

(19)



LE GOUVERNEMENT
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG
Ministère de l'Économie

(11)

N° de publication :

LU503412

(12)

BREVET D'INVENTION**B1**

(21)

N° de dépôt: LU503412

(51)

Int. Cl.:
G05B 19/042

(22)

Date de dépôt: 31/01/2023

(30)

Priorité:

(72)

Inventeur(s):
PYKA Robert – Allemagne, ARNOLD Rüdiger –
Allemagne, CWIKLINSKI Michal – Allemagne, BROSE
Felix – Allemagne

(43)

Date de mise à disposition du public: 01/08/2024

(47)

Date de délivrance: 01/08/2024

(74)

Mandataire(s):
TAUTZ & SCHUHMACHER – 80639
München (Allemagne)

(73)

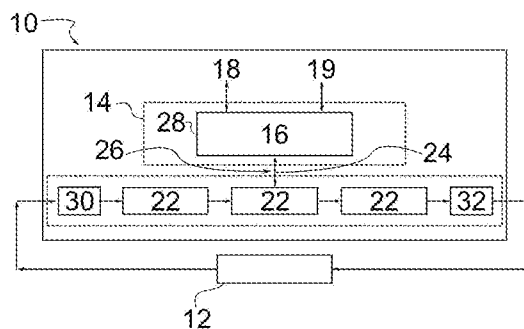
Titulaire(s):
ELMOS SEMICONDUCTOR SE –
44227 Dortmund (Allemagne)

(54)

STEUERSYSTEM, STEUERGERÄT UND VERFAHREN ZUR BEREITSTELLUNG EINES STEUER- UND/ODER REGELSIGNALS.

(57)

Bereitgestellt wird ein Steuersystem (10), welches dazu eingerichtet ist, Steuer- und/oder Regelsignale bereitzustellen. Das Steuersystem (10) umfasst einen Systembus (14) mit einem Systemcontroller (16), wobei der Systemcontroller (16) dazu eingerichtet ist, Systemfunktionen (18) des Steuersystems (10) auszuführen. Das Steuersystem ist dadurch gekennzeichnet, dass das Steuersystem (10) ferner einen Messbus (20) mit mindestens einem Messcontroller (22) aufweist, wobei der mindestens eine Messcontroller (22) dazu eingerichtet ist, Messfunktionen zur Erfassung und/oder Aufbereitung von Messdaten und/oder Ausgabefunktionen zur Anpassung und/oder Ausgabe von Steuer- und/oder Regelsignalen auszuführen. Zudem weist das Steuersystem (10) ferner eine Busschnittstelle (24) auf, welche dazu eingerichtet ist, eine Kommunikationsverbindung (26) zwischen dem Systembus (14) und dem Messbus (20) bereitzustellen.

**Fig. 1**

STEUERSYSTEM, STEUERGERÄT UND VERFAHREN ZUR BEREITSTELLUNG EINES STEUER- UND/ODER REGELSIGNALS

Bereitgestellt werden ein Steuersystem, ein Steuergerät, eine Verwendung eines
5 RISC-Prozessors als Messcontroller in einem Steuersystem, und ein Verfahren
zur Bereitstellung eines Steuer- und/oder Regelsignals. Die Ausführungsformen
liegen somit insbesondere auf dem Gebiet der Steuersysteme und Steuergeräte,
insbesondere für den Automotive-Bereich.

10 Steuersystem können komplex integrierte Messsysteme zur Erfassung von
Messsignalen und Erstellung von Ausgabedaten aufweisen. Die Elaboration und
die Steuerung der Messstrecke wird dabei herkömmlicherweise von
Mikrocontrollern übernommen. Neben der Elaboration der Messdaten und der
Steuerung der Messstrecke hat der Mikrocontroller herkömmlicherweise auch die
15 Steuerung der Systemfunktionen inne. Die Vielzahl von Funktionen, welche vom
Mikrocontroller auszuführen sind, führen oftmals zu Geschwindigkeitseinbußen
des Mikrocontrollers und erschweren zudem eine Gewährleistung der funktionalen
Sicherheit. Daher stoßen herkömmliche Mikrocontroller bei der Ausführung von
Messfunktionen und Steuerfunktionen neben der Systemsteuerung oft an ihre
20 Grenzen.

Vor dem Hintergrund dieses Standes der Technik besteht die Aufgabe der
vorliegenden Offenbarung darin, eine verbesserte Bedieneinheit anzugeben,
welche geeignet ist, den Stand der Technik zu bereichern. Eine konkrete
25 Ausgestaltung der Offenbarung kann die Aufgabe lösen, die Gewährleistung der
funktionalen Sicherheit zu vereinfachen und eine Geschwindigkeit des
Steuersystems zu erhöhen.

Gelöst wird die Aufgabe durch die Merkmale der jeweiligen unabhängigen
30 Ansprüche. Die Unteransprüche haben optionale Weiterbildungen der Erfindung
zum Inhalt.

In einem ersten Aspekt wird ein Steuersystem bereitgestellt, welches dazu eingerichtet ist, Steuer- und/oder Regelsignale bereitzustellen. Das Steuersystem umfasst einen Systembus mit einem Systemcontroller, wobei der Systemcontroller dazu eingerichtet ist, Systemfunktionen des Steuersystems auszuführen. Das

5 Steuersystem ist dabei dadurch gekennzeichnet, dass das Steuersystem ferner einen Messbus mit mindestens einem Messcontroller aufweist, wobei der mindestens eine Messcontroller dazu eingerichtet ist, Messfunktionen zur Erfassung und/oder Aufbereitung von Messdaten und/oder Ausgabefunktionen zur Anpassung und/oder Ausgabe von Steuer- und/oder Regelsignalen auszuführen.

10 Außerdem weist das Steuersystem eine Busschnittstelle auf, welche dazu eingerichtet ist, eine Kommunikationsverbindung zwischen dem Systembus und dem Messbus bereitzustellen.

In einem weiteren Aspekt wird die Verwendung eines RISC-Prozessors als

15 Messcontroller in einem Steuersystem bereitgestellt.

In einem weiteren Aspekt wird ein Steuergerät für ein Kraftfahrzeug bereitgestellt, welches ein offenbarungsgemäßes Steuersystem umfasst.

20 In einem weiteren Aspekt wird ein Verfahren zur Bereitstellung eines Steuer- und/oder Regelsignals bereitgestellt. Das Verfahren umfasst ein Bereitstellen eines Systembusses mit einem Systemcontroller, wobei der Systemcontroller dazu eingerichtet ist, Systemfunktionen des Steuersystems auszuführen. Außerdem umfasst das Verfahren ein Bereitstellen eines Messbusses mit mindestens einem

25 Messcontroller, wobei der mindestens eine Messcontroller dazu eingerichtet ist, Messfunktionen zur Erfassung und/oder Aufbereitung von Messdaten auszuführen. Zudem umfasst das Verfahren ein Senden eines Befehls zur Ausführung einer Messfunktion vom Systemcontroller zum Messcontroller über eine Busschnittstelle, welche eine Kommunikationsverbindung zwischen dem

30 Systembus und dem Messbus bereitstellt. Darüber hinaus umfasst das Verfahren ein Ausführen der Messfunktion durch den Messcontroller und Unterbinden eines Zugriffs des Systemcontrollers auf den Messcontroller während des Ausführens

der Messfunktion durch den Messcontroller, sowie ein Bereitstellen von Ausgabedaten, welche bei der Ausführung der Messfunktion erstellt wurden, wobei die Ausgabedaten dem Systemcontroller über die Busschnittstelle bereitgestellt werden.

