

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第6678094号
(P6678094)

(45) 発行日 令和2年4月8日 (2020. 4. 8)

(24) 登録日 令和2年3月18日 (2020. 3. 18)

(51) Int.Cl.

GO 1 K 7/00 (2006.01)

F I

GO 1 K 7/00 3 2 1 J

GO 1 K 7/00 3 1 1

請求項の数 17 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2016-235730 (P2016-235730)	(73) 特許権者	302062931
(22) 出願日	平成28年12月5日 (2016. 12. 5)		ルネサスエレクトロニクス株式会社
(65) 公開番号	特開2018-91741 (P2018-91741A)		東京都江東区豊洲三丁目2番24号
(43) 公開日	平成30年6月14日 (2018. 6. 14)	(74) 代理人	100103894
審査請求日	平成31年4月18日 (2019. 4. 18)		弁理士 冢入 健
		(72) 発明者	熊原 千明
			東京都江東区豊洲三丁目2番24号 ルネ
			サスエレクトロニクス株式会社内
		(72) 発明者	小山 哲弘
			東京都小平市上水本町五丁目20番1号
			ルネサスシステムデザイン株式会社内
		(72) 発明者	平野 政明
			東京都江東区豊洲三丁目2番24号 ルネ
			サスエレクトロニクス株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 温度計測回路、方法、及びマイクロコンピュータユニット

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

温度に応じて抵抗値が変化する抵抗素子を含む温度検知部と、前記抵抗素子の電圧値を第1の温度デジタル値に変換するアナログデジタル変換器とを含む第1の温度センサと、

温度に依存した周期で発振するリングオシレータを含み、前記リングオシレータが出力する発振信号に基づいて第2の温度デジタル値を生成する第2の温度センサと、

前記第1の温度デジタル値と前記第2の温度デジタル値とを比較し、該比較の結果に基づいて、前記第1の温度センサが正常であるか異常であることを示す信号を出力する比較器とを備える温度計測回路。

【請求項 2】

前記第1の温度センサの前記温度検知部は第1の電源電圧で動作し、前記第2の温度センサは前記第1の電源電圧を供給する電源とは異なる電源から供給される第2の電源電圧で動作する請求項1に記載の温度計測回路。

【請求項 3】

前記比較器は、前記第1の温度デジタル値が示す第1の温度と前記第2の温度デジタル値が示す第2の温度との差が所定の値の範囲内である場合、前記第1の温度センサが正常である旨を示す信号を出力する請求項1に記載の温度計測回路。

【請求項 4】

前記比較器は、前記第1の温度デジタル値が示す第1の温度が、前記第2の温度デジタル値が示す第2の温度を基準とした前記第2の温度センサの温度計測誤差の範囲内に含ま

れる場合、前記第 1 の温度センサが正常である旨を示す信号を出力する請求項 1 に記載の温度計測回路。

【請求項 5】

前記第 1 の温度センサの温度計測精度は、前記第 2 の温度センサの温度計測精度よりも高い請求項 1 に記載の温度計測回路。

【請求項 6】

前記第 2 の温度センサは、周期が温度に依存しない基準信号を用いて所定期間における前記リングオシレータが出力する発振信号をカウントするカウンタを更に含む請求項 1 に記載の温度計測回路。

【請求項 7】

前記第 2 の温度センサは、ビルトインセルフテスト回路を更に有する請求項 1 に記載の温度計測回路。

【請求項 8】

プロセッサと、

前記プロセッサから読み出し可能なメモリと、

温度に応じて抵抗値が変化する抵抗素子を含む温度検知部と、前記抵抗素子の電圧値を第 1 の温度デジタル値に変換するアナログデジタル変換器とを含む第 1 の温度センサと、

温度に依存した周期で発振するリングオシレータを含み、前記リングオシレータが出力する発振信号に基づいて第 2 の温度デジタル値を生成する第 2 の温度センサと、

前記第 1 の温度デジタル値と前記第 2 の温度デジタル値とを比較し、前記第 1 の温度センサが正常であるか異常であるかを示す信号を出力する比較器とを備えるマイクロコンピュータユニット。

【請求項 9】

前記第 1 の温度センサは、前記第 1 の温度デジタル値を格納する第 1 の温度データレジスタを有するロジック部を更に含み、

前記プロセッサは、データバスを通じて前記第 1 の温度データレジスタに格納された前記第 1 の温度デジタル値を参照する請求項 8 に記載のマイクロコンピュータユニット。

【請求項 10】

前記ロジック部はビルトインセルフテスト回路を更に有し、

前記プロセッサは、前記ビルトインセルフテスト回路を動作させて前記ロジック部においてセルフテストを実行させる請求項 9 に記載のマイクロコンピュータユニット。

【請求項 11】

前記第 2 の温度センサは、前記第 2 の温度デジタル値を格納する第 2 の温度データレジスタを更に含み、

前記プロセッサは、データバスを通じて前記第 2 の温度データレジスタに格納された前記第 2 の温度デジタル値を参照する請求項 8 に記載のマイクロコンピュータユニット。

【請求項 12】

前記プロセッサは、前記第 1 の温度デジタル値が示す第 1 の温度、及び前記第 2 の温度デジタル値が示す第 2 の温度が、それぞれ所定範囲の下限に対応付けられる第 1 の温度しきい値以下であるか、又は前記所定範囲の上限に対応付けられる第 2 の温度しきい値以上であるか否かを判断する請求項 8 に記載のマイクロコンピュータユニット。

【請求項 13】

前記プロセッサは、前記第 1 の温度デジタル値が示す第 1 の温度、及び前記第 2 の温度デジタル値が示す第 2 の温度の少なくとも一方が、前記第 1 の温度しきい値以下であるか、又は前記第 2 の温度しきい値以上である場合、所定の処理を実行する請求項 12 に記載のマイクロコンピュータユニット。

【請求項 14】

前記第 2 の温度センサはビルトインセルフテスト回路を更に有し、

前記プロセッサは、前記ビルトインセルフテスト回路を動作させて前記第 2 の温度センサにおいてセルフテストを実行させる請求項 8 に記載のマイクロコンピュータユニット。

【請求項 15】

前記プロセッサは、処理開始から処理終了までの動作サイクルにおいて、少なくとも 1 回前記第 2 の温度センサのビルトインセルフテスト回路を動作させる請求項 14 に記載のマイクロコンピュータユニット。

【請求項 16】

前記比較器が出力した前記第 1 の温度センサが正常であるか異常であるかを示す信号は、外部端子を通じて、外部周辺回路に出力される請求項 8 に記載のマイクロコンピュータユニット。

【請求項 17】

第 1 の温度センサに含まれる、温度に応じて抵抗値が変化する抵抗素子の電圧値を第 1 の温度デジタル値に変換し、

第 2 の温度センサに含まれる、温度に依存した周期で発振するリングオシレータが出力する発振信号に基づいて第 2 の温度デジタル値を生成し、

前記第 1 の温度デジタル値と前記第 2 の温度デジタル値とを比較し、

前記比較の結果に基づいて、前記第 1 の温度センサが正常であるか異常であるかを示す信号を出力する温度計測方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は温度計測回路、方法、及びマイクロコンピュータユニットに関し、例えば温度センサを含む温度計測回路及びマイクロコンピュータ、並びにそのような温度計測回路及びマイクロコンピュータにおける温度計測方法に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 は、デジタル温度計を開示する。特許文献 1 に記載のデジタル温度計は、3 個以上の温度センサを有する。特許文献 1 では、3 つの温度センサのそれぞれが出力する温度信号が示す温度が、所定の温度範囲で刻まれた複数の階級のうちの何れに属するかが判定される。デジタル温度計は、属する温度の個数が最も多い階級を判定し、判定された階級に対応する温度表示信号をデジタル表示する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特公平 7 - 111381 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献 1 に記載のデジタル温度計は、3 個以上の温度センサによる多数決を行い、温度計測結果を得ている。このようにすることで、3 個の温度センサのうちの 1 つに異常が発生した場合でも、正しい温度表示が得られる。しかしながら、特許文献 1 では、温度センサが 3 個以上必要であり、また、多数決論理が必要となる。このため、特許文献 1 のデジタル温度計には、回路規模が増大するという問題がある。

