



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 105745590 A

(43)申请公布日 2016.07.06

(21)申请号 201480062834.3

(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司
72002

(22)申请日 2014.11.19

代理人 张扬 王英

(30)优先权数据

14/084,610 2013.11.19 US

(51)Int.Cl.

G06F 1/20(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2016.05.17

G06F 1/32(2006.01)

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2014/066353 2014.11.19

(87)PCT国际申请的公布数据

W02015/077305 EN 2015.05.28

(71)申请人 高通股份有限公司

地址 美国加利福尼亚

(72)发明人 H·J·朴 S·汤姆森 S·李

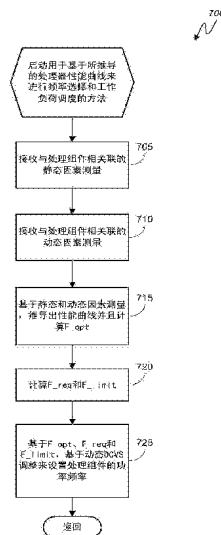
权利要求书3页 说明书16页 附图13页

(54)发明名称

用于在片上系统中进行操作频率调整和工作负荷调度的系统和方法

(57)摘要

公开了用于动态地调整便携式计算设备(“PCD”)中的一个或多个处理组件的操作频率设置的方法和系统的各个实施例。一种这样的方法涉及:接收将处理组件的操作频率设置调整为要求的频率(“F_req”)以处理工作负荷的请求。可以获取与所述处理组件的操作容量相关联的因素读数。可以基于所述读数来查询与所述处理组件相关联的性能曲线。所述性能曲线用于确定所述处理组件的最优操作频率(“F_opt”)。将所述F_opt与所述F_req进行比较,以及如果所述F_req小于F_opt,则将所述处理组件的所述操作频率设置设定为F_opt。优势在于,与F_req相比,在F_opt处,工作负荷处理可以更高效,并且可以更快地进入低功率模式。



1. 一种用于动态地调整便携式计算设备(“PCD”)中的一个或多个处理组件的操作频率设置的方法,所述方法包括:

确定用于处理组件处理工作负荷的要求的操作频率设置(“F_req”);

接收与所述处理组件的处理容量相关联的一个或多个因素的读数;

基于所述读数,查询与所述处理组件相关联的性能曲线,其中,所述性能曲线包括所述处理组件的功耗和操作频率之间的关系的表示;

根据所述性能曲线来确定所述处理组件的最优操作频率(“F_opt”),其中,当以所述F_opt频率给所述处理组件供电时,消耗的功率与处理的工作负荷之比得到优化;以及

将F_req与F_opt进行比较,其中:

如果F_req大于或等于F_opt,则将所述处理组件的所述操作频率设置设定为F_req;以及

如果F_req小于F_opt,则将所述处理组件的所述操作频率设置设定为F_opt。

2. 根据权利要求1所述的方法,还包括:

如果F_req大于或等于F_opt,并且F_opt大于与热管理预算相关联的最大频率(“F_limit”),则将所述处理组件的所述操作频率设置设定为F_opt。

3. 根据权利要求2所述的方法,其中,将所述处理组件的所述操作频率设置设定为F_opt还包括:在脉宽调制(“PWM”)方案下操作所述处理组件,使得平均有效频率实质上等于F_limit。

4. 根据权利要求3所述的方法,其中,调制所述PWM方案的占空比,以最小化到所述处理组件的涌入电流的总量。

5. 根据权利要求1所述的方法,还包括:

如果F_req大于与热管理预算相关联的最大频率(“F_limit”),并且F_req小于F_opt,则将所述处理组件的所述操作频率设置设定为F_opt。

6. 根据权利要求5所述的方法,其中,将所述处理组件的所述操作频率设置设定为F_opt还包括:在脉宽调制(“PWM”)方案下操作所述处理组件,使得平均有效频率实质上等于F_limit。

7. 根据权利要求6所述的方法,其中,调制所述PWM方案的占空比,以最小化到所述处理组件的涌入电流的总量。

8. 一种用于动态地调整便携式计算设备(“PCD”)中的一个或多个处理组件的操作频率设置的计算机系统,所述系统包括:

频率选择(“FS”)模块,其可操作以:

确定用于处理组件处理工作负荷的要求的操作频率设置(“F_req”);

接收与所述处理组件的处理容量相关联的一个或多个因素的读数;

基于操作温度测量,查询与所述处理组件相关联的性能曲线,其中,所述性能曲线包括所述处理组件的功耗和操作频率之间的关系的表示;

根据所述性能曲线来确定所述处理组件的最优操作频率(“F_opt”),其中,当以所述F_opt频率给所述处理组件供电时,消耗的功率与处理的工作负荷之比得到优化;以及

将F_req与F_opt进行比较,其中:

如果F_req大于或等于F_opt,则将所述处理组件的所述操作频率设置设定为F_req;以

及

如果 F_{req} 小于 F_{opt} ,则将所述处理组件的所述操作频率设置设定为 F_{opt} 。

9. 根据权利要求8所述的计算机系统,还包括:

如果 F_{req} 大于或等于 F_{opt} ,并且 F_{opt} 大于与热管理预算相关联的最大频率(“ F_{limit} ”),则将所述处理组件的所述操作频率设置设定为 F_{opt} 。

10. 根据权利要求9所述的计算机系统,其中,将所述处理组件的所述操作频率设置设定为 F_{opt} 还包括:在脉宽调制(“PWM”)方案下操作所述处理组件,使得平均有效频率实质上等于 F_{limit} 。

11. 根据权利要求10所述的计算机系统,其中,调制所述PWM方案的占空比,以最小化到所述处理组件的涌入电流的总量。

12. 根据权利要求8所述的计算机系统,还包括:

如果 F_{req} 大于与热管理预算相关联的最大频率(“ F_{limit} ”),并且 F_{req} 小于 F_{opt} ,则将所述处理组件的所述操作频率设置设定为 F_{opt} 。

13. 根据权利要求12所述的计算机系统,其中,将所述处理组件的所述操作频率设置设定为 F_{opt} 还包括:在脉宽调制(“PWM”)方案下操作所述处理组件,使得平均有效频率实质上等于 F_{limit} 。

14. 根据权利要求13所述的计算机系统,其中,调制所述PWM方案的占空比,以最小化到所述处理组件的涌入电流的总量。

15. 一种用于动态地调整便携式计算设备(“PCD”)中的一个或多个处理组件的操作频率设置的计算机系统,所述系统包括:

用于确定用于处理组件处理工作负荷的要求的操作频率设置(“ F_{req} ”)的单元;

用于接收与所述处理组件的处理容量相关联的一个或多个因素的读数的单元;

用于基于所述读数,查询与所述处理组件相关联的性能曲线的单元,其中,所述性能曲线包括所述处理组件的功耗和操作频率之间的关系的表示;

用于根据所述性能曲线来确定所述处理组件的最优操作频率(“ F_{opt} ”)的单元,其中,当以所述 F_{opt} 频率给所述处理组件供电时,消耗的功率与处理的工作负荷之比得到优化;以及

用于将 F_{req} 与 F_{opt} 进行比较的单元,其中:

如果 F_{req} 大于或等于 F_{opt} ,则将所述处理组件的所述操作频率设置设定为 F_{req} ;以及

如果 F_{req} 小于 F_{opt} ,则将所述处理组件的所述操作频率设置设定为 F_{opt} 。

16. 根据权利要求15所述的计算机系统,还包括用于以下操作的单元:

如果 F_{req} 大于或等于 F_{opt} ,并且 F_{opt} 大于与热管理预算相关联的最大频率(“ F_{limit} ”),则将所述处理组件的所述操作频率设置设定为 F_{opt} 。

17. 根据权利要求16所述的计算机系统,其中,用于将所述处理组件的所述操作频率设置设定为 F_{opt} 的单元还包括:用于在脉宽调制(“PWM”)方案下操作所述处理组件,使得平均有效频率实质上等于 F_{limit} 的单元。

18. 根据权利要求15所述的计算机系统,还包括用于以下操作的单元:

如果 F_{req} 大于与热管理预算相关联的最大频率(“ F_{limit} ”),并且 F_{req} 小于 F_{opt} ,

则将所述处理组件的所述操作频率设置设定为 F_{opt} 。

19. 根据权利要求18所述的计算机系统,其中,用于将所述处理组件的所述操作频率设置设定为 F_{opt} 的单元还包括:用于在脉宽调制(“PWM”)方案下操作所述处理组件,使得平均有效频率实质上等于 F_{limit} 的单元。

20. 根据权利要求19所述的计算机系统,其中,调制所述PWM方案的占空比,以最小化到所述处理组件的涌入电流的总量。

用于在片上系统中进行操作频率调整和工作负荷调度的系统 和方法

背景技术

[0001] 便携式计算设备(“PCD”)正成为人们在个人层面和专业层面上的必需品。这些设备可以包括蜂窝电话、便携式数字助理(“PDA”)、便携式游戏控制台、掌上计算机以及其它便携式电子设备。

[0002] 从用户的视角来看,在PCD中,紧凑外形因素是所期望的方面。然而,伴随着紧凑外形因素而来的,是固有的设计挑战。例如,在PCD中,通常没有足够的空间让工程师们和设计师们通过宽间隔布置或包括无源冷却组件来对抗处理组件的热劣化或故障。因此,PCD中的处理组件常常不能够在其最大速率的功率频率处运行而不产生破坏级的热能。在PCD中,必须通过应用各种热管理技术来管理热能的生成,热管理技术可以包括以牺牲性能为代价来衰减或关断电子器件。

[0003] 用户还期望在其PCD中有充裕的电力供应。然而,由于受到外形因素的限制,简单地包括大电源通常不是用于满足用户对电力供应的期望的解决方案。因此,必须管理PCD中的功率消耗。寻求最小化功耗的功率节省方案(无论是致力于节电还是致力于避免不必要的热能生成)常常规定对处理速度进行设置,使得满足最小服务质量(“QoS”)等级。

