

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

マスタデバイス上で動作する方法であって、

前記マスタデバイスおよび1つまたは複数のスレーブデバイスを結合するバスを介したデータ送信を制御するステップであって、データビットが、前記バスの2つのラインに渡って送信のためのシンボルにトランスコードされ、クロック信号が、前記データ送信のシンボル遷移内に埋め込まれるステップと、

前記バスの第1のラインおよび第2のラインを介した前記マスタデバイスによるハートビートワードの送信に関連した割込み期間の間、前記バスを監視するステップであって、前記1つまたは複数のスレーブデバイスが、前記ハートビートワードの前記送信にตอบสนองして、前記バスの前記第1のラインを使用して割込み要求をアサートすることを可能にされるステップとを備え、

前記ハートビートワードの前記送信が、前記第1のラインおよび前記第2のラインのシグナリング状態から生成される受信クロック上にパルスを生成する、

方法。

【請求項 2】

前記ハートビートワードが、最上位ビットが第1の論理値に設定された20ビットワードのセットの中から選択され、前記マスタデバイスと前記1つまたは複数のスレーブデバイスとの間で送信されるペイロードデータが、前記最上位ビットが第2の論理レベルに設定された20ビットワードを備える、請求項1に記載の方法。

【請求項 3】

前記1つまたは複数のスレーブデバイスが、前記バスの前記第1のラインまたは第2のラインの上で応答ワードを送信することによって、割込み要求をアサートするように適合され、前記応答ワードは、前記ハートビートワードと1ビットだけ異なり、前記ハートビートワードの最上位ビットと同一の最上位ビットを有する、請求項2に記載の方法。

【請求項 4】

前記割込み要求をアサートしているスレーブデバイスを識別するために、前記バスを介して前記1つまたは複数のスレーブデバイスをスキャンするステップ

をさらに備える、請求項1に記載の方法。

【請求項 5】

前記割込み要求をアサートしている前記スレーブデバイスから前記第1のラインを介してインジケータを受信するステップ

をさらに備える、請求項4に記載の方法。

【請求項 6】

前記1つまたは複数のスレーブデバイスが、前記割込み期間の間、前記第1のラインをブルダウンすることによって割込み要求をアサートするように適合される、請求項1に記載の方法。

【請求項 7】

前記1つまたは複数のスレーブデバイスは、前記バスから受信されたトランスコードされているデータビットを復号するための前記割込み期間の間、前記第1のラインを内部的にマスクするように適合される、請求項1に記載の方法。

【請求項 8】

スレーブ識別子スキャン応答期間を提供するステップであって、そのスレーブ識別子スキャン応答期間の間に、前記バスの前記第1のラインおよび第2のラインを介して前記マスタデバイスによって開始されたスレーブ識別子スキャンの一部の中で、前記バスに結合されている1つまたは複数のスレーブデバイスが、前記バスの第1のラインを介してそれらの一意の識別子を提供することができるステップ

をさらに備える、請求項1に記載の方法。

【請求項 9】

前記1つまたは複数のスレーブデバイスの各々が、前記ハートビートワードの送信を検

10

20

30

40

50

出した後、前記第1のラインをマスクするように構成される、請求項8に記載の方法。

【請求項 10】

スレーブ識別子スキャン応答期間を提供するステップが、
前記バス上で一斉呼出しを送信するステップを備え、前記1つまたは複数のスレーブデバイスの各々が、前記一斉呼出しが前記バス上で送信された後、応答を送信しているときに前記第1のラインをマスクするように構成される、
請求項8に記載の方法。

【請求項 11】

前記マスタデバイスが前記バスの第2のラインを介してグローバル読取りクロックを送る間に、前に識別されたスレーブデバイスが前記バスの第1のラインを介してデータを送信することを可能にされる、データ読取り期間を規定するステップ
をさらに備える、請求項1に記載の方法。

10

【請求項 12】

前記グローバル読取りクロックが、ダブルデータレートクロックである、請求項11に記載の方法。

【請求項 13】

第1のラインおよび第2のラインを含むバスと、
前記バスに結合された1つまたは複数のスレーブデバイスと、
前記バスに結合されるとともに、マスタデバイスと前記1つまたは複数のスレーブデバイスとの間のデータ送信を制御する前記マスタデバイスと、
を備えるデバイスであって、
データビットが、前記バスに渡って送信のためのシンボルにトランスコードされ、クロック信号が、前記データ送信のシンボル遷移内に埋め込まれ、
前記マスタデバイスによるハートビートワードの送信に関連した割込み期間が、前記1つまたは複数のスレーブデバイスが前記バスの第1のライン上で割込み要求をアサートするための機会を提供する、
デバイス。

20

【請求項 14】

前記ハートビートワードが、最上位ビットが第1の論理値に設定された20ビットワードのセットのうちの1つであり、前記マスタデバイスと前記1つまたは複数のスレーブデバイスとの間で送信されるペイロードデータが、前記最上位ビットが第2の論理レベルに設定された20ビットワードを備える、請求項13に記載のデバイス。

30

【請求項 15】

前記1つまたは複数のスレーブデバイスが、前記バスの前記第1のラインおよび第2のラインの上で応答ワードを送信することによって、割込み要求をアサートするように構成され、前記応答ワードは、前記ハートビートワードと1ビットだけ異なり、前記ハートビートワードの最上位ビットと同一の最上位ビットを有する、請求項13に記載のデバイス。

【請求項 16】

前記マスタデバイスが、
前記割込み期間の間、スレーブデバイスからの割込み要求を得るために、前記第1のラインを監視するように構成される、
請求項13に記載のデバイス。

40

【請求項 17】

前記マスタデバイスが、
前記割込み要求をアサートした第1のスレーブデバイスを識別するために、前記バスを介した前記スレーブデバイスのスキャンを実行するように構成される、
請求項13に記載のデバイス。

【請求項 18】

前記マスタデバイスが、
前記第1のラインを介して前記第1のスレーブデバイスからインジケータを受信するよう

50

に構成される、
請求項17に記載のデバイス。

【請求項 19】

前記スレーブデバイスが、
前記割込み期間の間、前記第1のラインをプルダウンすることによって割込み要求をアサートするようにさらに構成される、
請求項13に記載のデバイス。

【請求項 20】

前記スレーブデバイスが、
前記バスを介して受信された前記トランスコードされているデータビットを復号するための前記割込み期間の間、前記第1のラインを内部的にマスクするようにさらに構成される、
請求項13に記載のデバイス。

10

【請求項 21】

スレーブデバイス上で動作する方法であって、
バスを介してマスタデバイスからデータ送信を受信するステップであって、データビットが、前記バスの2つのラインに渡って送信のためのシンボルにトランスコードされ、クロック信号が、前記データ送信のシンボル遷移内に埋め込まれ、割込み期間が、前記バスを介して受信された前記シンボル内で規定されるステップと、
前記バスの前記第1のラインおよび第2のラインを介して前記マスタデバイスから送信されるハートビートワードを受信する間に、前記バスの第1のライン上で割込み要求をアサートするステップと
を備える、方法。

20

【請求項 22】

前記割込み要求が、前記スレーブデバイスが前記マスタデバイスによる何らかのアクションを要求することを望むというインジケータである、請求項21に記載の方法。

【請求項 23】

前記割込み要求が、前記割込み期間の間、前記第1のラインをプルダウンすることによってアサートされる、請求項21に記載の方法。

【請求項 24】

30

前記バスを介して受信された前記トランスコードされているデータビットを復号するための前記割込み期間の間、前記第1のラインを内部的にマスクするステップ
をさらに備える、請求項21に記載の方法。

【請求項 25】

前記バスの第1のラインおよび第2のラインを介して前記マスタデバイスからスレーブ識別子スキャン要求を受信するステップと、
前記スレーブ識別子スキャン要求によって提供されるスレーブ識別子スキャン応答期間の一部の中で、前記バスの第1のラインを介して一意のスレーブ識別子を提供するステップと
をさらに備える、請求項21に記載の方法。

40

【請求項 26】

前記ハートビートワードを検出した後、前記第1のデータラインをマスクするステップ
をさらに備える、請求項25に記載の方法。

【請求項 27】

グローバル呼出しが前記バス上で送信された後、応答を送信している間に前記第1のデータラインをマスクするステップ
をさらに備える、請求項25に記載の方法。

【請求項 28】

前記マスタデバイスが前記バスの第2のラインを介してグローバル読取りクロックを送る間に、前に識別されたスレーブデバイスが前記バスの第1のラインを介してデータを送

50

信することを可能にされる、前記マスタデバイスによって規定されるデータ読取り期間の間、前記バスの第1のラインを介してデータを送るステップ

をさらに備える、請求項21に記載の方法。

【請求項29】

スレーブデバイスであって、

第1のラインおよび第2のラインに結合するための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、

バスを介してマスタデバイスからデータ送信を受信することであって、データビットが、前記バスの2つのラインに渡って送信のためのシンボルにトランスコードされ、クロック信号が、前記データ送信のシンボル遷移内に埋め込まれ、割込み期間が、前記バスを介して受信された前記シンボル内で規定されることと、

前記バスの前記第1のラインおよび第2のラインを介した前記マスタデバイスからのハートビート送信を受信する間に、前記バスの第1のラインを使用して割込み要求をアサートすることと

を行うように適合された処理回路と

を備えるスレーブデバイス。

【請求項30】

前記処理回路が、

前記バスを介して受信された前記トランスコードされているデータビットを復号するための前記割込み期間の間、前記第1のラインを内部的にマスクするようにさらに構成される、

請求項29に記載のスレーブデバイス。

【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、本出願の譲受人に譲渡され、参照により明白に本明細書に組み込まれる、2015年1月12日に出願された「Camera Control Interface Extension With In-Band Interrupt」と題する非仮出願第14/595,030号、および2014年1月14日に出願された「Camera Control Interface Extension With In-Band Interrupt」と題する仮出願第61/927,102号に対する優先権を主張する。

【0002】

本開示は、専用の割込みラインまたはピンの必要なしに、共有制御データバスを介したインバンド割込み動作を可能にすることに関する。

【背景技術】

【0003】

I2CバスまたはI²Cバスと呼ばれる場合もある集積回路間シリアルバスは、低速周辺装置をプロセッサに接続する際に使用することを意図していたシリアルシングルエンドコンピュータバスである。I2Cバスは、I2Cバス上で送信される様々なメッセージに対して、各デバイスがマスタおよびスレーブとして働くことができるマルチマスタバスである。I2Cバスは、シリアルデータライン(SDA)およびシリアルクロックライン(SCL)を含む2つの双方向オープンドレインコネクタのみを使用して、データを送信することができる。それらのコネクタは通常、プルアップ抵抗器によって終端される信号線を含む。

【0004】

I2Cバスの動作を管理するプロトコルは、メッセージの基本タイプを規定し、それらのメッセージはそれぞれSTARTで開始し、STOPで終了する。I2Cバスは7ビットアドレス指定を使用し、2つのタイプのノードを規定する。マスタノードは、クロックを生成し、スレーブノードとの通信を開始するノードである。スレーブノードは、クロックを受信し、マスタ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バスはマルチマスタバスであり、それは、任意の数のマスタノードが存在できることを意味する。さらに、マ

スタとスレーブの役割は、メッセージ間で(すなわち、STOPが送られた後)変更される場合がある。

【0005】

カメラ実装のこの文脈では、センサー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の中のメモリに送信するために単方向送信が使用されてもよく、一方、ベースバンドプロセッサと、センサーならびに他の周辺デバイスとの間で制御データが交換されてもよい。一例では、ベースバンドプロセッサとイメージセンサー(および/または1つもしくは複数のスレーブノード)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る場合がある。一例では、CCIプロトコルは、イメージセンサーとベースバンドプロセッサとの間のI2Cシリアルバスを介して実施されてもよい。I2Cバスを介したスループットを拡張するために、CCI拡張(CCIe)プロトコルが規定された。

10

【0006】

CCIeプロトコル内では、スレーブノードがバスを使用することを望むことを、スレーブノードがマスタノードに示すことを可能にするために、割り込みが使用される。スレーブノードがそのような割り込みをマスタノードに送ることを可能にするための機構が必要である。従来のI2Cシステム、すなわちカメラ制御インターフェースベースのカメラシステムは、スレーブデバイスごとに別個の割り込み(IRQ)ラインを使用し、それらの割り込みラインが、多数のピンに起因してデバイスのコストを増大させる。スレーブノードごとに別個の割り込みピンという概念は、各スレーブデバイスが個々の専用割り込みピンを有しなければならないことを意味する。

20

【0007】

したがって、CCIe実装に関して、バスを共有するマスタノードおよびスレーブノードにおける専用割り込みピンの使用を排除することが望ましいことになる。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0008】

以下のものは、そのような態様の基本的な理解を与えるために、本開示の1つまたは複数の態様の簡単な概要を提示する。本概要は、本開示の考えられるすべての特徴の広い概説ではなく、本開示の全態様の鍵となる要素または不可欠な要素を特定することも、本開示の任意またはすべての態様の範囲を正確に説明することも意図していない。その唯一の目的は、後に示されるより詳細な説明の前置きとして、本開示の1つまたは複数の態様のいくつかの概念を簡単な形で提示することである。

30

【0009】

様々な態様では、マスタデバイス上で動作する方法は、バスを介したマスタデバイスからのデータ送信を制御することであって、ここで、データビットが、バスの2つのラインに渡って送信のためのシンボルにトランスコードされ、クロック信号が、データ送信のシンボル遷移内に埋め込まれることと、割り込み期間を提供することであって、その割り込み期間の間に、「ハートビート」ワードがマスタデバイスによってバス上で送信されている間に、バスに結合されている1つまたは複数のスレーブデバイスがバスの第1のライン上で割り込み要求をアサートすることができることを含む。ハートビートワードは、スレーブデバイスの同期を可能にするために周期的に送信され得、スレーブデバイスは、バスの第1のラインおよび第2のラインを介してマスタデバイスによって送られる送信からクロック信号を抽出する。

40

【0010】

一態様では、割り込み要求は、アサートしているスレーブデバイスがマスタデバイスによる何らかのアクションを要求することを望むというインジケータである。

【0011】

一態様では、割り込み期間の間、マスタデバイスは、スレーブデバイスの中から割り込み要求を求めて監視し得る。マスタデバイスは、割り込み要求をアサートしているスレーブデバイ

50

スを識別するために、バスを介してスレーブデバイスのスキャンを実行し得る。マスタデバイスは、アサートしているスレーブデバイスから第1のラインを介してインジケータを受信し得る。

【0012】

一態様では、スレーブデバイスは、割込み期間の間に第1のラインをプルダウンすることによって、割込み要求をアサートし得る。スレーブデバイスは、バスを介して受信されたトランスコードされているデータビットを復号するための割込み期間の間、第1のラインをマスクし得る。

【0013】

一態様では、スレーブ識別子スキャン応答期間が提供され得、そのスレーブ識別子スキャン応答期間の間に、バスの第1のラインおよび第2のラインを介してマスタデバイスによって開始されたスレーブ識別子スキャンの一部の中で、バスに結合されている1つまたは複数のスレーブデバイスがそれらの一意の識別子をバスの第1のラインを介して提供することができる。

10

【0014】

一態様では、マスタデバイスがバスの第2のラインを介してグローバル読取りクロックを送る間に、前に識別されたスレーブデバイスがバスの第1のラインを介してデータを送信することを可能にされる、データ読取り期間が規定され得る。グローバル読取りクロックは、ダブルデータレートクロックであってよい。

【0015】

20

様々な態様では、デバイスは、第1のラインおよび第2のラインを有するバスと、バスに結合されるとともに、バスを介したデータ送信を制御するマスタデバイスと、バスに結合された1つまたは複数のスレーブデバイスとを含む。マスタデバイスは、バスを介したデータ送信を制御し得、ここで、データビットが、バスの2つのラインに渡って送信のためのシンボルにトランスコードされ、クロック信号が、データ送信のシンボル遷移内に埋め込まれる。マスタデバイスは割込み期間を提供し得、その割込み期間の間に、バスの第1のラインおよび第2のラインを介したマスタデバイスによるハートビート送信の一部の中で、バスに結合されている1つまたは複数のスレーブデバイスがバスの第1のライン上で割込み要求をアサートすることができる。

【0016】

30

様々な態様では、スレーブデバイス上で動作する方法は、バスを介したマスタデバイスからのデータ送信を受信することであって、ここで、データビットが、バスの2つのラインに渡って送信のためのシンボルにトランスコードされ、クロック信号が、データ送信のシンボル遷移内に埋め込まれ、割込み期間が、バスを介して受信されたシンボル内で規定されることと、バスの第1のラインおよび第2のラインを介したマスタデバイスからのハートビート送信を受信する間に、バスの第1のライン上で割込み要求をアサートすることを含む。

【0017】

一態様では、割込み要求は、アサートしているスレーブデバイスがマスタデバイスによる何らかのアクションを要求することを望むというインジケータである。割込み要求は、割込み期間の間、第1のラインをプルダウンすることによってアサートされ得る。

40

【0018】

一態様では、バスを介して受信されたトランスコードされているデータビットを復号するための割込み期間の間、第1のラインは内部的にマスクされ得る。

【0019】

一態様では、スレーブ識別子スキャン要求は、バスの第1のラインおよび第2のラインを介してマスタデバイスから受信され得、一意のスレーブ識別子は、スレーブ識別子スキャン要求によって提供されたスレーブ識別子スキャンのスレーブ識別子スキャン応答期間の一部の中で、バスの第1のラインを介して提供され得る。

【0020】

50

一態様では、マスタデバイスがバスの第2のラインを介してグローバル読取りクロックを送る間に、前に識別されたスレーブデバイスがバスの第1のラインを介してデータを送信することを可能にされる、マスタデバイスによって規定されるデータ読取り期間の間、データはバスの第1のラインを介してデータを送られ得る。

【0021】

様々な態様では、スレーブデバイスは、第1のラインおよび第2のラインに結合するためのバスインターフェースと、バスインターフェースに結合された処理回路とを含む。処理回路は、バスを介してマスタデバイスからデータ送信を受信するように構成され得、ここで、データビットが、バスの2つのラインに渡って送信のためのシンボルにトランスコードされ、クロック信号が、データ送信のシンボル遷移内に埋め込まれ、割込み期間が、バスを介して受信されたシンボル内で規定される。処理回路は、バスの第1のラインおよび第2のラインを介したマスタデバイスからのハートビートワード送信を受信する間に、バスの第1のライン上で割込み要求をアサートするように構成され得る。

【0022】

様々な特徴、性質、および利点は、同様の参照符号が全体にわたって対応して識別する図面と併せて読まれたとき、以下に記載する詳細な説明から明らかになる場合がある。

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】複数の利用可能な規格のうちの1つに従って選択的に動作する集積回路デバイス間のデータリンクを採用する装置を示す図である。

【図2】ベースバンドプロセッサおよびイメージセンサーを有し、画像データバスおよび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3】本明細書で開示するいくつかの態様による、ICデバイス間のデータリンクを採用する装置のための簡略化されたシステムアーキテクチャを示す図である。

【図4】本明細書で開示するいくつかの態様による、複数のスレーブデバイスおよび1つまたは複数のマスタデバイスによって、単線IRQバスをいかに共有することができるかを示すブロック図である。

【図5】本明細書で開示するいくつかの態様による、異なるグループに割り当てることができるか、または関連付けることができる異なるIRQ信号の例を示す図である。

【図6】本明細書で開示するいくつかの態様による、マスタデバイスによる、IRQ信号に関する監視、およびIRQアサート中スレーブデバイスの識別を示す図である。

【図7】本明細書で開示するいくつかの態様による、共有単線IRQバス上のIRQの同時アサーションを回避することができる第1の技法を示す図である。

【図8】本明細書で開示するいくつかの態様による、共有単線IRQバス上のIRQの同時アサーションを処理することができる第2の技法を示す図である。

【図9】最短IRQ信号長に関連したタイミングを示す図である。

【図10】本明細書で開示するいくつかの態様による、インバンド割込みのために構成され得る複数のスレーブデバイスを示すブロック図である。

【図11】I2Cの1バイト書込みデータ動作を示すタイミング図である。

【図12】CCleプロトコルによるシリアルバス上のデータ送信の一例を示すタイミングチャートである。

【図13】衝突の潜在的な発生を示すタイミング図である。

【図14】図13に示す衝突を回避するための技法を示すタイミング図である。

【図15】インバンドIRQが使用されるときに付加的または誤ったクロックパルスの潜在的な発生を示すタイミング図である。

【図16】本明細書で開示するいくつかの態様による、付加的または誤ったクロックパルスの抑制を示すタイミング図である。

【図17】本明細書で開示するいくつかの態様による、I2CモードとCCleモードの両方をサポートしながらインバンドIRQ期間を実施することの1つの手法を示す図である。

【図18】CCleモードにある間にインバンドIRQが発行される一例を示す図である。

10

20

30

40

50

【図 19】トランスコードされたシンボル内にクロック信号を埋め込むために、トランスミッタにおいてデータビットをトランスコードされたシンボルにトランスコードするための方法の一例を示す図である。

【図 20】CCle送信におけるビット19の符号化の一例を示す図である。

【図 21】ビット19が様々な数にわたり得る一例を示す図である。

【図 22】本明細書で開示するような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 23】本明細書で開示するいくつかの態様による、ハートビートクロックを示す図である。

【図 24】本明細書で開示するいくつかの態様による、CCleプロトコルに従って、かつCCleデバイスがハートビートクロックを取得することを可能にする方法で送信され得る、制御ワードの一例を示す図である。

【図 25】ハートビートクロックがCCleバスのSDAラインを介して送信される一例を示す図である。

【図 26】本明細書で開示するいくつかの態様による、3進遷移番号と連続シンボルとの間で変換するための方式を示す図である。

【図 27】遷移番号をシンボル番号に変換するための技法の一例を示す図である。

【図 28】図27に示す符号化技法のいくつかの態様を示す図である。

【図 29】インバンドIRQ期間の間にSDAマスクがアサートされるときに起こり得るいくつかの条件を示す図である。

【図 30】SDAマスクを使用することの副作用を示す図である。

【図 31】インバンドIRQのためにハートビートクロックを使用することに関するいくつかの態様を示す図である。

【図 32】CCleモード送信をマッピングするために、図31に示す3進数としてのビット19を使用することの一例を示す図である。

【図 33】本明細書で開示するいくつかの態様による、CCleモードで動作する、または動作可能な制御データバス330上でインバンドIRQを実施するための技法を示す図である。

