

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5936415号  
(P5936415)

(45) 発行日 平成28年6月22日 (2016. 6. 22)

(24) 登録日 平成28年5月20日 (2016. 5. 20)

(51) Int. Cl.

F I

G O 6 F 1/04 (2006. 01)  
 G O 6 F 1/24 (2006. 01)  
 G O 6 F 1/26 (2006. 01)  
 G O 6 F 1/28 (2006. 01)  
 H O 1 L 21/822 (2006. 01)

G O 6 F 1/04 5 6 O  
 G O 6 F 1/24 A  
 G O 6 F 1/26 3 3 4 F  
 G O 6 F 1/26 3 3 4 P  
 G O 6 F 1/28 Z

請求項の数 16 (全 17 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2012-76774 (P2012-76774)  
 (22) 出願日 平成24年3月29日 (2012. 3. 29)  
 (65) 公開番号 特開2013-206309 (P2013-206309A)  
 (43) 公開日 平成25年10月7日 (2013. 10. 7)  
 審査請求日 平成27年2月6日 (2015. 2. 6)

(73) 特許権者 000001007  
 キヤノン株式会社  
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号  
 (74) 代理人 100126240  
 弁理士 阿部 琢磨  
 (74) 代理人 100124442  
 弁理士 黒岩 創吾  
 (72) 発明者 加山 和也  
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤ  
 ノン株式会社内  
 審査官 白石 圭吾

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体集積回路、情報処理装置および制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の機能モジュールと、当該複数の機能モジュールへの電力供給を制御する第1の電力制御手段と、当該複数の機能モジュールに対する初期化動作を個別に制御する第1の初期化制御手段と、を備える複数の処理ブロックと、

前記複数の処理ブロックへの電力の供給を制御する第2の電力制御手段と、

前記複数の処理ブロックに対する初期化動作を個別に制御する第2の初期化制御手段と

を有し、

前記第1の電力制御手段により、前記複数の機能モジュールに含まれる第1、第2の機能モジュールへの電力供給が開始され、その後、前記第1の初期化制御手段および前記第2の初期化制御手段によって、当該第1、第2の機能モジュールに対する初期化動作を開始するためのクロックの供給開始タイミングを異ならせることを特徴とする半導体集積回路。

【請求項 2】

前記第2の初期化制御手段は、前記複数の処理ブロックに対して個別にリセット信号を供給するリセット信号制御手段と、前記複数の処理ブロックに対して個別にクロックを供給するクロック制御手段と、を備えることを特徴とする請求項1に記載の半導体集積回路。

【請求項 3】

10

20

前記クロック制御手段は、前記第2の電力制御手段から初期化動作を開始する指示を受けると、前記リセット信号が解除されるまで、クロックを供給することを特徴とする請求項2に記載の半導体集積回路。

【請求項4】

前記クロック制御手段は、前記第2の電力制御手段から初期化動作を開始するためのクロック供給の開始の指示を受けると、クロックを供給する対象となる処理ブロックに対して、予め決められた時間だけクロックを供給することを特徴とする請求項2に記載の半導体集積回路。

【請求項5】

前記第2の初期化制御手段は、前記リセット信号制御手段によってリセット信号をアクティブにした状態で前記クロック制御手段によってクロックの供給を開始することによって、初期化対象の前記処理ブロックが有する記憶素子の初期化を開始することを特徴とする請求項2乃至4のいずれか1項に記載の半導体集積回路。

10

【請求項6】

前記クロック制御手段は、少なくとも前記複数の処理ブロックと個別に対応するクロックゲートセルを備えることを特徴とする請求項2乃至5のいずれか1項に記載の半導体集積回路。

【請求項7】

前記第2の電力制御手段は、少なくとも前記複数の処理ブロックと個別に対応するスイッチを制御するスイッチ制御手段を備え、当該スイッチ制御手段によって前記スイッチを切り替えることで、当該スイッチに対応する処理ブロックへの電力供給の有無を切り替えることを特徴とする請求項1乃至6のいずれか1項に記載の半導体集積回路。

20

【請求項8】

前記複数の処理ブロックの各々について、初期化動作を開始するためにクロックを供給した場合の消費電力の増分と基準となる消費電力とを保持している記憶手段と、電力を遮断している複数の処理ブロックについて電力を復帰させるように指示する電力復帰要求を受信する受信手段と、を更に有し、

前記第2の電力制御手段は前記電力復帰要求に関する処理ブロックについての前記消費電力の増分と前記基準となる消費電力とを前記記憶手段から取得し、前記電力復帰要求に関する処理ブロックについての消費電力の増分と前記基準となる消費電力とを比較して前記複数の処理ブロックへのクロックの供給を開始するタイミングを決定することを特徴とする請求項1乃至7のいずれか1項に記載の半導体集積回路。

30

【請求項9】

初期化動作を開始する前の消費電力を検出する検出手段を更に有し、前記第2の電力制御手段は当該検出手段により検出した初期化動作を開始する前の消費電力に前記記憶手段の保持している消費電力の増分を合算して、前記基準となる消費電力と比較することを特徴とする請求項8に記載の半導体集積回路。

【請求項10】

前記複数の処理ブロックの初期化動作を開始する前の消費電力を検出する検出手段と、前記複数の処理ブロックの各々の初期化動作を開始するためにクロックを供給した場合の消費電力の増分と、基準となる消費電力と、を保持している記憶手段と、電力を遮断している複数の処理ブロックについて電力を復帰させるように指示する電力復帰要求を受信する受信手段と、を更に有し、

40

前記第2の電力制御手段は、前記複数の処理ブロックの初期化動作を開始する前の消費電力と前記処理ブロックについてクロックに供給した場合の前記消費電力の増分との合算値と、前記基準となる消費電力とを比較して、前記複数の処理ブロックへのクロックの供給を開始するタイミングを決定することを特徴とする請求項1乃至7のいずれか1項に記載の半導体集積回路。

【請求項11】

前記第2の電力制御手段は、前記基準となる消費電力を超えない範囲で、複数の処理ブ

50

ロックと同時にクロックの供給を開始するように制御することを特徴とする請求項 8 乃至 10 のいずれか 1 項に記載の半導体集積回路。

【請求項 12】

前記記憶手段は、動作モード毎に前記複数の処理ブロックのうちのいずれの処理ブロックに電力を供給するかと当該動作モードでの消費電力の見込みと、を含むモード情報を更に保持し、

前記受信手段は半導体集積回路をどの動作モードで動作させるかを示す指示を前記第 2 の電力制御手段に発行し、

前記第 2 の電力制御手段は前記指示と前記モード情報に基づいて、前記処理ブロックについての消費電力の増分と前記基準となる消費電力とを比較して、前記複数の処理ブロックへのクロック供給を開始するタイミングを決定することを特徴とする請求項 8 乃至 11 のいずれか 1 項に記載の半導体集積回路。

