

1. 一种用户装备UE的操作方法，所述UE具有包括多个核的处理器，所述多个核包括第一核和剩余核，所述方法包括：

确定所述多个核中的所述第一核的温度，所述第一核处理负载；

响应于确定所述第一核的温度大于预缓解温度阈值且不大于缓解温度阈值而确定所述剩余核中的第二核的温度，所述缓解温度阈值大于所述预缓解温度阈值；

响应于确定所述第二核的温度大于负载共享温度阈值而将所述第一核的所述负载的至少一部分、但非所有所述负载转移到所述第二核，所述负载共享温度阈值小于所述预缓解温度阈值；以及

响应于确定所述第二核的温度小于所述负载共享温度阈值而将所述第一核的所有所述负载转移到所述第二核。

2. 如权利要求1所述的方法，进一步包括确定所述剩余核中的每一个核的温度，其中基于所述剩余核中的每一个核的温度的所述确定，所述第一核的所述负载的所述至少一部分被转移到所述第二核。

3. 如权利要求2所述的方法，进一步包括确定所述剩余核中的哪一个核具有最低温度，其中响应于确定所述第二核具有所述剩余核的所述最低温度，所述负载的所述至少一部分被转移到所述第二核。

4. 如权利要求1所述的方法，进一步包括：

确定所述剩余核中的每一个核具有大于所述负载共享温度阈值的温度；以及

将所述负载的剩余部分转移到所述剩余核中的一组核以在所述第二核与所述一组核之间共享所述负载。

5. 如权利要求4所述的方法，进一步包括确定所述剩余核中的每一个核的相应温度与所述第一核的温度的相应温差，其中基于所述剩余核的所述相应温差，所述第一核的所述负载在所述剩余核之间共享。

6. 如权利要求1所述的方法，其中进一步响应于确定所述第一核的温度不大于所述缓解温度阈值，所述负载的所述至少一部分被转移，所述方法进一步包括：

确定所述多个核中的所述第一核的第二温度；

确定所述第一核的第二温度大于所述缓解温度阈值；以及

响应于确定所述第一核的第二温度大于所述缓解温度阈值而降低所述第一核的功耗。

7. 如权利要求6所述的方法，其中所述降低所述第一核的功耗包括执行以下至少一者：

降低所述第一核的频率；

降低所述第一核的供电电压；

使所述第一核功率塌陷；以及

将所述第一核的所有所述负载转移到所述剩余核中的至少一个核。

8. 一种用于管理包括多个核的处理器的热能的热控制模块，所述多个核包括第一核和剩余核，所述热控制模块包括：

用于确定所述多个核中的所述第一核的温度的装置，所述第一核处理负载；

用于响应于确定所述第一核的温度大于预缓解温度阈值且不大于缓解温度阈值而确定所述剩余核中的第二核的温度的装置，所述缓解温度阈值大于所述预缓解温度阈值；

用于响应于确定所述第二核的温度大于负载共享温度阈值而将所述第一核的所述负

载的至少一部分、但非所有所述负载转移到所述第二核的装置,所述负载共享温度阈值小于所述预缓解温度阈值;以及

用于响应于确定所述第二核的温度小于所述负载共享温度阈值而将所述第一核的所有所述负载转移到所述第二核的装置。

9. 如权利要求8所述的热控制模块,进一步包括用于确定所述剩余核中的每一个核的温度的装置,其中基于所述剩余核中的每一个核的温度的所述确定,所述第一核的所述负载的所述至少一部分被转移到所述第二核。

10. 如权利要求9所述的热控制模块,进一步包括用于确定所述剩余核中的哪一个核具有最低温度的装置,其中响应于确定所述第二核具有所述剩余核的所述最低温度,所述负载的所述至少一部分被转移到所述第二核。

11. 如权利要求8所述的热控制模块,进一步包括:

用于确定所述剩余核中的每一个核具有大于所述负载共享温度阈值的温度的装置;以及

用于将所述负载的剩余部分转移到所述剩余核中的一组核以在所述第二核与所述一组核之间共享所述负载的装置。

12. 如权利要求11所述的热控制模块,进一步包括用于确定所述剩余核中的每一个核的相应温度与所述第一核的温度的相应温差的装置,其中所述用于转移的装置被配置成基于所述剩余核的所述相应温差而在所述剩余核之间共享所述第一核的所述负载。

13. 如权利要求8所述的热控制模块,其中所述用于转移的装置被配置成进一步响应于确定所述第一核的温度不大于所述缓解温度阈值而转移所述负载的所述至少一部分,所述热控制模块进一步包括:

用于确定所述多个核中的所述第一核的第二温度的装置;

用于确定所述第一核的第二温度大于所述缓解温度阈值的装置;以及

用于响应于确定所述第一核的第二温度大于所述缓解温度阈值而降低所述第一核的功耗的装置。

14. 如权利要求13所述的热控制模块,其中为了降低所述第一核的所述功耗,所述用于降低所述功耗的装置被配置成执行至少一者:

降低所述第一核的频率;

降低所述第一核的供电电压;

使所述第一核功率塌陷;以及

将所述第一核的所有所述负载转移到所述剩余核中的至少一个核。

15. 一种用于管理包括多个核的处理器的热能的热控制模块,所述多个核包括第一核和剩余核,所述热控制模块包括:

与温度传感器处于电通信的电路系统,其中所述电路系统被配置成:

从所述温度传感器接收所述多个核中的所述第一核的温度,所述第一核处理负载;

响应于确定所述第一核的温度大于预缓解温度阈值且不大于缓解温度阈值而确定所述剩余核中的第二核的温度,所述缓解温度阈值大于所述预缓解温度阈值;

指令所述处理器:

响应于确定所述第二核的温度大于负载共享温度阈值而将所述第一核的所述负载的

至少一部分、但非所有所述负载转移到所述第二核,所述负载共享温度阈值小于所述预缓解温度阈值;以及

响应于确定所述第二核的温度小于所述负载共享温度阈值而将所述第一核的所有所述负载转移到所述第二核。

16. 如权利要求15所述的热控制模块,其中所述电路系统被进一步配置成从所述温度传感器接收所述剩余核中的每一个核的温度,其中所述电路系统被进一步配置成基于所述剩余核中的每一个核的温度来指令所述处理器将所述第一核的所述负载的所述至少一部分转移到所述第二核。

17. 如权利要求16所述的热控制模块,其中所述电路系统被进一步配置成确定所述剩余核中的哪一个核具有最低温度,其中所述电路系统被进一步配置成响应于确定所述第二核具有所述剩余核的所述最低温度而指令所述处理器将所述负载的所述至少一部分转移到所述第二核。

18. 如权利要求15所述的热控制模块,其中所述电路系统被进一步配置成:

确定所述剩余核中的每一个核具有大于所述负载共享温度阈值的温度;以及

指令所述处理器将所述负载的剩余部分转移到所述剩余核中的一组核以在所述第二核与所述一组核之间共享所述负载。

19. 如权利要求18所述的热控制模块,其中所述电路系统被进一步配置成确定所述剩余核中的每一个核的温度与所述第一核的温度的相应温差,其中所述电路系统被配置成基于所述剩余核的所述相应温差来指令所述处理器在所述剩余核之间共享所述第一核的所述负载。

20. 如权利要求15所述的热控制模块,其中所述电路系统被进一步配置成:

进一步响应于确定所述第一核的温度不大于所述缓解温度阈值而指令所述处理器转移所述负载的所述至少一部分;

从所述温度传感器接收所述多个核中的所述第一核的第二温度;

