

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6926982号
(P6926982)

(45) 発行日 令和3年8月25日 (2021.8.25)

(24) 登録日 令和3年8月10日 (2021.8.10)

(51) Int. Cl.

F I

G 0 5 F 1/56 (2006.01)

G 0 5 F 1/56 3 3 0 C

請求項の数 4 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2017-222253 (P2017-222253)
 (22) 出願日 平成29年11月17日 (2017.11.17)
 (65) 公開番号 特開2018-88249 (P2018-88249A)
 (43) 公開日 平成30年6月7日 (2018.6.7)
 審査請求日 令和2年8月7日 (2020.8.7)
 (31) 優先権主張番号 特願2016-227303 (P2016-227303)
 (32) 優先日 平成28年11月22日 (2016.11.22)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000005223
 富士通株式会社
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
 1号
 (74) 代理人 100147164
 弁理士 向山 直樹
 (72) 発明者 佐藤 弘幸
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
 1号 富士通株式会社内
 (72) 発明者 中本 裕之
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
 1号 富士通株式会社内
 (72) 発明者 高 虹
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
 1号 富士通株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電源制御回路および環境発電装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第1基準ノードと第2基準ノードとの間に並列接続された電源およびキャパシタと、前記キャパシタから供給される電荷により動作する負荷回路との接続を制御する電源制御回路であって、

前記第1基準ノードと前記第2基準ノードの電位差に応じて第1制御信号を出力する第1制御回路と、

前記第1制御信号の論理を反転させた第2制御信号を出力する第2制御回路と、

前記第2制御信号に応じて、前記キャパシタと前記負荷回路との電氣的接続をオンオフする第1スイッチと、

前記第1基準ノードと前記第1制御回路との間に接続された第1抵抗と、

前記第1抵抗と前記第1制御回路との間のノードと前記第1制御信号を出力する第1出力ノードとの間に接続された第2抵抗と、

前記第1抵抗に並列接続され、前記第2制御信号に応じてオンオフする第2スイッチとを有し、

前記第1スイッチおよび前記第2スイッチは、前記第2制御信号の電圧値に基づいてオンオフする、電源制御回路。

【請求項 2】

第1基準ノードと第2基準ノードとの間に並列接続された電源およびキャパシタと、前記キャパシタから供給される電荷により動作する負荷回路との接続を制御する電源制御回

路であって、

前記第 1 基準ノードと前記第 2 基準ノードの電位差に応じて第 1 制御信号を出力する第 1 制御回路と、

前記第 1 制御信号の論理を反転させた第 2 制御信号を出力する第 2 制御回路と、

前記第 2 制御信号に応じて、前記キャパシタと前記負荷回路との電氣的接続をオンオフする第 1 スイッチと、

前記第 1 基準ノードと前記第 1 制御回路との間に接続された第 1 抵抗と、

前記第 1 抵抗と前記第 1 制御回路との間のノードと前記第 1 制御信号を出力する第 1 出力ノードとの間に接続された第 2 抵抗と、

前記第 1 抵抗に並列接続され、前記第 1 制御信号に応じてオンオフする第 2 スイッチと
を有し、

前記第 1 スイッチと前記第 2 スイッチは相反する論理でオンオフし、

前記第 1 スイッチは前記第 2 制御信号の電圧値に基づいてオンオフし、

前記第 2 スイッチは前記第 1 制御信号の電圧値に基づいてオンオフする、電源制御回路

。

【請求項 3】

第 1 基準ノードと第 2 基準ノードに接続された環境発電素子と、

前記環境発電素子に並列接続されたキャパシタと、

前記キャパシタから供給される電荷により動作する負荷回路と、

前記第 1 基準ノードと前記第 2 基準ノードの電位差に応じて第 1 制御信号を出力する第 1 制御回路と、

前記第 1 制御信号の論理を反転させた第 2 制御信号を出力する第 2 制御回路と、

前記第 2 制御信号に応じて、前記キャパシタと前記負荷回路との電氣的接続をオンオフする第 1 スイッチと、

前記第 1 基準ノードと前記第 1 制御回路との間に接続された第 1 抵抗と、

前記第 1 抵抗と前記第 1 制御回路との間のノードと前記第 1 制御信号を出力する第 1 出力ノードとの間に接続された第 2 抵抗と、

前記第 1 抵抗に並列接続され、前記第 2 制御信号に応じてオンオフする第 2 スイッチと

、

を有し、

前記第 1 スイッチおよび前記第 2 スイッチは、前記第 2 制御信号の電圧値に基づいてオンオフする、環境発電装置。

【請求項 4】

第 1 基準ノードと第 2 基準ノードに接続された環境発電素子と、

前記環境発電素子に並列接続されたキャパシタと、

前記キャパシタから供給される電荷により動作する負荷回路と、

前記第 1 基準ノードと前記第 2 基準ノードの電位差に応じて第 1 制御信号を出力する第 1 制御回路と、

前記第 1 制御信号の論理を反転させた第 2 制御信号を出力する第 2 制御回路と、

前記第 2 制御信号に応じて、前記キャパシタと前記負荷回路との電氣的接続をオンオフする第 1 スイッチと、

前記第 1 基準ノードと前記第 1 制御回路との間に接続された第 1 抵抗と、

前記第 1 抵抗と前記第 1 制御回路との間のノードと前記第 1 制御信号を出力する第 1 出力ノードとの間に接続された第 2 抵抗と、

前記第 1 抵抗に並列接続され、前記第 1 制御信号に応じてオンオフする第 2 スイッチと

、

を有し、

前記第 1 スイッチと前記第 2 スイッチは相反する論理でオンオフし、

前記第 1 スイッチは前記第 2 制御信号の電圧値に基づいてオンオフし、

前記第 2 スイッチは前記第 1 制御信号の電圧値に基づいてオンオフする、環境発電装置

。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電源制御回路および環境発電装置に関する。

【背景技術】

【0002】

無線通信機器の小型化、無線通信の大容量化に伴い、生活環境における様々な情報をセンシングするセンサデバイスを内蔵し、センシングした情報をサーバーへ送信するIoT (Internet of Things) デバイスの普及が進んでいる。

10

【0003】

IoTデバイスは通常センシングデバイスと、センシングしたデータを処理するためIC (Integrated Circuit) 等の負荷回路を実装する。負荷回路の駆動には電源供給が必要となるため、IoTデバイスには電池が実装される。IoTデバイスを長期間駆動させるには電池交換が必要となるが、IoTデバイスの設置数が多いと、電池交換に多大なコストが生じる。

