



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107797633 A

(43)申请公布日 2018.03.13

(21)申请号 201710206002.X

(22)申请日 2017.03.31

(30)优先权数据

15/257,022 2016.09.06 US

(71)申请人 联发科技股份有限公司

地址 中国台湾新竹市新竹科学工业园区笃行一路一号

(72)发明人 徐日明 汪威定 陈泰宇 薛文灿

黄鸿杰 黄培育 李明宪

(74)专利代理机构 北京万慧达知识产权代理有

限公司 11111

代理人 白华胜 王蕊

(51)Int.Cl.

G06F 1/20(2006.01)

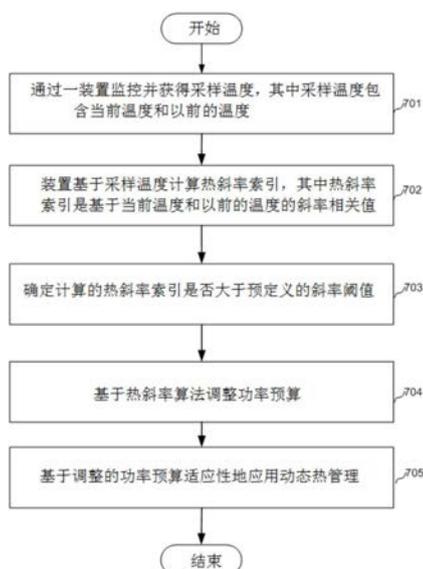
权利要求书2页 说明书6页 附图4页

(54)发明名称

用于动态热管理的热斜率控制的方法和装置

(57)摘要

本发明揭示一种用于动态热管理的自适应热斜率控制的方法和装置。方法包含：由装置监控并获得采样温度，其中采样温度包含当前温度和以前的温度；基于采样温度计算热斜率索引，其中热斜率索引是基于当前温度和以前的温度的斜率相关值；确定计算的热斜率索引是否大于预定义的斜率阈值；基于热斜率算法调整功率预算；以及基于调整的功率预算应用动态热管理。通过本发明的以上特征，可以有效地进行动态热管理。



1. 一种用于动态热管理的热斜率控制的方法,包含:
监控并获得采样温度,其中所述采样温度包含当前温度和以前的温度;
基于所述采样温度计算热斜率索引,其中所述热斜率索引是基于所述当前温度和所述以前的温度的斜率相关值;
确定计算的热斜率索引是否大于预定义的斜率阈值;
基于热斜率算法调整功率预算;以及
基于调整的功率预算适应性地应用动态热管理。
2. 如权利要求1所述的用于动态热管理的热斜率控制的方法,其特征在于,所述热斜率算法是固定斜率算法,且其中所述功率预算被调整以便温度的调整的斜率保持常数,且其中所述热斜率索引是所述采样温度的索引。
3. 如权利要求1所述的用于动态热管理的热斜率控制的方法,其特征在于,调整所述功率预算是基于斜率限制。
4. 如权利要求3所述的用于动态热管理的热斜率控制的方法,其特征在于,当前功率预算是由计算的斜率和所述斜率限制之间的差值调整的。
5. 如权利要求1所述的用于动态热管理的热斜率控制的方法,其特征在于,所述热斜率算法是时间预测算法,且其中所述功率预算被调整以便到达预定义的热阈值的预测的时间保持常数。
6. 如权利要求5所述的用于动态热管理的热斜率控制的方法,其特征在于,所述时间预测算法是到达目标点时间算法,其中所述热斜率索引是计算以指示到达目标热点的时间的到达目标点时间索引。
7. 如权利要求6所述的用于动态热管理的热斜率控制的方法,其特征在于,所述目标热点是热墙。
8. 如权利要求6所述的用于动态热管理的热斜率控制的方法,其特征在于,线性式子被使用以获得所述到达目标点时间索引。
9. 如权利要求6所述的用于动态热管理的热斜率控制的方法,其特征在于,日志式子被使用以获得所述到达目标点时间索引。
10. 如权利要求1所述的用于动态热管理的热斜率控制的方法,其特征在于,所述采样温度是从一组可测量的温度中选择,所述温度包含:硅裸芯片的结温度、PCB温度的索引、皮肤温度的索引,以及从包含GPU、DSP、多媒体以及通信装置的热源测量的热。
11. 如权利要求1所述的用于动态热管理的热斜率控制的方法,其特征在于,所述功率预算是被追踪并分配用于动态温度管理的功率索引,且其中所述功率索引包含:多个操作核、操作频率以及操作电压。
12. 如权利要求11所述的用于动态热管理的热斜率控制的方法,其特征在于,操作核的数目包含操作CPU、GPU、DSP、MCU和通信装置的数目的组合。
13. 一种用于动态热管理的热斜率控制的装置,包含:
一个或多个温度感测器,监控一个或多个对应组件的温度;
一个或多个温度采样器,获得采样温度,其中所述采样温度包含当前温度和以前的温度;
热斜率索引计算器,基于所述采用温度计算热斜率索引,其中所述热斜率索引是基于