[0004] 致力于在缓解热能生成和影响由PCD提供的QoS之间寻求平衡,在PCD内采用热管理技术。类似地,致力于在功耗和QoS等级之间寻求平衡,在PCD内采用功率节省方案。在具有异构处理组件的PCD中,可能很难管理平衡这些折衷的分支,这是因为PCD内的各个处理组件并不是等同创建的。

[0005] 例如,按照热缓解技术或者功率节省方案供应给处理组件的功率频率可能不表示处理器性能曲线上的最高效的点。作为另一个示例,在PCD中,可能存在能够处理给定代码块的多个处理组件,并且,取决于这些组件的各自的静态和动态操作因素,一个组件将比另一个组件在处理该代码块方面更高效。

[0006] 因此,本领域所需要的是用于在不削弱当前热缓解或功率节省目标的情况下,将PCD中的处理组件的功率频率设置为表示该处理组件的最高效的工作负荷处理的频率的方法和系统。此外,本领域所需要的是用于在不削弱当前热缓解或功率节省目标的情况下,基于对处理器性能曲线中的最优频率的实时或接近实时的对比分析来跨越异构处理组件调度或分配PCD中的工作负荷的系统和方法。

发明内容

[0007] 公开了用于在便携式计算设备(“PCD”)中动态地调整一个或多个处理组件的操作频率设置的方法和系统的各个实施例。由于在PCD中,异构多处理器中的单独处理组件可能取决于与每个处理组件相关联的不同的静态和动态因素而展示出不同的处理效率,因此当处理工作负荷时,动态DCVS调整和工作负荷调度技术实时地或接近实时地查询性能曲线,以确定处理组件的最优操作频率,使得功率效率是最优的。

[0008] 一种这样的方法涉及:接收用于将处理组件的操作频率设置调整为所请求的频率

(“F_req”)的请求。在认识到所述处理组件的所述操作频率将要被调整时,可以获取与所述处理组件的操作相关联的一个或多个静态和/或动态因素(例如,电流泄露、电压电平、操作温度、电源电压余量等)的读数。使用这些操作读数,可以查询与所述处理组件相关联的性能曲线。所述性能曲线包括当在给定操作温度下操作时所述处理组件的功耗和操作频率之间的关系的表示。所述性能曲线用于确定所述处理组件的最优操作频率(“F_opt”)。当以所述F_opt频率给所述处理组件供电时,所消耗的功率与所处理的工作负荷之比得到优化。将F_opt与F_req进行比较,并且,如果F_req大于或等于F_opt,则将所述处理组件的所述操作频率设置设定为F_req;然而,如果F_req小于F_opt,则将所述处理组件的所述操作频率设置设定为F_opt。优势在于,当将所述操作频率设置为F_opt以取代F_req时,对于每MIPS的工作负荷来说,工作负荷的处理时间得到缩短,并且用于处理所述工作负荷所消耗的功率得到最小化。

[0009] 用于动态DCVS调整的系统和方法的某些实施例设想所述处理组件是包括多个单独的处理组件的多核异构处理器。在这样的场景中,可以获取所述多个单独处理组件中的每个单独处理组件的一个或多个静态和/或动态因素(例如,电流泄露、电压电平、操作温度、电源电压余量等)的读数,并且查询每个所述单独处理组件的性能曲线。随后,可以对所述性能曲线进行平均化以创建代表单独处理器的群组的性能曲线的单个集合。随后,可以跨越所述多个单独处理组件来应用根据平均性能曲线确定的最优功率频率。

[0010] 此外,用于动态DCVS调整的系统和方法的某些实施例设想可以以所述F_opt频率并且按照脉宽调制(“PWM”)功率管理方案来给所述处理组件供电。优势在于,通过以所述F_opt频率并且按照PWM功率管理方案给所述处理组件供电,某些实施例可以在所述处理组件处理代码块的同时优化功耗,并且由于功率崩溃时段得到了最大化,所以可以在代码块被处理之后优化功率节省。

[0011] 此外,用于以所述F_opt频率并且按照脉宽调制(“PWM”)功率管理方案给所述处理组件供电的动态DCVS调整的系统和方法的某些实施例设想这样做,使得在工作周期内供应的平均操作频率等于目标频率或F_req。

附图说明

[0012] 在附图中,除非另外指示,否则遍及各个视图,相似的附图标记指代相似的部分。对于具有诸如“102A”或“102B”的字母字符标记的附图标记,字母字符标记可以区分出现在同一附图中的两个相似的部分或元素。当旨在使附图标记涵盖在所有附图中具有相同附图标记的所有部分时,可以省略附图标记的字母字符标记。

[0013] 图1A是示出了在不同的热条件下进行操作的示例性处理组件的一对性能曲线的图;

[0014] 图1B是示出了在给定热条件下、在轻工作负荷下、并且利用最优功率频率进行操作的示例性处理组件的一对性能曲线的图;

[0015] 图1C是示出了在不同的热条件下、在轻工作负荷下、并且利用不同的最优功率频率进行操作的示例性处理组件的性能曲线的图;

[0016] 图1D是示出了在脉宽调制(“PWM”)功率管理技术下、以不同的频率进行操作的示例性处理组件的一对性能曲线的图;

[0017] 图2A是在给定热条件下并且遵从热缓解技术进行操作的示例性处理组件的一对性能曲线的图；

[0018] 图2B是示出了在脉宽调制(“PWM”)功率管理技术下、遵从热缓解技术并且以不同的频率(最小频率对最优频率)进行操作的示例性处理组件的一对性能曲线的图；

[0019] 图3是示出了用于在便携式计算设备(“PCD”)中进行动态DCVS调整和工作负荷调度的片上系统的实施例的功能性框图；

[0020] 图4是示出了图3的PCD的示例性实施例的功能性框图；

[0021] 图5是示出了用于基于对处理器性能曲线的对比分析来支持动态DCVS调整和工作负荷调度的图4的PCD的示例性软件架构的示意图；

[0022] 图6A-图6B是示出了用于对处理组件进行功率管理的动态DCVS调整和脉宽调制的方法的实施例的逻辑流程图；

[0023] 图7是示出了用于基于从静态和动态测量结果推导出的性能曲线来对处理组件进行功率管理的动态DCVS调整和脉宽调制的方法的实施例的逻辑流程图；以及

[0024] 图8是示出了用于基于对与动态DCVS调整相关联的处理器性能曲线和最优功率频率的对比分析来进行工作负荷调度的方法的示例性实施例的逻辑流程图。

具体实施方式

[0025] 本文使用的词语“示例性”意味着“作为示例、实例或说明”。本文中描述为“示例性”的任何方面不必被解释为排它的、优选于其它方面或者比其它方面有优势。

[0026] 在本描述中,术语“应用”还可以包括具有可执行内容(诸如:对象代码、脚本、字节代码、标记语言文件以及补丁)的文件。另外,本文中所引用的“应用”还可以包括本质上不可执行的文件(诸如可能需要被打开的文档或需要被访问的其它数据文件)。

[0027] 如在本描述中使用的,术语“组件”、“数据库”、“模块”、“系统”、“热能生成组件”、“处理组件”、“处理引擎”等旨在指代计算机相关的实体,要么是硬件、固件、硬件和软件的组合、软件,要么是执行中的软件。例如,组件可以是,但不限于是:在处理器上运行的过程、处理器、对象、可执行文件、执行的线程、程序和/或计算机。通过说明的方式,在计算设备运行上的应用和计算设备二者可以是组件。一个或多个组件可以存在于过程和/或执行的线程中,并且组件可以位于一个计算机中和/或分布在两个或更多计算机之间。此外,这些组件可以从具有存储在其上的各种数据结构的各种计算机可读介质中执行。组件可以诸如根据具有一个或多个数据分组(例如,来自与本地系统、分布式系统中的另一个组件进行交互,和/或跨越诸如互联网的网络通过信号的方式与其它系统进行交互的一个组件的数据)的信号通过本地和/或远程过程进行通信。

[0028] 在本描述中,术语“中央处理单元(“CPU”)”、“数字信号处理器(“DSP”)”、“芯片”、“视频编解码器”、“系统总线”、“图像处理器”和“媒体显示处理器(“MDP”)”是处理组件的非限制性示例,其是可通过动态时钟和电压缩放(“DCVS”)技术控制的并且可以位于PCD中。处理组件的这些术语可以被可互换地使用,除非当另外指示时。此外,如在本描述中区分的,上述组件中的任何组件或其等效物可以由在本文中通常被称为“(一个或多个)内核”和“(一个或多个)子内核”的一个或多个不同的处理组件组成。

[0029] 在本描述中,将要理解的是,可以与能够生成或消散可以以“温度”为单位来测量

的能量的设备或组件相关联地使用术语“热”或“热能”。从而,将进一步理解的是,参照某个标准值的术语“温度”预见可以指示“热能”生成设备或组件的相对温暖或热缺乏的任何测量。例如,当两个组件处于“热”平衡时,两个组件的“温度”相同。

[0030] 在本描述中,术语“工作负荷”、“处理负荷”、“处理工作负荷”和“代码块”可被互换地使用,并且通常被引向与给定实施例中的给定处理组件相关联、或者可以被分配给给定实施例中的给定处理组件的处理负担或处理负担百分比。进一步关于上文所限定的,“处理组件”或“热能生成组件”或“热入侵者(thermal aggressor)”可以是,但不限于是:中央处理单元、图形处理单元、内核、主内核、子内核、处理区域、硬件引擎等,或存在于便携式计算设备内的集成电路内或在便携式计算设备内的集成电路外部的任何组件。此外,从某种程度上说,术语“热负荷”、“热分布”、“热签名”、“热处理负荷”等是可以在处理组件上运行的工作负荷负担的指示,本领域普通技术人员将认同本公开内容中的这些“热”术语的使用可以与处理负荷分布、工作负荷负担以及功耗相关。