【0005】

その他の課題と新規な特徴は、本明細書の記述および添付図面から明らかになるであろう。

【課題を解決するための手段】

【0006】

一実施の形態によれば、温度計測回路は、抵抗素子を含む温度検知部を用いて温度を計測する第 1 の温度センサと、リングオシレータを用いて温度を計測する第 2 の温度センサと、第 1 の温度センサの温度計測結果と第 2 の温度センサの温度計測結果とを比較する比較器とを備える。

10

20

30

40

50

【発明の効果】

【0007】

前記一実施形態によれば、回路規模を抑制しつつ、温度センサの異常を検出することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】実施形態1に係る温度計測回路を示すブロック図。

【図2】温度計測回路が含まれる半導体集積回路を示すブロック図。

【図3】デジタル回路に実装されるBIST回路を示すブロック図。

【図4】温度計測回路における動作手順を示すフローチャート。

【図5】2つの温度センサで計測された温度の一例を示すグラフ。

【図6】実施形態2に係る温度計測回路を示すブロック図。

【図7】実施形態2において2つの温度センサで計測された温度の一例を示すグラフ。

【図8】実施形態2において2つの温度センサで計測された温度の別例を示すグラフ。

【図9】実施形態3に係る温度計測回路を示すブロック図。

【図10】マイクロコンピュータユニットを示すブロック図。

【発明を実施するための形態】

【0009】

実施形態の説明に先立って、実施形態を想到するに至った経緯について説明する。温度センサには、大きく分けてアナログ温度センサとデジタル温度センサとの2種類がある。ここでは、アナログ温度センサを有する温度計測回路を考える。アナログ温度センサは、アナログ回路部、ADC (Analog to Digital Convertor)、及びロジック部を有する。アナログ回路部は、バイポーラトランジスタ素子又はダイオード素子などの抵抗素子を含む温度検知部を有する。温度検知部の抵抗素子から出力される温度依存性を有するアナログ電圧は、ADCでデジタル変換される。ロジック部は温度データレジスタを含み、この温度データレジスタには、デジタル変換された計測温度が格納される。

【0010】

上記アナログ温度センサにおいて、ロジック回路部については、BIST (built-in self test) 回路をロジック回路部に実装し、これを動作させることで、回路の不良を検出することが可能である。温度計測回路において計測された温度を使用するユーザシステムにおいても、同様に、BIST回路を実動作中に動作させるシステムを構成することで、ロジック部の故障検出が可能である。

【0011】

一方、ADCを含めたアナログ回路においては、各種IP (intellectual property) コアのテストモード、及び外部 (チップ内又はチップ外) 電圧印加のためのテスト回路を実装し、印加電圧に対する変換値を評価することで、回路故障の検出が可能である。

【0012】

アナログ回路部の温度検知部に関しては、ウエハテストなどのジャンクション温度 T_j が制御されている環境では、目標となるデジタル値が特定できるため、故障 (不良) を検出することが可能である。しかしながら、通常の使用状態では温度が特定されず、不特定の温度環境では目標となるデジタル値を特定することが困難であるため、実動作中に温度検知部のテストを実施することはできない。このように、アナログ温度センサを使用する場合、特に使用状態において、IPコア単体では故障検出が困難である。

【0013】

上記の問題に対して、特許文献1では、3以上の温度センサが用いられ、温度表示信号は3つの温度センサの出力信号の多数決によって決定される。このようにすることで、IPコア単体でも故障検出が可能となる。しかしながら、特許文献1において、3つの温度センサは同じ構成である。この場合、共通原因による故障 (Common Cause Failure: IS02 6262) の影響を受けやすいという課題がある。また、温度センサを3つ以上配置しなければならないため、回路規模が増大するという課題もある。

【0014】

以下、図面を参照しつつ、上記課題を解決するための手段を適用した実施形態を詳細に説明する。説明の明確化のため、以下の記載及び図面は、適宜、省略、及び簡略化がなされている。また、様々な処理を行う機能ブロックとして図面に記載される各要素は、ハードウェア的には、CPU (Central Processing Unit)、メモリ、又はその他の回路で構成することができ、ソフトウェア的には、メモリにロードされたプログラムなどによって実現される。したがって、これらの機能ブロックがハードウェアのみ、ソフトウェアのみ、又はそれらの組合せによっていろいろな形で実現できることは当業者には理解されるところであり、何れかに限定されるものではない。なお、各図面において、同一の要素には同一の符号が付されており、必要に応じて重複説明は省略されている。

10

【0015】

また、上述したプログラムは、様々なタイプの非一時的なコンピュータ可読媒体 (non-transitory computer readable medium) を用いて格納され、コンピュータに供給することができる。非一時的なコンピュータ可読媒体は、様々なタイプの実体のある記録媒体 (tangible storage medium) を含む。非一時的なコンピュータ可読媒体の例は、磁気記録媒体 (例えばフレキシブルディスク、磁気テープ、ハードディスク)、光磁気記録媒体 (例えば光磁気ディスク)、CD-ROM (Read Only Memory) CD-R、CD-R/W、及び半導体メモリ (例えば、マスクROM、PROM (Programmable ROM)、EPROM (Erasable PROM)、フラッシュROM、RAM (Random Access Memory)) を含む。また、プログラムは、様々なタイプの一時的なコンピュータ可読媒体 (transitory computer readable medium) によってコンピュータに供給されてもよい。一時的なコンピュータ可読媒体の例は、電気信号、光信号、及び電磁波を含む。一時的なコンピュータ可読媒体は、電線及び光ファイバ等の有線通信路、又は無線通信路を介して、プログラムをコンピュータに供給できる。

20

【0016】

以下の実施の形態においては便宜上その必要があるときは、複数のセクション又は実施の形態に分割して説明するが、特に明示した場合を除き、それらはお互いに無関係なものではなく、一方は他方の一部又は全部の変形例、応用例、詳細説明、又は補足説明等の関係にある。また、以下の実施の形態において、要素の数等 (個数、数値、量、範囲等を含む) に言及する場合、特に明示した場合および原理的に明らかに特定の数に限定される場合等を除き、その特定の数に限定されるものではなく、特定の数以上でも以下でもよい。

30

【0017】

さらに、以下の実施の形態において、その構成要素 (動作ステップ等も含む) は、特に明示した場合及び原理的に明らかに必須であると考えられる場合等を除き、必ずしも必須のものではない。同様に、以下の実施の形態において、構成要素等の形状、又は位置関係等に言及するときは、特に明示した場合および原理的に明らかにそうでないと考えられる場合等を除き、実質的にその形状等に近似または類似するもの等を含むものとする。このことは、上記数等 (個数、数値、量、範囲等を含む) についても同様である。

【0018】

[実施形態1]

40

図1は、実施形態1に係る温度計測回路を示す。温度計測回路10は、温度センサ20と、温度センサ30と、比較器40とを有する。温度計測回路10は、例えば半導体集積回路を構成するチップに実装される。半導体集積回路は、例えばプロセッサ (CPU) と、プロセッサから読み出し可能なメモリとを含むマイクロコンピュータユニット (MCU: Micro Computer Unit) として構成される。温度センサ20及び温度センサ30は、それぞれ例えば温度計測回路10が実装される半導体集積回路のチップ温度 (例えばジャンクション温度 T_j) を計測する。