【0004】

負荷回路を駆動する、電池以外の電源として、太陽光発電など、環境エネルギーを電気エネルギーに変換する環境発電素子がある。負荷回路の低消費電力化が進むと共に、環境発電素子の発電性能向上により、負荷回路の電源として電池の代わりに環境発電素子を用いたIoTデバイスが実現可能となっている。

20

【0005】

一方、環境発電素子による発電量は、環境の変化に大きく左右されるため、不安定なものとなる。IoTデバイスの信頼性向上には、負荷回路に安定した電力供給を行うための電源制御回路が必要となる。例えば特許文献1には、異なる閾値電圧に基づき動作するリセットICを2つ設け、電源電圧の上昇時と下降時でヒステリシス動作させることにより、負荷回路への電源供給を安定させる技術が開示されている。また非特許文献1には、リセットICの外部に抵抗回路を付加し、ヒステリシスを大きくする技術が開示されている。電源制御回路は、適切なヒステリシス動作を実現することにより、環境発電素子から供給される電圧値の変動に対し、負荷回路との接続・遮断が煩雑に発生することを防止する。この結果、電源制御回路は、環境発電素子から負荷回路への電源供給を安定させることが出来る。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2016-146156号公報

【特許文献2】特開平08-018010号公報

【非特許文献】

【0007】

【非特許文献1】”製品FAQ集”、FAQ:VD_0005_1.0、[2016年5月19日検索]、インターネット<URL: <http://datasheet.sii-ic.com/pub/ic/speedfaq/jpn/power/vd/FVD5.PDF>>

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかしながら、特許文献1の技術では、リセットICを2つ実装する必要があるため、回路の実装面積が大きくなる。また非特許文献1の技術では、電源電圧上昇時において外部の抵抗回路に常時電流が流れるため、消費電力が大きくなる。

【0009】

開示の技術は、実装面積が小さくかつ消費電力の小さい電源制御を実現することを目的とする。

50

【課題を解決するための手段】

【0010】

上述した課題を解決し、目的を達成するため、電源制御回路は、第1基準ノードおよび第2基準ノードに並列接続された電源およびキャパシタと、キャパシタから供給される電荷により動作する負荷回路との接続を制御する電源制御回路であって、第1基準ノードと第2基準ノードの電位差に応じて第1制御信号を出力する第1制御回路と、第1制御信号の論理を反転させた第2制御信号を出力する第2制御回路と、第2制御信号に応じてキャパシタと負荷回路との電氣的接続をオンオフする第1スイッチと、第1基準ノードと第1制御回路との間に接続された第1抵抗と、第1抵抗と第1制御回路との間のノードと第1制御信号を出力する第1出力ノードとの間に接続された第2抵抗と、第1抵抗に並列接続され、第1制御信号に応じてオンオフする第2スイッチとを有し、第1スイッチおよび第2スイッチは、第2制御信号の電圧値に基づいてオンオフする。

10

【発明の効果】

【0011】

本件の開示する電源制御回路および環境発電装置の一つの態様によれば、実装面積が小さくかつ消費電力の小さい電源制御を実現することが出来るという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】図1は、第1の実施形態における、環境発電装置の一例を示す機能ブロック図である。

20

【図2】図2は、環境発電装置のタイミングチャートである。

【図3】図3は、第2の実施形態における、環境発電装置の一例を示す回路図である。

【図4】図4は、第3の実施形態における、環境発電装置の一例を示す回路図である。

【図5】図5は、第4の実施形態における、環境発電装置の一例を示す回路図である。

【図6】図6は、環境発電装置の動作を説明するタイミングチャートである。

【図7】図7は、第5の実施形態における、環境発電装置の一例を示す回路図である。

【図8】図8は、本実施形態の環境発電装置における電源電圧値の測定結果である。

【図9】図9は、第6の実施形態における、環境発電装置の一例を示す回路図である。

【図10】図10は、図9の環境発電装置について、論理反転回路を具体化した回路図である。

30

【図11】図11は、負荷回路の動作時における電圧変化を示すタイミングチャートである。

【図12】図12は、第7の実施形態における、環境発電装置の一例を示す回路図である。

【図13】図13は、図12の環境発電装置について、論理反転回路を具体化した回路図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、本発明の実施形態について具体的に説明する。

【0014】

40

(第1の実施形態)

図1は、第1の実施形態における、環境発電装置の一例を示す機能ブロック図である。図1において環境発電装置1は、環境発電素子2、キャパシタ3、電源制御回路4、負荷回路5を有する。端子VDDおよび端子VSSは、環境発電素子2と他の回路とを電氣的に接続する共有端子である。

【0015】

環境発電素子2は、素子の外部から受ける環境エネルギーを電気エネルギーに変換し発電する素子である。環境発電素子2に例えば、太陽光発電素子を用いた場合は電流源として機能する。他の環境発電素子には例えば、ピエゾ素子、圧電素子などがある。キャパシタ3は、環境発電素子2に並列に接続されている。環境発電素子2からキャパシタ3へ発

50

電供給される電荷は外部環境に左右されるため、供給電力は時間経過に対し不安定である。キャパシタ 3 は、環境発電素子 2 から供給された電荷を蓄積し、回路に供給される電力を安定させるための二次電池として機能する。キャパシタ 3 に蓄積された電荷は、電圧として監視することが出来る。

【 0 0 1 6 】

電源制御回路 4 は、キャパシタ 3 に蓄積された電荷に対応する電圧の監視結果に応じて、負荷回路 5 への電力供給を制御する。

【 0 0 1 7 】

負荷回路 5 は、環境発電素子 2 により駆動される IC である。負荷回路 5 は例えば無線 IC やセンサデバイスである。負荷回路 5 は環境発電素子 2 から発電供給される電力で動作可能な、低消費電力のデバイスである。

10

【 0 0 1 8 】

図 2 は、環境発電装置のタイミングチャートである。図 2 において波形 1 1 および波形 1 2 は、環境発電装置 1 について、キャパシタ 3 が接続された電源端子における、電源電圧値の時間変化を示す。波形 1 3 および波形 1 4 は、負荷回路 5 での消費電流を示す。波形 1 3 および波形 1 4 において、長方形の横の長さは、負荷回路 5 による電流消費時間を示し、長方形の縦の長さは、負荷回路 5 による消費電流の大きさを示す。例えば波形 1 3 は、負荷回路 5 における電源投入後のセットアップ処理における消費電流を示している。また波形 1 4 は、セットアップ完了後のセンシング処理、データ送信処理など、断続的に発生するイベント処理による消費電流を示している。負荷回路 5 における電力消費が発生すると、キャパシタ 3 に蓄積された電荷が負荷回路 5 に流出する。電源電圧値はキャパシタ 3 の電荷の流出量に応じて低下する。