确定所述第一核的第二温度大于所述缓解温度阈值;以及

响应于确定所述第一核的第二温度大于所述缓解温度阈值而指令所述处理器降低所述第一核的功耗。

21. 如权利要求20所述的热控制模块,其中为了降低所述第一核的所述功耗,所述电路系统被配置成执行以下至少一者:

降低所述第一核的频率;

降低所述第一核的供电电压;

使所述第一核功率塌陷;以及

指令所述处理器将所述第一核的所有所述负载转移到所述剩余核中的至少一个核。

22. 一种存储用于与包括多个核的处理器对接的计算机可执行代码的计算机可读介质,所述多个核包括第一核和剩余核,所述计算机可读介质包括用于执行以下操作的代码:

确定所述多个核中的所述第一核的温度,所述第一核处理负载;

响应于确定所述第一核的温度大于预缓解温度阈值且不大于缓解温度阈值而确定所述剩余核中的第二核的温度,所述缓解温度阈值大于所述预缓解温度阈值;

响应于确定所述第二核的温度大于负载共享温度阈值而将所述第一核的所述负载的

至少一部分、但非所有所述负载转移到所述第二核,所述负载共享温度阈值小于所述预缓解温度阈值;以及

响应于确定所述第二核的温度小于所述负载共享温度阈值而将所述第一核的所有所述负载转移到所述第二核。

多核处理器的热缓解

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于2014年10月30日提交的题为“THERMAL MITIGATION OF MULTI-CORE PROCESSOR(多核处理器的热缓解)”的美国临时申请序列号62/072,975以及于2015年3月31日提交的题为“THERMAL MITIGATION OF MULTI-CORE PROCESSOR(多核处理器的热缓解)”的美国专利申请号14/675,409的权益,这两件申请通过援引被整体明确纳入于此。

[0003] 背景

[0004] 领域

[0005] 本公开一般涉及用户装备(UE),尤其涉及UE上的多核处理器的热缓解技术。

背景技术

[0006] UE可以利用具有多个核的处理器。UE包括便携式计算设备(“PCD”)(诸如蜂窝电话、便携式数字助理(“PDA”)、便携式游戏控制台、掌上型计算机、以及其他便携式电子设备)。一些较小UE可能不具有有源冷却设备(例如,电扇),这些有源冷却设备往往在较大UE(诸如膝上型和台式计算机)中找到。相应地,需要有效地缓解由UE的处理器的一个或多个核生成的热量。

[0007] 概览

[0008] 在本公开的一方面,提供了一种方法、计算机程序产品以及装置。该装置可以是UE。该UE具有包括多个核的处理器。该多个核包括第一核和剩余核。该UE确定多个核中的第一核的温度。第一核处理负载。该UE确定第一核的温度大于第一阈值。该UE确定第一核的温度不大于第二阈值。第二阈值大于第一阈值。该UE响应于确定第一核的温度大于第一阈值而将第一核的负载的至少一部分转移到剩余核中的第二核。

[0009] 附图简述

[0010] 图1是解说UE的示例性实施例的功能框图。

[0011] 图2是解说UE的热缓解规程的示图。

[0012] 图3是解说UE中的温度提高的示图。

[0013] 图4是解说UE的另一热缓解规程的示图。

[0014] 图5是解说用于在处理器的各核之间转移负载的UE的热缓解规程的示图。

[0015] 图6是解说用于在处理器的各核之间共享负载的UE的热缓解规程的示图。

[0016] 详细描述

[0017] 以下结合附图阐述的详细描述旨在作为各种配置的描述,而无意表示可实践本文所描述的概念的仅有配置。本详细描述包括具体细节以提供对各种概念的透彻理解。然而,对于本领域技术人员将显而易见的是,没有这些具体细节也可实践这些概念。在一些实例中,以框图形式示出众所周知的结构和组件以避免淡化此类概念。装置和方法将在以下详细描述中进行描述并可以在附图中由各种框、模块、组件、电路、步骤、过程、算法、元件等来解说。

[0018] 现在将参照各种装置和方法给出UE的若干方面。这些装置和方法将在以下详细描

述中进行描述并在附图中由各种框、模块、组件、电路、步骤、过程、算法等(统称为“元素”)来解说。这些元素可使用电子硬件、计算机软件或其任何组合来实现。此类元素是实现成硬件还是软件取决于具体应用和加诸于整体系统上的设计约束。

[0019] 作为示例,元素、或元素的任何部分、或者元素的任何组合可用包括一个或多个处理器的“处理系统”来实现。处理器的示例包括:微处理器、微控制器、数字信号处理器(DSP)、现场可编程门阵列(FPGA)、可编程逻辑器件(PLD)、状态机、门控逻辑、分立的硬件电路以及其他配置成执行本公开中通篇描述的各种功能性的合适硬件。处理系统中的一个或多个处理器可以执行软件。软件应当被宽泛地解释成意为指令、指令集、代码、代码段、程序代码、程序、子程序、软件模块、应用、软件应用、软件包、例程、子例程、对象、可执行件、执行的线程、规程、函数等,无论其是用软件、固件、中间件、微代码、硬件描述语言、还是其他术语来述及皆是如此。

[0020] 相应地,在一个或多个示例性实施例中,所描述的功能可以在硬件、软件、固件、或其任何组合中实现。如果在软件中实现,则各功能可作为一条或多条指令或代码存储或编码在计算机可读介质上。计算机可读介质包括计算机存储介质。存储介质可以是能被计算机访问的任何可用介质。作为示例而非限定,此类计算机可读介质可包括随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、电可擦除可编程ROM(EEPROM)、压缩盘ROM(CD-ROM)或其它光盘存储、磁盘存储或其它磁存储设备、或可被用来携带或存储指令或数据结构形式的期望程序代码且能被计算机访问的任何其它介质。上述的组合应当也被包括在计算机可读介质的范围内。

[0021] PCD和其他UE中的性能需求正在增长。作为结果,PCD的处理器上的核的数量已经增大。然而,由于这些设备的有限形状因子,可用功率(功率预算)可能被限制。当利用所有核时,处理器的性能受到功率预算的限制。为了维持PCD的可靠性,保持处理器/(诸)核的温度低于缓解温度阈值是有益的。当达到缓解温度阈值时,PCD可执行降低处理器/(诸)核的性能的热缓解规程以便控制处理器/(诸)核的温度。进一步有益的是,在缓解温度阈值之下操作处理器/(诸)核达较长时间段,以避免损害处理器/(诸)核的性能。

[0022] 在一些配置中,实现的缓解规程降低处理器性能以降低处理器的温度。例如,当核的温度达到缓解温度阈值时,核的处理频率和/或供电电压可被降低以降低功耗以及由此核的温度。频率/电压的降低可导致性能的降低。

[0023] 另一方面,PCD上运行的应用可以是单/双核密集的。由此,将更多个核添加到处理器可能不会直接转换成改善的性能。单/双核应用可以不利用额外的核。当一个或两个核被应用利用时,剩余核可处置较少任务并且可消耗较少功耗。因此,处置较少任务的剩余核可比由应用利用的核相对较冷。

[0024] 在某些配置中,PCD可被配置有低于缓解温度阈值的预缓解温度阈值。当核的温度达到预缓解温度阈值时,调度器或热控制模块可定位更高效或较冷的核并且可以开始将达到预缓解温度阈值的核的作业或线程转移到较冷的核。较冷核的处理频率可被增大到处理这些作业或线程所需的水平。一旦转移完成,达到预缓解温度阈值的核就可功率塌陷以降低温度。该规程允许核在缓解温度阈值之下操作达较长时间,并且可导致总体上较佳的性能和较冷的操作温度。