10

【請求項 13】

前記処理ブロックは、同一の電力制御素子によって電源の供給の有無を制御される構成であり、回路ブロック、機能モジュール、集積回路の少なくともいずれかを含むことを特徴とする請求項 1 乃至 12 のいずれか 1 項に記載の半導体集積回路。

【請求項 14】

前記第 1 の電力制御手段に前記複数の機能モジュールへの電力供給の開始を指示し、前記第 1 の初期化制御手段に前記第 1 の機能モジュールと前記第 2 の機能モジュールとに対するクロック供給開始を指示する指示手段を更に有することを特徴とする請求項 1 乃至 13 のいずれか 1 項に記載の半導体集積回路。

20

【請求項 15】

請求項 1 乃至 14 のいずれか 1 項に記載の半導体集積回路を備える情報処理装置。

【請求項 16】

複数の機能モジュールと、当該複数の機能モジュールへの電力供給を個別に制御する第 1 の電力制御手段と、当該複数の機能モジュールに対する初期化動作を個別に制御する第 1 の初期化制御手段と、を備える複数の処理ブロックと、前記複数の処理ブロックへの電力の供給を個別に制御する第 2 の電力制御手段と、前記複数の処理ブロックに対する初期化動作を個別に制御する第 2 の初期化制御手段と、を有する半導体集積回路の制御方法であって、

30

前記第 1 の電力制御手段により、前記複数の機能モジュールに含まれる第 1、第 2 の機能モジュールへの電力供給が開始され、その後、前記第 1 の初期化制御手段および前記第 2 の初期化制御手段によって、当該第 1、第 2 の機能モジュールに対する初期化動作を開始するためのクロックの供給開始タイミングを異ならせることを特徴とする制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は半導体集積回路に関し、電源遮断から復帰する際のリセット解除動作に関するものである。

【背景技術】

40

【0002】

近年、環境問題に配慮した省エネルギー化の流れから、半導体集積回路に対し低電力化が求められている。例えば、消費電力を削減するために、半導体集積回路の一部のサブシステムへの電源を遮断する方法がある。

ここで、電源を遮断したサブシステムを復帰させる際には電力を供給した後に初期化が必要であり、通常動作に入る前に初期化を行う。初期化動作中はサブシステム内部のフリップフロップなどの記憶素子に対して積極的に信号変化を起こさせることにより状態を初期化するので、初期化動作中は通常クロックゲーティングは行わない状態で回路を動作させる必要があるので大きい消費電力が必要になることが多い。

そこで、特許文献 1 のように初期化動作中に入力されるクロックの周波数を分周し、動

50

作率を低下させることで消費電力を削減する技術がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2002-312073号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

近年の半導体集積回路において、電源を遮断される領域（被電力制御対象、電源ドメインの様に呼称されるが、以下の説明では、電源ドメインとする）の数は増加傾向にある。機能を実現させるための複数のサブシステムを異なる電源ドメインに配置することで、使わない機能を実現させるサブシステムが配置されている電源ドメインへの電力を遮断し消費電力を削減できる。

10

ここで、各電源ドメインは電力供給の再開後に初期化作業（特に、フリップフロップを初期状態にさせるためのクロック供給の開始とリセット信号の解除）を要する。また、一般的な半導体集積回路では複数の内部サブシステムをリセット対象とする場合に、エラーの発生を抑制させるために初期化動作（クロックやリセット信号の発行タイミングや解除タイミング）を合わせている。しかし、複数の電源ドメインについて初期化のためのクロック供給動作が重なると、初期化動作中の瞬間的な消費電力が集中して増加してしまう。

特許文献1の技術では消費電力のピークをある程度低減できるが、瞬間的な消費電力の増加度合いが集中してしまう。

20

【課題を解決するための手段】

【0005】

上述の課題を解決するために、本発明に係る半導体集積回路は、複数の機能モジュールと、当該複数の機能モジュールへの電力供給を制御する第1の電力制御手段と、当該複数の機能モジュールに対する初期化動作を個別に制御する第1の初期化制御手段と、を備える複数の処理ブロックと、前記複数の処理ブロックへの電力の供給を制御する第2の電力制御手段と、前記複数の処理ブロックに対する初期化動作を個別に制御する第2の初期化制御手段と、を有し、前記第1の電力制御手段により、前記複数の機能モジュールに含まれる第1、第2の機能モジュールへの電力供給が開始され、その後、前記第1の初期化制御手段および前記第2の初期化制御手段によって、当該第1、第2の機能モジュールに対する初期化動作を開始するためのクロックの供給開始タイミングを異ならせることを特徴とする。

30

【発明の効果】

【0006】

複数の電源ドメインに対して初期化動作のためのクロックの供給を開始する際に生じる瞬間的な消費電力の増加度合いを分散させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】本発明の一実施形態の概略構成を示すブロック図である。

40

【図2】本発明の一実施形態における処理の概略を示すフローチャートである。

【図3】半導体集積回路の構成を示すブロック図である。

【図4】サブシステム1について電力を復帰させる際のタイミングチャートである。

【図5】クロック復帰対象を選択する処理の概略を示すフローチャートである。

【図6】サブシステム毎のクロック復帰時の消費電力の増加分（見込み）を保持しているテーブルを示す図である。

【図7】本発明によって複数のサブシステムのクロックを復帰させる際の、消費電力 時間線図である。

【図8】半導体集積回路の物理構成の概略を示すブロック図である。

【図9】電力制御部によってサブシステムへのクロック制御を実施する際の、サブシステ

50

ム 1 について電力を復帰させる際のタイミングチャートである。

【図 1 0】電力モード毎の各サブシステムの電力状態と、消費電力見込みと温度見込みとを対応づけて保持するテーブルを示す図である。

【図 1 1】電力検出部の概略構成を示すブロック図である

【図 1 2】リーク電力に関する電圧 温度曲線図を示す。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 0 8】

< 第 1 の実施形態 >

まず、本発明の一実施形態である第 1 の実施形態である半導体集積回路 1 0 9 についてその概略を説明する。図 1 は半導体集積回路 1 0 9 の内部の概略構成を示す。

10

【 0 0 0 9】

半導体集積回路 1 0 9 は n 個のサブシステムを備える。サブシステムの其々は、供給されるクロックに応じて動作し、予め割り当てられている機能を内蔵する機能モジュール（不図示）によって実現する。そして、リセット信号が供給されている間は、内部のフリップフロップなどの記憶素子に対してリセットをかけ続ける（アクティブなりセット信号をアサートし続ける）。

【 0 0 1 0】

電力制御部 1 0 1 は、パワースイッチ制御部 1 0 7 によって被電源制御対象部 1 1 0 のサブシステム毎に電源からの電力を供給するかどうかを切り替える。電力検出部 1 0 2 は、半導体集積回路 1 0 9 の温度、電圧、電流などの動作状態を検知する。電力データ記憶部 1 0 3 は、被電源制御対象部 1 1 0 としての各サブシステムにおいて電力供給を再開する際の初期化動作中に消費することになる電力を示す値をテーブルとして有している。また、電力データ記憶部 1 0 3 は半導体集積回路 1 0 9 が安定して動作する基準となる消費電力である規定電力を示す値を保持している。