20

【 0 0 1 9 】

閾値 V_H および閾値 V_L は、電源制御回路 4 に設定された閾値である。電源制御回路 4 は、キャパシタ 3 の電源端子を監視し、電源電圧値が閾値 V_H 以上になると、キャパシタ 3 と負荷回路 5 を電氣的に接続する。また電源制御回路 4 は、負荷回路 5 の駆動開始後、キャパシタ 3 の電源端子の電圧値が閾値 V_L 以下になると、キャパシタ 3 と負荷回路 5 を電氣的に遮断する。

【 0 0 2 0 】

環境発電素子 2 が発電を開始すると、波形 1 1 に示す通りキャパシタ 3 の電源電圧値は上昇を開始する。時刻 t_1 において電源電圧値が閾値 V_H 以上になると、波形 1 3 の通り負荷回路 5 のセットアップ処理による電力消費が発生する。キャパシタ 3 から負荷回路 5 への電荷供給により、波形 1 1 は時刻 t_1 から下降するが、キャパシタ 3 には環境発電素子 2 が発電した電荷が供給される。その後波形 1 1 は、波形 1 4 の通り負荷回路 5 の断続的な動作による下降と、環境発電素子 2 の電荷供給による上昇を繰り返す。

30

【 0 0 2 1 】

外部環境の変化により環境発電素子 2 の発電が停止するとキャパシタ 3 への電荷の供給が止まるため、キャパシタ 3 の電源電圧値は、波形 1 2 の通り負荷回路 5 の動作に伴い下降する。波形 1 2 に示す電源電圧値が時刻 t_2 において閾値 V_L 以下になると、電源制御回路 4 はキャパシタ 3 から負荷回路 5 への電荷供給を止めるため、負荷回路 5 は動作を停止する。時刻 t_2 以降において外部環境が変化し、環境発電素子 2 が発電を再開することにより、環境発電装置 1 は上記動作を繰り返す。

40

【 0 0 2 2 】

環境発電装置 1 を安定動作させるには、環境発電によりキャパシタ 3 に蓄積される電荷量と、負荷回路 5 による消費電力とのバランスが重要となる。負荷回路 5 における電力消費時間と電荷量等の消費条件が予めわかっているならば、消費条件に合わせて閾値 V_H および V_L 、環境発電素子 2 の発電量やキャパシタ 3 の容量を最適化することが出来る。

【 0 0 2 3 】

以上の通り電源制御回路 4 は、外部環境の変化に伴う環境発電素子 2 の発電量の変化に関わらず、負荷回路 5 に対し安定した電力を供給するよう制御することが出来る。

50

【 0 0 2 4 】

(第 2 の実施形態)

図 3 は、第 2 の実施形態における、環境発電装置の一例を示す回路図である。図 3 において環境発電装置 1 d は、太陽光発電素子 2 a、キャパシタ 3 a、電源制御回路 4 d、および負荷回路 5 a を有する。

【 0 0 2 5 】

太陽光発電素子 2 a は環境発電素子の一つであり、太陽光エネルギーを電気エネルギーに変換する。キャパシタ 3 a は、太陽光発電素子 2 a から供給された電荷を蓄積し、負荷回路に供給する電荷を安定させるための蓄電素子として機能する。

【 0 0 2 6 】

電源制御回路 4 d は、キャパシタ 3 a に蓄積された電荷に対応する電圧の監視結果に応じて、回路への電力供給を制御する。電源制御回路 4 d は、監視結果に応じてスイッチ 6 a のオンオフを制御する。

【 0 0 2 7 】

負荷回路 5 a は、太陽光発電素子 2 a により電力供給される回路である。負荷回路 5 a は例えば無線 IC やセンサデバイスである。負荷回路 5 a は太陽光発電素子 2 a から発電供給される電力で動作可能な、低消費電力のデバイスである。

【 0 0 2 8 】

電源制御回路 4 d は、スイッチ 2 0、抵抗 R 1、抵抗 R 2、電圧検出回路 2 5、およびスイッチ 6 a を有する。

【 0 0 2 9 】

スイッチ 2 0 は、スイッチ 6 a に入力される制御信号の論理レベルに応じて、端子 V D D と電圧検出回路 2 5 の電源入力である端子 V t h とを接続または遮断するためのスイッチ素子である。図 3 においてスイッチ 2 0 は N M O S トランジスタであり、論理レベルが H i g h の制御信号がゲート端子に入力されると、ソース・ドレイン間が導通状態となる。抵抗 R 1 および R 2 はそれぞれ、抵抗値 R 1 および R 2 を有する抵抗素子である。端子 V t h の電圧値は、抵抗値 R 1 および R 2 に応じて決まる。

【 0 0 3 0 】

電圧検出回路 2 5 は、端子 V t h と端子 V S S との間に接続されている。電圧検出回路 2 5 は、端子 V t h の電圧値に応じて、出力する制御信号の論理レベルを決定する制御回路である。電圧検出回路 2 5 は、抵抗 2 7、抵抗 2 8、比較器 2 6、電圧源 2 9、スイッチ 3 0 を有する。抵抗 2 7 および抵抗 2 8 は、端子 V t h と端子 V S S との間に直列接続されている。抵抗 2 7 および抵抗 2 8 を直列接続した際の全抵抗値を R とする。比較器 2 6 は、抵抗 2 7 と抵抗 2 8 による分圧値および電圧源 2 9 の電圧値との比較結果に応じて、出力信号の論理レベルを決定する。電圧源 2 9 は、比較器 2 6 へ入力される信号の論理レベルを判定するための基準電位を生成する。スイッチ 3 0 は N M O S トランジスタであり、論理レベルが H i g h の出力信号が比較器 2 6 からゲート端子に入力されると、ソース・ドレイン間がオン状態となる。スイッチ 3 0 がオンすると、電圧検出回路 2 5 から出力される制御信号の論理レベルは L o w となる。

【 0 0 3 1 】

スイッチ 6 a は、太陽光発電素子 2 a と負荷回路 5 a との電気接続関係を接続または遮断するためのスイッチ素子である。スイッチ 6 a は、電圧検出回路 2 5 から出力される制御信号の論理レベルに応じて、接続または遮断を切り替える。例えば図 3 においてスイッチ 6 a は N M O S トランジスタであり、論理レベルが H i g h の制御信号がゲート端子に入力されると、ソース・ドレイン間が導通状態となる。

