

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2016-538624

(P2016-538624A)

(43) 公表日 平成28年12月8日 (2016. 12. 8)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G06F 13/38 (2006.01)	G06F 13/38 320A	5B077
H04L 12/40 (2006.01)	H04L 12/40 Z	5K032

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 69 頁)

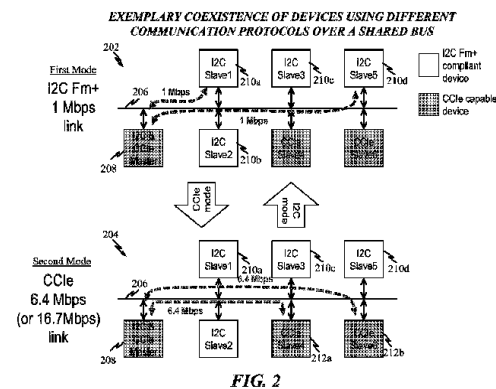
(21) 出願番号 特願2016-520667 (P2016-520667) (86) (22) 出願日 平成26年10月8日 (2014. 10. 8) (85) 翻訳文提出日 平成28年4月6日 (2016. 4. 6) (86) 国際出願番号 PCT/US2014/059776 (87) 国際公開番号 W02015/054433 (87) 国際公開日 平成27年4月16日 (2015. 4. 16) (31) 優先権主張番号 61/888, 475 (32) 優先日 平成25年10月8日 (2013. 10. 8) (33) 優先権主張国 米国 (US) (31) 優先権主張番号 61/927, 102 (32) 優先日 平成26年1月14日 (2014. 1. 14) (33) 優先権主張国 米国 (US) (31) 優先権主張番号 61/974, 910 (32) 優先日 平成26年4月3日 (2014. 4. 3) (33) 優先権主張国 米国 (US)	(71) 出願人 507364838 クアルコム, インコーポレイテッド アメリカ合衆国 カリフォルニア 921 21 サン ディエゴ モアハウス ドラ イブ 5775 (74) 代理人 100108453 弁理士 村山 靖彦 (74) 代理人 100163522 弁理士 黒田 晋平 (72) 発明者 仙石 祥一郎 アメリカ合衆国・カリフォルニア・921 21-1714・サン・ディエゴ・モアハ ウス・ドライブ・5775 Fターム (参考) 5B077 BA09 NN02
---	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 共有制御データベース上での I2C スレーブデバイスとカメラ制御インターフェース拡張デバイスの共存

(57) 【要約】

複数のスレーブデバイスは、制御データベースとともに、制御データベースへのスレーブデバイスのアクセスを管理している少なくとも1つのマスターデバイスに結合される。少なくとも1つのスレーブデバイスは、sI2Cプロトコル動作モードで動作し、少なくとも1つの他のスレーブデバイスは、CCle動作モードで動作する。少なくとも、sI2Cプロトコルモードを使用するスレーブデバイスは、割込み要求のために制御データベースを使用する。CCle通信の完全性を維持するために、sI2Cプロトコルモードを使用するスレーブデバイスは、制御データベースがCCleモードに従って動作するときにIRQを出すのを無効にする。



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

共有バスと、

前記共有バスに結合され、

前記共有バスを通じて帯域内割込み要求を出すことを含む第1のプロトコルモードに従って動作し、

前記共有バスが第2のプロトコルモードに切り替えていることを示すエントリ呼出しについて前記共有バスを監視し、

前記エントリ呼出しを検出すると、第1のスレーブデバイスが前記共有バスを通じて帯域内割込み要求を行うことを無効にする

10

ように構成される、前記第1のスレーブデバイスと、

前記共有バスに結合され、

割込みバスを通じて側帯割込み要求を出すことまたは前記共有バスを通じて帯域内割込み要求を出すことを含む前記第2のプロトコルモードに従って動作し、

前記共有バスで、前記第2のプロトコルモードに従って送信される前記エントリ呼出しを検出する

ように構成される、第2のスレーブデバイスとを備える、デバイス。

【請求項 2】

前記共有バスに結合され、

前記第1のプロトコルモードと前記第2のプロトコルモードの両方に従って動作し、

20

前記共有バス上の通信を管理し、

前記共有バスが第2のプロトコルモードに切り替えていることを示す前記エントリ呼出しを前記共有バスを通じて送信する

ように構成される、マスターデバイスをさらに備え、前記エントリ呼出しが前記第1のプロトコルモードに従って送信される、請求項1に記載のデバイス。

【請求項 3】

前記マスターデバイスがさらに、

前記第1のプロトコルモードと前記第2のプロトコルモードの両方に従って、スレーブデバイスからの割込み要求を検出し、

要求しているスレーブデバイスに対して前記共有バスへのアクセスを許可することによって、前記割込み要求に応答するように構成される、請求項2に記載のデバイス。

30

【請求項 4】

前記マスターデバイスがさらに、

前記共有バスが前記第1のプロトコルモードに切り替えていることを示すイグジット呼出しを前記共有バス上で送信するように構成され、前記イグジット呼出しが、前記第2のプロトコルモードと前記第1のプロトコルモードの両方に従って送信される、請求項2に記載のデバイス。

【請求項 5】

帯域内割込みのために、前記第2のプロトコルが、前記共有バスを通じて送信されるシンボル内で割込み期間を定義し、前記割込み期間の間、前記共有バスに結合された1つまたは複数のスレーブデバイスが前記共有バスの第1の線の上で割込み要求をアサートでき、一方で前記共有バスの第2の線がハートビート送信のために前記マスターデバイスによって使用される、請求項2に記載のデバイス。

40

【請求項 6】

前記マスターデバイスおよび第2のスレーブデバイスが、前記割込み期間の間、前記共有バスの前記第1の線を内部的にマスクするように構成される、請求項5に記載のデバイス。

【請求項 7】

前記マスターデバイスが、前記共有バス上で前記第2のプロトコルモードに従って動作するすべてのスレーブデバイスに割込みグループ照会呼出しを送信するように構成され、

50

そのような割込みグループ照会呼出しが、任意のアサートしているスレーブデバイスが応答できる時間枠を提供する、請求項5に記載のデバイス。

【請求項 8】

前記第2のスレーブデバイスがさらに、

前記共有バスが前記第2のプロトコルモードに従って動作するとき、前記第2のプロトコルモードに従って、前記共有バスを通じてデータまたはコマンドを受信するように構成される、請求項1に記載のデバイス。

【請求項 9】

前記第1のスレーブデバイスがさらに、

前記共有バスが前記第2のプロトコルモードに従って動作する間、前記共有バスとは別の専用の割込み線またはバスを通じて、割込み要求を送信するように構成される、請求項1に記載のデバイス。

【請求項 10】

専用の線を通じて前記第1のスレーブデバイスから割込み要求を受信し、前記第2のプロトコルに従って前記専用の割込み線またはバスを通じて前記受信された割込み要求を送信するように構成される、割込みルータスレーブデバイスをさらに備える、請求項1に記載のデバイス。

【請求項 11】

前記共有バスが第1の線および第2の線を含み、前記共有バスが前記第1のプロトコルモードに従って動作するとき、前記第1の線がデータ送信のために使用され、前記第2の線が第1のクロック信号のために使用され、前記共有バスが前記第2のプロトコルモードに従って動作するとき、前記第1の線と第2の線の両方がデータ送信のために使用され、その間、第2のクロック信号が前記データ送信とともにシンボルからシンボルへの遷移に埋め込まれる、請求項1に記載のデバイス。

【請求項 12】

共有制御データバスに結合される他のデバイスに結合するための第1のバスインターフェースであって、前記データバスが、第1のプロトコルモードまたは第2のプロトコルモードのいずれかで動作するように動的に構成される、第1のバスインターフェースと、

前記他のデバイスの少なくともサブセットによって使用される専用の割込み線に結合し、前記第2のプロトコルモードにおいて前記専用の割込み線を通じて割込み要求を出すための、第2のバスインターフェースと、

前記第1のバスインターフェースと前記第2のバスインターフェースとに結合され、

複数の他のデバイスが結合される共有バスでのデータ転送を管理し、ここで、前記他のデバイスの少なくとも第1のサブセットが第1のプロトコルモードに従って動作し、前記他のデバイスの第2のサブセットが前記第1のプロトコルモードとは両立しない第2のプロトコルモードに従って動作し、

前記共有バスが前記第2のプロトコルモードに従って動作すべきであることを示すエントリ呼出しを前記共有バスを通じて送信すること、および/または、

前記共有バスが前記第1のプロトコルモードに従って動作すべきであることを示すイグジット呼出しを前記共有バスを通じて送信すること

によって、前記第1のプロトコルモードと第2のプロトコルモードとの間で前記共有バスの動作を動的に切り替える

ように構成される、処理回路とを備える、マルチモードマスターデバイス。

【請求項 13】

前記処理回路がさらに、

前記共有バスが前記第1のプロトコルモードに従って動作するとき、前記共有バスを通じてデバイスの前記第1のサブセットから割込み要求を受信するように構成される、請求項12に記載のマスターデバイス。

【請求項 14】

前記処理回路がさらに、

前記共有バスが前記第2のプロトコルモードに従って動作するとき、専用の割込みバスを通じてデバイスの前記第2のサブセットから割込み要求を受信するように構成される、請求項12に記載のマスターデバイス。

【請求項 15】

前記処理回路がさらに、

前記共有バスが前記第2のプロトコルモードに従って動作するとき、前記専用の割込みバスを通じてデバイスの前記第1のサブセットから割込み要求を受信するように構成される、請求項12に記載のマスターデバイス。

【請求項 16】

前記共有バスが前記第2のプロトコルモードに従って動作するとき、デバイスの前記第1のサブセットから割込み要求が受信されない、請求項12に記載のマスターデバイス。 10

【請求項 17】

前記共有バスが第1の線および第2の線を含み、前記共有バスが前記第1のプロトコルモードに従って動作するとき、前記第1の線がデータ送信のために使用され、前記第2の線が第1のクロック信号のために使用され、前記共有バスが前記第2のプロトコルモードに従って動作するとき、前記第1の線と第2の線の両方がデータ送信のために使用され、その間、第2のクロック信号が前記データ送信とともにシンボルからシンボルへの遷移に埋め込まれる、請求項12に記載のマスターデバイス。

【請求項 18】

前記第2のプロトコルが、前記共有バスを通じて送信されるシンボル内で割込み期間を定義し、前記割込み期間の間、前記他のデバイスの前記第2のサブセットが前記共有バスの第1の線の上で割込み要求をアサートでき、一方で前記共有バスの第2の線がハートビート送信のために前記マスターデバイスによって使用される、請求項12に記載のマスターデバイス。 20

【請求項 19】

前記処理回路がさらに、前記割込み期間の間、前記共有バスの前記第1の線を内部的にマスクするように構成される、請求項18に記載のマスターデバイス。

【請求項 20】

前記第2のプロトコルモードに従って動作しながら帯域内割込み要求に応答して、前記マスターデバイスが、前記共有バス上で前記第2のプロトコルモードに従って動作するすべてのスレーブデバイスに割込みグループ照会呼出しを送信し、そのような割込みグループ照会呼出しが、任意のアサートしているスレーブデバイスが応答できる時間枠を提供する、請求項12に記載のマスターデバイス。 30

【請求項 21】

複数の他のデバイスと共有される共有バスに結合するためのバスインターフェースであって、前記他のデバイスの少なくとも第1のサブセットが第1のプロトコルモードに従って動作し、前記スレーブデバイスが第2のプロトコルモードに従って動作する、バスインターフェースと、

前記バスインターフェースに結合され、

前記第1のプロトコルモードおよび前記第2のプロトコルモードに従って動作することが可能なマスターデバイスからのエントリ呼出しを前記共有バスを通じて検出し、前記エントリ呼出しが、前記共有バスが前記第2のプロトコルモードに従って動作すべきであることを示し、 40

前記共有バスを通じて帯域内で、または、前記マスターデバイスへの別の経路を通じて側帯で、割込み要求(IRQ)を送信する

ように構成される、処理回路とを備える、スレーブデバイス。

【請求項 22】

前記処理回路がさらに、

前記第2のプロトコルモードに従って前記共有バスを通じて通信するように構成される、請求項21に記載のスレーブデバイス。 50

【請求項 23】

前記処理回路がさらに、

前記マスターデバイスからのイグジット呼出しについて前記共有バスを監視し、

前記マスターデバイスからのイグジット呼出しを検出すると、前記スレーブデバイスが前記共有バスを通じて通信することを無効にするように構成される、請求項21に記載のスレーブデバイス。

【請求項 24】

前記イグジット呼出しが、前記共有バスが前記第1のプロトコルモードに従って動作すべきであることを前記スレーブデバイスに示すように機能する、請求項21に記載のスレーブデバイス。

10

【請求項 25】

前記共有バスが第1の線および第2の線を含み、前記共有バスが前記第1のプロトコルモードに従って動作するとき、前記第1の線がデータ送信のために使用され、前記第2の線が第1のクロック信号のために使用され、前記共有バスが前記第2のプロトコルモードに従って動作するとき、前記第1の線と第2の線の両方がデータ送信のために使用され、その間、第2のクロック信号が前記データ送信とともにシンボルからシンボルへの遷移に埋め込まれる、請求項21に記載のスレーブデバイス。

【請求項 26】

スレーブデバイスであって、

複数の他のデバイスと共有される共有バスに結合するためのバスインターフェースであって、前記スレーブデバイスが、第1のプロトコルモードに従って動作し、前記他のデバイスの少なくとも第1のサブセットが、第2のプロトコルモードに従って動作する、バスインターフェースと、

20

前記バスインターフェースに結合され、

前記第1のプロトコルモードおよび前記第2のプロトコルモードに従って動作することが可能なマスターデバイスからのエントリ呼出しを前記共有バスを通じて検出し、前記エントリ呼出しが、前記共有バスが前記第2のプロトコルモードに従って動作すべきであることを示し、

前記エントリ呼出しを検出すると、前記スレーブデバイスが前記共有バスを通じて帯域内割込み要求を出すことを無効にする

30

ように構成される、処理回路とを備える、スレーブデバイス。

【請求項 27】

前記処理回路がさらに、

前記マスターデバイスからのイグジット呼出しについて前記共有バスを監視するように構成され、前記イグジット呼出しが、前記共有バスが前記第1のプロトコルモードに従って動作すべきであることを示す、請求項26に記載のスレーブデバイス。

【請求項 28】

前記共有バスが第1の線および第2の線を含み、前記共有バスが前記第1のプロトコルモードに従って動作するとき、前記第1の線がデータ送信のために使用され、前記第2の線が第1のクロック信号のために使用され、前記共有バスが前記第2のプロトコルモードに従って動作するとき、前記第1の線と第2の線の両方がデータ送信のために使用され、その間、第2のクロック信号が前記データ送信とともにシンボルからシンボルへの遷移に埋め込まれる、請求項26に記載のスレーブデバイス。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

関連出願の相互参照

本特許出願は、2013年10月8日に提出された「Coexistent of I2C Slave Devices and Camera Control Interface Extension Devices on a Shared Control Data Bus」という表題の仮出願第61/888,475号、2014年4月3日に提出された「Coexistent of I2C Slave Devi

50

ces and Camera Control Interface Extension Devices on a Shared Control Data Bus」という表題の仮出願第61/974,910号、2014年1月14日に出版された「Camera Control Interface Extension With In-Band Interrupt」という表題の仮出願第61/927,102号の優先権を主張し、これらのすべてが本出願の譲受人に譲渡され、参照によって本明細書に明示的に組み込まれる。

【0002】

本開示は、共有バス上でマルチモード動作を可能にすることに関し、より具体的には、異なるプロトコルを伴うデバイスが単一のバスを共有するのを可能にすることに関する。

【背景技術】

【0003】

Inter Integrated Circuit(以後「I2C」であり、I²Cとも呼ばれる)は、マザーボード、組み込みシステム、携帯電話または他の電子デバイスに低速の周辺装置を取り付けるために使用されるマルチマスターシリアルシングルエンドバスである。I2Cバスは、クロック(SCL)線と、7ビットのアドレス指定を伴うデータ(SDA)線とを含む。バスは、マスターデバイスおよびスレーブデバイスという、ノードまたはデバイスのための2つの役割を有する。マスターノード/デバイスは、クロックを生成し、スレーブノード/デバイスとの通信を開始するノード/デバイスである。スレーブノード/デバイスは、クロックを受信し、マスターによってアドレス指定されたときに応答するノードである。I2Cバスは、任意の数のマスターデバイスが存在し得ることを意味するマルチマスターバスである。加えて、マスターとスレーブの役割は、メッセージの間で(すなわち、STOPが送信された後に)変更され得る。I2Cは、メッセージの基本タイプを定義し、それらの各々はSTARTで開始し、STOPで終了する。

【0004】

カメラの実装形態というこの文脈では、センサから画像を取り込み、そのような画像データをベースバンドプロセッサ内のメモリに送信するために、単方向送信が使用されてよく、一方、制御データは、ベースバンドプロセッサとセンサおよび他の周辺デバイスとの間で交換されてよい。一例では、ベースバンドプロセッサとイメージセンサ(および/または1つまたは複数のスレーブデバイス)との間のそのような制御データのために、カメラ制御インターフェース(CCI)プロトコルが使用され得る。一例では、CCIプロトコルは、イメージセンサとベースバンドプロセッサとの間のI2Cシリアルバス上で実装され得る。

【0005】

技術が進化するにつれて、I2Cバス上での「ホットプラグ」機能が必要になっている。「ホットプラグ」とは、スレーブデバイスのようなデバイスがすでにアクティブなバスに差し込まれ得る(すなわち、バスを停止することなく)ことを意味する。このホットプラグ機能は、サブセットI2C(すなわち、sI2C)と呼ばれるものによって達成される。sI2Cは、割り込み要求(IRQ)を実行するために、スレーブデバイスのための手段として制御データバスを(SCLとSDAと一緒に)利用する。加えて、CCIプロトコルの速度を上げることを望むので、CCIプロトコルよりも速度を向上させるCCI拡張(CCIe)プロトコルが本明細書で説明される。しかしながら、SDAを使用してスレーブデバイスにIRQを実行させることは、専用のIRQ線を提供するCCIeプロトコルとは両立しない。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

したがって、CCIプロトコルよりも速度を向上させると同時に、sI2CプロトコルスレーブデバイスがCCIeデバイスと共存することを可能にしCCIeバスへとホットプラグ可能にするための方法が必要とされている。

【課題を解決するための手段】

【0007】

共有バス、第1のスレーブデバイス、第2のスレーブデバイス、および/またはマスターデバイスを備えるデバイスが提供される。第1のスレーブデバイスは、共有バスに結合さ

10

20

30

40

50

れてよく、(a)共有バスを通じて帯域内割込み要求を出すことを含む第1のプロトコルモードに従って動作し、(b)共有バスが第2のプロトコルモードに切り替えていることを示すエントリ呼出しについて共有バスを監視し、かつ/または(c)エントリ呼出しを検出すると、第1のスレーブデバイスが共有バスを通じて帯域内割込み要求を行うことを無効にするように構成される。

【0008】

第2のスレーブデバイスは、共有バスに結合されてよく、(a)割込みバスを通じて側帯割込み要求を出すこと、または共有バスを通じて帯域内割込み要求を出すことを含む第2のプロトコルモードに従って動作し、かつ/または(b)共有バス上でエントリ呼出しを検出するように構成され、エントリ呼出しは第2のプロトコルモードに従って送信される。

10

【0009】

マスターデバイスは、共有バスに結合されてよく、(a)第1のプロトコルモードと第2のプロトコルモードの両方に従って動作し、(b)共有バス上の通信を管理し、(c)共有バスが第2のプロトコルモードに切り替えていることを示すエントリ呼出しを共有バスを通じて送信し、ここでエントリ呼出しは第1のプロトコルモードに従って送信され、(d)第1のプロトコルモードと第2のプロトコルモードの両方に従ってスレーブデバイスからの割込み要求を検出し、かつ/または(e)要求しているスレーブデバイスに共有バスへのアクセスを認めることによって、割込み要求に応答するように構成されてよい。

【0010】

マスターデバイスはさらに、共有バスが第1のプロトコルモードに切り替えていることを示すイグジット呼出しを共有バス上で送信するように構成されてよく、イグジット呼出しは、第2のプロトコルモードと第1のプロトコルモードの両方に従って送信される。

20

【0011】

帯域内割込みのために、第2のプロトコルは、共有バスを通じて送信されるシンボル内で割込み期間を定義し、この割込み期間の間、共有バスに結合された1つまたは複数のスレーブデバイスが共有バスの第1の線の上で割込み要求をアサートでき、一方で共有バスの第2の線がハートビート送信のためにマスターデバイスによって使用される。1つの実装形態では、マスターデバイスおよび第2のスレーブデバイスは、割込み期間の間、共有バスの第1の線を内部的にマスクするように構成され得る。

【0012】

マスターデバイスは、共有バス上で第2のプロトコルモードに従って動作するすべてのスレーブデバイスに割込みグループ照会呼出しを送信するように構成されてよく、そのような割込みグループ照会呼出しは、任意のアサートしているスレーブデバイスが応答できる時間枠を提供する。

30

【0013】

第2のスレーブデバイスはさらに、共有バスが第2のプロトコルモードに従って動作するとき、第2のプロトコルモードに従って、共有バスを通じてデータまたはコマンドを受信するように構成され得る。

【0014】

第1のスレーブデバイスはさらに、共有バスが第2のプロトコルモードに従って動作する間、共有バスとは別の専用の割込み線またはバスを通じて、割込み要求を送信するように構成され得る。

40

【0015】

デバイスはまた、専用の線を通じて第1のスレーブデバイスから割込み要求を受信し、第2のプロトコルに従って専用の割込み線またはバスを通じて受信された割込み要求を送信するように構成される、割込みルータスレーブデバイスを含み得る。

【0016】

一例では、共有バスは第1の線および第2の線を含み得る。共有バスが第1のプロトコルモードに従って動作するとき、第1の線はデータ送信のために使用され、第2の線は第1のクロック信号のために使用される。共有バスが第2のプロトコルモードに従って動作する

50

とき、第1の線と第2の線の両方がデータ送信のために使用され、その間、第2のクロック信号はデータ送信とともにシンボルからシンボルへの遷移に埋め込まれる。

【0017】

マルチモードマスターデバイスは、第1のバスインターフェースと、第2のバスインターフェースと、処理回路とを含み得る。第1のバスインターフェースは、共有制御データバスに結合される他のデバイスに結合するように機能することができ、データバスは、第1のプロトコルモードまたは第2のプロトコルモードのいずれかで動作するように動的に構成される。第2のバスインターフェースは、他のデバイスの少なくともサブセットによって使用される専用の割り込み線に結合し、第2のプロトコルモードにおいて専用の割り込み線を通じて割り込み要求を出すように機能し得る。処理回路は、(a)複数の他のデバイスが結合される共有バスを通じたデータ転送を管理し、ここで他のデバイスの少なくとも第1のサブセットは第1のプロトコルモードに従って動作し、他のデバイスの第2のサブセットは第1のプロトコルモードと両立しない第2のプロトコルモードに従って動作し、(b)(1)共有バスが第2のプロトコルモードに従って動作すべきであることを示すエントリ呼出しを共有バスを通じて送信し、かつ/または(2)共有バスが第1のプロトコルモードに従って動作すべきであることを示すイグジット呼出しを共有バスを通じて送信することによって、第1のプロトコルモードと第2のプロトコルモードとの間で共有バスの動作を動的に切り替えるように構成され得る。

【0018】

マスターデバイスはさらに、(a)共有バスが第1のプロトコルモードに従って動作するとき、共有バスを通じてデバイスの第1のサブセットから割り込み要求を受信し、(b)共有バスが第2のプロトコルモードに従って動作するとき、専用の割り込みバスを通じてデバイスの第2のサブセットから割り込み要求を受信し、かつ/または(c)共有バスが第2のプロトコルモードに従って動作するとき、専用の割り込みバスを通じてデバイスの第1のサブセットから割り込み要求を受信するように構成され得る。1つの実装形態では、共有バスが第2のプロトコルモードに従って動作するとき、デバイスの第1のサブセットから割り込み要求は受信されない。

【0019】

共有バスは、第1の線と第2の線とを含む。共有バスが第1のプロトコルモードに従って動作するとき、第1の線はデータ送信のために使用され、第2の線は第1のクロック信号のために使用される。共有バスが第2のプロトコルモードに従って動作するとき、第1の線と第2の線の両方がデータ送信のために使用され、その間、第2のクロック信号はデータ送信とともにシンボルからシンボルへの遷移に埋め込まれる。

【0020】

第2のプロトコルは、共有バスを通じて送信されるシンボル内で割り込み期間を定義することができ、この割り込み期間の間、他のデバイスの第2のサブセットが共有バスの第1の線の上で割り込み要求をアサートでき、一方で共有バスの第2の線がハートビート送信のためにマスターデバイスによって使用される。

【0021】

マスターデバイスはまた、割り込み期間の間、共有バスの第1の線を内部的にマスクするように構成され得る。

【0022】

1つの実装形態では、第2のプロトコルモードに従って動作しながら帯域内割り込み要求に応答して、マスターデバイスは、共有バス上で第2のプロトコルモードに従って動作するすべてのスレーブデバイスに割り込みグループ照会呼出しを送信することができ、そのような割り込みグループ照会呼出しは、任意のアサートしているスレーブデバイスが応答できる時間枠を提供する。

【0023】

スレーブデバイスは、バスインターフェースと処理回路とを備え得る。バスインターフェースは、複数の他のデバイスと共有される共有バスに結合するように機能することがで

10

20

30

40

50

き、他のデバイスの少なくとも第1のサブセットは第1のプロトコルモードに従って動作し、スレーブデバイスは第2のプロトコルモードに従って動作する。

【0024】

処理回路は、(a)第1のプロトコルモードおよび第2のプロトコルモードに従って動作することが可能なマスターデバイスからの共有バスを通じたエントリ呼出しを検出し、エントリ呼出しは共有バスが第2のプロトコルモードに従って動作すべきであることを示し、(b)共有バスを通じて帯域内で、またはマスターデバイスへの別個の経路を通じて側帯で、割込み要求(IRQ)を送信し、(c)第2のプロトコルモードに従って共有バスを通じて通信し、(d)マスターデバイスからのイグジット呼出しについて共有バスを監視し、かつ/または(e)マスターデバイスからのイグジット呼出しを検出すると、スレーブデバイスが共有バスを通じて通信するのを無効にするように構成され得る。イグジット呼出しは、共有バスが第1のプロトコルモードに従って動作すべきであることをスレーブデバイスに示すように機能し得る。

