

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6237992号
(P6237992)

(45) 発行日 平成29年11月29日(2017.11.29)

(24) 登録日 平成29年11月10日(2017.11.10)

(51) Int.Cl.

H03B 5/32 (2006.01)

F I

H03B 5/32

A

請求項の数 11 (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願2013-165387 (P2013-165387)
 (22) 出願日 平成25年8月8日(2013.8.8)
 (65) 公開番号 特開2015-35706 (P2015-35706A)
 (43) 公開日 平成27年2月19日(2015.2.19)
 審査請求日 平成28年8月2日(2016.8.2)

(73) 特許権者 000002369
 セイコーエプソン株式会社
 東京都新宿区新宿四丁目1番6号
 (74) 代理人 100090387
 弁理士 布施 行夫
 (74) 代理人 100090398
 弁理士 大淵 美千栄
 (72) 発明者 米山 剛
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ
 ーエプソン株式会社内

審査官 ▲高▼須 甲斐

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発振回路の制御方法、発振用回路、発振器、電子機器及び移動体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

補償手段と、

前記補償手段からの信号により補償される発振手段と、

前記発振手段に電力を供給する第1の電力供給手段と、

電源投入後に、前記第1の電力供給手段を第1の状態にし、前記第1の電力供給手段が前記第1の状態になった後に前記第1の電力供給手段を第2の状態にし、前記第1の電力供給手段が前記第2の状態になった後に前記補償手段を動作させる制御手段と、を備え、
 前記第1の状態では、前記第1の電力供給手段から前記発振手段に供給される電力が前記第2の状態よりも大きい、発振用回路。

【請求項2】

前記第1の電力供給手段を前記第2の状態にするための設定情報が記憶されている記憶手段をさらに備え、

前記制御手段は、

前記記憶手段から前記設定情報を読み出して前記第1の電力供給手段を前記第2の状態とする、請求項1に記載の発振用回路。

【請求項3】

前記補償手段の動作の後に、前記制御手段が前記記憶手段から前記設定情報を読み出して前記第1の電力供給手段を前記第2の状態にする動作と前記補償手段の動作とが時間的に重ならず繰り返される、請求項2に記載の発振用回路。

10

20

【請求項 4】

複数の第 2 の電力供給手段のうち少なくとも 1 つを選択して前記第 1 の電力供給手段に接続する電源切り替え手段をさらに備え、

前記第 1 の電力供給手段は、さらに前記補償手段に電力を供給し、

前記補償手段の動作と前記電源切り替え手段の動作とが重ならない、請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載の発振用回路。

【請求項 5】

請求項 1 乃至 4 のいずれか一項に記載の発振用回路と、振動子と、を備えている、発振器。

【請求項 6】

請求項 1 乃至 4 のいずれか一項に記載の発振用回路、又は請求項 5 に記載の発振器を備えている、電子機器。

【請求項 7】

請求項 1 乃至 4 のいずれか一項に記載の発振用回路、又は請求項 5 に記載の発振器を備えている、移動体。

【請求項 8】

補償部と、前記補償部からの信号により補償される発振部と、前記発振部に電力を供給する電源部と、を備えている発振回路の制御方法であって、

電源投入後に、前記電源部を第 1 の状態にし、

前記電源部が前記第 1 の状態になった後、前記電源部を第 2 の状態にし、

前記第 1 の状態では、前記電源部から前記発振部に供給される電力が前記第 2 の状態よりも大きく、

前記電源部を前記第 2 の状態にした後、前記補償部を動作させる、発振回路の制御方法。

【請求項 9】

前記発振回路は、前記電源部を前記第 2 の状態にするための設定情報が記憶されている記憶部をさらに備え、

前記電源部が前記第 1 の状態になった後、前記記憶部から前記設定情報が読み出されて前記電源部を前記第 2 の状態にする、請求項 8 に記載の発振回路の制御方法。

【請求項 10】

前記補償部の動作の後に、前記記憶部から前記設定情報が読み出されて前記電源部を前記第 2 の状態にする動作と前記補償部の動作とが時間的に重ならずに繰り返される、請求項 9 に記載の発振回路の制御方法。

【請求項 11】

前記発振回路は、

複数の電力供給源のうち少なくとも 1 つを選択して前記電源部に接続する電源切り替え部をさらに備え、

前記電源部は、さらに前記補償部に電力を供給し、

前記補償部の動作と前記電源切り替え部の動作とが重ならない、請求項 8 乃至 10 のいずれか一項に記載の発振回路の制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、発振回路の制御方法、発振用回路、発振器、電子機器及び移動体に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 には、電源供給後に発振回路の動作が安定するまで温度特性補償回路への電源電圧の供給を遅らせることで電力消費を抑えることができる圧電体基準発振器が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開平10-28016号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、特許文献1には、発振回路の発振開始時間を早くするために、発振回路に供給する電圧又は電流を変えることについては明示されていない。このため、特許文献1に記載の圧電体基準発振器に、起動時に発振回路に供給する電圧又は電流を変えることで発振開始時間を早くする回路を付加した場合には、温度特性補償回路の動作開始後に、発振回路に供給する電圧又は電流の切り替え動作が行われると、切り替え時の電圧又は電流の変動により温度補償回路における周波数温度特性の調整処理において誤動作を起こすおそれがあった。この問題は、周波数温度特性の調整処理に限らず、何らかの環境変化に起因する発振周波数の変動を補正するための処理を行う補償部に共通するものである。

10

【0005】

本発明は、以上のような問題点に鑑みてなされたものであり、本発明のいくつかの態様によれば、電源電圧の切り替え動作によって発振周波数の補償部が誤動作を起こすおそれを低減することが可能な発振回路の制御方法、発振用回路、発振器、電子機器及び移動体を提供することができる。

【課題を解決するための手段】

20

【0006】

本発明は前述の課題の少なくとも一部を解決するためになされたものであり、以下の態様または適用例として実現することが可能である。

【0007】

[適用例1]

本適用例に係る発振用回路は、補償手段と、前記補償手段からの信号により補償される発振手段と、前記発振手段に電力を供給する第1の電力供給手段と、電源投入後に、前記第1の電力供給手段を第1の状態にし、前記第1の電力供給手段が前記第1の状態になった後に前記第1の電力供給手段を第2の状態にし、前記第1の電力供給手段が前記第2の状態になった後に前記補償手段を動作させる制御手段と、を備えている。

30

【0008】

本適用例に係る発振用回路によれば、補償手段の動作は、第1の電力供給手段の状態が切り替わるタイミングと重ならないので、電源変動に起因する補償手段の誤動作を低減させることができる。従って、発振用回路の発振周波数の精度が低下するおそれを低減させることができる。

【0009】

[適用例2]

上記適用例に係る発振用回路は、前記第1の電力供給手段を前記第2の状態にするための設定情報が記憶されている記憶手段をさらに備え、前記制御手段は、前記記憶手段から前記設定情報を読み出して前記第1の電力供給手段を前記第2の状態とするようにしてもよい。

40

【0010】

本適用例に係る発振用回路によれば、例えば最適な設定情報を記憶手段に記憶しておくことで、第1の電力供給手段が第2の状態の時の発振用回路の発振周波数の精度を高めることができる。

【0011】

[適用例3]

上記適用例に係る発振用回路において、前記補償手段の動作の後に、前記制御手段が前記記憶手段から前記設定情報を読み出して前記第1の電力供給手段を前記第2の状態にする動作と前記補償手段の動作とが時間的に重ならず繰り返されるようにしてもよい。

50

【 0 0 1 2 】

本適用例に係る発振用回路によれば、補償手段の動作と第 1 の電力供給手段を第 2 の状態にする動作が時間的に重ならないため、第 1 の電力供給手段を第 2 の状態にする動作で発生する電源電圧変動が補償手段の動作に影響しにくい、電源変動に起因した補償手段の誤動作を低減させることができる。従って、発振用回路の発振周波数の精度が低下するおそれを低減させることができる。また、第 1 の電力供給手段を第 2 の状態にするための設定情報が記憶手段から定期的に読み出されるため、仮にノイズ等の影響で第 2 の状態の設定が変わってしまっても、正しい設定に復帰することが可能になる。

【 0 0 1 3 】

[適用例 4]

10

上記適用例に係る発振用回路において、前記第 1 の状態では、前記第 1 の電力供給手段から前記発振手段に供給される電力が前記第 2 の状態よりも大きいようにしてもよい。

【 0 0 1 4 】

本適用例に係る発振用回路によれば、補償手段の動作は、発振手段に供給される電力が大きい状態の時に重ならないので、発振部に大きな電力が印加されて動作しているときの発振部から補償部への影響（例えば、発振部の発熱による補償部の温度上昇）を受けにくくなる。また、電源投入後、第 1 の電力供給手段から発振手段に供給される電力が大きい状態になるので、発振手段を早く安定な状態にすることができる。

【 0 0 1 5 】

[適用例 5]

20

上記適用例に係る発振用回路は、複数の第 2 の電力供給手段のうち少なくとも 1 つを選択して前記第 1 の電力供給手段に接続する電源切り替え手段をさらに備え、前記第 1 の電力供給手段は、さらに前記補償手段に電力を供給し、前記補償手段の動作と前記電源切り替え手段の動作とが重ならないようにしてもよい。

【 0 0 1 6 】

本適用例に係る発振用回路によれば、補償手段の動作時の電源電圧変動を低減できるため、補償手段の誤動作を低減させることができる。従って、発振用回路の発振周波数の精度が低下するおそれを低減させることができる。

【 0 0 1 7 】

また、上記適用例に係る発振用回路において、前記第 1 の電力供給手段を前記第 2 の状態にする動作と前記電源切り替え手段の動作とが重ならないようにしてもよい。

30

【 0 0 1 8 】

また、上記適用例に係る発振用回路は、前記発振手段から出力される信号に基づいて時刻情報を生成する計時手段をさらに備え、前記計時手段が前記時刻情報を更新するタイミングと前記電源切り替え手段の動作とが重ならないようにしてもよい。

【 0 0 1 9 】

[適用例 6]

本適用例に係る発振器は、上記のいずれかの発振用回路と、振動子と、を備えている。

【 0 0 2 0 】

[適用例 7]

40

本適用例に係る電子機器は、上記のいずれかの発振用回路、又は上記の発振器を備えている。

【 0 0 2 1 】

[適用例 8]

本適用例に係る移動体は、上記のいずれかの発振用回路、又は上記の発振器を備えている。

【 0 0 2 2 】

[適用例 9]

本適用例に係る発振回路の制御方法は、振動子が接続される発振部と、前記発振部に電力を供給する電源部と、補償部と、を備えている発振回路の制御方法であって、電源投入

50

後に、前記電源部を第１の状態にし、前記電源部が前記第１の状態になった後、前記電源部を第２の状態にし、前記電源部を前記第２の状態にした後、前記補償部を動作させる。

【００２３】

例えば、発振回路が備える制御部が、電源投入後に、前記電源部を第１の状態にし、前記電源部が前記第１の状態になった後、前記電源部を第２の状態にし、前記電源部を前記第２の状態にした後、前記補償部を動作させるように制御してもよい。