[0031] 在本描述中,术语“热缓解技术”、“热策略”、“热管理”以及“热缓解测量”被可互换地使用。

[0032] 本领域普通技术人员将认识到,术语“MIPS”表示处理器以给定的功率频率每秒能够处理的百万条指令的数量。在本描述中,使用该术语作为通用测量单位以指示示例性实施例中的处理器性能的相对等级,而将不被解释为暗示落入本公开内容的范围内的任何给定实施例都必须包括或者必须不包括具有任何特定Dhrystone排名或处理容量的处理器。此外,如本领域普通技术人员将理解的,处理器的MIPS设置与供应给处理器的功率频率直接相关。

[0033] 在本描述中,术语“便携式计算设备”(“PCD”)用于描述在有限容量的电源(诸如电池)上操作的任何设备。尽管电池操作的PCD已经被使用了几十年,但是在可再充电电池方面的技术进步结合第三代(“3G”)和第四代(“4G”)无线技术的到来实现了许多具有多种能力的PCD。因此,PCD可以是蜂窝电话、卫星电话、寻呼机、PDA、智能电话、导航设备、智能本或阅读器、媒体播放器、上述设备的组合、具有无线连接的膝上型计算机等等。

[0034] 对用于在具有异构处理组件的PCD中进行QoS优化的处理性能进行管理可以通过利用可用于工作负荷分配的单独处理引擎的不同性能特性来实现。关于可以包括在异构处理组件中的各个处理引擎的不同性能特性,本领域普通技术人员将认识到,性能差异可以归因于许多原因,包括但不限于:硅的等级不同、设计变化等。此外,本领域普通技术人员将认识到,与任何给定处理组件相关联的性能特性可以与该处理组件的操作温度、供应给该处理组件的功率等级等相关地发生变化。

[0035] 例如,考虑示例性异构多核处理器,其可以包括通常性能容量范围从低到高的多个不同的处理内核(值得注意的是,本领域普通技术人员将认识到的是,还可以考虑示例性异构多处理器片上系统(“SoC”),其可以包括多个不同的处理组件,每个处理组件包含一个或多个内核)。如本领域普通技术人员会理解的,与具有相对高的性能容量的处理内核相比,异构处理器内的低性能到中等性能的处理内核对给定的工作负荷容量将展示出较低的功率泄漏速率,并且因而展示出较低的热能生成速率。与较低容量内核相比,较高容量内核能够在较短的时间量中处理给定数量的MIPS。类似地,与当以其完全的、未加抑制的容量进行处理时相比,具有已被衰减的处理速度的高容量内核对给定工作负荷容量可以展示出较

低的功率泄漏速率,并且因而展示较低的热能生成速率。

[0036] 即使如此,取决于内核可以在其下进行操作的热条件,与高性能内核相比,较低性能内核在处理给定数量的MIPS时可以更高效或更低效(在功耗方面)。因此,通过考虑异构处理器内的不同内核的单独性能曲线(其中性能曲线指示了给定内核在给定操作温度下为了处理给定数量的MIPS所消耗的功率),可以利用动态DCVS调整算法来为每个内核设置功率频率,使得所处理的MIPS/功率消耗之比(功率效率比)得到优化。值得注意的以及如本领域普通技术人员将认识到的,可以将功率效率比量化为操作频率/功耗。随后,可以对功率效率比进行比较,使得调度组件将工作负荷分配给最适合高效地处理工作负荷的处理器。

[0037] 另外,可以预见的是,动态DCVS调整算法的某些实施例可以实现对处理器的脉宽调制(“PWM”)功率管理方案,使得处理器在功率崩溃状态和以最优功率频率运行的处理状态之间进行调制。优势在于,在包括基于最优频率的PWM的动态DCVS系统和方法的实施例中,当处理器在处理时,功耗得到优化,并且当处理器崩溃时,功率节省得到优化。

[0038] 值得注意的是,虽然该系统和方法的示例性实施例是在单独处理组件的上下文中示出和描述的,但是可以预见的是,该系统和方法的实施例可以对多个处理组件(诸如,多核CPU中的内核)的性能曲线进行平均以达到单个平均处理曲线。基于多个处理组件的单个平均处理曲线,可以确定最优频率,并且将该最优频率应用于每个内核,使得跨越整个处理组件的功率密度得到优化,即使与单独内核相关联的处理效率可能没有得到优化。例如,可以结合多核处理组件上的同步并行处理工作负荷来应用这样的实施例。

[0039] 作为动态DCVS方法的应用的非限制性示例,可以通过示例性PCD内的中央处理单元(“CPU”)或图形处理单元(“GPU”)来处理特定代码块。优势在于,示例性实施例可以在处理代码的需要成熟时选择将处理代码块的任务分配给处理组件中的哪个处理组件,而不是预先确定该特定代码块将由CPU或GPU中的一者来处理。即,可以对以其最优频率运行的CPU和GPU的性能曲线的“快照”进行比较,使得将工作负荷分配给被最佳装备以高效处理代码块的处理器。值得注意的是,将理解的是,随着代码块退出调度队列,可以实时地或接近实时地作出针对后续工作负荷的分配的后续处理器的选择。通过这种方式,频率选择模块可以利用与异构处理器中的单独内核相关联的操作温度,通过刚好在工作负荷分配之前选择用于处理工作负荷的最优的功率频率并且随后选择处理内核来优化QoS。

[0040] 图1A是示出了在不同热条件下操作的示例性处理组件的一对性能曲线(内核85°C、内核50°C)的图300。处理组件可以是异构多核处理器内的内核,并且可以是高容量的、中等容量的或低容量的内核。更为具体地,如本领域普通技术人员将认可的,处理组件可以是能够处理给定代码块的任何处理引擎,包括但不限于,CPU、GPU、DSP、可编程阵列、视频编码器/解码器、系统总线、相机子系统(图像处理)、MDP等。此外,如上所述,示例性处理引擎可以是CPU、GPU等中的内核或子内核。

[0041] 如从图1A的示图中可以看出的,在3500MIPS的工作负荷处,在50°C环境下操作的示例性内核消耗了大约620mW的功率(点315),而在相同的3500MIPS的工作负荷处,当操作环境达到85°C时,该内核的功耗增加到接近1000mW的功率(点310)。类似地,针对给定的操作温度,内核的处理效率随着工作负荷的增加而降低。例如,参考内核50°C的曲线,当工作负荷从3500MIPS增加到大约4300MIPS时,功耗增加到接近1000mW(点305)。

[0042] 可以从图1A的示图中看出,针对给定处理组件,处理组件在功耗方面的效率随着

操作温度的上升而降低(即,随着处理组件操作温度的上升,其能够以给定操作频率处理的MIPS的数量将下降)。值得注意的是,本领域普通技术人员将认识到,示例性处理组件的操作温度的上升可能由很多因素或因素的组合导致,包括但不限于:在与较高时钟速度相关联的处理组件内的功率泄露的增加、与处理组件相邻的热入侵者、与处理组件相邻的故障组件、周围环境的改变等。此外,本领域普通技术人员将认识到,处理组件上的工作负荷的增加可能导致在工作负荷分配时,与处理组件相关联的操作温度上升,这是作为与功耗的增加相关联的功率泄露速率的增加的结果。不管处理组件的操作温度可能上升或下降的原因如何,重要的是,从图1A的示图中注意到给定处理组件的处理效率大体上与操作温度的上升而相反地降低。

[0043] 现在转向图1B,示出了示图400,示图400示出了在给定热条件下、在轻工作负荷下、以及利用最优功率频率410进行操作的示例性处理组件的一对性能曲线。本领域普通技术人员将认识到,由图1B中的性能曲线对表示的示例性处理器可以包含在普通的异构多处理器片上系统(“SoC”)中。替代地,可以预见的是,性能曲线对400可以表示从多个处理组件推导出的平均曲线。

[0044] 上面的曲线400A绘制了当示例性处理器在给定温度下操作时的性能。如可以在图1B的示图中看出的,性能曲线400A的y轴表示由示例性处理组件消耗的总功率,而x轴表示处理器操作频率(即,供应给处理组件的功率频率)。可以供应给示例性处理组件的最大功率频率(F_{max})由点415A来表示,以及最小功率频率(F_{min})由点405A来表示。如本领域普通技术人员将理解的,在 F_{min} 405A之下,示例性处理组件是功率崩溃的,使得不消耗任何功率。

[0045] 如上所述,处理器操作频率与能够被给定处理器处理的MIPS相关。因此,针对与图1B的示图中的功率曲线400相关联的示例性处理组件,其可以处理的工作负荷的绝对量在点415处(即,当向其供应最大速率的处理频率时)得到最大化。然而,值得注意的是,点415A不表示沿着曲线400A的最功率高效的点。出于这种考虑,斜线420、430和425分别描绘了与点405A、410A和415A中的每个点相关联的功耗/操作频率的比。从斜线420、430和425可以看出,示例性处理组件在沿斜线430是最高效的,斜线430是性能曲线400A在 F_{opt} 410A处的切线。因此,用于动态DCVS调整的系统和方法可以规定将提供给与图1B的曲线相关联的示例性处理组件的功率频率设置为 F_{opt} ,由此优化针对每毫瓦(“mW”)的功耗由处理器处理的工作负荷的量。

[0046] 由对应于点410A的频率表示的功率效率可以在互补性能曲线400B中看出。在400B的图中,y轴表示图400A中描绘的斜线的功率效率,而x轴继续表示处理器操作频率。随着斜线沿着曲线400A向上移动以与各个点相交,图400B指示对于给定操作温度,示例性处理组件在点410B处(即,当向其供应的功率频率为 F_{opt} 时)处理工作负荷是最能量高效的。因此,用于动态DCVS调整的系统和方法的实施例可以寻求调整电源的频率设置,以匹配包含在与给定处理器的操作温度相关联的性能曲线中的 F_{opt} 。

