioniert, um zu überprüfen, ob es sich bei dem empfangenen Segment um das letzte Segment für die zweite Feldbus-Nachricht handelt. Falls das empfangene Segment nicht das letzte Segment ist, dann geht die Steuerung zurück zu Block **114**, um ein anderes Segment zu empfangen.

[0055] Falls der Regler **34** während des Blocks **118**

erkennt, dass das empfangene Segment ein letztes Segment ist, dann geht die Steuerung weiter zu Block **120**. Bei Block **120** führt der Regler eine Überprüfung durch, um zu sehen, ob die erste Feldbus-Nachricht aus dem FIFO-Empfangsspeicher ausgelesen worden ist (und somit entfernt worden ist). Falls die erste Feldbus-Nachricht aus dem FIFO-Empfangsspeicher ausgelesen worden ist, kehrt die Steuerung zu Block **108** zurück, um auf ein weiteres Anfangs-Trennzeichen zu warten. Falls die erste Nachricht jedoch nicht aus dem FIFO-Empfangsspeicher ausgelesen worden ist, dann tritt ein Fehler auf, da keine zusätzlichen Ressourcen zur Verfügung stehen, um noch eine andere Feldbus-Nachrichtengrenze aufzuspüren. Fachleute in der Technik werden erkennen, dass das vorstehend genannte Verfahren von einem Computer oder einem anderen Prozessor, der mit einem auf einem computerlesbaren Medium gespeicherten Computerprogramm programmiert worden ist, ausgeführt werden kann.

[0056] **Fig. 7** ist ein Zeitdiagramm einer ersten und einer zweiten Feldbus-Nachricht. Die in **Fig. 7** gezeigten Zeiten entsprechen einem Niedriggeschwindigkeits-Feldbus, der eine Datenübertragungsrate von 31,250 Bits/Sekunde bereitstellt. Zum Zwecke der Veranschaulichung wird davon ausgegangen, dass jedes Feldbus-Segment acht Bits einschließt, so dass ein gegebenes Segment in 256 Mikrosekunden empfangen werden kann. Die mit RPS markierten Segmente entsprechen Prüfsummen, die zur Gewährleistung der Datensicherheit verwendet werden. Die mit SD markierten Segmente zeigen Anfangs-Trennzeichen an, während die mit ED bezeichneten Segmente End-Trennzeichen wiedergeben. Schließlich sind die Anzahl der Segmente des Zwischennachrichtenabstands und des Dateianfangs-Blocks programmierbar, obwohl die Dauer der beiden im Allgemeinen je zwei Segmentperioden sind. Somit muss ein Regler, der in Verbindung mit einem bekannten Feldbus-Kommunikationsregler arbeitet, auf eine Feldbus-Kommunikationsregler-Unterbrechung innerhalb der Periode von 5 Datensegmenten oder 1,28 Millisekunden in dem vorstehend beschriebenen Szenario ansprechen, oder er riskiert, die Feldbus-Nachricht zu verlieren. Im Gegensatz hierzu muss ein Regler, der in Verbindung mit einem Feldbus-Kommunikationsregler entsprechend den erfindungsgemäßen Ausführungsformen nur auf eine Feldbus-Kommunikationsregler-Unterbrechung innerhalb einer Mindestperiode von neun Datensegmenten oder 2,30 Millisekunden ansprechen. Dies liefert eine erhebliche Reduzierung der Prozessor-Gemeinkosten, insbesondere bei einer hochausgelasteten Feldbusschleife. Die Vorteile der Erfindung sind von noch größerer Bedeutung, wenn sich die Feldbus-Übertragungsgeschwindigkeiten schneller erhöhen als die Reglergeschwindigkeiten.

Patentansprüche

1. Feldbus-Vorrichtung, welche Folgendes aufweist:

ein Sende-/Empfangsgerät (32), das so ausgelegt ist, dass es an eine Feldbusschleife koppelt und Signale empfängt, die Feldbus-Nachrichten repräsentieren, und das eine serielle Ausgangsschnittstelle (38) aufweist;

ein Feldbus-Kommunikationsregler (34), der eine serielle Eingangsschnittstelle (40), die an die serielle Ausgangsschnittstelle (38) des Sende-/Empfangsgeräts (32) gekoppelt ist, sowie einen Datenausgang (42) aufweist; und

einen Regler (36) mit einer Dateneingangsschnittstelle (44), die an die Datenausgangsschnittstelle (42) des Feldbus-Kommunikationsreglers (34) gekoppelt ist; **dadurch gekennzeichnet**, dass der Feldbus-Kommunikationsregler (34) einen FIFO-Empfangsspeicher (46) (FIFO = first-in-first-out) einschließt und so ausgebildet ist, dass er gleichzeitig zumindest Abschnitte von zwei Feldbus-Nachrichten speichert.

2. Feldbus-Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Dateneingangsschnittstelle (44) des Reglers (36) eine parallele Schnittstelle ist.