【0019】

温度計測回路10において、温度センサ20は、メイン温度センサとして用いられる。一方、温度センサ30は、サブ温度センサとして用いられる。温度センサ20は、デバイ

50

ス製品使用に準じた性能及び精度を有する。温度センサ 20 の温度計測精度は、温度センサ 30 の温度計測精度よりも高いものとする。別の言い方をすると、温度センサ 20 の温度計測誤差は、温度センサ 30 の温度計測誤差よりも小さいものとする。温度計測回路 10 と同じチップに実装される CPU は、CPU データバス 50 を通じて、温度センサ 20 が計測した温度を参照可能である。CPU は、温度センサ 20 の温度計測結果に基づいて、各種処理を実行可能である。

【0020】

温度センサ 20 は、温度検知部 21、マルチプレクサ 22、AD 変換器 (ADC) 23、及びロジック部 24 を含む。温度検知部 21 は、温度、例えばジャンクション温度 T_j を検知する部分である。温度検知部 21 は、温度に依存して抵抗値が変化する抵抗素子を含む。そのような抵抗素子として、例えばバイポーラトランジスタ素子又はダイオード素子が用いられる。温度検知部 21 は、抵抗素子の抵抗値が温度に応じて変化することで、温度に依存した電圧を出力する。温度検知部 21 は、アナログ回路で構成される。

10

【0021】

マルチプレクサ 22 は、温度検知部 21 が出力する電圧 (アナログ電圧) と、テスト用アナログ電圧入力端子 26 に印加されたアナログ電圧とを、選択的に AD 変換器 23 に出力する。テスト用アナログ電圧入力端子 26 は、AD 変換器 23 のテスト時に用いられる。マルチプレクサ 22 は、通常の使用状態では、温度検知部 21 が出力する電圧を AD 変換器 23 に出力する。

【0022】

20

AD 変換器 23 は、マルチプレクサ 22 を介して入力するアナログ電圧をデジタル値に変換する。AD 変換器 23 は、通常の使用状態では、温度検知部 21 に含まれる抵抗素子の電圧を温度デジタル値 D1 に変換する。抵抗素子の電圧は温度依存性を有するため、それを AD 変換した温度デジタル値 D1 も温度依存性を有する。温度デジタル値 D1 は、温度検知部 21 が検知した温度を示す。

【0023】

ロジック部 24 は、温度データレジスタ 25 を含むデジタル回路として構成される。温度データレジスタ 25 は、温度デジタル値 D1 を格納する。温度データレジスタ 25 に格納された温度デジタル値 D1 は、比較器 40 と CPU データバス 50 とに出力される。図示しない CPU は、CPU データバス 50 を通じて、温度データレジスタ 25 に格納された温度デジタル値 D1 を参照することができる。

30

【0024】

温度センサ 30 は、リングオシレータ 31、タイマモジュール 32、演算回路 35、及びロジック部 36 を有する。リングオシレータ 31 は、温度センサ 30 において温度検知部を構成する。リングオシレータ 31 には、例えば温度センサ 20 の温度検知部 21 に与えられる温度と同じ温度 (例えばジャンクション温度 T_j) が与えられる。リングオシレータ 31 は、温度に依存した周期で発振する。リングオシレータ 31 は、温度依存性を有する発振信号 (クロック信号) を出力する。

【0025】

タイマモジュール 32 は、エッジセクタ 33 及びカウンタ 34 を含む。エッジセクタ 33 は、リングオシレータ 31 が出力するクロック信号の立ち上がりエッジ又は立ち下がりエッジを選択する。エッジセクタ 33 は省略されてもよい。

40

【0026】

カウンタ 34 は、周期が温度に依存しない基準信号を用いて、エッジセクタ 33 を介して入力するクロック信号をカウントする。基準信号は、例えば温度に依存して周期が変化しない高精度なクロック信号であり、この基準信号は、温度補償された発振器などで生成される。カウンタ 34 は、基準信号を用いて、所定期間におけるクロック信号のクロックパルスをカウントする。カウンタ 34 のカウント値は、クロック信号の周波数 (周期) に対応しており、温度に依存して変化する。

【0027】

50

演算回路 35 は、カウンタ 34 のカウント値を温度デジタル値 D2 に変換する。温度デジタル値 D2 は、同一の温度に対して、温度デジタル値 D1 と同じ値になるように校正されている。温度デジタル値 D2 は、温度検知部を構成するリングオシレータ 31 が検知した温度を示す。ロジック部 36 は、温度データレジスタ 37 を含む。温度データレジスタ 37 は、演算回路 35 が出力する温度デジタル値 D2 を格納する。温度データレジスタ 35 に格納された温度デジタル値 D2 は、比較器 40 に出力される。

【0028】

ここで、温度センサ 20 において、温度検知部 21 はアナログ回路で構成され、ロジック部 24 はデジタル回路で構成される。一方、温度センサ 30 は、各要素がデジタル回路で構成される。温度計測回路 10 において、アナログ回路とデジタル回路とは、相互に異なる電源から供給される電源電圧でそれぞれ動作する。図 1 において、領域 60 は、アナログ回路用の電源から供給される電圧 VCC で動作する領域を示す。また、領域 70 は、デジタル回路用の電源から供給される電圧 VDD で動作する領域を示す。電圧 VCC は例えば 3.3V であり、電圧 VDD は例えば 1.8V である。

【0029】

温度センサ 20 では、温度検知部 21 は、領域 60 に配置されており、電圧 VCC で動作する。一方、温度センサ 30 では、温度検知部であるリングオシレータ 31 は、領域 70 に配置されており、電圧 VDD で動作する。このように、温度センサ 20 と温度センサ 30 とで、温度検知部が動作する電源を相互に異なる電源とした場合、共通原因に起因する故障を軽減できる効果がある。

【0030】

比較器 40 は、温度センサ 20 が出力する温度デジタル値 D1 と温度センサ 30 が出力する温度デジタル値 D2 とを比較する。比較器 40 は、比較結果に基づいて、温度センサ 20 が正常であるか、或いは異常であるかを示す信号を出力する。比較器 40 は、例えば温度デジタル値 D1 が示す温度と温度デジタル値 D2 が示す温度との差を求め、その差が所定値の範囲内である場合、温度センサ 20 が正常であるとみなして、その旨を示す信号を出力する。比較器 40 は、差が所定の範囲の外側である場合、温度センサ 20 が異常である（正常ではない）とみなして、その旨を示す信号を出力する。

【0031】

[Fail/Safe信号]

図 2 は、温度計測回路 10 が含まれる半導体集積回路を示す。半導体集積回路 80 は、図 1 に示される構成を有する温度計測回路 10 と、外部端子 81 を含む。温度計測回路 10 の比較器 40 は、温度センサ 20 が計測した温度と温度センサ 30 が計測した温度との比較結果に基づいて、温度センサ 20 が正常であるか否かを示す信号（Fail/Safe信号）を出力する。

【0032】

比較器 40 が出力する Fail/Safe 信号は例えばデジタル信号であり、この信号のハイレベル及びローレベルの何れか一方は温度センサ 20 が正常である旨に対応し、他方は温度センサ 20 が異常である旨に対応する。比較器 40 は、Fail/Safe 信号を外部端子 81 に出力し、外部端子 81 に接続されたチップ外のデバイス（外部周辺回路）に、温度センサ 20 が正常であるか、或いは異常であるかを通知する。これに代えて、又は加えて、比較器 40 は、チップ内のデバイスに温度センサ 20 が正常であるか、或いは異常であるかを通知してもよい。

【0033】

[BIST]

デジタル回路で構成される温度センサ 20 のロジック部 24、及び温度センサ 30 は、BIST が可能である。図 1 では図示を省略しているが、ロジック部 24 及び温度センサ 30 は、それぞれ BIST 回路を有している。ロジック部 24 及び温度センサ 30 において、BIST 回路を動作させることで、ロジック部 24 及び温度センサ 30 のそれぞれの動作確認が可能である。

