



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

DCモータの駆動回路であって、

上位コントローラからのクロック信号と、エンコーダからのパルス信号と、を受け、前記パルス信号にもとづく前記DCモータのロータの現在位置と、前記クロック信号にもとづく前記ロータの目標位置との差分である位置誤差値を生成する誤差検出器と、

ロジック回路で構成され、前記位置誤差値がゼロに近づくように指令値を生成するフィードバックコントローラと、

ロジック回路で構成され、前記指令値に応じた駆動信号を生成する駆動信号生成部と、を備え、ひとつの半導体基板に集積化されることを特徴とする駆動回路。

10

**【請求項 2】**

前記フィードバックコントローラは、PI（比例積分）制御器を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の駆動回路。

**【請求項 3】**

前記PI制御器の制御特性は、前記クロック信号の周波数に応じて動的に変化することを特徴とする請求項 2 に記載の駆動回路。

**【請求項 4】**

前記PI制御器の積分ゲインは一定であり、比例ゲインが前記クロック信号の周波数に応じて変化することを特徴とする請求項 3 に記載の駆動回路。

**【請求項 5】**

前記誤差検出器は、

前記クロック信号のエッジの個数の積算値に応じたターゲット値を生成する位置指令値生成部と、

前記パルス信号にもとづき、前記ロータの現在位置を示すフィードバック値を生成する位置検出値生成部と、

前記ターゲット値と前記フィードバック値の差分を生成する減算器と、を含むことを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれかに記載の駆動回路。

20

**【請求項 6】**

前記位置指令値生成部は、前記クロック信号の1エッジあたりの前記ターゲット値の変化量が複数值から選択可能であることを特徴とする請求項 5 に記載の駆動回路。

30

**【請求項 7】**

前記位置検出値生成部は、前記パルス信号の1個あたりの前記フィードバック値の変化量が複数值から選択可能であることを特徴とする請求項 5 または 6 に記載の駆動回路。

**【請求項 8】**

前記変化量を指定するための設定ピンをさらに備えることを特徴とする請求項 6 または 7 に記載の駆動回路。

**【請求項 9】**

前記DCモータを駆動するインバータを制御するブリドライバをさらに備えることを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれかに記載の駆動回路。

**【請求項 10】**

DCモータと、

前記DCモータを駆動するインバータを含むドライバと、

前記ドライバを制御する請求項 1 から 9 のいずれかに記載の駆動回路と、

を備えることを特徴とする電子機器。

40

**【請求項 11】**

上位コントローラからのクロック信号と、エンコーダからのDCモータのロータの位置を示すパルス信号と、に応じてDCモータを駆動する駆動回路であって、

前記クロック信号にもとづく前記ロータの目標位置を示す位置指令値と、前記パルス信号にもとづく前記ロータの現在位置を示す位置検出値との差分に応じた位置誤差値を生成する誤差検出器と、

50

前記位置誤差値がゼロに近づくようにトルク指令値を生成するフィードバックコントローラと、

前記トルク指令値に応じた駆動信号を生成する駆動信号生成部と、  
を備え、

回転制御モードと保持モードが切り替え可能であり、前記回転制御モードと前記保持モードとで、前記フィードバックコントローラの制御特性および前記駆動信号生成部における前記駆動信号の生成方法の少なくとも一方が切り替わることを特徴とする駆動回路。

【請求項 1 2】

前記フィードバックコントローラは P I (Proportional Integral) 制御器を含み、  
前記回転制御モードと前記保持モードとで、前記 P I 制御器の比例ゲインと積分ゲインの少なくとも一方が異なることを特徴とする請求項 1 1 に記載の駆動回路。

10

【請求項 1 3】

前記回転制御モードと前記保持モードが切り替わる際に、積分値がゼロリセットされることを特徴とする請求項 1 2 に記載の駆動回路。

【請求項 1 4】

前記クロック信号の入力状態にもとづいて、前記回転制御モードと前記保持モードを判定するモード判定部をさらに備えることを特徴とする請求項 1 1 から 1 3 のいずれかに記載の駆動回路。

【請求項 1 5】

前記モード判定部は、前記クロック信号の無入力状態の持続時間を測定するカウンタを含み、前記クロック信号の無入力状態が所定時間持続すると、前記回転制御モードから前記保持モードに移行することを特徴とする請求項 1 4 に記載の駆動回路。

20

【請求項 1 6】

前記フィードバックコントローラは、前記回転制御モードに関連する第 1 コントローラと、前記保持モードに関連する第 2 コントローラと、を含むことを特徴とする請求項 1 1 から 1 5 のいずれかに記載の駆動回路。

【請求項 1 7】

前記フィードバックコントローラは、単一のコントローラを含み、前記回転制御モードと前記保持モードとで、ゲインが変更されることを特徴とする請求項 1 1 から 1 6 のいずれかに記載の駆動回路。

30

【請求項 1 8】

前記駆動信号生成部は、前記回転制御モードにおいて、前記上位コントローラからの方向指示信号に応じて回転方向を決定し、前記保持モードにおいて、前記トルク指令値の符号にもとづいて回転方向を決定することを特徴とする請求項 1 1 から 1 7 のいずれかに記載の駆動回路。

【請求項 1 9】

前記駆動信号生成部は、  
前記トルク指令値に応じたデューティ比を有する P W M (Pulse Width Modulation) 信号を生成するパルス幅変調器と、

前記 P W M 信号とホールコンパレータの出力とにもとづいて前記駆動信号を生成する通電ロジックと、

40

を含むことを特徴とする請求項 1 1 から 1 8 のいずれかに記載の駆動回路。

【請求項 2 0】

前記 D C モータを駆動するインバータを制御するブリドライバをさらに備えることを特徴とする請求項 1 1 から 1 9 のいずれかに記載の駆動回路。

【請求項 2 1】

ひとつの半導体基板に集積化されることを特徴とする請求項 1 から 2 0 のいずれかに記載の駆動回路。

【請求項 2 2】

D C モータと、

50

前記DCモータを駆動するインバータを含むドライバと、  
前記ドライバを制御する請求項11から21のいずれかに記載の駆動回路と、  
を備えることを特徴とする電子機器。

【請求項23】

DCモータの駆動方法であって、  
上位コントローラからのクロック信号にもとづき、前記DCモータのロータの目標位置を示す位置指令値を生成するステップと、  
エンコーダからのDCモータのロータの位置を示すパルス信号にもとづき、前記ロータの現在位置を示す位置検出値を生成するステップと、  
回転制御モードと保持モードを選択するステップと、  
前記位置検出値と前記位置指令値の誤差がゼロに近づくように、トルク指令値を生成するステップであって、前記回転制御モードと前記保持モードとで、制御特性が異なるステップと、  
を備えることを特徴とする駆動方法。

10

【請求項24】

DCモータの駆動方法であって、  
上位コントローラからのクロック信号にもとづき、前記DCモータのロータの目標位置を示す位置指令値を生成するステップと、  
エンコーダからのDCモータのロータの位置を示すパルス信号にもとづき、前記ロータの現在位置を示す位置検出値を生成するステップと、  
前記位置検出値と前記位置指令値の誤差がゼロに近づくように、トルク指令値を生成するステップと、  
回転制御モードと保持モードを選択するステップと、  
前記トルク指令値にもとづいてインバータの状態を規定する駆動信号を生成するステップであって、前記回転制御モードと前記保持モードとで、前記駆動信号の生成方法が異なるステップと、  
を備えることを特徴とする駆動方法。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、DCモータの駆動回路に関する。

30

【背景技術】

【0002】

制御対象を位置決めするためにステッピングモータが用いられる。ステッピングモータの制御には、クロック信号(パルスレート信号)が用いられ、入力したクロック信号のパルス数に比例して、モータをオープンループで回転させることができ、またクロック信号を停止した状態では、モータを静止させることができる。こうした制御の容易性から、プリンタやファクシミリ、スキャナ、複合機などのOA機器、あるいは産業機器においては、ステッピングモータが多く用いられている。

40

【0003】

ところが、ステッピングモータは、静止状態においても、コイルが通電し続けるため、消費電力が大きくなるという問題がある。近年、OA機器をはじめとするさまざまなアプリケーションにおいて、低消費電力化が求められているが、ステッピングモータの消費電力が、OA機器の低消費電力化を妨げる一因となっている。

【0004】

ブラシレスDCモータは制御が複雑であるが、消費電力が小さいという特徴を有する。したがって今後、低消費電力化が求められるアプリケーションでは、ステッピングモータをDCモータに置換していくことが求められる。

【0005】

図1は、DCモータを備えるモータ駆動システムのブロック図である。このモータ駆動

50

システムでは、従来のステッピングモータと同様に、クロック信号を利用した制御インタフェースで、DCモータを制御する。モータ駆動システム100Rは、DCモータ102、上位コントローラ104、ドライバ106およびモータ制御装置800を備える。上位コントローラ104は、たとえばマイコンやCPU(Central Processing Unit)であり、DCモータ102のロータの位置を指示するクロック信号CKを生成する。モータ制御装置800もまたCPUやマイコンで構成され、ソフトウェア制御によって、クロック信号をDCモータの駆動に適合したPWM信号に変換する。ドライバ106は、三相インバータを含み、PWM信号にもとづいてDCモータ102を駆動する。このようなシステムは、たとえば特許文献1に記載される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特許第5487910号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

課題1.

CPUやマイコンは高価であるため、DCモータの制御のためのモータ制御装置800をCPUやマイコンで構成すると、機器のコストが高くなるという問題がある。

【0008】

また、モータ駆動システム100Rの設計者は、クロック信号CKの仕様、駆動対象のDCモータ102の特性等を考慮して、モータ制御装置800が実行するソフトウェアプログラムを作成する必要がある、開発コストの高騰、開発期間の長期化という問題を引き起こす。

【0009】

課題2.

多くのアプリケーションにおいて、ステッピングモータを回転動作させる期間と、回転停止させる期間(保持動作)が交互に発生する。外力がない状況では、DCモータへの給電を停止することでDCモータを静止することが可能であるが、外力が加わる状況では、DCモータに外力と釣り合うトルクを発生させる必要がある。

【0010】

本発明のある態様は、課題1および/または2を解決することが可能な駆動回路の提供にある。

【課題を解決するための手段】

【0011】

1. 本発明のある態様は、DCモータの駆動回路に関する。駆動回路は、ロジック回路で構成され、上位コントローラからのクロック信号と、エンコーダからのパルス信号と、を受け、パルス信号にもとづくロータの現在位置と、クロック信号にもとづくロータの目標位置との差分である位置誤差値を生成する誤差検出器と、ロジック回路で構成され、位置誤差値がゼロに近づくように指令値を生成するフィードバックコントローラと、ロジック回路で構成され、指令値に応じた駆動信号を生成する駆動信号生成部と、を備え、ひとつの半導体基板に集積化される。

【0012】

2. 本発明のある態様はDCモータの駆動回路に関する。駆動回路は、上位コントローラからのクロック信号と、エンコーダからのパルス信号と、に応じてDCモータを駆動する。駆動回路は、クロック信号にもとづくロータの目標位置を示す位置指令値と、パルス信号にもとづくロータの現在位置を示す位置検出値との差分に応じた位置誤差値を生成する誤差検出器と、位置誤差値がゼロに近づくようにトルク指令値を生成するフィードバックコントローラと、トルク指令値に応じた駆動信号を生成する駆動信号生成部と、を備える。駆動回路は、回転制御モードと保持モードが切りかえ可能であり、回転制御モードと

10

20

30

40

50

保持モードでフィードバックコントローラの制御特性が切り替わる。

【0013】

なお、以上の構成要素の任意の組み合わせや本発明の構成要素や表現を、方法、装置、システムなどの間で相互に置換したのもまた、本発明の態様として有効である。

【発明の効果】

【0014】

本発明のある態様によれば、安価にステッピングモータをDCモータに置換できる。また別の態様によれば、回転動作時の応答性を損なわずに、DCモータを停止させることができる。

