



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109416568 A

(43)申请公布日 2019.03.01

(21)申请号 201780041785.9

(74)专利代理机构 北京市金杜律师事务所  
11256

(22)申请日 2017.06.14

代理人 王茂华

(30)优先权数据

15/205,678 2016.07.08 US

(51)Int.Cl.

G06F 1/20(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2019.01.04

G06F 1/3296(2019.01)

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2017/037502 2017.06.14

(87)PCT国际申请的公布数据

WO2018/009317 EN 2018.01.11

(71)申请人 高通股份有限公司

地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 M·塞伊蒂 M·劳杉德尔

R·米塔尔

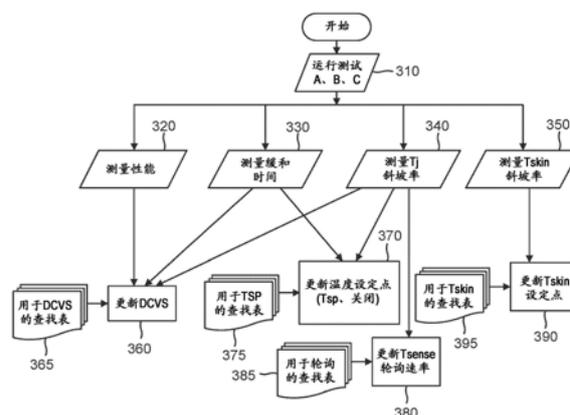
权利要求书2页 说明书8页 附图7页

## (54)发明名称

提供针对计算设备中的温度缓和的校准的电路和方法

## (57)摘要

一种方法,包括从计算设备内的多个温度传感器生成温度信息;以及基于观察到的温度信息的变化率来处理温度信息以生成电压降低阶跃。



1. 一种方法,包括:  
从计算设备内的多个温度传感器生成温度信息;以及  
基于观察到的所述温度信息的变化率,处理所述温度信息以生成电压降低阶跃。
2. 根据权利要求1所述的方法,还包括:  
在所述计算设备的正常工作期间,响应于在所述计算设备的正常工作期间所接收的另外的温度信息,降低所述计算设备的性能。
3. 根据权利要求2所述的方法,其中降低所述计算设备的所述性能包括:除了降低所述计算设备的工作电压之外,还降低所述计算设备的工作频率。
4. 根据权利要求2所述的方法,其中降低所述计算设备的所述性能包括:根据温度缓和算法中的所述电压降低阶跃,降低所述计算设备的工作电压。
5. 根据权利要求1所述的方法,其中所述电压降低阶跃与相应的频率降低阶跃相关联。
6. 根据权利要求1所述的方法,其中观察到的所述温度信息的变化率包括:  
与所述计算设备的结温相关联的温度信息的变化率。
7. 根据权利要求6所述的方法,其中所述计算设备的所述结温包括所述设备的多个温度传感器的第一温度传感器的读数,其中所述读数是所述多个温度传感器的最高读数。
8. 根据权利要求1所述的方法,还包括:  
将多个电压降低阶跃值存储为数据结构中的电压增量,每个电压降低阶跃值与频率降低阶跃值和温度信息变化率值相关联。
9. 根据权利要求8所述的方法,其中所述数据结构包括查找表。
10. 根据权利要求8所述的方法,其中处理所述温度信息包括:  
解析所述数据结构,以将观察到的所述温度信息的变化率与所述数据结构中的特定温度信息变化率值匹配;  
选择与所述数据结构中的所述特定温度信息变化率值对应的第一电压降低阶跃值;以及  
将所述计算设备的工作电压降低所述第一电压降低阶跃值。
11. 根据权利要求10所述的方法,还包括:  
在所述计算设备的正常工作期间使用所述第一电压降低阶跃值。
12. 一种系统,包括:  
计算机处理器,所述计算机处理器被配置为执行计算机可读指令,所述计算机处理器被安装在计算设备中;以及  
温度感测设备,所述温度感测设备被设置在所述计算设备内,所述温度感测设备被配置为与所述计算机处理器通信,所述计算机处理器被配置为执行以下操作:  
从所述温度感测设备接收温度信息;  
从所述温度信息计算结温斜坡率值;以及  
基于所述结温斜坡率值设定电压降低阶跃。
13. 根据权利要求12所述的系统,其中所述温度感测设备被设置在所述计算设备的印刷电路板上,并且其中所述印刷电路板被包围在所述计算设备的壳体内。
14. 根据权利要求12所述的系统,其中所述温度感测设备是被包围在所述计算设备的壳体内的多个温度感测设备中的一个。

15. 根据权利要求14所述的系统,其中所述设备的结温包括所述多个温度感测设备的所述温度传感器的读数,其中所述读数是所述多个温度感测设备的最高读数。

16. 根据权利要求12所述的系统,其中所述结温斜坡率值包括在所述计算设备的校准工作期间的结温的变化率。

17. 根据权利要求12所述的系统,其中所述计算机处理器还被配置为:根据正常工作期间的所述电压降低阶跃,降低所述计算机处理器的工作电压。

18. 一种计算设备,包括:

用于感测所述计算设备的外壳内的多个位置处的温度的装置;

用于从来自所述温度感测装置的温度数据计算结温斜坡率的装置;

用于基于所述结温斜坡率解析查找表以选择电压降低阶跃大小值的装置;以及

用于将工作电压降低所述电压降低阶跃大小值的装置。

19. 根据权利要求18所述的计算设备,其中用于计算所述结温斜坡率的装置包括:

多个温度传感器,其中所述多个温度传感器的第一子集被设置在所述计算设备的半导体芯片内,并且其中所述多个温度传感器的第二子集被设置在所述计算设备的印刷电路板上。

20. 根据权利要求18所述的计算设备,还包括:

用于将所述电压降低阶跃大小值存储在所述计算设备的非易失性存储器中的装置。

21. 根据权利要求20所述的计算设备,还包括:

用于从所述非易失性存储器中检索所述电压降低阶跃大小值的装置。

22. 根据权利要求18所述的计算设备,其中用于计算所述结温斜坡率的装置包括:

用于轮询所述温度感测装置以确定所述温度感测装置中的最高温度读数的装置;以及

用于从所述温度感测装置中的所述最高温度读数中生成所述结温斜坡率的装置。

23. 一种方法,包括:

在第一时间段期间,从计算设备的壳体内部的多个温度传感器收集温度数据;

从所述温度数据测量所述计算设备的温度斜坡率;

