



(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,

RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Es wird ein Verfahren zum Ansteuern von Peripheriegeräten (24, 25) über ein taktsynchron arbeitendes Bussystem (29) vorgeschlagen, wobei innerhalb eines Interpolationstakts Sollwerte an die Peripheriegeräte (24, 25) übertragen werden, Istwerte von diesen Peripheriegeräten (24, 25) zurückgegeben werden und zu einem festen Zeitpunkt innerhalb des Interpolationstakts mindestens ein für alle direkt mit dem taktsynchron arbeitenden Bussystem (29) verbundenen Peripheriegeräte (24) geltendes Freigabesignal über das taktsynchron arbeitende Bussystem (29) übertragen wird, wodurch die Sollwerte aller direkt mit dem taktsynchron arbeitenden Bussystem (29) verbundenen Peripheriegeräte (24) zeitgleich oder nahezu zeitgleich freigeschaltet werden, und wobei an mindestens ein Fremdperipheriegerät (25), welches nicht mit dem taktsynchron arbeitenden Bussystem (29) kompatibel und mit diesem mittels eines Busumsetzers (23, 30) verbunden ist, zu einem festen Zeitpunkt innerhalb des Interpolationstakts ein Freigabesignal vom Busumsetzer (23, 30) übertragen wird, und entweder die Übertragung dieses Freigabesignals vom Busumsetzer (23, 30) oder von einem Busmaster (20) des taktsynchron arbeitenden Bussystems (29) um eine Wartezeit verzögert wird oder die Freischaltung der Sollwerte der Peripheriegeräte (24) oder Fremd peripheriegeräte (25) um eine Wartezeit nach Erhalt des Freigabesignals verzögert wird, wodurch die Sollwerte des mindestens einen Fremdperipheriegeräts (25) zeitgleich oder nahezu zeitgleich zu den direkt mit dem taktsynchron arbeitenden Bussystem (29) verbundenen Peripheriegeräten (24) freigeschaltet werden.

5

10

15

20

25

Verfahren zum Ansteuern von Peripheriegeräten eines taktsynchron arbeitenden
Bussystems und von Fremdperipheriegeräten eines Fremdbussystems sowie
zugehöriger Busumsetzer

30 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Ansteuern von Peripheriegeräten über ein
taktsynchron arbeitendes Bussystem.

Unter anderem aus der Patentanmeldung DE 102005003940 A1 ist die Ansteuerung von Peripheriegeräten entsprechend einer festgelegten Reihenfolge über ein Bussystem bekannt.

- 5 Auch die Verwendung von Busumsetzern (Gateways), wie z.B. in Fahrzeugen entsprechend Patentanmeldung DE 102008026823 A1 mit Hilfe eines ASICs (Application Specific Integrated Circuit), um verschiedene Bussysteme miteinander zu verbinden, gehört zum Stand der Technik.
- 10 Taktsynchron arbeitende Bussysteme für die Verwendung in der Antriebstechnik sind ebenfalls schon seit mehreren Jahren bekannt. Im Jahre 2001 wurde beispielsweise die Protokollsoftware Profibus DPv2 als Modifikation zur IEC 61158 veröffentlicht. Protokolle dieser Art unterstützen beispielsweise zusätzlich zu den Funktionen von DPv0 und DPv1 u.a. Timer-Synchronisation zu einem Masterperipheriegerät, so dass
- 15 von den Peripheriegeräten ausgelesene Daten mit einem Zeitstempel versehen werden können, Querverkehr zwischen Peripheriegeräten, die als Slave eingestellt sind, um einen schnellen Datenaustausch ohne Umweg über das Masterperipheriegerät zu erlauben, und auch einen isochronen Modus. Durch diesen isochronen Modus wird ein deterministischer Datenaustausch sichergestellt. Im Allgemeinen wird ein
- 20 Gerät als Master konfiguriert, das im Falle von DPv2 jede Millisekunde, mit einem geringen Jitter von unter einer Mikrosekunde, ein Taktsignal an alle Peripheriegeräte, die als Slave konfiguriert sind, verschickt. Durch diese hohe Taktrate und präzise Taktgebung lassen sich hochgenaue Regelungen erreichen, auch wenn gekoppelte Systeme von mehreren Peripheriegeräten, wie z.B. Antriebsachsen, vorliegen. Des
- 25 Weiteren sind durch hohe Taktrate und präzise Taktgebung des Profibusses auch feste Zeitfenster für Datenübertragungen garantiert. In ähnlicher Weise wird der Begriff „isochron“ auch für Dateiübertragungen, die eine garantierte Mindestbandbreite benötigen, wie z.B. von Videodateien, verwendet. Diese Übertragungen weisen jedoch im Allgemeinen keine feste Taktrate oder minimalen Jitter auf, wie im Falle des
- 30 oben beschriebene Bussystems, und sind im Rahmen dieser Anmeldung nicht gemeint, wenn es um die Verwendung des Begriffes „isochron“ geht.

Zum Abfahren von gekrümmten Bahnen sind an Werkzeugmaschinen beispielsweise eine Maschinensteuerung (NCU-Baugruppe) als Master und mehrere Antriebe als

Slaves an einem Bussystem angeschlossen. Hochgenaue Regelungen, wie sie ein isochroner Datenverkehr erlaubt, sind häufig notwendig, wenn es darum geht, dass eine Werkzeugmaschine unter gleichzeitigem Verfahren mehrerer Bewegungsachsen vorgegebene Kurven (z.B. Geraden, Kreise, Parabeln, Schraubenlinien etc.) beschreibt. In DIN 66025 sind Programmierbefehle für solche Interpolationsbewegungen aufgeführt (G-Codes). Dabei müssen die Bewegungen der einzelnen Achsen miteinander gekoppelt werden. Im Beispiel der Bewegung von Punkt zu Punkt entlang einer Geraden müssen die einzelnen Achsen auf Geschwindigkeiten proportional zu ihrer jeweils zurückzulegenden Strecke geregelt werden. Innerhalb eines kurzen Zeitintervalls, dem Interpolationstakt, der typischerweise eine bis wenige Millisekunden dauert, liest die Maschinensteuerung die Istwerte aller Achsen ein und berechnet daraus die Sollwerte für den nächsten Interpolationstakt. Die Bewegung vom Anfangspunkt zum Zielpunkt wird also durch Interpolieren von typischerweise den Positionswerten in kurzen Zeitintervallen, dem Interpolationstakt, erreicht. Die Bewegung jedes einzelnen Antriebs kann auch innerhalb des Interpolationstakts zusätzlich in einem feineren Interpolationstakt geregelt werden. Typischerweise spricht man bei dem Regler des Antriebs in diesem Feininterpolationstakt vom sogenannten Lageregler und bei dem Regler, der den Antriebsverbund regelt, vom Interpolator. Die Soll- und Istwerte können Positionswerte, aber z.B. auch Geschwindigkeitswerte sein.

Der Interpolationstakt sowohl des Lagereglers als auch des Interpolators ist auf die Dynamik der Antriebe abgestimmt. Innerhalb eines einzelnen Interpolationstaktes versendet der Master ein Interpolationstaktsignal an alle an dem Bussystem angeschlossenen Slaves, die dadurch freigeschaltet werden, die zuletzt erhaltenen Verfahrbefehle (Sollwerte) aktiv zu setzen. Des Weiteren übermittelt der Master die Sollwerte für den nächsten Interpolationstakt an die einzelnen Antriebe und erhält deren Istwerte, wobei üblicherweise alle Antriebe für ein besseres Regelungsergebnis zum gleichen Zeitpunkt innerhalb des Interpolationstakts ihre Istwerte bestimmen. Für ein noch genaueres Ergebnis geben die Peripheriegeräte ihre Istwerte bevorzugt zusammen mit einem Zeitstempel, in dem der genaue Zeitpunkt der Istwertbestimmung hinterlegt ist, an den Master zurück. Dank der im Bustakt stattfindenden Timer-Synchronisation der Antriebe mit der Maschinensteuerung kann somit aus den Istwerten sehr präzise berechnet werden, ob der Antrieb seinen Sollwerten

voraus- oder nachteilt, und die Sollwerte für den nächsten Interpolationstakt entsprechend angepasst werden.

5 In nicht-taktsynchron arbeitenden Bussystemen kann ein Busumsetzer eingesetzt werden, der die übertragenen Daten, die in einem vom einen Bussystem verstandenen Format übertragen werden, auf ein vom anderen Bussystem verstandenes Format hin- bzw. zurückübersetzen. Peripheriegeräte können üblicherweise nur mit einem Bussystem kommunizieren und werden an dieses entsprechend angeschlossen. Lösungen mittels Busumsetzer sind problematisch, wenn ein Master an einem
10 taktsynchron arbeitenden Bussystem über Busumsetzer mit Peripheriegeräten an einem oder mehreren anderen Bussystemen, im Folgenden „Fremdperipheriegeräte“ und „Fremdbussysteme“ genannt, verbunden werden soll.

15 Damit das taktsynchron arbeitende Bussystem optimal arbeitet, müssen die Daten des Masters dieses Bussystems innerhalb eines einzelnen Interpolationstaktes an alle Peripheriegeräte bzw. Busumsetzer versendet werden, die Busumsetzer müssen die Daten auf das Format des anderen angeschlossenen Fremdbussystems übersetzen und anschließend sukzessive an alle dort angeschlossenen Fremdperipheriegeräte verteilen, die ihrerseits sukzessive eine Antwort an den Busumsetzer zurück-
20 senden, der diese erneut übersetzt und dann im taktsynchron arbeitenden Bussystem an den Master oder andere Peripheriegeräte bzw. Busumsetzer weitergibt. Bei der Weitergabe an einen anderen Busumsetzer kommt es erneut zu einer Übersetzung, Verarbeitung der Daten und Antwort. Da die schnellsten Busumsetzer selten weniger als eine Millisekunde für die Datenübersetzung benötigen, ergeben sich
25 mehrere Probleme für eine erfolgreiche Bewegungsinterpolation. Zum einen muss durch die langen Datenübersetzungszeiten ein längerer Interpolationstakt in Kauf genommen werden. Zum anderen verzögert sich die Timer-Synchronisation der Fremdantriebe zum Master durch die Datenübersetzungszeiten des entsprechenden Datentelegramms zum Fremdbussystem. Taktsynchron arbeitende Bussysteme gehören bereits seit vielen Jahren zum Stand der Technik und Busumsetzer sind noch
30 wesentlich länger bekannt. Trotzdem wurden auf Grund der geschilderten Probleme bislang noch keine Busumsetzer für die Verwendung in taktsynchron arbeitenden Bussystemen implementiert.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, Fremdperipheriegeräte an ein taktsynchron arbeitendes Bussystem anzubinden und eine Regelung/Steuerung der Fremdperipheriegeräte mit einem ähnlich schnellen Interpolationstakt zu erreichen wie bei direkt angeschlossenen Peripheriegeräten.