【図面の簡単な説明】

10

【0015】

【図1】DCモータを備えるモータ駆動システムのブロック図である。

【図2】実施の形態に係る駆動ICを備えるモータ駆動システムのブロック図である。

【図3】駆動ICの構成を示すブロック図である。

【図4】ロジック回路の基本構成を示すブロック図である。

【図5】誤差検出器の動作を説明する図である。

【図6】図6(a)~(c)は、位置指令値生成部の構成例を示すブロック図である。

【図7】回転制御モードと保持モードの切り替えをサポートする駆動ICのブロック図である。

【図8】駆動ICの構成例を示すブロック図である。

20

【図9】図8の駆動ICのモードの移行を説明するタイムチャートである。

【図10】変形例4に係る駆動ICの一部のブロック図である。

【図11】休止モードをサポートする駆動ICの一部のブロック図である。

【図12】図11の駆動ICの休止モードへの移行を説明する図である。

【図13】ショートブレーキ機能を備える駆動ICの一部のブロック図である。

【図14】ブレーキコントローラのブロック図である。

【図15】図15(a)、(b)は、ブレーキコントローラの動作を説明する図である。

【図16】クロック信号CLKの周波数 $f_{CK}$ の波形図である。

【図17】モータ駆動システムの始動時のモータの回転数を示す図である。

【図18】電子ギアの機能を説明する図である。

30

【図19】電子ギアの機能を備える駆動ICのブロック図である。

【図20】電子ギアの機能を備える駆動ICのブロック図である。

【図21】モータ駆動システムを備える電子機器を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

(実施の形態の概要1)

本明細書に開示される一実施の形態は、モータ駆動回路(駆動IC)に関する。モータ駆動ICは、ロジック回路で構成され、上位コントローラからのクロック信号と、エンコーダからのパルス信号と、を受け、パルス信号にもとづくロータの現在位置と、クロック信号にもとづくロータの目標位置との差分である位置誤差値を生成する誤差検出器と、ロジック回路で構成され、位置誤差値がゼロに近づくように指令値を生成するフィードバックコントローラと、ロジック回路で構成され、指令値に応じた駆動信号を生成する駆動信号生成部と、を備え、ひとつの半導体基板に集積化される。

40

【0017】

この駆動ICを用いることにより、マイコンやCPU等が不要となり、ステッピングモータを安価にDCモータに置き換えることができ、システムの消費電力を低減できる。

【0018】

フィードバックコントローラは、PI(比例積分)制御器を含んでもよい。PI制御器の制御特性は、クロック信号の周波数に応じて動的に変化してもよい。これにより、追従性を高めることができる。

50

## 【 0 0 1 9 】

P I 制御器の積分ゲインは一定であり、比例ゲインがクロック信号の周波数に応じて変化してもよい。積分ゲインを一定とすることにより、回転数の振動を抑制できる。

## 【 0 0 2 0 】

誤差検出器は、クロック信号のエッジの個数の積算値に応じたターゲット値を生成する位置指令値生成部と、パルス信号にもとづき、ロータの現在位置を示すフィードバック値を生成する位置検出値生成部と、ターゲット値とフィードバック値の差分を生成する減算器と、を含んでもよい。

## 【 0 0 2 1 】

位置指令値生成部は、クロック信号の1エッジあたりのターゲット値の変化量が複数值から選択可能であってもよい。これにより電子ギアを実現できる。

10

## 【 0 0 2 2 】

位置検出値生成部は、パルス信号の1個あたりのフィードバック値の変化量が複数值から選択可能であってもよい。これにより電子ギアを実現できる。

## 【 0 0 2 3 】

駆動ICは、ターゲット値あるいはフィードバック値の変化量を指定するための設定ピンをさらに備えてもよい。

## 【 0 0 2 4 】

駆動ICは、DCモータを駆動するインバータを制御するブリドライバをさらに備えてもよい。

20

## 【 0 0 2 5 】

(実施の形態の概要2)

本明細書に開示される一実施の形態は、モータ駆動回路に関する。モータ駆動回路は、上位コントローラからのクロック信号と、エンコーダからのパルス信号と、に応じてDCモータを駆動する。

駆動回路は、クロック信号にもとづくロータの目標位置を示す位置指令値と、パルス信号にもとづくロータの現在位置を示す位置検出値との差分に応じた位置誤差値を生成する誤差検出器と、位置誤差値がゼロに近づくようにトルク指令値を生成するフィードバックコントローラと、トルク指令値に応じた駆動信号を生成する駆動信号生成部と、を備える。駆動回路は、回転制御モードと保持モードが切り替え可能であり、回転制御モードと保持モードでフィードバックコントローラの制御特性(制御パラメータ)が切り替わる。

30

## 【 0 0 2 6 】

回転制御モードではクロック信号にもとづく回転指令に対する追従性を重視した制御パラメータを与え、保持モードでは、追従性ではなく、安定性を重視した制御パラメータを与えることで、DCモータをステップモータのように駆動することが可能となる。

## 【 0 0 2 7 】

フィードバックコントローラはP I (Proportional Integral) 制御器を含んでもよい。回転制御モードと保持モードとで、比例ゲインと積分ゲインの少なくとも一方が異なってもよい。

## 【 0 0 2 8 】

積分値が残留した状態でモードが切り替わると、積分値がゼロになるまでトルクが発生し続け、不要な振動を引き起こしたり、制御が安定するまでの遅延が長くなる可能性がある。そこで回転制御モードと保持モードが切り替わる際に、積分値がゼロリセットすることにより、不要な振動を抑制し、あるいは安定時間を短縮できる。

40

## 【 0 0 2 9 】

駆動回路は、クロック信号の入力状態にもとづいて、回転制御モードと保持モードを判定するモード判定部をさらに備えてもよい。クロック信号の無入力状態はモータの停止指示であるから、追加の制御線を必要とせずに、回転制御モードと保持モードを切り替えることができる。

## 【 0 0 3 0 】

50

モード判定部は、クロック信号の無入力状態の持続時間を測定するカウンタを含み、クロック信号の無入力状態が所定時間持続すると、回転制御モードから保持モードに移行してもよい。

【0031】

フィードバックコントローラは、回転制御モードに関連する第1コントローラと、保持モードに関連する第2コントローラと、を含んでもよい。コントローラを2系統用意することにより、シームレスな切り替えが可能となる。

【0032】

フィードバックコントローラは、単一のコントローラを含み、回転制御モードと保持モードとで、ゲインが変更されてもよい。

【0033】

駆動信号生成部は、トルク指令値に応じたデューティ比を有するPWM (Pulse Width Modulation) 信号を生成するパルス幅変調器と、PWM信号とホールコンパレータの出力とにもとづいて駆動信号を生成する通電ロジックと、を含んでもよい。

【0034】

駆動回路はDCモータを駆動するインバータを制御するブリドライバをさらに備えてもよい。

【0035】

駆動回路は、ひとつの半導体基板に一体集積化されてもよい。「一体集積化」とは、回路の構成要素のすべてが半導体基板上に形成される場合や、回路の主要構成要素が一体集積化される場合が含まれ、回路定数の調節用に一部の抵抗やキャパシタなどが半導体基板の外部に設けられていてもよい。回路を1つのチップ上に集積化することにより、回路面積を削減することができるとともに、回路素子の特性を均一に保つことができる。

【0036】

(実施の形態)

以下、本発明を好適な実施の形態をもとに図面を参照しながら説明する。各図面に示される同一または同等の構成要素、部材、処理には、同一の符号を付するものとし、適宜重複した説明は省略する。また、実施の形態は、発明を限定するものではなく例示であって、実施の形態に記述されるすべての特徴やその組み合わせは、必ずしも発明の本質的なものであるとは限らない。

【0037】

本明細書において、「部材Aが、部材Bと接続された状態」とは、部材Aと部材Bが物理的に直接的に接続される場合や、部材Aと部材Bが、電気的な接続状態に影響を及ぼさず、あるいは機能を阻害しない他の部材を介して間接的に接続される場合も含む。

【0038】

同様に、「部材Cが、部材Aと部材Bの間に設けられた状態」とは、部材Aと部材C、あるいは部材Bと部材Cが直接的に接続される場合のほか、電気的な接続状態に影響を及ぼさず、あるいは機能を阻害しない他の部材を介して間接的に接続される場合も含む。

【0039】

図2は、実施の形態に係る駆動IC200を備えるモータ駆動システム100のブロック図である。モータ駆動システム100は、駆動IC200に加えて、DCモータ102、上位コントローラ104、ドライバ106、ホールセンサ110U~110W、エンコーダ112を備える。各信号の名称と、それが入出力されるピン(端子)、配線には同じ符号を付す。本実施の形態において駆動対象は三相DCモータである。

【0040】

上位コントローラ104はマイコンやCPU、ASIC (Application Specified IC)、FPGA (Field Programmable Gate Array) などであり、DCモータ102のロータの目標位置(以下、単にモータの位置ともいう)を示すクロック信号CLKを生成する。また上位コントローラ104は、モータの回転方向を指示する方向指示信号(CW\_\_CCW信号)を生成する。これらの信号は、駆動IC200の対応するピンCLK, CW\_\_C

10

20

30

40

50

Cに入力される。たとえばCW\_\_CCW信号のローは第1方向（たとえば時計回り）の回転指示であり、ハイは第2方向の回転指示（たとえば反時計回り）である。

【0041】

ドライバ106は三相インバータおよびシャント抵抗 $R_s$ を含む。三相インバータの各相の出力電圧 $V_U \sim V_W$ は、駆動IC200のフィードバックピン（U～W）に入力される。シャント抵抗 $R_s$ は、三相インバータに流れる電流の経路上に設けられ、電流に比例した電圧降下（検出電圧）が発生する。シャント抵抗 $R_s$ の電圧降下（電流検出信号） $V_{CL}$ は、駆動IC200のRCL（過電流検出電圧入力）ピンに入力される。電流検出信号 $V_{CL}$ は、たとえばパルスパイプルの電流制限（Current Limit）に用いることができる。

10

【0042】

ホールセンサ110U～110Wは、ロータの位置に応じた三相のホール信号HUP, HUN, HVP, HVN, HWP, HWNを生成する。これらの信号は、駆動IC200の対応するピンに入力される。

【0043】

ホールセンサ110U～110Wには、駆動IC200および外付けのトランジスタ $Q_1$ や抵抗 $R_{11}$ ,  $R_{12}$ によって生成されるホールバイアス信号 $V_{HB}$ が供給される。

【0044】

エンコーダ112は、ロータの位置に関する情報（絶対位置、相対位置もしくは変位量）を示すパルス信号（A相パルス信号EN\_\_AとB相パルス信号EN\_\_B）を生成する。これらのパルス信号は、駆動IC200の対応するピンに入力される。

20

【0045】

駆動IC200は、CLK信号、CW\_\_CCW信号、ホール信号HUP～HWN、パルス信号EN\_\_A, EN\_\_Bにもとづいて、ドライバ106を制御するためのゲート信号を生成し、UH, VH, WH, UL, VL, WLピンから出力する。

【0046】

ドライバ106のハイサイドトランジスタはNチャンネルであり、ゲート駆動のために、電源電圧 $V_{CC}$ より高い電圧が必要である。駆動IC200はチャージポンプを内蔵しており、CP1, CP2およびVGピンには、外付けのキャパシタが接続される。

【0047】

駆動IC200は、ハードウェア、すなわちロジック回路やアナログ回路の組み合わせで構成される。本明細書における「ロジック回路で構成される」とはCPUやマイコンなどのようにソフトウェア制御が不要なアーキテクチャであることを意味する。

30

【0048】

また駆動IC200の電源（VCC）ピンには電源電圧が供給され、接地（GND）ピンは接地される。

【0049】

図3は、駆動IC200の構成を示すブロック図である。駆動IC200は、複数の入力バッファBUF1～BUF4、ホールコンパレータHCMPU～HCMPW、ロジック回路300、ブリドライバ250、電源回路群260、保護回路280を備える。