20

【 0 0 1 1】

システム制御部 1 0 4 は、クロック制御部 1 0 5、リセット制御部（リセット信号制御部）1 0 6、電力制御部 1 0 1 を制御し、複数のサブシステムにおけるリセットの解除のためのクロック復帰タイミングを分散させる制御をする（詳細は後述する）。また、システム制御部 1 0 4 は、半導体集積回路 1 0 9 のパワーモードの遷移や、各サブシステムのデータ処理モードの制御などシステム全体を制御する。クロック制御部 1 0 5 は、システム制御部 1 0 4 からの指示に基づいて、複数のサブシステムについて個別にクロックを供給するかどうかを制御する。リセット制御部 1 0 6 は、システム制御部 1 0 4 からの指示に基づいて、各サブシステム 1 1 0 にリセット信号を発行し続けることで初期化作業の待機をしたり、発行しているリセット信号を停止することで個々のサブシステムの初期化作業を終了したりする制御をする。すなわち、システム制御部 1 0 4 の指示に基づいて、リセット制御部 1 0 6 とクロック制御部 1 0 5 が各サブシステム 1 1 0 への初期化を実現する初期化制御手段として機能する。

30

【 0 0 1 2】

なお、電力制御部 1 0 1 やシステム制御部 1 0 4 はマイコンやマイクロプロセッサ、FPGA を有するシーケンサ（PLC：プログラマブルロジックコントローラ）であってもよいし、論理回路を組み合わせる状態制御をするものであってもよい。その場合、電力制御部 1 0 1 やシステム制御部 1 0 4 は、少なくとも後述する各実施形態の電力制御部 1 0 1 およびシステム制御部 1 0 4 の処理アルゴリズムや機能を実現するためのプログラム（またはパラメータ）を内蔵メモリ（不図示）等から読み出して実行するように構成される。

40

【 0 0 1 3】

なお、図 1 ではサブシステム数を n 個としているが、本発明は複数の電力制御対象があれば適用可能であり、サブシステムの個数に制限はない。また、説明の簡便のため、サブシステムと電源ドメイン（被電力制御対象）とが、1 対 1 で対応する例を用いて説明しているが、必ずしも 1 対 1 で対応させる必要はない。例えば、2 つ以上のサブシステムを 1

50

つの電源ドメインと対応させたり、1つのサブシステムを2つ以上の電源ドメインにより管理したりしてもよい。なお、電源ドメインとは同一の電力制御素子（例えば、パワースイッチ）によって電源の供給を止められる領域を示し、チップ上の漏れ電流を抑制するためのものである。なお、電源ドメインとはこの定義を満たす回路ブロックや、機能モジュール、ICなどであってもよい。

#### 【0014】

次に、図2、図3を用いて第1の実施形態の基本動作（電力遮断動作、電力復帰動作）について、パワースイッチ制御部107が2つのサブシステム1（第1の被電力制御対象）およびサブシステム2（第2の被電力制御対象）に対して電力を遮断し、さらにその後電力を復帰させる動作例を説明する。なお、図2、図3の例はサブシステム数 $n=2$ の場合に対応する。図2は半導体集積回路109における電力遮断動作と、電力復帰動作に関するフローチャートであり、図3は2つのサブシステムを備える半導体集積回路109の構成を詳細化したものである。

10

#### 【0015】

まず、図2のステップS201において、システム制御部104はサブシステム1およびサブシステム2に対する電力を遮断する指示に応じて、リセット制御部106に対して、サブシステム1、2へのリセット（res305）をアクティブ状態にするように命令する。そして、システム制御部104からの命令を受けて、リセット制御部106がサブシステム1とサブシステム2に対してリセットをアサートする（後述するタイミングチャートではロー・アクティブのリセット信号として説明する）。

20

#### 【0016】

次に、ステップS202で、システム制御部104がクロック制御部105に対し、サブシステム1、2へのクロック（clk304）の供給を停止するように命令する。そして、システム制御部104からの命令を受けたクロック制御部105は、クロックゲートセル301、302をアクティブにする（制御ピンをenableに設定する）ことで、サブシステム1、2へのクロック供給を停止する。

#### 【0017】

次に、ステップS203で、システム制御部104がサブシステム1、2への電力供給の遮断を要求するコマンド（以下、遮断要求）を電力制御部101に送信する。電力制御部101は、システム制御部104からの遮断要求を受信した後、パワースイッチ制御部107によって、サブシステム1、2への電力の供給を決定するパワースイッチ306に対して供給を停止する指示（スイッチオフ）308を発行して電力を遮断する。

30

#### 【0018】

ステップS204では、システム制御部104が、サブシステム1、2を復帰させるためのトリガが発生したかどうかを判定する。サブシステム1、2を復帰させるためのトリガとしては、ユーザやアプリケーションプログラム等からサブシステム1やサブシステム2の機能モジュール（図3の機能1～9）を利用する要求を半導体集積回路109が受けたことなどが挙げられる。トリガが発生するまでステップS204は自己遷移を続ける。ステップS204で、システム制御部104によってトリガが発生したと判定されるとステップS205に遷移する。

40

#### 【0019】

ステップS205では、システム制御部104が復帰させるサブシステム1およびサブシステム2への電力の供給を再開させる。詳細には、システム制御部104が電力制御部101に対し、サブシステム1への電源供給の復帰を要求するコマンド（以下、復帰要求）を送信する。電力制御部101は、システム制御部104からの電源復帰要求コマンドを受信後、パワースイッチ制御部107によって、サブシステム1、2のパワースイッチをONに制御して電力の供給をさせる。ここでは、サブシステム1およびサブシステム2への電荷のチャージが完了してからステップS206へ遷移する。

#### 【0020】

ステップS206では、電力制御部101が復帰対象（初期化対象）である複数のサブ

50

システムから少なくとも1つをクロック復帰対象として選択し、システム制御部104に通知する(電力制御部101によるクロック復帰対象の選択手法についての詳細は後述する)。以下の説明では、電力制御部101が、まずサブシステム1へのクロックを復帰させるように選択し、システム制御部104に対してサブシステム1がクロックの供給の開始を再開できる状態であることを通知(クロック復帰指示を発行)したものとす。復帰させるサブシステムの選択手法としてランダムで選択してもよいし、予めどのサブシステムを優先するかを示す優先情報を不図示のレジスタに保持し、優先情報に基づいて復帰させるサブシステムを選択するように構成してもよい。通知を受けたシステム制御部104は、クロック制御部105およびリセット制御部106に対してサブシステム1の初期化動作を開始するように指示を出す。