【００２４】

本適用例に係る発振回路の制御方法によれば、補償部の動作は、電源部の状態が切り替わるタイミングと重ならないので、電源変動に起因する補償部の誤動作を低減させることができる。従って、発振回路の発振周波数の精度が低下するおそれを低減させることがで

10

【００２５】

[適用例１０]

上記適用例に係る発振回路の制御方法において、前記発振回路は、前記電源部を前記第２の状態にするための設定情報が記憶されている記憶部をさらに備え、前記電源部が前記第１の状態になった後、前記記憶部から前記設定情報が読み出されて前記電源部を前記第２の状態にするようにしてもよい。

【００２６】

例えば、発振回路が備える制御部が、前記電源部が前記第１の状態になった後、前記記憶部から前記設定情報が読み出されて前記電源部を前記第２の状態にするように制御して

20

【００２７】

本適用例に係る発振回路の制御方法によれば、例えば最適な設定情報を記憶部に記憶させておくことで、電源部が第２の状態の時の発振回路の発振周波数の精度を高めることができる。

【００２８】

[適用例１１]

上記適用例に係る発振回路の制御方法において、前記補償部の動作の後に、前記記憶部から前記設定情報が読み出されて前記電源部を前記第２の状態にする動作と前記補償部の動作とが時間的に重ならず繰り返されるようにしてもよい。

30

【００２９】

例えば、発振回路が備える制御部が、前記補償部の動作の後に、前記記憶部から前記設定情報が読み出されて前記電源部を前記第２の状態にする動作と前記補償部の動作とが時間的に重ならず繰り返されるように制御してもよい。

【００３０】

本適用例に係る発振回路の制御方法によれば、補償部の動作と電源部を第２の状態にする動作が時間的に重ならないため、電源部を第２の状態にする動作で発生する電源電圧変動が補償部の動作に影響しにくいため、電源変動に起因した補償部の誤動作を低減させることができる。従って、発振回路の発振周波数の精度が低下するおそれを低減させることができる。また、電源部を第２の状態にするための設定情報が記憶部から定期的に読み出されるため、仮にノイズ等の影響で第２の状態の設定が変わってしまっても、正しい設定に復帰することが可能になる。

40

【００３１】

[適用例１２]

上記適用例に係る発振回路の制御方法において、前記第１の状態では、前記電源部から前記発振部に供給される電力が前記第２の状態よりも大きいようにしてもよい。

【００３２】

本適用例に係る発振回路の制御方法によれば、補償部の動作は、発振部に供給される電力が大きい状態の時と重ならないので、発振部に大きな電力が印加されて動作しているときの発振部から補償部への影響（例えば、発振部の発熱による補償部の温度上昇）を受け

50

にくくなる。また、電源投入後、電源部から発振部に供給される電力が大きい状態になるので、発振部を早く安定な状態にすることができる。

【 0 0 3 3 】

[適用例 1 3]

上記適用例に係る発振回路の制御方法において、前記発振回路は、複数の電力供給源のうち少なくとも1つを選択して前記電源部に接続する電源切り替え部をさらに備え、前記電源部は、さらに前記補償部に電力を供給し、前記補償部の動作と前記電源切り替え部の動作とが重ならないようにしてもよい。

【 0 0 3 4 】

例えば、発振回路が備える制御部が、前記補償部の動作と前記電源切り替え部の動作とが重ならないように制御してもよい。

10

【 0 0 3 5 】

本適用例に係る発振回路の制御方法によれば、補償部の動作時の電源電圧変動を低減できるため、補償部の誤動作を低減させることができる。従って、発振回路の発振周波数の精度が低下するおそれを低減させることができる。

【 0 0 3 6 】

また、上記適用例に係る発振回路の制御方法において、前記電源部を前記第2の状態にする動作と前記電源切り替え部の動作とが重ならないようにしてもよい。

【 0 0 3 7 】

また、上記適用例に係る発振回路の制御方法において、前記発振回路は、前記発振部から出力される信号に基づいて時刻情報を生成する計時部をさらに備え、前記計時部が前記時刻情報を更新するタイミングと前記電源切り替え部の動作とが重ならないようにしてもよい。

20

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 3 8 】

【 図 1 】 本実施形態のリアルタイムクロックの構成例を示す図。

【 図 2 】 本実施形態における温度補償発振回路の構成例を示す図。

【 図 3 】 本実施形態における制御部の構成例を示す図。

【 図 4 】 本実施形態における制御部の処理手順の一例を示すフローチャート図。

【 図 5 】 温度補償処理の手順の一例を示すフローチャート図。

30

【 図 6 】 リフレッシュ処理の手順の一例を示すフローチャート図。

【 図 7 】 スイッチ切り替え処理の手順の一例を示すフローチャート図。

【 図 8 】 発振回路の起動時の動作の一例を示すタイミングチャート図。

【 図 9 】 発振回路の起動後の動作の一例を示すタイミングチャート図。

【 図 10 】 発振回路の起動後の動作の他の一例を示すタイミングチャート図。

【 図 11 】 温度補償動作とスイッチ切り替え動作の詳細なタイミングチャート図。

【 図 12 】 本実施形態の発振器の構成例を示す図。

【 図 13 】 本実施形態の電子機器の機能ブロック図。

【 図 14 】 本実施形態の電子機器の外観の一例を示す図。

【 図 15 】 本実施形態の移動体の一例を示す図。

40

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 3 9 】

以下、本発明の好適な実施形態について図面を用いて詳細に説明する。なお、以下に説明する実施の形態は、特許請求の範囲に記載された本発明の内容を不当に限定するものではない。また以下で説明される構成の全てが本発明の必須構成要件であるとは限らない。

【 0 0 4 0 】

1. リアルタイムクロック

1 - 1. 構成

図1は、本実施形態のリアルタイムクロックの構成例を示す図である。本実施形態のリアルタイムクロック1は、振動子3を発振させる発振回路2を備えている。また、本実施

50

形態のリアルタイムクロック 1 は、振動子 3 を備えていてもよいし、制限抵抗 6 やバックアップ電源 5 を備えていてもよい。

【 0 0 4 1 】

本実施形態では、発振回路 2 は、1 つの集積回路 (I C) チップで実現されており、V C C 端子と V B A 端子の 2 つの電源端子を有している。ただし、発振回路 2 は、複数の I C チップを配線接続して実現されてもよいし、発振回路 2 の一部又は全部の構成が、ディスプレイ部品を配線接続して実現されていてもよい。

【 0 0 4 2 】

V C C 端子にはメイン電源 4 が接続され、メイン電源 4 から電力が供給される。また、V C C 端子には C P U (Central Processing Unit) 8 が接続されており、消費電流を削減するために C P U 8 が動作しない時には、メイン電源 4 から V C C 端子への電力供給が遮断される。発振回路 2 は、メイン電源からの電力供給が遮断された状態でも計時動作を継続する必要があるため、V B A 端子には充電速度を制限するための制限抵抗 6 を介して充電可能なバックアップ電源 5 (二次電池や大容量コンデンサー等) が接続されている。ただし、バックアップ電源 5 は、充電ができない電源 (一次電池等) に代えてもよい。

【 0 0 4 3 】

本実施形態では、発振回路 2 は、温度補償発振回路 1 0、制御部 2 0、電源部 3 0、パワーオンリセット回路 4 0、スイッチ 5 0、電源監視回路 6 0、計時部 7 0、不揮発性メモリー 8 0、シリアルインターフェース (I / F) 回路 9 0 を含んで構成されている。ただし、発振回路 2 は、これらの要素の一部を省略又は変更し、あるいは他の要素を追加した構成としてもよい。

【 0 0 4 4 】

スイッチ 5 0 は、V C C 端子と V B A 端子の間に接続されており、本実施形態では、P M O S トランジスタで実現されている。すなわち、スイッチ 5 0 は、電流の流れる方向に対して上流側をソース、下流側をドレインとして、ゲート端子に入力される制御信号 S W C T L がローレベルの時にソースとドレインとの間を導通 (オン) し、制御信号 S W C T L がハイレベルの時にソースとドレインとの間を非導通 (オフ) にする。

【 0 0 4 5 】

また、本実施形態では、スイッチ 5 0 は、ドレインがバックゲートと接続され、ソースとドレインとの間に、ソース側がアノード、ドレイン側がカソードとなる (ソースからドレインへの向きを順方向とする) ダイオード (ボディーダイオード) が形成されている。従って、スイッチ 5 0 は、オフの状態でもソース電位がドレイン電位よりも高ければソースからドレインの向き (ダイオードの順方向) に電流が流れる。

【 0 0 4 6 】

このスイッチ 5 0 は、V C C 端子側がソース、V B A 端子側がドレインとなるように設けられている。従って、メイン電源から電源電圧が供給されている状態では、V B A 端子の電圧は、スイッチ 5 0 がオンの時はメイン電源の電源電圧となり、スイッチがオフの時は、メイン電源の電源電圧よりもスイッチ 5 0 が有するダイオードの順方向降下電圧 V F の分だけ低い電圧となる。また、スイッチ 5 0 がオンの時は、スイッチ 5 0 のソース - ドレイン間に形成されるチャネルを通してメイン電源からバックアップ電源に電流が流れてバックアップ電源が充電され、スイッチ 5 0 がオフの時も、スイッチ 5 0 のダイオードを通してメイン電源からバックアップ電源に電流が流れてバックアップ電源が充電される。

【 0 0 4 7 】

一方、メイン電源からの電源電圧の供給が遮断されている状態では、V B A 端子の電圧は、スイッチ 5 0 がオンの時もオフの時もバックアップ電源の電源電圧となる。

【 0 0 4 8 】

V B A 端子の電圧は、発振回路 2 の内部電源電圧として各部に供給される。また、V B A 端子の電圧は、パワーオンリセット回路 4 0 に供給され、パワーオンリセット回路 4 0 は、V B A 端子の電圧上昇に追従し、所望の電圧に達するまでの間、リセット信号 P O R を発生させる。例えば、バックアップ電源 5 が未充電の状態、メイン電源 4 の電源電圧

がVCC端子に供給されると、スイッチ50がオンしてバックアップ電源5が充電されるとともにVBA端子の電圧が上昇し、リセット信号PORが発生する。

【0049】

電源部30は、基準電源回路32とレギュレーター34を含んで構成されており、VBA端子の電圧に基づき、温度補償発振回路10に供給する電源電圧を生成する。

【0050】

基準電源回路32は、温度に関係なく一定の基準電圧VREFと基準電流IBIASを生成し、レギュレーター34に供給する。本実施形態では、基準電圧VREFは、制御部20から供給される基準電圧調整データBG RDによって所定の範囲で調整可能になっている。同様に、基準電流IBIASは、制御部20から供給される基準電流調整データIBIASDによって所定の範囲で調整可能になっている。また、本実施形態では、基準電源回路32は、温度検出信号TSENSを出力する温度センサー36を有している。このような基準電源回路32は、例えば、半導体のバンドギャップ電圧を利用して所定電圧を生成する回路と、バンドギャップ電圧の温度特性と逆向きの温度特性を有する電圧を生成する温度センサー36と、これら2つの回路の出力電圧を加算する回路とによって構成されるバンドギャップリファレンス回路によって実現することができる。