10

【0025】

共有バスは、第1の線と第2の線とを含み得る。共有バスが第1のプロトコルモードに従って動作するとき、第1の線はデータ送信のために使用され、第2の線は第1のクロック信号のために使用される。共有バスが第2のプロトコルモードに従って動作するとき、第1の線と第2の線の両方がデータ送信のために使用され、その間、第2のクロック信号はデータ送信とともにシンボルからシンボルへの遷移に埋め込まれる。

【0026】

20

スレーブデバイスは、バスインターフェースと処理回路とを含み得る。バスインターフェースは、複数の他のデバイスと共有される共有バスに結合するように機能することができ、スレーブデバイスは、第1のプロトコルモードに従って動作し、他のデバイスの少なくとも第1のサブセットは、第2のプロトコルモードに従って動作する。処理回路は、バスインターフェースに結合するように機能し、(a)第1のプロトコルモードおよび第2のプロトコルモードに従って動作することが可能なマスターデバイスからの共有バスを通じたエントリ呼出しを検出し、ここでエントリ呼出しは共有バスが第2のプロトコルモードに従って動作すべきであることを示し、かつ/または(b)エントリ呼出しを検出すると、スレーブデバイスが共有バスを通じて帯域内割込み要求を行うことを無効にするように構成され得る。

30

【0027】

処理回路はさらに、マスターデバイスからのイグジット呼出しについて共有バスを監視するように構成され、イグジット呼出しは、共有バスが第1のプロトコルモードに従って動作すべきであることを示す。共有バスは第1の線および第2の線を含み、共有バスが第1のプロトコルモードに従って動作するとき、第1の線はデータ送信のために使用され、第2の線は第1のクロック信号のために使用され、共有バスが第2のプロトコルモードに従って動作するとき、第1の線と第2の線の両方がデータ送信のために使用され、その間、第2のクロック信号はデータ送信とともにシンボルからシンボルへの遷移に埋め込まれる。

【0028】

割込み要求ルータスレーブデバイスは、第1のバスインターフェースと、第2のバスインターフェースと、第3のバスインターフェースと、処理回路とを含み得る。第1のバスインターフェースは、共有制御データバスに結合するように機能することができ、データバスは、第1のプロトコルモードまたは第2のプロトコルモードのいずれかで動作するように動的に構成される。第2のバスインターフェースは、共有バスに結合される他のスレーブデバイスの少なくとも1つのサブセットに結合するように機能することができ、他のスレーブデバイスのサブセットは、共有制御データバスを通じた帯域内割込み要求を含む第1のプロトコルモードに従って動作する。第3のバスインターフェースは、共有バスを管理するマスターデバイスに割込み要求を出すために、第2のプロトコルモードにおいて使用される専用の割込み線に結合するように機能し得る。処理回路は、(a)スレーブデバイスの第1のサブセット内のあるスレーブデバイスから第2のバスインターフェースを通じて割込

40

50

み要求を受信し、かつ/または(b)第3のバスインターフェースを介してマスターデバイスに受信された割り込み要求をルーティングするように構成され得る。

【0029】

同様の参照文字が全体を通じて対応するものを特定する図面と併せて読まれると、以下に記載される詳細な説明から、種々の特徴、性質、および利点が明らかになり得る。

【図面の簡単な説明】

【0030】

【図1】ベースバンドプロセッサおよびイメージセンサを有し、画像データバスおよびマルチモード制御データバスを実装するデバイスを示すブロック図である。

【図2】共有I2Cバス(たとえば、制御データバス)上でのI2Cモード(たとえば、レガシーCCIまたは第1のモード)およびCCleモード(たとえば、第2のモード)の例示的な共存を示すブロック図である。

【図3】1つまたは複数のsI2Cスレーブデバイス、マルチモードI2CおよびCCleマスターデバイス、1つまたは複数のI2Cスレーブデバイス、および1つまたは複数のCCleスレーブデバイスを含む共通のI2Cバス上でのI2Cモード(すなわち、レガシーCCI)とCCleモードの共存を示すブロック図である。

【図4】データシンボル内にクロックをどのように埋め込み、これによってデータ送信のために両方のI2C配線(すなわち、SDA線とSCL線)を使用することを可能にできるかを示す図である。

【図5】トランスコーディングされたシンボル内にクロック信号を埋め込むために、送信機においてデータビットをトランスコーディングされたシンボルへとトランスコーディングするための例示的な方法を示すブロック図である。

【図6】遷移番号と順次的シンボルとの間の例示的な変換を示す図である。

【図7】遷移番号と順次的シンボルとの間の例示的な変換をさらに示す図である。

【図8】I2Cの1バイトデータ書込み動作のタイミング図である。

【図9】sI2Cプロトコルに従った、最上位ビット(MSB)が1であるsI2Cの1バイトデータ書込み動作のタイミング図である。

【図10】CCleプロトコルの一例を示す図である。

【図11】共通バスを通じてsI2C互換スレーブデバイスによって送信される例示的な帯域内割り込み信号(IRQ)の図である。

【図12】混合プロトコルモードの環境において割り込み信号(IRQ)を出すためのsI2Cスレーブデバイスの追加の方法を示す図である(たとえば、共有バスは別個の通信プロトコルに従って動作することができ、または別個の通信プロトコルを動的に切り替えることができる)。

【図13】送信機および受信機回路と処理/論理回路とを備える例示的なスレーブデバイスを示す図である。

【図14】複数の通信モードを切り替える共有データバス上でシングルモードスレーブデバイスが共存することを許可するための方法を示す図である。

【図15】共有制御データバスおよび共有割り込みバス/要求に結合される、マスターデバイスと複数のスレーブデバイスとを有するシステムを示すブロック図である。

【図16】割り込みを出す目的で図15の複数のスレーブデバイスがどのように論理的にグループ化され得るかを示すブロック図である。

【図17】IRQ信号がIRQ線またはバスの上でどのように調停され得るかの第1の例を示す図である。

【図18】IRQ信号がIRQ線またはバスの上でどのように調停され得るかの第2の例を示す図である。

【図19】一例では実現可能であり得る最短のIRQ信号長を示す図である。

【図20】割り込みバスが帯域内割り込みを優先して除去された例示的なシステムを示すブロック図である。

【図21】I2Cの1バイトデータ書込み動作の例示的なタイミング図である。

10

20

30

40

50

【図 2 2】SDA線およびSCL線を通じた送信のためにデータビットが12個のシンボルにトランスコーディングされている例示的なCCle送信を示す図である。

【図 2 3】スレーブデバイスがIRQをアサートするために制御データバスを駆動することを許可されるべきではないが、マスターデバイスが競合を避けるために制御データバスを駆動していることを示す図である。

【図 2 4】図23の競合の可能性を避けるための解決法を示す図である。

【図 2 5】スレーブデバイスがSDA線上で帯域内IRQを送信するときに、それが誤ったクロックの検出を引き起こし得ることを示す図である。

【図 2 6】図25に示される余剰の受信機クロックパルスと同期の喪失とを避けるための解決法を示す図である。

10

【図 2 7】I2CモードとCCleモードの両方をサポートしながら帯域内IRQ期間を実装するための1つの手法を示す図である。

【図 2 8】ビット19(すなわち、ビット0を第1のビットとしてビットのカウントを開始するときの20番目のビット)を示す図である。

【図 2 9】ビット19が数2221_2201_2002₃から2222_2222_2222₃にわたり得るとともに、その範囲の数が図29の左側の6個の区分へと区分され得ることを示す図である。

【図 3 0】ハートビートを定義するために使用され得るビット19の数空間内の範囲を示す図である。

【図 3 1】ハートビートクロックが共有制御データバスのSDA線およびSCL線を通じてどのように送信され得るかの一例を示す図である。

20

【図 3 2】ハートビートクロックがSDA線およびSCL線を通じて送信され得る別の例を示す図である。

【図 3 3】遷移番号からシンボル番号への変換の一例を示す図である。

【図 3 4】図33のシンボル番号から遷移番号への変換をさらに詳述する図である。

【図 3 5】SDA線がマスクされる帯域内IRQ期間の間の条件を示す図である。

【図 3 6】図32および図35のSDAマスクの副作用を示す図である。

【図 3 7】3進の数空間内での数空間0x81BD6 ~ 0x81BF0(すなわち、27個のアドレス)を帯域内IRQのために使用されるハートビートが占有することを示す図である。

【図 3 8】CCleモード送信のために図37において使用される3進数のビット19がどのようにマッピングされ得るかの例を示す図である。

30

【図 3 9】CCleモードにおいて制御データバスを通じて帯域内IRQを実装するための代替的な技法を示す図である。

【図 4 0】SDA線がマスクされる図39の帯域内IRQ期間の間の条件を示す図である。

【図 4 1】図39および図40のSDAマスクの副作用を示す図である。

【図 4 2】3進の数空間内での数空間0x81BBB ~ 0x81BD5(すなわち、27個のアドレス)を帯域内IRQのために使用されるハートビートが占有することを示す図である。

【図 4 3】マスターデバイスがアクティブモードであり電力節約モードにあるときにハートビートがどのように送信され得るかを示す図である。

【図 4 4】同期ワードとハートビートの組合せを示す図である。

【図 4 5】CCleプロトコルのビット19内での同期とハートビートのマッピングを示す図である。

40

【図 4 6】例示的なCCleプロトコル内での割込みグループ照会の一般的な呼出しを示す図である。

【図 4 7】グループ照会呼出しに対する応答を示す図である。この例では、ハートビートをSCL線に転送してSDAマスクを使用することによって、1つまたは複数の応答期間(すなわち、照会ワード)がSDA線上で定義され得る。

【図 4 8】IRQグループ照会の一般的な呼出しの長さ(すなわち、ワードカウント)を柔軟にするためにIRQグループ照会の一般的な呼出しの終わりを示すために使用され得る例示的な「終止ワード」を示す図である。

【図 4 9】DDRクロック読取りの一般的な呼出しがどのように実施され得るかの一例を示

50

す図である。

【図 5 0】グローバルクロック読取りワードの例示的なタイミング図である。

【図 5 1】デバイス内の共有バス上でのI2C適合デバイスとCCle適合デバイスの共存を示し、すべてのマスター/スレーブデバイスが共有バス上での帯域内割込みを使用する図である。

【図 5 2】共有バス上での図51のマスター/スレーブデバイスの共存を示す図である。

【図 5 3】共有バス上でのCCle適合スレーブデバイスとの共存を支援する、I2C適合スレーブデバイスによって動作可能な方法であり、すべてのデバイスが共有バスを通じた帯域内割込みを使用できる方法を示す図である。

【図 5 4】共有バス上でのI2C適合スレーブデバイスとの共存を支援する、CCle適合スレーブデバイスによって動作可能な方法であり、すべてのデバイスが共有バスを通じた帯域内割込みを使用できる方法を示す図である。

【図 5 5】例示的なマルチモードマスターデバイスを示す図である。

【図 5 6】例示的なスレーブデバイスを示す図である。

【図 5 7】例示的な割込み要求ルータスレーブデバイスを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0031】

以下の説明では、実施形態を完全な理解をもたらすために、具体的な詳細が与えられる。しかしながら、実施形態はこれらの具体的な詳細を伴わずに実践され得ることを当業者は理解されよう。たとえば、回路は、不必要な詳細で実施形態を不明瞭にしないために、ブロック図で示されることがある。他の例では、よく知られている回路、構造、および技法は、実施形態を不明瞭にしないために、詳細に示されない場合がある。

【0032】

概説

第1の特徴は、複数の動作モードに従って共通/共有バス(たとえば、制御データバス)上で同時にデバイスを動作させるための方法を提供する。複数のスレーブデバイスは、制御データバスとともに、制御データバスへのアクセスを制御する少なくとも1つのマスターデバイスに結合され得る。少なくとも第1のスレーブデバイスは、サブセットI2C(sI2C)プロトコル動作モードで動作することができ、少なくとも第2のスレーブデバイスは、カメラ制御インターフェース拡張(CCle)動作モードで動作することができる。sI2Cモード(たとえば、第1のモード)およびCCleモード(たとえば、第2のモード)の使用は、例示的なモードおよび(たとえば、異なる通信規格に対する)他の動作モードであることに留意されたい。sI2Cプロトコルモード(たとえば、第1のモード)で動作する第1のスレーブデバイス(たとえば、sI2C適合スレーブデバイス)は、割込み要求またはIRQ(たとえば、帯域内IRQと呼ばれる)のために制御データバスを使用することができる。一例では、そのようなIRQは、第1のスレーブデバイスが共有バスを使用することを望むことをマスターデバイスに示すために、第1のスレーブデバイスによって出され得る。対照的に、第2のスレーブデバイス(CCleスレーブデバイス)は、CCleモード(たとえば、第2のモード)で動作して、IRQのために専用のIRQ線を使用する。共有バス上でのCCle通信の完全性を維持するために、sI2Cプロトコルモードで動作する第1のスレーブデバイスは、共有制御データバス上でCCle通信が開始すると、IRQ能力を無効にする(たとえば、帯域内IRQを出さない)。すなわち、共有制御データバスはCCle通信のために使用されるが、sI2Cプロトコルモードで動作する第1のスレーブデバイスは、共有バスを通じて割込みを送信することを防がれる。

【0033】

sI2Cプロトコルモードで動作する第1のスレーブデバイスはCCle通信を理解しないが、CCleモードへのエントリは、CCleモードへのエントリを告知するI2Cプロトコルメッセージを共有制御データバスを通じて送信することによって、CCleモードで動作するマスターデバイスによって開始される。sI2Cプロトコルモードで動作する第1のスレーブデバイスは、このCCleエントリ告知を理解し、共有制御データバスを使用するのを止めることができる。加えて、共有制御データバスを通じてCCleエントリ告知(すなわち、sI2Cプロトコル

モードで動作する第1のスレーブデバイスが理解する、I2Cプロトコル中のメッセージ)を送信した後で、CCleモードで動作するマスターデバイスは、CCle通信のために共有バスを使用することからのイグジットまたはストップを告知する、イグジット/ストップメッセージを(たとえば、CCleプロトコルおよびI2Cプロトコルにおいて)送信する。共有バスがCCleモード通信のために使用されている間、sI2Cプロトコルモードで動作する第1のスレーブデバイスは、共有バスを通じてIRQを送るためのそれ自体の能力を無効にする。

【0034】

sI2Cプロトコルモードで動作する第1のスレーブデバイス(たとえば、「sI2Cスレーブデバイス」)の観点からは、第1のスレーブデバイスは、CCleモードへのエントリを告知する理解可能なI2Cプロトコルメッセージを受信し、それ自体が共有制御データバスを通じて帯域内IRQを送信することを直ちに無効にする。第1のスレーブデバイスは次いで、第1のスレーブデバイス(sI2Cプロトコルモードで動作する)が理解しない、かつ/または無視する、1つまたは複数のCCle通信を受信し得る。その後、第1のスレーブデバイスは、共有バス上でのCCleモードのイグジットまたは終了を告知する理解可能なI2Cプロトコルメッセージを受信し、第1のスレーブデバイスは、それ自体が帯域内IRQを送信することを有効にする。sI2Cスレーブデバイスによって帯域内IRQを送信することをこのようにそれ自体で無効および有効にすることは、CCleモードのスレーブデバイスが同じ共有制御データバス上でCCleプロトコルにおいて通信している間、帯域内IRQを実行するsI2Cスレーブデバイスからの共有制御データバス上でのデータの競合を防ぐ。

【0035】

第2の機能は、CCle対応バス(すなわち、共有制御データバス)へのsI2Cスレーブデバイスのホットプラグ(ホットスワップとも呼ばれる)を可能にすることを実現する。より一般的には、この第2の機能は、第1のプロトコルモード(たとえば、sI2C適合通信プロトコル)に従って動作するスレーブデバイスが、異なる第2のプロトコルモード(たとえば、CCleモード)に従って動作するバスへと動的に差し込まれること、または追加されることを可能にする。sI2CスレーブデバイスがCCleデバイスとともにCCle対応の共有制御データバス上で共存することを可能にすることによって、ホットプラグ機能は、CCle対応の共有バス上で動作するデバイスに対して実装される。

【0036】

第3の機能は、割込み(IRQ)を出すための、sI2Cスレーブデバイスのためのさらなる方法を追加することを実現する。sI2Cスレーブデバイスが共有バス(たとえば、制御データバス)を使用して帯域内割込み(IRQ)を出すことに加えて、sI2CスレーブデバイスをIRQルータのCCle適合スレーブデバイスに結合するために、別の線(たとえば、sI2Cデバイスのための専用のIRQバスまたは線)が利用され得る。IRQルータのCCle適合スレーブデバイスは、sI2Cプロトコル割込み(IRQ)を受信し、sI2CプロトコルIRQをCCleのIRQバスまたは線にルーティングする。一例では、sI2Cスレーブデバイスは、CCleモードへのエントリについて共有バスを監視することができる。しかしながら、sI2CスレーブデバイスがIRQを実行する能力を無効にする代わりに、内部の論理が、共有バスから、IRQルータのCCle適合スレーブにsI2Cスレーブデバイスを結合する線へと、IRQの出力を切り替える。その後、共有バスがCCleモードに従って動作している間にイグジット信号を感知すると、sI2Cスレーブデバイスは、帯域内IRQを出すために共有バスを再び使用し始めることができる。したがって、sI2CスレーブデバイスとCCleモードのスレーブデバイスの両方が、データ競合を伴わずにCCle対応バス上で共存できる。IRQルータのCCle適合スレーブデバイスは、sI2Cスレーブデバイスから受信されたすべてのIRQを、CCleモードで動作する専用のIRQ線またはバスにルーティングする。

【0037】

第4の機能は、sI2C適合デバイスとCCleデバイスが同じ共有バス上で共存することを実現しながら、両方のタイプのデバイスが帯域内割込み要求(IRQ)を使用する。

【0038】

共有バス上での異なる通信プロトコルを使用するデバイスの例示的な共存

10

20

30

40

50

図1は、ベースバンドプロセッサ104およびイメージセンサ106を有し、画像データバス16およびマルチモード制御データバス108を実装するデバイス102を示すブロック図である。図1はカメラデバイス内のマルチモード制御データバス108を示すが、この制御データバス108が様々な異なるデバイスおよび/またはシステム内に実装され得ることは明らかであろう。画像データは、画像データバス116(たとえば、高速差動DPHYリンク)を通じて、イメージセンサ106からベースバンドプロセッサ104に送信され得る。一例では、制御データバス108は、2つの配線、クロック線(SCL)およびシリアルデータ線(SDA)を備える、I2Cバスであり得る。クロック線SCLは、I2Cバス(制御データバス108)上でのすべてのデータ転送を同期するために使用され得る。データ線SDAおよびクロック線SCLは、I2Cバス(制御データバス108)上のすべてのデバイス112、114、118、122、および124に結合される。デバイス112、114、および118のいくつかまたはすべては、1線の割込み(IRQ)バス120とも結合され得る。スレーブデバイス114、118、122、および124は、異なるプロトコルモードを有し得る(たとえば、異なるプロトコルを使用して動作し得る)。たとえば、第1のスレーブデバイス122はsI2C適合スレーブデバイスであってよく(たとえば、sI2Cプロトコルに従って通信し)、第2のスレーブデバイス124はCCle適合スレーブデバイスであってよく(たとえば、CCleプロトコルに従って通信し)、第3のスレーブデバイス118はマルチモード動作が可能であってよい(たとえば、I2C/sI2CおよびCCleプロトコルに従って通信する)。一例では、制御データは、共有制御データバス108を介して、ベースバンドプロセッサ104とイメージセンサ106との間、ならびにスレーブデバイス118、122、124の間で交換され得る。I2C通信/シグナリングの基準クロック(SCL)速度は最大で100KHzである。I2C高速モードにおける基準クロックSCL速度は最大で400KHzであり、I2C高速モードプラス(FM+)では最大で1MHzである。I2Cバスを通じたこれらの動作モードは、カメラの適用例に使用されるとき、カメラ制御インターフェース(CCI)モードと呼ばれ得る。

【0039】

一態様によれば、カメラ動作をサポートするために、改善された(すなわち、1MHzを上回る)動作モードがマルチモード制御データバス108上で実装され得る。I2Cバスを通じたこの改善された動作モードは、カメラの適用例のために使用されるとき、カメラ制御インターフェース拡張(CCle)モードと呼ばれ得る。この例では、ベースバンドプロセッサ104はマスターデバイス/ノード112を含み、イメージセンサ106はスレーブデバイス/ノード114を含み、マスターデバイス112とスレーブデバイス114の両方が、制御データバス108に結合された他のレガシーI2Cデバイスの適切な動作に影響を与えることなく、制御データバス108を通じてカメラ制御インターフェース拡張(CCle)モードに従って動作することができる。一態様によれば、制御データバス108上でのこの改善された動作モードは、CCleデバイスと、任意のレガシーI2Cスレーブデバイスとの間に任意のブリッジデバイスを伴わずに実装され得る。一態様によれば、レガシーI2Cデバイスは、第1のクロック、第1のバス速度および/または第1の信号プロトコルを有する第1のモードで動作することができ、一方、CCle対応デバイスは、第2のクロック、第2のバス速度および/または第2のプロトコルを有する第2のモードで動作することができる。第1のクロック、第1のバス速度、および/または第1の信号プロトコルは、第2のクロック、第2のバス速度、および/または第2のプロトコルとは異なり得る。たとえば、第2のクロックおよび/または第2のバス速度は、それぞれ、第1のクロックおよび/または第1のバス速度よりも速く、すなわち大きい速度を有し得る。

【0040】

一態様によれば、すべてのスレーブデバイス118および124がCCle対応デバイスであるとき、第1の動作モードと第2の動作モードとを切り替える必要はない。すなわち、制御データバス108上でのすべてのシグナリングおよび/または通信は、第2のモードに従って(たとえば、第2のクロック、第2のバス速度および/または第2のプロトコルにおいて)実行され得る。たとえば、第2のモードは、第1のモードの第1の速度より高いビットレートを提供し得るので、第1のモードと第2のモードとの間を行き来する必要はない。実際には、第1のモードに適合するレガシーデバイスに対応する必要はないので、第2のモードより高い/

10

20

30

40

50

速いビットレートを提供する第3の動作モードが実装され得る。

【0041】

別の態様によれば、少なくとも第1のスレーブデバイス122は、第1のスレーブデバイス122がホットプラグ可能にすることと両立するsI2Cである。sI2Cスレーブデバイス122は、制御データバス108上の任意の他のデバイスが制御データバス108を通じて(I2Cプロトコルフォーマットの)CCleエントリメッセージを送信するときは常に、制御データバス108を通じて帯域内IRQを送信するためのそれ自体の能力を無効にする。IRQが無効にされたスレーブデバイス122は、完全に無効にされてよく、または部分的に無効にされてよい。完全に無効にされるとき、sI2Cスレーブデバイス122は、制御データバス108を通じて帯域内IRQを送信しない。いくつかの実装形態では、部分的に無効にされるとき、sI2Cスレーブデバイス122は、制御データバス108を通じて帯域内IRQを送信するのではなく、sI2Cスレーブデバイス122からの側帯IRQを専用のIRQバスまたは線にルーティングするように機能し得るIRQルータのCCleスレーブデバイスへの接続を通じて、側帯IRQを送信することができる。

10

【0042】

図2は、共有I2Cバス206(たとえば、制御データバス)上でのI2Cモード202(たとえば、レガシーCCIまたは第1のモード)およびCCleモード204(たとえば、第2のモード)の例示的な共存を示すブロック図である。バス206へのアクセスを管理するマスターデバイス208は、I2Cモード(たとえば、第1のモード)およびCCleモード(たとえば、第2のモード)に従って動作することが可能であり得る。

20

【0043】

I2Cモード202では、CCle対応マスターデバイス208は、完全なCCIまたはI2C Fm+の能力をサポートすることができるが、CCle対応スレーブデバイス210は、完全なI2Cの能力をサポートしないことがある。I2Cモードでは、CCleマスター208は、1Mbpsのリンクレートという最大値でCCIまたはI2C Fm+プロトコルを使用して、バス206上でI2Cスレーブ210a、210b、210c、210dと通信する。

【0044】

CCI規格動作のように、CCle動作204は、単一マスターデバイス動作しかサポートしない(たとえば、複数のマスターはサポートされない)。CCleモード204では(たとえば、バス206がCCleプロトコル通信のために使用されている)、CCleマスターデバイス208は、たとえば6.4Mbpsまたは16.7Mbpsのいずれかにおいて、制御データバス206上でCCle対応スレーブデバイス212aおよび212bのみと通信する。

30

【0045】

始動時において、デフォルトで、バス206はレガシーI2Cモード202で動作し得る(たとえば、バス206はCCleプロトコル通信のために使用されている)。CCleマスター208がCCleスレーブ212aおよび/または212bにアクセスすることを望むとき、CCleマスター208はI2Cの一般的な呼出しによってI2Cモード202からCCleモード204に切り替える。

【0046】

CCleモード204では、CCleマスター208がI2Cスレーブ210a、210b、210c、および/または210dにアクセスすることを望むとき、CCleマスター208は、CCle「イグジット」プロトコルとI2Cの一般的な呼出しの組合せによって、CCleモード204から再びI2Cモード202に切り替える。

40

【0047】

図3は、1つまたは複数のsI2Cスレーブデバイス308aおよび308b、マルチモードI2CおよびCCleマスターデバイス304、1つまたは複数のI2Cスレーブデバイス312aおよび312b、ならびに1つまたは複数のCCleスレーブデバイス310aおよび310bを含む共通のI2Cバス306上でのI2Cモード302(すなわち、レガシーCCI)とCCleモード304の共存を示すブロック図である。図2に関して説明される様々な特徴および動作は、図3に関して適用可能であることがあり、簡潔にするために繰り返されない。一態様では、sI2Cスレーブデバイス308aおよび308bは、I2Cプロトコルモード動作だけが可能である(ここで、すべてではないとしても大