10

#### 【0021】

ステップS207では、初期化動作を開始する指示を受けたクロック制御部105が、クロックゲートセル301のゲーティングを無効化する(制御ピンをDisableに設定することにより、サブシステム1へのクロック(c1k304)の供給を再開する。さらにクロック制御部105は、サブシステム1の内部を初期化するために、サブシステム1に含まれる複数のクロックゲートセル303に対しても、それぞれの制御ピンの設定をDisableにする。なお、サブシステム1へのリセットが解除されるまで、クロックゲートセル301、303の制御ピンはDisable状態のままで維持する。つまり、クロック制御部105は、少なくとも初期化動作を開始する命令(初期化動作命令)を受信してからリセットが解除されるまでの間、サブシステム1にクロックを供給し続ける。

20

#### 【0022】

システム制御部104からの初期化動作命令を受信した後、所定の時間、対象へクロックを供給し続けて、ステップS208でリセット制御部106が、サブシステム1へのリセットを解除する(リセットをデアサートする)。なお、リセットを解除するための時間の経過を測る際には、デクリメントを含むダウンカウンタなどを用いればよい。例えば、サブシステム1の回路規模等に応じた所定の値を予め設定し、サイクルタイム毎にデクリメント(-1)して0になるとリセット解除する。リセット解除後、サブシステム1は定常動作を開始する。なお、クロック制御部105によるクロック供給はリセットのデアサートまででもよいし、所定時間経過まででもよい。

30

#### 【0023】

ステップS209では、システム制御部104が、復帰要求のあったサブシステムであって、まだ復帰していないサブシステムが有るかどうかを判断する。例えば、システム制御部104は、復帰要求のあったサブシステムの個数mをレジスタ(不図示)に保持し、復帰した数だけ減算し、mが0になっていなければ復帰していないサブシステムが残っているものとして判断する。ここでは、サブシステム2が復帰していないので、サブシステム2についてステップS206~S208の処理を行う。ステップS209においてサブシステム1、2が復帰していれば処理を終了する。なお、システム制御部104はどのサブシステムが起動しているかを示すn個のフラグレジスタ(不図示)を備えているものとする。例えば、フラグレジスタのk段目が、“1”を保持していればサブシステムkが起動状態にあり、“0”を保持していればサブシステムkが電力供給を遮断された省電力状態にあるとする。

40

#### 【0024】

以上のように、システム制御部104によって、サブシステム1とサブシステム2について電力を同時に供給しつつ、初期化動作のためのクロック供給開始タイミングを異ならせることで、消費電力が集中することを抑制することができる。

#### 【0025】

次に、図3のフローチャートにおいて、サブシステム1について電力を復帰する際の各種信号や電圧などの遷移を説明する。図4は、サブシステム1について電力を復帰する際のタイミングチャートを示す。図4において論理信号はロー・アクティブ(負論理)とし

50

て図示している。なお、クロックゲートセル 303 への制御信号はローで Disable (クロック供給) となる。

#### 【0026】

図 4 の電力遮断状態は、電力制御部 101 がサブシステム 1 への電力の供給を停止 (OFF 状態) している状態を表し、図 2 のステップ S203 ~ S204 に対応する。電力復帰状態は、電力制御部 101 が、システム制御部 104 から復帰要求を受信してから、システム制御部 104 にクロック復帰指示を送信するまでの状態を表し、図 2 のステップ S206 に対応する。初期化動作状態は、システム制御部 104 が、クロック制御部 105 とリセット制御部 106 に対し、初期化動作命令を出してから、サブシステム 1 のリセットが解除されるまでの状態を表し、図 2 のステップ S207 ~ S208 に対応する。定常動作状態は、サブシステム 1 が初期化動作を終え、クロックを供給すれば初期化動作を必要とせず通常に動作する状態を表す。定常動作状態を開始すると一定期間は待機状態となり、一旦、クロックゲートセル 301 を動作させることでサブシステム内の各機能モジュールへのクロック供給を停止する。

#### 【0027】

図 4 の下方にサブシステム 1 の消費電力量の遷移を示す。初期化動作状態における消費電力が他の状態よりも高くなっている。これは、初期化動作状態では、クロックゲートセルがすべて Disable 状態になり、機能 1 ~ 4 およびサブシステム 1 へクロックが供給され続けるためである。なお、サブシステム 2 のタイミングチャートも同様であるためその詳細は省略する。

#### 【0028】

以上のように、複数の被電力制御対象 (サブシステムなど) について、初期化動作のためのクロック供給開始タイミングを異ならせることで、消費電力が集中することを抑制することができる。

#### 【0029】

##### < 第 2 の実施形態 >

次に、第 2 の実施形態における電力制御部 101 によるクロック復帰対象の選択手法について説明する。本実施形態では、複数の被電力制御対象について、初期化動作のためのクロック供給開始タイミングを異ならせる際に、クロック供給開始タイミングをまとめても問題の無い範囲 (定格電力や規定電力を超えない場合など) について、クロック供給開始をまとめる。これによって、初期化動作の高速化と消費電力の分散のトレードオフを図ることができる。なお、以降の説明では第 1 の実施形態と同じ構成や処理については同一の符号を付すとともに、機能的に変わらない場合はその説明を省略する。

#### 【0030】

図 5 は電力復帰要求を受けた電力制御部 101 がクロック復帰対象を選択する処理を示すフローチャートである。なお、本フローチャートの説明では、サブシステムが 19 個 ( $n = 19$ ) の半導体集積回路において、電力が遮断されている 5 個のサブシステム (3, 4, 8, 14, 19) について電力復帰させる例を用いる。また、最初に説明する例は図 7 にて実線 A で示す折れ線図に対応している。

#### 【0031】

まず、ステップ S501 で、電力制御部 101 はサブシステム (3, 4, 8, 14, 19) を復帰させるように指示する電力復帰要求をシステム制御部 104 から受信する。以降の説明では、システム制御部 104 からの指示が先にあったサブシステムを優先して復帰させる制御について説明する。上述の例であると、サブシステム 3 4 8 14 19 の順となる。なお、電力復帰要求の中に復帰させるサブシステムとその優先順番を示す情報を含めてもよい。また、予め電力制御部 101 の記憶装置にどのサブシステムの復帰を優先するかを示す情報を設定するように構成してもよい。なお、説明の簡便のため以降の説明では 19 個のサブシステムの電力供給が全て遮断された状態で電力復帰要求が発行された形態について説明する。電力復帰要求を受信した後に、電力制御部 101 はパワースイッチ制御部 107 に対して、サブシステム 3, 4, 8, 14, 19 のパワースイッチ



をONするように命令を出す。

【0032】

次に、ステップS502で、電力制御部101は電力検出部102より、現在の半導体集積回路109の温度、電圧、電流データを取得する。更に、ステップS503で、電力制御部101は、受信した電圧、電流データから、クロック復帰前の半導体集積回路の消費電力の見積もりを算出する。

【0033】

ステップS504では、電力制御部S504がクロック復帰による見積もりの対象となるサブシステムを選択する。ここでは、電力復帰要求に基づいてサブシステム3を優先する。