10

【0051】

レギュレーター34は、基準電圧VREFと基準電流IBIASに基づき、温度補償発振回路10に供給する電源電圧を生成して出力する。本実施形態では、レギュレーター34の出力電圧は、制御部20から供給されるレギュレーター電圧調整データVREGDによって所定の範囲で調整可能になっている。

20

【0052】

温度補償発振回路10は、発振回路2のGATE端子とDRAIN端子を介して接続される振動子3を発振させるための回路であり、レギュレーター34の出力電圧を電源電圧として動作する。

【0053】

図2は、本実施形態における温度補償発振回路10の構成例を示す図であり、図2に示すように、温度補償発振回路10は、発振部12と温度補償部14を備えている。

【0054】

発振部12は、インバーター回路121と、2つの抵抗122, 123と、2つの可変容量回路124, 125を備えている。インバーター回路121の入力端子は発振回路2のGATE端子と接続され、インバーター回路121の出力端子は抵抗123を介して発振回路2のDRAIN端子と接続されている。

30

【0055】

抵抗122は、インバーター回路121の出力端子と入力端子の間に接続されており、抵抗123は、インバーター回路121の出力端子とDRAIN端子の間に接続されている。

【0056】

可変容量回路124は、複数のスイッチの各々を介して、インバーター回路121の入力端子(発振回路2のGATE端子)とグランドとの間に接続される複数の容量素子を備えており、これら複数のスイッチ素子のオン/オフを切り替えることで、インバーター回路121の入力端子(発振回路2のGATE端子)の負荷容量を可変に設定することができる。同様に、可変容量回路125は、複数のスイッチの各々を介して、インバーター回路121の出力端子(発振回路2のDRAIN端子)とグランドとの間に接続される複数の容量素子を備えており、これらスイッチ素子のオン/オフを切り替えることで、インバーター回路121の出力端子(発振回路2のDRAIN端子)の負荷容量を可変に設定することができる。なお、可変容量回路124, 125の一方を容量値が固定の回路に置き換えてもよい。

40

【0057】

温度補償部14は、レジスター142と、演算回路144と、A/D変換器146とを

50

備えており、制御部 20 からの制御信号 EN_SENS がハイレベルの時に動作する。本実施形態では、制御信号 EN_SENS が一定周期で一定期間ハイレベルになり、温度補償部 14 は間欠的に動作する。

【0058】

A/D変換器 146 は、温度検出信号 T_SENS を A/D変換し、A/D変換データ ADO を制御部 20 に出力する。演算回路 144 は、制御部 20 から A/D変換データ ADO に応じた温度補償データ $TCOMP D$ を受け取り、温度補正演算を行って可変容量回路 124, 125 の各スイッチ素子のオン/オフ制御値（ハイ又はロー）を決定し、容量選択データ $CAP D$ としてレジスタ 142 に設定する。この容量選択データ $CAP D$ に応じて、可変容量回路 124, 125 の各スイッチ素子のオン/オフが制御される。

10

【0059】

このように構成された温度補償発振回路 10 は、温度変化に応じて容量選択データ $CAP D$ を定期的に更新し、振動子 3 の温度特性を補正しながら振動子 3 を共振周波数付近の所望の周波数で発振させる。本実施形態では、振動子 3 の共振周波数は 32.768 kHz 付近の周波数であり、温度補償発振回路 10 は、動作保証の温度範囲で周波数偏差が極めて小さい 32.768 kHz のクロック信号 clk_32k を出力する。

【0060】

振動子 3 としては、例えば、水晶 Z カット、または水晶 Z カットを X 軸周りに Y 軸を数度回転したカットアングルを用いた水晶振動子、SC カットや AT カットの水晶振動子、SAW (Surface Acoustic Wave) 共振子などを用いることができる。また、振動子 3 として、例えば、水晶振動子以外の圧電振動子や MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) 振動子などを用いることもできる。振動子 3 の基板材料としては、水晶、タンタル酸リチウム、ニオブ酸リチウム等の圧電単結晶や、ジルコン酸チタン酸鉛等の圧電セラミックス等の圧電材料、又はシリコン半導体材料等を用いることができる。また、振動子 3 の励振手段としては、圧電効果によるものを用いてもよいし、クーロン力による静電駆動を用いてもよい。また、振動子の形状としては、平板形状、音叉形状等を用いることもできる。

20

【0061】

図 1 に戻り、電源監視回路 60 は、コンパレータ 62 と、スイッチ回路 64 と、2 つの抵抗 66, 68 とを含んで構成されている。

30

【0062】

スイッチ回路 64 は、制御部 20 からの制御信号 $COMP EN$ がハイレベルの時にオンし、ローレベルの時にオフする。

【0063】

2 つの抵抗 66, 68 は、スイッチ回路 64 を介して、VCC 端子とグランドに間に直列に接続されている。

【0064】

コンパレータ 62 は、制御部 20 からの制御信号 $COMP EN$ がハイレベルの時に動作し、VCC 端子の電圧を 2 つの抵抗 66, 68 で抵抗分割した電圧を所定の電圧と比較する。すなわち、コンパレータ 62 は、VCC 端子の電圧が所望の電圧（しきい値電圧）以上か低いかを判定し、VCC 端子の電圧がしきい値電圧以上の時はハイレベルとなり、VCC 端子の電圧がしきい値電圧よりも低い時はローレベルとなる信号 $COMP O$ を出力する。

40

【0065】

本実施形態では、制御信号 $COMP EN$ が一定周期で一定期間ハイレベルになり、電源監視回路 60 は間欠的に動作する。なお、制御信号 $COMP EN$ がローレベルの時にスイッチ回路 64 をオフするのは、コンパレータ 62 が動作しない期間は VCC 端子からグランドに電流が流れないようにし、消費電流を削減するためである。

【0066】

計時部 70 は、 1 Hz のクロック信号 $clk\ 1\text{ Hz}$ に同期して、時刻情報（年、月、日

50

、時、分、秒等の情報)を生成する。本実施形態では、計時部70は、クロック信号clk 1 Hzの立ち上がりエッジ(ハイレベルからローレベルに変化するタイミング)で、秒情報を更新する。

【0067】

不揮発性メモリー80は、発振回路2の各部の調整用のデータを記憶するものであり、例えば、MONOS(Metal-Oxide-Nitride-Oxide-Silicon)メモリー等のフラッシュメモリーやEEPROM(Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory)等で実現することができる。本実施形態では、不揮発性メモリー80には、基準電圧調整データ、基準電流調整データ、レギュレーター電圧調整データ、温度補償データ等が記憶されている。なお、リアルタイムクロック1毎に、その検査工程において、不揮発性メモリー80に各データの最適値が書き込まれていてもよい。

10

【0068】

シリアルI/F回路90は、CPU8との間でデータ通信を行うためのインターフェース回路であり、例えば、SCL端子とSDA端子を介してI²C通信方式でデータ通信を行ってもよい。CPU8は、シリアルI/F回路90を介して、不揮発性メモリー80に対して各種データの読み書きを行ったり、計時部70が生成する時刻情報を読み出したりすることができる。

【0069】

制御部20は、リセット信号PORにより初期化され、温度補償発振回路10、電源部30及び電源監視回路60の動作制御、スイッチ50のオン/オフ制御、不揮発性メモリー80に対する各種データの読み書き、シリアルI/F回路90を介した外部とのデータ通信、クロック信号clk 1 Hzの生成等を行う。

20

【0070】

図3は、本実施形態における制御部20の構成例を示す図であり、図3に示すように、制御部20は、分周回路22と、タイミング生成部24と、メモリー制御部26と、レジスター部28とを備えており、リセット信号PORが入力されるとこれら各部はすべて初期化される。

【0071】

レジスター部28は、基準電圧VREF、基準電流IBIAS、レギュレーター34の出力電圧のそれぞれの設定用レジスターを含む各種の設定用レジスターを有しており、リセット信号PORが発生すると、各設定用レジスターはあらかじめ決められた設定値に初期化される。特に、本実施形態では、リセット信号PORが発生すると、基準電流IBIAS、基準電圧VREF、レギュレーター34の出力電圧が通常よりも大きくなるように、それぞれの設定用レジスターが初期化され、このブースト状態では、温度補償発振回路10の発振部12に供給される電力が通常状態よりも大きくなる。これにより、発振回路2に電源を投入してから温度補償発振回路10が安定するまでの起動時間を短くすることができる。例えば、基準電圧VREF、基準電流IBIAS、レギュレーター34の出力電圧のそれぞれの設定用レジスターがそれぞれ設定可能な最大値に初期化されるようにすれば、起動時間を最短にすることができる。

30

【0072】

分周回路22は、32.768 kHzのクロック信号clk__32kを32分周した1.024 kHzのクロック信号clk__1kを生成する。さらに、分周回路22は、クロック信号clk__1kを、それぞれ2⁻¹(=2)~2⁻¹⁰(=1024)分周したクロック信号clk 512 Hz、クロック信号clk 256 Hz、クロック信号clk 128 Hz、クロック信号clk 64 Hz、クロック信号clk 32 Hz、クロック信号clk 16 Hz、クロック信号clk 8 Hz、クロック信号clk 4 Hz、クロック信号clk 2 Hz、クロック信号clk 1 Hzを生成する。クロック信号clk 1 Hzは、1秒周期の信号であり、計時部70の動作クロック信号となる。

40

【0073】

また、クロック信号clk__1kを除く10個のクロック信号clk 512 Hz~clk

50

k 1 H z は、c 1 k 1 H z を M S B、c 1 k 5 1 2 H z を L S B とする 1 0 ビットのカウン
ント信号 c n t [9 : 0] を構成する。すなわち、カウント信号 c n t [9 : 0] は 1 秒
間に 0 から 1 0 2 3 までカウントアップされる。

【 0 0 7 4 】

タイミング生成部 2 4 は、カウント信号 c n t [9 : 0] が 0 の時に、クロック信号 c
1 k _ 3 2 k に同期して制御信号 E N _ S E N S をローレベルからハイレベルに変更し、
クロック信号 c 1 k _ 3 2 k で所定時間をカウントすると制御信号 E N _ S E N S をロー
レベルに戻す。

【 0 0 7 5 】

また、タイミング生成部 2 4 は、カウント信号 c n t [9 : 0] が 6 4 の時に、クロッ
ク信号 c 1 k _ 1 k の立ち下がりエッジで制御信号 C O M P E N をローレベルからハイレ
ベルに変更し、クロック信号 c 1 k _ 1 k で所定時間をカウントすると、制御信号 C O M
P E N をローレベルに戻す。