所述当前温度和所述以前的温度的斜率相关值；

触发检测器,确定计算的热斜率索引是否大于预定义的斜率阈值；

功率预算管理器,基于热斜率算法调整功率预算;以及

动态热管理管理器,基于调整的功率预算适应性地应用动态热管理。

14. 如权利要求13所述的用于动态热管理的热斜率控制的装置,其特征在于,所述热斜率算法是固定斜率算法,且其中所述功率预算被调整以便温度的调整的斜率保持常数,且其中所述热斜率索引是所述采样温度的索引。

15. 如权利要求13所述的用于动态热管理的热斜率控制的装置,其特征在于,所述热斜率算法是时间预测算法,且其中所述功率预算被调整以便到达预定义的热阈值的预测的时间保持常数。

16. 如权利要求15所述的用于动态热管理的热斜率控制的装置,其特征在于,所述时间预测算法是到达目标点时间算法,其中所述热斜率索引是计算以指示到达目标热点的时间的到达目标点时间索引。

17. 如权利要求15所述的用于动态热管理的热斜率控制的装置,其特征在于,所述到达目标点时间索引是使用从以下式子组选择的一个预测式子获得的,所述式子组包含:日志式子和线性式子。

18. 如权利要求13所述的用于动态热管理的热斜率控制的装置,其特征在于,所述采样温度是从一组可测量的温度中选择,所述温度包含:硅裸芯片的结温度、PCB温度的索引、皮肤温度的索引以及从包含GPU、DSP、多媒体以及通信装置的热源测量的热。

19. 如权利要求13所述的用于动态热管理的热斜率控制的装置,其特征在于,所述功率预算是被追踪并分配用于动态温度管理的功率索引,且其中所述功率索引包含:多个操作核、操作频率以及操作电压。

20. 如权利要求13所述的用于动态热管理的热斜率控制的装置,其特征在于,操作核的数目包含操作CPU、GPU、DSP、MCU和通信装置的数目的组合。

用于动态热管理的热斜率控制的方法和装置

【技术领域】

[0001] 所公开的实施例通常涉及功率/资源预算方法,且更特别地,涉及一种用于动态热管理的热斜率控制的方法和装置。

【背景技术】

[0002] 随着移动/无线以及其它电子设备装置的快速增长,电池寿命成为这些装置成功的重要因素。同时,这些装置的许多先进的应用变得越来越流行。这样的应用通常要求装置中组件的高性能。可用功率由散热能力和热约束限制。如果温度太高装置或半导体芯片可能故障。热节流方法通常用于装置以防止由于散热限制的过热问题。特别地,由于手持装置的限制的功率预算,移动SoC需要同时满足高性能以及高能量效率。现有的热节流不必要地牺牲性能以便将温度保持在目标温度。在现有方式中,装置监控温度并当温度高于阈值时触发功率减小。如果功率减小太快,其导致明显的性能下降并影响整个装置性能。性能由可用功率限制。如果功率减小太慢,温度在下降之前继续升高。过热将导致芯片的寿命缩短或甚至导致装置的永久损坏。

[0003] 近来,动态热管理(dynamic thermal management,DTM)策略/算法被开发用于通过热节流的控制功率。DTM考虑硅裸芯片温度 T_j 以控制CPU核的操作点(Operation Point,OPP),例如,操作核的数目、操作频率以及操作电压。其它技术包含动态电压和频率缩放(dynamic voltage and frequency scaling,DVFS)和热插拔。在现有方式中,当 T_j 到达温度阈值并尝试将 T_j 保持在温度阈值下时,DTM将被节流,称为目标 T_j 、最大 T_j 或节流点(TP)。

[0004] 当前DTM有很多问题。在快速大功率, T_j 将过量并反弹至高于目标 T_j ,导致对装置的潜在损坏。另一方面,为了防止过量的 T_j 到达最大可允许 T_j ,DTM需要选择较低目标 T_j 以为最大 T_j 保留一些空间。降低的目标 T_j 导致较低的性能。

【发明内容】

[0005] 有鉴于此,需要一种用于电子装置的DTM的增强和改进。

[0006] 本发明提供一种用于动态热管理的热斜率控制的方法,方法包含:由装置监控并获得采样温度,其中采样温度包含当前温度和以前的温度;基于采样温度计算热斜率索引,其中热斜率索引是基于当前温度和以前的温度的斜率相关值;确定计算的热斜率索引是否大于预定义的斜率阈值;基于热斜率算法调整功率预算;以及基于调整的功率预算应用动态热管理。

