

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6594921号
(P6594921)

(45) 発行日 令和1年10月23日(2019.10.23)

(24) 登録日 令和1年10月4日(2019.10.4)

(51) Int.Cl.

H04L 25/03 (2006.01)

F 1

H04L 25/03

C

請求項の数 18 外国語出願 (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願2017-38662 (P2017-38662)
 (22) 出願日 平成29年3月1日 (2017.3.1)
 (65) 公開番号 特開2018-7237 (P2018-7237A)
 (43) 公開日 平成30年1月11日 (2018.1.11)
 審査請求日 平成31年4月15日 (2019.4.15)
 (31) 優先権主張番号 15/198,928
 (32) 優先日 平成28年6月30日 (2016.6.30)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
米国(US)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 507364997
 サイプレス セミコンダクター コーポレーション
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95134 サンノゼ チャンピオン コート 198
 (74) 代理人 100147485
 弁理士 杉村 慎司
 (74) 代理人 100173794
 弁理士 色部 晓義
 (74) 代理人 230118913
 弁護士 杉村 光嗣
 (74) 代理人 100187078
 弁理士 甲原 秀俊

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 通信用送受信機及び通信制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

通信バスを介してマスター／ノード送受信機と通信するスレーブノード送受信機として機能する通信用送受信機であり、

前記マスター／ノード送受信機により出力されるバス信号が低レベルから高レベルに立ち上る第1のタイミング(t_2)から所定の時間差 t_{diff} を有する、第2のタイミング(t_1)を決定するように構成された送信データ信号遅延調整器と、

前記通信用送受信機が前記通信バスに出力するデータ信号を、前記第2のタイミング(t_1)で、前記高レベルから前記低レベルに変化させ、その後前記データ信号を前記低レベルに維持するように構成されたエンコーダと、 10
を備え、

nを自然数とし、 f_{nootch} を高周波レベルが減少する周波数とし、

前記送信データ信号遅延調整器が前記所定の時間差 t_{diff} を、式 $t_{diff} = (2n - 1) / (2f_{nootch})$ に基づいて計算する、通信用送受信機。

【請求項 2】

請求項1に記載の通信用送受信機において、この通信用送受信機が更に、

前記バス信号の前記低レベルから前記高レベルへの立ち上りの開始点を検出するように構成されたクロック立ち上り開始点検出器と、

このクロック立ち上り開始点検出器により検出された前記バス信号のタイミングに基づいて前記第1のタイミング(t_2)を決定するように構成されたクロック立ち上り開始点 20

決定器とを備えている通信用送受信機。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の通信用送受信機において、この通信用送受信機が更に、

前記バス信号の信号レベルを第 1 の基準電圧と比較するように構成された第 1 の比較器と、

前記信号レベルを前記第 1 の基準電圧とは異なる第 2 の基準電圧と比較するように構成された第 2 の比較器と、

前記第 1 の比較器及び前記第 2 の比較器からの比較結果に基づいて前記バス信号の前記低レベルから前記高レベルへの立ち上りの開始点のタイミングを決定するように構成されたクロック立ち上り開始点決定器と

を備えている通信用送受信機。

10

【請求項 4】

請求項 1 に記載の通信用送受信機において、前記送信データ信号遅延調整器が、前記バス信号の前記高レベルから前記低レベルへの立ち下り後の、前記第 2 のタイミングを決定するようにした通信用送受信機。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の通信用送受信機において、この通信用送受信機が更に、

前記バス信号の信号レベルを第 1 の基準電圧と比較するように構成された第 1 の比較器と、

前記信号レベルを前記第 1 の基準電圧とは異なる第 2 の基準電圧と比較するように構成された第 2 の比較器と、

20

前記第 1 の比較器及び前記第 2 の比較器からの比較結果に基づいて前記バス信号の前記立ち下りのタイミングを決定するように構成されたクロック立ち下り終了点決定器とを備えている通信用送受信機。

【請求項 6】

請求項 1 に記載の通信用送受信機において、前記送信データ信号遅延調整器が、前記第 2 のタイミング(t_1)を前記バス信号の前記低レベルから前記高レベルへの立ち上りの開始点のタイミングよりも早くなるように決定するようにした通信用送受信機。

【請求項 7】

請求項 1 に記載の通信用送受信機において、前記送信データ信号遅延調整器が、前記データ信号の前記低レベルから前記高レベルへの立ち上りの開始点のタイミングを、前記バス信号の前記高レベルから前記低レベルへの立ち下りのタイミングよりも所定の時間後となるように決定するようにした通信用送受信機。

30

【請求項 8】

請求項 1 に記載の通信用送受信機において、この通信用送受信機がクロック・エクステンション・ペリフェラル・インタフェース(CXP1)通信で用いられているノードに含まれているようにした通信用送受信機。

【請求項 9】

請求項 8 に記載の通信用送受信機において、この通信用送受信機が前記通信バスを介してマスターノード送受信機と通信するスレーブノード送受信機として機能するようになっている通信用送受信機。

40

【請求項 10】

通信バスを介してマスターノード送受信機と通信するスレーブノード送受信機として機能する通信用送受信機による通信制御方法において、この通信制御方法が、

前記マスターノード送受信機により出力されるバス信号が低レベルから高レベルに立ち上る第 1 のタイミング(t_2)から所定の時間差 t_{diff} を有する、第 2 のタイミング(t_1)を決定するステップと、

前記通信用送受信機が前記通信バスに出力するデータ信号を、前記第 2 のタイミング(t_1)で、前記高レベルから前記低レベルに変化させ、その後前記データ信号を前記低レベルに維持するステップと、

50

を備え、

n を自然数とし、f_{n_o_t_c_h} を高周波レベルが減少する周波数とし、
前記所定の時間差 t_{d_i_f_f} を、式 t_{d_i_f_f} = (2n - 1) / (2f_{n_o_t_c_h}) に基づいて計算する、通信制御方法。

【請求項 1 1】

請求項 1 0 に記載の通信制御方法において、この通信制御方法が更に、
クロック立ち上り開始点検出器により前記バス信号の前記低レベルから前記高レベルへ の立ち上りの開始点を検出するステップと、
前記クロック立ち上り開始点検出器により検出された前記バス信号のタイミングに基づいて前記第 1 のタイミング (t₂) を決定するステップと
を備えている通信制御方法。 10

【請求項 1 2】

請求項 1 0 に記載の通信制御方法において、
前記通信用送受信機が第 1 の比較器及び第 2 の比較器を有するようにし、
前記通信制御方法が更に、
前記第 1 の比較器により前記バス信号の信号レベルを第 1 の基準電圧と比較するステップと、
前記第 2 の比較器により前記信号レベルを前記第 1 の基準電圧とは異なる第 2 の基準電圧と比較するステップと、
前記第 1 の比較器及び前記第 2 の比較器からの比較結果に基づいて前記バス信号の前記低レベルから前記高レベルへの立ち上りの開始点のタイミングを決定するステップと
を備えている通信制御方法。 20

【請求項 1 3】

請求項 1 0 に記載の通信制御方法において、この通信制御方法が更に、前記第 2 のタイミング (t₁) を前記バス信号の前記高レベルから前記低レベルへの立ち下り後となるように決定するステップを備えている通信制御方法。

【請求項 1 4】

請求項 1 3 に記載の通信制御方法において、
前記通信用送受信機が第 1 の比較器及び第 2 の比較器を有するようにし、
前記通信制御方法が更に、
前記第 1 の比較器により前記バス信号の信号レベルを第 1 の基準電圧と比較するステップと、
前記第 2 の比較器により前記信号レベルを前記第 1 の基準電圧とは異なる第 2 の基準電圧と比較するステップと、
前記第 1 の比較器及び前記第 2 の比較器からの比較結果に基づいて前記バス信号の前記立ち下りのタイミングを決定するステップと
を備えている通信制御方法。 30

【請求項 1 5】

請求項 1 0 に記載の通信制御方法において、この通信制御方法が更に、前記第 2 のタイミング (t₁) を前記バス信号の前記低レベルから前記高レベルへの立ち上りの開始点のタイミングよりも早くなるように決定するステップを備えている通信制御方法。 40

【請求項 1 6】

請求項 1 0 に記載の通信制御方法において、この通信制御方法が更に、前記データ信号の前記低レベルから前記高レベルへの立ち上りの開始点のタイミングを前記バス信号の前記高レベルから前記低レベルへの立ち下りのタイミングよりも所定の時間後となるように決定するステップを備えている通信制御方法。

【請求項 1 7】

請求項 1 0 に記載の通信制御方法において、前記通信用送受信機がクロック・エクステンション・ペリフェラル・インタフェース (CXP1) 通信で用いられているノードに含まれているようにする通信制御方法。 50