[0047] 在图1B的图中描绘的性能曲线的基础上,图1C的图500示出了在不同的热条件下、在轻工作负荷下、以及利用不同的最优功率频率进行操作的示例性处理组件的性能曲线。在图500A中,将三个示例性性能曲线对501、502和503绘制在一起进行显示。在点512处,与曲线对501、502和503相关联的内核是功率崩溃的,即,内核不消耗任何功率。出于说明性的

目的,性能曲线501可以与以85°C的操作温度运行的高容量内核相关联,性能曲线502可以与具有与关联于曲线501的内核相似的特性的另一个高容量内核相关联,除了其以50°C的操作温度运行之外,以及性能曲线503可以与以相对凉的90°C的操作温度运行的低容量内核相关联。

[0048] 单独地考虑性能曲线对,轻工作负荷分配通常可以规定针对给定内核所供应的功率频率低于 F_{opt} 。例如,可以将不为了向用户提供高QoS而要求特定的快速处理的轻工作负荷分配给与性能曲线501相关联的内核,以及响应于该分配,功率管理模块可以请求供应给该处理器的功率频率为 F_{req} 511A。在这样的场景中,动态DCVS调整方法的实施例可以将功率频率向上调整到 F_{opt} ,使得工作负荷被更高效地处理,虽然从QoS的角度看,处理的比所需要的更快。类似地,寻求将轻工作负荷分配给与性能曲线502相关联的内核的功率管理模块可以请求将功率频率设置为点511B。动态DCVS调整方法的实施例可以无视将该频率设置在点511B处的该请求,而支持与 F_{opt} 510B相关联的更高效的设置。然而,针对与性能曲线503相关联的内核,功率管理模块可以请求将操作频率设置在点511C处,以便在不过度影响QoS的情况下处理该轻工作负荷。在这样的场景中,动态DCVS调整方法可以允许将处理频率设置在点511C处,即使与曲线503相关联的处理器在由点510C表示的频率处是更高效的。

[0049] 继续图1C的图500中描绘的性能曲线,动态DCVS调整方法的某些实施例可以比较每个合格内核(例如,与性能曲线501、502、503相关联的内核)的最优处理频率510。基于从图500B得到的比较结果,以及假定每个处理器可以在不对QoS造成不利影响的情况下以其 F_{opt} 510来处理该工作负荷,动态DCVS调整方法可以确定与性能曲线503和 F_{opt} 510C相关联的处理器被最优地设置以高效地处理代码块。因此,可以将代码块调度到与曲线对503相关联的处理器和被以等于501C的频率来供应电力的处理器。

[0050] 深化在选择将要向其分配代码块的内核之前,比较多个合格处理内核的性能曲线和 F_{opt} 频率的动态DCVS调整方法的实施例的示例,考虑为了保持期望的QoS等级(例如,游戏应用)而要求快速处理速度的工作负荷。进一步假设所要求的频率高于 F_{opt} 510C但是仍然低于 F_{opt} 510A和510B。在这样的场景中,动态DCVS调整方法的实施例可以选择与曲线502相关联的内核,这是因为与曲线501B上的任何点相比, F_{opt} 510B提供了更优的能量效率。

[0051] 现在转向图1D,示出了图520,图520示出了在脉宽调制(“PWM”)功率管理技术下、以不同的频率进行操作的示例性处理组件的一对性能曲线。出于示例性目的,假设动态DCVS调整方法的实施例将工作负荷分配给与图1C中的性能曲线501相关联的内核。当工作负荷被分配时,为了节省功率,功率管理模块可能已经请求将功率频率设置为点511A,这是因为,在频率511A处,内核所处理的MIPS的数量将足以保持满意的QoS。然而,动态DCVS调整方法可以认识到,在由 F_{opt} 510A表示的频率处,与曲线501相关联的内核的功率效率更优,如上文所述。

[0052] 可以预见的是,动态DCVS调整方法和系统的某些实施例可以采用PWM技术来进一步增加功率效率。继续上述示例,如果与曲线501相关联的内核被设置为所请求的功率频率511A并且按照PWM技术运行,则处理器在完成工作负荷之前将消耗功率的时间量为 T_1 ,以及功率崩溃512的时间为 PC_1 。然而,如果动态DCVS调整方法将功率频率设置为最优频率510A,

而不是所请求的511A,则为了处理工作负荷每MIPS所消耗的能量将会减小,并且工作负荷将会在较短的时间段 T_2 中被处理。另外,由于处理器处于功率崩溃模式中的时间段 PC_2 相对于 PC_1 更长,所以可以实现进一步的功率节省。

[0053] 图2A是示出了在给定热条件下并且遵从热缓解技术进行操作的示例性处理组件的一对性能曲线的图550。可以预见的是,在某些场景中,热缓解模块可以对分配给给定处理组件的功率预算设置限制。在这样的场景中,诸如 F_{opt} 510D的最优频率可以对应于超出功率预算的功率等级。

[0054] 动态DCVS调整系统和方法可以使用PWM技术,来以 F_{opt} 频率、在活动的持续时间的脉冲中操作处理组件,使得在给定占空比内供应的平均功率等级等于功率预算。通过这种方式,处理器可以仍然以其最优频率等级来运行,同时不会导致超出热缓解功率预算。例如,即使 F_{opt} 510D对应于超出功率预算560的功率等级,在将频率限制在低于 F_{opt} 510D的某个频率的功率预算之下处理的任何工作负荷将会按PWM方案以 F_{opt} 510D被处理。

[0055] 图2B包括图580A和图580B,图580A和图580B示出了结合 F_{opt} 设置利用PWM方案的动态DCVS调整方法的效果。如上所述,热缓解模块可以规定针对给定的处理组件,不超出某个功率预算。在这样的情况中,例如,处理组件的频率设置可以被设置为 F_{min} 555,这是因为其与功率预算内的功率等级相关。优势在于,动态DCVS调整系统和方法可以无视 F_{min} 555设置,以支持按照PWM方案供应给处理组件的 F_{opt} 510D设置。参照图580B,通过脉冲式调节在 F_{opt} 510D等级处的功率,可以遵守由热缓解模块设置的功率预算约束,这是因为在给定占空比内供应的平均频率等于 F_{min} 555。

[0056] 图3是示出了用于在便携式计算设备(“PCD”)100中进行动态DCVS调整和工作负荷调度的片上系统102的实施例的功能性框图。如上文相对于图1和图2的示图所解释的,跨越各处理组件的工作负荷分配可以基于对与单独内核或处理器222、224、226、228唯一相关联的性能曲线和最优频率设置的对比分析。值得注意的是,如本领域普通技术人员将认识到的,将处理组件110描绘为异构处理引擎的群组仅仅是出于说明性的目的,并且可以表示具有多个异构内核222、224、226、228或者多个异构处理器222、224、226、228的单个处理组件,这些异构内核或异构处理器中的每个异构内核或异构处理器可以包括或者可以不包括多个内核和/或子内核。因此,本文将处理引擎222、224、226和228作为“内核”进行的提及本质上将被理解为是示例性的,并且不将对本公开内容的范围进行限制。

[0057] 片上系统可以利用监测器模块114对分别与内核222、224、226、228相关联的温度传感器157进行监测,监测器模块114与频率选择(“FS”)模块101和调度器模块207相通信。FS模块101可以从监测器模块114接收温度测量结果,并且使用该测量结果来查询性能曲线并且确定最优频率设置。由FS模块101规定的动态DCVS调整策略可以将处理器时钟速度设置为在所请求的速度之上的增加的等级、对电源应用PWM方案、选择用于工作负荷分配的处理内核等。值得注意的是,通过应用动态DCVS调整策略,FS模块101可以以牺牲QoS为代价来降低或减轻过量的功耗。

[0058] 如本领域普通技术人员将认识到的,处理内核222、224、226、228中的一个或多个处理内核的操作温度可以随着工作负荷的处理、周围条件的改变、邻近热能生成器释放能量等而波动。因此,随着各个处理内核222、224、226、228的操作温度的波动,与那些引擎222、224、226、228相关联的性能曲线也会发生波动。随着与内核222、224、226、228中的每个

内核相关联的操作温度的改变,监测器模块114识别该改变并且将指示该改变的温度数据发送给FS模块101。测量的操作温度的改变可以触发FS模块101参考内核性能(“CP”)数据存储24,以基于所测量的操作温度来查询内核222、224、226、228中的一个或多个内核的性能曲线。随后,FS模块101可以调整供应给内核222、224、226、228中的一个或多个内核的功率频率,使得其在实现针对每毫瓦的功率消耗最高效地处理工作负荷的频率下操作。FS模块101还可以比较所识别的性能曲线,并且调整F_{opt},以便选择在进行比较的时候最适合高效地处理给定代码块的内核222、224、226、228,类似于上面的附图中描绘和描述的那样。

[0059] 示例性FS模块101被配置为使用对与各个不同的处理组件222、224、226、228相关联的一个或多个性能曲线的对比分析来指示调度器模块207将工作负荷分配给最适合高效地处理该工作负荷的某个处理组件。值得注意的是,本领域普通技术人员将认识到,随着处理组件222、224、226、228的操作温度的改变,FS模块101查询并且比较的性能曲线也将发生改变。因此,在不同的时间,FS模块101可以选择不同的处理引擎222、224、226、228,以用于分配重复的或者类似的代码块。通过这种方式,某些实施例的优势在于,FS模块101确保工作负荷任务被分配给在进行分配时可用的最高效的处理组件。