使用所述温度斜坡率作为关键字从数据结构中选择值,其中所述值包括电压阶跃大小;以及

将所述计算设备的工作电压降低所述电压阶跃大小。

24. 根据权利要求23所述的方法,其中收集温度数据还包括:

当收集温度数据时,将结温计算为所述多个温度传感器的最高温度读数值;以及

其中测量所述温度斜坡率包括测量所述结温的斜坡率。

25. 根据权利要求23所述的方法,其中测量所述温度斜坡率包括:

计算所述计算设备的皮肤温度;以及

计算所述计算设备的所述皮肤温度的斜坡率。

26. 根据权利要求23所述的方法,其中所述电压阶跃大小包括电压增量。

27. 根据权利要求23所述的方法,其中应用所述电压阶跃大小包括:

解析所述数据结构,以将测量的所述温度斜坡率与所述数据结构中的斜坡率值匹配;

选择与所述数据结构中的所述斜坡率值对应的所述电压阶跃大小;以及

将所述电压阶跃大小存储在所述计算设备中的数据存储设备中。

## 提供针对计算设备中的温度缓和的校准的电路和方法

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于2016年7月8日提交的美国非临时申请第15/205,678号的优先权和权益,其内容以整体通过引用并入于此,如同在下文以整体完整阐述并且用于所有适用的目的。

### 技术领域

[0003] 本申请总体上涉及计算设备的热管理,更具体地,涉及计算设备中的校准温度缓和和算法。

### 背景技术

[0004] 常规的计算设备(例如,智能电话、平板计算机等)可以包括片上系统(SOC),其具有处理器和其他工作电路。具体地,智能电话中的SOC可以包括封装内的处理器芯片,其中,封装被安装在电话内部的印刷电路板(PCB)上。该电话包括外壳和诸如液晶显示器(LCD)的显示器。人类用户在使用电话时物理地接触外壳和显示器。

[0005] 在SOC工作时,SOC生成热量。在一个示例中,智能电话内的SOC可以达到80°C至100°C的温度。此外,常规的智能电话不包括用于散热的风扇。在使用期间,例如当人类用户在智能电话上观看视频时,SOC生成热量,并且热量穿过电话的内部部分传播到电话的外表面。

[0006] 电话的外表面有时候被称为“皮肤”。外表面包括外壳的物理上在电话外部的部分以及诸如LCD显示器的任何其他的外露部分。通常接受的是,由于安全和人体工程学原因,电话的皮肤不应当达到高于约40°C至45°C的温度。如上所述,尽管在电话的皮肤处不会直接感受到SOC的温度,但是智能电话内的SOC可以达到80°C至100°C的温度。相反,电话内的散热通常意味着电话的皮肤温度处于比SOC温度更低的温度。此外,尽管SOC温度的变化可能相对快(例如,秒),但是设备皮肤温度的变化可能相对慢(例如,数十秒或数分钟)。

[0007] 常规的智能电话包括当SOC上的温度传感器达到阈值水平时通过降低SOC的工作频率来控制SOC温度和皮肤温度两者的算法。此外,智能电话型号和个体智能电话本身的物理特性影响智能电话的热性能。例如,通常,预期与厚形智能电话相比,薄形智能电话更快地经历高的皮肤温度。在另外的示例中,通常,预期与不具有气隙或散热器的智能电话相比,在其处理器与其皮肤之间具有气隙或散热器的智能电话型号将更慢地经历高的皮肤温度。此外,制造缺陷和瑕疵可以通过影响智能电话处理器和其皮肤之间的热阻和热路径而影响给定的智能电话的热性能。

### 发明内容

[0008] 根据一个实施例,一种方法包括从计算设备内的多个温度传感器生成温度信息,并且基于观察到的温度信息的变化率来处理温度信息,以生成电压降低阶跃。

[0009] 根据另一实施例,系统包括:被配置为执行计算机可读指令的计算机处理器,该计

算机处理器被安装在计算设备中;以及被设置在计算设备内的温度感测设备,该温度感测设备与计算机处理器通信,该计算机处理器被配置为执行以下操作:从温度感测设备接收温度信息,从温度信息计算结温斜坡率值,以及基于结温斜坡率值来设定电压降低阶跃。

[0010] 根据另一实施例,计算设备包括:用于在计算设备的外壳内的多个位置处感测温度的装置,用于从来自温度感测装置的温度数据计算结温斜坡率的装置,用于解析查找表以基于结温斜坡率选择电压降低阶跃大小值的装置,以及用于将工作电压降低电压降低阶跃大小值的装置。

[0011] 根据另一实施例,方法包括:在第一时间段期间从计算设备的壳体内部的多个温度传感器收集温度数据,从温度数据测量计算设备的温度斜坡率,使用温度斜坡率作为从数据结构中选择值的关键字,其中该值包括电压阶跃大小,以及将计算设备的工作电压降低电压阶跃大小。

## 附图说明

[0012] 图1是可以执行根据各种实施例的方法的示例计算设备的图示。

[0013] 图2是根据一个实施例的图1的计算设备的示例内部架构的图示。

[0014] 图3是针对图1的计算设备使用的温度缓和算法的示例校准方法的图示。

[0015] 图4是根据一个实施例的示例查找表的图示,该查找表可以用于根据诸如结温斜坡率和皮肤温度斜坡率的温度变化率来校准温度缓和算法。

[0016] 图5是根据一个实施例的计算设备的示例温度斜坡率的图示。

[0017] 图6是根据一个实施例的可以由温度缓和算法应用的电压降低阶跃的示例的图示。

[0018] 图7是热缓和的示例方法的流程图的图示。

## 具体实施方式

[0019] 本文提供的各种实施例包括用于校准计算设备的温度缓和的系统和方法。例如,本文描述的各种实施例捕获所制造的计算设备的物理特性,并且使用这些物理特性来校准计算设备的温度缓和过程。

[0020] 在一个实施例中,计算机处理器包括多个集成电路芯片(例如,具有多个处理核的SOC、电源管理集成电路(PMIC)等)。芯片被设置在诸如智能电话的计算设备内。计算设备还包括电池、承载芯片的印刷电路板、触摸屏显示器和外壳等。电源(例如PMIC)将来自电池的电压和电流转换成可以由其他芯片使用的电压和电流。在芯片工作时,它们会产生热量。

