



# (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107430037 B

(45)授权公告日 2019.08.27

(21)申请号 201680014625.0

(22)申请日 2016.03.09

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 107430037 A

(43)申请公布日 2017.12.01

(30)优先权数据  
14/641,510 2015.03.09 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日  
2017.09.08

(86)PCT国际申请的申请数据  
PCT/US2016/021495 2016.03.09

(87)PCT国际申请的公布数据  
W02016/145035 EN 2016.09.15

(73)专利权人 超威半导体公司  
地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 阿西施·贾恩  
本杰明·大卫·贝茨

阿里·阿克巴·梅里克赫

塞缪尔·大卫·纳夫齐格

史蒂文·弗雷德里克·利佩

马杜·萨拉瓦娜·斯比·戈文丹

(74)专利代理机构 上海胜康律师事务所 31263  
代理人 李献忠 张华

(51)Int.Cl.  
G01K 13/00(2006.01)  
G01K 1/14(2006.01)  
G01K 7/42(2006.01)  
G06F 1/28(2006.01)

(56)对比文件  
CN 104216489 A,2014.12.17,全文。  
CN 102099761 A,2011.06.15,全文。  
US 2014163765 A1,2014.06.12,全文。  
US 2011301778 A1,2011.12.08,全文。

审查员 张培

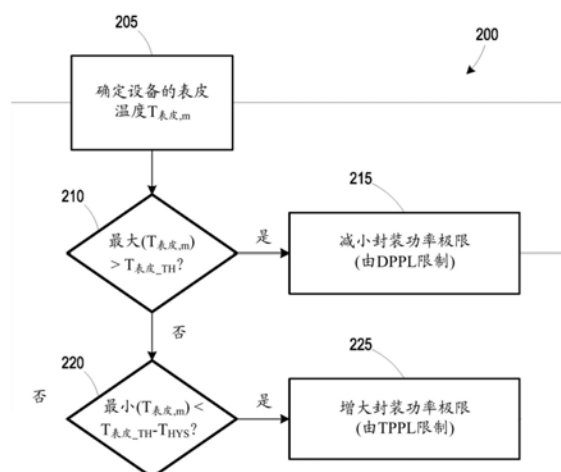
权利要求书2页 说明书11页 附图5页

## (54)发明名称

用于基于设备表皮温度改变功率极限的功率管理

## (57)摘要

一种方法包括基于所确定的容纳所述计算系统的设备(100)的外表面(145)上的至少一个位置的表皮温度来控制计算系统(102)的功率极限。一种处理器(105)包括处理单元(110、115)和功率管理控制器(125),所述功率管理控制器(125)用于基于所确定的容纳所述处理器的设备(100)的外表面(145)上的至少一个位置处的表皮温度来控制所述处理单元的功率极限。



1. 一种用于控制计算系统的功率极限的方法,其包括:

使用表皮温度模型来确定在容纳所述计算系统的设备的外表面上的位置处的表皮温度,所述表皮温度模型将表皮温度建模为由所述计算系统的多个部件生成的热功率的函数,其中确定所述表皮温度包括:

基于与所述部件相关联的活动量度来估计由所述多个部件中的每个部件产生的热功率;和

将所述多个部件的每个部件的热功率的贡献相加以确定在所述位置处的所述表皮温度;

识别在所述设备上执行的的应用的应用类型;

基于所述应用类型确定所述应用的应用交互性量度,所述应用交互性量度与用户与所述设备的交互量相关联;

基于所述应用交互性量度确定表皮温度调整因素;和

基于所述表皮温度和所述表皮温度调整因素来控制所述计算系统的所述功率极限。

2. 如权利要求1所述的方法,其还包括:

使用接近所述外表面定位的温度传感器来确定所述位置处的所述表皮温度。

3. 如权利要求1所述的方法,其中控制所述功率极限包括响应于所述表皮温度大于表皮温度阈值且所述多个部件中的选定部件被指定为对所述位置处的表皮温度的主要贡献者,减小所述多个部件中的所述选定部件的单独功率极限。

4. 如权利要求1所述的方法,其中控制所述功率极限包括响应于所述表皮温度小于表皮温度阈值,增加所述多个部件中的选定部件的单独功率极限。

5. 如权利要求1所述的方法,其还包括:

确定在所述外表面上的多个位置处的多个表皮温度,其中控制所述功率极限包括:响应于所述多个表皮温度中的最小表皮温度小于减去滞后偏移的表皮温度阈值而增加所述功率极限。

6. 如权利要求1所述的方法,其中控制所述功率极限包括:响应于所述表皮温度大于最大表皮温度阈值而减小所述计算系统的封装功率极限。

7. 如权利要求1所述的方法,其还包括:

确定在所述外表面上的多个位置处的多个表皮温度,其中控制所述功率极限包括:响应于所述多个表皮温度中的最大表皮温度大于表皮温度阈值而减小所述功率极限。

8. 如权利要求1所述的方法,其中确定所述表皮温度还包括:针对相应的活动量度轮询所述多个部件中的每一个。

9. 如权利要求1所述的方法,其中确定所述表皮温度还包括:使所述多个部件中的每一个将相应的计数器数据推送到功率管理控制器,以基于所述表皮温度控制所述计算系统的功率极限。

10. 如权利要求1所述的方法,其中确定所述表皮温度还包括确定CPU核的软件可见状态,其中所述方法还包括:

基于所述软件可见状态和所述计算系统的功率极限,根据动态电压频率调节(DVFS)操作所述计算系统的CPU。

11. 如权利要求1所述的方法,其中控制所述计算系统的所述功率极限是基于最大表皮

温度阈值减去表皮温度滞后偏移。

12. 一种处理器,其包括:

处理单元;以及

功率管理控制器,所述功率管理控制器使用表皮温度模型来确定在容纳所述处理器的设备的外表面上的位置处的表皮温度,所述表皮温度模型将表皮温度建模为由所述设备的多个部件生成的热功率的函数,其中所述功率管理控制器通过以下确定所述表皮温度:

基于与所述部件相关联的活动量度来估计由所述多个部件中的每个部件产生的热功率;和

将所述多个部件的每个部件的热功率的贡献相加以确定在所述位置处的所述表皮温度;

识别在所述设备上执行的应用的应用类型;

基于所述应用类型确定所述应用的应用交互性量度,所述应用交互性量度与用户与所述设备的交互量相关联;

基于所述应用交互性量度确定表皮温度调整因素;和

基于所述表皮温度和所述表皮温度调整因素来控制所述处理单元的功率极限。

13. 如权利要求12所述的处理器,其中所述功率管理控制器用于进一步基于所接收的所述位置处的温度传感器数据确定所述表皮温度。

14. 如权利要求12所述的处理器,其中所述功率管理控制器用于响应于所述表皮温度大于表皮温度阈值且所述多个部件中的选定部件被指定为对所述位置处的表皮温度的主要贡献者,减小所述多个部件中的所述选定部件的单独功率极限。

15. 如权利要求12所述的处理器,其中所述功率管理控制器用于响应于所述表皮温度小于表皮温度阈值,增加所述部件中的选定部件的单独功率极限。

16. 如权利要求12所述的处理器,其中所述功率管理控制器还用于确定在所述外表面上的多个位置处的多个表皮温度,以及通过响应于所述多个表皮温度中的最小表皮温度小于减去滞后偏移的表皮温度阈值而增加所述功率极限来控制所述功率极限。

17. 如权利要求12所述的处理器,其中所述功率管理控制器用于响应于所述表皮温度大于最大表皮温度阈值而减小封装功率极限。

18. 如权利要求12所述的处理器,其中所述功率管理控制器用于确定在所述外表面上的多个位置处的多个表皮温度,以及通过响应于所述多个表皮温度中的最大表皮温度大于表皮温度阈值而减小所述功率极限来控制所述功率极限。