[0060] 图4是用于实现用于监控热条件、比较性能曲线、设置最优功率频率和将工作负荷调度到最适合高效处理的处理组件的方法和系统的、无线电话形式的PCD 100的示例性、非限制性方面的功能性框图。如图所示,PCD100包括片上系统102,其包括耦合到一起的异构多核中央处理单元(“CPU”)110和模拟信号处理器126。如本领域普通技术人员理解的,CPU110可以包括第零内核222、第一内核224以及第N内核230。此外,如本领域普通技术人员理解的,还可以替代CPU 110而采用数字信号处理器(“DSP”)。此外,如异构多核处理器领域所理解的,内核222、224、230中的每个内核在相似的操作条件下可以以不同的效率来处理工作负荷。

[0061] 通常,频率选择模块101可以从监测器模块114接收温度数据,并且使用温度数据来查询与222、224、230相关联的性能曲线,确定最优操作频率,执行对处理内核性能曲线的对比分析,以及与调度器207一起工作来将代码块调度到将最高效地处理该工作负荷的内核222、224、230。

[0062] 监测器模块114与遍及片上系统102分布的多个可操作的传感器(例如,热传感器157)进行通信,并且与PCD 100的CPU 110进行通信,以及与FS模块101进行通信。FS模块101可以与监测器模块114一起工作,以查询与由监测器模块114监测的温度有关的处理器性能曲线,比较该曲线,将功率频率设置为最高效的等级,以及选择可用的并且能够处理代码块的最高效的处理器。

[0063] 如图4所示,显示器控制器128和触摸屏控制器130耦合到数字信号处理器110。在片上系统102外部的触摸屏显示器132耦合到显示器控制器128和触摸屏控制器130。

[0064] PCD 100还可以包括视频解码器134,例如,逐行倒相制式(“PAL”)解码器、顺序存储彩色制式(“SECAM”)解码器、国家电视系统委员会(“NTSC”)解码器或任何其它类型的视频解码器134。视频解码器134耦合到多核中央处理单元(“CPU”)110。视频放大器136耦合到视频解码器134和触摸屏显示器132。视频端口138耦合到视频放大器136。如在图4中描绘的,通用串行总线(“USB”)控制器140耦合到CPU 110。此外,USB端口142耦合到USB控制器140。存储器112和用户身份模块(SIM)卡146也可以耦合到CPU 110。此外,如图4所示,数字

相机148可以耦合到CPU 110。在示例性方面中,数字相机148是电荷耦合器件(“CCD”)相机或互补金属氧化物半导体(“CMOS”)相机。

[0065] 如图4进一步所示的,立体声音频CODEC 150可以耦合到模拟信号处理器126。此外,音频放大器152可以耦合到立体声音频CODEC 150。在示例性方面中,第一立体声扬声器154和第二立体声扬声器156耦合到音频放大器152。图4示出麦克风放大器158也可以耦合到立体声音频CODEC150。此外,麦克风160可以耦合到麦克风放大器158。在特定方面中,调频(“FM”)无线电调谐器162可以耦合到立体声音频CODEC 150。此外,FM天线164耦合到FM无线电调谐器162。此外,立体声耳机166可以耦合到立体声音频CODEC 150。

[0066] 图4还指示射频(“RF”)收发机168可以耦合到模拟信号处理器126。RF开关170可以耦合到RF收发机168和RF天线172。如图4所示,小键盘174可以耦合到模拟信号处理器126。此外,具有麦克风的单声道耳麦176可以耦合到模拟信号处理器126。此外,振动器设备178可以耦合到模拟信号处理器126。图4还示出电源180(例如电池)耦合到片上系统102。在特定方面中,电源包括可再充电DC电池或者从连接到交流(“AC”)电源的AC到DC变压器得到的DC电源。

[0067] CPU 110还可以耦合到一个或多个内部、片上热传感器157A以及一个或多个外部、片外热传感器157B。片上热传感器157A可以包括一个或多个与绝对温度成比例(“PTAT”)的温度传感器,其基于垂直PNP结构并且通常专用于互补金属氧化物半导体(“CMOS”)超大规模集成(“VLSI”)电路。片外热传感器157B可以包括一个或多个热敏电阻器。热传感器157可以产生压降,利用模数转换器(“ADC”)控制器103将压降转换为数字信号。然而,可以在不脱离本发明的范围的情况下采用其它类型的热传感器157。

[0068] 热传感器157除了由ADC控制器103来控制 and 监测之外,还可以由一个或多个FS模块101来控制 and 监测。FS模块101可以包括由CPU 110执行的软件。然而,在不脱离本发明的范围的情况下,FS模块101还可以由硬件和/或固件构成。FS模块101可以负责查询处理器性能曲线,并且基于对那些曲线的分析,将功率频率设置为最优等级,以及将代码块分配给在进行工作负荷分配时能够最高效地处理代码的处理器。

[0069] 返回图4,触摸屏显示器132、视频端口138、USB端口142、相机148、第一立体声扬声器154、第二立体声扬声器156、麦克风160、FM天线164、立体声耳机166、RF开关170、RF天线172、小键盘174、单声道耳麦176、振动器178、热传感器157B以及电源180在片上系统102外部。然而,应当理解的是,监测器模块114还可以通过模拟信号处理器126和CPU 110从这些外部设备中的一个或多个设备接收一个或多个指示或信号,以辅助对在PCD 100上可操作的资源的实时管理。

[0070] 在特定方面中,本文所描述的方法步骤中的一个或多个方法步骤可以由存储在存储器112中的构成一个或多个FS模块101的可执行指令和参数来实现。除了ADC控制器103之外,构成FS模块101的这些指令还可以由CPU 110、模拟信号处理器126、或另一个处理器来执行,以执行本文所描述的方法。此外,处理器110、126、存储器112、存储在其中的指令、或其组合可以充当用于执行文所描述的方法步骤中的一个或多个方法步骤的单元。

[0071] 图5是示出了用于基于对处理器性能曲线的对比分析来支持动态DCVS调整和工作负荷调度的图4的PCD的示例性软件架构的示意图。任意数量的算法可以形成至少一个动态DCVS调整和调度算法,或者成为至少一个动态DCVS调整和调度算法的一部分,所述至少一

个动态DCVS调整和调度算法可以是当存在某些热条件并且分析了相关联的性能曲线时由FS模块101实施的。

[0072] 如图5所示,CPU或数字信号处理器110经由总线211耦合到存储器112。如上所述,CPU 110可以是具有N个内核处理器的多核异构处理器。即,CPU 110可以包括第一内核222、第二内核224以及第N内核230。如本领域普通技术人员已知的,第一内核222、第二内核224以及第N内核230中的每个内核都可用于支持专门的应用或程序,并且作为异构内核的一部分,可以在相似的热操作条件下提供不同等级的性能。替代地,一个或多个应用或程序可以被分布以用于跨越可用的异构内核中的两个或更多异构内核进行处理。

[0073] CPU 110可以从FS模块101接收命令,FS模块101可以包括软件和/或硬件。如果被体现为软件,则FS模块101包括由CPU 110执行的指令,CPU 110向由CPU 110和其它处理器执行的其它应用程序发出命令。

[0074] 可以将CPU 110的第一内核222、第二内核224至第N内核230集成在单个集成电路管芯上,或者可以将它们集成或耦合在多电路封装中的分开的管芯上。设计者可以经由一个或多个共享高速缓存来耦合第一内核222、第二内核224至第N内核230,并且设计者可以经由网络拓扑(诸如,总线、环、网格以及纵横拓扑)来实现消息或指令的传递。

[0075] 如本领域已知的,总线211可以包括经由一个或多个有线或无线连接的多个通信路径。总线211可以具有用于启用通信的额外的元件(为了简单起见将其省略),诸如,控制器、缓冲器(高速缓存)、驱动器、转发器以及接收器。此外,总线211可以包括地址、控制和/或数据连接以启用上述组件之间的合适的通信。

[0076] 当在软件中实现由PCD 100使用的逻辑单元时,如图5中所示,应当注意的是,可以将启动逻辑单元250、管理逻辑单元260、频率选择和调度接口逻辑单元270、应用存储单元280中的应用以及文件系统290的部分中的一个或多个存储在任何计算机可读介质上,以供或结合任何计算机相关系统或方法使用。

[0077] 在本文档的上下文中,计算机可读介质是电、磁、光或可以包含或存储计算机程序和数据以供或结合计算机相关系统或方法使用的其它物理设备或单元。各个逻辑元素和数据存储单元可以体现在任何计算机可读介质中,以供或结合指令执行系统、装置或设备(诸如基于计算机的系统,包含处理器的系统,或者可以从指令执行系统、装置或设备取得指令并且执行指令的其它系统)使用。在本文档的上下文中,“计算机可读介质”是可以存储、传送、传播或传输程序以供或结合指令执行系统、装置或设备使用的任何单元。

[0078] 计算机可读介质可以是例如,但不限于:电、磁、光、电磁、红外或者半导体系统、装置、设备或传播介质。计算机可读介质的更具体的示例(非穷尽列表)会包括以下各项:具有一条或多条导线的电气连接(电)、便携式计算机磁盘(磁)、随机存取存储器(RAM)(电)、只读存储器(ROM)(电)、可擦除可编程只读存储器(EPROM、EEPROM或闪速存储器)(电)、光纤(光)以及便携式压缩光盘只读存储器(CDROM)(光)。注意,计算机可读介质可以甚至是在其上打印程序的纸或另一种适当的介质,这是因为可以例如经由对纸或其它介质的光扫描来电气地捕获程序,程序随后被编译、解译或者以其它适当的方式被处理(如必要),并且随后被存储在计算机存储器中。

[0079] 在替代的实施例中,其中在硬件中实现启动逻辑单元250、管理逻辑单元260以及或许频率选择和调度接口逻辑单元270中的一个或多个,可以利用下面的技术中的任何技

术或其组合来实现各个逻辑单元,这些技术均为本领域所公知的:具有用于对数据信号执行逻辑功能的逻辑门的分立逻辑电路、具有适当的组合逻辑门的专用集成电路(ASIC)、可编程门阵列(PGA)、现场可编程门阵列(FPGA)等。

