

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6220050号
(P6220050)

(45) 発行日 平成29年10月25日 (2017.10.25)

(24) 登録日 平成29年10月6日 (2017.10.6)

(51) Int. Cl.	F I
H O 2 P 29/00 (2016.01)	H O 2 P 29/00
G O 6 F 13/38 (2006.01)	G O 6 F 13/38 3 3 O C
	G O 6 F 13/38 3 5 O

請求項の数 19 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2016-505460 (P2016-505460)	(73) 特許権者	501105602
(86) (22) 出願日	平成26年2月10日 (2014.2.10)		アレグロ・マイクロシステムズ・エルエル シー
(65) 公表番号	特表2016-518095 (P2016-518095A)		アメリカ合衆国マサチューセッツ州016 06, ウスター, ノースイースト・カット オフ 115
(43) 公表日	平成28年6月20日 (2016.6.20)		
(86) 国際出願番号	PCT/US2014/015521	(74) 代理人	100140109
(87) 国際公開番号	W02014/158379		弁理士 小野 新次郎
(87) 国際公開日	平成26年10月2日 (2014.10.2)	(74) 代理人	100075270
審査請求日	平成28年8月24日 (2016.8.24)		弁理士 小林 泰
(31) 優先権主張番号	13/851, 631	(74) 代理人	100101373
(32) 優先日	平成25年3月27日 (2013.3.27)		弁理士 竹内 茂雄
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100118902
			弁理士 山本 修

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電子回路によるシリアル通信のためのシステムおよび方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

モータドライバであって、
 モータを制御するためにモータコマンド信号に応答するモータコイルドライバと、
 前記モータの状態を表すフィードバック信号を提供するためのフィードバック回路と、
 前記モータドライバがモータを制御しているときに前記モータコマンド信号を受信する
 ように結合された第1の端子と、
 前記モータドライバが前記モータを制御しているときに前記フィードバック信号を送信
 するように結合された第2の端子と、
 前記モータコマンド信号を前記第1の端子からの入力として受信し、前記コマンド信号
 に応答して前記モータを駆動するために制御信号を前記モータコイルドライバに送り、前
 記フィードバック信号を前記フィードバック回路から受信し、前記フィードバック信号に
 応答して、前記モータの状態を表すモータ状態信号を前記第2の端子への出力として生成
 する、モータ制御論理モジュールと、
 前記モータが停止されるときまたは前記第1の端子および/もしくは前記第2の端子上
 の電圧が高レベルにプルアップもしくは低レベルにプルダウンされないとき、前記第1の
 端子および前記第2の端子を介して、シリアル通信プロトコルに従って、シリアルデー
 タ信号を送受信するように構成されたシリアルデータ通信回路と、
 前記モータ制御論理モジュールおよび前記シリアルデータ通信回路に結合され、前記モ
 ータが停止されているかまたは前記第1の端子および/もしくは前記第2の端子上の電圧

10

20

が高レベルにプルアップもしくは低レベルにプルダウンされていないとの決定にตอบสนองして、前記第2の端子のフィードバック信号を、前記モータ制御論理モジュールおよび前記シリアル通信モジュールに選択的に結合するための、マルチプレクサと
を備える、モータドライバ。

【請求項2】

前記第1の端子が、前記モータを起動することができる信号を受信するための起動ピンである、請求項1に記載のモータドライバ。

【請求項3】

前記第2の端子が、前記モータの速度が周波数基準に固定されているかどうかを示す信号が提供される固定ピンである、請求項1に記載のモータドライバ。

10

【請求項4】

前記シリアル通信プロトコルが、 I^2C プロトコルである、請求項1に記載のモータドライバ。

【請求項5】

前記第1の端子および前記第2の端子のうちの一方が、 $SC L$ 入力信号として構成され、前記第1の端子および前記第2の端子のうちの他方が $S D A$ 共有バス信号として構成される、請求項4に記載のモータドライバ。

【請求項6】

前記シリアルデータ通信回路が、前記モータドライバ、前記モータ、または両方の試験を制御するためにデータを送受信するように構成される、請求項1に記載のモータドライバ。

20

【請求項7】

前記シリアルデータ通信回路が、前記モータドライバのプログラミングを制御するためにデータを送受信するように構成される、請求項1に記載のモータドライバ。

【請求項8】

前記シリアルデータ通信回路が、前記モータドライバが前記モータを制御していないとき、前記第1の端子および前記第2の端子を介して通信するように構成される、請求項1に記載のモータドライバ。

【請求項9】

前記シリアルデータ通信回路が、 I^2C 起動状態が受信されるとき、前記第1の端子および前記第2の端子を介して通信するように構成される、請求項1に記載のモータドライバ。

30

【請求項10】

前記シリアルデータ通信回路が、前記第1の端子および前記第2の端子上でシリアルデータを受信または送信するために常にアクティブである、請求項1に記載のモータドライバ。

【請求項11】

モータコイルドライバ回路が、モータを制御するためにモータコマンド信号を受信するステップと、

フィードバック回路が、前記モータの状態を表すフィードバック信号を提供するステップと、

40

前記モータコイルドライバ回路がモータを制御しているとき、モータドライバ回路が、第1の端子上でモータコマンド信号を受信するステップと、

前記モータコイルドライバ回路が前記モータを制御しているとき、モータ制御回路が、第2の端子上でモータ状態信号を送信するステップと、

モータ制御論理モジュールが、前記モータコマンド信号を前記第1の端子からの入力として受信するステップと、

前記コマンド信号にตอบสนองして前記モータを駆動するために、前記モータ制御論理モジュールが、制御信号を前記モータコイルドライバに送るステップと、

前記モータ制御論理モジュールが、前記フィードバック信号を前記フィードバック回路

50

から受信するステップと、

前記モータコイルドライバが前記モータを制御しているとき、前記モータ制御論理モジュールが、前記フィードバック信号に応答して、前記モータの状態を表すモータ状態信号を、第2の端子の出力として送信するステップと、