【 0 0 3 4 】

図 3 は、デジタル回路に実装される B I S T 回路を示す。デジタル回路 9 0 は、B I S T 回路 9 1、複数の F F (Flip Flop) 9 2、及び期待値比較回路 9 3 を有する。B I S T 回路 9 1 は、テストパターンを発生する。各 F F (スキャン F F) 9 2 は、スキャンチェーンを構成する。B I S T 回路 9 1 から出力されたテストパターンは、複数の F F 9 2 を通じて、図 3 では 3 つの F F 9 2 を通じて期待値比較回路 9 3 に入力される。

【 0 0 3 5 】

期待値比較回路 9 3 は、複数の F F 9 2 を通じて入力された信号と、テストパターンに対する期待値と比較する。期待値比較回路 9 3 において期待値との比較が行われることで、B I S T 回路 9 1 が配置されたデジタル回路が正常に動作しているか否かが確認される。期待値比較回路 9 3 は、比較の結果を、チップ内の C P U 9 4 及び外部出力端子 9 5 の少なくとも一方に出力する。期待値比較回路 9 3 は、例えば入力された信号と期待値とが一致する場合は、B I S T の結果 P a s s を C P U 9 4 及び外部出力端子 9 5 の少なくとも一方に出力する。期待値比較回路 9 3 は、一致しない場合は、B I S T の結果 F a i l を C P U 9 4 及び外部出力端子 9 5 の少なくとも一方に出力する。

【 0 0 3 6 】

温度センサ 2 0 のロジック部 2 4 については、上記の B I S T 回路 9 1 を実装することで、例えばチップの選別時に、欠陥不良のスクリーニングが可能である。半導体集積回路において何らかの処理を実行させるユーザモード時においても、B I S T 回路 9 1 を動作させることで、ロジック部 2 4 において故障が生じた場合に、その検出が可能である。ユーザモード時においては、起動から終了までの動作サイクルの間に、B I S T 回路 9 1 が少なくとも 1 回起動されることとしてもよい。

【 0 0 3 7 】

温度センサ 3 0 についても、上記の B I S T 回路 9 1 を動作させることで、B I S T が可能であり、選別時及びユーザモード時の双方において、欠陥又は故障が検出可能である。B I S T を通じて、温度センサ 3 0 が正常に動作していることが確認された状態で温度計測回路 1 0 が使用された場合、温度デジタル値 D 2 は、正常な温度を示す値であることが保証される。この保証された温度デジタル値 D 2 と温度センサ 2 0 から出力される温度デジタル値 D 1 とを比較することで、温度センサ 2 0 が正常に動作していない場合に、その検出が可能である。

【 0 0 3 8 】

なお、温度センサ 2 0 に含まれる A D 変換器 2 3 が正常に動作しているか否かは、例えば選別時に、外部からテスト用アナログ電圧入力端子 2 6 を通じて A D 変換器 2 3 に特定電圧を入力し、温度データレジスタ 2 5 に格納されたデジタル値が特定電圧に対応するものであるか否かを調べることで、判断可能である。ユーザモード時は、例えば半導体集積回路に含まれる D A C (Digital to Analog Convertor) を用いて任意の電圧をテスト用アナログ電圧入力端子 2 6 に入力し、温度データレジスタ 2 5 に所望のデジタル値が可能されているか否かを調べることで、故障の有無の判断が可能である。

【 0 0 3 9 】

温度検知部 2 1 については、例えばウエハテスト時に、ウエハステージ温度を温度検知部 2 1 に加えられる温度 (ジャンクション温度 T_j) として、その温度に対応する温度デジタル値 D 1 が温度データレジスタ 2 5 に格納されているか否かを調べることで、欠陥検出が可能である。ユーザモード時は、上記したように B I S T 可能な温度センサ 3 0 を用い、保証された温度デジタル値 D 2 と温度デジタル値 D 1 とを比較することで、温度検知部 2 1 の故障の検出が可能である。

【 0 0 4 0 】

[動作手順]

図 4 は、温度計測回路 1 0 における動作手順を示す。温度計測回路 1 0 を含む半導体集積回路 8 0 (図 2 を参照) の電源がオンになると (ステップ S 1)、図示しないプロセッサは、温度センサ 2 0 のロジック部 2 4、及び温度センサ 3 0 のそれぞれにおいて B I S

10

20

30

40

50

T回路91(図3を参照)を動作させる。ロジック部24及び温度センサ30は、それぞれBISTを実行する(ステップS2)。

【0041】

BISTの実行後、ロジック部24及び温度センサ30において故障が発生していない場合、温度センサ20及び温度センサ30は、それぞれ温度計測を実行する(ステップS3)。ステップS3では、温度センサ20が温度計測を実行することで、温度デジタル値D1が得られる。また、温度センサ30が温度計測を実行することで、温度デジタル値D2が得られる。

【0042】

比較器40は、2つの温度センサで得られた温度計測結果、つまり温度デジタル値D1と温度デジタル値D2とを比較する。比較器40は、比較結果が良好である否か、つまり両者が合致するか否かを判断する(ステップS4)。比較器40は、例えば温度デジタル値D1が示す温度と温度デジタル値D2が示す温度とが、ほぼ同じ温度である場合は、両者が合致すると判断する。比較器40は、ステップS4で両者が合致しないと判断した場合は、温度センサ20が異常である旨を示す信号出力し、エラーを通知する(ステップS5)。ステップS4で両者が合致すると判断された場合、プロセッサは、他の処理を実行する(ステップS6)。

【0043】

[動作例]

図5は、温度センサ20で計測された温度と、温度センサ30で計測された温度とを示す。図5において、温度センサ20の温度計測結果(メイン)は丸印でプロットされ、温度センサ30の温度計測結果(サブ)はひし形でプロットされている。図5においては、温度センサ30の誤差範囲が点線で示されている。図5では、温度センサ30の温度精度が ± 10 であるとし、温度センサ30で計測された温度を基準に ± 10 の範囲を誤差範囲として示している。

【0044】

比較器40は、例えば温度デジタル値D1が示す温度と温度デジタル値D2が示す温度との差が、温度センサ30の温度精度の範囲内であれば、温度センサ20が正常である旨を示す信号を出力する。別の言い方をすれば、比較器40は、温度デジタル値D1が示す温度が、温度デジタル値D2が示す温度を基準とした温度センサ30の温度誤差の範囲内に含まれる場合、温度センサ20が正常である旨を示す信号を出力する。

【0045】

例えば、図5に示されるある時刻t11において図4のステップS3が実行され、温度センサ20が出力した温度デジタル値D1が103を示し、温度センサ30が出力した温度デジタル値D2が95を示したとする。この場合、温度センサ20の温度計測結果103は、温度センサ30の温度計測結果95を基準とした ± 10 の範囲内であるため、比較器40は、温度センサ20が正常である旨を示す信号を出力する。

【0046】

次に、時刻t12においてステップS3が実行され、温度センサ20が出力した温度デジタル値D1が105を示し、温度センサ30が出力した温度デジタル値D2が111を示したとする。この場合も、温度センサ20の温度計測結果105は、温度センサ30の温度計測結果111を基準とした ± 10 の範囲内であるため、比較器40は、温度センサ20が正常である旨を示す信号を出力する。

【0047】

さらに、時刻t13においてステップS3が実行され、温度センサ20が出力した温度デジタル値D1が105を示し、温度センサ30が出力した温度デジタル値D2が117を示したとする。この場合は、温度センサ20の温度計測結果105は、温度センサ30の温度計測結果117を基準とした ± 10 の範囲からは外れる。温度センサ30は、ステップS2で実行されたBISTによって正常に動作することが確認されており、温度センサ30の温度計測結果は正しいことが保証されている。従って、温度デジタル

10

20

30

40

50

値 D 1 と温度デジタル値 D 2 とが異なる温度を示す場合、温度センサ 2 0 において正しい温度計測結果が得られていないと判断できる。この場合、比較器 4 0 は、温度センサ 2 0 が異常である旨を示す信号を出力する。

【 0 0 4 8 】

[まとめ]