[0080] 存储器112是非易失性数据存储设备,诸如闪速存储器或固态存储器设备。尽管存储器112被描述为单个设备,但是其可以是具有耦合到数字信号处理器(或额外的处理器内核)的单独的数据存储单元的分布式存储器设备。

[0081] 启动逻辑单元250包括一个或多个可执行指令,用于选择性地识别、加载以及执行选择程序,来进行对可用的内核(诸如,第一内核222、第二内核224至第N内核230)中的一个或多个内核的频率设置和对比分析以及选择。

[0082] 管理逻辑单元260包括一个或多个可执行指令,用于终止频率设置和性能曲线分析程序,以及选择性地识别、装载以及执行更适当的替代程序,来进行对可用的内核中的一个或多个内核的频率设置、对比分析、选择以及工作负荷分配。管理逻辑单元260被布置为在运行时间或当PCD 100通电并被设备的操作者使用时执行这些功能。可以在嵌入式文件系统290的程序存储单元296中找到替代程序。

[0083] 替代程序当被数字信号处理器中的内核处理器中的一个或多个内核处理器执行时,可以根据由FS模块101提供的一个或多个信号来操作。在这点上,模块114可以响应于源自FS模块101的控制信号来提供对事件、过程、应用、资源状态条件、过去的时间、温度等的一个或多个指示符。

[0084] 接口逻辑单元270包括一个或多个可执行指令,用于呈现、管理外部输入以及与外部输入交互,以观察、配置或者以其它方式更新存储在嵌入式文件系统290中的信息。在一个实施例中,接口逻辑单元270可以结合经由USB端口142接收的制造商输入来操作。这些输入可以包括将从程序存储单元296中删除或添加到程序存储单元296中的一个或多个程序。替代地,输入可以包括对程序存储单元296中的程序中的一个或多个程序的编辑或改变。此外,输入可以识别对启动逻辑单元250和管理逻辑单元260中的一者或两者的一个或多个改变、或者对启动逻辑单元250和管理逻辑单元260中的一者或两者的整个替代。

[0085] 接口逻辑单元270使制造商能够根据PCD 100上定义的操作条件来可控地配置并且调整最终用户的体验。当存储器112是闪速存储器时,可以编辑、替代或者以其它方式修改启动逻辑单元250、管理逻辑单元260、接口逻辑单元270、应用存储单元280中的应用程序或嵌入式文件系统290中的信息中的一个或多个。在某些实施例中,接口逻辑单元270可以允许PCD100的最终用户或操作者来搜索、定位、修改或替代启动逻辑单元250、管理逻辑单元260、应用存储单元280中的应用以及嵌入式文件系统290中的信息。操作者可以使用所得到的接口来作出将在PCD 100的下一次启动时被实现的改变。替代地,操作者可以使用所得到的接口来作出在运行时间期间被实现的改变。

[0086] 嵌入式文件系统290包括分层布置的内核性能数据存储单元24。在这方面,文件系统290可以包括其总文件系统容量的保留部分,用于存储与各个内核222、224、226、228在各个操作温度处的性能曲线相关联的信息

[0087] 图6A-图6B是示出了用于对处理组件进行功率管理的动态DCVS调整和脉宽调制的方法600的实施例的逻辑流程图。在图6的实施例中,可以基于由监测器模块114收集的实际性能数据来经验主义地确定各个处理内核222、224、226、228中的每个处理内核的性能曲

线,或者,在某些实施例中,性能曲线可以由每个内核的性能规格驱动的先验曲线。

[0088] 在某些实施例中,为了经验主义地确定各个处理内核222、224、226、228的性能曲线,监测器模块114可以与温度传感器157以及用于监测内核222、224、226、228的功耗的各个其它电压或电流传感器相通信。在这样的实施例中,本领域普通技术人员将认识到,可以将由监测器模块114收集到的数据与先前从FS模块101接收到的工作负荷分配数据耦合在一起,并且将其编译成经验主义性能曲线。可以将经验主义性能曲线存储在CP数据存储单元24中,并且通过频率选择和工作负荷调度算法进行后续参考。

[0089] 开始于框605,FS模块101和/或监测器模块114可以接收或识别将处理组件的频率设置为要求的等级 F_{req} 的请求,以用于处理给定工作负荷。如上文所解释的, F_{req} 频率设置可以由寻求最小化功耗的功率管理模块或寻求限制功率预算的热缓解模块来驱动。在框610处,FS模块101可以从监测器模块114请求和接收处理组件的操作温度,诸如,例如,与内核222、224、226、228中的一个内核相关联的操作温度。在框615处,FS模块101可以使用给定内核的操作温度来向CP数据存储单元24查询可适用的性能曲线。

[0090] 在框620处,FS模块101可以确定当在所测量的操作温度下操作时,针对给定内核的最优频率设置 F_{opt} 。在决策框625处,如果 F_{req} 大于 F_{opt} ,则FS模块101可以授权将给定内核的功率频率设置为所请求的频率 F_{req} 。然而,如果在决策框625处,FS模块101确定 F_{opt} 大于 F_{req} ,则过程继续进行到决策框635。

[0091] 如果在决策框635处,FS模块101确定所限制的功率预算(诸如,可能已经由热缓解模块实现)没有规定 F_{req} 频率等级,则沿着“否”分支到达框655,并且将频率设置为最优频率 F_{opt} 。此外,在框655处,系统和方法的某些实施例可以使得按照PWM方案来供应以 F_{opt} 等级供应给处理器内核的功率。优势在于,通过将频率等级设置为 F_{opt} ,而不是 F_{req} ,以及通过按照PWM方案来操作处理组件,系统和方法的实施例可以使得以可用的最大功率高效的方式来处理工作负荷。

[0092] 返回决策框635,如果针对给定处理器,所限制的功率预算规定了 F_{req} ,则沿着“是”分支到达框640。在框640处,FS模块101可以根据性能曲线确定处理器可以运行而不会超出功率预算的有效功率频率 F_{effect} 。接下来,在框645处,可以禁用小于 F_{opt} 的功率频率,使得供应给处理器的最低可用功率频率等于 F_{opt} 。在框650处,FS模块101可以按照 F_{opt} 功率频率和功率崩溃状态之间的PWM方案来调制处理器的占空比。通过这种方式,供应给处理器的平均功率频率可以等于 F_{effect} 。随后,过程返回到框605。

[0093] 值得注意的是,可以预见,在框650和框655处,可以静态或动态地优化PWM功率管理方案的占空比周期,以使得涌入电流最小化,该涌入电流与整体功率轨电容和电压步长增量成比例。与以较高的涌入电流等级提供更稳定的性能的较短的周期(见图1D和图2B)相比,较长的占空比周期可以提供不太稳定的性能,但是具有相对较小的涌入电流。

[0094] 图7是示出了用于基于从静态和动态测量结果推导出的性能曲线来对处理组件进行功率管理的动态DCVS调整和脉宽调制的方法700的实施例的逻辑流程图。在图7的实施例中,可以基于由监测器模块114收集到的实际性能数据来经验主义地推导出各个处理内核222、224、226、228中的每个处理内核的性能曲线。在某些实施例中,为了经验主义地确定各个处理内核222、224、226、228的性能曲线,监测器模块114可以与温度传感器157以及用于监测内核222、224、226、228的功耗的各个其它电压或电流传感器相通信。在这样的实施例

中,本领域普通技术人员将认识到,可以将由监测器模块114收集到的数据与先前从FS模块101接收到的工作负荷分配数据耦合在一起,并且将其编译成经验主义性能曲线。可以将经验主义性能曲线存储在CP数据存储单元24中,并且通过频率选择和工作负荷调度算法进行后续参考。

[0095] 开始于框705,FS模块101和/或监测器模块114可以接收或识别与处理组件的静态因素相关联的测量数据。监测器模块114在框705处监测的静态因素可以从PCD 100中的各个硬件组件中读取,并且可以包括,但不限于包括:静态电流泄露(“IDDQ”)、处理变化缩放(“PVS”)设置、速度仓设置等。接下来,在框710处,监测器模块114可以接收或识别与处理组件的动态因素相关联的测量数据。监测器模块114在框710处监测的动态因素可以包括,但不限于包括:处理组件的温度和电源电压余量。

[0096] 接下来,在框715处,可以根据在框705和框710处测量的静态和动态因素来推导实时性能曲线数据。根据所推导的性能曲线,可以确定其中处理组件在消耗每毫瓦功率所处理的MIPS的方面是最高效的最优频率。随后,在框720处,可以计算要求的频率和最大频率。如上文所解释的,要求的频率 F_{req} 可以是处理组件用于处理给定工作负荷并且满足特定QoS等级所必须的最小频率。类似地,最大频率 F_{limit} 可以是在不超出热功率预算的情况下可以供应给处理组件的最大可承受的功率频率。

[0097] 使用 F_{opt} 、 F_{req} 和 F_{limit} ,在框725处,动态DCVS调整算法可以根据以下条件来设置供应给处理组件的功率频率:

[0098]

条件	将所供应的功率频率设置为:
$F_{limit} > F_{req} > F_{opt}$	F_{req}
$F_{limit} > F_{opt} > F_{req}$	F_{opt} (在某些实施例中,可以暂时地禁用 F_{opt} 以下的频率等级)
$F_{req} > F_{limit} > F_{opt}$	F_{limit}
$F_{req} > F_{opt} > F_{limit}$	F_{opt} 并且按照 PWM 模式进行操作,使得平均有效频率等于 F_{limit}
$F_{opt} > F_{limit} > F_{req}$	F_{opt} (在某些实施例中,可以暂时地禁用 F_{opt} 以下的频率等级)
$F_{opt} > F_{req} > F_{limit}$	F_{opt} 并且按照 PWM 模式进行操作,使得平均有效频率等于 F_{limit}