[0021] 来自芯片的热量根据构成计算设备的物理材料的热传导特性在整个计算设备中传播。然而,通常预期至少在正常的工作条件下,计算设备的皮肤将不会像芯片那样热。该系统包括一个或多个过程,其监控芯片内和印刷电路板上的温度传感器,并且降低一个或多个芯片的工作频率和/或工作电压,以缓和芯片温度和/或皮肤温度。

[0022] 计算设备的物理特性影响如何有效地使用温度缓和算法。例如,一些计算设备可以具有允许皮肤温度相对快速地上升的物理热传导特性。在另一示例中,计算设备可以具有允许在芯片处或在印刷电路板上检测到的温度相对快速地上升的物理热传导特性。在这些示例中,温度的变化率被称为斜坡率,使得具有相对高斜坡率的所制造的计算设备具有

在芯片或板上检测到的、或针对皮肤计算到的温度的高变化率。

[0023] 在一个示例实施例中,在制造计算设备之后,芯片中的一个或多个芯片运行计算基准测试,同时监控整个芯片和板的温度读数。计算设备本身在基准测试期间跟踪其性能,包括所执行的一定数目的指令、在默认的热缓和设定下的缓和时间、温度斜坡率等。温度斜坡率和缓和时间提供了计算设备的热特性的指示。计算设备处理温度信息和计算基准测试的其他结果,以生成用于智能电话的温度缓和算法的参数值。例如,处理器可以基于来自基准测试的数据来设定结温设定点、皮肤温度设定点、频率和温度调节增量、温度传感器轮询速率等。

[0024] 这种校准可以在任何合适的时间执行,例如在制造之后但在运输之前执行、诸如每年一次的定期执行、或在其他时间执行。各种实施例可以提供优于常规系统和技术的优势。例如,本文描述的各种实施例可以通过使用特定设备的物理特性来设定其温度缓和算法而提供设备特定的温度缓和算法。这与常规系统不同,常规系统可能针对使用相同芯片的每个电话或者针对在相同型号下制造的每个单独的电话使用相同的温度缓和算法。因此,本文描述的各种实施例可以更好地使温度缓和适配可能由制造差异、使用期间的损坏等导致的设备的个体属性。

[0025] 各种实施例可以通过计算设备中的硬件和/或软件来执行。例如,一些实施例包括在设备运行时由计算设备中的处理器执行的硬件和/或软件算法,该处理器可以是SOC的一部分。调整热算法参数值包括将数据存储于计算机可读介质中。例如,各种实施例可以包括被搁置在计算设备中的集成电路芯片中以存储结温设定点、皮肤温度设定点、电压和频率降低阶跃大小值以及温度传感器轮询速率的非易失性或易失性存储器。下文的图3提供了示例过程的概述。

[0026] 图1是图示示例计算设备100的简化图,在计算设备100中可以实现各种实施例。在图1的示例中,计算设备100被示为智能电话。然而,实施例的范围不限于智能电话,因为其他实施例可以包括平板计算机、膝上型计算机或其他合适的设备。实际上,实施例的范围包括任何特定的计算设备,无论是否移动。包括诸如平板计算机和智能电话的电池供电设备的实施例可以受益于本文所公开的概念。具体地,本文描述的概念提供了管理在计算设备100内部产生的并且还在计算设备100外部耗散的热量的技术,从而为人类用户提供舒适性和安全性并且节省电池电量。

[0027] 如图1所示,计算设备100包括外表面或皮肤120,可以预期该外表面或皮肤120与人类用户的手或身体的其他部位接触。外表面120例如包括金属表面和塑料表面以及构成显示单元110的表面。在一个示例中,显示单元110包括电容式液晶显示器(LCD)触摸屏,其可以由玻璃、塑料、蓝宝石或覆有塑料的玻璃等制成。因此,外表面120包括诸如显示单元110的各种外表面和外壳的其他部分。计算设备100的后盖包括设备的外表面的另一部分,并且具体地包括外壳的另一部分,其可以被布置在与显示单元110的平面平行的平面中。

[0028] 图2图示了根据一个实施例的计算设备100的一些外部部件和内部部件的示例布置。在该示例中,计算设备的计算机处理器被实现在封装220内的片上系统(SOC)中,并且封装220被安装到印刷电路板210并且被设置在计算设备100的物理壳体内。散热器和电磁干扰(EMI)层230被设置在SOC封装220的顶部,并且后盖240被设置在层230上。包括处理器的封装220可以被安装在与显示器的平面和后盖240的平面平行的平面中。

[0029] 尽管未在图2中示出,但是应当理解,计算设备100可以包括其他部件,诸如电池、其他印刷电路板、其他集成电路芯片和芯片封装等。电池、印刷电路板和集成电路芯片被设置在计算设备100内,使得它们被包围在如外表面120所指示的计算设备100的物理壳体内。

[0030] 在计算机处理器和其他芯片工作时,它们产生热量,该热量在计算设备100的整个物理结构中耗散。取决于计算设备100的特定热特性,来自SOC封装220内的处理器的工作的热量可能在计算设备100的外表面120上达到令人不舒服或接近令人不舒服的温度,并且失控的热事件可能威胁到封装220的完整性或封装220内的半导体设备的完整性。因此,计算设备100包括位于各处的温度传感器。示例温度传感器被标记为 $T_{J1}$ 、 $T_{J2}$ 和 $T_{J3}$ 而示出。温度传感器 $T_{J1}$ 和 $T_{J2}$ 在封装220的SOC内实现,而被标记为 $T_{J3}$ 的温度传感器在印刷电路板210的表面上实现。

[0031] 各种实施例可以包括合适的任意数目的温度传感器。例如,SOC可以包括多个核,诸如中央处理单元(CPU)、图形处理单元(GPU)、相机核、调制解调器核等。在这样的实施例中,每个核可以包括至少一个(并且可能更多个)温度传感器。这样的布置可能是有利的,因为根据给定的应用,不同的核将在不同的时间并且以不同的强度运行。

[0032]  $T_J$ 代表结温,并且在任意给定的时间,结温是指任何传感器的最高温度读数。例如,如果在三个温度传感器中,从温度传感器 $T_{J2}$ 读出了最高温度,则该温度读数的值是结温。在计算设备100工作时,结温可以改变,并且读出结温的特定传感器可以改变。此外,虽然计算设备100没有在后盖240或显示器110上包括温度传感器,但是SOC封装220内的处理器可以包括基于来自传感器 $T_{J1}$ 至 $T_{J3}$ 的温度读数来计算皮肤温度( $T_{skin}$ )的算法。