19. 一种用于控制计算系统的功率极限的设备,所述设备容纳如权利要求12所述的处理器。

## 用于基于设备表皮温度改变功率极限的功率管理

### 技术领域

[0001] 所公开主体总体上涉及计算系统,并且更具体地,涉及手持式处理设备的功率管理。

### 背景技术

[0002] 现代的高性能处理器包括多个不同种类的处理单元,诸如中央处理单元(CPU)芯片和图形处理单元(GPU)芯片。采用功率管理技术来自适应地跨处理单元分配功率,以便在固定处理器功率和热包封内产生最佳性能结果。

[0003] 基于在最坏条件下运行繁重工作负荷来设定用于处理单元(即,热设计点(TDP))的最大功率。TDP表示用于可持续功率的上界,并用于确定系统冷却需求,以防止由处理单元生成的热量损坏部件或减少它们的服务寿命。

[0004] 在手持式或可穿戴计算设备的情况下,诸如平板电脑、移动电话、智能手表等,设备的最大操作温度受用户察觉的限制比受硅温度极限的限制更多。由手持式设备中的处理单元生成的热量传导到设备的外表面(诸如显示器和壳体),在设备操作期间,用户与设备在所述外表面处相互作用。为了向用户提供舒适的体验,将分配给处理单元的最大功率预算设定为固定极限,所述固定极限可小于TDP以维持设备的表皮温度小于用户将察觉为太高的值。

[0005] 静态功率极限的使用是保守的并且人工地降低设备的性能,因为静态功率极限是基于最坏情况的表皮温度(即,繁重工作负荷持续延长的时间段),而实际操作条件经常不满足最坏情况的条件。

### 附图说明

[0006] 通过参考附图,可更好地理解本公开,并且它的许多特征和优点对本领域技术人员来说变得显而易见。

[0007] 图1是根据一些实施方案的、包括计算系统的设备的简化框图,所述计算系统被配置来实现功率管理以基于设备表皮温度改变功率极限。

[0008] 图2和图3是根据一些实施方案的、用于基于表皮温度控制功率极限的方法的流程图。

[0009] 图4是根据一些实施方案的、用于对图1的设备中各层的热特性进行建模的热梯形电路模拟的图。

[0010] 图5是示出根据一些实施方案的、基于设备状态对表皮温度阈值的调整的图。

[0011] 图6是流程图,其示出根据一些实施方案的、用于设计和制造实现处理器部件的至少一部分的集成电路设备的方法。

[0012] 在不同图示中相同参考符号的使用指示类似或相同的物件。

## 具体实施方式

[0013] 图1-5示出用于基于由包括计算系统的设备的用户经历的表皮温度来管理计算系统的资源的示例性技术。当所确定的表皮温度与表皮温度极限之间存在热裕量时,可基于表皮温度动态地控制计算系统的功率极限以允许计算系统中的部件的提升(即,允许更高频率的操作),这种技术在本文中被称为“表皮温度感知功率管理”(STAPM)。与表皮温度相关联的热余量取决于时间,因为当由计算系统生成的热量(由结点温度 $T_j$ 表示)传输穿过设备从而在一个或多个位置处影响设备的表皮温度 $T_{\text{表皮}}$ 时,它们之间存在延迟(即,热容)。可使用温度传感器或通过使用表皮温度模型来确定表皮温度。表皮温度模型可并入结合设备的热模型而对设备中热生成部件的基于活动量度的热功率估计,以估计一个或多个位置处的表皮温度。活动量度可与设备中不同类型的资源,诸如高级处理单元(APU)、存储器、显示器等的热产生相关。表皮温度极限可以是固定的或可变的。STAPM允许机会性地使用设备的时变热余量来提升系统并且因此改善性能。通过利用热余量实现提升驻留率的增加改善了系统响应性,尤其是对于较短且猝发式使用条件。

[0014] 图1是根据一些实施方案的、包括体现在加速处理单元(APU) 105中的计算系统102的设备100的框图。APU 105包括一个或多个中央处理单元(CPU) 芯片110、一个或多个图形处理单元(GPU) 芯片115、北桥(NB) 控制器120和表皮温度感知功率管理(STAPM) 控制器125。计算系统102还包括系统存储器130、显示器135和电源137(包括电压调节器、电池和电池充电单元——未单独示出)。NB控制器120提供到系统存储器130的接口。设备100的操作一般由与设备100的各种元件交接的包括软件的操作系统140来控制。APU 105将CPU芯片110和GPU芯片115集成在共同的半导体裸片上,从而允许它们共享片上资源,诸如存储器层级和互连。

[0015] 设备100包括支撑显示器135的外壳145,显示器135围绕计算系统102的有效部件并提供外表面,用户沿着所述外表面与设备100交接。对于显示器135是触摸屏的实施方案,APU 105控制显示器135并且可从显示器135接收用户输入。在一些实施方案中,一个或多个温度传感器150可设置在设备100中,诸如接近壳体145的传感器150和接近显示器135的传感器。可提供活动计数器,诸如CPU计数器155、GPU计数器160和存储器计数器165,以便生成各部件的设备活动量度,以用于估计它们生成的热量以及所述热量对表皮温度做出怎样的贡献。

[0016] 在各种实施方案中,设备100可以手持式或可穿戴设备体现,诸如膝上型计算机、手持式计算机、平板计算机、移动设备、电话、个人数据助理(“PDA”)、音乐播放器、游戏设备等。在本文未描述设备100的某些示例性方面的情况下,此类示例性方面可或可不包括在各种实施方案中,而不限本领域的技术人员将理解的本申请的实施方案的精神和范围。

[0017] STAPM控制器125基于所确定的表皮温度为设备100设定动态功率极限。在动态功率极限内,STAPM控制器125实现电压和频率缩放(DVFS),以适应CPU芯片110和GPU芯片115的电压和时钟电平。STAPM控制器125还可控制分配到系统存储器130的带宽或由电源137采用的电池充电速率以控制它们的相应热贡献。如以下更详细描述,STAPM控制器125可实现每个受控部件的总设备功率极限或单独功率极限。

[0018] 在一些实施方案中,表皮温度极限是固定的并且与默认封装功率极限DPPL相关联,其中如果设备100将在DPPL下操作持续延长的时间段,那么设备100的实际表皮温度将

基本上达到但不超过表皮温度极限。在一些实施方案中,表皮温度极限可以是可变的,这取决于诸如设备状态或用户偏好的因素。在此类情况下,DPPL还将随表皮温度极限而进行调整。

[0019] 由于在DVFS状态下电压和频率一般是联接的(即,当电压下降时,频率也下降),DVFS状态还可以被称为简单的活动频率状态。修改器活动意味着相较于对应时钟的频率为零的不活动或断电状态,处理器芯片110、115保持在能够执行指令的活动操作状态。下表1示出CPU芯片110的示例性DVFS状态。P0-P5表示软件可见状态,其可由操作系统135或STAPM控制器125控制,并且Pb0-Pb1表示硬件控制的提升状态(对于诸如操作系统135的软件不可见),其可由STAPM控制器125控制。对于P0-P5,P0表示基础DVFS状态,并且当状态数增加时,电压和频率下降,以使得P5是最低DVFS状态。与提升状态相关联的电压和频率比基础状态P0的电压和频率更大。提升状态Pb1和Pb1还表现出随指数下降的电压和频率,其中Pb0是最高提升状态。

[0020]	HW 状态	P-状态	电压(V)	频率(MHz)
		Pb0	V1b	F1b
	SW-可见状态	Pb1	V0b	F0b
		P0	V0	F0
		P1	V1	F1
		P2	V2	F2
		P3	V3	F3
		P4	V4	F4
		P5	V5	F5

[0021] 表1-CPU DVFS状态

[0022] GPU芯片115具有独立控制的电源层,其允许独立于与CPU芯片110相关联的电压和频率来控制电压和频率。在所示的实例中,GPU芯片115具有GPU高状态(最高频率)、GPU中等状态(中频)和GPU低状态(最低频率)。