【請求項 1 8】

請求項 1 7 に記載の通信制御方法において、前記通信用送受信機が前記通信バスを介してマスターノード送受信機と通信するスレーブノード送受信機として機能するようにする通信制御方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0 0 0 1】**

本発明は、通信用送受信機及び通信制御方法に関するものである。

【背景技術】**【0 0 0 2】**

電子的に制御しうるデバイスが複数設けられている装置では、これらのデバイスを個々に制御するプロセッサ間で通信が行われる。例えば、自動車のようなビークル(乗物)には、空気調整装置(エアコン)、ドアミラー、パワーウィンドウ、ワイパー及びその他の電子的に制御しうるデバイスが設けられている。これらのデバイスを電子的に制御する複数の電子制御ユニット(E C U)がビークル内に装着されている。これらのE C Uはバス(母線)により互いに接続されており、所定の通信プロトコルに応じて通信する。

【0 0 0 3】

E C U間での通信中には、これらE C Uを接続するバスにおける配線により雑音が放出されるおそれがある。放出された雑音は周波数帯域に応じて他のデバイスに悪影響を及ぼすおそれがある。

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0 0 0 4】**

従って、本発明は、雑音の影響を低減させることができる通信用送受信機及び通信制御方法を提供するのに役立つことを目的とする。

【課題を解決するための手段】**【0 0 0 5】**

この目的のために、本発明の一態様による通信用送受信機は、クロック信号のパルス幅変調により発生され且つ通信バスから入力されたバス信号の、高レベルから低レベルへの立ち下りを検出するように構成されたタイミング決定器と、前記バス信号が第1のタイミングで前記低レベルから前記高レベルに立ち上るこの第1のタイミングからの所定の時間差を有する第2のタイミングを決定するように構成された送信データ信号遅延調整器と、前記通信バスに出力すべきデータ信号を高レベルから低レベルに変化させることにより前記バス信号の低レベルを延長させるように構成されたエンコーダと、前記データ信号を前記第2のタイミングで前記低レベルに変化させるように構成したタイミング調整回路とを備えるようにする。

【0 0 0 6】

上述した態様では、前記送信データ信号遅延調整器が前記所定の時間差を以下の式(1)、すなわち

$$t_{\text{diff}} = (2n - 1) / (2f_{\text{notch}}) \quad (1)$$

で計算し、ここで t_{diff} を前記所定の時間差とし、 f_{notch} を高調波レベルが減少される周波数とし、 n を自然数とした。

【0 0 0 7】

上述した態様は更に、前記バス信号の低レベルからの立ち上りの開始点を検出するよう構成されたクロック立ち上り開始点検出器と、このクロック立ち上り開始点検出器により検出された前記低レベルからの立ち上りの開始点のタイミングに基づいて前記第1のタイミングを決定するように構成されたクロック立ち上り開始点決定器とを備えるようにする。

【0 0 0 8】

10

20

30

40

50

上述した態様は更に、前記バス信号の信号レベルを第1の基準電圧と比較するように構成された第1の比較器と、前記信号レベルを前記第1の基準電圧とは異なる第2の基準電圧と比較するように構成された第2の比較器と、前記第1の比較器及び前記第2の比較器からの比較結果に基づいて前記バス信号の前記低レベルからの立ち上りの開始点のタイミングを決定するように構成されたクロック立ち上り開始点決定器とを備えるようにしうる。

【0009】

上述した態様では、前記送信データ信号遅延調整器により前記第2のタイミングを前記バス信号の立下り後となるように決定することができる。

【0010】

上述した態様は更に、前記バス信号の信号レベルを第1の基準電圧と比較するように構成された第1の比較器と、前記信号レベルを前記第1の基準電圧とは異なる第2の基準電圧と比較するように構成された第2の比較器と、前記第1の比較器及び前記第2の比較器からの比較結果に基づいて前記バス信号の立ち下りのタイミングを決定するように構成されたクロック立ち下り終了点決定器とを備えるようにしうる。

【0011】

上述した態様では、前記送信データ信号遅延調整器が、前記第2のタイミングを前記バス信号の低レベルからの立ち上りの開始点のタイミングよりも早くなるように決定するようにしうる。

【0012】

上述した態様では、前記送信データ信号遅延調整器が、前記データ信号の低レベルから高レベルへの立ち上りの開始点のタイミングを前記バス信号の立下りのタイミングよりも所定の時間長後となるように決定するようにしうる。

【0013】

上述した態様では、この通信用送受信機がクロック・エクステンション・ペリフェラル・インターフェース通信で用いられているノードに含まれているようにしうる。

【0014】

上述した態様では、通信用送受信機が前記通信バスを介してマスター／ノード送受信機と通信するスレーブノード送受信機として機能するようにしうる。

【0015】

本発明の他の態様による方法は、通信バスを介して通信する通信用送受信機による通信制御方法であり、この通信制御方法が、クロック信号のパルス幅変調により発生され且つ前記通信バスから入力されたバス信号の、高レベルから低レベルへの立ち下りを検出するステップと、前記バス信号が第1のタイミングで前記低レベルから前記高レベルに立ち上るこの第1のタイミングからの所定の時間差を有する第2のタイミングを決定するステップと、前記通信バスに出力すべきデータ信号を高レベルから低レベルに変化させることにより前記バス信号の低レベルを延長させるステップと、前記データ信号を前記第2のタイミングで前記低レベルに変化させるステップとを備えるようにする。

【0016】

上述した態様では、前記所定の時間差を以下の式(2)、すなわち

$$t_{\text{diff}} = (2n - 1) / (2f_{\text{notch}}) \quad (2)$$

で計算し、ここで t_{diff} を前記所定の時間差とし、 f_{notch} を高調波レベルが減少される周波数とし、 n を自然数とするようにしうる。

【0017】

上述した態様は更に、前記バス信号の低レベルからの立ち上りの開始点を検出するステップと、クロック立ち上り開始点検出器により検出された前記低レベルからの立ち上りの開始点のタイミングに基づいて前記第1のタイミングを決定するステップとを備えているようにしうる。

【0018】

上述した態様では、前記通信用送受信機が第1の比較器及び第2の比較器を有するよう

10

20

30

40

50

にでき、上述した態様が更に、前記第1の比較器により前記バス信号の信号レベルを第1の基準電圧と比較するステップと、前記第2の比較器により前記信号レベルを前記第1の基準電圧とは異なる第2の基準電圧と比較するステップと、前記第1の比較器及び前記第2の比較器からの比較結果に基づいて前記バス信号の低レベルからの立ち上りの開始点のタイミングを決定するステップとを備えるようにしうる。

【0019】

上述した態様は更に、前記第2のタイミングを前記バス信号の立下り後となるように決定するステップを備えることができる。

【0020】

上述した態様では、前記通信用送受信機が第1の比較器及び第2の比較器を有するよう 10 にでき、上述した態様が更に、前記第1の比較器により前記バス信号の信号レベルを第1の基準電圧と比較するステップと、前記第2の比較器により前記信号レベルを前記第1の基準電圧とは異なる第2の基準電圧と比較するステップと、前記第1の比較器及び前記第2の比較器からの比較結果に基づいて前記バス信号の立ち下りのタイミングを決定するステップとを備えるようにしうる。

【0021】

上述した態様は更に、前記第2のタイミングを前記バス信号の低レベルからの立ち上りの開始点のタイミングよりも早くなるように決定するステップを備えることができる。

【0022】

上述した態様は更に、前記データ信号の低レベルから高レベルへの立ち上りの開始点のタイミングを前記バス信号の立下りのタイミングよりも所定の時間長後となるように決定 20 するステップを備えることができる。

【0023】

上述した態様では、前記通信用送受信機がクロック・エクステンション・ペリフェラル・インターフェース通信で用いられているノードに含まれているようにすることができる。

【0024】

上述した態様では、前記通信用送受信機が前記通信バスを介してマスター／ノード送受信機と通信するスレーブノード送受信機として機能するようにしうる。

【0025】

以下の実施例の通信用送受信機及び通信制御方法によれば、雑音の影響を低減させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0026】