[0007] 本发明还提供一种用于动态热管理的热斜率控制的装置,装置包含一个或多个温度感测器,监控一个或多个对应组件的温度;一个或多个温度采样器,获得采样温度,其中采样温度包含当前温度和以前的温度;热斜率索引计算器,基于采用温度计算热斜率索引,其中热斜率索引是基于当前温度和以前的温度的斜率相关值;触发检测器,确定计算的热斜率索引是否大于预定义的斜率阈值;功率预算管理器,基于热斜率算法调整功率预算;以及动态热管理管理器,基于调整的功率预算适应性地应用动态热管理。

[0008] 通过本发明的以上特征,可以有效地进行动态热管理。

【附图说明】

[0009] 图1显示根据当前发明的实施例的执行自适应热斜率控制用于DTM的装置的简化的框图。

[0010] 图2图示根据当前发明的实施例基于温度斜率控制的DTM示意图。

[0011] 图3显示根据当前发明的实施例使用具有时间预测的温度斜率控制的示范性温度斜率功能曲线。

[0012] 图4显示根据当前发明的实施例使用具有固定斜率的热斜率控制的DTM的示范性流程图。

[0013] 图5显示根据当前发明的实施例的使用具有时间预测的热斜率控制的DTM的示范性流程图。

[0014] 图6显示根据当前发明的实施例的时间限制点预测的示意图。

[0015] 图7显示根据当前发明的实施例用于DTM的热斜率控制方法的示范性流程图。

【具体实施方式】

[0016] 图1显示根据当前发明的实施例的执行自适应热斜率控制用于DTM的装置的简化的框图。装置100包含可选的天线101,接收无线射频(RF)信号。接收器102,可选地与天线耦合,从天线101接收RF信号,并将它们转换为基带信号并发送至处理器103。处理器103处理所接收的基带信号并调用不同的功能模块以执行装置100中的功能。存储器104储存程序指令和数据以控制装置100的操作。一个或多个数据库储存于存储器104中。装置100包含一个或多个电源,例如,电源#1 151、电源#2 152以及电源#M 159。在一个实施例中,每个电源由对应功率限制控制。每个电源的功率设定是基于其对应功率限制调整的。电源可包含CPU、GPU、DSP、MCU以及其它通信装置。

[0017] 在一个实施例中,一个或多个数据库,例如数据库106和数据库107可存在于存储器104,或在装置100内的硬盘中。另外,数据库106和/或数据库107还可存在于装置100外的其它形式的存储器。数据库106储存一组或多组当前温度和以前的温度。温度可以是一个或多个测量为裸芯片温度 T_j 、温度索引 T_{pcb} 和/或 T_{skin} 的温度以及在热资源处测量的温度,例如,CPU、GPU、DSP、多媒体以及其它通信装置测量的温度。数据库107储存预定义的或预配置的参数用于热斜率控制,例如,目标温度、斜率限制、DTM周期、固定斜率阈值以及时间预测阈值。

[0018] 装置100也包含一组控制模块,例如感测器110、温度采样器120、热斜率索引计算器131、功率预算管理器132、动态热管理(DTM)管理器133、组件功率设定单元134以及触发检测器135。感测器110包含一个或多个感测器,例如感测器#1 111、感测器#2 112以及感测器#N 113。在一个实施例中,每个感测器对应于温度采样器,例如采样器#1 121、采样器#2 122以及采样器#N 123。在一个实施例中,感测器和采样器可存在于一个模块/单元。

[0019] 在一个新颖的方面,热斜率索引计算器131基于采样温度计算热斜率索引,其中热斜率索引是基于当前温度和以前的温度的斜率相关值。在一个实施例中,当前温度和以前的温度是 T_j 。在其它实施例中,当前温度和以前的温度可以是在一个或多个热来源的温度,

例如CPU、GPU、多媒体以及其它通信装置的量的温度。当前温度和以前的温度还可以是温度索引,例如 T_{pcb} 或 T_{skin} 。在一个实施例中,热斜率索引是基于当前和以前的温度的温度斜率。在一个实施例中,温度斜率是通过由当前和以前的温度之间的差值除以周期计算的。在一个实施例中,时间段是DTM周期。在另一实施例中,时间段是一个点(one tick)。

[0020] 触发检测器135确定由热斜率索引计算器131计算的热斜率索引是否大于预定义的斜率阈值。在一个实施例中,斜率阈值是常数热斜率。在另一实施例中,斜率阈值是预测时间值。

[0021] 功率预算管理器132基于热斜率算法调整功率预算。在一个实施例中,热斜率算法是固定的斜率算法,且其中功率预算被调整以便温度的调整的斜率保持常数,且其中热斜率索引是采样温度的索引。在另一实施例中,热斜率算法是时间预测算法,且其中功率预算被调整以便达到预定义的热阈值的预测的时间保持常数。在又一实施例中,热斜率算法是时间到目标点(time-to-target-point, T2TP)算法,其中热斜率索引是T2TP索引,计算用于指示到达目标热点的时间。