[0099] 图8是示出了用于基于对与动态DCVS调整相关联的处理器性能曲线和最优功率频率的对比分析来进行工作负荷调度的方法800的示例性实施例的逻辑流程图。开始于框805,FS模块101可以从调度器207接收工作负荷调度请求。在框810处,FS模块101可以与监测器模块114一起工作以接收与有资格处理该工作负荷的处理组件相关联的操作温度数据。在某些实施例中,FS模块也可以接收静态和动态测量数据,以推导性能曲线并且确定每

个合格处理组件的 F_{opt} 。

[0100] 在框815处,基于所接收的数据,FS模块101可以查询CP存储单元24以获得与每个合格处理组件相关联的性能曲线,或者可以推导出性能曲线。根据性能曲线,在框820处,可以确定每个合格处理组件的最优功率频率 F_{opt} 。随后,在框825处,可以对与每个 F_{opt} 相关联的功率效率进行比较来确定最适合高效地处理工作负荷的处理器。接下来,在框830处,可以将选择的处理器的功率频率设置为此前在框820处确定的 F_{opt} ,并且指示调度器207为所选择的处理器分配工作负荷。

[0101] 值得注意的是,可以预见,某些实施例可以实现用于方法800中的一个或多个合格处理组件中的每个合格处理组件的图7的方法700,并且随后,基于为每个合格组件确定的功率频率设置,选择最优地能够高效处理给定工作负荷的组件。此外,本领域普通技术人员将认识到,本文所描述的示例性方法可以适用于具有异构处理组件或同构处理组件的SoC。值得注意的是,由于在不同的静态和/或动态因素下操作的同构处理组件可能展示出不同的工作负荷处理效率,因此,一个特定的同构处理组件可能比另一个合格的同构处理组件更能够高效地处理给定工作负荷。

[0102] 在本说明书中描述的过程或过程流中的某些步骤自然地先于其它步骤,以使本发明如所描述的运作。但是,本发明不限于所描述的步骤的次序,如果这样的次序或顺序不改变本发明的功能的话。即,认识到的是,在不脱离本发明的范围和精神的情况下,某些步骤可以在其它步骤之前、之后或与其它步骤并行地(大体同时地)执行。在某些实例中,可以在不脱离本发明的情况下省略或不执行某些步骤。此外,诸如“其后”、“随后”、“接下来”等的词语不旨在限制步骤的次序。这些词语仅用于引导读者完成示例性方法的描述。

[0103] 另外,编程领域的普通技术人员能够基于例如在本说明书中的流程图和相关联的描述,在没有困难的情况下编写计算机代码或识别适当的硬件和/或电路以实现所公开的发明。因此,对程序代码指令的特定集合或详细的硬件设备的公开不被认为是获得对如何实现以及使用本发明的足够的理解所必须的。在上文描述中并且结合附图更加详细地解释了所要求的计算机实现过程的发明性功能,所述附图可以说明各个过程流。

[0104] 在一个或多个示例性的方面中,所描述的功能可以在硬件、软件、固件或其任意组合中实现。如果在软件中实现,则所述功能可以作为一个或多个指令或代码存储在计算机可读介质中或者通过其进行传输。计算机可读介质包括计算机存储介质和通信介质两者,所述通信介质包括促进计算机程序从一个地方传送到另一个地方的任何介质。存储介质可以是可由计算机存取的任何可用的介质。通过举例而非限制性的方式,这样的计算机可读介质可以包括RAM、ROM、EEPROM、CD-ROM或其它光盘存储、磁盘存储介质或其它磁存储设备、或者可以用于以指令或数据结构的形式携带或存储期望的程序代码以及可以由计算机来存取的任何其它介质。

[0105] 此外,任何连接被适当地称为计算机可读介质。例如,如果使用同轴电缆、光纤光缆、双绞线、数字用户线(“DSL”)或无线技术(诸如,红外、无线和微波)从网站、服务器或其它远程源发送软件,则同轴电缆、光纤光缆、双绞线、DSL或无线技术(诸如,红外、无线和微波)包括在介质的定义中。

[0106] 如本文所使用的,磁盘和光盘包括压缩光盘(“CD”)、激光光盘、光盘、数字多功能光盘(“DVD”)、软盘和蓝光光盘,其中磁盘通常磁性地复制数据,而光盘则利用激光来光学

地复制数据。上述的组合也应当包括在计算机可读介质的范围内。

[0107] 因此, 尽管已经详细地说明和描述了选择的方面, 但是将理解的是, 如下面的权利要求书所限定的, 可以在不脱离本发明的精神和范围的情况下在其中作出各种替代和改变。