【図1】図1は、スレーブノードによる制御と通信バス中を流れる電流との間の関係を示す波形図である。

【図2】図2は、本発明において開示する実施例の1つに応じて制御を実行した際の高調波レベルのスペクトルの一例を示すグラフ線図である。

【図3】図3は、図2における実施例による通信に対する送受信機の一例を示すプロック線図である。

【図4】図4は、図3の実施例による通信用送受信機で送信データ信号を制御する一例を示す波形図である。

【図5】図5は、スレーブ立ち下り終了点がクロック立ち下り終了点よりも早い場合の通信バスの電流における変化を示す波形図である。

【図6】図6は、図3の実施例に対する変形による通信用送受信機の一例を示すプロック線図である。

【図7】図7は、図6の通信用送受信機における立ち上り開始点の時間及びクロック立ち下り終了点の時間を決定する方法を示す波形図である。

【図8】図8は、クロック立ち下り点の時間を決定するための図6におけるクロック立ち下り終了点決定器による処理を示す波形図である。

10

20

30

40

50

【図9】図9は、図6における送信データ信号遅延調整器が遅延時間を決定する方法の一例を示す波形図である。

【図10】図10は、図6における送信データ信号遅延調整器が遅延時間を決定する方法の一例を示す波形図である。

【図11】図11は、図6におけるエンコーダより制御される送信データ信号及びバス信号を示す波形図である。

【図12】図12は、図6におけるエンコーダにより制御される送信データ信号及びバス信号を示す波形図である。

【図13】図13は、立ち上り開始点がスレーブ立ち下り終了点よりも早い場合の通信バスの電流における変化を示す波形図である。 10

【図14】図14は、CXP1通信におけるシステム構造の一例を示すブロック線図である。

【図15】図15は、CXP1通信システムにおける回路構造の一例を示すブロック線図である。

【図16】図16は、CXP1通信システムにおけるマスターノードに対する波形の一例を示す線図である。 20

【図17】図17は、図15におけるマスターノードのCXP1送受信機内の回路の一部を示す説明図である。

【図18】図18は、CXP1通信システムにおけるスレーブノードに対する波形の一例を示す線図である。 20

【図19】図19は、CXP1通信システムにおいて発生される雑音のスペクトルの一例を示すグラフ線図である。

【図20】図20は、通信バスにおける電圧の一例を示す波形図である。

【図21】図21は、通信バスを流れる電流の一例を示す波形図である。

【図22】図22は、通信バスにおける電流の流れの一例を示す説明図である。

【図23】図23は、立ち下りの勾配を、マスターノードにより出力されるバス信号及びスレーブノードにより出力されるバス信号において同一となるように設定した場合の一例の信号波形図を示す。

【発明を実施するための形態】

【0027】

自動車内に装着したECU間で用いられる通信プロトコルの例には、ローカル相互接続ネットワーク(LIN)と、コントローラ・エリア・ネットワーク(CAN)と、クロック・エクステンション・ペリフェラル・インターフェース(CXP1)とが含まれる。 30

【0028】

図14における例で示すように、CXP1通信を実行する通信システム1400は、1つのマスターノード1401と、複数のスレーブノード1402とを有している。図14は、3つのスレーブノード1402を有する例を示している。マスターノード1401は通信バス1403により各スレーブノード1402に接続されている。マスターノード1401及びスレーブノード1402は例えば、それぞれ、コンピュータ等で構成されている。 40

【0029】

マスターノード1401は、各スレーブノード1402の動作タイミングを制御するノードである。マスターノード1401は、一定の周波数での通信基準となるバス信号mBUS(図15参照)を通信バス1403に送信する。スレーブノード1402は、マスターノード1401により基準クロックとして送信されるバス信号mBUSでデータを送受信する。

【0030】

図15は、CXP1通信システムにおける回路構造の一例を示す。この図15は、図面を簡単にするためにスレーブノード1504を1つのみ示している。マスターノード1501はマイクロコントローラ1502及びCXP1送受信機1503を有している。スレ 50

スレーブノード 1504 はマイクロコントローラ 1505 及び CXPI 送受信機 1506 を有している。マイクロコントローラ 1502 及び 1505 の各々は汎用非同期送受信機 (UART) インタフェースを有し、それぞれ信号を CXPI 送受信機 1503 及び 1506 に送信するとともにこれら CXPI 送受信機から受信する。

【0031】

CXPI 通信では、マスター ノード 1501 がクロック信号 mCLK にパルス幅変調 (PWM) を行うことによりデータを送信する。図 16 は、CXPI 通信システムにおけるマスター ノードに対する波形の一例を示す。この図 16 は、マイクロコントローラ 1502 から CXPI 送受信機 1503 に出力されるクロック信号 mCLK と、マイクロコントローラ 1502 から CXPI 送受信機 1503 に出力されるデータ信号 mTxD と、CXPI 送受信機 1503 により通信バス 1507 に出力されるバス信号 mBUS を示している。10

【0032】

CXPI 送受信機 1503 はクロック信号 mCLK に対して PWM を実行して、データ信号 mTxD に相当する論理値を呈する信号を発生させる。クロック信号 mCLK に対して PWM を実行することにより発生されたバス信号 mBUS はスレーブノード 1504 に送信され、これによりデータをマスター ノード 1501 からスレーブノード 1504 に送信する。バス信号 mBUS は 2 つの電圧レベル（高レベル及び低レベル）を有している。バス信号 mBUS の高レベル及び低レベルは図 17 に示すような回路により発生され、通信バス 1507 に出力される。バス信号 mBUS の高レベルは、電源ラインに接続されたプルアップ抵抗 1701 により決定される。バス信号 mBUS の低レベルは、入力されるデータ信号 mTxD により制御されるトランジスタ Tr を介して接地点 GND に接続される通信バス 1507 に対する出力端子により発生される。20

【0033】

CXPI 通信では、通信バス 1507 に出力されるバス信号 mBUS の論理値はバス信号 mBUS の低レベル（又は高レベル）の長さにより決定される。バス信号 mBUS の低レベルの持続時間が、例えば図 16 の区間 Z₁ 及び Z₂ において、所定の時間よりも短い場合には、バス信号 mBUS の論理値は 1 である。バス信号 mBUS の低レベルの持続時間が、例えば図 16 の区間 Z₃ において、所定の時間よりも長い場合には、バス信号 mBUS の論理値は 0 である。30

【0034】

CXPI 送受信機 1503 はクロック信号 mCLK に対し PWM を実行し、図 16 における区間 Z₁ 及び Z₂ に示すようにデータ信号 mTxD が高レベルにある際にバス信号 mBUS が 1 の論理値を呈するようとする。これとは逆に、バス信号 mBUS の低レベルの持続時間を延長させることにより、CXPI 送受信機 1503 はクロック信号 mCLK に対し PWM を実行し、図 16 における区間 Z₃ に示すようにデータ信号 mTxD が低レベルにある際にバス信号 mBUS が 0 の論理値を呈するようとする。このようにすることにより、CXPI 送受信機 1503 は、バス信号 mBUS の論理値をデータ信号 mTxD に基づいて制御することによりデータを送信するようになる。40

【0035】

CXPI 送受信機 1503 はスレーブノード 1504 により通信バス 1507 から送信されるバス信号 sBUS を受信し、バス信号 sBUS を検出することにより得られるデータ信号を受信信号 mRxD としてマイクロコントローラ 1502 に送信する。

【0036】

スレーブノード 1504 はバス信号 sBUS をマスター ノード 1501 により出力されたバス信号 mBUS と合成することによりデータを送信してバス信号 BUS を発生させる。スレーブノード 1504 がデータを出力するタイミングでは、マスター ノード 1501 はデータを送信するのではなく、むしろ一定のデューティサイクルでバス信号 mBUS を送信し、スレーブノード 1504 により通信バス 1507 から送信されたバス信号 sBUS を受信するようになっている。スレーブノード 1504 がデータを出力するタイミング50

では、マスター・ノード 1501 により出力されたバス信号 m_BUS は 1 の論理値を有する信号である。換言すれば、スレーブ・ノード 1504 がバス信号 s_BUS を出力しない場合には、バス信号 B_US は 1 の論理値を呈する。バス信号 m_BUS が出力されると、スレーブ・ノード 1504 は、合成されたバス信号 B_US の論理値が 0 となるようにバス信号 s_BUS を構成する。従って、バス信号 s_BUS に基づいて合成バス信号 B_US の論理値を決定するスレーブ・ノード 1504 により、バス信号 B_US を取得するマスター・ノード 1501 にデータを送信することができる。

【0037】

図 18 は、CXP1 通信システムにおけるスレーブ・ノードに対する波形の一例を示す。この図 18 は、スレーブ・ノード 1504 (CXP1 送受信機 1506) から出力されたバス信号 s_BUS 及びマスター・ノード 1501 から出力されたバス信号 m_BUS の合成であるバス信号 B_US と、マイクロコントローラ 1505 により出力されたデータ信号 s_TXD と、CXP1 送受信機 1506 によりバス信号 m_BUS から取得した受信データ信号 R_RXD と、CXP1 送受信機 1506 により通信バス 1507 に送信された送信データ信号 T_RXD とを示している。