前記モータが停止されるときまたは前記第1の端子および/もしくは前記第2の端子上の電圧が高レベルにプルアップもしくは低レベルにプルダウンされないとき、シリアルデータ通信回路が、前記第1の端子および前記第2の端子を介して、シリアルデータ通信プロトコルに従って、シリアルデータ通信信号を送受信するステップと、

前記モータが停止されているかまたは前記第1の端子および/もしくは前記第2の端子上の電圧が高レベルにプルアップもしくは低レベルにプルダウンされていないとの決定に応答して、前記第2の端子のフィードバック信号を、前記モータ制御論理モジュールおよび前記シリアル通信モジュールに選択的に結合するステップとを含む、方法。

10

【請求項12】

前記モータコマンド信号を受信するステップが、前記第1の端子および前記第2の端子のうちの1つの上で前記モータを起動させるかどうかを示す信号を受信するステップを含む、請求項11に記載の方法。

【請求項13】

前記状態信号を送信するステップが、前記第1の端子および前記第2の端子のうちの1つの上で前記モータの速度が基準周波数に固定されているかどうかを示す信号を送信するステップを含む、請求項11に記載の方法。

20

【請求項14】

前記シリアル通信プロトコルが、 I^2C プロトコルである、請求項11に記載の方法。

【請求項15】

シリアルデータ通信信号を送受信するステップが、前記第1の端子および前記第2の端子のうちの一方の上でSCL信号を駆動するステップと、前記第1の端子および前記第2の端子のうちの他方の上でSDA信号を駆動するステップとを含む、請求項14に記載の方法。

【請求項16】

前記データ通信信号を送受信するステップが、試験信号を送るステップおよび/または受信するステップを含む、請求項11に記載の方法。

30

【請求項17】

前記データ通信信号を送受信するステップが、プログラミング信号を送るステップおよび/または受信するステップを含む、請求項11に記載の方法。

【請求項18】

前記第1の端子および前記第2の端子を介して前記データ通信信号を送受信するステップが、 I^2C 起動状態が前記第1の端子および/または前記第2の端子上で受信された後、前記データ通信信号を送るステップおよび/または受信するステップを含む、請求項11に記載の方法。

【請求項19】

40

前記第1の端子および前記第2の端子を介して前記データ通信信号を送受信するステップが、前記第1の端子および前記第2の端子に結合された、前記シリアルデータ通信信号を送りまたは受信するために常にアクティブである、送受信機を提供するステップを含む、請求項11に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

[0001]本開示は、シリアル通信のための回路、システム、およびプロセスに関し、詳しくは、 I^2C 通信に関する。

【背景技術】

50

【 0 0 0 2 】

[0002] I^2C は 2 線式のシリアルデータ通信プロトコルである。 I^2C は、限定はされないが、EEPROMメモリなどのメモリの読取りおよび書込み、PCIカード管理、低速DACおよびADCへのアクセス、モニタまたはLCD設定の管理、スピーカおよびオーディオシステムの制御、自動車通信ネットワークを介する通信などを含む幅広い適用例に使用される。

【 0 0 0 3 】

[0003] I^2C インターフェースを提供する集積回路 (IC) は、 I^2C データ信号専用の 2 つのピンを必要とする。 I^2C プロトコルは、 I^2C クロック信号を提供する SCL 信号と、 I^2C データ信号を提供する SDA 信号とを必要とする。したがって、 I^2C は SCL 信号に 1 つと SDA 信号に 1 つの 2 つのピンを必要とする。

10

【 0 0 0 4 】

[0004] 集積回路によっては、 I^2C と、別の (例えば、パラレル) 通信モードとを、または I^2C と、集積回路に関連付けられた他の機能とを切り替えることによって他の機能に通常使用されるピンを用いて I^2C 通信を実現するものもある。

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 5 】

しかし、 I^2C モードと非 I^2C モードとを切り替える回路は、しばしば、 I^2C モードをオンおよびオフにするために、追加のピン、または何らかの他の機構を必要とする。

20

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 6 】

[0005] 本開示は、シリアル通信リンクを通じて通信するためのシステムおよび方法を説明する。

【 0 0 0 7 】

[0006] 一実施形態において、モータドライバが、モータコントローラに結合されるのに適した、およびモータドライバがモータを制御しているとき、モータコマンド信号を受信し、モータ状態信号を送信するための、少なくとも 2 つの端子を備える。モータドライバは、少なくとも 2 つの端子が使われていないとき、少なくとも 2 つの端子を介して、シリアルデータを送り、受信するように構成されたシリアルデータ通信回路も含むこともできる。

30

【 0 0 0 8 】

[0007] 一実施形態において、少なくとも 2 つの端子のうちの 1 つが、モータを起動することができる信号を受信するための起動ピンであり、少なくとも 2 つの端子のうちの 1 つが、モータの速度が周波数基準に固定されているかどうかを示す信号が提供される固定ピンである。端子を介して送られるシリアルデータは、 I^2C 信号を含むことができる。特徴は以下のうちの 1 つまたは複数を含むことができる。端子のうちの少なくとも一方は SCL 入力信号として構成することができ、端子のうちの他方は SDA 共有バス信号として構成することができる。シリアルデータ通信回路は、モータドライバ、モータ、もしくは両方の試験を制御するために、および/またはモータドライバのプログラミングを制御するために、シリアルデータを送り、受信するように構成することができる。シリアルデータ通信回路は、モータが動作していないとき、および/または I^2C 起動状態が受信されるとき、端子を介して通信するように構成することができ、および/または回路はシリアルデータを受信または送信するために常にアクティブであり得る。

