

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5328076号  
(P5328076)

(45) 発行日 平成25年10月30日(2013.10.30)

(24) 登録日 平成25年8月2日(2013.8.2)

(51) Int.Cl. F I  
H04L 7/00 (2006.01) H04L 7/00 B

請求項の数 44 (全 26 頁)

|              |                               |           |                     |
|--------------|-------------------------------|-----------|---------------------|
| (21) 出願番号    | 特願2005-336149 (P2005-336149)  | (73) 特許権者 | 502425846           |
| (22) 出願日     | 平成17年11月21日(2005.11.21)       |           | ボッシュ レックスロート アクチエンゲ |
| (65) 公開番号    | 特開2006-148925 (P2006-148925A) |           | ゼルシャフト              |
| (43) 公開日     | 平成18年6月8日(2006.6.8)           |           | Bosch Rexroth AG    |
| 審査請求日        | 平成20年7月16日(2008.7.16)         |           | ドイツ連邦共和国 シュツットガルト ハ |
| (31) 優先権主張番号 | 102004055975.9                |           | イデホーフシュトラッセ 31      |
| (32) 優先日     | 平成16年11月19日(2004.11.19)       |           | Heidehofstrasse 31, |
| (33) 優先権主張国  | ドイツ(DE)                       |           | D-70184 Stuttgart,  |
|              |                               |           | Germany             |
|              |                               | (74) 代理人  | 100061815           |
|              |                               |           | 弁理士 矢野 敏雄           |
|              |                               | (74) 代理人  | 100099483           |
|              |                               |           | 弁理士 久野 琢也           |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 副ユニットを時間的に同期させる方法及び制御システム、ならびに時間同期可能な副ユニット

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

主ユニット（110；210）により制御される少なくとも2つの副ユニット（120，130；220，230）を時間的に同期させるための同期方法であって、それぞれ互いに逆の順序で各副ユニット（120，130；220，230）を正確に一度だけ通る2つの信号ライン（105，106；205，206）が設けられており、該信号ライン（105，106；205，206）は、主ユニット（110；210）により送信された信号が少なくとも前記信号ライン（105，106；205，206）のうちの1つにおいてすべての副ユニットを通り、主ユニットに帰還するように、構成されており、前記同期方法が、

主ユニット（110；210）により送信された信号が帰還するまでに要する信号通過時間を求めるステップ、及び、

すべての副ユニット（120，130；220，230）に前記信号通過時間を通知するステップ

を有している形式の同期方法において、

各副ユニットが前記2つの信号ライン（105，106；205，206）を介して少なくとも1つの制御信号を受信するように、主ユニット（110；210）からすべての副ユニット（120，130；220，230）へ少なくとも1つの制御信号を基準信号として送信し、

それにより各副ユニット（120，130；220，230）は、

第1の信号ライン(105, 205)を介して前記少なくとも1つの制御信号を受信したら第1の時間計数を開始するステップ、  
第2の信号ライン(106, 206)を介して前記少なくとも1つの制御信号を受信したら第2の時間計数を開始するステップ、  
前記2つの時間計数値を加算するステップ、  
加算された時間計数値を通知された信号通過時間と比較するステップ、  
加算された時間計数値が通知された信号通過時間に等しくなる又は該信号通過時間を超えると直ちに該時間計数値を読み取るステップ  
を実行し、

各信号ライン(105, 106; 205, 206)に関して、各副ユニット(120, 130; 220, 230)に対する同期信号(125, 145)を生成するための時間補正パラメータを読み取られた少なくとも1つの計数値に設定し、

時間同期を行うために、副ユニット(120, 130; 220, 230)は、前記信号ライン(105, 106)の1つの信号ラインを介してトリガ信号を受信すると、副ユニット(120, 130; 220, 230)の側で前記1つの信号ライン(105, 106)に割り当てられた待ち時間に相当する前記時間補正パラメータを考慮して、当該待ち時間の経過後に同期信号を出力する、

ことを特徴とする副ユニット(120, 130; 220, 230)を時間的に同期させるための同期方法。

【請求項2】

各副ユニット(120, 130; 220, 230)が各信号ライン(105, 106; 205, 206)に関してそれぞれ1つの時間補正パラメータを求める、請求項1記載の同期方法。

【請求項3】

主ユニット(110; 210)が同期信号生成のトリガ信号として使用される制御信号を副ユニット(120, 130; 220, 230)に送信する、請求項1又は2記載の同期方法。

【請求項4】

主ユニット(110, 210)は副ユニット(120, 130; 220, 230)に制御信号を送信し、副ユニットは、信号ライン(105; 205)上で制御信号を受信した後、この信号ライン(105; 205)に割り当てられた時間補正パラメータに相応する時間だけ待ち、これによりすべての副ユニットに同一の時点が通知されるようにする、請求項1から3のいずれか1項記載の同期方法。

【請求項5】

副ユニット(220, 230, 240)が主ユニット(210)を始点として互いに直列に接続されるように、2つの信号ライン(205; 206)が構成されており、主ユニットから見て最後の副ユニット(240)が一方の信号ライン(205)からの信号を他方の信号ライン(206)に伝達する、請求項1から4のいずれか1項記載の同期方法。

【請求項6】

2つの信号ライン(105, 106)の各々が、主ユニット(110)から始まり、主ユニットに帰還する2つの環状信号経路を形成する、請求項1から4のいずれか1項記載の同期方法。

【請求項7】

主ユニット(110)は前記環状信号経路のそれぞれについて信号通過時間を決定する、請求項6記載の同期方法。

【請求項8】

主ユニット(110)は両方の信号経路で同時にそれぞれ1つの制御信号を送信する、請求項6又は7記載の同期方法。

【請求項9】

信号通過時間は前記環状信号経路(105, 106)のそれぞれに対して同じである、

10

20

30

40

50

請求項 6 から 8 のいずれか 1 項記載の同期方法。

【請求項 10】

一方の信号ライン (205) での主ユニット (210) から最後の副ユニット (240) までの信号通過時間は他方の信号ライン (206) での最後の副ユニット (240) から主ユニット (210) までの信号通過時間に等しい、請求項 5 記載の同期方法。

【請求項 11】

副ユニット (120; 220) の側で一方の信号ライン (105; 205) に対して定められた時間補正パラメータは、他方の信号ライン (106; 206) での主ユニット (110; 210) からこの副ユニット (120; 220) までの信号通過時間の基準である、請求項 1 から 10 のいずれか 1 項記載の同期方法。

10

【請求項 12】

副ユニット (120, 130, 140; 220, 230, 240) はそれぞれ第 1 の時間計数の読み取られた時間計数値を第 1 の信号ライン (105; 205) に対する時間補正パラメータとして記憶し、第 2 の時間計数の読み取られた時間計数値を第 2 の信号ライン (106; 206) に対する時間補正パラメータとして記憶する、請求項 1 から 11 のいずれか 1 項記載の同期方法。

【請求項 13】

同期信号の出力をトリガ信号の主ユニット (110; 210) への帰還と同時に行う、請求項 2 から 12 のいずれか 1 項記載の同期方法。

【請求項 14】

20

前記環状信号経路 (605, 606) の信号通過時間は異なる、請求項 6 から 8 のいずれか 1 項記載の同期方法。

【請求項 15】

同期信号の出力を主ユニットへ帰還するのにより長い信号通過時間を要するトリガ信号の帰還と同時に行う、請求項 14 項記載の同期方法。

【請求項 16】

主ユニット (110; 210) が求められた信号通過時間よりも長い信号通過時間を通知する、請求項 1 から 15 のいずれか 1 項記載の同期方法。

【請求項 17】

通知された信号通過時間は、所定数の副ユニットを信号経路に追加挿入することにより得られる信号通過時間に相当する、請求項 16 記載の同期方法。

30

【請求項 18】

時間計数値を加算するステップと加算された時間計数値を通知された信号通過時間と比較するステップをそれぞれ継続的に実行する、請求項 1 から 17 のいずれか 1 項記載の同期方法。

【請求項 19】

少なくとも 2 つの副ユニット (120, 130; 220, 230) を時間的に同期させる制御システムであって、前記少なくとも 2 つの副ユニット (120, 130; 220, 230) を制御する主ユニット (110; 210) を有し、それぞれ互いに逆の順序で各副ユニット (120, 130; 220, 230) を正確に一度だけ通る 2 つの信号ライン (105, 106; 205, 206) が設けられており、該信号ライン (105, 106; 205, 206) は、主ユニット (110; 210) により送信された信号が少なくとも前記信号ライン (105, 106; 205, 206) のうちの 1 つにおいてすべての副ユニット (120, 130; 220, 230) を通り、主ユニット (110; 210) に帰還するように、構成されており、主ユニット (110; 210) が、主ユニット (110; 210) により送信された信号が帰還するまでに要する信号通過時間を求める時間測定装置と、前記信号通過時間をすべての副ユニット (120, 130; 220, 230) に通知する通信装置とを有している形式の制御システムにおいて、

40

50

前記通信装置はさらに、各副ユニット (120, 130; 220, 230) が前記2つの信号ライン (105, 106; 205, 206) を介して少なくとも1つの制御信号を受信するように、主ユニット (110; 210) からすべての副ユニット (120, 130; 220, 230) へ少なくとも1つの制御信号を基準信号として送信するよう構成されており、

各副ユニット (120, 130; 220, 230) は、  
第1の信号ライン (105, 205) を介して前記少なくとも1つの制御信号を受信して以降の第1の時間を計数する第1の時間計数器 (430)、  
第2の信号ライン (106, 206) を介して前記少なくとも1つの制御信号を受信して以降の第2の時間を計数する第2の時間計数器 (420)、及び、  
前記2つの時間計数値を加算する加算装置 (440) と、加算された時間計数値を通知された信号通過時間と比較する比較装置 (450) と、加算された時間計数値が通知された信号通過時間に等しくなると直ちに該時間計数値を読み取る装置とを備えた制御装置を有しており、

各信号ライン (105, 106; 205, 206) に関して、各副ユニット (120, 130; 220, 230) に対する同期信号 (125, 145) を生成するための時間補正パラメータが、読み取られた少なくとも1つの計数値に設定され、