【0038】

スレーブ・ノード 1504 は、マスター・ノード 1501 から通信バス 1507 を介して出力されたバス信号 m_BUS を受信し、動作する。CXP1 送受信機 1506 は、通信バス 1507 から取得したバス信号 m_BUS からクロック信号 s_CLK を取得し、このクロック信号 s_CLK をマイクロコントローラ 1505 に出力する。

【0039】

スレーブ・ノード 1504 は、データを通信バス 1507 に送信する際に、マスター・ノード 1501 から取得したバス信号 m_BUS を駆動することによりデータ送信の開始を他のノードに通知する。スレーブ・ノード 1504 によるデータの送信を以下に説明する。CXP1 送受信機 1506 は、この CXP1 送受信機 1506 内の回路により発生された受信データ信号 R_RXD における変化（立ち下り）とこれら変化の論理値とによるバス信号 m_BUS における立ち下りを、このバス信号 m_BUS の特性に応じて検出する（図 18 における（i））。CXP1 送受信機 1506 は、受信データ信号 R_RXD における立ち下りによるバス信号 m_BUS における立ち下りを検出すると、この CXP1 送受信機 1506 内の回路内に発生された送信データ信号 T_RXD の論理値を、マイクロコントローラ 1505 により出力されたデータ信号 s_TXD に基づいて 0 となるように制御する（図 18 における（ii））。送信データ信号 T_RXD が通信バス 1507 に入力されると、バス信号 s_BUS は、送信データ信号 T_RXD の論理値が 0 である間低レベルに立ち下る。従って、バス信号 m_BUS とバス信号 s_BUS との合成であるバス信号 B_US の低レベルの持続時間が延長される（図 18 における（iii））。このように、バス信号 B_US の低レベルが延長されることにより、マスター・ノード 1501 は低レベルが延長されたバス信号 B_US を受信することができ、これによりスレーブ・ノード 1504 からマスター・ノード 1501 へのデータ送信の開始を検出し且つデータを受信することを開始するようになる。

【0040】

上述したように、マスター・ノード 1501 とスレーブ・ノード 1504 との間で通信が実行されると、信号の送信及び受信により雑音が通信バス 1507 から放出されるおそれがある。通信バス 1507 から放出された雑音は他の通信に悪影響を及ぼすおそれがある。例えば、スマートキーシステムが雑音により悪影響を受ける。スマートキーシステムは、ユーザが使用するキーにより自動車のドアの鎖錠及び鎖錠解除処理を自動車との無線通信により実行するシステムである。例えば、19.2 kHz の信号を CXP1 通信における基準クロックとして用いるとともに 134 kHz の信号をスマートキーシステムにおいて用いる場合、134 kHz は 19.2 kHz の第 7 高調波である。従って、図 19 に示すように、雑音周波数スペクトルにおける領域 1900 により示される 134 kHz 付近 (100 kHz ~ 160 kHz) の高調波レベルが増大する。従って、スマートキーシステムの無線通信は CXP1 通信により遮断されるおそれがある。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 1 】

バス信号m B U S のスルーレートを低減させるとともにバス信号m B U S の立ち上り及び立ち下りを緩やかに行う制御を実行することにより雑音の放出を抑圧させることを試みた場合には、スレーブノード1504がデータを送信する際に、通信バス1507内に入力されるバス信号s B U S の立ち下りを信号精度のために幾らか急峻とするのが好ましい。一方、バス信号s B U S の立ち下りがあまりにも急峻過ぎると、通信バス1507を流れる電流の変化により伝導雑音が発生する。通信バス1507中で発生される伝導雑音と、バス信号s B U S の立ち下りをあまり緩やかにするべきでない理由とを以下に説明する。

【 0 0 4 2 】

図20は、通信バス1507における電圧信号の一例を示し、図21は、通信バス1507を流れる電流の一例を示す。図22は、通信バス1507における電流の流れの一例を線図的に示している。10

【 0 0 4 3 】

バス信号s B U S がスレーブノード1504から通信バス1507に入力されず、マスターノード1501からのバス信号m B U S が立ち下ると（図20及び図21における区間Z₄）、図22の（1）で示すように電流がC X P I送受信機1503においてプルアップ抵抗側から、通信バス1507に流れずにトランジスタTr側に流れる。

【 0 0 4 4 】

図18につき説明したように、スレーブノード1504は通信バス1507におけるバス信号s B U S の電圧レベルを低レベルに設定する。従って、送信データ信号T X D を通信バス1507に入力すると（図20及び図21における区間Z₅）、電流が図22の（1）で示すようにC X P I送受信機1503中を流れるとともに、図22の（2）で示すようにC X P I送受信機1506にも流れる。換言すれば、この時点で電流が通信バス1507を流れる。このように区間Z₄から区間Z₅に移行する際、電流の変化により伝導雑音が発生される。この時点で通信バス1507に入力されるバス信号s B U S は、その立ち下りエッジにおいて、図20に示すように、マスターノード1501から出力されるバス信号m B U S の立ち下りエッジよりも急峻の勾配を有する。従って、電流において急激な変化が生じる。20

【 0 0 4 5 】

更に、マスターノード1501から出力されたバス信号m B U S が高レベルにあり、スレーブノード1504から出力されたバス信号s B U S が低レベルにあると（図20及び図21における区間Z₆）、電流はC X P I送受信機1503のトランジスタTr側に流れのを停止し、図22に（2）で示すように電流の全てがC X P I送受信機1503のプルアップ抵抗からC X P I送受信機1506に流れる。従って、通信バス1507を流れる電流は、区間Z₅から区間Z₆に移行する際にも同様に変化（増大）し、従って、電流の変化により伝導雑音が発生される。30

【 0 0 4 6 】

図23は、マスターノード1501により出力されるバス信号m B U S と、スレーブノード1504により出力されるバス信号s B U S とにおいて立ち下りの勾配を同じに設定した場合の一例の信号波形図を示す。スレーブノード1504から出力されたバス信号s B U S の立ち下りの勾配が緩やかであると、マスターノード1501からのバス信号m B U S とスレーブノード1504からのバス信号s B U Sとの合成であり、通信バス1507を流れるバス信号B U Sにおいては、マスターノード1501からのバス信号m B U S の立ち上り及びスレーブノード1504からのバス信号s B U Sの立ち下りに対応して信号レベルが立ち上り及び立ち下りを行う区間Z₇が生じるおそれがある。信号レベルがこのように立ち上り及び立ち下りを行う区間Z₇が生じると、マスターノード1501とスレーブノード1504との間の通信が不安定となる。従って、このような区間Z₇が生じるのを回避するために、スレーブノード1504から出力されたバス信号s B U S の立ち下りがある程度の急峻度を有するようとする。40

【 0 0 4 7 】

50

一方、スレーブノード 1504 からのバス信号 s_{BUS} の立ち下りを急峻にすると、上述したように伝導雑音が生じ、これによりスマートキーシステム等における無線通信を遮断するおそれがある。

【0048】

上述した伝導雑音の影響を低減させる実施例を以下で図面を参照して説明する。

【0049】

最初に、伝導雑音の影響を低減させる以下のこの実施例における原理を、図1を参照して説明する。この図1は、スレーブノードによる制御と通信バスを流れる電流との関係を示している。この図1には、マスターノード 1501 により出力されたバス信号 m_{BUS} と、スレーブノード 1504 により出力されたバス信号 s_{BUS} と、これらバス信号 m_{BUS} 及びバス信号 s_{BUS} の合成であるバス信号 B_{BUS} と、通信バス 1507 を流れる電流 I_{BUS} とを示している。この図1では、時間 t_1 が、スレーブノード 1504 からのバス信号 s_{BUS} が 0 (スレーブ立ち下り終了点) に達した時点を表しており、時間 t_2 が、マスターノード 1501 からのバス信号 m_{BUS} を低レベルから高レベルに移動させるための開始時点 (クロック立ち上り開始点) を表している。10

【0050】

図20～22につき説明したように、通信バス 1507 を流れる電流 I_{BUS} は、スレーブノード 1504 がデータを送信する際の動作により変化する。図1では、区分Aが、図20及び21における区間 Z_4 から区間 Z_5 への移行による電流 I_{BUS} の変化を表し、区分Bが、図20及び21における区間 Z_5 から区間 Z_6 への移行による電流 I_{BUS} の変化を表している。20

【0051】

時間 t_1 及び時間 t_2 間の差である時間差 t_{diff} を所定の長さとする場合には、特定の周波数帯域において区分Aにおける電流スペクトルの成分と区分Bにおける電流スペクトルの成分とが位相関係により相殺される。換言すれば、区分A及び区分Bに対する各周波数帯域でのスペクトルの成分では、位相差が ラジアン (又は ラジアンの奇数倍) である周波数帯域の成分は互いに相殺される。