[0033] SOC封装220内的计算机处理器通过一个或多个算法来监测包括结温的各种传感器处的温度并且采取合适的动作,以提供控制计算设备100内产生的热量的功能。例如,一个或多个算法可以跟踪温度传感器处的温度,并且在结温超过一个或多个设定点时降低封装220中的处理器的工作电压和/或工作频率。类似地,相同或相似的算法可以跟踪 $T_{skin}$ 的值,并且可以在 $T_{skin}$ 超过一个或多个设定点时降低封装220中的处理器的工作电压和/或工作频率。

[0034] 图3是根据一个实施例调整的用于校准温度缓和算法的过程300的图示。该过程开始于动作310“运行测试A、B、C”。一些实施例可以包括运行单个计算基准测试或多于一个基准测试,并且在各种实施例中可以运行可能合适的任何数目的基准测试。示例测试包括Dhrystone百万指令每秒(DMIPS),其包括在智能电话或其他处理设备运行各种测试模式并且记录结果。

[0035] 当在计算设备上运行一个或多个基准测试时,计算设备可以根据温度缓和算法中的默认设定来降低工作频率和/或工作电压。在一些实施例中可以使用的示例温度缓和算法包括动态时钟和电压缩放(DCVS),其中,温度缓和算法根据轮询速率检查温度传感器,并且然后根据 $T_J$ 设定点和 $T_{skin}$ 设定点来降低工作频率和工作电压。随着 $T_J$ 和/或 $T_{skin}$ 减小,算法可以增加工作频率和/或工作电压。此外,如下文更详细解释的,工作频率和/或工作电压根据设定的阶跃大小或增量来升高或降低。各种实施例可以包括使用任何温度缓和算法,并且此处作为示例提及DCVS。

[0036] 当计算设备运行基准测试时,温度缓和算法可以借助降低工作频率以使每秒执行更少的指令。因此,具有更不期望的热传导特性的计算设备可能比具有更期望的热传导特

性并且运行相同的温度缓和算法的另一计算设备经历更多的热缓和活动,从而每秒执行更少的指令。当计算设备运行基准测试时,该计算设备记录已执行的指令的数目、缓和发生前的时间、 $T_J$ 斜坡率、 $T_{skin}$ 斜坡率和任何其他有用的值。

[0037] 在运行测试(动作310)时或运行测试(动作310)之后,可以执行动作320至350中的一个或多个动作。动作320“测量性能”包括记录和/或处理诸如每秒数百万指令的指示计算性能的测试结果。动作330“测量缓和的时间”包括记录和/或处理指示在缓和算法通过降低工作频率、降低电压等来减慢处理之前允许计算设备运行的时间量的测试结果。此外,方法300还包括动作340“测量 $T_J$ 斜坡率”,其包括记录和/或处理指示设备的内部温度传感器处的温度变化率的测试结果。较大的斜坡率通常指示:比起具有较低斜坡率的计算设备,性能更快地被缓和。动作350“测量 $T_{skin}$ 斜坡率”包括使用基于温度传感器算法的皮肤温度估计算法以及计算针对皮肤温度的斜坡率。在动作320至350处的测量值可以用于校准温度缓和算法和后续动作。

[0038] 方法300还包括用于根据动作320至350处的测量值更新温度缓和算法的参数的动作360、370、380和390。例如,动作360包括更新由DCVS算法使用的电压阶跃和频率阶跃。在该示例中,DCVS算法使用特定阶跃大小来降低或增加电压,并且基于包括 $T_J$ 斜坡率和/或 $T_{skin}$ 斜坡率的多个因素来选择阶跃大小。

[0039] 继续该示例,当基准测试运行时,计算机处理器跟踪 $T_J$ 斜坡率。利用已测量和保存的斜坡率,计算机处理器然后从查找表365中选择电压阶跃大小,并且在DCVS算法中使用该阶跃大小。

[0040] 根据一个实施例,在图4中图示了示例查找表。在图4中,查找表365包括提供了以毫伏为单位的一系列阶跃大小的左侧列。右侧列提供以每秒摄氏度为单位的斜坡率测量。每行将特定大小的电压阶跃分配给测量的斜坡率。例如,条目410将15mV阶跃大小分配给测量的每秒25°C的斜坡率。类似地,条目440将65mV阶跃大小分配给测量的每秒55°C的斜坡率。其他条目420、430分别是顶端条目440和底端条目410之间的中间条目。当然,图4中所示的表365是一个示例。应当理解,其他实施例可以包括更多或更少的条目、不同的阶跃大小以及适合于特定应用的不同斜坡率。

[0041] 图5图示了根据一个实施例的示例斜坡率。斜坡率包括在诸如基准测试的持续时间的限定时间段内的温度变化。曲线510图示了可能与具有更不期望的热传导特性的低端计算设备相关联的示例斜坡率。在曲线510的示例中,计算设备的传导特性允许结温或计算的 $T_{skin}$ 相对快速地上升。相反,曲线520图示了可能与具有更期望的热传导特性的更高端计算设备相关联的示例斜坡率。在曲线520中,结温和/或皮肤温度上升得不那么快。在本示例中,较高的结温斜坡率或 $T_{skin}$ 斜坡率将与较大的电压阶跃相关联,以便将温度控制到可接受的水平。因此,曲线510与比曲线520(15mV)更大的电压阶跃(35mV)相关联。这与图4的示例查找表365一致,其中,较高的温度斜坡率与较大的电压阶跃相关联。

[0042] 返回到图3的示例,在动作360处,计算机处理器从动作340接收 $T_J$ 斜坡率测量,并且然后将 $T_J$ 斜坡率测量值与查找表365中的条目进行比较。动作360包括在针对 $T_J$ 斜坡率的测量值与表365中的可用条目之间做出近似匹配,包括通过向上或向下舍入,找到最接近的匹配,或使用另外的选择标准。因此,动作360包括解析数据结构(在这种情况下是表365)以将观察到的 $T_J$ 斜坡率匹配到表中的 $T_J$ 斜坡率值,选择对应于表中的 $T_J$ 斜坡率值的电压阶跃

值,并且然后将电压阶跃大小值应用于DCVS算法。当然,其他实施例可以将观察到的 $T_{skin}$ 斜坡率与表中的条目匹配,并且除了使用结温之外还应用对应的电压阶跃大小,或者将应用对应的电压阶跃大小替代使用结温。换言之,在其他实施例中,基于 $T_{skin}$ 设定电压降低阶跃大小与使用结温的动作360类似地起作用。

