

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2014-89748
(P2014-89748A)

(43) 公開日 平成26年5月15日(2014.5.15)

(51) Int.Cl.		F I				テーマコード (参考)
G06F 1/32	(2006.01)	G06F 1/00	332Z			5B011
G06F 1/04	(2006.01)	G06F 1/04	301C			5B079

審査請求 有 請求項の数 19 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2013-272476 (P2013-272476)	(71) 出願人	311015001 コミサリヤ・ア・レネルジ・アトミック・エ ・オ・エネルギー・アルテルナティブ フランス国、エフ-75015・パリ、リ ユ・ルブラン・25、パティマン “ル・ポ ナン・デ”
(22) 出願日	平成25年12月27日 (2013.12.27)	(74) 代理人	110001173 特許業務法人川口国際特許事務所
(62) 分割の表示	特願2010-549185 (P2010-549185) の分割	(72) 発明者	シルバン・メルモン フランス国、エフ-38100・グルノー ブル、クール・ドウ・ラ・リペラシオン・ 117
原出願日	平成21年3月6日 (2009.3.6)	(72) 発明者	エディット・ベニエ フランス国、エフ-38112・メオード ル、トルナ
(31) 優先権主張番号	0851471		
(32) 優先日	平成20年3月6日 (2008.3.6)		
(33) 優先権主張国	フランス (FR)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電子回路、詳細にはデジタル回路に電力を供給するための装置およびそれに関連する方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 電子回路への電力の供給を最適化する。

【解決手段】 電子回路10に電力を供給するための、少なくとも第1の電圧(V_{high})、または第1の電圧と異なる第2の電圧(V_{low})を電子回路に印加することができる装置で、制約条件(C)を定義する情報の項目を受け取ることができ、かつ第1の期間については第1の電圧(V_{high})に関連する第1の周波数(F_{high})での、および第2の期間については第2の電圧(V_{low})に関連する第2の周波数(F_{low})での回路の動作が、制約条件(C)を満たすようになる第1の期間および第2の期間を決定することができる性能モニタを含み、第1の期間については第1の電圧(V_{high})および第1の周波数(F_{high})を、ならびに第2の期間については第2の電圧(V_{low})および第2の周波数(F_{low})を電子回路に印加する。

【選択図】 図1

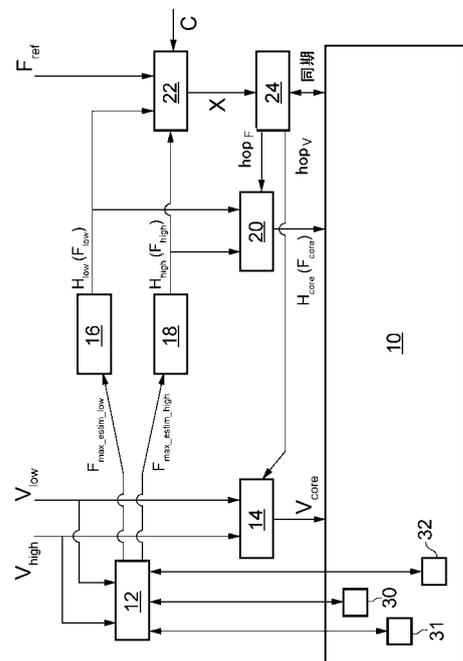


Fig. 1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電子回路（10、110、210）に電力を供給するための、少なくとも第1の電圧（ V_{high} ）、または第1の電圧と異なる第2の電圧（ V_{low} ）を電子回路に印加することができる装置であって、

第1の電圧（ V_{high} ）に関連する第1の周波数（ F_{high} 、 $F_{practical_high}$ ）を回路の少なくとも1つの動作パラメータに応じて決定する手段（12、112、212）と、

制約条件（ C 、 F_{target} 、 T_{target} ）を定義する情報を受け取る手段（22、122、222）と、

第1の期間については第1の周波数（ F_{high} 、 $F_{max_estim_high}$ ）で、第2の期間については第2の電圧（ V_{low} ）に関連する第2の周波数（ F_{low} 、 $F_{max_estim_low}$ ）で、回路の動作が前記制約条件（ C 、 F_{target} 、 T_{target} ）を満たすようになる第1の期間および第2の期間を決定する手段（22、122、222）と、

第1の期間については第1の電圧（ V_{high} ）および第1の周波数（ F_{high} 、 $F_{max_estim_high}$ ）を、第2の期間については第2の電圧（ V_{low} ）および第2の周波数（ F_{low} 、 $F_{max_estim_low}$ ）を、回路（10、110、210）に印加することができる印加手段（24、20、14、124、120、114、224、220、214）を含むことを特徴とする、電力を供給するための装置。

【請求項 2】

第1の周波数（ F_{high} 、 $F_{practical_high}$ ）を決定する手段（12、112、212）が、第2の周波数を回路の少なくとも1つの動作パラメータに応じて決定することができる、請求項1に記載の電力供給装置。

【請求項 3】

電子回路（10、110、120）で前記パラメータを測定する手段（30、31、32、130、131、230、231、232）を含む、請求項2に記載の電力供給装置。

【請求項 4】

情報がターゲット周波数（ F_{target} ）であり、決定手段（122）は、回路がターゲット周波数（ F_{target} ）よりも高い平均実効周波数で動作するように、第1の期間および第2の期間を決定するように適合される、請求項1から3のいずれか一項に記載の電力供給装置。

【請求項 5】

印加手段が、第1の電圧（ V_{high} ）および第1の周波数（ F_{high} 、 $F_{max_estim_high}$ ）の印加、ならびに第2の電圧（ V_{low} ）および第2の周波数（ F_{low} 、 $F_{max_estim_low}$ ）の印加の連続からなる周期を周期的に実行することができる、請求項1から4のいずれか一項に記載の電力供給装置。

【請求項 6】

第1の期間および第2の期間を決定する手段が、第1の期間と第2の期間の比を少なくとも第1の周波数に応じて決定することができる、請求項1から5のいずれか一項に記載の電力供給装置。

【請求項 7】

前記動作パラメータが、回路の瞬時の動作条件を表す、請求項1から6のいずれか一項に記載の電力供給装置。

【請求項 8】

第1の周波数を決定する手段が、第2の周波数を回路の少なくとも1つの瞬時の動作条件に応じて決定することができる、請求項7に記載の電力供給装置。

【請求項 9】

第1の期間と第2の期間を決定する手段が、第1の期間と第2の期間の比を第1の周波

10

20

30

40

50

数および第2の周波数に応じて決定することができる、請求項8に記載の電力供給装置。

【請求項10】

印加手段が、第1の周波数 (F_{high}) を有する第1のクロック信号 (H_{high})、および第2の周波数 (F_{low}) を有する第2のクロック信号 (H_{low}) を受け取り、かつ第1の期間中に第1のクロック信号 (H_{high}) を、および第2の期間中に第2のクロック信号 (H_{low}) を電子回路 (10、110) に印加する周波数セクタ (20、120) を含む、請求項1から9のいずれか一項に記載の電力供給装置。

【請求項11】

印加手段が、第1の期間中に第1の周波数 ($F_{max_estim_high}$) を有する第1のクロックを、第2の期間中に第2の周波数 ($F_{max_estim_low}$) を有する第2のクロックを生成し、それらを電子回路 (210) に印加することができるクロックジェネレータ (220) を含む、請求項1から9のいずれか一項に記載の電力供給装置。

10

【請求項12】

印加手段が、第1の電圧 (V_{high}) および第2の電圧 (V_{low}) を受け取り、第1の期間中に第1の電圧 (V_{high}) を、および第2の期間中に第2の電圧 (V_{low}) を電子回路 (10、110、210) に印加する電圧セクタ (14、114、214) を含む、請求項1から11のいずれか一項に記載の電力供給装置。

【請求項13】

電圧セクタが、
第1の電圧に等しい値から第2の電圧に等しい値まで可変の電圧を電子回路に印加する手段と、
可変電圧が第2の電圧に到達したときに、第2の電圧を電子回路に印加することを選択する手段とを含む、請求項12に記載の電力供給装置。

