



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102053700 B

(45) 授权公告日 2015. 09. 16

(21) 申请号 201010543574. 5

审查员 任洪潮

(22) 申请日 2010. 11. 08

(30) 优先权数据

106822/09 2009. 11. 06 KR

(73) 专利权人 三星电子株式会社

地址 韩国京畿道

(72) 发明人 朴钟来

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 邵亚丽

(51) Int. Cl.

G06F 1/32(2006. 01)

(56) 对比文件

US 2006242433 A1, 2006. 10. 26, 说明书第
13 段至第 27 段, 附图 1 — 2.

US 5719800 A, 1998. 02. 17, 全文.

CN 101162405 A, 2008. 04. 16, 全文.

CN 101529361 A, 2009. 09. 09, 全文.

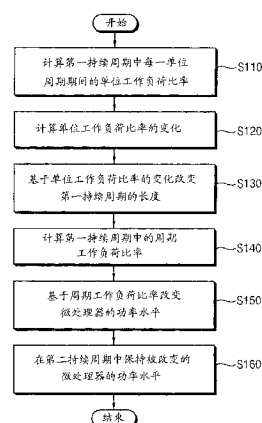
权利要求书3页 说明书17页 附图18页

(54) 发明名称

动态缩放微处理器的功率水平的方法

(57) 摘要

提供了一种动态缩放微处理器的功率水平的方法。所述方法包括：计算第一持续周期中在单位周期期间的单位工作负荷比率；基于单位工作负荷比率的变化改变第一持续周期的长度；通过累积第一持续周期中的单位工作负荷比率计算周期工作负荷比率；以及基于所计算的周期工作负荷比率改变微处理器的功率水平。



1. 一种动态缩放微处理器的功率水平的方法,所述方法包含:

计算在第一持续周期中微处理器在单位周期期间的单位工作负荷比率;

基于所计算的单位工作负荷比率的变化指数地改变第一持续周期的长度;

通过累积所计算的第一持续周期中的单位工作负荷比率计算周期工作负荷比率;和

基于所计算的周期工作负荷比率改变微处理器的功率水平,

其中改变第一持续周期的长度包含将单位工作负荷比率的变化与平稳参考值进行比较,并且基于比较结果相应地改变第一持续周期的长度。

2. 如权利要求 1 所述的方法,其中,微处理器的功率水平对应于微处理器的工作频率和微处理器的工作电压其中至少一个。

3. 如权利要求 2 所述的方法,其中,计算单位工作负荷比率包含:

计算第一持续周期中每一单位周期中的活动周期;

计算第一持续周期中每一单位周期中的空闲周期;和

基于第一持续周期中每一单位周期中的活动周期和空闲周期计算单位工作负荷比率。

4. 如权利要求 3 所述的方法,其中,基于活动周期和空闲周期计算单位工作负荷比率包含根据下式:

$$UWR = \frac{AT}{UT} = \frac{UT - IT}{UT}$$

计算单位工作负荷比率,其中 UWR 代表单位工作负荷比率,UT 代表第一持续周期中的每一单位周期,AT 代表第一持续周期中每一单位周期中的活动周期,并且 IT 代表第一持续周期中每一单位周期中的空闲周期。

5. 如权利要求 4 所述的方法,其中:

活动周期对应于其中主时钟信号被施加于微处理器的周期;并且

空闲周期对应于其中主时钟信号未被施加于微处理器的周期。

6. 如权利要求 5 所述的方法,其中,活动周期和空闲周期由操作系统 (OS) 确定。

7. 如权利要求 2 所述的方法,其中,改变第一持续周期的长度包含:

当单位工作负荷比率的变化大于平稳参考值时,指数地减小第一持续周期的长度;

当单位工作负荷比率的变化小于平稳参考值时,指数地增加第一持续周期的长度;和

当单位工作负荷比率的变化等于平稳参考值或者大致和平稳参考值相同时,保持第一持续周期的长度。

8. 如权利要求 7 所述的方法,其中,根据下式:

$$SPR = FPR \times 2^{-r(|dUWR| - SV)}$$

改变第一持续周期的长度,其中,FPR 代表先前的第一持续周期的长度,SPR 代表被改变的第一持续周期的长度,r 代表由用户确定的指数比,dUWR 代表单位工作负荷比率的变化,并且 SV 代表平稳参考值。

9. 如权利要求 7 所述的方法,其中,第一持续周期的长度在预定的最大周期长度和预定的最小周期长度之间改变。

10. 如权利要求 2 所述的方法,其中,计算周期工作负荷比率包含在把权重施加于单位工作负荷比率的同时累积第一持续周期中的单位工作负荷比率。

11. 如权利要求 10 所述的方法,其中,周期工作负荷比率根据下式

$$PWR = \frac{\sum_{x=1}^n (x^C \times UWR_x)}{\sum_{x=1}^n (x^C)}, C \geq 0$$

来计算,其中,PWR 代表周期工作负荷比率,UWR_x 代表第 x 个单位工作负荷比率,C 代表权重,并且 n 代表第一持续周期中的单位周期的数量。

12. 如权利要求 2 所述的方法,其中,改变微处理器的功率水平包含:

当周期工作负荷比率大于上参考值时,增大微处理器的功率水平;

当周期工作负荷比率小于下参考值时,减小微处理器的功率水平;和

当周期工作负荷比率在上参考值和下参考值之间时,保持微处理器的功率水平。

13. 如权利要求 12 所述的方法,其中,微处理器的功率水平在预定的最大功率水平和预定的最小功率水平之间改变。

14. 如权利要求 12 所述的方法,其中,通过在多个离散功率水平中顺序地选择一个来改变微处理器的功率水平。

15. 如权利要求 14 所述的方法,其中,多个离散的功率水平中的第一离散功率水平比多个离散的功率水平中的第二离散功率水平大两倍。

16. 如权利要求 2 所述的方法,还包含:

在第二持续周期中保持微处理器的被改变的功率水平,所述第二持续周期在第一持续周期之后。

17. 如权利要求 2 所述的方法,还包含:

基于外部命令把微处理器的功率水平改变到预先确定的功率水平。

18. 如权利要求 2 所述的方法,还包含:

基于外部命令把微处理器的功率水平调整预定的值。

19. 如权利要求 2 所述的方法,还包含:

基于外部命令把第一持续周期的长度改变为预先确定的周期长度。

20. 如权利要求 2 所述的方法,还包含:

基于外部命令把第一持续周期的长度调整预定的值。

21. 一种动态地缩放微处理器的功率水平的功率管理设备,所述功率管理设备包含:

工作负荷比率检测器,其输出微处理器的单位工作负荷比率和持续周期的长度;

功率管理单元,其基于由工作负荷比率检测器输出的单位工作负荷比率和持续周期的长度计算周期工作负荷比率;和

电压-时钟提供器,其基于所计算的周期工作负荷比率控制改变微处理器的功率水平,

其中工作负荷比率检测器基于单位工作负荷比率的变化指数地改变持续周期的长度,

其中改变持续周期的长度包含将单位工作负荷比率的变化与平稳参考值进行比较,并且基于比较结果相应地改变该持续周期的长度。

22. 如权利要求 21 所述的功率管理设备,其中,工作负荷比率检测器监测微处理器的工作状态以便输出单位工作负荷比率和持续周期的长度。

23. 如权利要求 21 所述的功率管理设备,其中:

功率管理单元输出用于基于所计算的周期工作负荷比率改变微处理器的功率水平的

水平控制信号 ;和

电压 - 时钟提供器基于由功率管理单元输出的水平控制信号控制改变微 处理器的功率水平。

24. 如权利要求 21 所述的功率管理设备, 其中, 电压 - 时钟提供器通过调整由所述电压 - 时钟提供器输出到微处理器的主时钟信号和由所述电压 - 时钟提供器输出到微处理器的主功率电压的大小其中至少一个来控制改变微处理器的功率水平。

25. 一种电子设备, 包含 :

微处理器 ;和

功率管理设备, 其动态地缩放微处理器的功率水平, 所述功率管理设备包含 :

工作负荷比率检测器, 其输出微处理器的单位工作负荷比率和持续周期的长度,

功率管理单元, 其基于由工作负荷比率检测器输出的单位工作负荷比率和持续周期的长度计算周期工作负荷比率, 和

电压 - 时钟提供器, 其基于所计算的周期工作负荷比率控制改变微处理器的功率水平,

其中工作负荷比率检测器基于单位工作负荷比率的变化指数地改变持续周期的长度,

其中改变持续周期的长度包含将单位工作负荷比率的变化与平稳参考值进行比较, 并且基于比较结果相应地改变该持续周期的长度。

动态缩放微处理器的功率水平的方法

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求 2009 年 11 月 6 日在韩国知识产权局 (KIPO) 递交的 No. 10-2009-0106822 号韩国专利申请的优先权, 其内容通过引用被完全包含于此。

技术领域

[0003] 示范性实施例涉及电子设备, 并具体涉及动态地缩放电子设备中的微处理器的功率水平的方法。

背景技术

[0004] 近来的电子设备消耗很高的功率, 因为电子设备中的微处理器基于高工作频率和 / 或高工作电压工作。高功耗是具有有限容量电池的移动电子设备的问题之一。因此, 已经提出了动态电压和频率缩放 (DVFS) 技术, 通过所述技术, 基于电子设备的工作模式 (例如活动模式和空闲模式) 改变微处理器的工作频率和 / 或工作电压。在 DVFS 技术中, 通过监视当前持续周期中的周期工作负荷比率, 并通过基于当前持续周期中的周期工作负荷比率预测微处理器的将来持续周期的功率水平, 可以改变所述微处理器的功率水平。但是, 在当前持续周期相对较长时, 微处理器的将来持续周期的功率水平可能被预测得不准确。此外, 在当前持续周期相对较短时, 可能引起因不必要的功率水平变化所致的微处理器功耗和性能退化。

发明内容

[0005] 示范性实施例提供了一种动态缩放微处理器的功率水平的方法, 利用所述方法可以准确地预测微处理器的将来持续周期的功率水平, 并且可以防止因不必要的功率水平变化所致的微处理器的功耗和性能退化。

[0006] 根据示范性实施例的一个方面, 提供了一种动态地缩放微处理器的功率水平的方法, 所述方法包括: 计算第一持续周期中在单位周期期间的单位工作负荷比率; 基于单位工作负荷比率的变化改变第一持续周期的长度; 通过累积所计算的第一持续周期中的单位工作负荷比率计算周期工作负荷比率; 和基于周期工作负荷比率改变微处理器的功率水平。

[0007] 微处理器的功率水平可以对应于微处理器的工作频率和微处理器的工作电压其中至少一个。

[0008] 通过计算每一单位周期中的活动周期, 通过计算每一单位周期中的空闲周期, 和通过基于每一单位周期中的活动周期和空闲周期估计单位工作负荷比率, 可以计算单位工作负荷比率。

[0009] 可以根据

$$[0010] \quad UWR = \frac{AT}{UT} = \frac{UT - IT}{UT}$$

[0011] 计算单位工作负荷比率,其中 UWR 代表单位工作负荷比率,UT 代表每一单位周期,AT 代表每一单位周期中的活动周期,并且 IT 代表每一单位周期中的空闲周期。

[0012] 活动周期可以对应于其中主时钟信号被施加于微处理器的周期;并且空闲周期可以对应于其中主时钟信号未被施加于微处理器的周期。

[0013] 活动周期和空闲周期可以由操作系统 (OS) 确定。

[0014] 通过当单位工作负荷比率的变化大于平稳参考值时,指数地减小第一持续周期的长度,当单位工作负荷比率的变化小于平稳参考值时,指数地增加第一持续周期的长度,以及当单位工作负荷比率的变化大致和平稳参考值相同时,保持第一持续周期的长度,可以改变第一持续周期的长度。

[0015] 可以根据

$$[0016] \quad SPR = FPR \times 2^{-r(|dUWR| - SV)}$$

[0017] 改变第一持续周期的长度,其中, FPR 代表先前的第一持续周期的长度, SPR 代表被改变的第一持续周期的长度, r 代表由用户确定的指数比, dUWR 代表单位工作负荷比率的变化,并且 SV 代表平稳参考值。

[0018] 第一持续周期的长度可以在预定的最大周期长度和预定的最小周期长度之间改变。

[0019] 通过在把权重施加于单位工作负荷比率的同时累积第一持续周期中的单位工作负荷比率可以计算周期工作负荷比率。

[0020] 周期工作负荷比率可以根据

$$[0021] \quad PWR = \frac{\sum_{x=1}^n (x^C \times UWR_x)}{\sum_{x=1}^n (x^C)}, C \geq 0$$

[0022] 计算,其中, PWR 代表周期工作负荷比率, UWR_x 代表第 x 个单位工作负荷比率, C 代表权重,并且 n 代表第一持续周期中的单位周期的数量。

[0023] 通过当周期工作负荷比率大于上参考值时,增大微处理器的功率水平,当周期工作负荷比率小于下参考值时,减小微处理器的功率水平,以及当周期工作负荷比率在上参考值和下参考值之间时,保持微处理器的功率水平,可以改变微处理器的功率水平。

[0024] 微处理器的功率水平可以在预定的最大功率水平和预定的最小功率水平之间改变。

[0025] 可以通过在多个离散功率水平中顺序地选择一个来改变微处理器的功率水平。

[0026] 离散功率水平中的第一离散功率水平可以比离散功率水平中的第二离散功率水平大两倍。

[0027] 动态地缩放微处理器的功率水平的方法还可以包括在与第一持续周期连贯的第二持续周期中保持微处理器的被改变的功率水平。

[0028] 动态地缩放微处理器的功率水平的方法还可以包括基于外部命令把微处理器的功率水平改变到预先确定的功率水平。

[0029] 动态地缩放微处理器的功率水平的方法还可以包括基于外部命令把微处理器的功率水平调整预定的值。

[0030] 动态地缩放微处理器的功率水平的方法还可以包括基于外部命令把第一持续周

期的长度改变为预先确定的周期长度。

[0031] 动态地缩放微处理器的功率水平的方法还可以包括基于外部命令把第一持续周期的长度调整预定的值。

[0032] 根据另一个示范性实施例,提供了一种动态地缩放微处理器的功率水平的功率管理设备,所述功率管理设备包括:工作负荷比率检测器,其输出微处理器的单位工作负荷比率和持续周期的长度;功率管理单元,其基于由工作负荷比率检测器输出的单位工作负荷比率和持续周期的长度计算周期工作负荷比率;和,电压-时钟提供器,其基于所计算的周期工作负荷比率控制改变微处理器的功率水平。

[0033] 根据另一个示范性实施例,提供了一种电子设备,包括:微处理器,和,功率管理设备,其动态地缩放微处理器的功率水平,所述功率管理设备包括:工作负荷比率检测器,其输出单位工作负荷比率和持续周期的长度;功率管理单元,其基于由工作负荷比率检测器输出的单位工作负荷比率和持续周期的长度计算周期工作负荷比率;和电压-时钟提供器,其基于所计算的周期工作负荷比率控制改变微处理器的功率水平。

[0034] 根据示范性实施例,动态地缩放微处理器的功率水平的方法通过当微处理器的工作状态在当前持续周期中不稳定时(例如当微处理器的工作状态在当前持续周期中快速改变时)指数地减小当前持续周期,可以准确地预测微处理器的将来持续周期的功率水平,并通过当微处理器的工作状态在当前持续周期中稳定时(例如当微处理器的工作状态在当前持续周期中逐渐改变时)指数地增加当前持续周期,防止因不必要的功率水平变化所致的微处理器的功耗和性能退化。