【 0 0 7 6 】

また、タイミング生成部 2 4 は、制御信号 C O M P E N をローレベルからハイレベルに
変更するタイミングで制御信号 S W C T L をローレベルからハイレベルに変更し、制御信
号 C O M P E N をローレベルに戻すタイミングで、電源監視回路 6 0 の出力信号 C O M P
O がハイレベルの時のみ制御信号 S W C T L をローレベルに戻す。

【 0 0 7 7 】

また、タイミング生成部 2 4 は、メモリー制御部 2 6 の動作を制御し、メモリー制御部
2 6 は、不揮発性メモリー 8 0 に対するデータの読み書きを行う。特に、本実施形態では
、タイミング生成部 2 4 は、制御信号 E N _ S E N S をローレベルからハイレベルに変更
してからクロック信号 c 1 k _ 3 2 k で所定時間をカウントすると、メモリー制御部 2 6
に、不揮発性メモリー 8 0 から A / D 変換データ A D O (温度情報) に対応する温度補償
データを読み出す処理を行わせる。

【 0 0 7 8 】

また、タイミング生成部 2 4 は、リセット信号 P O R が解除されてからクロック信号 c
1 k _ 3 2 k で所定時間をカウントした時、及び、制御信号 E N _ S E N S をローレベル
に戻した直後、メモリー制御部 2 6 に、不揮発性メモリー 8 0 から基準電圧調整データ、
基準電流調整データ及びレギュレーター電圧調整データを読み出し、各設定用レジスタ
にそれぞれ設定する処理を行わせる。

【 0 0 7 9 】

なお、本実施形態において、発振回路 2 は、本発明の「発振回路」又は「発振用回路」
の一例である。発振部 1 2 は、本発明の「発振部」又は「発振手段」の一例である。また
、温度補償部 1 4 あるいは温度補償部 1 4 と制御部 2 0 の一部（温度補償動作に関連する
処理を行う部分）からなる構成は、本発明の「補償部」又は「補償手段」の一例である。
また、電源部 3 0 は、本発明の「電源部」又は「第 1 の電力供給手段」の一例である。また
、不揮発性メモリー 8 0 は、本発明の「記憶部」又は「記憶手段」の一例である。また
、制御部 2 0 は、本発明の「制御手段」の一例である。また、スイッチ 5 0 あるいはスイ
ッチ 5 0 と電源監視回路 6 0 から成る構成は、本発明の「電源切り替え部」又は「電源切
り替え手段」の一例である。また、メイン電源 4 及びバックアップ電源 5 は、本発明の「
複数の電力供給源」又は「複数の第 2 の電力供給手段」の一例である。また、「ブースト
状態」及び「通常状態」は、それぞれ本発明の「第 1 の状態」及び「第 2 の状態」の一例
である。また、不揮発性メモリー 8 0 に記憶されている基準電圧調整データ、基準電流調
整データ及びレギュレーター調整データは、本発明の「設定情報」の一例である。また、
「温度補償動作」は、本発明の「補償部の動作」又は「補償手段の動作」の一例である。
また、「スイッチ切り替え動作」は、本発明の「電源切り替え部の動作」又は「電源切り
替え手段の動作」の一例である。

【 0 0 8 0 】

1 - 2 . 制御部の処理手順

10

20

30

40

50

図４は、本実施形態における制御部２０の処理手順の一例を示すフローチャート図である。図４に示すように、本実施形態では、制御部２０は、リセット信号PORが発生すると（Ｓ１０のＹ）、まず、電源部３０をブースト状態に設定する（Ｓ１２）。

【００８１】

次に、制御部２０は、リセット信号PORが解除されてからＴ１時間の経過後（Ｓ１４のＹ）、電源部３０を通常状態に設定する（Ｓ１６）。このＴ１時間は、温度補償発振回路１０の出力信号が安定するために必要な時間以上に設定される。

【００８２】

その後、制御部２０は、カウント信号cnt[9:0]が０又は５１２の時に（Ｓ１８のＹ）、温度補償処理を行い（Ｓ２０）、温度補償処理の終了後、電源部３０のレジスタ設定のリフレッシュ処理を行う（Ｓ２２）。すなわち、本実施形態では、制御部２０は、温度補償処理とリフレッシュ処理を０．５秒周期で繰り返し行う。

【００８３】

また、制御部２０は、カウント信号cnt[9:0]が６４の時に（Ｓ２４のＹ）、スイッチ切り替え処理を行う（Ｓ２６）。すなわち、本実施形態では、制御部２０は、スイッチ切り替え処理を１秒周期で繰り返し行う。

【００８４】

図５は、図４の温度補償処理（Ｓ２０）の手順の一例を示すフローチャート図である。図５に示すように、制御部２０は、まず、制御信号EN__SENSをハイレベルにして、温度補償部１４に温度補償動作を開始させる（Ｓ１００）。

【００８５】

次に、制御部２０は、温度補償動作の開始からＴ２時間の経過後（Ｓ１０２のＹ）、温度補償部１４からＡ／Ｄ変換データADOを取得する（Ｓ１０４）。このＴ２時間は、温度補償部１４のＡ／Ｄ変換動作に必要な時間以上に設定される。

【００８６】

次に、制御部２０は、不揮発性メモリー８０から、Ａ／Ｄ変換データADOに応じた温度補償データを読み出し、温度補償データTCOMP Dとして温度補償部１４に出力する（Ｓ１０６）。

【００８７】

最後に、制御部２０は、温度補償動作の開始からＴ３時間の経過後（Ｓ１０８のＹ）、制御信号EN__SENSをローレベルにして、温度補償部１４に温度補償動作を終了させ（Ｓ１１０）、温度補償処理を終了する。このＴ３時間は、温度補償部１４の温度補償動作がすべて完了するのに必要な時間以上に設定される。

【００８８】

図６は、図４のリフレッシュ処理（Ｓ２２）の手順の一例を示すフローチャート図である。なお、図４の電源部３０を通常状態に設定する処理（Ｓ１６）の手順も図６と同様である。

【００８９】

図６に示すように、制御部２０は、まず、不揮発性メモリー８０から基準電圧調整データ読み出して、レジスター部２８のレジスターに設定する（Ｓ２００）。

【００９０】

次に、制御部２０は、不揮発性メモリー８０から基準電流調整データを読み出して、レジスター部２８のレジスターに設定する（Ｓ２０２）。

【００９１】

最後に、制御部２０は、不揮発性メモリー８０からレギュレーター電圧調整データを読み出して、レジスター部２８のレジスターに設定し（Ｓ２０４）、リフレッシュ処理を終了する。

【００９２】

図７は、図４のスイッチ切り替え処理（Ｓ２６）の手順の一例を示すフローチャート図である。図７に示すように、制御部２０は、まず、制御信号SWCTLをハイレベルにし

10

20

30

40

50

てスイッチ50をオフするとともに、制御信号COMPENをハイレベルにして電源監視回路60をオンする(S300)。ここで、スイッチ50をオフするのは、電源監視回路60がVCC端子の電圧を正しく判定できるように、VCC端子をVBA端子から切り離すためである。

【0093】

次に、制御部20は、スイッチ50をオフし、かつ、電源監視回路60をオンしてからT4時間の経過後(S302のY)、電源監視回路60の出力信号COMPOを取得するとともに、制御信号COMPENをローレベルにして電源監視回路60をオフする(S304)。このT4時間は、電源監視回路60の出力信号COMPOが安定するために必要な時間以上に設定される。

10

【0094】

そして、制御部20は、COMPOがハイレベルの場合(S306のY)には、制御信号SWCTLをローレベルに戻してスイッチ50をオンし、COMPOがローレベルの場合(S306のN)には、制御信号SWCTLをローレベルに戻さずスイッチ50をオフのままにし、スイッチ切り替え処理を終了する。

【0095】

1-3. 動作タイミング

図8は、発振回路2の起動時の動作の一例を示すタイミングチャート図である。図8に示すように、時刻 t_0 以前において、メイン電源4からVCC端子への電力供給が遮断されており、かつ、バックアップ電源5が未充電の状態であり、VCC端子の電圧とVBA端子の電圧はともに0Vである。

20

【0096】

時刻 t_0 においてVCC端子にメイン電源4が接続され、時刻 t_1 でVCC端子の電圧がメイン電源4の電源電圧に達する。この時刻 $t_0 \sim t_1$ において、リセット信号PORが発生し、レジスタ部28の各設定用レジスタが初期化される。これにより、基準電圧調整データBGRD、基準電流調整データIBIASD、レギュレーター電圧調整データVREGDがそれぞれA0、B0、C0に設定され、電源部30がブースト状態となる。

【0097】

次に、温度補償発振回路10の発振部12が動作を開始し、クロック信号clk_32kが発生すると、カウント信号cnt[9:0]のカウントアップ動作が開始する。

30

【0098】

次に、時刻 t_1 からT1時間経過後の時刻 $t_2 \sim t_3$ において、電源部30を通常状態に設定する処理が行われ、時刻 t_3 において、基準電圧調整データBGRD、基準電流調整データIBIASD、レギュレーター電圧調整データVREGDがそれぞれA1、B1、C1に設定され、電源部30が通常状態となる。

【0099】

次に、カウント信号cnt[9:0]が64になる時刻 t_4 からT4時間経過後の時刻 t_5 までの間、制御信号COMPENと制御信号SWCTLがともにハイレベルとなってスイッチ切り替え動作が行われ、VCC端子の電圧がしきい値電圧以上なので、時刻 t_5 において制御信号SWCTLがローレベルに戻る。

40

【0100】

次に、カウント信号cnt[9:0]が512になる時刻 t_6 からT3時間経過後の時刻 t_7 までの間、制御信号ENSENSがハイレベルとなって温度補償動作が行われ、時刻 t_7 において、容量選択データCAPDが更新される。

【0101】

このように、本実施形態では、ブースト状態から通常状態になった後で、スイッチ切り替え動作と温度補償動作を開始する。

【0102】

図9は、バックアップ電源5の充電が完了した後の発振回路2の動作の一例を示すタイ

50

ミングチャート図である。図9において、バックアップ電源5の電源電圧は、メイン電源4の電源電圧よりもわずかに低いものとする。図9に示すように、時刻 t_8 においてカウント信号 $cnt[9:0]$ が0になると、時刻 $t_8 \sim t_9$ において制御信号 EN_SENS がハイレベルとなって温度補償動作が行われ、時刻 t_9 において、容量選択データ $CAPD$ がD2からD3に更新される。

【0103】

次に、時刻 t_9 のすぐ後に、電源部30の調整データのリフレッシュ動作が行われ、基準電圧調整データ $BGRD$ 、基準電流調整データ $IBIASD$ 、レギュレーター電圧調整データ $VREGD$ のレジスタ設定値がそれぞれA1、B1、C1にリフレッシュ(上書き)される。

10

【0104】

次に、時刻 t_{10} においてカウント信号 $cnt[9:0]$ が64になると、時刻 $t_{10} \sim t_{11}$ において制御信号 $COMPEN$ と制御信号 $SWCTL$ がともにハイレベルとなってスイッチ切り替え動作が行われる。この時刻 $t_{10} \sim t_{11}$ において、スイッチ50がオフするので、VBA端子の電圧はバックアップ電源5の電源電圧となる。