40

【 0 0 0 9 】

[0008] 別の実施形態において、方法は、モータドライバがモータを制御しているとき、モータドライバの少なくとも 2 つの端子上でモータコマンド信号を受信し、モータ状態信号を送信するステップを含む。方法は、少なくとも 2 つの端子が使用されていないとき、少なくとも 2 つの端子を介してシリアルデータ通信信号を駆動するステップを含むこともできる。

50

【 0 0 1 0 】

[0009]一実施形態において、モータコマンド信号を受信するステップは、少なくとも2つの端子のうちの1つの上でモータを起動するかどうかを示す信号を受信するステップを含み、状態信号を送信するステップは、モータの速度が少なくとも2つの端子のうちの1つの上で基準周波数に固定されているかどうかを示す信号を送信するステップを含む。シリアルデータを駆動するステップは、少なくとも2つの端子のうちの一方または両方上でI²C信号を駆動するステップを含むことができる。特徴は、以下のうちの1つまたは複数を含むことができる。シリアルデータ通信信号を駆動するステップは、第1の端子上でSCL信号を駆動するステップと、第2の端子上でSDA信号を駆動するステップとを含み、試験信号および/またはプログラミング信号を送り、および/または受信することができる。シリアルデータ通信信号は、I²C起動状態が受信された後、駆動することができる。シリアルデータ通信信号を駆動するステップは、シリアルデータ通信信号を送り、または受信するために常にアクティブである、端子に結合された、送受信機を提供するステップを含むことができる。

10

【 0 0 1 1 】

[0010]回路が動作であるとき、第1の端子上でコマンド信号を受信し、第2の端子上で状態信号を送信するために、制御回路に結合されるのに適した少なくとも2つの端子を備えた回路も説明される。シリアルデータ通信モジュールは、第1および第2の端子が使用されていないとき、第1および第2の端子を介して、シリアルデータを送り、受信するように構成することができる。

20

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 2 】

【図1】[0011]シリアルデータ通信を提供するモータドライバの構成図である。

【図2】[0012]シリアル通信モジュールを含むモータコントローラの一部の構成図である。

【図3】[0013]シリアル通信を提供するモータドライバの構成図である。

【図4】[0014]シリアル通信の流れ図(flow diagram)である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 3 】

[0015]図面における同様の番号は同様の要素を表す。フローチャート(flow chart)および構成図を含めて図は、例示のために提供され、本開示の範囲を限定することが意図されていない。図は特定の構成またはシーケンスで接続された特定の数のブロックを有する図表およびフローチャートを示すが、これらは例示だけである。他の配列およびシーケンスは本開示の範囲内にある。

30

【 0 0 1 4 】

[0016]本発明を説明する前に、導入概念および用語を多少説明する。

【 0 0 1 5 】

[0017]当技術分野で知られているように、回転するモータは、発電機のように働くことがある。回転するモータによって生じた起電力は、逆起電力と呼ばれることがある。この逆起電力によって生じた信号は、モータの位置および速度を決定するために測定することができる。例えば、逆起電力信号の大きさは、モータの速度に正比例することがある。場合によっては、これらの信号は、外部センサを必要とせずに測定することができる。これらの、いわゆる「センサレスシステム」において、逆起電力信号は、モータから直接、モータ駆動回路の入力に帰還させることができる。

40

【 0 0 1 6 】

[0018]本明細書で使用される場合、「モータドライバ」という用語は、外部モータを駆動する回路または複数の回路を言い表すのに用いられる。モータドライバは、ICまたは他のタイプのシリコンチップを含むことができ、個別構成要素を含むことができ、またはICと個別要素との組合せを含むことができる。

【 0 0 1 7 】

50

[0019]本明細書で使用される場合、「磁界感知素子」という用語は、磁界を感知することができる様々な電子素子を言い表すのに用いられる。磁界感知素子は、限定はされないが、例えば、ホール効果素子、磁気抵抗素子、磁気トランジスタ、またはレゾルバであり得る。

【 0 0 1 8 】

[0020]異なるタイプのホール効果素子は、モータの位置および速度を測定するのに使用することもできる。これらのホール効果素子は、例えば、平面ホール素子、縦型ホール素子、および円形縦型ホール（C V H）素子を含む。知られてもいるように、異なるタイプの磁気抵抗素子、例えば、アンチモン化インジウム（I n S b）などの半導体磁気抵抗素子、巨大磁気抵抗（G M R）素子、異方性磁気抵抗素子（A M R）、トンネル磁気抵抗（T M R）素子、および磁気トンネル接合（M T J）がある。磁界感知素子は、単一の素子または、あるいは、様々な構成、例えば、ハーフブリッジまたはフル（ホイートストン）ブリッジで配列された2つ以上の磁界感知素子を含むことができる。デバイスタイプおよび他の適用要件により、磁界感知素子は、シリコン（S I）もしくはゲルマニウム（G e）などのI V族半導体材料、またはガリウムヒ素（G a A s）もしくはインジウム化合物、例えば、アンチモン化インジウム（I n S b）などのI I I - V族半導体材料、または別の化合物半導体材料I n G a A s P、または高移動度材料、例えばG a Nで製作されたデバイスであり得る。

【 0 0 1 9 】

[0021]本明細書で使用される場合、「信号」という用語は、時間とともに変化し得る、アナログまたはデジタルの電子的特性を言い表すのに用いられる。対照的に、本明細書で使用される場合、「値」という用語は、静的となる傾向がある、または、ときによって変化する傾向があるデジタル電子値を言い表すのに用いられる。しかし、信号および値という用語は互換可能に用いることもできる。