副ユニット (120, 130; 220, 230) は、時間同期を行うために、前記信号ライン (105, 106) の1つの信号ラインを介してトリガ信号を受信すると、副ユニット (120, 130; 220, 230) の側で前記1つの信号ライン (105, 106) に割り当てられた待ち時間に相当する前記時間補正パラメータを考慮して、当該待ち時間の経過後に同期信号を出力するように構成されている、  
ことを特徴とする少なくとも2つの副ユニット (120, 130; 220, 230) を時間的に同期させる制御システム。

#### 【請求項20】

各副ユニット (120, 130; 220, 230) において、前記制御装置は各信号ライン (105, 106; 205, 206) に関してそれぞれ1つの時間補正パラメータを求めるように構成されている、請求項19記載の制御システム。

#### 【請求項21】

主ユニット (110; 210) の前記通信装置は、同期信号生成のトリガ信号として使用される制御信号を副ユニット (120, 130; 220, 230) に送信するように構成されている、請求項19又は20記載の制御システム。

#### 【請求項22】

主ユニット (110, 210) は副ユニット (120, 130; 220, 230) に制御信号を送信し、副ユニットは、信号ライン (105; 205) 上で制御信号を受信した後、この信号ライン (105; 205) に割り当てられた時間補正パラメータに相応する時間だけ待ち、これによりすべての副ユニットに同一の時点が通知される、請求項19から21のいずれか1項記載の制御システム。

#### 【請求項23】

副ユニット (220, 230, 240) が主ユニット (210) を始点として互いに直列に接続されるように、2つの信号ライン (205; 206) が構成されており、主ユニット (210) から見て最後の副ユニット (240) が一方の信号ライン (205) からの信号を他方の信号ライン (206) に伝達する、請求項19から22のいずれか1項記載の制御システム。

#### 【請求項24】

2つの信号ライン (105, 106) の各々が、主ユニット (110) から始まり、主ユニットに帰還する2つの環状信号経路を形成する、請求項19から22のいずれか1項記載の制御システム。

#### 【請求項25】

前記時間測定装置は前記環状信号経路 (105, 106) のそれぞれについて信号通過

10

20

30

40

50

時間を決定するように構成されている、請求項 2 4 記載の制御システム。

【請求項 2 6】

前記通信装置は両方の信号経路 (1 0 5, 1 0 6) で同時にそれぞれ 1 つの制御信号を送信する、請求項 2 4 又は 2 5 記載の制御システム。

【請求項 2 7】

信号通過時間は前記環状信号経路 (1 0 5, 1 0 6) のそれぞれに対して同じである、請求項 2 4 から 2 6 のいずれか 1 項記載の制御システム。

【請求項 2 8】

一方の信号ライン (2 0 5) での主ユニット (2 1 0) から最後の副ユニット (2 4 0) までの信号通過時間は、他方の信号ライン (2 0 6) での最後の副ユニット (2 4 0) から主ユニット (2 1 0) までの信号通過時間に等しい、請求項 2 3 記載の制御システム。

10

【請求項 2 9】

副ユニット (1 2 0, 1 3 0, 1 4 0; 2 2 0, 2 3 0, 2 4 0) の側で一方の信号ライン (1 0 5; 2 0 5) に対して定められた時間補正パラメータは、他の信号ライン (1 0 6; 2 0 6) での主ユニット (1 1 0; 2 1 0) からこの副ユニット (1 2 0, 1 3 0, 1 4 0; 2 2 0, 2 3 0, 2 4 0) までの信号通過時間の基準である、請求項 1 9 から 2 8 のいずれか 1 項記載の制御システム。

【請求項 3 0】

副ユニット (1 2 0, 1 3 0, 1 4 0; 2 2 0, 2 3 0, 2 4 0) は、第 1 の時間計数器 (4 3 0) の読み取られた時間計数値を第 1 の信号ライン (1 0 5; 2 0 5) に対する時間補正パラメータとして記憶するため、ならびに、第 2 の時間計数器 (4 2 0) の読み取られた時間計数値を第 2 の信号ライン (1 0 6; 2 0 6) に対する時間補正パラメータとして記憶するために、それぞれ 1 つのメモリを有している、請求項 1 9 から 2 9 のいずれか 1 項記載の制御システム。

20

【請求項 3 1】

すべての副ユニット (1 2 0, 1 3 0, 1 4 0; 2 2 0, 2 3 0) に対する同一時点の指定が制御信号の主ユニット (1 1 0; 2 1 0) への帰還と同時に行われる、請求項 1 9 から 3 0 のいずれか 1 項記載の制御システム。

【請求項 3 2】

前記環状信号経路 (6 0 5, 6 0 6) の信号通過時間は異なる、請求項 2 6 から 2 8 のいずれか 1 項記載の制御システム。

30

【請求項 3 3】

すべての副ユニット (1 2 0, 1 3 0, 1 4 0; 2 2 0, 2 3 0) に対する同一時点の指定は主ユニットへ帰還するのにより長い信号通過時間を必要とする制御信号の帰還と同時に行われる、請求項 3 2 項記載の制御システム。

【請求項 3 4】

主ユニット (1 1 0; 2 1 0) が求められた信号通過時間よりも長い信号通過時間を通知する、請求項 1 9 から 3 3 のいずれか 1 項記載の制御システム。

【請求項 3 5】

通知された信号通過時間は、所定数の副ユニットを信号経路に追加挿入することにより得られる信号通過時間に相当する、請求項 3 4 記載の制御システム。

40

【請求項 3 6】

前記加算装置 (4 4 0) は継続的に時間計数値を加算し、前記比較装置 (4 5 0) は加算された時間計数値を通知された信号通過時間と継続的に比較する、請求項 1 9 から 3 5 のいずれか 1 項記載の制御システム。

【請求項 3 7】

制御システム (1 0 0; 2 0 0; 5 0 0; 6 0 0) の時間同期可能な副ユニットであって、該副ユニットは主ユニット (1 1 0; 2 1 0) により制御され、2 つの信号ライン (1 0 5, 1 0 6; 2 0 5, 2 0 6) が前記副ユニットを通り、前記副ユニットは主ユニッ

50

ト（１１０；２１０）により通知される信号通過時間を受信し、さらに、両方の信号ライン（１０５，１０６；２０５，２０６）を介して、主ユニットが少なくとも１つの制御信号の形態で前記副ユニットに送信する基準信号を受信するものである形式の副ユニットにおいて、

第１の信号ライン（１０５，２０５）を介して前記基準信号を受信して以降の第１の時間を計数する第１の時間計数器（４３０）、

第２の信号ライン（１０６，２０６）を介して前記基準信号を受信して以降の第２の時間を計数する第２の時間計数器（４２０）、及び、

前記２つの時間計数値を加算する加算装置（４４０）と、加算された時間計数値を通知された信号通過時間と比較する比較装置（４５０）と、加算された時間計数値が通知された信号通過時間に等しくなると直ちに該時間計数値を読み取る装置とを備えた制御装置を有しており、

10

各信号ライン（１０５，１０６；２０５，２０６）に関して、前記副ユニットに対する同期信号（１２５，１４５）を生成するための時間補正パラメータが、読み取られた少なくとも１つの計数値に設定され、

前記副ユニット（１２０，１３０；２２０，２３０）は、時間同期を行うために、前記信号ライン（１０５，１０６）の１つの信号ラインを介してトリガ信号を受信すると、副ユニット（１２０，１３０；２２０，２３０）の側で前記１つの信号ライン（１０５，１０６）に割り当てられた待ち時間に相当する前記時間補正パラメータを考慮して、当該待ち時間の経過後に同期信号を出力するように構成されている、

20

ことを特徴とする時間同期可能な副ユニット。

【請求項３８】

前記制御装置は各信号ライン（１０５，１０６；２０５，２０６）に関してそれぞれ１つの時間補正パラメータを求めるように構成されている、請求項３７記載の副ユニット。

【請求項３９】

同期信号を生成するためのトリガ信号として使用される制御信号を主ユニット（１１０；２１０）から受信するように構成されている、請求項３７又は３８記載の副ユニット。

【請求項４０】

副ユニットは信号ライン（１０５；２０５）上で主ユニット（１１０；２１０）から制御信号を受信し、続いてこの信号ライン（１０５；２０５）に割り当てられた時間補正パラメータに相応する時間だけ待ち、これにより基準時点が指定される、請求項３７から３９のいずれか１項記載の副ユニット。

30

【請求項４１】

副ユニットの側で一方の信号ライン（１０５；２０５）に対して定められた時間補正パラメータは、他方の信号ライン（１０６；２０６）での主ユニットからこの副ユニットまでの信号通過時間の基準である、請求項３７から４０のいずれか１項記載の副ユニット。

【請求項４２】

副ユニットは第１の時間計数器（４３０）の読み取られた時間計数値を第１の信号ライン（１０５；２０５）に対する時間補正パラメータとして記憶し、第２の時間計数器（４２０）の読み取られた時間計数値を第２の信号ライン（１０６；２０６）に対する時間補正パラメータとして記憶するメモリを有している、請求項３７から４１のいずれか１項記載の副ユニット。

40

【請求項４３】

前記加算装置（４４０）は継続的に時間計数値を加算し、前記比較装置（４５０）は加算された時間計数値を通知された信号通過時間と継続的に比較する、請求項３７から４２のいずれか１項記載の副ユニット。

【請求項４４】

主ユニット（１１０；２１０）により制御される少なくとも２つの副ユニット（１２０，１３０；２２０，２３０）を時間的に同期させるための同期方法であって、それぞれ互いに逆の順序で各副ユニット（１２０，１３０；２２０，２３０）を正確に一度だけ通る

50

2つの信号ライン（105，106；205，206）が設けられており、該信号ライン（105，106；205，206）は、主ユニット（110；210）により送信された信号が少なくとも前記信号ライン（105，106；205，206）のうちの1つにおいてすべての副ユニットを通り、主ユニットに帰還するように、構成されており、前記同期方法が、

主ユニット（110；210）により送信された信号が帰還するまでに要する信号通過時間を求めるステップ、及び、

すべての副ユニット（120，130；220，230）に前記信号通過時間を通知するステップ

を有している形式の同期方法において、

10

各副ユニットが前記2つの信号ライン（105，106；205，206）を介して少なくとも1つの制御信号を受信するように、主ユニット（110；210）からすべての副ユニット（120，130；220，230）へ少なくとも1つの制御信号を基準信号として送信し、