【0105】

そして、VCC端子の電圧がしきい値電圧以上なので、時刻 t_{11} において制御信号 $SWCTL$ がローレベルに戻り、スイッチ50がオンするので、VBA端子の電圧はVCC端子の電圧(メイン電源4の電源電圧)に戻る。

20

【0106】

次に、時刻 t_{12} においてカウント信号 $cnt[9:0]$ が512になると、時刻 $t_{12} \sim t_{13}$ において制御信号 EN_SENS がハイレベルとなって温度補償動作が行われ、時刻 t_{13} において、容量選択データ $CAPD$ がD3からD4に更新される。

【0107】

次に、時刻 t_{13} のすぐ後に、電源部30の調整データのリフレッシュ動作が行われ、基準電圧調整データ $BGRD$ 、基準電流調整データ $IBIASD$ 、レギュレーター電圧調整データ $VREGD$ のレジスタ設定値がそれぞれA1、B1、C1にリフレッシュ(上書き)される。

【0108】

次に、時刻 t_{14} においてカウント信号 $cnt[9:0]$ が0になると、時刻 $t_{14} \sim t_{15}$ において制御信号 EN_SENS がハイレベルとなって温度補償動作が行われ、時刻 t_{15} において、容量選択データ $CAPD$ がD4からD5に更新される。

30

【0109】

次に、時刻 t_{15} のすぐ後に、電源部30の調整データのリフレッシュ動作が行われ、基準電圧調整データ $BGRD$ 、基準電流調整データ $IBIASD$ 、レギュレーター電圧調整データ $VREGD$ のレジスタ設定値がそれぞれA1、B1、C1にリフレッシュ(上書き)される。

【0110】

次に、時刻 t_{16} において、メイン電源4からVCC端子への電力供給が遮断し、スイッチ50がオンしているので、VBA端子の電圧とVCC端子の電圧はともにバックアップ電源5の電源電圧となる。

40

【0111】

次に、時刻 t_{17} においてカウント信号 $cnt[9:0]$ が64になると、時刻 $t_{17} \sim t_{18}$ において制御信号 $COMPEN$ と制御信号 $SWCTL$ がともにハイレベルとなってスイッチ切り替え動作が行われる。この時刻 $t_{17} \sim t_{18}$ において、スイッチ50がオフするので、VCC端子の電圧は0Vになる。

【0112】

そして、VCC端子の電圧がしきい値電圧よりも低いので、時刻 t_{18} において制御信号 $SWCTL$ がハイレベルのままローレベルに戻らず、スイッチ50はオフのままとなる。すなわち、時刻 t_{18} において、通常モード(メイン電源4の電力で動作するモード)

50

からバックアップモード（バックアップ電源 5 の電力で動作するモード）に切り替わる。

【0113】

次に、時刻 t_{19} においてカウント信号 $cnt[9:0]$ が 512 になると、時刻 $t_{19} \sim t_{20}$ において制御信号 EN_SENS がハイレベルとなって温度補償動作が行われ、時刻 t_{20} において、容量選択データ $CAPD$ が D5 から D6 に更新される。

【0114】

次に、時刻 t_{19} のすぐ後に、電源部 30 の調整データのリフレッシュ動作が行われ、基準電圧調整データ $BGRD$ 、基準電流調整データ $IBIASD$ 、レギュレーター電圧調整データ $VREGD$ のレジスタ設定値がそれぞれ A1、B1、C1 にリフレッシュ（上書き）される。

10

【0115】

このように、本実施形態では、温度補償動作は 0.5 秒周期で繰り返され、スイッチ切り替え動作は 1 秒周期で繰り返される。

【0116】

図 10 は、図 9 の時刻 t_{20} 以降の発振回路 2 の動作の一例を示すタイミングチャート図である。図 10 に示すように、時刻 t_{21} ではバックアップモードになっており、制御信号 $SWCTL$ がハイレベルのため、VBA 端子の電圧はバックアップ電源 5 の電源電圧となっている。

【0117】

時刻 t_{21} においてカウント信号 $cnt[9:0]$ が 0 になると、時刻 $t_{21} \sim t_{22}$ において制御信号 EN_SENS がハイレベルとなって温度補償動作が行われ、時刻 t_{22} において、容量選択データ $CAPD$ が D6 から D7 に更新される。

20

【0118】

次に、時刻 t_{22} のすぐ後に、電源部 30 の調整データのリフレッシュ動作が行われ、基準電圧調整データ $BGRD$ 、基準電流調整データ $IBIASD$ 、レギュレーター電圧調整データ $VREGD$ のレジスタ設定値がそれぞれ A1、B1、C1 にリフレッシュ（上書き）される。

【0119】

次に、時刻 t_{23} においてカウント信号 $cnt[9:0]$ が 64 になると、時刻 $t_{23} \sim t_{24}$ において制御信号 $COMPEN$ がハイレベルとなってスイッチ切り替え動作が行われる。そして、VCC 端子の電圧がしきい値電圧よりも低いので、時刻 t_{23} において制御信号 $SWCTL$ はハイレベルのままであり、スイッチ 50 はオフのままである。

30

【0120】

次に、時刻 t_{25} においてカウント信号 $cnt[9:0]$ が 512 になると、時刻 $t_{25} \sim t_{26}$ において制御信号 EN_SENS がハイレベルとなって温度補償動作が行われ、時刻 t_{26} において、容量選択データ $CAPD$ が D7 から D8 に更新される。

【0121】

次に、時刻 t_{26} のすぐ後に、電源部 30 の調整データのリフレッシュ動作が行われ、基準電圧調整データ $BGRD$ 、基準電流調整データ $IBIASD$ 、レギュレーター電圧調整データ $VREGD$ のレジスタ設定値がそれぞれ A1、B1、C1 にリフレッシュ（上書き）される。

40

【0122】

次に、時刻 t_{27} においてカウント信号 $cnt[9:0]$ が 0 になると、時刻 $t_{27} \sim t_{28}$ において制御信号 EN_SENS がハイレベルとなって温度補償動作が行われ、時刻 t_{28} において、容量選択データ $CAPD$ が D8 から D9 に更新される。

【0123】

次に、時刻 t_{28} のすぐ後に、電源部 30 の調整データのリフレッシュ動作が行われ、基準電圧調整データ $BGRD$ 、基準電流調整データ $IBIASD$ 、レギュレーター電圧調整データ $VREGD$ のレジスタ設定値がそれぞれ A1、B1、C1 にリフレッシュ（上書き）される。

50

【0124】

次に、時刻 t_{29} において、メイン電源4からVCC端子への電力供給が再開するが、スイッチ50がオフしているので、VBA端子の電圧はバックアップ電源5の電源電圧のままである。

【0125】

次に、時刻 t_{30} においてカウント信号 $cnt[9:0]$ が64になると、時刻 $t_{30} \sim t_{31}$ において制御信号COMPENがハイレベルとなってスイッチ切り替え動作が行われる。そして、VCC端子の電圧がしきい値電圧以上なので、時刻 t_{31} において制御信号SWCTLがローレベルになり、スイッチ50がオンする。これにより、VBA端子の電圧はメイン電源4の電源電圧になる。すなわち、時刻 t_{31} において、バックアップモードから通常モードに切り替わる。

10

【0126】

次に、時刻 t_{32} においてカウント信号 $cnt[9:0]$ が512になると、時刻 $t_{32} \sim t_{33}$ において制御信号EN__SENSがハイレベルとなって温度補償動作が行われ、時刻 t_{33} において、容量選択データCAPDがD9からD10に更新される。

【0127】

次に、時刻 t_{33} のすぐ後に、電源部30の調整データのリフレッシュ動作が行われ、基準電圧調整データBGRD、基準電流調整データIBIASD、レギュレーター電圧調整データVREGDのレジスタ設定値がそれぞれA1、B1、C1にリフレッシュ（上書き）される。

20

【0128】

図11は、温度補償動作とスイッチ切り替え動作の詳細なタイミングを示すタイミングチャート図であり、図9の時刻 $t_8 \sim t_{11}$ の期間に対応する。

【0129】

図11に示すように、時刻 t_8 において制御信号EN__SENSがハイレベルとなると、温度補償動作が開始し、まず、所定時間後に温度検出信号T__SENSのA/D変換が行われ、A/D変換データADOが更新される。続いて、不揮発性メモリー80に対するメモリーリードが行われ、A/D変換データADOに応じて温度補償データTCOMP DがF2からF3に更新される。続いて、温度補償データTCOMP Dに応じた温度補正演算が行われ、時刻 t_9 において、容量選択データCAPDがD2からD3に更新されるとともに、制御信号EN__SENSがローレベルとなって温度補償動作が終了する。このように、本実施形態では、温度補償動作には、A/D変換動作、メモリーリード動作及び温度補正演算動作が含まれている。

30

【0130】

次に、時刻 t_9 から電源部30の調整データのリフレッシュ動作が開始し、不揮発性メモリー80に対するメモリーリードが行われ、基準電圧調整データBGRD、基準電流調整データIBIASD、レギュレーター電圧調整データVREGDのレジスタ設定値が順番にリフレッシュ（上書き）される。このように、本実施形態では、リフレッシュ動作には、メモリーリード動作とレジスタ設定動作が含まれている。

【0131】

次に、時刻 t_{10} において制御信号COMPENと制御信号SWCTLがともにハイレベルとなると、スイッチ切り替え動作が開始し、スイッチ50がオンからオフに切り替わるとともに、コンパレータ62によるVCC端子の電圧としきい値電圧との比較が行われる。

40

【0132】

そして、コンパレータ62の出力信号COMP Oが確定するのに十分な時間が経過した時刻 t_{11} において、COMP Oがハイレベルかローレベルかに応じて、制御信号STWLをローレベルに戻す（スイッチ50をオンに戻す）か否かが選択される。ここでは、COMP Oがハイレベルなので、制御信号STWLがローレベルに戻り、スイッチ50がオフからオンに切り替わる。また、時刻 t_{11} において制御信号COMPENがローレベ

50

ルとなってスイッチ切り替え動作が終了し、COMP Oがローレベルに戻る。このように、本実施形態では、スイッチ切り替え動作には、VCC端子の電圧としきい値電圧との比較動作及び比較結果に応じたスイッチ50のオン/オフの選択動作が含まれている。

【0133】

以上に説明した本実施形態では、温度補償動作は最大周波数である32.768kHzに同期して行われるため消費電流が非常に大きく、温度補償動作が、同じく消費電流が非常に大きいブースト状態、あるいは電源電圧が変動するブースト状態から通常状態に切り替わるタイミングと重なると、温度補償データTCOMPが破損する等して温度補償動作に誤りが生じるおそれがある。そこで、本実施形態では、ブースト状態から通常状態になった後に温度補償動作を開始する。従って、本実施形態によれば、温度補償動作が誤るおそれを低減させることができるので、温度補償発振回路10の出力周波数の精度等が低下するおそれを低減させることができる。