【 0 0 2 0 】

[0022]本明細書で使用される場合、「ソフトウェア」および「ファームウェア」という用語は、揮発性または不揮発性コンピュータ可読記憶媒体（ハードドライブまたはメモリなど）に記憶されたコンピュータ可読命令を指すことができる。コンピュータ可読命令は、R O M、R A M、または他のタイプのメモリに記憶することができる。命令は、プロセッサによって読み取られたとき、プロセッサまたはプロセッサの周辺の他の回路にある一定の機能または動作を実行させることができる。「コンピュータ可読」として説明されるが、命令は、従来のラップトップまたはデスクトップコンピュータによってアクセスまたは実行されなくてよい。むしろ、コンピュータ可読命令は、命令を読み取り、実行することができる任意のタイプのプロセッサまたは回路によってアクセスまたは実行され得る。

【 0 0 2 1 】

[0023]「ソフトウェア」および「ファームウェア」という用語は、コンピュータ可読記憶媒体に記憶させることができ、プロセッサまたは回路によって実行することができる、マイクロコード、マシンコード、スクリプト、または任意のタイプのコンピュータ可読命令セットなど、他のタイプの命令を指すこともできる。

【 0 0 2 2 】

[0024]図1を参照すると、モータドライバ10がモータ12に結合されて示される。モータドライバ10は、モータ12に電力供給しモータ12を制御するように構成された回路または回路の群であり得る。一実施形態においては、モータ12は、ブラシ付きモータ、ブラシレスモータ、ステッピングモータなどの電気モータであり得る。別の実施形態においては、モータ12は、モータドライバ10によって制御され得る非電気モータ（例えば、内燃機関、油圧モータなど）であり得る。

【 0 0 2 3 】

[0025]モータドライバ10は、モータコントローラ14に結合され得る。モータコントローラ14は、モータ12をどのように制御するのかをモータドライバ10に伝えるコマンド信号および命令をモータドライバ10に提供する回路またはシステムであり得る。モ

10

20

30

40

50

ータコントローラは、様々な実施形態において、電力、接地、周波数基準信号など、他の信号を提供することもできる。もちろん、これらの信号は、他の回路およびシステムによってモータドライバ 10 に提供することもできる。

【0024】

[0026]一実施形態においては、モータコントローラ 14 は、モータ 12 の制御および動作を指示する外部回路またはプロセッサであり得る。モータコントローラ 14 は、起動、停止、方向、および速度など、モータ 12 の態様を制御するためのコマンドをモータドライバ 10 に送ることができる。モータドライバ 10 は、次いで、モータ 12 がコマンドに従って実施するように、モータ 12 を付勢し、モータ 12 に電力を提供することができる。例えば、モータコントローラ 14 は、モータドライバ 10 にモータ 12 を起動するように、またはモータ 12 の速度を特定の周波数に設定するように命令するコマンドを送ることができる。受信されるとき、モータドライバ 10 は、次いで、モータ 12 を起動し、モータ 12 の速度を特定の周波数に設定することができる。モータコントローラ 14 は、モータがコマンド信号に従って動作しているかどうか決定するために、およびそれに応じてコマンド信号を調整するために、モータコントローラ 14 または他のシステム構成要素によって使用され得る帰還信号をモータドライバ 10 から受信することもできる。

10

【0025】

[0027]モータドライバ 10 は、モータコントローラ 14 との通信のためのインターフェース 16 を提供することができる。インターフェース 16 は、1 つまたは複数のピンまたは端子、バスなどを含むことができる。図示するように、インターフェース 16 は、起動ピン 10 a と固定ピン 10 b とを含むことができる。

20

【0026】

[0028]起動ピン 10 a はモータコントローラ 14 から起動信号 24 を受信する入力であり得る。一実施形態においては、起動信号は、モータ 12 をオンにしオフにするために使用することができる DC 信号であり得る。例えば、モータ起動信号が高レベルであるとき、モータドライバ 10 は、モータ 12 がオフになるようにモータ 12 から電力を取り除くことができる。起動信号が低レベルである間、モータドライバ 10 は、モータ 12 が動作するようにモータ 12 を付勢することができる。別の実施形態においては、高レベルの起動信号がモータをオンにし、低レベルの起動信号がモータをオフにするように論理レベルを切り替えることができる。DC 信号として説明するが、起動信号は AC 信号、デジタル信号などでもよい。

30

【0027】

[0029]固定ピン 10 b は、モータドライバ 10 によって駆動される出力ピンであり得る。モータドライバ 10 は、モータの速度が基準周波数に固定されているかどうかを示すために固定信号 30 を提供することができる。一実施形態においては、モータドライバ 10 は、モータ 12 が動作すべき速度を示す基準周波数信号を受信することができる。モータドライバ 10 は、モータ 12 の速度を受信基準周波数に「固定する」ために位相ロックループ (PLL) を含むことができる、帰還回路 40 を含むことができる。モータ 12 が指定周波数で動作していると、モータドライバ 10 は、モータコントローラ 14 に所望のモータ速度が達成され、速度が固定されていることを知らせる固定信号をアサートすることができる。

40

【0028】

[0030]一実施形態において、モータ 12 の速度が固定されているとき、モータドライバ 10 は、固定信号を低レベルに駆動し、モータ 12 が固定されていないとき、モータドライバ 10 は固定信号を高レベルに駆動し、またはその逆にすることができる。DC 信号として説明したが、固定信号は AC 信号、デジタル信号などでもよい。