それにより各副ユニット（120，130；220，230）は、

第1の信号ライン（105，205）を介して前記少なくとも1つの制御信号を受信したら第1の時間計数を開始するステップ、

第2の信号ライン（106，206）を介して前記少なくとも1つの制御信号を受信したら第2の時間計数を開始するステップ、

前記2つの時間計数値を加算するステップ、

20

加算された時間計数値を通知された信号通過時間と比較するステップ、

加算された時間計数値が通知された信号通過時間に等しくなる時点を求めるステップ  
を実行し、

前記副ユニット（120，130；220，230）は共通の基準時点としての前記求めた時点を基点として時間的にずらして個々の同期信号を出力する、

ことを特徴とする副ユニット（120，130；220，230）を時間的に同期させるための同期方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

30

本発明は、通信システムを介して主ユニットにより制御される複数の副ユニットを時間的に同期させる方法及び制御システムに関する。とりわけ、本発明は、複数の副ユニットに対して同期信号を時間的に同期して出力するようにした方法及び制御システムに関する。最後に、本発明は時間同期可能な副ユニットに関する。

【背景技術】

【0002】

例えばオフセット印刷設備や工作機械の技術的なプロセス及び設備を制御するためには、多数の個別システムを時間的に同期させて制御又は駆動することが必要になることが多い。印刷設備では、例えば、印刷像に欠陥のない印刷結果を保証するためには、個々の印刷ステーションの軸を時間的に非常に正確に制御しなければならない。工作機械では、高い時間的精度で個々の軸を互いに同調させて制御する必要がある。

40

【0003】

このような複雑な産業設備の制御は少なくとも分散型制御により実施される。このようにして、モジュール式電子制御装置により異なる種類の多数の制御システムを少数の基本構成要素から構成することができる。典型的には、設備の個々の構成要素に対してモジュール式の開ループ及び閉ループ回路が使用される。これらの開ループ及び閉ループ回路は、相互のデータ交換と制御局への接続を可能にするフィールドバスにより互いに接続されている。

【0004】

個々の設備構成要素の時間的に正確な協働を保証するためには、すべての開ループ及び

50

閉ループ回路において共通の時間基準を使用することができなければならない。そのようにしてはじめて、分散した個々の制御回路の間に不可欠の連係が保証される。

#### 【0005】

印刷機の制御においては、例えば、仮想的な軸信号に相当する同期信号を個々の駆動装置に供給することが通例である。機械的な駆動装置との類比から、主制御ユニットは仮想的な縦波に相当する信号を生成する。副ユニットは縦波信号からそれぞれ1つの仮想的な定常波信号を生成する。

#### 【0006】

特許文献1からは主ユニットを副ユニットと同期させる同期方法が公知である。主ユニットと副ユニットはそれぞれ固有のタイマーを内蔵している。タイマー間のずれを最小化するため、副ユニットのタイマーは規則的な間隔で主ユニットのタイマーと同期される。このために、主ユニットは送信時間を内容とする信号を2つの環状通信路を介して副ユニットに伝送する。これらの時間信号は副ユニットに達するまでに様々な遅延時間を要する。副ユニットは信号遅延時間の差を測定し、環状通信路を通る信号の循環時間を主ユニットから通知される。この循環時間から副ユニットは主ユニットからそれぞれの通信路を介して到達する時間信号の遅延時間を計算する。予想される受信時間を求めるため、主ユニットにより送信された時間情報は計算された遅延時間で補正される。予想受信時間と副ユニットにより測定された受信時間とを比較した後、副ユニットのタイマーを補正することができる。

#### 【0007】

この従来の方法の欠点は、遅延時間差を求めた後に、各副ユニットが個々の通信路のそれぞれの信号遅延時間をまた計算しなければならないことである。また、遅延時間の正しい計算を保証するために、各副ユニットは時間信号が最初にどの信号経路に達したかをさらに確認しなければならない。その上、特許文献1で提案されている方法は、各副ユニットと主ユニットが各自タイマーを有しているということに基づいている。このようなタイマーの正確さは限られているので、短時間のうちに個々のタイマーは互いにずれていく。このずれは必要とされる時間精度に比べて著しいものとなりうる。したがって、個別のタイマーを使用しているにもかかわらず、個々のユニットの事後同期が頻繁に行われる。

#### 【0008】

個々のタイマーの周期的な時間同期のためには、非特許文献1によるIEEE1588規格、略してPTP、もよく使用される。この規格は、イーサネットのようなネットワークを介して接続された多数の空間的に分散した実時間時計を同期させるための方法を規定している。PTPによれば、1つの加入機器がマスタクロックとして確立され、第1の同期テレグラムを送信し、それに続いて第1のテレグラムの正確な時点の報告を含んだフォローアップテレグラムを残りの加入機器（スレーブ）に送信する。受信する側の加入機器は、第1のテレグラム、フォローアップテレグラム、及び自らの時計に基づいて、自らの時計とマスタクロックとの間の時間差を計算し、それにより時計同期を実行する。

#### 【0009】

機械制御システムは特許文献2に記載されている。機械制御は中央制御ユニットとそれぞれ1つのアクチュエータを制御する多数の副ノードとから構成されている。各ノードは中央制御ユニットからの信号に関する遅延パラメータを記憶している。それぞれの遅延パラメータは中央制御ユニットとノードとの間の信号遅延時間に依存している。中央制御ユニットは、遅延パラメータと共同してノードにおいて制御命令の同時実行を生じさせる時間通知を送信する。中央制御ユニットから各ノードまでの信号遅延時間を求めるために、制御ユニットはデータテレグラムを各ノードに送信し、各ノードはこのデータテレグラムを返送する。信号が帰還するまでの時間から中央制御ユニットはノードまでの遅延時間を求め、これをノードに通知する。

#### 【0010】

この方法の欠点は、中央制御ユニットが各ノードまでの信号遅延時間を求め、これを個々のノードに通知するために広範囲の初期化フェーズが必要とされるということである。

【特許文献1】DE-A-199 17 354

【特許文献2】US 2002/0110155

【非特許文献1】"Precision Clock Synchronization Protocol for Networked Measurement and Control System"、IEEE 1588 規格

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

本発明の課題は、制御ユニットの時間同期を改善し、とりわけ、可能な限り容易にかつ効率的に、空間的に分散した様々な制御ユニットにおいて共通の時間システムを利用できるようにすることである。

10

【課題を解決するための手段】

【0012】

上記課題は、同期方法については、主ユニットにより制御される少なくとも2つの副ユニットを時間的に同期させるための同期方法であって、それぞれ互いに逆の順序で各副ユニットを正確に一度だけ通る2つの信号ラインが設けられており、該信号ラインは、主ユニットにより送信された信号が少なくとも前記信号ラインのうちの1つにおいてすべての副ユニットを通り、主ユニットに再び戻るように、構成されており、前記同期方法が、主ユニットにより送信された信号が帰還するまでに要する信号通過時間を求めるステップ、及び、

すべての副ユニットに前記信号通過時間を通知するステップ

20

を有している形式の同期方法において、

各副ユニットが前記2つの信号ラインを介して少なくとも1つの制御信号を受信するように、主ユニットからすべての副ユニットへ少なくとも1つの制御信号を基準信号として送信し、

それにより各副ユニットは、

第1の信号ラインを介して前記少なくとも1つの制御信号を受信したら第1の時間計数を開始するステップ、

第2の信号ラインを介して前記少なくとも1つの制御信号を受信したら第2の時間計数を開始するステップ、

前記2つの時間計数値を加算するステップ、

30

加算された時間計数値を通知された信号通過時間と比較するステップ、

加算された時間計数値が通知された信号通過時間に等しくなると直ちに該時間計数値を読み取るステップ

を実行し、

各信号ラインに関して、各副ユニットに対する時間補正パラメータを読み取られた少なくとも1つの計数値に基づいて求め、

前記時間補正パラメータを考慮して副ユニットに時間同期を行わせる、ことにより解決される。

また、制御システムについては、少なくとも2つの副ユニットを時間的に同期させる制御システムであって、前記少なくとも2つの副ユニットを制御する主ユニットを有し、それぞれ互いに逆の順序で各副ユニットを正確に一度だけ通る2つの信号ラインが設けられており、該信号ラインは、主ユニットにより送信された信号が少なくとも前記信号ラインのうちの1つにおいてすべての副ユニットを通り、主ユニットに再び戻るように、構成されており、主ユニットが、

40

主ユニットにより送信された信号が帰還するまでに要する信号通過時間を求める時間測定装置と、

前記信号通過時間をすべての副ユニットに通知する通信装置

を有している形式の制御システムにおいて、

前記通信装置はさらに、各副ユニットが前記2つの信号ラインを介して少なくとも1つの制御信号を受信するように、主ユニットからすべての副ユニットへ少なくとも1つの制

50

御信号を基準信号として送信するよう構成されており、

各副ユニットは、

第1の信号ラインを介して前記少なくとも1つの制御信号を受信して以降の第1の時間を計数する第1の時間計数器、

第2の信号ラインを介して前記少なくとも1つの制御信号を受信して以降の第2の時間を計数する第2の時間計数器、及び、

前記2つの時間計数値を加算する加算装置と、加算された時間計数値を通知された信号通過時間と比較する比較装置と、加算された時間計数値が通知された信号通過時間に等しくなると直ちに該時間計数値を読み取る装置とを備えた制御装置

を有しており、

10

各信号ラインに関して、各副ユニットに対する時間補正パラメータが、読み取られた少なくとも1つの計数値に基づいて求められ、

副ユニットは前記時間補正パラメータを考慮して時間同期を実行するように構成されている、ようにすることにより解決される。

また、副ユニットについては、制御システムの時間同期可能な副ユニットであって、該副ユニットは主ユニットにより制御され、2つの信号ラインが前記副ユニットを通り、前記副ユニットは主ユニットにより通知される信号通過時間を受信し、さらに、両方の信号ラインを介して、主ユニットが少なくとも1つの制御信号の形態で前記副ユニットに送信する基準信号を受信するものである形式の副ユニットにおいて、