20

【請求項14】

電圧セクタが、
第2の電圧が印加されたときに、可変電圧を電子回路に印加する手段と、
可変電圧が印加されたときに、第2の電圧を取り除く手段と、
第2の電圧に等しい値から第1の電圧に等しい値まで可変電圧に指令する手段とを含む、請求項13に記載の電力供給装置。

30

【請求項15】

前記制約条件が一時的なものである、請求項1から14のいずれか一項に記載の電力供給装置。

【請求項16】

電子回路がデジタル回路である、請求項1から15のいずれか一項に記載の電力供給装置。

【請求項17】

電子回路がCMOS技術で実現される、請求項1から16のいずれか一項に記載の電力供給装置。

【請求項18】

少なくとも第1の電圧 (V_{high})、または第1の電圧と異なる第2の電圧 (V_{low}) を用いて電子回路 (10、110、210) に電力を供給する方法であって、
第1の電圧 (V_{high}) に関連する第1の周波数 (F_{high} 、 $F_{practical_high}$) を回路の少なくとも1つの動作パラメータに応じて決定するステップと、
制約条件 (C 、 F_{target} 、 T_{target}) を定義する情報を受け取るステップと、

40

第1の期間中に第1の周波数 (F_{high} 、 $F_{max_estim_high}$) での、および第2の期間中に第2の電圧 (V_{low}) に関連する第2の周波数 (F_{low} 、 $F_{max_estim_low}$) での回路の動作が前記制約条件 (C 、 F_{target} 、 T_{target}) を満たすように、第1の期間および第2の期間を決定するステップと、

50

第1の期間中に第1の電圧 (V_{high}) および第1の周波数 (F_{high} 、 $F_{max_estim_high}$) を、ならびに第2の期間中に第2の電圧 (V_{low}) および第2の周波数 (F_{low} 、 $F_{max_estim_low}$) を、回路 (10、110、210) に印加するステップとを含むことを特徴とする、電力を供給する方法。

【請求項19】

動作パラメータを周期的に測定するステップと、測定されたパラメータに応じて第1の周波数を周期的に決定するステップとを含む、請求項18に記載の電力供給方法。

【請求項20】

第1の期間と第2の期間の比を、測定されたパラメータに応じて決定される第1の周波数に応じて周期的に決定するステップを含む、請求項19に記載の電力供給方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電子回路に、詳細にはデジタル回路に電力を供給するための装置、および関連する方法に関する。

【背景技術】

【0002】

電子回路 (具体的にはデジタル回路の場合) への電力の供給を最適化するために、電子回路の動作の際に所与の時間に必要とされる性能に電力の供給を適合させることが提案された。

20

【0003】

数多くの電子回路の、具体的にはデジタル電子回路 (および、特にCMOS技術で製造されたデジタル電子回路) の現在の設計は、所与の1組の動作を実行するために消費されるエネルギーが、使用される電源電圧と共に上昇するようになっており、この電源電圧は、回路が動作するのに必要とされる周波数で課される。

【0004】

したがって、できるだけ低いレベルだが、必要とされるレベルの性能で (すなわち、同期回路の場合、必要とされるクロック周波数で) 信頼できる動作を十分保証できるレベルに供給電圧を適合させることにより消費電力を最適化することが可能であるように思われてきた。

30

【0005】

したがって、L. S. Nielsenらの論文「Low - Power Operation Using Self - Timed Circuits and Adaptive Scaling of the Supply Voltage」、journal IEEE VLSI volume 2、number 4、1994年12月が、非同期論理システム関連での適合電圧スケールリングの概念を導入している。

【0006】

供給電圧を同期デジタル回路の動作周波数に適合させることはまた、特にT. D. Burdらの論文「A Dynamic Voltage Scaled Microprocessor System」、journal IEEE JSSC volume 35、number 11、2000年11月、およびS. Dharらの論文「Closed - Loop Adaptive Voltage Scaling Controller for Standard - Cell ASICs」、proceedings of ISLPEd、2002年8月で提案された。

40

【0007】

つい最近、同じ考え方で、特にM. Nakaiらの論文「Dynamic Voltage and Frequency Management for a Low - Power Embedded Microprocessor」、journal IEEE JSSC volume 40、number 1、2005年1月、およびJ. P

50

ennanenらの論文「Next Generation SoC Power Management」、journal Electronics Product Design、2007年3月で別の解決策が提案された。

【0008】

これらのシステムは、供給電圧を電子回路の性能制約条件（一般に電子回路により実現される応用により必要とされる動作周波数を用いて表現される）に適合させることにより電力消費を最適化させることができるようにするが、一方では、これらのシステムの設計のために、これらのシステムは、動作の間中、連続した範囲の値にわたり可変な電圧を加えることができる電源モジュールを必要とし、一般にDC-DCコンバータの形で実現される。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献1】米国特許第6501304号明細書

【非特許文献】

【0010】

【非特許文献1】L.S.Nielsenらの論文「Low-Power Operation Using Self-Timed Circuits and Adaptive Scaling of the Supply Voltage」、journal IEEE VLSI volume 2、number 4、1994年12月

20

【非特許文献2】T.D.Burdらの論文「A Dynamic Voltage Scaled Microprocessor System」、journal IEEE JSSC volume 35、number 11、2000年11月

【非特許文献3】S.Dharらの論文「Closed-Loop Adaptive Voltage Scaling Controller for Standard-Cell ASICs」、proceedings of ISLPED、2002年8月

【非特許文献4】M.Nakaiらの論文「Dynamic Voltage and Frequency Management for a Low-Power Embedded Microprocessor」、journal IEEE JSSC volume 40、number 1、2005年1月

30

【非特許文献5】J.Pennanenらの論文「Next Generation SoC Power Management」、journal Electronics Product Design、2007年3月

【非特許文献6】S.Miermontらの論文「A Power Supply Selector for Energy- and Area-Efficient Local Dynamic Voltage Scaling」、proceedings of PATMOS、2007年9月

【非特許文献7】B.M.Ketchenらの論文「Product-Representative 'at speed' Test Structures for CMOS Characterization」、IBM Journal of Research and Development、volume 50、No. 4/5、2005年7月

40

【非特許文献8】K.Onizukaらの論文「VDD-Hopping Accelerator for On-chip Power Supplies Achieving Nano-Second Order Transient Time」、proceedings of the ASSCC、2005年11月

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

50

そのようなモジュールの存在が、想定される技術にかかわらず問題を引き起こす。すなわち、外部チョッパの使用は、当然すべての構成要素を集積回路内に集積化するのに適さない。受動構成要素が数多く存在するので、内部チョッパの使用は非常に費用がかかる（基板面積の点から、または使用される製法のため）。線形コンバータ（linear converter）については、それらのコンバータは低効率という欠点がある。

【課題を解決するための手段】

【0012】

上記の状況で、本発明は、電子回路に電力を供給するための、少なくとも第1の電圧、または第1の電圧と異なる第2の電圧を電子回路に印加することができる装置を提案し、装置は：

第1の電圧に関連する第1の周波数を回路の少なくとも1つの動作パラメータに応じて決定する手段と、

制約条件を定義する情報を受け取る手段と、

第1の期間については第1の周波数で、および第2の期間については第2の電圧に関連する第2の周波数で、回路の動作が前記制約条件を満たすような第1の期間および第2の期間を決定する手段と、

第1の期間については第1の電圧および第1の周波数を、第2の期間については第2の電圧および第2の周波数を回路に印加することができる印加手段とを含むことを特徴とする。

【0013】

したがって、回路の平均動作点が、受け取られた制約条件に最適に適合されるために、同時に、離散的な数（一般に2）の利用可能な電圧を使用し、かつ回路の動作条件を考慮するように、連続した1組の動作点中で第1の期間および第2の期間の相対的重み付けに従って調節されることがある。