【0052】

時間差 t_{diff} と、相殺される周波数 f_{notch} との間の関係を以下に詳細に説明する。

【0053】

所定の周波数 f での区分A及び区分Bの周波数成分における位相差 は以下の式(3)で表される。

$$= 2 \cdot t_{diff} \cdot f \quad (3)$$

【0054】

周波数 f_{notch} における区分A及び区分Bの成分を相殺するためには、位相差 をラジアンの奇数倍とすることで充分である。換言すれば、 n を自然数とした以下の式(4)を満足させれば充分である。

$$2 \cdot t_{diff} \cdot f_{notch} = (2n - 1) \quad (4)$$

【0055】

f_{notch} 及び t_{diff} に対し式(4)を解くことにより以下の式(5)及び(6)がもたらされる。

$$f_{notch} = (2n - 1) / (2t_{diff}) \quad (5)$$

$$t_{diff} = (2n - 1) / (2f_{notch}) \quad (6)$$

【0056】

従って、スペクトル成分が相殺される周波数 f_{notch} を上記の式(6)内に代入することにより相殺される値となるように時間差 t_{diff} を制御することにより、周波数 f_{notch} における高調波の影響を低減させることができる。

【0057】

図2は、この実施例による制御を実行する際の高調波レベルの周波数スペクトルの一例を示している。この図2は、時間差 t_{diff} を、 $f_{notch} = 134\text{ kHz}$ とした式(6)から50

計算した値となるように制御した場合の高調波レベルの周波数スペクトルを示している。この図2に示すように、領域200内に示す $f_{notch} = 134\text{ kHz}$ 付近の高調波レベルは図19に比べて減少している。従って、 f_{notch} 付近の周波数帯域における伝導雑音の影響を低減させることができる。図2に示す例では、 $f_{notch} = 134\text{ kHz}$ の場合を記載しているが、他の周波数帯域においても同様に、時間差 t_{diff} を、式(6)により計算した値となるように制御することにより、周波数帯域における高調波レベルを低下させることができる。区分A及び区分B間の高さの差(すなわち、電流の変動幅)が小さくなればなるほど、高調波レベルの減少効果が増大する。

【0058】

図3は、この実施例により上述した高調波レベルを減少させることができるようにした、通信用スレーブノード送受信機(CXP1送受信機1506)の一例を示すブロック線図である。CXP1送受信機1506はアナログブロック301及び論理ブロック305を有している。

【0059】

アナログブロック301はドライバ302と、受信機303と、クロック立ち上り開始点検出器304とを有している。ドライバ302は、論理ブロック305を介して取得したマイクロコントローラ1505からの送信データ信号TXDを通信バス1507に入力させる。受信機303は、アナログブロック301に接続された通信バス1507から入力されたバス信号mBUSを取得し、このバス信号mBUSを論理ブロック305に送信する。

【0060】

クロック立ち上り開始点検出器304は、クロック信号が低レベルから高レベルに移動するための開始時点、すなわち時間 t_2 を検出する回路である。このクロック立ち上り開始点検出器304は、例えば、比較器で構成されている。このクロック立ち上り開始点検出器304を比較器で構成した場合には、例えばバス信号mBUSの低レベル電圧 V_L とこのバス信号mBUSとをクロック立ち上り開始点検出器304内に入力させる。このクロック立ち上り開始点検出器304は電圧 V_L と入力されたバス信号mBUSとを比較し、この比較結果を表す信号を出力する。

【0061】

論理ブロック305は、デコーダ306と、クロック立ち上り開始点決定器307と、送信データ信号遅延調整器308と、エンコーダ309とを有している。デコーダ306は、受信機303から取得した信号を復号した結果をマイクロコントローラ1505に送信する。

【0062】

クロック立ち上り開始点決定器307は、クロック立ち上り開始点検出器304から取得したクロック立ち上り開始のタイミングに基づいて、バス信号mBUSが低レベルからの移動開始を行う時間 t_2 を決定する。送信データ信号遅延調整器308は、クロック立ち上り開始点決定器307から取得した時間 t_2 と目標時間差 t_{diff} に基づいて、送信データ信号TXDを入力するタイミング、すなわちスレーブノード1504からのバス信号sBUSを低くするタイミングを決定する。

【0063】

エンコーダ309は、マイクロコントローラ1505から取得したデータ信号sTxDをPWM信号に変換し、送信データ信号TXDをドライバ302に入力させる。この場合、エンコーダ309は、送信データ信号遅延調整器308により決定された送信データ信号TXDを入力させるためのタイミングに基づく所定のタイミングで送信データ信号TXDをドライバ302に入力させる。

【0064】

図3につき説明したCXP1送受信機1506による制御につき図4を参照して以下に説明する。図4は、図1と同様に、マスターノード1501により出力されたバス信号mBUSと、スレーブノード1504により出力されたバス信号sBUSと、これらバス信

10

20

30

40

50

号mBUS及びバス信号sBUSの合成であるバス信号BUSと、通信バス1507を流れる電流IBUSとを示している。ここでは、第nクロックサイクルで送信データ信号TXDを送信することによりバス信号sBUSを出力するCXPI送受信機1506の場合の一例を説明する。

【0065】

最初に、CXPI送受信機1506は、クロック立ち上り開始点検出器304を用いて、第nクロックサイクルの1つ前のサイクルである第(n-1)サイクルでクロック立ち上り開始の時間 $t_{2_{n-1}}$ を検出する。又、CXPI送受信機1506は、クロック立ち上り開始点決定器307を用い、バス信号mBUSの周期 T_{per} に基づいて、検出された時間 $t_{2_{n-1}}$ から第nクロックの立ち上り開始の時間 $t_{2_n} = t_{2_{n-1}} + T_{per}$ をも決定する。
第nクロックの立ち上り開始の時間 t_{2_n} を計算しうる場合には、CXPI送受信機1506は、時間 $t_{2_{n-1}}$ を検出する必要がないことを銘記すべきである。例えば、CXPI送受信機1506は、第(n-m)クロックの立ち上り開始(ここで、 $n > m$ である)の時間 $t_{2_{n-m}}$ に基づいて時間 t_{2_n} を計算しうる。

【0066】

CXPI送受信機1506は、送信データ信号遅延調整器308により時間差 t_{diff} を時間 t_{2_n} から減算し、これによりバス信号sBUSの論理値が0となる時間、すなわちスレーブ立ち下り終了点の時間 t_{1_n} を計算する。CXPI送受信機1506は、論理値0を有するバス信号sBUSをPWM信号に変調し、時間 t_{1_n} がバス信号sBUSのスレーブ立ち下り終了点となるようにする。

【0067】

このようにして、CXPI送受信機1506がバス信号sBUSの制御タイミングを制御することにより、所定の周波数 f_{notch} における高調波レベルを減少させることができる。

【0068】

次に、本実施例のCXPI送受信機1506に対する変形例を説明する。ここに開示する変形例は、以下に説明するスレーブ立ち下り終了点及びバス信号mBUSの立ち下り終了点(クロック立ち下り終了点)のタイミングを制御しうる一例である。

【0069】

図5は、スレーブ立ち下り終了点がクロック立ち下り終了点よりも早い場合の通信バスの電流の変化を示す。この図5に示すように、バス信号sBUSのスレーブ立ち下り終了点の時間 t_1 がバス信号mBUSのクロック立ち下り終了点の時間 t_0 よりも早いと、時間 t_1 から時間 t_0 まで電流の全てがマスターノード1501のプルアップ抵抗側から通信バス1507を介してスレーブノード1504に流れる。従って、通信バス1507の電流IBUSに変化が生じる。この電流IBUSの変化により伝導雑音が発生する。この時点での電流IBUSにおける変化量は、図1における区分A及び区分Bの変化量の合計である。従って、この時点での伝導雑音への影響は図1における区分A及び区分Bに比べて多く増大する。従って、スレーブ立ち下り終了点の時間 t_1 をクロック立ち下り終了点の時間 t_0 よりも遅くするのが好ましい。

【0070】

図6は、上述した実施例に対する変形例による通信用送受信機(CXPI送受信機1506)の一例を示すブロック線図である。この変形例によるCXPI送受信機1506はアナログブロック601及び論理ブロック605を有している。

【0071】

アナログブロック601はドライバ602と、第1の比較器603と、第2の比較器604とを有している。ドライバ602は、論理ブロック605を介して取得したマイクロコントローラ1505からの送信データ信号TXDを通信バス1507に入力させる。