40

【0050】

複数の入力バッファBUFはそれぞれ、対応するピンに入力される信号をハイ、ロー2値化する。U相のホールコンパレータHCMPUは、HUPピンとHUNピンに入力される同じU相のホール信号HUP, HUNを比較する。V相、W相のホールコンパレータHCMPV, HCMPWも同様である。入力バッファBUFおよびホールコンパレータHCMPの出力は、ロジック回路300に入力される。

【0051】

電源回路群260は、外付けの部品（図2のトランジスタ $Q_{11}$ 、抵抗 $R_{11}$ ,  $R_{12}$ ）とともにホールバイアス回路を構成するオペアンプ262、基準電圧源264を含む。ホールバイアス電圧 $V_{HB}$ は、以下の電圧レベルに安定化される。

50

$$V_{HB} = V_{REF} \times (1 + R_{11} / R_{12})$$

## 【0052】

チャージポンプ266は、CPピン、CNピン、VGピンを介して外付けのキャパシタ（図2の $C_{11}$ 、 $C_{12}$ ）接続される。チャージポンプ266には入力電圧として、電源電圧 $V_{CC}$ が供給される。チャージポンプ266は、電源電圧 $V_{CC}$ を昇圧し、VGピンに昇圧された高電圧 $V_G$ を生成する。高電圧 $V_G$ は、プリドライバ250に供給され、後段のハイサイドのトランジスタ（図2のドライバ106の上側アーム）の駆動に用いられる。

## 【0053】

電源回路268はデジタル回路用の電源電圧 $V_{REGD}$ （たとえば1.5V）を生成し、ロジック回路300に供給する。電源回路270はアナログ回路用の電源電圧 $V_{REG}$ （たとえば5V）を生成し、ロジック回路300およびプリドライバ250に供給する。

## 【0054】

保護回路280は、さまざまな保護回路を含む。TSD（Thermal Shut Down）回路282は、過熱状態を検出する。UVLO（Under Voltage Lock Out）回路284は、電源電圧 $V_{CC}$ の低い状態を検出する。OVLO（Over Voltage Lock Out）回路286は、電源電圧 $V_{CC}$ の過電圧状態を検出する。各回路の出力（検出信号）は、直接的に、あるいはORゲートを介して間接的に、ロジック回路300に入力される。

## 【0055】

オシレータ288は、システムクロック $CK_{SYS}$ を生成し、ロジック回路300に供給する。

## 【0056】

過電流検出回路290は、RCLピンに入力される検出電圧 $V_{CL}$ にもとづく過電流保護のために設けられる。OCP（Over Current Protection）コンパレータ292は、検出電圧 $V_{CL}$ をしきい値 $V_{TH}$ と比較し、 $V_{CL} > V_{TH}$ となると、OCP信号をアサート（たとえばハイ）する。OCP信号は、ロジック回路300に供給される。

## 【0057】

ロジック回路300は、ホールコンパレータHCMPや入力バッファBUFの出力にもとづいて、駆動IC200の後段に接続されるドライバ（三相インバータ）106の駆動信号を生成する。また、各異常状態における保護処理を実行する。たとえばOCP信号がアサートされると、パルスバイパルスの過電流保護をかける。保護回路280において異常が検出されると、モータの駆動を停止する。

## 【0058】

プリドライバ250は、ロジック回路300からの駆動信号およびU、V、Wピンにフィードバックされる各相のコイル端電圧 $V_U$ 、 $V_V$ 、 $V_W$ にもとづいて、後段のドライバ106を駆動する。コイル端電圧 $V_U$ 、 $V_V$ 、 $V_W$ は、ドライバ106のハイサイドトランジスタのゲート信号のローレベルの生成に使用される。

## 【0059】

以上が駆動IC200のブロック図である。続いて、ロジック回路300の構成を説明する。

## 【0060】

図4は、ロジック回路300の基本構成を示すブロック図である。ロジック回路300は、主として、誤差検出器310、フィードバックコントローラ330、駆動信号生成部340を備える。

## 【0061】

誤差検出器310は、エンコーダからのパルス信号 $EN\_A$ 、 $EN\_B$ と、上位コントローラからのクロック信号CKのパルス数の積算値との差分にもとづいて、ロータの目標位置と現在位置の誤差を示す位置誤差値ERRを生成する。

## 【0062】

誤差検出器310は、位置指令値生成部312、位置検出値生成部314、減算器31

10

20

30

40

50

6を含む。位置指令値生成部312は、クロック信号CLKおよびCW\_\_CCW信号にもとづいて、ロータの目標位置を示すターゲット値TGTを生成する。より詳しくは、位置指令値生成部312は、クロック信号CLKのポジエッジ（および/またはネガエッジ、以下、単にエッジという）の個数の積算値を生成する。

【0063】

位置検出値生成部314は、エンコーダ112からのパルス信号EN\_\_A, EN\_\_Bにもとづいて、ロータの現在位置を示すフィードバック値FBを生成する。減算器316は、ターゲット値TGTとフィードバック値FBの差分を生成する。

【0064】

フィードバックコントローラ330は、位置誤差値ERRの値がゼロに近づくように、制御指令値REFを生成する。たとえばフィードバックコントローラ330は、PI（Proportional Integral）制御器を含むことができる。制御指令値REFは、モータのトルク指令値であってもよい。

10

【0065】

駆動信号生成部340は、指令値REFに応じた駆動信号SUH, SUL, SVH, SVL, SWH, SWLを生成する。たとえば駆動信号生成部340は、パルス幅変調器342と、通電ロジック344を含む。パルス幅変調器342は、制御指令値REFに応じたデューティ比を有するPWM（Pulse Width Modulation）信号を生成する。

【0066】

通電ロジック344は、CW\_\_CCW信号にもとづいて回転方向を決定する。また通電ロジック344は、ホールコンパレータHCMPU~HCMPWにもとづいて、駆動対象の相（駆動相）を切りかえる（転流制御）。通電方式は特に限定されないが、たとえば120度通電制御（矩形波駆動）を採用することができる。そのほか、180度通電制御（正弦波駆動）などの別の方式を採用してもよい。

20

【0067】

通電ロジック344はPWM信号に応じて、駆動信号SUH, SUL, SVH, SVL, SWH, SWLのいずれかを変調する。PWM制御の方式は限定されないが、たとえばローサイ側の駆動信号SUL, SVL, SWLの論理を固定し、ハイサイドの駆動信号SUH, SVH, SWHの論理をPWM信号にもとづいて変調してもよい。反対に、ローサイドの駆動信号を変調してもよいし、両方を変調してもよい。

30

【0068】

通電ロジック344は、OCP信号にもとづいて、パルスバイパルスの電流制限をかけてもよい。具体的には、OCP信号がアサートされると、通電中のトランジスタがターンオフするように駆動信号SUH~SWH, SUL~SWLを変化させる。

【0069】

パルス幅変調器342、通電ロジック344の構成は、従来のDCモータの駆動回路のそれらと同様でよく、公知技術を用いればよい。

【0070】

図5は、誤差検出器310の動作を説明する図である。この例では、CW\_\_CCW信号をローとしている。クロック信号CLKのエッジが発生する度に、ターゲット値TGTが1増加し、その結果、位置誤差値ERRは1増加する。また、パルス信号EN\_\_AとEN\_\_Bの組み合わせによってフィードバック値FBが変化し、その結果、位置誤差値ERRが減少または増加する。

40

【0071】

図6(a)~(c)は、位置指令値生成部312の構成例を示すブロック図である。図6(a)の位置指令値生成部312は、クロック信号CLKのエッジを検出するエッジ検出回路320、エッジごとにカウントアップ/カウントダウンするカウンタ322を含む。回転方向を指示するCW\_\_CCW信号は、カウンタ322のカウントアップ、カウントダウンの選択に用いられる。カウンタ322の出力が、ターゲット値TGTとなる。

【0072】

50

図6(b)の位置指令値生成部312は、演算器324、メモリ(レジスタ)325、オペコードセクタ326を含む。演算器324は、少なくとも加算演算 $A+B$ と、減算演算 $A-B$ が、オペコード(OPECODE)に応じて切りかえ可能である。入力Aには、メモリ325の値(位置誤差値ERR)が入力され、入力Bには固定値1が入力される。オペコードセクタ326は、クロック信号CLKのエッジが検出されるたびに、オペコードを発行する。オペコードは、CW\_CCWが第1レベルのときに加算、CW\_CCW信号が第2レベルのときに減算となる。これによりメモリ325には、クロック信号CLKのエッジの個数を積算した値が格納され、これはターゲット値TGTを表す。

【0073】

図6(c)の位置指令値生成部312は、セクタ327、加算器328、メモリ329を含む。セクタ327には、値1と-1が入力されており、CW\_CCWの値に応じた一方を選択する。加算器328はクロック信号CLKのエッジに応じて動作し、セクタ327の出力と、メモリ329の値を加算し、加算結果によりメモリ329の値を更新する。これによりメモリ329には、クロック信号CLKのエッジの個数を積算した値が格納され、これはターゲット値TGTを表す。

【0074】

以上がロジック回路300の構成である。

【0075】

実施の形態に係る駆動IC200を用いることにより、従来のシステムにおけるマイコンやCPU(図1の900)が不要となるため、ステッピングモータを安価にDCモータに置き換えることができ、システムの消費電力を低減という利点を享受できる。

【0076】

続いて、駆動IC200のさらなる特徴を説明する。

【0077】

(回転制御モードと保持モード)

図7は、回転制御モードと保持モードの切り替えをサポートする駆動IC200Dのブロック図である。

【0078】

駆動IC200Dは、誤差検出器310、フィードバックコントローラ330、駆動信号生成部340に加えて、モード判定部470を備える。誤差検出器310、フィードバックコントローラ330、駆動信号生成部340の基本的な機能、動作については、図4を参照してすでに説明した。

【0079】

誤差検出器310は、位置指令値生成部312、位置検出値生成部314、減算器316を含む。位置指令値生成部312は、クロック信号CLKにもとづき、ロータの目標位置を示す位置指令値P\_TGTを生成する。位置指令値P\_TGTは、図4における位置指令値TGTに相当する。

【0080】

位置検出値生成部314は、エンコーダからのパルス信号EN\_A, EN\_Bにもとづき、ロータの現在位置を示す位置検出値P\_FBを生成する。位置検出値P\_FBは、図4のフィードバック値FBに相当する。

【0081】

位置指令値P\_TGTおよび位置検出値P\_FBは、減算器316に入力され、位置誤差値ERRが生成される。

【0082】

フィードバックコントローラ330は、位置検出値P\_FBが位置指令値P\_TGTに近づくように、すなわち位置誤差値ERRがゼロに近づくように、トルク指令値T\_REFを生成する。トルク指令値T\_REFは、図4における指令値REFに相当する。トルク指令値T\_REFは、駆動信号生成部340に供給される。

【0083】

10

20

30

40

50

駆動 IC 200D は、回転制御モードと保持モードが切りかえ可能に構成される。フィードバックコントローラ 330 の制御特性は、回転制御モードと保持モードで異なる。

【0084】

上述のように、フィードバックコントローラ 330 は P I (Proportional Integral) 制御器を含むことができる。回転制御モードと保持モードでは、比例ゲイン  $K_p$  と積分ゲイン  $K_I$  の少なくとも一方、好ましくは両方が異なる。

【0085】

典型的には、保持モードにおける比例ゲイン  $K_p$  は、回転制御モードにおける比例ゲイン  $K_p$  と等しいか、それより小さい。また保持モードにおける積分ゲイン  $K_I$  は、回転制御モードにおける積分ゲイン  $K_I$  と等しいか、それより小さい。

10

【0086】

モード判定部 470 は、クロック信号 CLK の入力状態にもとづいて、回転制御モードと保持モードを判定する。モード判定部 470 は、クロック信号 CLK の無入力状態が所定時間持続すると、回転制御モードから保持モードに移行する。また、保持モードにおいてクロック信号 CLK のエッジを検出すると、直ちに回転制御モードに移行する。