[0025] 图1是解说UE的示例性实施例的功能框图100。UE 110的示例包括蜂窝电话、智能

电话、会话发起协议 (SIP) 电话、膝上型设备、个人数字助理 (PDA)、卫星无线电、全球定位系统、多媒体设备、视频设备、数字音频播放器 (例如, MP3 播放器)、相机、游戏控制台、平板设备、或任何其他类似的功能设备。UE 110 也可被本领域技术人员称为移动站、订户站、移动单元、订户单元、无线单元、远程单元、移动设备、无线设备、无线通信设备、远程设备、移动订户站、接入终端、移动终端、无线终端、远程终端、手持机、用户代理、移动客户端、客户端、或其他某个合适的术语。

[0026] UE 110 具有处理器 112、存储器 114 和存储 116，以及其他组件。存储器 114 是易失性数据存储设备 (诸如 RAM)。存储 116 是非易失性数据存储设备 (诸如闪存或固态存储器设备)。存储 116 可以是具有耦合到处理器 112 的分开的数据存储的分布式存储器设备。处理器 112、存储器 114、存储 116、以及 UE 110 的其他组件可通过系统总线 118 彼此通信。处理器 112 具有多个核。例如，如图 1 中所示，处理器 112 具有四个核：第一核 122、第二核 124、第三核 126 和第四核 128。核 122、124、126、128 中的每一者可以是中央处理单元 (CPU) 核、图像处理单元 (GPU) 核、或者具有其他专用功能的处理单元。核 122、124、126、128 中的每一者可具有 L1 高速缓存 129。核 122、124、126、128 可共享 L2 高速缓存 130。在某些配置中，L1 高速缓存 129 可以包括三个独立的高速缓存：用于加速可执行指令获取的指令高速缓存、用于加速数据获取和存储的数据高速缓存、以及用于加速针对可执行指令和数据两者的虚拟到物理地址转译的转译后备缓冲器 (TLB)。在某些配置中，核 122、124、126、128 可属于相同群集。换言之，核 122、124、126、128 中的活跃核可被配置成以相同或相似的性能水平操作。例如，核 122、124、126、128 中的活跃核可以相同频率或相似频率操作。在某些配置中，核 122、124、126、128 可属于不同群集。

[0027] 当处理负载时，核 122、124、126、128 生成热能 (热量)。热能生成可在负载集中在核 122、124、126、128 中的给定核中时增加，由此潜在地影响 UE 110 的性能和/或用户体验。热能生成可通过跨互补核重新分配负载来缓解。UE 110 的热控制模块 140 可标识核 122、124、126、128 中处于热风险的核以及未充分利用的核，这些未充分利用的核是用于接收可从处于热风险的核重新分配的负载的候选。

[0028] 在某些配置中，UE 110 具有分别邻近于核 122、124、126、128 放置并且被热控制模块 140 监视的温度传感器 132、134、136、138。当热控制模块 140 检测到温度传感器 132、134、136、138 之一已测量到与一个或多个温度阈值处于预定关系的温度时，热控制模块 140 可向核 122、124、126、128 应用一个或多个热缓解措施以减少处理器 112 内的热量生成。

[0029] 在某些配置中，热控制模块 140 可以不利用温度传感器 132、134、136、138，而是使用其他可用机构来监视核 122、124、126、128 的温度。例如，热控制模块 140 可使用依次测量核 122、124、126、128 中的每一者的温度的单个温度传感器。

[0030] 在某些配置中，热控制模块 140 可被实现为处理器 112 的相同管芯 (芯片) 上的热控制器 140-1。热控制器 140-1 可通过通信链路 142 与温度传感器 132、134、136、138 通信。热控制器 140-1 可通过通信链路 118 与处理器 112 通信。热控制器 140-1 可以是具有多个状态并且采用各种触发器或寄存器的有限状态机。热控制器 140-1 可从温度传感器 132、134、136、138 接收温度测量作为输入，并且作为响应，从多个状态中的一个状态改变到另一状态。在多个状态中的每一个状态中，热控制器 140-1 可执行以下参照图 4-6 描述的一个或多个操作。

[0031] 在某些配置中，热控制模块 140 可被实现为与处理器 112 分开的热控制器 140-1。热

控制器140-1可通过通信链路142(例如,管理总线)与温度传感器132、134、136、138通信。热控制器140-1可通过通信链路118(例如,系统总线)与处理器112通信。热控制器140-1可具有其自己的处理单元和存储器。

[0032] 在某些配置中,热控制模块140可通过软件热控制模块140-2来实现。软件热控制模块140-2可被存储在存储116中并且被加载到存储器114中以供核122、124、126、128之一执行。

[0033] 图2是解说UE 110的热缓解规程的示图200。在操作204,UE 110的规程开始。在操作206,UE 110上电。在操作208,UE 110调起安装在UE 110上的系统。例如,存储116可存储操作系统(OS)。处理器112可将OS的必要组件加载到存储器114中并且执行那些组件。在一种配置中,OS可以开启,并且将一个或多个任务分配给核122、124、126、128中的一者或多者。核122、124、126、128中的核的最频繁使用的数据和指令可被存储在对应的L1高速缓存129处。与L1高速缓存129中的数据相比没那么频繁使用的一些数据可被存储在L2高速缓存130处。如果核未被分配任务,则该核可被关闭。例如,该核可以是功率塌陷的。也就是说,功率不再被提供给该核。替换地,该核可以是时钟门控的。在此情形中,功率可仍被提供给该核,但是时钟是门控的以使得它将不会翻转。由于时钟现在因门控而是静态的,所以核不执行处理并且由此可被认为“关闭”。另外,核的时钟可被门控,并且供应给核的电压可被降低到足以保持存储在核的本地存储器(诸如L1高速缓存129)中的数据但是对于核执行处理而言过低的低电平。由此,核可被认为“关闭”。关闭核的这些不同方式可导致不同的恢复时间。换言之,对于以上每种方法,在核已经被关闭之后使该核回到“开启”可花费不同的时间量。处理负载(即,执行一个或多个任务)的每个核生成热能。每个核可以一个或多个处理频率运行。在某些配置中,核122、124、126、128可以不同的处理频率操作。在某些配置中,核122、124、126、128可始终以相同的处理频率操作。此外,在此示例中,温度传感器132、134、136、138操作以分别测量核122、124、126、128的温度。

[0034] 热控制模块140可被配置有缓解温度阈值($T_{缓解}$)、预缓解温度阈值($T_{预缓解}$)、以及负载共享温度阈值($T_{负载共享}$)。在操作210,热控制模块140确定核122、124、126、128中的核的温度。热控制模块140可与温度传感器通信以接收在该温度传感器处测得的核的温度(T_i)。在某些配置中,热控制模块140可接收所有核122、124、126、128的温度并且随后选择具有最高温度的核(例如,第一核122)以应用缓解措施。从现在开始,第一核122可作为示例来被参考。尽管如此,所描述的规程可类似地应用于核122、124、126、128中的其他核。在此示例中,热控制模块140可接收在温度传感器132处测得的第一核122的温度。在操作212,热控制模块140确定测得温度是否大于缓解温度阈值(例如,90°C)。如果测得温度大于缓解温度阈值,则热控制模块140可确定第一核122处于临界热条件。随后,在操作214,热控制模块140可指令第一核122降低处理频率和/或降低第一核122的供电电压以便降低第一核122的温度。随后,该规程返回到操作210,在此热控制模块140确定下一核(例如,第二核124)的温度。