3. Feldbus-Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Regler (36) ein Regler mit direktem Speicherzugriff ist.

4. Feldbus-Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Feldbus-Kommunikationsregler (34) ein anwendungsspezifischer integrierter Schaltkreis ist.

5. Feldbus-Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Regler (36) ein Mikroprozessor ist.

6. Feldbus-Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Feldbus-Kommunikationsregler (34) einen ersten Zeiger (90) einschließt, der so ausgelegt ist, dass er eine Adresse von zumindest Abschnitten von zwei Feldbus-Nachrichten anzeigt, und einen zweiten Zeiger (92), der so ausgelegt ist, dass er eine Startadresse eines anderen der mindestens zwei Abschnitte von Feldbus-Nachrichten anzeigt.

7. Feldbus-Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, die weiter einen Sensor (56) aufweist, der an den Regler (36) gekoppelt ist und an einen Prozess koppelbar ist, wobei der Sensor so ausgelegt ist, dass er ein Sensorausgangssignal an den Regler liefert, das auf einer Prozessvariablen basiert.

8. Feldbus-Vorrichtung nach einem der Ansprüche

1 bis 7, die weiter ein Stellglied (58) aufweist, das an den Regler (36) gekoppelt ist und so ausgelegt ist, dass es an einen Prozess koppelt, um den Prozess zu beeinflussen.

9. Feldbus-Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die serielle Ausgangsschnittstelle (38) des Sende-/Empfangsgeräts (32) so ausgelegt ist, dass sie Daten mit einer ersten Übertragungsgeschwindigkeit liefert, und die Datenausgabe (42) des Feldbus-Kommunikationsreglers (34) ist so ausgelegt, dass sie Daten mit einer zweiten Übertragungsgeschwindigkeit liefert, die schneller ist als die erste Übertragungsgeschwindigkeit.

10. Feldbus-Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Übertragungsgeschwindigkeit weniger als etwa 1 Megabit/Sekunde beträgt.

11. Feldbus-Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Übertragungsgeschwindigkeit etwa 31.250 Bits/Sekunde beträgt.

12. Feldbus-Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, die weiter eine Stromquelle (60) aufweist, die an die Feldbusschleife (12) koppelbar ist und so ausgelegt ist, dass sie die Feldbus-Vorrichtung mit von der Feldbusschleife empfangener Energie betreibt.

13. Feldbus-Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Feldbusschleife (12) eine Zweidrahtschleife aufweist.

14. Feldbus-Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Feldbusschleife (12) mehr als zwei Leiter aufweist.

15. Anwendungsspezifischer integrierter Schaltkreis zum Speichern zumindest von Teilen der ersten und zweiten Feldbus-Nachrichten, wobei der Schaltkreis Folgendes aufweist:

eine serielle Eingangsschnittstelle (40), die so ausgelegt ist, dass sie serielle Feldbusdaten mit einer ersten Übertragungsgeschwindigkeit empfängt;

einen Datenausgang (42), der so ausgelegt ist, dass er Feldbusdaten mit einer zweiten Übertragungsgeschwindigkeit liefert, die schneller ist als die erste Übertragungsgeschwindigkeit;

einen FIFO-Empfangsspeicher (46) (FIFO = first-in-first-out), der an die serielle Eingangsschnittstelle (40) und den Datenausgang gekoppelt ist und so ausgelegt ist, dass er eine Vielzahl von Feldbusdaten-Segmenten speichert;

einen ersten Zeiger (90), der so ausgelegt ist, dass er eine erste Segment-Speicherstelle anzeigt, die einer aktuellen Empfangs-FIFO-Lese-Speicherstelle entspricht;

einen zweiten Zeiger (**92**), der so ausgelegt ist, dass er eine Segment-Speicherstelle anzeigt, die einer aktuellen Empfangs-FIFO-Schreib-Speicherstelle entspricht; und
einen dritten Zeiger, der so ausgelegt ist, dass er eine Segment-Speicherstelle anzeigt, die einem ersten Segment eines Abschnitts der zweiten Feldbus-Nachricht entspricht.

16. Schaltkreis nach Anspruch 15, der weiter einen Zähler (**94**) aufweist, der so ausgelegt ist, dass er einen in dem FIFO-Empfangsspeicher gespeicherte Zählwert einer Gesamtanzahl von Feldbusdaten-Segmenten beibehält.

17. Schaltkreis nach Anspruch 16, der weiter Folgendes aufweist:
einen ersten Merker, der so ausgelegt ist, dass er anzeigt, ob der FIFO-Empfangsspeicher (**46**) leer ist;
einen zweiten Merker, der so ausgelegt ist, dass er anzeigt, ob der FIFO-Empfangsspeicher (**46**) voll ist; und
einen dritten Merker, der so ausgelegt ist, dass er anzeigt, ob der Schaltkreis eine Feldbus-Nachricht erhalten hat.