[0043] 图6是根据一个实施例的正常工作期间的DCVS行为的图示。具体地,动作360可以包括在校准期间从查找表365中选择和应用合适的电压阶跃大小;之后,在正常工作期间,DCVS算法表现出类似于图6中所示的行为,因为其使用所应用的电压阶跃大小。

[0044] 图6示出了具有三列的表600,其中,右侧列图示了50mV的电压阶跃。具体地,阶跃1和阶跃2之间的差异是50mV,并且阶跃2和阶跃3之间也存在50mV的电压增量。阶跃3和阶跃n之间的阶跃未具体示出,以指示图6的特性可以包括任何数目的阶跃。虽然阶跃n与650mV相关联,但是,应当理解,在各种实施例中,特性的高端和低端可以被设定为任何合适的电压水平。

[0045] 中间列指示与相应的电压水平和阶跃相关联的频率值。通常,预期较低电压下的工作与较低时钟频率下的工作相关联,以确保正确捕获数据位。因此,图6的实施例将较低的工作频率与较低的工作电压相关联。各种实施例可以适当地升高和降低电压和时钟频率。

[0046] 例如,图6中的每一行可以对应于由温度缓和算法采取的动作。因此,在一个示例中,当升高的温度读数超过了第一温度设定点( $T_J$ 或 $T_{skin}$ )时,温度缓和算法可以来到阶跃1并且继续监测。如果温度继续增加或保持相同超过特定的时间段,则温度缓和算法可以移至阶跃2并且继续监测,继续进一步降低电压或在温度稳定或开始降低后开始增加电压。

[0047] 动作360还可以包括基于性能测量或缓和时间来选择电压阶跃大小,其中较小的缓和时间可以与较大的电压阶跃相关联,并且其中较高的测量性能可以与较大的电压阶跃相关联。

[0048] 动作370包括至少部分地基于 $T_J$ 斜坡率(动作340)和缓和时间(动作330)来更新温度设定点和关闭点。设定点包括各种温度传感器处的温度读数值,在各种温度传感器处可以调用诸如DCVS的缓和算法。通常,较短的缓和时间和较大的斜坡率将导致较低的温度设定点。动作370可以类似于动作360,因为计算机处理器从动作330、340接收值并且将那些值与查找表375匹配。然后,动作370将来自查找表的条目应用为温度设定点。

[0049] 动作370还可以包括更新关闭点。在该示例中,关闭点包括可以完全关闭集成电路芯片以避免失控的热事件的温度读取值。通常,较短的缓和时间和较大的斜坡率将导致较低的关闭点。动作370包括计算机处理器从动作330、340接收值并且在查找表375内匹配那些值,以标识合适的关闭点并且将那些关闭点应用于温度缓和算法。

[0050] 动作390包括响应于来自动作350的所测量的 $T_{skin}$ 斜坡率来更新皮肤温度设定点。动作390包括计算机处理器从动作350接收值并且将那些值与查找表395中的条目匹配。然后,动作390将从查找表395中选择的条目应用为缓和算法中的皮肤温度设定点。皮肤温度设定点可以包括对应于 $T_{skin}$ 估计的温度值。当计算机设备在正常工作期间工作时,还可以计算 $T_{skin}$ ,并且当 $T_{skin}$ 超过设定点时,可以通过如上所述的降低工作电压和/或工作频率来执行温度缓和。

[0051] 动作380包括接收 $T_J$ 斜坡率测量并且将那些测量值与查找表385中的值匹配,以标

识合适的轮询速率值。在该示例中,轮询速率包括用于从温度传感器采集温度数据的频率。通常,假设较高的结温斜坡率应当对应于用于温度传感器的较高的轮询速率。动作380包括使用测量的 $T_J$ 斜坡率信息来标识合适的轮询速率并且将那些轮询速率应用于温度缓和算法。

[0052] 实施例可以包括在特定的智能电话或其他计算设备的制造工艺期间执行方法300。这允许了针对特定设备以个体为基础来设定该设备的热策略。然后,可以适当地重新运行方法300,例如每年或其他时间一次,以调整热策略。相反,各种常规过程包括针对设备型号设定热策略,使得该特定型号的每个设备包括相同的热策略。

[0053] 使用方法300来校准温度缓和算法的一些实施例的优势是:那些实施例可以应用于特定于给定的制造计算设备的设定。例如,给定的制造计算设备可能具有影响计算设备的热传导特性的制造差异,诸如芯片封装和散热器之间的气隙。方法300运行基准测试,然后执行校准以标识针对该制造计算设备的合适设定。由相同设施制造甚至使用相同型号的其他计算设备可能由于制造差异而具有不同的热传导特性,并且因此可以包括针对那些个体设备更有利的稍微不同的温度缓和设定。

[0054] 图7中图示了提供热缓和的示例方法700的流程图。在一个示例中,方法700由热管理单元执行,该热管理单元可以包括计算设备的处理器处的硬件和/或软件功能。在一些示例中,热管理单元包括处理电路,该处理电路执行计算机可读指令以从计算设备中的温度传感器接收温度数据,并且根据特定算法执行校准功能和温度缓和功能。

[0055] 图7的实施例包括在校准工作期间执行动作710至740。例如,可以响应于运行计算基准测试并且在计算基准测试期间捕获值来执行动作710至740。动作750可以使用校准的温度缓和算法在正常工作期间来执行。

[0056] 在动作710处,热管理单元从集成电路芯片处和印刷电路板上的温度传感器读取温度感测数据。在上文的图2中示出了示例,其中温度传感器被表示为 $T_{J1}$ 至 $T_{J3}$ 。该示例中的动作710可以包括在计算基准测试期间以默认速率轮询温度传感器。动作710还可以包括如上文关于图3的动作320至350所描述的测量性能、使用默认温度缓和设定测量缓和时、测量 $T_J$ 斜坡率以及测量 $T_{skin}$ 斜坡率。

[0057] 在动作720处,热管理单元解析数据结构,以将观察到的温度信息的变化率与数据结构中的特定温度信息变化率值匹配。例如,在上文的示例中,温度信息的变化率包括斜坡率。此外,在上文的示例中,热管理单元使用 $T_J$ 斜坡率(或 $T_{skin}$ 斜坡率)作为关键字来检查查找表,以在表中找到对应于近似匹配的斜坡率值的条目。换言之,斜坡率可以被用作关键字-值对中的关键字以在表中选择条目。上文的示例使用查找表作为数据结构,但是实施例的范围不限于此。其他实施例可以适当地使用不同的数据结构。