5

Die Aufgabe wird bei dem Verfahren erfindungsgemäß durch ein Verfahren mit den Merkmalen von Anspruch 1 gelöst.

10 Im Falle der vorteilhaften Ausgestaltung nach Anspruch 6 ermöglicht das sofortige Freischalten der Sollwerte die Verwendung von Fremdperipheriegeräten, die keine Freigabesignale unterstützen, man erspart sich die Übersetzung des Freigabesignals vom taktsynchron arbeitenden Bussystem auf das Fremdbussystem und es ist auch möglich einen Busumsetzer nach dem Stand der Technik zu verwenden.

15 Vorteilhafterweise werden nach Anspruch 7 die Sollwerte der Peripheriegeräte und/oder Fremdperipheriegeräte erst nach einer festen Wartezeit nach Erhalt des Freigabesignals freigeschaltet. Somit ist es möglich, dass der Busmaster am taktsynchron arbeitenden Bussystem seine Freigabesignale wie üblich erzeugt und ein Busumsetzer nach dem Stand der Technik verwendet werden kann. Das gleichzeitige Freischalten der Sollwerte wird durch die in den Peripheriegeräten und/oder Fremdperipheriegeräten konfigurierte Wartezeit sichergestellt.

25 Nach Anspruch 8 ist es von Vorteil, wenn die Peripheriegeräte und/oder Fremdperipheriegeräte die Zeitpunkte des Erhalts mehrerer Freigabesignale beim Freischalten der Sollwerte berücksichtigen. Dadurch können Auswirkungen des Jitters bei der Signalübertragung minimiert werden und zum Beispiel Fremdperipheriegeräte Verzögerungen bei der Übertragung auf dem Fremdbussystem, insbesondere bei Multimastersystemen oder einer Vielzahl an sonstigen Fremdperipheriegeräten im Bus, abschätzen und berücksichtigen.

30

Vorteilhafterweise kann das Verfahren nach Anspruch 9 nicht nur für eine Ansteuerung von Peripheriegeräten, sondern auch für deren Regelung Anwendung finden.

Besonders von Vorteil ist es nach den Ansprüchen 2 bis 4, wenn der Busumsetzer über einen eigenen Timer verfügt, der sich mit den Timern der Peripheriegeräte bzw. des Busmasters synchronisieren kann, da hiermit der Busumsetzer selbst Freigabesignale erzeugen kann, die sehr präzise mit den Freigabesignalen des taktsynchron arbeitenden Bussystems synchronisiert sind. Es ist auch möglich, die Bestimmung der Istwerte von Fremdperipheriegeräten zeitlich synchronisiert zur Istwertbestimmung von Peripheriegeräten durch den Busumsetzer anstoßen zu lassen. Außerdem kann der Busumsetzer beim Einlesen mehrerer Freigabesignale eigenständig die Dauer des Interpolationstakts bestimmen.

Bevorzugt werden nach Anspruch 10 zu Beginn eines Interpolationstakts zunächst alle Daten an die Busumsetzer übertragen, damit diese Zeit haben für die Übersetzung der Daten, während die wesentlich schnelleren Übertragungen auf dem taktsynchron arbeitenden Bussystem an die Peripheriegeräte parallel verarbeitet werden.

Um eine genauere Regelung gewährleisten zu können, werden nach Anspruch 11 auch die Istwerte von Peripherie- und Fremdperipheriegeräten möglichst zeitgleich bestimmt.

Besonders kurze Interpolationstakte erlauben nach Anspruch 11 und 12 das frühzeitige Bestimmen der Istwerte an den Fremdperipheriegeräten und Übertragen an den Busumsetzer, wodurch die Istwerte möglichst früh bereit sind, vom Busmaster am taktsynchron arbeitenden Bussystem ausgelesen zu werden.

Ein weiterer Vorteil ergibt sich, wenn eine Timersynchronisation nach Anspruch 13 zwischen Busumsetzer und Fremdperipheriegeräten stattfindet, da die Fremdperipheriegeräte dadurch den Istwerten einen Zeitstempel bzgl. deren Bestimmung hinzufügen können, wodurch das Ergebnis einer Regelung verbessert werden kann.

Eine schnellere und bessere Ansteuerung bzw. Regelung ergibt sich, wenn auf dem Fremdbus nach Anspruch 14 nur ein Fremdperipheriegerät mit dem Busumsetzer kommuniziert, da hierdurch Jitter und Verzögerungen in der Datenübertragung vermindert werden. Außerdem kann der Busumsetzer dadurch nicht zum Engpass wer-

den, wenn zu viele Daten von oder zu Fremdperipheriegeräten gleichzeitig übertragen werden müssen.

Die Erfindung betrifft auch einen Busumsetzer zum Verbinden eines taktsynchron arbeitenden Bussystems mit einem Fremdbussystem mit den Merkmalen von Anspruch 15.

Vorteilhafterweise ist der Busumsetzer nach Anspruch 18 als ASIC (Application Specific Integrated Circuit) ausgebildet. Diese übersetzen die Signale schneller als Softwarelösungen auf einem Mikrocontroller und sind platz- und energiesparend

Weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung und den Zeichnungen. Ebenso können die vorstehend genannten und die noch weiter aufgeführten Merkmale je für sich oder zu mehreren in beliebigen Kombinationen Verwendung finden. Die gezeigten und beschriebenen Ausführungsformen sind nicht als abschließende Aufzählung zu verstehen, sondern haben vielmehr beispielhaften Charakter für die Schilderung der Erfindung.

Es zeigen:

- 20
- Fig. 1 eine Steuerungsvorrichtung nach dem Stand der Technik zum Steuern einer Bearbeitungsanlage, die über ein Bussystem an die Steuerungsvorrichtung angeschlossene Peripheriegeräte aufweist;
- 25 Fig. 2a einen Busumsetzer nach dem Stand der Technik zum Anschließen von Fremdperipheriegeräten eines Fremdbussystems an das Bussystem der Steuerungsvorrichtung von Fig. 1;
- 30 Fig. 2b einen erfindungsgemäßen, taktsynchron arbeitenden Busumsetzer mit eigener Rechneinheit und Timer zum Anschließen von Fremdperipheriegeräten eines Fremdbussystems an das Bussystem der Steuerungsvorrichtung von Fig. 1;
- Fig. 3a ein Verfahren zur Datenübertragung bei Verwendung des Busumsetzers von Fig. 2a mit einem taktsynchron arbeitenden Bussystem;

- Fig. 3b ein Verfahren zur Datenübertragung bei Verwendung des erfindungsge-
mäßigen Busumsetzers von Fig. 2b, der ein eigenes Interpolationstaktsig-
nal für den Fremdbus erzeugt;
- Fig. 3c das in Fig. 3b gezeigte Verfahren unter Verwendung eines Busumsetzers
5 pro Fremdperipheriegerät;
- Fig. 3d das in Fig. 3b gezeigte Verfahren unter Verwendung von Peripheriegerä-
ten, bei denen die Freischaltung der Sollwerte mit einem Zeitversatz er-
folgt, um diese für ein besseres Regelungsergebnis gleichzeitig zu den
Fremdperipheriegeräten freizuschalten;
- 10 Fig. 3e das in Fig. 3b gezeigte Verfahren unter Verwendung von Fremdperiphe-
riegeräten, die die Sollwerte direkt nach Erhalt freischalten, und eines
Busmasters, der diese Sollwerte zeitlich passend versendet, damit sie
zeitgleich zum Interpolationstaktsignal beim Fremdperipheriegerät an-
kommen; und
- 15 Fig. 3f das in Fig. 3b gezeigte Verfahren, wobei der Busumsetzer gleichzeitige
Hin- und Rückübersetzung erlaubt und von den Fremdperipheriegeräten
zu Beginn des Interpolationstaktes Istwerte erhält bzw. anfordert.
- 20 Die Steuerung von Bearbeitungsanlagen erfolgt mit Hilfe numerischer Steuerungen,
die im Allgemeinen in drei Steuereinheiten, ein HMI-Bediensystem (Human Machine
Interface) als Dateneingabe- und Visualisierungseinheit, eine SPS-Steuereinheit
(speicherprogrammierbare Steuerung) und eine NC-Steuereinheit, aufgeteilt sind.
Daten und Steuerbefehle werden über das HMI-Bediensystem eingegeben, an die
25 NC-Steuereinheit weitergeleitet, in der NC-Steuereinheit decodiert und nach geomet-
rischen und technologischen Daten (NC-Steuereinheit) und Schaltbefehlen (SPS-
Steuereinheit) getrennt weiter verarbeitet. Die NC- und SPS-Steuereinheiten übermit-
teln den aktuellen Maschinenstatus zur Visualisierung an das HMI-Bediensystem.
- 30 **Fig. 1** zeigt eine bekannte Bearbeitungsanlage **1**, die mit Hilfe einer numerischen
Steuerungsvorrichtung **2** gesteuert wird. Die Steuerungsvorrichtung **2** umfasst hard-
wareseitig ein HMI-Bediensystem **3** mit einem als Industrie-PC ausgebildeten Steue-
rungscomputer **4** und einer Bedieneinrichtung **5** mit einem Bildschirm **6** als Anzeige-
einheit und einer Eingabeeinheit **7**, die bspw. als Tastatur, Maus oder Touchpanel

ausgebildet ist. Weiterhin umfasst die Steuerungsvorrichtung 2 eine Maschinensteuer-
tafel **8** zur manuellen Bedienung der Bearbeitungsanlage 1, wobei vor allem
sicherheitsrelevante Bedienungen ausgeführt werden, und eine NCU-Baugruppe **9**
(Numerical Control Unit) mit integrierter NC-Steuereinheit **10** und SPS-Steuereinheit
5 **11**. Die NC- und SPS-Steuereinheiten 10, 11 können auch als separate Baugruppen
ausgebildet sein.