18. Schaltkreis nach Anspruch 17, der weiter einen vierten Merker aufweist, der so ausgelegt ist, dass er anzeigt, ob ein Endsegment der ersten Feldbus-Nachricht von dem FIFO-Empfangsspeicher (**46**) gelesen worden ist.

19. Schaltkreis nach Anspruch 18, der weiter einen Fehlermerker aufweist, der so ausgelegt ist, dass er anzeigt, ob die zweite Feldbus-Nachricht vollständig erhalten wurde, bevor die erste Feldbus-Nachricht von dem FIFO-Empfangsspeicher (**46**) gelesen worden ist.

20. Schaltkreis nach Anspruch 19, der weiter einen Statusmerker aufweist, der so ausgelegt ist, dass er anzeigt, ob das Endsegment der ersten Feldbus-Nachricht von dem FIFO-Empfangsspeicher (**46**) gelesen wurde und ob die zweite Feldbus-Nachricht schon in dem FIFO-Empfangsspeicher (**46**) war.

21. Verfahren zum Empfangen zumindest von Abschnitten mehrfacher Feldbus-Nachrichten, das Folgendes aufweist:
serielles Empfangen von Daten, die eine erste Feldbus-Nachricht und mindestens einem Abschnitt einer zweiten Feldbus-Nachricht repräsentieren;
Assemblieren von Daten, die die erste Feldbus-Nachricht repräsentieren, in mindestens ein Segment der ersten Nachricht;
Speichern des mindestens einen Segments der ersten Nachricht in einem FIFO-Empfangsspeicher (**46**) (FIFO = first-in-first-out);
Assemblieren von Daten, die zumindest einen Abschnitt der zweiten Feldbus-Nachricht darstellen, in

mindestens ein Segment der zweiten Nachricht; und
Speichern des mindestens einen Segments der zweiten Nachricht in dem FIFO-Empfangsspeicher (**46**) (FIFO = first-in-first-out), während das zumindest eine Segment der ersten Nachricht in dem FIFO-Empfangsspeicher (**46**) (FIFO = first-in-first-out) gespeichert ist.

22. Verfahren nach Anspruch 21, das weiter das Beibehalten eines Zählwerts einer Anzahl der mindestens einen Segmente der ersten Nachricht, die in dem FIFO-Empfangsspeicher (**46**) gespeichert sind, aufweist.

23. Verfahren nach Anspruch 21 oder 22, dadurch gekennzeichnet, dass das mindestens eine Segment der ersten Nachricht eine Vielzahl von Segmenten aufweist.

24. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 23, das weiter das Beibehalten eines Zeigers aufweist, der ein erstes Segment des mindestens einen Segments der zweiten Nachricht anzeigt.

25. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 24, das weiter das Beibehalten eines Zählwerts einer Gesamtanzahl der in dem FIFO-Empfangsspeicher (**46**) gespeicherten Segmente aufweist.

26. Feldbus-Computerprogramm auf computerlesbaren Medien, das Folgendes aufweist:
FIFO-Empfangsspeicher-Befehle zum Empfangen zumindest von Abschnitten von zwei Feldbus-Nachrichten und Speichern zumindest der Abschnitte in einem FIFO-Empfangsspeicher (**46**) (FIFO = first-in-first-out);
Zeigerbefehle zum Speichern von Informationen, die mit einer Endsegment-Speicherstelle in Beziehung stehen, wenn das mindestens eine Feldbus-Nachricht-Segment ein Endsegment ist;
Zählbefehle, die einen Zählwert einer Gesamtanzahl an in dem FIFO-Empfangsspeicher (**46**) (FIFO = first-in-first-out) gespeicherten Nachrichten-Segmenten beibehalten; und
Lesebefehle, die wiederholt Segmente von Inkremental-Speicherstellen des FIFO-Empfangsspeichers (**46**) (FIFO = first-in-first-out) lesen, die auf der Anzahl der in dem FIFO-Empfangsspeicher (**46**) (FIFO = first-in-first-out) gespeicherten Segmente und den Zeigerinformationen basieren.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