[0023] 图2是根据一些实施方案的、用于基于所估计的表皮温度为计算系统102中的处理部件设定功率极限的方法200的流程图。在方法框205中,STAPM控制器125确定在容纳计算系统102的设备的m个位置(例如,壳体145或显示器135上的一个或多个位置)处的表皮温度 $T_{表皮,m}$ 。如以下将更详细描述的,可使用温度传感器150或通过采用表皮温度模型来确定表皮温度。在温度传感器150的情况下,传感器数据不可直接读取表皮温度,因为它们可安装在表面附近,但不是实际安装在表面上。覆盖传感器的任何材料的热阻可对所测量温度产生偏移。

[0024] 在方法框210处,将各种位置处的表皮温度与最大表皮温度阈值 $T_{表皮,TH}$ (即,表皮温度极限)进行比较。在一些实施方案中,最大表皮温度阈值还可取决于位置, $T_{表皮,TH,m}$ 。例如,显示器135可具有与壳体145不同的表皮温度极限。如果任一表皮温度都超过 $T_{表皮,TH}$ ,那么减小计算系统102的封装功率极限PPL。在一些实施方案中, $T_{表皮,TH}$ 的值可以是固定的,并且在一些实施方案中,它可以是可变的。PPL表示由设备100的受控部件加上假定具有固定贡献的那些部件消耗的总功率。在由PPL设定的包络内,可采用各种功率管理技术来设定单独部件的功率状态,如以下更详细描述的。在一些实施方案中,在减小PPL的过程中可使用分级方法,其中PPL根据预定的速率增量地减小以允许实现表皮温度的功率减少的时间。STAPM

控制器125可继续减小PPL直到达到默认封装功率极限DPPL。在可变的表皮温度阈值的情况下,可调整DPPL以及最大表皮温度阈值的值。可采用最大表皮温度阈值与DPPL之间的预定相关性。

[0025] 在方法框220处,将各种位置处的表皮温度与减去滞后偏移 $T_{HYS}$ 的最大表皮温度阈值 $T_{表皮\_TH}$ 进行比较。如果各种位置处的最小表皮温度小于滞后调整过的阈值,那么系统中存在热余量,并且存在在不超过表皮温度阈值的情况下提升系统性能的机会。在方法框225中,PPL增加。在一些实施方案中,PPL可增加到由热封装功率极限阈值TPPL定义的最大值,其对应于被设计成防止对硅造成损坏的TDP极限。在其他实施方案中,还可使用预定速率增量地实现PPL的增加。由于TPPL阈值的值是基于硅极限确定的,它不受最大表皮温度阈值变化的影响。

[0026] 图2的实施方案使用基于表皮温度管理总PPL的技术。在一些情况下,设备100中的特定部件可以是特定监测位置处的表皮温度的主要贡献者。例如,设置在系统存储器130上方的位置的表皮温度可主要取决于存储器130的活动级别,设置在APU 105上方的位置的表皮温度可主要取决于APU 105的活动级别,或在电源137上方的位置处的表皮温度可主要取决于电池的充电状态和速率。为了有利于更好地控制粒度,STAPM控制器125可在由PPL定义的包络内实现部件单位功率极限,其可基于表皮温度和位置进行调整。

[0027] 图3是根据一些实施方案的、用于基于所估计的表皮温度为计算系统102中的部件设定单独功率极限的方法300的流程图。在方法框305中,STAPM控制器125确定在容纳计算系统102的设备的 $m$ 个位置(例如,壳体145或显示器135上的一个或多个位置)处的表皮温度 $T_{表皮,m}$ 。

[0028] 在方法框310处,将各种位置处的表皮温度与最大表皮温度阈值 $T_{表皮\_TH}$ 进行比较。同样,表皮温度阈值可以是固定的或可变的。如果在方法框310中任一表皮温度都超过功率极限 $T_{表皮\_TH}$ ,那么评估一个或多个特定违规位置( $T_{表皮,m}$ )以在方法框315中确定是否存在与生成热量相关联的特定部件。如果在方法框315中违规位置取决于部件,那么在方法框320中减小相关联部件的功率极限 $PLC_j$ 。例如,如果存储器130是违规位置处的主要贡献部件,STAPM控制器125可减小存储器130的带宽极限,其中带宽与功率成正比。如果电源137是主要贡献部件,STAPM控制器125可减小电池充电速率。因此,在方法框320中,在部件功率极限的背景下,带宽极限可表示功率极限。在APU 105的情况下,可使用APU功率极限或可使用单独的CPU和GPU功率极限。APU 105的功率极限的减小通常导致过渡到较低DVFS状态。在一些实施方案中,可通过改变频率/P-状态极限间接地控制功率极限。出于本说明性实例的目的,频率/P-状态极限被认为是功率极限。如果在方法框315中违规位置不取决于部件,那么在方法框325中减小所有部件的功率极限。在操纵部件功率极限的过程中,部件功率极限可与非受控部件的固定功率贡献相结合并经受基于封装功率极限PPL的约束。

[0029] 
$$\sum_{j=1}^J PLC_j + PWR_{静态} < PPL$$

[0030] 在方法框330处,将各种位置处的表皮温度与减去滞后偏移 $T_{HYS}$ 的最大表皮温度阈值 $T_{表皮\_TH}$ 进行比较。如果各种位置处的最小表皮温度小于滞后调整过的阈值,那么系统中存在热余量,并且存在在不超过表皮温度阈值的情况下提升系统性能的机会。在方法框335



中,所有部件的功率极限都增加。在一些实施方案中,可将部件功率极限增加到每个部件的最大部件功率极限,其对应于被设计成防止对硅造成损坏的TDP极限。在一些实施方案中,还可使用预定速率增量地实现部件功率极限的增加。

[0031] 在由封装功率极限或单独部件功率极限定义的操作包络内,可使用各种方法来控制实际设备功率状态(例如,以上所述的CPU和GPU功率状态)。在一个实施方案中,可提升APU 105的DVFS状态以使总热容量的使用最大化,总热容量是被称为在热预算内贪婪地分配功率的概念。如果未达到最大表皮温度阈值,分配功率直到达到最大CPU和GPU频率和存储器带宽。在其他实施方案中,可使用频率敏感方法来调整DVFS状态。

[0032] 在电池充电速率的情况下,STAPM控制器125可基于其他部件的活动状态优先向电源137分配功率。例如,在低APU 105活动时期期间,可增加由电源137采用的充电速率以便在不消极地影响系统性能的情况下更快地对电池进行充电。在高APU 105活动时期期间,可减小充电速率以允许采用任何可用的热余量来增加计算系统102的性能。在图2的实施方案中,STAPM控制器125可直接控制充电速率以解决电源137的热贡献,而在图3的实施方案中,STAPM控制器125可使用电源137的部件级功率极限,并且电源137可基于其被指派的功率极限来控制充电速率。

[0033] 在一些实施方案中,在设备100中提供温度传感器150可能是不可行的。为了促进表皮温度分析,可使用在多个位置处使部件活动级别与表皮温度相关的表皮温度模型。一般来说,存在由部件生成的热量传导穿过设备直到其呈现为特定位置处的表皮温度的路径。可使用电路模拟对此热量路径进行建模,其中电流模拟为热功率,并且电压模拟为温度。设备的在热生成部件与表皮温度位置之间的由指数*i*表示的每个层可由特性热阻参数 $R_{th(i)}$ 和并联特性热容参数 $C_{th(i)}$ 表示。与所述层相关联的热时间常数可由热阻和热容的乘积表示,即 $\tau_i = R_{thi} C_{thi}$ 。

[0034] 图4示出用于设备100中的层的针对给定部件和表皮温度位置的热梯形电路模拟400。热梯形电路模拟400表示FosterRC网络。所采用的特定数量的层和每个层的特性取决于设备的特定构造。例如,用于APU 105和存储器130的封装件可安装在电路板上。散热器可设置在封装中的一者或两者上方。表皮扩散器可设置在壳体145上。可使用中间框架来支撑印刷电路板。热耗散元件的各种配置和印刷电路板的取向可以改变(例如,面向壳体145或面向显示器135)。每个层由RC对405A-405D表示。