[0058] 在动作730处,热管理单元在数据结构中选择与特定温度信息变化率值对应的第一电压降低阶跃值。上文关于图4提供了示例,其中,左侧列中的每个电压降低阶跃值对应于右侧列中的相应斜坡率值。在动作730处,热管理单元响应于动作720的解析选择电压降低阶跃值。

[0059] 在动作740处,热管理单元将第一电压降低阶跃值应用于温度缓和算法。例如,热管理单元可以将第一电压降低阶跃值的指示存储在计算设备的芯片中的非易失性存储器中。

[0060] 在动作750处,热缓和单元在计算设备的正常工作期间根据温度缓和算法降低计算设备的性能。在一个示例中,温度缓和算法是软件算法,其在设备启动时,通过读取计算机芯片内的非易失性存储器地址来从校准收集设定,以初始化自身。那些设定中的一个设定是第一电压降低阶跃值。其他设定可以包括例如也被存储在非易失性存储器地址中的 $T_J$ 设定点和关闭点、 $T_{skin}$ 设定点、温度传感器轮询速率等。

[0061] 动作750包括减少由计算设备的至少一个集成电路芯片消耗的能量。在一个示例中,温度缓和算法降低一个或多个集成电路芯片的工作电压,从而较少功率消耗。然而,实施例的范围可以包括任何合适的温度缓和技術,诸如无论是作为电压降低的一部分还是独立于电压降低的工作频率降低。

[0062] 当设备在正常使用期间工作时,热管理单元在后台运行温度缓和算法,当在增加的温度读数或降低的温度读数超过结温设定点和皮肤温度设定点时,采取合适的动作。因此,当人类用户使设备空闲、拨打电话、发送文本消息、观看视频等时,热管理单元持续运行校准的温度缓和算法以确保设备工作温度不超过皮肤限制。

[0063] 实施例的范围不限于图7中所示的特定方法。其他实施例可以添加、省略、重新排列或修改一个或多个动作。例如,方法700可以包括在正常工作期间重复执行动作750,而不管动作710至740是否重复。

[0064] 如本领域技术人员现在将理解并且取决于当前的特定应用的,在不脱离本公开的精神和范围的情况下,可以对本公开的设备的材料、装置、配置和使用方法进行许多修改、替换和变型。鉴于此,本公开的范围不应当限于本文所示和所述的特定实施例的范围,因为这些特定实施例仅是本公开的一些示例,而是应当与下文的所附权利要求及其功能等同物的范围完全相称。