第1の信号ラインを介して前記少なくとも1つの制御信号を受信して以降の第1の時間を計数する第1の時間計数器、

20

第2の信号ラインを介して前記少なくとも1つの制御信号を受信して以降の第2の時間を計数する第2の時間計数器、及び、

前記2つの時間計数値を加算する加算装置と、加算された時間計数値を通知された信号通過時間と比較する比較装置と、加算された時間計数値が通知された信号通過時間に等しくなると直ちに該時間計数値を読み取る装置とを備えた制御装置

を有しており、

各信号ラインに関して、各副ユニットに対する時間補正パラメータが、読み取られた少なくとも1つの計数値に基づいて求められ、

前記副ユニットは前記時間補正パラメータを考慮して時間同期を実行するように構成されている、ようにすることにより解決される。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

本発明の第1の側面によれば、少なくとも2つの副ユニットの時間同期のための同期方法が示される。副ユニットは主ユニットにより制御され、それぞれ互いに逆の順序で各副ユニットを正確に一度だけ通る2つの信号ラインが設けられている。さらに、これらの信号ラインは、主ユニットにより送信された信号が少なくとも前記信号ラインのうちの1つにおいてすべての副ユニットを通り、主ユニットに帰還するように、構成されている。この方法は、主ユニットにより送信された信号が帰還するまでに要する信号通過時間を求めるステップと、すべての副ユニットに前記信号通過時間を通知するステップを有している。さらに、主ユニットは、各副ユニットが前記2つの信号ラインを介して少なくとも1つの制御信号を受信するように、すべての副ユニットへ少なくとも1つの制御信号を基準信号として送信する。各副ユニットは、第1の信号ラインを介して前記少なくとも1つの制御信号を受信したら第1の時間計数を開始するステップ、第2の信号ラインを介して前記少なくとも1つの制御信号を受信したら第2の時間計数を開始するステップ、前記2つの時間計数値を加算するステップ、加算された時間計数値を通知された信号通過時間と比較するステップ、及び、加算された時間計数値が通知された信号通過時間に等しくなると直ちに該時間計数値を読み取るステップを実行する。各信号ラインに関して、各副ユニットに対する時間補正パラメータが、読み取られた少なくとも1つの計数値に基づいて求められる。副ユニットは時間補正パラメータを考慮して時間同期を行う。

40

50

## 【0014】

本発明の第2の側面によれば、請求項20による制御システムが示される。

## 【0015】

本発明の第3の側面によれば、時間同期可能な副ユニットが示される。副ユニットは主ユニットにより制御され、2つの信号ラインがこの副ユニットを通る。副ユニットは主ユニットにより通知される信号通過時間を受信する。さらに、副ユニットは両方の信号ラインを介して、主ユニットが少なくとも1つの制御信号の形態で前記副ユニットに送信する基準信号を受信する。副ユニットは、第1の信号ラインを介して前記少なくとも1つの制御信号を受信して以降の第1の時間を計数する第1の時間計数器、第2の信号ラインを介して前記少なくとも1つの制御信号を受信して以降の第2の時間を計数する第2の時間計数器、及び、前記2つの時間計数値を加算する加算装置と、加算された時間計数値を通知された信号通過時間と比較する比較装置と、加算された時間計数値が通知された信号通過時間に等しくなると直ちに該時間計数値を読み取る装置とを備えた制御装置を有している。各信号ラインに関して、各副ユニットに対する時間補正パラメータが、読み取られた少なくとも1つの計数値に基づいて求められる。副ユニットは時間補正パラメータを考慮して時間的同期を実行する。

10

## 【0016】

本発明は、各副ユニットにおいて有利には2つの時間計数器による2つの時間計数が行われるという点で優れている。言語表現を簡素化するため、以下では主に時間計数器について述べる。時間計数は主ユニットから基準信号を受信することによって活動化される。第1の時間計数は第1の信号ラインを介して基準信号を受信して以降の時間を計数し、第2の時間計数は第2の信号ラインを介して基準信号を受信して以降の時間を計数する。計数値は、計数値の合計が前もって通知された信号通過時間に達するとすぐに読み取られる。

20

## 【0017】

有利には、本発明はこれにより、信号ラインごとに決まった割当てを有する絶対測定値の簡単かつ自動的な求め方を示す。信号ラインに割り当てられた個々の時間測定値を求めるこの手順は、時間同期の補正パラメータとして時間測定値を事実上自動的かつ直接的に受け取ることができるようにする。

## 【0018】

本発明のさらなる利点は、広範囲にわたって並列して実行される計算によってこれらの時間測定値を効率的に求めることができることである。とりわけ、各副ユニットにおいて信号ラインに対して2つの個別の時間測定値が同時に生成される。さらに、有利には、すべての副ユニットは時間測定値を並列的にかつ相互に独立して求める。これにより、分散制御システムの固有冗長度と並列な構造が最適に利用される。さらに、直ちに時間同期に使える時間測定値をすべての副ユニットにおいて同時に使用することができる。

30

## 【0019】

さらなる利点としては、時間測定値の測定は主ユニットと副ユニットとの間に非常に少量のデータ転送量しか生じさせないことが挙げられる。とりわけ、時間測定値の測定は信号ラインごとに高々1つの基準信号でトリガされる。測定を実行するためにさらなるデータの遣り取りは不要である。信号通過時間は予め一度だけ主ユニットにより通知することができ、システムのトポロジーが変化したときにだけ更新すればよい。

40

## 【0020】

2つの時間信号の到着の時間差を求める従来の方法とは違って、本発明によれば、このような時間差を知ること又は求めることはどの時点においても必要ない。このような従来の方法は、時間差を求めることに続いて、付加的な測定値、すなわち、時間信号が最初にどの信号経路に達したかという情報、及びシステム全体での信号循環時間の値を要するさらに別の計算ステップを実行する。これに対して、本発明によれば、求められた時間測定値は他のパラメータを考慮せずに時間同期に使用することができる。

## 【0021】

50

本発明による時間補正パラメータの求め方は、制御システムの初期化にも、連続的なもしくは散発的な又は規則的に実行される再構成ないし時間調整にも適している。

【0022】

本発明のさらに別の側面によると、請求項47による同期方法が規定される。それに従って、副ユニットは、通知された信号通過時間の加算された時間計数値に相当する時点を探し、求めた時点に基づいて同期する。したがって、副ユニットの時間同期を行うために、例えば、必ずしも後で時間補正パラメータを求める必要がない。これにより、有利には、時間同期のための非常に効率的な自動化された方法が示される。有利には、求められた時点はすべての副ユニットにとって同一の時点に相当しているため、共通の時間基準が定められる。

10

【0023】

有利には、主ユニットが同期信号生成のトリガ信号として使用される制御信号を副ユニットに送信する。これにより、同期信号の時間同期された出力が中央で効率的に制御される。

【0024】

本発明の1つの実施形態によれば、副ユニットの側で信号ラインのうちの1つに割り当てられた時間補正パラメータは待ち時間に相当し、副ユニットはこの信号ラインを介してトリガ信号を受信するとこの待ち時間の経過後に同期信号を出力する。このようにして、副ユニットにおいて時間的に同期した同期信号を特に簡単かつ非常に正確に生成することが可能である。しかし、従来の技術とは違って、各副ユニットの内部クロックを互いに合わせる必要はない。

20

【0025】

とりわけ、制御信号の受信と待ち時間の経過後に、すべての副ユニットに対して同一の時点が定められる。これにより、低コストですべての副ユニットに共通の時間基準が定められる。この時間基準に基づいて、時間的に高精度の同期した制御タスクを実行することが可能である。

【0026】

有利には、各副ユニットは各信号ラインについて1つずつ時間補正パラメータを求める。これにより、時間補正パラメータは各々の副ユニット自体によって直接求められる。択一的には、各副ユニットの時間補正パラメータを主ユニットによって求めてもよい。このために、場合によっては、主ユニットが読み取られた時間計数値をそれぞれの副ユニットに問い合わせる必要がある。

30

【0027】

本発明による1つの実施形態では、副ユニットが主ユニットを始点として互いに直列に接続されるように、2つの信号ラインが構成されており、主ユニットから見て最後の副ユニットが一方の信号ラインからの信号を他方の信号ラインに伝達する。信号ラインのこのような構成は接続された副ユニットにおける時間パラメータの自動算出を可能にするので、同期信号の時間的に同期した出力が、システム導入時の手動での構成なしに、効率的に保証される。このトポロジーは加入機器間の信号経路が非常に長い使用形態に向いており、信号伝送に障害のあるときにも信頼性に関して危機的な状態に陥らない。

40

【0028】

別の実施形態によれば、2つの信号ラインの各々が、主ユニットから始まり、主ユニットに帰還する2つの環状信号経路を形成する。このトポロジーもまた接続された副ユニットにおける時間パラメータの自動算出を可能にするので、副ユニットにより出力される同期信号の時間的な高精度が効率的に保証される。さらに、このトポロジーは信頼性に関連した制御タスクに適している。というのも、2つの独立した信号経路によって信号伝送に冗長性があるからである。

【0029】

有利には、主ユニットが環状信号経路のそれぞれについて信号通過時間を決定する。一方では、これにより、信号経路の非対称性を認識し、それに応じてユーザへのメッセージ

50

を生成する、又は場合によっては副ユニットの適切な構成を行うことができる。他方では、信号経路の障害を突きとめ、ユーザに知らせることができる。

【0030】

2つの環状信号経路を有する上記のトポロジーを使用する場合、主ユニットが同時に2つの信号経路でそれぞれ1つの制御信号を送信することが適切である。このようにして、副ユニットでの時間補正パラメータの算出が簡素化される。というのも、計算のために送信時間のずれを考慮しなくてもよいからである。しかし、原則的に、計算は既知の時間ずれを考慮して実行することもできる。

【0031】

有利には、環状信号経路の信号通過時間はそれぞれ等しい。

10

【0032】

上記の直線状トポロジーを使用する場合、有利には、一方の信号ラインでの主ユニットから最後の副ユニットまでの信号遅延時間は、他方の信号ラインでの最後の副ユニットから主ユニットまでの信号遅延時間に等しい。

【0033】

上記2つのトポロジーでは、副ユニットと信号ラインのこのような対称的配置により、読み取られた時間計数値の特に簡単な解釈が得られ、またそれに従って、時間補正パラメータが簡単に求められる。