Die Steuerungsvorrichtung 2 umfasst softwareseitig eine Bediensoftware **12** zur
Steuerung der Bearbeitungsanlage 1, Softwaremodule **13** zur Auftragsverwaltung,
10 Werkzeugverwaltung und Palettenverwaltung, eine Programmverwaltung **14** zur
Verwaltung von Steuerprogrammen und einen Datenspeicher **15**, in dem standard-
mäßige Bearbeitungsparameter für die Steuerprogramme gespeichert sind.

Für eine erfolgreiche Abarbeitung der Steuerprogramme auf der Bearbeitungsma-
schine 1 sind die Bearbeitungseinrichtungen mit Achsantrieben, Sensoren oder
15 anderen Peripheriegeräten **24** bzw. Fremdperipheriegeräten **25** ausgestattet, die
über verschiedene Bussysteme **21**, **22**, insbesondere ein taktsynchron arbeitendes
Bussystem **29**, an die NCU-Baugruppe 9 angebunden sein können.

20 **Fig. 2a** zeigt schematisch eine Verbindung zweier Bussysteme 21, 22 über einen
Busumsetzer **23** nach dem Stand der Technik. Dabei ist die Steuerungsvorrichtung
2, wie üblich, als Busmaster **20** an das Bussystem 21 angeschlossen. Der Busmas-
ter 20 kommuniziert über dieses Bussystem 21 direkt mit den daran angeschlosse-
nen Peripheriegeräten 24. Dabei werden die vom Busmaster 20 kommenden Daten
25 entsprechend dem Busprotokoll für Bussystem 21 in definierte Stücke zerlegt, mit
Protokollinformationen z.B. bzgl. eines Zielperipheriegeräts versehen und über das
Bussystem 21 versendet. Mit Hilfe dieser Protokollinformationen erkennen die Peri-
pheriegeräte 24 zumindest, ob sie zu den Zielperipheriegeräten gehören und die
über das Bussystem 21 versendeten Daten einlesen müssen oder nicht. Beim Einle-
30 sen werden die definierten Datenstücke wieder zu den ursprünglichen Daten zu-
sammengesetzt.

Fremdperipheriegeräte 25, die auf Grund von Inkompatibilität nicht direkt an das
Bussystem 21 angeschlossen werden können, sind an ein zweites Bussystem, im

- Folgenden Fremdbussystem 22 genannt, indirekt an den Busmaster 20 angebunden. Dazu ist der Busumsetzer 23 mit einem ersten Busanschluss **26** an das Bussystem 21 angebunden und über einen zweiten Busanschluss **27** an das Fremdbussystem 22. Eine Umsetzungseinheit **28** des Busumsetzers 23 sorgt dafür, dass sämtliche, an
- 5 ein Fremdperipheriegerät 25 adressierte Daten vom Bussystem 21 an die Fremdperipheriegeräte 25 übertragen werden können und umgekehrt. Dazu werden die im Busprotokoll des einen Bussystems übertragenen Daten in die Umsetzungseinheit 28 eingelesen, die Datenstücke in die für das jeweils andere Bussystem charakteristische Datenstücke weiterverarbeitet und mit Protokollinformationen bzgl. des Adres-
- 10 saten der Daten, also Zielperipheriegeräts 25 bzw. Busmasters 20, versehen. Die Datenstücke werden bis zum Weiterversenden in einem Pufferspeicher **31** zwischengespeichert. So können Daten zwischen Busmaster 20 und Fremdperipheriegeräten 25 ausgetauscht werden.
- 15 Auf Grund der langen Übersetzungsdauern des Busumsetzers 23 von derzeit typischen einigen hundert Mikrosekunden bis zu einigen Millisekunden ist es mit diesem bekannten Busumsetzer 23 schwierig, einen schnellen Regelkreis mit einem taktsynchron arbeitenden Bussystem aufzubauen, wie er z.B. für Interpolationsbewegungen zwischen Steuerungsvorrichtung 2 und Fremdperipheriegeräten 25 notwendig ist,
- 20 und man stößt auf die in Fig. 3a dargestellten Probleme.

Fig. 3a zeigt die Datenübertragungen in den Bussystemen 21, 22 in einer Anordnung mit dem in Fig. 2a gezeigten Busumsetzer 23 nach dem Stand der Technik, wenn ohne weitere Modifikationen anstelle von Bussystem 21 ein taktsynchron arbeitendes

25 Bussystem 29 verwendet wird. Gezeigt sind alle Datenübertragungen innerhalb eines Interpolationstakts, der von T_1 bis T_2 dauert, wobei in diesem Beispiel am Fremdbussystem 22 zwei Fremdperipheriegeräte 25 in den Slavepositionen 2 und 3 und am Bussystem 29 zwei Peripheriegeräte 24 in den Slavepositionen 1 und 4 angebunden sind, d.h. der Busmaster 20 überträgt die Solldaten S_1 , S_2 , S_3 etc. in der festen Reihenfolge an Slave 1, Slave 2, Slave 3 etc. Die Datenübertragungen **34** und **35** stellen dabei Übertragungen zwischen Busmaster 20 und Peripheriegeräten 24 und/oder dem Busumsetzer 23 dar, wobei die Datenübertragungen 34 vom Busmaster 20 gesendet und die Datenübertragungen 35 für den Busmaster 2 bestimmt sind. Entsprechend stellen die Datenübertragungen **36** und **37** Übertragungen zwischen dem im

30

Fremdbussystem 22 als Busmaster konfigurierten Busumsetzer 23 und den beiden Fremdperipheriegeräten 25 dar, wobei die Übertragungen 36 vom Busumsetzer 23 gesendet und die Übertragungen 37 für den Busumsetzer 23 bestimmt sind. Außerdem sind die Übersetzungen 38 von Dateiübertragungen vom Bussystem 29 kom-
5 mend zu Fremdbussystem 22 und die Übersetzungen 39 in umgekehrter Richtung dargestellt.

Beispielsweise wird zu Beginn des Interpolationstaktes zum Zeitpunkt T_1 vom Busmaster 20 an alle Peripheriegeräte 24 und Fremdperipheriegeräte 25 ein entspre-
10 chendes Interpolationstaktssignal t_1 versendet, mit dem die im vorhergehenden Interpolationstakt versendeten Solldaten für die Geräte 24, 25 freigeschaltet werden. Ein Problem der Verwendung des Busumsetzers 23 nach dem Stand der Technik wird hier erkennbar. Das Interpolationstaktssignal t_1 erreicht die Peripheriegeräte 24 binnen kurzer Zeit und innerhalb eines Jitters von z.T. unter 1 Mikrosekunde, da die Über-
15 tragung weniger Bytes typischerweise nur einige wenige oder einige zehn Mikrosekunden benötigt. Hingegen erreicht das Signal die Fremdperipheriegeräte 25 erst verzögert um die Übersetzungsdauer, die einige hundert Mikrosekunden bis einige Millisekunden beträgt, und um die Dauer der zusätzlichen Übertragung im Fremd-
20 bussystem 22. Dadurch werden die Sollwerte der Fremdperipheriegeräte 25 viel später, nämlich um Δt später, als die der Peripheriegeräte 24 freigeschaltet, wodurch eine genaue bzw. schnelle Regelung bereits nicht mehr zu erreichen ist. Des Weiteren ist die Übertragung des Busumsetzers 23 typischerweise mit einem stärkeren Jitter behaftet als die Übertragungen auf dem taktsynchron arbeitenden Bussystem 29. Zur besseren Darstellbarkeit ist die Übersetzungsdauer im Vergleich zu den Datenüber-
25 tragungen nicht maßstabsgetreu, sondern stark verkürzt gezeichnet.

Nach dem Interpolationstaktssignal t_1 werden auf dem Bussystem 29 die Sollwerte S1 bis S4 für die Peripheriegeräte 24, 25 versendet. Die Peripheriegeräte 24 am taktsynchron arbeitenden Bussystem 29 geben daraufhin ihre Istwerte I1 und I4 zurück,
30 vorzugsweise für eine noch präzisere Regelung mit einem Zeitstempel versehen, der angibt wann die Istwerte gemäß dem Timer im Peripheriegerät 24 bestimmt wurden,. Da die Timerzeit der Peripheriegeräte 24 durch den Bustakt oder das Interpolationstaktssignal sehr präzise mit der Timerzeit des Busmasters 20 synchronisiert wird, kann dieser aus den Istwerten mit Zeitstempel Abweichungen von den Sollwerten

sehr genau berechnen und diese in den für den nächsten Interpolationstakt berechneten Sollwerten berücksichtigen. Ohne Timer können die Peripheriegeräte 24 ihre Istwerte auch sofort nach dem Erhalten des Interpolationstaktsignals (oder eines festgelegten Bustaktsignals) bestimmen und zwischenspeichern, bis sie abgerufen werden. Somit ist ebenfalls sichergestellt, dass der Zeitpunkt, an dem die Istwerte bestimmt werden, sehr präzise definiert ist, was für eine hinreichend schnelle Regelung Voraussetzung ist. Auch eine Kombination aus Zeitstempel und festgelegtem Zeitpunkt der Istwerte-Bestimmung ist möglich. In diesem Beispiel übertragen die Fremdperipheriegeräte 25 Ihre Istwerte I2 und I3 nach Erhalt der Sollwerte S2 und S3 über Fremdbussystem 22, Busumsetzer 23 und taktsynchron arbeitendes Bussystem 29 an den Busmaster 20 zurück. Problematisch wird dies für die Fremdperipheriegeräte 25, da diese das Interpolationstaktsignal t_1 nur um Δt verzögert erhalten, so dass die Timersynchronisation mit dem Busmaster 20 aufwändiger und ungenauer wird als bei den Peripheriegeräten 24.