本実施形態では、温度計測回路 1 0 は、温度センサ 2 0 と温度センサ 3 0 とを有する。温度センサ 2 0 は温度に依存して抵抗値が変化する抵抗素子を用いた温度センサであるのに対し、温度センサ 3 0 は温度に依存した周期で発振するリングオシレータを用いた温度センサである。本実施形態では、温度計測回路 1 0 は、種類の異なる 2 つの温度センサを含んでおり、双方の温度センサで得られた温度計測結果を比較する。本実施形態では、ヘテロジニアスな多重化システムで温度センサを構成しており、同じ構成の温度センサを複数用いた場合に比べて共通原因に起因する故障は発生しにくい。

10

【 0 0 4 9 】

本実施形態では、特に、温度センサ 2 0 において温度検知にアナログ回路が用いられ、温度センサ 3 0 において温度検知にデジタル回路が用いられている。温度センサ 2 0 において温度検知部 2 1 をアナログ電源で動作させ、温度センサ 3 0 において温度検知部であるリングオシレータ 3 1 をデジタル電源で動作させることで、共通原因に起因する故障を軽減することが可能である。本実施形態では、共通原因に起因する故障を軽減できるため、実装に時間を要するレイアウト対策などの実施を省略することが可能である。

【 0 0 5 0 】

20

さらに、本実施形態において、温度センサ 3 0 はデジタル回路で構成されており、温度センサ 3 0 において B I S T が可能である。B I S T により、ユーザモード時においても、温度センサ 3 0 が正常に動作していることが確認可能であり、温度センサ 3 0 が計測した温度が正しいことを保証できる。本実施形態では、正しいことが保証された温度センサ 3 0 の温度計測結果と温度センサ 2 0 の温度計測結果とを比較することで、温度センサ 2 0 の温度計測結果が正しいものであるか否かの判断が可能である。

【 0 0 5 1 】

特に、温度センサ 2 0 と温度センサ 3 0 とを半導体集積回路と同じチップ上に実装する場合、1 チップの半導体デバイス内で温度計測値を保証することが可能である。温度センサ 2 0 の温度計測値が正しいことが保証されない場合、温度センサ 2 0 が正常に動作しなくなった場合に備えて、半導体デバイスの外部に保護用（多重化用）の外部温度センサを別途配置することも考えられる。しかしながら、その場合、システムでの部品点数が増加する。本実施形態では、1 つのチップ内で温度センサ 2 0 の温度計測値が保証されるため、別途外部温度センサを配置する場合に比べて、部品点数を削減できる効果もある。

30

【 0 0 5 2 】

さらに、本実施形態では、サブ温度センサとして用いられる温度センサ 3 0 は、リングオシレータを含むデジタル回路で構成されており、A D 変換器の搭載が不要である。また、温度センサ 3 0 においては、アナログ電源の回路設計が不要である。このため、温度センサ 3 0 は、メイン温度センサとして用いられる温度センサ 2 0 に比べて、一例として 1 / 4 程度の実装面積で実装可能であり、面積削減効果がある。

40

【 0 0 5 3 】

特許文献 1 との比較では、特許文献 1 では温度センサを 3 個以上必要とするのに対し、本実施形態では温度センサは 2 つでよい。また、特許文献 1 では多数決論理が必要であるのに対し、本実施形態では 2 つの温度センサの温度計測結果を比較すればよく、多数決論理は不要である。従って、本実施形態では、特許文献 1 に比べて回路規模を縮小できる。

【 0 0 5 4 】

[実施形態 2]

図 6 は、実施形態 2 に係る温度計測回路を示す。図 1 に示される実施形態 1 に係る温度計測回路 1 0 と、本実施形態に係る温度計測回路 1 0 a との違いは、温度センサ 3 0 の温度データレジスタ 3 7 が、C P U データバス 5 0 にも温度デジタル値 D 2 を出力する点で

50

ある。本実施形態では、温度計測回路 10 a が実装される半導体集積回路の CPU は、CPU データバス 50 を通じて、温度デジタル値 D1 に加えて、温度デジタル値 D2 を参照できる。

【0055】

実施形態に 1 において、CPU は、例えば温度センサ 20 の温度データレジスタ 25 から温度デジタル値 D1 を取得し、取得した温度に応じて処理を実行する。本実施形態では、CPU は、温度センサ 30 の温度データレジスタ 37 から温度デジタル値 D2 も取得した、取得した温度に応じて処理を実行できる。このように、本実施形態では、温度デジタル値 D2 は、温度センサ 20 の正常又は異常の判定のためにだけでなく、CPU における処理のためにも利用できる。

10

【0056】

CPU は、例えば、温度デジタル値 D1 が示す温度、及び温度デジタル値 D2 が示す温度が、それぞれ所定の温度範囲から外れているか否かをチェックする。より詳細には、CPU は、温度デジタル値 D1 が示す温度、及び温度デジタル値 D2 が示す温度が、それぞれ所定温度範囲の下限に対応付けられる温度しきい値以下であるか、又は所定温度範囲の上限に対応付けられる温度しきい値以上であるか否かを判断する。

【0057】

CPU は、温度デジタル値 D1 が示す温度、及び温度デジタル値 D2 が示す温度の少なくとも一方が、所定温度範囲に収まっていない場合、所定の処理を実行する。つまり、CPU は、温度デジタル値 D1 が示す温度、及び温度デジタル値 D2 が示す温度の少なくとも一方が、所定温度範囲の上限に対応付けられる温度しきい値以下であるか、又は所定温度範囲の下限に対応付けられる温度しきい値以上である場合、所定の処理を実行する。このように、2 つの温度センサ 20 及び温度センサ 30 の温度計測結果を利用することで、温度センサ 20 の温度計測結果のみを用いる場合に比べて、よりロバスタなシステムを構築できる。

20

【0058】

[動作例]

図 7 は、温度センサ 20 で計測された温度と、温度センサ 30 で計測された温度とを示す。図 7 において、温度センサ 20 の温度計測結果（メイン 1）は丸印でプロットされ、温度センサ 30 の温度計測結果（メイン 2）はひし形でプロットされている。また、温度センサ 30 の誤差範囲が点線で示されている。図 7 においても、温度センサ 30 の温度精度が ± 1.0 であるとし、温度センサ 30 で計測された温度を基準に ± 1.0 の範囲を誤差範囲として示している。図 7 には、温度計測回路 10 が実装される半導体集積回路の動作保証温度範囲の上限も示されている。

30

【0059】

例えば、図 7 に示されるある時刻 t_{21} において図 4 のステップ S3 が実行され、温度センサ 20 が出力した温度デジタル値 D1 が 140 を示し、温度センサ 30 が出力した温度デジタル値 D2 が 135 を示したとする。この場合、温度センサ 20 の温度計測結果 140 は、温度センサ 30 の温度計測結果 135 を基準とした ± 1.0 の範囲内であるため、温度センサ 20 は正常である旨を示す信号が出力される。また、温度センサ 20 の温度計測結果 140、及び温度センサ 30 の温度計測結果 135 は、共に動作保証温度範囲の上限である 150 よりも低いため、CPU は、通常の処理を続行する。

40

【0060】

次に、時刻 t_{22} においてステップ S3 が実行され、温度センサ 20 が出力した温度デジタル値 D1 が 149 を示し、温度センサ 30 が出力した温度デジタル値 D2 が 137 を示したとする。この場合、双方の温度計測結果は動作保証温度範囲の上限よりも低いものの、温度センサ 20 の温度計測結果 149 は、温度センサ 30 の温度計測結果 137 を基準とした ± 1.0 の範囲からは外れる。この場合は、比較器 40 から、温度センサ 20 が異常である旨を示す信号が出力され、CPU は、温度センサ 20 が異常であることから、所定の処理、例えばセーフティ処理を実施する。