附图说明

[0035] 结合附图,从下列详细描述将更清楚地理解说明性、非限制示范性实施例,在附图中:

[0036] 图1是根据示范性实施例示出了动态缩放微处理器的功率水平的方法的流程图;

[0037] 图2是示出在根据示范性实施例的方法中使用的多个持续周期的图;

[0038] 图3是根据示范性实施例示出了所计算的单位工作负荷比率的例子流程图;

[0039] 图4是根据示范性实施例示出所计算的单位工作负荷比率的例子的图;

[0040] 图5是根据示范性实施例示出了被改变的持续周期的长度的例子的流程图;

[0041] 图6是根据示范性实施例示出被改变的持续周期的长度的例子的图;

[0042] 图7是根据示范性实施例示出了被改变的微处理器的功率水平的例子的流程图;

[0043] 图8是根据示范性实施例示出被改变的微处理器的功率水平的例子的图;

[0044] 图9是根据示范性实施例示出了基于外部命令改变到预先确定的功率水平的微处理器功率水平的例子的流程图;

[0045] 图10是根据示范性实施例示出基于外部命令被改变到预先确定的功率水平的微处理器功率水平的例子的图;

[0046] 图11是根据示范性实施例示出了基于外部命令被调整了预定的值的微处理器功率水平的例子的流程图;

[0047] 图12是根据示范性实施例示出基于外部命令被调整了预定的值的微处理器功率水平的例子的图;

[0048] 图 13 是根据示范性实施例示出了基于外部命令被改变到预先确定的周期长度的持续周期长度的例子的流程图；

[0049] 图 14 是根据示范性实施例示出基于外部命令被改变到预先确定的周期长度的持续周期长度的例子的图；

[0050] 图 15 是根据示范性实施例示出基于外部命令被调整了预定的值的持续周期长度的例子的流程图；

[0051] 图 16 是根据示范性实施例示出基于外部命令被调整了预定的值的持续周期长度的例子的图；

[0052] 图 17 是根据示范性实施例示出了用于动态缩放微处理器的功率水平的功率管理设备的框图；

[0053] 图 18 是根据示范性实施例示出了功率管理设备中的功率管理单元的框图；

[0054] 图 19 是根据示范性实施例示出了功率管理设备中的电压-时钟提供器的框图；和

[0055] 图 20 是根据示范性实施例示出了具有功率管理设备的电子设备的框图。

具体实施方式

[0056] 此后将参考附图更全面地描述各种示范性实施例。但是，本发明概念可以用很多不同的形式来实现，并且不应被理解为限于这里所给出的示范性实施例。相反，提供了这些示范性实施例以使本公开将会透彻和完整，并且将向本领域技术人员完全传递本发明概念的范围。在附图中，为了清晰可能夸大层和区域的尺寸和相对尺寸。相同的参考数字通篇指示相同的元件。

[0057] 将会理解，尽管在这里可能使用术语第一、第二、第三等来描述各种元件，但是这些元件不应受这些术语限制。这些术语被用于把一个元件与另一个进行区别。因此，下面讨论的第一元件可以被叫做第二元件而不偏离本发明概念的教导。如这里所使用的，术语“和/或”包括相关联列出项目中的一个或更多个的任意和全部组合。例如“其中至少一个”的表达当在元件列表之前时，修饰整个元件列表，并且不修饰该列表的各个元件。

[0058] 将会理解，当一个元件被称为“连接”或“耦合”到另一元件时，其可能直接连接或者耦合到另一元件，或者，可能存在居间元件。相反，当一个元件被称为“直接连接”或者“直接耦合”到另一元件时，不存在居间元件。用来描述元件之间的关系的其他单词应该被用相同方式解释（例如“在...之间”相对于“直接在...之间”，“与...相邻”相对于“直接与...相邻”，等等）。

[0059] 这里使用的术语只是为了描述具体实施例的目的，并非旨在限制本发明概念。如这里所使用的，单数形式“一”、“一个”和“该”预期也包括复数形式，除非上下文清楚地另有规定。将会理解，当在本说明书中使用时，术语“包含”规定了存在所陈述的特征、整体、步骤、操作、元件，和/或部件，但是不排除存在或者添加一个或更多个其他的特征、整体、步骤、操作、元件，部件，和/或它们的组。

[0060] 除非另外定义，这里使用的所有术语（包括技术和科学术语）具有和本发明概念所属技术领域的本领域技术人员通常理解的相同的含义。将会理解，例如在常用字典中所定义的那些术语，应该被解释为具有与其在相关技术的上下文中的含义一致的含义，并且将不被以理想化或者过于正式的意义解释，除非在这里明确地如此定义。

[0061] 图 1 是根据示范性实施例示出了动态缩放微处理器的功率水平的方法的流程图。参考图 1, 在动态缩放微处理器的功率水平的方法中, 在第一持续周期中的每一单位周期期间可以计算单位工作负荷比率 (操作 S110)。基于单位工作负荷比率可以计算单位工作负荷比率的变化 (操作 S120)。基于单位工作负荷比率的变化, 可以指数地改变第一持续周期的长度 (操作 S130)。通过累积第一持续周期中的单位工作负荷比率, 可以计算周期工作负荷比率 (操作 S140)。基于周期工作负荷比率可以改变微处理器的功率水平 (操作 S150)。此外, 在第二持续周期中可以保持被改变的微处理器的功率水平 (操作 S160)。

[0062] 在动态缩放微处理器的功率水平的方法中, 可以基于当前持续周期中的周期工作负荷比率改变微处理器的功率水平 (例如工作频率和 / 或工作电压)。即, 基于当前工作周期中的周期工作负荷比率, 可以确定将来持续周期的微处理器的功率水平。具体来说, 通过假设将来持续周期中的周期工作负荷比率将类似于当前持续周期中的周期工作负荷比率来预测微处理器的功率水平。这里, 当确定微处理器的功率水平相对较低时, 增加微处理器的功率水平, 以使微处理器可以以较高性能工作。此外, 当确定微处理器的功率水平相对较高时, 可以减小微处理器的功率水平, 以使微处理器可以消耗较低功率。但是, 在相关技术 DVFS 技术中, 持续周期的长度是固定的, 或者线性变化的, 所以持续周期的长度可能不反映微处理器的工作状态。在另一方面, 在动态缩放微处理器的功率水平的方法中, 持续周期的长度被指数地改变, 以使持续周期的长度可以准确地反映微处理器的工作状态。

[0063] 在第一持续周期中的每一单位周期期间可以计算单位工作负荷比率 (操作 S110)。第一持续周期可以对应于当前持续周期。通过累积第一持续周期中的单位工作负荷比率, 可以计算周期工作负荷比率 (操作 S140)。基于周期工作负荷比率可以改变微处理器的功率水平 (操作 S150)。此外, 在第二持续周期中可以保持被改变的微处理器功率水平 (操作 S160)。第二持续周期可以对应于将来的持续周期。在示范性实施例中, 第二持续周期可以和第一持续周期是连贯的。这里, 通过在第一持续周期中从下一单位工作负荷比率 (例如第二单位工作负荷比率) 减去前一单位工作负荷比率 (例如第一单位工作负荷比率), 可以计算单位工作负荷比率的变化 (操作 S120)。因此, 基于单位工作负荷比率的变化可以指数地改变第一持续周期的长度 (操作 S130)。在示范性实施例中, 单位工作负荷比率可以被定义为微处理器在特定单位周期期间执行的实际工作负荷相对于微处理器在特定单位周期期间能够执行的最大工作负荷的比。此外, 周期工作负荷比率可以被定义为微处理器在特定持续周期期间执行的实际工作负荷相对于微处理器在特定持续周期期间能够执行的最大工作负荷的比。此后, 将详细地描述动态地缩放微处理器的功率水平的方法。

[0064] 在第一持续周期中, 在每一单位周期期间可以计算单位工作负荷比率 (操作 S110)。这里, 单位周期的长度具有由系统或者用户确定的固定值, 而第一持续周期的长度具有可变值, 其基于单位工作负荷比率的变化而持续地指数改变。例如, 可以基于系统时钟 (tick) 确定单位周期的长度。在示范性实施例中, 在每一单位周期中计算过活动周期和空闲周期以后, 可以基于每一单位周期中的活动周期和空闲周期估计单位工作负荷比率。活动周期可以对应于其中主时钟信号被施加于微处理器的周期。空闲周期可以对应于其中主时钟信号未被施加于微处理器的周期。活动周期和空闲周期可以由诸如 Linux、Windows 等的操作系统 (OS) 确定。例如, 在操作系统确定了特定单位周期中的空闲周期以后, 通过从该特定单位周期减去空闲周期可以确定该特定单位周期中的活动周期。

[0065] 在第一持续周期中的每一单位周期期间计算过单位工作负荷比率（操作 S110）以后，可以计算单位工作负荷比率的变化（操作 S120）。在示范性实施例中，单位工作负荷比率的变化可以对应于通过从下一单位工作负荷比率减去前一单位工作负荷比率（即在第 n 个单位周期期间计算的单位工作负荷比率）所产生的值，所述下一单位工作负荷比率是在第一持续周期中的第 $n+1$ 个单位周期期间计算的单位工作负荷比率。在单位工作负荷比率的变化被依次地计算的同时（操作 S120），可以基于单位工作负荷比率的变化指数地改变第一持续周期的长度（操作 S130）。如上所述，可以基于单位工作负荷比率的每一变化指数地改变第一持续周期的长度。或者，可以按用户设置基于单位工作负荷比率的某些变化指数地改变第一持续周期的长度。例如，可以基于单位工作负荷比率的每一奇数变化或者基于单位工作负荷比率的每一偶数变化指数地改变第一持续周期的长度。在示范性实施例中，当单位工作负荷比率的变化大于平稳参考值时，可以指数地减小第一持续周期的长度，当单位工作负荷比率的变化小于平稳参考值时，可以指数地增加第一持续周期的长度，并且，当单位工作负荷比率的变化等于或者大致和平稳参考值相同时，可以保持第一持续周期的长度。这里，平稳参考值可以基于系统的条件不同地确定。

[0066] 通常，当单位工作负荷比率的变化相对较大时（即当微处理器的工作状态在第一持续周期中快速改变时），确定微处理器的工作状态不稳定。在这种情况下，如果第一持续周期的长度相对较长，则第一持续周期不能准确地反映微处理器的工作状态。结果，当所预测的第二持续周期的微处理器的功率水平和第二持续周期中的实际周期工作负荷比率相比相对较高时，可能产生过冲（overshoot）。此外，当所预测的第二持续周期的微处理器的功率水平和第二持续周期中的实际周期工作负荷比率相比相对较低时，可能产生下冲（undershoot）。在另一方面，当单位工作负荷比率的变化相对较小时（即当微处理器的工作状态在第一持续周期中逐渐变化时），确定微处理器的工作状态是稳定的。在这种情况下，如果第一持续周期的长度相对较短，则可能执行不必要的功率水平变化。结果，可能引起因不必要的功率水平变化所致的微处理器的功率消耗和性能退化。因此，为了克服这些问题，当微处理器的工作状态在第一持续周期中不稳定时，根据示范性实施例的动态缩放微处理器的功率水平的方法可以指数地减小第一持续周期，并且，当微处理器的工作状态在第一持续周期中稳定时，可以指数地增大第一持续周期。

[0067] 通过累积第一持续周期中的单位工作负荷比率可以计算周期工作负荷比率（操作 S140）。在示范性实施例中，通过在把权重施加于单位工作负荷比率的同时累积第一持续周期中的单位工作负荷比率，可以计算周期工作负荷比率。例如，相对较大的权重可以被施加于较晚计算的单位工作负荷比率，并且相对较小的权重可以被施加于较早计算的单位工作负荷比率。但是，把权重施加于单位工作负荷比率可能是诸如移动通信终端的移动系统上的沉重负担。因此，当通过累积第一持续周期中的单位工作负荷比率计算周期工作负荷比率时，把权重施加于第一持续周期中的单位工作负荷比率可以根据系统特性选择性地执行。

[0068] 微处理器的功率水平指示了该微处理器消耗了多少功率。因此，微处理器的功率水平可以对应于微处理器的工作频率和 / 或工作电压。即，相对较高的微处理器的功率水平可以指示该微处理器使用了相对较高的工作频率和 / 或相对较高的工作电压。例如，当微处理器的功率水平（即工作频率和 / 或工作电压）相对较高时，可以确定微处理器消耗

了相对较高的功率来以高速度工作。因此,给微处理器提供和实际周期工作负荷比率相比具有相对较高的频率的时钟信号和/或具有相对较高电平的功率电压可能导致不必要的功耗。通常,微处理器的工作频率和微处理器的工作电压相关。结果,当微处理器的工作频率增加时,微处理器的工作电压也增加。类似地,当微处理器的工作电压增加时,微处理器的工作频率也增加。

[0069] 可以基于周期工作负荷比率改变微处理器的功率水平(操作 S150)。在示范性实施例中,当第一持续周期中的周期工作负荷比率大于上参考值时,可以增加微处理器的功率水平,当第一持续周期中的周期工作负荷比率小于下参考值时,可以减小微处理器的功率水平,并且当第一持续周期中的周期工作负荷比率在上参考值和下参考值之间时,可以保持微处理器的功率水平。在示范性实施例中,可以通过在多个离散的功率水平中顺序地选择一个来改变微处理器的功率水平。这里,离散的功率水平其中之一可以比离散的功率水平中的另一个大两倍。例如,通过在多个离散的工作频率(例如 500MHz、250MHz、125MHz)中顺序地选择一个,可以改变微处理器的功率水平。即,微处理器的工作频率可以被顺序地增加(例如 125MHz-250MHz-500MHz),并且,微处理器的工作频率可以被顺序地减小(例如 500MHz-250MHz-125MHz)。应该理解,离散的功率水平不限于此,并且离散的功率水平的数量、值等可以被基于例如微处理器的状况不同地确定。在示范性实施例中,通过逐渐调整(即增加或者减小)微处理器的功率水平,可以改变微处理器的功率水平。微处理器的工作频率和工作电压可以被一起改变。

[0070] 在和第一持续周期连贯的第二持续周期中,可以保持改变的微处理器的功率水平(操作 S160)。和第一持续周期一样,第二持续周期可以被基于在第二持续周期中计算的单位工作负荷比率的变化指数地改变。在示范性实施例中,当输入外部命令时,改变的微处理器的功率水平可以被改变到预先确定的功率水平,或者可以被调整(即增加或者减小)预定的值。即,当在第二持续周期中不适于保持被改变的微处理器的功率水平时(例如当过度引起过冲或者下冲时),被改变的微处理器的功率水平可以基于外部命令改变到预先确定的功率水平,或者,可以被调整(即增加或者减小)预定的值。在示范性实施例中,当输入外部命令时,第一持续周期的长度可以被基于执行应用程序的微处理器的状况改变到预先确定的周期长度,或者,可以被调整预定的值。如上所述,动态地缩放微处理器的功率水平的方法可以准确地预测将来持续周期(即第二持续周期)的微处理器的功率水平,并且可以通过基于在当前持续周期中的每一单位周期期间计算的单位工作负荷比率的变化指数地改变当前持续周期(即第一持续周期)的长度防止因不必要的功率水平变化所致的微处理器的功耗和性能退化。