5

Ein Steuersystem ist dabei ein System zur Steuerung und/oder Regelung eines damit verbunden Systems bzw. eines Regelkreises. Das Steuersystem kann mehrere Komponenten umfassen, wie insbesondere den Systemcontroller und einen oder mehrere Messcontroller. Die mehreren Komponenten können als eine zusammenhängende Anordnung vorliegen und optional zusammen auf einer Platine und/oder in einem Gehäuse untergebracht sein. Alternativ können mehrere Komponenten des Steuersystems separat voneinander vorliegen.

Steuer- und/oder Regelsignale sind dabei solche Signale, welche von dem Steuersystem bereitgestellt werden, um eine damit verbundene Messstrecke zu steuern und/oder einen Regelkreis zu steuern. Das Steuern und/oder Regeln kann dabei das Erfassen von Messsignalen, die Elaboration der Messsignale und die Steuerung einer Messstrecke umfassen.

Der Begriff „BUS“ bzw. „Bus“ gemäß der vorliegenden Offenbarung ist dabei im Sinne der allgemeingebräuchlichen Abkürzung für den englischen Begriff „Binary Unit System“ zu verstehen. Entsprechend ist ein Bus ein System zur Datenübertragung zwischen mehreren Teilnehmern über einen gemeinsamen Übertragungsweg. Unter einem „Systembus“ ist daher ein System zur Datenübertragung zwischen mehreren Teilnehmern zu verstehen, welche zumindest teilweise in die Ausführung von Systemfunktionen involviert sind. Der Systemcontroller ist dabei einer der Teilnehmer des Systembusses. Als Messbus ist dabei ein System zur Datenübertragung zwischen mehreren Teilnehmern zu verstehen, welche zumindest teilweise in die Ausführung von Messfunktionen und/oder Ausgabefunktionen involviert sind. Der Messcontroller ist dabei einer der Teilnehmer des Messbusses. Der Systembus und der Messbus sind dabei separat voneinander ausgebildet, also jeweils als eigenständiger Bus. Der Systembus und

der Messbus sind über die Busschnittstelle miteinander verbunden, sodass eine Kommunikation zwischen Teilnehmern des Systembusses und des Messbusses erfolgen kann. Die Kommunikation und/oder ein Austausch von Daten können dabei auf bestimmte Arten von Daten und/oder Informationen, auf eine bestimmte

5 Richtung des Informationsflusses, auf bestimmte Teilnehmer und/oder auf bestimmte Zeiträume beschränkt sein.

Eine Systemfunktion ist dabei eine Funktion, welche zur Systemsteuerung des Steuersystems dient. Eine Systemfunktion kann demnach einen Teil eines

10 Betriebssystems des Steuersystems bilden und der grundlegenden Funktion der Systemfunktion dienen. Das Betriebssystem kann dabei mehrere Systemfunktionen umfassen, die zusammen mit den Hardwareeigenschaften des Steuersystems die Basis zum Betrieb des Steuersystems bildet und insbesondere die Abarbeitung von Programmen und spezifischeren Funktionen steuert und

15 überwacht. Die Systemfunktionen werden dabei durch den Systemcontroller ausgeführt. Der Systemcontroller kann einen Mikrocontroller aufweisen oder als solcher ausgebildet sein.

Eine Messfunktion ist dabei eine Funktion, welche einer vorbestimmten Messung

20 dient. Dabei können einzelne oder verschiedene Messfunktionen das Erfassen von Messdaten und/oder das Aufbereiten von Messdaten betreffen. Die Messfunktionen werden dabei von einem Messcontroller ausgeführt. Ein Messcontroller kann dazu ausgelegt sein, eine oder mehrere Messfunktionen auszuführen. Das Erfassen von Messdaten kann dabei ein Auslesen von

25 Sensordaten aus einem oder mehreren am Messbus teilnehmenden Sensoren umfassen. Die Aufbereitung von Messdaten kann dabei ein Verbessern einer Qualität der Messdaten beinhalten, wie etwa ein Filtern und/oder ein Verstärken und/oder ein Anwenden einer Rauschunterdrückung auf die Messdaten.

30 Eine Ausgabefunktion ist dabei eine Funktion, welche der Anpassung von Steuer- und/oder Regelsignalen dient und/oder der Ausgabe von Steuer- und/oder Regelsignalen, etwa an den Regelkreis und/oder an einen Aktor, dient. Ein

Messcontroller kann dabei dazu ausgelegt sein, eine oder mehrere Ausgabefunktionen und optional eine oder mehrere Messfunktionen auszuführen. Ein Anpassen der Steuer- und/oder Regelsignale kann dabei ein Abändern von vorgegebenen Steuer- und/oder Regelsignale umfassen, etwa anhand von Anweisungen, welche durch den Systemcontroller bereitgestellt werden, und/oder anhand von Informationen, die durch den Messcontroller selbst oder einen anderen Messcontroller ermittelt werden. Die Ausgabe von Steuer- und/oder Regelsignalen kann dabei ein Bereitstellen der Steuer- und/oder Regelsignale an einen Aktor bzw. an eine Messstrecke bzw. an einen Regelkreis im Allgemeinen darstellen.

Die Offenbarung bietet den Vorteil, dass das Steuersystem flexibel, schnell und einfach gestaltet werden kann, da die für den jeweiligen Einsatzzweck geeigneten Komponenten modular zusammengestellt werden können. So können etwa ein oder mehrere Messcontroller in Abhängigkeit von der vorgesehen Funktionalität mit dem Systemcontroller kombiniert werden. Dadurch, dass die Messaufgaben von dem bzw. den jeweiligen Messcontrollern ausgeführt werden, kann der Systemcontroller primär die Systemfunktionen ausführen ohne einen großen Teil seiner Rechenleistung für Messfunktionen bereitstellen zu müssen.

Außerdem bietet die Offenbarung den Vorteil, dass die Messcontroller unabhängig vom Systemcontroller programmiert und optimiert werden können und umgekehrt. So kann es optional möglich sein, dass der Systemcontroller plattformübergreifend in einer Vielzahl verschiedener Steuersysteme zum Einsatz kommt, während je nach Verwendungszweck des Steuersystems ein oder mehrere verschiedene Messcontroller dem Steuersystem hinzugefügt werden. Ferner bietet dies den Vorteil, dass der Systemcontroller kundenspezifisch angepasst bzw. programmiert werden kann, etwa herstellerseitig oder kundenseitig, während die Messcontroller für die hardwarenahen Aufgaben der Messwerterfassung etc. in einer durch den Kunden nicht veränderbaren Weise bereitgestellt werden können.

Auch bietet die Offenbarung den Vorteil, dass die Messcontroller und der

Systemcontroller jeweils als in sich abgeschlossene Systeme bereitgestellt werden können und entsprechend einer Verifikation des Steuersystems hinsichtlich der funktionalen Sicherheit vereinfacht werden können. Somit kann insbesondere eine klare Trennung des Systembusses vom Messbus mittels der Busschnittstelle
5 erfolgen, und entsprechend eine für die funktionale Sicherheit vorteilhafte Trennung der hardwarenahen Messsignalerfassung, Messsignalelaborierung und Steuerung einerseits, und die durch den Systemcontroller ausgeführten höheren Systemfunktionen andererseits, erreicht werden.