50

半のI2C通信がsI2Cスレーブデバイス308aおよび308bによって理解可能であり、あるとしてもわずかなCCle通信しかsI2Cスレーブデバイス308aおよび308bによって理解可能ではない)。すなわち、CCleスレーブデバイス310aおよび310bがCCleモードで動作する間、sI2Cスレーブデバイス308aおよび308bはsI2Cモードで動作する。sI2Cスレーブデバイス308aおよび308bは、任意のデバイスが制御データバス306を通じて(I2Cプロトコルフォーマットの)CCleエントリメッセージを送信するときは常に、制御データバス306を通じてIRQを送信するためのそれ自体の能力を無効にする。

【0048】

共有バス上でのビットレートを向上させるための例示的な通信プロトコルおよび符号化の方法

図4は、データシンボル内にクロックをどのように埋め込み、これによってデータ送信のために両方のI2C配線(すなわち、SDA線とSCL線)を使用することを可能にできるかを示す。一例では、クロックのこの埋め込みは、遷移クロックトランスコーディングによって達成され得る。たとえば、物理リンク(配線)を通じて送信されるべきデータ404は、送信されるシンボル406の各シンボル周期においてデータ404が状態を変更するように、トランスコーディングされる。その結果、元のクロック402は、各シンボル周期におけるシンボル状態の変更に埋め込まれる。受信機は、(送信されたシンボル406中の)各シンボルにおける状態遷移からクロック情報408を復元し、次いで、送信されたシンボル406のトランスコーディングを逆行させて元のデータ410を得る。このことは、I2Cバスの両方の配線(図1の制御データバス108、SDA線およびSCL線)がデータ情報を送信するために使用されることを可能にする。加えて、クロック信号とデータ信号との間にセットアップ時間および保持時間を有する必要がもはやないので、シンボルレートは2倍にされ得る。

【0049】

図5は、トランスコーディングされたシンボル内にクロック信号を埋め込むために、送信機においてデータビットをトランスコーディングされたシンボルへとトランスコーディングするための例示的な方法を示すブロック図である。送信機502において、一連のデータビット504が3進(base 3)の数(すなわち、「遷移番号」)に変換され、次いで、3進数が(順次的)シンボルに変換され、そのシンボルはクロック線SCL512およびデータ線SDA514を通じて送信される。

【0050】

一例では、2進データの元の20ビットが、ビット遷移番号変換器ブロック508に入力され、12桁の3進数に変換される。12桁の3進数の各桁は、「遷移番号」を表す。2つの連続する遷移番号は、同じ数を有し得る(すなわち、3進数の連続する桁は同じであり得る)。各遷移番号は、2つの連続する順次的シンボルが同じ値を有しないように、遷移シンボルブロック510において順次的シンボルに変換される。順次的シンボルごとに1つの遷移が保証されるので、そのような順次的シンボル遷移は、クロック信号を埋め込むように機能し得る。次いで、各順次的シンボル516が2線物理リンク(たとえば、SCL線512およびSDA線514を備えるI2Cバス)を通じて送信される。

【0051】

図6は、遷移番号602と順次的シンボル604との間の例示的な変換を示す。3進数、base 3の個別の桁は、遷移番号とも呼ばれ、0、1または2という、3つのあり得る値または状態のうちの1つを有し得る。3進数の2つの連続する桁において同じ値が現れることもあるが、2つの連続する順次的シンボルは同じ値を有しない。遷移番号と順次的シンボルとの変換は、連続する遷移番号が同じである場合でも、順次的シンボルが常に(順次的シンボルから順次的シンボルに)変化することを保証する。

【0052】

図7は、遷移番号と順次的シンボルとの間の例示的な変換をさらに示す。送信機側(送信:TからS)702において、遷移番号(T)が順次的シンボル(S)に変換され得る。たとえば、現在の順次的シンボル(Cs)が、以前の順次的シンボル(Ps)と現在の遷移番号(T)の関数である一時遷移番号(T_{tmp})とに基づいて取得され得る。一時遷移番号(T_{tmp})は、現在の遷移番

号 T を0と比較することによって取得されてよく、 $T=0$ であるとき、一時遷移番号(T_{tmp})は3に等しくなり、それ以外(T が0に等しくないとき)では、 T_{tmp} は T に等しくなる(すなわち、 $T_{tmp}=T=0?3:T$)。現在の順次的シンボルは、以前の順次的シンボル(P_s)と一時遷移番号(T_{tmp})との合計(すなわち、 $C_s=P_s+T_{tmp}$)として取得され得る。

【0053】

受信機側(受信:SからT)704において、現在の順次的シンボル(C_s)および以前の順次的シンボル(P_s)から遷移番号を得るために、変換動作が逆行される。一時遷移番号(T_{tmp})は、現在の順次的シンボル(C_s)に4を足して以前のシンボル(P_s)を引いた合計として取得され得る(すなわち、 $T_{tmp}=C_s+4-P_s$)。現在の遷移番号(T)は一時遷移番号(T_{tmp})に等しいが、一時遷移番号(T_{tmp})が3と比較され、 $T_{tmp}=3$ であるとき、一時遷移番号(T_{tmp})は0に等しくなり、それ以外(T_{tmp} が3に等しくないとき)の場合、 T は T_{tmp} に等しくなる(すなわち、 $T=T_{tmp}=3?0:T$)。

10

【0054】

表706は、遷移番号と順次的シンボルとの間の変換を示す。

【0055】

図6を再び参照すると、遷移番号と順次的シンボルとの間の変換の例が本明細書で示される。たとえば、第1の周期606では、現在の遷移番号(T_a)は2であるので、 T_{tmp} も2であり、以前の順次的シンボル P_s は1であり、新たな現在の順次的シンボル C_s は現在では3である。

【0056】

20

第2の周期608では、遷移番号(T_b)は1である。遷移番号(T_b)は0に等しくないのので、一時遷移番号 T_{tmp} は1という遷移番号(T_b)の値に等しい。現在の順次的シンボル(C_s)は、3という以前の順次的シンボル(P_s)の値を1という一時遷移番号 T_{tmp} に加算することによって取得される。加算演算の結果は3より大きい4に等しいので、ロールオーバーされた数0が現在の順次的シンボル(C_s)になる。

【0057】

第3の周期610では、現在の遷移番号(T)は1である。遷移番号 T は1であるので、一時遷移番号 T_{tmp} も1である。現在の順次的シンボル(C_s)は、0という以前の順次的シンボル(P_s)の値を1という一時遷移番号 T_{tmp} に加算することによって取得される。加算演算の結果は3より大きくない1に等しいので、現在のシンボル(C_s)は1に等しい。

30

【0058】

第4の周期612では、現在の遷移番号(T)は0である。遷移番号 T は0であるので、一時遷移番号 T_{tmp} は3である。

【0059】

現在の順次的シンボル(C_s)は、1という以前の順次的シンボル(P_s)の値を3という一時遷移番号 T_{tmp} に加算することによって取得される。加算演算の結果は3より大きい4であるので、ロールオーバーされた数0が現在の順次的シンボル(C_s)になる。

【0060】

2つの連続する3進数の桁 T_b および T_c が同じ数を有する場合であっても、この変換は、2つの連続する順次的シンボルが異なる状態値を有することを保証することに留意されたい。このため、順次的シンボル604中の保証された遷移がクロック信号を埋め込むように機能し、それにより、データ送信のためのI2Cバス中のクロック線SCLを解放することができる。

40

【0061】

図5を再び参照すると、受信機520において、トランスコーディングされたシンボルをビットに変換するためにプロセスが逆にされ、そのプロセスにおいて、シンボル遷移からクロック信号が抽出される。受信機520は、2線の物理リンク(たとえば、SCL線524およびSDA線526を備えるI2Cバス)を通じて一連の順次的シンボル522を受信する。受信された順次的シンボル522は、クロックタイミングを復元し、トランスコーディングされたシンボル(S)をサンプリングするために、クロックデータ復元(CDR)ブロック528に入力される。その後

50

、シンボル遷移番号変換器ブロック530が、トランスコーディングされた(順次的)シンボルを、遷移番号、すなわち、1つの3進数の桁の数に変換する。次いで、遷移番号ビット変換器532は、12個の遷移番号を変換して、12桁の3進数から20ビットの元のデータを復元する。

【0062】

本明細書において示されるこの技法は、I2Cの標準的なバスが提供し本明細書においてCieモードと呼ばれるものを超えて、制御バス108(図1)のリンク速度を高めるために使用され得る。一例では、制御データバス108に結合されるマスターノード/デバイスおよび/またはスレーブノード/デバイスが、標準的なI2Cバスを使用して可能であるものよりも高いビットレートを同じ制御データバス上で達成するために、シンボル送信内にクロック信号を埋め込む送信機および/または受信機(図4および図5に示されるような)を実装することができる。

10

【0063】

共有バス上でI2C、sI2C、およびCCieデバイスをサポートするための例示的な方法

1つの機能は、I2CデバイスとCCieデバイスの両方の同時にサポートする共有バスを実装することを実現する。図1～図7において注記されるように、シンボル遷移内にクロック信号(I2CバスではSCL線)を埋め込み、それによってデータ送信のためにクロック線(SCL線)を使用できるようにすることが可能である。このことは、たとえば、通常のI2Cモードバスよりも高いビットレートでのCCie動作モードを可能にし得る。

【0064】

20

しかしながら、1つの課題は、同じ共有バス上でのレガシーI2C適合デバイスとCCie適合デバイスの両方の同時の動作を可能にすることである。I2CプロトコルおよびCCieプロトコルの要件についてのいくつかの詳細が、これらのモードに従って動作するデバイスをサポートするための方法を編成する際に有用であり得る。

【0065】

I2C規格は、すべてのI2C適合スレーブデバイスがSTART条件(たとえば、SCL線が共有バス上でハイである間はSDA線上のハイからローへの遷移によって示される)の受信の際にバス論理をリセットしなければならないことを求める。

【0066】

図8は、I2Cの1バイトデータ書込み動作のタイミング図を示す。I2Cマスターデバイスは、I2Cバス上のどのスレーブデバイスにマスターデバイスがアクセスすることを望むかを示すために、SDA線802において7ビットのスレーブIDを、次いで書込み動作を示すために1ビットを送信する。IDが7ビットのスレーブIDと一致するスレーブデバイスだけが、意図される活動を引き起こし得る。I2Cスレーブデバイスがそれ自体のIDを検出するために、マスターデバイスは、SDA線上で少なくとも8ビット(またはSCL線804上で8個のクロックパルス)を送信しなければならない。したがって、レガシーI2Cスレーブデバイスが共有バスを通じて任意のCCie動作に反応するのを防ぐために、CCieモードで共有バスを動作させるとき、上記のことが利用され得る。特に、CCieプロトコルが開始(S)インジケータと開始インジケータの間に7ビット未満を送信する場合、レガシーI2Cスレーブデバイス(少なくとも7ビットを予期する)はこれを不完全なスレーブデバイス識別子(SID)として扱い、その論理をリセットする。

30

40

【0067】

図9は、sI2Cプロトコルに従った、最上位ビット(MSB)が1であるsI2Cの1バイトデータ書込み動作のタイミング図を示す。この例では、SDA線902を通じたI2C送信は、スレーブ識別子(SID)904の最上位ビットにおいて1を含み得る。マスターデバイスは、新たに追加されたスレーブデバイスがスレーブデバイスであることを単にMSBを調査することによって簡単に知ることができるので、1であるMSBは、sI2Cスレーブデバイスのホットプラグまたはスワップを可能にする。

【0068】

図10は、CCieプロトコルの一例を示す。ブロックは、CCie固有のタイミングおよびシグ

50

ナリング、ならびにレガシーのI2Cのタイミングおよびシグナリングを示す。1002に示されるように、CCleモードに入り、CCleモードから出るためのプロトコルがある。CCleモードへのエントリが実行されると、共有バスモードは、CCleモードからのイグジットが実行されるまでCCleモードにとどまる。この例では、CCleモードへのエントリは、I2Cモードの間の一般的な呼出しの一部として、CCleモードエントリシーケンス1004によって成し遂げられる。CCleモードへのエントリをI2C適合デバイスに告知するために、CCleモードで動作するマスターデバイスは、CCleモード1032へのエントリを告知するI2Cの一般的な呼出し1030を、共有バスを通じて送信することができる。同様に、CCleモードからのイグジット1006を告知するために、マスターデバイスは、一般的な呼出しの一部としてCCleモードイグジットシーケンス1034を送信することができる。一般的な呼出しの中のこれらのエントリ/イグジットシーケンス1030および1034はそれぞれ、I2CモードからCCleモードに、およびCCleモードからI2Cモードに切り替えるために、CCle対応デバイスによって使用される。これらの一般的な呼出し1030および1034はまた、I2Cのみのスレーブデバイスが、共有バスがいつCCleモードに切り替えているかを知り、割り込みを出すのを保留すること、またはそうでなければ共有バス上で送信するのを保留することを可能にする。

10

【 0 0 6 9 】

データ書込みプロトコル1008は、任意の数のアドレスワード1014およびデータワード1016を、スレーブ識別子(SID)1018によって特定されるスレーブノード/デバイスに送信することができる。同様に、データ読取りプロトコル1010は、スレーブ識別子(SID)によって特定されるスレーブノード/デバイスから複数のデータワード1022を読み取ることができるが、アドレスワード1020の数はそれでも任意である。

20

【 0 0 7 0 】

1つの最後の特別なプロトコルは、リンクレートを最大化するようにクロックデータ復元論理を較正するためのシーケンスを、指定されたCCleデバイス(マスターデバイス自体を含む)に開始させるために、CCleマスターデバイスによって使用され得る、クロックデータ復元(CDR)較正1012である。この目的で、CCleマスターデバイスはまた、それ自体のスレーブIDを有しなければならない。

【 0 0 7 1 】

任意のCCleワードは、19ビットの情報を搬送する12個のシンボルの中で送信され得る。CDR較正プロトコル1012を除けば、19ビットのうちの16個のビットがデータ情報であってよく、一方、19ビットのうちの3個のビットが制御情報のような他の情報のために使用される。

30

【 0 0 7 2 】

図11は、共有バスを通じてsI2C適合スレーブデバイスによって送信される例示的な帯域内割り込み信号(IRQ)1102の図を示す。スレーブデバイスは、マスターデバイスが検出する共有バスのSDA線1104をプルダウンし、またはグラウンドに接続し(1106)、次いで要求しているスレーブデバイスへのSDA線1104を解放する。そうすると、スレーブデバイスは、IRQ信号1102を送信することが可能である。IRQ信号が終了すると、マスターデバイスは、SDA線1104をある期間ローに保つことによって、割り込み信号の受信に肯定応答することができる。

40

【 0 0 7 3 】

再び図10を参照すると、I2C適合スレーブデバイスのように、sI2Cスレーブデバイスは、CCleモードへのエントリを告知する理解可能なI2Cプロトコルメッセージ1030を受信することができ、それ自体が帯域内IRQ(すなわち、共有バスを通じた割り込み信号)を送信することを直ちに無効にする。sI2Cスレーブデバイスは次いで、sI2Cスレーブデバイスが理解せず無視するCCle通信1032を受信し得る。最後に、sI2Cスレーブデバイスは、CCleモードからのイグジットを告知する理解可能なI2Cプロトコルメッセージ1034を受信することができ、sI2Cスレーブデバイスはそれ自体が帯域内IRQを再び送信することを有効にする。

【 0 0 7 4 】

50

図12は、混合プロトコルモードの環境において割り込み信号(IRQ)を出すためのsI2Cスレーブデバイスの追加の方法を示す(たとえば、共有バスは別個の通信プロトコルに従って動作することができ、または別個の通信プロトコルを動的に切り替えることができる)。以前に述べられたように、共有バス1204がCCleモードにおいてマスターデバイス1208によって管理される間、sI2C適合スレーブデバイス1210aおよび1210bは、共有バス1204を通じて帯域内割り込み信号を送信することまたは出すことを止めることができる。しかしながら、この代替的な手法では、これらのsI2C適合スレーブデバイス1210aおよび1210bは、1つまたは複数の別の線1212および1214を介してIRQルータCCleスレーブデバイス1216に結合され得る。共有バス1204がCCleモードで動作しているとき、sI2C適合スレーブデバイス1210は、代わりに割り込み信号をIRQルータCCleスレーブデバイス1216に送信するように構成され得る。IRQルータCCleスレーブデバイス1216は、sI2Cプロトコル割り込み信号を受信し、割り込みをCCle IRQバスまたは線1206にルーティングするので、sI2Cプロトコル割り込み信号はマスターデバイス1208によって処理され得る。マスターデバイス1208は次いで、共有バス1204をI2Cモードに切り替えるかどうかを決め、要求しているI2C適合スレーブデバイスに対して割り込み要求を認めることができる。

10

【0075】

その結果、共有バス1204がCCleモードで動作している可能性がある間、sI2C適合スレーブデバイス1210が割り込み信号(たとえば、共有バス1204のサービスまたは使用を要求する)を出すそれ自体の能力を無効にする代わりに、各sI2C適合スレーブデバイス1210内の内部論理は、共有バス1204からの割り込み信号の出力を、sI2Cスレーブデバイス1210をIRQルータCCleスレーブデバイス1216に結合する別の線1212または1214に切り替えることができる。また、共有バス1204を通じてCCleモードからのイグジットコードを検出すると、sI2C適合スレーブデバイス1210は、割り込み信号を出すために、共有バス1204を使用することに戻る。したがって、共有バス1204がデータ競合を伴わずにCCleモードで動作する間、sI2C適合スレーブデバイス1210およびCCle適合スレーブデバイス1218は共存し得る。

20

【0076】

マルチモード共有制御データバス上で動作する例示的なシングルモードスレーブデバイス

図13は、送信機および受信機回路1306と処理/論理回路1304とを備える例示的なスレーブデバイス1302を示す。送信機および受信機回路1306は、処理/論理回路1304および1つまたは複数のバスとの間でデータを送信するために、処理回路1304に結合され得る。送信機および受信機回路1306は、たとえば、第1の線と第2の線とを含み得るマルチモード共有バス1320に結合され得る。第1の動作モード(たとえば、I2Cモード)では、送信機および受信機回路1306は、データ送信のために第1の線を、および第1のクロック信号のために第2の線を使用するように構成され得る。第2の動作モード(たとえば、CCleモード)では、送信機および受信機回路1306は、データ送信のシンボル遷移内に第2のクロック信号を埋め込みながら、データ送信のために第1の線と第2の線の両方を使用するように構成され得る。マルチモード共有バスは、I2C適合バスおよび/またはCCle適合バスであり得る。第3の動作モードでは、送信機および受信機回路1306は、第2のモードと同様に、しかし第1のモードのみのレガシーデバイス(たとえば、I2C適合レガシーデバイス)に対する同時のサポートを伴わずに動作する。

30

40

【0077】

スレーブデバイス1302は、マルチモード共有バス1320に結合された他のデバイスのセットと共存することができるが、第1の動作モードと第2の動作モードの両方の間、少なくとも第1の線および/または第2の線を常に監視しながら、第1のモードのみにおいて動作する。第1の動作モードでは、スレーブデバイス1302は、共有バス1320の第1の線を通じてデータを別のデバイスに送信することができる。第2の動作モードでは、共有バス1320の第1の線および第2の線の両方が、第2のモードをサポートする他のデバイスのために、第2のモードに従ってデータを送信することができる。

【0078】

様々な例において、共有バス1320に結合されるデバイスは、複数の異なる動作モード(

50

たとえば、別個の通信プロトコル)をサポートすることができる。たとえば、第1のスレーブデバイスはI2C適合スレーブデバイスであってよく、第2のスレーブデバイスはCCle適合スレーブデバイスであってよく、第3のスレーブデバイスは複数のモード(たとえば、I2C適合モードおよびCCle適合モード)が可能であり得る。

【0079】

第1の動作モードは、共有バス1320を通じたデータ送信のために第1のプロトコルを実装することができ、第2のモードは、共有バス1320を通じたデータ送信のために第2のプロトコルを実装する。

【0080】

一例では、スレーブデバイス1302は、I2C適合スレーブデバイスであり得る。処理回路1304は、共有バス1320が第1のモードに従って動作するときには共有バス1320上の通信を監視するように機能する、共有バス監視回路/モジュール1310を含み得る。共有バス1320が第2のモードに従って動作するとき、共有バス監視回路/モジュール1310は、バスが第1のモードに戻っていることを示すイグジット呼出し/コマンドを監視するように機能する。割込み要求生成回路/モジュール1312は、割込み信号を生成するように機能し得る。割込み要求禁止回路/モジュール1314は、スレーブデバイス1302が割込み要求を生成することおよび/または出すことをいつ保留すべきであるかを見出すように機能し得る。たとえば、共有バス1320が第2のモードに従って動作していることを共有バス監視回路/モジュール1310が検出する場合、割込み要求禁止回路/モジュール1314は、共有バス1322を通じて割込みが出されることを防ぐことができる。

【0081】

送信機および受信機回路1306は、(送信されたデータからクロック信号を復元するための)クロック復元回路1308を含み得る。任意選択の/代替的な手法では、IRQ切替え回路1316は、共有バス1320が第2のモードで動作するとき、スレーブデバイス1302が別の線を通じて割込みルータデバイス1322に割込み要求を出すことを可能にし得る。

【0082】

図14は、複数の通信モードを切り替える共有データバス上でシングルモードスレーブデバイスが共存することを許可するための方法を示す。スレーブデバイスは、共有データバスを通じて帯域内割込み要求を含む第1のプロトコルモードで動作することができる(1402)。スレーブデバイスは次いで、共有データバスを通じて帯域内割込み要求を許容しない第2のプロトコルモードに従って共有データバスが動作することに切り替えることを示すエントリ呼出しについて、共有データバスを監視することができる(1404)。エントリ呼出しを検出すると、スレーブデバイスは、共有データバスを通じて帯域内割込み要求を出すことを無効にする(1406)。任意選択で、スレーブデバイスは、別の線を介して割込み要求ルータに割込み要求を送信することに切り替えることができる(1408)。スレーブデバイスは、第2のプロトコルモードからのイグジット呼出しについて共有データバスを監視することができる(1410)。イグジット呼出しを受信すると、スレーブデバイスは、共有データバスを通じて帯域内割込み要求を行うことを可能にする(1412)。

【0083】

帯域内IRQを伴う共有制御データバス上でのI2Cスレーブデバイスおよびカメラ制御インターフェース拡張デバイスの共存

上の議論は、専用の割込みバスを使用して、I2C適合スレーブデバイスとCCle適合スレーブデバイスとの間でIRQをルーティングすることを可能にした。以下の議論は、共有制御データバスを通じて帯域内割込みをI2C適合デバイスとCCle適合デバイスの両方が使用することを可能にする。

【0084】

第1の特徴は、共有バスに結合されるすべてのデバイスのための専用の割込み線およびピンを除去することを可能にする。代わりに、すべてのデバイスが、共有制御データバスを使用して割込み要求を出し、それによって、共有制御データバスに結合されるスレーブデバイスが共有制御データバスを通じてデータを送信することを可能にする。

【 0 0 8 5 】

第2の特徴は、共有制御データバスを通じて送信されるシンボル内で割り込み期間を定義することを可能にし、この割り込み期間の間、バスに結合された1つまたは複数のスレーブデバイスがバスの第1の線の上で割り込み要求をアサートでき、一方でバスの第2の線がハートビート送信のためにマスターデバイスによって使用され、そのようなハートビート送信は1つまたは複数のスレーブデバイスを同期するように機能する。

【 0 0 8 6 】

第3の特徴は、共有バスを通じて受信されるトランスコーディングされたデータビットを復号する目的で、割り込み期間の間に受信機デバイスにおいて共有バスの第1の線を内部的にマスクすることを可能にする。たとえば、マスターデバイスおよびスレーブデバイスは、ローカルで(内部的に)生成されるマスク信号を使用することによって、クロックデータ復元回路(CDR)への第1の線の入力をマスクすることができる。

【 0 0 8 7 】

第4の特徴は、スレーブデバイスが割り込み要求をアサートしたかどうかを確かめるために、割り込み期間の間に共有制御データバスの第1の線をマスターデバイスが監視することを可能にする。

【 0 0 8 8 】

第5の特徴は、共有制御データバスの第1の線を通じて割り込み要求を検出すると、マスターデバイスが共有制御データバスを通じてスレーブデバイスをスキャンしてアサートしている/要求しているスレーブデバイスを特定することを可能にする。

【 0 0 8 9 】

専用のIRQ線を使用する割り込み機構

図15は、共有制御データバス1504および共有割り込みバス/要求1506に結合される、マスターデバイス1508と複数のスレーブデバイス1510a~1510eとを有するシステム1502を示すブロック図である。一例では、制御データバス1504は、2つの配線、クロック線(SCL)およびシリアルデータ線(SDA)を備える、I2Cバスであり得る。クロック線SCLは、I2Cバス(制御データバス1504)上でのすべてのデータ転送を同期するために使用され得る。データ線SDAおよびクロック線SCLは、I2Cバス(制御データバス1504)上のすべてのデバイス1508および1510a~1510eに結合される。CCIeモードにおいて使用されるとき、制御データバス1504のSDA線とSCL線の両方がデータ送信のために使用され得る。

【 0 0 9 0 】

一態様によれば、共有割り込みバス1606は、スレーブデバイス1610a~1610eに、さらにはマスターデバイス1608に結合される単一の線であり得る。この共有割り込みバス1506は、使用されていないときはプルアップされてよく(たとえば、ハイに引き込まれてよく)、スレーブデバイスが割り込み要求(IRQ)信号をアサートするときはローに引き込まれてよい(たとえば、グラウンドに接続されてよい)。すなわち、各スレーブデバイス1510a~1510eは、IRQ信号(たとえば、要求)をマスターデバイス1508に送信することによって、共有制御データバス1504上で送信するためのアクセスを独立して要求することができる。

【 0 0 9 1 】

いくつかの例では、単線IRQバスは、非同期バスであってよい(たとえば、マスターデバイスまたは任意の他のデバイスによって管理されない)。これは、スレーブデバイスがいつでもIRQ信号を一方的にアサートできることを意味する。

【 0 0 9 2 】

別の例では、単線IRQバスは、スレーブデバイスからマスターデバイスへの単方向信号送信に専用であってよい。すなわち、単線IRQバスは、IRQ信号のためにだけ使用されることが可能であり、他のタイプの信号には使用され得ない。