[0022] DTM管理器133基于调整的功率预算适应性地应用DTM。组件功率设置单元134基于功率预算和来自DTM管理器133的策略为每个对应组件确定组件功率设置。DTM管理器133考虑功率预算以控制CPU核的操作点(Operation Point, OPP),例如,操作核的数目、操作频率以及操作电压。其它技术包含动态电压和频率缩放(DVFS)以及热插拔。

[0023] 图2图示根据当前发明的实施例基于温度斜率控制的DTM示范图。限制温度 T_{bound} 221是配置的或预定义的。 T_{bound} 221是触发动态热管理控制的温度上限。曲线201是根据当前发明的实施例的基于温度调整的当前功率设置。

[0024] 为了防止由快速大功率导致的过热,增加热斜率控制阶段211。在热斜率控制阶段,计算热斜率。然后,功率预算基于热斜率索引调整。装置动态地发送热斜率反馈以控制温度。在DTM阶段212,DTM过程在热斜率控制阶段211基于功率预算设置调整并控制一个或多个热来源。热斜率控制阶段211在DTM阶段212前或其中操作。

[0025] 在一个新颖的方面,热斜率被调整为固定的斜率。计算的热斜率索引是基于当前和以前的温度采样值在 Δt 的周期中的斜率值。调整的功率预算以保持热斜率为常数值为目标。在一个实施例中,热斜率的常数值是预定义的或预配置的。被触发的热斜率控制是计算的大于温度斜率阈值的热斜率索引。温度斜率阈值是预定义的或预配置的。

[0026] 在另一新颖的方面,热斜率用时间预测来控制。在一个实施例中,时间预测是达到目标值的温度的预测时间。目标值是预定义的或预配置的。DTM控制热来源以便温度在固定的预测时间达到目标阈值。具有时间预测的热斜率控制比固定斜率热斜率控制具有更高的性能。

[0027] 图3显示根据当前发明的实施例使用具有时间预测的温度斜率控制的示范性温度斜率功能曲线。作为示例,结温度(junction temperature) T_j 用于曲线301、302、303以及304。本领域技术人员需理解其它温度,例如在CPU、DPU、DSP、多媒体以及通信装置测量的温度,以及温度索引,例如 T_{pcb} 或 T_{skin} 也可使用。

[0028] T_j 斜率曲线301是具有时间预测的温度斜率控制的参考曲线。 T_j 斜率值是一个或多个因子的混合函数,因子包含功率、温度差值(delta)、热分辨率以及从其它热来源耦合的热。特别地,功率越高温度斜率越陡。 T_j 和 T_{j_stable} 之间的温度差值也是一个因子---差

值越高,温度斜率越陡。另外,不同的热分辨率也影响温度斜率的陡峭——越低效率或热分辨率越差,温度斜率越陡。此外,当测量的来源是耦合自其它热来源时,温度斜率曲线是不同的。

[0029] 图3显示具有比参考曲线301更高功率的参考曲线302。参考曲线302的斜率比参考曲线301陡。相较于低功率操作,较高功率使得组件热得快。曲线303显示具有比参考曲线301更差的热分辨率的温度斜率功能。曲线303的斜率高于参考曲线301。

[0030] 固定斜率曲线304也显示于图3。如曲线304所示的温度斜率是固定斜率,在参考温度曲线301到达稳定温度前形成直线。在一个新颖的方面,计算的温度斜率与固定的斜率比较。如果差值大于阈值,则调整DTM过程的功率预算。调整的功率预算将尝试使斜率保持常数值,如曲线304所示。

[0031] 自适应热斜率控制防止温度过热并使系统更有效率。有两个主要算法用于热斜率控制。第一个是具有固定斜率的热斜率控制。方法控制热斜率为常数值。第二个是具有时间预测的热斜率控制。以下的图表图示不同的实施例。

[0032] 图4显示根据当前发明的实施例使用具有固定斜率的热斜率控制的DRM的示范性流程图。在步骤401,装置可选地配置斜率控制参数。控制参数准备用于热斜率控制。其可以是预定义的或通过网络配置的。斜率控制参数可以动态改变。斜率控制参数可包含一个或多个参数,包含目标温度、斜率限制、DTM周期、固定斜率阈值以及时间预测阈值。在步骤411,装置感测并更新当前采样温度。当前采样温度可以是硅裸芯片温度,也称为结温度 T_j 。在其它实施例中,采样温度可以是PCB温度(T_{pcb})的索引、皮肤温度(T_{skin})的索引以及从热源(包含GPU、DSP、多媒体以及通信装置)测量的热。在一个实施例中,来源采样温度是预定义的或可以是配置的热斜率控制参数的部分。在另一实施例中,采样温度的类型可以通过网络配置。作为示例,获得的采样温度是具有采样率 Dt 的 T_j 。在一个实施例中,采样率 Dt 是一个点。