【0072】

第1の比較器603及び第2の比較器604は、論理ブロック605内で用いられた信号を出力して、クロック立ち上り開始点及びクロック立ち下り終了点の時間を決定する。

10

20

30

40

50

通信バス 1507 からのバス信号 mBUS は第 1 の比較器 603 及び第 2 の比較器 604 内に入力される。更に、第 1 の比較器 603 内には第 1 の基準電圧 V_{th1} が入力され、第 2 の比較器 604 内には第 2 の基準電圧 V_{th2} が入力される。第 1 の基準電圧 V_{th1} はバス信号 mBUS の低レベルの電圧 V_L 以上にし、第 2 の基準電圧 V_{th2} はバス信号 mBUS の高レベルの電圧 V_H 以下にする。ここでは $V_{th1} > V_{th2}$ と仮定する。第 1 の比較器 603 及び第 2 の比較器 604 はそれぞれ、第 1 の基準電圧 V_{th1} 及び第 2 の基準電圧 V_{th2} をバス信号 mBUS の電圧と比較し、比較結果を表す信号（比較信号）を出力する。

【0073】

論理ブロック 605 はクロック立ち上り開始点決定器 606 と、クロック立ち下り終了点決定器 607 と、送信データ信号遅延調整器 608 と、エンコーダ 609 とを有している。10

【0074】

第 1 の比較器 603 及び第 2 の比較器 604 からの比較信号は、クロック立ち上り開始点決定器 606 及びクロック立ち下り終了点決定器 607 に入力される。クロック立ち上り開始点決定器 606 は、取得した信号に基づいて、バス信号 mBUS が低レベルからの移動を開始する時間 t_2 を決定する。クロック立ち下り終了点決定器 607 は、取得した信号に基づいて、バス信号 mBUS が低レベルに達する時間 t_0 を決定する。クロック立ち上り開始点決定器 606 及びクロック立ち下り終了点決定器 607 が時間 t_2 及び時間 t_0 を決定する方法に関する詳細を以下に説明する。

【0075】

送信データ信号遅延調整器 608 は、クロック立ち上り開始点決定器 606 から取得した時間 t_2 と、クロック立ち下り終了点決定器 607 から取得した時間 t_0 と、目標時間差 t_{diff} に基づいて、送信データ信号 TXD を入力するタイミングを決定する。この送信データ信号遅延調整器 608 は、スレーブ立ち下り終了点の時間 t_1 をクロック立ち上り開始点の時間 t_2 よりも時間差 t_{diff} だけ早くする制御を実行し、これにより所望の高調波レベルを減少させるようにする。しかし、スレーブ立ち下り終了点の時間 t_1 がクロック立ち下り終了点の時間 t_0 よりも早いと、図 5 につき説明した理由で伝導雑音が発生する。この伝導雑音を回避するために、スレーブ立ち下り終了点の時間 t_1 を、時間 t_0 と等しくなるか又はそれよりも遅くなるように制御することができる。20

【0076】

エンコーダ 609 は、マイクロコントローラ 1505 から取得したデータ信号 STD を PWM 信号に変換し、送信データ信号 TXD をドライバ 602 に入力させる。このエンコーダ 609 は、マイクロコントローラ 1505 から取得した送信データ信号 TXD を、送信データ信号遅延調整器 608 により決定された送信データ信号 TXD を入力するタイミングに基づく所定のタイミングでドライバ 602 に入力させる。30

【0077】

次に、クロック立ち上り開始点決定器 606 及びクロック立ち下り終了点決定器 607 がクロック立ち上り開始点の時間 t_2 及びクロック立ち下り終了点の時間 t_0 を決定する方法に関する詳細を図 7 につき説明する。図 7 は、バス信号 mBUS と、第 1 の比較器 603 の比較信号 Comp1 と、第 2 の比較器 604 の比較信号 Comp2 を示している。40

【0078】

クロック立ち上り開始点決定器 606 は、低レベルから高レベルに移行している間、第 1 の比較器 603 の比較信号 Comp1 及び第 2 の比較器 604 の比較信号 Comp2 から、バス信号 mBUS が電圧 V_{th2} に達した時間 t_{r1} 及びバス信号 mBUS が電圧 V_{th1} に達した時間 t_{r2} を決定する。このクロック立ち上り開始点決定器 606 は、バス信号 mBUS の電圧 V_{th2} 及び V_{th1} と時間 t_{r1} 及び t_{r2} に基いて、バス信号 mBUS の変化率を計算することができる。この変化率は特に、 $(V_{th1} - V_{th2}) / (t_{r2} - t_{r1})$ として計算される。クロック立ち上り開始点決定器 606 は、この計算した変化率に基づいて、バス信号 mBUS の電圧が低レベル電圧 V_L となる時間 t_2 を計算する。特に、時間 t_2 は、 $V_L = 0$ とし、時間 t_{r2} を基準時間とした以下の式 (7) により計算する。50

$$t_2 = t_{r2} - (t_{r2} - t_{r1}) \cdot V_{th1} / (V_{th1} - V_{th2}) \quad (7)$$

【0079】

クロック立ち下り終了点決定器 607 は、高レベルから低レベルに移行している間、第 1 の比較器 603 の比較信号 Comp1 及び第 2 の比較器 604 の比較信号 Comp2 から、バス信号 mBUS が電圧 V_{th1} に達した時間 t_{f1} 及びバス信号 mBUS が電圧 V_{th2} に達した時間 t_{f2} を決定する。このクロック立ち下り終了点決定器 607 は、バス信号 mBUS の電圧 V_{th1} 及び V_{th2} と時間 t_{f1} 及び t_{f2} とに基づいて、バス信号 mBUS の変化率を計算することができる。この変化率は特に、 $(V_{th2} - V_{th1}) / (t_{f2} - t_{f1})$ として計算される。クロック立ち下り終了点決定器 607 は、この計算した変化率に基づいて、バス信号 mBUS の電圧が低レベル電圧 V_L となる時間 t_0 を計算する。特に、時間 t_0 は、 $V_L = 0$ 10 とし、時間 t_{f1} を基準時間とした以下の式(8)により計算する。

$$t_0 = (t_{f2} - t_{f1}) \cdot V_{th1} / (V_{th1} - V_{th2}) \quad (8)$$

【0080】

以下では、図 6 につき説明した CXPI 送受信機 1506 による制御を開示する。ここでは、第 n クロックサイクルで送信データ信号 TXD を出力する CXPI 送受信機 1506 の場合の一例を説明する。

【0081】

最初に、CXPI 送受信機 1506 がクロック立ち上り開始点決定器 606 を用いて第 n クロック立ち上り開始点の時間 t_{2_n} を決定する。クロック立ち上り開始点決定器 606 の決定方法は、図 4 で説明した方法に類似している。従って、ここではその詳細を省略する。クロック立ち上り開始点決定器 606 は、時間 t_{2_n} を決定する際に、図 7 につき説明した方法を用いてクロック立ち上り開始点の時間を決定しうる。20

【0082】

次に、CXPI 送受信機 1506 がクロック立ち下り終了点決定器 607 を用いてバス信号 mBUS の第 n クロック立ち下り終了点の時間 t_{0_n} を決定する。具体的に説明すれば、図 8 に示すように、クロック立ち下り終了点決定器 607 が第 n サイクルの 1 サイクル前の第 (n - 1) サイクルにおけるバス信号 mBUS のクロック立ち下り終了点の時間 $t_{0_{n-1}}$ を検出する。クロック立ち下り終了点決定器 607 は図 7 につき説明した方法で時間 $t_{0_{n-1}}$ を検出する。CXPI 送受信機 1506 はクロック立ち下り終了点決定器 607 を用いて、バス信号 mBUS の周期 T_{per} に基づき、検出した時間 $t_{0_{n-1}}$ からバス信号 mBUS の第 n クロック立ち下り終了点の時間 $t_{0_n} = t_{0_{n-1}} + T_{per}$ をも決定する。30 バス信号 mBUS の第 n クロック立ち下り終了点の時間 t_{0_n} を計算しうる場合には、CXPI 送受信機 1506 は時間 $t_{0_{n-1}}$ を検出する必要はない。例えば、CXPI 送受信機 1506 は、バス信号 mBUS の第 (n - m) クロック立ち下り終了点の時間 $t_{0_{n-m}}$ に基づいて時間 t_{0_n} を計算しうる(ここで $n > m$ である)。

【0083】

CXPI 送受信機 1506 は送信データ信号遅延調整器 608 を用いて送信データ信号 TXD の遅延時間も決定する。送信データ信号遅延調整器 608 が遅延時間を決定する方法に関する詳細は図 9 及び図 10 を参照して説明する。