Neben der langen Übersetzungsdauer und den entsprechenden Problemen kann der Busumsetzer 23 auch selbst zum Engpass werden, wenn die vom Busumsetzer 23 empfangenen Daten nicht sofort umgesetzt werden können, weil zunächst zuvor empfangene Daten ganz oder teilweise umgesetzt sein müssen. Um diese und die zuvor dargestellten Probleme zu lösen, wurden die im Folgenden dargestellten Ausführungsformen entwickelt.

Der in **Fig. 2b** gezeigte taktsynchron arbeitende erfindungsgemäße Busumsetzer 30 ermöglicht es, dass die Fremdperipheriegeräte 25 auch zusammen mit dem taktsynchron arbeitenden Bussystem 29 betrieben werden können. Dieser Busumsetzer 30 verfügt vorteilhafterweise über eine Rechneinheit 32 und einen Timer 33, der beispielsweise über den Bustakt oder den Interpolationstakt mit dem Timer 33 des Busmasters 20 bzw. der Steuerungsvorrichtung 2 synchronisiert wird. An dem taktsynchron arbeitenden Bussystem 29 verfügen üblicherweise auch die Peripheriegeräte 24 über einen Timer 33. Die Rechneinheit 32, z.B. ein Prozessor oder eine Gruppe von Prozessoren, kann mit Hilfe des Timers 33 das Interpolationstaktsignal des taktsynchron arbeitenden Bussystems 29 entsprechend des erfindungsgemäßen Verfahrens der Fign. 3b und 3c verändern. Des Weiteren weist der Busumsetzer 30 auch einen Pufferspeicher 31 auf, in dem zusätzlich zu den zwischengespeicherten

Datenstücken mindestens die Timerzeit des oder der letzten Interpolationstakte und gegebenenfalls die durchschnittliche Interpolationszeit zwischengespeichert sind. Dadurch kann der Busumsetzer 30 die Zeitpunkte der nächsten Interpolationstaktsignale t_n berechnen. Die Rechereinheit 32 vermag auch selbst, zu festgelegten
5 Zeitpunkten innerhalb eines Interpolationstaktes Daten von an den jeweiligen Busumsetzer 30 angeschlossenen Fremdperipheriegeräten 25 einzulesen, zu übersetzen und anschließend im jeweiligen Pufferspeicher 31 zwischenzuspeichern, bis diese Daten vom Busmaster 20 eingelesen werden können. Des Weiteren ist vorteilhaft an jeden Busumsetzer 30 nur jeweils ein Fremdperipheriegeräte 25 angeschlossen,
10 um das Problem einer Engstelle der Datenübertragung zu verringern.

Analog zu Fig. 3a sind in **Fig. 3b** die Datenübertragungen in den Bussystemen 22, 29 mit dem taktsynchron arbeitenden Busumsetzer 30 von Fig. 2b gezeigt. An diesem Bussystem 29 verfügen der Busumsetzer 30 wie auch die Peripheriegeräte 24
15 über einen Timer 33, der mit dem Busmaster 20 zeitlich synchronisiert wird. Dies kann mit Hilfe des zum Zeitpunkt T_1 gesendeten Interpolationstaktsignals t_1 , aber auch mit dem Bustakt (nicht dargestellt) geschehen. Im Gegensatz zu Fig. 3a werden die Interpolationstaktsignale t_n ($n=1, 2, \dots$) zur zeitlichen Synchronisierung bzw. Freischaltung der Sollwerte wegen der zeitlichen Verzögerung nicht vom taktsynchron
20 arbeitenden Busumsetzer 30 übersetzt und an die Fremdperipheriegeräte 25 weitergeleitet. Die Soll- und Istwerte S2, I2, S3, und I3 werden weiterhin normal übersetzt und übertragen. Der Hauptunterschied zu Fig. 3a besteht darin, dass die Interpolationstaktsignale $t_1, t_2, \dots, t_n$ für die Fremdperipheriegeräte 25 in den Busumsetzern 30 von der Rechereinheit 32 selbst erzeugt und vom Fremdbusanschluss 27 auf das
25 Fremdbussystem 22 ausgegeben werden. Wenn, wie in diesem Beispiel dargestellt, das Interpolationstaktsignal t_2 zum Zeitpunkt T_2 auf Bussystem 29 gesendet wird, wird nahezu zeitgleich von Busanschluss 27 zum Zeitpunkt T_1+T ein Interpolationstaktsignal t_1+T auf Fremdbussystem 22 gesendet. Den Zeitpunkt T_1 kann der Busumsetzer 30 selbst mit seiner Rechereinheit 32 aus dem Interpolationstaktsignal t_1
30 bestimmen und in seinem Pufferspeicher 31 ablegen. Die zu wartende Zeit T entspricht der Dauer eines Interpolationstakts, die vorher im Busmaster 20 und im Busumsetzer 30 gespeichert wurde, oder der Busumsetzer 30 bestimmt die durchschnittliche Zeit des oder der letzten Interpolationstakte T durch die im Pufferspeicher 31 abgelegten Zeiten T_n . Durch diese Anordnung verkürzt sich der Interpolationstakt im

Vergleich zu Fig. 3a, da keine zusätzliche Übersetzung der Interpolationstaktsignale t_n mehr notwendig ist.

Eine weitere Verkürzung des Interpolationstakts, wie in **Fig. 3c** dargestellt, ist da-

5 durch möglich, dass wie in Fig. 2b gezeigt an jeden Busumsetzer 30 nur ein Fremd-
peripheriegerät 25 angeschlossen wird, in diesem Beispiel sind zwei Fremdbussys-
teme 22, **22'** über jeweils einen Busumsetzer 30, 30' an das taktsynchron arbeitende
Bussystem 29 angeschlossen. Dadurch können ein einzelner, oder zu wenige Bus-
umsetzer 30 nicht mehr zu einer Engstelle bei der Datenübertragung werden, da so
10 auf jeden Fall mehrere Übersetzungen der Daten S1, S2 bzw. I1, I2 parallel ablaufen
können, und es kommt zu keinen Verzögerungen auf dem Fremdbussystem 22
durch Querverkehr bei der Datenübertragung zwischen mehreren daran angeschlos-
senen Fremdperipheriegeräten 25. Um den Interpolationstakt möglichst weit zu ver-
kürzen, werden die Sollwerte der Fremdperipheriegeräte 25 zusätzlich als erstes
15 vom Busmaster versendet, um den langwierigen Übersetzungsprozess möglichst
früh innerhalb des Interpolationstakts anzustoßen.

Eine optionale Funktion des Busumsetzers 30 mit Timer 33 besteht darin, die Timer
33 des bzw. der daran angeschlossenen Fremdperipheriegeräte 25 mit der Timerzeit
20 des Busumsetzers 30 zu synchronisieren. Wenn die Fremdperipheriegeräte 25 über
keinen Timer 33 verfügen oder aus anderen Gründen keine Istwerte mit Zeitstempel
erzeugen können, kann auch die Rechneinheit 32 des Busumsetzers 30 die emp-
fangenen Istwerte mit Zeitstempel versehen. Dabei kann die durchschnittliche Über-
tragungszeit vom Fremdperipheriegerät 25 zum Busumsetzer 30 abgezogen werden.
25 Insbesondere bei einer Anordnung nach Fig. 3c, bei der jedem Busumsetzer 30 nur
ein Fremdperipheriegerät 25 zugeordnet ist, entspricht der Zeitstempel sehr genau
der tatsächlichen Zeit, zu der die Istwerte ausgelesen wurden, da es nur ein geringes
Datenaufkommen und entsprechend geringe Verzögerungen bzw. Abweichungen
von der durchschnittlichen Übertragungsdauer auf dem Fremdbussystem 22 gibt.

30 Ein weiteres Ausführungsbeispiel, bei dem die Sollwerte zum gleichen Zeitpunkt frei-
geschaltet werden, ist in **Fig. 3d** dargestellt. Dabei wird das Interpolationstaktsignal t_n
auf dem taktsynchron arbeitenden Bussystem 29 so versendet, dass es um eine Zeit
 Δt vor dem Interpolationstaktende an dem oder den Busumsetzern 23, 30 und den

Peripheriegeräten 24 ankommt. Δt entspricht der Zeit, die die Signale brauchen, durch den Busumsetzer 23, 30 übersetzt und auf dem Fremdbus 22 übertragen zu werden. Die Peripheriegeräte 24 verzögern nach Erhalt des Interpolationstaktsignals das Freischalten der Sollwerte um Δt , so dass alle Peripheriegeräte 24 und Fremdperipheriegeräte 25 gleichzeitig zum Zeitpunkt T_n ihre Sollwerte freischalten. Anschließend werden wie in dem Beispiel von Fig. 3c zunächst die Sollwerte an den Busumsetzer 23, 30 übertragen und anschließend die Sollwerte an die Peripheriegeräte 24. In diesem Beispiel ist der Interpolationstakt länger als dreimal die Übersetzungsdauer.

Fig. 3e zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel, bei dem der Interpolationstakt im Vergleich zum Beispiel aus Fig. 3d verkürzt wurde, indem das Eintreffen der Sollwerte beim Fremdperipheriegerät 25 an Fremdbussystem 22 zu einem Freischalten nach festgelegter Wartezeit oder zu einem sofortigen Freischalten der Sollwerte führt. Die Übertragungen der Sollwerte $S1$, $S1'$ fungieren somit auch als Freigabesignal. Wie zuvor müssen die Sollwerte dann so früh übertragen werden, dass sie zeitgleich zum Interpolationstaktsignal t_n auf dem taktsynchronen Bussystem 29 freigeschaltet werden. Bei einem sofortigen Freischalten der Sollwerte am Fremdperipheriegerät 25 sendet der Busmaster 20 die Sollwerte $S1$, $S1'$ nach einer festen Zeit Δt nach dem letzten Interpolationstaktsignal t_n .