【0014】

現在の動作条件に照らして最適化される第2の周波数も使用するために、第1の周波数を決定する手段が、第2の周波数を回路の少なくとも1つの動作パラメータに応じて決定することができるということも提供されることがある。

【0015】

上記の手段は、前記パラメータを電子回路内で測定する手段を使用することもあり、その手段の例が、本明細書で後に示される説明で示される。

【0016】

たとえば、情報はターゲット周波数であり、決定手段は、回路がターゲット周波数よりも高い平均実効周波数で動作するように、第1の期間および第2の期間を決定するように適合される。

【0017】

想定され得る一実施形態では、印加手段は、連続した第1の電圧および第1の周波数の印加、ならびに第2の電圧および第2の周波数の印加からなる周期（すなわち、サイクル）を周期的に実行することができる。この場合、サイクル比（すなわち、周期の総期間と比較した第1の周波数および第1の電圧の相対的印加期間）が、本明細書で後に説明されるように、平均実効周波数に直接関連付けられる。

【0018】

実際には、第1の期間および第2の期間を決定する手段は、第1の期間と第2の期間の比を少なくとも第1の周波数に応じて決定することができることがある（たった今述べられたように、サイクル比に直接関連付けられる）。このことが、平均実効周波数に影響を及ぼす。

【0019】

たとえば、前記動作パラメータは、回路の瞬時の動作条件を表し、この動作条件が、第1の期間および第2の期間（たとえば、これらの比はサイクル比に関連付けられる）を定期的にかつ動的に更新することができるようにする。

10

20

30

40

50

【0020】

第1の周波数を決定する手段は、第2の周波数を回路の少なくとも1つの瞬時の動作条件に応じて決定することができることがある。

【0021】

この場合、第1の期間および第2の期間を決定する手段は、第1の期間と第2の期間の比を第1の周波数および第2の周波数（サイクル比に直接関連付けられる）に応じて、かつ上記で示されたように動的に決定することができることが提供されることがある。

【0022】

想定され得る一実施形態では、印加手段は、第1の周波数を有する第1のクロック信号、および第2の周波数を有する第2のクロック信号を受け取り、かつ第1の期間に第1のクロック信号を、および第2の期間に第2のクロック信号を電子回路に印加する周波数セクタを含む。

10

【0023】

想定され得る別の実施形態では、印加手段は、第1の期間中に第1の周波数を有する第1のクロックを、および第2の期間中に第2の周波数を有する第2のクロックを生成し、かつそれらを電子回路に印加することができるクロックジェネレータを含む。

【0024】

印加手段は、第1の電圧および第2の電圧を受け取り、かつ第1の期間中に第1の電圧を、および第2の期間中に第2の電圧を電子回路に印加する電圧セクタを含むことがある。

20

【0025】

可能な一実施形態では、電圧セクタは：

第1の電圧に等しい値から第2の電圧に等しい値まで可変の電圧を電子回路に印加する手段と、

可変電圧が第2の電圧に到達したときに、第2の電圧を電子回路に印加することを選択する手段とを含む。

【0026】

この場合、電圧セクタは：

第2の電圧が印加されたときに、可変電圧を電子回路に印加する手段と、

可変電圧が印加されたときに、第2の電圧の印加をなくす手段と、

第2の電圧に等しい値から第1の電圧に等しい値まで可変電圧に指令する手段とを含むことがある。

30

【0027】

この場合、可変電圧は、第1の電圧と第2の電圧の間の遷移段階中（動作の総期間と比べて短い期間の段階）だけに印加される。この場合、この可変電圧は、たとえば総動作期間にわたり効率に著しい影響を与えずに線形コンバータを用いて生成されることがある。

【0028】

たとえば、制約条件は一時的なものだが（また、この場合、時間または周波数の形で表現される）、平均消費電力制約条件などの別の可能性も想定され得る。

【0029】

電子回路は、実際には多くの場合デジタル回路であり、たとえばCMOS技術で実現される。

40

【0030】

本発明はまた、それ自体新規な方法で、電子回路に電力を供給するための、少なくとも第1の電圧、または第1の電圧と異なる第2の電圧を電子回路に印加することができる装置を提案し、装置は：

制約条件を定義する情報を受け取る手段と、

第1のクロックサイクル数中に第1の電圧に関連する第1の周波数で、および第2のクロックサイクル数中に第2の電圧に関連する第2の周波数で、回路動作が前記制約条件を満たすように、第1のクロックサイクル数および第2のクロックサイクル数を決定する手

50

段と、

第1のクロックサイクル数中に第1の電圧および第1の周波数を、ならびに第2のクロックサイクル数中に第2の電圧および第2の周波数を、回路に印加することができる印加手段とを含むことを特徴とする。

【0031】

この場合、第1の電圧の印加（の開始）、および前記制約条件で達成される手順（の開始）を同期させることができる同期手段がさらに提供されることがある。

【0032】

この場合、手順のために必要な総クロックサイクル数が予め決められ、たとえば、制約条件は、実際には手順を達成するのに必要とされる時間であり得る。

【0033】

上記で言及された任意選択の機能はまた、この状況で印加される。この場合、依然として回路により消費されるエネルギーを最小にする目的で、想定され得る変動またはドリフトを考慮する、回路の信頼できる動作を保証するために、（たとえば、システムを設計しているとき、または回路を較正する段階中に）上述の周波数が予め決定され、かつ印加可能な場合、決定手段内に記憶されるようさらに提供される場合がある。

【0034】

本発明は、少なくとも第1の電圧、または第1の電圧と異なる第2の電圧を用いて電子回路に電力を供給する方法をさらに提案し、方法は：

第1の電圧に関連する第1の周波数を回路の少なくとも1つの動作パラメータに応じて決定するステップと、

制約条件を定義する情報を受け取るステップと、

第1の期間中に第1の周波数で、および第2の期間中に第2の電圧に関連する第2の周波数で、回路の動作が前記制約条件を満たすように、第1の期間および第2の期間を決定するステップと、

第1の期間中に第1の電圧および第1の周波数を、ならびに第2の期間中に第2の電圧および第2の周波数を回路に印加するステップとを含むことを特徴とする。

【0035】

回路の電力供給を動的に変更するために：

動作パラメータを周期的に測定するステップと、

測定されたパラメータに応じて第1の周波数を周期的に決定するステップとがさらに想定され得る。

【0036】

したがって、測定されたパラメータに応じて決定される第1の周波数に応じて、第1の期間と第2の期間の比を周期的に決定することが提供されることがある。

【0037】

本発明の別の機能および有利な点が、添付の図面を参照して示される以下の説明に照らしてより明らかになる。

【図面の簡単な説明】

【0038】

【図1】本発明の教示に従うシステムの主要構成要素を表す。

【図2】そのようなシステムの適用の第1の例を表す。

【図3】図2のシステムを使用するとき存在する供給電圧およびクロック周波数の変動を例示する。

【図4】本発明の適用の第2の例を表す。

【図5】図4によるシステムの動作を例示するタイミング図を示す。

【発明を実施するための形態】

【0039】

図1は、たとえばCOMSデジタル論理で実現される同期電子回路といった機能コア（functional core）10に電力を供給するための装置の構成要素を表す。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 0 】

本明細書で後に説明されるこの装置の構成要素は、機能コア 10 と同じ集積回路内に組み合わされ、その結果 CMOS 技術で実現されることがある。あるいは、これらの構成要素のうちの一部またはすべてが、機能コア 10 の外部モジュールの形で作られることができる。

【 0 0 4 1 】

さらに電源装置が、本明細書で後に機能構成要素の形で説明される。それにもかかわらず、実施形態によっては、複数の機能が同じ構成要素により実現されることがある。

【 0 0 4 2 】

本明細書では、どの同期デジタル回路も、最大周波数 $F_{r e a l _ m a x}$ で動作することができ、この周波数は直接測定されることができず、固有の要因、および外部要因により時間で変化すると考えられる。固有の要因は、製造工程の変動、および経時変化である。外部要因は、供給電圧、および温度である。