【0087】

以上が駆動 IC 200D の基本構成である。駆動 IC 200D によれば、回転制御モードでは、クロック信号 CLK にもとづく回転指令に対する追従性を重視した制御パラメータを与え、保持モードでは、追従性ではなく、安定性を重視した制御パラメータを与えることで、DC モータをステップモータのように駆動することが可能となる。

20

【0088】

回転制御モードと保持モードが切り替わる際には、P I コントローラにおける積分値をゼロリセットすることが好ましい。これにより制御パラメータ切りかえにともなう不要振動の誘起、安定化時間の長期化を抑制できる。

【0089】

さらに回転制御モードと保持モードとで、駆動信号生成部 340 (通電ロジック 344) の動作、すなわち駆動信号の生成方法が異なってもよい。

【0090】

たとえば駆動信号生成部 340 は、回転制御モードにおいては、CW\_\_CCW 信号に応じて回転方向を決定し、トルク指令値 T\_\_REF が正である場合に、トルク指令値 T\_\_REF に応じたデューティ比で、DC モータを PWM 駆動する。トルク指令値 T\_\_REF が負である場合には、ドライバ 106 をハイインピーダンスとし、空転制御を行う。

30

【0091】

また駆動信号生成部 340 は、保持モードにおいては、CW\_\_CCW 信号に関わらず、トルク指令値 T\_\_REF の符号 (正負) に応じて、回転方向を決定する。これによりより正確にロータの位置を固定することができる。

【0092】

図 8 は、駆動 IC 200D の構成例を示すブロック図である。たとえばモード判定部 470 は、カウンタ 472、ステートマシン 474 を含む。カウンタ 472 はクロック信号 CLK の無入力状態の持続時間を測定し、無入力時間が所定時間  $t_1$  を超えるとタイムアップ信号 TIMEUP1 をアサート (たとえばハイ) する。

40

【0093】

カウンタ 472 の構成は特に限定されないが、たとえばクロック信号 CLK のポジエッジによってリセットされるフリーランカウンタで構成してもよい。カウンタ 472 は、カウント値が判定時間  $t_1$  に対応するしきい値 TH<sub>1</sub> に達すると (オーバーフロー)、タイムアップ信号 TIMEUP1 をアサートする。

【0094】

ステートマシン 474 は、タイムアップ信号 TIMEUP1 のアサートにตอบสนองして保持モードに移行する。またステートマシン 474 は、保持モードにおいてクロック信号 CLK のエッジを検出すると、直ちに回転制御モードに移行する。

50

## 【 0 0 9 5 】

フィードバックコントローラ 3 3 0 は、第 1 コントローラ 3 3 2、第 2 コントローラ 3 3 4、セクタ 3 3 6 を含む。第 1 コントローラ 3 3 2 は回転制御モードに関連し、トルク指令値  $T\_REF 1$  を生成する。第 2 コントローラ 3 3 4 は、保持モードに関連し、トルク指令値  $T\_REF 2$  を生成する。上述のように、第 1 コントローラ 3 3 2 と第 2 コントローラ 3 3 4 は、比例ゲイン、積分ゲインの少なくとも一方が異なっている。

## 【 0 0 9 6 】

セクタ 3 3 6 は、トルク指令値  $T\_REF 1$ 、 $T\_REF 2$  を受け、現在のモードに応じた一方を選択し、トルク指令値  $T\_REF$  として後段の駆動信号生成部 3 4 0 に供給する。

10

## 【 0 0 9 7 】

またステートマシン 4 7 4 は、モードの遷移ごとにリセット信号  $RESET$  を出力する。  
第 1 コントローラ 3 3 2、第 2 コントローラ 3 3 4 は、リセット信号  $RESET$  に応答して、積分値をゼロリセットする。

## 【 0 0 9 8 】

第 1 コントローラ 3 3 2 は保持モードの間、停止しておいてもよいし、動作し続けてもよい。また第 2 コントローラ 3 3 4 は、回転制御モードの間に、停止しておいてもよいし動作し続けてもよい。

## 【 0 0 9 9 】

図 8 に示すように、2 系統のコントローラ 3 3 2、3 3 4 を設けることで、回転制御モードと保持モードとをシームレスに切り替えることができる。

20

## 【 0 1 0 0 】

図 9 は、図 8 の駆動 IC 2 0 0 D のモードの移行を説明するタイムチャートである。クロック信号  $CLK$  が入力される間、回転制御モードが選択されており、第 1 コントローラ 3 3 2 が生成するトルク指令値  $T\_REF 1$  にもとづいて DC モータが制御される。

## 【 0 1 0 1 】

カウンタ 4 7 2 は、駆動 IC 2 0 0 D に内蔵されるオシレータが生成する内部クロック  $CK_{SYS}$  を利用して、フリーランしている。クロック信号  $CLK$  が停止すると、カウンタ 4 7 2 がリセットされずにカウントアップし続ける。時刻  $t_1$  にカウント値がしきい値  $TH_1$  に達すると、タイムアップ信号  $TIMEUP 1$  がアサートされて、保持モードに移行する。

30

## 【 0 1 0 2 】

保持モードでは、第 2 コントローラ 3 3 4 が生成するトルク指令値  $T\_REF 2$  にもとづいて DC モータが制御される。

## 【 0 1 0 3 】

時刻  $t_2$  に、上位コントローラからクロック信号  $CLK$  が再入力されると、回転制御モードに戻り、第 1 コントローラ 3 3 2 が生成するトルク指令値  $T\_REF 1$  にもとづいて DC モータが制御される。

## 【 0 1 0 4 】

回転制御モードと保持モードの切りかえに関する変形例を説明する。

40

## 【 0 1 0 5 】

(変形例 1)

回転制御モードと保持モードとで、PI 制御器のゲインを切りかえる場合を説明したが、その限りでない。たとえば回転制御モードと保持モードとで、制御の方式 (P 制御、PI 制御、PID 制御) が異なってもよい。

## 【 0 1 0 6 】

(変形例 2)

回転制御モードと保持モードとで、演算周期 ( $T$ ) が異なってもよい。すなわち保持モードでは、演算周期  $T$  を長くし、回転制御モードでは演算周期  $T$  を短くしても

50

よい。

【0107】

(変形例3)

駆動IC200Dが、後述の休止モードをサポートし、後述のカウンタ450(図11)が設けられる場合、カウンタ472はカウンタ450と兼用とすることができる。また、カウンタ472における判定時間 $t_1$ は、カウンタ450における判定時間 $t_2$ と同一か、それより短く設定される。

【0108】

(変形例4)

図10は、変形例4に係る駆動IC200Dの一部のブロック図である。この変形例では、フィードバックコントローラ330は、単一のPIコントローラ338を含む。PIコントローラ338の比例ゲイン $K_P$ と積分ゲイン $K_I$ は、回転制御モード用の値 $K_{P1}$ 、 $K_{I1}$ と、保持モード用の値 $K_{P2}$ 、 $K_{I2}$ が別々に用意され、モード判定部470が指示するモードに応じた値のセットが、PIコントローラ338にロードされ、ゲインが変更される。またPIコントローラ338の積分値を保持するメモリ339の値は、モード判定部470が生成するリセット信号RESETに応じてゼロとなる。

10

【0109】

(変形例5)

クロック信号CLKの有無によってモードを切り替えたがその限りでない。上位コントローラから駆動IC200Dに対して、モードを指示する信号を与え、この信号に応じてモードを切り替えてもよい。

20

【0110】

(休止モード)

図11は、休止モードをサポートする駆動IC200Cの一部のブロック図である。駆動IC200Cは、誤差検出器310、フィードバックコントローラ330、駆動信号生成部340に加えて、カウンタ450、休止モード判定部460を備える。誤差検出器310、フィードバックコントローラ330、駆動信号生成部340の主な機能、動作については、図4を参照してすでに説明した。

【0111】

誤差検出器310は、位置指令値生成部312、位置検出値生成部314、減算器316を含む。位置指令値生成部312は、クロック信号CLKにもとづき、ロータの目標位置を示す位置指令値P\_TGTを生成する。位置指令値P\_TGTは、図4における位置指令値TGTに相当する。

30

【0112】

位置検出値生成部314は、エンコーダからのパルス信号EN\_A、EN\_Bにもとづき、ロータの現在位置を示す位置検出値P\_FBを生成する。位置検出値P\_FBは、図4のフィードバック値FBに相当する。

【0113】

位置指令値P\_TGTおよび位置検出値P\_FBは、減算器316に入力され、位置誤差値ERRが生成される。

40

【0114】

フィードバックコントローラ330は、位置検出値P\_FBが位置指令値P\_TGTに近づくように、すなわち位置誤差値ERRがゼロに近づくように、トルク指令値T\_REFを生成する。トルク指令値T\_REFは、図4における指令値REFに相当する。トルク指令値T\_REFは、駆動信号生成部340に供給される。

【0115】

DCモータを回転させる必要がない状況では、上位コントローラからのクロック信号CLKが停止する。そこで駆動IC200Cは、クロック信号CLKの無入力状態が所定時間(判定時間 $t_2$ という)持続したことを条件として、少なくとも一部の回路ブロックの動作が停止する休止モードに移行する。判定時間は、レジスタを利用して設定可能として

50

もよい。

【0116】

カウンタ450は、クロック信号CLKを受け、クロック信号CLKの無入力状態が判定時間 $t_2$ 持続すると、タイムアップ信号TIMEUP2をアサート（たとえばハイ）する。カウンタ450は、クロック信号CLKの無入力状態の検出以外の目的で設けられたカウンタを流用してもよい。

【0117】

カウンタ450の構成は特に限定されないが、たとえばクロック信号CLKのポジエッジによってリセットされるフリーランカウンタで構成してもよい。カウンタ450は、カウント値が判定時間に対応するしきい値 $TH_2$ に達すると（オーバーフロー）、タイムアップ信号TIMEUP2をアサートする。

10

【0118】

休止モード判定部460は、タイムアップ信号TIMEUP2のアサートを条件のひとつとして、休止モードに移行する。

【0119】

図12は、休止モードへの移行を説明するタイムチャートである。カウンタ450は、駆動IC200Cに内蔵されるオシレータが生成する内部クロック $CK_{SYS}$ を利用して、フリーランしている。クロック信号CLKが停止すると、カウンタ450がリセットされずにカウントアップし続ける。時刻 $t_1$ にカウント値がしきい値 $TH$ に達すると、タイムアップ信号TIMEUP2がアサートされて、休止モードに移行する。

20

【0120】

駆動IC200Cを用いることで、DCモータの停止を維持すべき状態において、駆動IC200Cの消費電力を低減できる。

【0121】

休止モードでは、カウンタ450を停止することができる。カウンタ450をフリーランし続けると無駄な電力を消費するところ、一旦、休止モードに移行した後は、クロック信号CLKの無入力状態を測定する必要がないため、カウンタ450を停止させることで消費電力を低減できる。

【0122】

休止モードの間、システムクロック $CK_{SYS}$ が使用されない場合、システムクロック $CK_{SYS}$ を生成するオシレータ（図2のオシレータ288）をさらに停止することができる。

30

【0123】

また、DCモータの停止が持続した状態で、フィードバックコントローラ330や駆動信号生成部340を休止せずに、サーボをかけ続けると無駄な電力が消費する。そこで駆動IC200Cは、休止モードにおいて、DCモータへの通電を停止するとよい。この場合、フィードバックコントローラ330や駆動信号生成部340を停止することでさらに消費電力を低減できる。

【0124】

なお、DCモータに外力が加わるようなアプリケーションでは、サーボを切った状態で外力が加わると、ロータが回転してしまい、位置指令値 $P\_TGT$ が示す目標位置からずれる場合がある。この場合には、目標位置に戻すようにDCモータを駆動する必要がある。そこで、休止モード判定部460は、位置誤差値 $ERR$ を監視し、クロック信号CLKの無入力状態が所定時間持続したことに加えて、位置誤差値 $ERR$ がゼロであることを条件として、休止モードに移行してもよい。休止モードの間、トルクを発生する必要がない状況では、フィードバックコントローラ330や駆動信号生成部340をさらに停止することができる。