[0071] 图 2 是示出在根据示范性实施例的方法中使用的多个持续周期的图。参考图 2,第一持续周期可以对应于从第一时间点 $T(n-1)$ 到第二时间点 $T(n)$ 的周期。第二持续周期可以对应于从第二时间点 $T(n)$ 到第三时间点 $T(n+1)$ 到的周期。如上所述,可以基于第一持续周期中单位工作负荷比率的变化指数地改变第一持续周期的长度。可以基于第二持续周期中单位工作负荷比率的变化指数地改变第二持续周期的长度。即,第一持续周期的长度和第二持续周期的长度是可变的值,它们基于微处理器的工作状态指数地改变。因此,随着时间流逝,第一到第三时间点 $T(n-1)$ 、 $T(n)$ 和 $T(n+1)$ 可以左右移动。

[0072] 在图 1 的方法中,可以基于第一持续周期中的周期工作负荷比率确定第二持续周

期微处理器的功率水平。如上所述,通过假设第二持续周期中的周期工作负荷比率将类似于第一持续周期中的周期工作负荷比率来预测第二持续周期的微处理器的功率水平。在示范性实施例中,通过调整(即增加或者减小)第一持续周期的微处理器的功率水平,可以确定第二持续周期的微处理器的功率水平。在相关技术的 DVFS 技术中,持续周期的长度可能不能反映持续周期中的微处理器的工作状态,因为持续周期的长度是固定的或者线性变化的。结果,如果持续周期相对较长,则相关技术 DVFS 技术可能不准确地预测将来持续周期的微处理器的功率水平。此外,相关技术 DVFS 技术可能导致因不必要的功率水平变化所致的微处理器的功耗和性能退化。

[0073] 在另一方面,在根据示范性实施例的动态地缩放微处理器的功率水平的方法中,可以计算第一持续周期中每一单位周期期间的单位工作负荷比率,并且可以基于单位工作负荷比率的变化持续指数改变第一持续周期的长度。结果,当微处理器的工作状态在第一持续周期中不稳定时(即当微处理器的工作状态在第一持续周期中快速变化时),根据示范性实施例的方法通过指数地减小第一持续周期的长度可以准确地预测第二持续周期的微处理器的功率水平。此外,当微处理器的工作状态在第一持续周期中稳定时(即微处理器的工作状态在第一持续周期中逐渐变化时),根据示范性实施例的方法通过指数地增加第一持续周期的长度,可以防止因不必要的功率水平变化所致的微处理器的功耗和性能退化。具体来说,根据示范性实施例的方法可以实现对微处理器的工作状态的高反应性,因为持续周期的长度被指数地变化。此外,在根据示范性实施例的方法中,当持续周期的长度不准确地反映在持续周期中微处理器的工作状态时,基于外部命令,持续周期的长度可以被改变到预先确定的周期长度,或者可以被调整(即增加或者减小)预定的值。

[0074] 在第一持续周期的结束时间点 $T(n)$ (即第一持续周期的长度和第一持续周期中的单位周期的长度之和相同的时间点),基于第一持续周期中的周期工作负荷比率,可以预测第二持续周期的微处理器的功率水平(即工作频率和/或工作电压)。因此,在第二持续周期中可以保持所预测的微处理器的功率水平。类似地,在第二持续周期的结束时间点 $T(n+1)$ (即第二持续周期的长度和第二持续周期中的单位周期的长度之和相同的时间点),基于第二持续周期中的周期工作负荷比率,可以预测第三持续周期的微处理器的功率水平。如上所述,根据示范性实施例的动态缩放微处理器的功率水平的方法可以基于持续周期中微处理器的工作状态自适应地改变持续周期的长度。在示范性实施例中,当微处理器的功率水平和该微处理器使用的实际功率水平不同时,微处理器的功率水平可以基于外部命令改变到预先确定的功率水平,或者可以被调整(即增加或者减小)预定的值。

[0075] 图 3 是根据示范性实施例示出了在动态缩放微处理器的功率水平的方法中所计算的单位工作负荷比率的例子流程图。参考图 3,在每一单位周期中可以计算活动周期(操作 S220)。另外,在每一单位周期中可以计算空闲周期(操作 S240)。基于每一单位周期中的活动周期和空闲周期,可以估计单位工作负荷比率。在示范性实施例中,可以使用以下[表达式 1]来估计单位工作负荷比率。

$$[0076] \quad UWR = \frac{AT}{UT} = \frac{UT - IT}{UT} \quad [表达式 1]$$

[0077] 在表达式 1 中,UWR 代表单位工作负荷比率,UT 代表每一个单位周期,AT 代表每一单位周期中的活动周期,并且 IT 代表每一单位周期中的空闲周期。

[0078] 如上所述,活动周期可以是其中主时钟信号被施加于微处理器的周期,并且空闲周期可以是其中主时钟信号未被施加于微处理器的周期。例如,活动周期可以对应于移动通信终端的业务模式和 / 或待机模式的周期,并且空闲周期可以对应于移动通信终端的休眠模式的周期。活动周期和空闲周期都可以由操作系统 (OS) 确定。此外,施加于微处理器的主时钟信号的频率可以对应于微处理器的工作频率。根据示范性实施例,[表达式 1] 可以被基于微处理器的状况修改。

[0079] 图 4 是根据示范性实施例示出在动态缩放微处理器的功率水平的方法中所计算的单位工作负荷比率的例子。参考图 4,可以基于第一活动周期 AT1 和第一空闲周期 IT1 估计第一单位工作负荷比率,并且可以基于第二活动周期 AT2 和第二空闲周期 IT2 估计第二单位工作负荷比率。例如,第一单位工作负荷比率可以被计算为 $UWR1 = (UT1 - IT1) / UT1 = AT1 / UT1$ 。第二单位工作负荷比率可以被计算为 $UWR2 = (UT2 - IT2) / UT2 = AT2 / UT2$ 。如图 4 中所示,第一单位周期 UT1 的长度和第二单位周期 UT2 的长度是固定的。此外,第一单位周期 UT1 的长度和第二单位周期 UT2 的长度是相同的。在估计过第一单位工作负荷比率和第二单位工作负荷比率以后,通过从第二单位工作负荷比率减去第一单位工作负荷比率可以计算单位工作负荷比率的变化。即,单位工作负荷比率的变化可以被计算为 $dUWR = (UWR2 - UWR1) = (AT2 - AT1) / UT$ 。以这种方式,单位工作负荷比率的变化可以被持续计算,直到持续周期的结束时间点为止。结果,持续周期的长度可以被基于单位工作负荷比率的变化持续改变。这里,可以响应于单位工作负荷比率的每一个变化改变持续周期的长度。或者,根据用户设置,可以响应于单位工作负荷比率的某些变化改变持续周期的长度。

[0080] 图 5 是根据示范性实施例示出了在动态缩放微处理器的功率水平的方法中被改变的持续周期的长度的例子流程图。参考图 5,单位工作负荷比率的变化可以和平稳参考值进行比较 (操作 S310)。可以确定单位工作负荷比率的变化是否大于平稳参考值 (操作 S320)。如果单位工作负荷比率的变化大于平稳参考值,则可以指数减小持续周期的长度 (操作 S330)。可以确定单位工作负荷比率的变化是否小于平稳参考值 (操作 S340)。如果单位工作负荷比率的变化小于平稳参考值,则持续周期的长度可以被指数地增加 (操作 S350)。此外,如果单位工作负荷比率的变化和平稳参考值相同,则可以保持持续周期的长度 (操作 S360)。例如,持续周期的长度可以在预定的最大周期长度和预定的最小周期长度之间变化。在示范性实施例中,可以使用下面的 [表达式 2] 来改变持续周期的长度。

[0081] $SPR = FPR \times 2^{-r(|dUWR| - SV)}$ [表达式 2]

[0082] 在表达式 2 中,FPR 代表持续周期先前的长度,SPR 代表持续周期的被改变的长度,r 代表由用户确定的指数比,dUWR 代表单位工作负荷比率的变化,并且 SV 代表平稳参考值。

[0083] 如上所述,当单位工作负荷比率的变化相对较大时,持续周期的长度可以被指数减小 (操作 S330)。因此,持续周期的长度可以准确地反映微处理器的工作状态。此外,当单位工作负荷比率的变化相对较小时,持续周期的长度可以被指数地增加 (操作 S350)。因此,可以防止因不必要的功率水平变化所致的微处理器性能退化和功耗。结果,根据示范性实施例的动态缩放微处理器的功率水平的方法可以基于微处理器的工作状态自适应地改变持续周期的长度。根据示范性实施例,[表达式 2] 可以被基于微处理器的状况修改。

[0084] 图 6 是根据示范性实施例示出在动态缩放微处理器的功率水平的方法中被改变的持续周期的长度的例子图。参考图 6,持续周期的长度可以被持续指数地改变。在相

关技术中,持续周期的长度是固定的或者线性变化。因此,持续周期的长度可能不能准确反映微处理器的工作状态。在另一方面,在根据示范性实施例的方法中,通过计算每一单位周期 UT1 到 UTn 期间的单位工作负荷比率,并通过基于单位工作负荷比率的变化指数地改变持续周期的长度,持续周期的长度可以准确地反映微处理器的工作状态。如上所述,单位周期 UT1 到 UTn 的长度是固定的。此外,单位周期 UT1 的长度具有相同的值。如图 6 中所示,根据示范性实施例的方法通过计算每一单位周期 UT1 到 UTn 期间的单位工作负荷比率,并通过基于单位工作负荷比率的变化指数地改变持续周期的长度可以实现对微处理器的工作状态的高反应性。因此,在持续周期的结束时间点(即持续周期的长度和单位周期 UT1 到 UTn 的长度之和相同的时间点),可以基于持续周期的周期工作负荷比率改变微处理器的功率水平。

[0085] 图 7 是根据示范性实施例示出了在动态缩放微处理器的功率水平的方法中被改变的微处理器的功率水平的例子流程图。参考图 7,周期工作负荷比率可以和上参考值和下参考值进行比较(操作 S410)。这里,周期工作负荷比率可以是在持续周期中的每一单位周期期间计算的单位工作负荷比率之和。可以确定周期工作负荷比率是否大于上参考值(操作 S420)。如果周期工作负荷比率大于上参考值,则可以增加微处理器的功率水平(操作 S430)。可以确定周期工作负荷比率是否小于下参考值(操作 S440)。如果周期工作负荷比率小于下参考值,则可以减小微处理器的功率水平(操作 S450)。此外,如果周期工作负荷比率在上参考值和下参考值之间,则可以保持微处理器的功率水平(操作 S460)。例如,可以在预定的最大功率水平和预定的最小功率水平之间改变微处理器的功率水平。在示范性实施例中,通过顺序地选择离散功率水平其中之一可以改变微处理器的功率水平。例如,通过顺序选择离散的工作频率(例如 500MHz、250MHz、125MHz)其中之一,可以改变微处理器的功率水平。根据示范性实施例,基于微处理器的状况可以不同地确定离散的功率水平。

[0086] 通过累积在持续周期中每一单位周期期间计算的单位工作负荷比率可以计算周期工作负荷比率。在示范性实施例中,可以通过在把权重施加于单位工作负荷比率的同时累积在持续周期中的单位工作负荷比率来计算周期工作负荷比率。例如,最大权重可以被施加于最近的单位工作负荷比率,并且最小的权重可以被施加于最早的单位工作负荷比率。在一个示例实施例中,可以使用以下[表达式 3]计算周期工作负荷比率。

$$[0087] \quad PWR = \frac{\sum_{x=1}^n (x^C \times UWR_x)}{\sum_{x=1}^n (x^C)}, C \geq 0 \quad [\text{表达式 3}]$$

[0088] 在表达式 3 中, PWR 代表周期工作负荷比率, UWR_x 代表第 (n) 个单位工作负荷比率, C 代表权重, 并且持续周期包括 n 个单位周期。

[0089] 可以根据系统性能选择性地执行把权重施加于单位工作负荷比率, 因为把权重施加于单位工作负荷比率可能在特定系统上强加沉重的负担。因此, 基于微处理器的状况可以不同地设置权重。例如, 在例如移动通信终端的移动系统中权重可以被设置为 0。根据示范性实施例, [表达式 3] 可以被基于微处理器的状况修改。

[0090] 图 8 是根据示范性实施例示出在动态缩放微处理器的功率水平的方法中被改变的微处理器的功率水平的例子图。参考图 8, 可以基于周期工作负荷比率改变微处理器

的功率水平。可以通过顺序选择离散的功率水平其中之一来改变微处理器的功率水平。这里,离散的功率水平其中之一可以比离散的功率水平中的另一个大两倍。例如,第三功率水平‘水平 3’可以比第二功率水平‘水平 2’大两倍,并且第二功率水平‘水平 2’可以比第一功率水平‘水平 1’大两倍。为了描述方便,第 (n) 个持续周期被定义成是从第 (n) 个时间点 $T(n)$ 到第 (n+1) 个时间点 $T(n+1)$ 。例如,当第一持续周期的周期工作负荷比率大于上参考值时,微处理器的功率水平可以从第一功率水平‘水平 1’增加到第二功率水平‘水平 2’。此外,当第三持续周期的周期工作负荷比率小于下参考值时,微处理器的功率水平可以从第三功率水平‘水平 3’减小到第二功率水平‘水平 2’。此外,当第五持续周期的周期工作负荷比率在上参考值和下参考值之间时,微处理器的功率水平可以被保持为第三功率水平‘水平 3’。如上所述,通过把第 (n) 个持续周期的周期工作负荷比率和上参考值及下参考值进行比较,可以确定(即预测)第 (n+1) 个持续周期的微处理器的功率水平。

[0091] 图 9 是根据示范性实施例示出了在动态缩放微处理器的功率水平的方法中基于外部命令改变到预先确定的功率水平的微处理器功率水平的例子流程图。参考图 9,如果在持续周期中保持微处理器的功率水平的同时(操作 S520)输入了外部命令(操作 S540),则微处理器的功率水平可以被改变到预先确定的功率水平(操作 S560)。如上所述,基于第 (n) 个持续周期的周期工作负荷比率预测第 (n+1) 个持续周期的微处理器的功率水平。因此,所预测的微处理器的功率水平可能和该处理器使用的实际功率水平不同。在这种情况下,通过基于外部命令把微处理器的功率水平改变到预先确定的功率水平,微处理器的功率水平可以被改变到微处理器使用的实际功率水平。在示范性实施例中,可以基于外部命令从多个离散的功率水平选择预先确定的功率水平。在示范性实施例中,预先确定的功率水平可以是微处理器的最大功率水平或者最小功率水平。此外,外部命令可以包括有关于被改变的微处理器的功率水平将持续多久的信息。