【 0 0 4 3 】

この周波数よりも速く回路を動作させることにより、回路の動作のエラーにつながる遅延故障が引き起こされることも考えられる。

【 0 0 4 4 】

図 1 による電源装置は、一方では高電圧 $V_{h i g h}$ および低電圧 $V_{l o w}$ を受け取り、他方ではその動作パラメータを測定するために、物理的にコア 10 内部に配置されるプローブ 30、31、32 を駆動する適合コントローラ (adaptation controller) 12 を含む。

【 0 0 4 5 】

プローブ 30、31、32 と適合コントローラ 12 の間の通信は (特にプローブを駆動し、監視されるパラメータの値をコントローラにフィードバックするため)、任意の適切な手段により、たとえばアナログもしくはデジタルの信号、またはこれらの信号の任意の組合せを使用して、達成されることができ。

【 0 0 4 6 】

したがって、特にこれらのプローブにより測定された動作パラメータの値を、たとえば適合コントローラに関連する不揮発性メモリ内に記憶された較正值と、または基準源 (一般は基準周波数、基準電圧、または基準電流) により生成される値と比較する目的で、適合コントローラ 12 は、プローブ 30、31、32 を駆動し、これらのプローブにより測定された動作パラメータの値を収集する。

【 0 0 4 7 】

次に、測定された値、および適用可能な場合には行われた比較に基づき、適合コントローラは、装置で想定される供給電圧ごとに (すなわち、高電圧 $V_{h i g h}$ および低電圧 $V_{l o w}$ に対して)、実際にはシステムの信頼できる動作を劣化させることなくどれだけの最大周波数 $F_{p r a c t i c a l _ m a x}$ が使用されることができると概算する。

【 0 0 4 8 】

各供給電圧値に関連する周波数をこのように概算することは、論文で説明されたように、システムの信頼できる動作を可能にする電圧 - 周波数対を決定する知られている技法を使用して、たとえば回路の製造後に行われる速度試験によるシミュレーションまたは較正により行われることがある。しかしながら、この場合、必要とされる周波数に電圧を適合させるのではなく、利用可能な電圧源ごとに動作周波数を決定するために提供されたものであることに留意されたい。

【 0 0 4 9 】

実際には、概算は、上述のシミュレーションにより得られる最大周波数 $F_{r e a l _ m a x}$ の悲観的概算に基づくことがあり、続いて、測定値を用いて、瞬時の動作条件が好ましいかどうかを決定し、最後に、電圧源ごとに、これらの動作条件が測定値の相対誤差を考慮することができるようにする、周波数 $F_{r e a l _ m a x}$ の楽観的概算に近い周波数

10

20

30

40

50

F_{estim_max} を計算する。

【0050】

さらに、変動源の時間での進展を補正するために、各供給電圧に関連する最大実用周波数の概算 F_{estim_max} は、一定の間隔を置いて行われなければならない、周期は補正される変動の時定数に依存する。

【0051】

上記で示されたように決定される実用最大周波数 F_{estim_max} に基づき、適合コントローラ12は、クロックジェネレータ16、18それぞれが、適合コントローラ12により決定される周波数を有する出力クロック信号（この場合、それぞれ H_{low} および H_{high} ）を提供するために、クロックジェネレータ16、18（正確には、この場合、低電圧 V_{low} に関連する第1のクロックジェネレータ16、および高電圧 V_{high} に関連する第2のクロックジェネレータ18）に指令する。

10

【0052】

性能コントローラ22が、クロック信号 H_{low} 、 H_{high} を受け取り、たとえば基準周波数信号 F_{ref} を使用して、これらの信号それぞれの個々の周波数（ F_{low} 、 F_{high} ）を決定する。あるいは、性能コントローラ22はまた、各供給電圧に関連する周波数値を直接、適合コントローラ12から受け取ることができる。それにもかかわらず、図1で提案される解決策により、性能コントローラ22は、本明細書で後に説明されるようにコア10に印加されるように、実際に生成されるクロック信号で動作することができるようになる。

20

【0053】

性能コントローラはまた、たとえば周波数または時間の制約条件といった、電源装置により満たされるべき性能制約条件を表す情報Cを受け取る。この制約条件は、コア10により実現される（「ソフトウェア」の意味での）アプリケーションにより、たとえば特にそのアプリケーションの要件に応じて決定される。

【0054】

信号 H_{low} および H_{high} の測定された周波数 F_{low} および F_{high} 、ならびに制約条件情報Cに応じて、性能コントローラ22は、2つの供給電圧を印加する個々の期間を、たとえばこの場合、高電圧 V_{high} を印加する時間と、2つの電圧を印加する累積時間との比Xの形で決定し、情報Cで定義される制約条件を任意選択で満たすことができるようにする。

30

【0055】

Cが周波数の形で表現された制約条件 F_{target} である場合、システムは、この周波数制約条件 F_{target} が、想定され得る F_{low} の値と F_{high} の値の間となるような大きさとされることがあり、これにより、0と1の間の比Xを得ることができるようになる。

【0056】

性能コントローラ22はまた、周波数 F_{high} での連続動作（すなわち、比 $X = 1$ ）にもかかわらず、制約条件Cが達せられない場合、高電圧 V_{high} および対応する周波数 F_{high} での動作を課すことがあり、しかもその結果、制約条件は満たされることができない（たとえば、 $F_{target} > F_{high}$ の場合）。この場合、装置は、制約条件Cを送信するエンティティに、制約条件が満たされることができないことを示すことがあり、制約条件を送信するエンティティは、制約条件Cを低くするためにコア10の動作を修正する、またはこの電圧が調節可能であるシステムでは電圧 V_{high} の増加を指令することができる。

40

【0057】

制約条件Cが低電圧 V_{low} に関連する周波数 F_{low} よりも低い場合、連続して低電圧 V_{low} およびそれに関連する周波数 F_{low} で動作させる（ $X = 0$ ）、またはクロックジェネレータ16に周波数を下げるように指令する（同時に、低電圧 V_{low} を保持し、このことはどんな動作上の問題も引き起こさない）、または電源を一部の時間の間スタ

50

ンバイ状態に切り替えることがさらに可能であり、その F_{low} より低いこの制約条件 C が満たされることができるようになる。

【0058】

性能コントローラ 22 により決定される比 X は、電圧セレクタ 14 および周波数セレクタ 20 を駆動する（それぞれ電圧指令 hop_v および周波数指令 hop_f を用いる）遷移シーケンサ 24 に送られ、その結果、セレクタ 14、20 はそれぞれ、性能コントローラ 22 により定義される期間（この場合、時間の割合 X ）に高電圧 V_{high} およびそれに関連するクロック信号 H_{high} を、および同様に性能コントローラ 22 により定義される別の期間に、この場合残りの時間（すなわち、時間の割合 $1 - X$ ）に低電圧 V_{low} およびそれに関連するクロック信号 H_{low} を印加する。

10

【0059】

この状況では、遷移シーケンサ 24 は、具体的には、低電圧 V_{low} 、および高電圧 V_{high} に関連するクロック信号 H_{high} が、同時に、具体的には遷移段階に決して印加されないことを保証する。そうなると回路の動作にとって問題がある。

【0060】

電圧セレクタ 14 は、一方で電圧 V_{high} を、他方で電圧 V_{low} を受け取り、指令信号 hop_v に応じてこれら 2 つの電圧の一方をコア 10 に印加する。同様に、周波数セレクタ 20 は、クロック信号 H_{low} および H_{high} を別個に受け取り、指令 hop_f に従ってこれらのクロック信号のうち一方をコア 10 に印加する。図 1 では、 V_{core} が、電圧セレクタ 14 によりコア 10 に印加される電圧であり、 H_{core} が、周波数セレクタ 20 によりコア 10 に印加される周波数 F_{core} でのクロック信号である。