【 0 0 3 2 】

スイッチ 6 a がオフ状態で端子 V D D の電圧値が上昇中の場合、スイッチ 3 0 がオンとなるため、端子 V D D から端子 V S S への電流経路は、抵抗 R 1、R 2 を流れる経路と、抵抗 R 1、抵抗 2 7、2 8 を流れる経路となる。抵抗値 R が抵抗値 R 1、R 2 よりも十分大きい場合、端子 V D D から端子 V S S へ流れる電流量は抵抗 R 1 と抵抗 R 2 を流れる経

10

20

30

40

50

路が支配的となる。よって閾値電圧 V_H は抵抗 R_1 と抵抗 R_2 の間の電圧値 V_{th} を用いて、 $V_H = V_{th} \times \{ R_1 \times (R_2 + R) + R_2 \times R \} / \{ R_2 \times R \} + V_{th} \times (R_1 + R_2) / R_2$ となる。

【0033】

スイッチ 6a がオンした後、端子 V_{DD} の電圧値が下降中の場合、スイッチ 30 はオフとなるため、端子 V_{DD} から端子 V_{SS} への電流経路は、抵抗 R_1 、抵抗 27、28 を流れる経路となる。抵抗値 R が抵抗値 R_1 よりも十分大きい場合、閾値電圧 V_L は電圧値 V_{th} を用いて、 $V_L = V_{th} \times (R + R_1) / R + V_{th}$ となる。

【0034】

端子 V_{DD} の電圧上昇時において、抵抗値 R_1 、 R_2 は抵抗値 R に比べて十分に小さいため、電圧上昇時における消費電力が大きくなる。電圧上昇における消費電力を小さくするために抵抗値 R_1 および R_2 を大きくすると、閾値 V_H 、 V_L において抵抗値 R_1 、 R_2 の影響を無視できなくなり、端子 V_{DD} の電圧変動に伴う回路動作を安定させるための十分なヒステリシス動作が保証できなくなる。また比較器 26 に供給される電流量は抵抗 R_1 の影響を受けるため、抵抗値 R_1 を大きくすると比較器 26 のスイッチング速度が遅くなり、電圧検出回路 25 の電圧検出動作が不安定になる。

【0035】

そこで、図 3 における環境発電装置 1d は、抵抗 R_1 および R_2 の抵抗値が大きい場合でも電圧検出回路 25 の動作を安定させるため、スイッチ 20 を有する。以下、電源電圧 V_{DD} 下降時の環境発電装置 1d の動作について説明する。

【0036】

電源電圧 V_{DD} が上昇し閾値 V_H 以上になると、電圧検出回路 25 におけるスイッチ 30 がオフとなる。スイッチ 30 がオフになるとスイッチ 6a のゲート入力電圧は $High$ となるので、スイッチ 20 に入力されるゲート入力電圧も $High$ となる。スイッチ 20 はスイッチ 6a と同じ論理でオンオフするため、スイッチ 20 に入力される電圧レベルが $High$ になると、スイッチ 20 はオン状態となる。

【0037】

スイッチ 20 がオン状態になると、端子 V_{DD} から端子 V_{th} までの抵抗値は、スイッチ 20 のオン抵抗と抵抗 R_1 との並列接続による抵抗値となる。スイッチ 20 のオン抵抗値は抵抗 R_1 に比べて十分小さいため、端子 V_{DD} から端子 V_{th} までの抵抗値は、スイッチ 20 のオン抵抗値が支配的となる。よって電源電圧下降時にスイッチ 20 がオンすることにより、閾値電圧 V_L に対する抵抗 R_1 の影響は小さくなるため、十分なヒステリシス動作を実現できると共に、電圧検出回路 25 の動作を安定させることが出来る。

【0038】

(第3の実施形態)

図 4 は、第 3 の実施形態における、環境発電装置の一例を示す回路図である。図 4 において環境発電装置 1a は、太陽光発電素子 2a、キャパシタ 3a、電源制御回路 4a、および負荷回路 5a を有する。ここで、他の環境発電装置と同一の構成要素には同一の参照符号を付与し、その説明を省略する。

【0039】

電源制御回路 4a は論理反転回路 21、スイッチ 22、抵抗 R_1 、抵抗 R_2 、電圧検出回路 25、およびスイッチ 6a を有する。

【0040】

図 3 の通り抵抗 R_1 に並列接続するスイッチ 20 を NMOS トランジスタで構成すると、ゲート入力電圧の論理レベルが $High$ の場合、ゲート・ソース間の電位差が小さいと、スイッチ 20 のオン抵抗値が大きくなる可能性がある。

【0041】

そこで、抵抗 R_1 および R_2 の抵抗値が大きい場合でも、電圧検出回路 25 の動作をさらに安定させるため、図 4 における環境発電装置 1a は、論理反転回路 21 およびスイッチ 22 を有する。論理反転回路 21 は、入力された信号の論理レベルを反転させて出力す

10

20

30

40

50

る制御回路である。以下、電源電圧 V_{DD} 下降時の環境発電装置 1 a の動作について説明する。

【 0 0 4 2 】

キャパシタ 3 a の電圧値が上昇し閾値 V_H 以上になると、電圧検出回路 2 5 におけるスイッチ 3 0 がオフとなる。スイッチ 3 0 がオフになるとスイッチ 6 a のゲート入力電圧は H_{igh} となるので、論理反転回路 2 1 の入力電圧も H_{igh} となる。論理反転回路 2 1 は入力信号の論理を反転させて出力するので、入力電圧が H_{igh} の場合、スイッチ 2 2 に出力される電圧レベルは L_{ow} となる。スイッチ 2 2 はスイッチ 6 a と逆の論理でオンオフするため、スイッチ 2 2 に入力される電圧レベルが L_{ow} になると、スイッチ 2 2 はオン状態となる。

10

【 0 0 4 3 】

スイッチ 2 2 がオン状態になると、端子 V_{DD} から端子 V_{th} までの抵抗値は、スイッチ 2 2 のオン抵抗と抵抗 R_1 との並列接続による抵抗値となる。スイッチ 2 2 のオン抵抗は抵抗 R_1 に比べて十分小さいため、端子 V_{DD} から端子 V_{th} までの抵抗値は、スイッチ 2 2 のオン抵抗値が支配的となる。よって電源電圧下降時にスイッチ 2 2 がオンすることにより、閾値電圧 V_L が抵抗 R_1 の影響を受けることが無くなるため、十分なヒステリシス動作を実現できると共に、電圧検出回路 2 5 の動作を安定させることが出来る。またスイッチ 2 2 を $PMOS$ トランジスタで構成することにより、オン時のオン抵抗値を抵抗 R_1 に対し十分小さくすることが出来る。

【 0 0 4 4 】

20

(第 4 の実施形態)