10 Der Messcontroller bzw. optional die mehreren Messcontroller können jeweils einen oder mehrere RISC-Prozessoren aufweisen. Der bzw. die RISC-Prozessoren können dabei die einzige arithmetisch-logische Einheit (engl.: arithmetic-logic unit, ALU) des Messcontrollers darstellen bzw. bei mehreren RISC-Prozessoren können diese die einzigen ALUs des Messcontrollers
15 darstellen. „RISC“ steht dabei für den englischen Begriff „Reduced Instruction Set Computer“ und bedeutet, dass der RISC-Prozessor einen reduzierten oder gar minimierten Befehlssatz aufweisen kann im Vergleich zu einem als Mikrocontroller ausgebildeten Systemprozessor. Aufgrund des reduzierten oder gar minimierten Befehlssatzes und einer geringen logischen Tiefe wird die Anzahl der möglichen
20 Alternativen reduziert, welche der RISC-Prozessor beim Ausführen einer Funktion zu prüfen hat, und entsprechend die dafür erforderliche Zeit verringert. Entsprechend kann ein RISC-Prozessor den Vorteil bieten, eine hohe Rechenleistung in kurzer Zeit zu erbringen. Außerdem kann der RISC-Prozessor einen geringeren Energieverbrauch aufweisen als ein Mikrocontroller mit größerer
25 logischer Tiefe und ausführlicherem Befehlssatz als der RISC-Prozessor. Angesichts der geringen Komplexität kann der Messcontroller in Abgrenzung zu einem Mikrocontroller allgemein als „Nanocontroller“ bezeichnet werden.

Herkömmlicherweise werden RISC-Prozessoren verwendet, um entweder
30 besonders schnelle Prozessoren zu erhalten, oder um Prozessoren mit einer besonders niedrigen Stromaufnahme zu erhalten. Darüber hinaus werden herkömmlicherweise in einem Steuersystem keine RISC-Prozessoren eingesetzt,

sondern zugunsten der Einsparung von Hardwarekomponenten sowohl die Systemfunktionen als auch die Messfunktionen vom Systemcontroller durchgeführt, welcher dazu etwa als Mikrocontroller ausgestaltet sein kann. Offenbarungsgemäß können hingegen RISC-Prozessoren als Messcontroller
5 verwendet werden und in einen Messbus integriert werden, um kleine und kompakte Funktionen im Zusammenhang mit Messdaten und der Ausgabe von Steuer- und Regelsignalen auszuführen. Dies bietet eine große Flexibilität für einen modularen Aufbau eines Messsystems und kann eine modulbasierte Absicherung hinsichtlich der funktionalen Sicherheit bieten.

10

Der Messcontroller kann mittels eines vorgegebenen Programmcodes betreibbar sein. Dazu kann der Messcontroller einen ROM-Speicher aufweisen, wobei der vorgegebene Programmcodes in dem ROM-Speicher bereitgestellt werden kann. Optional kann der ROM-Speicher in verdrahteter Form vorliegen.

15

Dies kann den Vorteil bieten, dass der im ROM-Speicher bereitgestellte Programmcodes nicht manipulierbar bzw. änderbar ist, und somit eine Änderung der Funktionalität und des Programmcodes nur im Rahmen einer Hardwaremodifikation ermöglicht werden kann. Dies kann den Vorteil bieten, dass ein hohes Maß an Absicherung für die funktionale Sicherheit erreicht werden kann
20 und insbesondere versehentliche oder unautorisierte Änderungen am für den Messcontroller bereitgestellten Programmcodes durch Unbefugte unterbunden oder erschwert werden können.

Der Messcontroller kann optional als Finite-State-Machine ausgebildet sein. Dabei
25 können die vom Messcontroller ausführbaren Messfunktionen und/oder Ausgabefunktionen vollständig simulierbar sein. Dies kann den Vorteil bieten, dass der bzw. die Messcontroller im Rahmen der funktionalen Sicherheit jeweils als Finite-State-Machines behandelt werden können, insbesondere wenn der vorgegebene Programmcodes in einem ROM-Speicher bereitgestellt wird, und die
30 Funktionalität des Messcontrollers vollständig simuliert werden kann.

Entsprechend kann im Rahmen der funktionalen Sicherheit der Aufwand für das Testen und/oder Verifizieren der Funktionalität des Messcontrollers reduziert oder

gar minimiert werden. Darüber hinaus kann dies den Vorteil bieten, dass optional die Funktionalität des Messcontrollers vollständig in einer Simulation abbildbar sein kann, wodurch der Testaufwand und/oder Verifikationsaufwand weiter reduziert werden kann. Somit kann ein Messcontroller in Form einer Finite-State-Machine vollständig durchsimuliert werden und mittels regelbasierender Verifikation auf die Einhaltung von Sicherheitsregeln untersucht werden. Dies bietet somit erhebliche Vorteile gegenüber komplexeren Prozessoren, etwa gegenüber Mikrocontrollern, bei denen aufgrund der großen Anzahl an möglichen Zuständen eine Simulation und regelbasierte Verifikation typischerweise nicht möglich ist.

Der Messcontroller kann dazu eingerichtet sein, jede vom Messcontroller ausführbare Messfunktion bzw. Ausgabefunktion jeweils ausgehend von einem Ausgangszustand innerhalb eines vorbestimmten endlichen Zyklus auszuführen und nach Ablauf des vorbestimmten endlichen Zyklus in den Ausgangszustand zurückzukehren. Dies kann hinsichtlich der funktionalen Sicherheit vorteilhaft sein, da ein regelmäßiger Reset, d.h. ein regelmäßiges Zurücksetzen, des Messcontrollers stattfindet und ein Ausfall des Messcontrollers durch lang anhaltendes Hängenbleiben des Betriebs vermieden werden kann. Der vorbestimmte endliche Zyklus kann beispielsweise eine Zeitdauer von 50 μ s oder weniger aufweisen, und optional eine Zeitdauer von 20 μ s oder weniger aufweisen. Dies ermöglicht es, dass die Funktionalität des Messcontrollers spätestens nach Ablauf des endlichen Zyklus wieder zur Verfügung steht.

Der Messcontroller kann optional dazu eingerichtet sein, maximal 32 oder gar nur maximal 16 verschiedene Befehle auszuführen. Dies ermöglicht eine besonders effiziente Verwirklichung des Messcontrollers unter Verwendung eines RISC-Prozessors, welche auch eine besonders effiziente Verifikation der funktionalen Sicherheit erlaubt.