20

【0061】

セレクタ 14、20 のために選択される実際の実施形態では、示されたばかりの 2 つの電圧値の間の遷移段階中に、コア 10 の連続動作が保持されることができ、または逆に、これらの遷移中に、たとえばコア 10 と遷移シーケンサ 24 の間で交換される同期情報（同期）を用いて、コア 10 の動作が中断されることができ、この後者の場合、性能コントローラ 22 は、制約条件 C を満たす目的で、各電圧を印加する様々な期間を決定する際に、コア 10 の動作の中断期間を考慮する。

【0062】

すなわち、利用可能な電圧（この場合、2 つの電圧 V_{high} および V_{low} だけ）を使用するが、電力供給装置は、一方の電圧供給の使用時間を他方に対して可変で重み付けすること、およびその結果の可変（したがって、制約条件に適合可能である）性能のおかげで、制約条件 C （それに関する限り、連続する範囲の値にわたり変化することがある）に適合された最適な方法で動作することがある。

30

【0063】

図 2 は、満たされるべき制約条件が、デジタルコア 110 により実現される手順により必要とされる動作周波数の形で表現される応用での本発明の一実施形態を表す。

【0064】

図 2 の各構成要素には、図 1 の同じ機能を有する構成要素に対して 100 だけ増加された参照番号が指定された。

40

【0065】

この実施形態では、適合コントローラ 112 は、電圧プローブ 130 および温度プローブ 131 を駆動する。

【0066】

電圧プローブ 130 は、コア 110 により実際に受け取られる供給電圧を測定する、すなわち、電源供給網の固有抵抗により引き起こされる局所的な電圧降下を考慮する。

【0067】

プローブ 130 により測定された電圧は、基準電圧 V_{ref} と比較され、したがって適合コントローラ 112 内でこの測定された電圧を表すデジタル値に変換されることができ

50

【 0 0 6 8 】

温度プローブ 1 3 1 はまた、測定された温度の値を表すデジタル情報を得ることができるようになる。この目的を達成するために、温度プローブ 1 3 1 は、実際にはたとえば、基準電流により順方向バイアスされたダイオードの両端で電圧を測定する（ダイオードの両端の電圧は温度に応じて変化する）。この場合、測定された電圧は、同様に、適合コントローラ 1 1 2 内でデジタル温度情報の形に変換されることがある。

【 0 0 6 9 】

本明細書で後に詳細に説明されるように、コア 1 1 0 は 2 つの異なる供給電圧に支配されるので、適合コントローラ 1 1 2 は、測定された電圧がどちらの必要とされる電圧に相当するかを判断するために、様々な電源段階の間を識別することができなければならない。この目的を達成するために、たとえば、適合コントローラ 1 1 2 と、本明細書で後に説明される遷移シーケンサ 1 2 4 との間に、（図 2 において点線で表されるような）通信、または印加された電圧に関する情報を保持する別の構成要素（たとえば電圧セレクタ 1 1 4 など）が提供されることがある。あるいは、適合コントローラ 1 1 2 は、測定された電圧およびしきい値（具体的には上記で言及された電圧降下のために、測定される電圧は理論上、印加される電圧よりも小さいので、たとえば V_{low} に等しい）に応じて関係する供給電圧（ V_{high} または V_{low} ）を決定することがある。

【 0 0 7 0 】

適合コントローラ 1 1 2 はまた、測定される電圧が大きく変化する間どの測定値も無効であると判断することがある（本明細書で後に説明されるように 2 つの供給電圧間の遷移段階中に測定が行われる状況を避けるためである）。

【 0 0 7 1 】

測定された温度、および測定された実効供給電圧（あり得る供給電圧ごとの 1 つの測定された値、この場合 V_{high} および V_{low} ）に基づいて、適合コントローラ 1 1 2 は、たとえば適合コントローラ 1 1 2 に関連する不揮発性メモリ内に記憶されたテーブルを使用して、または使用される技術の特徴により決定される公式に応じて、それぞれ高電圧 V_{high} および低電圧 V_{low} に関連する最大実用周波数 $F_{max_estim_high}$ および $F_{max_estim_low}$ を決定する。

【 0 0 7 2 】

測定された電圧 - 温度対に関連する最大実用周波数値を記憶するテーブルを使用する場合、部分的に上述のテーブルを更新する目的で、デジタル回路を始動する段階中に、室温で複数の電圧に対するコア 1 1 0 の最大の信頼できる動作周波数を決定することを目的とする試験を行うことができる。これらの試験は（一般に「自動試験」と呼ばれる）、コア 1 1 0 が信頼できる動作を達成する最大周波数を保持するために、たとえば上昇する周波数でコア 1 1 0 の正しい動作を検証することにより、システム内のどんなドリフトにも立ち向かうために不確実性の許容範囲を保持することが好ましい。

【 0 0 7 3 】

この方法で決定され、それぞれ低電圧 V_{low} および高電圧 V_{high} に関連する最大実用周波数 $F_{max_estim_low}$ および $F_{max_estim_high}$ は、それぞれ第 1 のクロックジェネレータ 1 1 6 および第 2 のクロックジェネレータ 1 1 8 に送られる。

【 0 0 7 4 】

クロックジェネレータ 1 1 6、1 1 8 のそれぞれは、たとえば、低ジッタを有する電圧制御局部発振器、ならびに生成された周波数を、受け取られた周波数設定値、およびクロックジェネレータ 1 1 6、1 1 8 のそれぞれにより受け取られた基準周波数 F_{ref} に従属させる制御ループを使って作られる周波数ロックループ（PLL）型である。

【 0 0 7 5 】

クロックジェネレータ 1 1 6、1 1 8 はそれぞれ、このクロックジェネレータにより現在生成された周波数を表す情報（クロックジェネレータ 1 1 6 については F_{low} 、およびクロックジェネレータ 1 1 8 については F_{high} で示される情報）を性能コントロー

10

20

30

40

50

ラ 1 2 2 に送る。

【 0 0 7 6 】

それぞれ第 1 のクロックジェネレータ 1 1 6 および第 2 のクロックジェネレータ 1 1 8 により生成されるクロック信号 H_{low} および H_{high} は周波数セレクタ 1 2 0 の入力に印加され、周波数セレクタの動作については本明細書で後に説明される。

【 0 0 7 7 】

したがって性能コントローラ 1 2 2 は、それぞれ第 1 のジェネレータ 1 1 6 および第 2 のジェネレータ 1 1 8 により生成される、すなわち、それぞれ低電圧 V_{low} および高電圧 V_{high} に関連する、周波数を表す情報を受け取る。性能コントローラ 1 2 2 はまた、たとえばデジタル符号化された情報の形で、コア 1 1 0 により実現される手順により必要とされる動作周波数 F_{target} (この応用では、電源装置が満たさなければならない制約条件を表現する)を受け取る。

【 0 0 7 8 】

設計段階での回路の定格は、この周波数制約条件 F_{target} が、クロック H_{low} および H_{high} の周波数 F_{low} および F_{high} の間となるようになっており、したがって性能コントローラ 1 2 2 は、平均実効周波数 $F_{ref} = X \cdot F_{high} + (1 - X)$ となるように、総計算時間の割合 X (% 単位) を決定することができる。周波数 F_{low} は、ターゲット周波数 F_{target} よりも高くなければならない。

【 0 0 7 9 】

したがって、総時間の割合 X については周波数 F_{high} で、かつ残りの時間については周波数 F_{low} で、コア 1 1 0 を動作させるようにすることにより得られる平均実効周波数 F_{eff} は、ターゲットよりも高く、したがって平均実効周波数 F_{eff} により定義される制約条件を満たすことができるようになる。

【 0 0 8 0 】

たとえば、2 つの動作段階の間の遷移の期間を考慮するために、(たとえば、1 % から 1 0 % 高い) F_{eff} は、 F_{target} よりも相当高くなるように選択される(場合によっては、コア 1 1 0 の動作は、これらの遷移期間中に中断されることがある)。