[0035] 如果在操作212,热控制模块140确定第一核122的温度不大于缓解温度阈值,则在操作216,热控制模块140确定该温度是否大于预缓解温度阈值(例如,80°C)。如果该温度不大于预缓解温度阈值,则该规程返回到操作210,在此热控制模块140确定下一核(例如,第二核124)的温度。

[0036] 如果在操作216,热控制模块140确定第一核122的温度大于缓解温度阈值,则热控制模块140可将第一核122视为处于热风险的核。在操作218,热控制模块140与温度传感器134、温度传感器136和温度传感器138通信以确定剩余核(即,第二核124、第三核126和第四核128)的温度。在某些配置中,核122、124、126、128可属于相同群集。也就是说,剩余核来自与第一核122相同的群集。相应地,热控制模块140可使用以下所描述的技术来选择相同群集中的另一核并且可将第一核122的一些或全部负载转移到相同群集中的所选核。在某些配置中,核122、124、126、128可属于不同群集。相应地,热控制模块140可使用以下所描述的技术来选择另一核以转移第一核122的一些或全部负载(不考虑各核的各群集)。例如,热控制模块140可基于跨不同群集的各核的温度来选择核。第一核122和第三核126可属于第一群集(例如,高性能群集)。第二核124和第四核128可属于第二群集(例如,低性能群集)。在操作220,热控制模块140可确定最低温度(T_j)以及具有最低温度的核。例如,第二核124可以是具有最低温度的核。在操作222,如果第二核124未被开启,则热控制模块140开启第二核124(即,具有最低温度的核)。

[0037] 在操作224,热控制模块140确定第二核124的温度是否大于负载共享温度阈值(例如,75°C)。如果该温度不大于负载共享温度阈值,则在操作226,热控制模块140指令第一核122将第一核122的全部负载转移到第二核124。在某些配置中,第一核122将第一核122的L1高速缓存129-1中的所有数据和指令转移到第二核124的L1高速缓存129-2。因此,第二核124能够继续运行在第一核122上运行的任务。在某些配置中,第二核124响应于接收到所转移的负载而可增大第二核124的处理频率以便处理增加的负载。随后,在操作228,热控制模块140使第一核122关闭或功率塌陷。运行的核可能生成漏泄电流,其进而生成热能。关闭运行的核可减小或消除漏泄电流。在某些配置中,作为进一步缓解措施,热控制模块140可检测其他剩余的运行核(即,第三核126和第四核128)中的每一者是否正在处置任务并且可关闭没有在处置任务的任何核。随后,规程返回到操作210,在此热控制模块140确定下一核的温度。

[0038] 如果在操作224期间热控制模块140确定第二核124的温度大于负载共享温度阈值,则在操作230,热控制模块140可检测其他剩余的运行核(即,第三核126和第四核128)中的每一者是否正在处置任务并且可关闭没有在处置任务的任何核。例如,热控制模块140可检测到第四核128没有在处置任何任务并且可关闭第四核128。在操作232,热控制模块140指令第一核122与所有剩余的运行核(即,此示例中的第二核124和第三核126)共享第一核122的负载。热控制模块140可确定第一核122的负载中要被转移到第二核124和第三核126的百分比。热控制模块140可指令第一核122将存储在第一核122的L1高速缓存129-1中的对应数据和指令转移到第二核124的L1高速缓存129-2和第三核126的L1高速缓存129-3。

[0039] 在某些配置中,要从第一核122转移到剩余运行核的负载百分比可基于第一核122的温度和剩余运行核的温度来确定。此外,所转移的负载在剩余运行核之间的分布可基于第一核122与剩余运行核之间的相对温差。具有与第一核122的较大温差的核可接收从第一核122转移的较大百分比的负载。例如,第一核122可处于85°C,第二核124可处于75°C,第三核126可处于78°C,而第四核128(其被开启)可处于76°C。由此,第二核124接收最大百分比的负载,而第三核126接收最低百分比的负载。随后,规程返回到操作210,在此热控制模块140确定下一核的温度。

[0040] 图3是解说UE中的温度提高的示图300。X轴是时间。Y轴是温度。曲线310解说了第一核122的温度变化。曲线320解说了第二核124的温度变化。

[0041] 在时间 t_0 处,UE 110上电。第一核122和第二核124处于基温度($T_{\text{基}}$) (例如,室温)。第一核122可被指派一个或多个处理任务。第二核124可被指派零个或更多个处理任务。当第一核122正在处理负载时,第一核122生成热能并且可在时间 t_1 处达到预缓解温度阈值。在未接收任何缓解措施的情况下,第一核122可在时间 t_2 处达到缓解温度阈值。第二核124例如可处理较少任务,并且由此在时间 t_1 处具有低于预缓解温度阈值的温度。在某些配置中,在时间 t_1 处(即,在检测到第一核122的温度达到预缓解温度阈值之际),热控制模块140可操作以将第一核122的一些或所有负载转移到第二核124。如果第一核122的所有负载被转移到第二核124,则第一核122可被关闭。

[0042] 在第一核122的负载被转移到第二核124之后,第一核122的温度可开始降低。因为在时间 t_1 之后,第二核124开始处理从第一核122转移的负载,所以第二核124的温度可比先前更快地提高。第二核124的温度可在时间 t_3 处达到预缓解温度阈值。在未接收任何缓解措施的情况下,第二核124的温度可在时间 t_5 处达到缓解温度阈值。从时间 t_1 到时间 t_3 ,第一核122处理比先前更少的负载或者不处理负载。由此,第一核122的温度降低并且可在时间 t_3 处达到低于预缓解温度阈值的点。在某些配置中,在时间 t_3 处(即,在检测到第二核124的温度达到预缓解温度阈值且第一核122的温度低于预缓解温度阈值之际),热控制模块140可操作以将第二核124的一些或所有负载转移到第一核122。随后,第一核122的温度可以开始提高并且可在 t_4 处达到预缓解温度阈值。第二核124的温度可以开始降低并且可在时间 t_4 处达到低于预缓解温度阈值的点。

[0043] 图4是解说UE的热缓解规程的示图400。UE (例如,UE 110) 具有包括多个核(例如,核122、124、126、128)的处理器(例如,处理器112)。该多个核包括第一核和剩余核。第一核处理负载。

[0044] 在操作402,UE确定第一核的温度。例如,参照图2,热控制模块140可接收在温度传感器132处测得的第一核122的温度。在操作404,UE可确定第一核的温度是否大于第二阈值(例如,缓解温度阈值)。如果第一核的温度大于第二阈值,则在操作406,UE降低第一核的功耗。在某些配置中,为了降低第一核的功耗,UE可执行以下至少一者:(a)降低第一核的频率;(b)降低第一核的供电电压;(c)使第一核功率塌陷;以及(d)将第一核的所有负载转移到剩余核中的至少一个核。例如,参照图2,在操作214,热控制模块140可指令第一核122降低处理频率和/或可降低第一核122的供电电压以便降低第一核122的温度。

[0045] 如果在操作404期间UE确定第一核的温度不大于第二阈值,则在操作408,UE确定第一核的温度是否大于第一阈值(例如,预缓解温度阈值)。第二阈值大于第一阈值。如果第一核的温度不大于第一阈值,则在操作410,该规程结束。

[0046] 如果第一核的温度大于第一阈值,则在操作412,UE将第一核的负载的至少一部分转移到剩余核中的第二核。附加操作411可在操作412之前执行。在操作412内,UE可在操作414确定剩余核中的每一个核的温度。随后,在操作416,UE基于剩余核中的每一个核的温度的确定来将第一核的负载的至少一部分转移到第二核。例如,参照图3,在时间 t_1 处(即,在检测到第一核122的温度达到预缓解温度阈值之际),热控制模块140可操作以将第一核122的一些或所有负载转移到第二核124。