【0084】

図 9 及び図 10 は、図 6 における送信データ信号遅延調整器により遅延時間を決定する方法の一例を示す。これらの図 9 及び図 10 は、バス信号 mBUS と、出力のタイミングを制御しない場合の(制御していない)送信データ信号 TXD と、出力のタイミングを制御した場合の送信データ信号 TXD とを示している。ここでは、バス信号 mBUS が下降する際に電圧が V_{th1} となる時間 t_{f1} を基準時間であるとして記載してある。40

【0085】

図 9 及び 10 では、 D_{int} が回路内の遅延値であり、比較器遅延と、内部回路遅延と、バス出力遅延と、その他の遅延とを含んでいる。更に、 t_{dly} が遅延時間である。

【0086】

時間差 t_{diff} が、時間 t_2 と時間 t_0 との間に等しいか又はそれ以下である、すな

わち $t_{diff} < t_2 - t_0$ である場合には、送信データ信号遅延調整器 608 が以下の式(9)により t_{delay} を決定する。

$$t_{delay} = (t_2 - t_{diff}) - D_{int} \quad (9)$$

図9は、式(9)が満足する状態の一例を示している。

【0087】

時間差 t_{diff} が時間 t_2 と時間 t_0 との間の時間よりも長い場合には、すなわち $t_{diff} > t_2 - t_0$ である場合には、送信データ信号遅延調整器 608 が、 $t_{min} = t_0 - D_{int}$ とした以下の式(10)を満足する値とする t_{delay} を決定する。

$$t_{delay} > t_{min} \quad (10)$$

このようにすると、 $t_{diff} > t_2 - t_0$ である場合に、 t_{delay} を t_{min} よりも大きい値となるように設定することにより、図5を参照して説明した伝導雑音を回避することができる。 10

【0088】

CXP1送受信機 1506 はエンコーダ 609 を用いて、計算された遅延時間 t_{delay} に基づいた送信データ信号 TXD の制御を行う。図11及び図12は、図6におけるエンコーダ 609 により制御された送信データ信号 TXD と、バス信号 mBUS 及びバス信号 sBUS の合成により得られたバス信号 BUS を示している。図11は、 $t_{diff} < t_2 - t_0$ である場合の制御の結果を示しており、図12は、 $t_{diff} > t_2 - t_0$ である場合の制御の結果を示している。

【0089】

エンコーダ 609 は、 t_{delay} に相当する遅延時間において、論理値 0 を有する送信データ信号 TXD を PWM に変換し、その結果を出力する。この時点で、エンコーダ 609 は、送信データ信号 TXD の立ち下りに関して、 t_{delay} に相当する遅延時間に対する制御を行う。一方、エンコーダ 609 は、送信データ信号 TXD が立ち上りを開始（スレーブの立ち上りを開始）する時間に関して、時間 t_{f1} からの時間の長さが一定の時間長となるように制御を実行する。バス信号 mBUS の立ち下りが一定であると仮定すると、エンコーダ 609 は、時間 t_0 から一定の時間長後に立ち上るように送信データ信号を制御する。このようにすることにより、バス信号 BUS のデューティサイクルが維持されている間、CXP1送受信機 1506 が所望の周波数帯域における高調波レベルを減少させよう 20 することができる。

【0090】

クロック信号が低レベルから高レベルに移動するのを開始する時間 t_2 よりもスレーブ立ち下り終了点の時間 t_1 が遅い場合には、通信バス 1507 を流れる電流が図13に示すように急激に変化し、伝導雑音を発生させる。従って、時間 t_1 を時間 t_2 よりも早くするのが好ましい。上述した実施例及び変形例によれば、時間 t_1 を時間 t_2 よりも早くなるように制御する。 30

【0091】

本発明の実施例を例示及び添付図面に基づいて説明したが、種々の変更及び変形は当業者にとって本発明に基づいて明らかとなるものであることを銘記すべきである。従って、このような変更及び変形は本発明の範囲内に含まれることを理解すべきである。例えば、構成上の要素に含まれた機能等は、理論的に首尾一貫した如何なる方法でも再構成することができる。更に、構成上の要素等を1つに組合せるか、又は分割することができる。 40

【0092】

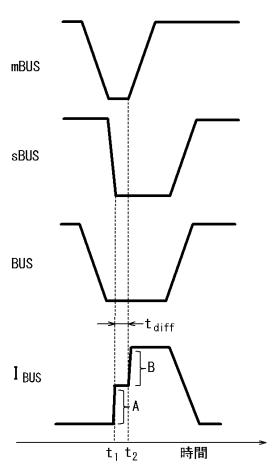
例えば、上述した実施例及び変形例では、エンコーダにより PWM 信号を発生させることができ、CXP1送受信機 1506 内に個別に設けたタイミング調整回路により、制御信号の立ち下りエッジ（スレーブ立ち下り終了点）を遅延させる制御を実行しうる。上述した実施例及び変形例では、タイミング調整回路の機能をエンコーダ内に含まれるものとして説明した。

【0093】

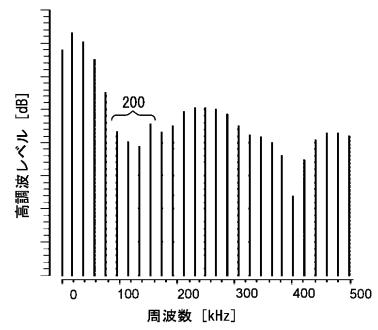
上述したクロック立ち上り開始点決定器 307 と、送信データ信号遅延調整器 308 と、クロック立ち上り開始点決定器 606 と、クロック立ち下り終了点決定器 607 と、送 50

信データ信号遅延調整器 608 とは、例えば、複数の論理セルを組合せた論理回路等として構成することができる。これらの特定の例には、特定用途向け集積回路（ASIC）、デジタル信号プロセッサ（DSP）、デジタル信号処理デバイス（DSPD）、プログラマブル論理デバイス（PLD）、フィールドプログラマブルゲートアレイ（FPGA）、プロセッサ、コントローラ、マイクロコントローラ、マイクロプロセッサ又はこれらの任意の組み合せの各々の 1 つ以上が含まれる。