[0092] 图 10 是根据示范性实施例示出在动态缩放微处理器的功率水平的方法中基于外部命令被改变到预先确定的功率水平的微处理器功率水平的例子图。参考图 10,如果在持续周期中保持微处理器的功率水平的同时输入了第一外部命令‘命令 1’或者第二外部命令‘命令 2’,则微处理器的功率水平可以被改变到第一预定的功率水平‘PD 水平 1’或者第二预定的功率水平‘PD 水平 2’。为了描述方便,第 (n) 个持续周期被定义成是从第 (n) 个时间点 $T(n)$ 到第 (n+1) 个时间点 $T(n+1)$ 。例如,基于第二持续周期的周期工作负荷比率,可以确定第三持续周期的微处理器的功率水平是第三功率水平‘水平 3’。因此,在第三持续周期中微处理器的功率水平可以被保持为第三功率水平‘水平 3’。如果确定第三持续周期的微处理器的功率水平和该微处理器在第三持续周期中使用的实际功率水平相比相对较小,则可以输入第一外部命令‘命令 1’。结果,基于第一外部命令‘命令 1’,可以把第三持续周期的微处理器的功率水平改变到第一预定的功率水平‘PD 水平 1’。类似地,基于第四持续周期的周期工作负荷比率,可以确定第五持续周期的微处理器的功率水平是第三功率水平‘水平 3’。因此,在第五持续周期中,微处理器的功率水平可以被保持为第三功率水平‘水平 3’。如果确定第五持续周期的微处理器的功率水平和该微处理器在第五持续周期中使用的实际功率水平相比相对较大,则可以输入第二外部命令‘命令 2’。结果,基于第二外部命令‘命令 2’,可以把第五持续周期的微处理器的功率水平改变到第二预定的功率水平‘PD 水平 2’。

[0093] 图 11 是根据示范性实施例示出了在动态缩放微处理器的功率水平的方法中基于外部命令被调整了预定的值的微处理器功率水平的例子流程图。参考图 11, 如果在持续周期中保持微处理器的功率水平 (操作 S620) 的同时输入外部命令 (操作 S640), 则可以把微处理器的功率水平调整 (即增加或者减小) 预定的值 (操作 S660)。如上所述, 基于第 (n) 个持续周期的周期工作负荷比率预测第 (n+1) 个持续周期的微处理器的功率水平。因此, 所预测的微处理器的功率水平可能和该微处理器使用的实际功率水平不同。在这种情况下, 可以基于外部命令把微处理器的功率水平调整 (即增加或者减小) 预定的值以便变为该微处理器使用的实际功率水平。此外, 外部命令可以包括有关于微处理器的被调整的功率水平将持续多久的信息。

[0094] 图 12 是根据示范性实施例示出在动态缩放微处理器的功率水平的方法中基于外部命令被调整了预定的值的微处理器功率水平的例子图。参考图 12, 如果在持续周期中保持微处理器的功率水平的同时输入第一外部命令 ‘命令 1’ 或者第二外部命令 ‘命令 2’, 则微处理器的功率水平可以被调整预定的值 ΔP 。为了描述方便, 第 (n) 个持续周期被定义成是从第 n 个时间点 T(n) 到第 n+1 个时间点 T(n+1)。例如, 基于第二持续周期的周期工作负荷比率可以确定第三持续周期的微处理器的功率水平是第三功率水平 ‘水平 3’。因此, 在第三持续周期中, 微处理器的功率水平可以被保持为第三功率水平 ‘水平 3’。如果确定第三持续周期的微处理器的功率水平和该微处理器在第三持续周期中使用的实际功率水平相比相对较小, 则可以输入第一外部命令 ‘命令 1’。结果, 基于第一外部命令 ‘命令 1’, 可以把第三持续周期的微处理器的功率水平增加预定的值 ΔP 。类似地, 基于第四持续周期的周期工作负荷比率, 可以确定第五持续周期的微处理器的功率水平是第三功率水平 ‘水平 3’。因此, 在第五持续周期中, 微处理器的功率水平可以被保持为第三功率水平 ‘水平 3’。如果确定第五持续周期的微处理器的功率水平和该微处理器在第五持续周期中使用的实际功率水平相比相对较大, 则可以输入第二外部命令 ‘命令 2’。结果, 基于第二外部命令 ‘命令 2’, 可以把第五持续周期的微处理器的功率水平减小预定的值 ΔP 。

[0095] 图 13 是根据示范性实施例示出了在动态缩放微处理器的功率水平的方法中被改变到预先确定的周期长度的持续周期长度的例子流程图。参考图 13, 如果在持续周期中持续改变持续周期的长度 (操作 S720) 的同时输入外部命令 (操作 S740), 则持续周期的长度可以被改变到预先确定的周期长度 (操作 S760)。如上所述, 当微处理器的工作状态不稳定时 (即当微处理器的工作状态在持续周期中快速改变时), 持续周期的长度被指数减小, 并且当微处理器的工作状态稳定时 (即当微处理器的工作状态在持续周期中逐渐变化时), 持续周期的长度被指数增加。即, 持续周期的长度基于持续周期中微处理器的工作状态被持续地指数改变。但是, 根据执行应用程序的微处理器的具体状况, 尽管微处理器的工作状态是稳定的, 也可以减小持续周期的长度, 并且, 尽管微处理器的工作状态是不稳定的, 也可以增加持续周期的长度。在这种情况下, 可以基于外部命令把持续周期的长度改变到预先确定的周期长度。在示范性实施例中, 预先确定的周期长度可以是预定的最大周期长度或者预定的最小周期长度。此外, 外部命令可以包括有关于被改变的持续周期的长度将持续多久的信息。

[0096] 图 14 是根据示范性实施例示出在动态缩放微处理器的功率水平的方法中基于外部命令被改变到预先确定的周期长度的持续周期长度的例子图。参考图 14, 如果在基

于持续周期中单位工作负荷比率的变化持续改变持续周期的长度的同时输入外部命令‘命令’，则持续周期的长度可以被改变为预先确定的周期长度‘PD 长度’。例如，如果在第三单位周期 UT3 期间输入外部命令‘命令’，则持续周期的长度可以被改变到预先确定的周期长度‘PD 长度’。因此，在持续周期的结束时间点（即持续周期的长度和持续周期中的单位周期 UT1 到 UTn 的长度之和相同的时间点）可以基于持续周期的周期工作负荷比率改变微处理器的功率水平。在示范性实施例中，预先确定的周期长度‘PD 长度’可以是预定的最大周期长度或者预定的最小周期长度。

[0097] 图 15 是根据示范性实施例示出在动态缩放微处理器的功率水平的方法中基于外部命令被调整了预定的值的持续周期长度的例子的流程图。参考图 15，如果在持续周期中持续改变持续周期的长度（操作 S820）的同时输入外部命令（操作 S840），则持续周期的长度可以被调整（即增加或者减小）预定的值（操作 S860）。如上所述，当微处理器的工作状态不稳定时（即当微处理器的工作状态在持续周期中快速改变时），持续周期的长度被指数减小，并且当微处理器的工作状态稳定时（即当微处理器的工作状态在持续周期中逐渐变化时），持续周期的长度被指数增加。即，持续周期的长度基于持续周期中微处理器的工作状态持续地指数调整。但是，根据执行应用程序的微处理器的具体状况，尽管微处理器的工作状态是稳定的，也可以减小持续周期的长度，并且，尽管微处理器的工作状态是不稳定的，也可以增加持续周期的长度。在这种情况下，可以基于外部命令把持续周期的长度调整预定的值。此外，外部命令可以包括有关于被调整的持续周期的长度将持续多久的信息。

[0098] 图 16 是根据示范性实施例示出在动态缩放微处理器的功率水平的方法中基于外部命令被调整了预定的值的周期长度的持续周期长度的例子的图。参考图 16，如果在基于持续周期中单位工作负荷比率的变化持续改变持续周期的长度的同时输入外部命令‘命令’，则持续周期的长度可以被调整（即增加或者减小）预定的值 ΔL 。例如，如果在第三单位周期 UT3 期间输入了外部命令‘命令’，则持续周期的长度可以被减小预定的值 ΔL 。因此，在持续周期的结束时间点（即持续周期的长度和该持续周期中的单位周期 UT1 到 UTn 的长度之和相同的时间点）可以基于持续周期的周期工作负荷比率改变微处理器的功率水平。

[0099] 图 17 是根据示范性实施例示出了用于动态缩放微处理器的功率水平的功率管理设备的框图。参考图 17，功率管理设备 100 可以包括工作负荷比率检测器 110、功率管理单元 120 和电压 - 时钟提供器 130。此外，功率管理设备 100 可以管理微处理器 210 的功率水平。功率管理设备 100 可以是例如移动通信终端的电子设备，或者可以是电子设备中的附加的设备。功率管理设备 100 还可以包括用于产生例如系统时钟的周期性信号的系统定时器，以及用于控制例如外部命令和所述周期性信号的特定信号的控制器。

[0100] 微处理器 210 可以是中央处理单元 (CPU)、数字信号处理器 (DSP)、微控制器，等等。微处理器 210 可以执行电子设备的特定任务。微处理器 210 可以从电压 - 时钟提供器 130 接收主时钟信号 MCLK 和主功率电压 MVDD，并且可以与主时钟信号 MCLK 同步工作。在示范性实施例中，微处理器 210 可以在每一单位周期中的活动周期 ATP 期间接收主时钟信号 MCLK，并且可以在每一单位周期中的空闲周期 ITP 期间不接收主时钟信号 MCLK。如上所述，活动周期 ATP 和空闲周期 ITP 可以由操作系统 (OS) 确定。例如，当 OS 确定空闲周期 ITP 时，可以通过从每一单位周期减去空闲周期 ITP 确定活动周期 ATP。主时钟信号 MCLK

的频率可以对应于微处理器 210 的工作频率,并且主功率电压 MVDD 的大小可以对应于微处理器 210 的工作电压的大小。

[0101] 工作负荷比率检测器 110 可以监测微处理器 210 的工作状态以便把单位工作负荷比率 UWR 和持续周期的长度 DPL 输出到功率管理单元 120。具体来说,工作负荷比率检测器 110 可以在每一单位周期中从微处理器 210 接收关于活动周期 ATP 和空闲周期 ITP 的信息,并且可以基于每一单位周期中的活动周期 ATP 和空闲周期 ITP 依次地计算单位工作负荷比率 UWR。此外,工作负荷比率检测器 110 可以基于单位工作负荷比率 UWR 的变化 dUWR 持续指数地改变持续周期的长度 DPL。在示范性实施例中,工作负荷比率检测器 110 可以基于外部命令把持续周期的长度 DPL 改变到预先确定的周期长度,或者可以基于外部命令把持续周期的长度 DPL 调整预定的值。由于上面描述了持续周期的长度变化,这里为了描述方便省略了持续周期的长度变化的描述。工作负荷比率检测器 110 可以在持续周期的结束时间点(即持续周期的长度 DPL 和持续周期中的单位周期的长度之和相同的时间点)把持续周期的长度 DPL 输出到功率管理单元 120。

[0102] 功率管理单元 120 可以基于单位工作负荷比率 UWR 和持续周期的长度 DPL 计算周期工作负荷比率 PWR,并且可以把水平控制信号 LCTR 输出到电压-时钟提供器 130。水平控制信号是用于基于周期工作负荷比率 PWR 改变(即增加或者减小)微处理器 210 的功率水平的信号。功率管理单元 120 可以是由硬件实施的物理部件,或者可以是由软件实施的逻辑部件。例如,功率管理单元 120 可以是微处理器 210 的一部分,或者可以是由微处理器 210 执行的功率管理程序。

[0103] 在示范性实施例中,功率管理单元 120 可以通过在把权重施加于单位工作负荷比率 UWR 的同时累积单位工作负荷比率 UWR 来计算周期工作负荷比率 PWR,并且可以通过把周期工作负荷比率 PWR 与上参考值和下参考值进行比较输出水平控制信号 LCTR。如上所述,水平控制信号 LCTR 是用于改变(即增加或者减小)微处理器 210 的功率水平的信号。如上所述,功率管理单元 120 可以基于外部命令把微处理器 210 的功率水平改变到预先确定的功率水平,或者可以基于外部命令把微处理器 210 的功率水平调整预定的值。由于上面描述了微处理器 210 的功率水平变化,这里为了描述方便将省略微处理器 210 的功率水平变化的描述。功率管理单元 120 可以把水平控制信号 LCTR 输出到电压-时钟提供器 130。

[0104] 电压-时钟提供器 130 可以基于水平控制信号 LCTR 调整主时钟信号 MCLK 的频率和/或主功率电压 MVDD 的大小,并且可以把主时钟信号 MCLK 的频率和/或主功率电压 MVDD 输出到微处理器 210。如上所述,主时钟信号 MCLK 的频率可以对应于微处理器 210 的工作频率,并且主功率电压 MVDD 的大小可以对应于微处理器 210 的工作电压的大小。在示范性实施例中,主时钟信号 MCLK 的频率、主功率电压 MVDD 的大小可以被一起控制。例如,当主时钟信号 MCLK 的频率增加时,主功率电压 MVDD 的大小也可以被增加。类似地,当主时钟信号 MCLK 的频率减小时,主功率电压 MVDD 的大小也可以被减小。当在当前持续周期中微处理器 210 的工作状态不稳定时,通过指数地减小当前持续周期的长度,功率管理设备 100 可以准确地预测下一持续周期的微处理器 210 的功率水平。此外,当在当前持续周期中微处理器 210 的工作状态稳定时,通过指数地增加当前持续周期的长度,功率管理设备 100 可以防止因不必要的功率水平变化所致的微处理器 210 的性能退化和功耗。

[0105] 图 18 是根据示范性实施例示出了功率管理设备中的功率管理单元 120 的框图。参

考图 18, 功率管理单元 120 可以包括计算单元 121、比较单元 122 和状态机 123。功率管理单元 120 还可以包括选择单元 (未示出), 用于确定在多个缓冲器 41、42、43 和 44 中被激活的缓冲器的数量、在多个放大器 51、52、53、54 和 55 中被激活的放大器的数量, 以及在多个加法器 61、62、63 和 64 中被激活的加法器的数量。利用选择单元, 功率管理单元 120 可以累积单位工作负荷比率 UWR, 其数量基于持续周期的长度 DPL 确定。

[0106] 计算单元 121 可以接收工作负荷比率检测器 110 在持续周期中连续输出的单位工作负荷比率 UWR, 并且可以累积持续周期中的单位工作负荷比率 UWR 以计算周期工作负荷比率 PWR。这里, 持续周期的长度 DPL 不固定。即, 持续周期的长度 DPL 可以基于单位工作负荷比率 UWR 的变化 $dUWR$ 持续指数地改变。因此, 由计算单元 121 累积的单位工作负荷比率 UWR 的数量可以根据持续周期的长度 DPL 有所不同。例如, 通过累积四个单位工作负荷比率 UWR 可以计算第一持续周期的周期工作负荷比率 PWR, 并且通过累积八个单位工作负荷比率 UWR 可以计算第二持续周期的周期工作负荷比率 PWR。在示范性实施例中, 可以通过在把权重施加于单位工作负荷比率 UWR 的同时累积单位工作负荷比率 UWR, 来计算周期工作负荷比率 PWR。

[0107] 计算单元 121 可以包括缓冲器 41、42、43 和 44, 放大器 51、52、53、54 和 55, 加法器 61、62、63 和 64, 以及除法器 71。缓冲器 41、42、43 和 44 可以是存储介质。例如, 缓冲器 41、42、43 和 44 可以是寄存器, 或者和特定地址匹配的存储器的特定空间。此外, 缓冲器 41、42、43 和 44 可以是串联连接的延时器。缓冲器 41、42、43 和 44 中的每一个均可以存储从前一级输出的单位工作负荷比率 UWR, 并且可以在预定的延迟时间以后把单位工作负荷比率 UWR 输出到下一级。如图 18 中所示, 随着时间流逝, 从工作负荷检测器 110 输入的单位工作负荷比率 UWR 可以被缓冲器 41、42、43 和 44 从第一单位工作负荷比率 U_1 改变到第 k 单位工作负荷比率 U_k 。缓冲器 41、42、43 和 44 可以由执行移位寄存器操作的锁存器实施。