【図 34】本明細書で開示するいくつかの態様による、CCleモードで動作する、または動作可能な制御データバス330上でインバンドIRQを実施するための技法を示す図である。

【図 35】SDAマスクが採用されるときに起こり得るエイリアシング条件を示す図である。

【図 36】本明細書で開示するいくつかの態様による、インバンドIRQの間に供給されるハートビートクロックに関するいくつかの態様を示す図である。

【図 37】マスタデバイスがアクティブモードまたは節電モードにあるとき、ハートビートがそれによって送信され得る方法を示す図である。

【図 38】本明細書で開示するいくつかの態様による、同期ワードとハートビートワードの組合せを示す図である。

【図 39】本明細書で開示するいくつかの態様による、CCleプロトコルのビット19内での同期およびハートビートマッピングの一例を示す図である。

【図 40】本明細書で開示するいくつかの態様による、マスタデバイスによって制御データバスを介してスレーブデバイスへ発行され得る「SID Scan All」コマンドの一例を示す図である。

【図 41】本明細書で開示するいくつかの態様による、マスタデバイスから受信されたSID Scan Allコマンドへの、スレーブデバイスの応答のタイミングを示す図である。

【図 42】本明細書で開示するいくつかの態様による、CCleプロトコルによって使用され得る可能なSID scan応答ワードを示す図である。

【図 43】CCleプロトコルの一例内での、また本明細書で開示するいくつかの態様による、割込みグループ照会呼出しを示す図である。

【図 44】図43に示す割込みグループ照会呼出しのための終止ワードの一例を示す図である。

10

20

30

40

50

【図45】本明細書で開示するいくつかの態様による、グループ照会呼出しへの応答の一例を示す図である。

【図46】本明細書で開示するいくつかの態様による、DDRグローバルクロック読取りの実装形態の一例を示す図である。

【図47】本明細書で開示するいくつかの態様による、DDRグローバルクロック読取りワードに関連したタイミングを示す図である。

【図48】本明細書で開示するいくつかの態様に従って適合され得る処理回路を採用する装置の一例を示すブロック図である。

【図49】本明細書で開示するいくつかの態様による方法の第1の例のフローチャートである。

【図50】本明細書で開示するいくつかの態様による方法の第2の例のフローチャートである。

【図51】共有IRQバス上でIRQを処理するように適合された装置のためのハードウェア実装形態の一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0024】

以下の説明では、実施形態の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、実施形態がこれらの具体的な詳細なしに実施されてもよいことが、当業者によって理解されよう。たとえば、不要な詳細で実施形態を不明瞭にしないために、回路がブロック図で示される場合がある。他の事例では、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。

【0025】

本明細書で開示するいくつかの実施形態は、共通I2Cバスを使用して従来のI2Cバス動作と拡張型通信インターフェースの両方をサポートするシリアルバスを使用する、通信インターフェースの性能を改善することができるシステム、方法および装置を提供する。一例では、カメラ制御インターフェース(CCI)は、I2Cバスに基づいてよく、マスタと1つまたは複数のスレーブとを接続するバスとして構成される、2ワイヤ、双方向、半二重のシリアルインターフェースを使用して配備され得る。CCI動作は、I2Cバス動作と互換性がある。いくつかの態様によれば、I2CバスまたはCCIバスに接続される複数の周辺デバイスをサポートするために必要とされるIRQラインの数を最小化するシステム、装置および方法が提供される。

【0026】

概説

本出願で使用する「構成要素」、「モジュール」、「システム」などの用語は、限定はしないが、ハードウェア、ファームウェア、ハードウェアとソフトウェアの組合せ、ソフトウェア、または実行中のソフトウェアなどの、コンピュータ関連のエンティティを含むことを意図している。たとえば、構成要素は、限定はしないが、プロセッサ上で動作するプロセス、プロセッサ、オブジェクト、実行ファイル、実行スレッド、プログラム、および/またはコンピュータであってもよい。例として、コンピューティングデバイス上で動作するアプリケーションとコンピューティングデバイスの両方が構成要素であってもよい。1つまたは複数の構成要素は、プロセスおよび/または実行スレッド内に存在してもよく、構成要素は、1つのコンピュータに局在化され、かつ/あるいは2つ以上のコンピュータ間で分散されてもよい。加えて、これらの構成要素は、その上に記憶された様々なデータ構造を有する様々なコンピュータ可読媒体から実行することができる。構成要素は、ローカルシステム内の、分散システム内の、および/または、インターネットなどのネットワークにわたる別の構成要素と対話する1つの構成要素からのデータなどの、1つまたは複数のデータパケットを有する信号などに従うローカルプロセスおよび/またはリモートプロセスにより、信号を用いて他のシステムと通信する場合がある。

【0027】

その上、「または」という用語は、排他的な「または」ではなく、むしろ包括的な「ま

10

20

30

40

50

たは」を意味することを意図している。すなわち、別段に規定されていない限り、または文脈から明白でない限り、「XはAまたはBを採用する」という句は、自然な包括的並べ替えのいずれかを意味することを意図している。すなわち、「XはAまたはBを採用する」という句は、以下の事例、すなわち、XはAを採用する、XはBを採用する、または、XはAとBの両方を採用する、のうちのいずれによっても満たされる。加えて、本出願および添付の特許請求の範囲で使用する冠詞「a」および「an」は、別段に規定されていない限り、または単数形を対象とすることが文脈から明らかでない限り、概して「1つまたは複数」を意味するものと解釈すべきである。

【0028】

本発明のいくつかの態様は、電話、モバイルコンピューティングデバイス、アプライアンス、自動車用電子機器、アビオニクスシステムなどの、装置の下位構成要素を含み得る電子デバイス間に配備される通信リンクに適用可能であり得る。図1は、集積回路(IC)デバイス間で通信リンクを採用し得る装置を表す。一例では、装置100は、RFトランシーバを通じて、無線アクセスネットワーク(RAN)、コアアクセスネットワーク、インターネット、および/または別のネットワークと通信するワイヤレス通信デバイスを含み得る。装置100は、処理回路102に動作可能に結合される通信トランシーバ106を含み得る。処理回路102は、特定用途向けIC(ASIC)108などの1つまたは複数のICデバイスを有してよい。ASIC108は、1つまたは複数の処理デバイス、論理回路などを含み得る。処理回路102は、処理回路102によって実行され得る命令およびデータを保持し得るメモリ112などのプロセッサ可読記憶装置を含み得、かつ/またはそれに結合され得る。処理回路102は、オペレーティングシステム、および、ワイヤレスデバイスのメモリデバイス112などの記憶媒体の中に存在するソフトウェアモジュールの実行をサポートし可能にするアプリケーションプログラミングインターフェース(API)110レイヤのうちの1つまたは複数によって制御され得る。メモリデバイス112は、読取り専用メモリ(ROM)もしくはランダムアクセスメモリ(RAM)、電氣的消去可能プログラマブルROM(EEPROM)、フラッシュカード、または処理システムおよびコンピューティングプラットフォームにおいて使用され得る任意のメモリデバイスを含み得る。処理回路102は、装置100を構成し動作させるために使用される動作パラメータおよび他の情報を保持できるローカルデータベース114を含んでよく、またはそれにアクセスしてもよい。ローカルデータベース114は、データベースモジュール、フラッシュメモリ、磁気媒体、EEPROM、光媒体、テープ、ソフトディスクまたはハードディスクなどのうちの1つまたは複数を使用して実装され得る。処理回路はまた、構成要素の中でも、アンテナ122、ディスプレイ124などの外部デバイス、ボタン128および/またはキーパッド126などのオペレータ制御に、動作可能に結合され得る。

【0029】

専用IRQラインを使用する割込み機構

図2は、ベースバンドプロセッサ204およびイメージセンサー206を有するデバイス202の簡略化された例を示すブロック図200である。画像データバス216およびマルチモード制御データバス208は、デバイス202の中に実装され得る。図200は、単に例としてカメラデバイス202を示し、様々な他のデバイスおよび/または異なる機能が、制御データバス208を使用して、実施、動作、および/または通信し得る。図示の例では、MIPIによって規定された「DPHY」、すなわち高速差動リンクなどの画像データバス216を介して、イメージセンサー206からベースバンドプロセッサ204へ画像データが送られ得る。一例では、制御データバス208は、I2Cバスモードで動作するために構成可能である2本のワイヤを有し得る。したがって、制御データバス208は、SCLワイヤおよびSDAワイヤを含み得る。SCLは、I2Cプロトコルに従って、制御データバス208を介したデータ転送を同期させるために使用され得るクロック信号を搬送し得る。データラインSDAおよびクロックラインSCLは、制御データバス208上の複数のデバイス212、214、および218a~218cに結合され得る。この例では、制御データバス208を介して、ベースバンドプロセッサ204とイメージセンサー206との間、ならびに他の周辺デバイス218間で制御データが交換され得る。I2Cプロトコルによれば、SCLワイヤ上のクロック速度は、通常のI2C動作の場合最高100KHz、I2C高速モード

の場合最高400KHz、I2C高速モードプラス(Fm+)の場合最高1MHzであり得る。I2Cバスを介したこれらの動作モードは、カメラの適用例のために使用されるとき、CCIモードと呼ばれることがある。

【0030】

場合によっては、2つ以上のスレーブデバイス214または218aが、対応するIRQライン220または222上で既定の論理レベルをアサートすることによって、ベースバンドプロセッサ204のアテンションを要求し得る。

【0031】

IRQラインを低減するための共通IRQバスの使用を示す第1の例

図3は、CCleバス330などの通信バスを採用し得る装置300のいくつかの態様を示すブロック概略図である。装置300は、ワイヤレスモバイルデバイス、携帯電話、モバイルコンピューティングシステム、ワイヤレス電話、ノートブックコンピュータ、タブレットコンピューティングデバイス、メディアプレーヤ、ゲーミングデバイスなどのうちの1つまたは複数において実施され得る。装置300は、CCleバス330を使用して通信する複数のCCleデバイス302、320、および/または322a~322nを含み得る。CCleバス330は、CCleバス330によってサポートされる強化された機能のために構成されているデバイス用に、従来のCCIバスの能力を拡張することができる。たとえば、CCleバス330は、CCIバス330よりも高いビットレートをサポートし得る。本明細書で開示するいくつかの態様によれば、CCleバス330のいくつかのバージョンは、16.7Mbps以上のビットレートをサポートするように構成または適合されてよく、CCleバスのいくつかのバージョンは、少なくとも23メガビット毎秒のデータレートをサポートするように構成または適合されてよい。

【0032】

図3に示す例では、イメージングデバイス302は、CCleバス330上でスレーブデバイスとして動作するように構成される。イメージングデバイス302は、たとえば、イメージセンサーを管理するセンサー制御機能304を提供するように適合されてよい。さらに、イメージングデバイス302は、構成レジスタ306および/または他の記憶デバイス324、処理回路および/または制御ロジック312、トランシーバ310、ならびにラインドライバ/レシーバ314aおよび314bを含み得る。処理回路および/または制御ロジック312は、ステートマシン、シーケンサ、信号プロセッサ、または汎用プロセッサなどのプロセッサを含み得る。トランシーバ310は、レシーバ310aと、トランスミッタ310cと、タイミング、論理、および記憶回路および/またはデバイスを含むいくつかの共通回路310bとを含み得る。場合によっては、トランシーバ310は、エンコーダおよびデコーダ、クロックおよびデータ復元回路などを含むことがある。

【0033】

送信クロック(TXCLK)信号328がトランスミッタ310cに供給されてよく、その場合、TXCLK信号328は、CCle通信モード用のデータ送信レートを決定するために使用され得る。SDAワイヤ318とSCLワイヤ316の両方が送信データを符号化するために使用されるとき、TXCLK信号328は、CCleバス330上で送信されるシンボルのシーケンス内に埋め込まれてよい。一例では、TXCLK信号328は、遷移クロックのトランスコーディングを使用して埋め込まれてよく、それにおいて、CCleバス330上で送信される連続するシンボルの各ペア間で少なくとも1つのワイヤ316および/または318の状態の変化が起きるように、物理リンク330を介して送信されるべきデータがトランスコードされる。

【0034】

CCleデバイス302、320および/または322a~322nは、CCleバス330の2つのワイヤ316、318を使用して通信し得る。たとえば、2ワイヤCCleバス330は、I2CまたはCCI動作モードによってサポートされるデータレートよりも著しく速いデータレートをもたらすことができる、CCle双方向半二重通信モードをサポートし得る。CCleデバイス302、320、および/または322a~322nは、制御データバス330としてのSCLワイヤ316とSDAワイヤ318の両方の上でデータを送信し得、2ワイヤ制御データバス330上で送信されるシンボルのシーケンスの中にクロック情報が埋め込まれる。いくつかのCCleデバイス320は、バスマスタとして構

成されてよく、いくつかのデバイス302、および/または322a～322nは、スレーブデバイスとして構成されてよい。CCleデバイス302、320、および/または322a～322nは、制御データバス330に結合されるI2Cデバイスおよび/またはCCIデバイスと互換性があるか、または共存することができ、その結果、I2Cデバイスが制御データバス330を監視しているときであっても、CCleデバイス302、320、および/または322a～322nは、CCleプロトコルおよびシグナリング仕様を使用して、1つまたは複数の他のCCleデバイス302、320、および/または322a～322nと通信し得る。本明細書で開示する一例は、CCleデバイスとI2C/CCIデバイスの両方が同じバス上に配備されるとき、バスに結合された複数のスレーブ302、および/または322a～322nを単一のマスタデバイス320を用いて処理することができるインターフェースを提供する。後者の例では、2つ以上のCCleデバイス302、320、および/または322a～322nは、CCleプロトコルを使用して通信し得、I2CデバイスまたはCCIデバイスとのいかなる通信トランザクションも、I2Cバスプロトコルに従って処理される。

【0035】

本明細書で説明するいくつかの態様によれば、CCleデバイス302、320、および/または322a～322nは、共有割込み要求(IRQ)バス326に結合され得る。一態様によれば、共有IRQバス326は、スレーブデバイス302、および/または322a～322nに、ならびにマスタデバイス320に結合される単線であってよい。この共有IRQバス326は、アイドルのとき抵抗器332などを使用してプルアップ(たとえば、ハイにプル)されてよい。共有IRQバス326は、スレーブデバイス302、322a～322nが割込み信号をアサートするときローにプルされてよい。すなわち、各スレーブデバイス302、322a～322nは、IRQ信号をマスタデバイス320へ送ることによって、制御データバス330上で送信するためのアクセスを独立して要求し得る。

【0036】

いくつかの例では、単線IRQバス326は、マスタデバイス320または任意の他のデバイス302、322a～322nによって管理されない非同期バスであってよい。したがって、スレーブデバイス302、322a～322nは、いつでも一方的にIRQ信号をアサートすることができる。

【0037】

別の例では、単線IRQバス326は、スレーブデバイスからマスタ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信号だけのために使用されてよく、他のタイプの信号のために使用され得ない。

【0038】

一例では、制御データバス330はCCle互換バスであってよい。

【0039】

別の例では、制御データバス330は、スレーブデバイス302、322a～322nとマスタデバイス320との間の双方向バスであってよい。

【0040】

IRQラインを低減するための共通IRQバスの使用を示す第2の例

図4は、1つまたは複数のスレーブデバイス410、412、414、416、418が、共通の、または共有された単線IRQバス422上で既定の論理レベルをアサートすることによって、バスマスタ404のアテンションを要求し得る一例を示すブロック図400である。単線IRQバス420は、I2C、CCIおよび/またはCCleデバイスを含んでよい複数のスレーブデバイス410、412、414、416、418によって共有され得る。図示の例では、スレーブデバイス410、412、414、416、418の各々は、CCle通信モードをサポートするように適合されてよく、バスマスタデバイス404は、I2C、CCIおよびCCle動作モードでのバスマスタの働きをするように適合されてよい。

【0041】

一態様によれば、共有単線IRQバス422が、スレーブデバイス410、412、414、416、418およびマスタデバイス404に結合される。スレーブデバイス410、412、414、416、418がいずれも割込み要求をアサートしていないときのIRQバス422のシグナリング状態を規定するために、プルアップ抵抗器420がIRQバス422のワイヤに結合されてよい。一例では、スレーブデバイス410、412、414、416、418は、マスタデバイス404に割り込むために、または

マスタデバイス404の割込みを要求するために、IRQバス422をローに駆動し得る。すなわち、各スレーブデバイス410、412、414、416、および418は、マスタデバイス404からのアテンションを要求するために、IRQ信号を駆動することによって割込み要求を独立してアサートしてよい。

【0042】

割込み要求をアサートした1つまたは複数のスレーブデバイス410、412、414、416、および/または418の識別情報の表示を提供するように各スレーブデバイス410、412、414、416、418を構成することによって、共通の共有単線IRQバス422は、複数のスレーブデバイス410、412、414、416、418によって共有され得る。場合によっては、スレーブデバイス410、412、414、416、418のうちの2つ以上が、マスタデバイス404のアテンションを求めて競合する場合があります、これらの競合しているスレーブデバイス410、412、414、416、および/または418の識別情報の表示は、マスタデバイス404のアテンションを求めるどの要求が許可されるべきであるのかを決定するために使用され得る。一例では、各スレーブデバイス410、412、414、416、418は、IRQバス422を駆動するデバイス410、412、414、416、418の識別情報に対応する長さを有する時間期間にわたってIRQバス422を駆動することによって、割込み要求をアサートするように構成されてよい。

10

【0043】

場合によっては、IRQバス422を駆動するために使用されるパルスの長さが、マスタデバイス404からのアテンションを求めて競合しているスレーブデバイス410、412、414、416、418を含む、スレーブデバイス410、412、414、416、418のグループ406、408を識別し得る。一例では、第1の複数のスレーブデバイス410、412が第1のグループ406の中にあってもよく、第2の複数のスレーブデバイス414、416が第2のグループ408の中にあってもよく、そのようなグループ化は、たとえば、事前構成されてよく、または起動時にマスタデバイス404によって(たとえば、列挙(enumeration)によって)動的に規定されてもよい。そのようなグループ化によって、マスタデバイス404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422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。各スレーブデバイス410、412、414、416、または418は、スレーブデバイス410、412、414、416、または418が属するグループ406、408に対して規定された、および/または割り当てられた幅を有するパルスを生成するように構成され得る。たとえば、第1のグループ406の中のスレーブデバイス410および412は、第2のグループ408の中のスレーブデバイス414および416によって生成されるパルスの持続時間と異なる持続時間を有するパルスを、共有単線IRQバス422上に生成するように構成され得る。各グループ406および408は、少なくとも1つのスレーブデバイスを含む。

20

30

【0044】

IRQバス422のアサーションの持続時間が、要求しているスレーブデバイス410、412、414、416、または418がマスタデバイス404のアテンションを許可されるかどうかを決定し得る。一例では、優先順位付け方式が、優先順位が高いスレーブデバイス410、412、414、416、418に長いパルス幅を割り当て、優先順位が低いスレーブデバイス410、412、414、416、418に短いパルス幅を割り当ててよい。動作時に、第1のスレーブデバイス410、412、414、416、または418が、IRQバス422上にパルスを供給することによって割込み要求をアサートし得る。第2の、優先順位が高いスレーブデバイス410、412、414、416、または418は、第1のスレーブデバイス410、412、414、416、または418によって供給されるパルスの幅よりも長い幅を有するパルスをIRQバス422上に供給することによって、割込み要求をアサートし得る。IRQバス422がアサートされたとき、マスタデバイス404は、IRQバス422のアサーションの持続時間を使用して、アサートしているスレーブデバイス410、412、414、416を含む最も優先順位が高いグループ406もしくは408、および/またはIRQバス422をアサートしている最も優先順位が高いスレーブデバイス410、412、414、416、もしくは418を識別し得る。マスタデバイスは、次いで、制御データバス402上のシグナリングを使用して、IRQバス422上で観測されたパルス幅が割り当てられている1つまたは複数のスレーブデバイス410、412、414、416、418上のIRQステータスレジスタをスキャンし得る。

40

50

【 0 0 4 5 】

場合によっては、第1のスレーブデバイス410、412、414、416、または418によって供給されるパルスの終了後にIRQバス422が能動的に駆動され続け、少なくとも第2の、より優先順位が高いスレーブデバイス410、412、414、416、または418も、より長いパルス幅を用いてIRQバス422を駆動することによってマスタデバイス404のアテンションを要求していることを示すとき、第1のスレーブデバイス410、412、414、416、または418は、第2のスレーブデバイス410、412、414、416、または418に譲る場合がある。そのような状況では、第1のスレーブデバイス410、412、414、416、または418は、制御データバス402を求めて競合する次の機会が生じるまで、アイドルモードまたは休止モードに戻ってよい。

【 0 0 4 6 】

場合によっては、単線IRQバス422は、スレーブデバイス410、412、414、416、418および1つまたは複数のマスタデバイス404によって共有されてよい。この例では、スレーブデバイス410、412、414、416、418は、論理的にグループ化され得る。たとえば、第1のグループ406は、第1の複数のスレーブデバイス410および412を含んでよく、第2のグループ408は、第2の複数のスレーブデバイス414および416を含んでよい。そのようなグループ化は、たとえば、事前構成されてよく、動的に規定されてよく、および/または初期化においてマスタデバイス404によって列挙によって規定されてもよい。グループ406、408を使用することによって、マスタデバイス404は、IRQバス422を駆動することによって割込み要求をアサートする1つまたは複数のスレーブデバイス410、412、414、416、および/または418を、より迅速に特定できるようになることがある。

【 0 0 4 7 】

場合によっては、単線IRQバスは、マスタデバイス404または別のデバイスの管理を伴わず、非同期に動作し得る。非同期動作では、スレーブデバイス410、412、414、416、または418は、いつでも一方的にIRQバス422を駆動してよい。場合によっては、スレーブデバイス410、412、414、416、418は、割込み要求をアサートする前に、IRQバス422がアイドルである(すなわち、別のデバイスによって駆動されていない)ことを確認してもよい。