10

【0034】

次に、ステップS505で、電力制御部101は電力データ記憶部103より、サブシステム3を初期化状態に移行させた場合に、瞬間的に増分するダイナミック電力の見込み(図6参照)と温度上昇の見込み(不図示)とを示す情報、及び、「温度-リーク電力特性テーブル」を取得する。なお、電力制御部101に、リードした情報やテーブルを一時的に格納しておく記憶部(不図示)を設けて、各サブシステム分の情報を取得するようにしてもよい。その場合は、再度ステップS505に遷移した際に電力データ記憶部103からのロード処理をスキップすることができる。

【0035】

さらに、電力制御部101は、ステップS502において電力検出部102から取得した温度データとサブシステム3の温度上昇から、サブシステム3にクロックを復帰させた際の温度を予測する。そして、「温度-リーク電力特性テーブル」に照らし合わせ、サブシステム3にクロックを供給させた際に増加するリーク電力の見込値を取得する。なお、図12に示すように、リーク電力は温度が増加するにつれて指数関数的に増加する。

20

【0036】

なお、電力データ記憶部103が保持する種々のデータは、半導体集積回路109の電源投入時のPower On Resetが解除された後に、予めファームウェア制御により設定しておけばよい。また、電力投入後に電力記憶部103の保持するデータを変更する場合は、必要に応じ、ファームウェア制御で書き換えればよい。

【0037】

次に、ステップS506で、電力制御部101はステップS503で取得した消費電力と、ステップS505で取得したダイナミック電力と、リーク電力と、を合算することでサブシステム3へのクロック供給を再開した場合の消費電力の見込みを取得する。

30

【0038】

次に、ステップS507で、電力制御部101はステップS506で得られた消費電力の見込みが、半導体集積回路109の規定電力以内におさまっているかどうかを確認する。ここで、ステップS506で得られた消費電力の見込みが半導体集積回路109の規定電力以内でなければサブシステム3へのクロック供給を直ぐに復帰させるべきではない。ここでは、規定電力内に収まっているものとして、ステップS508に遷移する。なお、規定電力とは、半導体集積回路109が安定して動作するための電力値とするが、半導体集積回路109が安定して動作するための指標で電力から導ける値であれば電流値(規定電流)などであってもよい。ステップS507で条件分岐制御することで、サブシステム3への初期化のためのクロック復帰時に、半導体集積回路109の消費電力値が規定電力を超過してしまう事態を抑制できる。

40

【0039】

ステップS508では、電力制御部101が、ステップS501において電力復帰を要求されたサブシステム(3, 4, 8, 14, 19)の中で、次に見積もるべき対象があるかどうかを判定する。ここでは、サブシステム4, 8, 14, 19について見積もる必要があるので、ステップS504に遷移する。ここで、ステップS504でサブシステム4を見積もり対象として選択し、ステップS505~S507も同様に処理したものとする

50

。ただし、ステップ S 5 0 6 で消費電力の見積もりをする際には「ステップ S 5 0 3 で取得した消費電力 + サブシステム 3 のクロック復帰による増分 + サブシステム 4 のクロック復帰による増分」となる。

【 0 0 4 0 】

さらに、ステップ S 5 0 8 からステップ S 5 0 4 に遷移し、サブシステム 8 を選択してステップ S 5 0 5 ~ S 5 0 7 について同様の処理を実施し、ステップ S 5 0 4 でサブシステム 1 4 を選択して S 5 0 5 ~ S 5 0 6 について同様の処理を実施する。ここで、ステップ S 5 0 6 で消費電力の見積もりをする際には「ステップ S 5 0 3 で取得した消費電力 + サブシステム 3 , 4 , 8 , 1 4 のクロック復帰による増分」の合算をする。

【 0 0 4 1 】

ここで見積もった消費電力が規定値を超えてしまうと、ステップ S 5 0 7 からステップ S 5 1 0 に遷移する。

【 0 0 4 2 】

ステップ S 5 1 0 では規定電力以内に収まった対象（ここでは、サブシステム 3 , 4 , 8 ）について、電力制御部 1 0 1 がクロック復帰指示をシステム制御部 1 0 4 に対して発行する。

【 0 0 4 3 】

ここで、ステップ S 5 0 2 に遷移し、電力制御部 1 0 1 は電力検出部 1 0 2 より、現在の半導体集積回路 1 0 9 の温度、電圧、電流データを取得し直す。残りのサブシステム 1 4 , 1 9 について消費電力見積もる際に、サブシステム 3 , 4 , 8 を復帰させた実測値に基づく方が好ましいためである。ステップ S 5 1 0 からすぐにステップ S 5 0 2 へ遷移しても瞬間的な消費電力の増加が落ち着かず S 5 0 2 ~ 5 0 7 、 S 5 1 0 を循環する。ただし、S 5 1 0 で処理を遅延（ディレイ）させてもよい。

【 0 0 4 4 】

ある程度消費電力の増加が落ちついた段階で、サブシステム 1 4 、 1 9 を順に見積もり対象としてステップ S 5 0 4 ~ S 5 0 8 を同様に処理できたら、ステップ S 5 0 8 にて電力復帰を要求されたサブシステムの中で、次に見積もるべき対象がないと判定できる。

【 0 0 4 5 】

ステップ S 5 0 9 で、電力制御部 1 0 1 はサブシステム 1 4 , 1 9 についてのクロック復帰指示をシステム制御部 1 0 4 に対して発行して処理を抜ける。

【 0 0 4 6 】

なお、ステップ S 5 1 0 において、規定値以内に収まった対象が 1 つも特定できていない場合はクロック復帰指示の発行を省略する。また、要求指示に含まれる復帰対象としてのサブシステム 3 , 4 , 8 , 1 4 , 1 9 の少なくともいずれかを起動できない場合（ステップ S 5 1 0 の回数などで判断）は、図 5 の処理を抜けるように制御してもよい。その場合は図 5 の処理を抜けるとともに、電力制御部 1 0 1 がシステム制御部 1 0 4 に対して、クロック復帰できなかったサブシステムについてエラー通知する。そしてエラー通知を受けたシステム制御部 1 0 4 はエラー対象となったサブシステムに対し再度復帰処理を行う必要があるかどうかを判断し、その必要がないサブシステムについては電力を遮断したままにする。

【 0 0 4 7 】

図 7 は、サブシステム 3 , 4 , 8 , 1 4 , 1 9 を復帰させる際の、消費電力 時間線図であり、実線 A が図 5 のフローチャートを用いて説明した例に対応している。なお、0  $\mu$  s e c でサブシステム 3 , 4 , 8 , 1 4 , 1 9 への電荷のチャージおよび最初にクロックを復帰させる対象についてクロック復帰指示を発行済みとする。