【 0 0 9 3 】

一例では、制御データバス1504は、カメラ制御インターフェース(CCI)またはCCI拡張互換バスであってよい。

【 0 0 9 4 】

別の例では、制御データバス1504は、スレーブデバイスとマスターデバイスとの間の双方向バスであってよい。

【0095】

図16は、割込みを出す目的で図15の複数のスレーブデバイス1510a～1510eがどのように論理的にグループ化され得るかを示すブロック図である。この例では、第1の複数のスレーブデバイス1510aおよび1510bは第1のグループ1602の中にあってよく、第2の複数のスレーブデバイス1510cおよび1510dは第2のグループ1604の中にあってよい。そのようなグループ化は、たとえば、事前に構成されていく、またはマスターデバイス1508によって起動時に(たとえば、列挙によって)動的に定義されていく。そのようなグループ化によって、マスターデバイス1508は、許容できない遅延を伴うことなく、どのスレーブデバイスがIRQバス1506上でIRQ信号をトリガしたかを、より迅速に特定できるようになる。

10

【0096】

スレーブデバイス1602および1604の各グループは、別個のIRQ信号を有し得る。たとえば、第1のグループ1602は、第1の期間を有する第1の信号を使用することができ、第2のグループ1604は、第2の期間を有する第2の信号を使用することができ、以下同様である。たとえば、「期間」は、アサートしているスレーブデバイスによってIRQバス1506がローに引き込まれる時間の長さであってよい。たとえば、異なるスレーブデバイスのグループによって使用されるIRQ信号に対する異なる電圧レベルのような、他の形の信号の区別が使用され得ることに留意されたい。一実装形態では、各「グループ」は単一のスレーブデバイスを含み得る。他の実装形態では、各「グループ」は、2つ、3つおよび/または4つの、またはそれよりも多くのスレーブデバイスを含み得る。グループあたりのスレーブデバイスの数は、アサートしているスレーブデバイスに問い合わせ、それを特定するのに要する時間に依存し得る。たとえば、IRQバス1506に結合される多数のスレーブデバイスがマスターデバイス1508によって問い合わせられなければならない場合、このことは、許容できない長い遅延を引き起こし得る。その結果、スレーブデバイスをグループ化し、各グループに対して別個のIRQ信号を使用することにより、マスターデバイス1508は、比較的短期間で、または許容可能な期間で、アサートしているスレーブデバイスを特定することが可能になる。

20

【0097】

マスターデバイス1508は、共有単線IRQバス1506上でIRQ信号の発生を検出し、グループ中の各スレーブデバイスに問い合わせ、どのスレーブデバイスがIRQ信号をトリガまたはアサートしたかを特定する。たとえば、IRQ信号がグループ2 1604スレーブデバイスを特定する場合、マスターデバイス1508は、グループ2 1604内の第1のスレーブデバイス1510cに(制御データバス1504を介して)レジスタステータス要求を送信することができる。第1のスレーブデバイス1510cのステータス応答が、第1のスレーブデバイス1510cがアサートしているスレーブデバイスでないことを指す場合、マスターデバイス1508は、グループ2 1604内の第2のスレーブデバイス1510dに(制御データバス1504を介して)別のレジスタステータス要求を送信することができる。このプロセスは、IRQ信号をアサートしたスレーブデバイスが特定されるまで、グループ2 1604中のすべてのスレーブデバイスに対して繰り返される。

30

40

【0098】

代替的な手法では、マスターデバイス1508は、第1のスレーブデバイス1510cがIRQ信号の発行者であると特定された場合であっても、グループ2 1604中のすべてのスレーブデバイスをスキャンすることができる。たとえば、同じグループ中の2つ以上のスレーブデバイスが同時にIRQ信号を出す可能性がある。その結果、マスターデバイスは、グループ中のデバイスからのすべてのIRQ要求を一度に知り、それらを1つずつ扱うことができる。一実装形態では、単一のグループ中の複数のデバイスからの同時のまたは重複するIRQ要求は、緊急性、重要性、および/または優先度の順序でマスターデバイス1608によって扱われ得る。

【0099】

50

図17は、IRQ信号がIRQ線またはバスを通じてどのように調停され得るかの第1の例を示す。この例では、異なるスレーブデバイスグループ1702および1704が定義されてよく、各スレーブデバイスグループ1702および1704は、異なる幅の割込み1706および1708を有する。IRQN線1506がローであることをスレーブデバイスが検出するとき、スレーブデバイスは、IRQN線をローにアサートする前に、IRQN線1506がハイになり、さらに最小バス自由時間1702が経過するのを待つ。この例では、第1の割込み1706は第1のグループ1702内のスレーブデバイスによってアサートされ、第2のグループ1704内の別のスレーブデバイスによってアサートされる第2の割込み要求1708が後に続く。

【0 1 0 0】

図18は、IRQ信号がIRQ線またはバス1506の上でどのように調停され得るかの第2の例を示す。2つのスレーブデバイスが(割込み要求を示すために)IRQN線をローへ同時に(または重複する時間に)アサートするとき、最長のIRQNロー期間を有するスレーブグループが優先される。この例では、第1の割込み信号1806は第1のグループ1802中の第1のスレーブデバイスによってアサートされる/出されるが、同時にまたは同時期に(たとえば、時間的に重複して)、第2のグループ1804中の第2のスレーブデバイスは、共有割込みバス1506を通じて第2の割込み信号1808をアサートしている/出している。第2の割込み信号1808は第1の割込み信号1806より長いので、第1のグループ1802中の第1のスレーブデバイスは調停を失う。すなわち、第2の割込み信号1808は割込みバス1506上で認識されるが、第1の割込み信号1806は認識されない。要求している第1のスレーブデバイスは、第1の割込み信号1806の終わりにおいて割込みバス1506を解放するとき調停の喪失を検出することができるが、割込みバス1506は、ハイに戻る(たとえば、ハイに引き込まれる)はずであったときにローにとどまる(たとえば、グラウンドに引き込まれる)。その結果、第1のスレーブデバイスは後の時間に(たとえば、割込みバス1506が第2の割込み信号1808の終了後にある長さの時間1812だけ再びプルアップされた後で)割込み信号1810を再び出す。

【0 1 0 1】

図19は、一例では実現可能であり得る最短のIRQ信号長を示す。この例は、割込み線1902に対して、IRQ信号1904が遅くともVDDレベルの70%(たとえば、ハイ状態)であるときに「ハイ」状態が検出されることが可能であり、IRQ信号1904が遅くともVDDレベルの30%であるときに「ロー」状態が検出されることが可能であると仮定する。IRQ信号1902がVDDレベルの30%から70%の間のどこかにあるときは、受信機の入力レベルに応じて、ハイ状態またはロー状態が検出され得ることに留意されたい。ここで、TRF maxは最大の立ち下がり-立ち上がり時間であり、TLOWは意図されるローの期間である。tLOWの制約の主な目的は、マスターデバイスがスレーブデバイスの異なるグループからのIRQ信号を区別できるようにすることである。加えて、マスターデバイスの観点からは、IRQ信号1904がロー状態として検出されることが保証されるように、 $2TRF\ max < TLOW$ より小さくなければならない(すなわち、 $2TRF\ max < TLOW$)。

【0 1 0 2】

第1のIRQ信号長(期間)tLOWは $TLOW - TFR$ より大きく、 $2TLOW + TFR$ より小さい(すなわち、 $TLOW - TFR < tLOW < 2TLOW + TFR$)。同様に、第2のIRQ信号長(期間)tLOWは $2TLOW - TFR$ より大きく、 $2TLOW + TFR$ より小さい(すなわち、 $2TLOW - TFR < tLOW < 2TLOW + TFR$)。

【0 1 0 3】

第1のスレーブデバイスがIRQ信号ローをアサートした後に、第2のスレーブデバイスは、 $TFR\ max$ から、少なくとも $TFR\ max$ の長さでなければならぬtLOW minまでにわたる期間、IRQ信号をローとして検出することができないことに留意されたい。したがって、 $TLOW > 3TFR\ max$ かつ $tLOW\ min > 2TFR\ max$ である。

【0 1 0 4】

(たとえば、専用のIRQバス/線を通じた)側帯IRQには、割込みのレイテンシに関して、(たとえば、共有制御データバスを通じた)帯域内IRQを上回る明らかな利点がある。側帯IRQは、割込み信号の検出において非常に短いレイテンシを要求するいくつかの実装形態では好ましいことがある。

10

20

30

40

50

【0105】

共有バスを通じた帯域内割込み機構

図15から図19に示される側帯IRQの方法は、各スレーブデバイスとマスターデバイスに対して過剰なピンの使用を必要とする。スレーブデバイスは特に、利用可能なサイズ/空間が限られていることが多く、側帯割込みの使用または専用の割込み線/バスの要件をなくすことが望ましいであろう。したがって、側帯IRQの方法に対する代替形態は、共有制御データを通じて帯域内IRQを送信することである。

【0106】

図20は、割込みバスが帯域内割込みを優先して除去された例示的なシステム2002を示すブロック図である。システム2002は、共有制御データバス2004に結合されるマスターデバイス2008と複数のスレーブデバイス2010a~2010eとを含み得る。一例では、制御データバス2004は、2つの配線、クロック線(SCL)およびシリアルデータ線(SDA)を備える、I2Cバスであり得る。クロック線SCLは、I2Cバス(制御データバス2004)上でのすべてのデータ転送を同期するために使用され得る。データ線SDAおよびクロック線SCLは、I2Cバス(制御データバス2004)上のすべてのデバイス2008および2010a~2010eに結合される。図15~図16と比べると、このシステム2002は別の割込み線またはバスを有しない。代わりに、割込みは共有制御データバス2004を通じて帯域内で送信される。

【0107】

1つの特徴は、I2Cデバイスとカメラ制御インターフェース拡張(CCIe)デバイスの両方を同時にサポートする(たとえば、CCIeモードとI2Cモードとの間で共有バスを動的に切り替える)共有制御データバスを実装することを可能にする。

【0108】

共有バスを通じた例示的なCCIeおよびI2C送信

図21は、I2Cの1バイトデータ書き込み動作の例示的なタイミング図を示す。この例では、共有制御データバス2004(図20)は、シリアルデータ線SDA2102およびシリアルクロック線SCL2104を含む。図21に示される送信方式は「I2Cモード」と呼ばれ得る。SCL線2104は、マスターデバイスからすべてのスレーブデバイスにクロックを送信するために使用されるが、SDA線2102はデータビットを送信する。I2Cマスターデバイスは、I2Cバス上のどのスレーブデバイスにマスターデバイスがアクセスすることを望むかを示すために、SDA線2102において7ビットのスレーブID2208を、次いで書き込み動作を示すために1ビットを送信する。IDが7ビットのスレーブID2108と一致するスレーブデバイスだけが、意図される活動を引き起こし得る。I2Cスレーブデバイスがそれ自体のIDを検出するために、マスターデバイスは、SDA線上で少なくとも8ビット(またはSCL線2104上で8個のクロックパルス)を送信しなければならない。

【0109】

I2C規格は、すべてのI2C適合スレーブデバイスがSTART条件2106(たとえば、SCL線がハイである間はSDA線上のハイからローへの遷移によって示される)の受信の際にバス論理をリセットすることを求める。

【0110】

CCIeプロトコルは、データ送信内にクロック信号を埋め込みながら、データ送信のためにSDA線2102とSCL線2104の両方を使用する。たとえば、データビットは複数のシンボルへとトランスコーディングされてよく、複数のシンボルは次いで線を通じて送信される。クロック信号(図21のI2CバスではSCL線)をシンボル遷移の中に埋め込むことによって、SDA線2102とSCL線2104の両方がデータ送信のために使用され得る。

【0111】

図22は、SDA線2102およびSCL線2104を通じた送信のためにデータビットが12個のシンボルにトランスコーディングされている例示的なCCIe送信を示す。図22に示される送信方式は「CCIeモード」と呼ばれ得る。

【0112】

CCIeモードは、プッシュプルドライバによって駆動されるソースの同期である。共有制

10

20

30

40

50

御データバスを通じてデータを送出するものは、データに埋め込まれるクロック情報も送出する。その結果、制御データバス上で1つのデバイスだけが、任意のある時間においてバスを駆動することが許可される。

【0113】

同じバスを通じてレガシーI2CデバイスとCCleデバイスの両方をサポートするために、CCleモードの動作は同じSTART条件2200、2202、2204を使用し、これは、レガシーI2CスレーブデバイスがCCle動作に反応するのを防ぐ(たとえば、CCleモードの間のStart条件は、レガシーI2Cスレーブデバイスをリセットさせる)。この例では、START条件2200、2202、および2204(すなわち、SCL線2104がハイである間のSDA線2102でのハイからローへの遷移によって示される)は、完全なスレーブID(すなわち、完全な7ビット)が送信される前に検出されるので、これは不完全なスレーブID(7ビット未満)である。マスターデバイスが6個のSCLパルスを送信し、次いでSTART条件2200、2202、または2204を出す場合、すべてのレガシーI2Cスレーブデバイスは、データをI2CスレーブIDとして認識する前にバス論理をリセットする。6ビットのシーケンス(たとえば、あらゆる2つのシンボルに対応する)が2つのSTART条件2200、2202、および2204の間に送信されるので、これらの6ビットのシーケンスは、いずれのスレーブデバイスによっても有効なスレーブIDとして復号されない。その結果、レガシーI2Cスレーブデバイスは、不完全なスレーブIDに対して動作しない。

【0114】

このシステムでは、マスターデバイスは共有バスへのアクセスを制御する。よって、制御データバスを通じて送信することを望むいずれのデバイスも、たとえば、割り込み要求を出すことによって、マスターデバイスからのそのようなアクセスを要求しなければならない。割り込みを出すための従来技術の機構は、専用の割り込み線または専用の割り込みバスに依存している。しかしながら、そのような専用の割り込み線またはバスは、そのような割り込み線またはバスに対応するためにデバイスが少なくとも1つの追加のピンを含まなければならないことを意味する。そのような専用の割り込みピンおよび線/バスの必要をなくすために、CCle内での帯域内割り込みのための機構が必要である。

【0115】

帯域内割り込みの使用は、バスのコンテンションまたは競合も回避しなければならない。たとえば、図23に示されるように、競合を避けるために、スレーブデバイスは、マスターデバイスが制御データバスを駆動している間、IRQをアサートするように制御データバス(たとえば、SDA線2102またはSCL線2104のいずれか)を駆動することが許可されるべきではない。

【0116】

図24は、図23の競合の可能性を避けるための解決法を示す。この手法では、CCleプロトコルは、帯域内IRQがいつ出され得るかを定義する。ここで示されるように、マスターデバイスはSCL 2102線上でクロックを駆動することができ、一方、帯域内割り込みを出すようにスレーブがSDA線2104を駆動することを可能にするためのある期間が定義される。具体的には、CCle適合スレーブデバイスはまず、SDA線2104が使用されている(たとえば、ローに引き込まれている)かどうかを確認し、そうではない場合にだけ、SDA線2104をローに引き込むことによって割り込み要求を出す。

【0117】

図25に示される別の問題は、スレーブデバイスがSDA線上で帯域内IRQを送信するときに、それが誤ったクロックの検出を引き起こし得ることである。すなわち、CCleモードでは、受信機クロックRXCLKを生成するためにシンボル遷移が使用される。これは、すべての受信デバイスが共有バスの状態遷移からクロックタイミングを復元することを意味する。状態遷移、SDA線およびSCL線の状態変更は、SDA線とSCL線の間でタイミングが揃っていないなければならない。CCleクロックデータ復元(CDR)回路は、SDA線とSCL線の間にある程度のスキューを許容し得るが、CDRの許容範囲よりも大きいスキューは、CDRに余剰の受信機クロックパルス2502を生成させ、CCleワードの境界に対する同期の喪失をもたらす。

【0118】

10

20

30

40

50

図26は、図25に示される余剰の受信機クロックパルスと同期の喪失とを避けるための解決法を示す。帯域内IRQのために使用される信号は、各デバイス(たとえば、マスターデバイスおよびスレーブデバイス)によって入力されるクロックデータ復元回路においてマスクされなければならない。たとえば、各CDR回路は、帯域内IRQ送信の間にSDA線2104またはSCL線(帯域内IRQのために使用される線はどちらでも)をマスクする(2602)。たとえば、マスターデバイスがスレーブデバイスに特定の帯域内IRQプロトコル2604によってSDA線2104を駆動させる場合、制御データバス上のすべてのデバイスは、エラーの多い/余剰のRXCLKパルスが検出されることを防ぐために、その期間の間はSDA線の入力をマスクしなければならない。一例では、各デバイスは、帯域内IRQ期間の間、CDR回路への値を1(またはハイ)に保つようにSDA線をゲーティングしなければならない。

10

【0119】

図27は、I2CモードとCCleモードの両方をサポートしながら帯域内IRQ期間を実装するための1つの手法を示す。この手法では、共有バスがCCleモードからI2Cモードに切り替えるべきであることを示すために、イグジットインジケータ2702および2704が、CCleモードにおいて、さらにはI2Cモードにおいて送信される。その後、slI2Cスレーブデバイスは、I2Cモードにある間に帯域内IRQ 2706を出すことができる。帯域内IRQが出された後で、共有バスは、マスターデバイスがI2Cモードにある間にエントリ呼出し2708を出すとき、CCleモードに戻ることができる。

【0120】

CCleモード内でのハートビートクロックの例示的な組込み/符号化

20

一例によれば、「ハートビート」は、2線の制御データバスを通じた送信のためにデータビットを符号化するために使用される3進数空間内に符号化され、または組み込まれ得る。

【0121】

図5を参照すると、示されるトランスコーディング方法は、20ビットを3進数へと符号化するステップを含み、この3進数は次いで12個のシンボルに変換される。この符号化の使用は、CCleプロトコル内でコマンドを送信するために使用され得る20ビット内で余剰ビットまたは予備ビットをもたらす。

【0122】

図28は、ビット19(すなわち、ビット0を最初のビットとしてビットのカウントを開始するときの20番目のビット)を示す。言い換えると、コンピュータ科学において典型的であるように、ビットごとのカウントは0で開始し、ビット19は20番目のビットである。ここで、ビット0~18は、0000_0000_0000₃から2221_2201_2001₃という3進数の範囲内で表される。2221_2201_2002₃から2222_2222_2222₃の範囲内の3進数は、データ送信のためには使用されない。その結果、3進数の範囲2221_2201_2002₃から2222_2222_2222₃が、ビット19(すなわち、20番目のビット)を表すために使用され得る。言い換えると、2221_2201_2002₃という3進数は、1000_0000_0000_0000_0000という2進数(0x80000という16進数)であり、2222_2222_2222₃という3進数(0x81BF0)はとり得る最大の12桁の3進数である。ハートビートが送信され得るのは、この20番目のビット(ビット19)の数空間内である。

30

【0123】

図29は、ビット19が数2221_2201_2002₃から2222_2222_2222₃にわたり得るとともに、その範囲の数が図29の左側の6個の区分へと区分され得ることを示す。CCleは、マルチマスター制御データバスアーキテクチャであり、制御データバスの管理は、あるマスターデバイスから別のマスターデバイスに移され得る。その結果、「マスターバス要求」コマンドが(副範囲2222_1121_0210₃から2222_2112_1121₃の中で)利用可能であり、さらには「マスターハンドオーバー」が(副範囲2222_2220_0002₃から2222_2221_1210₃の中で)利用可能である。

40

【0124】

図30は、ハートビートを定義するために使用され得るビット19の数空間内の範囲を示す。

50

図31は、共有制御データバスのSDA線およびSCL線を通じてハートビートクロックがどのように送信され得るかの一例を示す。受信機クロック(RXCLK)3108は、制御データバス(たとえば、SDA線3110およびSCL線3112)上の送信されるシンボルの状態遷移から抽出され得る。この例は、ハートビートクロックが送信または符号化の前に、かつ/または受信および復号の後にどのように現れ得るかを示し得る。理解され得るように、ハートビートクロックの第1の部分3102はSDA線で送信されるが、ハートビートクロックの第2の部分3104はSCL線で送信され得る。このようにして、ハートビートクロックの一部をSCL線に移すことによって、空間3106がSDA線上に作られる。

【0125】

CCleデバイスに対する第1の例示的な帯域内IRQ技法

10

図32は、ハートビートクロックがSDA線およびSCL線を通じて送信され得る別の例を示す。この例では、ハートビートクロックの第1の部分3202はSDA線で送信されるが、ハートビートクロックの第2の部分3204はSCL線で送信されてよく、これによって、SDA線上の帯域内IRQのためにより大きい空間3206が生まれる。

【0126】

このプロトコルによれば、受信スレーブデバイスは、たとえば、開始シンジケータ3212の後のn番目のRXCLK 3214を検出し得る。n番目のRXCLK 3214は、内部SDAマスク3224をトリガし、SDA線3226を内部的に(たとえば、受信スレーブデバイス内で)マスクさせ得る。

【0127】

n+1 RXCLK 3216において、スレーブデバイスは、SDA線をローに引き込むことによってIRQをトリガすることができる。SDA線はマスターデバイスによって弱くハイに引き込まれるので、(スレーブデバイスによって)ローに引き込まれるとき、このことは帯域内IRQを示すように機能する。すなわち、SDA線をハイに弱く引き込むことによって、このことは、スレーブデバイスが割り込み信号をアサートするようにSDA線をローに引き込むことを可能にする。

20

【0128】

n+2 RXCLK 3218において、マスターデバイスは、帯域内IRQがアサートされているかどうかを確かめるために、SDA線をサンプリングすることができる。

【0129】

n+3 RXCLK 3220において、スレーブデバイスは、SDA線を解放する(たとえば、帯域内IRQをデアサートする)ことができる。

30

【0130】

n+3 RXCLKとn+4 RXCLKの間、マスターデバイスは、SDAドライバを再び有効にして、SDA線をハイに駆動し始める。これが、受信機デバイス(たとえば、スレーブデバイス)がn+4 RXCLKにおいてSDAマスクを安全に解放できる理由である。

【0131】

n+4 RXCLK 3222において、スレーブデバイスは、SDAマスク3224を解放することができる。

【0132】

このようにして、IRQは、SDA線上で定義されるIRQ期間3506の間にスレーブデバイスによって送信され得る。

40

【0133】

図33は、遷移番号からシンボル番号への変換の一例を示す。

【0134】

シンボルSは、CCleモードでは制御データバス(たとえば、SDA線およびSCL線)を通じて送信される。一例では、各シンボルは2ビットからなっていてよく、LSBはSCL線に割り当てられMSBはSDA線に割り当てられる。

【0135】

一例では、各々の3進の遷移番号Tは次のように定義される。

Sがシンボル順序円において以前の状態から現在の状態へと1つの状態だけ時計回りに遷

50

移するときはT=1である。

Sがシンボル順序円において以前の状態から現在の状態へと2つの状態だけ時計回りに遷移するときはT=2である。

Sがシンボル順序円において以前の状態から現在の状態へと3つの状態だけ時計回りに遷移するときはT=0である。

CCleモードにおけるデータ制御バスを通じた典型的なデータ送信は、任意の遷移番号を利用し得る。

【 0 1 3 6 】

図34は、図33のシンボル番号から遷移番号への変換をさらに詳述する。変換は次のように定義され得る。

Sがシンボル順序円において以前の状態から現在の状態へと1つの状態だけ時計回りに遷移するときはT=1である。

Sがシンボル順序円の反対側に以前の状態から現在の状態へと遷移するときはT=2である。

Sがシンボル順序円において以前の状態から現在の状態へと1つの状態だけ反時計回りに遷移するときはT=0である。

T=0または1のときにはSCL線の切替えが常に発生するが、T=2のときはSCL線は切り替えられない。

【 0 1 3 7 】

図35は、SDA線3502がマスクされる帯域内IRQ期間の間の条件を示す。遷移番号T=2が送信されるときはSCL線3504は切り替わらないので、SDA線3502は、SDA線3502がマスクされる(3508)とき、実際の状態とは無関係に常にハイであると見なされ、シンボルの遷移はない。その結果、T=2がSDAマスク期間3510の間に送信される場合、生成されるクロックRXCLK 3506はない。この理由で、SDA Mask=1の間はT=2は禁止される。

【 0 1 3 8 】

図36は、図32および図35のSDAマスクの副作用を示す図である。Tが2に等しくない場合でも、SDA線は帯域内IRQ期間の間は常に論理1の状態であると見なされるので、SDA線に対して論理0をもたらすであろう任意の遷移T値が、SDAビットが常に1であると仮定するT[2:0]=010へとエイリアシングされる。

【 0 1 3 9 】

図37は、3進の数空間内での数空間0x81BD6 ~ 0x81BF0(すなわち、27個のアドレス)を帯域内IRQのために使用されるハートビートが占有することを示す。SDA Mask=1である間にT=2が禁止されておりあらゆる他のTの組合せがT=010にエイリアシングされるという事実は、帯域内IRQをサポートするハートビートワードが1つのアドレスだけを占有するのではなく、実際にはビット19領域の27個のアドレスを占有することを意味する。この特定のハートビートパターンの使用は3進数2222_2222_2222の使用を妨げ、この3進数は16進数で81BF0であり、2ワードのCCle同期の第1のワードとして非常に有用である。3進数2222_2222_22がなければ、絶対的な同期は簡単または可能ではないことがある。

【 0 1 4 0 】

図38は、CCleモード送信のために図37において使用される3進数のビット19がどのようにマッピングされ得るかの例を示す。この例では、ハートビートは3進数2222_2222_2010₃に割り当てられ得る。この例では、2222_2222_2xxx₃という範囲にある3進数が検出される限り、ハートビートおよび/または帯域内IRQ(たとえば、16進数で0x81BD9)であると解釈され得ることに留意されたい。

【 0 1 4 1 】

CCleデバイスに対する第2の例示的な帯域内IRQ技法

図39は、CCleモードにおいて制御データバスを通じて帯域内IRQを実装するための代替的な技法を示す。この例は、帯域内IRQを実行するために図32において必要とされる受信機クロックRXCLK周期の数を減らす。

【 0 1 4 2 】

10

20

30

40

50

帯域内IRQ期間3906を提供するためのこのプロトコルによれば、受信スレーブデバイスは、たとえば、開始Sインジケータ3912の後にn番目のRXCLK 3914を検出し得る。n番目のRXCLK 3914は、内部SDAマスク3924をトリガし、SDA線を内部的に(たとえば、受信スレーブデバイス内で)マスクさせ得る。