【 0 0 4 8 】

場合によっては、単線IRQバス422は、スレーブデバイス410、412、414、416、418からマスタデバイス404への単方向信号送信に専用であってよい。すなわち、IRQバス422は、割込み要求シグナリングのために予約されてよく、他のタイプの信号はIRQバス422上でサポートされない。

【 0 0 4 9 】

スレーブデバイス410、412、414、416のグループ406、408は、別個のIRQ信号を使用するように構成されてよい。一例では、第1のグループ406は、第1の期間を有する第1の信号を使用してよく、第2のグループ408は、第2の期間を有する第2の信号を使用してよく、以下同様である。場合によっては、別のスレーブデバイスとグループ化されないスレーブデバイス418は、1つのデバイスとしてのグループとして扱われてよく、第3の期間を有する第3の信号を使用するように割り当てられてよい。IRQ信号の期間は、アサートしているスレーブデバイス410、412、414、416、または418によってIRQバス422が駆動される(たとえば、ローにプルされる)時間の長さとして規定され得る。他の形態の信号区別が使用されてよい。たとえば、スレーブデバイス410、412、414、416の異なるグループ406、408、および/またはグループに割り当てられないかまたはグループの唯一のメンバーとして別の方法で扱われるスレーブデバイス418に、異なるIRQ信号電圧レベルが割り当てられてよい。

【 0 0 5 0 】

場合によっては、各グループ406、408が少なくとも1つのスレーブデバイス410、412、414、416、418を含み得るように、スレーブデバイス410、412、414、416、418の論理グループを規定してよい。グループ406、408は、複数のスレーブデバイス410、412、414、416、418を含んでよい。各グループ406、408に割り当てられるスレーブデバイス410、412、414、416、418の数は、グループ406、408の中の潜在的なアサートしている各スレーブデバ

10

20

30

40

50

イス410、412、414、416、418に照会し、それらを特定するための期間のような要因に基づいて決定され得る。たとえば、IRQバス422に結合されるすべてのスレーブデバイス410、412、414、416、418がマスタデバイス404によって照会されるとき、容認できないほど長い遅延が結果として生じる場合がある。

【0051】

アサートしているスレーブデバイス410、412、414、416、418を特定するための時間は、スレーブデバイス410、412、414、416、418がIRQをアサートしたグループ406、408を特定し、次いで、特定されたグループ406または408の中の各メンバースレーブデバイス410、412、414、416、418に照会するために、別個のIRQ信号を使用することを通して著しく低減され得る。マスタデバイス404は、IRQバス422のアサーションの発生を検出し得、マスタデバイス404は、アサーションの持続時間を決定し得る。IRQアサーションの決定された持続時間に基づいて、マスタデバイス404は、マスタデバイス404によって観測された長さの持続時間に対応するグループ406または408を特定し得る。マスタデバイス404は、次いで、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のかを特定するために、グループ406、408の中のスレーブデバイス410、412、414、416、418に照会し得る。一例では、マスタデバイス404は、IRQアサーションが第1のグループ406から生じたと決定し得る。マスタデバイス404は、制御データバス402を介して、第1のスレーブデバイス410または412に要求またはコマンドを送信し得る。マスタデバイス404は、たとえば、レジスタステータス要求を送信してよい。それに応答して、第1のスレーブデバイス410または412は、ステータス情報をマスタデバイス404へ送信してよい。第1のスレーブデバイス410または412がIRQ要求の発生源でないことをステータス情報が示す場合、マスタデバイス404は、制御データバス402を介して、第1のグループ406の中の第2のスレーブデバイス412または410へレジスタステータス要求を送信してよい。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410、412が特定されるまで、第1のグループ406の中のすべてのスレーブデバイス410、412に対して繰り返されてよい。

【0052】

図5は、異なるグループ406、408、514によってそれぞれ使用されるIRQ信号502、504、506のタイミングの例を示すタイミング図500である。異なるIRQ信号タイミングが、異なる各グループ406、408、514に割り当てられてよく、もしくはそれらに関連付けられてよく、および/または各グループ406、408、もしくは514のメンバースレーブデバイス410、412、414、416、418のIRQ信号タイミングは、対応するグループ406、408、514に割り当てられた、もしくはそれらに関連付けられたIRQ信号タイミングに基づいてよく、もしくはそうしたIRQ信号タイミングから導出されてよい。各グループ406、408、514は、メンバースレーブデバイス410、412、414、416、418のうちの1つ、または複数のメンバースレーブデバイス410、412、414、416、418を含んでよい。第1のグループ406は、第1のパルス幅508を有するIRQ信号502を使用してよく、第2のグループ408は、第2のパルス幅510を有するIRQ信号504を使用してよく、第nのグループ506は、第3のパルス幅512を有する第3のIRQ信号506を使用するように構成されてよい。

【0053】

図6は、バスマスタデバイス404の観点からの共有IRQバス422の動作を示す。その例は、I2C、CCIおよび/またはCCleプロトコルに従って動作する制御データバス402上の動作のタイミング612に適用され得る。バスマスタデバイス404は、IRQバス422上の信号のタイミング602を監視して、割込み要求がアサートされたかどうかを決定し得る。バスマスタデバイス404は、IRQバス422上のパルス608、610の持続時間604、606に基づいて、割込み要求をアサートしているスレーブデバイスを特定し得る。

【0054】

その例では、スレーブデバイスのグループ406、408は、既定の時間期間604、606にわたってIRQバス422を駆動するように構成され得る。したがって、バスマスタデバイス404は、パルス608および610を求めてIRQバス422を監視し得、任意の検出されたパルス608、610の持続時間604、606を測定または計時し得る。一例では、バスマスタデバイス404は、パ

ルス608、610の開始において遷移620、622を検出すると開始されるタイマーまたはカウンタを含み得る。パルス608、610の終了後のタイマー値またはカウンタ値は、次いで、各グループ406、408に関連付けられた既定の持続時間と比較され得る。

【0055】

その例では、データ制御バス402は、第1のパルス608が受信される前に、第1の時間期間614の間にアイドルであってよい。共有単線IRQバス422上で第1のIRQ信号がアサートされると、バスマスタデバイス404は、IRQバスがローにプルされたことを検出し、パルスの期間、幅、または持続時間604を決定する。たとえば、第1のパルス608の持続時間604がデバイスの第1のグループ406のメンバーからの割り込み要求と一致することを、第1のパルス608の終了時にバスマスタデバイス404は決定し得る。バスマスタデバイス404は、第1のデバイスグループ406のメンバーのスキャン616を開始して、それらのIRQステータスを決定するとともに第1のグループ406の1つまたは複数のどのメンバーがIRQ要求608をアサートしたかを特定し得る。一例では、バスマスタデバイス404は、各要求の受信者にIRQステータスを用いて応答させるコマンドおよび/または要求を、制御データバス402上で第1のグループ406の各メンバーへ送信し得る。バスマスタデバイス404は、第1のグループ406の特定された割り込んでいるメンバーと、データ、制御または他の情報を交換し得る。

【0056】

第2の割り込み要求パルス610は、第1の割り込み要求パルス608の後のある時点において受信され得る。第2の割り込み要求パルス610は、スレーブデバイスの第2のグループ408に対応する持続時間606を有してよい。第2の割り込み要求パルス610を受信すると、バスマスタデバイス404は、パルス幅、期間、または持続時間606を検出、決定または計算し得る。バスマスタデバイス404は、次いで、デバイスの第2のグループ409のメンバーのスキャン618を開始して、それらのIRQステータスを決定するとともに、第2のパルス610に対応するIRQ要求を第2のグループ408の1つまたは複数のどのメンバーがアサートしたのかを特定し得る。

【0057】

図7は、本明細書で開示するいくつかの態様による、同時の、重なり合う、および/または対立する割り込み要求の発生を回避するための方法を示すタイミング図である。場合によっては、割り込み要求の対立または競合につながる可能性がある重なり合うIRQパルスの発生を回避することが望ましい場合がある。対立する割り込み要求は、割り込み要求をアサートする前に、IRQバス422を監視するようにスレーブデバイスを構成することによって回避され得る。別のデバイスが共有単線IRQバス422上で割り込み要求708をすでにアサートしていた場合、割り込み要求712は遅らせてよい(714)。

【0058】

図示の例では、第1のパルス704は、デバイスの第1のグループ406の中からのスレーブデバイスによって、IRQバス422上でアサートされる。第2のスレーブデバイスが、第1のパルス708の持続時間704の間に割り込み要求をアサートすることを望む場合がある。一態様によれば、第2のスレーブデバイスは、IRQバス422上の割り込み要求のアサーションを遅延させてよい。時間718において、第2のスレーブデバイスは、割り込み要求を開始することを決定する場合がある。IRQバス422をチェックすると、第2のスレーブデバイスは、パルス708が別のスレーブデバイスによってIRQバス422上でアサートされていると決定し得る。したがって、第2のデバイスは、IRQバス422がアイドル状態に戻ることができるようにするホールドオフまたは遅延期間712を始動してよい。ホールドオフ期間712は、既定の持続時間、最小バックオフ期間および/もしくはランダム遅延を含む持続時間、またはIRQバス422がアイドル状態に戻った後の既定の時間を終了する期間を有してよい。第2のスレーブデバイスは、その間はIRQバス422が空きであるかまたはアイドルである最小の時間期間710にわたって、割り込み要求をアサートすることを妨げられる場合がある。IRQバス空き時間期間710は、IRQバス422上の第1のパルス708が終了し、たとえば、IRQバス422が論理ハイ状態に戻る時点720から測定されてよい。最小バス空き時間710が満了した後、次の割り込み要求716がアサートされてよい。最小バス空き時間710が満了すると、第2のスレーブデバイスは、IRQバス422上にパルス716を供給することによって、割り込み要求をアサートし得る

。その例では、第2のスレーブデバイスはスレーブデバイスの第2のグループ408のメンバーであり、第2のパルス716の持続時間706は第1のパルス708の持続時間704とは異なる場合がある。

【 0 0 5 9 】

図8は、I2C、CCI、および/またはCCleインターフェースによって同時のIRQ信号がサポートされるときに採用され得る、単線IRQバスの動作モードの一例を示すタイミング図800である。同時のIRQ信号は、個々のスレーブデバイス間、および/または共有単一IRQバス422を使用する異なるグループ406、408の中のスレーブデバイス間に、競合および/または対立をもたらす場合がある。IRQバス422上の信号のタイミングが第1のタイミング図802に示され、第1のグループ406および第2のグループ408の中のスレーブデバイスによる寄与が、第2のタイミング図812および第3のタイミング図822にそれぞれ示される。第1のIRQパルス814が、第2のグループ408の中の第2のスレーブデバイスによってアサートされた第2のIRQパルス824と同じ時点で、またはそれと同時に、第1のグループ406の中の第1のスレーブデバイスによってアサートされる。第2のIRQパルス824は、第1のパルスの持続時間806よりも長い持続時間804を有してよい。第1のパルス814の終了後、IRQバス422上に第2のパルス824の一部分808が存在するので、第1のスレーブデバイスは、より優先順位が高いデバイスが割り込み要求をアサートしたと認識し得る。第1のスレーブデバイスは、第1のパルス814の終了後、IRQバス422を監視することによって、IRQバス422のこの状態808を事実上の衝突、競合または対立として認識し得る。第1のデバイスは、次いで、第2のスレーブデバイスがより高い優先順位を有すると決定し得、第2のパルス824の終了後に開始するIRQバス空き期間818の後まで、更新された要求を遅らせてよい。バスマスタデバイス404は、第2のパルス824の持続時間を検出し得、割り込み要求の発生源を特定およびサービスするためにデバイスの第2のグループ408をアドレス指定し得る。バスマスタデバイス404は、第1のパルス814に気づかない場合がある。

10

20

【 0 0 6 0 】

第1のスレーブデバイスは、IRQバス空き期間818の満了後にIRQバス422上に第3のパルス826を供給することによって、割り込み要求を再発行してよい。

【 0 0 6 1 】

図9は、IRQパルスに関するタイミング許容差を示すタイミング図900であり、ここで、許容差は最小のIRQパルス幅を決定し得る。場合によっては、I2C、CCI、および/またはCCleインターフェース上のシグナリングを管理するプロトコルが、I2C、CCI、および/またはCCleマスタデバイス404によって検出できるようにするためのロー持続時間(t_{LOW})906に関する最小値を規定し得るが、本説明では、ロー持続時間は指定された最小値を条件としない場合があることを前提としてよい。タイミング図900は、単一パルス902を示す。

30

【 0 0 6 2 】

例示的なタイミング図900では、「ハイ」シグナリング状態を検出するための最小しきい値電圧は、スイッチング回路供給電圧(「VDD」)レベルの70%にあり、「ロー」シグナリング状態を検出するための最大しきい値電圧は、VDDレベルの30%である。レシーバ入力レベルに応じて、レシーバは、VDDレベルの30%から70%の間に存在するIRQバス422の電圧レベルに関する、ハイシグナリング状態またはローシグナリング状態のいずれかを決定し得る。最大降下-上昇時間(TFRmax)904が規定されてよい。TFRmax904の持続時間は、割り込み要求をアサートするためにスレーブデバイスに割り当てられるロー期間(T_{LOW})910の持続時間を決定し得る。 T_{LOW} 910の値は、マスタデバイス404がスレーブデバイスの異なるグループからのIRQ信号間を区別できるように選択され得る。マスタデバイス404の観点から、 $TFRmax < T_{LOW}$ の場合、ロー状態がIRQバス422上で観測され得る。

40

【 0 0 6 3 】

スレーブデバイスグループ406、408を区別するために、異なる単位の T_{LOW} がグループ406、408のためのIRQパルス幅として割り当てられてよい。一例では、第1のグループ406は、 T_{LOW} としてのIRQパルス幅が割り当てられてよく、第2のグループ408は、 $2 \times T_{LOW}$ として

50

のIRQパルス幅が割り当てられてよい。この例では、バスマスタデバイス404によって観測されるロー期間は、次のように計算され得る。

第1のグループ406: $T_{LOW} - TFR < t_{LOW} < T_{LOW} + TFR$

第2のグループ408: $2T_{LOW} - TFR < t_{LOW} < 2T_{LOW} + TFR$ 。

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、第2のスレーブデバイスは、持続時間に関して少なくともTFRmaxでなければならない t_{LOWmin} までTFRmaxを延ばす時間期間の間、IRQ信号ローを検出し得ないことに留意されたい。そのため、 $T_{LOW} > 3TFR_{max}$ および $t_{LOWmin} > 2TFR_{max}$ である。したがって、 t_{LOW906} に関する最小値は、次のように計算され得る。

$2T_{LOW} - TFR > T_{LOW} + TFR$

$2TFR_{max} < T_{LOW}$

$3TFR_{max} < T_{LOW}$

$2TFR_{max} < t_{LOWmin}$ 。

【0064】

図3～図9に示すサイドバンドIRQ方法は、各スレーブデバイスおよびマスタデバイスに対して余分の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、サイドバンド割込みの使用をなくすことが望ましいはずである。

【0065】

共有バスを介したインバンド割込み機構

図10は、インバンド割込みに有利なように割込みバスが除去されたシステム1000を示すブロック図である。システム1000は、共有制御データバス1002に結合されるマスタデバイス1004および複数のスレーブデバイス1006₁～1006_Nを含み得る。一例では、制御データバス1002は、2つのワイヤ、すなわち、クロックライン(SCL)およびシリアルデータライン(SDA)を備えるI2Cバスであってよい。クロックラインSCLは、すべてのデータ転送をI2Cバス1002を介して同期させるために使用され得る。データラインSDAおよびクロックラインSCLは、すべてのデバイス1004および1006₁～1006_NにI2Cバス1002上で結合される。この例では、割込みは、データ制御バス1002を介してインバンドで送られる。場合によっては、データ制御バス1002は、I2CデバイスとCCleデバイスの両方を同時にサポートし得る。

【0066】

図11は、シリアルバス330(図3参照)がI2Cプロトコルに従って動作させられるとき、1バイト書込みデータ動作の一例を示すタイミング図1100である。各I2C送信1120は、シリアルバス330上でアサートされる開始条件1106とともに開始し、停止条件1116がシリアルバス330上でアサートされたとき終了する。開始条件1106は、SCL信号ワイヤがハイ状態に保持される間にSDA信号ワイヤ318がローに遷移するとアサートされる。停止条件1116は、SCL信号ワイヤがハイ状態に保持される間にSDA信号ワイヤ318がハイに遷移するとアサートされる。I2Cプロトコルによれば、SDA信号ワイヤ318上の遷移は、開始条件1106および停止条件1116の場合を除き、SCL信号ワイヤ316がローであるときに発生する。

【0067】

典型的なI2C動作では、I2Cマスタノードは、マスタノードがI2Cバス上のどのスレーブノードにアクセスすることを望むのかを示すためのSDAライン318上での7ビットのスレーブID1102と、動作が読取り動作であるのかそれとも書込み動作であるのかを示す後続の読取り/書込みビット1112とを送り、それにおいて、読取り/書込みビット1112は、書込み動作を示すために論理0にあり、読取り動作を示すために論理1にある。IDが7ビットのスレーブID1102と一致するスレーブノードのみが、書込み(または、任意の他の)動作に応答することを許可される。I2Cスレーブノードがそれ自体のID1102を検出するために、マスタノードは、SCLライン316上の8個のクロックパルスとともに、SDAライン318上に少なくとも8ビットを送信する。レガシーI2CスレーブノードがCCle動作に反応することを防止するために、この挙動が活用されてCCle動作モードでデータを送信し得る。

【0068】

10

20

30

40

50

図12は、CCleプロトコルに従って、および、2つ以上の通信しているデバイス202、220、222a～222nがCCleプロトコルに従って通信するように構成または適合されるとき、動作させられるシリアルバス330上のデータ送信を示すタイミング図1200である。CCle送信では、データビットは、SDAライン318およびSCLライン316を介した送信のために12シンボルにトランスコードされ得、送信モードは、「CCleモード」と呼ばれることがある。CCle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に同期する。制御データバス330を介してデータを送信するデバイスはまた、データの中に埋め込まれたクロック情報を送信する。したがって、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。

【0069】

10

いくつかのCCle動作モードでは、データは、CCleバスの信号ワイヤ316、318上で連続的に送信される2ビットのシンボルのセットに符号化される。シンボル1202、1204のシーケンスは、連続送信区間1206、1208の中で送信され得る。シンボル1202、1204の各シーケンスは、開始条件1216、1218、1220によって先行される。開始条件1216、1218、1220は、SCL信号ワイヤがハイ状態に保持される間にSDA信号ワイヤ318がローに遷移するとアサートされる。CCleプロトコルによれば、SDA信号ワイヤ318上の遷移は、シンボル1202、1204のシーケンスが送信されているとき、遷移がSCL信号ワイヤ316上で発生すると同時に発生し得る。いくつかのCCleモードでは、開始条件1216、1218、1220は、2つのシンボル区間を占有し得る。

【0070】

20

図示の例では、シンボル1202、1204の各シーケンスは、12シンボルを含み、16ビットのデータと3ビットのオーバーヘッドとを含み得る20ビットのデータ要素を符号化する。12シンボル1202、1204のシーケンスの中の各シンボルは、シンボル期間(t_{sym})1210ごとにSDA信号ワイヤ318およびSCL信号ワイヤ316のシグナリング状態を規定する。一例では、信号ワイヤ316、318を駆動するために使用されるプッシュプルドライバ214a、214bは、20MHzのシンボルクロックを使用して、50nsの持続時間のシンボル期間1210をサポートし得る。 $\{3,1\}$ として示され得る2シンボルのシーケンスが、シンボル1202および1204の連続するシーケンス間の期間1214において送信される。得られた14シンボルの送信(12シンボルのペイロードおよび開始条件1216、1218、1220)の場合、第1の送信1206の開始と第2の送信1208の開始との間の最小経過時間1212は、

30

$$t_{word} = 14 \times t_{sym} = 700ns$$

として計算され得る。

したがって、各12シンボルワード1206、1208において16個のデータビットが送信されるので、20ビットが700nsごとに送信されてよく、約22.86Mbpsの有用なビットレートを伴う約28.6Mbpsの未加工のビットレートをもたらす。

【0071】

マスタデバイスはバスへのアクセスを制御し、制御データバス330を介して送信することを望むいかなるデバイスも、制御データバス330へのアクセスの許可をマスタデバイスに要求する必要がある。そのような要求は、割込み要求を発行することによって行われ得る。いくつかの態様によれば、CCleデバイスは、既定のタイミングに従って起きるインバンド割込み機構を通じて割込み要求を発行し得る。そのようなインバンド割込み機構の使用は、バスの競合および/または衝突を防止することができる。図13は、衝突1304の発生を示すタイミング図1300を含む。マスタデバイスが制御データバス330を駆動(1302)している間に、スレーブデバイスが制御データバス330のSDAライン318またはSCLライン316のいずれかを駆動することを割込み機構が防止するとき、衝突1304は回避され得る。

40

【0072】

図14は、図13の衝突にとっての可能性を回避するための解決法を示すタイミング図1400である。この手法では、プロトコルは、インバンドIRQがいつ発行されてよいかを規定する。一例では、スレーブがSDAライン318を駆動することを許可される規定された時間期間1420の間に、マスタデバイスはSCLライン316上でクロックを駆動し得る。動作において、

50

マスタデバイスは、SDAライン318をハイに駆動し得、SDAライン318上で1402、1404を送信した後、ハイ状態を維持するためのプルアップを有効化し得る。SDAライン318は、ある時点1414において解放され得、その後、スレーブは、SDAライン318上で1406、1408を送信し得る。スレーブは、次いで、SDAライン318をハイに駆動し得(1416)、SDAライン318を時点1418において解放し得る。マスタデバイスは、次いで、SDAライン318上での1410の送信を開始し得る。