[0033] 在步骤412,装置计算温度斜率。温度斜率是基于当前采样温度和以前的采样温度计算的。在一个实施例中,温度斜率等于当前温度和以前的温度之间的差值除以当前采样时间和以前的采样时间之间的时间。温度斜率也将稳定的温度和当前温度之间的差值与当前采样时间和以前的采样时间之间的时间的指数函数成比例。因此,功率越高,稳定的温度越高,导致斜率越陡。另一方面,更差的热分辨率,例如不好的散热也导致更陡的斜率。

[0034] 在步骤413,装置确定计算的温度斜率是否大于预定义的 $slope_limit$ 值。 $slope_limit$ 可以储存于存储器或数据库。在一个实施例中, $slope_limit$ 可以在步骤401中当准备用于斜率控制参数时获得。在其它实施例中,不同类型的采样温度的 $slope_limit$ 可以相同或不同。如果步骤413确定当前计算的温度斜率大于温度斜率阈值,进入步骤414。

[0035] 在步骤414,装置基于当前温度斜率和温度 $slope_limit$ 调整功率预算。在一个实施例中,功率预算是通过当前温度斜率和 $slope_limit$ 之间的差值调整的。一旦更新功率预算,进入步骤415。另外,如果步骤413确定当前计算的温度斜率不大于温度斜率阈值,也进入步骤415。

[0036] 在步骤415,装置基于调整的功率预算应用DTM。在一个实施例中,不同的功率预算可因应不同的热来源生成。在另一实施例中,相同功率预算用于一个或多个不同的来源。功率预算的类型可以是预定义的或预配置的。

[0037] 图5显示根据当前发明的实施例的使用具有时间预测的热斜率控制的DTM的示范性流程图。在步骤501,装置可选地配置斜率控制参数。控制参数准备用于热斜率控制。其可以是预定义的或通过网络配置的。斜率控制参数可以动态改变。斜率控制参数可包含一个或多个参数,包含目标温度、斜率限制、DTM周期、固定的斜率阈值以及时间预测阈值。

[0038] 在步骤511,装置感测并更新当前采样温度。当前采样温度可以是硅裸芯片温度,也称为结温度 T_j 。在其它实施例中,采样温度可以是PCB温度(T_{pcb})的索引、皮肤温度(T_{skin})的索引以及从热源(包含GPU、DSP、多媒体以及通信装置)测量的热。在一个实施例中,来源采样温度是预定义的或配置的热斜率控制参数的部分。在另一实施例中,采样温度的类型可以通过网络配置。作为示例,获得的采样温度是具有采样率 Dt 的 T_j 。在一个实施例中,采样率 Dt 是一个点。

[0039] 在步骤512,装置计算时间预测。在一个实施例中,时间预测是到目标点的时间(T_{2TP}),其是到达目标点的预测时间。在一个实施例中,目标点是热墙,其是预定义的或预配置的。热墙或其它目标点的值和/或那些目标点的阈值是预定义的或预配置的。其可以储存于存储器或数据库中。其也可由网络配置。在一个实施例中, T_{2TP} 是使用线性式子计算的。线性式子是基于目标点的值、当前采样温度、以前的采样温度以及采样的时间分辨率。在另一实施例中,日志式子用于获得 T_{2TP} 。

[0040] 在步骤513,装置确定计算的温度斜率是否小于预定义的时间段 Dt 。 Dt 可以储存于存储器或数据库中。在一个实施例中, Dt 可以在步骤401当准备用于斜率控制参数时获得。在其它实施例中,用于不同类型的采样温度的 Dt 可以相同或不同。如果步骤513确定当前计算的 T_{2TP} 小于 Dt 配置的时间段,进入步骤514。

[0041] 在步骤514,装置基于当前 T_{2TP} 和当前功率预算调整功率预算。在一个实施例中,功率预算是由 T_{2TP} 的因子通过周期 Dt 来调整。一旦更新功率预算,进入步骤515。另外,如果步骤513确定当前计算的温度斜率不大于温度斜率阈值,也进入步骤515。

[0042] 在步骤515,装置基于调整的功率预算应用DTM。在一个实施例中,不同的功率预算可以因应不同的热来源生成。在另一实施例中,相同功率预算用于一个或多个不同的来源。功率预算的类型可以是预定义的或预配置的。

[0043] 图6显示根据当前发明的实施例的时间限制点预测的示范图。曲线601显示相对时间的示范性 T_j 曲线。如以上所论述的,不同的算法可用于获得 T_{2TP} 。线性式子方法使用线性式子以获得 T_{2TP} 。在一个实施例中, T_{2TP} 正比于目标点和当前温度之间的差值,并反比于当前温度与以前的温度的差值除以时间分辨率。曲线602显示使用常数斜率在85C相对时间的 T_{2TP} 。日志式子方法使用日志函数以更准确地获得 T_{2TP} 。其比线性式子更复杂。在一个实施例中, T_{2TP} 用日志式子生成。日志函数的参数是目标点、当前温度、以前的温度以及 $index_a$ 。 $index_a$ 是与当前温度和以前的温度之间的差值成比例。 $index_a$ 也与以前的温度和以前的温度测量前的温度之间的差值成反比。 $index_a$ 可以是预定义的或预配置的。曲线603显示在85C相对于时间下调93.6%的 $index_a$ 的 T_{2TP} 。