40

位置誤差値 $ERR$ がゼロである場合には、それ以上、DCモータを駆動する必要は無いため、カウンタに加えて、その他の不要な回路ブロックを停止することが可能となる。

【0125】

50

一実施例においては、クロック信号CLKが無入力であり、かつ位置誤差値ERRがゼロの状態が所定時間持続した場合に、休止モードに移行してもよい。

【0126】

一実施例においては、クロック信号CLKが無入力の状態が第1時間持続した後、位置誤差値ERRゼロである期間に、休止モードとなってもよい。

【0127】

一実施例においては、クロック信号CLKが無入力の状態が第1時間持続し、その後、位置誤差値ERRがゼロの状態が第2時間持続すると、休止モードに移行してもよい。

【0128】

一実施例において、休止モード判定部460は、位置誤差値ERRに加えて、またはそれに代えて、トルク指令値TREFを監視してもよい。位置誤差値ERRのゼロが持続すると、やがてトルク指令値TREFもゼロとなる。そこで、休止モード判定部460は、トルク指令値TREFを監視し、クロック信号CLKの無入力状態が所定時間持続したことに加えて、トルク指令値TREFがゼロであることを条件として、休止モードに移行して、フィードバックコントローラ330、駆動信号生成部340を停止してもよい。

10

【0129】

一実施例においては、クロック信号CLKが無入力であり、かつトルク指令値TREFがゼロの状態が所定時間持続した場合に、休止モードに移行し、フィードバックコントローラ330、駆動信号生成部340を停止する。

20

【0130】

一実施例においては、クロック信号CLKが無入力の状態が第1時間持続した後、トルク指令値TREFがゼロである期間中に、フィードバックコントローラ330、駆動信号生成部340を停止してもよい。

【0131】

一実施例においては、クロック信号CLKが無入力の状態が第1時間持続し、その後、トルク指令値TREFがゼロの状態が第2時間持続すると、フィードバックコントローラ330、駆動信号生成部340を停止してもよい。

【0132】

一実施例において、トルク指令値TREFと位置誤差値ERRの両方がゼロであることを条件として、休止モードに移行してもよい。

30

【0133】

また休止モードの間、フィードバックコントローラ330、駆動信号生成部340に加えて、誤差検出器310を停止してもよい。これによりさらに消費電力を低減できる。

【0134】

図11には図示しないが、駆動IC200Cは、クロック信号CLKの周波数(周期)にもとづいて速度指令値を検出する回路(図13の速度指令値生成部414)や、エンコーダからのパルス信号EN\_A, EN\_Bの周波数(周期)にもとづいて、現在のモータの回転速度を検出する回路(図13の速度検出値生成部424)が設けられる場合もある。この場合には、休止モード中、これらの検出回路を停止してもよい。

40

【0135】

続いて、休止モードから通常モードへの復帰を説明する。

駆動IC200Cは、休止モードにおいて、クロック信号CLKの入力が検出されると直ちに通常モードに復帰してもよい。

【0136】

また駆動IC200Cは、位置誤差値ERRあるいはトルク指令値TREFが非ゼロとなつてことを条件として、直ちに通常モードに復帰してもよい。

【0137】

復帰に際しては、速度指令値とトルク指令値の少なくとも一方を、任意の値にリセット可能とすることが望ましい。これにより、復帰直後における回転速度やトルクを自由に決

50

めることができ、DCモータを円滑に再始動させることができる。

【0138】

(ショートブレーキ)

図13は、ショートブレーキ機能を備える駆動IC200Bの一部のブロック図である。駆動IC200Bは、誤差検出器310B、フィードバックコントローラ330、駆動信号生成部340に加えて、ブレーキコントローラ430を備える。誤差検出器310、フィードバックコントローラ330、駆動信号生成部340の主な機能、動作については、図4を参照してすでに説明した。

【0139】

誤差検出器310Bは、第1検出回路410、第2検出回路420、減算器316を含む。第1検出回路410は、クロック信号CLKにもとづき、ロータの目標位置を示す位置指令値P\_TGTと、ロータの目標回転数を示す速度指令値V\_TGTと、を生成する。位置指令値P\_TGTは、図4における位置指令値TGTに相当する。速度指令値V\_TGTは、クロック信号CLKの周波数に比例し、言い換えればクロック信号CLKの周期に反比例する。

10

【0140】

第2検出回路420は、エンコーダからのパルス信号EN\_A, EN\_Bにもとづき、ロータの現在位置を示す位置検出値P\_FBと、ロータの現在の回転速度を示す速度検出値V\_FBと、を生成する。位置検出値P\_FBは、図4において単にフィードバック値FBとして示される。速度検出値V\_FBは、パルス信号EN\_A, EN\_Bの周波数に比例し、言い換えればパルス信号EN\_A, EN\_Bの周期に反比例する。

20

【0141】

位置指令値P\_TGTおよび位置検出値P\_FBは、減算器316に入力され、位置誤差値ERRが生成される。また位置指令値P\_TGTおよび位置検出値P\_FBは、速度指令値V\_TGTおよび速度検出値V\_FBとともに、ブレーキコントローラ430に供給される。

【0142】

フィードバックコントローラ330は、位置検出値P\_FBが位置指令値P\_TGTに近づくように、すなわち位置誤差値ERRがゼロに近づくように、トルク指令値T\_REFを生成する。トルク指令値T\_REFは、図4における指令値REFに相当する。トルク指令値T\_REFは、駆動信号生成部340に供給されるとともに、ブレーキコントローラ430にも供給される。

30

【0143】

ブレーキコントローラ430は、位置検出値P\_FB、位置指令値P\_TGT、速度検出値V\_FB、速度指令値V\_TGT、トルク指令値T\_REFにもとづいて、ブレーキ制御を行う。

【0144】

具体的には、位置検出値P\_FBが位置指令値P\_TGTより大きく(すなわち位置超過)、速度検出値V\_FBが速度指令値V\_TGTより大きく(すなわち速度超過)、かつトルク指令値T\_REFが負であるときに、ブレーキ信号BRAKEをアサート(たとえばハイレベル)し、駆動信号生成部340にショートブレーキをかけるように指示する。

40

【0145】

ショートブレーキの条件がすべて成立しない場合、すなわちトルクが負であるが、位置超過が発生していない場合には、ドライバ106の出力をハイインピーダンスとする(空転制御)。

【0146】

ブレーキをかける条件は以下の3つである。

(条件1) 位置超過  $P\_FB > P\_TGT$

(条件2) 速度超過  $V\_FB > V\_TGT$

50

(条件3)  $T\_REF < 0$

【0147】

なお、マージンを考慮して、条件を以下のように定めてもよい。

(条件1) 位置超過  $P\_FB > P\_TGT + P$

(条件2) 速度超過  $V\_FB > V\_TGT + V$

(条件3)  $T\_REF < -T$

$P$  ,  $V$  ,  $T$  はマージンである。

【0148】

図14は、ブレーキコントローラ430のブロック図である。ブレーキコントローラ430は、位置超過判定部432、速度超過判定部434、負トルク判定部436および論理ゲート438を含んでもよい。

10

【0149】

位置超過判定部432は、条件1が満たされると、位置超過信号S1をアサート(たとえばハイ)する。速度超過判定部434は、条件2が満たされると、速度超過信号S2をアサートする。負トルク判定部436は、条件3が満たされると、負トルク判定信号S3をアサートする。論理ゲート438は、たとえばANDゲートであり、3つの条件が同時に成立すると、ブレーキ信号BRAKEをアサートする。

【0150】

図15(a)、(b)は、ブレーキコントローラ430の動作を説明する図である。はじめに図15(a)を参照して位置超過を説明する。簡単のために初期状態において位置指令値 $P\_TGT$ 、位置検出値 $P\_FB$ はともにゼロである。クロック信号CLKのポジエッジごとに、位置指令値 $P\_TGT$ は増大する。またエンコーダからのパルス信号 $EN\_A$ ( $EN\_B$ )のパルスごとに、位置検出値 $P\_FB$ は増大する。位置超過判定部432は、 $P\_FB > P\_TGT$ となると、言い換えると $ERR < 0$ となると、位置超過信号S1をアサートする。位置超過の発生は、減算器316の出力である位置誤差値ERRにもとづいて検出してもよい。

20

【0151】

図15(b)を参照して速度超過を説明する。速度指令値 $V\_TGT$ は、クロック信号CLKの周波数 $f_{CK}$ に比例し、クロック信号CLKの周期 $1/f_{CK}$ に反比例する。同様に速度検出値 $V\_FB$ は、エンコーダからのパルス信号 $EN\_A$ の周波数 $f_{FB}$ に比例し、パルス信号 $EN\_A$ の周期 $1/f_{FB}$ に反比例する。速度超過判定部434は、サイクルごとに対応する周波数 $f_{CK}$ と $f_{FB}$ 、言い換えれば周期 $1/f_{CK}$ 、 $1/f_{FB}$ を比較し、 $f_{FB} > f_{CK}$ のとき、言い換えれば $1/f_{FB} < 1/f_{CK}$ のときに、速度超過信号S2をアサートする。

30

【0152】

図13に戻る。ブレーキ信号BRAKEのアサートに応答して駆動信号生成部340は、U相、V相、W相のハイサイドトランジスタがすべてオンし、ローサイドトランジスタがすべてオフするように(あるいはその逆にローサイドトランジスタがすべてオン、ハイサイドトランジスタがすべてオフするように)、駆動信号 $S_{UH}$ 、 $S_{UL}$ 、 $S_{VH}$ 、 $S_{VL}$ 、 $S_{WH}$ 、 $S_{WL}$ を遷移させる。

40

【0153】

以上が駆動IC200Bの構成である。

モータ駆動システム100においては、上位コントローラからのクロック信号CLKの周波数の低下が減速指令を意味する。駆動IC200Bは、クロック信号CLKの周波数の低下を条件とするのではなく、上述の条件1~3の成立を条件として、ブレーキをかける。これにより、DCモータを正確に減速させることができる。

【0154】

なお、条件1~3のすべてではなく条件1と3の成立、すなわち、位置超過とトルクが負であることを条件として、ブレーキをかけてもよい。この場合、速度指令値および速度検出値の生成回路を省略できる。

50

## 【 0 1 5 5 】

( P I コントローラ )

ステッピングモータを駆動するプラットフォームにおいては、停止したステッピングモータを回転させる際に、モータの回転数の指令値に相当するクロック信号 C L K の周波数をいきなり高い周波数とすると、脱調するおそれがある。

## 【 0 1 5 6 】

そこで多くのプラットフォームでは、ステッピングモータの回転開始時に、クロック信号 C L K の周波数を時間とともに緩やかに上昇させる場合が多い。反対に、定速回転するステッピングモータを停止させる際には、クロック信号 C L K の周波数（以下、クロック周波数  $f_{c_k}$  という）を時間とともに緩やかに低下させる場合が多い。したがってクロック周波数  $f_{c_k}$  は、ステッピングモータの、停止、定速回転、停止の 1 サイクルにおいて、台形波あるいはそれに類する波形（以下、単に台形波と総称する）にしたがって変化する場合が多い。

10

## 【 0 1 5 7 】

本実施の形態のように、ステッピングモータを D C モータに置換したプラットフォームにおいても、上位コントローラ 1 0 4 からのクロック周波数  $f_{c_k}$  は、台形波状に変化することが想定される。図 1 6 は、クロック信号 C L K の周波数  $f_{c_k}$  の波形図である。（ i ） ~ （ i i i ） は、定速時の回転数が異なることを示す。

## 【 0 1 5 8 】

上述のように、フィードバックコントローラ 3 3 0 は、P I 制御器を含み、その制御特性は、比例ゲイン  $K_p$  と積分ゲイン  $K_I$  で規定される。実施の形態に係るフィードバックコントローラ 3 3 0 は、クロック周波数  $f_{c_k}$  に応じて制御特性（比例ゲイン、積分ゲインの少なくとも一方）を動的に変化させる。これにより、制御特性を固定した場合に比べて、モータの追従性を高めることができる。