【 0 0 7 3 】

図15のタイミング図1500に示すように、スレーブデバイスによってSDAライン318上で送られるインバンドIRQは、誤ったクロック1510が検出されることを引き起こす場合がある。CCleモードでは、シンボル遷移が、レシーバクロック(RXCLX)1504を生成するために使用される。すべての受信デバイスは、クロックタイミングを制御データバス330の状態遷移から復元する。状態遷移は、SDAライン318および/またはSCLライン316のシグナリング状態変化に対応し、状態遷移は、SDAライン318とSCLライン316との間でタイミング整合される。CCleクロックデータ復元(CDR)回路は、SDAライン318とSCLライン316との間のいくつかのスキューを許容し得るが、CDRの許容差よりも大きいスキューは、CCleワード境界における同期ロスをもたらす余分なレシーバクロックパルス1510をCDRに生成させる場合がある。

10

【 0 0 7 4 】

図16は、RXCLK1504上での余分なパルス1510の生成および潜在的な同期ロスを回避し得る1つの解決法を示すタイミング図1600である。SDAマスキング(SDAMASK)信号1608は、クロックデータ復元回路入力において、マスタデバイスおよびスレーブデバイスを含む各デバイスによってインバンドIRQのために使用される信号をゲートまたはマスクする。たとえば、各CDR回路は、インバンドIRQ送信の間、(インバンドIRQのためにどちらのラインが使用されていても)SDAライン318またはSCLライン316をマスクする。たとえば、スレーブデバイスがSDAライン318を特定のインバンドIRQプロトコルを用いて駆動することをマスタデバイスが許可する場合、制御データバス330上のすべてのデバイスは、誤った/余分なRXCLKパルスが検出されることを防止するために、その期間の間それらのSDAライン318の入力をマスクする必要がある。一例では、各デバイスは、インバンドIRQ期間の間、CDR回路へのその値を1(または、ハイ)として保持するために、SDAライン318をゲートする。

20

【 0 0 7 5 】

図17は、I2CモードとCCleモードの両方をサポートしながらインバンドIRQ期間を実施することの1つの手法を示す図1700である。この手法では、CCleモードは終了され、次いで、I2Cモードにある間にインバンドIRQが発行される。インバンドIRQが発行された後、制御データバスはCCleモードに戻る。しかしながら、インバンドIRQの発行のためだけにI2Cモードに切り替えなければならないことは、大きすぎるオーバーヘッド(ハードウェアと時間の両方)を生み出す。

30

【 0 0 7 6 】

図18は、CCleモードにある間にインバンドIRQ(IBC)が発行される一例を示す図1800である。理想的には、インバンドIRQが可能な限り最小限のプロトコルオーバーヘッドを伴い、可能な限り頻繁に発行され得るように、プロトコルは1つまたは2つのCCleワードと同じくらい小型に維持され得る。たとえば、周期的なIRQウィンドウが規定され得る。

40

【 0 0 7 7 】

考慮事項の中でも、スレーブデバイスによる「枯渇」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インバンドIRQ期間は利用可能であってよい。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バスを介してマスタデバイスによって周期的に送信されるCCle「ハートビート」ワード内でインバンドIRQを規定することであり得る。マスタデバイスは、電力節約のために十分遅く、しかし、スレーブに渴望させないほど十分速いレートで、この「ハートビート」CCleワードを送信してよい。この「ハートビート」CCleワードは、それらがIRQを発行してよいというスレーブデバイスに対するインジケータの働きをし得る。

50

【 0 0 7 8 】

図19は、トランスコードされたシンボル内にクロック信号を埋め込むために、トランスミッタにおいてデータビットをトランスコードされたシンボルにトランスコードするための方法の一例を示すブロック図である。トランスミッタ1900において、入力データビット1904は複数桁の3進(基底3)の数に変換され、ここで、各桁は「遷移番号」と呼ばれることがある。3進数は、次いで、物理リンク1902のクロックラインSCL1912およびデータラインSDA1914上で送信される(連続)シンボルのセットに変換される。一例では、バイナリデータの元の20ビットは、ビット/遷移番号変換器ブロック1908に入力されて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つの引き続き遷移番号は、同じ値を有してもよい。各遷移番号は、遷移/シンボルブロック1910において、2つの引き続き連続シンボルが同じ値を有しないような連続シンボルに変換される。シンボル値(および、ワイヤ1912、1914のシグナリング状態)の遷移が連続シンボルのすべてのペアにおけるシンボル間で保証されるので、連続シンボル遷移は、クロック信号を埋め込むように働き得る。各連続シンボル1916は、次いで、SCLライン1912およびSDAライン1914を有するI2Cバスを含んでもよい2ワイヤ物理リンク1902を介して送られる。

10

【 0 0 7 9 】

図20は、ビット19(すなわち、ビット0である最初のビットにおいてビットのカウントを開始するときの第20のビット)の符号化の一例を示す図2000である。言い換えれば、コンピュータ科学において一般的であるように、ビットごとのカウントは0において開始し、ビット19は第20のビットである。ここで、ビット0~18は、 $0000_0000_0000_3 \sim 2221_2201_2001_3$ としての3進数の範囲内で表される。 $2221_2201_2002_3 \sim 2222_2222_2222_3$ としての範囲の中の3進数は、データ送信のためには使用され得ない。したがって、3進数の範囲 $2221_2201_2002_3 \sim 2222_2222_2222_3$ は、ビット19(すなわち、第20のビット)を表すために使用されてよい。言い換えれば、 $2221_2201_2002_3$ 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、 $2222_2222_2222_3$ という3進数(0x81BF0)は取り得る最大の12桁の3進数である。図21および図22は、第20のビット(ビット19)の利用、およびハートビートが送信され得る第20のビット(ビット19)の数空間の一例を示す。

20

【 0 0 8 0 】

図21は、ビット19が数 $2221_2201_2002_3 \sim 2222_2222_2222_3$ にわたり得るとともに、数の範囲が図21の左側2102の細区分へと細分割され得る一例を示す表2100である。CCleは、マルチマスタ制御データバスアーキテクチャであり、制御データバスの制御は、あるマスタデバイスから別のマスタデバイスに移されてよい。したがって、「マスタバス要求」コマンド(サブレンジ $2222_1121_0210_3 \sim 2222_2112_1121_3$ 内で)、ならびに「マスタハンドオーバ」が(サブレンジ $2222_2220_0002_3 \sim 2222_2221_1210_3$ 内で)利用可能である。

30

【 0 0 8 1 】

図22は、本明細書で開示するような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表2200である。

【 0 0 8 2 】

図23は、ハートビートパルス2302a、2302b、2302c、2302dを有するハートビートクロック2300を示すタイミング図である。本明細書で開示するいくつかの態様に従って定義される制御ワード2202(図22参照)は、ハートビートクロック2300を供給するために使用され得る。ハートビートクロック2300は、比較的短い持続時間2306を有し、比較的長い時間期間2304だけ分離される、パルス2302a、2302b、2302c、2302dを供給し得る。一例では、パルス2302a、2302b、2302c、2302dは、1シンボルの持続時間(たとえば、50ns)として規定されてよく、それらのパルスは、30マイクロ秒(30 μ s)だけ分離され、それによって、33.33 kHzの周波数を有するハートビートクロックを供給し得る。この例では、CCleスレーブデバイスは、ハートビートワードから抽出された33.33kHzのクロックを、様々なスタンバイ動作のために使用し得る。

40

【 0 0 8 3 】

図24は、CCleプロトコルに従って、かつCCleスレーブデバイスが図23に示したハートビ

50

ートクロック2300を含むハートビートクロックを取得することを可能にする方法で送信され得る、制御ワード2416の一例2400を示す。一例では、制御ワード2416は、16進数0x81BE Eとして表現され得、それは12桁の3進数2414として表現され得る遷移番号にマッピングされるビットパターン2412を生成する。遷移番号が開始条件値を用いてカプセル化されて、シンボルのストリーム2422の中に提供される12シンボルのシーケンス2428を生成するように計算された14個の遷移番号2424のセットを生成し得る。タイミング図2420に示すように、12シンボルのシーケンス2428の1つおきのシンボル2430は、「3」としての値を有し、SDA信号ワイヤ318とSCL信号ワイヤ316の両方の上でハイ電圧レベルを生じる。本例では、SDA信号ワイヤ318とSCL信号ワイヤ316の両方がハイ状態にあるとき、最小電流がSDA信号ワイヤ318およびSCL信号ワイヤ316の中を流れ得る。「3」としてのシンボル値は、シリアルバス330に関連した電力消費を最小限に抑え得る。12シンボルのシーケンス2422はまた、SDA信号ワイヤ318またはSCL信号ワイヤ316のうちの他方がハイのままである間に、SDA信号ワイヤ318またはSCL信号ワイヤ316のいずれかをローに駆動させる、値「1」または「2」を有するシンボル2432、2434を含む。各12シンボル送信2428では、残りのシンボル2432が「1」としての値を有する間に、1つのシンボル2434に「2」としての値が与えられてよい。結果として、ハートビート制御ワード2416は、制御ワード2416が送信されるたびに、SDA信号ワイヤ318上の6個のパルス、およびSCL信号ワイヤ316上の1つのパルスを生成する。一例では、ハートビート制御ワード2416を反復的に送信することによって、1.43MHzのクロックがSCL信号ワイヤ316上に供給され得る。

10

20

【0084】

インバンドIRQ技法の第1の例

図25は、ハートビートクロックがSDAライン318およびSCLライン316を介して送信され得る一例を示す。この例では、ハートビートクロックは、SDAライン318上で送信されるハートビートクロックの第1の部分2502を含み、ハートビートクロックの第2の部分2504はSCLライン316上で送信されてよく、それによって、SDAライン318上にインバンドIRQのためのより大きい空間2506が生まれる。

【0085】

そ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2512の後の第nのRXCLK2514を検出し得る。第nのRXCLK2514は、受信スレーブデバイス内で内部SDAマスク2524をトリガして、SDAライン318を内部的にマスクしてよい。

30

【0086】

n+1 RXCLK2516において、スレーブデバイスは、SDAライン318をローにプルすることによってIRQをトリガし得る。SDAライン318は、マスタデバイスによってハイにプルされるか、または浮動し、その結果、(スレーブデバイスによって)ローにプルされると、これはインバンドIRQを示すように働く。n+2 RXCLK2518において、マスタデバイスは、インバンドIRQがアサートされているかどうかを確認するためにSDAライン318をサンプリングしてよい。n+3 RXCLK2520において、スレーブデバイスは、SDAライン318を解放してよく、その結果、インバンドIRQがアサート解除される。n+3 RXCLKとn+4 RXCLK2522との間で、マスタデバイスは、SDAドライバを再有効化しSDAライン318をハイに駆動し始める。したがって、受信デバイス(たとえば、スレーブデバイス)は、n+4 RXCLK2522において、SDAマスク2824を安全に解放することができる。n+4 RXCLK2522において、スレーブデバイスは、SDAマスク2524を解放してよい。このようにして、IRQは、SDAライン318上で規定されるIRQ期間2506の間、スレーブデバイスによって送信され得る。

40

【0087】

図26は、3進数(遷移番号)2602と(連続)シンボル2604との間の変換のための方式の一例を示す図2600である。3進数、すなわち、基底3の数は遷移番号とも呼ばれ、3つの取り得る数字または状態、0、1、または2のうちの1つを有することができる。2つの引き続く3進数において同じ値が現れる場合もあるが、2つの引き続くシンボルは同じ値を有しない。

【0088】

この変換関数は、図26に例示的に記載される。送信側(TX:TからSへ)では、論理は、 T_{tm}

50

$p=T=0?3:T$ 、および $C_s=P_s+T_{tmp}$ である。言い換えれば、遷移番号 T は 0 と比較され、 $T=0$ のときに T_{tmp} (T テンポラリー) は 3 に等しくなり、それ以外では (T が 0 に等しくないとき) T_{tmp} は T に等しくなる。また、現在のシンボル (C_s) は、前のシンボル (P_s) の値 + T_{tmp} になる。たとえば、第 1 のサイクル 2606 では T は 2 であり、そのため T_{tmp} も 2 であり、 P_s を 1 として新しい C_s は現在 3 である。

【 0 0 8 9 】

第 2 のサイクル 2608 では、次のサイクルにおいて遷移番号 1 が入力され、遷移番号は 3 でなく、そのため 1 としての T の値が 3 としての前のシンボルの値に加算される。加算の結果、すなわち、4 は 3 よりも大きいので、ロールオーバーされた数 0 が現在のシンボルになる。

【 0 0 9 0 】

第 3 のサイクル 2610 では、同じ遷移番号 1 が入力される。 T が 1 であるので、 T_{tmp} も 1 である。変換論理が前のシンボル 0 に 1 を加算して、現在のシンボル 1 を生成する。

【 0 0 9 1 】

第 4 のサイクル 2612 では、遷移番号 0 が入力される。変換論理は、 T が 0 のとき、 T_{tmp} を 3 に等しくする。したがって、3 が前のシンボル 1 に加算されて現在のシンボル 0 を生成する (加算の結果、すなわち、4 は 3 より大きいので、ロールオーバーされた数 0 が現在のシンボルになる)。

【 0 0 9 2 】

したがって、2 つの引き続く 3 進数字 2602 が同じ数を有する場合であっても、この変換は、2 つの引き続くシンボル数字が異なる状態値を有することを保証する。このため、シンボルのシーケンス 2604 中の保証されたシンボル遷移が、クロック信号を埋め込むように働いてよく、それによって、I2C バス中のクロックライン SCL をデータ送信のために解放する。レシーバ側 (RX: S から T へ) では、論理は反転され、 $T_{tmp}=C_s+4-P_s$ 、および $T=T_{tmp}=3?0:T_{tmp}$ である。

【 0 0 9 3 】

図 27 は、遷移番号をシンボル番号に変換するための技法の一例を示す第 1 の図 2700 である。制御データバス 330 が CCle モードで動作するとき、シンボル S が SDA ライン 318 および SCL ライン 316 を介して送信され得る。一例では、各シンボルは 2 ビットからなり得、LSB が SCL ライン 216 に割り当てられ、MSB が SDA ライン 218 に割り当てられる。

【 0 0 9 4 】

各 3 進遷移番号 T は、次のように特徴付けられ得る。

S が前の状態から現在の状態へシンボル順序円の上を 1 つの状態だけ時計回りに遷移するときは $T=1$ であり、

S が前の状態から現在の状態へシンボル順序円の上を 2 つの状態だけ時計回りに遷移するときは $T=2$ であり、

S が前の状態から現在の状態へシンボル順序円の上を 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 モードでのデータ制御バス 330 を介したデータ送信は、任意の遷移番号を採用してよい。すなわち、すべての可能な遷移番号の値は、データを符号化する各シンボルを生成するために使用されるように利用可能である。シンボルは、前に送信されたシンボルと異なるシンボルを識別するように遷移番号を使用して選択される。

【 0 0 9 5 】

図 28 は、図 27 に示す符号化技法のいくつかの態様を示す第 2 の図 2800 である。この図 2800 では、各 3 進遷移番号 T は、次のように特徴付けられ得る。

S が前の状態から現在の状態へシンボル順序円の上を 1 つの状態だけ時計回りに遷移するときは $T=1$ であり、

S が前の状態から現在の状態へシンボル順序円を横切って遷移するときは $T=2$ であり、

S が前の状態から現在の状態へシンボル順序円の上を 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。

第 2 の図 2800 は、SCL ライン 316 は $T=0$ または 1 のときに常にトグルし、SCL ライン 316 は $T=2$ の

10

20

30

40

50

ときにトグルしないことを示す。

【 0 0 9 6 】

図29は、インバンドIRQ期間の間の条件を発生させ得る、SDAマスク3122がアサートされるときに発生することがあるいくつかの条件を示す図である。本明細書で言及するように、SDAライン318は、余分なクロックパルスの生成を回避するために、インバンドIRQ期間の間マスクされる。SCLライン316は、遷移番号T=2が送られるときにトグルせず、I2Cプロトコルによれば、SDAライン318は、SDA信号がマスクされシンボル遷移がないとき、その実際の状態にかかわらず常にハイであるものとして観測される。したがって、SDAマスク期間の間にT=2である場合、スレーブデバイスはその受信クロック上に遷移を生成しないので、SDAマスク=1である間はT=2が禁止されてよい。

10

【 0 0 9 7 】

図30は、図25および図29のSDAマスクを使用することの副作用を示す。たとえTが2に等しくなくても、SDAライン318が、インバンドIRQ期間の間に常に論理1状態として見られるので、SDAライン318に対して論理0をもたらすことになる任意の遷移T値は、SDAビットが常に1であることを前提とするT[2:0]=010にエイリアスされる。

【 0 0 9 8 】

図31は、インバンドIRQのためにハートビートクロックを使用することに関するいくつかの態様を示す、表3100およびタイミング図3120を含む。ハートビートは、3進数空間内で数空間0x81BD6から0x81BF0(すなわち、27個のアドレス)を占有する値を使用して生成され得る。SDAマスク=1である間にT=2が禁止され任意の他のTの組合せがT=010にエイリアスされるという事実は、インバンドIRQをサポートするハートビートワードが1つのアドレスのみを占有するだけでなく、ビット19領域の27個のアドレスを事実上占有することを意味する。特定のハートビートパターンを使用することは、16進で81BF0であるとともに2ワードCCle同期の最初のワードとして極めて有用である3進数2222_2222_2222の使用を禁止する。3進数2222_2222_2222は、完全な同期を容易にする。

20

【 0 0 9 9 】

図32は、CCleモード送信をマッピングするために、図31に示す3進数としてのビット19を使用することの一例を示す表3200である。この例では、ハートビートは、3進数2222_22_2010₃に割り当てられてよい。この例では、2222_2222_2xxx₃としての範囲の中の3進数が検出される限り、これがハートビートおよび/またはインバンドIRQ(たとえば、16進での0x81BD9)として解釈されてよいことに留意されたい。

30

【 0 1 0 0 】

インバンドIRQ技法の第2の例

図33および図34は、CCleモードで動作する、または動作可能な制御データバス330上でインバンドIRQを実施するための技法を示す、タイミング図3300、3400を含む。一例では、インバンドIRQを実行するために必要とされるレシーバクロックRXCLKのサイクルの数を低減することは、図25に関して説明された例に対して低減され得る。タイミング図3300は、受信スレーブデバイスが、たとえば、開始Sインジケータ3312の後に第nのRXCLKパルス3314をその中で検出し得る、インバンドIRQ期間3306を提供するためのプロトコルに対応する。第nのRXCLKパルス3314は、SDAライン318を内部的に(たとえば、受信スレーブデバイス内で)マスクするための内部SDAマスク3324をトリガしてよい。

40

【 0 1 0 1 】

n+1 RXCLKパルス3316において、スレーブデバイスは、SDAライン318をローにプルすることによって、IRQをトリガしてよい。n+1 RXCLKパルス3316の到着の前に、マスタデバイスは、抵抗性プルアップなどを使用して、SDAライン318を(弱く)ハイ状態にプルさせてよい。スレーブデバイスがSDAライン318をローにプルしたとき、インバンドIRQが示され得る。

【 0 1 0 2 】

次のクロックサイクルまで待機するのではなく、n+1 RXCLKパルス3316とn+2 RXCLKパルス3318との間で、ただしn+2 RXCLKパルス3318の前に、マスタデバイスは、インバンドIRQ

50

要求がアサートされたという表示としてSDAライン318がローになっているかどうか、および/またはSDAライン318がいつローになったのかを確認するために、SDAライン318を監視してよい。SDAライン318のマスタデバイスによるそのような監視が、任意のIRQ要求をスレーブデバイスから非同期に検出するために、IRQ期間の間のみに実行されてよいことが諒解されよう。n+2 RXCLKパルス3318において、スレーブデバイスは、SDAライン318をアサート解除するために、インバンドIRQを解放してよい。n+2 RXCLKパルスとn+3 RXCLKパルスとの間で、マスタデバイスは、SDAドライバを再有効化してよく、SDAライン318をハイレベルに駆動し始めてよい。その結果として、アサートしているスレーブデバイスのレシーバは、n+3 RXCLKパルス3320においてSDAマスクを安全に解放することができる。n+3 RXCLKパルス3320において、スレーブデバイスは、SDAマスク3324を解放してよい。このようにして、インバンドIRQは、SDAライン上で規定されたIRQ期間3306の間、スレーブデバイスによって送信され得る。

10

【0103】

図35は、SDAマスク3324が採用されるときのエイリアシング条件を示すタイミング図3500であり、図36は、図33～図35で提示される例による、インバンドIRQの間に供給されるハートビートクロックに関するいくつかの態様を示すタイミング図3600を含む。ハートビートワードは、3進数空間内で数空間0x81BBB～0x81BD5(すなわち、27個のアドレス)を占有し得る。図25～図32に関して説明したハートビートと同様に、図33～図35の例に関する代替のハートビートも、ビット19領域の27個のアドレスを占有する。ただし、この代替のハートビートは、2222_2222_2222ワードが依然として同期のために利用可能であるように、2222_2222_2xxxとしての3進数空間を使用することを禁止しない。このハートビートパターンはまた、マスタデバイスが非同期インバンドIRQ検出回路を使用して、より短いインバンドIRQ期間を適応させることを必要とすることがある。

20

【0104】

図37は、マスタデバイスがアクティブモード3700にあるとき、およびマスタデバイスが節電モード3720にあるとき、ハートビートがそれによって送信され得る方法を示す図である。通常動作の間、マスタデバイスはアクティブモード3700にあってよく、マスタデバイスは、スレーブデバイスがインバンドIRQを発行することを可能にするために、ハートビートワード3702を周期的に送ってよい。割込みをアサートするための機会をスレーブに渴望させないようなハートビートワード間隔であってよい。

30

【0105】

マスタデバイスが節電モード3720にあるとき、同じハートビート3702が同様に送信されてよく、それによって、節電モードの間にインバンドIRQを発行するための機会をバス上のスレーブデバイスに与える。

【0106】

図38は、同期ワード3804とハートビートワード3802の組合せを示すタイミング図3800である。ハートビートワード3802は、2ワード同期ワードシーケンスの第2のワードとしての働きをし得る。一例では、2ワード同期シーケンスは、すべての桁=2(値=2222_2222_2222)を有し「SY-」として示される第1のワード3804とともに開始し得、ハートビートワード3802は、値=2222_2222_1101を有し「-NC」として示され得る。「SY-」ワードは、開始条件に関連付けられた1つの「2」と、バスシグナリング状態を表すシンボルが1(SDA=0、SCL=1)から3(SDA=1、SCL=1)に転じるときの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2を、受信デバイスに生成させ得る。「-NC」ワードは、開始条件に関連付けられた1つの「2」を含む9個の遷移状態2を、受信デバイスに生成させ得る。