図 5 は、第 4 の実施形態における、環境発電装置の一例を示す回路図である。図 4 において環境発電装置 1 b は、太陽光発電素子 2 a、キャパシタ 3 a、電源制御回路 4 b、および負荷回路 5 a を有する。図 5 の環境発電装置 1 b は、図 4 の環境発電装置 1 a に対し、論理反転回路 2 1 の具体例である論理反転回路 2 1 a を有する。電流 I_1 は、抵抗 R_1 、 R_2 、およびスイッチ 3 0 を通って、端子 V_{DD} から端子 V_{SS} まで流れる電流である。電流 I_2 は、抵抗 R_3 およびスイッチ 3 2 を通って、端子 V_{DD} から端子 V_{SS} まで流れる電流である。電流 I_3 は、抵抗 R_1 とスイッチ 2 2 の並列回路および抵抗 2 7、抵抗 2 8 を通って、端子 V_{DD} から端子 V_{SS} まで流れる電流である。

【 0 0 4 5 】

30

電源制御回路 4 b は、論理反転回路 2 1 a、スイッチ 2 2、抵抗 R_1 、抵抗 R_2 、電圧検出回路 2 5、およびスイッチ 6 a を有する。論理反転回路 2 1 a は、抵抗 R_3 、スイッチ 3 2 を有する。

【 0 0 4 6 】

抵抗 R_3 は抵抗値 R_3 を有する抵抗素子である。抵抗 R_3 の抵抗値は、抵抗 R_2 の数倍程度の値としてもよい。抵抗 R_3 の抵抗値を大きくすることにより、スイッチ 3 2 がオン状態にある場合の、端子 V_{DD} から端子 V_{SS} に流れる電流量を制限することが出来る。

【 0 0 4 7 】

スイッチ 3 2 は入力信号の論理レベルが H_{igh} の場合にオン状態となる。スイッチ 3 2 は例えば $NMOS$ トランジスタである。論理反転回路 2 1 a の入力信号の論理レベルが H_{igh} になると、スイッチ 3 2 がオン状態となり、接点 P の電圧値が下がる。接点 P は論理反転回路 2 1 a の出力ノードである。論理反転回路 2 1 a の出力信号の電圧値は接点 P の電圧値に等しいので、接点 P の電圧値が下がれば、論理反転回路 2 1 a の出力信号の論理レベルは L_{ow} となる。よって論理反転回路 2 1 a の入力信号の論理レベルが H_{igh} の場合、論理反転回路 2 1 a の出力信号の論理レベルは L_{ow} となる。

40

【 0 0 4 8 】

論理反転回路 2 1 a において、スイッチ 3 2 がオン状態の場合、端子 V_{DD} から端子 V_{SS} に流れる電流量は抵抗 R_3 の抵抗値に依存する。スイッチ 3 2 がオン状態での環境発電装置 1 b の消費電力を抑えるには、抵抗 R_3 の抵抗値を十分大きくする必要がある。例えばスイッチ 3 2 がオフ状態でのオフ抵抗値が数ギガ Ω である場合、抵抗 R_3 の抵抗値を

50

100MΩ程度に設定すれば、スイッチ22をオフ状態にするための論理レベルがHighになる様、接点Pの電圧値を設定することが出来る。また、抵抗R3の抵抗値を大きくすると、スイッチ22に供給される電流量が小さくなるため、スイッチ22のスイッチング時間が長くなる。スイッチング時間の許容値は、負荷回路5aの起動開始時間に依存する。スイッチ22のゲート容量値をC1とすると、スイッチ22のスイッチングにおける時定数Tは、 $T = 1 / (2\pi \times R3 \times C1)$ となる。以上の通り、スイッチ22のオンオフ動作を考慮することにより、スイッチ32がオン状態での消費電力を考慮しつつ、抵抗R3の抵抗値を最適化することが出来る。

【0049】

図6は、環境発電装置の動作を説明するタイミングチャートである。図6(a)は、環境発電装置1bにおいて、端子VSSを基準とする、端子VDDの電圧変化を示す。図6(b)は、環境発電装置1bにおいて、端子VSSを基準とする、接点Oの電圧変化を示す。図6(c)は、環境発電装置1bにおいて、環境発電装置1bの消費電力の変化、すなわち、電流I1、I2、およびI3の電流変化を示す。

【0050】

時刻0から時刻t1aまで太陽光発電素子2aが発電を行うことでキャパシタ3aの電荷が蓄積され、図6(a)の通り端子VDDの電圧値が上昇する。時刻t1aにおいて、端子VDDの電圧値が閾値VH以上になると、図6(b)の通り接点Oの論理レベルがLowからHighに変化する。時刻0から時刻t1aまではスイッチ30がオン状態なので、環境発電装置1bには電流I1およびI3が流れる。電流I1は端子VDDの電圧値の上昇と共に増加する。一方、電流I3の電流経路にある抵抗27および抵抗28の抵抗値Rは、抵抗R1および抵抗R2の抵抗値に比べて十分に大きいので、電流I3の電流値は電流I1に比べて非常に小さい。よって電流I1に対する電流I3は、図6(c)の通りほぼ一定となる。

【0051】

時刻t1aにおいて接点Oの論理レベルがHighになると、スイッチ6aがオン状態となり、キャパシタ3aから負荷回路5aに対し電荷供給が開始される。負荷回路5aへの電荷供給時において、スイッチ30はオフ状態、スイッチ32はオン状態となる。よって図6(c)の通り、時刻t1a以降は電流I2の電流量が支配的となる。キャパシタ3aの放電により、端子VDDの電圧値は図6(a)の通り徐々に低下し、図6(c)の通り電流I2も徐々に減少する。

【0052】

時刻t2aにおいて、図6(a)の通り端子VDDの電圧値が閾値VL以下になると、スイッチ30がオン状態となり、図6(b)の通り接点Oの電圧値の論理レベルがHighからLowに切り替わる。接点Oの電圧値の論理レベルがLowになることにより、スイッチ32はオフ状態となるので、図6(c)の通り電流I2の経路が遮断され、電流I1が支配的となる。スイッチ6aがオフ状態となり、負荷回路5aへの電荷供給が止まっても、電流I1は流れ続けるため、端子VDDの電圧値は図6(a)の通り徐々に低下し、電流I1の電流値も図6(c)の通り徐々に減少する。環境の変化により太陽光発電素子2aが発電を開始すれば、端子VDDの電圧は再び上昇し、環境発電装置1bは以上の動作を繰り返す。

【0053】

以上の通り環境発電装置1bは、閾値VHと閾値VLとの間に十分な差分を設けることにより、端子VDDの電源電圧変化に対し、安定したヒステリシス動作を実現することが出来る。