【 0 0 8 1 】

この方法で決定される割合 X は、図 3 に示されるように、定義されたばかりの時間割合を得るために、2 つのクロック H_{high} および H_{low} を回路 1 1 0 に連続して印加するように、一方では(指令 hop_F を用いて)周波数セレクタ 1 2 0 を、他方では(信号 hop_V の制御の下で)電圧セレクタ 1 1 4 を駆動するホップシーケンサ(hop sequencer) 1 2 4 に送られ、その結果、電圧セレクタ 1 1 4 は、クロック H_{high} と同時に電圧 V_{high} を、クロック H_{low} と同時に低電圧 V_{low} をコア 1 1 0 に印加し(図 3 を参照のこと)、このことが消費電力を常に最適化する。

【 0 0 8 2 】

図 3 (図中、 F_{core} は周波数セレクタ 1 2 0 によりコア 1 1 0 に印加されるクロック H_{core} の周波数を示す) は、ホップシーケンサ 1 2 4 を用いて得られる可能な手順の一例を示す。この例では、ホップシーケンサ 1 2 4 は、周期 T_{hop} で動作する。時間 $t = 0$ で、シーケンサ 1 2 4 は、電圧 V_{low} および周波数 F_{low} の動作モードから、電圧 V_{high} および周波数 F_{high} での動作モードになるようにセレクタ 1 1 4、1 2 0 に指令し、まずセレクタ 1 1 4 を用いて電圧を、次に、周波数セレクタ 1 2 0 を用いて周波数を切り替える。

【 0 0 8 3 】

時間 $t = X \cdot T_{hop}$ で、シーケンサ 1 2 4 は、電圧 V_{high} および周波数 F_{high} のモードから、電圧 V_{low} および周波数 F_{low} のモードになるようにセレクタ 1 1 4、1 2 0 に指令し、まず周波数を、次に電圧を切り替える。

【 0 0 8 4 】

上述の周期的動作のために、ホップシーケンサは、時間 $t = T_{hop}$ で $t = 0$ と同じ動作を行い、以下同様である。

10

20

30

40

50

【0085】

明らかに、例外により、ホップシーケンサ124は、割合Xが100%という値を有する場合、電圧 V_{high} および周波数 F_{high} で一定の動作を保証するようにセレクタ114、120に指令するのに対して、ホップシーケンサ124は、割合Xが0という値を有する場合、電圧 V_{low} および周波数 F_{low} での一定動作を指令する。

【0086】

電圧セレクタ114は、たとえばS. Miermontらの論文「A Power Supply Selector for Energy - and Area - Efficient Local Dynamic Voltage Scaling」、proceedings of PATMOS、2007年9月で説明されるタイプでできている。周波数セレクタ120は、たとえば米国特許第6,501,304号明細書で説明される「グリッチフリー (glitch-free)」タイプでできている。

10

【0087】

そのような電圧セレクタが、遷移段階中に電子回路に第1の電圧(V_{low} または V_{high})に等しい値からもう一方の電圧に等しい値まで可変の電圧を印加し、次に、可変電圧がそのもう一方の電圧に到達したときに、もう一方の電圧を電子回路に印加することを選択することができるようにし、それにより、電子回路に連続して電力を供給することを可能にする。

【0088】

この電圧セレクタが、そのもう一方の電圧が印加されたときに、可変電圧を電子回路に印加することにより逆の遷移段階を管理することができるようにし、可変電圧が印加されたときに、もう一方の電圧を取り外し、このもう一方の電圧に等しい値から第1の電圧に等しい値になるように可変電圧に指令する。

20

【0089】

したがって、たった今説明された動作は、上記で言及された平均実効周波数 F_{eff} でのコア110の電力供給を可能にすると同時に、2つの電圧供給だけを使用して、使用される電圧 - 周波数対を常に最適化する。この点、上記で説明された例で使用することが提案される可変電圧は、短時間の遷移段階中だけに使用されること、および、したがって、電気効率に関して大きな影響を及ぼすことなく(電圧 V_{high} への動作段階中にコンバータにより生成される電圧は、電圧 V_{high} という最大電圧に相当し、したがって抵抗損失を伴わない)この可変電圧を生成するために、線形コンバータが頼られることがあることに留意されたい。

30

【0090】

図4は、機能コア(この場合、210で参照される)が、入力データを周期的に(すなわち、 T_{data} ごと)受け取り、次に最大時間 T_{target} (ときどき「ブロック待ち時間 (block latency)」と呼ばれる)をこの入力データを処理する(この処理はNクロックサイクルを必要とする)ために利用可能にし、処理されたデータを次のブロックに伝達するブロックである場合に適用される、本発明の一実施形態を表す。

【0091】

図4では、図1の構成要素に対応する機能を有する構成要素が、図1のその構成要素に対して200だけ増加された参照番号を持つ。

40

【0092】

この実施形態で使用されるブロープ230、231、232は、たとえばB. M. Ketchenらの論文「Product - Representative 'at speed' Test Structures for CMOS Characterization」、IBM Journal of Research and Development、volume 50、No. 4/5、2005年7月で説明されるようなリング発振器である。

【0093】

実際には、たとえば「長導線 (long wire)」接続を有する発振器230、高

50

しきい電圧を有するトランジスタに基づく発振器 231、および低しきい電圧を有するトランジスタに基づく発振器 232 が使用される。たとえば、容量性構成要素を有する発振器が同様に使用されることができる。

【0094】

適合コントローラ 212 が、特に基準周波数 F_{ref1} を使用して発振器 230、231、232 それぞれの周波数を定期的に測定する。コア 210 の動作は、その最大動作周波数の変動を具体的には供給電圧および温度に応じて決定するために、設計段階でシミュレートされる。たとえば同じタイプのシミュレーションのおかげで、同じパラメータ（具体的には供給電圧および温度）に応じて上記で言及された発振器のそれぞれの周波数の変動も分かり、その結果、（たとえば、簡略化されたモデルである加重和を使用して）発振器 230、231、232 の異なる周波数に応じてそれぞれ高電圧 V_{high} および低電圧 V_{low} での最大使用可能周波数 $F_{max_estim_high}$ および $F_{max_estim_low}$ を決定することができる。たとえばこの状況でモンテカルロ型シミュレーションが使用されることがある。

10

【0095】

それぞれ固定供給電圧 V_{high} および V_{low} のうちの一方に関連する動作周波数 $F_{max_estim_high}$ および $F_{max_estim_low}$ は、一方ではクロックジェネレータ 220（たとえば、基準信号 F_{ref2} を受け取る位相ロックループ（PLL）を用いて実現される）に、他方では性能コントローラ 222 に送られる。

【0096】

20

この情報 $F_{max_estim_high}$ および $F_{max_estim_low}$ 、ならびにブロックの待ち時間を表す情報 T_{target} に基づき、また、一方の動作モードから他方への変化に必要な遷移時間 $T_{transition}$ を考慮して、性能コントローラ 222 は、コア 210 が（上述のようにデータを処理するために必要な N クロックサイクルの中で）高周波数 $F_{max_estim_high}$ で動作しなければならないクロックサイクル数を決定し、その結果、処理時間は、ターゲット時間 T_{target} を超えない。このことは、性能コントローラ 222 が以下の式を満たす数 K を決定すると述べるのに等しい。

【数 1】

$$T_{target} = \frac{K}{F_{max_estim_high}} + \frac{N-K}{F_{max_estim_low}} + T_{transition}$$

30

【0097】

周波数 $F_{max_estim_high}$ （および電圧 V_{high} ）での動作サイクル数 K は、性能コントローラ 222 により、信号 hop_F を用いてクロックジェネレータ 220 に指令するホップシーケンサ 224 に伝達され、その結果ジェネレータ 220 は、処理のうちの最初の K クロックサイクル中に（適合コントローラ 212 から受け取られる）周波数 $F_{max_estim_high}$ で、および次の $N - K$ サイクル中に（同様に適合コントローラ 212 から受け取られる）周波数 $F_{max_estim_low}$ で動作する。この目的を達成するために、ホップシーケンサ 224 の動作、およびコア 210 の動作は、たとえば（図 4 で同期と示される）同期情報を交換することにより同期させられる。