50

【 0 0 6 1 】

さらに、時刻 t_{23} においてステップ S_3 が実行され、温度センサ 20 が出力した温度デジタル値 D_1 が 148 を示し、温度センサ 30 が出力した温度デジタル値 D_2 が 152 を示したとする。この場合、温度センサ 20 の温度計測結果 148 は、温度センサ 30 の温度計測結果 152 を基準とした ± 10 の範囲内であるため、温度センサ 20 は正常である旨を示す信号が出力される。しかしながら、CPU は、温度センサ 30 の温度計測結果 152 が動作保証温度範囲の上限を超えていると判定し、この場合も、所定の処理、例えばセーフティ処理を実施する。仮に、CPU が温度センサ 20 の温度計測結果のみを参照とした場合、その温度計測結果 149 は動作保証温度範囲 150 よりも低いため、セーフティ処理は実施されない。本実施形態では、CPU が 2 つの温度センサの温度計測結果を取得し、少なくとも一方が動作保証温度範囲の上限を超えていた場合にセーフティ処理を実施するように構成することで、よりロバストなシステムを構築できる。

10

【 0 0 6 2 】

図 8 は、温度センサ 20 で計測された温度と、温度センサ 30 で計測された温度との別の例を示す。図 7 の場合と同様に、図 8 において、温度センサ 20 の温度計測結果（メイン 1）は丸印でプロットされ、温度センサ 30 の温度計測結果（メイン 2）はひし形でプロットされている。また、温度センサ 30 の誤差範囲が点線で示されている。図 8 においても、温度センサ 30 の温度精度が ± 10 であるとし、温度センサ 30 で計測された温度を基準に ± 10 の範囲を誤差範囲として示している。図 8 には、温度計測回路 10 が実装される半導体集積回路の動作保証温度範囲の下限も示されている。

20

【 0 0 6 3 】

例えば、図 8 に示されるある時刻 t_{31} において図 4 のステップ S_3 が実行され、温度センサ 20 が出力した温度デジタル値 D_1 が -34 を示し、温度センサ 30 が出力した温度デジタル値 D_2 が -42 を示したとする。この場合、温度センサ 20 の温度計測結果 -34 は、温度センサ 30 の温度計測結果 -42 を基準とした ± 10 の範囲内であるため、温度センサ 20 は正常である旨を示す信号が出力される。しかしながら、CPU は、温度センサ 30 の温度計測結果 -42 が動作保証温度範囲の下限よりも低いと判定し、所定の処理、例えばセーフティ処理を実施する。仮に、CPU が温度センサ 20 の温度計測結果のみを参照とした場合、その温度計測結果 -34 は動作保証温度範囲 -40 よりも高いため、セーフティ処理は実施されない。本実施形態では、CPU が 2 つの温度センサの温度計測結果を取得し、少なくとも一方が動作保証温度範囲の下限よりも低い場合にセーフティ処理を実施するように構成することで、よりロバストなシステムを構築できる。

30

【 0 0 6 4 】

次に、時刻 t_{32} においてステップ S_3 が実行され、温度センサ 20 が出力した温度デジタル値 D_1 が -24 を示し、温度センサ 30 が出力した温度デジタル値 D_2 が -30 を示したとする。この場合、温度センサ 20 の温度計測結果 -24 は、温度センサ 30 の温度計測結果 -30 を基準とした ± 10 の範囲内であるため、温度センサ 20 は正常である旨を示す信号が出力される。また、温度センサ 20 の温度計測結果 -24 、及び温度センサ 30 の温度計測結果 -30 は、共に動作保証温度範囲の下限である -40 よりも高いため、CPU は、通常の処理を続行する。

40

【 0 0 6 5 】

さらに、時刻 t_{23} においてステップ S_3 が実行され、温度センサ 20 が出力した温度デジタル値 D_1 が -14 を示し、温度センサ 30 が出力した温度デジタル値 D_2 が -27 を示したとする。この場合、双方の温度計測結果は動作保証温度範囲の下限よりも高いものの、温度センサ 20 の温度計測結果 -14 は、温度センサ 30 の温度計測結果 -27 を基準とした ± 10 の範囲からは外れる。この場合は、比較器 40 から、温度センサ 20 が異常である旨を示す信号が出力され、CPU は、温度センサ 20 が異常であることから、所定の処理、例えばセーフティ処理を実施する。

50

【 0 0 6 6 】

[まとめ]

本実施形態では、温度センサ 2 0 の温度データレジスタ 2 5 と、温度センサ 3 0 の温度データレジスタ 3 7 とが C P U データバス 5 0 に接続されており、C P U は、温度センサ 2 0 の温度計測結果と温度センサ 3 0 の温度計測結果の双方を参照できる。このようにすることで、C P U は、2 つの温度センサで計測された温度が、それぞれ所定の範囲に収まっているか否かを判定することができる。本実施形態では、C P U は、温度センサ 2 0 の温度計測結果と温度センサ 3 0 の温度計測結果の何れか一方が所定の範囲から外れたときに、所定の処理を実行することが可能となり、温度センサ 2 0 の温度計測結果のみを参照する場合に比べて、より確度の高い温度制御を実現できる。

10

【 0 0 6 7 】

[実施形態 3]

図 9 は、実施形態 3 に係る温度計測回路を示す。本実施形態に係る温度計測回路 1 0 b は、図 1 に示される実施形態 1 に係る温度計測回路 1 0 の構成に加えて、タイマ 5 5 を有する。本実施形態は、実施形態 2 と組み合わせることも可能である。つまり、本実施形態に係る温度計測回路 1 0 b が、図 6 に示される実施形態 2 に係る温度計測回路 1 0 a の構成に加えて、タイマ 5 5 を有する構成を採用することも可能である。

【 0 0 6 8 】

タイマ 5 5 は、温度センサ 2 0 の A D 変換器 2 3、及び温度センサ 3 0 の演算回路 3 5 に対して計測トリガを出力する。温度センサ 2 0 及び温度センサ 3 0 は、タイマ 5 5 から出力された計測トリガに応答して温度計測を実施し、その結果をそれぞれ温度データレジスタ 2 5 及び温度データレジスタ 3 7 に格納する。

20

【 0 0 6 9 】

本実施形態において、温度計測回路 1 0 b が実装される半導体集積回路の C P U は、C P U データバス 5 0 を通じて、タイマ 5 5 に、温度連続計測モードを通知する。タイマ 5 5 は、温度連続計測モードの通知を受けると、周期的に計測トリガを A D 変換器 2 3 及び演算回路 3 5 に出力する。タイマ 5 5 から周期的に計測トリガが出力されることで、温度センサ 2 0 及び温度センサ 3 0 は、周期的に温度計測を実施する。比較器 4 0 は、周期的に得られる温度デジタル値 D 1 と温度デジタル値 D 2 とを比較し、比較結果に基づいて、Fail/Safe信号を周期的に出力する。

30

【 0 0 7 0 】

本実施形態に係る温度計測回路 1 0 b は、タイマ 5 5 を有している。本実施形態では、タイマ 5 5 から、周期的、例えば一定の時間間隔で計測トリガを出力することで、C P U 上で実行されるソフトウェアの介在なく、一定の時間間隔で、温度センサ 2 0 が故障しているか否かの検査が可能である。

【 0 0 7 1 】

[マイクロコンピュータユニット]

ここで、上記各実施形態に係る温度計測回路は、マイクロコンピュータユニットに搭載可能である。図 1 0 は、マイクロコンピュータユニットを示す。マイクロコンピュータユニット 1 0 0 は、C P U 1 0 1、R O M 1 0 2、R A M 1 0 3、入出力ポート 1 0 4、周辺回路 1 0 5、及び C P U バス 1 0 6 を含む。マイクロコンピュータユニット 1 0 0 は、例えば自動車などの車両に搭載される車両搭載用のマイクロコンピュータユニットとして構成される。マイクロコンピュータユニット 1 0 0 は、車両において、例えば A D A S (Advanced Driver Assistance System: 先進運転支援システム) に用いられる。