【0034】

有利には、副ユニットの側で一方の信号ラインに対して定められた時間補正パラメータは、他方の信号ラインでの主ユニットからこの副ユニットまでの信号遅延時間の基準である。

20

【0035】

別の有利な実施形態によれば、副ユニットはそれぞれ第1の時間計数の読み取られた時間計数値を第1の信号ラインに対する時間補正パラメータとして記憶し、第2の時間計数の読み取られた時間計数値を第2の信号ラインに対する時間補正パラメータとして記憶する。

【0036】

有利には、同期信号の出力はトリガ信号の主ユニットへの帰還と同時に行われる。これにより、主ユニットは同期信号が出力される時点に関するフィードバックを得る。同様に、制御信号の主ユニットへの帰還が各副ユニットに対して同一に求められた時点に一致するようにしてよい。

30

【0037】

別の実施形態によれば、環状信号経路の信号通過時間は異なってもよい。これにより、信号ラインに関して非対称的に形成されたトポロジーに対しても本発明による副ユニットの自動調整が適用可能になる。

【0038】

このような場合、有利には、同期信号の出力は、主ユニットへ帰還するのにより長い信号通過時間を要するトリガ信号の帰還と同時に行われる。これにより、時間的に同期した同期信号を生成し、出力するために、すべての副ユニットが適時に制御されることが保証される。同様に、より長い信号ラインでの制御信号の帰還が各副ユニットに対して同一に求められた時点に相当するようにしてもよい。

40

【0039】

別の実施形態によれば、主ユニットは求められた信号通過時間よりも長い信号通過時間を通知する。これにより、副ユニットでの信号処理時間の追加を顧慮することができる。さらに、このような時間的緩衝は後でシステムの拡張する際に有利である。

【0040】

有利には、通知された信号通過時間は、所定数の副ユニットを信号経路に追加挿入することにより得られる信号通過時間に相当する。このようにして、さらなる副ユニットの挿入を前もって考慮することができる。さらに、このようにして、同期信号生成の時間的な

50

流れを変更することなく、動作中でも副ユニットを後から制御システムに挿入することができる。

#### 【0041】

本発明によれば、時間計数値を加算するステップと加算された時間計数値を通知された信号通過時間と比較するステップはそれぞれ継続的に実行される。これにより、時間計数値の読み取りの直後に、パラメータを、すなわち、同期信号を時間的に同期して分散的に生成することを可能にする時間計数値を、使用することができる。

#### 【実施例】

#### 【0042】

図1は、第1の実施形態における本発明による制御システムの構造を図式的な形で示している。図示された制御システムは、複数の副ユニット120、130、及び140を制御するように構成された主ユニット110を有している。図1では、このような副ユニットが3つ示されている。本発明による制御システムは少なくとも2つの副ユニットを有するが、明らかにより多くの副ユニットを含んでいてもよい。

10

#### 【0043】

ここでは参照番号150及び160によって図式的に示された制御される設備の構成要素を共通の時間基準に基づいて動作させるために、副ユニットは同期信号又は時間的な精度の高い制御信号125、145を生成する。制御される設備は例えば印刷機であり、サブユニット150及び160は一般にそれぞれの駆動装置と制御ユニットとを備えた個々の印刷ステーションである。

20

#### 【0044】

主ユニット110と副ユニット120、130、及び140は2つの環状信号ライン105、106によって相互に接続されている。信号方向に関して、これらの信号ラインはそれぞれ互いに逆の順序で副ユニットを正確に一度だけ通る。

#### 【0045】

各副ユニットは信号経路105、106上でデータを受信し、自分宛てでないデータをこの信号経路上で次の副ユニットに転送する。しかし、有利には、その副ユニットに宛てられたデータも、主ユニットに帰還させるために次の副ユニットに転送される。以下では、宛先指定されたデータパケット、いわゆるデータテレグラム形態でデータを遣り取りするシステムの場合について本発明を説明する。しかし、本発明は、例えばユニットからユニットへの単純なデータ転送を介して通信を実現する他のシステムに対しても適用可能である。

30

#### 【0046】

この実施形態及び以下の実施形態では、データテレグラムはつねに同じ遅延時間で主ユニット又は副ユニットから隣接するユニットへ転送されるということが前提されている。したがって、データテレグラムの遅延時間はシステム全体によって、つまり、主ユニット110による送信から同じ信号経路上で主ユニット110に帰還するまでの時間の長さによって、同一に再現可能である。

#### 【0047】

図1に示されている実施形態では、主ユニットと副ユニットはそれぞれ4つの端子を有している。受信端子と送信端子の各2つの端子が1つのポートを形成し、それぞれのユニットは通信ケーブル上でこのポートと接続されている。

40

#### 【0048】

主ユニットは、信号ライン105上で隣の副ユニット140にデータを送信するため、ならびに、向かい合って隣接する副ユニット120からデータを受信するために、送信端子112と受信端子111(Tx/Rx)を有している。第2の信号ライン106に関しては、副ユニット120にデータを送信する又は副ユニット140からデータを受信するために、端子113及び114が設けられている。例として、副ユニット120に関して端子が記入されている。第1のポートは端子121で主ユニットからのデータを受信し、端子122で次のユニット130にデータを出力する。第2のポートは端子124で主ユ

50

ニットからのデータを受信し、端子123で主ユニットにデータを出力する。

【0049】

副ユニットにおいて同期信号を出力するための共通の時間基準を定めるために、制御システムにおいて以下の手順が実施される。まず、主ユニット110が、1つの信号ライン上で信号がすべての副ユニットを通過するのに要する循環時間を求める。このために、主ユニットは信号ライン105及び106の少なくとも一方でデータテレグラムを送信し、データテレグラムは副ユニットの各々によって受信され、同じ信号ライン上で隣接する副ユニットに転送される。データテレグラムが帰還すると、主ユニット110は送信から帰還までに経過した時間 $t_{110-110}$ を求める。主ユニットにより求められた信号通過時間 $t_{110-110}$ は測定に続いてすべての副ユニットに通知される。

10

【0050】

図3Aには、主ユニットの構造が図式的に示されている。電子制御装置399は、データテレグラムを受信、送信、及び評価するために、入／出力側111, 112, 113, 及び114の各々と接続されている。さらに、電子制御装置はデータテレグラムを送信する際に時間測定を開始し、他の端子でデータテレグラムを受信したらこの時間測定を終了し、評価することができる。

【0051】

前述のとおり、信号経路105又は106の少なくとも一方に関して信号通過時間を求めることが不可欠である。しかし、有利には、主ユニットは両方の信号経路に関して信号通過時間を求めてもよい。図1に示されている実施形態では、両方の信号ラインが対称的に配置されている、つまり、各信号ラインは同じ数の副ユニットを通る。隣接するユニット間でのテレグラムの伝送はつねに同じ伝送時間を要するという上述した条件と合わせて、両方の信号ラインに対して、データテレグラムがすべての副ユニットを通るための同一の信号通過時間が得られる。それゆえ、通常は、信号ライン105及び106の一方のみに対して信号通過時間を求めるだけで十分である。

20

【0052】

しかし、信号ラインのコンフィギュレーションが非対称である場合には、システムコンフィギュレーションを逆推論するために、両方の信号ラインに関して信号通過時間を求めることが必要なこともある。さらに、両方の信号ラインの通過時間によって、コンフィギュレーションにおける誤り又は信号ラインの障害を突きとめることもできる。

30

【0053】

通過時間をすべての副ユニットに伝送した後、主ユニットはデータテレグラムを出力する。このデータテレグラムは、基準信号としてすべての副ユニットにより受信され、それぞれの隣接する副ユニット又は主ユニットに転送される。このデータテレグラムは、有利には、主ユニットにより両方の信号ラインで、すなわち、端子112及び113で、同時に出力される。択一的には、この一基準信号として使用されるデータテレグラムの出力を既知の時間ずれを以て行ってもよい。副ユニットは、同期信号を生成する際の共通の時間基準を定めるために、この基準信号に基づいて時間補正パラメータを求める。

【0054】

副ユニットの構造をスケッチした図4に基づいて、以下では、同期信号生成のための時間補正パラメータの算出をより詳細に説明する。

40

【0055】

図示された副ユニット120は2つのポートによって信号ライン105及び106につながっている。受信端子121と送信端子122を備えた第1のポートは信号ライン106に対する接続を確立する。受信端子124と送信端子123を備えた第2のポートは信号ライン105を介した通信を可能にする。本発明によれば、副ユニット120には2つの時間計数器420及び430が設けられており、これらの時間計数器はそれぞれの信号ライン上で、つまり、端子121又は124を介して基準信号を受信することにより始動する。これらの時間計数器は副ユニット120の内部に別個のユニットとして実施してよい。しかし、有利には、時間計数器は副ユニットの電子制御装置の時間計数機能として実

50

現される。副ユニットのこの機能単位又は後で説明する機能単位も同様に有利には電子制御装置内の離散的な構成要素として、また場合によってはソフトウェアとしても実現することができる。とりわけ、ただ1つの時間計数器を使用し、この時間計数器を用いて電子制御装置が基準信号の受信時点を測定し、受信時点以降に経過した時間を求めるようにすることも可能である。

#### 【0056】

加算ユニット440は時間計数器420及び430の計数値を継続的に把握し、両方の計数値の合計を求める。この合計は比較装置450に供給され、比較装置450はこの両方の計数値の合計を主ユニットにより予め通知された信号通過時間と継続的に比較する。計数値の合計が通知された信号通過時間に達する又は上回るとすぐに、時間計数器420及び430の計数値が読み取られる。副ユニットは読み取られた時間計数値に基づいて同期信号生成のための時間補正パラメータを求める。

10

#### 【0057】

それゆえ、各副ユニットは以下に説明するステップを実行する。少なくともすべての副ユニットを通る信号通過時間に相当する主ユニットから通知された信号通過時間を受信する。第1の信号ラインを介して基準信号を受信したら、第1の時間計数を開始し、第2の信号ラインを介して基準信号を受信したら、第2の時間計数を開始する。時間計数の両方の計数値を加算し、主ユニットから通知された信号通過時間と比較する。加算された計数値が通知された信号通過時間に達する又は上回るとすぐに計数値を読み取る。