[0047] 图5是解说用于在处理器的各核之间转移负载的UE的热缓解规程的示图500。该规程在图4中所解说的操作411、412处跟随操作408。在操作502, UE确定剩余核中的哪一个核具有最低温度。例如, 参照图2, 在操作220, 热控制模块140可确定最低温度(T_j)以及具有最低温度的核。

[0048] 在操作504, UE确定第二核具有剩余核的最低温度。在操作506, UE确定第二核的温度小于第三阈值(例如, 负载共享温度阈值)。第三阈值小于第一阈值(例如, 预缓解温度阈值)。在操作508, UE使第二核上电。例如, 参照图2, 在操作222, 如果第二核124(即, 具有最低温度的核)未被开启, 则热控制模块140开启第二核124。

[0049] 在操作510, UE将第一核的所有负载转移到第二核。例如, 参照图2, 在操作226, 第一核122将第一核122的L1高速缓存129-1中的所有数据和指令转移到第二核124的L1高速缓存129-2。在操作512, UE使第一核降电。例如, 参照图2, 在操作228, 热控制模块140使第一核122关闭或功率塌陷。

[0050] 图6是解说用于在处理器的各核之间共享负载的UE的热缓解规程的示图600。该规程在图4中所解说的操作411、412处跟随操作408。在操作602, UE确定剩余核中的每一个核都具有大于第三阈值(例如, 负载共享温度阈值)的温度。第三阈值小于第一阈值(例如, 预缓解温度阈值)。在操作604, UE基于剩余核中的每一个核的相对温差来确定要转移到每一个核的负载部分。例如, 参照图2, 在操作232, 要从第一核122转移到剩余运行核的负载百分比可基于第一核122的温度和剩余运行核的温度来确定。此外, 所转移的负载在剩余运行核之间的分布可基于第一核122与剩余运行核之间的相对温差。在操作606, UE将负载的剩余部分转移到剩余核中的一组核以在第二核与该组核之间共享该负载。例如, 参照图2, 在操作232, 热控制模块140可指令第一核122将存储在第一核122的L1高速缓存129-1中的对应数据和指令转移到第二核124的L1高速缓存129-2和第三核126的L1高速缓存129-3。

[0051] 在一种配置中, 提供了用于与包括多个核的处理器对接的设备。该多个核包括第一核和剩余核。该设备包括用于确定多个核中的第一核的温度的装置。第一核处理负载。该设备进一步包括用于确定第一核的温度大于第一阈值的装置。该设备进一步包括用于确定第一核的温度不大于第二阈值的装置。第二阈值大于第一阈值。该设备进一步包括用于响应于确定第一核的温度大于第一阈值而将第一核的负载的至少一部分转移到剩余核中的第二核的装置。该设备可进一步包括用于确定剩余核中的每一个核的温度的装置。基于剩余核中的每一个核的温度的确定, 该第一核的负载的该至少一部分可被转移到第二核。该设备可进一步包括用于确定剩余核中的哪一个核具有最低温度的装置。响应于确定第二核具有剩余核的最低温度, 该负载的该至少一部分可被转移到第二核。在一种配置中, 该负载的至少一部分是所有负载, 并且响应于确定第二核具有剩余核的最低温度, 所有负载从第一核转移到第二核。该设备进一步包括用于确定第二核的温度小于第三阈值的装置。第三阈值小于第一阈值。响应于确定第二核具有小于第三阈值的温度, 所有负载可被转移到第二核。该设备可进一步包括用于在将所有负载从第一核转移到第二核之前使第二核上电的装置, 以及用于响应于将所有负载从第一核转移到第二核而使第一核降电的装置。该设备可进一步包括用于确定剩余核中的每一个核具有大于第三阈值的温度的装置, 第三阈值小于第一阈值; 以及用于将负载的剩余部分转移到剩余核中的一组核以在第二核与该组核之间共享该负载的装置。该设备可进一步包括用于确定剩余核中的每一个核的相应温度与第

一核的温度的相应温差的装置。用于转移的装置被配置成基于剩余核的相应温差来在剩余核之间共享第一核的负载。用于转移的装置可被配置成进一步响应于确定第一核的温度不大于第二阈值而转移负载的至少一部分。该设备可进一步包括用于确定多个核中的第一核的第二温度的装置。该设备可进一步包括用于确定第一核的第二温度大于第二阈值的装置。该设备可进一步包括用于响应于确定第一核的第二温度大于第二阈值而降低第一核的功耗的装置。为了降低第一核的功耗，用于降低功耗的装置被配置成执行以下至少一者：(a)降低第一核的频率；(b)降低第一核的供电电压；(c)使第一核功率塌陷；以及(d)将第一核的所有负载转移到剩余核中的至少一个核。前述装置可以是配置成执行与前述装置中的每一个装置相对应的功能的热控制模块140-1。

[0052] 应理解，所公开的过程中各步骤的具体次序或层次是示例性办法的解说。应理解，基于设计偏好，可以重新编排这些过程中各步骤的具体次序或层次。此外，一些步骤可被组合或被略去。所附方法权利要求以示例次序呈现各种步骤的要素，且并不意味着被限定于所给出的具体次序或层次。

[0053] 提供先前描述是为了使本领域任何技术人员均能够实践本文中所述的各种方面。对这些方面的各种改动将容易为本领域技术人员所明白，并且在本文中所定义的普适原理可被应用于其他方面。因此，权利要求并非旨在被限定于本文中所示出的方面，而是应被授予与语言上的权利要求相一致的全部范围，其中对要素的单数形式的引述除非特别声明，否则并非旨在表示“有且仅有一个”，而是“一个或多个”。措辞“示例性”在本文中用于表示“用作示例、实例或解说”。本文中描述为“示例性”的任何方面不必然被解释为优于或胜过其他方面。除非特别另外声明，否则术语“一些”指的是一个或多个。诸如“A、B或C中的至少一者”、“A、B和C中的至少一者”以及“A、B、C或其任何组合”之类的组合包括A、B和/或C的任何组合，并且可包括多个A、多个B或者多个C。具体地，诸如“A、B或C中的至少一者”、“A、B和C中的至少一者”以及“A、B、C或其任何组合”之类的组合可以是仅A、仅B、仅C、A和B、A和C、B和C、或者A和B和C，其中任何此类组合可包含A、B或C中的一个或多个成员。本公开通篇描述的各种方面的要素为本领域普通技术人员当前或今后所知的所有结构上和功能上的等效方案通过引述被明确纳入于此，且旨在被权利要求所涵盖。此外，本文中所公开的任何内容都并非旨在贡献给公众，无论这样的公开是否在权利要求书中被显式地叙述。没有任何权利要求元素应被解释为装置加功能，除非该元素是使用短语“用于……的装置”来明确叙述的。