40

【 0 0 7 2 】

C P U 1 0 1 は、プロセッサであり、マイクロコンピュータユニットにおいて各種処理を実行する。C P U 1 0 1 は、C P U バス 1 0 6 を介して、R A M 1 0 3、入出力ポート 1 0 4、及び周辺回路 1 0 5 などに接続される。C P U バス 1 0 6 には、図 1 などに示される C P U データバス 5 0 が含まれる。R O M 1 0 2 は、例えばフラッシュメモリなどの不揮発性メモリであり、C P U 1 0 1 によって実行されるプログラムなどを格納する。C

50

P U 1 0 1 は、R O M 1 0 2 から読み出したプログラムを実行して各種処理を実行する。
R A M 1 0 3 は、各種データを格納する揮発性のメモリである。

【 0 0 7 3 】

入出力ポート 1 0 4 は、マイクロコンピュータユニット 1 0 0 と外部周辺回路 1 1 0 及び他デバイス 1 2 0 との間で信号の入出力を行う。入出力ポート 1 0 4 には、図 1 に示されるテスト用アナログ電圧入力端子 2 6、図 2 に示される外部端子 8 1、及び図 3 に示される外部出力端子 9 5 などが含まれる。周辺回路 1 0 5 は、マイクロコンピュータユニット 1 0 0 に内蔵される各種周辺回路を含む。周辺回路 1 0 5 には、例えば図 1 に示される温度センサ 2 0、温度センサ 3 0、及び比較器 4 0 などが含まれる。周辺回路 1 0 5 は、入出力ポート 1 0 4 を通じて他デバイス 1 2 0 との間で通信を行うことが可能である。

10

【 0 0 7 4 】

外部周辺回路 1 1 0 は、電源 1 1 1、発振回路 1 1 2、及びリセット回路 1 1 3 などを含む。電源 1 1 1 は、マイクロコンピュータユニット 1 0 0 に対して電源供給を行う。電源 1 1 1 は、図 1 に示される領域 6 0 に電源供給を行うためのアナログ用電源と、領域 7 0 に電源供給を行うためのデジタル用電源とを含んでいてもよい。発振回路 1 1 2 は、マイクロコンピュータユニット 1 0 0 にクロック信号などを供給する。リセット回路 1 1 3 は、マイクロコンピュータユニット 1 0 0 をリセットする。リセット回路 1 1 3 は、例えば、外部端子 8 1（図 2 を参照）から温度センサ 2 0 が異常である旨を示す Fail/Safe 信号が出力されると、マイクロコンピュータユニット 1 0 0 をリセットする。

【 0 0 7 5 】

20

マイクロコンピュータユニット 1 0 0 の一部として実装される温度計測回路 1 0 において、温度センサ 2 0 の温度計測結果と温度センサ 3 0 の温度計測結果とを一定間隔で比較するシステムを組みこむことで、マイクロコンピュータユニット 1 0 0 単体で、I S O 2 6 2 6 2 に対応させることが可能となる。また、温度計測回路 1 0 において、温度センサ 3 0 の温度検知部はリングオシレータ 3 1 によるデジタル回路で構成されており、温度検知部の B I S T を可能とすることで、I S O 2 6 2 6 2 の L a t e n t 対策としても有効となる。

【 0 0 7 6 】

[変形例]

なお、図 4 では、半導体集積回路の起動時（電源オン時）にステップ S 2 を実行し、温度センサ 3 0 において B I S T を行う例を説明したが、これには限定されない。温度センサ 3 0 の B I S T は、半導体集積回路の処理開始から処理終了までの動作サイクルにおいて、少なくとも 1 回実行されればよく、その実行タイミングは特に限定されない。例えば、電源オン時に B I S T を実行するのに代えて、電源オフ時に、半導体集積回路のシャットダウンの処理の中で温度センサ 3 0 の B I S T を実行することとしてもよい。

30

【 0 0 7 7 】

上記実施形態では、比較器 4 0 が、温度センサ 2 0 の温度計測結果と温度センサ 3 0 の温度計測結果との差に基づいて、温度センサ 2 0 が正常であるか否かを示す信号を出力する例を説明したが、これには限定されない。例えば、比較器 4 0 において、温度センサ 2 0 の温度計測結果と温度センサ 3 0 の温度計測結果との相関を演算し、相関が取れているか否かに基づいて、温度センサ 2 0 が正常であるか否かを示す信号を出力することとしてもよい。

40

【 0 0 7 8 】

上記各実施形態では、温度計測回路がマイクロコンピュータユニットに組み込まれる例について説明したが、これには限定されない。温度計測回路は、温度計測機能を有する他の集積回路（I C : Integrated Circuit）として構成されてもよい。

【 0 0 7 9 】

以上、本発明者によってなされた発明を実施の形態に基づき具体的に説明したが、本発明は既に述べた実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々の変更が可能であることはいうまでもない。

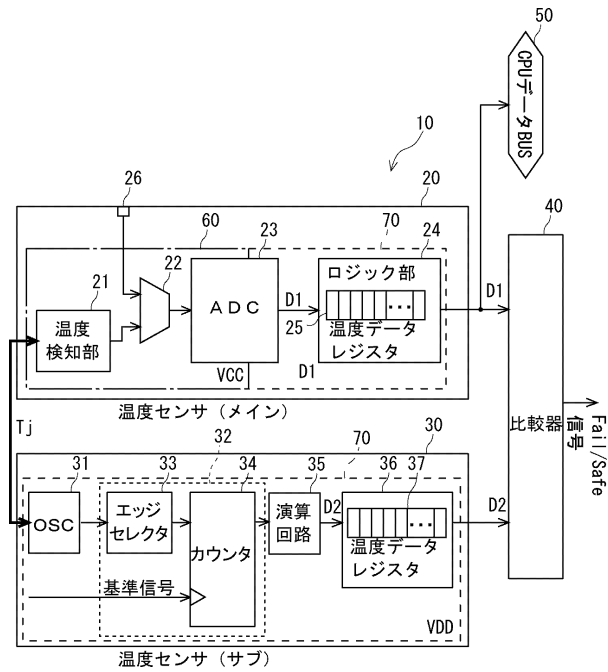
50

【符号の説明】

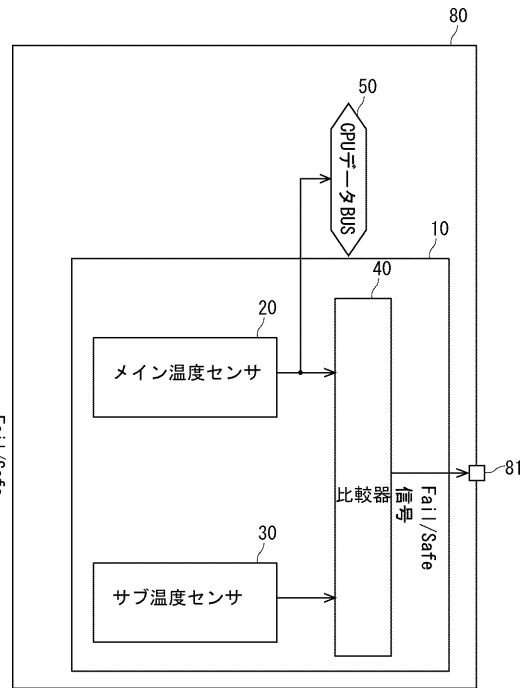
【 0 0 8 0 】

1 0 : 温度計測回路	
2 0 : 温度センサ	
2 1 : 温度検知部	
2 2 : マルチプレクサ	
2 3 : A D 変換器	
2 4 : ロジック部	
2 5 : 温度データレジスタ	
2 6 : テスト用アナログ電圧入力端子	10
3 0 : 温度センサ	
3 1 : リングオシレータ	
3 2 : タイマモジュール	
3 3 : エッジセ렉タ	
3 4 : カウンタ	
3 5 : 演算回路	
3 6 : ロジック部	
3 7 : 温度データレジスタ	
4 0 : 比較器	
5 0 : C P U データバス	20
5 5 : タイマ	
6 0 、 7 0 : 領域	
8 0 : 半導体集積回路	
8 1 : 外部端子	
9 0 : デジタル回路	
9 1 : B I S T 回路	
9 2 : F F (フリップフロップ)	
9 3 : 期待値比較回路	
9 4 : C P U	
9 5 : 外部出力端子	30
1 0 0 : マイクロコンピュータユニット	
1 0 1 : C P U	
1 0 2 : R O M	
1 0 3 : R A M	
1 0 4 : 入出力ポート	
1 0 5 : 周辺回路	
1 0 6 : C P U バス	
1 1 0 : 外部周辺回路	
1 1 1 : 電源	
1 1 2 : 発振回路	40
1 1 3 : リセット回路	
1 2 0 : 他デバイス	