10

【0134】

また、本実施形態では、温度補償動作の後にリフレッシュ動作が行われるようにしており、温度補償動作とリフレッシュ動作が時間的に重ならないため、リフレッシュ動作で発生する電源電圧変動が温度補償動作に影響せず、電源電圧変動に起因した温度補償部14の誤動作を低減することができる。また、温度補償発振回路10の出力周波数の精度等が低下するおそれを低減することができる。また、不揮発性メモリーに記憶されている電源部30の調整データが定期的に読み出されてレジスター部28の各設定用レジスターに設定されるので、各設定用レジスターのデータが破損しても確実に回復させることができる。

20

【0135】

また、本実施形態では、温度補償動作は最大周波数である32.768kHzに同期して行われるため消費電流が非常に大きく、スイッチ切り替え動作に伴って温度補償発振回路10（温度補償部14）の電源電圧が変動するタイミング（図9の時刻 t_{10} 、 t_{11} 、 t_{17} や図10の時刻 t_{31} 等）が温度補償動作期間と重なると、温度補償データTCOMPが破損する等して温度補償動作に誤りが生じるおそれがある。そこで、本実施形態では、図8～図11に示したように、温度補償動作の期間とスイッチ切り替え動作の期間はいずれも重ならないようにしている。すなわち、本実施形態によれば、温度補償部14の動作時にはスイッチ50及び電源監視回路60を動作させないようにしたため、温度補償部14の動作はスイッチ50及び電源監視回路60の動作に伴う電源電圧変動の影響を受けないので、電源電圧変動に起因した温度補償部14の誤動作を低減し、温度補償発振回路10の出力周波数の精度等が低下するおそれを低減させることができる。

30

【0136】

また、本実施形態では、発振回路2に電源投入後、カウント信号cnt[9:0]が64になる時にスイッチ切り替え動作が開始され、その後、カウント信号cnt[9:0]が512になる時に温度補償動作が開始されることで、発振回路2の起動後、先にスイッチ切り替え動作が行われた後で、温度補償動作が行われるようになっている。従って、本実施形態によれば、温度補償部14の動作の前に温度補償部14に供給される電源電圧をより安定した状態に維持することができる。そのため、動作時の消費電力が大きい温度補償部14をより安定した状態で動作させることができ、温度補償部14の誤動作を低減できる。従って、周波数安定度の良い発振回路2を構成することができる。

40

【0137】

また、本実施形態では、計時部70が時刻情報を更新するタイミング（1Hzクロックの立ち上がり時）は、回路が最も動く状態になるため、電源からグランドへの貫通電流が最大となり、この時に電源が切り替わると、計時部70あるいは計時部70と電源を共通にする回路が誤動作を招くおそれがある。そこで、本実施形態では、計時部の動作時（図9の時刻 t_8 、 t_{14} や図10の時刻 t_{21} 、 t_{27} 等）にはスイッチ切り替え動作をさせないようにしている。従って、本実施形態によれば、計時部70の動作時にはスイッチ切り替え動作に伴う電源電圧変動の影響を受けないので、電源電圧変動に起因した計時の誤動作を起こすおそれが低減できるため、計時部70から出力される時刻情報の精度等が

50

低下するおそれを低減させることができる。

【 0 1 3 8 】

２．発振器

図 1 2 は、本実施形態の発振器の構成例を示す図である。図 1 2 において、図 1 と同じ構成要素には同じ符号を付している。本実施形態の発振器 2 0 0 は、振動子 3 と、振動子 3 を発振させる発振回路 2 とを備えている。また、本実施形態の発振器 2 0 0 は、制限抵抗 6 やバックアップ電源 5 を備えていてもよい。

【 0 1 3 9 】

発振回路 2 の構成は、図 1 と同じであるため、その説明を省略する。なお、発振回路 2 は、図 1 2 の要素の一部を省略又は変更し、あるいは他の要素を追加した構成としてもよい。

10

【 0 1 4 0 】

本実施形態の発振器 2 0 0 によれば、上記実施形態のリアルタイムクロック 1 と同様の効果が得られる。

【 0 1 4 1 】

３．電子機器

図 1 3 は、本実施形態の電子機器の機能ブロック図である。また、図 1 4 は、本実施形態の電子機器の一例であるスマートフォンの外観の一例を示す図である。

【 0 1 4 2 】

本実施形態の電子機器 3 0 0 は、リアルタイムクロック 3 1 0、ＣＰＵ（Central Processing Unit）3 2 0、操作部 3 3 0、ＲＯＭ（Read Only Memory）3 4 0、ＲＡＭ（Random Access Memory）3 5 0、通信部 3 6 0、表示部 3 7 0、メイン電源 3 8 0 を含んで構成されている。なお、本実施形態の電子機器は、図 1 3 の構成要素（各部）の一部を省略又は変更し、あるいは、他の構成要素を付加した構成としてもよい。

20

【 0 1 4 3 】

リアルタイムクロック 3 1 0 は、発振回路 3 1 2（発振用回路の一例）、振動子 3 1 4、バックアップ電源 3 1 6 を備えている。発振回路 3 1 2 は、振動子 3 1 4 を発振させてクロック信号を発生させ、当該クロック信号に基づいて時刻情報を生成する。バックアップ電源 3 1 6 は、発振回路 3 1 2 の ＶＢＡ 端子に電力を供給する。

【 0 1 4 4 】

メイン電源 3 8 0 は、発振回路 3 1 2 の ＶＣＣ 端子に電力を供給する。また、メイン電源 3 8 0 は、ＣＰＵ 3 2 0 にも電力を供給する。

30

【 0 1 4 5 】

発振回路 3 1 2 は、ＶＣＣ 端子の電圧がしきい値電圧以上の時は、ＶＣＣ 端子の電圧を電源電圧として動作し、ＶＣＣ 端子の電圧がしきい値電圧よりも低い時は、ＶＢＡ 端子の電圧を電源電圧として動作する。

【 0 1 4 6 】

ＣＰＵ 3 2 0 は、ＲＯＭ 3 4 0 等に記憶されているプログラムに従い、各種の計算処理や制御処理を行う。具体的には、ＣＰＵ 3 2 0 は、発振回路 3 1 2 に対する各種の設定処理、発振回路 3 1 2 から時刻情報を読み出す処理、操作部 3 3 0 からの操作信号に応じた各種の処理、外部装置とデータ通信を行うために通信部 3 6 0 を制御する処理、表示部 3 7 0 に各種の情報（発振回路 3 1 2 から読み出した時刻情報等）を表示させるための表示信号を送信する処理等を行う。

40

【 0 1 4 7 】

操作部 3 3 0 は、操作キーやボタンスイッチ等により構成される入力装置であり、ユーザーによる操作に応じた操作信号を ＣＰＵ 3 2 0 に出力する。

【 0 1 4 8 】

ＲＯＭ 3 4 0 は、ＣＰＵ 3 2 0 が各種の計算処理や制御処理を行うためのプログラムやデータ等を記憶している。

【 0 1 4 9 】

50

R A M 3 5 0 は、C P U 3 2 0 の作業領域として用いられ、R O M 3 4 0 から読み出されたプログラムやデータ、操作部 3 3 0 から入力されたデータ、C P U 3 2 0 が各種プログラムに従って実行した演算結果等を一時的に記憶する。

【 0 1 5 0 】

通信部 3 6 0 は、C P U 3 2 0 と外部装置との間のデータ通信を成立させるための各種制御を行う。

【 0 1 5 1 】

表示部 3 7 0 は、L C D (Liquid Crystal Display) 等により構成される表示装置であり、C P U 3 2 0 から入力される表示信号に基づいて各種の情報を表示する。表示部 3 7 0 には操作部 3 3 0 として機能するタッチパネルが設けられていてもよい。

10

【 0 1 5 2 】

リアルタイムクロック 3 1 0 として、例えば上記実施形態のリアルタイムクロック 1 を適用することにより、あるいは、発振回路 3 1 2 として、例えば上記実施形態の発振回路 2 を適用することにより、信頼性の高い電子機器を実現することができる。なお、本実施形態の電子機器 3 0 0 は、リアルタイムクロック 3 1 0 に代えて発振器を用いてもよく、当該発振器として、例えば上記実施形態の発振器 2 0 0 を適用することができる。

【 0 1 5 3 】

このような電子機器 3 0 0 としては種々の電子機器が考えられ、例えば、パーソナルコンピュータ（例えば、モバイル型パーソナルコンピュータ、ラップトップ型パーソナルコンピュータ、タブレット型パーソナルコンピュータ）、スマートフォンや携帯電話機などの移動体端末、デジタルスチールカメラ、インクジェット式吐出装置（例えば、インクジェットプリンター）、ルーターやスイッチなどのストレージエリアネットワーク機器、ローカルエリアネットワーク機器、移動体端末基地局用機器、テレビ、ビデオカメラ、ビデオレコーダー、カーナビゲーション装置、リアルタイムクロック装置、ページャー、電子手帳（通信機能付も含む）、電子辞書、電卓、電子ゲーム機器、ゲーム用コントローラー、ワードプロセッサ、ワークステーション、テレビ電話、防犯用テレビモニター、電子双眼鏡、P O S 端末、医療機器（例えば電子体温計、血圧計、血糖計、心電図計測装置、超音波診断装置、電子内視鏡）、魚群探知機、各種測定機器、計器類（例えば、車両、航空機、船舶の計器類）、フライトシュミレーター、ヘッドマウントディスプレイ、モーショントレース、モーショントラッキング、モーションコントローラー、P D R（歩行者位置方位計測）等が挙げられる。

20

30

【 0 1 5 4 】

4. 移動体

図 1 5 は、本実施形態の移動体の一例を示す図（上面図）である。図 1 5 に示す移動体 4 0 0 は、リアルタイムクロック 4 1 0、エンジンシステム、ブレーキシステム、キーレスエントリーシステム等の各種の制御を行うコントローラー 4 2 0、4 3 0、4 4 0、バッテリー 4 5 0、バックアップ用バッテリー 4 6 0 を含んで構成されている。なお、本実施形態の移動体は、図 1 5 の構成要素（各部）の一部を省略し、あるいは、他の構成要素を付加した構成としてもよい。

【 0 1 5 5 】

40

リアルタイムクロック 4 1 0 は、不図示の発振回路（発振用回路の一例）を備えており、バッテリー 4 5 0 は、発振回路の V C C 端子に電力を供給する。バックアップ用バッテリー 4 6 0 は、発振回路の V B A 端子に電力を供給する。

【 0 1 5 6 】

この発振回路は、V C C 端子の電圧がしきい値電圧以上の時は、V C C 端子の電圧を V O U T 端子に出力し、V C C 端子の電圧がしきい値電圧よりも低い時は、V B A 端子の電圧を V O U T 端子に出力する。