Die beiden Beispiele aus Fig. 3d und 3e können zwar dafür sorgen, dass die Sollwerte auf Fremdbus 22 und taktsynchronem Bus 29 ungefähr gleichzeitig freigeschaltet werden. Da die Übersetzungsdauer der Daten eines Busumsetzers 23, 30 jedoch einen größeren Jitter aufweist als der Bustakt des taktsynchronen Bussystems 29, ist die Regelung der Fremdperipheriegeräte 25 weniger genau als die der Peripheriegeräte 24. Diesbezüglich ist der Aufbau von Fig. 2b mit einem Busumsetzer 30 mit Timer 33 und Rechneinheit 32 besser, da sowohl auf die Übersetzung des Interpolationstaktsignals gemäß Fig. 3d verzichtet werden kann als auch der Jitter für die Regelung der Fremdperipheriegeräte geringer ist. Des Weiteren müssen die Fremdperipheriegeräte 25 von Fig. 3d ein Freigabesignal in dem Format des Busmasters 20 auch verarbeiten können. Dies ist nicht selbstverständlich, denn auch wenn der Busumsetzer 23 die über das taktsynchrone Bussystem 29 gesendeten Daten des Busmasters 20 aus den Protokolldateien des Bussystems 29 entpacken

und wieder in Datenpakete für das Fremdbussystem 22 verpacken kann, bedeutet dies noch nicht, dass die Fremdperipheriegeräte die erhaltenen Daten auch verstehen. In Fig. 3e wiederum ist es Voraussetzung, dass man die Fremdperipheriegeräte 25 entsprechend konfigurieren kann, damit sie die Sollwerte nach Erhalt sofort oder
5 nach einer kurzen, festgelegten Verzögerung freischalten. In beiden Fällen ist ein Busumsetzer 30 mit Rechneinheit 32 und Timer 33 vorteilhaft, der das Freigabesignal in einem für die Fremdperipheriegeräte 25 passenden Format versenden und auch für das richtige Timing des Freischaltens der Sollwerte bzw. Abfragen der Istwerte sorgen kann, indem er selbst das Absenden der Signale entsprechend verzögert oder zumindest unterstützt, indem er den Timer 33 des Fremdperipheriegeräts
10 25 mit dem seinen abgleicht.

Im Beispiel von **Fig. 3f** ist ein Interpolationstakt dargestellt, bei dem der taktsynchron arbeitende Busumsetzer 30 sowohl die Interpolationstaktsignale t_n+T zu den Zeitpunkten T_n+T auf das Fremdbussystem 22 überträgt als auch sofort zu Beginn des
15 neuen Interpolationstakts die Istwerte $I1, I1'$ erhält. Dies kann entweder automatisch durch entsprechende Konfiguration des Fremdperipheriegeräts 25 oder durch eine zusätzlich zum Interpolationstaktsignal t_n+T versendete Anfrage des Busumsetzers 30 geschehen. In diesem Fall verfügt die Umsetzungseinheit 28 über die Fähigkeit,
20 gleichzeitig Hin- als auch Rückübersetzungen vorzunehmen, beispielsweise indem diese Aufgaben durch zwei jeweils angepasste ASICs im Busumsetzer erfüllt werden, wodurch gleichzeitig zur Rückübertragung und -übersetzung zu Beginn des Interpolationstakts auch die Sollwerte $S1, S1'$ zum Busumsetzer übertragen und übersetzt werden können. Dadurch verkürzt sich die notwendige Länge des Interpo-
25 lationstakts von etwas mehr als zwei Übersetzungsdauern 38, 39 der Fign. 3c und 3e auf etwas mehr als eine Übersetzungsdauer. Dabei sei nochmals daran erinnert, dass die Dauer der Übersetzung 38, 39 wesentlich länger ist als die sonstigen Datenübertragungen 34-37, so dass die Soll- und Istwerteübertragungen $S2, S2', S3, S3', I2, I2', I3$ problemlos parallel dazu durchgeführt werden können.

5 Patentansprüche

1. Verfahren zum Ansteuern von Peripheriegeräten (24, 25) über ein taktsynchron arbeitendes Bussystem (29),
wobei innerhalb eines Interpolationstakts Sollwerte an die Peripheriegeräte (24,
10 25) übertragen werden, Istwerte von diesen Peripheriegeräten (24, 25) zurückgegeben werden und zu einem festen Zeitpunkt innerhalb des Interpolationstakts mindestens ein für alle direkt mit dem taktsynchron arbeitenden Bussystem (29) verbundenen Peripheriegeräte (24) geltendes Freigabesignal über das taktsynchron arbeitende Bussystem (29) übertragen wird, wodurch die Sollwerte aller direkt mit dem taktsynchron arbeitenden Bussystem (29) verbundenen Peripheriegeräte (24) zeitgleich oder nahezu zeitgleich freigeschaltet werden, und
15 wobei an mindestens ein Fremdperipheriegerät (25), welches nicht mit dem taktsynchron arbeitenden Bussystem (29) kompatibel und mit diesem mittels eines Busumsetzers (23, 30) verbunden ist, zu einem festen Zeitpunkt innerhalb des Interpolationstakts ein Freigabesignal vom Busumsetzer (23, 30) übertragen wird,
20 und entweder die Übertragung dieses Freigabesignals vom Busumsetzer (23, 30) oder von einem Busmaster (20) des taktsynchron arbeitenden Bussystems (29) um eine Wartezeit verzögert wird oder die Freischaltung der Sollwerte der Peripheriegeräte (24) oder Fremdperipheriegeräte (25) um eine Wartezeit nach Erhalt des Freigabesignals verzögert wird, wodurch die Sollwerte des mindestens einen Fremdperipheriegeräts (25) zeitgleich oder nahezu zeitgleich zu den direkt mit dem taktsynchron arbeitenden Bussystem (29) verbundenen Peripheriegeräten
25 (24) freigeschaltet werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Erzeugung des Freigabesignals oder einer Anfrage zur Bestimmung von Istwerten des Fremdperipheriegeräts (25) von dem Busumsetzer (30) veranlasst wird.
30
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein Timer (33) des Busumsetzers (30) mit Timern (33) der am taktsynchron arbeitenden Bussys-

tem (29) angeschlossenen Peripheriegeräte (24) und/oder eines Busmasters (20) synchronisiert wird.

4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass von dem Busumsetzer (30) ein Freigabesignal für ein Fremdperipheriegerät (25)
5 übertragen wird, wenn auf Grund des letzten Freigabesignals sowie der Interpolationsdauer oder mindestens der letzten beiden Freigabesignale auf dem taktsynchron arbeitenden Bussystem (29) das nächste Freigabesignal auf dem taktsynchron arbeitenden Bussystem (29) erwartet wird.
5. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
10 die Peripherie- und Fremdperipheriegeräte (24, 25) innerhalb eines Fünftels des Interpolationstakts, bevorzugt in der Größenordnung des Jitters der Übersetzung durch den Busumsetzer (23, 30), freigeschaltet werden.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die
15 Sollwerte für das mindestens eine Fremdperipheriegerät (25) vom taktsynchron arbeitenden Bussystem (29) an den Busumsetzer (23, 30) zu einem festen Zeitpunkt innerhalb des Interpolationstakts übertragen werden und dann vom Fremdperipheriegerät (25) sofort nach Erhalt des vom Busumsetzer (23, 30) übertragenen Freigabesignals freigeschaltet werden.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das
20 Freigabesignal vom taktsynchron arbeitenden Bussystem (29) zu einem festen Zeitpunkt innerhalb des Interpolationstakts sowohl an alle direkt mit dem taktsynchron arbeitenden Bussystem (29) verbundenen Peripheriegeräte (24) als auch an den Busumsetzer (23, 30) des mindestens einen Fremdperipheriegeräts (25) übertragen wird und die Sollwerte der Peripherie- und/oder Fremdperipheriegeräte
25 te (24, 25) erst nach einer festen Wartezeit nach Erhalt des Freigabesignals freigeschaltet werden.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das
30 Freigabesignal vom taktsynchron arbeitenden Bussystem (29) zu einem festen Zeitpunkt innerhalb des Interpolationstakts sowohl an alle direkt mit dem taktsynchron arbeitenden Bussystem (29) verbundenen Peripheriegeräte (24) als auch

an den Busumsetzer (23, 30) übertragen wird und die Sollwerte der Peripherie- und/oder Fremdperipheriegeräte (24, 25) erst nach einer Wartezeit, die abhängig von den Zeitpunkten des Erhalts früherer Freigabesignale ist, freigeschaltet werden.

- 5 9. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Istwerte bei der Berechnung der Sollwerte die Peripherie- und/oder Fremdperipheriegeräte (24, 25) berücksichtigt werden.
10. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass innerhalb des Interpolationstakts Sollwerte oder sonstige Daten auf dem taktsyn-
10 chron arbeitenden Bussystem (29) zunächst an den Busumsetzer (30), bevorzugt an alle Busumsetzer (30) und besonders bevorzugt an die langsamsten Busumsetzer (30) in absteigender Reihenfolge ihrer Übersetzungsdauer, übertragen werden, bevor weitere Sollwerte oder sonstige Daten an alle direkt mit dem takt-
15 synchron arbeitenden Bussystem (29) verbundenen Peripheriegeräte (24) übertragen werden.
11. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass alle Peripherie- und Fremdperipheriegeräte (24, 25) ihre Istwerte zeitgleich oder nahezu zeitgleich zu einem festen Zeitpunkt innerhalb des Interpolationstakts, bevorzugt direkt nach Freischaltung der Sollwerte, bestimmen.
- 20 12. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Istwerte des Fremdperipheriegeräts (25) nach ihrer Bestimmung an den Busumsetzer (30) übertragen und von diesem übersetzt werden.
13. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Timer (33) des Fremdperipheriegeräts (25) mit einem Timer (33) des Busum-
25 setzers (30) synchronisiert wird und den Istwerten des Fremdperipheriegeräts (25) der Zeitpunkt ihrer Bestimmung durch das entsprechende Fremdperipheriegerät (25) hinzugefügt wird.
14. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass auf Seite eines Fremdbussystems (22) des Busumsetzers (30) nur Daten zwi-

schen dem jeweiligen Busumsetzer (30) und einem einzelnen Fremdperipheriegerät (25) übertragen werden.