[0035] 基于热模型电路模拟400,用于多个位置处的表皮温度的表皮温度模型由以下等式定义:

$$[0036] \quad \Delta T_{m,n} = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \frac{2\tau_{m,ij} - \Delta t}{2\tau_{m,ij} + \Delta t} \Delta T_{m,n-1} + \frac{R_{thm,ij} \Delta t}{2\tau_{m,ij} + \Delta t} (STATE_{jn} + STATE_{jn-1})$$

$$[0037] \quad T_{表皮m,n} = T_{amb} + T_{sys} + \Delta T_{m,n},$$

[0038] 其中,等式参数是:

[0039] *n* = 离散时间变量的指示符;

[0040] *m* = 整数,其为定义表皮温度位置的变量;

[0041] *M* = 整数,其为表皮温度位置的总数;

[0042] *i* = 整数,其为Foster RC网络中的梯形;



[0043] I=整数,其为Foster RC网络中的梯形的总数;

[0044] j=整数,其为热生成部件的数量;

[0045] J=整数,其为部件的总数;

[0046]  $\Delta t$ =采样时间(也被称为 $T_s$ );

[0047]  $\tau$ =与RC梯形和交叉加热部件相关的时间常数;

[0048]  $R_{th}$ =与RC梯形和交叉加热部件相关的热阻;

[0049]  $STATE_{j,n}$ =指示热部件热功率的时间相关变量;

[0050]  $T_{amb}$ =环境温度(固定值或所测量的);并且

[0051]  $T_{sys}$ =系统的静态非热部件升温。

[0052] 在一些实施方案中,假定在等式2中引用的环境温度和静态系统温度为恒定值。在其他实施方案中,可测量环境温度。例如,如果系统是冷的,在系统初始化期间获取的来自温度传感器150的初始读数可用作环境温度。绝热温度也可用于动态地测量和更新环境温度。

[0053] 针对给定的设备设计,可根据经验确定热阻和时间恒定参数。对于每个层i,可使用冷启动和温度响应的稳态值基于以下公式获得热阻值:

$$[0054] \quad R_{th} = \frac{T_{稳态} - T_{冷启动}}{STATE_{稳态} - STATE_{冷启动}}。$$

[0055] 可基于温度值命中其稳态值的约63.2%的时间(即,系统的步骤响应于达到其最终渐近值的 $1-1/e$ 所需的时间)来计算用于 $\tau$ 的值。

[0056] 在确定每个部件的热功率相关的贡献 $STATE_j$ 时,可使用使活动与热功率(即,以瓦特为单位)相关的模型。在一些实施方案中,STAPM控制器125可以跟踪APU 105、系统存储器130和显示器135的热功率贡献。STAPM控制器125可采用CPU计数器155(CPU\_CNT)、GPU计数器160(GPU\_CNT)和存储器计数器165(MEM\_CNT)以生成活动量度。计数器155、160、165可如图1中所示那样分布,或它们可集成到STAPM控制器125中。功能部件可将计数器数据推送到STAPM控制器125,或STAPM控制器125可轮询功能部件以获得计数器数据。在一些实施方案中,可使用软件(例如,在操作系统135中)实现STAPM控制器125的一些功能。例如,软件可轮询计数器并通知STAPM控制器125。

[0057] 为每个部件确定如下使部件功率与活动相关的热功率函数:

[0058]  $STATE_{APU} = f(CPU\_CNT, GPU\_CNT, BaseLeakage, V, F, APU\text{温度})$ ,

[0059] 其中BaseLeakage是APU 105在电压和温度的某些测试条件下的热泄露,F和V定义在给定瞬间的DVFS状态,并且APU温度是APU105在由集成热传感器报告的给定瞬间的操作温度。可使用线性模型来生成模型函数,其中基于来自目标设备的实际功率测量值来确定加权参数;

[0060]  $STATE_{存储器} = NumDimms * (\text{动态} + \text{每DIMM/模型的泄露功率})$ ,

[0061] 其中:

[0062] 每DIMM/模型的动态功率= $DdrPowerSlope * \% \text{利用率} * VDDIO^2 * MemClkFreq$ ;

[0063] 每DIMM/模型的泄露功率= $DdrPowerOffset * VDDIO$ ;

[0064]  $DdrPowerSlope$ 和 $DdrPowerOffset$ 是基于针对目标存储器模块的实际存储器功率测量值所表征的系数, $VDDIO$ 是存储器设备电压, $MemClkFreq$ 是存储器时钟频率,并且%利

用率是从MEM\_CNT导出的量度,其是存储器忙碌周期的数量与存储器周期总数的比率;

[0065]  $STATE_{\text{显示器}} = \alpha * \text{AvgBackLight}\% + \beta * \text{AvgRefreshRate} + \gamma$ ,

[0066] 其中 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 是基于针对目标显示面板的实际功率测量值所表征的模型系数,

[0067] AvgBackLight%和AvgRefreshRate是从APU 105的显示器控制器单元中的控制寄存器读取的背光和刷新速率的移动平均值;并且

[0068]  $STATE_{PS} = f(\text{ChgState}, \text{ChgRate})$

[0069] 其中ChgState是电源137的充电状态,并且ChgRate是采用来对电池进行充电的充电速率。

[0070] 可采用各种方法来设定以上所述的最大表皮温度阈值 $T_{\text{表皮\_TH}}$ 和与其相关联的功率阈值。在一些实施方案中,最大表皮温度阈值是固定的,从而导致用于最小封装功率极限阈值 $PWR_{\text{最小}}$ 和所采用的任何部件最小功率极限阈值的固定值。在一些实施方案中,最大表皮温度阈值可基于诸如设备状态或用户偏好的因素动态地设定。改变最大表皮温度阈值导致默认封装功率极限阈值DPPL的改变。一般来说,增加最大表皮温度导致计算系统102的可实现性能的增加,因为允许更热的操作。

[0071] 图5是示出根据一些实施方案的、基于设备状态对表皮温度阈值的调整的图。基于如框500中所示的多个设备状态因素调整默认表皮温度阈值 $T_{\text{表皮\_DEF}}$ (即,或用于不同位置的不同阈值集合)。单独设备状态因素可包括配置状态调整505、外部状态调整510、应用状态调整515、使用状态调整520和硬件状态调整525。在框500中对所述调整求和以生成用于表皮温度阈值的动态值。以上所述的默认封装功率极限DPPL还可随着所调整表皮温度阈值的变化、使用预定的等式或查找表进行调整。在一些实施方案中,并不是所有调整505-525都可由STAPM控制器125实现。

[0072] 基于用户偏好数据来生成配置状态调整505。可询问用户以查明用户是如何察觉设备100的温度的。可向用户呈现具有选项“运行使更暖”、“运行使更冷”、或“不变”的表皮温度菜单。在一些实施方案中,可在基于测量值或基于已经在DPPL下操作持续延长的时间段而将设备100确定为已经达到表皮温度阈值之后自动询问用户。在一些实施方案中,用户可访问设置输入屏幕中的相关表皮温度调整选项。自动询问用户可周期性地或在基于以下所述的其他设备状态调整因素对表皮温度阈值做出其他调整之后进行重复。基于用户选择,可生成调整因素 $TSK\_ADJ_1$ 以修改默认表皮温度阈值。在用于不同位置的多个表皮温度阈值的情况下,可将相同调整因素应用于所有位置阈值。

[0073] 外部状态调整510是基于设备100的环境条件。以上所述的表皮温度模型等式包括环境温度分量 $T_{\text{amb}}$ 。在一些实施方案中,假定环境温度分量为固定值。在一些实施方案中,温度传感器150中的一个可与设备100的热生成部件绝热,以使得它直接测量周围环境的环境温度。在一些实施方案中,可使用用于设备100的位置数据或网络连接数据来推断环境温度。例如,如果确定用户是在户外,可采用设备100的GPS位置以便基于在设备100上执行的应用所检索到的天气数据来确定周围的环境温度。如果确定用户是在室内,可使用用于环境温度的假定值。例如,如果设备100连接到由用户指定为工作网络的通信网络,用户可能位于室内。可通过从默认值减去所确定的环境温度而生成环境温度调整因素 $TSK\_ADJ_2$ 。如果所确定的环境温度值小于默认值,生成表皮温度极限的正偏移。如果所确定的环境温度值大于默认值,生成表皮温度极限的负偏移。在一些实施方案中,在测量表皮温度而不是进