【0029】

[0031]固定信号および起動信号は、プルアップまたはプルダウン抵抗 (または他のプルアップもしくはプルダウン機構) によって高レベルにプルアップまたは低レベルにプルダウンすることもでき、したがって、モータコントローラ 14 およびモータドライバ 10 は

50

、信号を1つの方向に（高レベルまたは低レベルに、ただし両方ではなく）駆動さえすればよい。

【0030】

[0032]インターフェース16は、I/Oバンドル10cによって示される追加のピンを有することもできる。I/Oバンドル10cは、追加の制御信号、電力信号、接地信号、バス、またはモータ12もしくはモータドライバ10を制御する、またはモータ12もしくはモータドライバ10と通信するのに使用することができる任意の他のタイプの信号を含むことができる。一実施形態においては、インターフェース16は、5線式のモータインターフェースであり得る。この実施形態においては、バンドル10cは、電力信号、接地信号、および基準周波数信号を含むことができる。

10

【0031】

[0033]周波数基準ピン10fは、周波数基準(FREF)信号22をモータコントローラ14から受信することができる。FREF信号22は、モータ12の周波数、または速度を設定するのに使用することができる。例えば、モータ12の速度を変更するために、モータコントローラ14は、FREF信号22の周波数を変更することができる。モータドライバ12は、次いで、それに応じてモータ12の速度を調整することができる。一実施形態においては、帰還回路40は、上記のように、モータ12の速度をFREF信号20の周波数に固定することができる。

【0032】

[0034]一実施形態において、インターフェース16は、BLDCタイプ1インターフェースを実現することができる。BLDCタイプ1インターフェースは、（限定はされないが）、電力ピン（例えば24V）と、接地ピンと、モータ12をオンおよびオフにするためにモータコントローラ14によって使用されるデジタルSTARTピンと、目標速度または周波数をモータに提供するためにモータコントローラ14によって使用されるFREF（周波数基準）ピンと、モータの速度が目標速度または周波数にいつ固定されるのかを示すためにモータドライバ10によって使用されるデジタルLOCKピンとを含むことができる。

20

【0033】

[0035]別の実施形態において、インターフェース16は、BLDCタイプ2インターフェースを実現することができる。BLDCタイプ2インターフェースは、（限定はされないが）以下のピンを含むことができる。すなわち、電力ピン（例えば24V）と、接地ピンと、モータ12をオンおよびオフにするためにモータコントローラ14によって使用されるデジタルSTARTピンと、目標速度または周波数をモータに提供するためにモータコントローラ14によって使用されるFREF（周波数基準）ピンと、モータの速度が目標速度または周波数にいつ固定されるのかを示すためにモータドライバ10によって使用されるデジタルREADYピンと、モータ12の回転の方向を指定するためにモータコントローラ14によって使用されるデジタルDIRピンと、モータドライバ10が能動的にモータを停止すべきなのか、受動的にモータ自体で減速し停止することを可能にするべきなのかを指定するためにモータコントローラ14によって使用されるデジタルBRAKEピンと、モータ12の現在の速度を示すためにモータドライバ10によって使用されるFG

30

40

【0034】

[0036]バンドル10dはモータ12を駆動するために使用される出力部を備えることができる。これらの出力部は、モータコイルドライバモジュール18によって駆動されるが、モータ12をオンおよびオフにし、モータ12の速度を制御するためにモータ12のコイルを付勢することができる。一実施形態においては、バンドル10dは、一方の出力部がモータ12の各コイルの各端部に結合された出力部の対を含むことができる。例えば、モータ12が3つのコイルを有する場合、バンドル10dは、各対がそれぞれのコイルの端部に接続された、3対の出力部を含むことができる。バンドル10dの出力部は、電流がモータ12のコイル中を流れているとき、電流を吸い込む、すなわち、電流リターンパ

50

スとして働くこともできる。

【 0 0 3 5 】

[0037]ピン 1 0 e は、モータ 1 2 の現在の速度を決定するのに使用される 1 つまたは複数の入力信号を受信することができる。受信信号は、帰還信号 2 8 を提供して、モータの速度を制御するために、PLL でモータの速度を固定するために、モータが回転しているのか、または使用されていないのかなどを決定するために、帰還機構または回路 4 0 によって使用され得る。帰還回路 4 0 は、ホール効果素子、磁気抵抗素子（巨大磁気抵抗素子を含む）、逆起電力モジュール、またはモータ 1 2 の速度もしくは位置を決定することができる任意の他のセンサもしくは回路など、1 つまたは複数の磁界感知素子を内蔵する磁界センサを含むことができる。そのような帰還回路およびシステムの例は、本願の譲受人に譲渡され、参照により本明細書に組み込まれている、2 0 1 2 年 1 2 月 1 8 日に出願された米国特許出願第 1 3 / 7 1 8 , 5 4 8 号に説明されている。

10

【 0 0 3 6 】

[0038]モータドライバ 1 0 は、モータ制御論理モジュール 2 0 を含むこともできる。モータ制御論理モジュール 2 0 は、モータ 1 2 を制御するために論理回路および / またはソフトウェアを備えることができる。例えば、モータ制御論理は、周波数基準信号 2 2 と起動信号 2 4 とをモータコントローラ 1 4 から受信することができる。モータ制御論理モジュール 2 0 は、次いで、モータ 1 2 を駆動することができるモータコイルドライバ 1 8 に制御信号 2 6 を送ることができる。帰還信号 2 8 は、モータ制御論理モジュール 2 0 に帰還され得る。モータの速度が固定されているとき、モータ制御論理モジュールは固定信号 3 0 をアサートすることができる。