【 0 0 4 8 】

実線 A に着目すると、サブシステム 3 , 4 , 8 , 1 4 , 1 9 に電力だけを供給した状態（消費電力 1 0 0 m W ）を始点として、サブシステム 3 , 4 , 8 へのクロックを復帰させると消費電力は 9 0 0 m W まで増加する（図中 1 0 0  $\mu$  s e c ）。サブシステム 3 , 4 , 8 の初期化が済むと、消費電力は低下する。そして、サブシステム 1 4 , 1 9 についてク

10

20

30

40

50

ロックの復帰を指示する。

【0049】

1点鎖線Bは、サブシステム3, 4, 8, 14, 19を一度に初期化させるためにクロックを復帰させた状態であり、規定電力(1.0W)を超えてしまっている。破線Cは、1つつくロック復帰を指示する形態である。図5のフローチャートのステップS510で何も処理をしないように制御し、ステップS508とステップS509の順序を入れ替えば実現できる。破線Cの例であると、上述の実線Bに比べて倍くらい時間がかかってしまう。従って、実線Bで示すように規定電力を超えない範囲でできるだけ多くのサブシステムのクロック供給開始タイミングを同一にする方が初期化時間を短縮できる。

【0050】

次に、電力検出部102の構成例について説明する。図11は電力検出部102の概略構成である。図2において、センス抵抗201によって検出された電流は、増幅器でゲインを増幅され、AD変換部202によってアナログ-デジタル変換した後に電力制御部101に向けて出力される。なお、センス抵抗201によって検出される電流が十分大きい場合は増幅器を設けなくてもよい。温度センサ205は、半導体集積回路の温度を検知する。検知された温度も同様に、AD変換部203によってアナログ-デジタル変換されて、電力制御部101に出力される。電源供給センサ206は、半導体集積回路109の各種電源電圧を検知する。検知された電源電圧は、AD変換部204によってアナログ-デジタル変換されて、電力制御部101に出力される。なお、電力制御部101への出力は、電力制御部101からの要求に応じて行われる(図5のS502)。

【0051】

以上のように、本実施形態によれば電力の供給を再開した複数のサブシステムについて初期化動作中の消費電力の集中を抑制し、効率良く初期化を実施させることができる。

【0052】

<第3の実施形態>

次に、本発明の第3の実施形態を説明する。第1、第2の実施形態では、システム制御部104が電力制御部101からのクロック復帰指示などに応じてクロック制御部105やリセット制御部106を制御していたが、第3の実施形態では電力制御部101がクロック制御部105やリセット制御部106を制御する。従って、第3の実施形態では図3における電力制御部101がリセット制御部106やクロック制御部105と直接接続されている。

【0053】

図9は第3の実施形態において、サブシステム1を復帰させる際のタイミングチャートである。図4との差分を説明すると、初期化動作状態で電力制御部101がクロック制御部105に直接クロック供給を指示する。また、初期化動作状態の最後で電力制御部101がリセット制御部106に直接リセット信号の解除を指示する。第2の実施形態では図4のクロック復帰指示が不要な代わりに、システム制御部104に対して復帰が完了したことを通知する必要がある。

【0054】

本実施形態によれば、電力制御部101がシステム制御部104のリセット制御・クロック制御の負荷を担うことが可能となる。

【0055】

<第4の実施形態>

第4の実施形態の概略ハードウェア構成は、第1～第3の実施形態と同様である。本実施形態では、サブシステム毎の消費電力の増分の見込み(図6参照)や温度上昇(不図示)に加えて、図10に示すような動作モード毎(パワーモード毎)の消費電力をモード情報として電力データ記憶部103や記憶部1404に保持している。図10の消費電力は、各サブシステムに電力を供給し初期化を実施する前の消費電力の初期値と、各モードでONになるサブシステムのクロック復帰時の瞬間的なダイナミック電力と、温度上昇を見込んだリーク電力との合算値であり、予め設定しておく。

## 【 0 0 5 6 】

そして、システム制御部 1 0 4 がどのパワーモードに遷移させるかを示す指示を電力制御部 1 0 1 に発行すると、電力制御部 1 0 1 は図 1 0 に示すテーブルを読み出して、システム制御部 1 0 4 から指示されたパワーモードの消費電力プロファイリング値を規定電力（1 . 0 W とする）と比較する。図 1 0 のテーブルから、パワーモード 1、2、3、5 および 7 は 1 . 0 W 満たないので、図 5 のように 1 つずつサブシステムの消費電力の増分を検討する処理を実施しなくてもよいし、複数のクロック復帰対象のクロック復帰タイミングをズラす必要もない。従って、パワーモード 1、2、3、5、7 のいずれかであれば図 5 の処理をスキップし、図 1 0 のテーブルで遷移するパワーモードで ON されるべきサブシステムについて一括してクロック復帰指示を発行する。

10

## 【 0 0 5 7 】

一方で、システム制御部 1 0 4 から遷移するように指示されたパワーモードが図 1 0 のテーブルから 1 . 0 W を超える可能性のあるパワーモード 4、6、8、9、1 0 であれば、電力制御部 1 0 1 は図 5 のフローを実行して第 1 ~ 第 3 の実施形態と同様に処理する。

## 【 0 0 5 8 】

以上、本実施形態によれば、パワーモード毎の瞬間的な消費電力の見込みの総量を参照することで、第 1 ~ 第 3 の実施形態の処理をスキップするかどうかを選択し、効率良くクロック復帰動作をすることができる。

## 【 0 0 5 9 】

< その他の実施形態 >

20

前述の実施形態では半導体集積回路 1 0 9 の内部に電力検出部や電力データ記憶部を設けているが、これらの構成は同一のシステム（または情報処理装置）に構成されていれば半導体集積回路 1 0 9 の外部に設けていてもよい。

## 【 0 0 6 0 】

その概略構成を図 8 に示す。省電力システム 1 4 0 2 は、この図では半導体集積回路 1 0 9 が実装されたプリント基板である。記憶部 1 4 0 1 は、電源制御対象部 1 0 8 の各サブシステムのクロック復帰時のダイナミック電力見込値とその時の温度上昇見込値、及び、半導体集積回路の温度 - リーク特性を含む見積もり用データ 1 4 0 4 を保持している。なお、記憶部 1 4 0 1 には、半導体集積回路 1 0 9 の起動時に使用するブートプログラム等も格納されている。

30

## 【 0 0 6 1 】

本実施形態の構成を採ることにより、半導体集積回路 1 0 9 に電力検出部 1 0 2、電力データ記憶部 1 0 3 を設ける必要がなくなるため半導体集積回路 1 0 9 のチップサイズを小さくし、半導体集積回路 1 0 9 のコストダウンを図ることができる。

## 【 0 0 6 2 】

また、上述の各実施形態で示す半導体集積回路 1 0 9 を備える情報処理装置の起動について、電源スイッチを入れ立ち上げる場合などは、初期化を開始する前に全サブモジュールに対してリセットを発行する（負論理であれば自動的に発行されている）ように構成する。ただし、クロック復帰指示前であればいつ発行してもよい。なお、正論理においてもサブモジュール側で論理を反転させれば自動的に発行されているように構成できる。