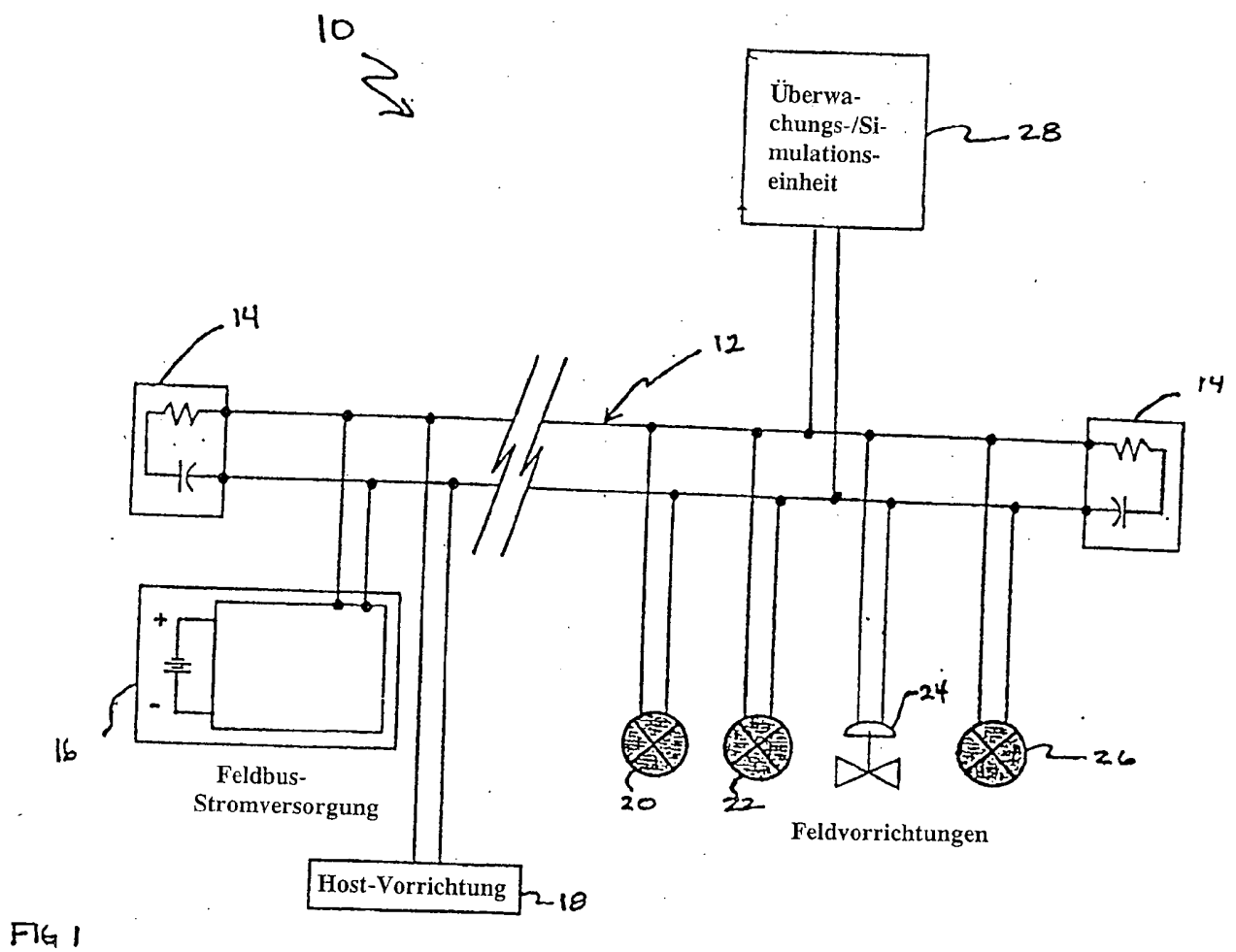


Fig. 1

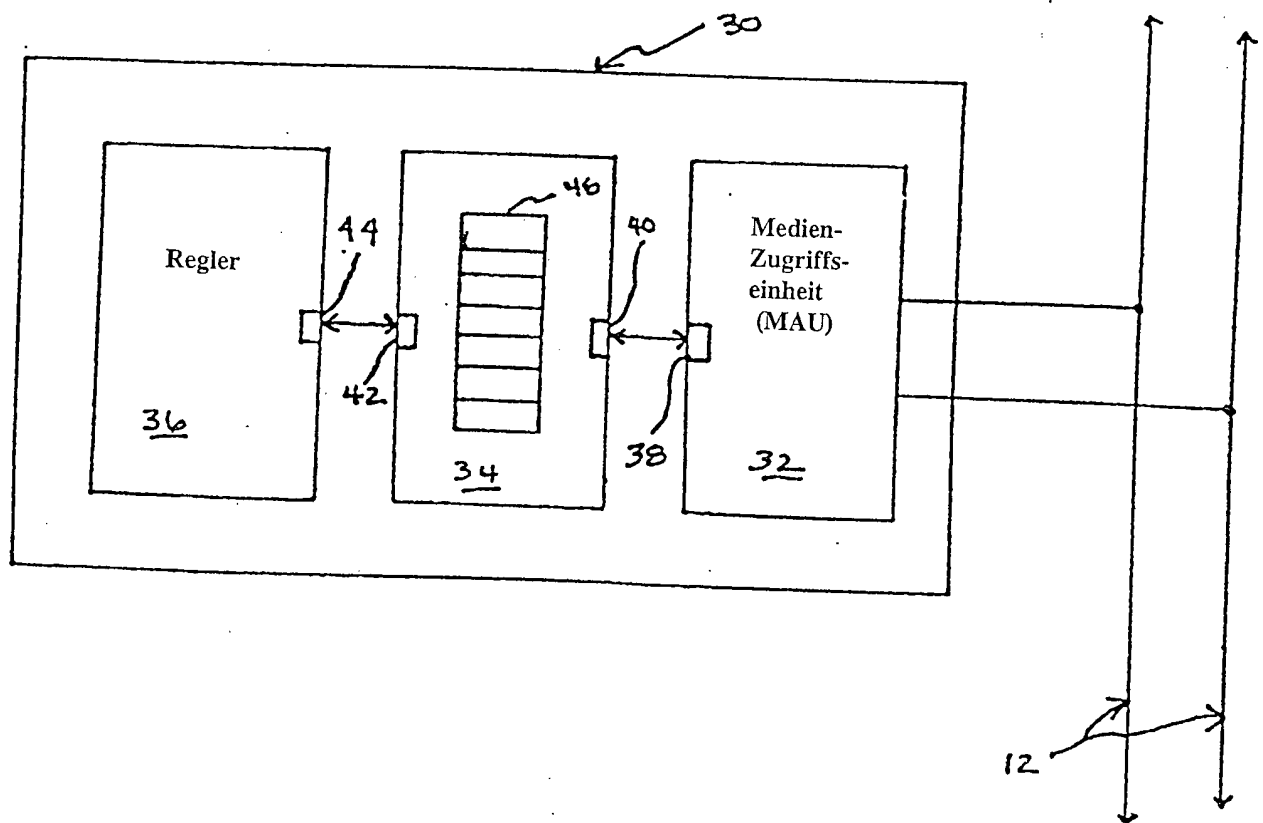