20

【 0 0 3 7 】

[0039]モータドライバ 1 0 は、シリアル通信モジュール 3 2 を含むこともできる。一実施形態においては、シリアル通信モジュール 3 2 は、I²C 送受信機または任意の他のタイプのシリアルデータ通信モジュールであり得る。シリアル通信モジュール 3 2 は、ピン 1 0 a とピン 1 0 b とに結合され、したがって、ピン 1 0 a とピン 1 0 b とを通じてシリアル通信信号を送り、受信することができる。シリアル通信モジュール 3 2 が I²C 送受信機である一実施形態においては、ピン 1 0 a は、I²C クロック信号（すなわち SCL 信号）を送り、受信するのに使用することができ、ピン 1 0 b は、I²C データ信号（すなわち SDA 信号）を送り、受信するのに使用することができる。

30

【 0 0 3 8 】

[0040]ピン 1 0 b が固定信号 3 0 および SDA 信号の両方に使用されるので、モータドライバ 1 0 は、マルチプレクサ 3 4 と決定回路 3 6 とを含むことができる。決定回路 3 6 は、どの信号、すなわち固定信号 3 0 または I²C SDA 信号 3 8 を出力信号としてピン 1 0 b に送るべきかを決定することができる。

【 0 0 3 9 】

[0041]一実施形態において、シリアル通信モジュール 3 2 は、モータドライバ 1 0 が電源投入されているときはいつでも、アクティブであり得る。言い換えれば、シリアル通信モジュール 3 2 は、常に、ピン 1 0 a、1 0 b における起動状態の受信に応答することができる。これにより、シリアル通信モジュール 3 2 は、特別なシリアル通信モードに入る必要なくおよびモード制御のために余分なピンおよび / または回路をモータドライバ 1 0 に追加する必要なく、モータコントローラ 1 4 または他の回路と通信することが可能になり得る。

40

【 0 0 4 0 】

[0042]モータ 1 2 が動作している間、ピン 1 0 b は固定信号を通信するのに使用することができ、ピン 1 0 a は起動信号 2 4 を通信するのに使用することができる。モータ速度が基準周波数に固定されているとき、固定信号 3 0 を低レベルに駆動できることを思い出されたい。このプルダウンされた状態により、I²C 信号は伝達されることが可能にならないので、固定信号 3 0 および起動信号 2 4 は、I²C 起動状態、続いて、首尾よく通信されるべき他の I²C データ信号のためにプルダウンされてはならない。したがって、モ

50

ータ12は、 I^2C 転送を開始し実行しているとき、固定信号30および起動信号24が低レベルにプルダウンまたは高レベルにプルアップされずに停止されるか動作するかのおいずれかでなければならない。例えば、起動信号24および固定信号30が高レベルにプルアップまたは低レベルにプルダウンされない試験モードで、または別の動作モードで、モータが動作している可能性がある。したがって、シリアル通信モジュールは、これらのピンが使用されていない、またはアサートされていないとき（すなわち、固定信号30および起動信号24が低レベルにプルダウンまたは高レベルにプルアップされずにモータが停止され、または動作しているとき）起動ピン10aおよび固定ピン10bを介してシリアルデータを送り、受信することができる。シリアル通信モジュール32は、例えば、データをSDO信号32に書き込むことによりなど、シリアル通信に応答することができる。

10

【0041】

[0043]一実施形態において、ピン10aおよび10bが I^2C 通信に使用されているとき、モータコントローラ14（または別の外部回路）はSCL信号を駆動することができる。言い換えれば、モータコントローラ14は、 I^2C マスタとして働くことができ、シリアル通信モジュール32は、 I^2C スレーブとして働くことができる。他の実施形態においては、シリアル通信モジュール32は、SCL信号を駆動することができ、 I^2C マスタとして働くことができる。

【0042】

[0044]モータコントローラ14が I^2C マスタとして働いている場合、モータコントローラ14は、 I^2C プロトコルに従って起動を提供することによって I^2C 通信を開始することができる。一実施形態において、起動状態は、起動信号が高レベルであり、固定信号が低レベルにプルダウンされることによってもたらされ得る。これは、ピン10aおよび10bが I^2C 通信に使用されているということをシリアル通信モジュール32に警告することができる。シリアル通信モード32は、次いで、 I^2C プロトコルに従ってコントローラ14から起動ビット、制御バイト、データバイト、停止ビットなどを含めて、 I^2C 通信を受信することができる。モータコントローラ14およびシリアル通信モジュール32は、次いで、 I^2C プロトコルに従って、転送される各バイトが相手側によって応答される通信を開始することができる。例えば、モータコントローラ14は、書込みの間マスタであるとき、データバイトを送ることができ、ドライバ10は各バイトに応答することができ、読み取る間、ドライバ10はデータバイトを送ることができ、コントローラ14は各バイトに応答することができる。

20

30

【0043】

[0045]図2はシリアル通信モジュール32およびモータコントローラ14の代替図を示す。この図において、シリアル通信モジュール32は、EEPROM200または他のメモリ、およびEEPROM200から読み取り、書き込むことをサポートする他の回路を含むことができる。しかし、代替実施形態においては、EEPROM200および任意のサポート回路は、シリアル通信モジュール32から分離することができる。

【0044】

[0046]図2は、それぞれ起動信号と固定信号とを搬送するピン10aと10bとが I^2C 通信を用いてEEPROM200または他のレジスタから読み取り、書き込むのにどのように使用され得るのかという一例を示す。

40

【0045】

[0047]EEPROM200は、様々な適用例関連機能のために様々なタイプのデータを記憶することができる。ある適用例において、第1の群のEEPROMレジスタは、ドライバ10を評価しまたは構成するのに使用することができるような、構成可能なシステムパラメータを含むことができる。第2の群の書込み可能なレジスタは、モータの起動および停止ならびにモータの方向の変更など、モータ制御機能をサポートする。第3の群のEEPROMレジスタは、モータ帰還機能をサポートするために読み取り可能なレジスタであることができ、したがって、例えば、モータ速度関連情報を記憶するのに使用することが