20

## 【 0 1 5 9 】

フィードバックコントローラ 3 3 0 は、クロック周波数  $f_{c_k}$  と、制御特性（比例ゲイン、積分ゲイン）の関係を保持するテーブルをメモリに保持している。

## 【 0 1 6 0 】

より好ましくは D C モータの回転開始後、クロック周波数  $f_{c_k}$  の上昇中に、積分ゲイン  $K_I$  を一定とし、比例ゲイン  $K_p$  のみをクロック周波数  $f_{c_k}$  に応じて変化させるとよい。比例ゲイン  $K_p$  はクロック周波数  $f_{c_k}$  に対して、正の相関を有し、単調増加してもよい。

30

## 【 0 1 6 1 】

図 1 7 は、モータ駆動システム 1 0 0 の始動時のモータの回転数を示す図である。（ i ） は、制御特性を固定したときの波形を、（ i i ） は、比例ゲイン  $K_p$  のみを変化させたときの波形を、（ i i i ） は、比例ゲイン  $K_p$ 、積分ゲイン  $K_I$  の両方を変化させたときの波形を示す。（ i v ） はクロック周波数  $f_{c_k}$  にもとづく目標回転数である。 $f_1, f_2 \dots$  は、制御特性が切り替わるしきい値を示す。

## 【 0 1 6 2 】

（ i ） に示すように、制御特性を固定すると、回転数が目標回転数に到達するまでの時間が長くなる。一方で、（ i i i ） に示すように、比例ゲインと積分ゲインの両方を、変化させると、積分ゲイン  $K_I$  を切りかえるタイミングにおいて、それまで蓄積されていた積分項が増大するため、回転数が振動する（回転ムラ）。そこで（ i i ） に示すように、積分ゲインを一定としつつ、比例ゲインのみを変化させることで、回転ムラを抑制しつつ、追従性を高めることができる。

40

## 【 0 1 6 3 】

ここでは、回転数を上昇させるときの動作を説明したが、回転数を低下させる際も同様であり、積分ゲイン  $K_I$  を一定としながら、比例ゲイン  $K_p$  をクロック周波数  $f_{c_k}$  に応じて変化させるとよい。

## 【 0 1 6 4 】

50

## (電子ギア)

続いて、電子ギアについて説明する。上位コントローラ104のスペックによっては、クロック信号CLKの周波数 $f_{CK}$ の可変範囲が制約される場合がある。たとえば、クロック周波数 $f_{CK}$ の上限 $f_{MAX}$ が低いと、その上限 $f_{MAX}$ でDCモータの回転数が制約される。上限周波数 $f_{MAX}$ で規定される回転数よりも高い回転数でモータを回転させたい場合、従来では機械ギアを用いる必要があり、コストアップの要因となっていた。この問題を解消するために、駆動IC200は、電子ギアの機能を備える。

## 【0165】

図18は、電子ギアの機能を説明する図である。上述のように、位置指令値生成部312においては、クロック信号CLKのエッジの個数が積算される。図6(a)~(c)では、クロック信号CLKのエッジ1個あたりにつき、ターゲット値TGTが1ずつ、インクリメント、あるいはデクリメントされた。

10

## 【0166】

これに対して、電子ギアを備えるロジック回路300Aでは、クロック信号CLKのエッジ1個あたりにつきインクリメント/デクリメントする変化量TGTが外部から設定可能である。図18では、 $TGT = 1, 2, 4$ の3段階で切りかえたときの動作を示す。

## 【0167】

変化量TGTに応じて、クロック信号CLK1パルス当たりの、ロータの回転角を制御することができる。したがって変化量TGTは、電子的なギア比に相当する。電子ギアの機能を実装することで、機械ギアを減らし、あるいは無くすることができるため、装置の低コスト化、小型化が可能であり、また装置の構造が簡素化できるため、故障のリスクを減らすことができる。

20

## 【0168】

図19は、電子ギアの機能を備える駆動IC200Aのブロック図である。駆動IC200Aには、電子ギアの設定のための設定ピンMODEが設けられ、この設定ピンMODEの状態に応じて、変化量TGTが選択される。たとえば設定ピンMODEには、抵抗が外付け可能であり、設定ピンMODEには、抵抗の有無あるいは抵抗の抵抗値に応じた電圧 $V_{MODE}$ が発生する。コンパレータCMP1あるいはA/Dコンバータ(不図示)によってこのモード電圧 $V_{MODE}$ が検出され、モード電圧 $V_{MODE}$ に応じた変化量TGTが選択される。

30

## 【0169】

より詳しくは、電子ギアの機能は、位置指令値生成部312に実装することができる。電子ギアの機能の実装について、図6(a)~(c)を参照して説明する。たとえば図6(a)の位置指令値生成部312においては、カウンタ322のインクリメント、デクリメント量を、設定ピンMODEの状態に応じて変化させればよい。

## 【0170】

図6(b)の位置指令値生成部312においては、演算器324の入力Aに与える値を、設定ピンMODEの状態に応じて、1, 2, 4...と多値で切りかえ可能とすればよい。

## 【0171】

図6(c)の位置指令値生成部312においては、セクタ327に入力する正負の2値を、設定ピンMODEの状態に応じて1倍、2倍、4倍...と切りかえ可能に構成すればよい。

40

## 【0172】

なお、ギア比に相当する変化量TGTの設定方法は、設定ピンMODEを利用したものに限定されず、I<sup>2</sup>C(Inter IC)インタフェースや、SPI(Serial Peripheral Interface)などを利用して、レジスタに設定値を書き込むようにしてもよい。

## 【0173】

なお、TGTの値は、1, 2, 4...には限定されず、任意の整数であってもよい。あるいは、TGTは、1/2, 1/4, 1/8...、あるいは任意の分数であってもよい。TGT < 1とすることで、減速制御が可能となる。

50

## 【0174】

図20は、電子ギアの機能を備える駆動IC200Bのブロック図である。駆動IC200Bでは、ターゲット値TGTの変化量は一定であり、EN\_\_A、EN\_\_Bのパルス当たりのフィードバック値FBの変化量FBが変更可能となっている。FBは、整数あるいは非整数の任意の値に決めることができる。EN\_\_A(EN\_\_B信号)の1パルス当たりのFBを大きくすると、回転数は遅くできる。反対にEN\_\_A(EN\_\_B信号)の1パルス当たりのFBを小さくすると、回転数を速めることができる。ギア比選択部360は図19のコンパレータCMP1(あるいはA/Dコンバータ)に相当するブロックであり、設定ピンMODEの状態に応じてFBを選択する。

## 【0175】

(用途)

図21は、モータ駆動システム100を備える電子機器を示す図である。図21には、電子機器900の一例として、プリンタを示す。電子機器900は、複数のDCモータ902、904を備える。たとえばDCモータ902は、プリントヘッド910の駆動機構912に用いられる。DCモータ904は、用紙送りの駆動機構914に用いられる。

## 【0176】

なおモータ駆動システム100の用途はプリンタには限定されず、さまざまなOA機器、産業機器、産業機械に用いることができる。

## 【0177】

以上、本発明について、実施の形態をもとに説明した。この実施の形態は例示であり、それらの各構成要素や各処理プロセスの組み合わせにいろいろな変形例が可能なこと、またそうした変形例も本発明の範囲にあることは当業者に理解されるところである。以下、こうした変形例について説明する。

## 【0178】

(変形例1)

実施の形態では、ホールセンサを用いたモータ駆動を説明したが、センサレスであってもよい。この場合、駆動IC200に、逆起電力を検出するコンパレータを実装すればよい。

## 【0179】

(変形例2)

実施の形態では、ドライバ106のハイサイドトランジスタのゲート駆動電圧を得るためにチャージポンプを利用したが、ブートストラップ回路を内蔵してもよい。なおドライバ106のハイサイドトランジスタは、Pチャンネルであってもよく、この場合チャージポンプは不要である。

## 【0180】

(変形例3)

実施の形態では、ドライバ106が駆動IC200に外付けされたが、ドライバ106を駆動IC200に集積化してもよい。反対に、実施の形態では、プリドライバ250が駆動IC200に集積化されたが、プリドライバ250を駆動IC200の外部に設けてもよく、たとえばドライバ106とプリドライバ250を集積化してもよい。

## 【0181】

(変形例4)

実施の形態では、駆動ICをロジック回路で実装したが、その限りでなく、ロジック回路300で示されるブロックを、プロセッサ(CPUやマイコン)とソフトウェアプログラムの組み合わせで構成してもよい。

## 【符号の説明】

## 【0182】

- 100 モータ駆動システム
- 102 DCモータ
- 104 上位コントローラ

10

20

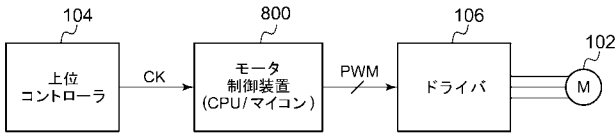
30

40

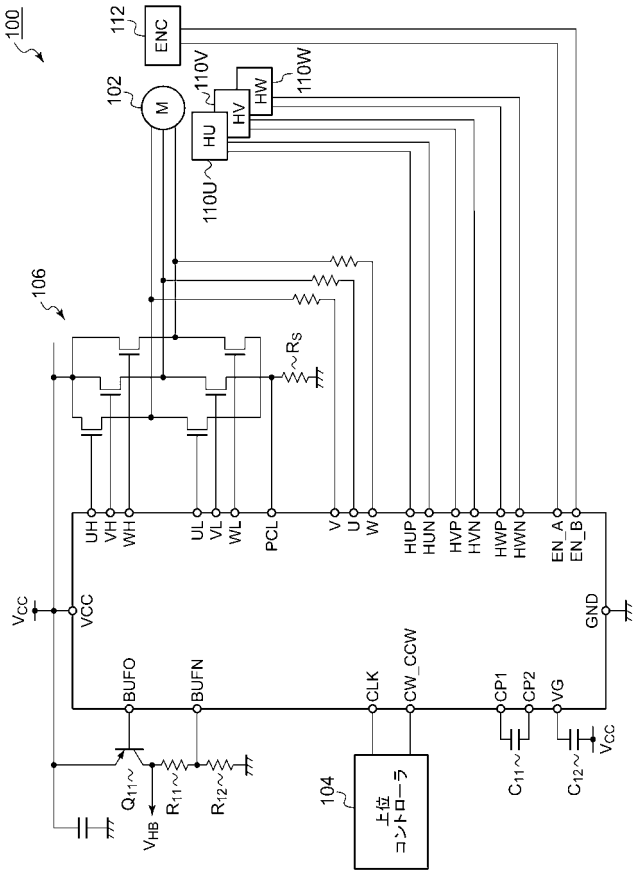
50

1 0 6	ドライバ	
1 1 0	ホールセンサ	
1 1 2	エンコーダ	
2 0 0	駆動IC	
B U F	入力バッファ	
H C M P	ホールコンパレータ	
2 5 0	ブリドライバ	
2 6 0	電源回路群	
2 6 2	オペアンプ	
2 6 4	基準電圧源	10
2 6 6	チャージポンプ	
2 6 8 , 2 7 0	電源回路	
2 8 0	保護回路	
3 0 0	ロジック回路	
3 1 0	誤差検出器	
3 1 2	位置指令値生成部	
3 1 4	位置検出値生成部	
3 1 6	減算器	
3 2 0	エッジ検出回路	
3 2 2	アップダウンカウンタ	20
3 2 4	演算器	
3 2 5	メモリ	
3 2 6	オペコードセレクタ	
3 2 7	セレクタ	
3 2 8	加算器	
3 2 9	メモリ	
3 3 0	フィードバックコントローラ	
3 4 0	駆動信号生成部	
3 4 2	パルス幅変調器	
3 4 4	通電ロジック	30
3 6 0	ギア比選択部	