FIG. 2

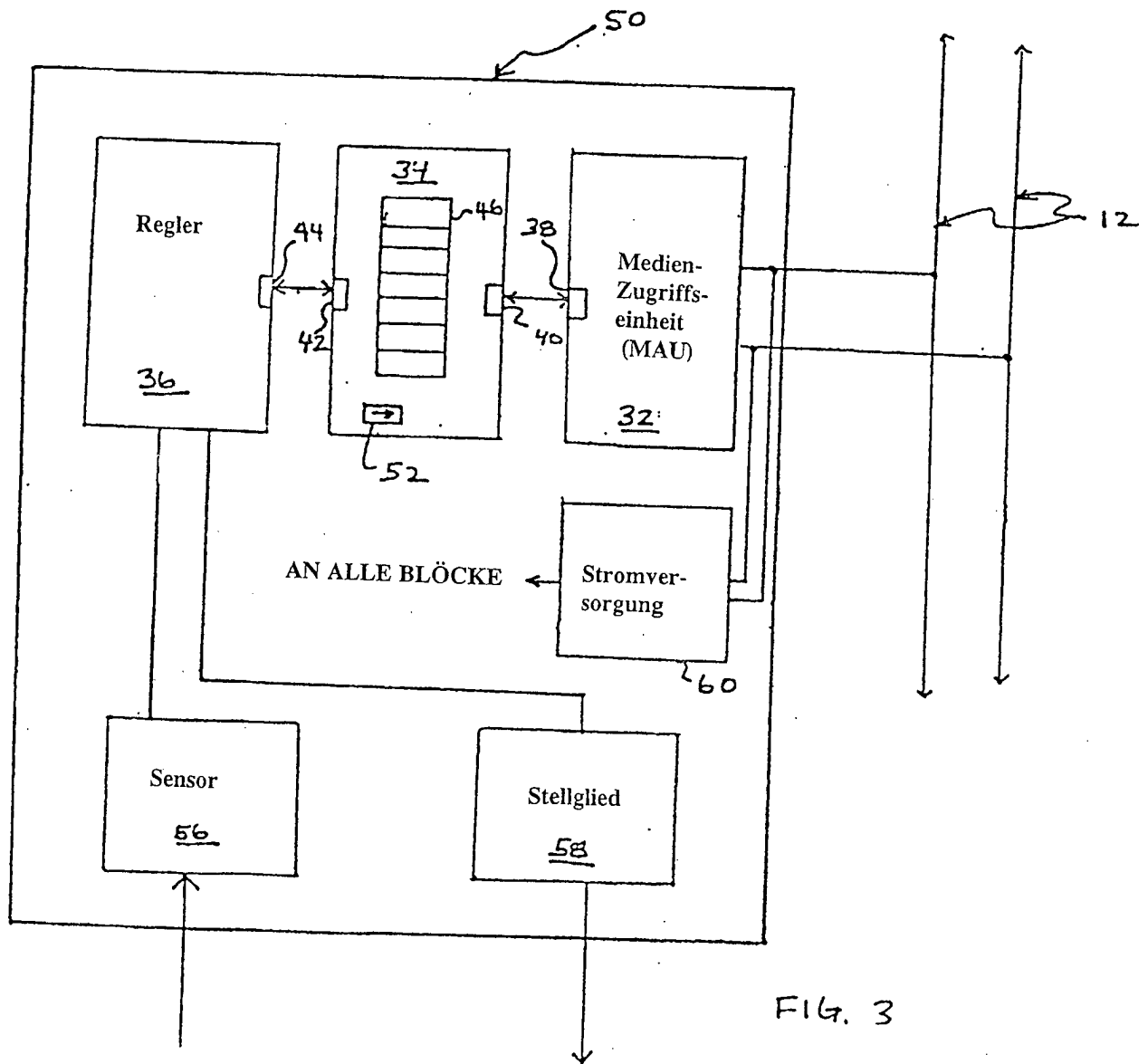


FIG. 3

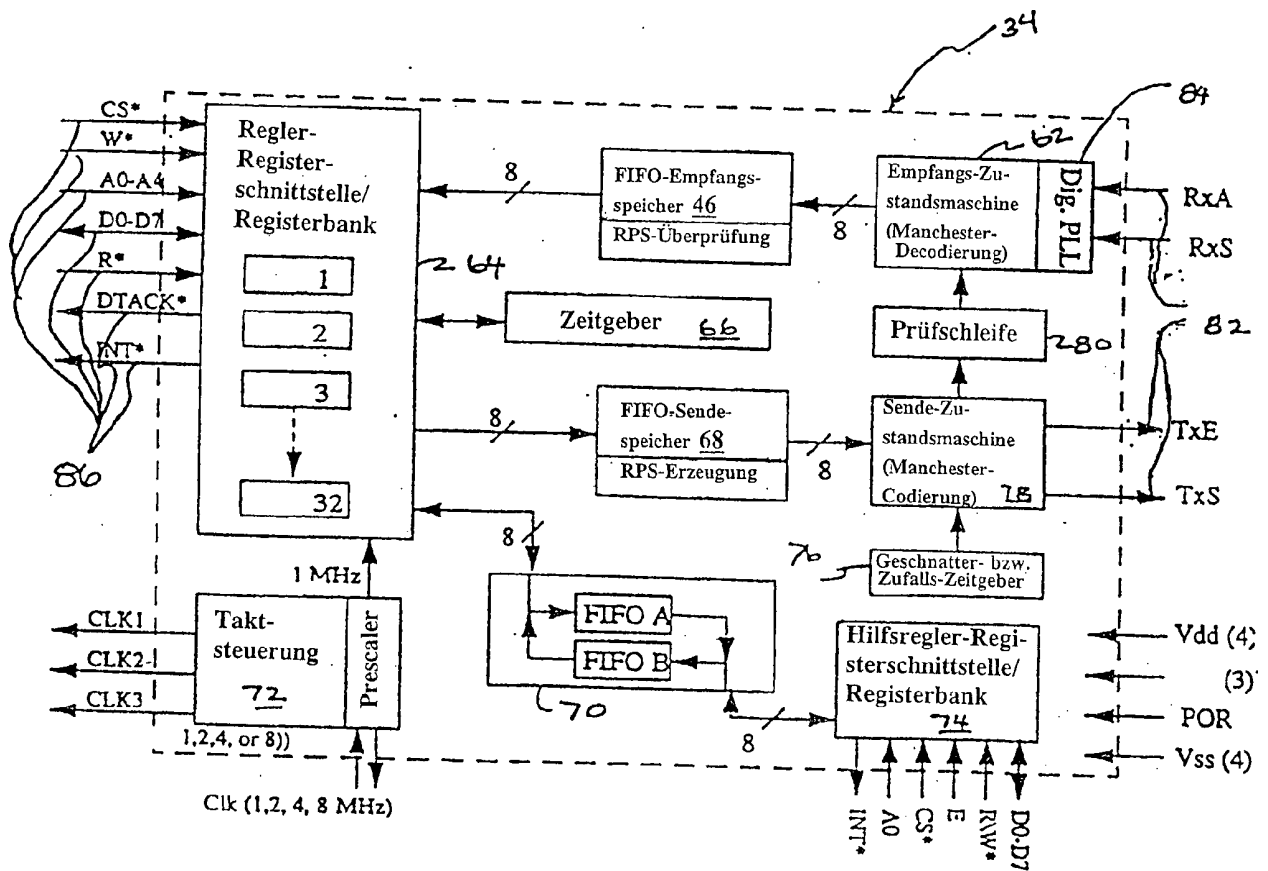