Der Messcontroller kann ferner einen RAM-Speicher aufweisen und dazu eingerichtet sein, bei Ausführung einer Messfunktion erstellte Ausgabedaten im

RAM-Speicher abzuspeichern. Der RAM-Speicher kann optional lediglich zum Abspeichern und insbesondere Zwischenspeichern von Messdaten bzw. Ausgabedaten dienen, welche über die Busschnittstelle an den Systemcontroller übergeben werden sollen. Somit kann insbesondere der RAM-Speicher einen Teil

5 einer Schnittstelle vom Messbus zum Systembus darstellen und eine geeignete Plattform für den Datenaustausch zwischen Messbus und Systembus darstellen. Entsprechend kann das Steuersystem dazu eingerichtet sein, dem Systemcontroller mittels der Busschnittstelle ein Zugreifen auf den RAM-Speicher des Messcontrollers ein Auslesen der Ausgabedaten aus dem RAM-Speicher des

10 Messcontrollers zu ermöglichen. Darüber hinaus kann auch der Systemcontroller einen RAM-Speicher aufweisen, wobei das Steuersystem dazu eingerichtet sein kann, die Ausgabedaten über die Busschnittstelle im RAM-Speicher des Systemcontrollers zu speichern.

15 Optional kann der vorgegebene Programmcode in einem RAM-Speicher bereitgestellt werden und der Messcontroller in einem Testbetrieb mittels des im RAM-Speicher gespeicherten vorgegebenen Programmcodes betreibbar sein. Beispielsweise kann der RAM-Speicher als Flash-Speicher im Messcontroller ausgebildet sein. Dies bietet die Möglichkeit, im Testbetrieb den vorgegebenen

20 Programmcode in veränderlicher Form bereitzustellen, um etwa Anpassungen und/oder Änderungen am vorgegebenen Programmcode im Testbetrieb zu testen, ohne dass bei jeder Änderung eine Bereitstellung eines neuen ROM-Speichers erforderlich ist. Für den Funktionsbetrieb, d.h. den beabsichtigten Betrieb bei regulärer Verwendung des Steuersystems, kann es jedoch erforderlich sein, dass

25 der vorgegebene Programmcode in einem ROM-Speicher bereitgestellt wird und der Messcontroller im Funktionsbetrieb ausschließlich mittels des im ROM-Speicher gespeicherten vorgegebenen Programmcodes betreibbar ist. Dies kann eine unerwünschte Manipulation des vorgegebenen Programmcodes verhindern oder erschweren.

30 Die vom Messcontroller ausführbaren Messfunktionen und/oder Ausgabefunktionen können optional derartige Applikationen umfassen, welche im

Rahmen einer funktionalen Sicherheit sicherheitsrelevant sind. Dies ermöglicht eine separate Verifikation des Messcontrollers und der von diesem ausgeführten Applikationen, ohne notwendigerweise komplexere Komponenten, wie etwa einen als Mikrocontroller ausgebildeten Systemcontroller, einbeziehen zu müssen.

5

Das Steuersystem kann dazu eingerichtet sein, einen Zugriff des Systemcontrollers auf den Messcontroller während der Ausführung einer Messfunktion und/oder Ausgabefunktion durch den Messcontroller zu unterbinden. Dies bietet die Möglichkeit, Störungen und/oder andere Einflüsse, welche den Betrieb des Messcontrollers beim Ausführen einer Messfunktion und/oder Ausgabefunktion beeinflussen können, zu vermeiden, und entsprechend der funktionalen Sicherheit zu erhöhen. Insbesondere kann auf diese Weise eine unerwünschte Manipulation der Funktionalität des Messcontrollers durch ein Einwirken des Systemcontrollers vermieden werden.

10

15

Ferner wird ein Steuergerät für ein Kraftfahrzeug bereitgestellt. Das Steuergerät kann ein offenbarungsgemäßes Steuersystem umfassen. Die für das Steuersystem offenbaren Merkmale sind auch als für das Steuergerät offenbart anzusehen.

20

Die oben genannten und im Folgenden erläuterten Merkmale und Ausführungsformen sind dabei nicht nur als in den jeweils explizit genannten Kombinationen offenbart anzusehen, sondern sind auch in anderen technisch sinnhaften Kombinationen und Ausführungsformen vom Offenbarungsgehalt umfasst.

25

Weitere Einzelheiten und Vorteile sollen nun anhand der folgenden Beispiele und optionalen Ausführungsformen mit Bezug auf die Figuren näher erläutert werden.

30

Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Steuersystems gemäß einer

ersten optionalen Ausführungsform;

Fig. 2: eine schematische Darstellung eines Messcontrollers gemäß einer optionalen Ausführungsform;

5

Fig. 3: eine schematische Darstellung eines Steuersystems gemäß einer weiteren optionalen Ausführungsform;

Fig. 4: ein Steuergerät gemäß einer optionalen Ausführungsform;

10

Fig. 5: eine Illustration eines Verfahrens zur Bereitstellung eines Steuer- und/oder Regelsignals.

15 In den folgenden Figuren werden gleiche oder ähnliche Elemente in den verschiedenen Ausführungsformen der Einfachheit halber mit gleichen Bezugszeichen bezeichnet.

Figur 1 zeigt in einer schematischen Darstellung ein Steuersystem 10 gemäß einer optionalen Ausführungsform, welches dazu eingerichtet ist, Steuer- und/oder
20 Regelsignale zur Steuerung einer Regelstrecke 12 bereitzustellen. Das Steuersystem 10 umfasst einen Systembus 14 mit einem Systemcontroller 16, wobei der Systemcontroller 16 dazu eingerichtet ist, Systemfunktionen 18 des Steuersystems 10 auszuführen. Das Steuersystem 10 ist dadurch gekennzeichnet, dass das Steuersystem 10 ferner einen Messbus 20 mit
25 mindestens einem Messcontroller 22 umfasst, wobei der mindestens eine Messcontroller 22 dazu eingerichtet ist, Messfunktionen zur Erfassung und/oder Aufbereitung von Messdaten und/oder Ausgabefunktionen zur Anpassung und/oder Ausgabe von Steuer- und/oder Regelsignalen auszuführen. Gemäß der gezeigten Ausführungsform weist das Steuersystem 10 im Messbus 20 drei
30 Messcontroller 22 auf. Außerdem weist das Steuersystem 10 eine Busschnittstelle 24 auf, welche dazu eingerichtet ist, eine Kommunikationsverbindung 26 zwischen dem Systembus 14 und dem Messbus 20 bereitzustellen.

Der Systemcontroller 16 kann dabei einen Mikrocontroller 28 aufweisen oder als solcher ausgebildet sein. Der Systemcontroller kann ferner dazu eingerichtet sein, eine Kommunikation 19 anderer Komponenten, welche nicht zum Messsystem 10 gehören, mit dem Messsystem 10 zu ermöglichen.

Bei der Regelstrecke 12 kann es sich um ein analoges System handeln. Entsprechend kann das Regelsystem ferner einen Analog-Digital-Wandler (ADC) 30 am Eingang des Messbusses 20, sowie einen Digital-Analog-Wandler (DAC) 32 am Ausgang des Messbusses 20 aufweisen. Dabei kann das Steuersystem 10 dazu eingerichtet sein, dass der direkt nach dem ADC angeordnete Messcontroller 22 exklusiven Zugriff auf die Ausgabe des ADCs 30 hat und/oder dass der direkt vor dem DAC 32 angeordnete Messcontroller 22 exklusiven Zugriff auf die Eingabe von Daten in den DAC 32 hat.