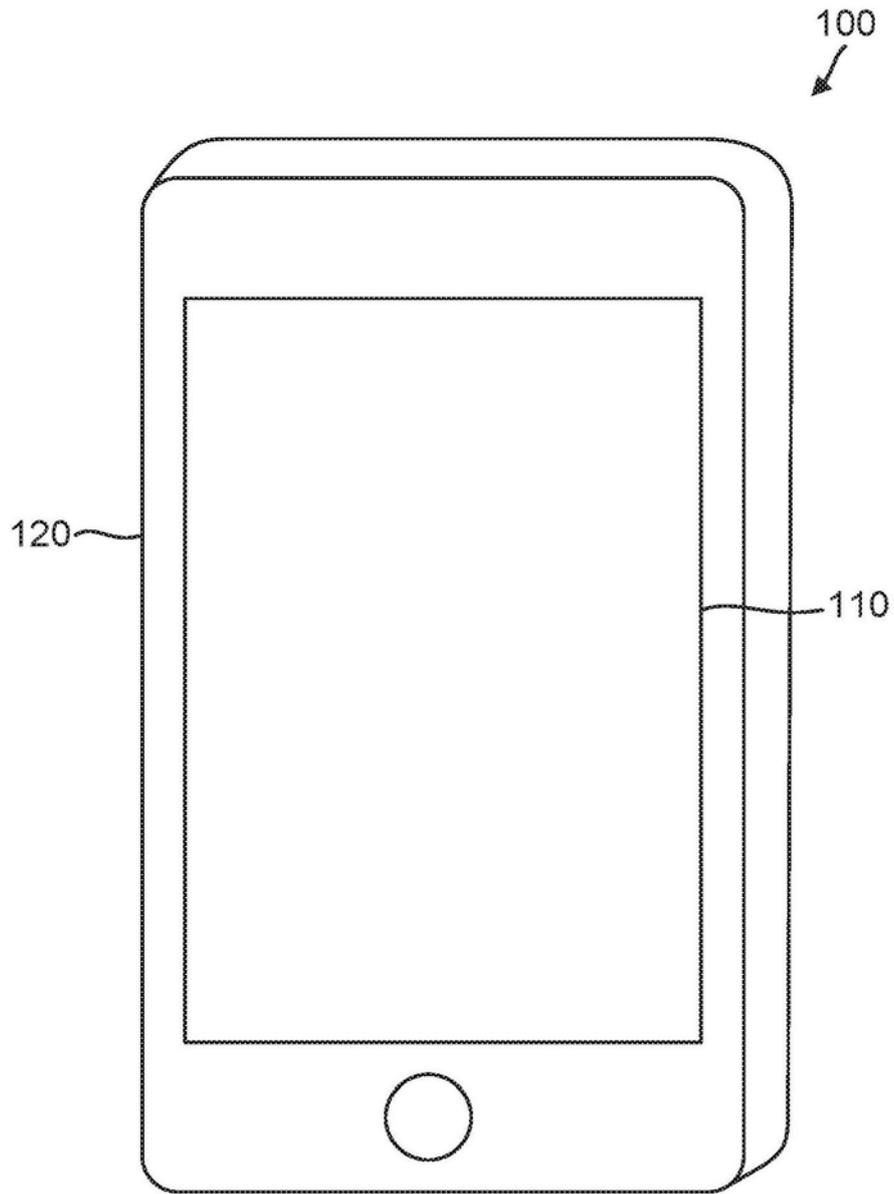


图1

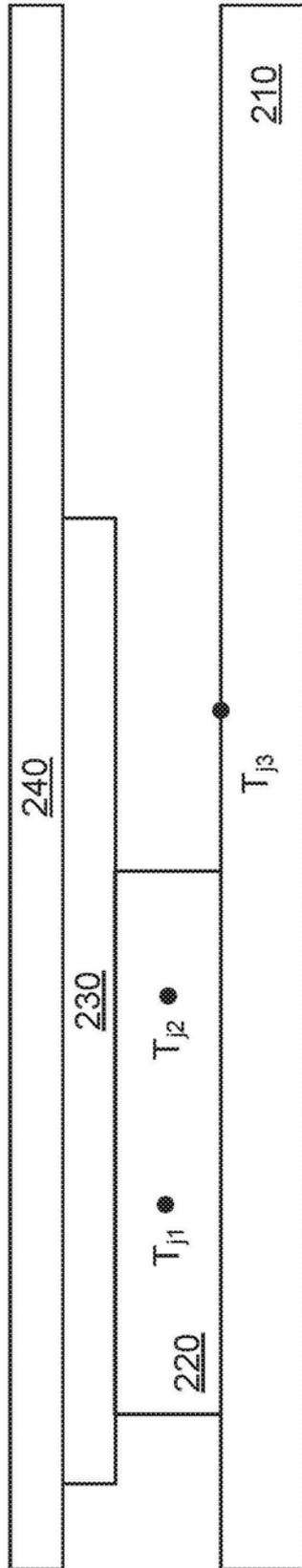


图2

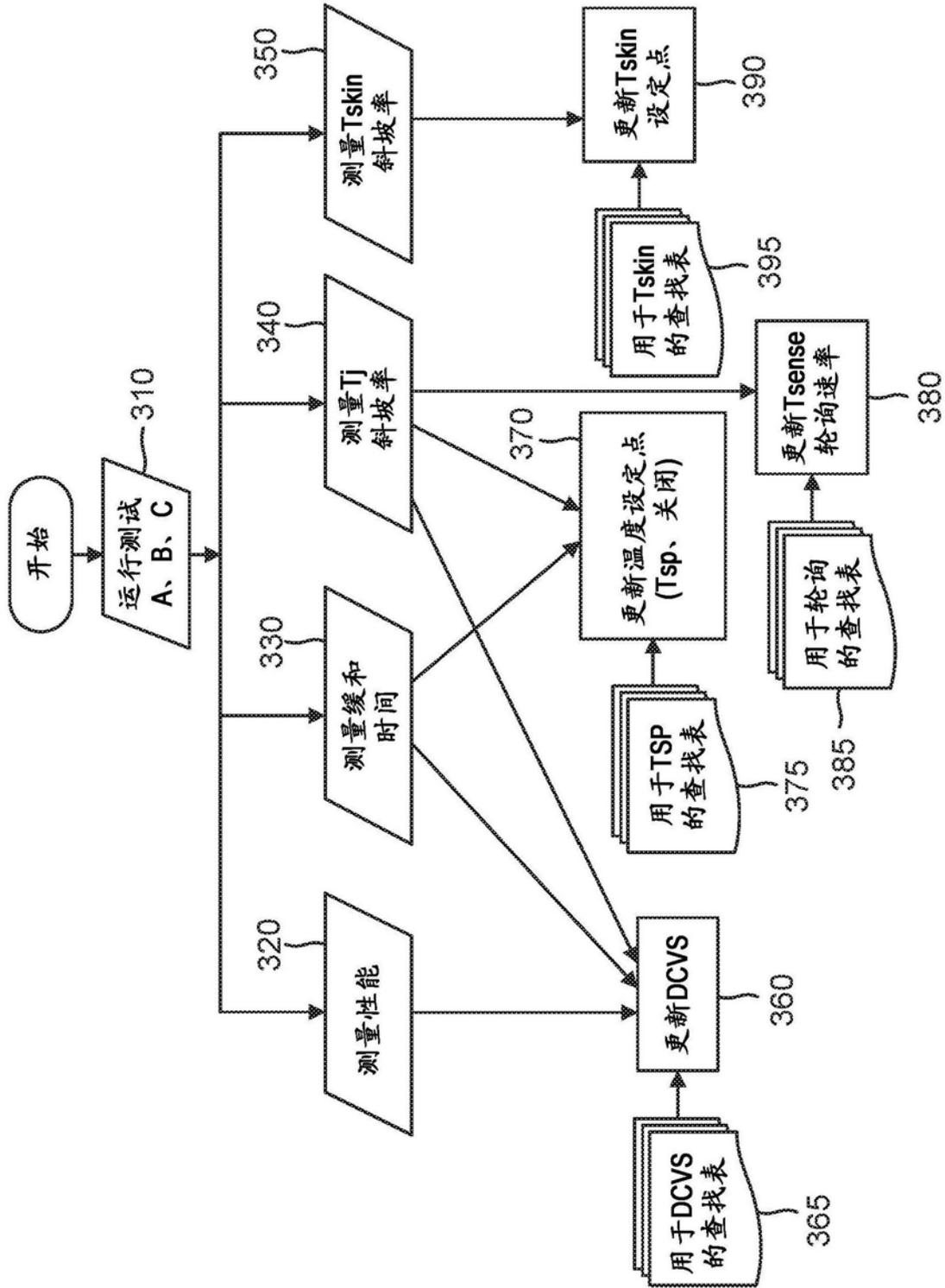


图3

365 ↘

PMIC 阶跃	斜坡率 ( °C/s )
15mV	在测试的第一个100ms内25C的Tj增加 410
25mV	在测试的第一个100ms内35C的Tj增加 420
45mV	在测试的第一个100ms内45C的Tj增加 430
65mV	在测试的第一个100ms内55C的Tj增加 440