【0143】

n+1 RXCLK 3916において、スレーブデバイスは、SDA線をローに引き込むことによってIRQをトリガすることができる。SDA線はマスターデバイスによって弱くハイに引き込まれるので、(スレーブデバイスによって)ローに引き込まれるとき、このことは帯域内IRQを示すように機能する。

【0144】

10

次のクロック周期まで待つのでなく、n+1 RXCLK 3916の間に、しかしn+2 RXCLK 3918の前に、マスターデバイスは、SDA線がローになるかどうか、かつ/またはいつローになるかを確かめるためにSDA線を監視することができ、ローになることは帯域内IRQ要求がアサートされたことを意味する。マスターデバイスによるSDA線のそのような監視は、スレーブデバイスからのあらゆるIRQ要求を非同期的に検出するために、IRQ期間の間にのみ実行されることに留意されたい。

【0145】

n+2 RXCLK 3918において、スレーブデバイスは、SDA線を解放する(たとえば、帯域内IRQをデアサートする)ことができる。

【0146】

20

n+2 RXCLKとn+3 RXCLKの間に、マスターデバイスは、SDAドライバを再び有効にすることができ、SDA線をハイに駆動し始める。その結果、受信機(アサートしているスレーブデバイス)は、n+3 RXCLKにおいてSDAマスクを安全に解放することができる。

【0147】

n+3 RXCLK 3920において、スレーブデバイスは、SDAマスク3924を解放することができる。このようにして、帯域内IRQは、SDA線上で定義されるIRQ期間3906の間にスレーブデバイスによって送信され得る。

【0148】

図40は、SDA線がマスクされる図39の帯域内IRQ期間の間の条件を示す。遷移番号T=2が送信されるときはSCL線4004は切り替わらないので、SDA線4002は、SDA線4002がマスクされる(4008)とき、実際の状態とは無関係に常にハイであると見なされ、シンボルの遷移はない。その結果、T=2がSDAマスク期間4010の間に送信される場合、生成される受信機RXCLK 4006はない。この理由で、SDA Mask=1の間はT=2は禁止される。

30

【0149】

図41は、図39および図40のSDAマスクの副作用を示す。Tが2に等しくない場合でも、SDA線は帯域内IRQ期間の間は常に論理1の状態であると見なされるので、SDA線に対して論理0をもたらすであろう任意の遷移T値が、SDAビットが常に1であると仮定するT[2:0]=010へとエイリアシングされる。

【0150】

図42は、3進の数空間内での数空間0x81BBB~0x81BD5(すなわち、27個のアドレス)を帯域内IRQのために使用されるハートビートが占有することを示す。図32および図39におけるハートビートと同様に、図39~図41の代替的なハートビートもビット19領域の27個のアドレスを占有する。しかしながら、この代替的なハートビートは2222_2222_2xxxの3進数空間の使用を妨げないので、2222_2222_2222のワードが依然として同期のために利用可能である。このハートビートパターンはまた、より短い帯域内IRQ期間に対応するために非同期的な帯域内IRQ検出回路を使用することをマスターデバイスに要求し、これは大きな犠牲とはならないはずである。

40

【0151】

理想的には、帯域内割込みを実施するためのプロトコルは、帯域内IRQが可能な限り最小限のプロトコルオーバーヘッドで可能な限り頻繁に出され得るように、1つまたは2つの

50

CCleワード程度に小型であるべきである。たとえば、周期的な帯域内IRQ時間枠が定義され得る。考慮事項の中でもとりわけ、帯域内IRQ期間は、スレーブデバイスによる「飢餓」を防ぐためにバスシステムが低電力モードにあるときであっても利用可能であるべきである。このことに対する1つの解決法は、スレーブデバイスの同期を可能にするために共有制御データバスを通じてマスターデバイスによって定期的送信されるCCle「ハートビート」ワード内で帯域内IRQを定義することであり得る。

【0152】

図43は、マスターデバイスがアクティブモードにあり電力節約モードにあるときにハートビートがどのように送信され得るかを示す。マスターデバイスがアクティブモード4302にある通常の動作の間、マスターデバイスは、スレーブデバイスが帯域内IRQを出すことを可能にするために、CCleフレーム4306の間にハートビートワード4608を定期的送信する。ハートビートワード間隔は、割り込み要求を出す機会の不足をスレーブデバイスに感じさせないようなものであり得る。

10

【0153】

マスターデバイスが電力節約モードにあるとき、ハートビート4316も送信されてよく、これによって、電力節約モードの間に帯域内IRQを出す機会を共有バス(たとえば、SDA線4310およびSCL線4312)上のスレーブデバイスに与える。

【0154】

マスターデバイスは、マスターデバイスによる電力の節約のために十分遅く、しかし、IRQ信号を出す機会の不足をスレーブデバイスに感じさせないようにするために十分速いレートで、この「ハートビート」CCleワード4316を送信することができる。この「ハートビート」CCleワードは、スレーブデバイスがIRQを出せることの、スレーブデバイスに対するインジケータとして機能し得る。「ハートビート」という用語は、アクティブ(アライブ)であり続けるための最小限の機能のための、電力節約モードの間のスレーブデバイスに対する低速クロックを指すために本明細書では使用される。

20

【0155】

図44は、同期ワードとハートビートの組合せを示す。ハートビートワードにはまた、同期ワードシーケンスの2番目のワードという役割がある。2ワードの同期シーケンスは、「SY-」として示されるようなすべて2であるワード2222_2222_2222と、「-NC」として示されるようなハートビートワード2222_2222_1101で開始する。

30

【0156】

バス状態(シンボル)が1(SDA=0、SCL=1)から3(SDA=1、SCL=1)になるとき、「SY-」ワードは、RXデバイスに、START条件のそばの1つの「2」と最後のシンボルの後の1つの「2」とを含む、14個の遷移状態の2を生成させる。

【0157】

「-NC」ワードは、RXデバイスに、START条件のそばに1つの「2」を含む9個の遷移状態の2を生成させる。

【0158】

「SY-」ワードおよび「-NC」ワードは一緒にされ、または組み合わせられて(たとえば、したがって「SYNC」)、「1101」シーケンスが後に続く全体で23個の遷移状態の2をもたらす。これは固有のシーケンスであり、いずれの他のCCleのトランザクションでも発生し得ない。CCleデバイスは、このシーケンスを使用してCCleワードの境界と同期することができる。

40

【0159】

図45は、CCleプロトコルのビット19内での同期とハートビートのマッピングを示す。42個の数にわたる16進数の数空間0x81BC6~0x81BEFが、同期のためだけの絶対的に一意である2つのワードパターン「SY-NC」、すなわち23個の「2」と「1101」とを作るために禁止される。マスターデバイスは、同期が喪失した場合にスレーブデバイスが再同期できるようにするために、またはホットプラグされるスレーブをバスに同期させるために、「-NC」ワードであるハートビートの直前に「SY-」ワードを定期的送信することができる。

50

【0160】

例示的なIRQグループ照会

1つの特徴によれば、各スレーブデバイスは「グループ」を割り当てられてよく、または「グループ」と関連付けられてよく、各「グループ」は1つまたは複数のスレーブデバイスを含む。特定の「グループ」と関連付けられるIRQ信号を検出すると、マスターデバイスは、(たとえば、IRQ信号が制御データバス上で帯域内IRQとしてアサートされるか、専用のIRQバス上で側帯IRQとしてアサートされるかのいずれかの場合に)IRQ信号をアサートしたスレーブデバイスを特定するために、「グループ」中のスレーブデバイスの各々に照会を(たとえば、制御データバスを通じて)送信することができる。IRQをアサートしたスレーブデバイスは、割り当てられたグループ内でのみ照会に応答することができ、これによって、アサートしているスレーブデバイスがマスターデバイスに対して特定される。スレーブデバイスの各「グループ」は1つまたは複数のスレーブデバイスを有し得ることに留意されたい。電力の節約がマスターデバイスによって実施されているとき、スレーブデバイスはハートビートワード内で帯域内割込みを出せることに留意されたい。また、複数のスレーブデバイスが同じハートビートワード内で割込みを出すことができる。

10

【0161】

図46は、例示的なCCleプロトコル内での割込みグループ照会の一般的な呼出しを示す。マスターデバイスは、一般的な呼出しであるIRQグループ照会4600を共有バス上のすべてのスレーブデバイスにブロードキャストすることができる。IRQグループ照会コマンド4602である16進数の0x0007の後で、複数のIRQグループ照会ワード4604が送信される。一例では、各照会ワードは3個の照会応答スロットを有し、全体ではグループ0からグループ32に対して33個のスロットを有する。一例では、照会ワード4604は、1個から11個のIRQグループ照会ワード(IQ)と、最後に1個の終止ワード(Term)4606とを含み得る。各照会ワード4604に対して、すべてのスレーブデバイスが共有バスのSDA線をマスクする。

20

【0162】

一般的な呼出しのペイロード4604の各IRQグループ照会(IQ)ワード4608において、各スレーブ受信機は、 $T_{1,1}$ RXCLKにおいてSDAをマスクするのを開始し、ダミー($T_{1,1}$)RXCLKにおいてマスクを解放しなければならない。

【0163】

図47は、グループ照会呼出しに対する応答を示す。この例では、ハートビートをSCL線4710に転送してSDAマスク4712を使用することによって、1つまたは複数の応答期間(すなわち、照会ワード)がSDA線4708上で定義され得る。この例では、3つの別のスロット4702、4704、および4706が、各照会ワード4608(図46)に対して定義されている。各IQワード4608中の3つの時間スロット4702、4704、および4706の各々は、3つの異なるIRQグループに割り当てられ得る。各スロット4702、4704、および4706に割り当てられるスレーブデバイスは、スレーブデバイスがIRQを出したか、またはサービスされていないIRQを有することを示すための照会応答として、割り当てられたスロット4702、4704、および4706の間にSDA線4708を駆動することができる。各IRQグループ照会(IQ)ワード4608は3つの照会応答スロット4702、4704、および4706を有するので、最大で11個のIRQグループ照会(IQ)ワードが一般的な呼出しのペイロード4604の中にあってよく、1つの呼出しの中に最大で33個のグループスロットがあり得る。

30

40

【0164】

1つのデバイスだけが1つのグループの中にあるように、最大で32個のデバイスがグループに割り当てられてよく、これによってIRQ発行者が直ちに特定される。この手法は複数のIRQグループを一度に特定し、これによって必要とされるIRQスキャンの数を減らす(たとえば、より少ないIRQネスティング)。代替的に、複数のデバイスが各グループに割り当てられ得るが、グループ中の複数のデバイスのいずれがIRQを出したかを特定するために、追加の照会がマスターデバイスによって必要とされ得る。

【0165】

マスターデバイスは、バスシステム上のIRQグループの数に基づいて、一般的な呼出し

50

に含めるべきIRQグループ照会(IQ)ワードの数を選ぶことができる。いくつかの例では、マスターデバイスは、(たとえば、11個という最大の数よりも少ない)より少数の照会ワード4608を送信することができる。これは、IRQグループ照会の一般的な呼出しのための時間の短縮を可能にし得る。

【0166】

IRQグループ照会(IQ)ワードのシーケンスは、終止ワード(Term)4606で終了する。終止ワード4606のシンボルパターンは、各受信機のスレーブデバイスが、SDA線4708をマスクするのをいつ止めるべきかということとIRQグループ照会の一般的な呼出しの終了とを知るために、ワードがT11 RXCLKにおいてIRQグループ照会(IQ)ではなく終止(Term)であることを認識できるように、選ばれ得る。

10

【0167】

第1のIRQグループ照会(IQ)に対する3つのスロット4702、4704、および4706は、グループ0、1、および2に割り当てられ得る。より数字の小さいグループがより早い応答スロットに割り当てられ得る。

【0168】

一例では、グループ0は、ホットプラグされるデバイス、または共有バス上マスターデバイスがまだ認識していないデバイスのために確保され得る。少なくとも1つのIRQグループ照会(IQ)ワードが送信されなければならないので、IRQを出した任意のホットプラグされるデバイスが常に認識される。

20

【0169】

終止(Term)ワード4606の使用によって、ペイロード4604の長さを柔軟に設定することができ、IRQグループ照会(IQ)ワードシーケンスの長さは必要であれば11ワードを超えることができる。

【0170】

図48は、IRQグループ照会の一般的な呼出しの長さ(すなわち、ワードカウント)を柔軟にするためにIRQグループ照会の一般的な呼出しの終わりを示すために使用され得る例示的な「終止ワード」を示す。

【0171】

本明細書で説明されるIRQグループ照会方法は、帯域内IRQと側帯IRQの両方に適用可能であり得る。一例では、説明されるIRQグループ照会方法を使用することは、スレーブデバイスのグループを区別するためにIRQアサート期間を使用することを回避する。すなわち、すべてのスレーブデバイスがスキャンされているので、異なる幅の割り込み要求を使用してそれらを区別する必要がない。その結果、側帯IRQは今やあらゆる任意の期間を有し得る。スレーブデバイスはもはやIRQ期間に正確に合わせる必要がないので、自走クロックはもはや必要ではない可能性がある。

30

【0172】

加えて、IRQ調整もIRQグループ照会を使用してなくされ得る。マスターデバイスがすべてのグループとその中のスレーブデバイスとをスキャンするので、マスターデバイスは、複数のIRQ発行者を一度に特定することができ、このことは、調停の喪失に対処する必要がもはやないのでスレーブデバイスの論理を簡単にする。

40

【0173】

IRQグループ照会を使用することのスレーブデバイスに対する1つの追加の利益は、ブルアップ抵抗からのDC電流のグラウンドへの流出を招き得る、IRQ線のローへの長期間の保持をスレーブデバイスが行う必要がもはやないので、電力の節約になることであり得る。

【0174】

例示的なグローバルクロック読取り

CC1eは、ソース同期シンボル遷移クロッキングシステムである。制御データバスを通じてデータを送信するものは、データに埋め込まれるクロックも送信する。I2Cとは異なり、すべてのスレーブデバイスが、クロック情報とともに読取りデータを生成するためにクロックソースを有しなければならない。しかしながら、たとえば、すべてのスレーブデバ

50

イスにSDA入力をマスクさせてスレーブデバイスがSDA線を駆動することを可能にさせながらSCL線を常に切り替える、IRQグループ照会のために使用される技法は、実際にはグローバルクロック読取りを達成している。

【 0 1 7 5 】

図46および図47において理解され得るように、IRQグループ照会ワードは、主に、異なるRXCLKタイミングを伴う複数のスレーブが同じ時間スロット内でSDA線を駆動することを可能にするために、3個のスレーブデバイス応答しか搬送できない。しかしながら、SDAマスクの間に単一のスレーブデバイスだけがSDA線を駆動するのを可能にすることは、ダブルデータレート(DDR)グローバルクロック読取りを実施することを可能にする。

【 0 1 7 6 】

図49は、DDRグローバルクロック読取りの一般的な呼出しがどのように実施され得るかの一例を示す。DDRグローバルクロック読取りシーケンスを開始する前に、マスターデバイスは次のことを示すいくつかのCCleプロトコル(一般的な呼出しのような)を出す。

1. 後続のシーケンスがDDRグローバルクロック読取りであること
2. DDRグローバルクロック読取りのワードの数
3. データを読み取るべきデバイスのSID
4. データを読み取るべきデバイスのレジスタアドレス

バス上のすべてのデバイスが、(規定された数のワードが送信されるまでの)呼出しの後のすべてのCCleトランザクションがDDRグローバルクロック読取りであることを理解する。

【 0 1 7 7 】

DDRグローバルクロックモードでは、バス上のすべてのデバイスが、ワードの終わりにダミーシンボルを含むシンボル期間の間のクロックデータ復元(CDR)回路へのSDA入力をマスクしなければならない。

【 0 1 7 8 】

アドレス指定されたスレーブデバイスは、(START条件のそばのRXCLKを含まない)2番目のRXCLKにおいてSDA線をローに駆動し、その論理0は、SDA線をサンプリングするためのクロック(SDACLK)を較正するためにマスターデバイスによって使用される。

【 0 1 7 9 】

3番目のRXCLKから、アドレス指定されたスレーブデバイスは9ビットのデータを連続的に出すことができる。9ビットのデータは、システム要件に応じて、MSBが最初であってもLSBが最初であっても他のフォーマットであってもよい。この期間、マスターデバイスはSCL線上でDDRグローバルクロックを提供し、または駆動する。

【 0 1 8 0 】

スレーブデバイスは、12番目のRXCLKにおいてSDA線をハイに駆動し、13番目のRXCLKにおいてSDA線を解放する。

【 0 1 8 1 】

マスターデバイスは、最初のシンボル「3」が送信された後でSDA線を解放し、SDAドライバを有効にして、最後のシンボル「2」の後でSDA線をハイに駆動する。

【 0 1 8 2 】

マスターは、SDACLKのタイミングにおいてSDA線をサンプリングして、9個の読み取られたデータビットをシフトインする。

【 0 1 8 3 】

図50は、グローバルクロック読取りワードの例示的なタイミング図を示す。第1のクロック信号SDACLK 5002および第2のクロック信号RXCLK 5004は、マスターデバイス内の内部信号を示す。第2のクロック信号RXCLK5004は、マスターデバイスのクロックデータ復元回路(CDR)によって生成され得る。第1のクロック信号SDACLK5002は、スレーブデバイス信号によって駆動されるときにSDA線5008(これは共有バスの一部である)からデータ値をサンプリングするためにマスターデバイスによって使用され得る、クロック生成回路5006によって生成され得る。第1のクロック信号SDACLK5002は、SDAMASK信号5010が1である(CDRへのSDA線5008の入力がマスクされる)ときにだけ生成され得る。

10

20

30

40

50

【 0 1 8 4 】

グローバルクロック読取り期間の間にSDA線5008を駆動するのはスレーブデバイスなので、バス上のすべてのデバイス(マスターデバイスを含む)がこの期間の間はCDRへのSDA線5008の入力をマスクしなければならない、その期間は、START条件から立ち上がる(5012)第2のクロック信号RXCLKにおいて開始し、ダミーシンボルのそばのワードのための最後のRXCLKの立ち上がり5014において終了する。

【 0 1 8 5 】

この例では、マスターデバイスは、グローバルクロック読取りワードのために0x5BE75(2010_1010_1010₃)を送信する。これはグローバルクロック読取りの一般的な呼出しのペイロード部分であるので、共有バス上の各デバイスは、グローバルクロック読取りワードが呼出しメッセージ「6」の後に続くことを知っており、各デバイスはSDAMASK5010をいつ開始して終了すべきかも知っている。

【 0 1 8 6 】

各デバイスは、次のワードが第1のシンボルにおいて別個の信号パターンを有する「終止」ワードではない限り、次のワードのためのグローバルクロック読取りワードを予期する。

【 0 1 8 7 】

SDA線5008上のデータ信号はスレーブデバイスのCDRからのRXCLK5016を使用してスレーブデバイスによって駆動されるので、マスターデバイスは、マスターデバイスが十分な準備および保持の時間とともにデータをサンプリングするために、マスターデバイスのCDRからの第2のクロック信号RXCLK5004を「適切に」遅らせなければならない。マスターデバイスは、マスターデバイスがグローバルクロック読取りワードの第2のシンボル(すなわち、T10周期)を送出した後の、グローバルクロック読取りプロトコルごとにスレーブデバイスによって駆動されるSDA線5008の第1の立ち下がりにおける「適切な」遅延を学習する。「較正論理」5018は、T10周期の最初からのSDA線5008の立ち下がりの遅延を測定し、この遅延を使用して「SDACLK遅延」を構成するので、マスターデバイスは、次のシンボルから、スレーブデバイスからのSDA線5008の送信を信頼性をもってサンプリングする。

【 0 1 8 8 】

帯域内IRQを使用したsI2CデバイスとCCleデバイスの例示的な共存

図51は、デバイス5102内の共有バス5104でのI2C適合デバイスとCCle適合デバイスの共存を示し、すべてのマスター/スレーブデバイスが共有バス5104を通じた帯域内割込みを使用する。この例では、I2C適合およびCCle適合マスターデバイス5108は、共有バス5104上の通信を管理することができる。マスターデバイス5108は、I2CモードとCCleモードの両方で(すなわち、2つ以上の別個のプロトコルに従って)動作するように構成され得る。I2C適合およびCCle適合スレーブデバイス5110も、共有バス5104に結合されてよく、I2CモードとCCleモードの両方で動作するように構成される。I2C適合スレーブデバイス5112も、共有バス5104に結合されてよく、I2Cモードで動作するように構成される。CCle適合スレーブデバイス5114も、共有バス5104に結合されてよく、CCleモードで動作するように構成される。

【 0 1 8 9 】

図52は、共有バス上での図51のマスター/スレーブデバイスの共存を示す。I2C適合およびCCle適合マスターデバイス5108は、第1のプロトコルモード(たとえば、I2Cモード)5202で最初は動作し得る。スレーブデバイス5110、5112、5114は、マスターデバイス5108または他のスレーブデバイスからのコマンド/送信について共有バスを単に監視することができる(5204)。

【 0 1 9 0 】

I2C適合およびCCle適合マスターデバイス5108は、共有バスを通じてエントリ呼出しメッセージを送信することによって、第2のプロトコルモード(たとえば、CCleモード)への切替えを開始することができる(5208)。すべてのスレーブデバイス5110、5112、および5114は、共有バスを監視し、共有バスがどのように使用されるかについての変更(たとえば

、第1のプロトコルモードから第2のプロトコルモードへの変更)としてエントリ呼出しメッセージを認識する。エントリ呼出しは、第1のプロトコルモード(たとえば、I2Cモード)および第2のプロトコルモード(たとえば、CCleモード)で動作するデバイスがエントリ呼出しを検出および/または復号できるようなものであり得る。I2C & CCleスレーブ1 5110は、それでもバスを使用することができ、第1のプロトコルモードと第2のプロトコルモードの両方で通信することが可能であるので割込み要求5210aを出すことができる。I2C適合スレーブ2 5112は、バスを使用することができず、第2のプロトコルモード(CCleモード)で通信することが可能ではないので割込み要求5210bを出すことができない。CCle適合スレーブ3 5114は、バスを使用することができ、第2のプロトコルモード(CCleモード)で通信することが可能であるので割込み要求5210cを出すことができる。

10

【0191】

I2C適合およびCCle適合マスターデバイス5108はその後、共有バス5212を通じてイグジット呼出しメッセージを送信することによって、第1のプロトコルモード(たとえば、I2Cモード)に戻ることができる。すべてのスレーブデバイス5110、5112、および5114は、共有バスを監視し、共有バスがどのように使用されるかについての変更(たとえば、第2のプロトコルモードから第1のプロトコルモードへの変更)としてイグジット呼出しメッセージを認識する。イグジット呼出しは、第1のプロトコルモード(たとえば、I2Cモード)および第2のプロトコルモード(たとえば、CCleモード)で動作するデバイスがイグジット呼出しを検出および/または復号できるようなものであり得る。I2C & CCleスレーブ1 5110は、それでもバスを使用することができ、第1のプロトコルモードと第2のプロトコルモードの両方で通信することが可能であるので割込み要求5216aを出すことができる。I2C適合スレーブ2 5112は、バスを使用することができ、第1のプロトコルモード(I2Cモード)で通信することが可能であるので割込み要求5216bを出すことができる。CCle適合スレーブ3 5114は、バスを使用することができず、第1のプロトコルモード(I2Cモード)で通信することが可能ではないので割込み要求5216cを出すことができない。

20

【0192】

図53は、共有バス上でのCCle適合スレーブデバイスとの共存を支援する、I2C適合スレーブデバイスによって実行可能な方法を示し、ここで、すべてのデバイスが共有バスを通じた帯域内割込みを使用することができる。第1のスレーブデバイス(たとえば、I2C適合スレーブデバイス)は、共有バスを通じた帯域内割込み要求を含む第1のプロトコルモードに従って動作してよく、共有バスは複数の他のスレーブデバイスと共有される(5302)。共有バスは、第1のプロトコルモードおよび第2のプロトコルモードに従って動作することが可能なマスターデバイスからのエントリ呼出しについて、第1のスレーブデバイスによって監視され得る(5304)。エントリ呼出しを検出すると、第1のスレーブデバイスは、第1のスレーブデバイスが共有バスを通じて第1のプロトコルモードに従って帯域内割込み要求を行うことを無効にし得る(5306)。第1のスレーブデバイスは、マスターデバイスからのイグジット呼出しについて共有バスを監視することができる(5308)。共有バスを通じたマスターデバイスからのイグジット呼出しを検出すると、第1のスレーブデバイスは、第1のスレーブデバイスが帯域内割込み要求を行うことを可能にし得る(5310)。複数の他のスレーブデバイスは、第2のプロトコルモードに従って動作する1つまたは複数のスレーブデバイスを含む。エントリ呼出しは、共有バスが第2のプロトコルモードに従って動作できることを、第2のプロトコルモードで動作する1つまたは複数のスレーブデバイスに示すものとして機能し得る。

30

40

【0193】

一例では、第1のスレーブデバイスは、処理回路に結合されたバスインターフェースを備え得る。バスインターフェースは、複数の他のスレーブデバイスと共有される共有バスに結合するように機能し得る。処理回路は、(a)複数の他のスレーブデバイスと共有される共有バスを通じた帯域内割込み要求を含む第1のプロトコルモードに従って第1のスレーブデバイスを動作させ、(b)第1のプロトコルモードおよび第2のプロトコルモードに従って動作することが可能なマスターデバイスからのエントリ呼出しについて共有バスを監視

50

し、(c)エントリ呼出しを検出すると、第1のスレーブデバイスが共有バスを通じて第1のプロトコルモードに従って帯域内割込み要求を行うことを無効にし、(d)マスターデバイスからのイグジット呼出しについて共有バスを監視し、かつ/または(e)マスターデバイスからのイグジット呼出しを検出すると、第1のスレーブデバイスが共有バスを通じて帯域内割込み要求を行うことを可能にするように構成され得る。複数の他のスレーブデバイスは、第2のプロトコルモードに従って動作する1つまたは複数のスレーブデバイスを含み得る。エントリ呼出しは、共有バスが第2のプロトコルモードに従って動作できることを、第2のプロトコルモードで動作する1つまたは複数のスレーブデバイスに示すものとして機能し得る。