行建模的情况下,不需要监测或估计环境温度,并且可忽略框510的调整因素。

[0074] 基于由计算系统102执行的应用的类型而生成应用状态调整515。不同类型的应用固有地涉及不同级别的用户交互。为了有利于表皮温度阈值调整,可为不同类型的应用指派相对交互性量度。交互性量度可用于确定由应用状态框515生成的调整因素TSK\_ADJ<sub>3</sub>的大小。通常涉及频繁用户交互的应用(诸如电子邮件应用、网络浏览器或视频游戏)可与涉及较小或不涉及表皮温度阈值调整的“高”交互性量度相关联,因为用户可能将与设备100频繁地交互。其他应用(诸如视频回放应用)倾向于一旦启动就具有较少的用户交互,对应于“低”交互性量度,从而允许对表皮温度阈值的更激进或更高调整以提供增加的回放性能。其他应用落入需要间歇性用户交互的“中等”交互性范围内,诸如电子书阅读器或配方显示应用,从而导致中等级别的表皮温度调整。与高、中和低交互性量度相关联的特定温度调整量可根据特定实现方式而改变。框505中所述的配置设置还可包括与交互性量度相关联的用户定义的调整。

[0075] 使用状态调整调整520是基于指示用户当前如何采用设备100的数据。由于显示器135充当用户输入设备,STAPM控制器125监测与用户交互相关联的触摸频率。在一些实施方案中,触摸传感器可存在于设备100中,诸如在壳体145上以生成壳体触摸频率。触摸频率可用于生成类似于以上所述的应用交互性量度的交互性量度。然而,触摸频率是与由应用量度提供的间接测量值相对的实际交互性测量值。因此,所测量的触摸交互性量度可代替应用交互性量度使用,并且可忽略应用状态调整515。类似于应用交互性量度,触摸频率交互性量度可与“高”、“中”和“低”交互性阈值以及所关联的表皮温度调整TSK\_ADJ<sub>4</sub>相关联。使用显示器135触摸频率和壳体145触摸频率的组合,STAPM控制器125可确定用户如何采用设备100以及在何处触摸设备100。如果针对壳体145和显示器135实现单独的表皮温度阈值,STAPM控制器125可优先增加与具有最低触摸交互性量度的位置相关联的表皮温度阈值。

[0076] 在一些实施方案中,呼叫状态也可以是用户交互性的度量。例如,如果用户主动从事呼叫,他们可能接触壳体145(即,手部)和显示器135(即,面部)两者。因此,在呼叫期间,可使用“高”交互性调整因素。然而,如果用户使用远程设备(诸如头戴耳机)进行呼叫,可能存在对设备100的极少实际触摸,并且可使用“低”交互性调整因素。

[0077] 在一些实施方案中,可采用接近传感器来检测用户的存在作为用户交互性的指示。例如,摄像机或其他传感器可感测接近设备100的运动,由此指示用户意图与设备100进行交互的增加的可能性。如果检测到用户接近,可使用“高”或“中”交互性调整因素。然而,如果未检测到用户接近,可使用“低”交互性调整因素。

[0078] 基于设备100的物理状态以及它如何与其他设备互连而生成硬件状态调整525。例如,如果采用外围设备、诸如头戴耳机或对接站,如果罩盖附接到设备100(即,基于传感器输入或用户配置),或如果设备100连接到外部电源,可采用正表皮温度调整因素TSK\_ADJ<sub>5</sub>。这些因素可与增加的冷却性能或增加的热阻相关联,从而允许设备100的更热操作。例如,外围设备可具有其自身的冷却风扇,或外部电源的存在可允许增加设备100的内部风扇的风扇转速,如果这样装备的话。在罩盖的情况下,在计算系统102的热生成部件与触摸表面、诸如壳体145之间的热量路径中存在增加的热阻。如果外围设备是对接站或台,可能将存在非常少的用户交互。硬件状态可由设备100感测或由用户设定。用于硬件状态调整525的特定值可取决于特定实现方式或取决于特定硬件状态(例如,罩盖对对接站)。

[0079] 在框500中,对设备状态表皮温度阈值调整505-525求和。在一些实施方案中,并不是所有调整505-525都可以被实现或启用。用户可在配置数据中为调整指定特定值或指定选择性地启用各种调整。

[0080] 在一些实施方案中,可采用表皮温度阈值调整500用于表皮温度感知功率管理,其中允许高于所调整DPPL的选择性提升来利用热余量。在一些实施方案中,可采用框500中的表皮温度阈值调整用于静态表皮温度管理方法,其中DPPL的值与最大表皮温度相关(即,在框500中所调整的),但既不感测也不估计实际表皮温度,并且不允许高于所调整封装功率极限的设备100提升。

[0081] 在一些实施方案中,上文所述功能中的至少一些功能可通过执行切实地存储在计算机可读介质上的一个或多个软件程序的一个或多个处理器来实施,并且据此所述一个或多个软件程序包括相应指令,所述指令在执行时会操纵一个或多个处理器来执行上文所述的处理系统的一个或多个功能。此外,在一些实施方案中,利用一个或多个集成电路(IC)设备(也称为集成电路芯片)来实施上文所述的串行数据接口。可在这些IC设备的设计和制造中使用电子设计自动化(EDA)和计算机辅助设计(CAD)软件工具。这些设计工具通常呈现为一个或多个软件程序。所述一个或多个软件程序包括可由计算机系统执行的代码,以便操纵计算机系统来操作表示一个或多个IC设备的电路的代码,从而执行相应过程的至少一部分来设计或改动加工系统,以便制造电路。这个代码可包括指令、数据或指令和数据的结合。表示设计工具或制造工具的软件指令通常存储在可由计算系统访问的计算机可读存储介质中。同样地,表示IC设备设计和制造的一个或多个阶段的代码可存储在同一计算机可读存储介质或不同计算机可读存储介质中,以及从同一计算机可读存储介质或不同计算机可读存储介质进行存取。

[0082] 计算机可读存储介质可包括使用期间可由计算机系统存取的任何存储介质或存储介质的组合,以便将指令和/或数据提供给计算机系统。此类存储介质可包括但不限于光学介质(例如,压缩光盘(CD))、数字多功能光盘(DVD)或蓝光光盘、磁性介质(例如,软盘、磁带或磁性硬盘驱动器)、易失性存储器(例如,随机存取存储器(RAM)或高速缓存)、非易失性存储器(例如,只读存储器(ROM)或闪存)或基于微电子机械系统(MEMS)的存储介质。计算机可读介质可嵌入在计算系统中(例如,系统RAM或ROM)、固定地附接至计算系统(例如,磁性硬盘驱动器)、可移除地附接至计算系统(例如,光盘或基于通用串行总线(USB)的闪存)或经由有线或无线网络而连接至计算机系统(例如,网络可存取存储器(NAS))。

[0083] 图6是流程图,其示出用于设计和制造实施根据一些实施方案的一个或多个方面的IC设备的示例性方法600。如上文所指出的,针对下述过程中的每个过程所生成的代码会存储在计算机可读存储介质中或者以其他方式嵌入在计算机可读存储介质中,以便由对应的设计工具或制造工具来存取和使用。

[0084] 在框610处,生成用于IC设备的功能规格。功能规格(通常称为微架构规格(MAS))可由各种编程语言或建模语言中的任何语言来表示,包括C、C++、SystemC、Simulink或MATLAB。