[0108] 放大器 51、52、53、54 和 55 可以放大单位工作负荷比率 U_1 到 U_k 以输出经放大的单位工作负荷比率 U_1 到 U_k 至加法器 61 到 64。这里, 放大器 51、52、53、54 和 55 的增益可以被相等地设置。或者, 放大器 51、52、53、54 和 55 的增益可以被不同地设置。一般来说, 较晚的单位工作负荷比率 UWR 可以更准确地反映微处理器 210 的当前工作负荷比率。因此, 将把更大的权重施加于较晚的单位工作负荷比率, 第一放大器 51 的增益可以最大, 并且最终放大器 55 的增益可以最小。即, 如上面 [表达式 3] 中所示, 最大权重可以被施加于最晚的单位工作负荷比率 U_k , 并且最小权重可以被施加于最早的单位工作负荷比率 U_1 。加法器 61、62、63 和 64 可以输出前一级输出与下一级输出之和。除法器 71 可以通过把最终加法器 64 的输出除以放大器 51、52、53、54 和 55 的增益之和产生周期工作负荷比率 PWR。

[0109] 比较单元 122 可以把周期工作负荷比率 PWR 与上参考值 R_u 和下参考值 R_d 进行比较以产生比较信号 CMP。比较信号 CMP 可以指示是增加微处理器 210 的功率水平还是减小微处理器 210 的功率水平。比较单元 122 可以包括第一比较单元 81 和第二比较单元 82。第一比较单元 81 可以把周期工作负荷比率 PWR 与上参考值 R_u 进行比较。因此, 第一比较单元 81 可以产生在周期工作负荷比率 PWR 大于上参考值 R_u 时被激活的第一比较信号 CMP1。第二比较单元 82 可以把周期工作负荷比率 PWR 与下参考值 R_d 进行比较。因此, 第二比较单元 82 可以产生当周期工作负荷比率 PWR 小于下参考值 R_d 时被激活的第二比较信号 CMP2。

[0110] 第一比较信号 CMP1 和第二比较信号 CMP2 可以被存储在状态机 123 中, 并且状态

机 123 可以响应于输出控制信号 LCTR_OUT 把水平控制信号 LCTR 提供给电压 - 时钟提供器 130。例如,水平控制信号 LCTR 可以包括水平上升信号 LV_UP 和水平下降信号 LV_DN。水平上升信号 LV_UP 的激活可以指示微处理器 210 的功率水平应该被增加,并且水平下降信号 LV_DN 的激活可以指示微处理器 210 的功率水平应该被减小。可以以脉冲形状激活水平上升信号 LV_UP 和水平下降信号 LV_DN。如果功率管理单元 120 由软件实施,则状态机 123 可以是微处理器 210 内部或者外部的寄存器。在另一示范性实施例中可以省略状态机 123。在这种情况下,第一比较信号 CMP1 和第二比较信号 CMP2 可以被直接提供给电压 - 时钟提供器 130 作为水平控制信号 LCTR。但是要理解,功率管理单元 120 的结构不限于此。

[0111] 图 19 是根据示范性实施例示出了功率管理设备中的电压 - 时钟提供器的框图。参考图 19,电压 - 时钟提供器 130 可以包括电压控制单元 131 和时钟控制单元 134。

[0112] 电压控制单元 130 可以包括参考电压产生器 132 和调节器 133。在这种情况下,从功率管理单元 120 提供的水平控制信号 LCTR 可以被施加于参考电压产生器 132。因此,参考电压产生器 132 可以调整参考电压以向调节器 133 提供参考电压。调节器 133 可以把经调整的参考电压与被反馈的主功率电压 MVDD 的大小进行比较。调节器 133 可以向微处理器 210 提供主功率电压 MVDD,其大小对应于水平控制信号 LCTR。时钟控制单元 134 可以由锁相环 (PLL) 实施。在这种情况下,从功率管理单元 120 提供的水平控制信号 LCTR 可以被施加于分频器 139,并且分频器 139 可以输出通过基于和水平控制信号 LCTR 对应的分频比对主时钟信号 MCLK 进行分频所产生的被分频的时钟信号。相位 / 频率检测器 135 可以把参考时钟信号 RCLK 与被分频的时钟信号进行比较以产生上 / 下信号。电荷泵 136 可以基于上 / 下信号来产生控制电压。压控振荡器 138 可以响应于被环路滤波器 137 滤波的控制电压产生主时钟信号 MCLK 以便把主时钟信号 MCLK 提供给微处理器 210。如上所述,通过调整参考电压产生器 132 的输出和 / 或分频器 139 的分频比可以调整主功率电压 MVDD 的大小和 / 或主时钟信号 MCLK 的频率。结果,可以基于水平控制信号 LCTR 改变微处理器 210 的功率水平。但是要理解,功率 - 时钟提供器 130 的结构不限于此。

[0113] 图 20 是根据示范性实施例示出了具有功率管理设备 100 的电子设备 200 的框图。参考图 20,电子设备 200 可以包括微处理器 210、存储器器件 220、存储设备 230、输入 / 输出设备 240、电源 250 和功率管理设备 100。此外,电子设备 200 还可以包括用于和视频卡、声卡、存储器卡、USB 设备、其他电子设备等中的至少一个通信的多个端口。

[0114] 微处理器 210 可以执行各种计算操作,例如,执行用于执行特定计算和 / 或任务的特定软件。例如,微处理器 210 可以对应于中央处理单元 (CPU)、数字信号处理器 (DSP),等等。微处理器 210 可以耦合到扩展总线,例如外围部件互连 (PCI) 总线。微处理器 210 可以从功率管理设备 100 接收主时钟信号 MCLK 和主功率电压 MVDD,并且可以和主时钟信号 MCLK 同步地工作。功率管理设备 100 可以在微处理器 210 上执行动态电压和频率缩放 (DVFS) 操作。如上所述,功率管理设备 100 可以包括工作负荷比率检测器 110、功率管理单元 120 和电压 - 时钟提供器 130。当微处理器 210 的工作状态在当前持续周期中不稳定时 (即当微处理器 210 的工作状态在当前持续周期中快速变化时),通过指数地减小当前持续周期,功率管理设备 100 可以准确地预测将来持续周期的微处理器 210 的功率水平。此外,当微处理器 210 的操作状态在当前持续周期中稳定时 (即当微处理器 210 的工作状态在当

前持续周期中逐渐变化时),通过指数地增加当前持续周期,功率管理设备 100 可以防止因不必要的功率水平变化所致的微处理器 210 的功耗和性能退化。

[0115] 微处理器 210 可以控制存储器器件 220、存储设备 230 和输入 / 输出设备 240。存储器器件 220 可以通过总线(例如地址总线、控制总线、数据总线,等等)耦合到微处理器 210。例如,存储器器件 220 可以是动态随机存取存储器(DRAM)、静态随机存取存储器(SRAM),和 / 或非易失性存储器(例如可擦除可编程只读存储器(EPROM)、电可擦除可编程只读存储器(EEPROM)、快闪存储器,等等)。存储设备 230 可以是硬盘驱动器(HDD)、光盘只读存储器(CD-ROM)、固态驱动器(SSD),等等。输入 / 输出设备 240 可以包括至少一个输入设备(例如键盘、小键盘、触摸板、鼠标,等等),以及至少一个输出设备(例如打印机、LCD 显示器、扬声器,等等)。电源 250 可以为电子设备 200 提供功率电压。

[0116] 示范性实施例可以应用于例如台式计算机、膝上型计算机、数码相机、摄像机、蜂窝电话机、智能电话机、便携式多媒体播放器(PMP)、个人数字助理(PDA)、MP3 播放器、导航设备等等电子设备。前述描述说明了示范性实施例,并且不要被理解为对其的限制。尽管已经描述了几个示范性实施例,但是本领域技术人员将容易理解不实质上偏离本发明概念的新颖教导和益处,在示范性实施例中的很多修改是可能的。因此,所有这些修改预期都被包括在如权利要求中所限定的本发明概念的范围。因此,要理解前面是说明各种示范性实施例,并且不要被理解为限于所公开的具体示范性实施例,并且对所公开的示范性实施例以及其他示范性实施例的修改预期被包括在所附权利要求的范围内。