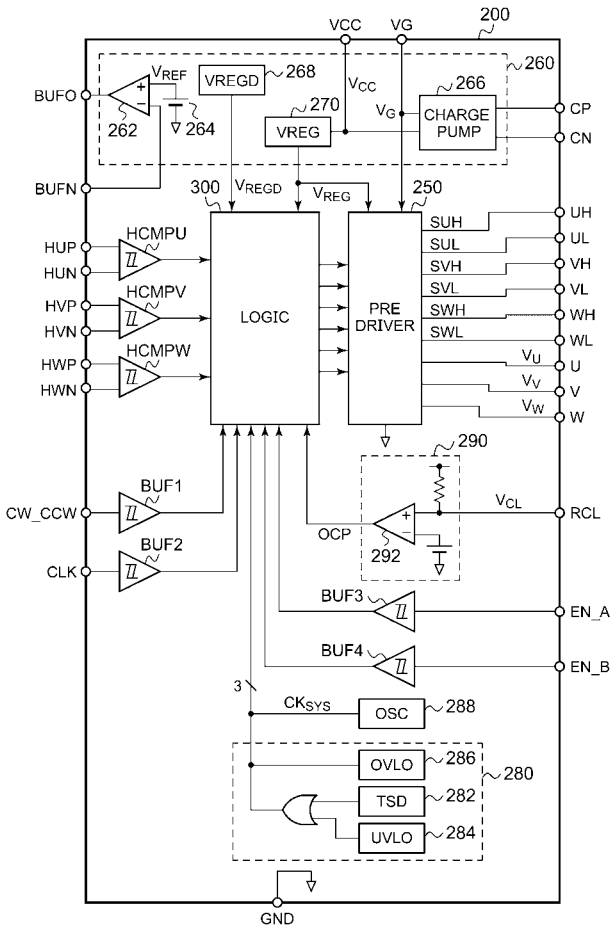
【図1】



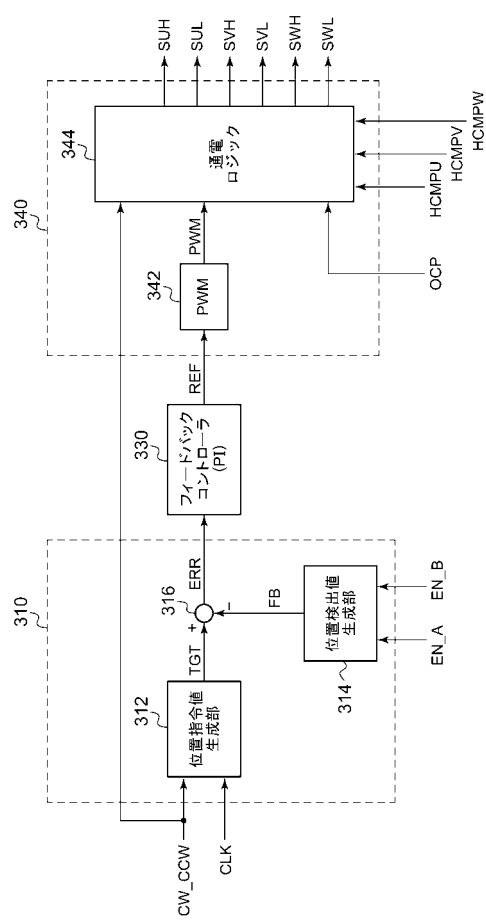
【図2】



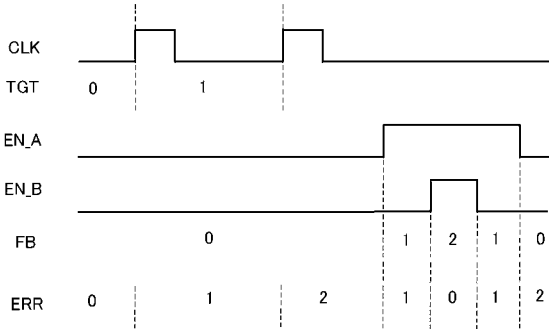
【図3】



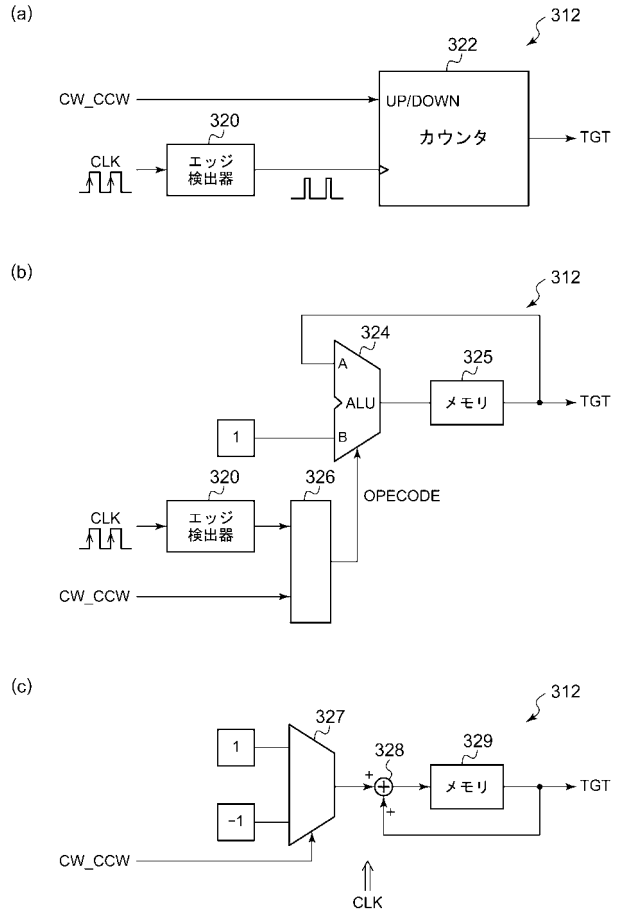
【図4】



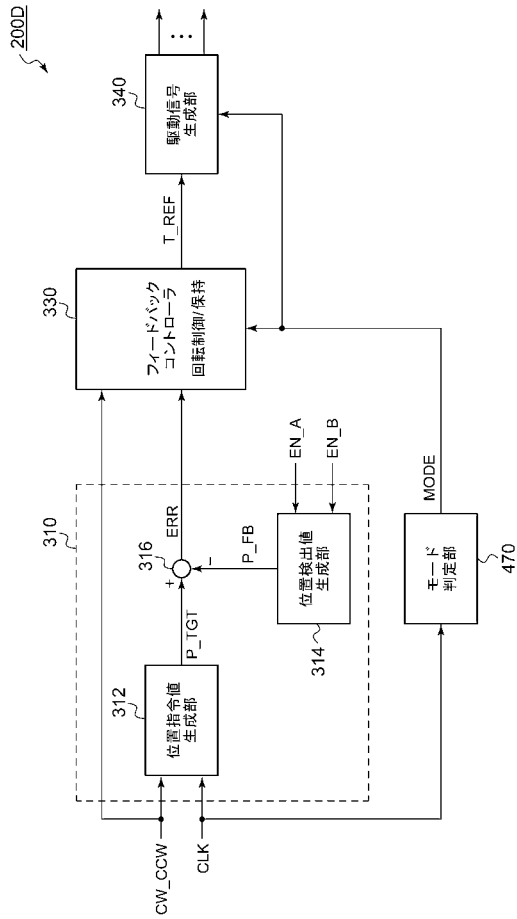
【図 5】



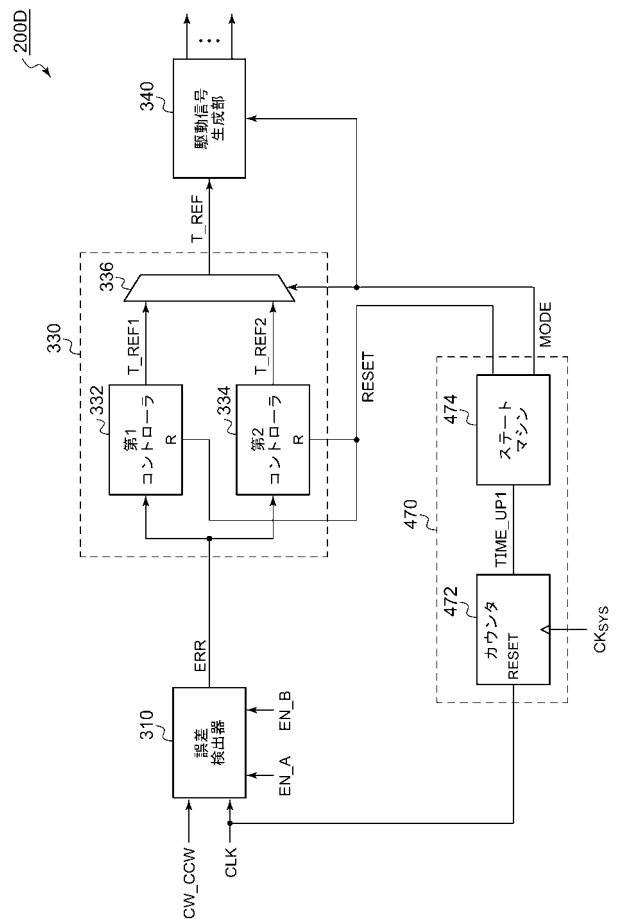
【図 6】



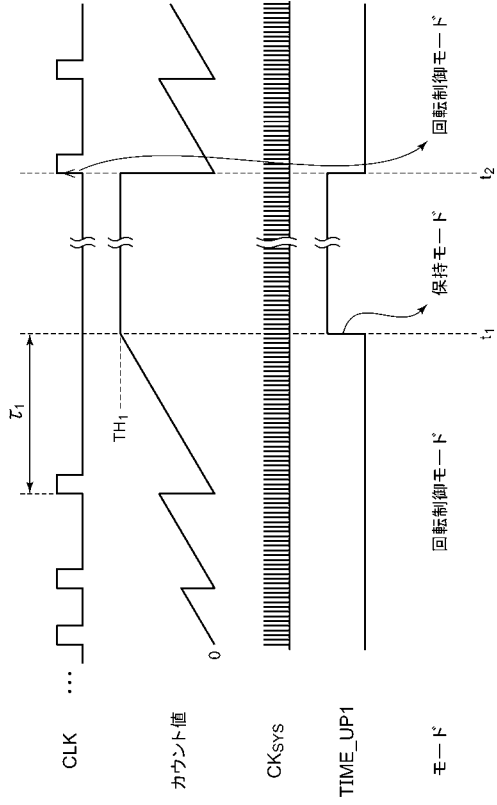
【図 7】



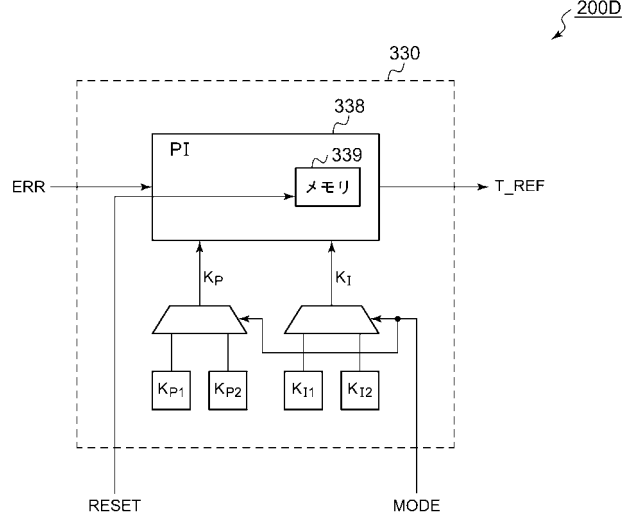
【図 8】



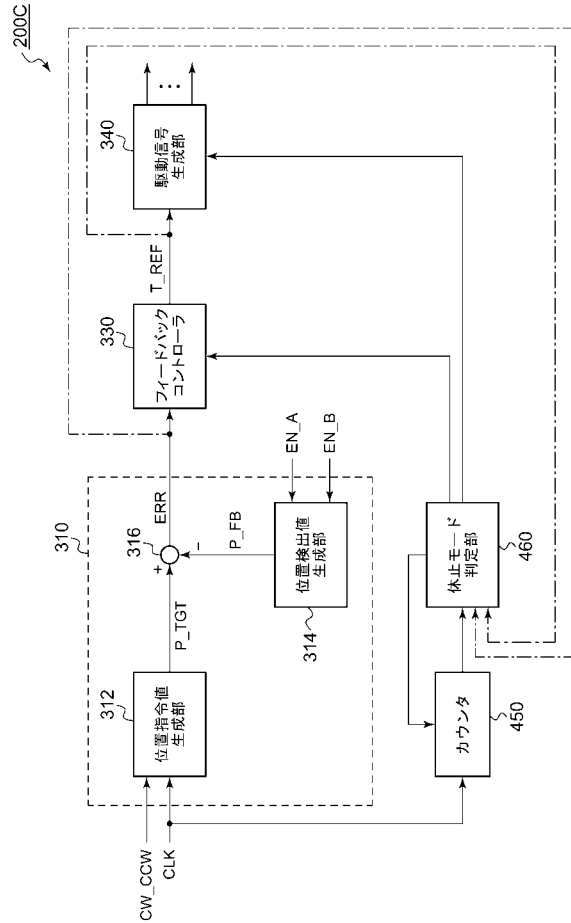
【図9】



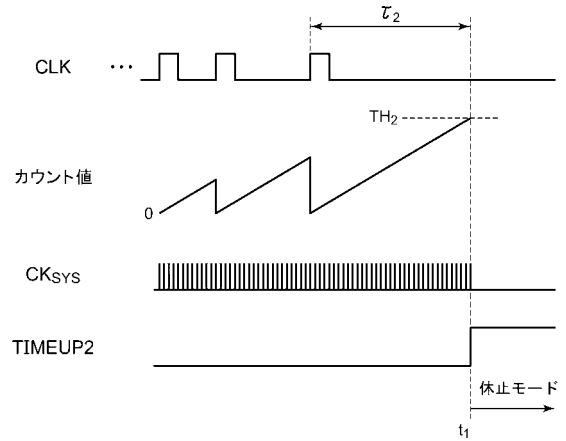
【図10】



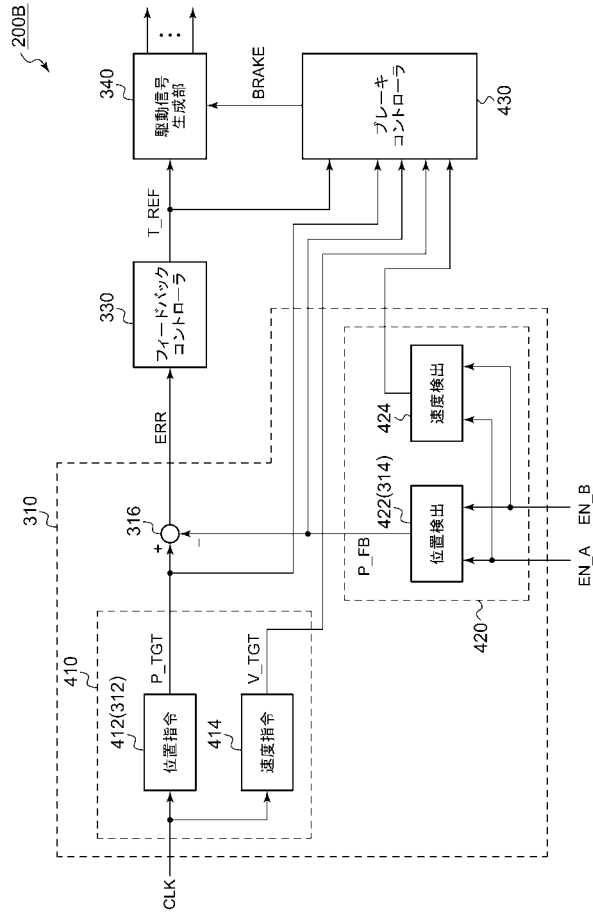
【図11】



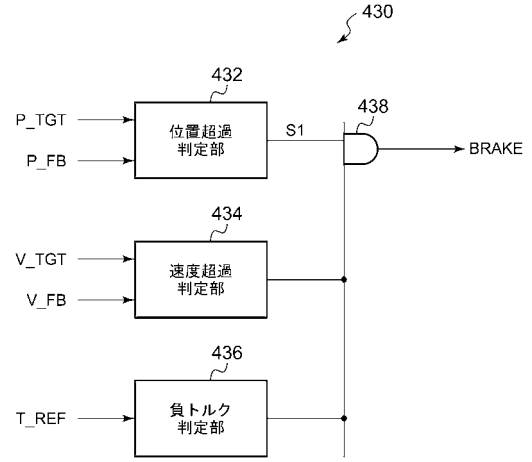