【0194】

10

図54は、共有バス上でのI2C適合スレーブデバイスとの共存を支援する、CCle適合スレーブデバイスによって実行可能な方法を示し、ここで、すべてのデバイスが共有バスを通じた帯域内割込みを使用することができる。スレーブデバイスは、複数の他のデバイスと共有される共有バスに結合され、他のデバイスの少なくとも第1のサブセットは第1のプロトコルモードに従って動作し、スレーブデバイスは第2のプロトコルモードに従って動作する(5402)。第1のプロトコルモードおよび第2のプロトコルモードに従って動作することが可能なマスターデバイスからのエントリ呼出しは、共有バスを通じてスレーブデバイスによって検出され得る(5404)。割込み要求(IRQ)は、共有バスを通じて帯域内で、または第2のプロトコルモードに従って別の経路を通じて側帯で、スレーブデバイスによって送信され得る(5406)。エントリ呼出しは、共有バスが第2のプロトコルモードに従って動作

20

【0195】

スレーブデバイスはまた、マスターデバイスからのイグジット呼出しについて共有バスを監視することができる(5410)。マスターデバイスからのイグジット呼出しを検出すると、スレーブデバイスは、共有バスを通じて帯域内割込み要求を行うのを無効にし、または止めることができる(5412)。イグジット呼出しは、共有バスが第1のプロトコルモードに従って動作すべきであることをスレーブデバイスに示すように機能し得る。

【0196】

30

一例では、スレーブデバイスは、処理回路に結合されたバスインターフェースを含み得る。バスインターフェースは、複数の他のデバイスと共有される共有バスに結合するように機能することができ、他のデバイスの少なくとも第1のサブセットは第1のプロトコルモードに従って動作し、スレーブデバイスは第2のプロトコルモードに従って動作する。処理回路は、(a)第1のプロトコルモードおよび第2のプロトコルモードに従って動作することが可能なマスターデバイスからの共有バスを通じたエントリ呼出しを検出し、(b)共有バスを通じて帯域内で、または第2のプロトコルモードに従って別の経路を通じて側帯で、割込み要求(IRQ)を送信し、(c)第2のプロトコルモードに従って共有バスを通じてデータまたはコマンドを送信し、(d)マスターデバイスからのイグジット呼出しについて共有

40

バスを監視し、かつ/または(e)マスターデバイスからのイグジット呼出しを検出すると、スレーブデバイスが共有バスを通じて帯域内割込み要求を行うのを無効にするように構成され得る。エントリ呼出しは、共有バスが第2のプロトコルモードに従って動作できることをスレーブデバイスに示すものとして機能し得る。イグジット呼出しは、共有バスが第1のプロトコルモードに従って動作すべきであることをスレーブデバイスに示すように機能する。

【0197】

同様に、I2C適合デバイスとCCle適合デバイスが共存でき、一方で両方のタイプのデバイスが共有バスを通じた割込み要求を使用できる、システムが提供される。デバイスの第1のセットが共有バスに結合され得る。デバイスの第2のセットも共有バスに結合され得る。

50

【0198】

デバイスの第1のセット内の第1のデバイスは、(a)共有バスを通じて帯域内割込み要求を送信/受信することを含む第1のプロトコルモードに従って動作し、(b)デバイスの第2のセット中のデバイスからのエントリ呼出しについて共有バスを監視し、かつ/または(c)エントリ呼出しを検出すると、第1のスレーブデバイスが共有バスを通じて帯域内割込み要求を行うことを無効にするように構成され得る。

【0199】

デバイスの第2のセット内の第2のデバイスは、(a)第1のプロトコルモードに従って共有バスを通じてエントリ呼出しを検出し、(b)第2のプロトコルモードに従って共有バスを通じて割込み要求(IRQ)を送信し、(c)第2のプロトコルモードに従って共有バスを通じてデータまたはコマンドを送信し、かつ/または(d)イグジット呼出しが共有バス上で検出される場合、第2のプロトコルモードに従って共有バスを通じて帯域内割込みを送信すること

10

【0200】

マスターデバイスは、共有バスに結合されてよく、(a)共有バス上の通信を管理するために第1のプロトコルモードと第2のプロトコルモードの両方に従って動作し、(b)第1のプロトコルモードに従って共有バスを通じてエントリ呼出しを送信し、(c)第1のプロトコルモードと第2のプロトコルモードの両方に従ってスレーブデバイスからの割込み要求を検出し、かつ/または(d)要求しているスレーブデバイスに共有バスへのアクセスを認めることによって、割込み要求に応答するように構成されてよい。

20

【0201】

例示的なマルチモード共有バスアーキテクチャ

共有バス、第1のスレーブデバイス、第2のスレーブデバイス、および/またはマスターデバイスを備えるデバイスが提供される。第1のスレーブデバイスは、共有バスに結合されてよく、(a)共有バスを通じて帯域内割込み要求を出すことを含む第1のプロトコルモードに従って動作し、(b)共有バスが第2のプロトコルモードに切り替えていることを示すエントリ呼出しについて共有バスを監視し、かつ/または(c)エントリ呼出しを検出すると、第1のスレーブデバイスが共有バスを通じて帯域内割込み要求を行うことを無効にするように構成される。

【0202】

30

第2のスレーブデバイスは、共有バスに結合されてよく、(a)割込みバスを通じて側帯割込み要求を出すこと、または共有バスを通じて帯域内割込み要求を出すことを含む第2のプロトコルモードに従って動作し、かつ/または(b)共有バス上でエントリ呼出しを検出するように構成され、エントリ呼出しは第2のプロトコルモードに従って送信される。

【0203】

マスターデバイスは、共有バスに結合されてよく、(a)第1のプロトコルモードと第2のプロトコルモードの両方に従って動作し、(b)共有バス上の通信を管理し、(c)共有バスが第2のプロトコルモードに切り替えていることを示すエントリ呼出しを共有バスを通じて送信し、ここでエントリ呼出しは第1のプロトコルモードに従って送信され、(d)第1のプロトコルモードと第2のプロトコルモードの両方に従ってスレーブデバイスからの割込み要求を検出し、かつ/または(e)要求しているスレーブデバイスに共有バスへのアクセスを認めることによって、割込み要求に応答するように構成されてよい。

40

【0204】

マスターデバイスはさらに、共有バスが第1のプロトコルモードに切り替えていることを示すイグジット呼出しを共有バス上で送信するように構成されてよく、イグジット呼出しは、第2のプロトコルモードと第1のプロトコルモードの両方に従って送信される。

【0205】

帯域内割込みのために、第2のプロトコルは、共有バスを通じて送信されるシンボル内で割込み期間を定義し、この割込み期間の間、共有バスに結合された1つまたは複数のスレーブデバイスが共有バスの第1の線の上で割込み要求をアサートでき、一方で共有バス

50

の第2の線がハートビート送信のためにマスターデバイスによって使用される。1つの実装形態では、マスターデバイスおよび第2のスレーブデバイスは、割込み期間の間、共有バスの第1の線を内部的にマスクするように構成され得る。

【0206】

マスターデバイスは、共有バス上で第2のプロトコルモードに従って動作するすべてのスレーブデバイスに割込みグループ照会呼出しを送信するように構成されてよく、そのような割込みグループ照会呼出しは、任意のアサートしているスレーブデバイスが応答できる時間枠を提供する。

【0207】

第2のスレーブデバイスはさらに、共有バスが第2のプロトコルモードに従って動作するとき、第2のプロトコルモードに従って、共有バスを通じてデータまたはコマンドを受信するように構成され得る。

【0208】

第1のスレーブデバイスはさらに、共有バスが第2のプロトコルモードに従って動作する間、共有バスとは別の専用の割込み線またはバスを通じて、割込み要求を送信するように構成され得る。

【0209】

デバイスはまた、専用の線を通じて第1のスレーブデバイスから割込み要求を受信し、第2のプロトコルに従って専用の割込み線またはバスを通じて受信された割込み要求を送信するように構成される、割込みルータスレーブデバイスを含み得る。

【0210】

一例では、共有バスは第1の線および第2の線を含み得る。共有バスが第1のプロトコルモードに従って動作するとき、第1の線はデータ送信のために使用され、第2の線は第1のクロック信号のために使用される。共有バスが第2のプロトコルモードに従って動作するとき、第1の線と第2の線の両方がデータ送信のために使用され、その間、第2のクロック信号はデータ送信とともにシンボルからシンボルへの遷移に埋め込まれる。

【0211】

例示的なマルチモードCCle/I2Cマスターデバイス

図55は、第1のバスインターフェース5516と、第2のバスインターフェース5518と、処理回路5504とを含み得る例示的なマルチモードマスターデバイス5502を示す。第1のバスインターフェースは、共有制御データバスに結合される他のデバイスに結合するように機能することができ、データバスは、第1のプロトコルモードまたは第2のプロトコルモードのいずれかで動作するように動的に構成される。第2のバスインターフェースは、他のデバイスの少なくともサブセットによって使用される専用の割込み線に結合し、第2のプロトコルモードにおいて専用の割込み線を通じて割込み要求を出すように機能し得る。処理回路は、(a)複数の他のデバイスが結合される共有バスを通じたデータ転送を管理し、ここで他のデバイスの少なくとも第1のサブセットは第1のプロトコルモードに従って動作し、他のデバイスの第2のサブセットは第1のプロトコルモードと両立しない第2のプロトコルモードに従って動作し、(b)(1)共有バスが第2のプロトコルモードに従って動作すべきであることを示すエントリ呼出しを共有バスを通じて送信し、かつ/または(2)共有バスが第1のプロトコルモードに従って動作すべきであることを示すイグジット呼出しを共有バスを通じて送信することによって、第1のプロトコルモードと第2のプロトコルモードとの間で共有バスの動作を動的に切り替えるように構成され得る。

【0212】

マスターデバイスはさらに、(a)共有バスが第1のプロトコルモードに従って動作するとき、共有バスを通じてデバイスの第1のサブセットから割込み要求を受信し、(b)共有バスが第2のプロトコルモードに従って動作するとき、専用の割込みバスを通じてデバイスの第2のサブセットから割込み要求を受信し、かつ/または(c)共有バスが第2のプロトコルモードに従って動作するとき、専用の割込みバスを通じてデバイスの第1のサブセットから割込み要求を受信するように構成され得る。1つの実装形態では、共有バスが第2のプロト

コルモードに従って動作するとき、デバイスの第1のサブセットから割り込み要求は受信されない。

【0213】

共有バスは、第1の線と第2の線とを含む。共有バスが第1のプロトコルモードに従って動作するとき、第1の線はデータ送信のために使用され、第2の線は第1のクロック信号のために使用される。共有バスが第2のプロトコルモードに従って動作するとき、第1の線と第2の線の両方がデータ送信のために使用され、その間、第2のクロック信号はデータ送信とともにシンボルからシンボルへの遷移に埋め込まれる。

【0214】

第2のプロトコルは、共有バスを通じて送信されるシンボル内で割り込み期間を定義することができ、この割り込み期間の間、他のデバイスの第2のサブセットが共有バスの第1の線の上で割り込み要求をアサートでき、一方で共有バスの第2の線がハートビート送信のためにマスターデバイスによって使用される。

【0215】

マスターデバイスはまた、割り込み期間の間、共有バスの第1の線を内部的にマスクするように構成され得る。

【0216】

1つの実装形態では、第2のプロトコルモードに従って動作しながら帯域内割り込み要求に応答して、マスターデバイスは、共有バス上で第2のプロトコルモードに従って動作するすべてのスレーブデバイスに割り込みグループ照会呼出しを送信することができ、そのような割り込みグループ照会呼出しは、任意のアサートしているスレーブデバイスが応答できる時間枠を提供する。

【0217】

例示的なCCleスレーブデバイス

図56は、バスインターフェース5616と処理回路5604とを備え得る例示的なスレーブデバイス5602を示す。バスインターフェースは、複数の他のデバイスと共有される共有バスに結合するように機能することができ、他のデバイスの少なくとも第1のサブセットは第1のプロトコルモードに従って動作し、スレーブデバイスは第2のプロトコルモードに従って動作する。処理回路は、(a)第1のプロトコルモードおよび第2のプロトコルモードに従って動作することが可能なマスターデバイスからの共有バスを通じたエントリ呼出しを検出し、エントリ呼出しは共有バスが第2のプロトコルモードに従って動作すべきであることを示し、(b)共有バスを通じて帯域内で、またはマスターデバイスへの別の経路を通じて側帯で、割り込み要求(IRQ)を送信し、(c)第2のプロトコルモードに従って共有バスを通じて通信し、(d)マスターデバイスからのイグジット呼出しについて共有バスを監視し、かつ/または(e)マスターデバイスからのイグジット呼出しを検出すると、スレーブデバイスが共有バスを通じて通信するのを無効にするように構成され得る。イグジット呼出しは、共有バスが第1のプロトコルモードに従って動作すべきであることをスレーブデバイスに示すように機能し得る。

【0218】

共有バスは、第1の線と第2の線とを含み得る。共有バスが第1のプロトコルモードに従って動作するとき、第1の線はデータ送信のために使用され、第2の線は第1のクロック信号のために使用される。共有バスが第2のプロトコルモードに従って動作するとき、第1の線と第2の線の両方がデータ送信のために使用され、その間、第2のクロック信号はデータ送信とともにシンボルからシンボルへの遷移に埋め込まれる。

【0219】

例示的なI2Cスレーブデバイス

例示的なCCleスレーブデバイス1302(図13)は、バスインターフェース1306と処理回路1304とを含み得る。バスインターフェースは、複数の他のデバイスと共有される共有バスに結合するように機能することができ、スレーブデバイスは、第1のプロトコルモードに従って動作し、他のデバイスの少なくとも第1のサブセットは、第2のプロトコルモードに従

って動作する。処理回路は、バスインターフェースに結合するように機能し、(a)第1のプロトコルモードおよび第2のプロトコルモードに従って動作することが可能なマスターデバイスからの共有バスを通じたエントリ呼出しを検出し、ここでエントリ呼出しは共有バスが第2のプロトコルモードに従って動作すべきであることを示し、かつ/または(b)エントリ呼出しを検出すると、スレーブデバイスが共有バスを通じて帯域内割込み要求を行うことを無効にするように構成され得る。

【0220】

処理回路はさらに、マスターデバイスからのイグジット呼出しについて共有バスを監視するように構成され、イグジット呼出しは、共有バスが第1のプロトコルモードに従って動作すべきであることを示す。共有バスは第1の線および第2の線を含み、共有バスが第1のプロトコルモードに従って動作するとき、第1の線はデータ送信のために使用され、第2の線は第1のクロック信号のために使用され、共有バスが第2のプロトコルモードに従って動作するとき、第1の線と第2の線の両方がデータ送信のために使用され、その間、第2のクロック信号はデータ送信とともにシンボルからシンボルへの遷移に埋め込まれる。

【0221】

例示的な割込み要求ルータスレーブデバイス

図57は、第1のバスインターフェース5716と、第2のバスインターフェース5718と、第3のバスインターフェース5720と、処理回路5704とを含み得る例示的な割込み要求ルータスレーブデバイス5702を示す。第1のバスインターフェースは、共有制御データバスに結合するように機能することができ、データバスは、第1のプロトコルモードまたは第2のプロトコルモードのいずれかで動作するように動的に構成される。第2のバスインターフェースは、共有バスに結合される他のスレーブデバイスの少なくとも1つのサブセットに結合するように機能することができ、他のスレーブデバイスのサブセットは、共有制御データバスを通じた帯域内割込み要求を含む第1のプロトコルモードに従って動作する。第3のバスインターフェースは、共有バスを管理するマスターデバイスに割込み要求を出すために、第2のプロトコルモードにおいて使用される専用の割込み線に結合するように機能し得る。処理回路は、(a)スレーブデバイスの第1のサブセット内のあるスレーブデバイスから第2のバスインターフェースを通じて割込み要求を受信し、かつ/または(b)第3のバスインターフェースを介してマスターデバイスに受信された割込み要求をルーティングするように構成され得る。

【0222】

図面に示されたコンポーネント、ステップ、特徴、および/または機能の1つまたは複数、並び替わられ、かつ/または単一のコンポーネント、ステップ、特徴もしくは機能へと組み合わせられてよく、あるいはいくつかのコンポーネント、ステップ、または機能において具現化されてよい。本明細書において開示された新規の特徴から逸脱することなく、さらなる要素、コンポーネント、ステップ、および/または機能も追加され得る。図において示される装置、デバイス、および/またはコンポーネントは、図において説明された方法、特徴、またはステップの1つまたは複数を実行するように構成され得る。本明細書において説明される新規のアルゴリズムはまた、ソフトウェアで効率的に実装され、かつ/またはハードウェアに埋め込まれ得る。

【0223】

加えて、実施形態は、フローチャート、フロー図、構造図、またはブロック図として示されるプロセスとして説明され得ることに留意されたい。フローチャートは、動作を順次プロセスとして説明することがあるが、動作の多くは、並列にまたは同時に実行され得る。加えて、動作の順序は並び替わられ得る。プロセスは、その動作が完了したとき、終了する。プロセスは、方法、関数、手順、サブルーチン、サブプログラムなどに対応し得る。プロセスが関数に対応するときには、その終了は、その関数が、呼出し関数またはメイン関数に戻ることに対応する。

【0224】

その上、記憶媒体は、読取り専用メモリ(ROM)、ランダムアクセスメモリ(RAM)、磁気デ

10

20

30

40

50

ィスク記憶媒体、光記憶媒体、フラッシュメモリデバイス、および/または情報を記憶するための他の機械可読媒体を含む、データを記憶するための1つまたは複数のデバイスを表し得る。「機械可読媒体」という用語は、限定はされないが、ポータブルのまたは固定式の記憶デバイス、光記憶デバイス、ワイヤレスチャネル、ならびに命令および/またはデータを記憶し、包含し、もしくは搬送することができる様々な他の媒体を含む。

【0225】

さらに、実施形態は、ハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア、ミドルウェア、マイクロコード、またはそれらの任意の組合せによって実装され得る。ソフトウェア、ファームウェア、ミドルウェア、またはマイクロコードで実装される場合、必要なタスクを実行するためのプログラムコードまたはコードセグメントは、記憶媒体または他の記憶装置などの機械可読媒体に記憶され得る。プロセッサは必要なタスクを実行することができる。コードセグメントは、手順、関数、サブプログラム、プログラム、ルーチン、サブルーチン、モジュール、ソフトウェアパッケージ、クラス、または命令、データ構造もしくはプログラムステートメントの任意の組合せを表し得る。コードセグメントは、情報、データ、引数、パラメータ、またはメモリ内容を渡し、かつ/または受け取ることによって、別のコードセグメントまたはハードウェア回路に結合され得る。情報、引数、パラメータ、データなどは、メモリ共有、メッセージの受け渡し、トークンの受け渡し、ネットワーク送信などを含む任意の適切な手段を介して、渡され、転送され、または送信され得る。

10

【0226】

本明細書で開示される例に関して説明される様々な例示的な論理ブロック、モジュール、回路、要素、および/またはコンポーネントは、汎用プロセッサ、デジタル信号プロセッサ(DSP)、特定用途向け集積回路(ASIC)、フィールドプログラマブルゲートアレイ(FPGA)もしくは他のプログラマブル論理コンポーネント、個別ゲートもしくはトランジスタ論理、個別ハードウェアコンポーネント、または本明細書で説明される機能を実行するように設計されたそれらの任意の組合せで実装または実行され得る。汎用プロセッサはマイクロプロセッサであり得るが、代替形態では、プロセッサは、任意の従来型プロセッサ、コントローラ、マイクロコントローラ、または状態機械であり得る。プロセッサはまた、コンピューティングコンポーネントの組合せ、たとえば、DSPとマイクロプロセッサとの組合せ、いくつかのマイクロプロセッサ、DSPコアと連係した1つまたは複数のマイクロプロセッサ、あるいは他の任意のそのような構成として実装され得る。

20

30

【0227】

本明細書において開示される例に関連して説明される方法またはアルゴリズムは、ハードウェアで直接、プロセッサによって実行可能なソフトウェアモジュールで、またはその両方の組合せで、処理ユニット、プログラミング命令、または他の指示の形で具現化されてよく、単一のデバイスに含まれてよく、または複数のデバイスにわたって分散させられてよい。ソフトウェアモジュールは、RAMメモリ、フラッシュメモリ、ROMメモリ、EPROMメモリ、EEPROMメモリ、レジスタ、ハードディスク、リムーバブルディスク、CD-ROM、または当技術分野で知られている任意の他の形態の記憶媒体に存在し得る。記憶媒体は、プロセッサが記憶媒体から情報を読み取り、記憶媒体に情報を書き込むことができるように、プロセッサに結合され得る。代替形態では、記憶媒体はプロセッサと一体であってよい。

40

【0228】

本明細書において開示された実施形態に関連して説明される様々な例示的な論理ブロック、モジュール、回路、およびアルゴリズムステップは、電子ハードウェア、コンピュータソフトウェア、または両方の組合せとして実装され得ることを当業者はさらに理解されよう。ハードウェアとソフトウェアとのこの互換性を明確に示すために、種々の例示的なコンポーネント、ブロック、モジュール、回路、およびステップが、これまで概してそれらの機能の観点から説明されてきた。そのような機能がハードウェアとして実装されるか、またはソフトウェアとして実装されるかは、具体的な適用例およびシステム全体に課さ

50

れる設計制約によって決まる。

【 0 2 2 9 】

本明細書において説明される本発明の様々な特徴は、本発明から逸脱することなく、異なるシステムにおいて実装され得る。上記の実施形態は例にすぎず、本発明を限定するものと解釈すべきではないことに留意されたい。実施形態の説明は、例示的なものであり、特許請求の範囲を限定するものではない。したがって、本教示は、他のタイプの装置に容易に適用することができ、多数の代替、修正、および変形が当業者には明らかであろう。

【 符号の説明 】

【 0 2 3 0 】

102	デバイス	10
104	ベースバンドプロセッサ	
106	イメージセンサ	
108	制御データバス (SDAおよびSCL)	
112	CCle(I2C)マスターデバイス	
114	CCle(I2C)スレーブデバイス	
116	画像データバス	
118	I2C/CCleスレーブデバイス	
120	割込み (IRQ) バス	
122	sI2Cスレーブデバイス	
124	CCleスレーブデバイス	20
202	I2Cモード	
204	CCleモード	
206	バス	
208	I2CおよびCCleマスターデバイス	
210a	I2Cスレーブデバイス	
210b	I2Cスレーブデバイス	
210c	I2Cスレーブデバイス	
210d	I2Cスレーブデバイス	
212a	CCleスレーブデバイス	
212b	CCleスレーブデバイス	30
302	I2Cモード	
304	CCleモード	
306	バス	
308a	sI2Cスレーブデバイス	
308b	sI2Cスレーブデバイス	
310a	CCleスレーブデバイス	
310b	CCleスレーブデバイス	
312a	I2Cスレーブデバイス	
312b	I2Cスレーブデバイス	
402	元のクロック	40
404	送信されるべきデータ	
406	送信されるシンボル	
408	クロック情報	
410	元のデータ	
502	送信機	
504	データビット	
508	ビット遷移番号変換器ブロック	
510	遷移シンボルブロック	
512	SCL線	
514	SDA線	50

516	順次的シンボル	
520	受信機	
522	順次的シンボル	
524	SCL線	
526	SDA線	
528	クロックデータ復元ブロック	
530	シンボル遷移番号変換ブロック	
532	遷移番号ビット変換器	
602	遷移番号	
604	順次的シンボル	10
606	第1の周期	
608	第2の周期	
610	第3の周期	
612	第4の周期	
702	送信:TからS	
704	受信:SからT	
706	表	
802	SDA線	
804	SCL線	
1004	CCleエントリモードシーケンス	20
1006	イグジット	
1008	データ書込みプロトコル	
1010	データ読取りプロトコル	
1012	CDR較正	
1014	アドレスワード	
1016	データワード	
1018	SID	
1020	アドレスワード	
1022	データワード	
1030	一般的な呼出し	30
1032	CCleモード	
1034	イグジットシーケンス	
1102	帯域内割込み信号	
1104	SDA線	
1204	共有バス	
1206	IRQバス	
1208	マスターデバイス	
1210	sl2C適合スレーブデバイス	
1212	線	
1214	線	40
1216	IRQルータCCleスレーブデバイス	
1218	CCle適合スレーブデバイス	
1302	スレーブデバイス	
1304	処理/論理回路	
1306	送信機および受信機回路	
1308	クロック復元回路	
1310	共有バス監視回路/モジュール	
1312	割込み要求生成回路/モジュール	
1314	割込み要求禁止回路/モジュール	
1316	IRQ切替え回路	50

1320	マルチモード共有バス	
1322	共有バス	
1502	システム	
1504	共有制御データバス	
1506	共有割込みバス	
1508	マスターデバイス	
1510a	スレーブデバイス	
1510b	スレーブデバイス	
1510c	スレーブデバイス	
1510d	スレーブデバイス	10
1510e	スレーブデバイス	
1602	グループ1	
1604	グループ2	
1606	共有割込みバス	
1702	第1のグループ	
1702	最小バス自由時間	
1704	第2のグループ	
1706	割込み	
1708	割込み	
1802	第1のグループ	20
1804	第2のグループ	
1806	第1の割込み信号	
1808	第2の割込み信号	
1810	割込み信号	
1812	IRQバス自由時間	
1902	割込み線	
1904	IRQ信号	
2002	システム	
2004	制御データバス	
2008	マスターデバイス	30
2010a	スレーブデバイス	
2010b	スレーブデバイス	
2010c	スレーブデバイス	
2010d	スレーブデバイス	
2010e	スレーブデバイス	
2102	SDA線	
2104	SCL線	
2106	START条件	
2108	スレーブID	
2200	START条件	40
2202	START条件	
2204	START条件	
2502	受信機クロックパルス	
2604	帯域内IRQプロトコル	
2702	イグジットインジケータ	
2704	イグジットインジケータ	
2706	帯域内IRQ	
2708	エントリ呼出し	
3102	第1の部分	
3104	第2の部分	50