【0054】

(第5の実施形態)

図7は、第5の実施形態における、環境発電装置の一例を示す回路図である。図7において環境発電装置1cは、太陽光発電素子2a、キャパシタ3a、電源制御回路4c、および負荷回路5aを有する。図7の環境発電装置1cは、図3の環境発電装置1aに対し

10

20

30

40

50

、論理反転回路 2 1 の他の具体例である論理反転回路 2 1 b を有する。

【 0 0 5 5 】

電源制御回路 4 c は、論理反転回路 2 1 b、スイッチ 2 2、抵抗 R 1、抵抗 R 2、電圧検出回路 2 5、およびスイッチ 6 a を有する。論理反転回路 2 1 b は、スイッチ 4 1 およびスイッチ 4 2 を有する。

【 0 0 5 6 】

スイッチ 4 1 およびスイッチ 4 2 は、接点 O の電位の論理レベルに応じてオンまたはオフの状態となる。接点 O は電圧検出回路 2 5 の出力ノードである。スイッチ 4 1 とスイッチ 4 2 は互いに相反する論理レベルでオン状態となる。例えば本実施形態において、スイッチ 4 1 は P M O S トランジスタで構成され、スイッチ 4 2 は N M O S トランジスタで構成されている。

10

【 0 0 5 7 】

接点 O の電位の論理レベルが L o w の場合、スイッチ 4 1 はオン状態となり、スイッチ 4 2 はオフ状態となる。この場合、論理反転回路 2 1 b の出力である接点 P の電位の論理レベルは H i g h となり、スイッチ 2 2 はオフ状態となる。

【 0 0 5 8 】

接点 O の電位の論理レベルが H i g h の場合、スイッチ 4 1 はオフ状態となり、スイッチ 4 2 はオン状態となる。この場合、論理反転回路 2 1 b の出力である接点 P の電位の論理レベルは L o w となり、スイッチ 2 2 はオン状態となる。

【 0 0 5 9 】

20

環境発電装置 1 c における論理反転回路 2 1 b において、論理反転回路 2 1 b の出力である接点 P の電位の論理レベルが L o w の場合、論理反転回路 2 1 b を通って端子 V D D から端子 V S S に流れる電流値はスイッチ 4 1 のオフ抵抗値によって決まる。また論理反転回路 2 1 b は、出力の論理レベルが H i g h または L o w のいずれの場合であっても、スイッチ 4 1 またはスイッチ 4 2 のいずれか一方がオフ状態となる。M O S トランジスタのオフ抵抗値は数ギガΩなので、論理反転回路 2 1 a に比べ、論理反転回路 2 1 b を通って端子 V D D から端子 V S S に流れる電流量を非常に小さくすることが出来る。

【 0 0 6 0 】

図 8 は、本実施形態の環境発電装置における電源電圧値の測定結果である。ウィンドウ 5 0 は測定した電源電圧値の時間変化を表示するアプリケーションのウィンドウである。閾値 5 1 は本実施形態における閾値 V H の一例である。閾値 5 3 は本実施形態における閾値 V L の一例である。本実施形態において、閾値 5 1 の値は 3 . 1 V、閾値 5 3 の値は 1 . 9 V で設計されている。また、閾値 5 2 は、電源制御装置において、負荷回路 5 a への電力供給開始後に、端子 V t h に対し抵抗 R 1 をバイパスして端子 V D D に接続可能なスイッチを設けない場合の閾値 V L である。本実施形態において、閾値 5 2 の値は 2 . 4 V となっている。本実施形態では図 8 の通り、端子 V t h に対し抵抗 R 1 をバイパスして端子 V D D に接続可能なスイッチを設けることにより、閾値 V L を 2 . 4 V から 1 . 9 V まで下げることが出来ることを確認した。

30

【 0 0 6 1 】

波形 5 4 は、本実施形態の環境発電装置における端子 V D D の電圧値の時間変化を示すものである。負荷回路への電力供給開始後、時刻 t 3 において、負荷回路の初期起動が開始される等の理由により、端子 V D D の電圧値が低下し始める。その後、無線送信の電力消費により端子 V D D の電圧値が低下し、時刻 t 4 において閾値 5 3 以下となる。端子 V D D の電圧値が閾値 V L 以下になると負荷回路への電力供給が止まるため、端子 V D D の電圧値の低下も止まっていることが波形 5 4 により確認できる。

40

【 0 0 6 2 】

(第 6 の実施形態)

図 9 は、第 6 の実施形態における、環境発電装置の一例を示す回路図である。図 9 において環境発電装置 1 d は、太陽光発電素子 2 a、キャパシタ 3 a、電源制御回路 4 d、および負荷回路 5 a を有する。ここで、他の環境発電装置と同一の構成要素には同一の参照

50

符号を付与し、その説明を省略する。

【0063】

電源制御回路4dは論理反転回路21、スイッチ22a、抵抗R1、抵抗R2、電圧検出回路25、およびスイッチ6bを有する。

【0064】

図4の環境発電装置1aにおいてスイッチ6aが負荷回路5aと端子VSSとの間に接続されていたのに対し、図9の環境発電装置1dではスイッチ6bが端子VDDと負荷回路5aとの間に接続されている。また環境発電装置1aにおいてスイッチ6aをオンオフする制御信号が電圧検出回路25の出力であるのに対し、環境発電装置1dにおけるスイッチ6bをオンオフする制御信号は、論理反転回路21の出力となっている。

10

【0065】

キャパシタ3aの電圧値が上昇し閾値VH以上になると、電圧検出回路25の出力電圧はHighとなり、論理反転回路21の入力電圧もHighとなる。論理反転回路21は入力信号の論理を反転させて出力するので、入力電圧がHighの場合、スイッチ22aのオンオフを制御する制御信号の電圧レベルはLowとなる。本実施形態において、スイッチ22aはスイッチ6bと同じ論理でオンオフするため、スイッチ22aに入力される電圧レベルがLowになると、スイッチ22aがオン状態となると共に、スイッチ6bもオン状態となる。本実施例において、スイッチ22aおよびスイッチ6bは例えばPMOSトランジスタである。

【0066】

20

論理反転回路21の出力電圧は、スイッチ22aおよびスイッチ6bにそれぞれ独立して入力されており、スイッチ22aがオン状態になると、スイッチ22aと同時にスイッチ6bがオン状態となるようにする。スイッチ22aとスイッチ6bを同時に制御することにより、電圧検出回路25は、負荷回路5aの動作による電圧ドロップの影響を受けなくなる。したがって、電源制御回路4dは、負荷回路5aの動作時における動作を安定させることが出来る。