【 0 1 5 7 】

コントローラー 4 2 0、4 3 0、4 4 0 には、発振回路の V O U T 端子を介してメイン電源あるいはバックアップ電源から電力が供給される。

50

【 0 1 5 8 】

リアルタイムクロック 4 1 0 として、例えば上記実施形態のリアルタイムクロック 1 を適用することにより、あるいは、発振回路として、例えば上記実施形態の発振回路 2 を適用することにより、信頼性の高い移動体を実現することができる。なお、本実施形態の移動体 4 0 0 は、リアルタイムクロック 4 1 0 に代えて発振器を用いてもよく、当該発振器として、例えば上記実施形態の発振器 2 0 0 を適用することができる。

【 0 1 5 9 】

このような移動体 4 0 0 としては種々の移動体が考えられ、例えば、自動車（電気自動車も含む）、ジェット機やヘリコプター等の航空機、船舶、ロケット、人工衛星等が挙げられる。

10

【 0 1 6 0 】

5 . 変形例

本発明は本実施形態に限定されず、本発明の要旨の範囲内で種々の変形実施が可能である。

【 0 1 6 1 】

例えば、上記実施形態では、発振回路 2 に電源投入後、カウント信号 $c n t [9 : 0]$ が 6 4 になる時にスイッチ切り替え動作が開始され、その後、カウント信号 $c n t [9 : 0]$ が 5 1 2 になる時に温度補償動作が開始されることで、発振回路 2 の起動後、先にスイッチ切り替え動作が行われた後で、温度補償動作が行われるようになっているが、先に温度補償動作が行われた後で、スイッチ切り替え動作が行われるように変形してもよい。

20

【 0 1 6 2 】

図 4 のフローチャートを、例えば、ステップ S 1 8 でカウント信号 $c n t [9 : 0]$ が 1 0 0 又は 6 1 2 か否かを判定し、かつ、ステップ S 2 4 でカウント信号 $c n t [9 : 0]$ が 1 6 4 か否かを判定するように変更することで、発振回路 2 に電源投入後、カウント信号 $c n t [9 : 0]$ が 1 0 0 になる時に温度補償動作が開始され、その後、カウント信号 $c n t [9 : 0]$ が 1 6 4 になる時にスイッチ切り替え動作が開始される。すなわち、発振回路 2 の起動後、先に温度補償動作が行われた後で、スイッチ切り替え動作が行われるようになる。

【 0 1 6 3 】

このようにすれば、温度補償発振回路 1 0 の出力周波数はスイッチ切り替え動作が行われる前に温度補償された状態となり、温度補償発振回路 1 0 の出力信号に基づいて動作する計時部 7 0 等の回路が安定するまでに要する起動時間を短くすることができる。

30

【 0 1 6 4 】

また、例えば、上記実施形態では、温度補償動作とリフレッシュ動作の周期を 0 . 5 秒に固定しているが、レジスター設定等により温度補償動作やリフレッシュ動作の周期を可変に設定可能に構成してもよい。同様に、上記実施形態では、スイッチ切り替え動作の周期を 1 秒に固定しているが、レジスター設定等によりスイッチ切り替え動作の周期を可変に設定可能に構成してもよい。

【 0 1 6 5 】

また、例えば、上記実施形態では、1 回のスイッチ切り替え動作の時間を 2 m s に固定しているが、レジスター設定等によりスイッチ切り替え動作の時間を可変に設定可能に構成してもよい。

40

【 0 1 6 6 】

また、例えば、上記実施形態において、温度補償発振回路 1 0 の発振部 1 2 が可変容量回路 1 2 4 , 1 2 5 に代えて可変容量素子（可変容量ダイオード）を備え、温度補償部 1 4 が温度検出信号 $T _ S E N S$ に応じて可変容量素子（可変容量ダイオード）への印加電圧を生成する回路を備えるように変形してもよい。

【 0 1 6 7 】

また、例えば、上記実施形態において、温度補償動作に、不揮発性メモリー 8 0 に温度補償データを書き込む動作が含まれるように変形してもよい。例えば、制御部 2 0 が、不

50

揮発性メモリー 80 から読み出した温度補償データ T C O M P D を不揮発性メモリー 80 に書き込む（リフレッシュ）処理をさらに行うようにしてもよい。また、例えば、制御部 20 が、A / D 変換データ A D O に応じた温度補償データを計算し、不揮発性メモリー 80 に書き込むようにしてもよい。

【0168】

また、例えば、上記実施形態では、スイッチ 50 及び電源監視回路 60 は、メイン電源 4 とバックアップ電源 5 のうち少なくとも 1 つを選択して電源部 30 への電力供給を制御しているが、3 つ以上の電源のうち少なくとも 1 つを選択して電源部 30 への電力供給を制御するように変形してもよい。

【0169】

なお、上記実施形態では、本発明における「補償部」あるいは「補償手段」の一例として、発振部 12 の温度補償動作を行う温度補償部 14 を例に挙げたが、本発明における「補償部」あるいは「補償手段」は、発振部 12 の温度補償動作以外の補償動作を行ってもよいし、発振部 12 以外の回路の補償動作（例えば、レギュレーター 34 の出力電圧の補償動作など）を行ってもよい。

【0170】

上述した本実施形態及び各変形例は一例であって、これらに限定されるわけではない。例えば、本実施形態及び各変形例を適宜組み合わせることも可能である。

【0171】

本発明は、実施の形態で説明した構成と実質的に同一の構成（例えば、機能、方法及び結果が同一の構成、あるいは目的及び効果が同一の構成）を含む。また、本発明は、実施の形態で説明した構成の本質的でない部分を置き換えた構成を含む。また、本発明は、実施の形態で説明した構成と同一の作用効果を奏する構成又は同一の目的を達成することができる構成を含む。また、本発明は、実施の形態で説明した構成に公知技術を付加した構成を含む。

【符号の説明】

【0172】

1 リアルタイムクロック、2 発振回路、3 振動子、4 メイン電源、5 バックアップ電源、6 制限抵抗、8 C P U、10 温度補償発振回路、12 発振部、14 温度補償部、20 制御部、22 分周回路、24 タイミング生成部、26 メモリー制御部、28 レジスター部、30 電源部、32 基準電源回路、34 レギュレーター、36 温度センサー、40 パワーオンリセット回路、50 スイッチ、60 電源監視回路、62 コンパレーター、64 スイッチ回路、66 抵抗、68 抵抗、70 計時部、80 不揮発性メモリー、90 シリアルインターフェース（I / F）回路、121 インバーター回路、123 抵抗、123 抵抗、124 可変容量回路、125 可変容量回路、142 レジスター、144 演算回路、146 A / D 変換器、200 発振器、300 電子機器、310 リアルタイムクロック、312 発振回路、314 振動子、316 バックアップ電源、320 C P U、330 操作部、340 R O M、350 R A M、360 通信部、370 表示部、380 メイン電源、400 移動体、410 リアルタイムクロック、420、430、440 コントローラー、450 バッテリー、460 バックアップ用バッテリー