[0085] 在框620上,使用功能规格来生成表示IC设备硬件的硬件描述代码。在一些实施方案中,使用至少一个硬件描述语言(HDL)来表示硬件描述代码,所述硬件描述语言(HDL)包括用于IC设备电路的形式描述和设计的各种计算机语言、规格语言或建模语言中的任何语

言。生成的HDL编码通常表示IC设备电路的操作、所述电路的设计和组织的,以及用以通过模拟来验证IC设备的正确操作的测试。HDL的示例包括模拟HDL (AHDL)、Verilog HDL、SystemVerilog HDL以及VHDL。对于实施同步数字电路的IC设备来说,硬件描述符代码可包括寄存器传输级(RTL)代码,以便提供同步数字电路的操作的抽象表现形式。对于其他类型的电路,硬件描述符代码可包括行为级代码,以便提供电路的操作的抽象表现形式。由硬件描述代码所表示的HDL模型通常经受一轮或多轮的模拟和调试,以便通过设计验证。

[0086] 在验证硬件描述代码所表示的设计之后,在框630处使用合成工具来合成硬件描述代码,以便生成表示或定义IC设备电路的初始物理实施形式的代码。在一些实施方案中,合成工具生成包括电路设备实例(例如,门极、晶体管、电阻器、电容器、电感器、二极管等)和电路设备实例之间的网络或连接的一个或多个网络列表。可替代地,网络列表的全部或部分可手动生成,而不使用合成工具。正如与硬件描述代码一样,在最终组的一个或多个网络列表生成之前,网络列表可经受一个或多个测试和验证过程。

[0087] 可替代地,可使用原理图编辑工具来编制IC设备电路的原理图,并且随后可使用原理图捕获工具来捕获最终产生的电路图以及生成表示电路图的部件和连接性的一个或多个网络列表(存储在计算机可读介质上)。所捕获的电路图随后可经受一轮或多轮的模拟而进行测试和验证。

[0088] 在框640处,一个或多个EDA工具使用在框630处所产生的网络列表,以便生成表示IC设备电路的物理布局的代码。这个过程可包括(例如)放置工具使用网络列表来确定或固定IC设备电路的每个元件的位置。此外,布线工具建立在放置过程的基础上,以便添加或布放根据网络列表来连接电路元件所需要的线路。最终产生的代码表示IC设备的三维模型。所述代码可以用数据库文件格式(例如像图形数据库系统II (GDSII) 格式)来表示。处于这个格式下的数据通常表示几何形状、文本标签或关于呈层次形式的电路布局的其他信息。

[0089] 在框650处,将物理布局代码(例如,GDSII代码)提供给生产设施,所述生产设施使用物理布局代码来配置或以其他方式改动生产设施的制造工具(例如,通过掩膜作业),从而制造IC设备。也就是说,物理布局代码可被编程至一个或多个计算机系统中,所述一个或多个计算机系统随后可整个或部分地控制生产设施的工具的运行或其中所执行的生产操作。

[0090] 如本文所公开的,在一些实施方案中,方法包括基于所确定的容纳计算系统的设备的外表面上的至少一个位置处的表皮温度控制计算系统的功率极限。

[0091] 如本文所公开的,在一些实施方案中,处理器包括处理单元和功率管理控制器,所述功率管理控制器用于基于所确定的容纳处理器的设备的外表面上的至少一个位置处的表皮温度来控制处理单元的功率极限。

[0092] 如本文所公开的,在一些实施方案中,设备包括壳体、由壳体支撑的显示器、安装在壳体内部的处理单元以及功率管理控制器,所述功率管理控制器用于基于所确定的壳体或显示器的外表面上的至少一个位置处的表皮温度来控制处理单元的功率极限。

[0093] 如本文所公开的,在一些实施方案中,非暂时性计算机可读介质存储代码,以用于适配至少一个计算机系统来执行过程的一部分,以便制造处理器的至少一部分。处理器包括处理单元和功率管理控制器,所述功率管理控制器用于基于所确定的容纳处理器的设备的外表面上的至少一个位置处的表皮温度来控制处理单元的功率极限。

[0094] 如本文所公开的,在一些实施方案中,方法包括基于设备状态来调整设备的最大表皮温度阈值、基于所调整的最大表皮温度阈值调整设备的功率极限、以及基于所调整的功率极限操作所述设备。

[0095] 如本文所公开的,在一些实施方案中,处理器包括处理单元和功率管理控制器,所述功率管理控制器用于基于设备状态调整最大表皮温度阈值并且基于所调整的最大表皮温度阈值调整处理单元的功率极限。

[0096] 如本文所公开的,在一些实施方案中,非暂时性计算机可读介质存储代码,以用于适配至少一个计算机系统来执行过程的一部分,以便制造处理器的至少一部分。处理器包括处理单元和功率管理控制器,所述功率管理控制器用于基于设备状态调整最大表皮温度阈值并且基于所调整的最大表皮温度阈值调整处理单元的功率极限。

[0097] 应注意,并非上文在一般说明中描述的所有活动或元件都是需要的,具体活动或设备的一部分可能是不需要的,并且一个或多个其他活动可加以执行,或者,除所描述的那些元件之外,还可包括其他元件。更进一步来说,活动列出的顺序并非必须是它们所执行的顺序。

[0098] 另外,已经参考具体实施方案描述了相应概念。然而,本领域中的普通技术人员会了解,可在不背离所附权利要求书中所阐述的本公开范围的情况下,做出各种修改和改变。因此,本说明书和附图将视为说明性而非限制性的,并且所述此类修改意在包括于本公开的范围内。

[0099] 表皮温度感知功率管理的使用允许机会性地使用设备100的时变热余量来提升APU 105并且因此改善性能。这种提升在不消极地影响从舒适角度而言的用户体验的情况下改善了从性能角度而言的用户体验。

[0100] 上文已经参照具体实施方案描述了相应益处、其他优点以及问题的解决方案。然而,所述益处、优点、问题解决方案,以及可使得任何益处、优点或问题解决方案出现或变得更为显著的任何特征,都不应解释为是任何或所有权利要求的关键、必需或必要特征。