40

【0098】

上述のように、ジェネレータ 220 の制御ループの時定数を考慮するために、期間 $T_{transition}$ の遷移段階が提供されることがある。この場合、たとえばコア 210 の動作はこの遷移段階中に中断され、したがって、図 5 に表されるように、 N クロックサイクルは、遷移期間前の K サイクル、および遷移期間後の $N - K$ サイクルからなる。

【0099】

図 5 ではっきりと理解されるように、ホップシーケンサ 224 はまた、最初の K クロックサイクル中に高電圧 V_{high} を、残りの時間に、したがって特にデータ処理の終わり

50

に (N - K サイクル)、かつ処理されるべき次のデータを待つ段階中 (待ち時間 T_{target} が経過したが受信時間 T_{data} は経過していない) に低電圧 V_{low} を印加するように電圧セレクタ 214 に指令する (図 5 中、A はコア 210 の活動を表し、遷移時間 $T_{transition}$ は無視されている)。

【0100】

電圧セレクタ 214 は、たとえば K. Onizuka からの論文「VDD - Hopping Accelerator for On-chip Power Supplies Achieving Nano-Second Order Transient Time」、proceedings of the ASSCC、2005 年 11 月で説明されるタイプでできており、このタイプは、具体的には上記で言及された遷移中にブロックの中断を可能にする。

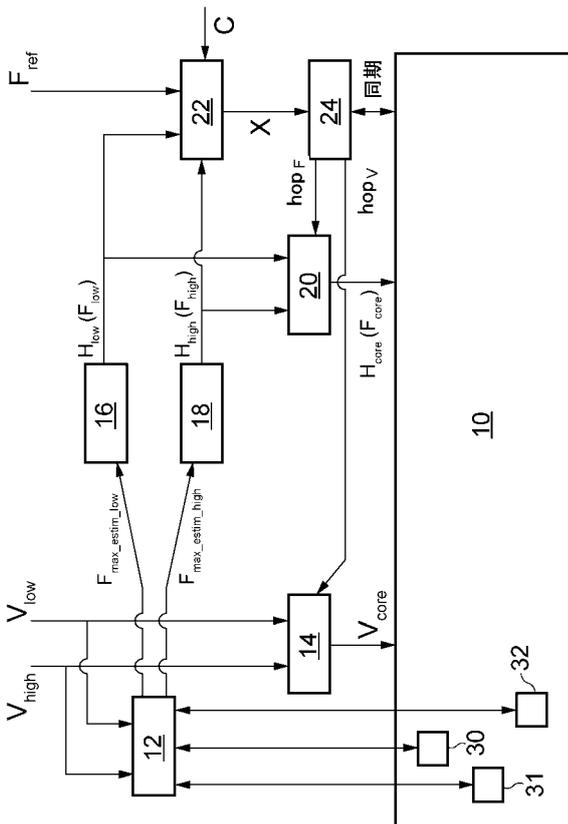
【0101】

上記の実施形態は、本発明を実現する可能な例でしかない。

【0102】

したがって、たとえば、一時的制約条件が本明細書では上記で想定されているが (満たされるべき待ち時間に対する周波数の形で表現されている)、制約条件は、異なる種類からなることがあり得る。たとえば、制約条件は、平均消費電力制約条件 (この制約条件を満たすように、高周波数での動作期間が制限される) とすることができる。