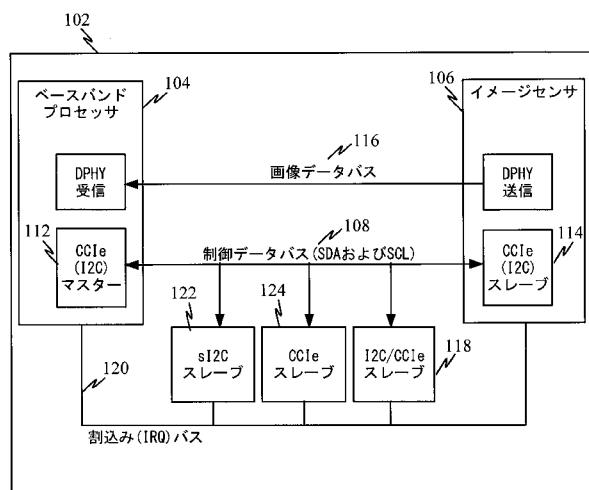
3108	受信機クロック	
3110	SDA線	
3112	SCL線	
3202	第1の部分	
3204	第2の部分	
3206	空間	
3212	開始Sインジケータ	
3214	n番目のRXCLK	
3216	n+1 RXCLK	
3218	n+2 RXCLK	10
3220	n+3 RXCLK	
3222	n+4 RXCLK	
3224	SDAMASK	
3502	SDA線	
3504	SCL線	
3506	RXCLK	
3508	SDAMASK	
3510	SDAマスク期間	
3906	IRQ期間	
3912	開始Sインジケータ	20
3914	n番目のRXCLK	
3916	n+1 RXCLK	
3918	n+2 RXCLK	
3920	n+3 RXCLK	
3924	SDAMASK	
4002	SDA線	
4004	SCL線	
4006	RXCLK	
4008	SDAMASK	
4010	SDAマスク期間	30
4302	アクティブモード	
4306a	CCleフレーム	
4306b	CCleフレーム	
4306c	CCleフレーム	
4308a	ハートビート	
4308b	ハートビート	
4308c	ハートビート	
4310	SDA線	
4312	SCL線	
4600	IRQグループ照会	40
4602	IRQグループ照会コマンド	
4604	一般的な呼出しのペイロード	
4606	終止ワード	
4608	各IRQグループ照会ワード	
4702	スロット0	
4704	スロット1	
4706	スロット2	
4708	SDA線	
4710	SCL線	
4712	SDAMASK	50

5002 SDACLK
 5004 RXCLK
 5006 クロック生成回路
 5008 SDA線
 5010 SDAMASK
 5016 RXCLK
 5018 較正論理
 5102 デバイス
 5104 共有バス
 5108 I2C適合およびCCle適合マスターデバイス
 5110 I2C適合およびCCle適合スレーブデバイス
 5112 I2C適合スレーブデバイス
 5114 CCle適合スレーブデバイス
 5502 マルチモードマスターデバイス
 5504 処理回路
 5516 第1のバスインターフェース
 5518 第2のバスインターフェース
 5602 スレーブデバイス
 5604 処理回路
 5616 バスインターフェース
 5702 割り込みルータデバイス
 5704 処理回路
 5716 第1のバスインターフェース
 5718 第2のバスインターフェース
 5720 第3のバスインターフェース