- 5 15. Busumsetzer (30) zum Verbinden eines taktsynchron arbeitenden Bussystems (29) mit einem Fremdbussystem (22), gekennzeichnet durch einen Timer (33), der mit dem taktsynchron arbeitenden Bussystem (29) zeitlich synchronisierte Übertragungen auf dem Fremdbussystem (22) erlaubt, und eine Rechneinheit (32), die selbst Anfragen oder Freigabesignale an Fremdperipheriegeräte (25) erzeugt.
- 10 16. Busumsetzer nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass der Busumsetzer (30) in der Peripheriegeräte Reihenfolge des taktsynchron arbeitenden Bussystems (29) an eine höher priorisierte Stelle als die direkt daran angeschlossenen Peripheriegeräte (24) gesetzt ist.
- 15 17. Busumsetzer nach einem der Ansprüche 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, dass der Busumsetzer (30) auf Seite des Fremdbussystems (22) mit nur einem Fremdperipheriegerät (25) verbunden ist.
18. Busumsetzer nach einem der Ansprüche 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass der Busumsetzer (30) als ASIC umgesetzt ist.
- 20 19. Anordnung mit einer Bearbeitungsanlage (1) und mit einer numerischen Steuerungsvorrichtung (2), die über mindestens ein taktsynchron arbeitendes Bussystem (29) miteinander verbunden sind, wobei mindestens ein Fremdperipheriegerät (25), welches mit dem taktsynchron arbeitenden Bussystem (29) nichtkompatibel ist, mittels eines Busumsetzers (30) nach einem Ansprüche 15 bis 18 an das taktsynchron arbeitende Bussystem (29) angeschlossen ist.

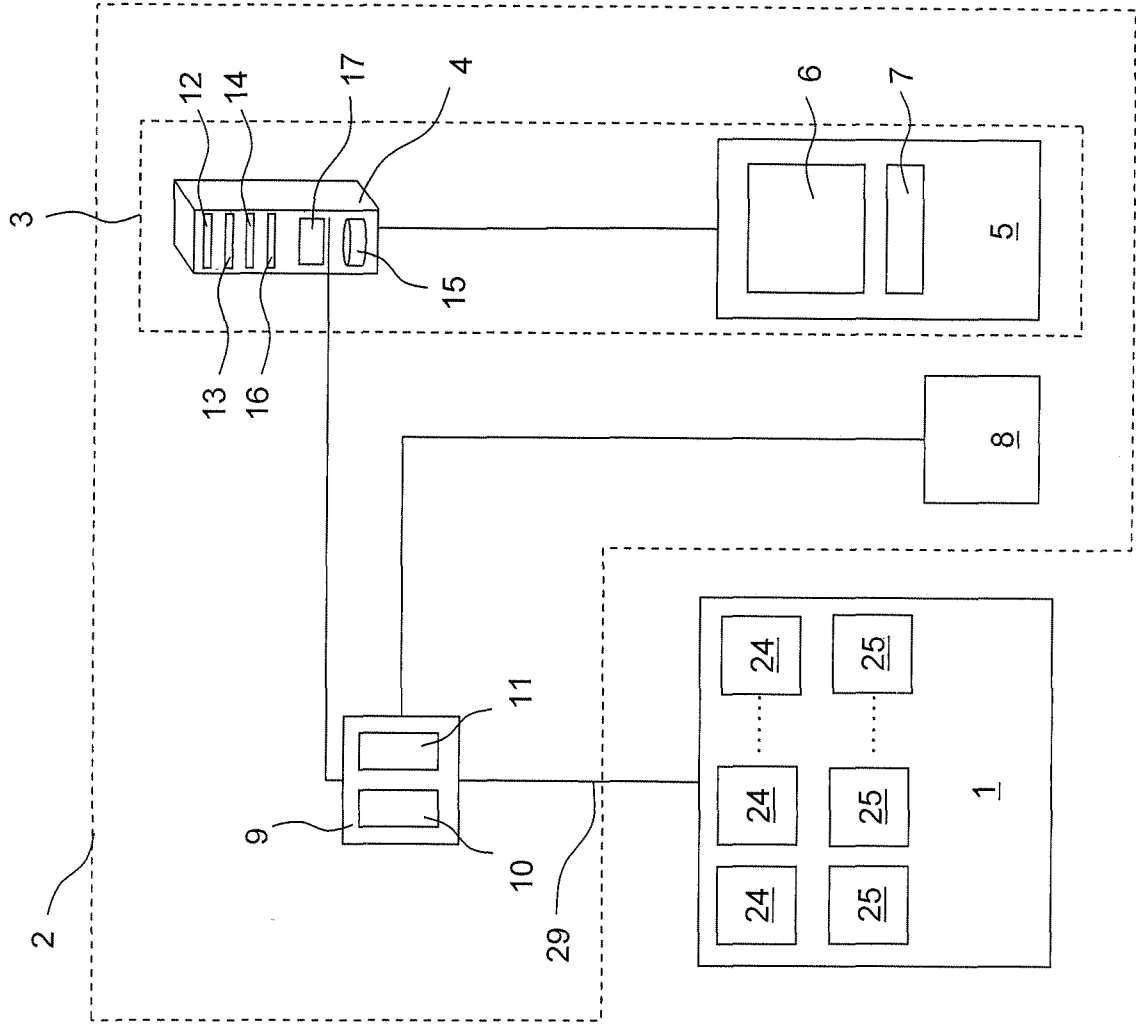


Fig. 1
(Prior Art)

2/5

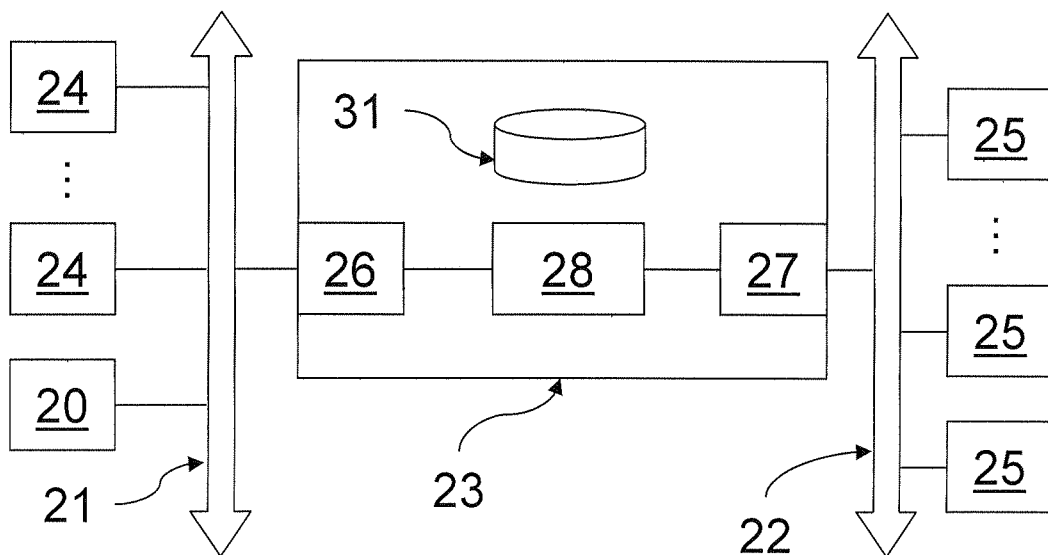


Fig. 2a
(Prior Art)