图4

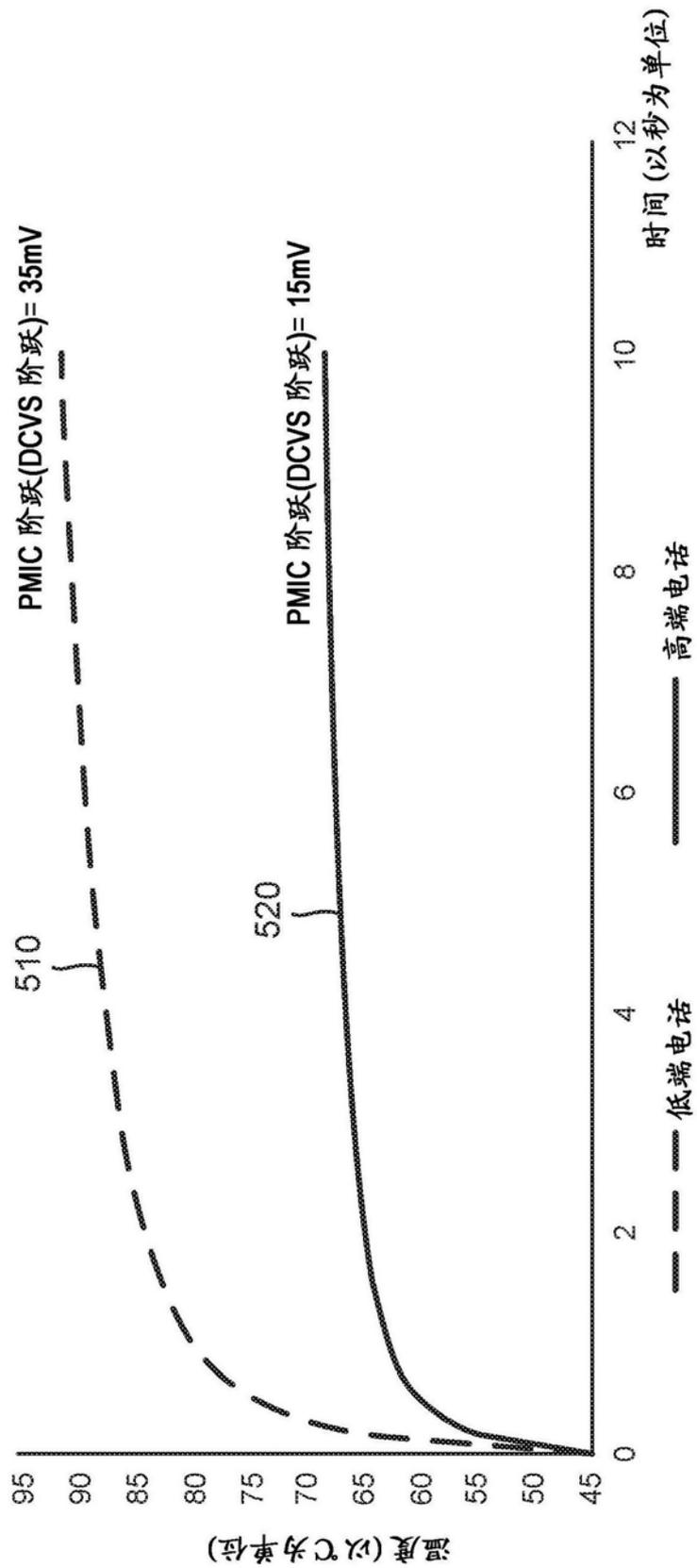


图5

600 ↙

阶跃	频率(MHz)	PMIC电压(mV)
阶跃n	1070	650
...	...	...
阶跃3	2000	900
阶跃2	2300	950
阶跃1	2400	1000

图6

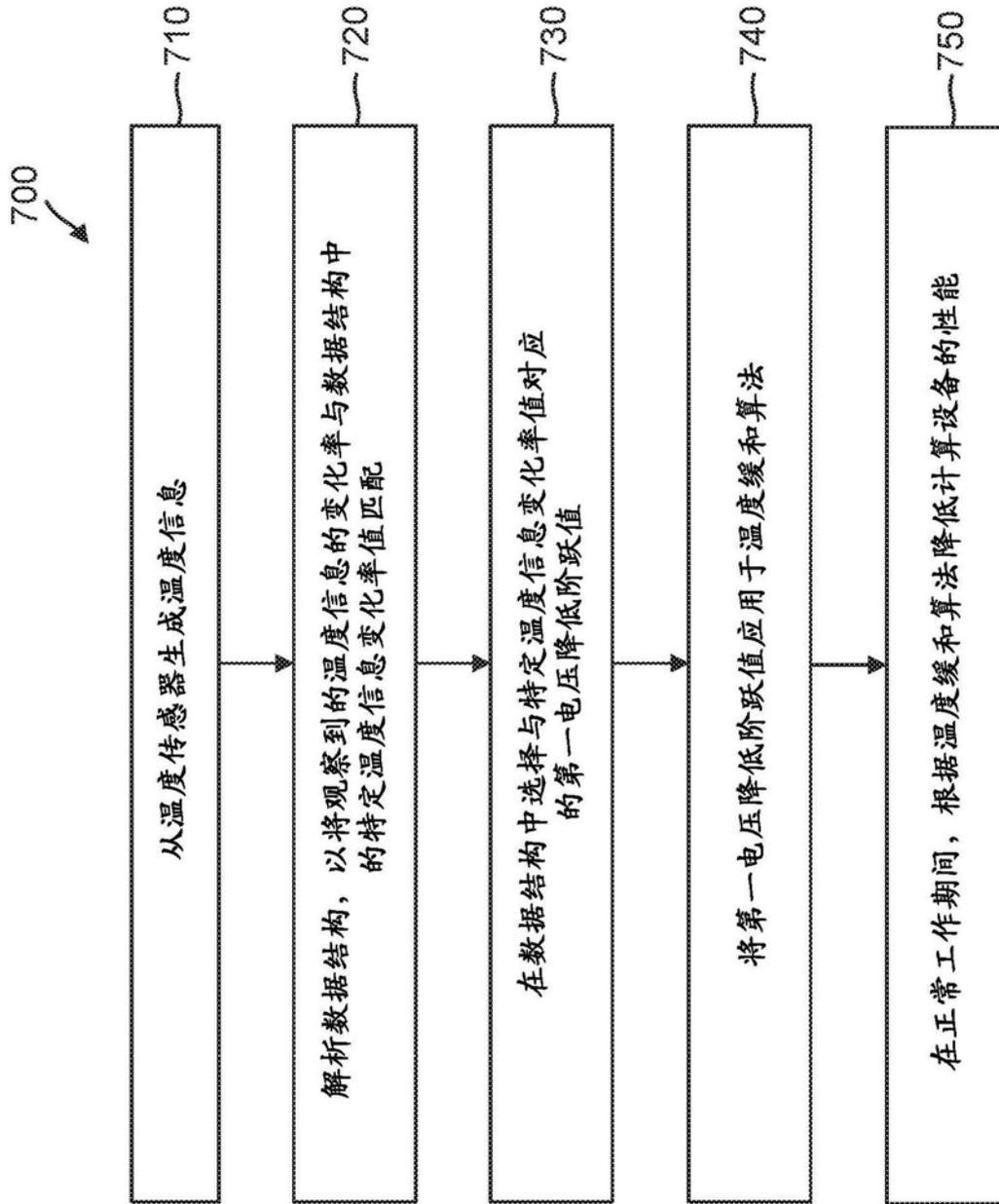


图7