50

できる。

【 0 0 4 6 】

[0048]書込み動作の間、モータコントローラ14は、ピン10aおよび10bにおける起動状態をアサートし、I²C通信をモータドライバ10に転送することにより、I²C通信を開始することができる。モータコントローラ14は、次いで、書き込むべきEEPROMアドレスをモータドライバ10に送ることができる。I²C受信機202は、アドレスを受信し、それをシリアル入力/パラレル出力モジュール(SIPO)204に送ることができる。シリアル入力/パラレル出力モジュール(SIPO)204は、アドレスをシリアルデータからパラレルデータに変換することができる。SIPO204は、次いで、アドレスをロード可能アドレス可能レジスタ(LOAD)206に送ることができる、ロード可能アドレス可能レジスタ(LOAD)206は、アドレスをEEPROM200に提供することができる。モータコントローラ14は、次いで、書き込むべきデータをEEPROMに送り、データはI²C受信機によって受信され、SIPO204に送り、次いでLOAD206に送り、次いでEEPROMに書き込まれ得る。

10

【 0 0 4 7 】

[0049]起動ピン10aおよび固定ピン10bは、それぞれ、I²C通信の間、起動/停止入力および位相ロック出力としてまだアクティブであるので、これらの機能を無効にし、およびこれらのピンがただI²Cバスだけとして動作することを可能にするのに制御ビットを使用することができる。ビットが設定された後、モータ動作はI²Cバスを通じて制御することができる。

20

【 0 0 4 8 】

[0050]読取り動作の間、アドレスは、上記のように、EEPROM200に送られ得る。アドレスが受信されると、EEPROM200は、そのアドレスで記憶されたデータをパラレル入力シリアル出力モジュール(PISO)208に書き込むことができる。PISO208は、データをシリアルデータに変換することができ、次いでデータはI²Cバスを介してモータコントローラ14に送出され得る。

【 0 0 4 9 】

[0051]一実施形態において、モータドライバ10は、I²CデータをSDO線212を介して送出することができる。図示するように、PISO214は、パラレルデータを、SDO線212に結合され得る(例えばマルチプレクサ216を通じて)シリアルデータに変換することができる。データがSDO線212上に駆動されるとき、論理ゲート218および220は、バッファ222を有効および無効にすることができ、したがって、バッファ222はデータを固定ピン10b上に駆動し、そこで、データはモータコントローラ14によって受信され得る。

30

【 0 0 5 0 】

[0052]モータドライバ10との読取りおよび書込みによって、モータコントローラ14は、I²Cコマンドを使用して、様々なモータおよび/またはモータドライバパラメータを構成し、試験データを読み取り、書き込み、モータ12を制御するために制御データを読み取り、書き込むなどをするようにEEPROM200をプログラムすることができる。

40

【 0 0 5 1 】

[0053]モータコントローラ14は、I²Cコマンドを使用して、モータドライバ10を試験モードに設定し、試験コマンドをモータドライバ10に送り、試験データをモータドライバ10から受信することもできる。例えば、モータコントローラ14(または製造試験装置などの別の外部回路)は、I²Cコマンドを送って、モータをオンにし、モータをオフにし、モータを1つの方向に駆動し、モータを別の方向に駆動し、モータを特定の速度で駆動することなどができる。一実施形態において、これらのようなコマンドは、製造試験シーケンスの間、使用され得る。

【 0 0 5 2 】

[0054]図3は、例示的なモータドライバ10の詳細をさらに示す。図示するように、モ

50

ータドライバ10は、限定はされないが、ゲートドライバ300、温度モニタ302、電圧レギュレータ、チャージポンプなどを含む、追加の回路およびモジュールを含むことができる。一実施形態において、モータコントローラ14は、ピン10aおよび10bを介してI²Cコマンドを送って、EEPROM200からデータにアクセスし、またはEEPROM200に対して上記と同様にこれらの追加の回路およびモジュールを制御することができる。また、図3において、EEPROM200およびシリアル通信モジュール32は、別々のブロックとして示される。

【0053】

[0055]図4は、モータドライバ10の動作を示すフローチャートである。ブロック400において、モータドライバ10はリセットされ、動作を開始する。ブロック402にお

10

【0054】

[0056]ブロック404および406において、モータコントローラ10は、モータ12の速度が基準周波数を固定するまで（例えば、PLLがモータの速度を所望の速度に固定するまで）モータを駆動する。速度が基準周波数に達すると、モータドライバ10は、ブロック408においてモータを回転させ続けることができ、固定信号を低レベルにプルダウンすることによって固定信号をアサートすることができる。モータコントローラ14が起動信号を低レベルに駆動することによって起動信号をアサートし続ける限り、モータ

20

【0055】

[0057]ブロック402において、起動信号がアサートされない、または基準周波数が1kHz未満である場合、ブロック412において、モータドライバ10は、固定信号をディアサートすることができる。モータドライバ10は、ブロック414において、起動ピン（すなわちSCL信号）が高レベルであり、固定ピン（すなわちSDA信号）が低レ

30

【0056】

[0058]ブロック418から440までは、ピン10aおよび10bを介してI²Cを通じてモータドライバ10と通信することによって実施され得る例示的な試験シーケンスを示す。ブロック418から440までは、例示的なためだけのものである。他の実施形態において、モータドライバ10は、他の試験シーケンスを採用することができ、または試験シーケンスを含まなくてもよい。