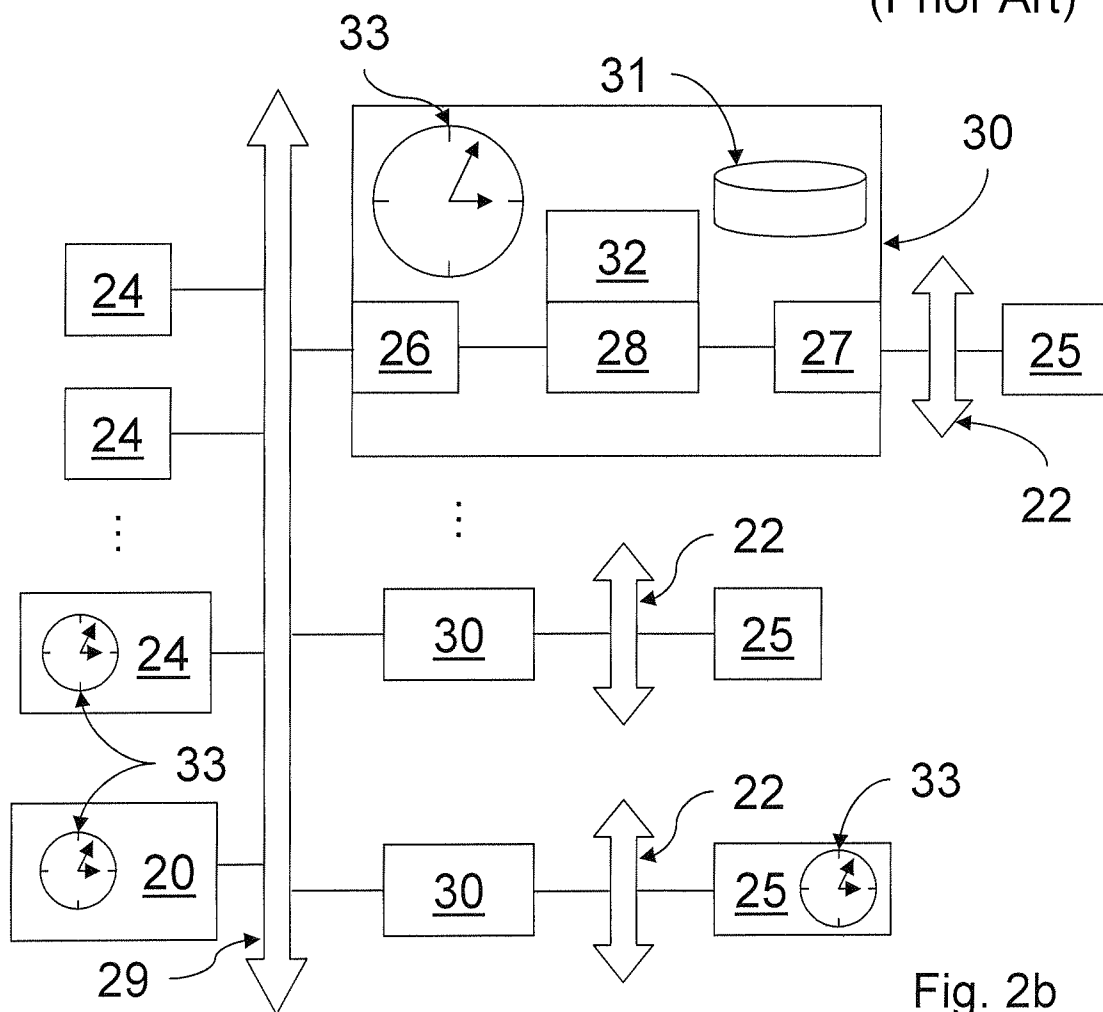
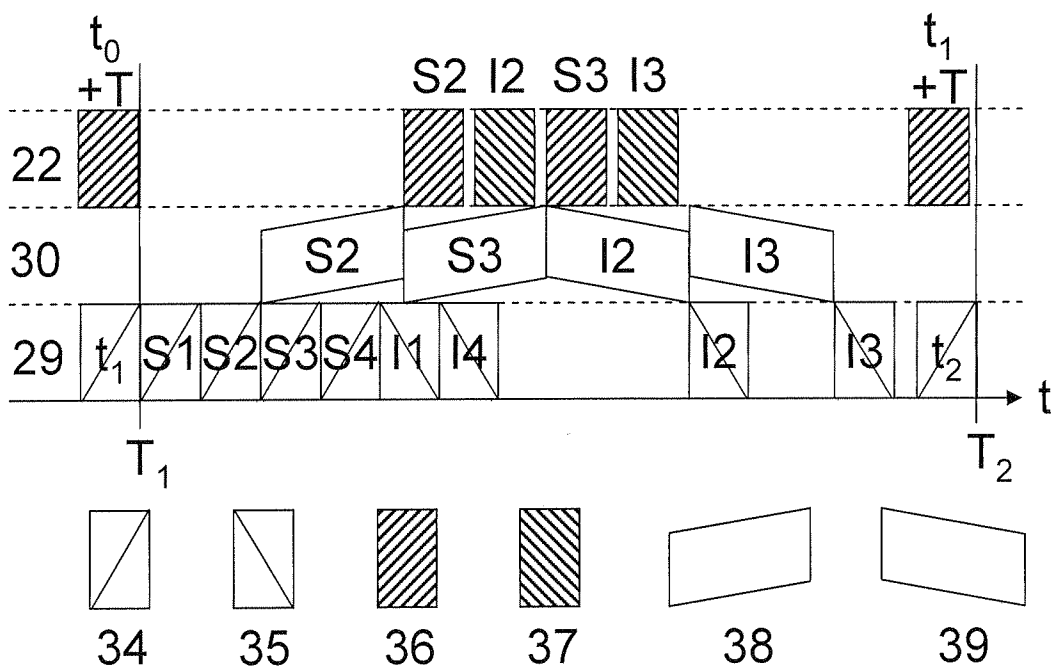
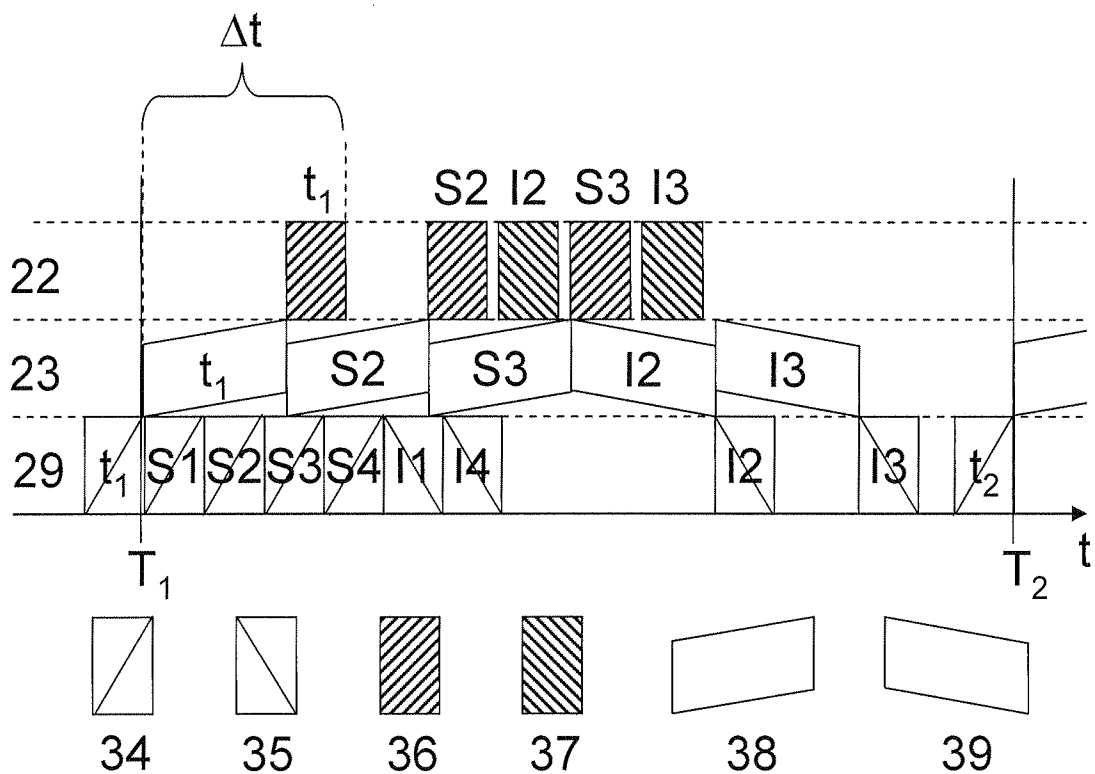