【0067】

図10は、図9の環境発電装置1dについて、論理反転回路21を具体化した回路図である。図10において環境発電装置1eは、太陽光発電素子2a、キャパシタ3a、抵抗R3、スイッチ32、スイッチ22a、抵抗R1、抵抗R2、電圧検出回路25、スイッチ6b、および負荷回路5aを有する。ここで、他の環境発電装置と同一の構成要素には同一の参照符号を付与し、その説明を省略する。環境発電装置1eにおいて、論理反転回路21は、抵抗R3およびスイッチ32を有する。

30

【0068】

本実施形態における環境発電装置1eと、図5の実施形態における環境発電装置1bとの動作を比較する。図5において、スイッチ6aがオンした後、スイッチ32がオンし、その後スイッチ22がオンすることで電圧検出回路25の供給電圧である端子Vthの電圧値が安定する。したがって、スイッチ6aがオンするタイミングとスイッチ22がオンするタイミングとの時間差が大きくなると、電圧検出回路25が負荷回路5aの動作時における電圧ドロップの影響を受け、動作が不安定になる可能性がある。そこで、スイッチ32のスイッチング時間を短くするため、抵抗R3の抵抗値を小さくすると、電流I2が大きくなり、電源制御回路4bの消費電力が増大する。

40

【0069】

そこで、図10の環境発電装置1eに示す通り、スイッチ6bとスイッチ22aが同時にオンするように構成することにより、負荷回路5aの動作時における電圧ドロップの影響を考慮する必要がなくなる。したがって抵抗R3の抵抗値を大きくすることが出来るため、消費電力をより低減することが出来る。

【0070】

図11は、負荷回路5aの動作時における電圧変化を示すタイミングチャートである。図11における時刻t1aと、図6におけるt1aはいずれも負荷回路5aの動作開始時

50

のタイミングを示している。

【 0 0 7 1 】

図 1 1 (a) は電源電圧端子 V D D の電圧値の変化を示す。図 1 1 (b) は図 1 0 の環境発電装置 1 e における端子 V t h a の電圧値の変化を示す。図 1 1 (c) は図 5 の環境発電装置 1 b における端子 V t h の電圧値の変化を示す。

【 0 0 7 2 】

時刻 t 1 a において負荷回路 5 a の動作が開始すると、図 1 1 (a) に示す通り端子 V D D の電圧値が下がり始める。図 1 0 の環境発電装置 1 e において、スイッチ 6 b とスイッチ 2 2 a は同時にオンするため、図 1 1 (b) に示す通り、端子 V t h a の電圧値は時刻 t 1 a において変化する。一方、図 5 の環境発電装置 1 b において、スイッチ 2 2 はス

10

【 0 0 7 3 】

したがって、環境発電装置 1 b において必要であった、時刻 t 1 a と時刻 t 1 b との時間差によるタイミングマージン設計を環境発電装置 1 e では不要とすることが出来る。この結果、抵抗 R 3 の抵抗値を大きく設定することが出来るため、負荷回路 5 a の動作時における低電力化が可能となる。

【 0 0 7 4 】

(第 7 の実施形態)

20

図 1 2 は、第 7 の実施形態における、環境発電装置の一例を示す回路図である。図 1 2 において環境発電装置 1 f は、太陽光発電素子 2 a、キャパシタ 3 a、電源制御回路 4 f、および負荷回路 5 a を有する。ここで、他の環境発電装置と同一の構成要素には同一の参照符号を付与し、その説明を省略する。

【 0 0 7 5 】

電源制御回路 4 f は論理反転回路 2 1、スイッチ 2 2 b、抵抗 R 1、抵抗 R 2、電圧検出回路 2 5、およびスイッチ 6 b を有する。

【 0 0 7 6 】

スイッチ 2 2 b は、スイッチ 6 b と逆の論理でオンオフする。スイッチ 2 2 b は、例えば N M O S トランジスタにより実装される。スイッチ 2 2 b は、スイッチ 6 b と逆の論理でオンオフするため、スイッチ 2 2 b の制御信号が論理反転回路 2 1 への入力なのに対し、スイッチ 6 b の制御信号は、論理反転回路 2 1 の出力となっている。

30

【 0 0 7 7 】

本実施形態において、スイッチ 2 2 b はスイッチ 6 b と逆の論理でオンオフする。論理反転回路 2 1 の出力電圧は、スイッチ 6 b に入力されている。スイッチ 2 2 b がオン状態になった後、論理反転回路 2 1 の出力電圧レベルが L o w となり、スイッチ 6 b がオン状態となる。スイッチ 2 2 b がスイッチ 6 b よりも早くオンすることにより、電圧検出回路 2 5 は、負荷回路 5 a の動作による電圧ドロップの影響を受けなくなる。したがって、電源制御回路 4 f は、負荷回路 5 a の動作時における動作を安定させることが出来る。

【 0 0 7 8 】

40

図 1 3 は、図 1 2 の環境発電装置 1 f について、論理反転回路 2 1 を具体化した回路図である。図 1 3 において環境発電装置 1 g は、太陽光発電素子 2 a、キャパシタ 3 a、抵抗 R 3、スイッチ 3 2、スイッチ 2 2 b、抵抗 R 1、抵抗 R 2、電圧検出回路 2 5、スイッチ 6 b、および負荷回路 5 a を有する。ここで、他の環境発電装置と同一の構成要素には同一の参照符号を付与し、その説明を省略する。環境発電装置 1 g において、論理反転回路 2 1 は、抵抗 R 3 およびスイッチ 3 2 を有する。

【 0 0 7 9 】

環境発電装置 1 g において、スイッチ 3 2 は例えば N M O S トランジスタである。スイッチ 2 2 b に電圧レベルが H i g h の信号が入力されると、スイッチ 2 2 b がオン状態となる。同時にスイッチ 3 2 もオン状態となり、スイッチ 3 2 のスイッチング時間経過後、

50

スイッチ 6 b に入力される電圧レベルが Low になるため、スイッチ 6 b がオン状態となる。したがって、スイッチ 2 2 b がオン状態となり、電圧検出回路 2 5 の供給電圧である端子 V t h b の電圧値が安定した後、スイッチ 6 b がオン状態となる。よって環境発電装置 1 g は、負荷回路 5 a の動作時における電圧ドロップの影響を考慮した設計が不要となる。したがって抵抗 R 3 の抵抗値を大きくすることが出来、消費電力をより低減することが出来る。