40

【0107】

「SY-」ワードと「-NC」ワードとを組み合わせることは、合計23個の遷移状態2および後続の「1101」シーケンスを提供する「SYNC」と呼ばれることがある。このシーケンスは一意的なシーケンスであり、他のCCleトランザクションで発生しない。CCleデバイスは、そのシーケンスを使用してCCleワード境界に同期し得る。

【0108】

50

図39は、CCleプロトコルのビット19内での同期およびハートビートマッピングを示す表3900である。27個の数にわたる16進での数値の空間0x81BD6から0x81BEFは、23個の「2」を含む2ワードパターン「SY-NC」を作るために禁止されてよく、「1101」ビットパターンは一意であり同期のみのために使用される。スレーブデバイスが同期ロスの場合に再同期することを可能にするために、またはホットプラグされたスレーブがバスに同期することを可能にするために、マスタデバイスは、「-NC」ワードであるハートビートの前に「SY-」ワードを周期的に送ることができる。

【0109】

インバンドSIDスキャンおよび応答

制御データバス330に結合される各スレーブデバイスは、スレーブ識別子(SID)によって一意に識別され得る。マスタデバイスは、それらのSIDを学習するために、制御データバスに結合されているスレーブデバイスのスキャンを実行してよい。スキャンは、新しいデバイスがバス上に接続されたときに(たとえば、ホットプラグ)、および/または周期的に、デバイスの始動および/または電源投入において実行されてよい。IRQがスレーブデバイスによって発行されたことをマスタデバイスが感知したとき、マスタデバイスは、次いで、どのデバイスがIRQを発行したのかを識別するために、スレーブデバイスをスキャンしてよい。一手法では、マスタデバイスは、SIDのシーケンスまたはそれらの要素が送られるSIDスキャンを開始してよく、そのようなSIDまたはSID要素に一致するスレーブデバイスは、一致を示すためにSDAラインをローにプルする。

【0110】

図40は、SID「Scan All」コマンド4002とその対応するペイロード4004とを含む、CCle送信の一例4000を示す。SID「Scan All」コマンド4002(「0x4」コードによって識別される)は、マスタデバイスによって発行され得る。ペイロード4004は、ユニットSID照会シーケンス4010を含み得る。各ユニットSID照会シーケンス4010は、SIDマスクペア4008および応答(Resp)ワード4006を含む。SIDマスクペア4008は、それについて照会するためのSID内のビット位置を識別するマスクを定義し得る。

【0111】

表4020に示すように、32ビットのSIDマスクペア4008(2つの16ビットデータD0およびD1に広がる)は、16ビットのSIDの1つまたは複数のビットロケーションが照会されているかどうか、かつ、そうである場合、どの値(または、ビット設定)について照会されているのかを識別するように働く。たとえば、SIDマスクペア4008のビット[1]は、SIDのビット[0]がチェックされるべきであるか、それともマスクされる(すなわち、チェックされない)べきであるかを定義し得る。ビット[1]が「チェック」を示す場合、SIDマスクペア4008のビット[0]は、照会が「0」または「1」に関するかどうかを定義する。

【0112】

RESPワード4006によって規定される期間は、スレーブデバイスが共有バスを介してインバンドでSID照会に応答することを可能にする。ユニットSID照会シーケンス4010ごとに、対応する照会ビットに一致する1つまたは複数のマスクされていないSIDビットを有する各スレーブデバイスは(すなわち、スレーブデバイスのSIDが、照会されたロケーションまたは1つもしくは複数の照会ビットに一致するロケーションにおいて、1つまたは複数のビットを有する)、共有バスの少なくとも1つのラインを介してインバンドで照会応答を送る。このことにより、マスタデバイスが、バス上のいずれかのスレーブデバイスが部分的に一致するSID(すなわち、照会ビットに一致する、照会されたビットロケーションにおいてビットを有するSID)を有するか否かを確認することが可能になる。

【0113】

複数のユニットSID照会シーケンス4010は、マスタデバイスによって、共有バスに結合されたすべてのデバイスのためのSIDを完全に識別するために送られる。

【0114】

「Scan All」コマンド4002またはその変種は、マスタの起動に直接関係しない場合において発行されてよい。一例では、マスタデバイスは、すべてのスレーブデバイスが同期し

10

20

30

40

50

ているかどうかをチェックするために、制御バスに結合されたすべてのスレーブデバイスについてスキャンしてよい。この例では、マスタデバイスは、完全な「ブラインドスキャン」を必ずしも実行する必要があるとは限らず、マスタデバイスは、どのスレーブデバイスがバスに結合されているのかをすでに知り得るので、マスタは、マスクなしの、および/またはいかなるSIDビットも比較から排除しないマスクありの照会を、発行し得る。別の例では、マスタデバイスは、1つまたは複数の特定のスレーブデバイスが同期しているかどうかをチェックするために、制御バスに結合されたすべてのスレーブデバイスについてスキャンしてよい。この例では、マスタデバイスは、スキャンされるべき各スレーブデバイスに対して1つだけユニットSID照会を送ってよい。

【0115】

図41は、SDAラインおよびSCLラインを備える共有バスを介したSIDスキャン応答(RESPワード4006)に関するタイミング図4100を示す。この例では、SIDスキャン応答4130は、12シンボルのシーケンス3131_3130_2323に等しい3進数2222_2221_2101₃または16進の0x81B8Fによって識別される。これらのシンボルは、SDAライン4126およびSCLライン4127を介して送信される。スレーブデバイスが応答期間4106の間にSDAライン4126を使用してSIDスキャン照会に応答することを可能にするために、マスタデバイスはSDAライン4126を解放し、SDAライン4126をハイに弱くプルさせる。各レシーバデバイスは、次いで、応答期間4106にわたって、そのクロックデータ復元回路(CDR)へのSDAライン入力をマスクする。マスタは、SCLラインをトグルして(その状態を変化させて)、SDAラインが使用中である間に、各レシーバデバイスがSCLライン上のそのようなトグルリングからクロックを復元することができ

10

20

【0116】

RESPワード4006は、ハートビートワードとほぼ同じであり得る。マスタデバイスおよび/またはスレーブデバイスがRESPワード4006をハートビートワードと区別できるように、RESPワード4006は、ハートビートワードに対して少なくとも1つの差異を有し得る。ハートビートワードおよびRESPワード4006は、ビット19の3進空間(すなわち、ビット19の値が一定であるアドレス空間)内で隣接してよく、またはほぼ隣接してよく、他の制御およびシグナリング目的のために利用可能な連続した大きい領域を残す。一例では、ビット19の高位の領域の低い部分の中の連続した大きい領域が、他の目的のために予約または使用されてよい。RESPワード4006によって提供されるインバンド応答機能が利用可能であることにより、スレーブデバイスは、専用のサイドバンドIRQラインを使用する代わりにインバンドで応答を送ることができるようになる。

30

【0117】

CCle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4112の後、第nのRXCLK4114を検出し得る。第nのRXCLK4114は、内部SDAマスク4124をトリガして、リッスンしている各CCleデバイス内のSDAライン4126を、内部的に(たとえば、受信スレーブデバイス内で)マスクしてよい。

【0118】

n+1 RXCLK4116において、スレーブデバイスは、SDAライン4126をローにプルすることによって、応答をアサート/発行し得る。SDAライン4126は、マスタデバイスによってハイに弱くプルされ、その結果、(スレーブデバイスによって)ローにプルされるとき、このことは、SIDスキャン照会に対する肯定的応答を示すように働く。SDAライン4126をハイに弱くプルすることによって、これによりスレーブデバイスがSDAライン4126をローにプルして、SIDスキャン照会に対する応答をアサートすることが可能になる。

40

【0119】

次のクロックサイクルまで待機するのではなく、n+1 RXCLK4116とn+2 RXCLK4118との間で、ただしn+2 RXCLK4118の前に、マスタデバイスは、それがローになっているかどうか、および/またはそれがいつローになったのかを確認するために、SDAライン4126を監視してよく、それは応答がアサート/発行されたことを意味する。マスタデバイスによるSDAライン4126のそのような監視は、スレーブデバイスからのアサート/発行された応答を非同

50

期に検出するために、応答期間4106の間のみに実施され得ることに留意されたい。

【 0 1 2 0 】

n+2 RXCLK4118において、スレーブデバイスは、SDAライン4126を解放してよい。

【 0 1 2 1 】

n+2 RXCLK4118とn+3 RXCLK4120との間で、マスタデバイスは、そのSDAラインドライバを再有効化してよく、SDAライン4126をハイに駆動し始める。その結果として、レシーバデバイス(たとえば、アサートしているスレーブデバイス)は、n+3 RXCLK4120においてSDAマスク4124を安全に解放することができる。

【 0 1 2 2 】

n+3 RXCLK4120において、スレーブデバイスは、SDAマスク4124を解放してよい。このようにして、SIDスキャン応答は、SDAライン4126上で規定された応答期間4106の間、スレーブデバイスによって送信され得る。

【 0 1 2 3 】

図42は、3進数2222_2221_2101₃(16進の0x81B8F)を使用するためにCCleプロトコルによって使用され得る可能なSIDスキャン応答ワードを示す表4200である。

【 0 1 2 4 】

IRQグループ照会

IRQをアサートしているスレーブデバイスを識別するために、スレーブデバイスは「グループ」が割り当てられてよく、または「グループ」に関連付けられてよい。したがって、マスタデバイスは、IRQ要求をアサートしたスレーブデバイスを識別するための照会を送ってよい。IRQをアサートしたスレーブデバイスは、その割り当てられたグループ内の照会のみに応答してよく、それによって、マスタデバイスに対してアサートしているスレーブデバイスを識別する。

【 0 1 2 5 】

図43は、例示的なCCleプロトコル内でのIRQグループ照会の一斉呼出しを示す図4300である。マスタデバイスは、一斉呼出しのIRQグループ照会4320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してよい。IRQグループ照会コマンド4302の16進で0x0007に続き、複数のIRQグループ照会ワード4304が送られる。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、グループ0～グループ32に対して全体で33個のスロットを有する。一例では、照会ワード4304は、1～11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)4306とを含み得る。終止ワード4400の一例が、図44に示される。各照会ワード4304に対して、すべてのスレーブデバイスは、共有バスのSDAラインをマスクする。一斉呼出しのペイロード4304の各IRQグループ照会(IQ)ワード4308において、各スレーブレシーバは、T₁₁ RXCLKにおいてSDAをマスクし始めなければならない、ダミー(T₁₁)RXCLKにおいてマスクを解放しなければならない。

【 0 1 2 6 】

図43に示す例では、呼出しのメッセージタイプが値0x7を有するとき、IRQグループ照会が決定され得る。言及したように、3つの異なるIRQグループに割り当てられた一斉呼出しのペイロードの各IQワードの中に、3つのタイムスロットが存在し得る。各スロットにおいて、割り当てられた各グループの中の1つまたは複数のスレーブデバイスは、スレーブデバイスがIRQを発行したこと、またはサービスされていないIRQをスレーブデバイスが有することを示すための照会応答として、SDAラインを駆動することができる。マスタデバイスは、IRQグループ照会(IQ)ワードの数を、バスに関連するIRQグループの数に基づいて選んでよい。

【 0 1 2 7 】

いくつかの事例では、または必要に応じて、マスタデバイスは、すべての既存のグループを包含するために必要とされるシーケンス長よりも短い照会ワードシーケンスを送ってよい。一例では、より短い照会ワードシーケンスが送られて、頻繁で短いレイテンシイベントを得るために照会時間を短くしてよく、全部の照会が、バス上のすべてのグループを包含するほど頻繁には実行されないことがある。IRQグループ照会(IQ)ワードのシーケン

10

20

30

40

50

スは、終止ワード(Term)とともに完結し得る。

【 0 1 2 8 】

図44に示すように、終止ワード4400のシンボルパターンは、いつSDAをマスクすること
をやめIRQグループ照会一斉呼出し処理を終了するべきかをレシーバが知るとな
るようなロケーション $T_{1,1}$ におけるIRQグループ照会(IQ)ではなく、各レシーバがワードが終止ワード4400
(すなわち、Termワード4306)であることを認識できるように選ばれてよい。終止(Termワ
ード4400)方式を使用することは、ペイロードの長さがフレキシブルに設定されることを
可能にし、IRQグループ照会(IQ)ワードシーケンスの長さは、必要なら11ワードを上回る
ことができる。

【 0 1 2 9 】

スレーブデバイスにおいてSDAMASK信号4124、4424の可変長での送信および活動化に関
する論理および意思決定を簡単にするために、IRQグループ照会呼出しは、いくつかのワ
ードに対するビット値を規定し得る。一例では、RESPワード4006(図40参照)と、一斉呼出
しに関連したいくつかの他のワードとの間の差異は、図41に示すRESPワードの初期シンボ
ル4103と、図44に示すTermワード4306(図43参照)の初期シンボル4403との間の差異におい
て観測され得る。すなわち、対応する送信されたシンボル4104と4404とのシーケンスの第
1の(最上位の)シンボル4103と4403との間で明らかである差異は、全体のワードの復号が
完了する前にSDAMASK信号4124、4424の性質を速やかに決定するためにレシーバによって
使用されてよい。特に、スレーブデバイスは、受信されたシンボルシーケンス4104と4404
の両方におけるシンボル値{3,1}として、開始条件を検出することができる。開始条件を
検出すると、各スレーブデバイスは、スレーブデバイスによって受信されたシンボルの数
を追跡するために使用され得るシンボルカウンタ(SYMCNT)4402を初期化してよい。一例で
は、SYMCNT4402は0xBとしての値を用いて初期化されてよく、SYMCNT4402は受信されたシ
ンボルごとにデクリメントされてよい。したがって、スレーブデバイスは、SYMCNT4402が
0xBとしての値を有するときに受信されたシンボル4103または4403の値に基づいて、SDAMA
SK信号4124、4424の状態を決定し得る。RESPワード4006が受信されているとき、SYMCNT44
02が0xBとしての値を有するときにシンボル4103は3としての値を有し、それはSDAMASK信
号4124が有効化されるべきであることを示す。Termワード4306が受信されているとき、SY
MCNT4402が0xBとしての値を有するときにシンボル4403は3としての値を有さず(ここで、
値は0である)、それはSDAMASK信号4424が無効化されるべきであることを示す。RESPワー
ド4006およびTermワード4306を符号化するために使用されるシンボルの構成は、スレーブ
デバイスがRESPまたは一斉呼出しのシーケンスをオンザフライで終了することを可能にし
、それによって、可変長のシーケンスが処理されることを可能にする。

【 0 1 3 0 】

いくつかの事例では、第1のIRQグループ照会(IQ)のための3つのスロットが、グループ0
、1、および2に割り当てられる。数が小さいグループが、早い応答スロットに割り当てら
れる。グループ0は、ホットプラグされるデバイスのために、またはマスタがバスシステ
ム上でまだ認識していないデバイスのために予約されてよい。少なくとも1つのIRQグルー
プ照会(IQ)ワードが送られなければならないので、IRQを発行したいかなるホットプラグ
されたデバイスも、常に認識され得る。

【 0 1 3 1 】

図45は、グループ照会呼出しに対する応答を示す。この例では、クロッキングをSCLラ
イン4510に転送するとともにSDAマスク4512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ライン4508上に規定され得る。この例では、3つの別
個のスロット4502、4504、および4506が、各照会(IQ)ワード4308(図43参照)に対して規定
されている。各IQワード4308の中の3つのタイムスロット4502、4504、および4506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4502、4504、および4506に
割り当てられたスレーブデバイスは、スレーブデバイスがIRQを発行したこと、またはサ
ービスされていないIRQをスレーブデバイスが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4502、4504、および4506の間、SDAライン4508を駆動することが

できる。各IRQグループ照会ワード4308が3つの照会応答スロット4502、4504、および4506を有するので、最大11個のIRQグループ照会(IQ)ワードが一斉呼出しのペイロード4304の中にあってよく、1つの呼出しの中に最大33個のグループスロットがあってよい。

【0132】

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、最高32個のデバイスがグループに割り当てられてよく、それによって、IRQ発行者が直ちに特定される。この手法は複数のIRQグループを一度に識別し、それによって、必要な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てよいが、グループの中の複数のデバイスのうちのどれがIRQを発行したかを識別するために、追加の照会がマスタデバイスによって必要とされ得る。

10

【0133】

マスタデバイスは、バスシステム上のIRQグループの数に基づいて、一斉呼出しに含めるべきIRQグループ照会(IQ)ワードの数を選んでよい。いくつかの例では、マスタデバイスは、(たとえば、11個としての最大数よりも少ない)より少数の照会ワード4308を送信してよい。このことは、IRQグループ照会の一斉呼出しのための時間の短縮を可能にし得る。

【0134】

IRQグループ照会(IQ)ワードのシーケンスは、終止ワード(Term)4306とともに終了する。各レシーバスレーブデバイスが、SDAライン4508をマスクするのをいつ止めるべきかということと、IRQグループ照会の一斉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)でなく終止(Term)であることを認識できるように、終止ワード4306のシンボルパターンは選ばれてよい。

20

【0135】

第1のIRQグループ照会(IQ)に対する3つのスロット4502、4504、および4506は、グループ0、1、および2に割り当てられてよい。数が小さいグループが、早い応答スロットに割り当てられてよい。

【0136】

一例では、グループ0は、ホットプラグされるデバイス、または共有バス上でマスタデバイスがまだ認識していないデバイスのために予約されてよい。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を発行したホットプラグされたデバイスは常に認識される。

30

【0137】

終止(Term)ワード4306の使用のおかげで、ペイロード4304の長さはフレキシブルに設定されてよく、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。

【0138】

IRQグループ照会はサイドバンドIRQのために使用されてよく、ここで、別個のIRQ信号ラインが、割込みサービスを要求するためにスレーブデバイスによって使用され得る。マスタは、要求しているデバイスを、IRQグループ照会を使用して識別することができ、マスタデバイスは、IRQアサーション期間を正確な自走タイマーを用いて測定することによってIRQグループを決定する必要がない。この点で、スレーブデバイスは正確なタイミングを伴うIRQを生成する必要がなく、スレーブデバイスはIRQを調停する必要がない。したがって、スレーブデバイスおよび/またはマスタデバイスは、グループ識別のためのIRQ期間を生み出したまたは測定するための正確な自走タイマーを用いずに、動作することができる。

40

【0139】

いくつかの態様によれば、IRQグループ照会は、いかなるグループも調停ロスを受けることなく、複数のグループによる同時のIRQアサーションをサポートすることができる。マスタデバイスはすべてのIRQを直ちに認識することができ、スレーブデバイスは調停ロスの結果としてIRQを反復し続ける必要がない。したがって、スレーブデバイスがアクセ

50

スの「枯渴」に遭遇する可能性は小さい。

【0140】

グローバルクロック読取り

CCle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。制御データバスを介してデータを送るデバイスはまた、データ内に埋め込まれたクロック情報を送る。I2Cとは異なり、すべてのスレーブデバイスは、クロック情報とともに読取りデータを生成するためにそれら自体のクロックソースを使用しなければならない。たとえば、すべてのスレーブデバイスにSDA入力をマスクさせるとともにスレーブデバイスがSDAラインを駆動することを可能にする間にSCLラインを常にトグルする、IRQグループ照会のための本明細書で説明する技法はまた、グローバルクロック読取りを実行するために使用され得る。

10

【0141】

図43～図45から諒解され得るように、主に、異なるRXCLKタイミングを伴う複数のスレーブが同じタイムスロット内でSDAラインを駆動することを可能にするために、IRQグループ照会ワードは、3個のスレーブ応答しか搬送しないように限定されてよい。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ラインを駆動すること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。

【0142】

図46は、DDRグローバルクロック読取り実装の一例に対応する、グローバルクロック読取りの一斉呼出しの一例4600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、マスタデバイスは、一斉呼出しなどのいくつかのCCleプロトコル送信を発行してよい。一斉呼出しの送信は、以下のことを示し得る。

20

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。

【0143】

バス上のデバイスの各々は、特定の数のワードが送られるまで、一斉呼出しの後のCCleトランザクションのすべてがDDRグローバルクロック読取りに関係することを理解するように、適合または構成される。

30

【0144】

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は、ワードの終わりにおけるダミーシンボルを含むシンボル期間の間、それらのクロックデータ復元(CDR)回路へのSDA入力をマスクしてよい。アドレス指定されたスレーブデバイスは、(開始条件のそばのRXCLKを含まない)第2のRXCLKパルスにおいてSDAライン318をローに駆動し、その論理0は、SDAラインをサンプリングするためのそのクロック(SDACLK)を校正するためにマスタデバイスによって使用される。第3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追い出すことができる。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。この期間の間、マスタデバイスは、SCLライン上でDDRグローバルクロックを供給または駆動する。スレーブデバイスは、第12のRXCLKにおいてSDAライン318をハイに駆動してよく、第13のRXCLKにおいてSDAライン318を解放してよい。

40

【0145】

マスタデバイスは、第1のシンボル「3」が送信された後、SDAライン318を解放し、最後のシンボル「2」の後、そのSDAドライバを有効にするとともにSDAライン318をハイに駆動する。SDAライン318を解放した後、SDAライン318は、ハイ状態に弱くプルされてよい。マスタは、SDACLKのタイミングにおいてSDAライン318をサンプリングして、読み取られた9個のデータビットをシフトインする。マスタは、最後のシンボル(「2」)の後、シンボル「3」を送信することによってSDAライン318の駆動を再開してよい。

【0146】

50

図47は、グローバルクロック読取りワードのいくつかの態様を示すタイミング図である。第1のクロック信号SDACLK4702および第2のクロック信号RXCLK4704は、マスタデバイス内の内部信号を示す。第2のクロック信号RXCLK4704は、マスタ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SDACLK4702は、スレーブデバイス信号によって駆動されるときに(共有バスの一部である)SDAライン4708からデータ値をサンプリングするためにマスタデバイスによって使用され得る、クロック生成回路4706によって生成され得る。第1のクロック信号SDACLK4702は、SDAMASK信号4710が1である(CDRへのSDAライン4708の入力がマスクされる)ときのみ、生成され得る。