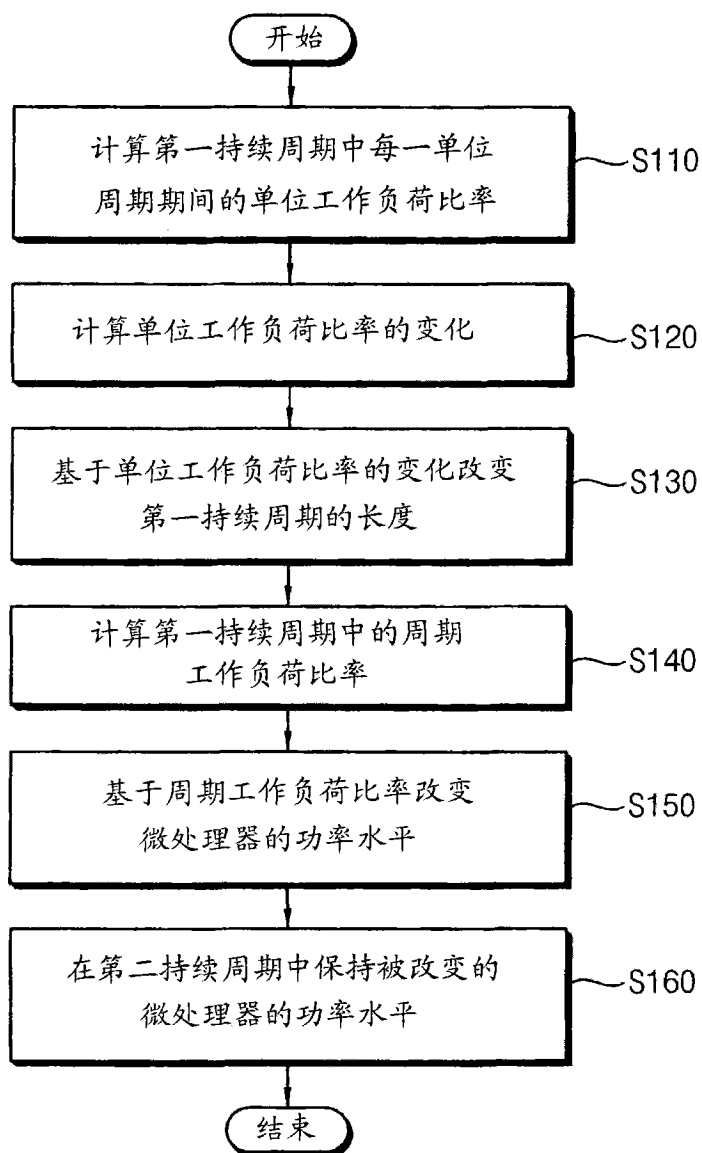


图 1

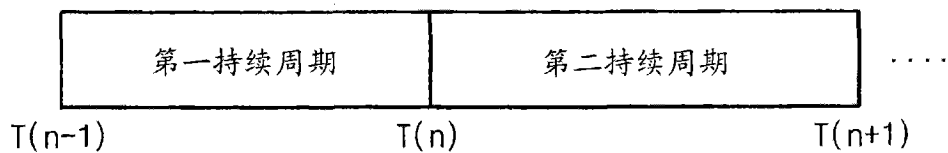


图 2

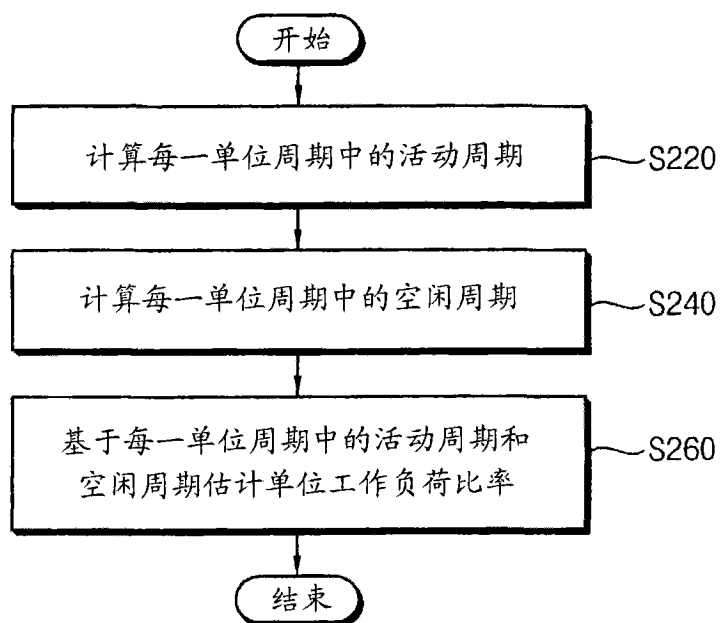


图 3

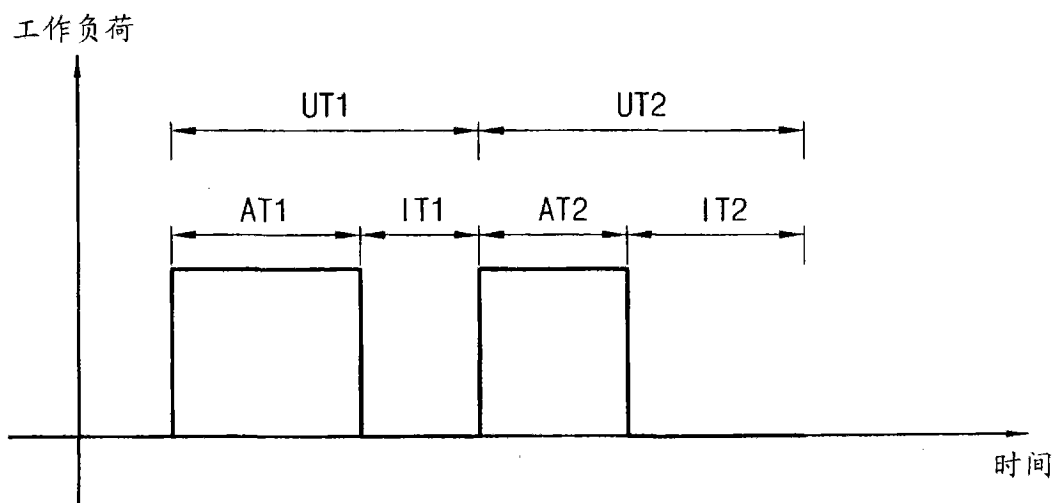


图 4

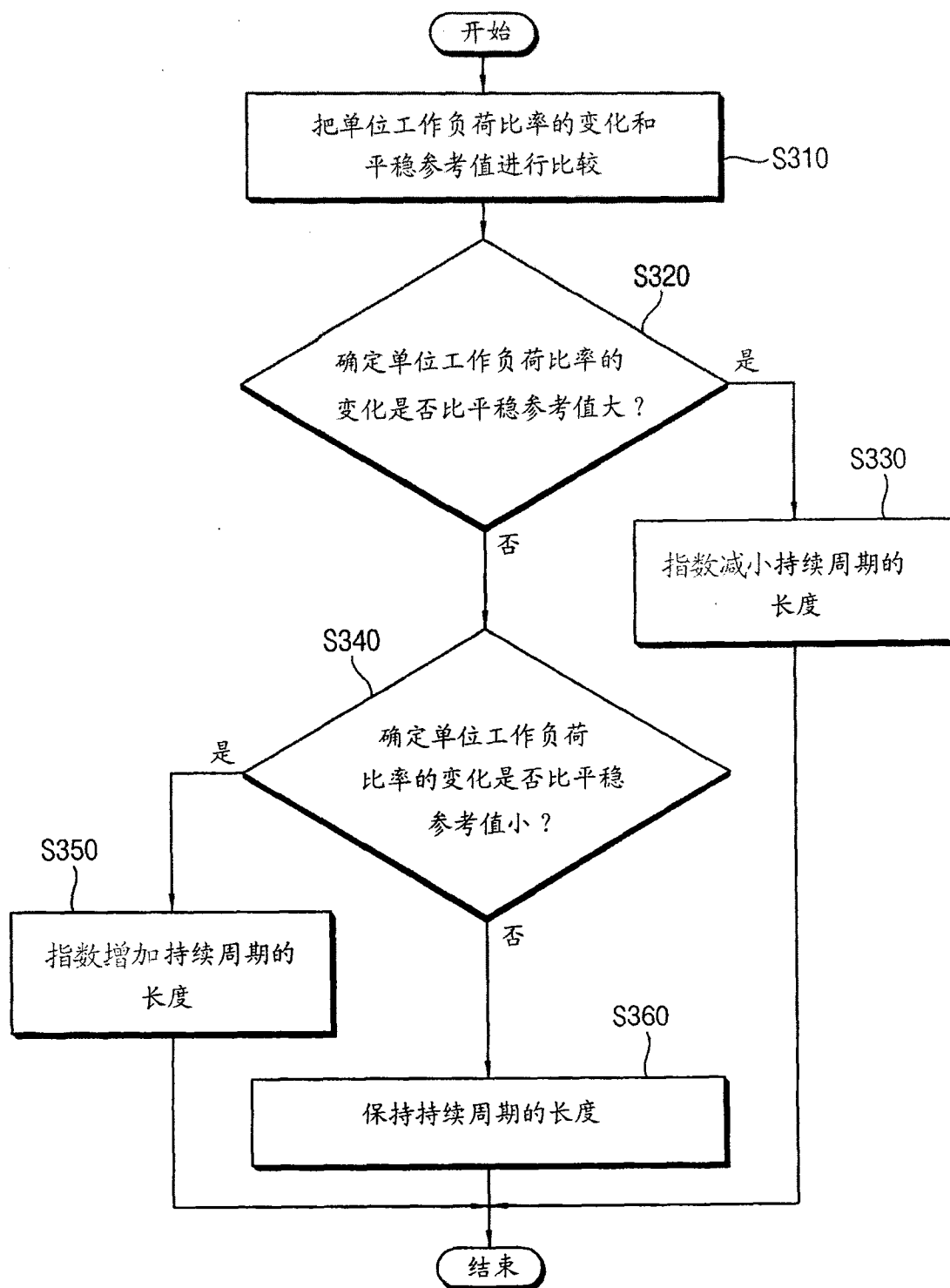


图 5

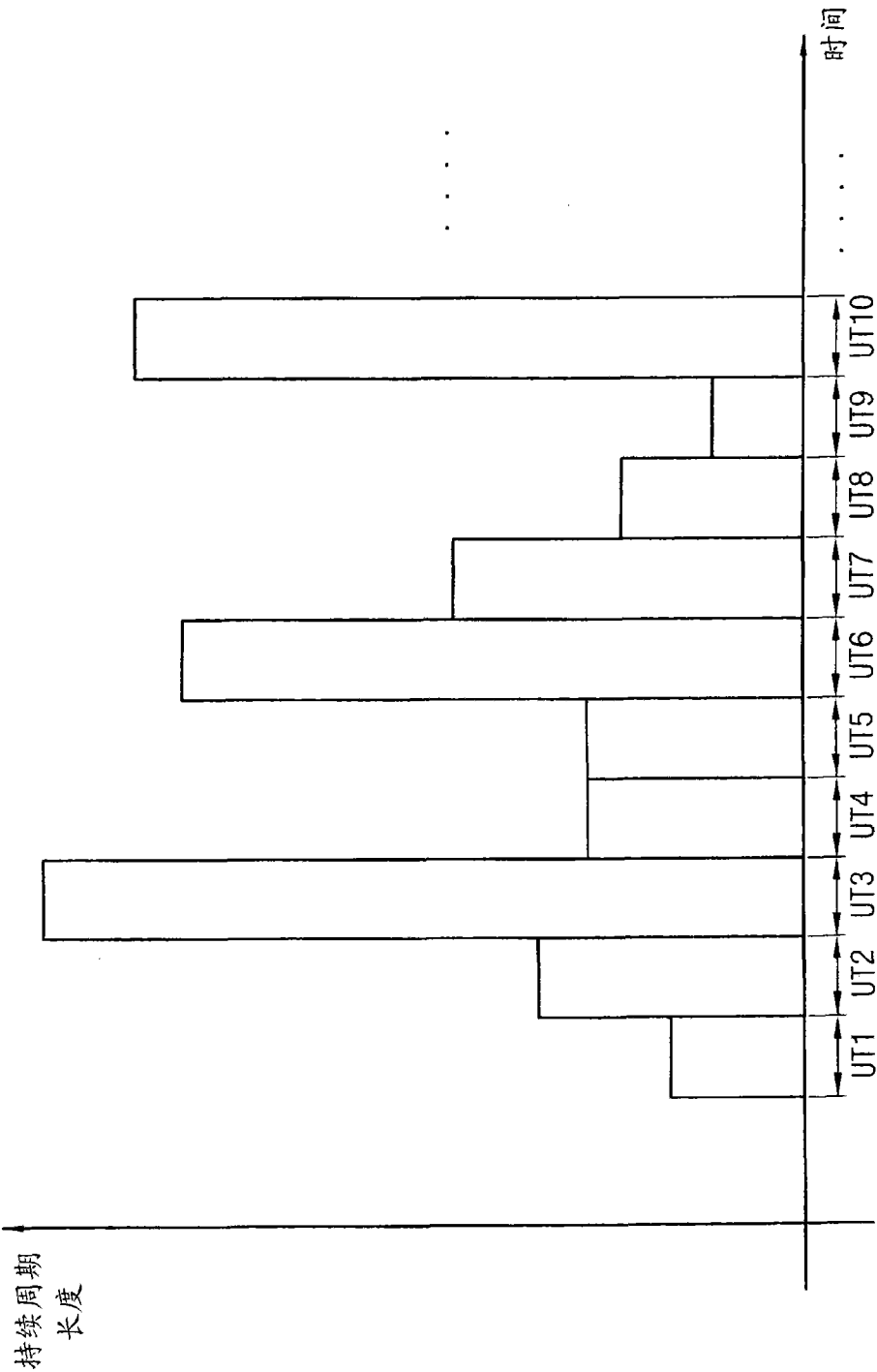


图 6

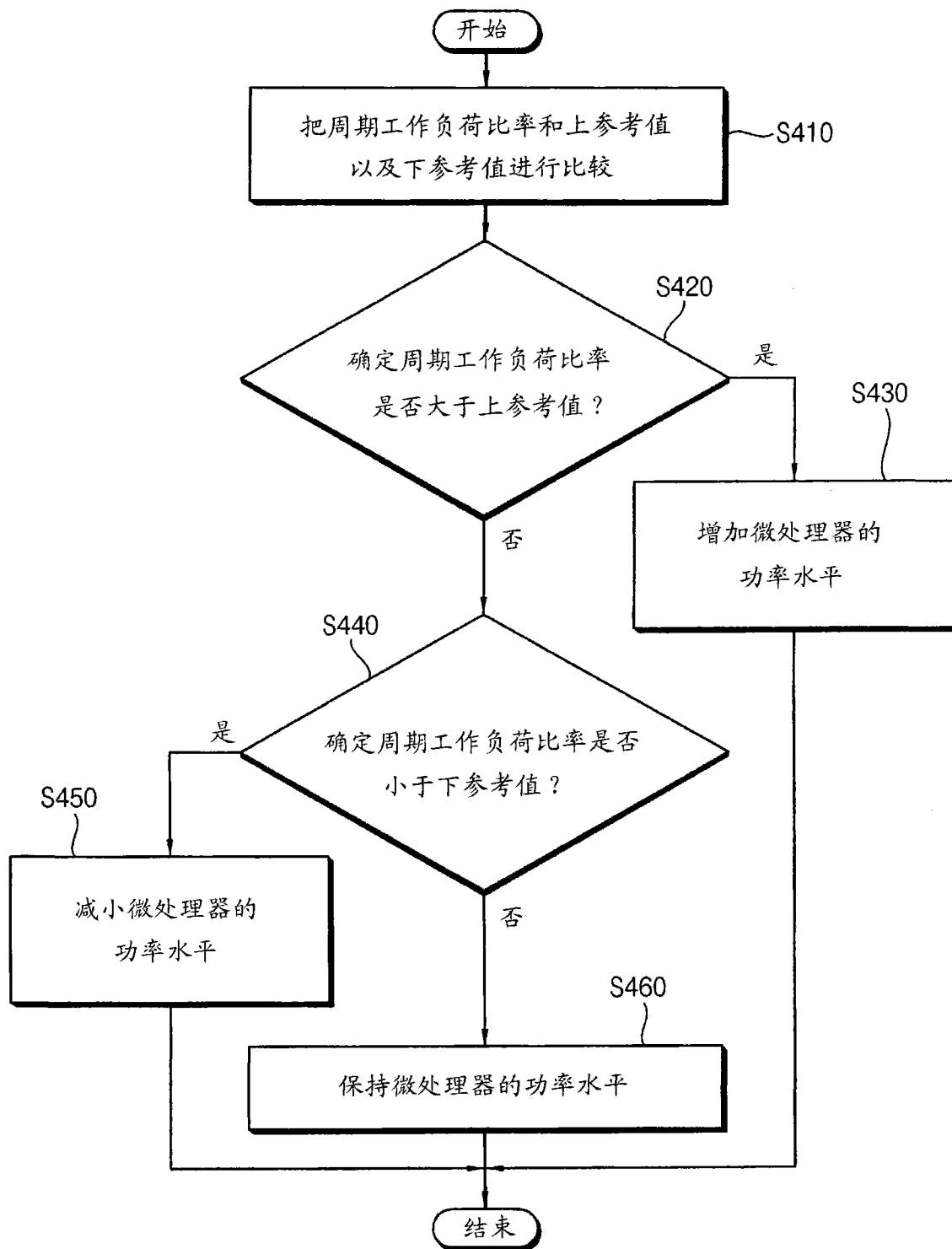