Figur 2 zeigt in einer schematischen Darstellung einen Messcontroller 22 gemäß einer optionalen Ausführungsform. Der Messcontroller 22 weist eine arithmetisch-logische Einheit (ALU) 34 auf, welche in der gezeigten Ausführungsform als RISC-Prozessor 36 ausgebildet ist. Der RISC-Prozessor 36 stellt dabei die einzige ALU 34 des Messcontrollers 22 dar. Ferner kann der Messcontroller 22 einen ROM-Speicher 38 und einen RAM-Speicher 40 aufweisen, welche mit der ALU 34 verbunden sind. Die ALU 34 und somit der RISC-Prozessor 36 und der Messcontroller 22 können dabei mittels eines vorgegebenen Programmcodes betreibbar sein, wobei der vorgegebene Programmcode in dem ROM-Speicher 38 bereitgestellt wird. Mit anderen Worten kann die ALU 34 ausschließlich mit dem im ROM-Speicher 38 bereitgestellten, vorgegebenen Programmcode betrieben werden. Durch die Verwendung eines RISC-Prozessors 36 kann die Komplexität des Messcontrollers 22 gering gehalten werden. Angesichts der geringen Komplexität kann der Messcontroller 22 in Abgrenzung zu einem Mikrocontroller 28 allgemein als „Nanocontroller“ bezeichnet werden. Zudem kann dadurch erreicht werden, dass der Messcontroller 22 lediglich solche Befehle und Funktionen ausführen kann, welche für die vorgesehene Aufgabe erforderlich sind.

Der Messcontroller 22 kann dabei optional als Finite-State-Machine ausgebildet sein. Dies kann den Vorteil bieten, dass die vom Messcontroller 22 ausführbaren Messfunktionen und/oder Ausgabefunktionen vollständig simulierbar sind, wodurch eine Verifikation der Funktion des Messcontrollers 22 hinsichtlich der funktionalen Sicherheit erleichtert wird.

Der Messcontroller 22 kann dazu eingerichtet sein, jede vom Messcontroller 22 ausführbare Messfunktion bzw. Ausgabefunktion jeweils ausgehend von einem Ausgangszustand innerhalb eines vorbestimmten endlichen Zyklus auszuführen und nach Ablauf des vorbestimmten endlichen Zyklus in den Ausgangszustand zurückzukehren. Der vorbestimmte endliche Zyklus kann eine Zeitdauer von 50 μ s oder weniger aufweisen. Zudem kann der Messcontroller 22 dazu eingerichtet sein, maximal 32 verschiedene Befehle auszuführen, wodurch eine Verifikation des Messcontrollers 22 hinsichtlich der funktionalen Sicherheit erleichtert werden kann.

Der Messcontroller 22 kann ferner einen RAM-Speicher 40 aufweisen und dazu eingerichtet sein, bei Ausführung einer Messfunktion erstellte Ausgabedaten im RAM-Speicher 40 abzuspeichern. Dabei kann das Steuersystem dazu eingerichtet sein, dem Systemcontroller 16 mittels der Busschnittstelle 24 ein Zugreifen auf den RAM-Speicher 40 des Messcontrollers 22 zu ermöglichen, und auf diese Weise ein Auslesen der Ausgabedaten aus dem RAM-Speicher des Messcontrollers ermöglichen. Darüber hinaus kann der Systemcontroller 16 einen RAM-Speicher aufweisen, wobei das Steuersystem 10 dazu eingerichtet sein kann, die Ausgabedaten über die Busschnittstelle 24 im RAM-Speicher des Systemcontrollers 16 zu speichern. Außerdem kann der Messcontroller 22 Verbindungen 42 zur Busschnittstelle 24 aufweisen.

Optional kann der vorgegebene Programmcode in einem RAM-Speicher 40 bereitgestellt werden, sodass der Messcontroller 22 in einem Testbetrieb mittels des im RAM-Speicher 40 gespeicherten vorgegebenen Programmcodes betreibbar ist. Dies kann vorteilhaft sein, um in einem Testbetrieb geänderte

Programmcodes zu testen, ohne bei jeder Änderung einen geänderten ROM-Speicher 38 bereitstellen zu müssen. Darüber hinaus kann jedoch der vorgegebene Programmcode in einem ROM-Speicher 38 bereitgestellt werden, sodass der Messcontroller 22 in einem Funktionsbetrieb ausschließlich mittels des im ROM-Speicher 38 gespeicherten vorgegebenen Programmcodes betreibbar ist. Dies kann hinsichtlich der funktionalen Sicherheit vorteilhaft oder erforderlich sein. Die vom Messcontroller 22 ausführbaren Messfunktionen und/oder Ausgabefunktionen können dabei derartige Applikationen umfassen, welche im Rahmen einer funktionalen Sicherheit sicherheitsrelevant sind. Das Steuersystem 10 kann dazu eingerichtet sein, einen Zugriff des Systemcontrollers 16 auf den Messcontroller 22 während der Ausführung einer Messfunktion und/oder Ausgabefunktion durch den Messcontroller 22 zu unterbinden.

Figur 3 zeigt in einer schematischen Darstellung ein Steuersystem 10 gemäß einer weiteren optionalen Ausführungsform zur Steuerung und/oder Regelung einer Regelstrecke 12 mit einem analogen System. Das Steuersystem 10 weist einen Systembus 14 und einen Messbus 20 auf. Im Messbus 20 befinden sich eingangsseitig ein Frontend 44, ein ADC 30 und eine Steuereinheit 46 für den ADC 30. Des Weiteren befinden sich im Messbus 20 zwei als Nanocontroller ausgebildete Messcontroller 22, wie oben mit Bezug zu Figur 2 im Detail erläutert. Ausgangsseitig befinden sich im Messbus 20 eine Steuereinheit 48 für den DAC 32, der DAC 32 und ein Treiber 50 für die Regelstrecke 12. Im Systembus 14 befinden sich ein als Mikrocontroller 28 ausgebildeter Systemcontroller 16, sowie ein Register 52, welches dem Systemcontroller 16 Daten für einen besonders schnellen Zugriff bereitstellt.

Der Systemcontroller 16 kann dabei einen eigenen ROM-Speicher, RAM-Speicher und/oder einen Flash-Speicher aufweisen. Der Systemcontroller 16 kann dabei über die Busschnittstelle 24 die von einem oder von mehreren Messcontrollern 22 erfassten und optional aufbereiteten und/oder analysierten Messdaten abholen und für die Steuerung des Systems verwenden. Beispielsweise kann einer der Messcontroller 22 für die Erfassung der Messwerte bzw. Messdaten zuständig

sein, während der andere Messcontroller 22 für die Elaboration der Messwerte bzw. Messdaten und die Steuerung des DACs zuständig ist. Dadurch ist der Systemcontroller 16 von den Komponenten des Messbusses nicht nur entwicklungsseitig sondern auch busmäßig entkoppelt. Die Messcontroller 22 können dabei gleichartig oder unterschiedlich voneinander ausgebildet sein und an ihre jeweilige Funktion bzw. Aufgabe angepasst sein. So können etwa verschiedene Messcontroller für die Erfassung von Messdaten (Data-Acquisition), die Elaboration und die Steuerung bereitgestellt werden. Außerdem kann dies den Vorteil bieten, dass das Messsystem, d.h. die Komponenten des Messbusses im Steuersystem, programmierbar ausgestaltet sein kann bei gleichem Frontend. Beispielsweise kann eine Reprogrammierung durch einen Austausch der ROM-Speicher und eine damit einhergehende Anpassung des vorbestimmten Programmcodes der Messcontroller erfolgen.