[0044] 其它算法对于调整功率预算是可用的。在一个实施例中,首先检查某些条件。这些条件是目标点大于当前温度、当前温度高于以前的温度、目标点和当前温度之间的差值小于当前温度和以前的温度之间的差值。如果以上条件返回真,装置调整功率预算。调整的功率预算是基于当前功率预算由目标点和当前温度之间的差值比当前温度和以前的温度之

间的差值的因子调整的。

[0045] 图7显示根据当前发明的实施例用于DTM的热斜率控制方法的示范性流程图。在步骤701,装置通过一装置监控并获得采样温度,其中采样温度包含当前温度和以前的温度。在步骤702,装置基于采样温度计算热斜率索引,其中热斜率索引是基于当前温度和以前的温度的斜率相关值。在步骤703,装置确定计算的热斜率索引是否大于预定义的斜率阈值。在步骤704,装置基于热斜率算法调整功率预算。在步骤704,装置基于调整的功率预算适应性地应用动态热管理(DTM)。

[0046] 尽管本发明已经结合某些具体实施例进行描述用于指导目的,但本发明不限于此。因此,各种修改、改变以及描述的实施例的各种特征的组合可以不背离如权利要求中阐述的本发明的范围来实践。

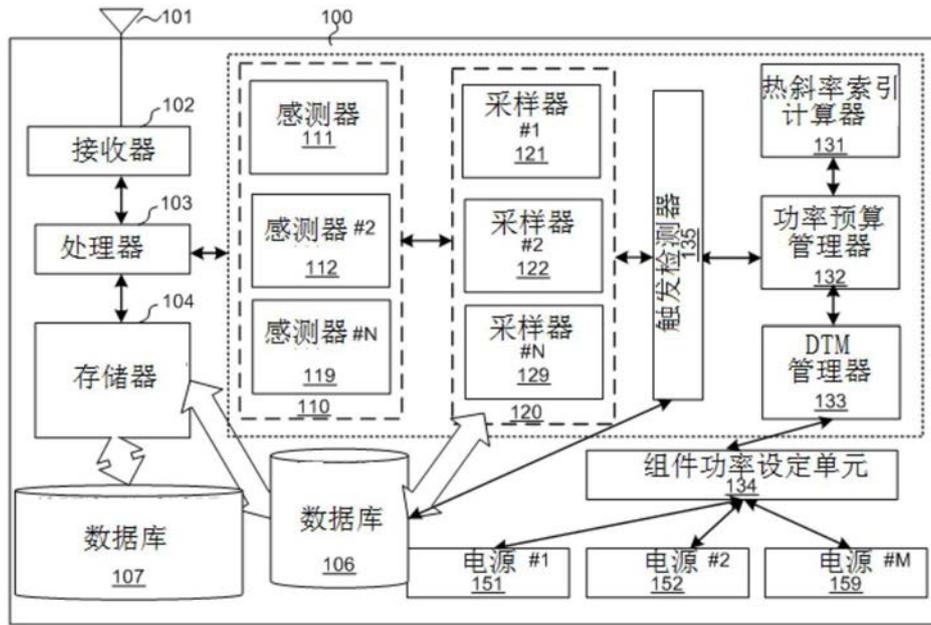


图1