【図 1】



【図 2】

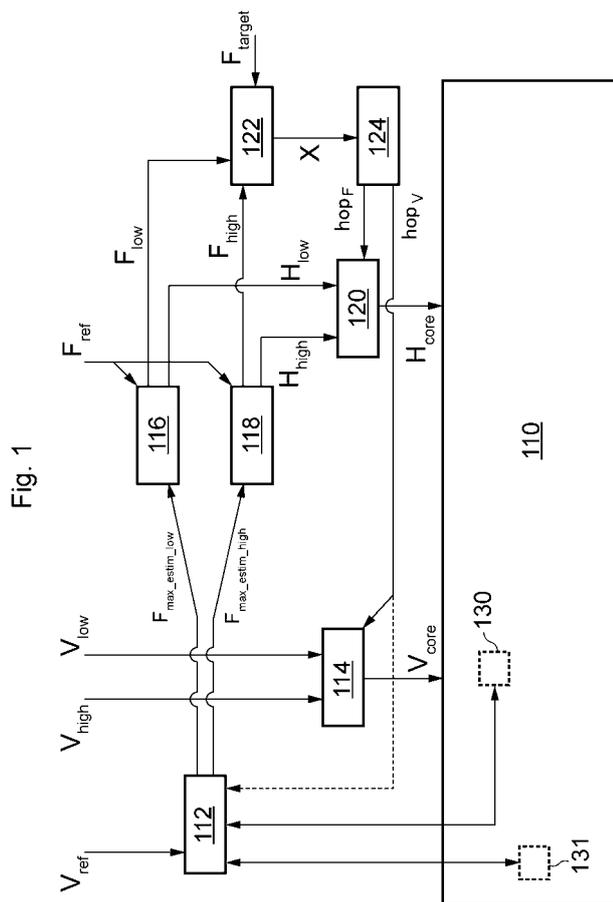


Fig. 2

【 図 3 】

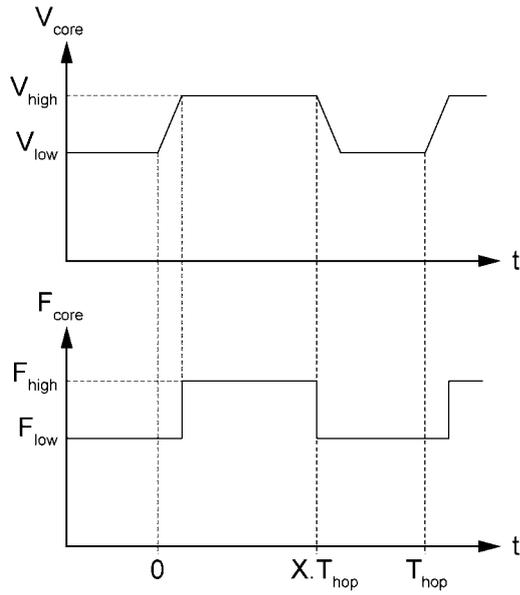


Fig. 3

【 図 4 】

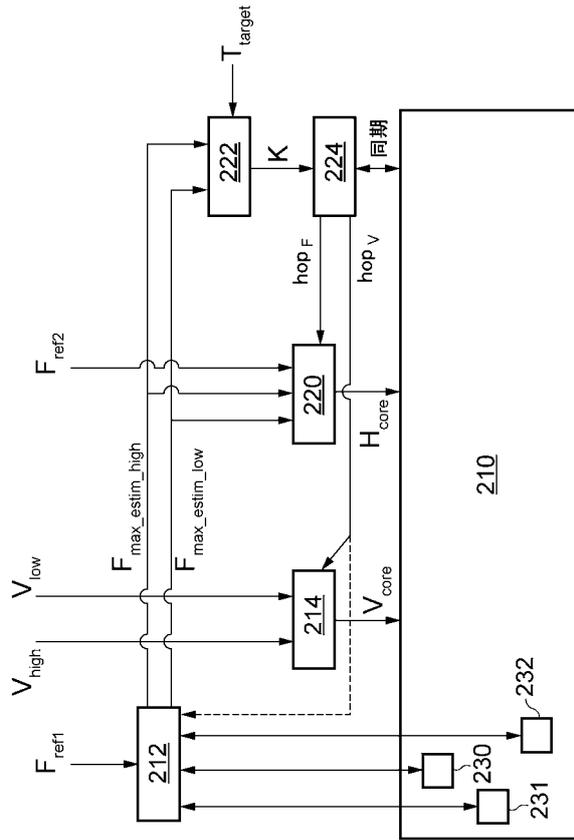


Fig. 4

【 図 5 】

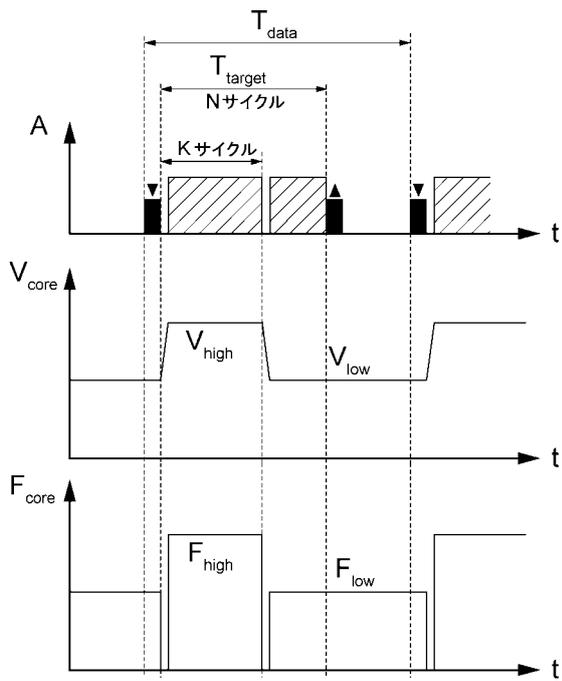


Fig. 5

【手続補正書】

【提出日】平成26年1月24日(2014.1.24)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

少なくとも第1の電圧、または第1の電圧と異なる第2の電圧を電子回路に印加し、第1の電圧は、第2の電圧より低い、電子回路に電力を供給するための装置であって、

第1の電圧に関連する第1の周波数を電子回路の少なくとも1つの動作パラメータに応じて決定する適合コントローラと、

制約条件を定義する情報を受け取り、第1の期間中第1の周波数で、第2の期間中第2の電圧に関連する第2の周波数で、回路の動作が前記制約条件を満たすような第1の期間および第2の期間を決定し、第1の周波数は、第2の周波数より低い、性能コントローラと、

第1の電圧源および第2の電圧源に結合する電圧セレクタおよび性能コントローラに結合する遷移シーケンサまたはホップシーケンサを含む印加回路であって、第1の期間中第1の電圧および第1の周波数を、第2の期間中第2の電圧および第2の周波数を、電子回路に順次印加する印加回路とを含み、

印加回路が、等間隔で、複数の周期の各周期の間、第1の電圧および第1の周波数の印加、ならびに第2の電圧および第2の周波数の印加を連続的に実行することを特徴とする、電力を供給するための装置。

【請求項2】

適合コントローラが、第2の周波数を電子回路の少なくとも1つの動作パラメータに応じて決定する手段をさらに含む、請求項1に記載の電力供給装置。

【請求項3】

電子回路の前記少なくとも1つの動作パラメータを測定する手段をさらに含む、請求項2に記載の電力供給装置。

【請求項4】

制約条件を定義する情報がターゲット周波数を含み、性能コントローラは、電子回路がターゲット周波数よりも高い平均実効周波数で動作するように、第1の期間および第2の期間を決定するように適合される、請求項1から3のいずれか一項に記載の電力供給装置。

【請求項5】

性能コントローラが、第1の期間と第2の期間の比を少なくとも第1の周波数に応じて決定することができる手段をさらに含む、請求項1から4のいずれか一項に記載の電力供給装置。

【請求項6】

前記動作パラメータが、電子回路の瞬時の動作条件を含む、請求項1から5のいずれか一項に記載の電力供給装置。

【請求項7】

適合コントローラが、第2の周波数を電子回路の少なくとも1つの瞬時の動作条件に応じて決定する手段をさらに含む、請求項6に記載の電力供給装置。

【請求項8】

性能コントローラが、第1の期間と第2の期間の比を第1の周波数および第2の周波数に応じて決定する手段をさらに含む、請求項7に記載の電力供給装置。

【請求項9】

印加回路が、第1の周波数を有する第1のクロック信号、および第2の周波数を有する

第 2 のクロック信号を受け取り、かつ第 1 の期間中に第 1 のクロック信号を、および第 2 の期間中に第 2 のクロック信号を電子回路に印加する周波数セレクタをさらに含む、請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載の電力供給装置。

【請求項 10】

印加回路が、第 1 の期間中に第 1 の周波数を有する第 1 のクロックを、第 2 の期間中に第 2 の周波数を有する第 2 のクロックを生成し、それらを電子回路に印加するクロックジェネレータをさらに含む、請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載の電力供給装置。

【請求項 11】

電圧セレクタが、第 1 の電圧および第 2 の電圧を受け取り、第 1 の期間中に第 1 の電圧を、および第 2 の期間中に第 2 の電圧を電子回路に印加する、請求項 1 から 10 のいずれか一項に記載の電力供給装置。

【請求項 12】

電圧セレクタが、
第 1 の電圧に等しい値から第 2 の電圧に等しい値まで可変の電圧を電子回路に印加する手段と、
可変電圧が第 2 の電圧に到達したときに、第 2 の電圧を電子回路に印加することを選択する手段とを含む、請求項 11 に記載の電力供給装置。

【請求項 13】

電圧セレクタが、
第 2 の電圧が印加されたときに、可変電圧を電子回路に印加する手段と、
可変電圧が印加されたときに、第 2 の電圧を取り除く手段と、
第 2 の電圧に等しい値から第 1 の電圧に等しい値まで可変電圧に指令する手段とを含む、請求項 12 に記載の電力供給装置。

【請求項 14】

前記制約条件が一時的な制約条件を含む、請求項 1 から 13 のいずれか一項に記載の電力供給装置。

【請求項 15】

電子回路がデジタル回路を含む、請求項 1 から 14 のいずれか一項に記載の電力供給装置。

【請求項 16】

電子回路が CMOS 技術で実現される回路を含む、請求項 1 から 15 のいずれか一項に記載の電力供給装置。

【請求項 17】

少なくとも第 1 の電圧、または第 1 の電圧より高い第 2 の電圧を用いて電子回路に電力を供給する方法であって、
第 1 の電圧に関連する第 1 の周波数を電子回路の少なくとも 1 つの動作パラメータに応じて決定するステップと、
制約条件を定義する情報を受け取るステップと、
第 1 の期間中に第 1 の周波数での、および第 2 の期間中に第 1 の周波数より高い第 2 の電圧に関連する第 2 の周波数での回路の動作が前記制約条件を満たすように、第 1 の期間および第 2 の期間を決定するステップと、
第 1 の期間中に第 1 の電圧および第 1 の周波数を、ならびに第 2 の期間中に第 2 の電圧および第 2 の周波数を、回路に順次印加するステップとを含み、
第 1 の電圧および第 1 の周波数の印加、ならびに第 2 の電圧および第 2 の周波数の印加の連続からなる周期が等間隔で実行されることを特徴とする、電力を供給する方法。

【請求項 18】

動作パラメータを周期的に測定するステップと、
測定されたパラメータに応じて第 1 の周波数を周期的に決定するステップとをさらに含む、請求項 17 に記載の電力供給方法。

【請求項 19】

第 1 の期間と第 2 の期間の比を、測定されたパラメータに応じて決定される第 1 の周波数に応じて周期的に決定するステップをさらに含む、請求項 18 に記載の電力供給方法。

フロントページの続き

(72)発明者 ベツテイナ・ルポー

フランス国、エフ - 3 8 0 0 0 ・グルノーブル、リュ・イルボワ・ 1 1

(72)発明者 パスカル・ビベ

フランス国、エフ - 3 8 7 6 0 ・サン・ポール・ドウ・バルセ、リュ・ドユ・ソルビエ、 1 9

Fターム(参考) 5B011 DC07 EA09 GG04 JA24 KK01 KK02 LL02 LL13

5B079 BA01 BC01