20

#### 【0058】

このようにして、副ユニットは並列的に実施されるプロセスにおいて非常に簡単かつ効率的に同期信号生成のための個々の時間補正パラメータを求める。これらの時間補正パラメータは、とりわけ、データテレグラムの信号通過時間ないし制御信号の信号ライン105及び106上での主ユニットからそれぞれの副ユニットまでの信号通過時間を考慮する際に使用することができる。

#### 【0059】

以下の計算は時間計数器の読み取られた計数値の解釈を具体的に示したものであり、時間補正パラメータ算出の一例を示す。

#### 【0060】

すでに述べたとおり、2つのユニット間での伝送持続時間—したがってまた信号遅延時間—はそのつど一定であり再現可能であると見なす。さらに、両方の信号ラインで伝送持続時間は等しいものと仮定する。したがって、例えば主ユニットから副ユニット120までの区間で、信号ライン160及び信号ライン105上での個々の信号遅延時間 $\Delta t_{110-120(105)}$ 及び $\Delta t_{110-120(106)}$ に関して、

30

$$\Delta t_{110-120(106)} = \Delta t_{120-110(105)}$$

式1

が成り立つ。したがって、図1に示されている対称的なトポロジーに関しては、信号ライン105上での信号通過時間 $\Delta t_{110-110(105)}$ は信号ライン106上での信号通過時間 $\Delta t_{110-110(106)}$ に等しい。

#### 【0061】

40

$$\Delta t_{110-110(105)} = \Delta t_{110-110(106)}$$

式2

そのうえ、信号ライン105上で信号が主ユニットから副ユニット120までに要する時間 $\Delta t_{110-120(105)}$ と信号ライン106上で信号が主ユニットから副ユニット120までに要する時間 $\Delta t_{110-120(106)}$ に関して、これらの時間の合計はすべての副ユニットを通る信号通過時間に相当する：

$$\Delta t_{110-120(105)} + \Delta t_{110-120(106)} = \Delta t_{110-110(105)} + \Delta t_{110-110(106)}$$

式3

信号ライン105を介して基準信号が受信されると時間計数が開始され、信号ライン106を介して基準信号が受信されると別の時間計数が開始され、それぞれの計数値 $\Delta t_z$

50

1 0 5 及び  $\Delta t_{z 1 0 6}$  が読み取られ、計数値の合計が信号通過時間—例えば  $\Delta t_{1 1 0 - 1 1 0 (1 0 5)}$ —に達するとすぐに、読み取られた計数値の合計は、

$$\Delta t_{z 1 0 5} + \Delta t_{z 1 0 6} = \Delta t_{1 1 0 - 1 1 0 (1 0 5)}$$

式 4

となる。副ユニットにおいて両方の基準信号が受信された後の各時点に関して、とりわけ、読出し時点に関して、

$$\Delta t_{z 1 0 5} + \Delta t_{1 1 0 - 1 2 0 (1 0 5)} = \Delta t_{z 1 0 6} + \Delta t_{1 1 0 - 1 2 0 (1 0 6)}$$

式 5

が成り立つ。主ユニットからの基準信号が両方の信号ラインにおいて同時に送信されない場合には、式 5 において時間のずれを考慮しなければならない。

10

#### 【0062】

式 3 及び 4 を用いた変形により、式 5 から

$$\Delta t_{z 1 0 5} + \Delta t_{1 1 0 - 1 2 0 (1 0 5)} = \Delta t_{1 1 0 - 1 1 0 (1 0 5)}$$

式 6 a

$$\Delta t_{z 1 0 6} + \Delta t_{1 1 0 - 1 2 0 (1 0 6)} = \Delta t_{1 1 0 - 1 1 0 (1 0 5)}$$

式 6 b

ならびに

$$\Delta t_{1 1 0 - 1 2 0 (1 0 5)} = \Delta t_{z 1 0 6}$$

式 7 a

$$\Delta t_{1 1 0 - 1 2 0 (1 0 6)} = \Delta t_{z 1 0 5}$$

式 7 b

20

が得られる。つまり、これにより、信号ライン 1 0 6 に結合されたカウンタは信号ライン 1 0 5 上で主ユニットにより送られた信号に関する信号遅延時間を求める。逆に、信号ライン 1 0 5 に結合されたカウンタは信号ライン 1 0 6 上で主ユニットにより送られた信号が到着するまでの時間を求める。

#### 【0063】

すべての副ユニットにおいて共通の時間基準を定めるために、読み取られた計数値は有利には以下のように使用される。主ユニットにより生成されたデータテレグラムが 1 つの信号ライン上ですべての副ユニットに対してトリガ信号として伝送される。各副ユニットは、トリガ信号を受信した後、所定の期間だけ待つ。所定の信号ラインを介してトリガ信号を受信した後の待ち時間は、この信号ラインに結合されたカウンタの読み取られた計数値に等しい。したがって、副ユニット 1 2 0 の例では、信号ライン 1 0 5 での待ち時間は時間計数器 4 3 0 の読み取られた計数値に設定される。他方で、信号ライン 1 0 6 での待ち時間は時間計数器 4 2 0 の読み取られた計数値に設定される。

30

#### 【0064】

式 6 a 及び 6 b は、トリガ信号が受信され、それぞれの待ち時間が経過する時点が、すべての副ユニットにとって同一であることを示している。各副ユニットに関して、トリガ信号が受信されるまでの信号遅延時間の合計と待ち時間は同一の時間総計（トリガ信号の出力以降）をもたらすので、上記のことが成り立つ。とりわけ、上で説明したトポロジーにおいては、待ち時間は副ユニットから主ユニットに帰還するまでの信号遅延時間に相当する。

40

#### 【0065】

したがって、有利には、副ユニットにおいて各信号ラインに対する時間補正パラメータは読み取られた計数値に設定され、時間補正パラメータはトリガ信号受信後に待ち時間として使用される。待ち時間の後、副ユニットはそれぞれ 1 つの同期信号を生成し、それと同時に同期信号は副ユニットで出力される。このようにして、すべての副ユニットにおいて同期信号の同時出力を可能にする時間補正パラメータの特に簡単な算出が行われる。

#### 【0066】

さらに、このようにして決定された時間補正パラメータは計数値の読み取り直後に副ユニットにおいて使用することができる。従来の方法とは違って、さらなる計算動作も時間

50

パラメータの伝送も必要ない。

#### 【0067】

しかし、本発明は様々な副ユニットに対して同時に同期信号を出力することに限定されない。トリガ信号になぞらえて、主ユニットにより送信されたデータテレグラムが受信され、相応する待ち時間が経過した後、上で説明したとおり、すべての副ユニットにおいて共通の時間基準の同一時点に達する。この時点は有利には副ユニットにより制御タスクの調整のための基準時点として使用される。こうして、例えば、副ユニットは、接続された駆動装置を制御するために、この基準時点を基点として時間的にずらして個々の同期信号又は制御信号を高い時間的精度で出力することができる。

#### 【0068】

さらに、計数値の読み取り時点も、すべての副ユニットにとって同一の、共通の時間基準の時点に一致することに注意されたい。これにより、読み取り時点を直接に基準時点として使用することができる。

#### 【0069】

図4では、副ユニット120の内部に、同期信号の出力を時間的に制御する電子制御装置が番号410で示されている。しかし、このような電子制御装置は他の計数ユニット、加算ユニット、及び比較ユニット420、430、440、450とともに共通のコントローラの中に組み込んでよい。有利には、同期信号の時間同期した出力はソフトウェアによって実施される。

#### 【0070】

副ユニット120は有利には各信号ラインに関する個々の時間補正パラメータを記憶するためのメモリを有している。有利には、上記のとおり、読み取られた時間計数値は時間補正パラメータとして記憶される。効率的で特に簡単な実施形態では、主ユニットからのデータテレグラムの受信とすべてのユニットにとって同じ時点との間の待ち時間がこの記憶された時間計数値に相応する。これにより、副ユニット間の簡単な時間同期が達成される。

#### 【0071】

これまで説明してきた実施形態では、主ユニットはすべての副ユニットを通るための信号通過時間を副ユニットに通知する。しかし、択一的に、主ユニットが求められた信号通過時間よりも長い時間値を信号通過時間として通知するようにしてもよい。この場合でも、副ユニットは上で説明した手順に従って共通の時間基準の同一の時点を求める。これにより、例えば、後から、場合によっては動作中に、さらなる副ユニットをシステムに組み入れることが可能である。このために必要な予備遅延時間は予め主ユニットによって考慮される。

#### 【0072】

さらに、比較的長い信号通過時間の伝送によって、副ユニットでの信号処理における周知の遅延を顧慮することもできる。これにより、基準時点に実行すべきタスクのための処理容量がそれぞれの副ユニットに用意されてはじめて、各副ユニットに基準時点が生じるようにすることが可能になる。

#### 【0073】

加えて、比較的長い信号通過時間を定めることによって、個々の信号ラインでの非対称な信号遅延時間を顧慮することもできる。この場合には、副ユニットにおける共通の時間スケールの同一の時点が「長い方の」信号ライン上でデータテレグラムが主ユニットに帰還する時点に一致することが望ましい。この長い方の信号ラインとは、データテレグラムがその信号ライン上で副ユニットを通過するのにより長い遅延時間を要するような信号ラインである。このように、すべての副ユニットに対して基準時点の指定が可能であることが保証される。

#### 【0074】

2つの環状信号ライン間の非対称性は、例えば図5Bに示されているように、一方の信号ラインにだけ副ユニットを追加挿入することで生じることがある。このケースでは、場合

10

20

30

40

50

によっては、所定の副ユニットに信号ラインのコンフィギュレーションに関する追加情報を通知する必要がある。

【0075】

例えば、非対称性に起因する付帯的な遅延を伴った主ユニットからのデータテレグラムを副ユニットが信号ライン上で受け取るか否かを、副ユニットに通知してもよい。そうすれば、付帯的な遅延に関係しない副ユニット、つまり、図5Bに示されている信号ライン605上で副ユニット610よりも前にある副ユニットは、遅延に関係する副ユニットと同じ基準時点に達するように、各自の時間値ないし時間補正パラメータを補正することができる。補正は、例えば、付帯的な遅延に関係する副ユニットにおいては加算された時間計数値に対する比較値を付帯的な時間遅延量だけ引き上げることによって行うことができる。