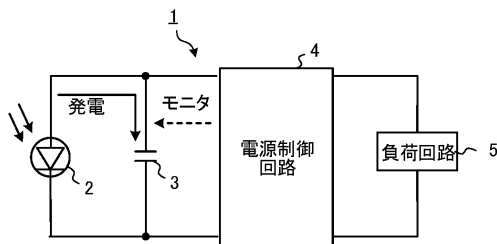
【符号の説明】

【 0 0 8 0 】

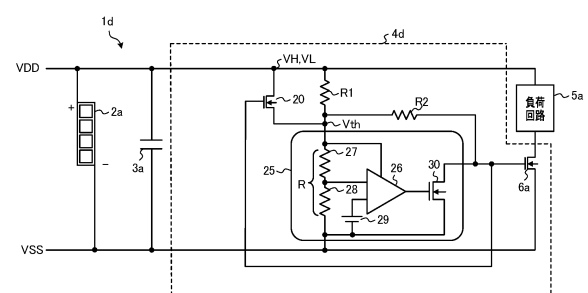
- 1 : 環境発電装置
- 2 : 環境発電素子
- 3 : キャパシタ
- 4 : 電源制御回路
- 5 : 負荷回路
- 6 a : スイッチ
- 2 0 : スイッチ
- 3 0 : スイッチ
- 2 1 : 論理反転回路
- 2 5 : 電圧検出回路
- 2 6 : 比較器

10

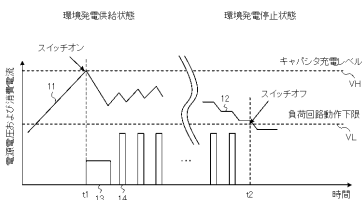
【図 1】



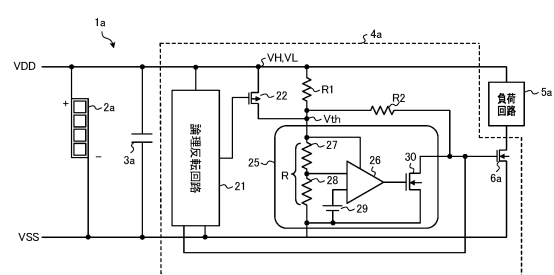
【図 3】



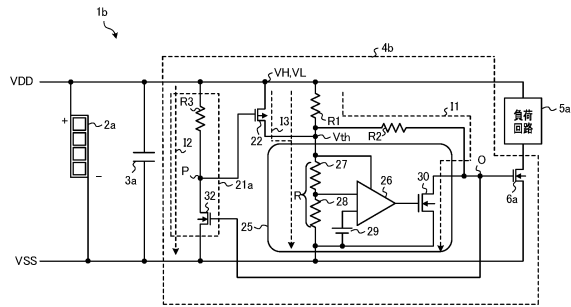
【図 2】



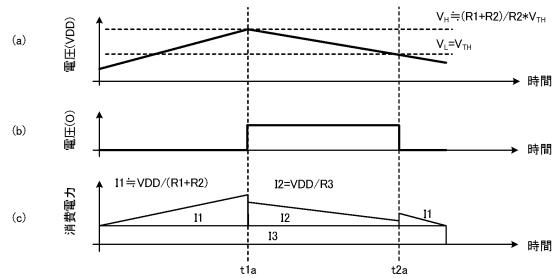
【図 4】



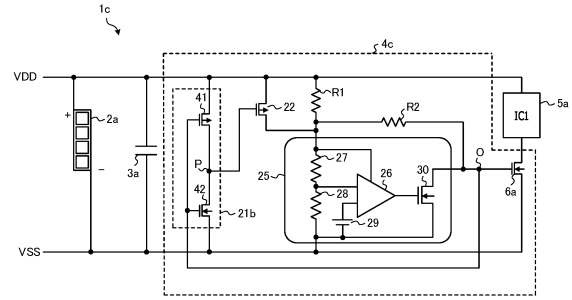
【図 5】



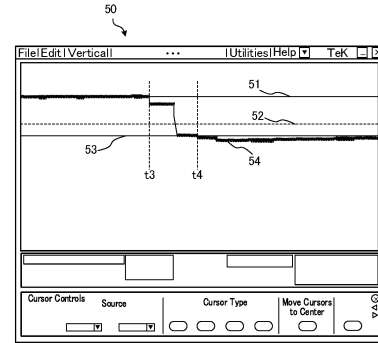
【図 6】



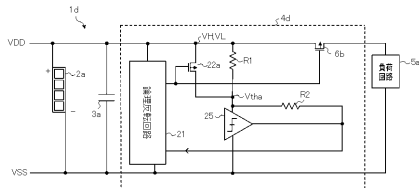
【図 7】



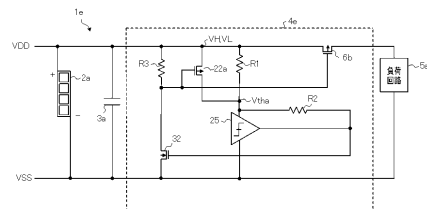
【図 8】



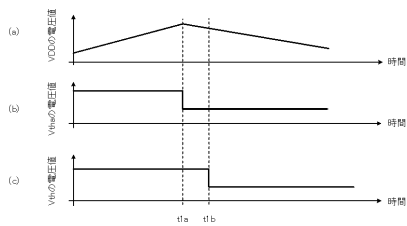
【図 9】



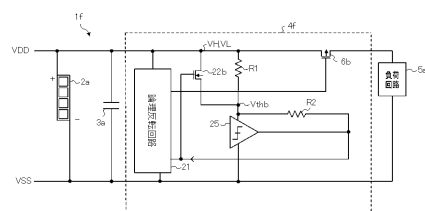
【図 10】



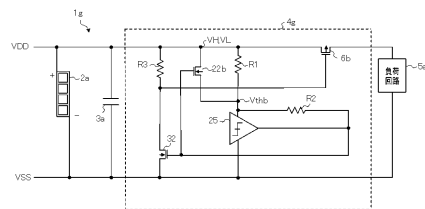
【図 11】



【図 12】



【図 13】



フロントページの続き

審査官 遠藤 尊志

(56)参考文献 特開 2 0 1 6 - 1 4 6 1 5 6 (J P , A)
特開平 0 7 - 0 4 9 7 2 1 (J P , A)
特開平 1 1 - 2 1 4 9 7 6 (J P , A)
特開 2 0 1 1 - 2 0 5 8 5 5 (J P , A)
特開 2 0 0 1 - 2 0 9 1 1 1 (J P , A)
特開 2 0 0 0 - 3 5 7 9 4 8 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
G 0 5 F 1 / 0 0 - 7 / 0 0