Figur 4 zeigt in einer schematischen Darstellung ein Steuergerät 54 gemäß einer optionalen Ausführungsform für ein Kraftfahrzeug. Das Steuergerät 54 umfasst dabei ein offenbarungsgemäßes Steuersystem 10.

Mit Bezug zu Figur 5 wird im Folgenden ein Verfahren 500 zur Bereitstellung eines Steuer- und/oder Regelsignals erläutert.

Das Verfahren 500 umfasst in einem Schritt 502 ein Bereitstellen eines Systembusses 14 mit einem Systemcontroller 16, wobei der Systemcontroller 16 dazu eingerichtet ist, Systemfunktionen 18 des Steuersystems 10 auszuführen.

In Schritt 504 umfasst das Verfahren 500 ein Bereitstellen eines Messbusses 20 mit mindestens einem Messcontroller 22, wobei der mindestens eine Messcontroller 22 dazu eingerichtet ist, Messfunktionen zur Erfassung und/oder Aufbereitung von Messdaten auszuführen.

In Schritt 506 umfasst das Verfahren 500 ein Senden eines Befehls zur Ausführung einer Messfunktion vom Systemcontroller 16 zum Messcontroller 22

über eine Busschnittstelle 24, welche eine Kommunikationsverbindung 26 zwischen dem Systembus 14 und dem Messbus 20 bereitstellt.

5 In Schritt 508 umfasst das Verfahren 500 ein Ausführen der Messfunktion durch den Messcontroller 22 und ein Unterbinden eines Zugriffs des Systemcontrollers 16 auf den Messcontroller 22 während des Ausführens der Messfunktion durch den Messcontroller 22.

10 In Schritt 510 umfasst das Verfahren 500 ein Bereitstellen von Ausgabedaten, welche bei der Ausführung 508 der Messfunktion erstellt wurden, wobei die Ausgabedaten dem Systemcontroller 16 über die Busschnittstelle 24 bereitgestellt werden.

Bezugszeichenliste

	10	Steuersystem
	12	Regelstrecke
5	14	Systembus
	16	Systemcontroller
	18	Systemfunktionen
	19	Kommunikation
	20	Messbus
10	22	Messcontroller
	24	Busschnittstelle
	26	Kommunikationsverbindung
	28	Mikrocontroller
	30	Analog-Digital-Wandler
15	32	Digital-Analog-Wandler
	34	arithmetisch-logische Einheit (ALU)
	36	RISC-Prozessor
	38	ROM-Speicher
	40	RAM-Speicher
20	42	Verbindungen zur Busschnittstelle
	44	Frontend
	46	Steuereinheit für ADC
	48	Steuereinheit für DAC
	50	Treiber
25	52	Register
	54	Steuergerät
	500	Verfahren zur Bereitstellung eines Steuer- und/oder Regelsignals
	502 – 510	Verfahrensschritte

Patentansprüche

1. Steuersystem (10), welches dazu eingerichtet ist, Steuer- und/oder Regelsignale bereitzustellen, das Steuersystem (10) umfassend:

- einen Systembus (14) mit einem Systemcontroller (16), wobei der Systemcontroller (14) dazu eingerichtet ist, Systemfunktionen (18) des Steuersystems (10) auszuführen;

dadurch gekennzeichnet, dass das Steuersystem (10) ferner aufweist:

- einen Messbus (20) mit mindestens einem Messcontroller (22), wobei der mindestens eine Messcontroller (22) dazu eingerichtet ist, Messfunktionen zur Erfassung und/oder Aufbereitung von Messdaten und/oder Ausgabefunktionen zur Anpassung und/oder Ausgabe von Steuer- und/oder Regelsignalen auszuführen, wobei der Messcontroller (22) einen RISC-Prozessor (36) aufweist und/oder als Finite-State-Machine ausgebildet ist und die vom Messcontroller (22) ausführbaren Messfunktionen und/oder Ausgabefunktionen vollständig simulierbar sind; und
- eine Busschnittstelle (24), welche dazu eingerichtet ist, eine Kommunikationsverbindung (26) zwischen dem Systembus (14) und dem Messbus (20) bereitzustellen.

2. Steuersystem (10) gemäß Anspruch 1, wobei der Systemcontroller (16) einen Mikrocontroller (28) aufweist oder als solcher ausgebildet ist.

3. Steuersystem (10) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Messcontroller (22) mittels eines vorgegebenen Programmcodes betreibbar ist.

4. Steuersystem (10) gemäß Anspruch 3, wobei der Messcontroller (22) einen ROM-Speicher (38) aufweist und wobei der vorgegebene Programmcode in dem ROM-Speicher (38) bereitgestellt wird.

5. Steuersystem (10) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei

der Messcontroller (22) dazu eingerichtet ist, jede vom Messcontroller (22) ausführbare Messfunktion bzw. Ausgabefunktion jeweils ausgehend von einem Ausgangszustand innerhalb eines vorbestimmten endlichen Zyklus auszuführen und nach Ablauf des vorbestimmten endlichen Zyklus in den Ausgangszustand zurückzukehren.

6. Steuersystem (10) gemäß Anspruch 5, wobei der vorbestimmte endliche Zyklus eine Zeitdauer von 50 μ s oder weniger aufweist.

7. Steuersystem (10) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Messcontroller (22) dazu eingerichtet ist, maximal 32 verschiedene Befehle auszuführen.

8. Steuersystem (10) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Messcontroller (22) ferner einen RAM-Speicher (40) aufweist und dazu eingerichtet ist, bei Ausführung einer Messfunktion erstellte Ausgabedaten in dem RAM-Speicher (40) abzuspeichern.

9. Steuersystem (10) gemäß Anspruch 8, wobei das Steuersystem (10) dazu eingerichtet ist, dem Systemcontroller (16) mittels der Busschnittstelle (24) ein Zugreifen auf den RAM-Speicher (40) des Messcontrollers (22) und ein Auslesen der Ausgabedaten aus dem RAM-Speicher (40) des Messcontrollers (22) zu ermöglichen.

10. Steuersystem (10) gemäß Anspruch 8 oder 9, wobei der Systemcontroller (16) einen RAM-Speicher aufweist, und wobei das Steuersystem (10) dazu eingerichtet ist, die Ausgabedaten über die Busschnittstelle (24) in den RAM-Speicher des Systemcontrollers (16) zu speichern.

11. Steuersystem (10) gemäß Anspruch 3 oder einem der Ansprüche 4 bis 10, sofern auf Anspruch 3 rückbezogen, wobei

- der vorgegebene Programmcode in einem RAM-Speicher (40) bereitgestellt

wird und der Messcontroller (22) in einem Testbetrieb mittels des im RAM-Speicher (40) gespeicherten vorgegebenen Programmcodes betreibbar ist; und

- der vorgegebene Programmcode in einem ROM-Speicher (38) bereitgestellt wird und der Messcontroller (22) in einem Funktionsbetrieb ausschließlich mittels des im ROM-Speicher (38) gespeicherten vorgegebenen Programmcodes betreibbar ist.