【0147】

グローバルクロック読取り期間の間にSDAライン4708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(マスタデバイスを含む)は、この期間の間はCDRへのSDAライン4708入力をマスクし、その期間は、開始条件から立ち上がる(4712)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に対する最後のRXCLKの立ち上がり4714において終了する。

【0148】

この例では、マスタデバイスは、グローバルクロック読取りワードに対して0x5BE75(2010_1010_1010₃)を送る。これはグローバルクロック読取りの一斉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、SDAMASK4710をいつ開始し終了すべきかも知っている。

【0149】

場合によっては、SDACLK4702は、SDAライン318上での読取りデータターンアラウンド遅延に対処するように、マスタデバイスにおいてそのRXCLK4704に対する遅延を伴って生成されてよい。第1の知られているデータ(たとえば、SDAライン318上での1から0への立下り)のターンアラウンド遅延をマスタデバイスにおいて測定することによって、遅延の持続時間は最適にされ得る。

【0150】

場合によっては、スレーブデバイスは、グローバル呼出しの後でのみ、各グローバルクロック読取りワードにおいてSDAMASKを活動化させてよい。SDAライン318をマスクすることは、アドレス指定されていないバス上の任意のスレーブデバイスがGCRワードデータによって影響を受けないことを防ぐことができる(各スレーブによる2010_1010_1010₃として見られる)。

【0151】

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。

【0152】

SDAライン4708上のデータ信号はスレーブデバイスのCDRからのRXCLK4716を使用してスレーブデバイスによって駆動されるので、マスタデバイスは、マスタデバイスが十分なセットアップタイムおよびホールドタイムを伴ってデータをサンプリングするために、マスタデバイスのCDRからの第2のクロック信号RXCLK4704を「適切に」遅延させなければならない。マスタデバイスは、マスタ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サイクル)を送出した後、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ライン4708の第1の立ち下がりエッジにおける「適切な」遅延を学習する。「較正論理」4718は、T10サイクルの開始からのSDAライン4708の立ち下がりの遅延を測定し、マスタデバイスが次のシンボルからスレーブデバイスからのSDAライン4708の送信を確実にサンプリングするように、「SDACLK遅延」を構成するためにその遅延を使用した。

【0153】

共通IRQバスを伴う装置、システムおよび方法の例

10

20

30

40

50

図48は、本明細書で開示する1つまたは複数の機能を実行するように構成され得る処理回路4802を採用する装置のためのハードウェア実施態様の簡略化された例を示す概念図4800である。本開示の様々な態様によれば、共通IRQバスを使用して割込みを管理または開始するための本明細書で開示するような要素、または要素の任意の部分、または要素の任意の組合せは、処理回路4802を使用して実施され得る。処理回路4802は、ハードウェアモジュールとソフトウェアモジュールの何らかの組合せによって制御される1つまたは複数のプロセッサ4804を含んでよい。プロセッサ4804の例は、マイクロプロセッサ、マイクロコントローラ、デジタル信号プロセッサ(DSP)、フィールドプログラマブルゲートアレイ(FPGA)、プログラマブル論理デバイス(PLD)、ステートマシン、シーケンサ、ゲート論理、個別ハードウェア回路、および本開示全体にわたって説明する様々な機能を実施するように構成された他の適切なハードウェアを含む。1つまたは複数のプロセッサ4804は、特定の機能を実施し、ソフトウェアモジュール4816のうちの1つによって構成され、増強され、または制御されてよい専用プロセッサを含んでよい。たとえば、処理回路は、1つまたは複数のワイヤレスネットワーク上の送信のためのデータの符号化および復号を処理するように適合され得る通信プロセッサまたは別のタイプのプロセッサとして構成されてよい。1つまたは複数のプロセッサ4804は、初期化の間にロードされる1つまたは複数のソフトウェアモジュール4816の組合せを通じて構成されてよく、動作の間にソフトウェアモジュール4816のうちの1つまたは複数を読みまたはアンロードすることによってさらに構成されてもよい。

10

20

30

40

50

【0154】

図示の例では、処理回路4802は、バス4810によって概略的に表されるバスアーキテクチャを用いて実装されてよい。バス4810は、処理回路4802の特定の適用例および全体的な設計制約に応じて、任意の数の相互接続するバスおよびブリッジを含んでよい。バス4810は、1つまたは複数のプロセッサ4804および記憶装置4806を含む様々な回路を互いにリンクする。記憶装置4806は、メモリデバイスおよび大容量記憶デバイスを含んでよく、本明細書ではコンピュータ可読媒体と呼ばれることがある。バス4810はまた、タイミングソース、タイマー、周辺装置、電圧レギュレータ、および電力管理回路などの様々な他の回路をリンクし得る。バスインターフェース4808は、バス4810と1つまたは複数のトランシーバまたはラインインターフェース回路4812との間のインターフェースを提供し得る。ラインインターフェース回路4812は、マルチワイヤシリアルバスを含んでよい伝送媒体を介して、様々な他の装置と通信する際に使用される差動ラインドライバおよびレシーバ、CDR、エンコーダおよびデコーダを含んでよい。装置の性質に応じて、ユーザインターフェース4818(たとえば、キーパッド、ディスプレイ、スピーカー、マイクロフォン、ジョイスティック)も備えられてよく、バス4810に直接またはバスインターフェース4808を通じて通信可能に結合されてもよい。

【0155】

プロセッサ4804は、バス4810を管理すること、および/または記憶装置4806を含むことがあるコンピュータ可読媒体に記憶されたソフトウェアの実行を含んでよい一般的な処理を担当してよい。この点で、プロセッサ4804を含む処理回路4802は、本明細書で開示する方法、機能および技法のうちのいずれかを実装するために使用されてよい。記憶装置4806は、ソフトウェアを実行するとき、プロセッサ4804によって操作されるデータを記憶するために使用されてよく、ソフトウェアは、本明細書で開示する方法のうちの任意の1つを実施するように構成されてよい。

【0156】

処理回路4802の中の1つまたは複数のプロセッサ4804は、ソフトウェアを実行してよい。ソフトウェアは、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、ハードウェア記述言語、または他の名称で呼ばれるかどうかにかかわらず、命令、命令セット、コード、コードセグメント、プログラムコード、プログラム、サブプログラム、ソフトウェアモジュール、アプリケーション、ソフトウェアアプリケーション、ソフトウェアパッケージ、ルーチン、サブルーチン、オブジェクト、実行ファイル、実行スレッド、ブ

ロシージャ、関数、アルゴリズムなどを意味するように広く解釈されるものとする。ソフトウェアは、コンピュータ可読の形で記憶装置4806の中または外部コンピュータ可読媒体の中に常駐してもよい。コンピュータ可読媒体および/または記憶装置4806は、非一時的コンピュータ可読媒体であってよい。非一時的コンピュータ可読媒体は、例として、磁気記憶デバイス(たとえば、ハードディスク、フロッピーディスク、磁気ストリップ)、光ディスク(たとえば、コンパクトディスク(CD)またはデジタル多用途ディスク(DVD))、スマートカード、フラッシュメモリデバイス(たとえば、「フラッシュドライブ」、カード、スティック、またはキードライブ)、ランダムアクセスメモリ(RAM)、読取り専用メモリ(ROM)、プログラマブルROM(PROM)、消去可能PROM(EPROM)、電氣的消去可能PROM(EEPROM)、レジスタ、リムーバブルディスク、およびコンピュータがアクセスし読み取ってもよいソフトウェアおよび/または命令を記憶するための任意の他の適切な媒体を含む。コンピュータ可読媒体および/または記憶装置4806はまた、例として、搬送波、伝送線路、およびコンピュータがアクセスし読み取ってもよいソフトウェアおよび/または命令を送信するための任意の他の適切な媒体を含んでよい。コンピュータ可読媒体および/または記憶装置4806は、処理回路4802の中に存在するか、プロセッサ4804の中に存在するか、処理回路4802の外部に存在するか、または処理回路4802を含む複数のエンティティにわたって分散されてもよい。コンピュータ可読媒体および/または記憶装置4806は、コンピュータプログラム製品で実施されてよい。例として、コンピュータプログラム製品は、パッケージング材料の中のコンピュータ可読媒体を含んでよい。当業者は、特定の適用例および全体的なシステムに課された全体的な設計制約に応じて、本開示全体にわたって提示された記載の機能を最もよく実装する方法を認識されよう。

【0157】

記憶装置4806は、本明細書でソフトウェアモジュール4816と呼ばれることがある、ロード可能なコードセグメント、モジュール、アプリケーション、プログラムなどにおいて維持および/または編成されるソフトウェアを維持してよい。ソフトウェアモジュール4816の各々は、処理回路4802にインストールまたはロードされ、1つまたは複数のプロセッサ4804によって実行されるとき、1つまたは複数のプロセッサ4804の動作を制御するランタイムイメージ4814に寄与する命令およびデータを含んでよい。実行されるとき、いくつかの命令は、処理回路4802に、本明細書で説明するいくつかの方法、アルゴリズムおよびプロセスに従って機能を実行させてよい。

【0158】

ソフトウェアモジュール4816の一部は、処理回路4802の初期化の間にロードされてよく、これらのソフトウェアモジュール4816は、本明細書に開示する様々な機能の実行を可能にするように処理回路4802を構成してもよい。たとえば、いくつかのソフトウェアモジュール4816は、プロセッサ4804の内部デバイスおよび/または論理回路4822を構成してよく、ラインインターフェース回路4812、バスインターフェース4808、ユーザインターフェース4818、タイマー、数学コプロセッサなどの外部デバイスへのアクセスを管理してもよい。ソフトウェアモジュール4816は、割込みハンドラおよびデバイスドライバと対話するとともに、処理回路4802によって提供される様々なリソースへのアクセスを制御する、制御プログラムおよび/またはオペレーティングシステムを含んでよい。リソースは、メモリ、処理時間、ラインインターフェース4812へのアクセス、ユーザインターフェース4818などを含んでよい。

【0159】

処理回路4802の1つまたは複数のプロセッサ4804は、多機能であってもよく、それにおいて、ソフトウェアモジュール4816の一部は、異なる機能または同じ機能の異なるインスタンスを実行するようにロードおよび構成される。1つまたは複数のプロセッサ4804はさらに、たとえば、ユーザインターフェース4818、ラインインターフェース回路4812、およびデバイスドライバからの入力に回答して開始されたバックグラウンドタスクを管理するように適合されてよい。複数の機能の実行をサポートするために、1つまたは複数のプロセッサ4804は、マルチタスク環境を提供するように構成されてよく、それにおいて、複数

の機能の各々が、必要または要望に応じて、1つまたは複数のプロセッサ4804によってサービスされるタスクのセットとして実装される。一例では、マルチタスク環境は、異なるタスク間でプロセッサ4804の制御を渡す時分割プログラム4820を使用して実装されてよく、それにおいて、各タスクは、任意の未処理動作が完了すると、および/または割込みなどの入力にตอบสนองして、時分割プログラム4820に1つまたは複数のプロセッサ4804の制御を戻す。タスクが1つまたは複数のプロセッサ4804の制御を有するとき、処理回路は、事実上、制御しているタスクに関連した機能によって対処される目的に事実上特化される。時分割プログラム4820は、オペレーティングシステム、ラウンドロビンベースで制御を移すメインループ、機能の優先順位付けに従って1つもしくは複数のプロセッサ4804の制御を割り振る機能、および/または、1つもしくは複数のプロセッサ4804の制御を処理機能に提供することによって外部イベントにตอบสนองする割込み駆動のメインループを含んでよい。

10

【0160】

図49は、本明細書で開示するいくつかの態様による、インバンドIRQをアサート、受信、および/または処理するための方法の第1の例を示すフローチャート4900である。方法は、たとえば、マスタデバイス、またはマスタデバイスとスレーブデバイスの組合せによって実施され得る。

【0161】

ブロック4902において、バスを介したマスタデバイスからのデータ送信が制御され得る。データビットは、バスの2つのラインに渡って送信のためのシンボルにトランスコードされてよく、クロック信号は、データ送信のシンボル遷移内に埋め込まれる。

20

【0162】

ブロック4904において、バスの第1のラインおよび第2のラインを介したマスタデバイスによるハートビートワードの送信に関連した割込み期間の間、バスが監視され得る。1つまたは複数のスレーブデバイスは、ハートビートワードの送信にตอบสนองして、バスの第1のラインを使用して割込み要求をアサートすることを可能にされ得る。ハートビートワードの送信は、バスがアイドル動作モードにある間に、第1のラインおよび第2のラインのシグナリング状態から生成される受信クロック上でパルスを生成し得る。

【0163】

いくつかの例では、ハートビートワードは、最上位ビットが第1の論理値に設定された20ビットワードのセットの中から選択され得る。マスタデバイスと1つまたは複数のスレーブデバイスとの間で送信されるペイロードデータは、最上位ビットが第2の論理レベルに設定された20ビットワードを含み得る。1つまたは複数のスレーブデバイスは、バスの第1のラインおよび第2のラインの上で応答ワードを送信することによって、割込み要求をアサートするように適合され得る。応答ワードは、ハートビートワードと1ビットだけ異なっていてよく、ハートビートワードの最上位ビットと同一の最上位ビットを有する。

30

【0164】

別の例では、1つまたは複数のスレーブデバイスは、バスから受信されたトランスコードされているデータビットを復号するための割込み期間の間、第1のラインを内部的にマスクするように適合され得る。スレーブ識別子スキャン応答期間が提供され得、そのスレーブ識別子スキャン応答期間の間に、バスの第1のラインおよび第2のラインを介してマスタデバイスによって開始されたスレーブ識別子スキャンの一部の中で、バスに結合されている1つまたは複数のスレーブデバイスがそれらの一意の識別子をバスの第1のラインを介して提供することができる。

40

【0165】

別の例では、1つまたは複数のスレーブデバイスの各々は、第1のデータラインをマスクするように構成され得る。SIDスキャン応答期間は、バス上でのグローバル呼出しの送信の間に提供され得る。1つまたは複数のスレーブデバイスの各々は、グローバル呼出しがバス上で送信された後、応答を送信しているときに第1のデータラインをマスクするように構成され得る。

【0166】

50

一例では、マスタデバイスは、割込み要求をアサートしているスレーブデバイスを識別するために、バスを介してスレーブデバイスのスキャンを実行し得る。マスタデバイスは、アサートしているスレーブデバイスから第1のラインを介してインジケータを受信し得る。

【0167】

別の例では、スレーブデバイスは、割込み期間の間に第1のラインをプルダウンすることによって、割込み要求をアサートし得る。スレーブデバイスは、バスを介して受信されたトランスコードされているデータビットを復号するための割込み期間の間、第1のラインを内部的にマスクし得る。いくつかの態様によれば、バスに結合されているすべてのスレーブデバイスはまた、割込み期間の間、第1のラインを内部的にマスクする。

10

【0168】

別の例では、スレーブ識別子スキャン応答期間が提供され得る。この期間の間、バスに結合されている1つまたは複数のスレーブデバイスは、バスの第1のラインおよび第2のラインを介してマスタデバイスによって開始されたスレーブ識別子スキャンの一部の中で、それらの一意の識別子をバスの第1のラインを介して提供することができる。

【0169】

別の例では、マスタデバイスがバスの第2のラインを介してグローバル読取りクロックを送る間に、前に識別されたスレーブデバイスがバスの第1のラインを介してデータを送信することを可能にされる、データ読取り期間が規定され得る。グローバル読取りクロックは、ダブルデータレートクロックであってよい。

20

【0170】

図50は、本明細書で開示するいくつかの態様による、IRQを生成するための方法の例を示すフローチャート5000である。方法は、たとえば、スレーブデバイスによって実施され得る。

【0171】

ブロック5002において、スレーブデバイスは、バスを介してマスタデバイスからデータ送信を受信し得る。データのデータビットは、バスの2つのラインに渡って送信のためのシンボルにトランスコードされてよい。クロック信号は、データ送信のシンボル遷移内に埋め込まれてよい。割込み期間は、バスを介して受信されたシンボル内で規定され得る。

【0172】

30

ブロック5004において、スレーブデバイスは、バスの第1のラインおよび第2のラインを介してマスタデバイスからハートビート送信を受信している間に、バスの第1のライン上で割込み要求をアサートし得る。割込み要求は、アサートしているスレーブデバイスがマスタデバイスによる何らかのアクションを要求することを望むというインジケータであり得る。割込み要求は、割込み期間の間、第1のラインをプルダウンすることによってアサートされ得る。

【0173】

一例では、割込み要求は、アサートしているスレーブデバイスがマスタデバイスによる何らかのアクションを要求することを望むというインジケータである。割込み要求は、割込み期間の間、第1のラインをプルダウンすることによってアサートされ得る。

40

【0174】

別の例では、スレーブデバイスは、ハートビートワードを検出した後、第1のデータラインをマスクし得る。第1のデータラインは、一斉呼出しがバス上で送信された後、ハートビートワードに対する応答を送信している間にマスクされ得る。

【0175】

別の例では、スレーブデバイスは、バスの第1のラインおよび第2のラインを介してマスタデバイスからスレーブ識別子スキャン要求を受信し得、スレーブ識別子スキャン要求によって提供されたスレーブ識別子スキャンのスレーブ識別子スキャン応答期間の一部の中で、バスの第1のラインを介して一意のスレーブ識別子を提供し得る。

【0176】

50

別の例では、マスタデバイスがバスの第2のラインを介してグローバル読取りクロックを送る間に、前に識別されたスレーブデバイスがバスの第1のラインを介してデータを送信することを可能にされる、マスタデバイスによって規定されるデータ読取り期間の間、スレーブデバイスは、バスの第1のラインを介してデータを送り得る。いくつかの事例では、バスに結合されているすべてのスレーブデバイスはまた、グローバルクロック読取り期間の間、SDAラインを内部的にマスクする。

【0177】

図51は、処理回路5102を採用する装置5100のためのハードウェア実装形態の一例を示す概念図である。この例では、処理回路5102は、バス5116によって概略的に表されるバスアーキテクチャを用いて実装され得る。バス5116は、処理回路5102の特定の適用例および全体的な設計制約に応じて、任意の数の相互接続するバスおよびブリッジを含んでよい。バス5116は、プロセッサ5112によって概略的に表される1つまたは複数のプロセッサ、およびプロセッサ可読記憶媒体5114によって概略的に表されるコンピュータ可読媒体を含む様々な回路を互いにリンクする。1つまたは複数のタイマーがバスに接続されてよく、および/またはプロセッサ5112の中で直接アクセス可能であり得るか、またはプロセッサ5112内で実施され得る。バス5116はまた、タイミングソース、タイマー、周辺装置、電圧調整器、および電力管理回路などの様々な他の回路をリンクしてよい。ラインインターフェース回路5112は、処理回路5102を制御データバスに結合する差動ドライバおよびレシーバ、および/または処理回路をIRQバスに結合する回路を含んでよい。装置の性質に応じて、ユーザインターフェースが、キーパッド、ディスプレイ、スピーカー、マイクロフォン、ジョイスティックなどのデバイスをサポートするために設けられてよい。

10

20

【0178】

プロセッサ5112は、バス5116の管理、およびプロセッサ可読記憶媒体5114に記憶されたソフトウェアの実行を含む一般的な処理を担当する。ソフトウェアは、プロセッサ5112によって実行されるとき、処理回路5102に、任意の特定の装置に対して上記で説明した様々な機能を実行させる。プロセッサ可読記憶媒体5114は、ソフトウェアを実行するとき、プロセッサ5112によって操作されるデータを記憶するために使用されてよい。プロセッサ可読記憶媒体5114はまた、1つまたは複数のリモート管理されるデバイスに関するシステム情報(たとえば、プロファイル)、および装置5100自体に関するシステム情報を記憶するために使用されてよい。

30

【0179】

一構成では、処理回路5102は、I2C、CCI、および/またはCCleバス上のバスマスタとして通信するために適合されたデバイスとしての、1つまたは複数の機能を実行してよい。第2の構成では、処理回路5102は、I2C、CCI、および/またはCCleバス上のスレーブマスタとして通信するために適合されたデバイスとしての、1つまたは複数の機能を実行してよい。処理回路5102は、インターフェース回路5118を通じて制御データバス5120に接続されてよい。処理回路5102は、インバンドIRQ信号がアサートされているとき、またはインバンドIRQ信号が少なくとも1つのスレーブデバイスによってアサートされ得るときを確認するために、CCleバス5120を監視するように構成されたモジュールまたは回路5104と、CCleバス5120上で送信されるデータを符号化または復号するように構成されたモジュールまたは回路5106と、データをCCleバス5120を使用して送信および/または受信するように構成されたモジュールまたは回路5108とを含んでよい。

40

【0180】

開示された方法におけるステップの具体的な順序または階層が例示的なプロセスの例示であることを理解されたい。設計の選好に基づいて、方法におけるステップの具体的な順序または階層が再構成可能されてよいことを理解されたい。添付の方法クレームは、様々なステップの要素を例示的な順序で提示したものであり、クレーム内で明記していない限り、提示した特定の順序または階層に限定されるように意図されているわけではない。

【0181】

上記の説明は、本明細書で説明する様々な態様を当業者が実施できるようにするために

50

与えられる。これらの態様の様々な変更は、当業者に容易に明らかになり、本明細書において規定される一般原理は、他の態様に適用することもできる。したがって、特許請求の範囲は本明細書において示される態様に限定されることを意図するものではなく、特許請求の範囲の文言と整合するすべての範囲を許容するように意図されており、単数の要素への言及は、そのように明記されていない限り、「唯一の」ではなく、「1つまたは複数の」を意味することを意図している。別段に明記されていない限り、「いくつか(some)」という用語は、1つまたは複数を指す。項目のリスト「のうちの少なくとも1つ」について言及する句は、単一のメンバーを含むそれらの項目の任意の組合せを指す。一例として、「a、b、またはcのうちの少なくとも1つ」は、a、b、c、aおよびb、aおよびc、bおよびc、ならびにa、bおよびcを含むことが意図される。当業者に知られているまたは後で当業者に知られることになる、本開示全体にわたって説明する様々な態様の要素の構造的および機能的なすべての均等物は、参照により本明細書に明確に組み込まれ、特許請求の範囲によって包含されることが意図される。その上、本明細書で開示するものは、そのような開示が特許請求の範囲において明示的に記載されているかどうかにかかわらず、公に供することは意図されていない。特許請求の範囲のいかなる要素も、「のための手段」という句を使用して要素が明確に記載されていない限り、または方法クレームの場合に「のためのステップ」という句を使用して要素が記載されていない限り、米国特許法第112条第6項の規定の下で解釈されるべきではない。