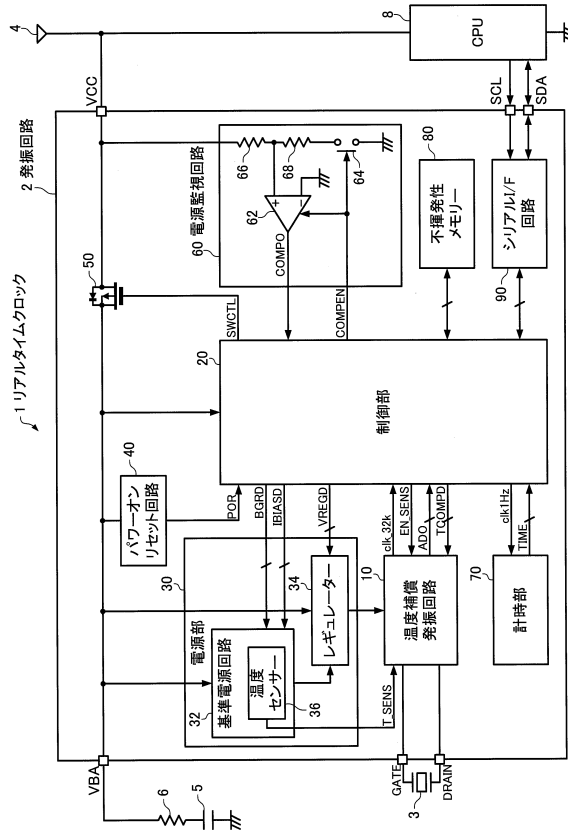
10

20

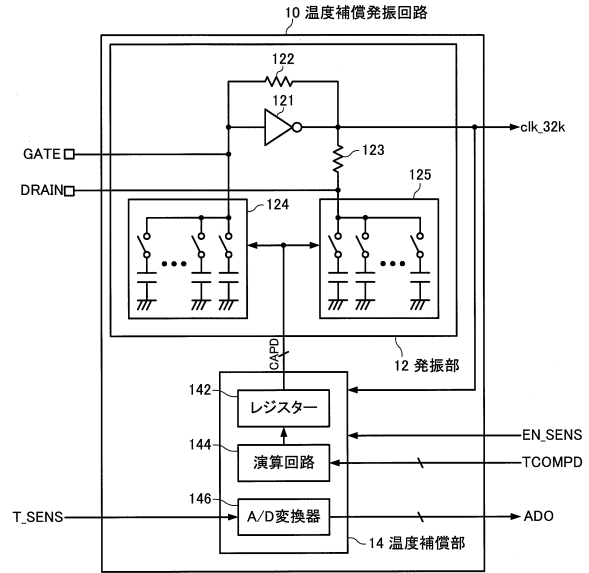
30

40

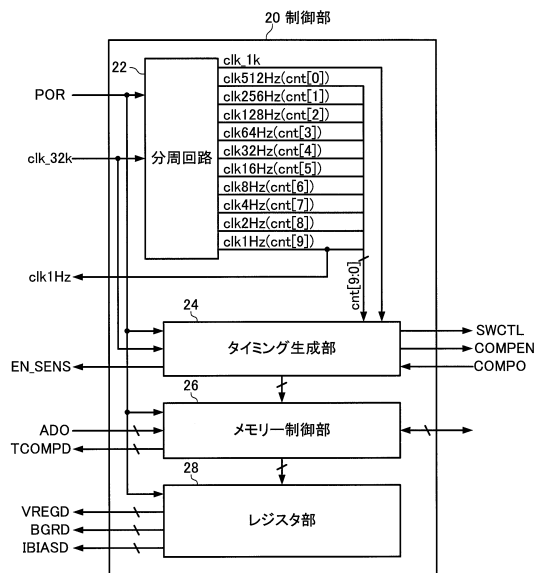
【図1】



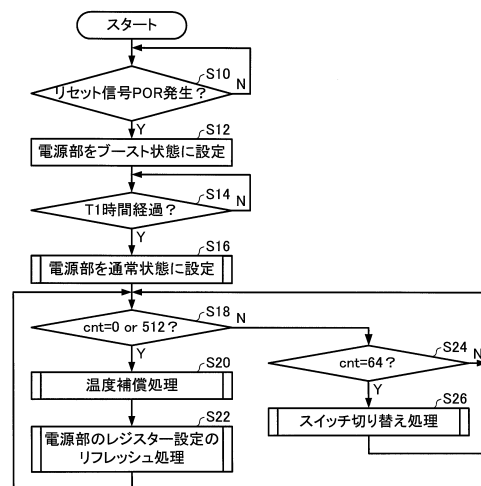
【図2】



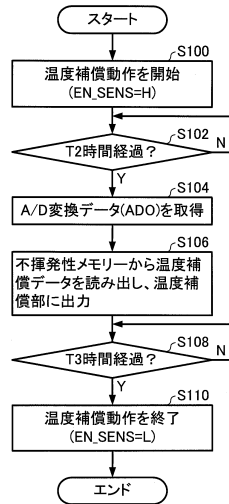
【図3】



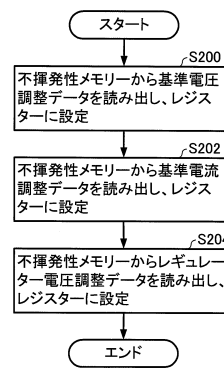
【図4】



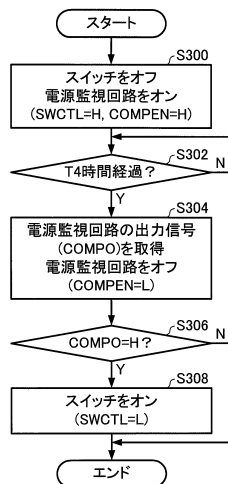
【図 5】



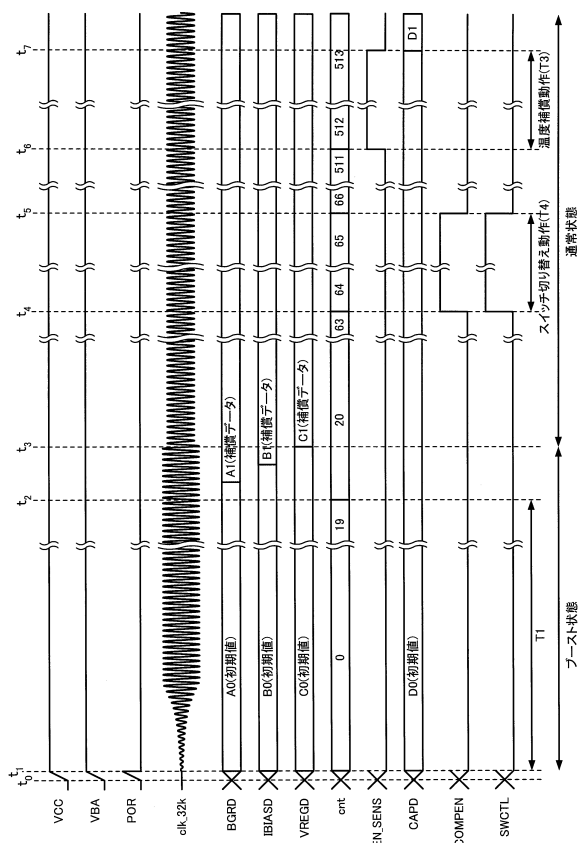
【図 6】



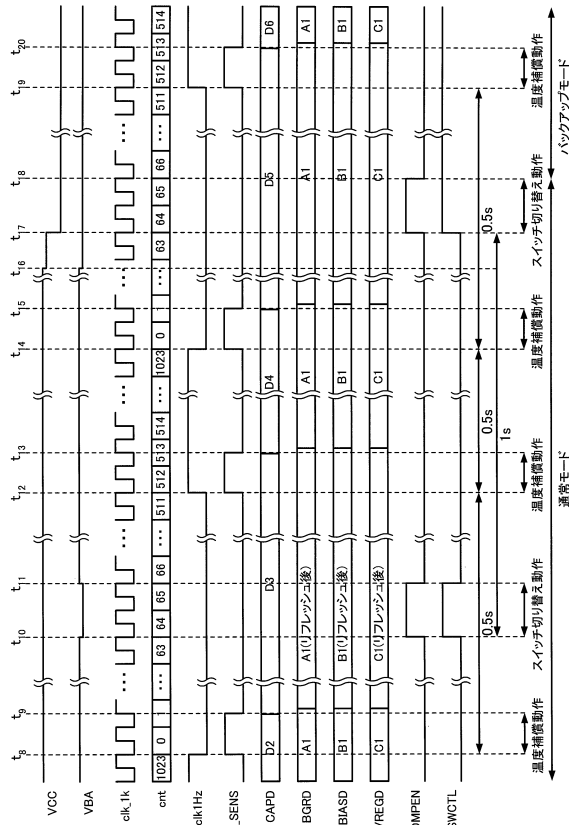
【図 7】



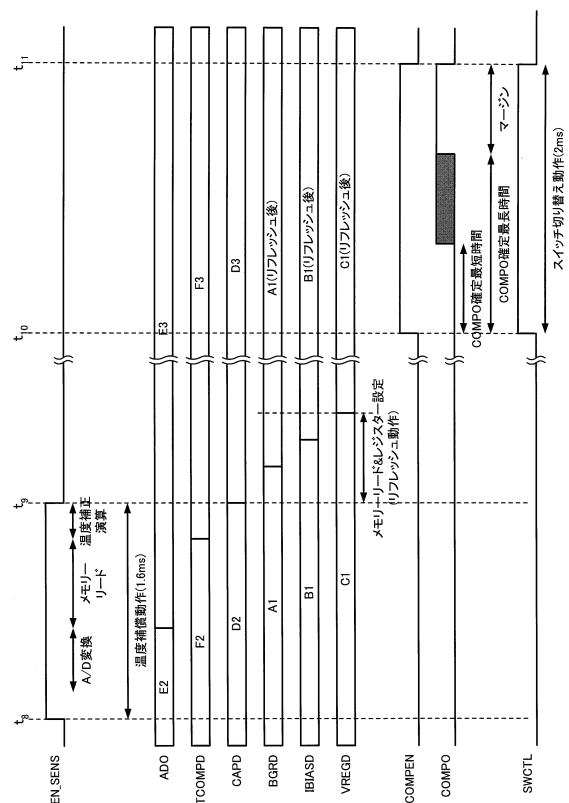
【図 8】



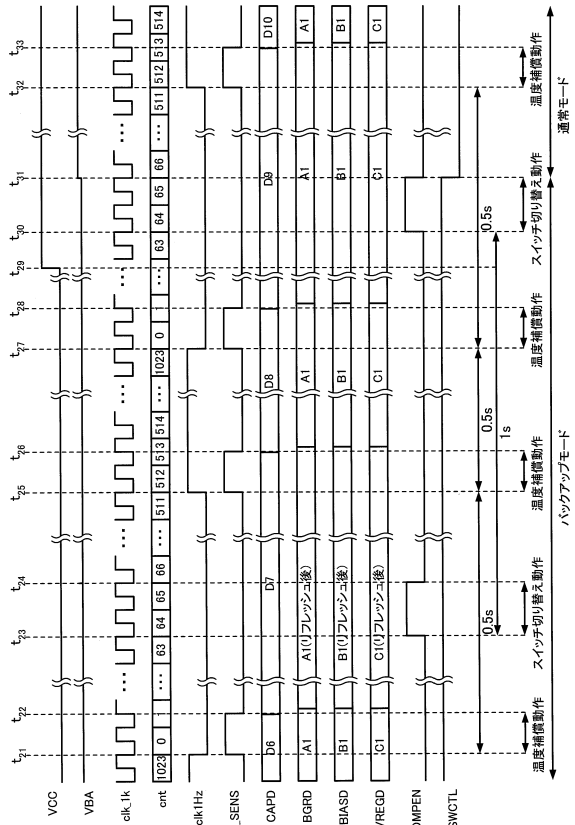
【図 9】



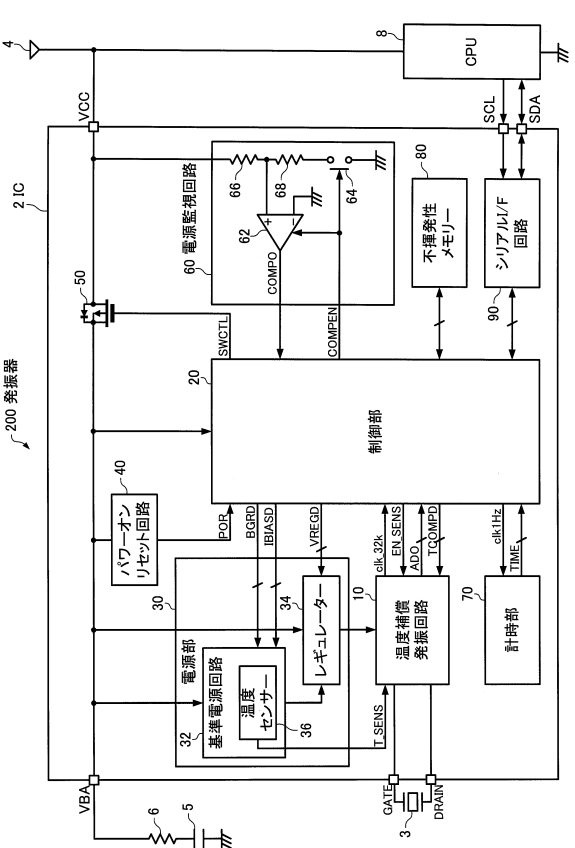
【図 11】



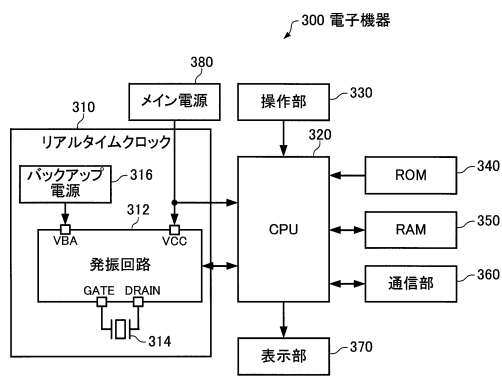
【図 10】



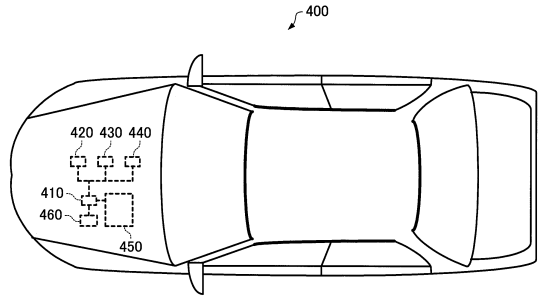
【図 12】



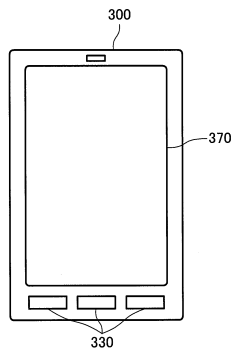
【図 1 3】



【図 1 5】



【図 1 4】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2009-219176(JP,A)
特開2009-038432(JP,A)
特開2004-325125(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H03B 5/32