40

【0057】

[0059]ブロック418において、モータドライバ10は、ピン交換のためのメッセージを送ることができる。これは、モータドライバ10および/またはモータコントローラ14を、ピン機能が様々なレジスタまたはメモリ位置に再割り当てされている試験モードに設定することができる。例えば、STARTnピン、DIRピン、およびBRAKENピン（図3参照）は、内部レジスタ内の値で置き換えることができる。これらのレジスタ値は、STARTn、DIR、およびBRAKENレジスタ値と呼ぶこともできる。したがって、STARTnピン、DIRピン、およびBRAKENピンによって実施される機能は、これらのレジスタ値で置き換えることができ、それらはこれらのレジスタ値にアクセスし、これらのレジスタ値を修正するI²Cコマンドによって操作され得る。

50

【 0 0 5 8 】

[0060]ブロック 4 2 0 において、モータドライバ 1 0 は、制御ビットの使用によるなど、固定信号を無効にすることができ、したがって、ピン 1 0 b (図 1) は、試験シーケンスの残りに対する S D A 信号として使用され得る。

【 0 0 5 9 】

[0061]周波数基準信号が所定の量より大きく、 I^2C メッセージが S T A R T n レジスタ値を設定するコマンドまたは値を含む場合は、モータドライバはブロック 4 2 4 に進むことができる。 I^2C メッセージが D I R = 1 となるように D I R レジスタ値を設定するコマンドをアサートする場合、モータドライバ 1 0 は、ブロック 4 2 6 において時計回りに回転させることができる。それ以外の場合、モータドライバ 1 0 は、ブロック 4 2 8 においてモータ 1 2 を反時計回りに回転させることができる。

10

【 0 0 6 0 】

[0062]モータを回転させた後、モータドライバは、ブロック 4 3 0 においてモータ速度が周波数基準信号に固定されていることを確認することができる。そうである場合、モータドライバは、ブロック 4 3 2 において、位相ロックが確立されたことを示す I^2C メッセージをモータコントローラ 1 4 に送ることができる。

【 0 0 6 1 】

[0063]ブロック 4 3 4 において、モータを停止させるための I^2C メッセージが受信される場合、モータドライバ 1 0 はブロック 4 3 6 においてモータを減速させることができる。 I^2C メッセージがブロック 4 4 0 において試験を停止させるために受信される場合、モータドライバ 1 0 は、試験シーケンスを出て、ブロック 4 0 2 に進むことができる。それ以外の場合、モータドライバ 1 0 は、ブロック 4 1 2 に進んで、試験シーケンスを続けることができる。

20

【 0 0 6 2 】

[0064]ある一定の信号がデジタル信号またはアナログ信号として上記に説明されているが、これは限定であることが意図されてないことを当業者は認識されよう。様々な実施形態において、上記に説明したデジタル信号は等価のアナログ信号で置き換えることができ、逆も同様である。同様に、デジタル信号またはアナログ信号を受信するまたは生じるとして上記に説明した構成要素は、アナログ信号、デジタル信号、または他のタイプの信号を受信するまたは生じる等価の構成要素で置き換えることができる。

30

【 0 0 6 3 】

[0065]本特許の主題である、様々な概念、構造および技法を示す働きをする、様々な実施形態を説明してきたが、これらの概念、構造および技法を組み込んだ他の実施形態が使用され得ることがここで当業者には明らかになる。 I^2C プロトコルを用いるなど、シリアル通信を可能にするための、他の適用例機能に他の方法で使用される接続を介して、例示的なモータドライバ 1 0 に関連して上記に説明した回路および技法は、他のタイプの回路に適用され得ることが当業者には理解されよう。一例として、「有効な」入力ピンおよび「調節範囲内の」ピンを使用する電圧レギュレータなど、電圧レギュレータ接続部。そのようなレギュレータにおいて、シリアル通信モジュール (図 1 のシリアル通信モジュール 3 2 と同様の、または同じ) は、「有効な」および「調節範囲内の」ピンに結合して、それらのピンを介してシリアル通信を送り、受信することができる。もちろん、シリアル通信モジュールは、シリアルデータ通信を送り、受信するのに使用することができる任意の他のピンに結合することもできる。したがって、特許の範囲は、説明した実施形態に限定されるべきでないが、むしろ、以下の特許請求の範囲の趣旨および範囲によってのみ限定されるべきである。

40

フロントページの続き

(74)代理人 100147991

弁理士 鳥居 健一

(72)発明者 エング, チー - キオン

アメリカ合衆国マサチューセッツ州 0 1 7 2 0 , アクトン, メイン・ストリート 7 0 5

(72)発明者 アルガー, クリストファー

アメリカ合衆国マサチューセッツ州 0 1 5 2 0 , ホールデン, フラグラー・ドライブ 1 3 7

(72)発明者 レイノルズ, ティモシー

アメリカ合衆国マサチューセッツ州 0 1 5 8 1 , ウェストブロー, ローズウッド・ブレイス 6

審査官 池田 貴俊

(56)参考文献 特開 2 0 1 0 - 1 3 6 5 3 8 (J P , A)

特表 2 0 0 2 - 5 2 4 0 0 8 (J P , A)

中国特許出願公開第 1 0 2 6 9 5 0 4 3 (C N , A)

中国特許出願公開第 1 0 2 3 8 4 0 2 1 (C N , A)

中国特許出願公開第 1 0 2 3 5 5 1 7 9 (C N , A)

中国特許出願公開第 1 0 1 8 9 5 2 4 7 (C N , A)

中国特許出願公開第 1 0 1 7 4 1 2 9 4 (C N , A)

特開 2 0 1 1 - 0 1 9 3 5 4 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H 0 2 P 2 9 / 0 0

G 0 6 F 1 3 / 3 8