12. Steuersystem (10) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die vom Messcontroller (22) ausführbaren Messfunktionen und/oder Ausgabefunktionen derartige Applikationen umfassen, welche im Rahmen einer funktionalen Sicherheit sicherheitsrelevant sind.

13. Steuersystem (10) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Steuersystem (10) dazu eingerichtet ist, einen Zugriff des Systemcontrollers (16) auf den Messcontroller (22) während der Ausführung einer Messfunktion und/oder Ausgabefunktion durch den Messcontroller (22) zu unterbinden.

14. Verwendung eines RISC-Prozessors (36) als Messcontroller (22) in einem Steuersystem (10).

15. Verwendung gemäß Anspruch 14, wobei der Messcontroller (22) mittels eines in einem ROM-Speicher (38) bereitgestellten, vorgegebenen Programmcodes betreibbar ist und wobei der Messcontroller (22) mittels des vorgegebenen Programmcodes als Finite-State-Machine betreibbar ist.

16. Steuergerät (54) für ein Kraftfahrzeug, das Steuergerät (54) umfassend ein Steuersystem (10) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 13.

17. Verfahren (500) zur Bereitstellung eines Steuer- und/oder Regelsignals, das Verfahren umfassend:

- Bereitstellen (502) eines Systembusses (14) mit einem Systemcontroller

(16), wobei der Systemcontroller (16) dazu eingerichtet ist, Systemfunktionen (18) des Steuersystems (10) auszuführen;

- Bereitstellen (504) eines Messbusses (20) mit mindestens einem Messcontroller (22), wobei der mindestens eine Messcontroller (22) dazu eingerichtet ist, Messfunktionen zur Erfassung und/oder Aufbereitung von Messdaten auszuführen, wobei der Messcontroller (22) einen RISC-Prozessor (36) aufweist und/oder als Finite-State-Machine ausgebildet ist und die vom Messcontroller (22) ausführbaren Messfunktionen und/oder Ausgabefunktionen vollständig simulierbar sind;
- Senden (506) eines Befehls zur Ausführung einer Messfunktion vom Systemcontroller (16) zum Messcontroller (22) über eine Busschnittstelle (24), welche eine Kommunikationsverbindung (26) zwischen dem Systembus (14) und dem Messbus (20) bereitstellt;
- Ausführen (508) der Messfunktion durch den Messcontroller (22) und Unterbinden eines Zugriffs des Systemcontrollers (16) auf den Messcontroller (22) während des Ausführens der Messfunktion durch den Messcontroller (22); und
- Bereitstellen (510) von Ausgabedaten, welche bei der Ausführung der Messfunktion erstellt wurden, wobei die Ausgabedaten dem Systemcontroller (16) über die Busschnittstelle (24) bereitgestellt werden.