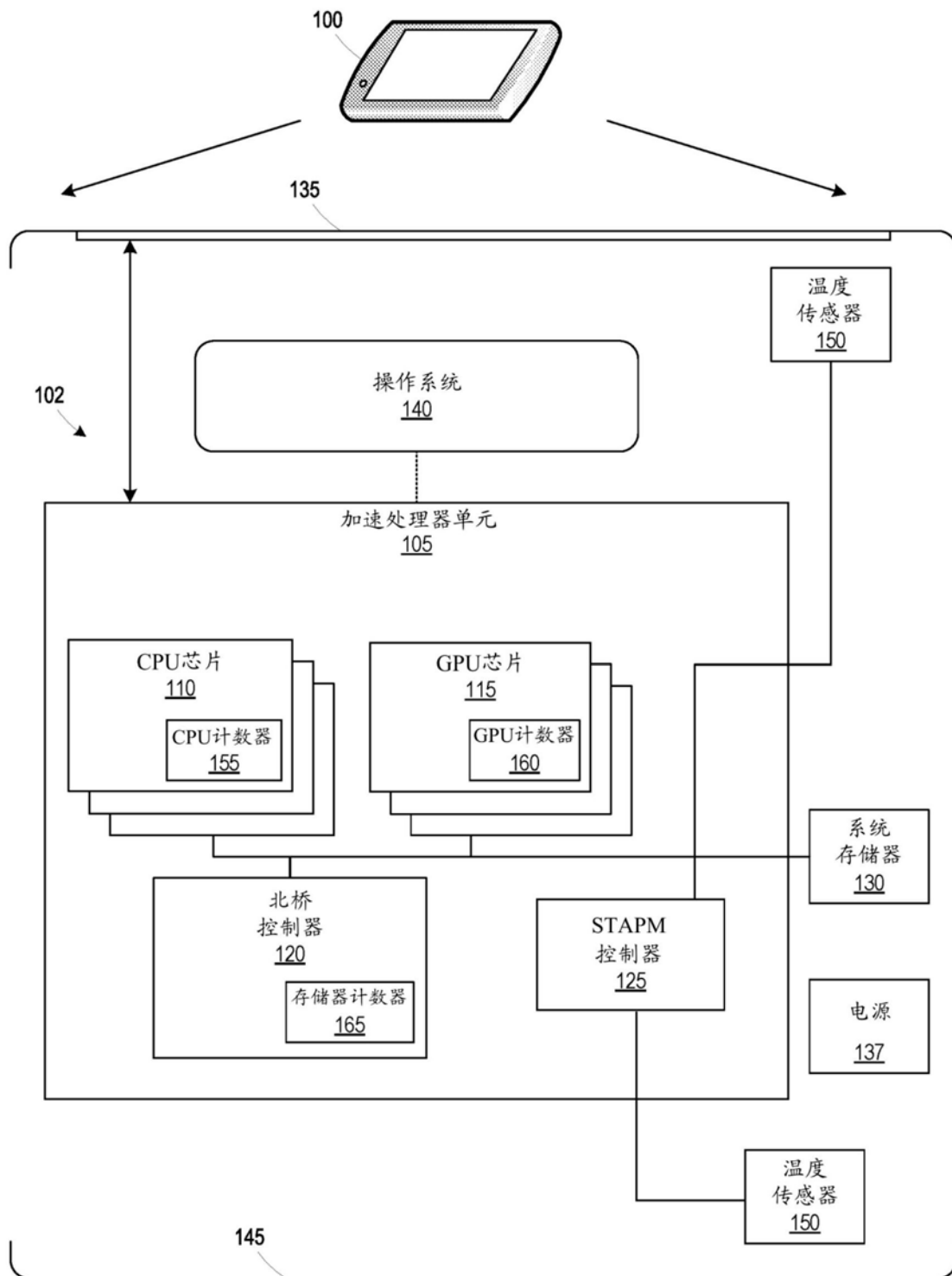


图1

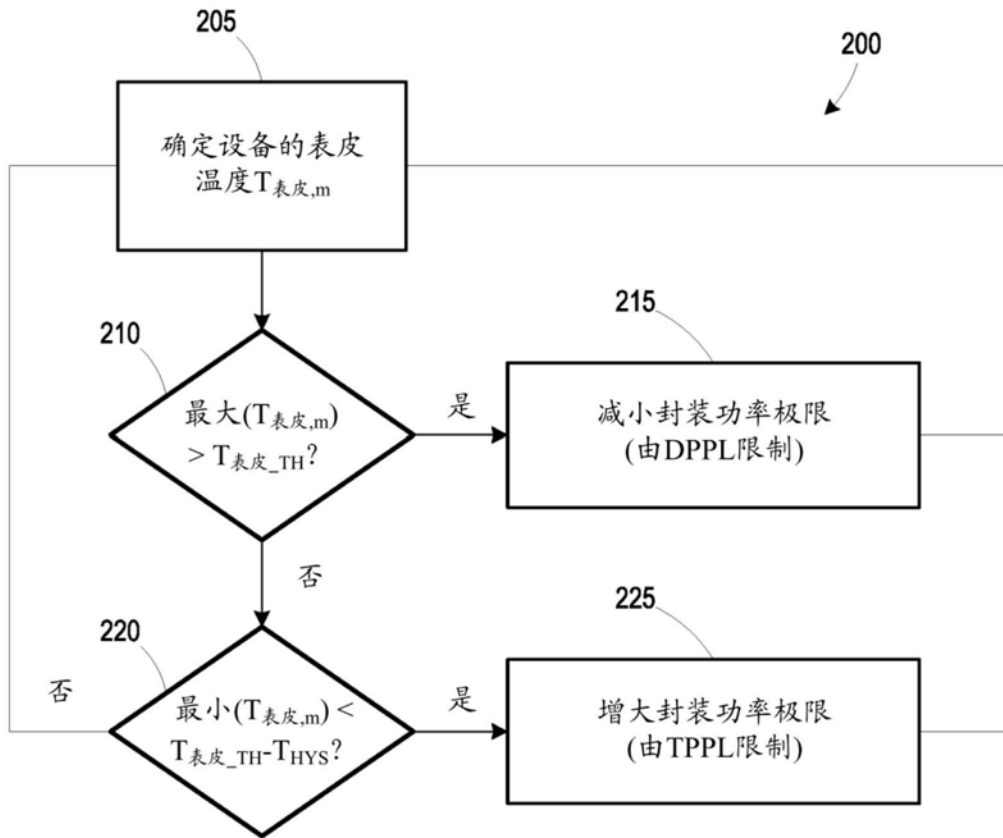


图2

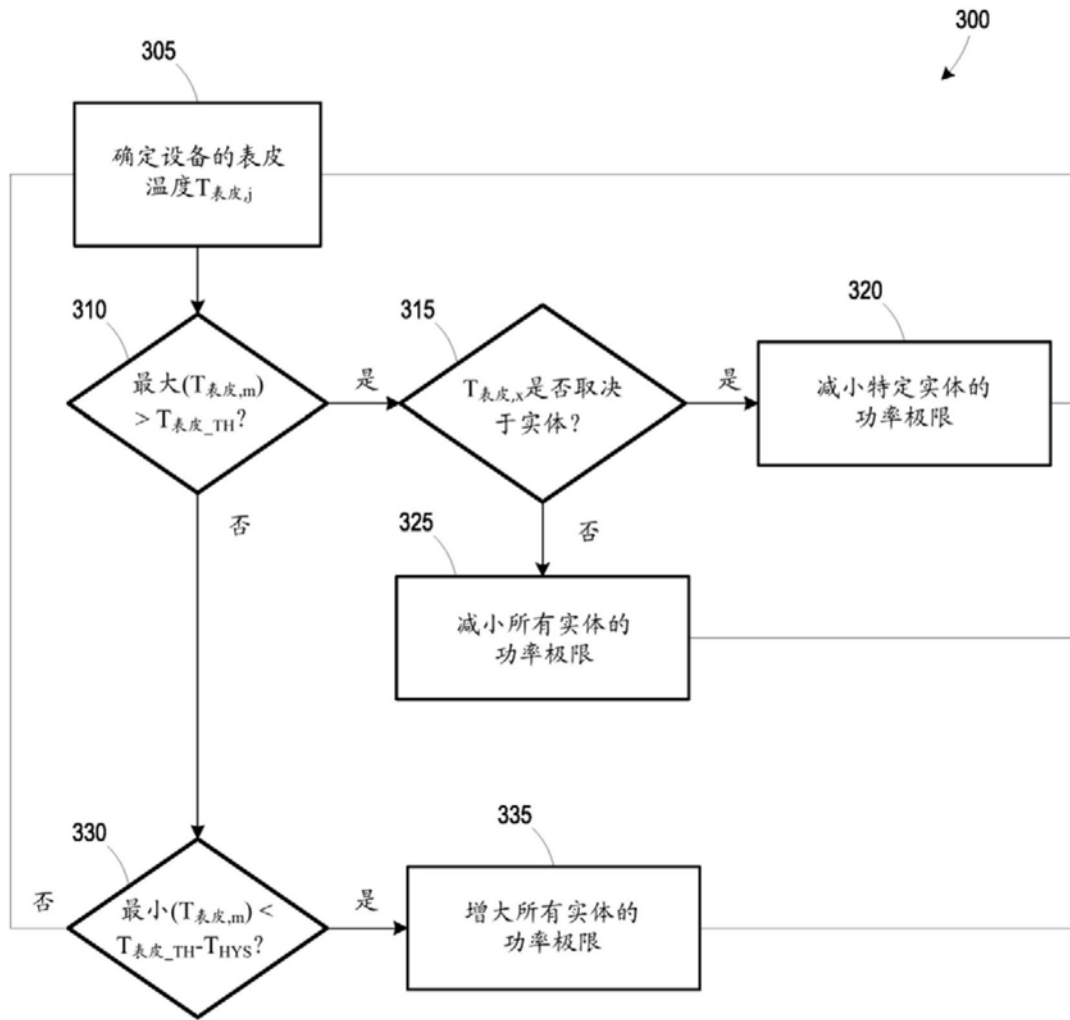


图3