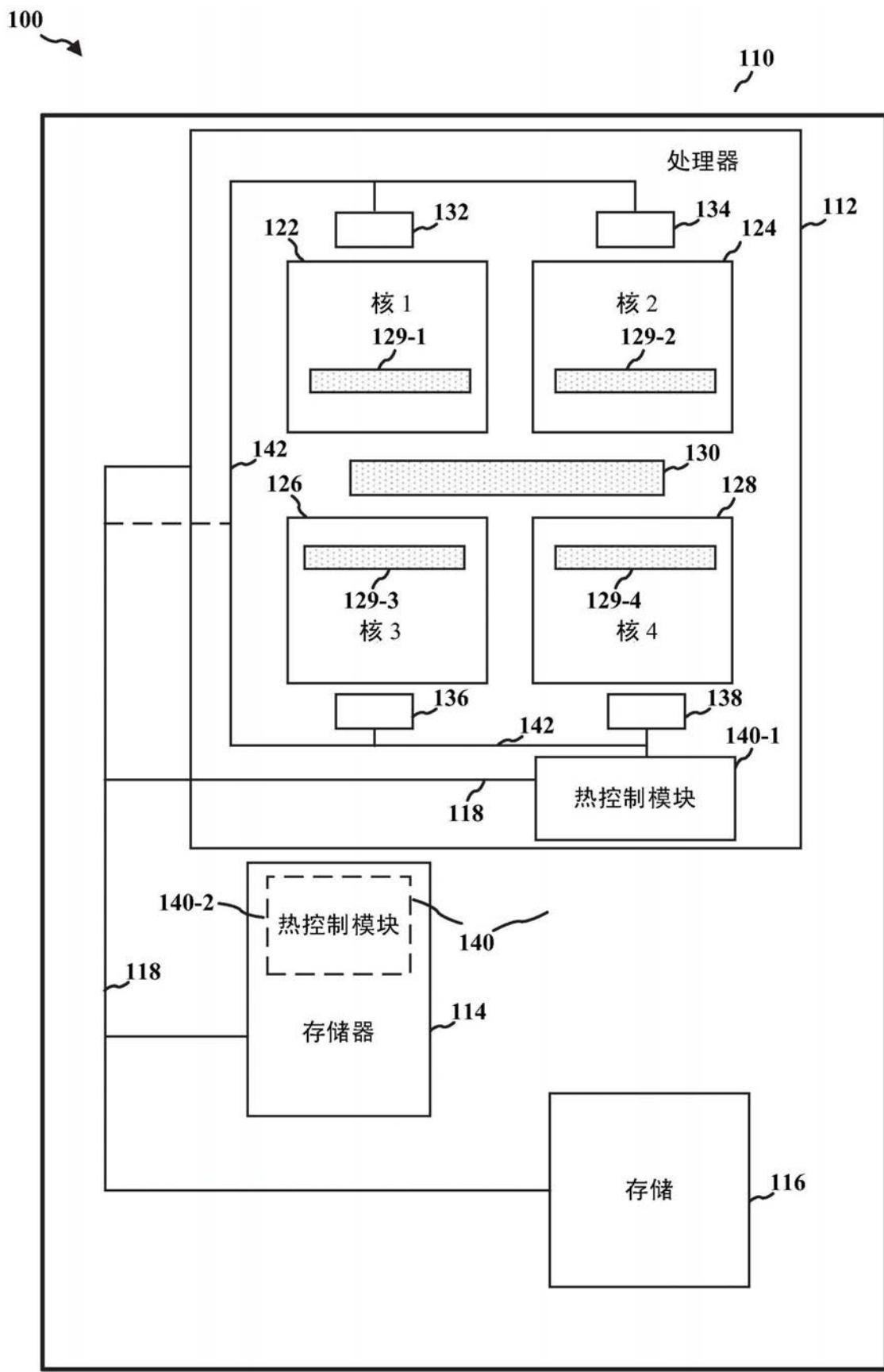


图1

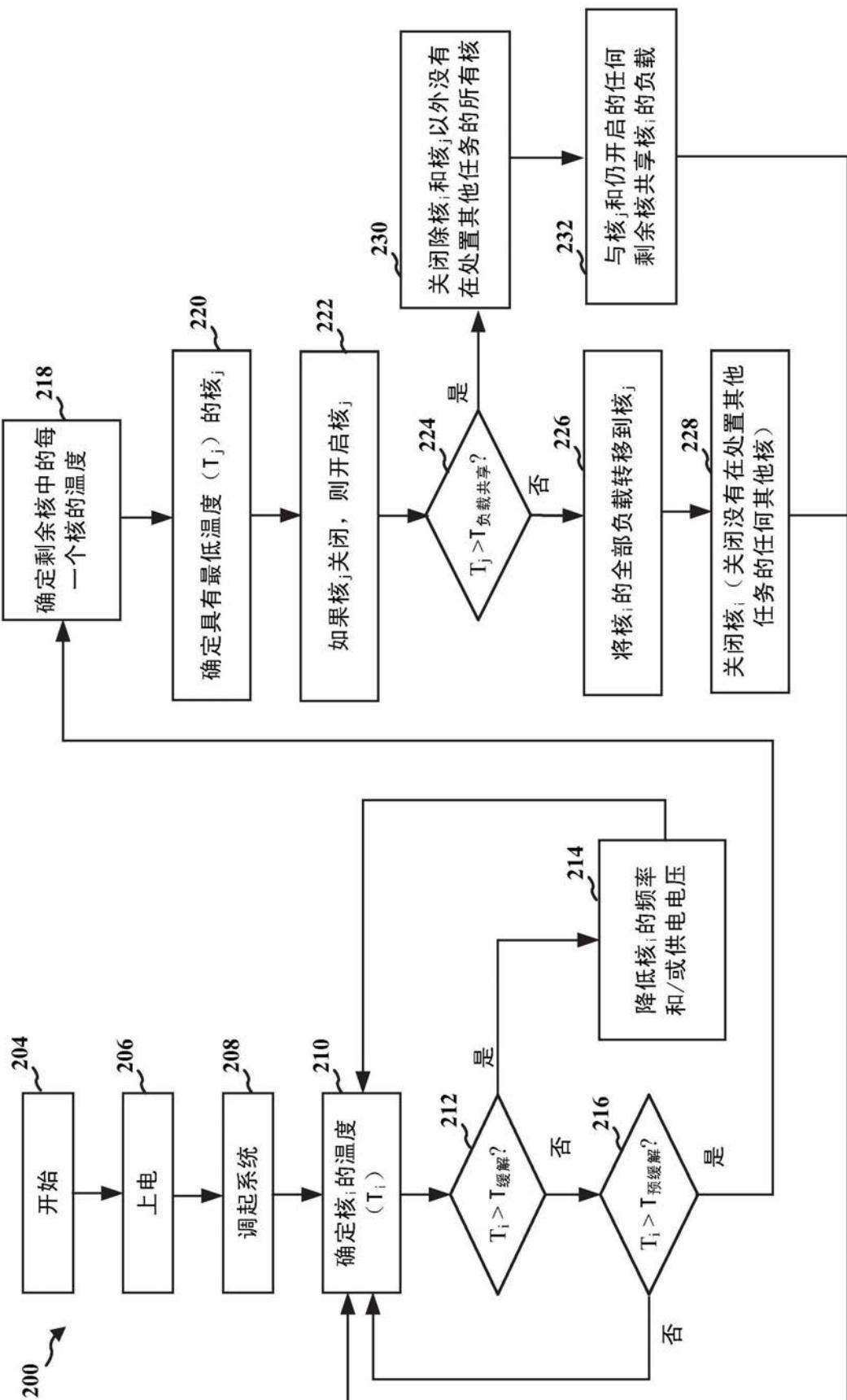


图2