40

## 【 0 0 6 3 】

また、上述の実施形態では電力制御部 1 0 1（第 2 の電力制御手段）がサブシステム毎に電力やクロック制御部 1 0 5、リセット制御手段 1 0 6（第 2 の初期化制御手段）およびを制御し、1 つのサブシステムの有する機能モジュールにおける電源制御は一括管理されている。しかし、サブシステム毎に、電力制御部（第 1 の電力制御手段）、クロック制御部（第 1 の初期化制御手段）、リセット制御部（第 1 の初期化制御手段）を設けてもよい。その場合は階層構造的に電源制御をすることが可能になり、機能モジュール毎により細かく電力の供給の有無を制御できる。階層構造にした場合、サブシステム内の電力制御部が電力データ記憶部 1 0 3 や電力検出部 1 0 2 から見積もり用データ 1 4 0 4 を取得してもよいし、簡略化したものを予めサブシステム内の電力制御部に保持しておいてもよい

50

。電源ドメインの数が増大するにつれて、一括管理することは困難になる。階層構造的に制御することで、複数の機能モジュール（第１の機能モジュール、第２の機能モジュールなど）の数が増えても、簡単な構成によって初期化のための複数のモジュールに対するクロック供給開始タイミングを異ならせることができる。

【００６４】

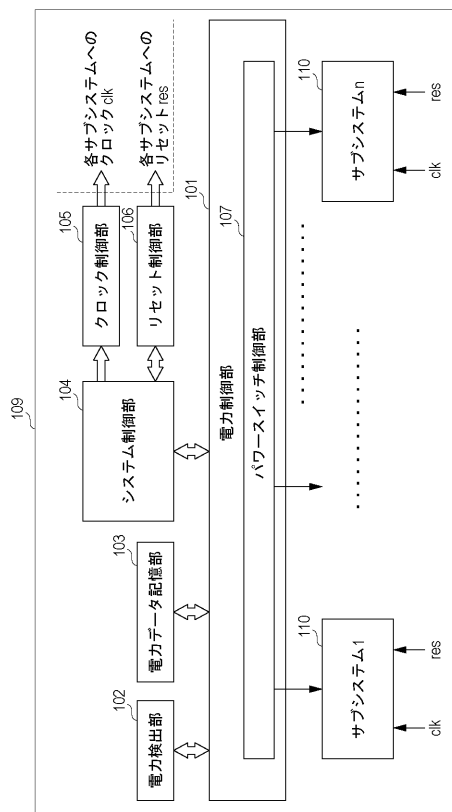
なお、上述の各実施形態では各種信号の配線遅延や、各論理ゲートの動作遅延を無視している。

【符号の説明】

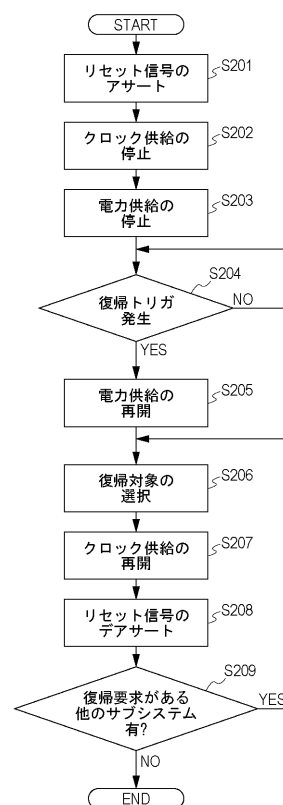
【００６５】

- |     |            |           |    |
|-----|------------|-----------|----|
| １０１ | 電力制御部      | 10        |    |
| １０２ | 電力検出部      |           |    |
| １０３ | 電力データ記憶部   |           |    |
| １０４ | システム制御部    |           |    |
| １０５ | クロック制御部    |           |    |
| １０６ | リセット制御部    |           |    |
| １０７ | パワースイッチ制御部 |           |    |
| １０８ | 被電源制御対象部   |           |    |
| １０９ | 半導体集積回路    |           |    |
| １１０ | サブシステム     |           |    |
| ３０１ | ３０３        | クロックゲートセル | 20 |