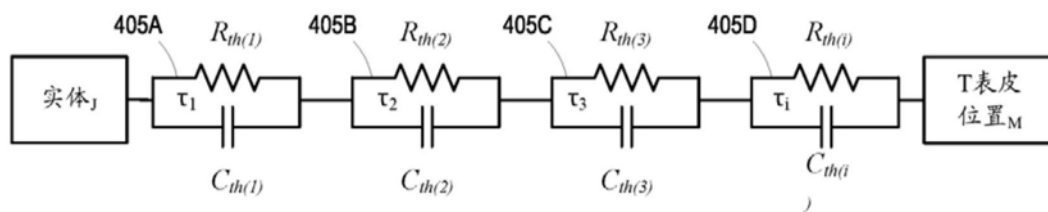


图4

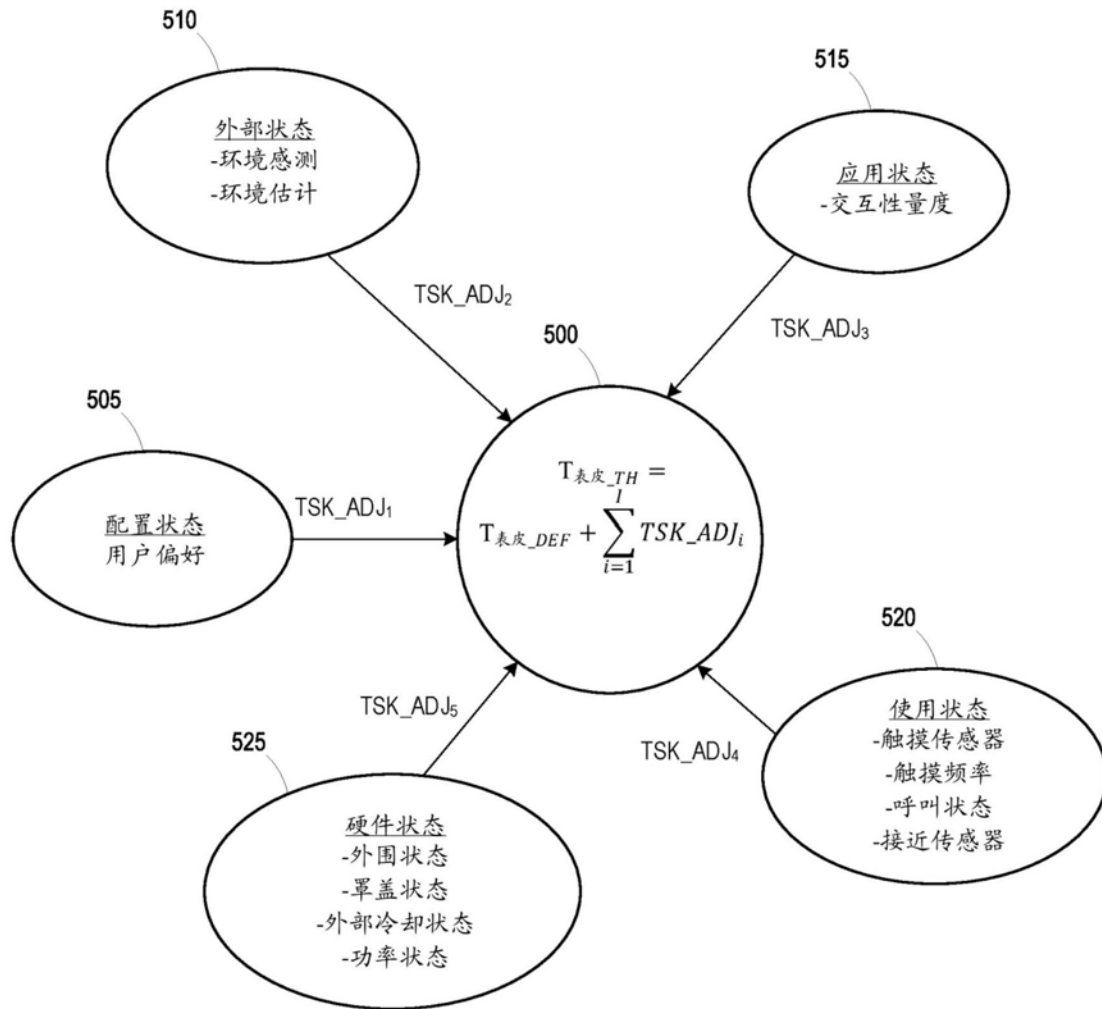


图5

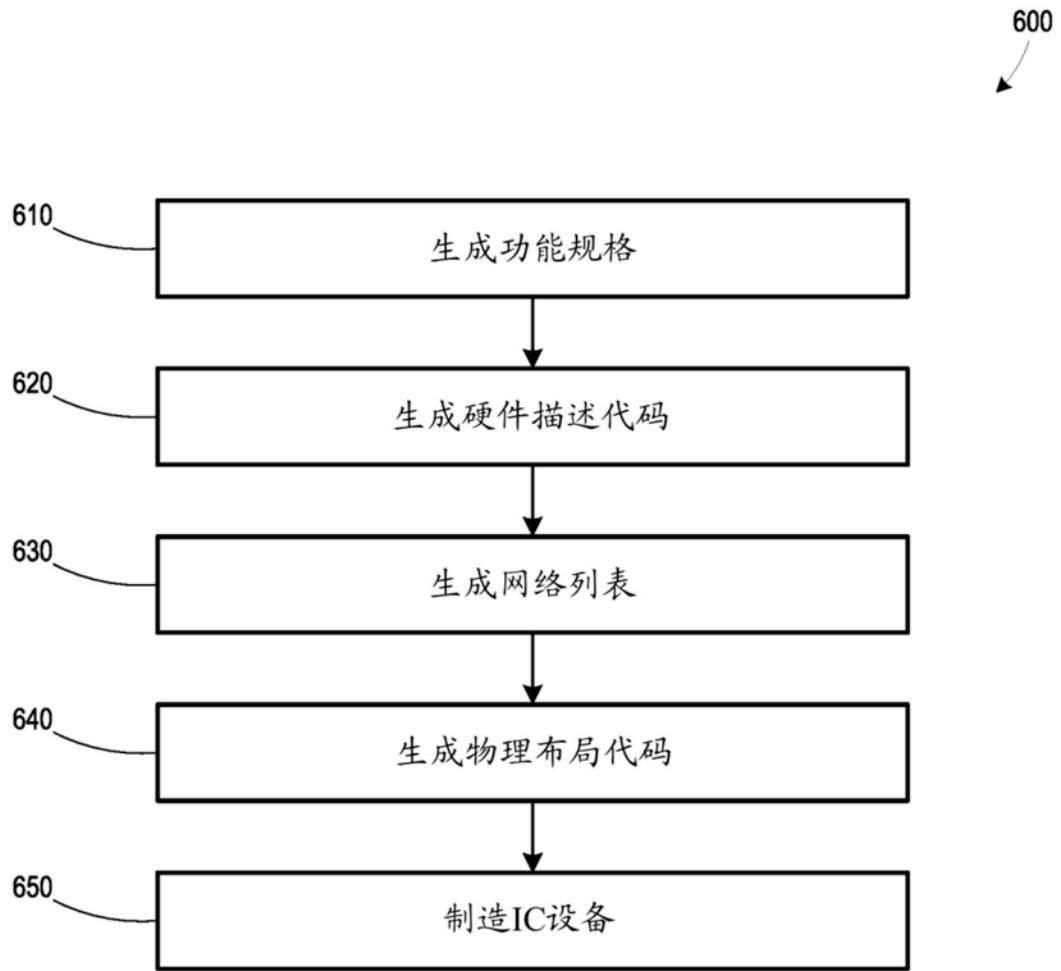


图6