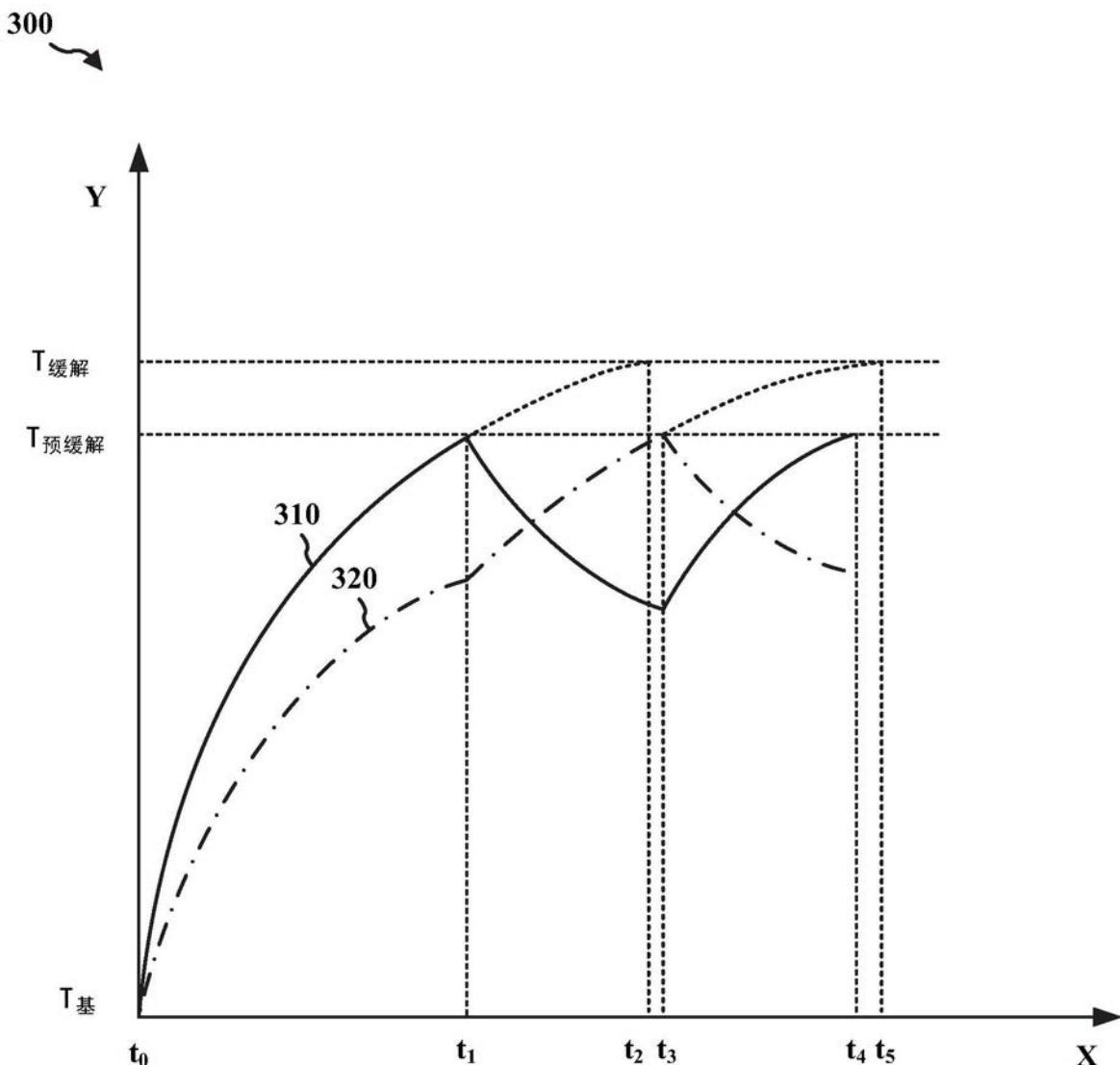


图3

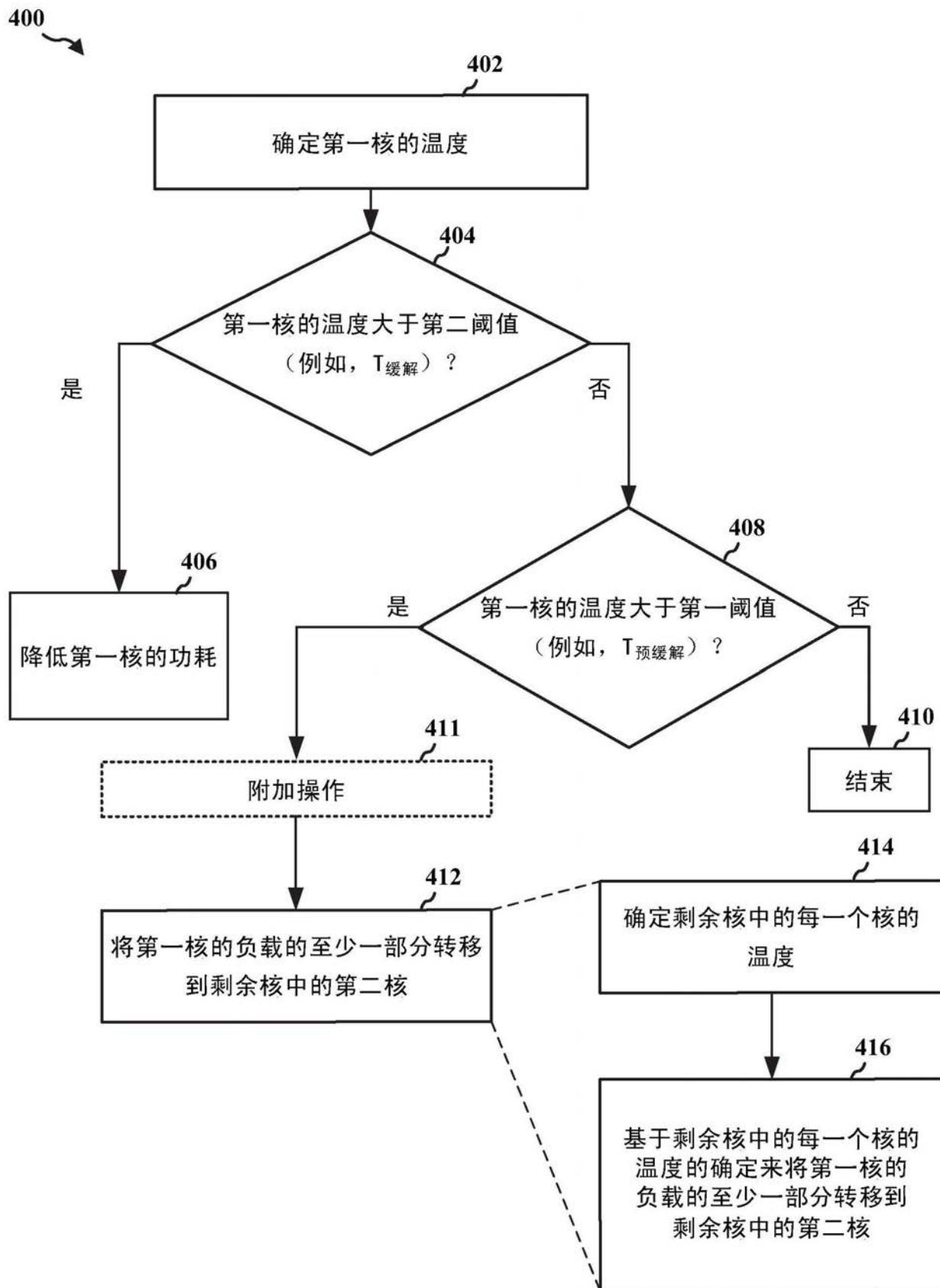
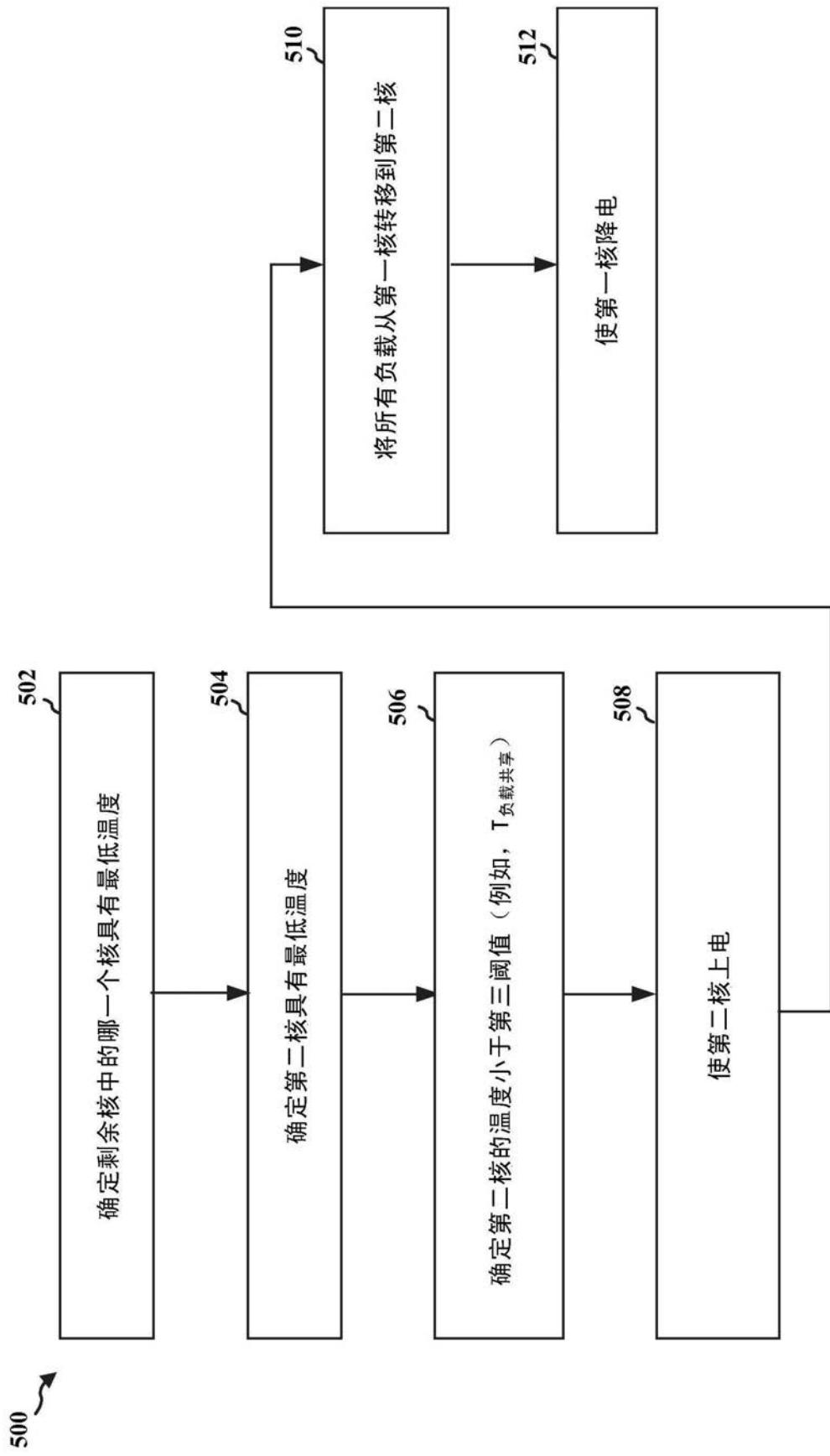