图7

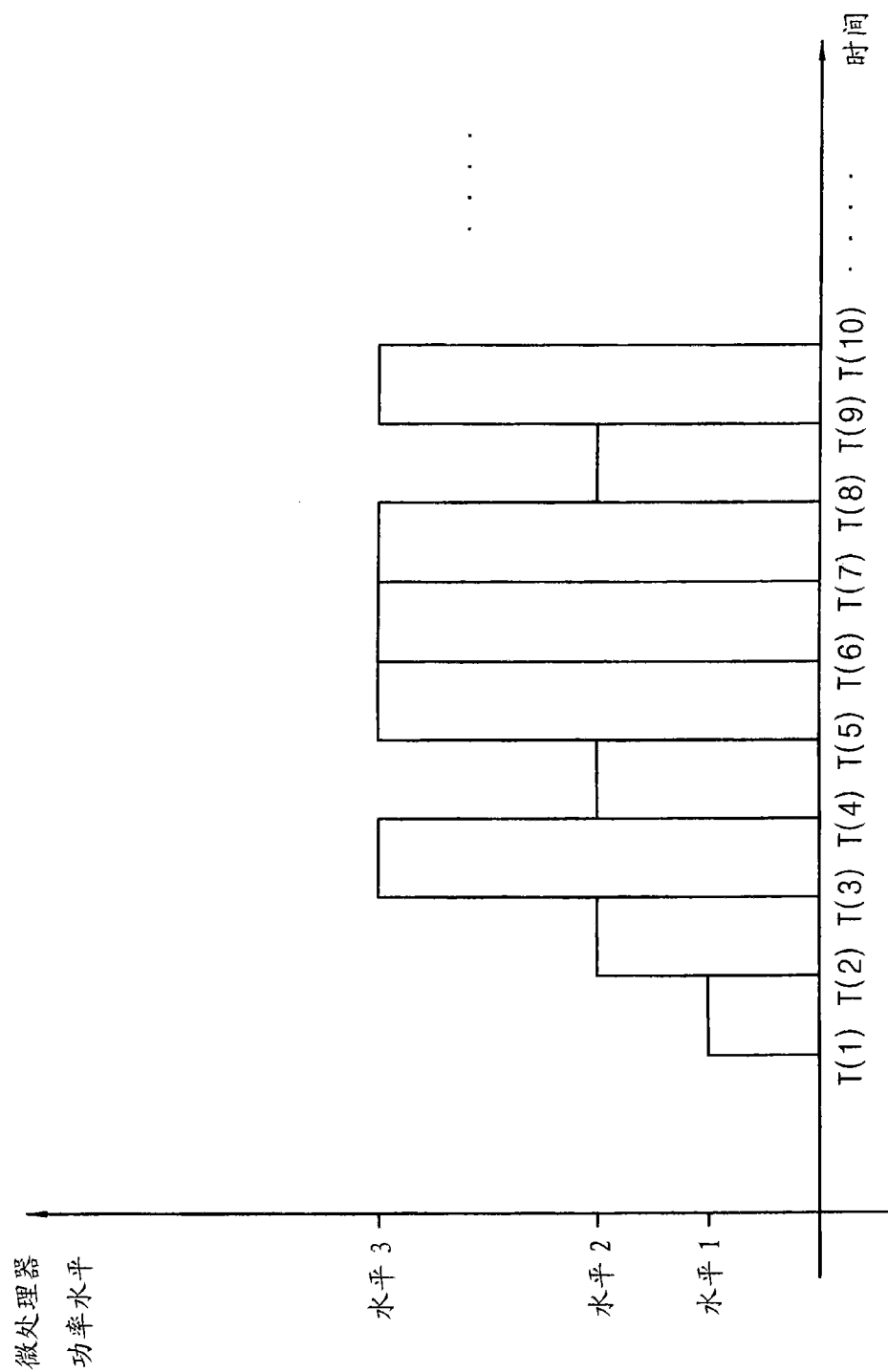


图 8

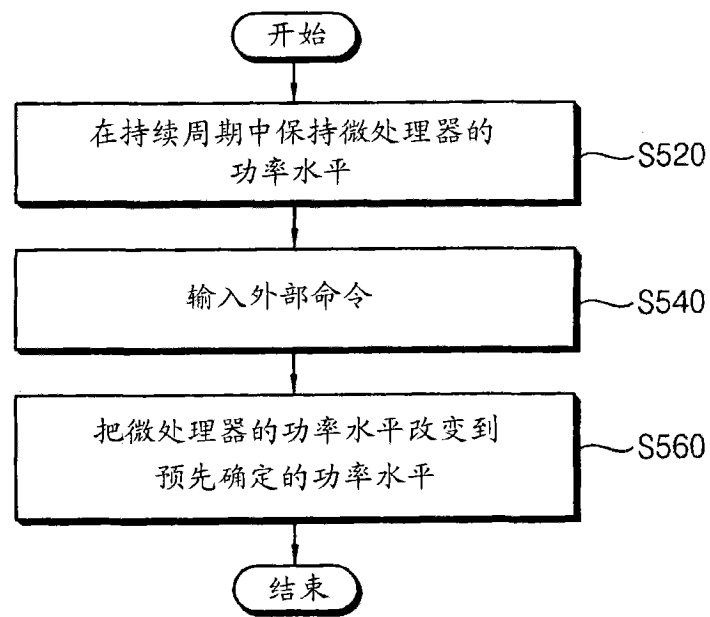


图 9

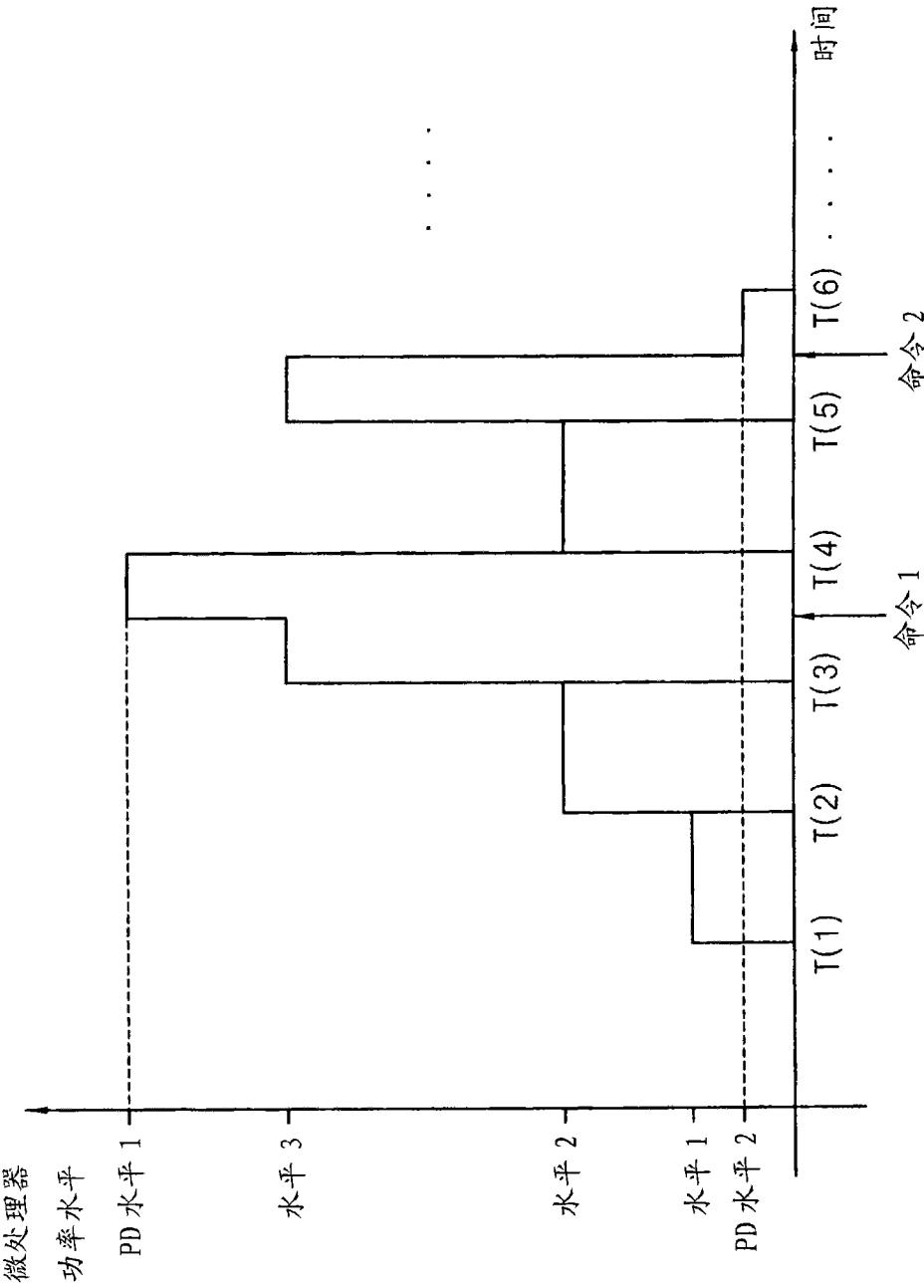


图 10

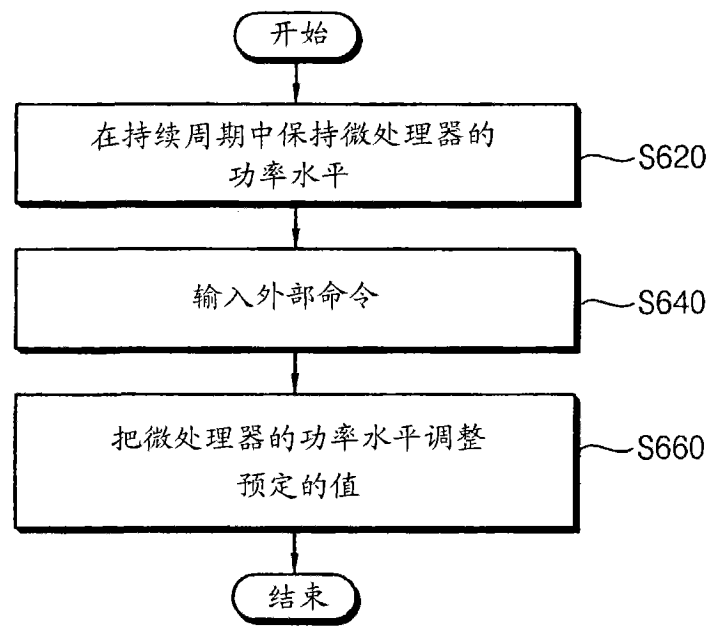


图 11

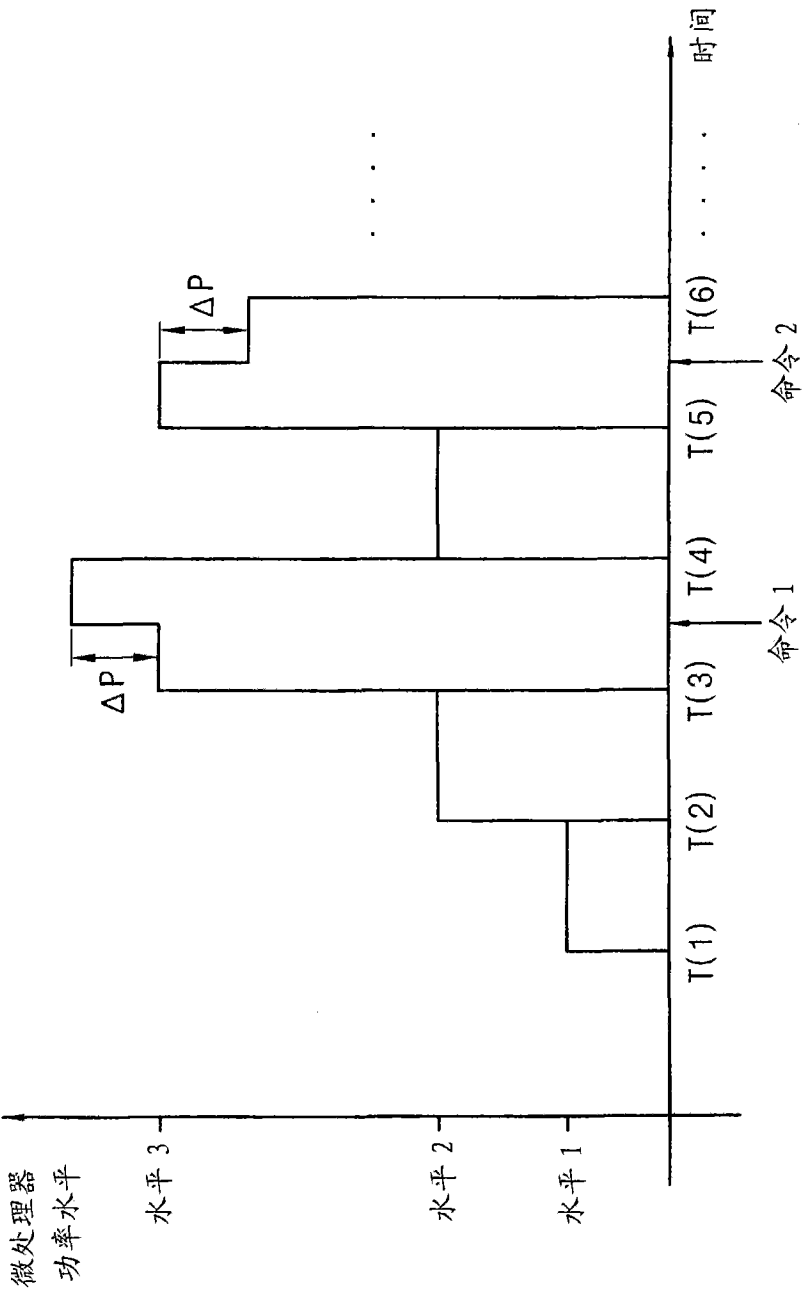


图 12

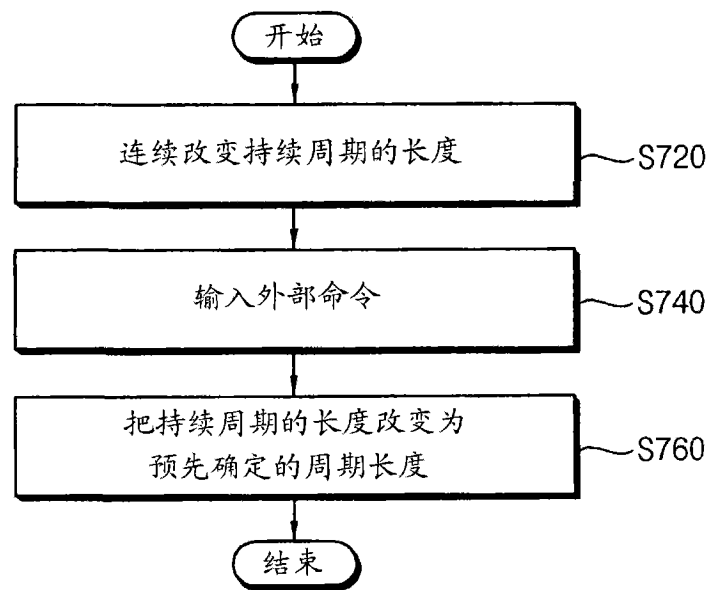


图 13