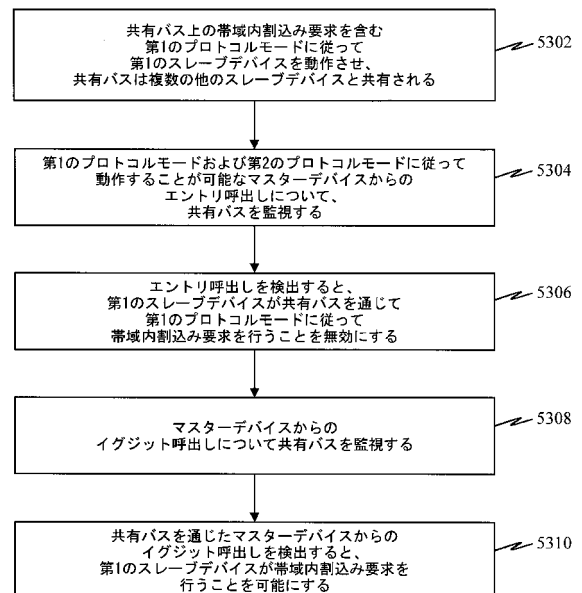
10

20

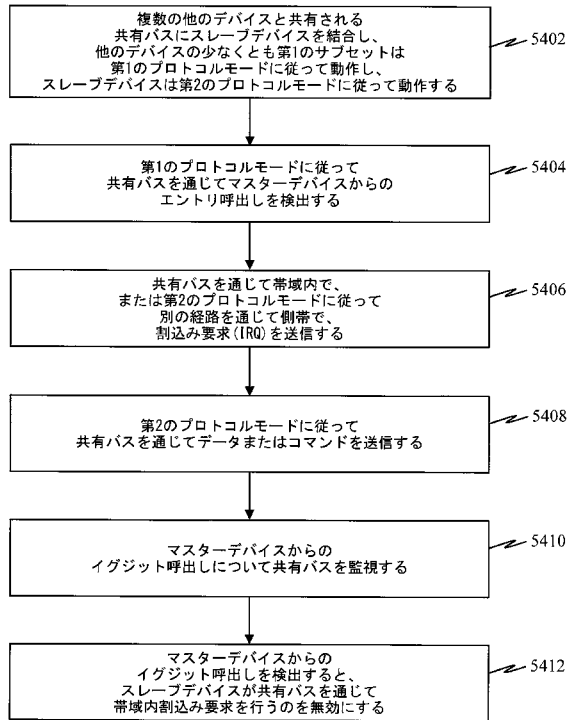
【図1】



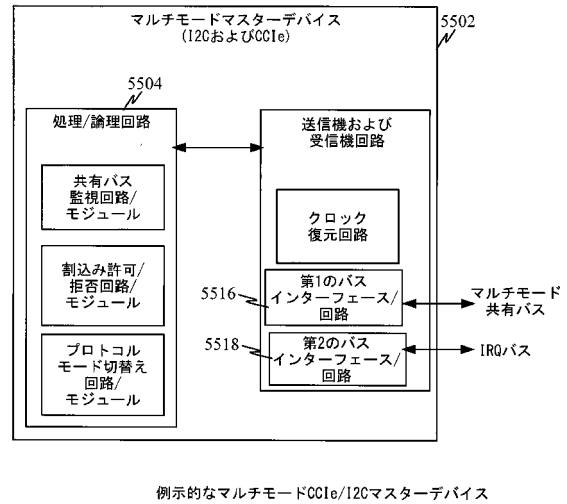
【図53】



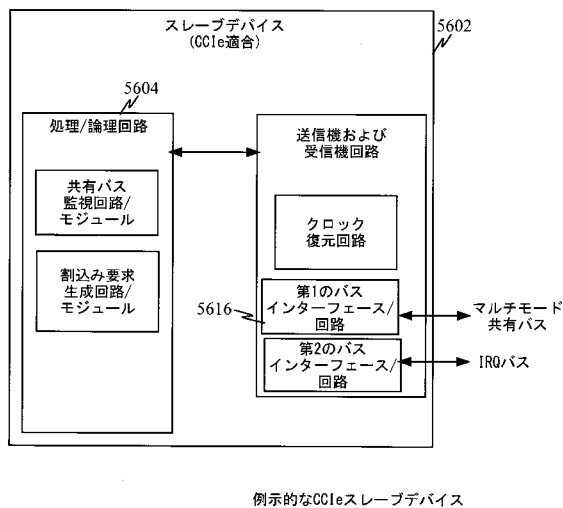
【図 5 4】



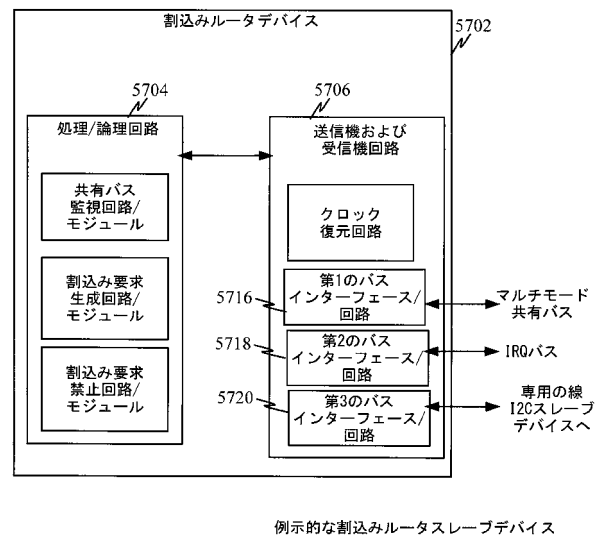
【図 5 5】



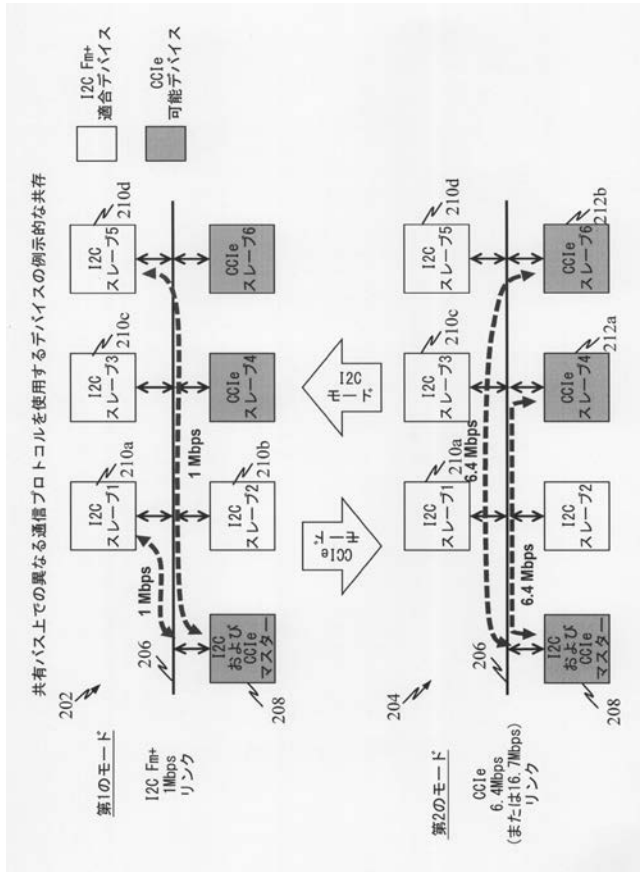
【図 5 6】



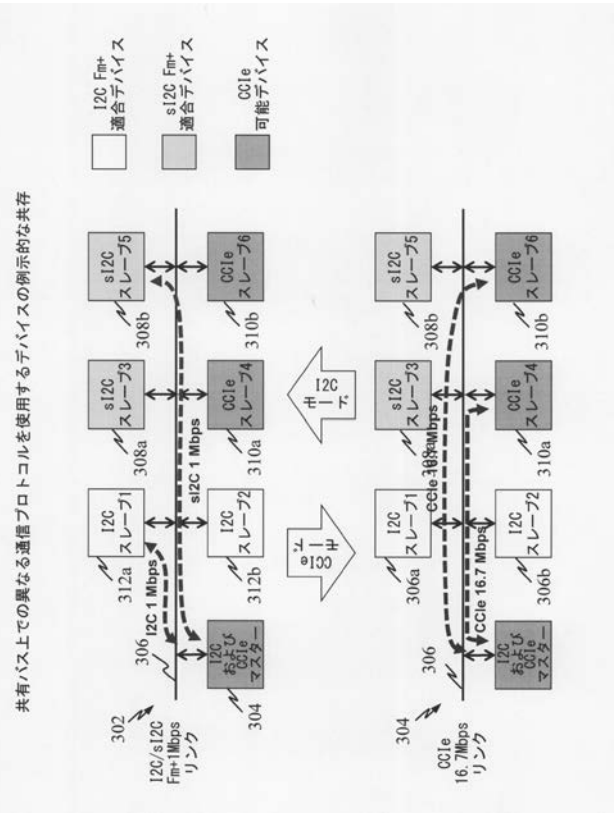
【図 5 7】



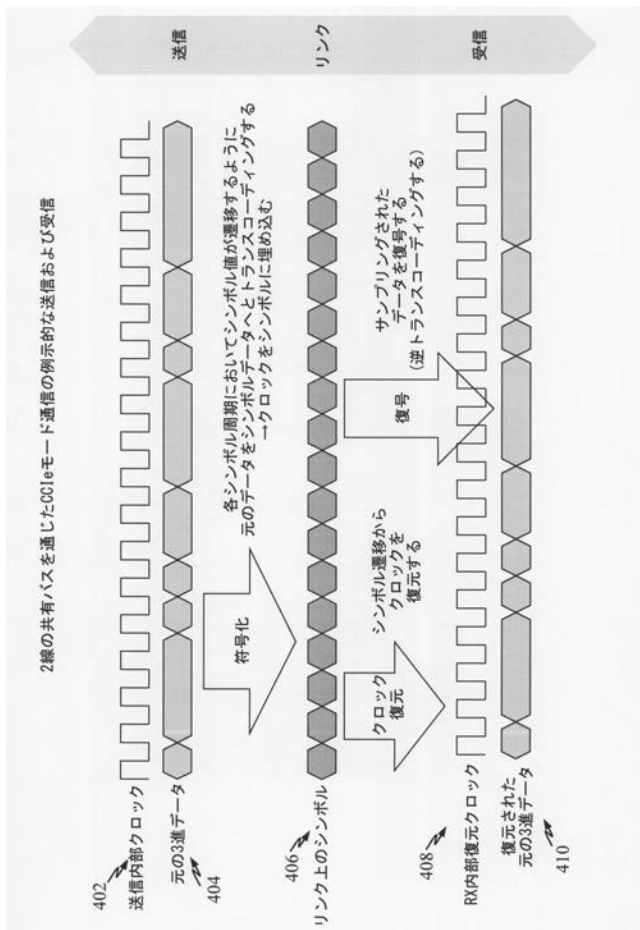
【 図 2 】



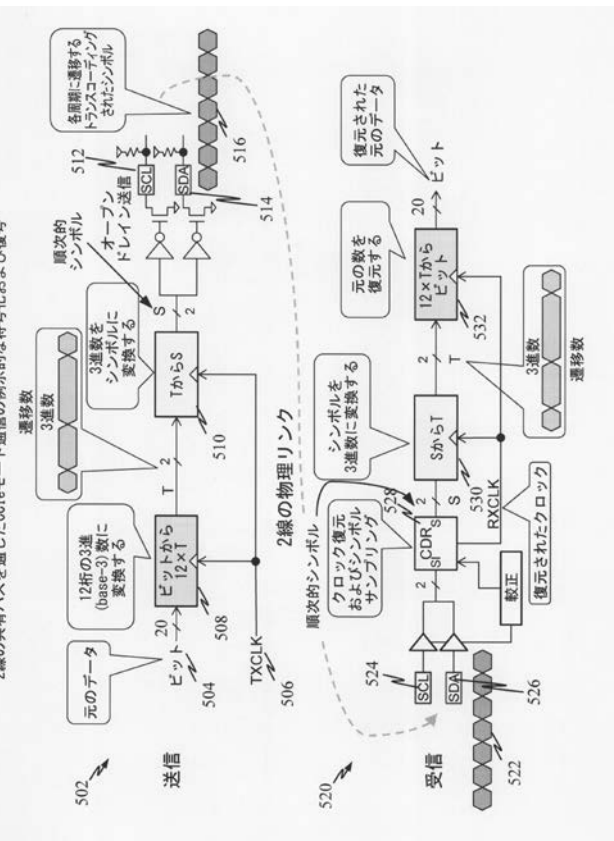
【 図 3 】



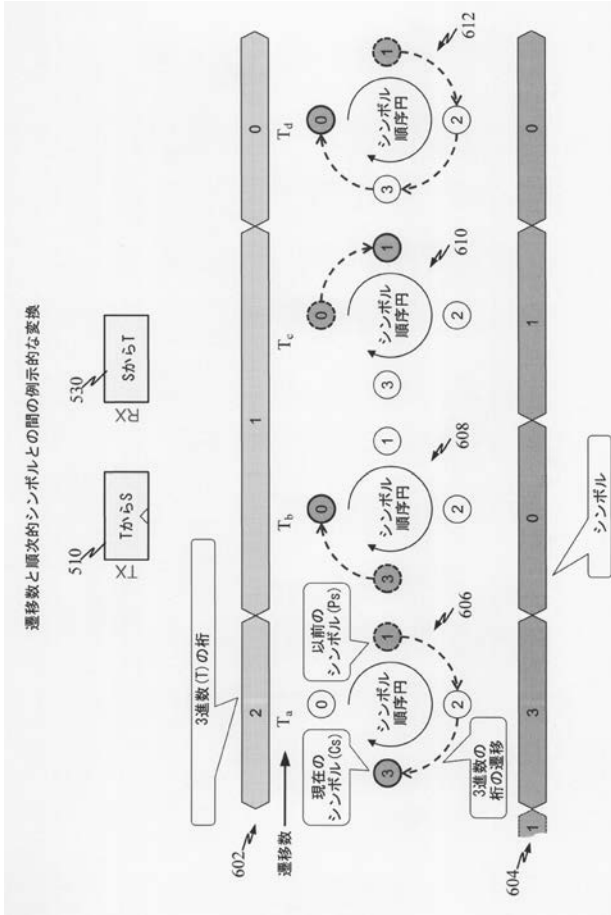
【 図 4 】



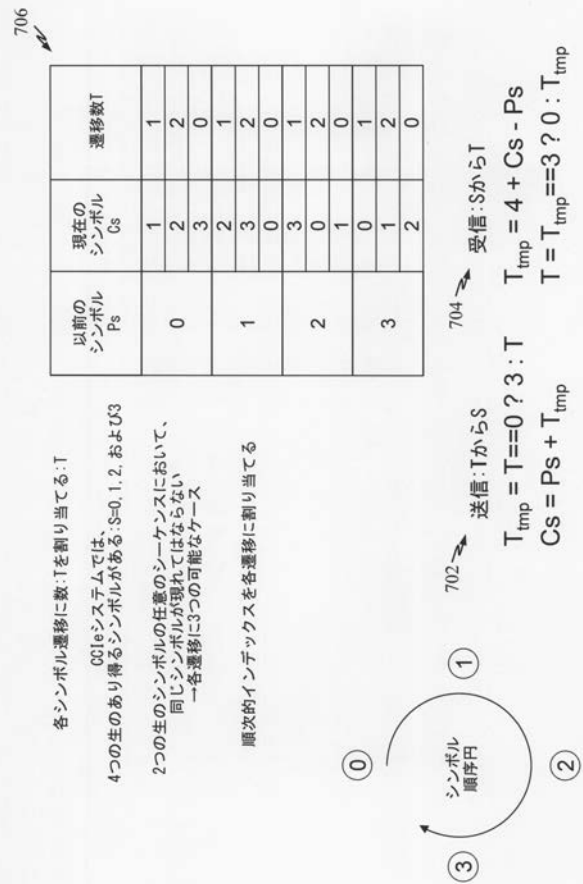
【 図 5 】



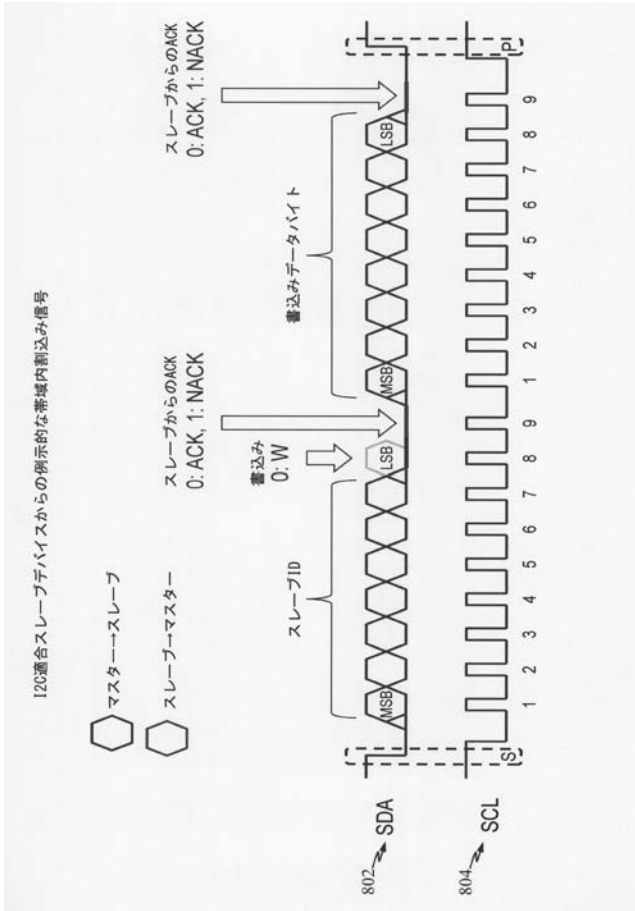
【 図 6 】



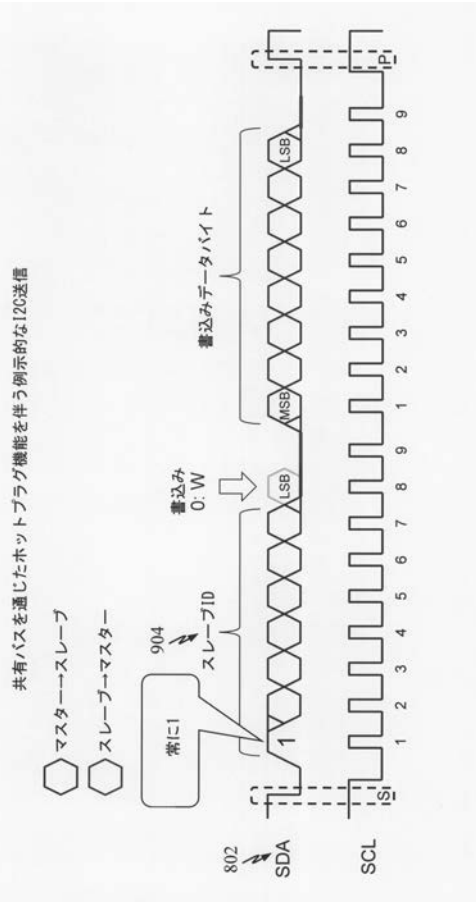
【 図 7 】



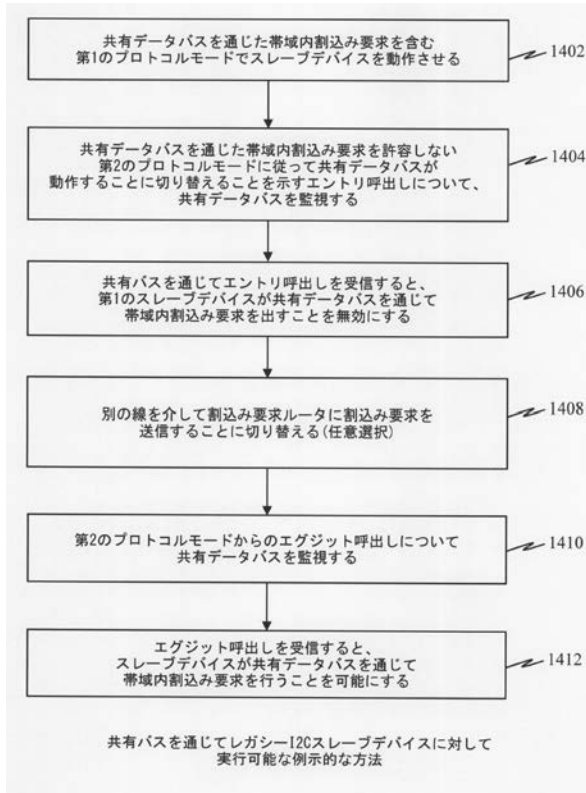
【 図 8 】



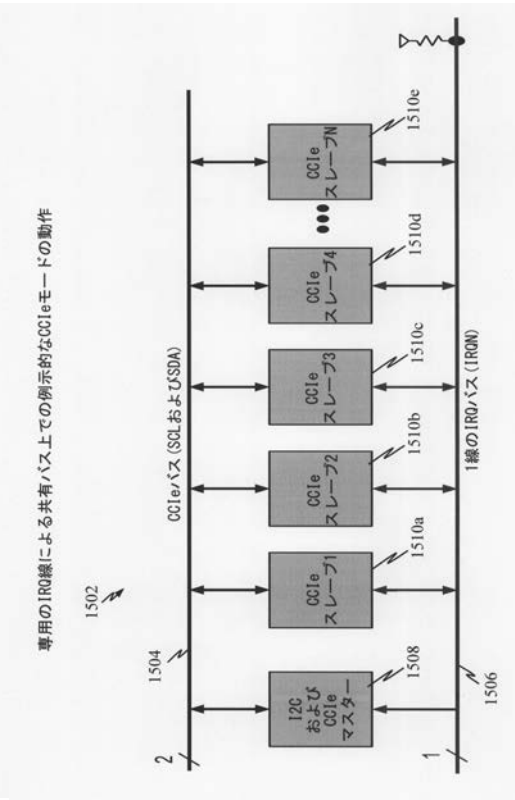
【 図 9 】



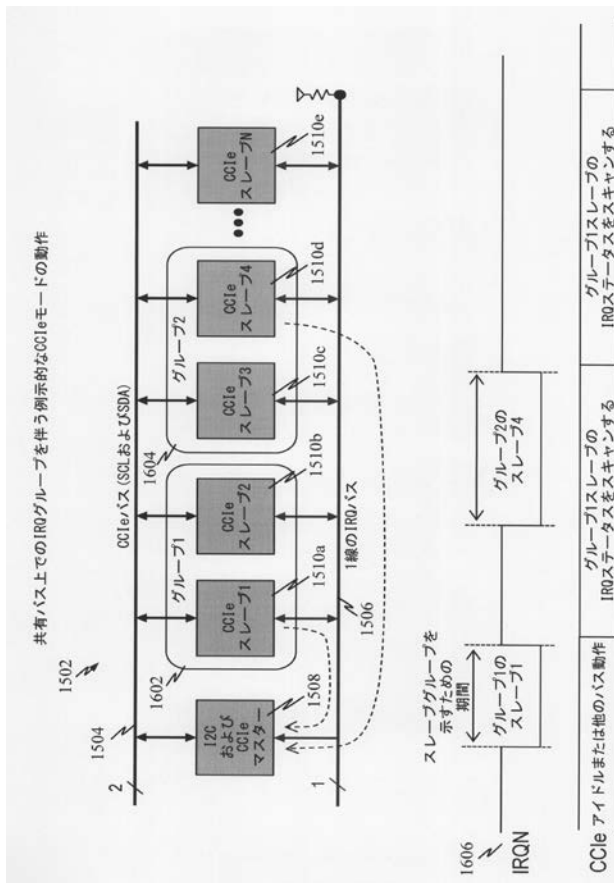
【図 14】



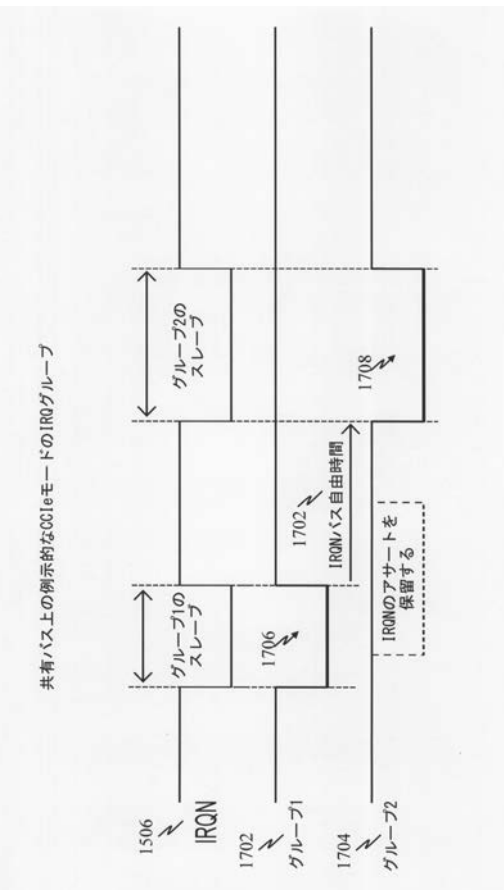
【図 15】



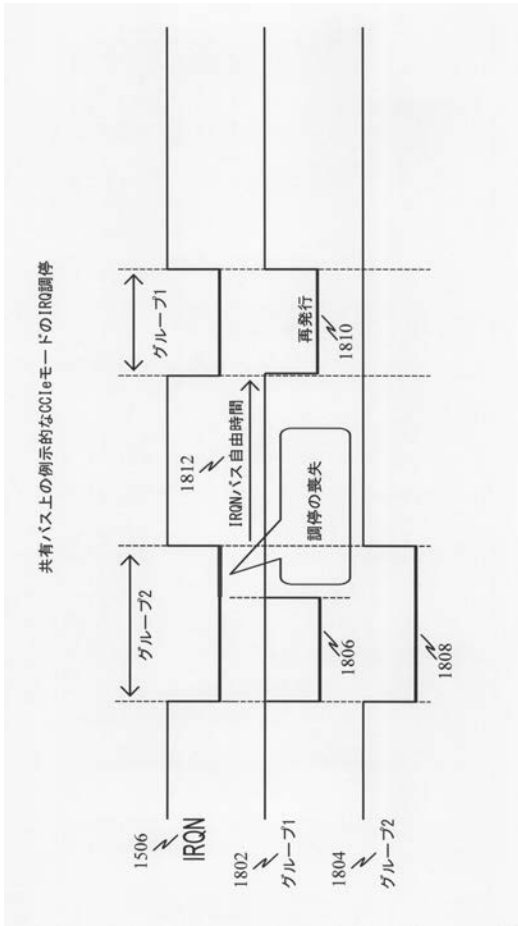
【図 16】



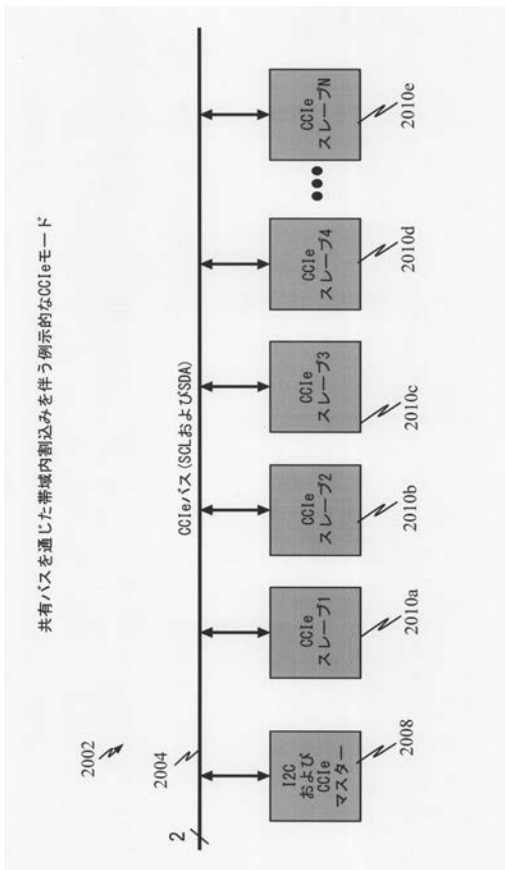
【図 17】



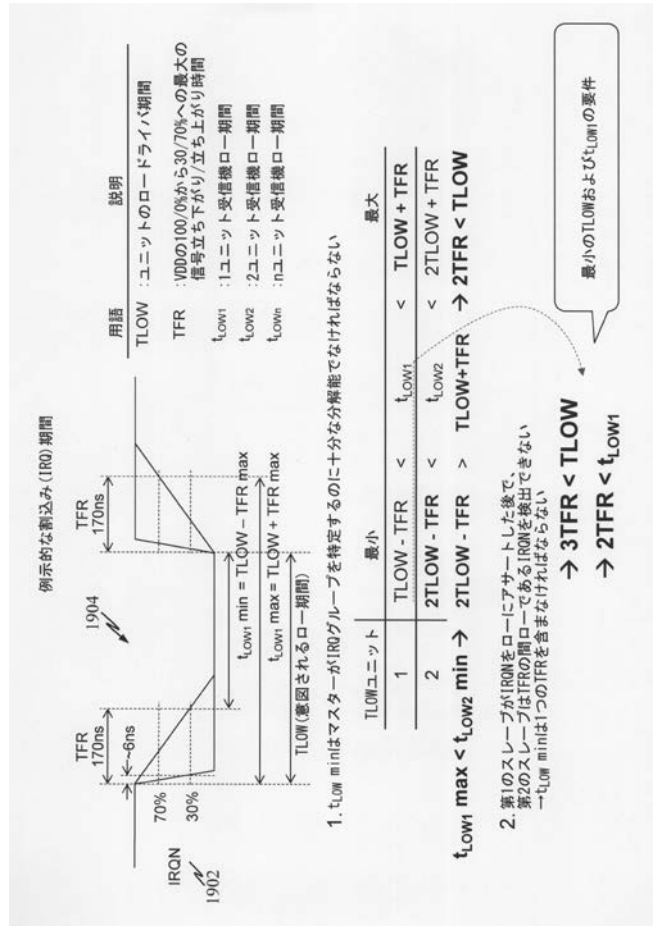
【図 18】



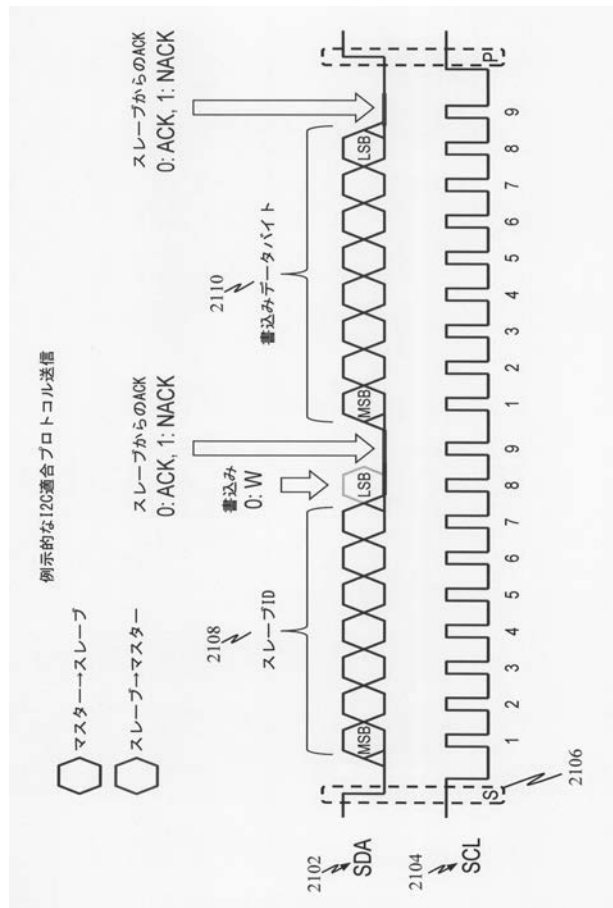
【図 20】



【図 19】



【図 21】



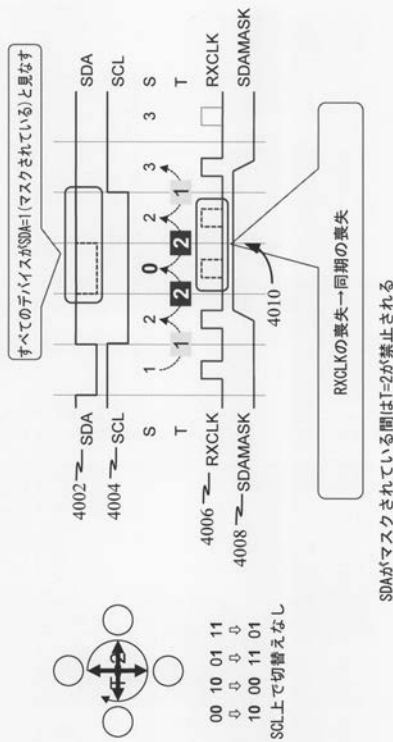
【図 38】

CCleビット19のマッピング内容

3進数	ビット[19:0]	アドレス	書き込み	読取り	ビット[]
2222_2222_2222 ₃	0x81BF0				1912119876543210
2222_2222_2222 ₃	0x11 (17) ↓				
2222_2222_2101 ₃	0x81BE0				
2222_2222_2222 ₃	0x81BDF				
2222_2222_2222 ₃	0x6 (6) ↓				
2222_2222_2011 ₃	0x81BDA				11111111011001
2222_2222_2010 ₃	0x81BD9				
2222_2222_2002 ₃	0x81BD8				
2222_2222_2001 ₃	0x81BD7				
2222_2222_2000 ₃	0x81BD6				
2222_2222_1222 ₃	0x81BD5				
2222_2222_1221 ₃	0x81BD4				
2222_2222_1220 ₃	0x81BD3				
2222_2222_1212 ₃	0x81BD2				
2222_2222_1211 ₃	0x81BD1				
2222_2222_1210 ₃	0x81BD0				
2222_2222_1202 ₃	0x81BCF				
2222_2222_1012 ₃	0x16 (22) ↓				
2222_2222_1012 ₃	0x81BC0				

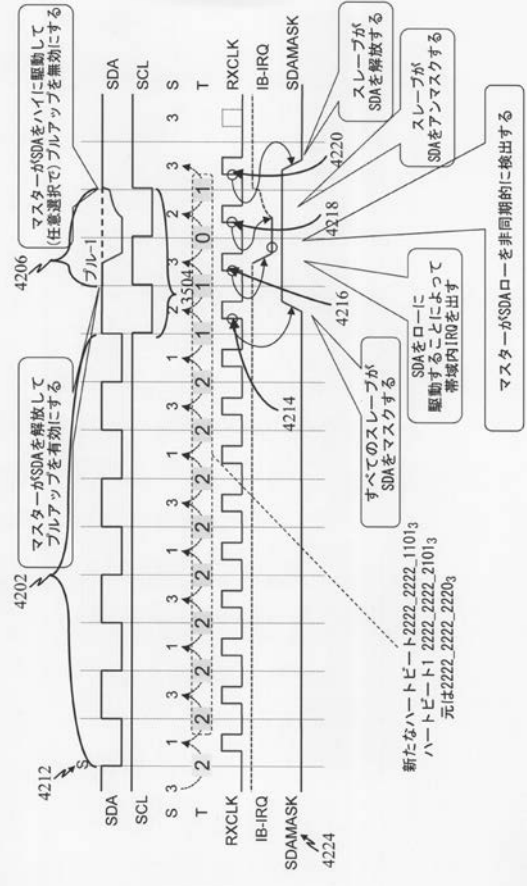
【図 40】

SDAがマスクされるときT=2



【図 39】

帯域内IR0可能なハートビートワード



【手続補正書】

【提出日】平成28年4月11日(2016.4.11)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

共有バスと、

前記共有バスに結合され、

前記共有バスを通じて帯域内割込み要求を出すことを含む第1のプロトコルモードに従って動作し、

前記共有バスが第2のプロトコルモードに切り替えていることを示すエントリ呼出しについて前記共有バスを監視し、

前記エントリ呼出しを検出すると、第1のスレーブデバイスが前記共有バスを通じて帯域内割込み要求を行うことを無効にする

ように構成される、前記第1のスレーブデバイスと、

前記共有バスに結合され、

割込みバスを通じて側帯割込み要求を出すことまたは前記共有バスを通じて帯域内割込み要求を出すことを含む前記第2のプロトコルモードに従って動作し、

前記共有バスで、前記第2のプロトコルモードに従って送信される前記エントリ呼出しを検出する

ように構成される、第2のスレーブデバイスとを備える、デバイス。

【請求項 2】

前記共有バスに結合され、

前記第1のプロトコルモードと前記第2のプロトコルモードの両方に従って動作し、

前記共有バスの通信を管理し、

前記共有バスが前記第2のプロトコルモードに切り替えていることを示す前記エントリ呼出しを前記共有バスを通じて送信する

ように構成される、マスターデバイスをさらに備え、前記エントリ呼出しが前記第1のプロトコルモードに従って送信される、請求項1に記載のデバイス。

【請求項 3】

前記マスターデバイスがさらに、

前記第1のプロトコルモードと前記第2のプロトコルモードの両方に従って、スレーブデバイスからの割込み要求を検出し、

要求しているスレーブデバイスに対して前記共有バスへのアクセスを許可することによって、前記割込み要求に応答するように構成される、請求項2に記載のデバイス。

【請求項 4】

前記マスターデバイスがさらに、

前記共有バスが前記第1のプロトコルモードに切り替えていることを示すイグジット呼出しを前記共有バスで送信するように構成され、前記イグジット呼出しが、前記第2のプロトコルモードと前記第1のプロトコルモードの両方に従って送信される、請求項2に記載のデバイス。

【請求項 5】

帯域内割込みのために、前記第2のプロトコルが、前記共有バスを通じて送信されるシンボル内で割込み期間を定義し、前記割込み期間の間、前記共有バスに結合された1つまたは複数のスレーブデバイスが前記共有バスの第1の線の上で割込み要求をアサートでき、一方で前記共有バスの第2の線がハートビート送信のために前記マスターデバイスによって使用される、請求項2に記載のデバイス。

【請求項 6】

前記マスターデバイスおよび第2のスレーブデバイスが、前記割込み期間の間、前記共有バスの前記第1の線を内部的にマスクするように構成される、請求項5に記載のデバイス。

【請求項 7】

前記マスターデバイスが、前記共有バスで前記第2のプロトコルモードに従って動作するすべてのスレーブデバイスに割込みグループ照会呼出しを送信するように構成され、そのような割込みグループ照会呼出しが、任意のアサートしているスレーブデバイスが応答できる時間枠を提供する、請求項5に記載のデバイス。

【請求項 8】

前記第2のスレーブデバイスがさらに、

前記共有バスが前記第2のプロトコルモードに従って動作するとき、前記第2のプロトコルモードに従って、前記共有バスを通じてデータまたはコマンドを受信するように構成される、請求項1に記載のデバイス。

【請求項 9】

前記第1のスレーブデバイスがさらに、

前記共有バスが前記第2のプロトコルモードに従って動作する間、前記共有バスとは別の専用の割込み線またはバスを通じて、割込み要求を送信するように構成される、請求項1に記載のデバイス。

【請求項 10】

専用の線を通じて前記第1のスレーブデバイスから割込み要求を受信し、前記第2のプロトコルに従って前記専用の割込み線またはバスを通じて前記受信された割込み要求を送信するように構成される、割込みルータスレーブデバイスをさらに備える、請求項1に記載のデバイス。

【請求項 11】

前記共有バスが第1の線および第2の線を含み、前記共有バスが前記第1のプロトコルモードに従って動作するとき、前記第1の線がデータ送信のために使用され、前記第2の線が第1のクロック信号のために使用され、前記共有バスが前記第2のプロトコルモードに従って動作するとき、前記第1の線と第2の線の両方がデータ送信のために使用され、その間、第2のクロック信号が前記データ送信とともにシンボルからシンボルへの遷移に埋め込まれる、請求項1に記載のデバイス。

【請求項 12】

共有バスに結合される他のデバイスに結合するための第1のバスインターフェースであって、前記共有バスが、第1のプロトコルモードまたは第2のプロトコルモードのいずれかで動作するように動的に構成される、第1のバスインターフェースと、

前記他のデバイスの少なくともサブセットによって使用される専用の割込み線に結合し、前記第2のプロトコルモードにおいて前記専用の割込み線を通じて割込み要求を出すための、第2のバスインターフェースと、

前記第1のバスインターフェースと前記第2のバスインターフェースとに結合され、

複数の前記他のデバイスが結合される前記共有バスでのデータ転送を管理し、ここで、前記他のデバイスの少なくとも第1のサブセットが前記第1のプロトコルモードに従って動作し、前記他のデバイスの第2のサブセットが前記第1のプロトコルモードとは両立しない前記第2のプロトコルモードに従って動作し、

前記共有バスが前記第2のプロトコルモードに従って動作すべきであることを示すエントリ呼出しを前記共有バスを通じて送信すること、および/または、

前記共有バスが前記第1のプロトコルモードに従って動作すべきであることを示すイグジット呼出しを前記共有バスを通じて送信すること

によって、前記第1のプロトコルモードと第2のプロトコルモードとの間で前記共有バスの動作を動的に切り替える

ように構成される、処理回路とを備える、マルチモードマスターデバイス。

【請求項 13】

前記処理回路がさらに、

前記共有バスが前記第1のプロトコルモードに従って動作するとき、前記共有バスを通じてデバイスの前記第1のサブセットから割込み要求を受信するように構成される、請求項12に記載のマスターデバイス。

【請求項 14】

前記処理回路がさらに、

前記共有バスが前記第2のプロトコルモードに従って動作するとき、専用の割込みバスを通じてデバイスの前記第2のサブセットから割込み要求を受信するように構成される、請求項12に記載のマスターデバイス。

【請求項 15】

前記処理回路がさらに、

前記共有バスが前記第2のプロトコルモードに従って動作するとき、前記専用の割込みバスを通じてデバイスの前記第1のサブセットから割込み要求を受信するように構成される、請求項12に記載のマスターデバイス。

【請求項 16】

前記共有バスが前記第2のプロトコルモードに従って動作するとき、デバイスの前記第1のサブセットから割込み要求が受信されない、請求項12に記載のマスターデバイス。

【請求項 17】

前記共有バスが第1の線および第2の線を含み、前記共有バスが前記第1のプロトコルモードに従って動作するとき、前記第1の線がデータ送信のために使用され、前記第2の線が第1のクロック信号のために使用され、前記共有バスが前記第2のプロトコルモードに従って動作するとき、前記第1の線と第2の線の両方がデータ送信のために使用され、その間、第2のクロック信号が前記データ送信とともにシンボルからシンボルへの遷移に埋め込まれる、請求項12に記載のマスターデバイス。

【請求項 18】

前記第2のプロトコルが、前記共有バスを通じて送信されるシンボル内で割込み期間を定義し、前記割込み期間の間、前記他のデバイスの前記第2のサブセットが前記共有バスの第1の線の上で割込み要求をアサートでき、一方で前記共有バスの第2の線がハートビート送信のために前記マスターデバイスによって使用される、請求項12に記載のマスターデバイス。

【請求項 19】

前記処理回路がさらに、前記割込み期間の間、前記共有バスの前記第1の線を内部的にマスクするように構成される、請求項18に記載のマスターデバイス。

【請求項 20】

前記第2のプロトコルモードに従って動作しながら帯域内割込み要求に応答して、前記マスターデバイスが、前記共有バスで前記第2のプロトコルモードに従って動作するすべてのスレーブデバイスに割込みグループ照会呼出しを送信し、そのような割込みグループ照会呼出しが、任意のアサートしているスレーブデバイスが応答できる時間枠を提供する、請求項12に記載のマスターデバイス。

【請求項 21】

スレーブデバイスであって、

複数の他のデバイスと共有される共有バスに結合するためのバスインターフェースであって、前記他のデバイスの少なくとも第1のサブセットが第1のプロトコルモードに従って動作し、前記スレーブデバイスが第2のプロトコルモードに従って動作する、バスインターフェースと、

前記バスインターフェースに結合され、

前記第1のプロトコルモードおよび前記第2のプロトコルモードに従って動作することが可能なマスターデバイスからのエントリ呼出しを前記共有バスを通じて検出し、前記エントリ呼出しが、前記共有バスが前記第2のプロトコルモードに従って動作すべきである

ことを示し、

前記共有バスを通じて帯域内で、または、前記マスターデバイスへの別の経路を通じて側帯で、割込み要求(IRQ)を送信する

ように構成される、処理回路とを備える、スレーブデバイス。

【請求項 22】

前記処理回路がさらに、

前記第2のプロトコルモードに従って前記共有バスを通じて通信するように構成される、請求項21に記載のスレーブデバイス。

【請求項 23】

前記処理回路がさらに、

前記マスターデバイスからのイグジット呼出しについて前記共有バスを監視し、

前記マスターデバイスからの前記イグジット呼出しを検出すると、前記スレーブデバイスが前記共有バスを通じて通信することを無効にするように構成される、請求項21に記載のスレーブデバイス。

【請求項 24】

前記イグジット呼出しが、前記共有バスが前記第1のプロトコルモードに従って動作すべきであることを前記スレーブデバイスに示すように機能する、請求項21に記載のスレーブデバイス。

【請求項 25】

前記共有バスが第1の線および第2の線を含み、前記共有バスが前記第1のプロトコルモードに従って動作するとき、前記第1の線がデータ送信のために使用され、前記第2の線が第1のクロック信号のために使用され、前記共有バスが前記第2のプロトコルモードに従って動作するとき、前記第1の線と第2の線の両方がデータ送信のために使用され、その間、第2のクロック信号が前記データ送信とともにシンボルからシンボルへの遷移に埋め込まれる、請求項21に記載のスレーブデバイス。

【請求項 26】

スレーブデバイスであって、

複数の他のデバイスと共有される共有バスに結合するためのバスインターフェースであって、前記スレーブデバイスが、第1のプロトコルモードに従って動作し、前記他のデバイスの少なくとも第1のサブセットが、第2のプロトコルモードに従って動作する、バスインターフェースと、

前記バスインターフェースに結合され、

前記第1のプロトコルモードおよび前記第2のプロトコルモードに従って動作することが可能なマスターデバイスからのエントリ呼出しを前記共有バスを通じて検出し、前記エントリ呼出しが、前記共有バスが前記第2のプロトコルモードに従って動作すべきであることを示し、

前記エントリ呼出しを検出すると、前記スレーブデバイスが前記共有バスを通じて帯域内割込み要求を出すことを無効にする

ように構成される、処理回路とを備える、スレーブデバイス。

【請求項 27】

前記処理回路がさらに、

前記マスターデバイスからのイグジット呼出しについて前記共有バスを監視するように構成され、前記イグジット呼出しが、前記共有バスが前記第1のプロトコルモードに従って動作すべきであることを示す、請求項26に記載のスレーブデバイス。

【請求項 28】

前記共有バスが第1の線および第2の線を含み、前記共有バスが前記第1のプロトコルモードに従って動作するとき、前記第1の線がデータ送信のために使用され、前記第2の線が第1のクロック信号のために使用され、前記共有バスが前記第2のプロトコルモードに従って動作するとき、前記第1の線と第2の線の両方がデータ送信のために使用され、その間、第2のクロック信号が前記データ送信とともにシンボルからシンボルへの遷移に埋め込ま

れる、請求項26に記載のスレーブデバイス。

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/US2014/059776

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. G06F13/42
ADD.

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G06F

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

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

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 00/42740 A1 (ERICSSON TELEFON AB L M [SE]) 20 July 2000 (2000-07-20) figures 1,3 page 1 - page 3 -----	1-28
Y	US 7 089 338 B1 (WOOTEN DAVID [US] ET AL) 8 August 2006 (2006-08-08) figures 1,1A,3-5 column 9, line 25 - line 64 -----	1-28
A	EP 0 588 191 A1 (THOMSON CONSUMER ELECTRONICS [US]) 23 March 1994 (1994-03-23) figure 1 abstract -----	1-28
A	US 2007/088874 A1 (BRABANT RICHARD [US]) 19 April 2007 (2007-04-19) the whole document -----	1-28



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

18 December 2014

Date of mailing of the international search report

07/01/2015

Name and mailing address of the ISA/

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

Authorized officer

van der Meulen, E

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/US2014/059776

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 0042740	A1	20-07-2000	AR 022134 A1 04-09-2002
			AT 254369 T 15-11-2003
			AU 3089700 A 01-08-2000
			CN 1333964 A 30-01-2002
			DE 69912845 D1 18-12-2003
			EP 1142210 A1 10-10-2001
			HK 1043678 A1 21-10-2004
			JP 4480897 B2 16-06-2010
			JP 2002535882 A 22-10-2002
			MY 125638 A 30-08-2006
			RU 2231230 C2 20-06-2004
			TR 200102017 T2 21-12-2001
			US 6253268 B1 26-06-2001
			WO 0042740 A1 20-07-2000

US 7089338	B1	08-08-2006	NONE

EP 0588191	A1	23-03-1994	CN 1084986 A 06-04-1994
			EP 0588191 A1 23-03-1994
			ES 2113458 T3 01-05-1998
			JP 2805579 B2 30-09-1998
			JP H06205072 A 22-07-1994
			SG 75764 A1 24-10-2000
			US 5376928 A 27-12-1994

US 2007088874	A1	19-04-2007	NONE

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US

Fターム(参考) 5K032 AA02 AA09 CA06 CA20 CC01 DA01 DA11 DB23