10

【符号の説明】

20

【0182】

- 100 装置
- 102 処理回路
- 106 通信トランシーバ
- 108 特定用途向けIC
- 110 アプリケーションプログラミングインターフェース
- 112 メモリ
- 114 ローカルデータベース
- 122 アンテナ
- 124 ディスプレイ
- 126 キーパッド
- 128 ボタン
- 202 デバイス
- 204 ベースバンドプロセッサ
- 208 マルチモード制御データバス
- 206 イメージセンサー
- 216 画像データバス
- 218 他の周辺デバイス
- 220 IRQライン
- 302 CCleスレーブデバイス
- 304 センサー制御機能
- 310 トランシーバ
- 312 処理回路および/または制御ロジック
- 314a ラインドライバ
- 314b レシーバ
- 316 SCLワイヤ
- 318 SDAワイヤ
- 320 マスタデバイス
- 322 スレーブデバイス
- 326 共有割込み要求バス
- 402 制御データバス

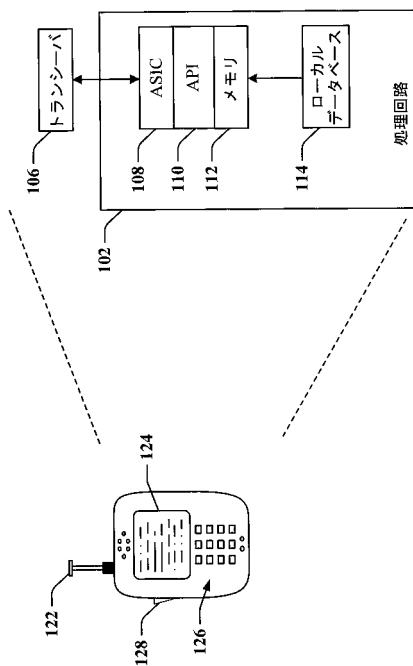
30

40

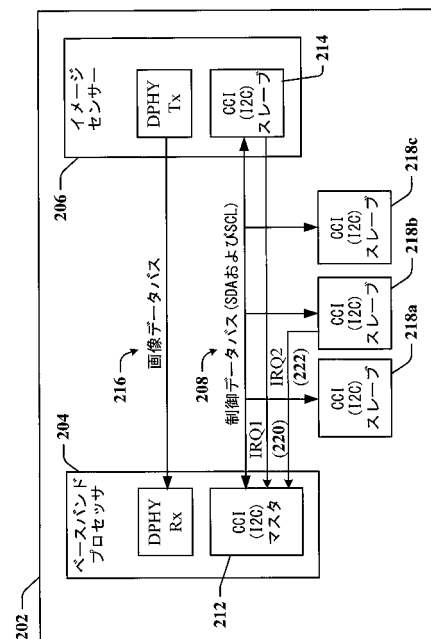
50

- 404 バスマスタデバイス
- 406 第1のグループ
- 408 第2のグループ
- 410 ~ 418 スレーブデバイス
- 420 プルアップ抵抗器
- 422 単線 IRQバス