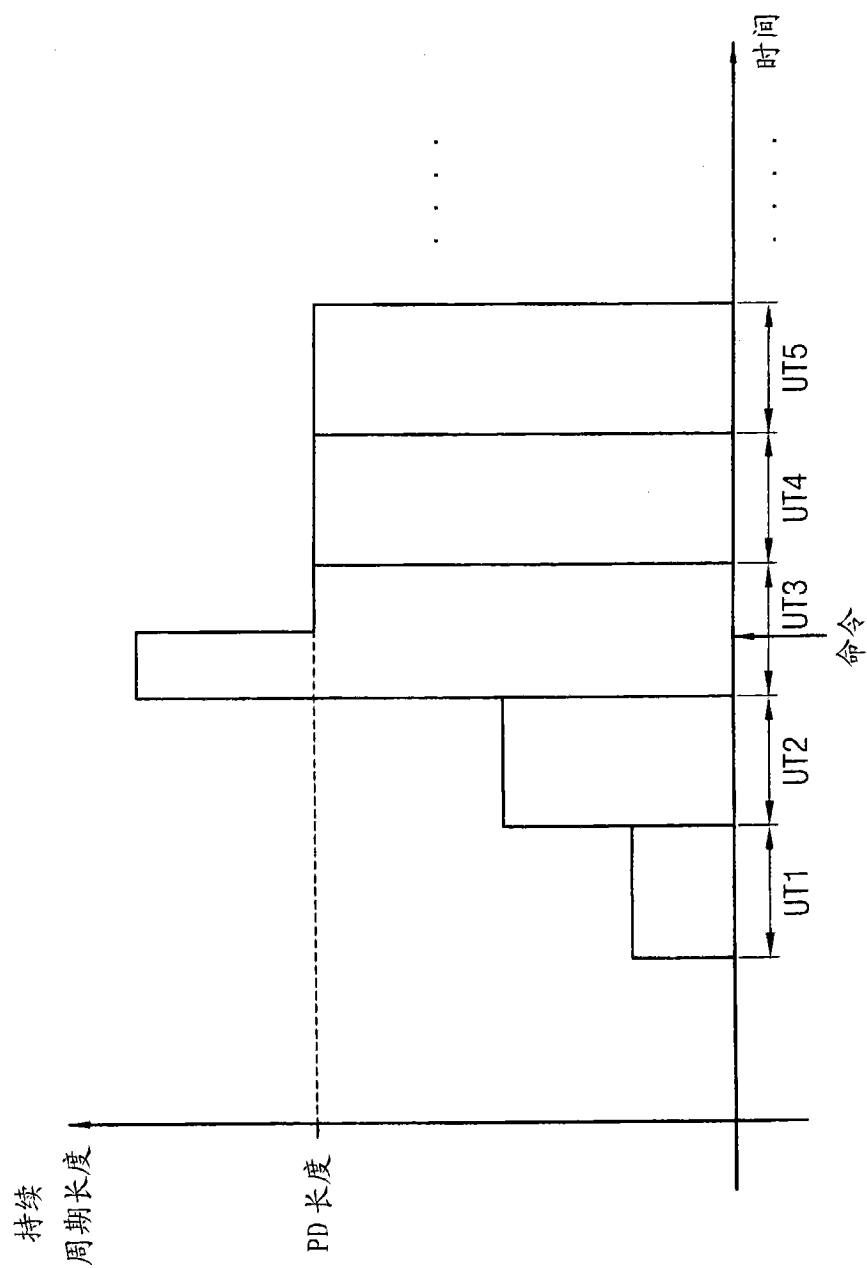


图 14

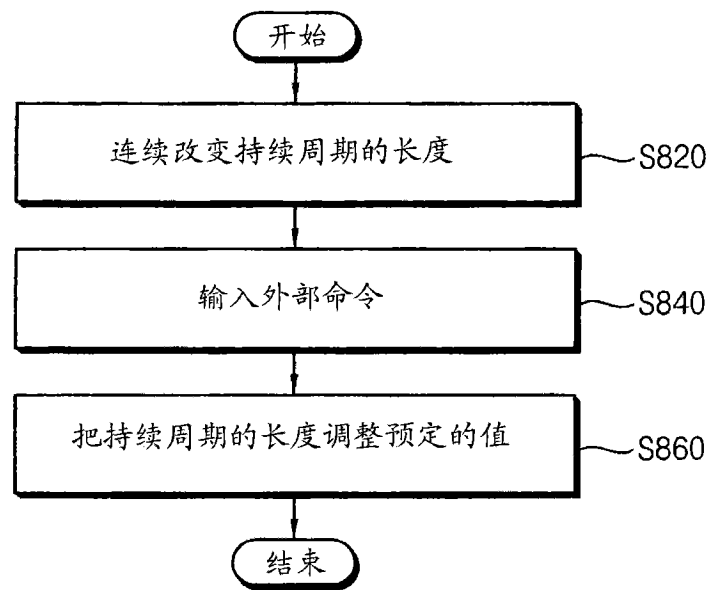


图 15

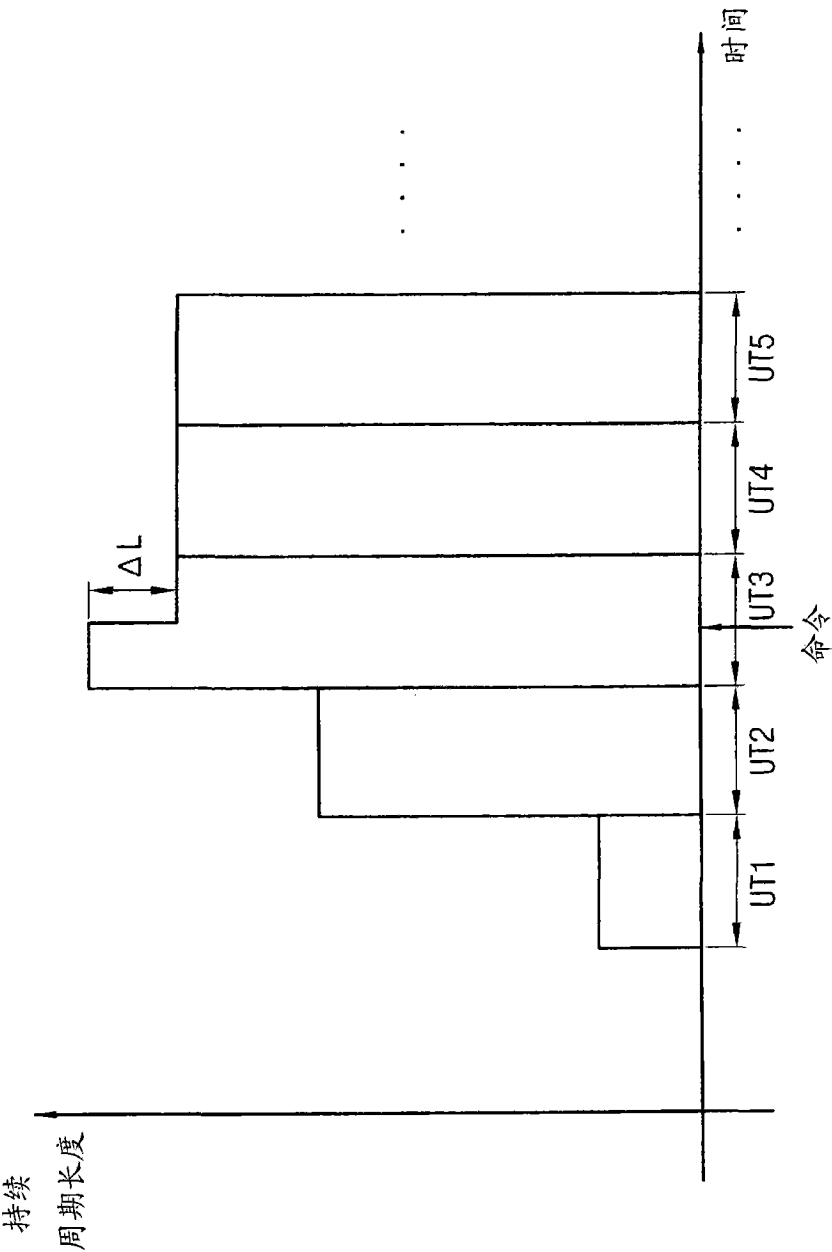


图 16

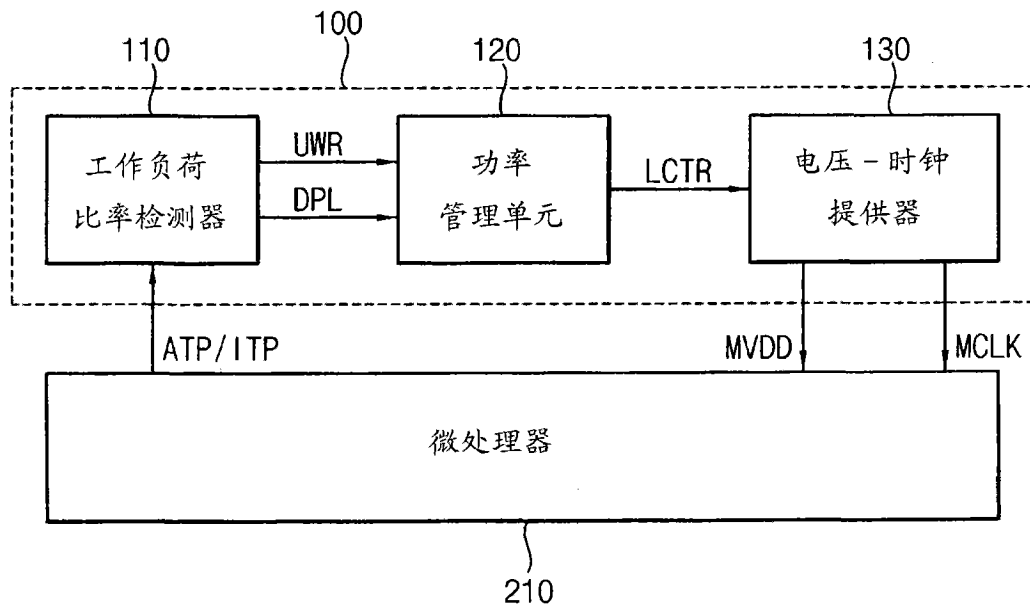


图 17

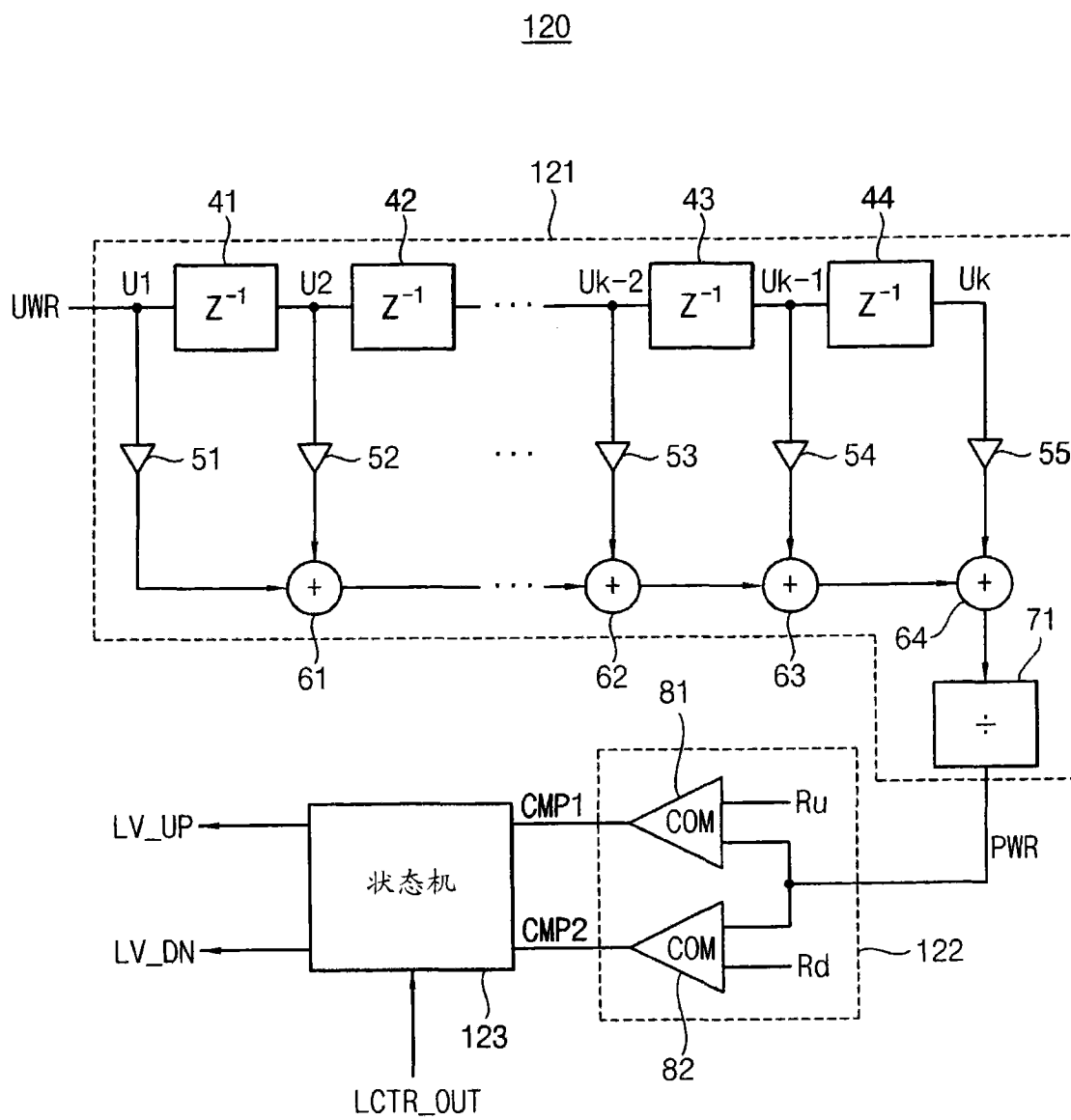


图 18

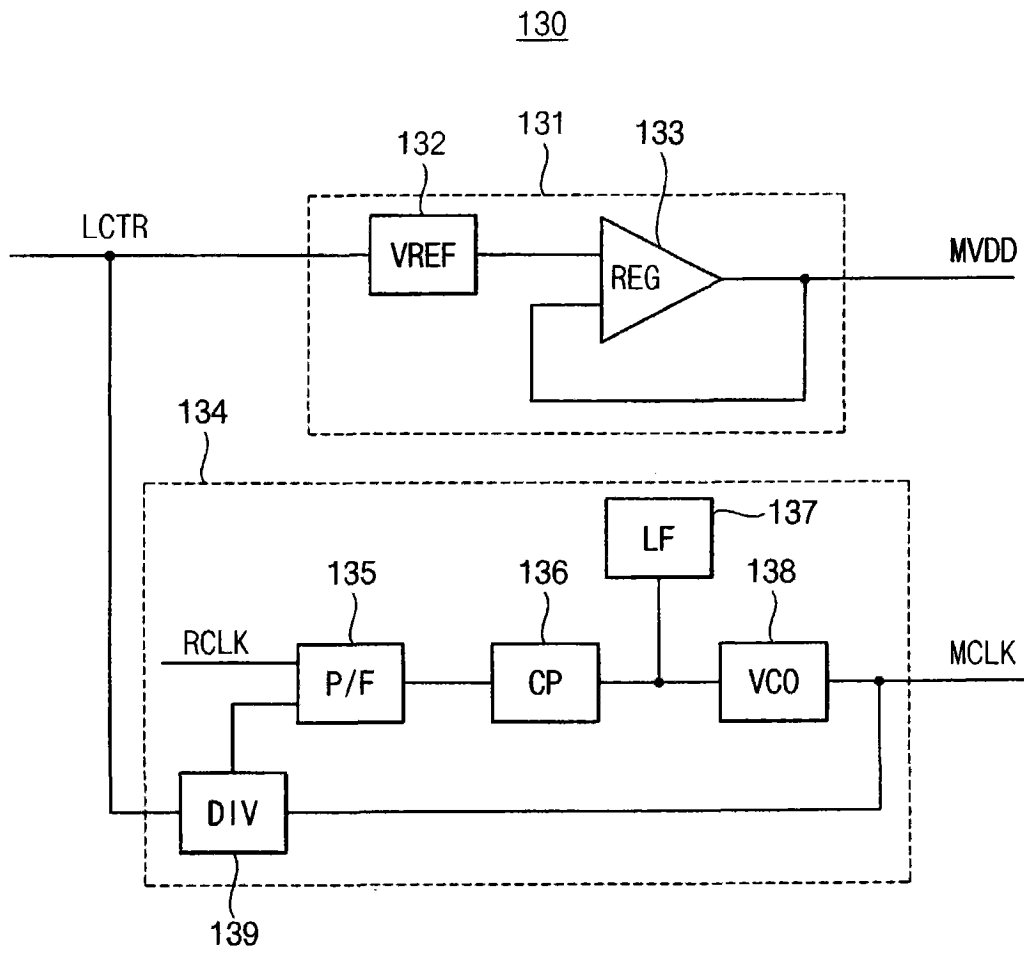


图 19

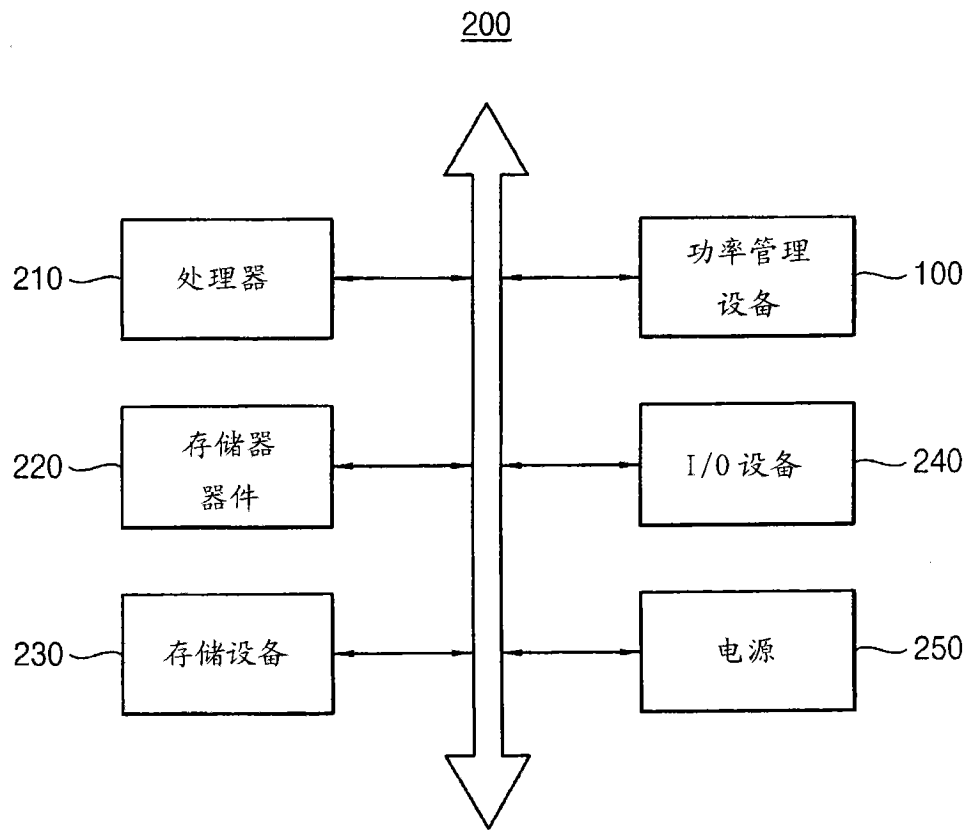


图 20