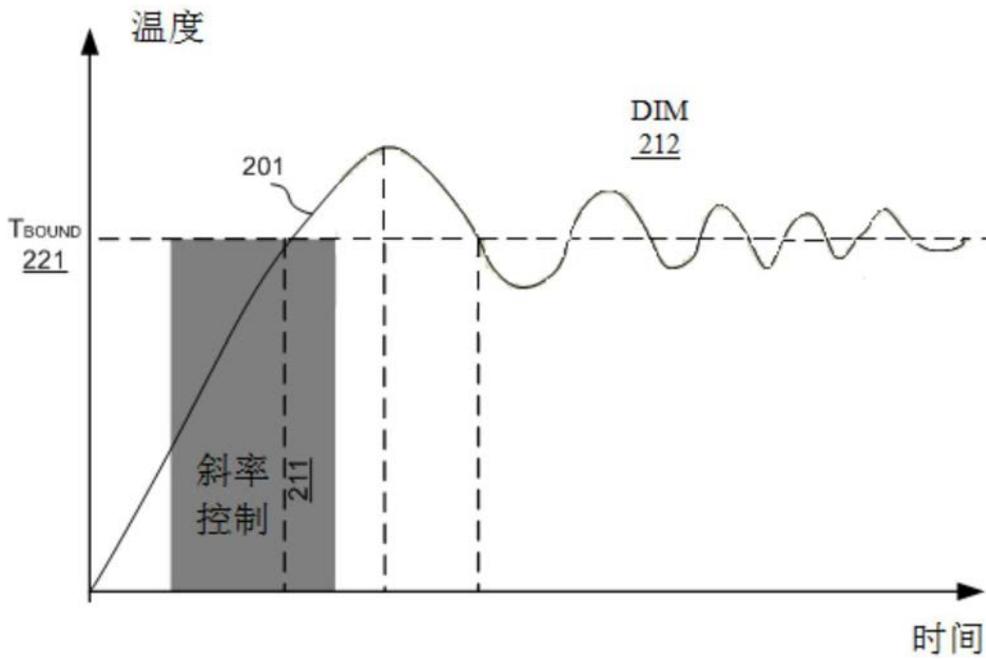


图2

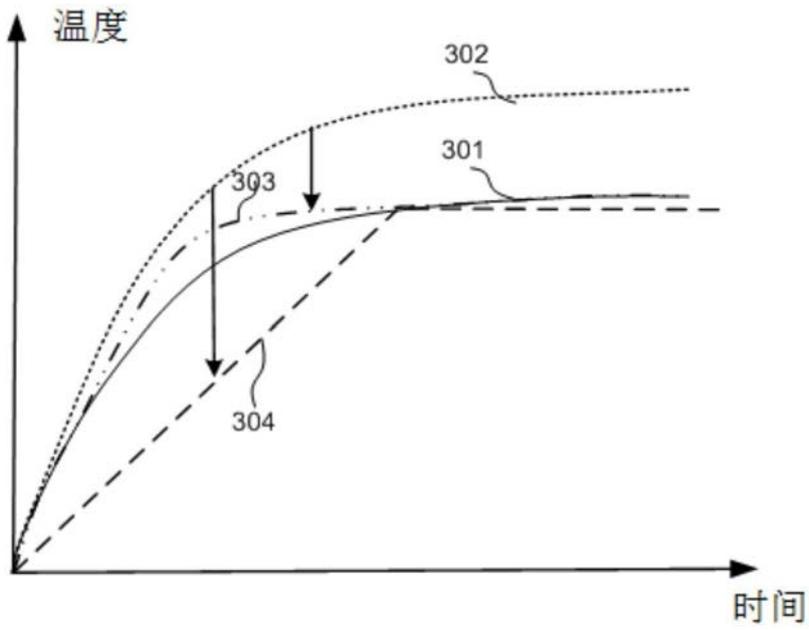


图3

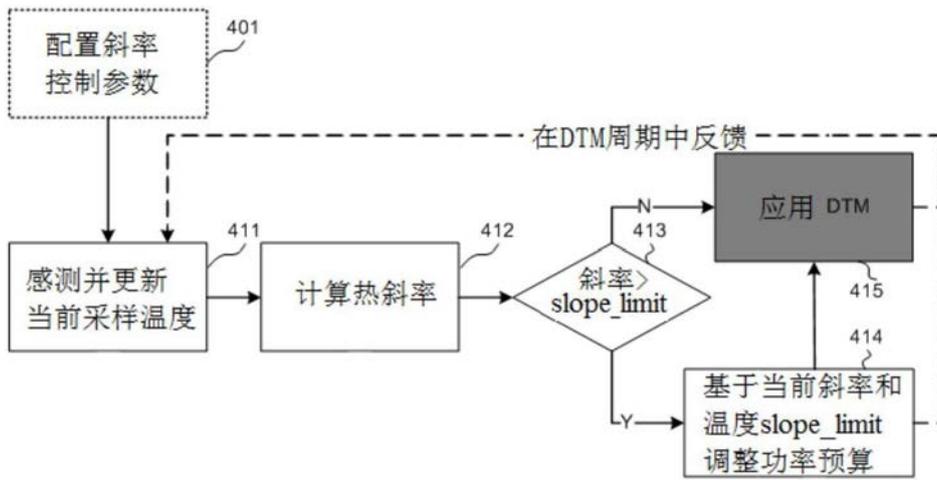


图4

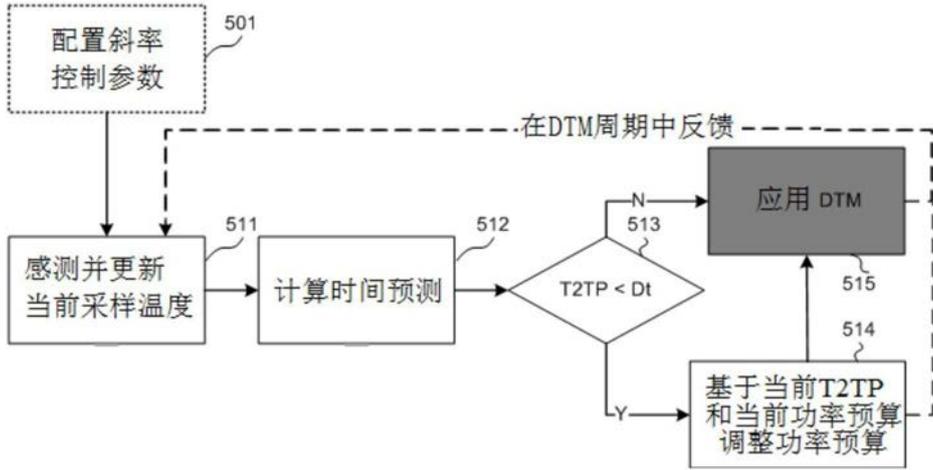


图5

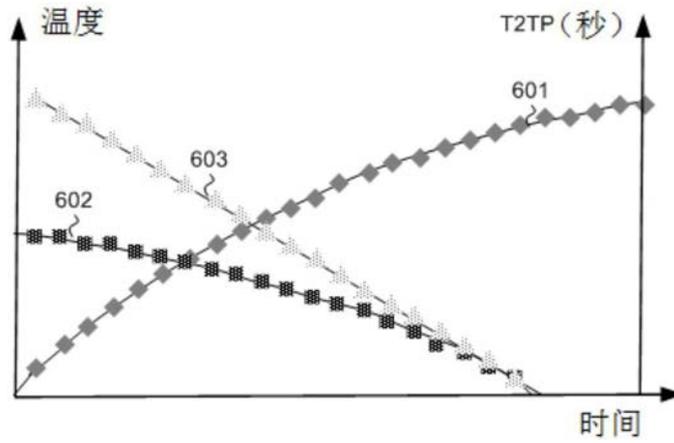


图6

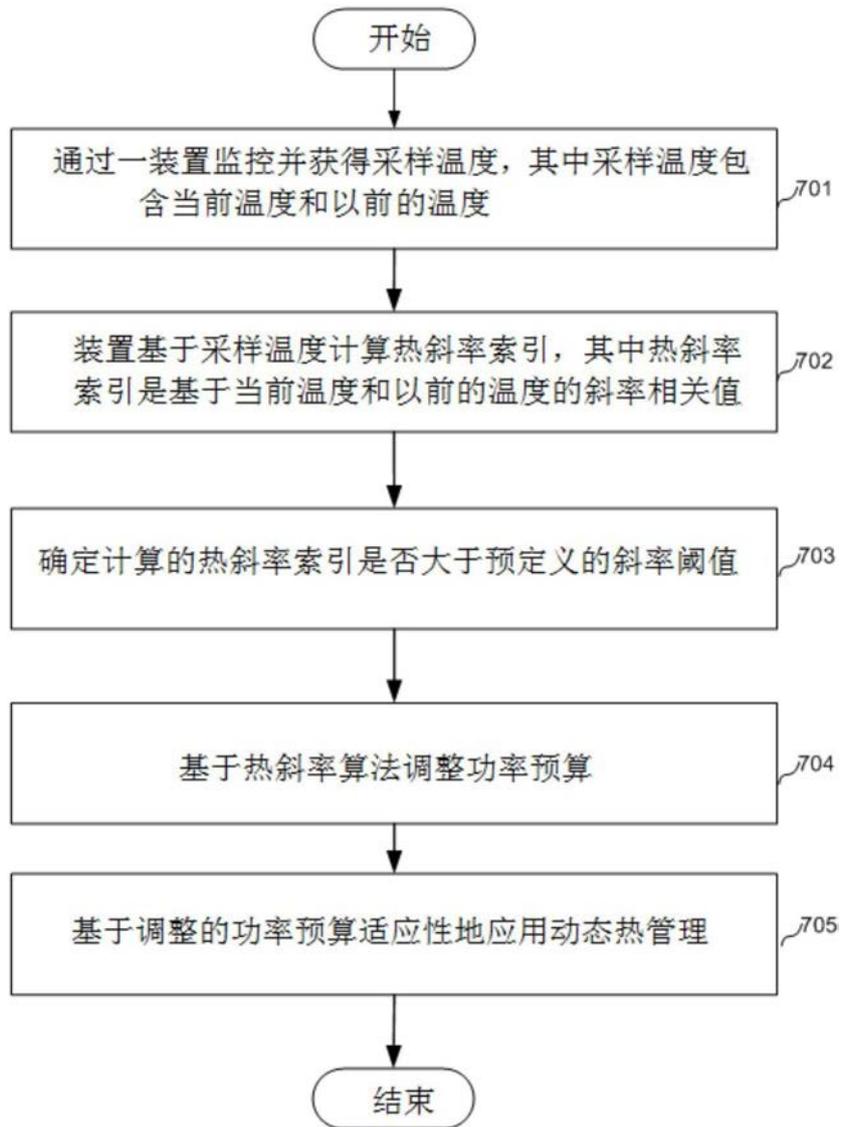


图7