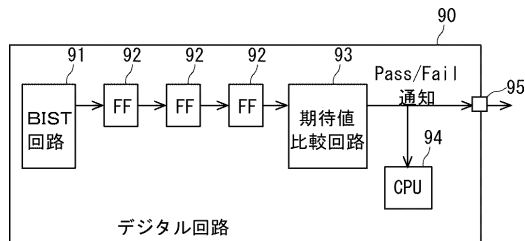
【図 1】



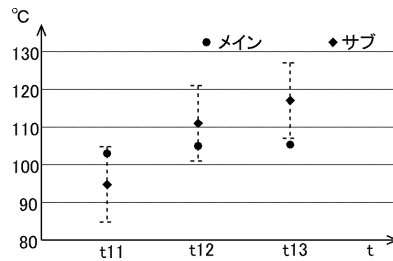
【図 2】



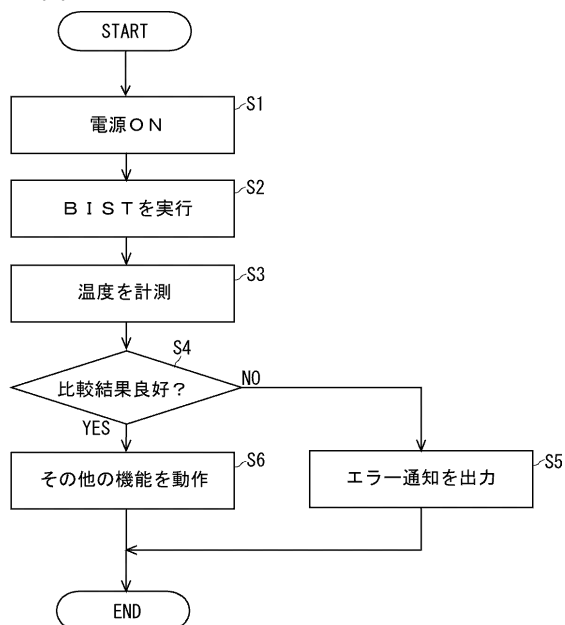
【図 3】



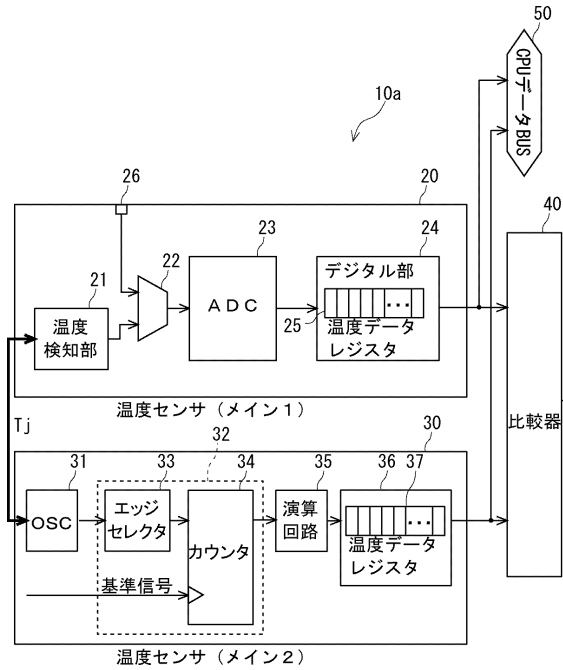
【図 5】



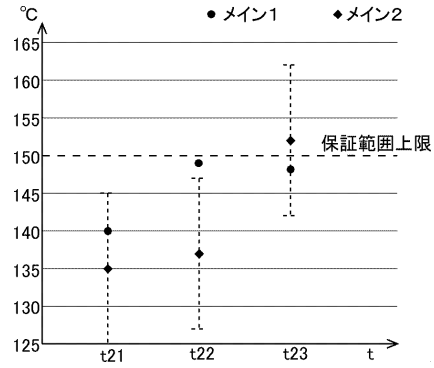
【図 4】



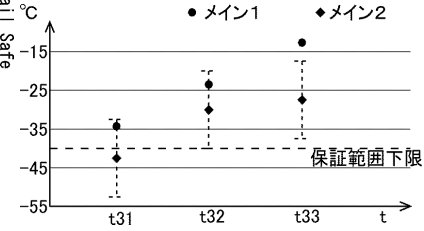
【図 6】



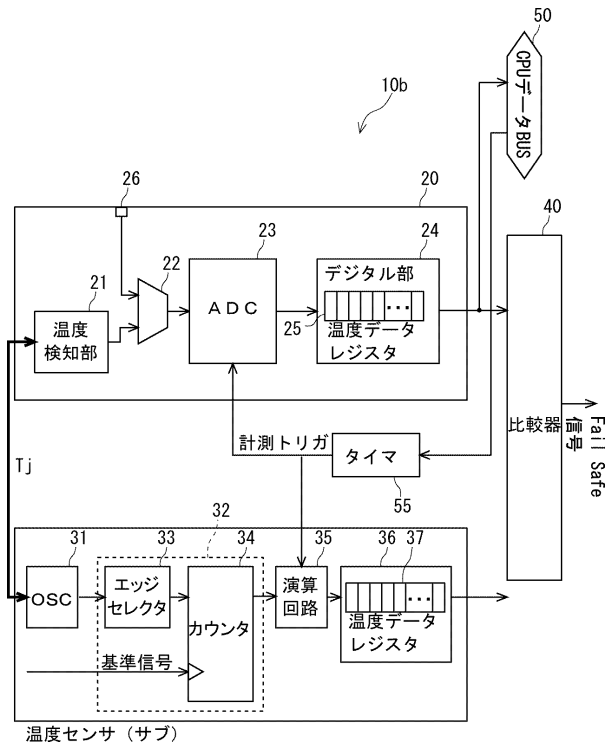
【図 7】



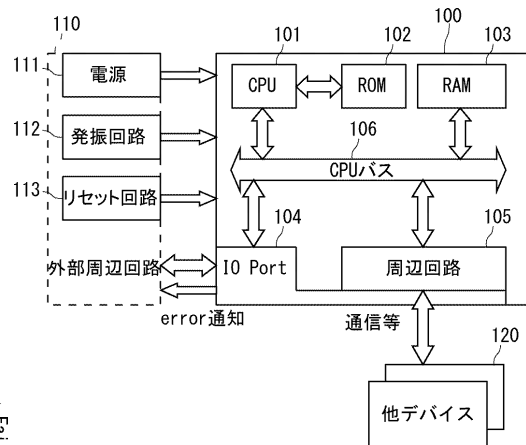
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

審査官 池田 剛志

(56)参考文献 特開 2 0 1 4 - 1 9 6 9 7 1 (J P , A)
特開平 1 1 - 1 1 8 6 1 9 (J P , A)
特開 2 0 1 3 - 1 7 8 1 1 8 (J P , A)
特開平 0 2 - 2 5 4 3 3 0 (J P , A)
中国特許出願公開第 1 0 1 2 1 6 3 5 6 (C N , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
G 0 1 K 1 / 0 0 - 1 9 / 0 0