10

【0076】

択一的に、副ユニットのうちの1つにおいて、トポロジーに起因する非対称性を補償するために、信号ラインに別の信号遅延を構成してもよい。この場合、第1の実施形態で説明した方法を変更なしで使用する事ができる。

【0077】

上記の実施形態において、さらに、主ユニットが副ユニットの各々から読み取られた計数値を求めることによって副ユニットの物理的なシーケンスを決定するようにしてもよい。

【0078】

図2に関連して、本発明の第2の実施形態を説明する。この実施形態はすでに説明した第1の実施形態に非常に似ている。それゆえ、何よりもまず、以下の実施形態を先行実施形態から区別する特徴を説明する。

20

【0079】

図2に示されているように、制御システムのこの実施形態では、主ユニット210と、2つの信号ライン205及び206を介して主ユニットに接続された複数の副ユニット220、230、及び240が設けられている。本発明によれば、少なくとも2つの副ユニットが設けられる。しかし、副ユニットの数の上限は原則的に制限されていない。しかし、信号ラインは先行実施形態のように環状に主ユニットと接続されているのではなく、主ユニットから始まって次々にすべての副ユニットを通して走っている。主ユニットから見て最後の副ユニット240においては、一方の信号ライン205上で受信された信号は主ユニットに帰還する他方の信号ライン206に伝達され、再び副ユニット230及び220を通過する。

30

【0080】

最後の副ユニット240を除いて、すべての副ユニット220及び230は先行実施形態において説明した副ユニット120とまったく同じように形成され、構成される。とりわけ、これらの副ユニットはそれぞれ2つのポートを有している。これらのポートの各々は1つの信号ラインと接続されている。副ユニット220の例で示されているように、第1のポートは第1の信号ラインに対する受信端子221と送信端子222を有している。第2のポートは第2の信号ラインに対する受信端子224と送信端子223を有している。

40

【0081】

この実施形態では、主ユニット210は2つの端子のみで相応する信号ラインと接続されているという点で前に説明した主ユニット210とは異なる。図3Bに示されているように、主ユニット210のポートは端子211によって信号ライン205に信号を送信し、端子212によって信号ライン206から信号を受信するように接続されている。電子制御装置320は2つの端子211及び212を介してデータテレグラムを受信及び送信する。電子制御装置はさらに、端子211によって送信され、すべての副ユニットを通過した後に端子212に帰還するデータテレグラムの循環時間を求めることができる。主ユニット210は、両方の信号ライン205及び206を次々と通過することに相当するこ

50

の信号通過時間をすべての副ユニット 220, 230, 240 に通知する。

#### 【0082】

主ユニット 210 から見て最後の副ユニット 240 も同様に 1 つのポートのみで信号ライン 205 及び 206 と接続されている。同期信号の生成という機能の他に、この副ユニット 240 は信号ライン 205 からの信号を信号ライン 206 に転送するというタスクを有している。

#### 【0083】

同期信号の時間同期した出力のために、この実施形態では、第 1 の実施形態において説明した方法と広範囲にわたって一致する方法で時間補正パラメータを求める。時間補正パラメータを用いて、前に説明した実施形態の場合と同様に、共通の時間基準の所定の時点がすべての副ユニットにおいて指定される。このような基準時点に基づいて、副ユニット 220, 230, 及び 240 は接続されているユニットを制御するための同期信号を出力する。

#### 【0084】

時間補正パラメータの算出は、一すでに述べたとおり一前に説明した実施形態と非常に似た方法で行われる。まず、主ユニット 210 が送信端子 211 によって信号ライン 205 にデータテレグラムを送信する。このデータテレグラムは、各副ユニットによって信号ライン上で次の副ユニットに転送されるようになっている。主ユニットから延びる信号ライン 205 上で最後の副ユニット 240 に達すると、この副ユニットは主ユニットに帰還する信号ライン 206 にデータテレグラムを伝達する。主ユニットは、データテレグラムが両方の信号ラインを続けて通過するのに要する信号通過時間  $\Delta t_{210-210}$  を測定する。その際、各信号ラインにおいて最後の副ユニット 240 を除いてすべての副ユニットが一度ずつ通過される。

#### 【0085】

求めた通過時間  $t_{210-210}$  は副ユニットに通知される。

#### 【0086】

その目的で、主ユニット 210 はそこから延びる信号ライン 205 上で、副ユニットに対する基準信号として使用され、同様に両方の信号経路を続けて通過するデータテレグラムを送信する。ポートで基準信号が受信されると、副ユニット 220, 230 は時間計数器を始動させる。

#### 【0087】

すでに副ユニット 120 に関して説明したとおり、副ユニットは 2 つの時間計数器を備えている。これら時間計数器の各々は、ポートで基準信号が受信されると相応する時間計数器が始動するように、ポート内に配置されている。直線状コンフィギュレーションにおける副ユニットの構造と動作様式は、図 4 に示されている副ユニットの構造に一致する。

#### 【0088】

それゆえ、各副ユニットは、加算された時間計数値が主ユニットにより通知された信号通過時間に達するか又は上回ると、時間計数器を読み取る。これにより、時間計数値  $t_{z205}$ ,  $t_{z206}$  に関して、第 1 の実施形態と同様に、

$$\Delta t_{210-210} = t_{z205} + t_{z206}$$

式 11

であることが分かる。同様に、主ユニットにより送信された信号がそれぞれの信号ライン 205 及び 206 を介して副ユニットで受信されるまでの信号通過時間に関して、以下の式が成り立つ。ただし、これらの信号通過時間は副ユニット 220 を例として  $\Delta t_{220(205)}$ ,  $\Delta t_{220(206)}$  として表記されている。

#### 【0089】

$$\Delta t_{210-210} = \Delta t_{220(205)} + \Delta t_{220(206)}$$

式 12

上の式は 2 つの副ユニット及び主ユニットの間でのデータテレグラムの伝送における方向の対称性に基づいて成り立っている。

## 【0090】

基準信号の受信以降に副ユニットにより実行される時間計数に基づいて、式5と同様に、両方のポートで基準信号が受信されるとすぐに、

$$\Delta t_{220(205)} + \Delta t_{z205} = \Delta t_{220(206)} + \Delta t_{z206}$$

式13

が成り立つ。それゆえ、読み取り時点には副ユニット220において以下のような時間計数値が得られる：

$$\Delta t_{220(205)} + \Delta t_{z205} = \Delta t_{210-210}$$

式14a

$$\Delta t_{220(206)} + \Delta t_{z206} = \Delta t_{210-210}$$

式14b

10

及び

$$\Delta t_{220(205)} = \Delta t_{z206}$$

式15a

$$\Delta t_{220(206)} = \Delta t_{z205}$$

式15b

これらの式は、図2に示されている制御システムの各副ユニットに対して、相応して指定することができる。これらの式は、第1の実施形態に関して求められた式6a、6b及び7a、7bに相応している。

## 【0091】

20

式15a、bにおいて計算される信号遅延時間は時間補正パラメータの算出に使用することができる。しかし、有利には、求められた時間計数値が直接、時間補正パラメータとして使用される。

## 【0092】

すでに第1の実施形態に関して説明したとおり、計数値は、すべての副ユニットにおいて1つの共通の時間基準における同一の時点を選択する待ち時間として使用することができる。このような使用の場合、主ユニットは信号ライン205又は206の少なくとも一方ですべての副ユニットにトリガ信号を送信する。1つの信号ライン上でトリガ信号を受信して、所定の時間遅延の待ち時間が経過した時点は、待ち時間がこの信号ラインに割り当てられた時間計数値に一致する場合には、すべての副ユニットに対して同一の時点を選択する。このことは式14a、bから直接見てとることができる。通常は、この時間はトリガ信号の主ユニットへの帰還に一致する。

30

## 【0093】

先行実施形態において説明したとおり、主ユニットにより通知された信号通過時間は、測定された通過時間に加えて、時間的緩衝を含んでよい。

## 【0094】

主ユニット210から延びる信号ライン205上の最後の副ユニット240では、時間補正パラメータを求める際に例外が生じる。原則的に、この副ユニットは副ユニット220及び230と同じ構造を有してよい。しかし、この副ユニットは1つのポートでのみ、より正確に言えば、1つの端子でのみ基準信号を受信する。それゆえ、説明してきた計数及び比較方法を実行する際、1つのカウンタだけが始動し、時間計数値はこのカウンタが通知された信号通過時間に達するとすぐに読み取られる。この結果及び／又はポートが1つしか占有されないという事実から、副ユニットは制御システム内での自らの配置構成に関して逆推論することができる。択一的に、副ユニットが手動で相応して構成されるようにしてもよい。

40

## 【0095】

この情報に基づいて、副ユニットは適切な時間補正パラメータを設定する。このような時間補正パラメータは有利には主ユニットにより通知された信号通過時間の半分に相当する。

## 【0096】

50

図5 A及び5 Bに基づいて、以下では本発明のさらに別の実施形態を説明する。この実施形態は、とりわけ、副ユニットが2つより多くのポートを有し、したがってまた2つより多くの信号ラインを有している実施形態である。

#### 【0097】

図5 Aに示されている制御システム500の実施形態は、第1の実施形態において説明した主ユニットに相応する主ユニット110を有している。さらに、それぞれ2つの環状信号ライン505及び506を介して主ユニット110と接続された副ユニット120及び510が設けられている。副ユニット510にはさらに2つの環状信号ライン507及び508が接続されている。これらの信号ラインは1つ又は複数の別の副ユニット520に対する接続を確立する。したがって、制御システムのこのコンフィギュレーションは2つの環状部分システムのカスケードに相当する。信号507及び508に関しては、副ユニット520は下位主ユニット（サブマスター）として機能する。副ユニット520は、それぞれ1つの受信端子と送信端子とを備えた4つのポート511、512、513、及び514を有している。これらの端子は、ポート512と514との間及びポート511と513との間で信号転送が為されるように実施されている。この信号転送により、信号ライン507は信号ライン505に、信号ライン508は信号ライン506に結びつけられる。