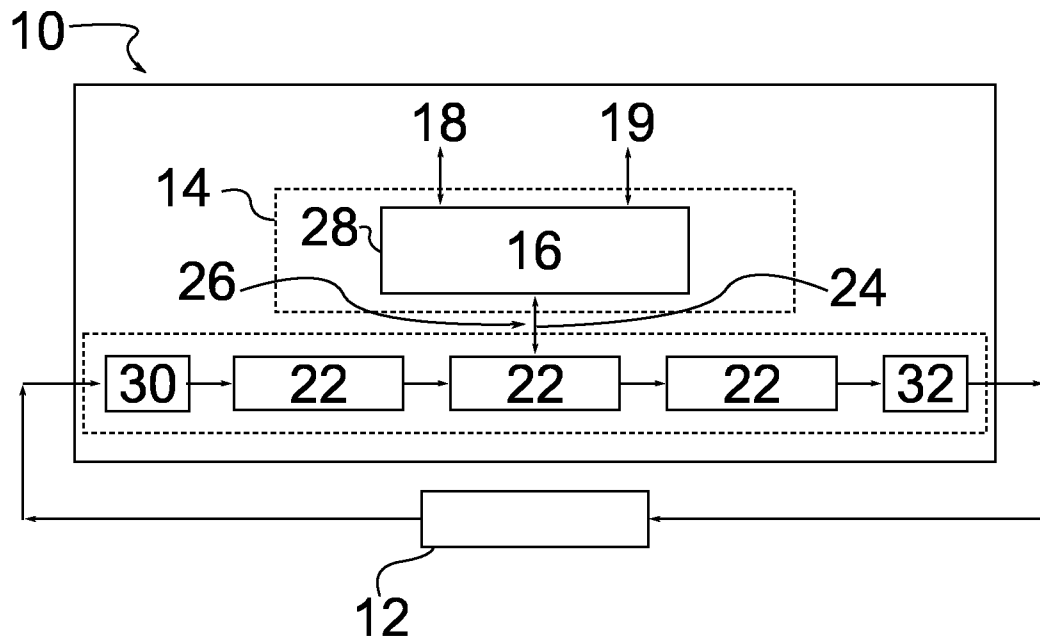


Fig. 1

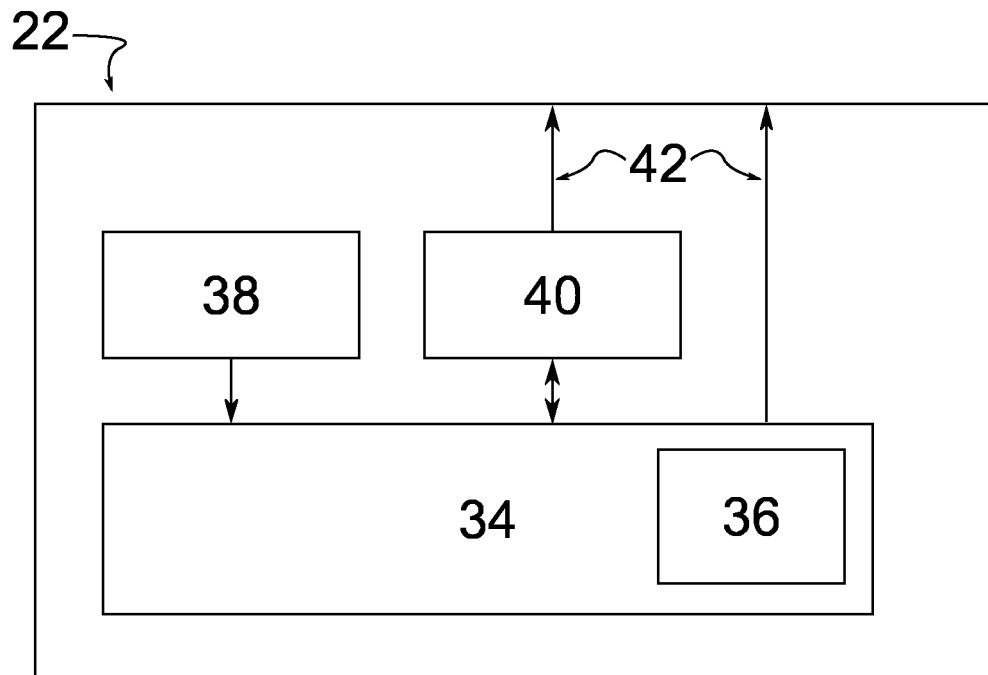


Fig. 2

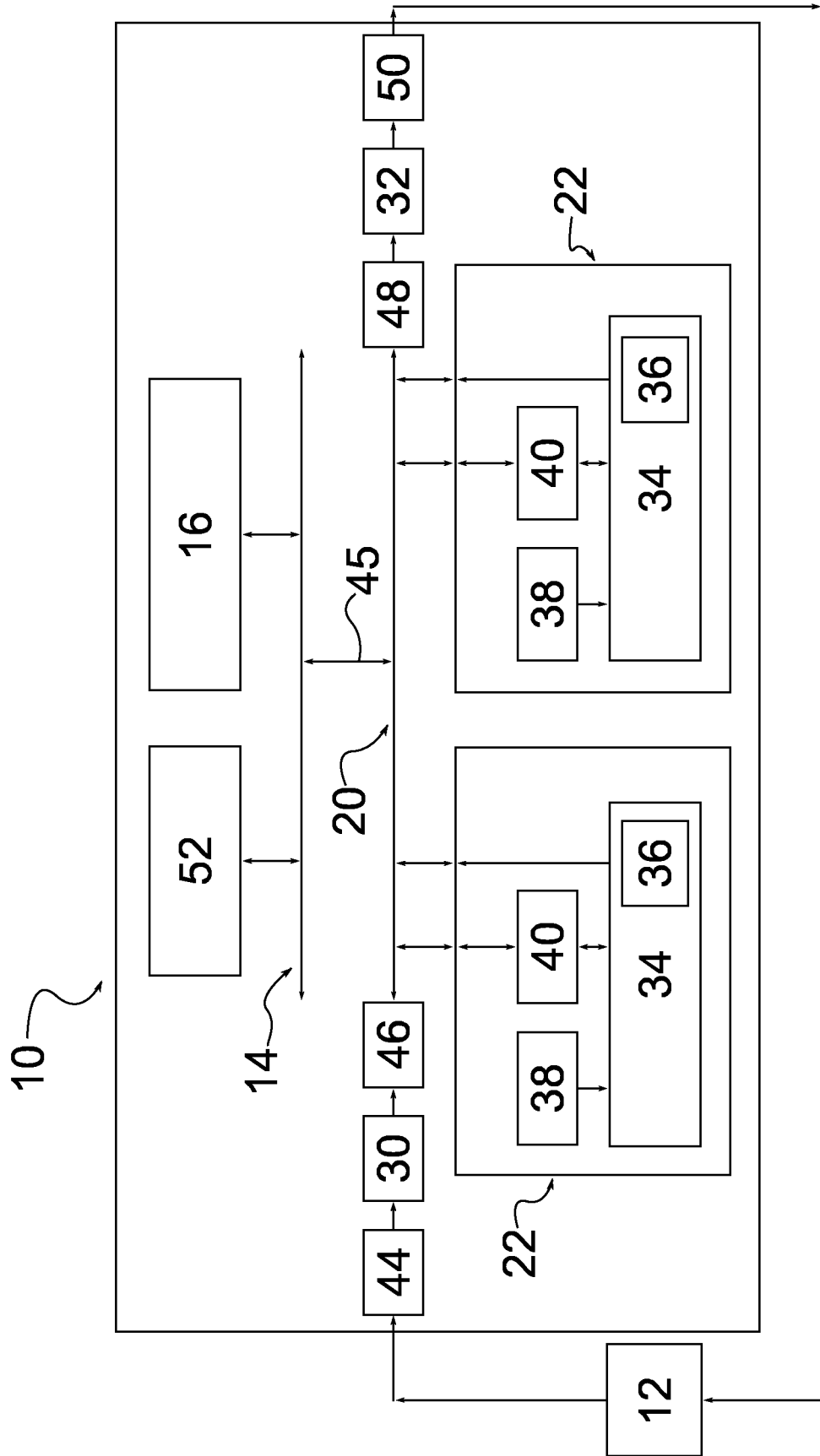
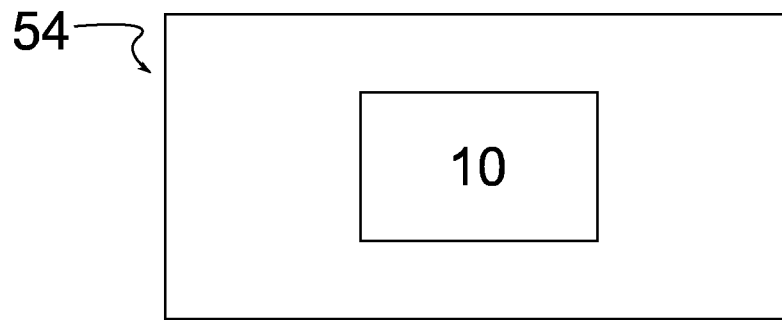
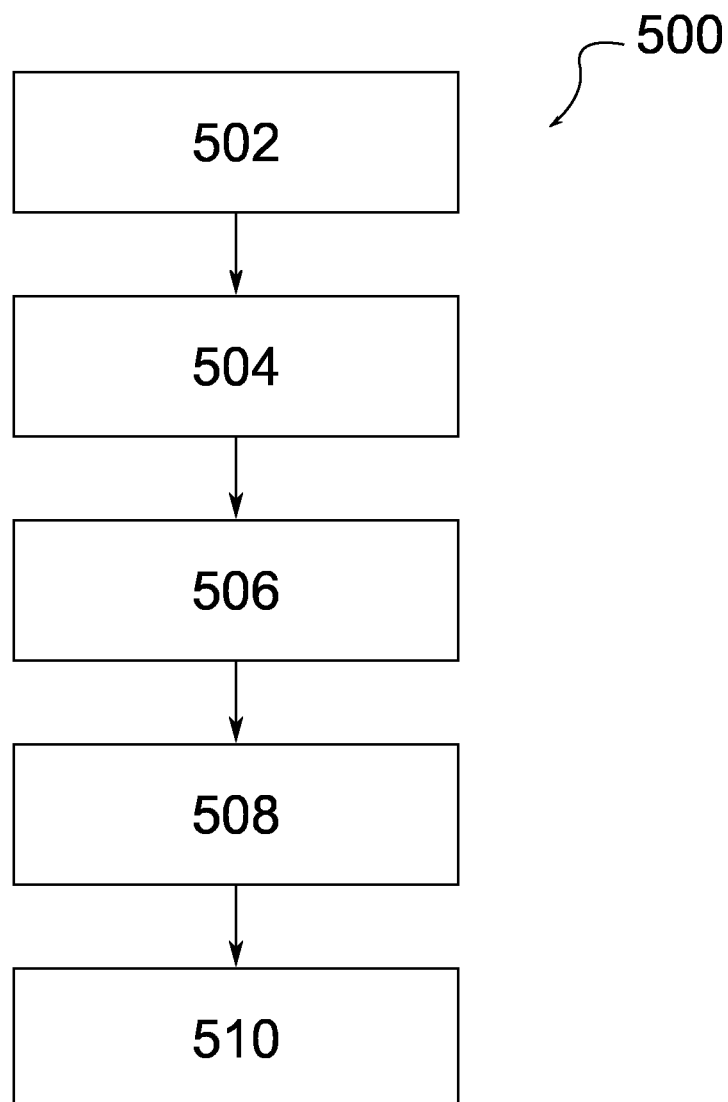


Fig. 3

**Fig. 4****Fig. 5**