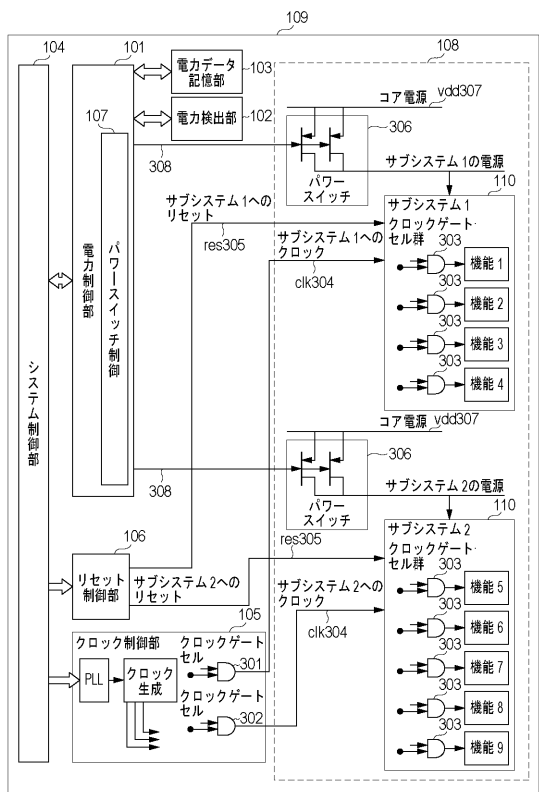
【図１】



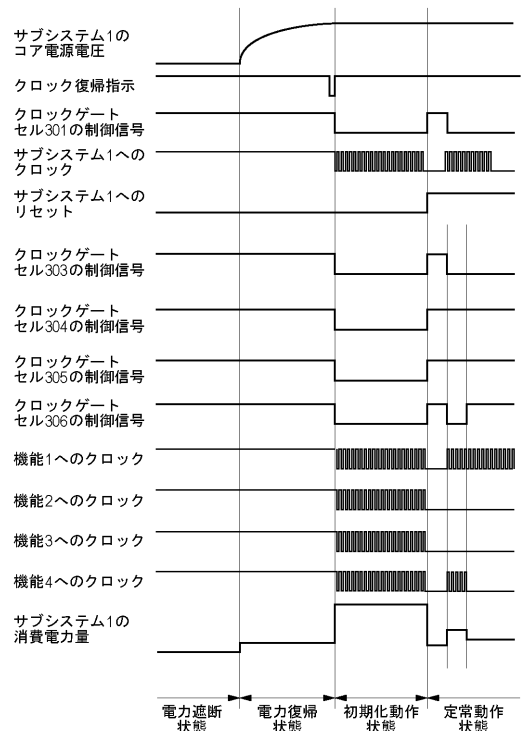
【図２】



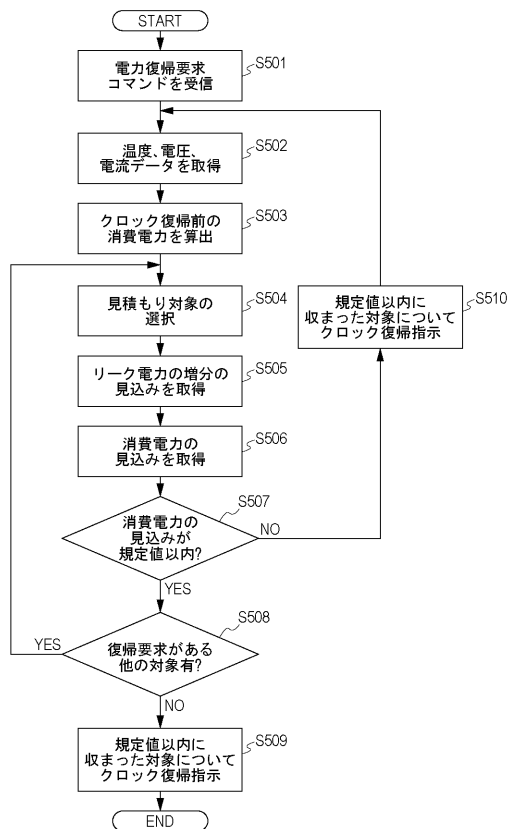
【図 3】



【図 4】



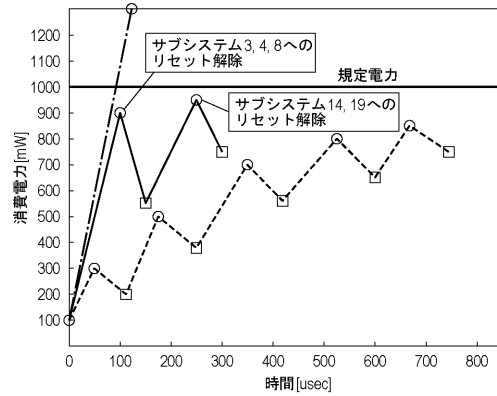
【図 5】



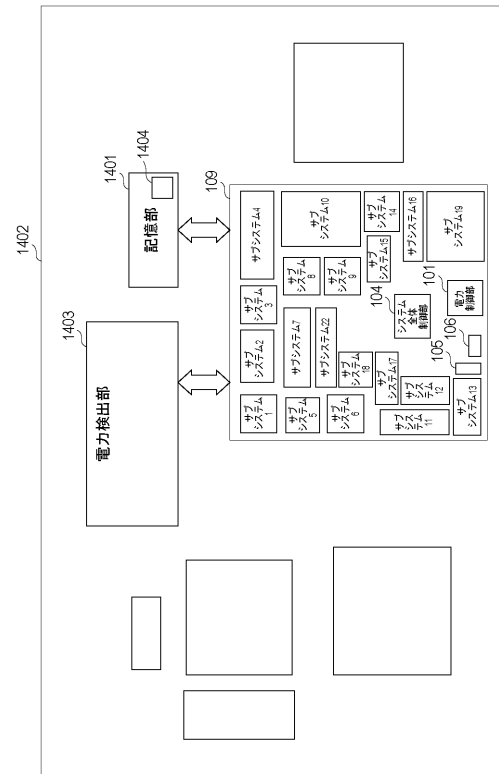
【図 6】

サブシステム	クロック供給状態時の消費電力値 [mW]
1	150
2	250
3	200
4	300
5	220
6	130
7	160
8	300
9	220
10	130
11	160
12	250
13	150
14	200
15	100
16	220
17	160
18	350
19	200

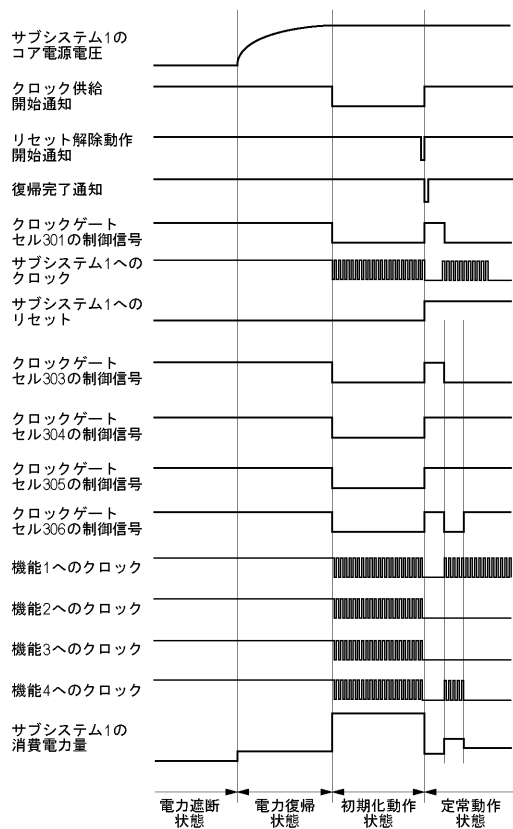
【 図 7 】



【 図 8 】



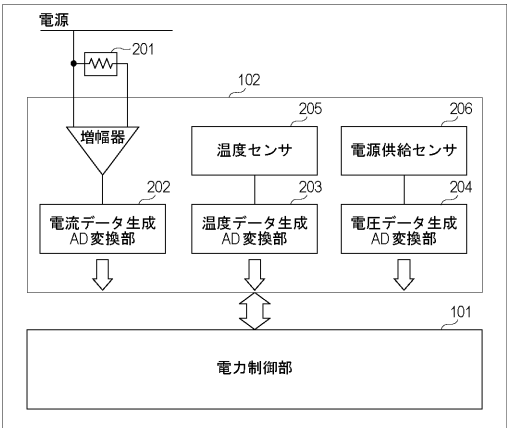
【 図 9 】



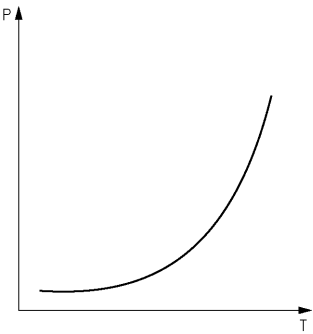
【 図 1 0 】

[illegible]

【図 1 1】



【図 1 2】





---

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
H 0 1 L 27/04 (2006.01) H 0 1 L 27/04 F

(56)参考文献 特開 2 0 0 9 - 0 5 4 0 3 1 ( J P , A )  
特開 2 0 0 6 - 3 3 1 1 0 7 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G 0 6 F 1 / 0 4  
G 0 6 F 1 / 2 4  
G 0 6 F 1 / 2 6 - 1 / 3 2  
H 0 1 L 2 1 / 8 2 2  
H 0 1 L 2 7 / 0 4