10

#### 【0098】

時間同期した同期信号を生成するための時間補正パラメータの算出のために、副ユニット510は2つの互いに独立した部分副ユニット510a及び510bのように扱われる。ただし、一方の部分副ユニット510aは2つのポート511及び513を有し、他方の部分副ユニット510bはポート512及び514を有している。これら部分副ユニットの各々は、図4に関連してすでに説明した構造を有している。とりわけ、各々の部分副ユニット510a及び510bは、個々の信号ラインに割り当てられた2つのカウンタを有している。この観点では、この制御システムのコンフィギュレーションは第1の実施形態で説明した制御システムのコンフィギュレーションに等しい。したがって、時間補正パラメータの算出も同じ仕方で行われる。

20

#### 【0099】

2つの環状部分システムのカスケードの代わりに、多重カスケードを用いてもよい。この場合、各々の環状部分システムは他の1つの部分システムに含まれる。したがって、部分システムを互いに厳格に階層的に配置することができる。しかし、1つ又は複数の4ポート副ユニットを用いて、複数の部分システムを他の1つの部分システムに並列的に含めることも可能である。また、4つより多くのポートを有する副ユニットを使用することも考えられる。2つの一貫した環状信号ラインが部分システムの信号ラインから形成されるように信号転送と時間計数器の割当てが行われる限り、前に説明した時間補正パラメータの算出をすべての副ユニット及び場合によっては部分副ユニットに対して変更なしで実行することができる。

30

#### 【0100】

図5 Bにおいて断片的に示されている制御システム600は、図5 Aに示されている制御システム500と類似の構造を有している。この断片は、2つのポート611、612によって2つの環状信号ラインに接続された副ユニット610を示している。別のポート614には2つの直線状信号ライン607及び608が接続されている。これらの信号ライン上には複数の副ユニットを配置してよい。副ユニット610から延びる信号ライン上の最後の副ユニット620は、帰還する信号ライン608に信号を伝達する。副ユニット610にさらに別のポート613がある場合、このポートは占有されない。

40

#### 【0101】

副ユニット610の内部では信号転送規則が定められている。図示されている例では、この規則は、

611→612, 612→614, 614→611

である。したがって、信号ライン607及び608は順に信号ライン605に挿入される

50

。択一的又は付加的に、相応の転送規則を定めることにより、両方の信号ライン 6 0 7 及び 6 0 8 を信号ライン 6 0 6 に挿入してもよい。

【0 1 0 2】

この副ユニットの場合、先行実施形態による副ユニット 5 1 0 の場合と同様に、2 対のカウンタが設けられている。第 1 対のカウンタは基準信号の到達に関してポート 6 1 1 と 6 1 2 を監視する。第 2 対のカウンタはポート 6 1 1 と 6 1 4 を監視する。択一的に、第 2 対のカウンタがポート 6 1 2 及び 6 1 4 を監視するようにしてもよい。

【0 1 0 3】

これらの計数器対を使用することにより—先行実施形態において説明したように—同期信号を時間同期して生成するための時間補正パラメータを求めることができる。

10

【0 1 0 4】

要約すると、本発明は少なくとも 2 つの副ユニットの時間同期を実行するための同期方法、制御システム、及び副ユニットを示す。副ユニットと主ユニットは 2 つの信号ラインで接続されている。主ユニットにより送信された信号はすべての副ユニットを通過した後主ユニットに帰還する。各副ユニットには 2 つの互いに独立した計数器が設けられており、これらの計数器は、主ユニットにより送信された基準信号を受信することにより活動化される。なお、第 1 の時間計数器は第 1 の信号ラインを介して基準信号を受信して以降の時間を計数し、第 2 の時間計数器は第 2 の信号ラインを介して基準信号を受信して以降の時間を計数する。計数値は、計数値の合計が予め主ユニットにより通知された信号通過時間に達するとすぐに読み取られる。

20

【0 1 0 5】

有利には、本発明はこれにより、信号ラインごとに決まった割当てを有する絶対測定値の簡単かつ自動的な求め方を示す。信号ラインに割り当てられた個々の時間測定値を求めるこの手順は、時間同期の補正パラメータとして時間測定値を事実上自動的かつ直接的に受け取ることができるようにする。

【図面の簡単な説明】

【0 1 0 6】

【図 1】複数の副ユニットを備えた本発明による制御システムを環状トポロジーの例で示す。

【図 2】複数の副ユニットを備えた本発明による制御システムを直線状トポロジーの例で示す。

30

【図 3 A】図 1 に示されている制御システムを制御するのに適した主ユニットを示す。

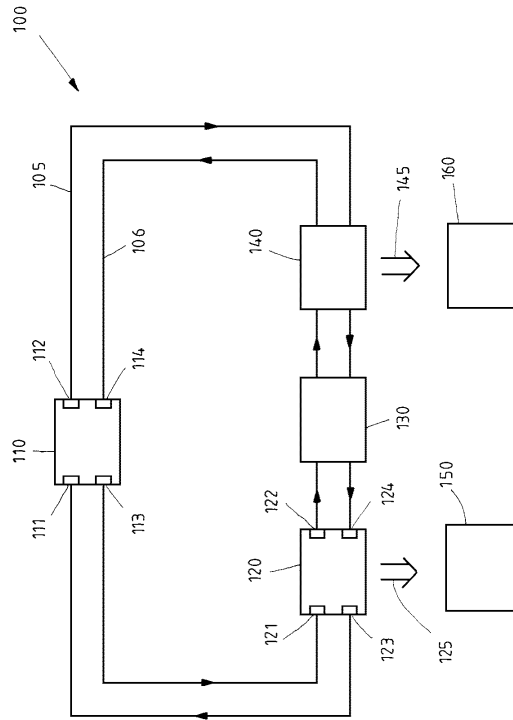
【図 3 B】図 2 に示されている制御システムを制御するのに適した主ユニットを示す。

【図 4】2 つの信号ラインに対する端子とそれぞれの信号ラインに割り当てられた 2 つの時間計数器とを備えた本発明による副ユニットを示す。

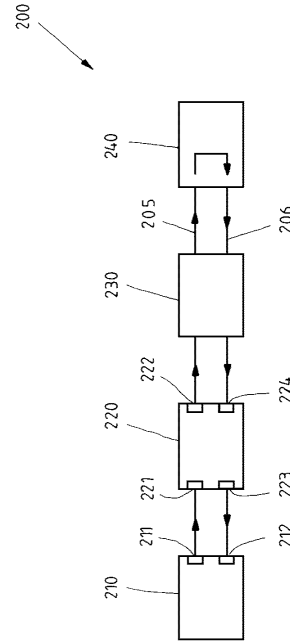
【図 5 A】環状信号経路が互いにカスケードで配置された本発明による制御システムの別の実施形態を示す。

【図 5 B】副ユニットからさらに 2 つの信号ラインが直線状に分岐する別の実施形態による本発明の制御システムの一部を示す。

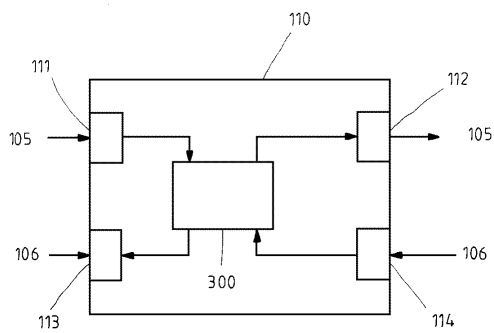
【図 1】



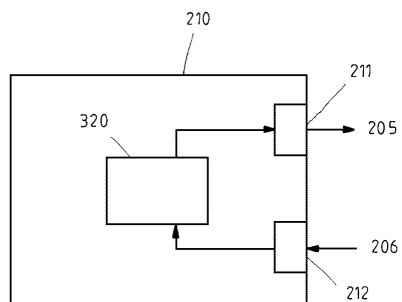
【図 2】



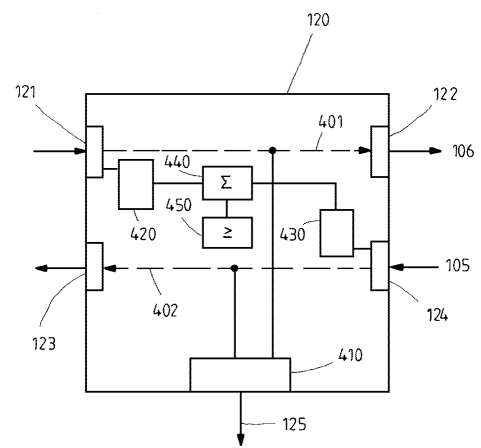
【図 3 A】



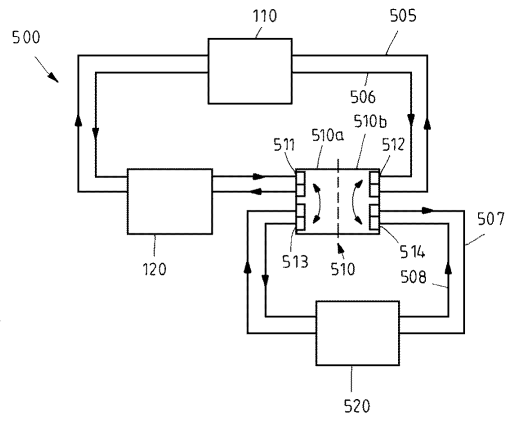
【図 3 B】



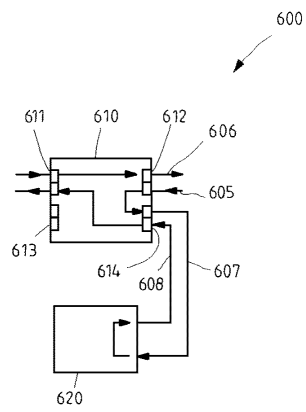
【図 4】



【図 5 A】



【図 5 B】



---

フロントページの続き

(74)代理人 100114890

弁理士 アインゼル・フェリックス＝ラインハルト

(72)発明者 リゴベルト キナスト

ドイツ連邦共和国 ローアーヴォムバッハ ゲッツェンブルネンヴェーク 4

(72)発明者 ベルナルト シュナイダー

スイス国 アサン シュマン デ クソン 3

審査官 白井 亮

(56)参考文献 特開平02-155421 (JP, A)

特開昭61-006954 (JP, A)

特開平01-302939 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04L 7/00