Fig. 4

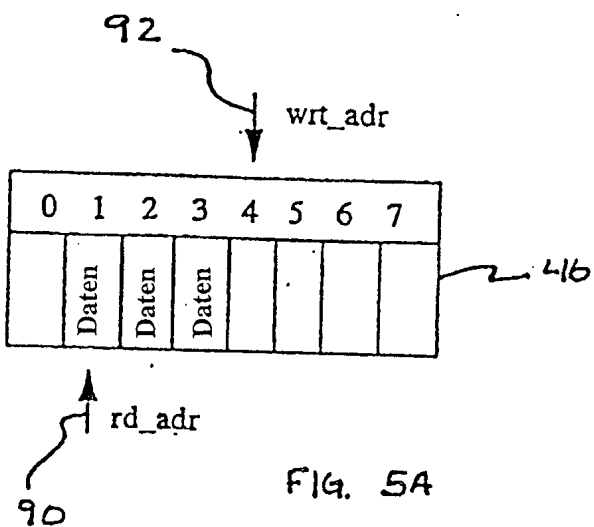


Fig. 5A

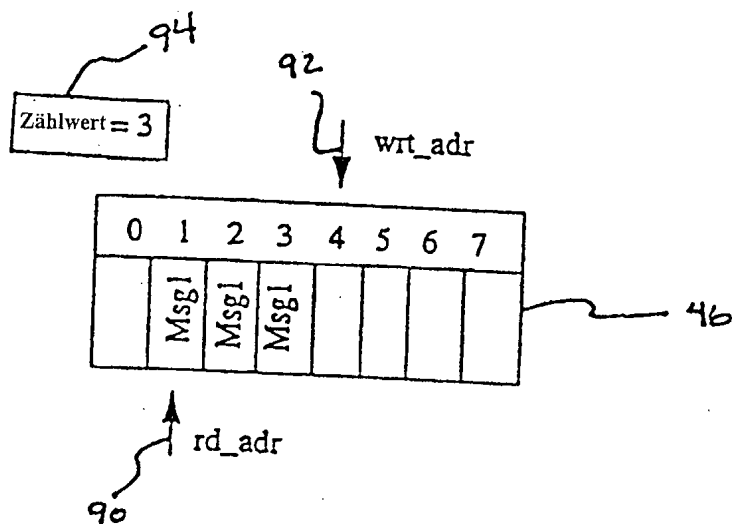