图4



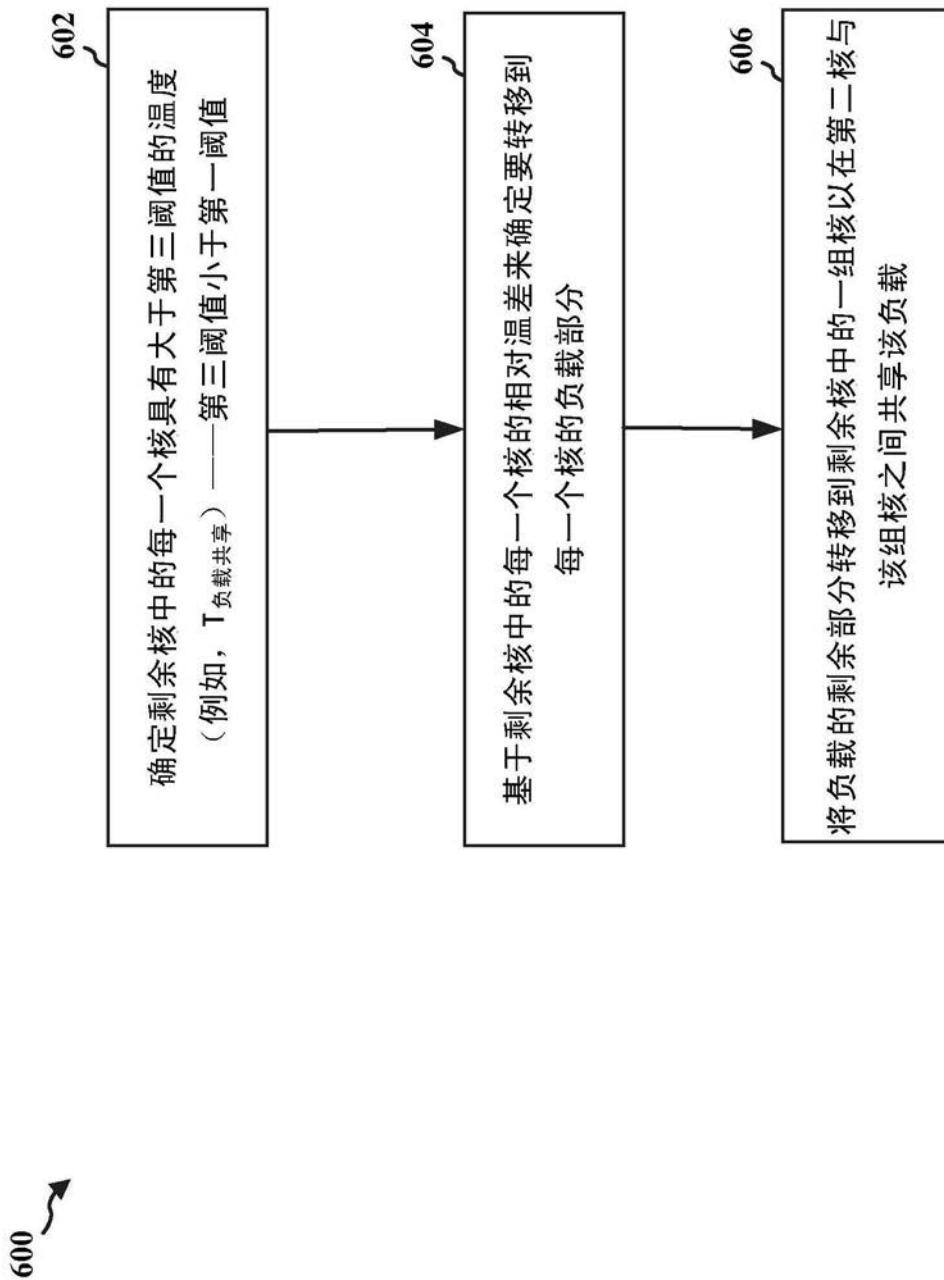


图6