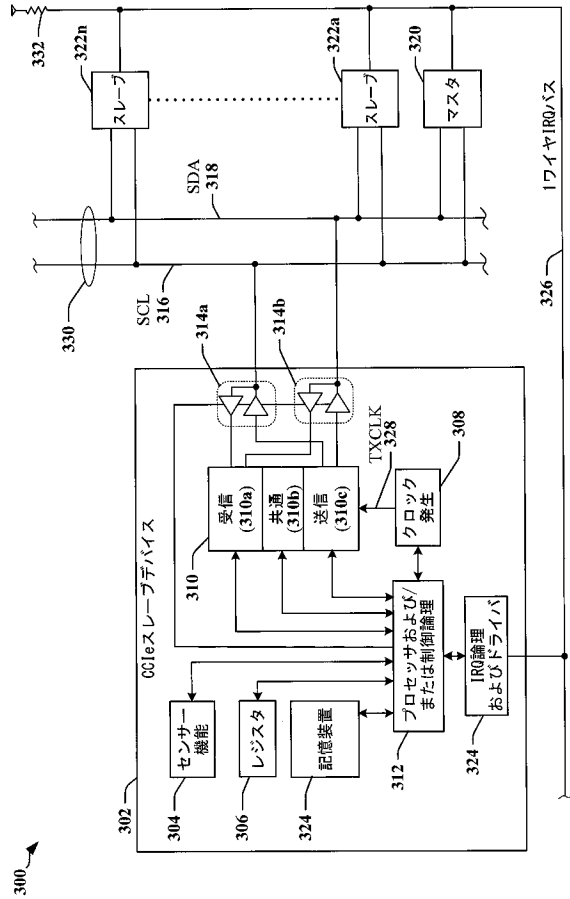
【 図 1 】



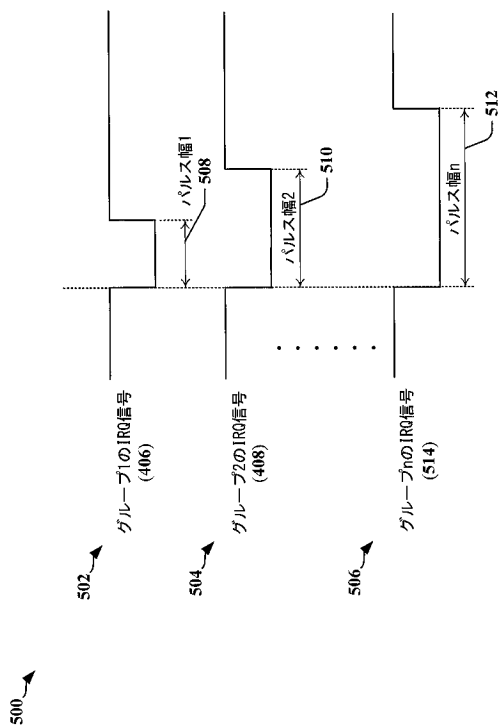
【 図 2 】



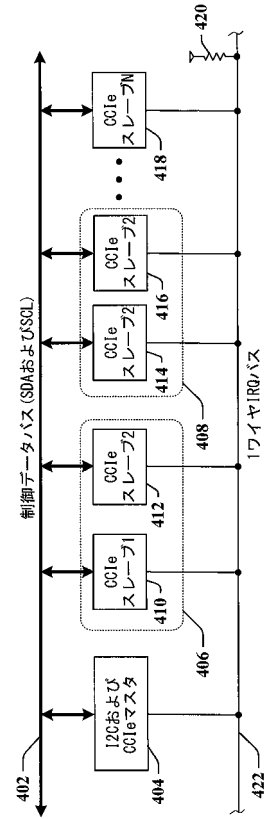
【図 3】



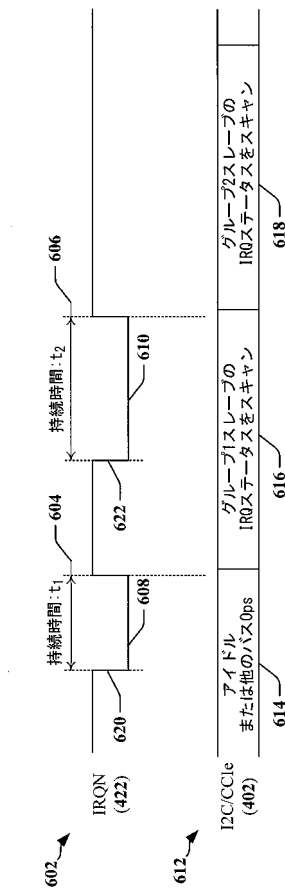
【図 5】



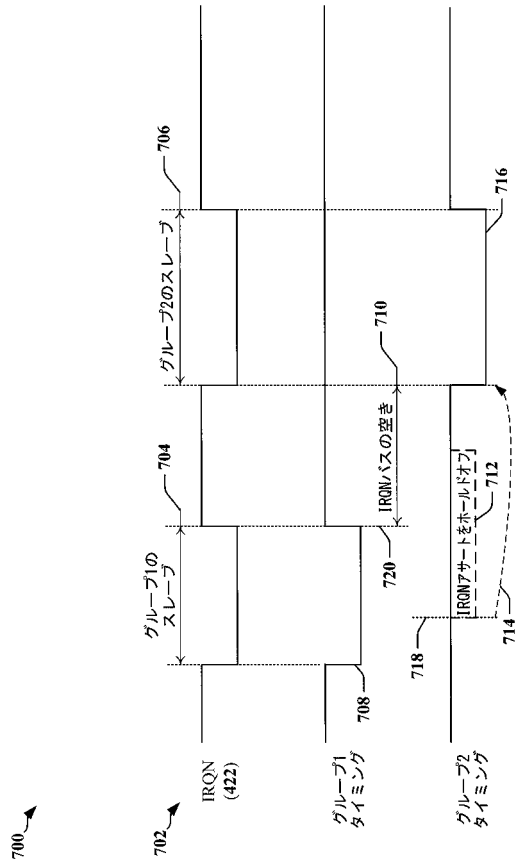
【図 4】



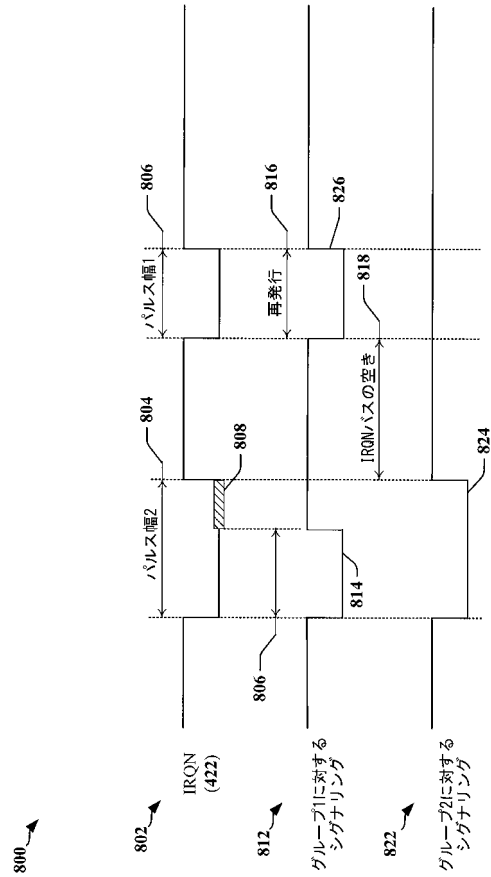
【図 6】



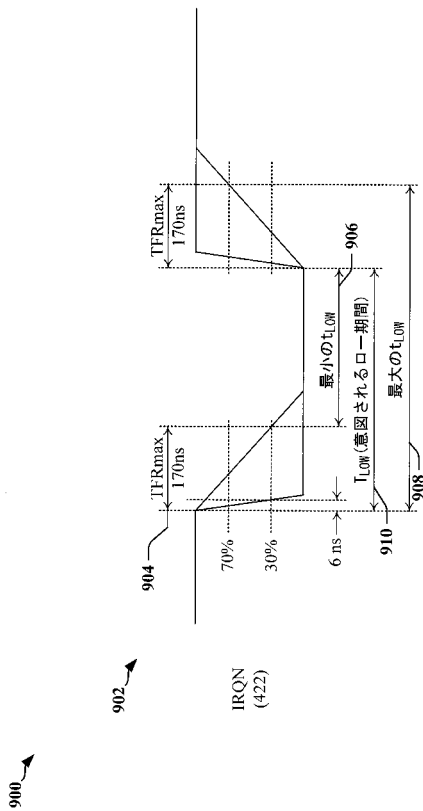
【図 7】



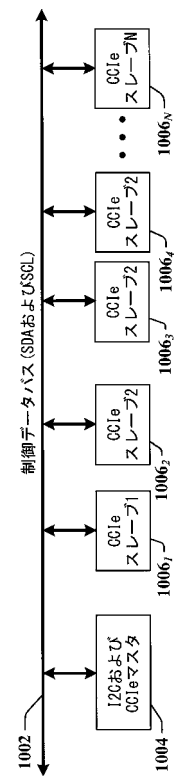
【図 8】



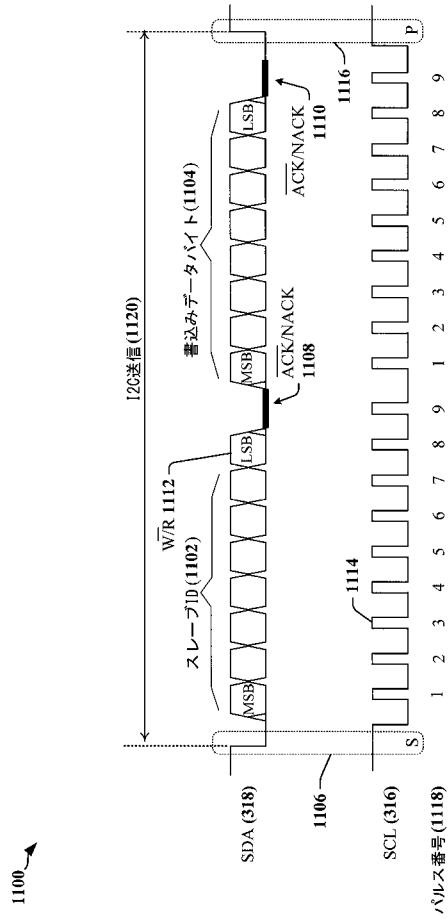
【図 9】



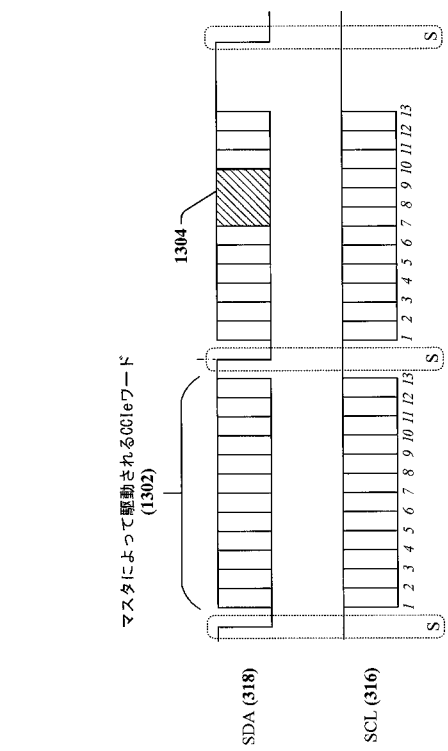
【図 10】



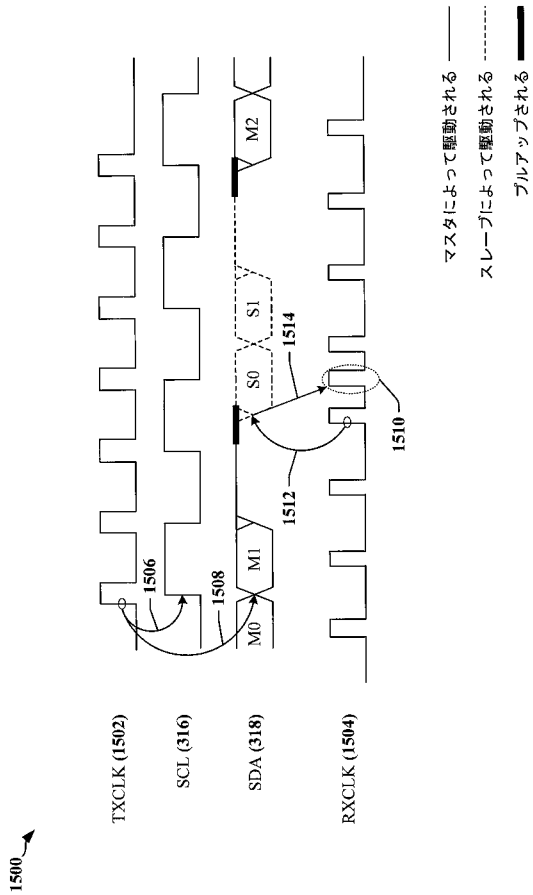
【図 1 1】



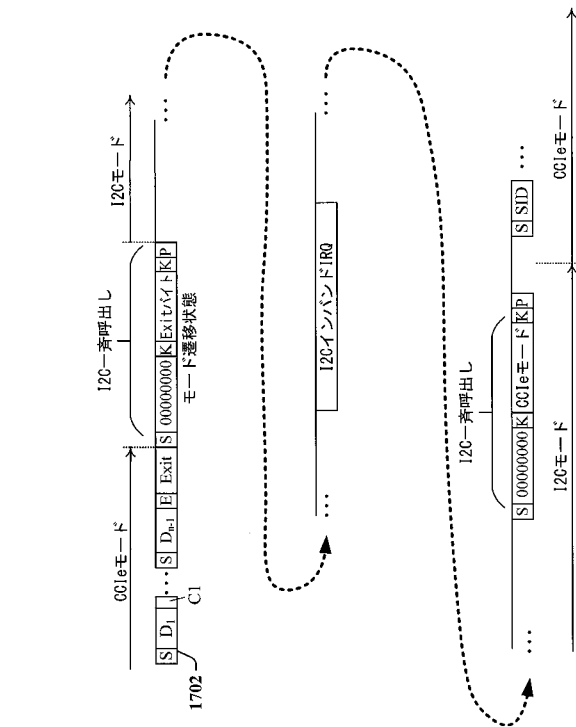
【図 1 3】



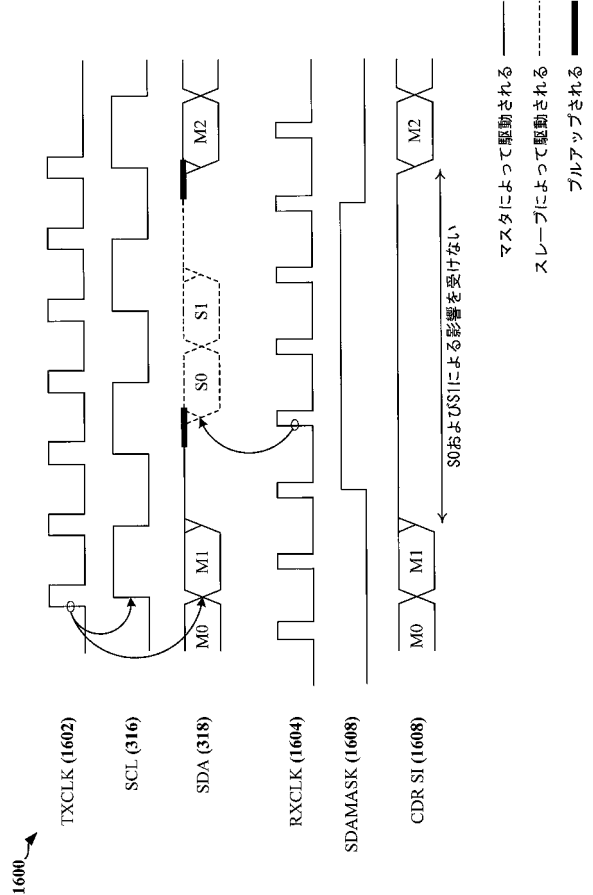
【図 15】



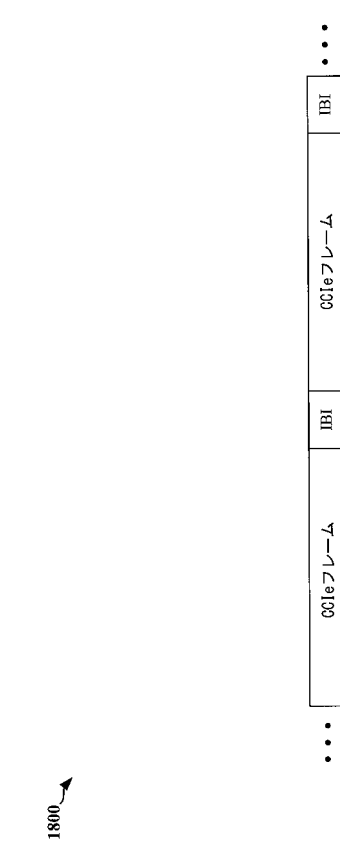
【図 17】



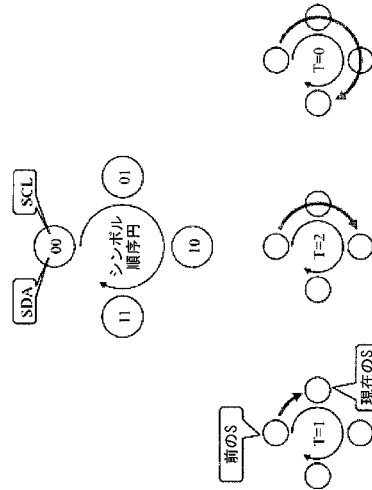
【図 16】



【図 18】

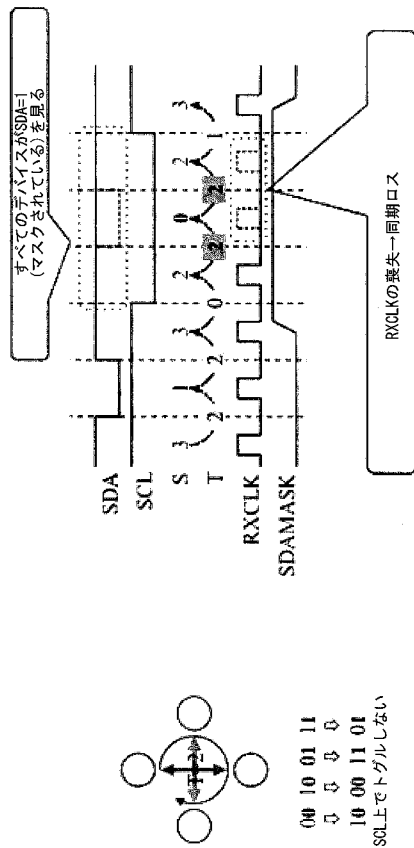


【図 27】



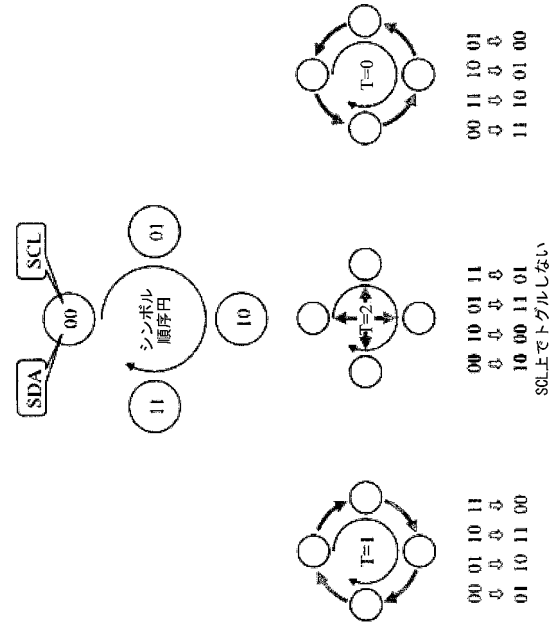
2700

【図 29】



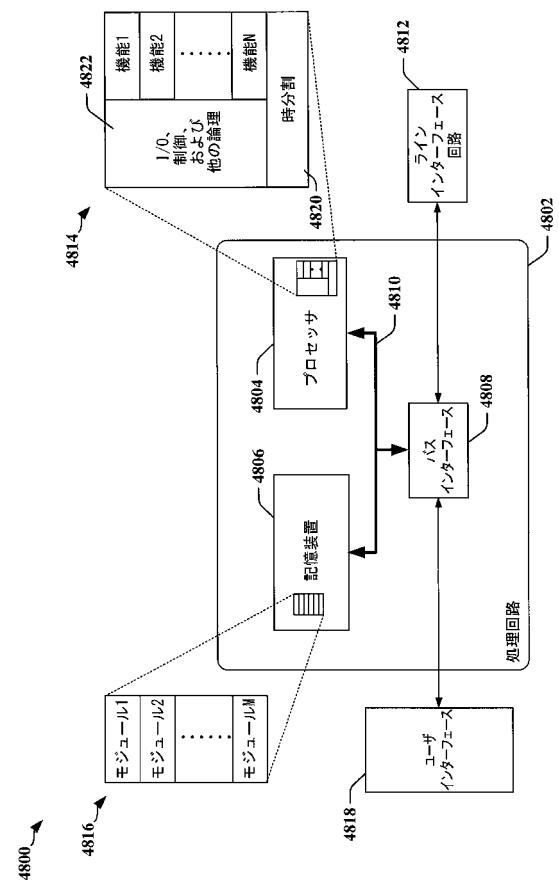
2900

【図 28】

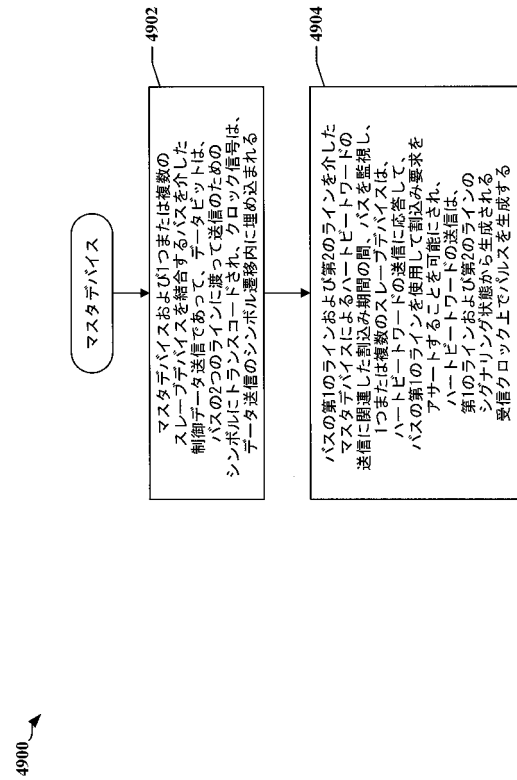


2800

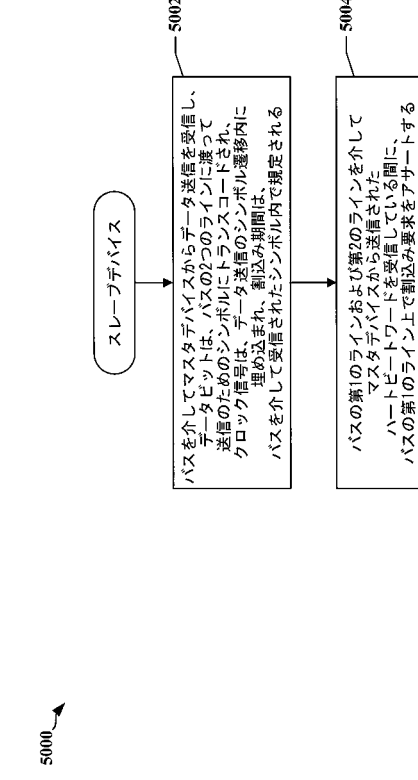
【図 48】



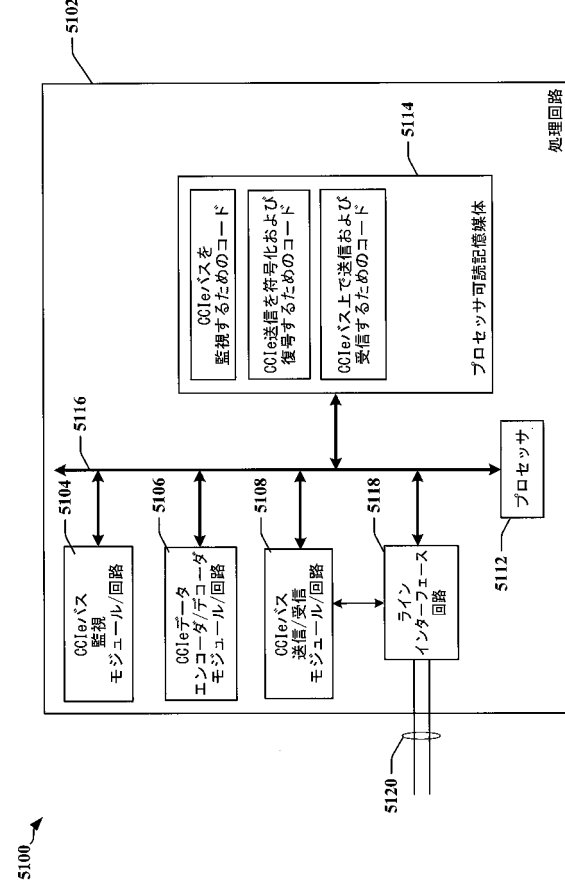
【図 49】



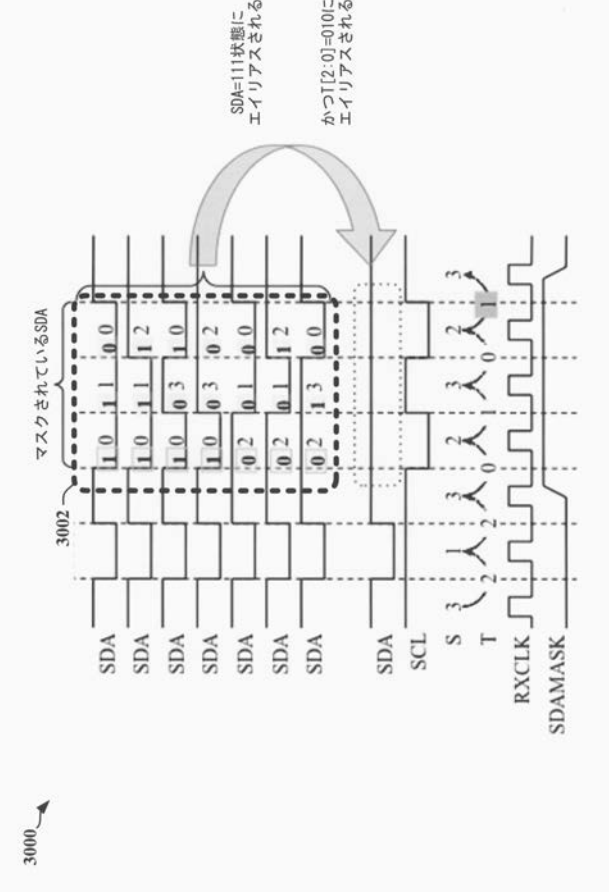
【図 50】



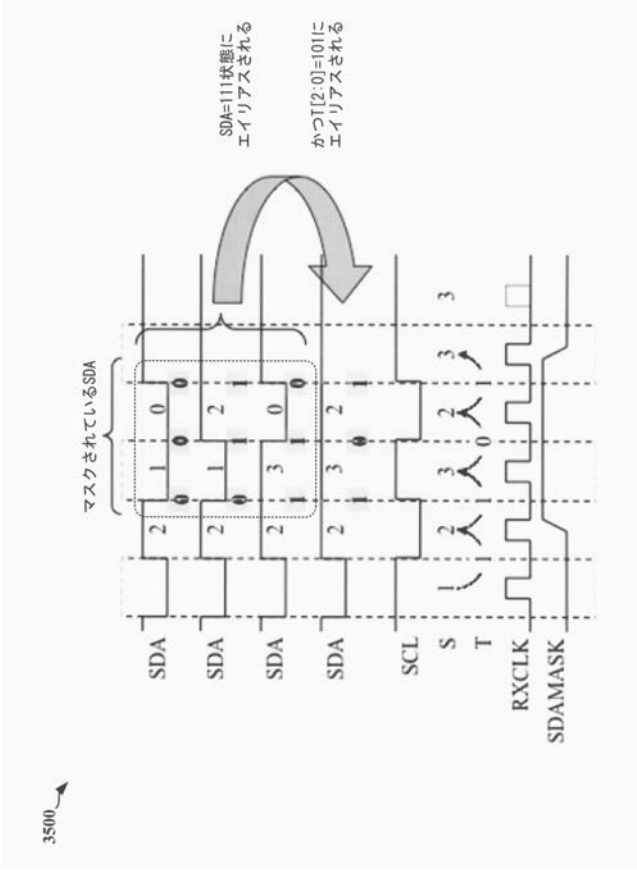
【図 51】



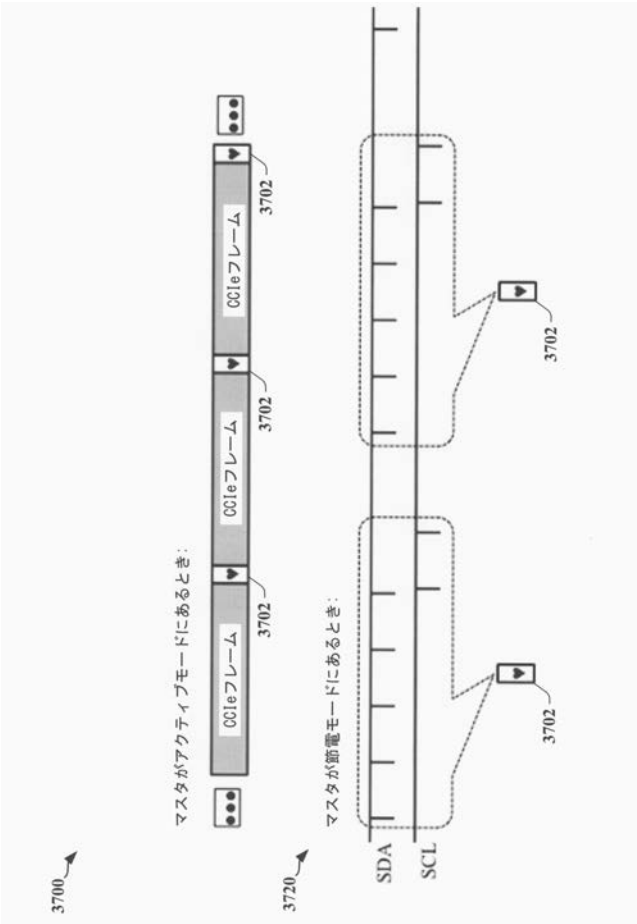
【図 30】



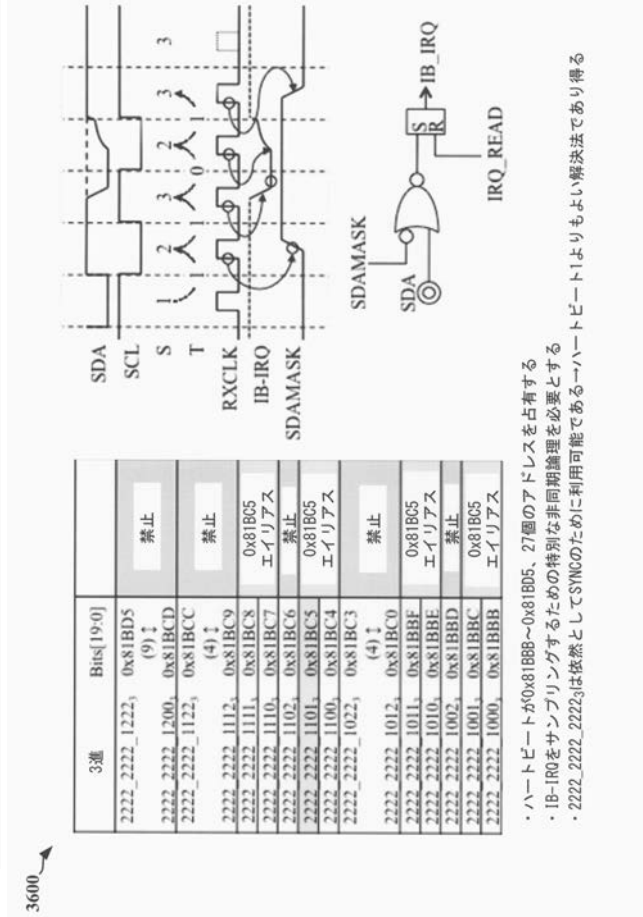
【図 3 5】



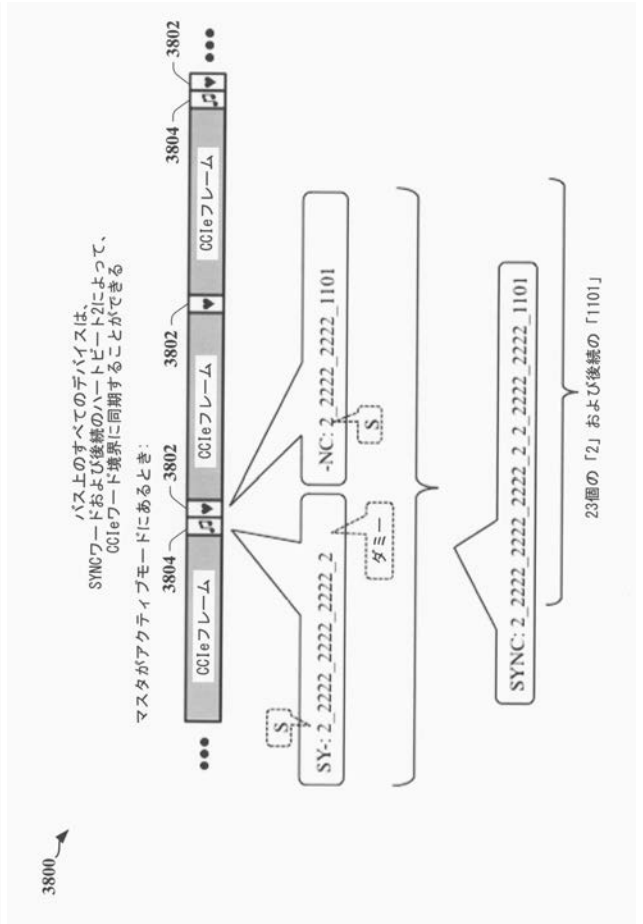
【図 3 7】



【図 3 6】



【図 3 8】

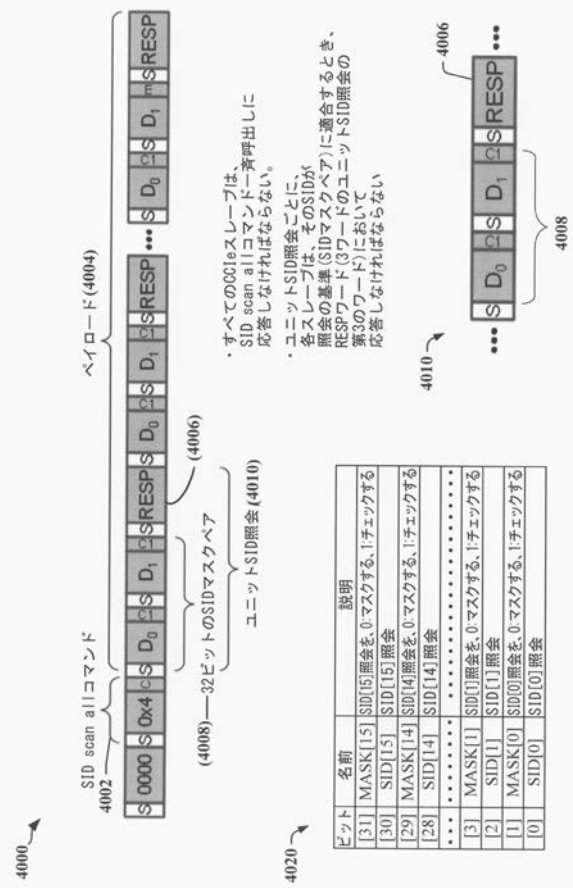


【図 3 9】

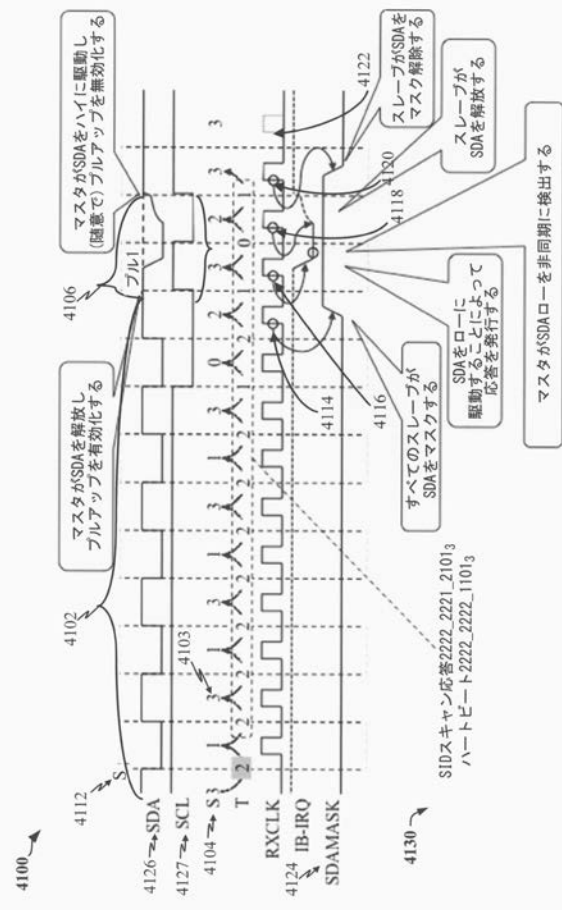
3進	Bits[19:0]	アドレス	書き込み	読み取り	Bits[i]
2222	2222	2222	0x81BF0	禁止*	19 12 11 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0
2222	2222	2221	0x81BFF	禁止	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0
2222	2222	1102	0x81BC6	禁止	
2222	2222	1101	0x81BC5	禁止*	
2222	2222	1100	0x81BC4	禁止	
2222	2222	1000	0x81BBB	予約済み	
2222	2222	0222	0x81BBA	予約済み	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 1 0 0
2222	2222	0221	0x81BB9	予約済み	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 1 0 1
2222	2222	0220	0x81BB8	予約済み	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 1 0 0
2222	2222	0212	0x81BB7	予約済み	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 1 0 0
2222	2222	0121	0x81BB0	予約済み	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 1 0 0
2222	2222	0120	0x81BAF	予約済み	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 1 0 0
2222	2222	0000	0x81BA0	予約済み	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 1 0 0
2222	2221	2222	0x81B9F	予約済み	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 1 0 0
2222	2221	1211	0x81B80	予約済み	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 1 0 0

*読み取りの間IB-IROが存在してはならないので、SY-NCは読み取りに対して禁止される

【図 4 0】



【図 4 1】



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/US2015/011256

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. G06F13/42 G06F13/24
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.
X	US 6 609 167 B1 (BASTIANI VINCENT J [US] ET AL) 19 August 2003 (2003-08-19)	1,2,7, 9-14,16, 20-22, 24,26-30
Y	figures 10,13,14B column 22, line 63 - line 67 column 43, line 30 - line 42 table 23	3-6,8, 15, 17-19, 23,25
Y	----- US 7 089 338 B1 (WOOTEN DAVID [US] ET AL) 8 August 2006 (2006-08-08)	3-6,8, 15, 17-19, 23,25
A	figures 9-11 column 13, line 58 - column 14, line 3 ----- WO 2013/052886 A2 (ANALOG DEVICES INC [US]) 11 April 2013 (2013-04-11) the whole document -----	1-30

☐ 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

27 February 2015

Date of mailing of the international search report

06/03/2015

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/US2015/011256

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6609167	B1	19-08-2003	NONE	

US 7089338	B1	08-08-2006	NONE	

WO 2013052886	A2	11-04-2013	CN 103946829 A	23-07-2014
			EP 2764443 A2	13-08-2014
			JP 2014534686 A	18-12-2014
			WO 2013052886 A2	11-04-2013

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 AA04 CB06 DA01 DA14