Fig. 5B

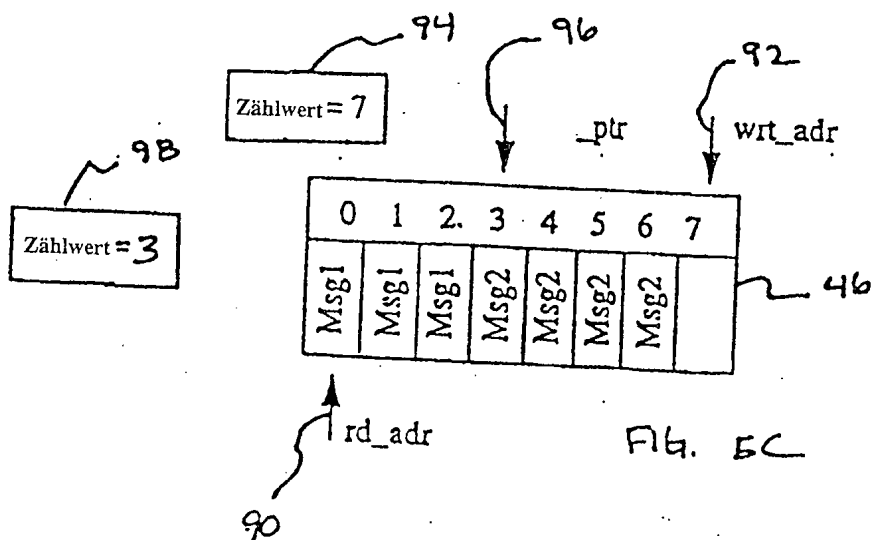
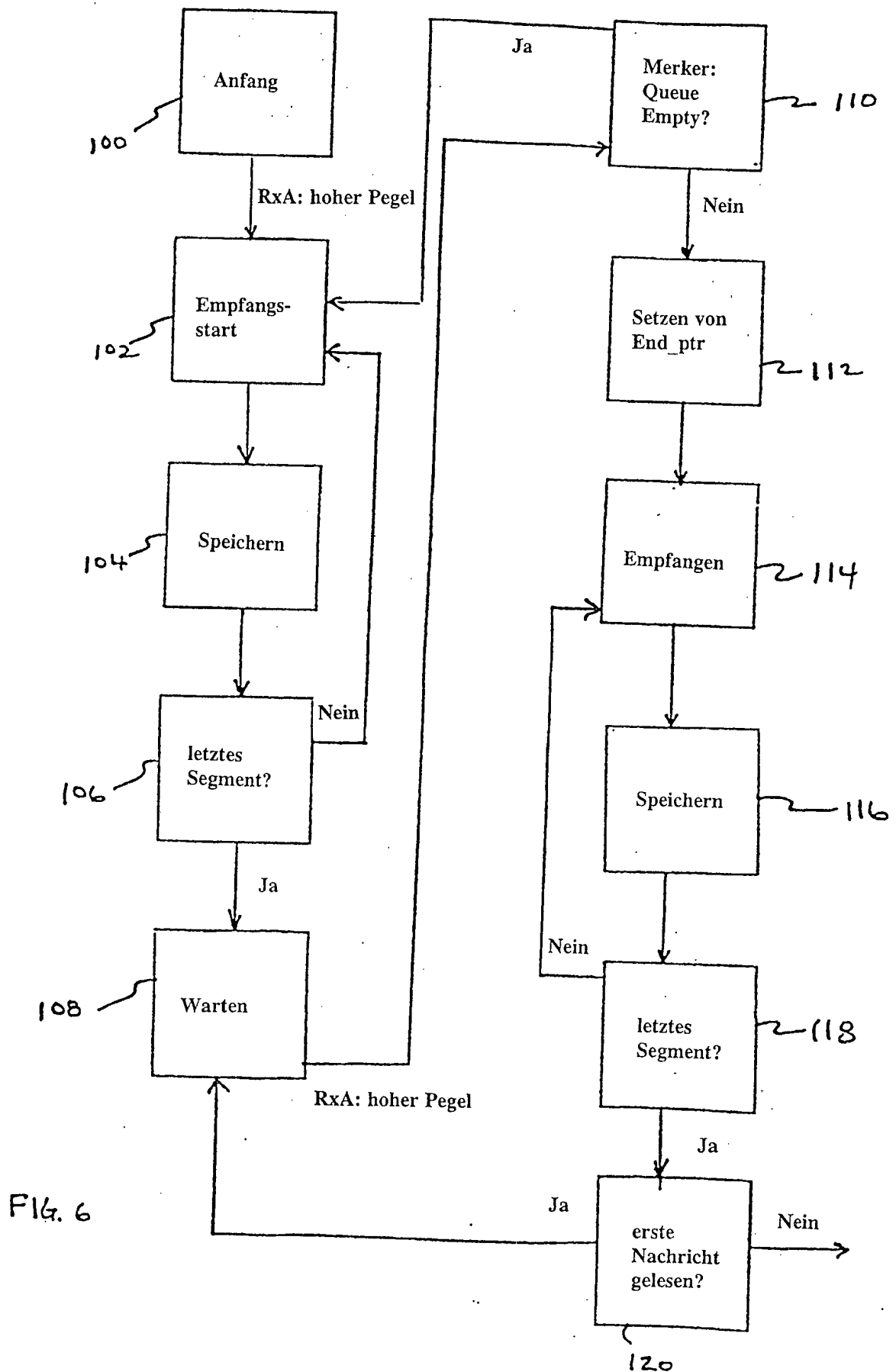