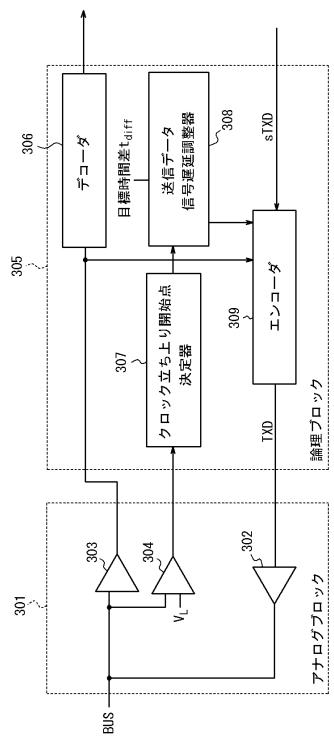
【図 1】



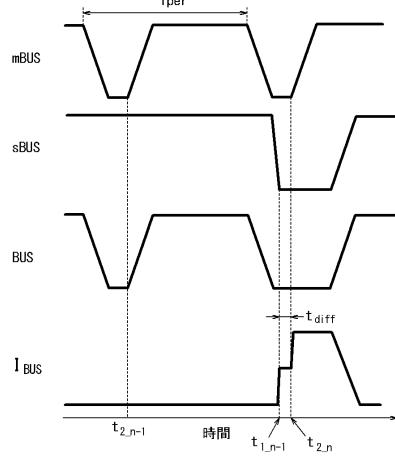
【図 2】



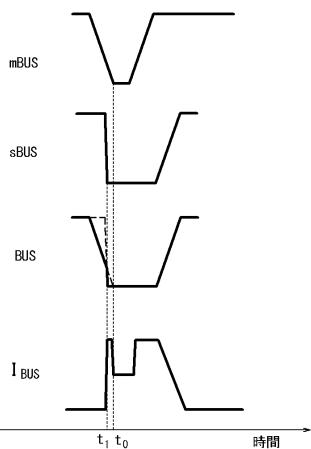
【図3】



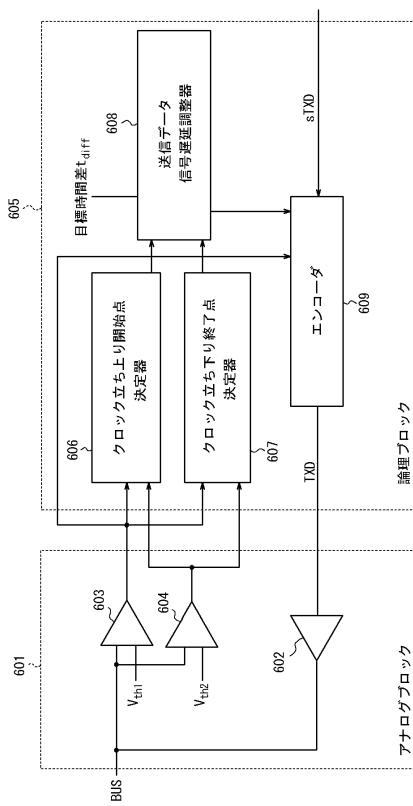
【図4】



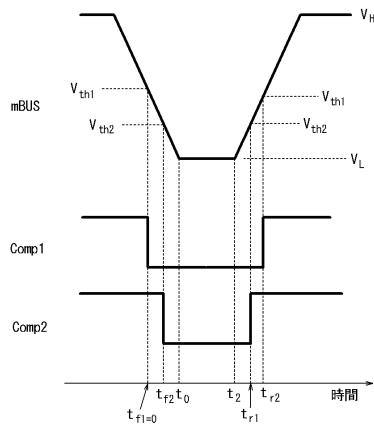
【図5】



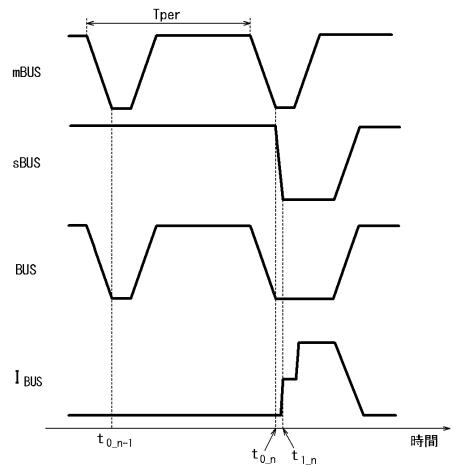
【図6】



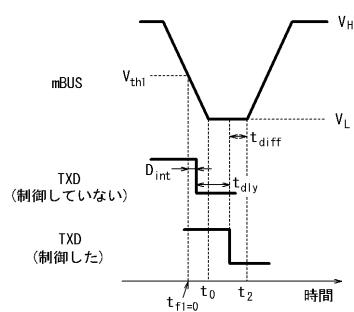
【図7】



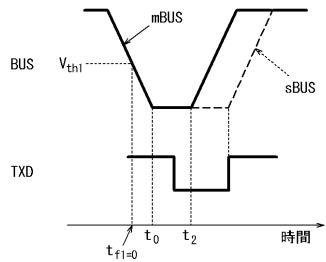
【図8】



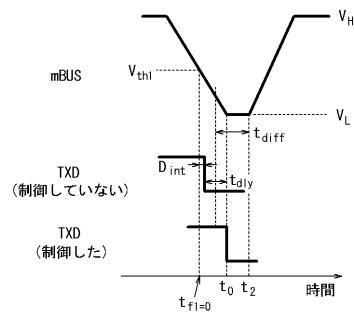
【図9】



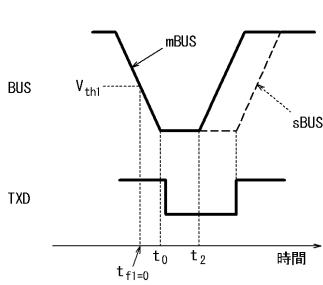
【図11】



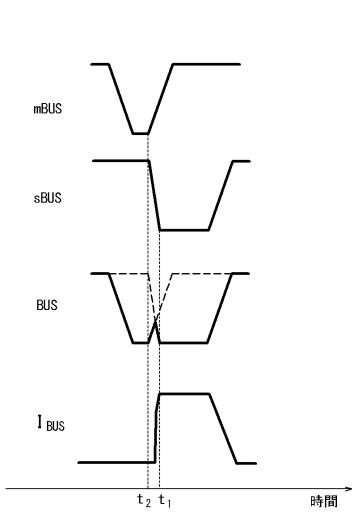
【図10】



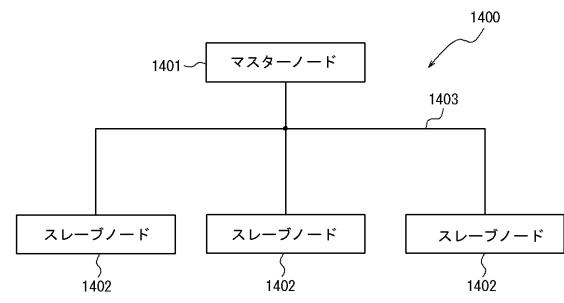
【図12】



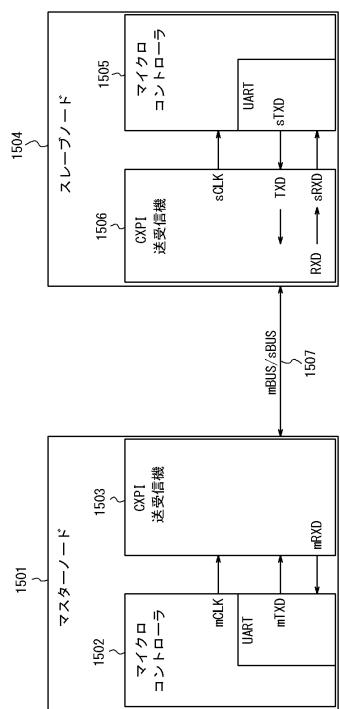
【図 1 3】



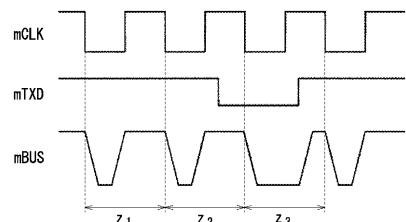
【図 1 4】



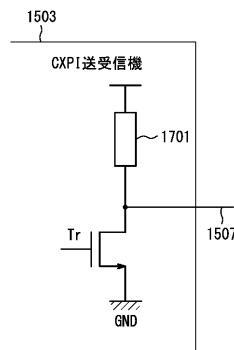
【図 1 5】



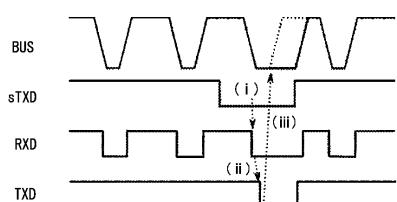
【図 1 6】



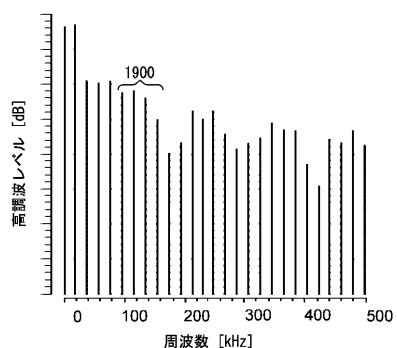
【図 1 7】



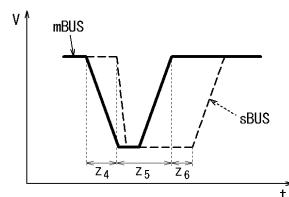
【図 1 8】



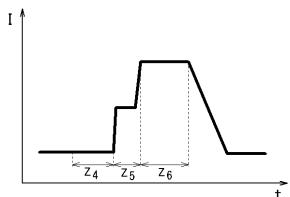
【図 1 9】



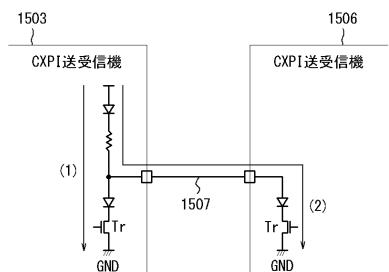
【図 2 0】



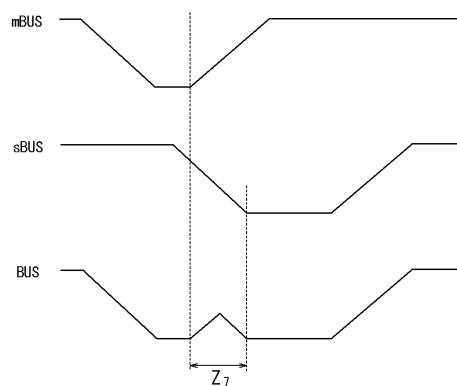
【図 2 1】



【図 2 2】



【図 2 3】



フロントページの続き

(74)代理人 100180655
弁理士 鈴木 俊樹

(72)発明者 乾 益生
愛知県春日井市高蔵寺町二丁目 1844番2
(72)発明者 富田 和広
愛知県春日井市高蔵寺町二丁目 1844番2

審査官 川口 貴裕

(56)参考文献 特開2013-062724(JP,A)
特開2016-066886(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H04L 25/03
H04L 25/49