Fig. 2b

3/5



4/5

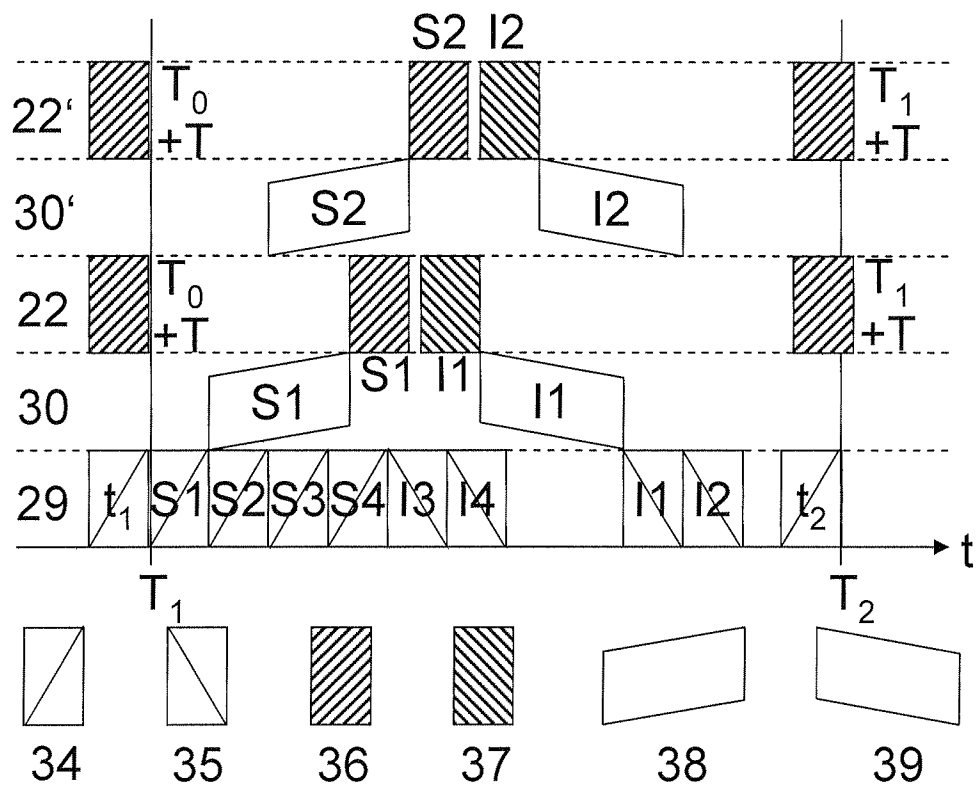


Fig. 3c

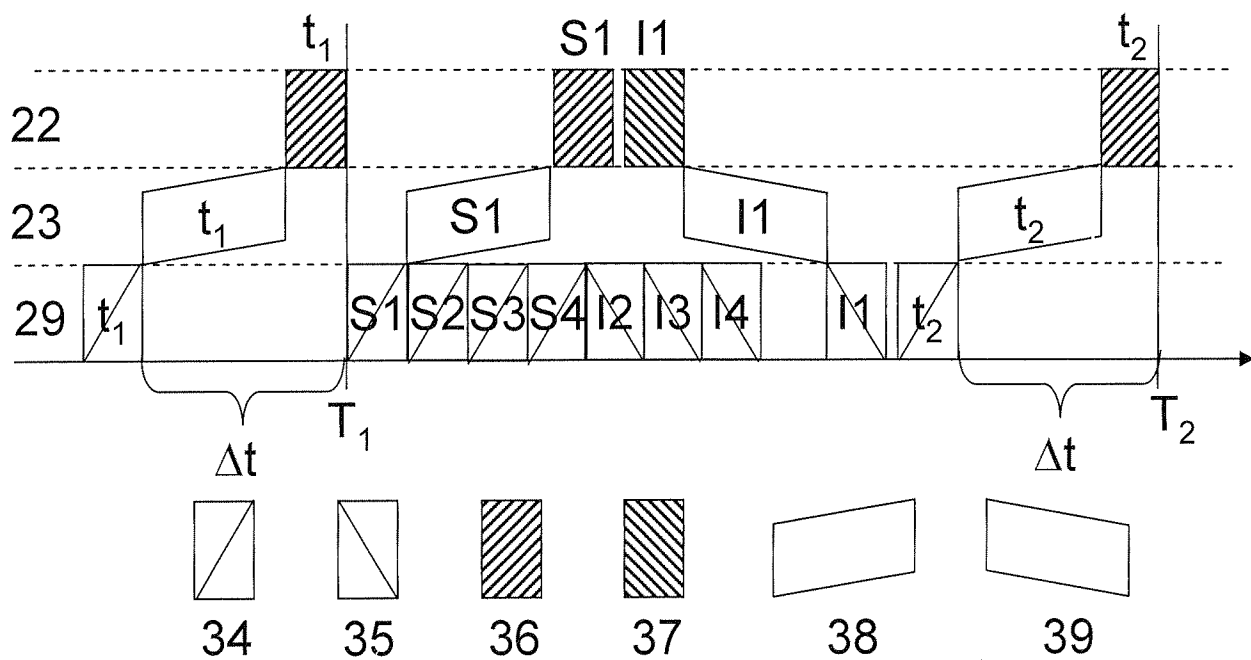


Fig. 3d

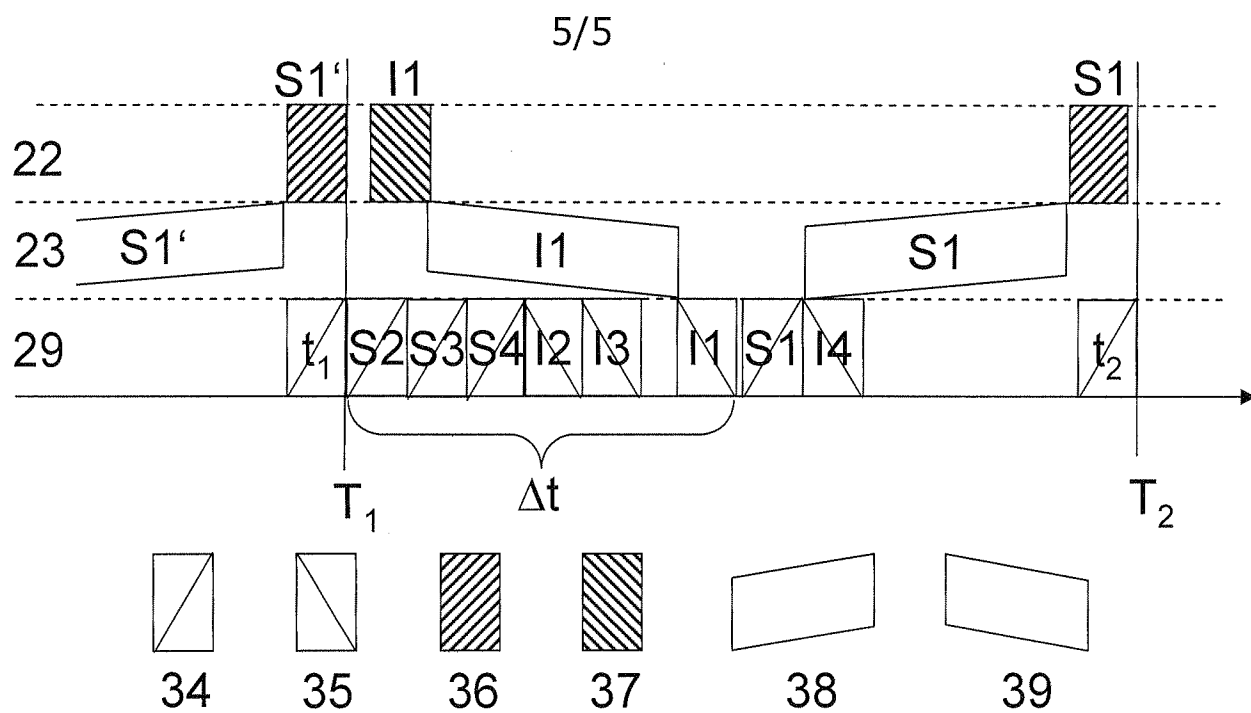


Fig. 3e

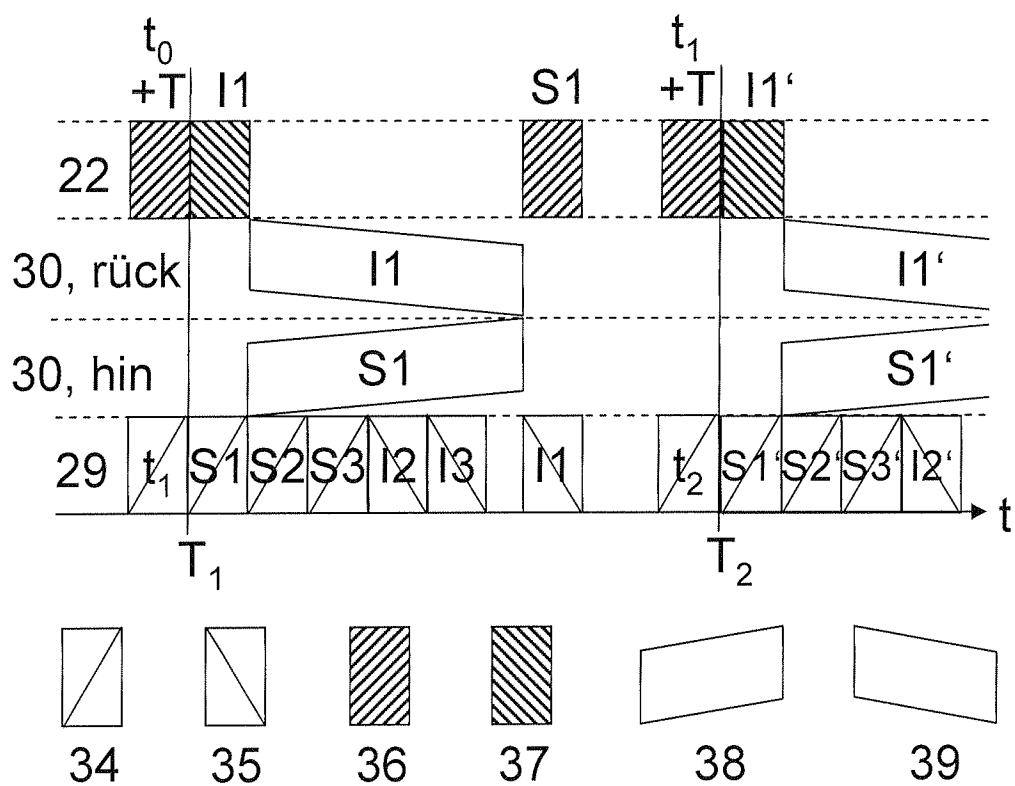


Fig. 3f

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2011/071739

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H04L12/40 H04J3/06
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H04L H04J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 101 13 261 A1 (SIEMENS AG [DE]) 26 September 2002 (2002-09-26) the whole document	1-19
X	WO 2010/116416 A1 (TOYOTA MOTOR CO LTD [JP]; ANDO HIROYA [JP]; HIRASHIMA OSAMU [JP]; SATO) 14 October 2010 (2010-10-14) the whole document & EP 2 418 806 A1 (TOYOTA MOTOR CO LTD [JP]) 15 February 2012 (2012-02-15) paragraphs [0134] - [0160]	15
A	DE 103 33 932 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 24 February 2005 (2005-02-24) the whole document	1-19



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier document but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

21 February 2012

Date of mailing of the international search report

28/02/2012

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Schneider, Gernot

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2011/071739

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 10113261	A1	26-09-2002	AT 355682 T 15-03-2006
		DE 10113261 A1	26-09-2002
		EP 1368935 A2	10-12-2003
		ES 2283546 T3	01-11-2007
		JP 4276435 B2	10-06-2009
		JP 2005520358 A	07-07-2005
		US 2002131454 A1	19-09-2002
		WO 02076033 A2	26-09-2002

WO 2010116416	A1	14-10-2010	EP 2418806 A1 15-02-2012
		US 2011235648 A1	29-09-2011
		WO 2010116416 A1	14-10-2010

DE 10333932	A1	24-02-2005	DE 10333932 A1 24-02-2005
		FR 2858075 A1	28-01-2005
		JP 4550505 B2	22-09-2010
		JP 2005045813 A	17-02-2005
		US 2005055469 A1	10-03-2005

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2011/071739

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H04L12/40 H04J3/06
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
H04L H04J

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 101 13 261 A1 (SIEMENS AG [DE]) 26. September 2002 (2002-09-26) das ganze Dokument	1-19
X	WO 2010/116416 A1 (TOYOTA MOTOR CO LTD [JP]; ANDO HIROYA [JP]; HIRASHIMA OSAMU [JP]; SATO) 14. Oktober 2010 (2010-10-14) das ganze Dokument & EP 2 418 806 A1 (TOYOTA MOTOR CO LTD [JP]) 15. Februar 2012 (2012-02-15) Absätze [0134] - [0160]	15
A	DE 103 33 932 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 24. Februar 2005 (2005-02-24) das ganze Dokument	1-19



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

21. Februar 2012

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

28/02/2012

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Schneider, Gernot

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2011/071739

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 10113261 A1	26-09-2002	AT 355682 T	15-03-2006
		DE 10113261 A1	26-09-2002
		EP 1368935 A2	10-12-2003
		ES 2283546 T3	01-11-2007
		JP 4276435 B2	10-06-2009
		JP 2005520358 A	07-07-2005
		US 2002131454 A1	19-09-2002
		WO 02076033 A2	26-09-2002

WO 2010116416 A1	14-10-2010	EP 2418806 A1	15-02-2012
		US 2011235648 A1	29-09-2011
		WO 2010116416 A1	14-10-2010

DE 10333932 A1	24-02-2005	DE 10333932 A1	24-02-2005
		FR 2858075 A1	28-01-2005
		JP 4550505 B2	22-09-2010
		JP 2005045813 A	17-02-2005
		US 2005055469 A1	10-03-2005