Fig. 5C



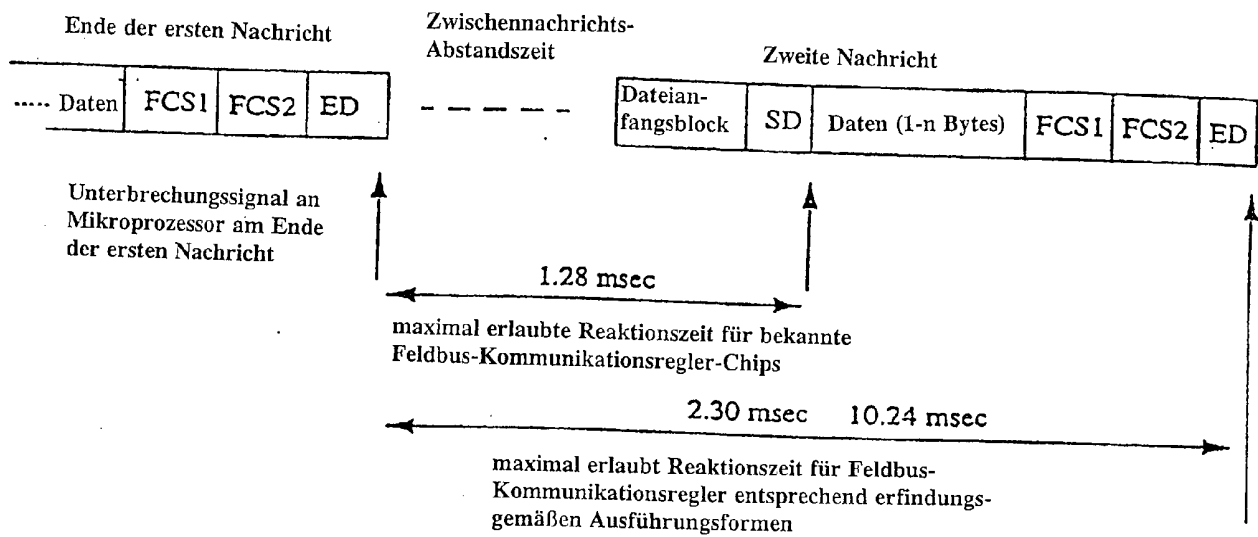


Fig. 7