【図12】



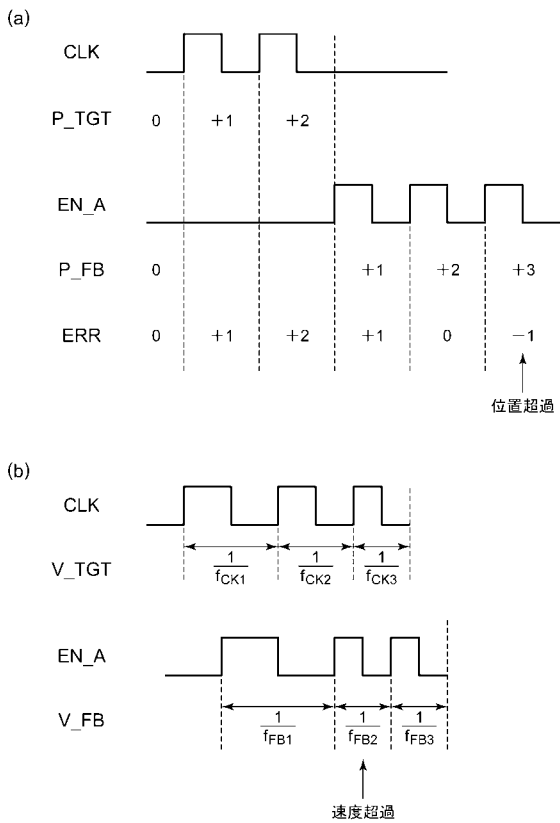
【図 1 3】



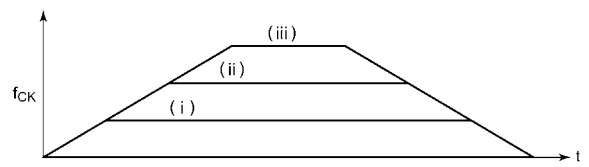
【図 1 4】



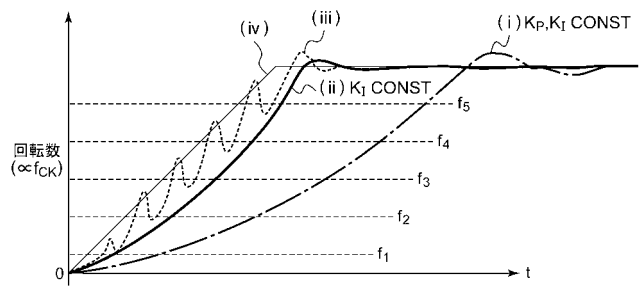
【図 1 5】



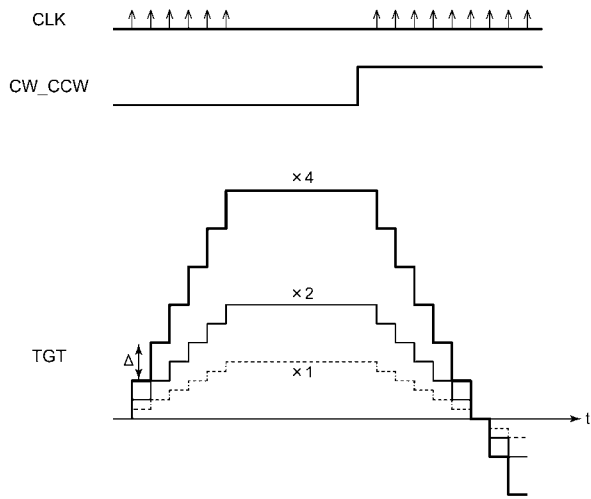
【図 1 6】



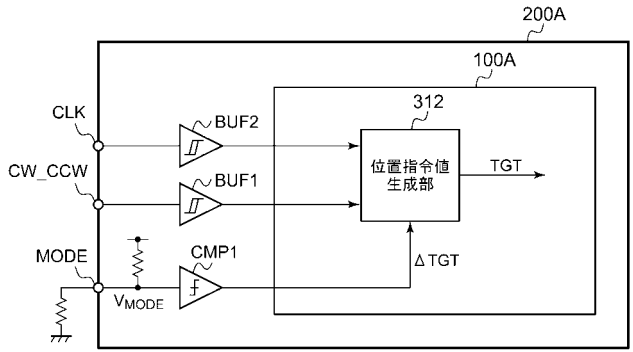
【図 1 7】



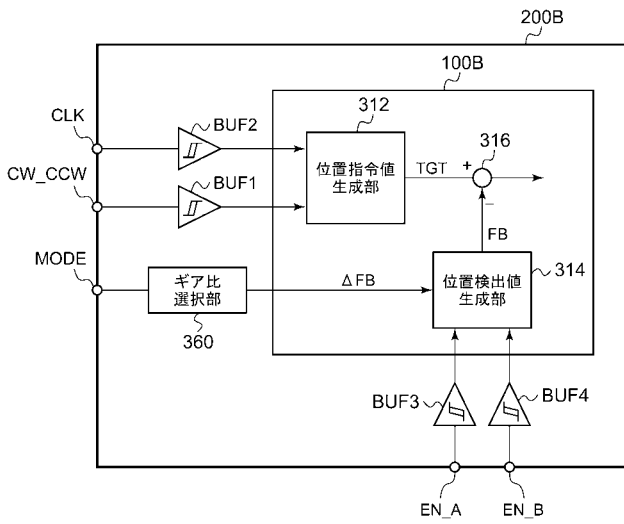
【 図 1 8 】



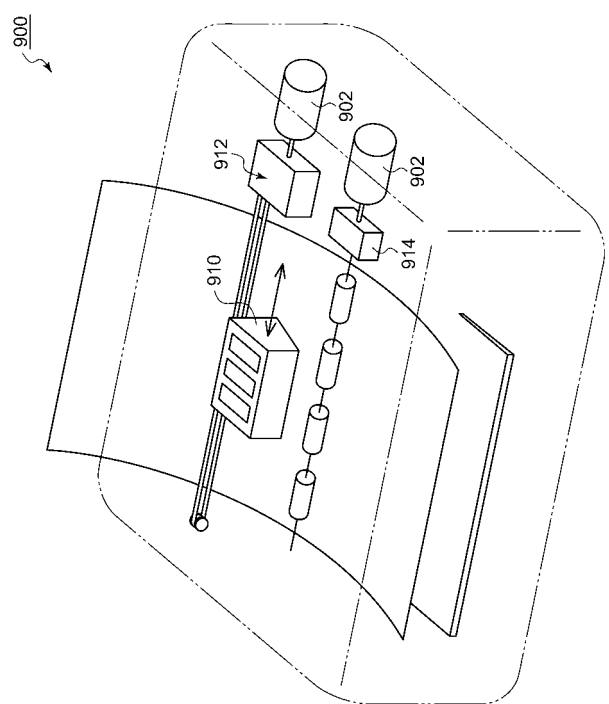
【 図 1 9 】



【 図 2 0 】



【 図 2 1 】



---

フロントページの続き

Fターム(参考) 5H560 BB04 DA02 DA07 DA13 DA16 DB20 DC12 DC13 EB01 EC01  
EC02 HB05 JJ02 JJ03 JJ06 JJ08 SS01 TT02 TT07 TT11  
TT15 TT18 UA10 XA03 XA04 XA05 XA08 XA10 XA12