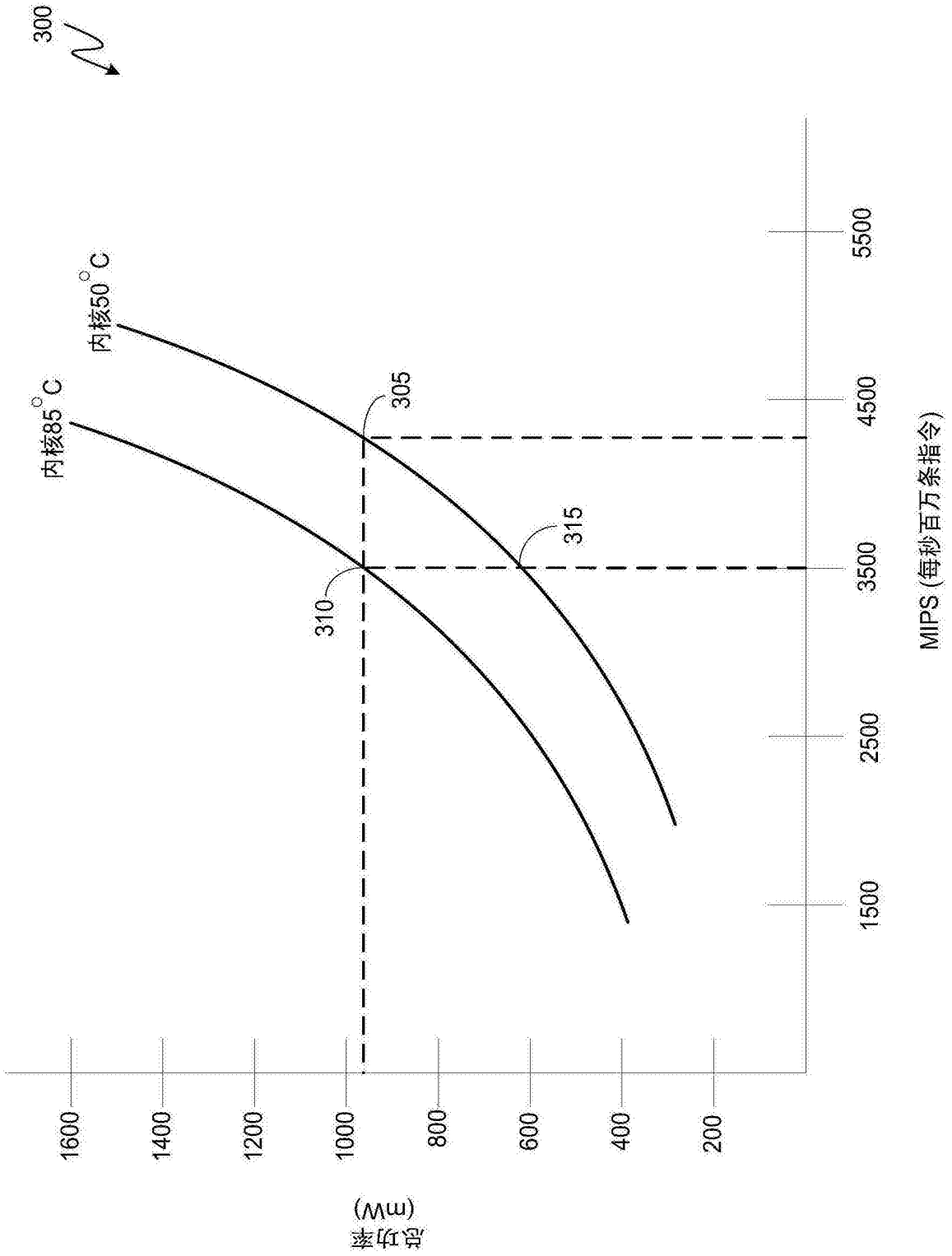


图1A

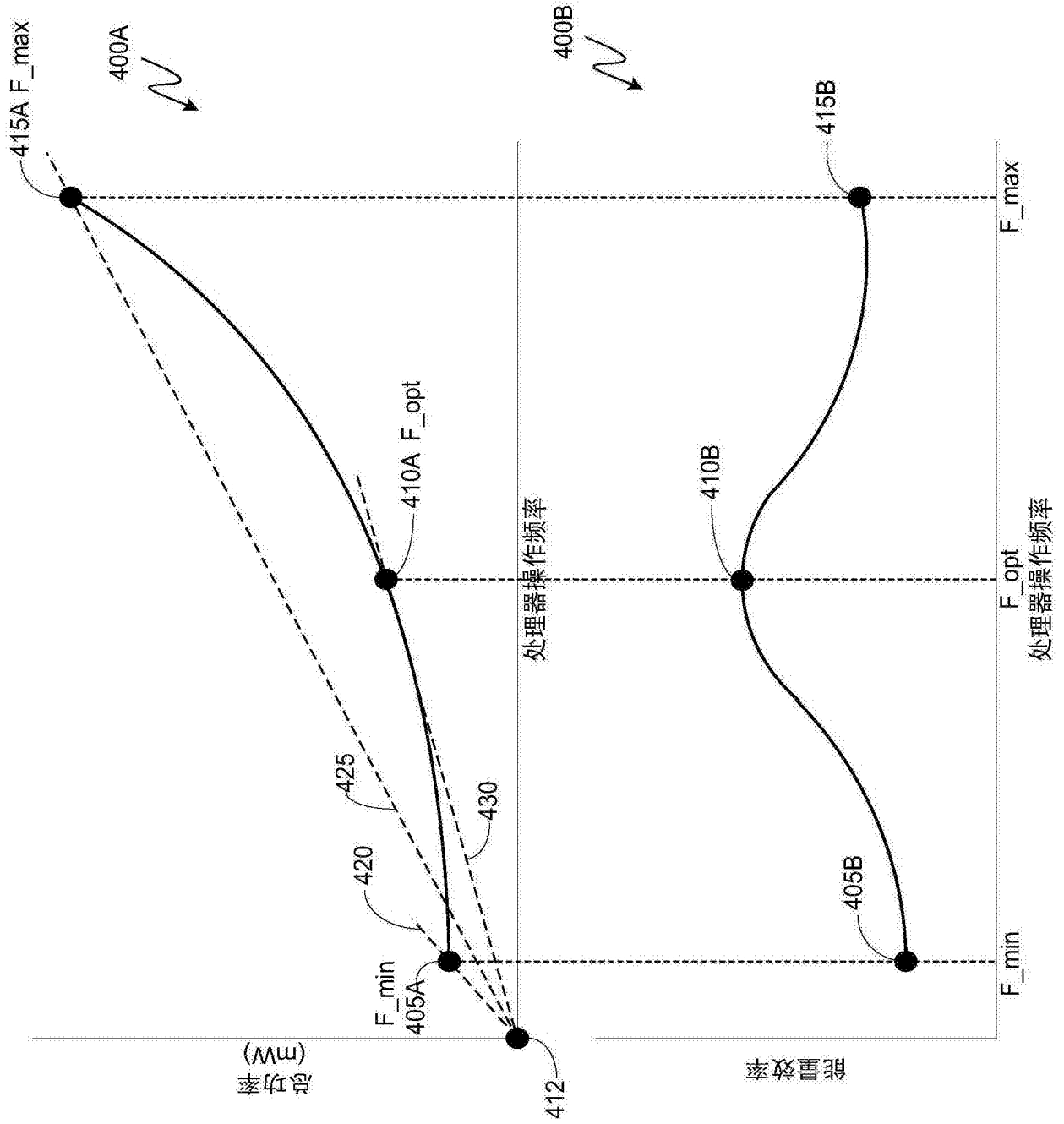


图1B

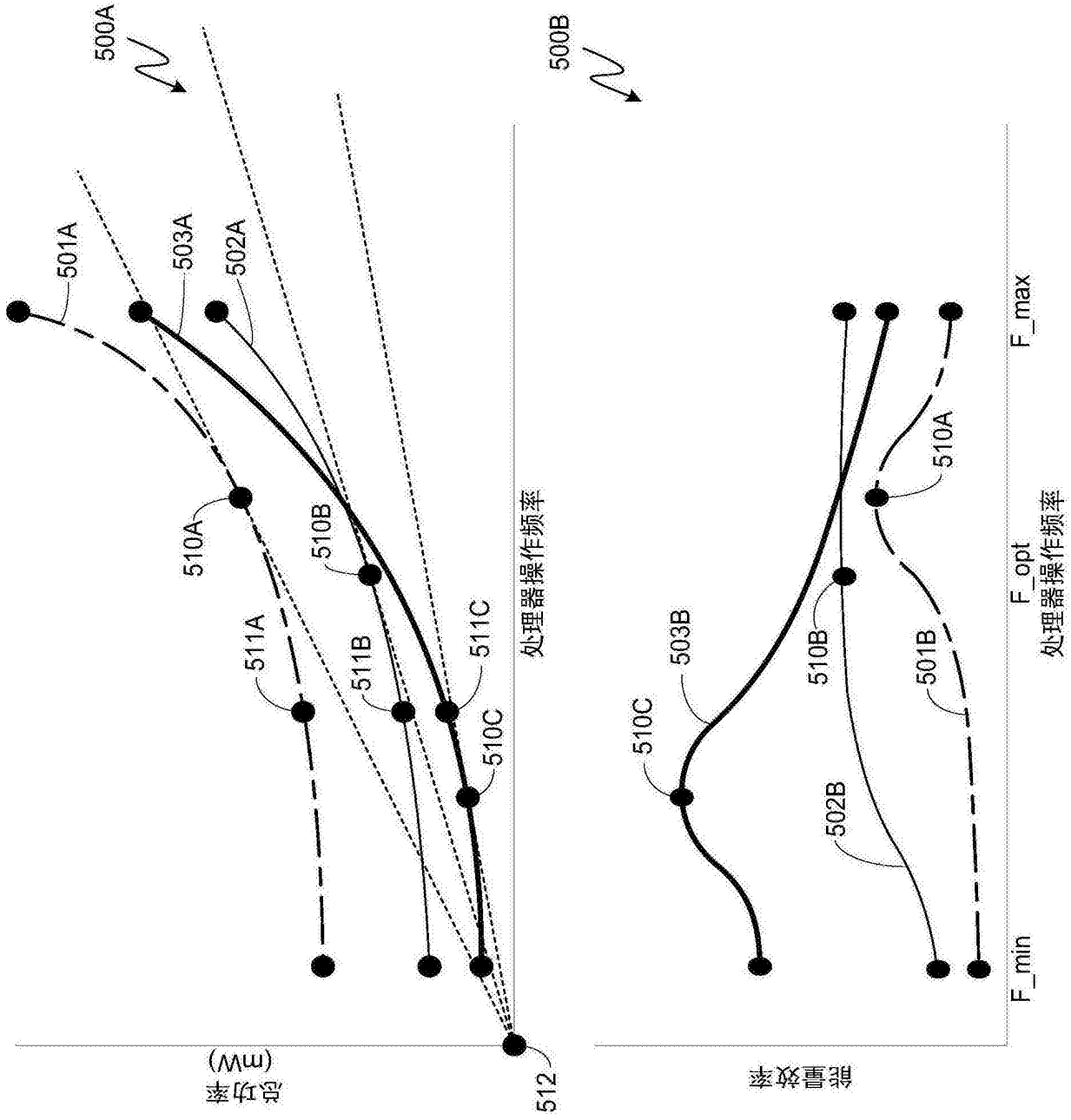


图1C

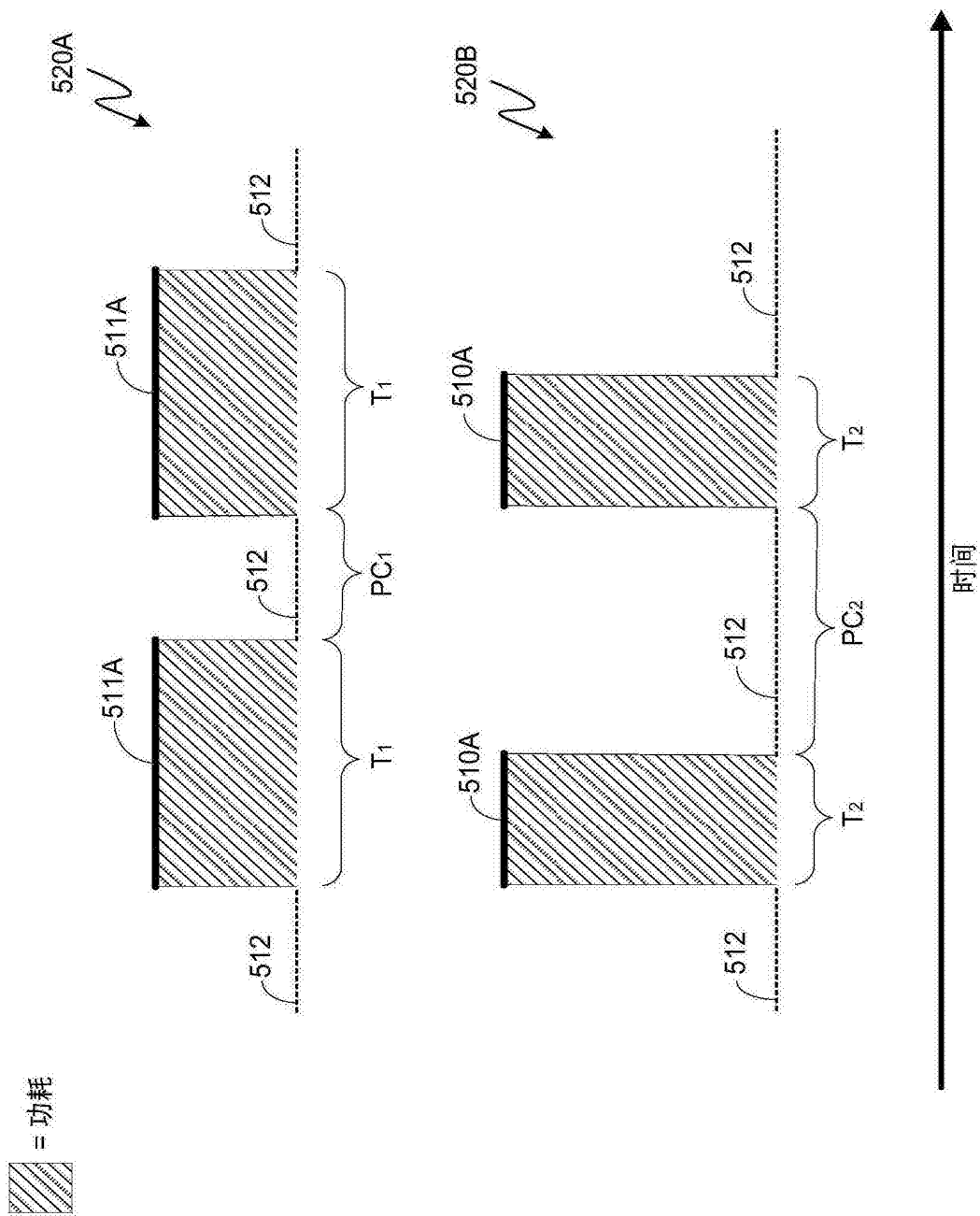


图1D

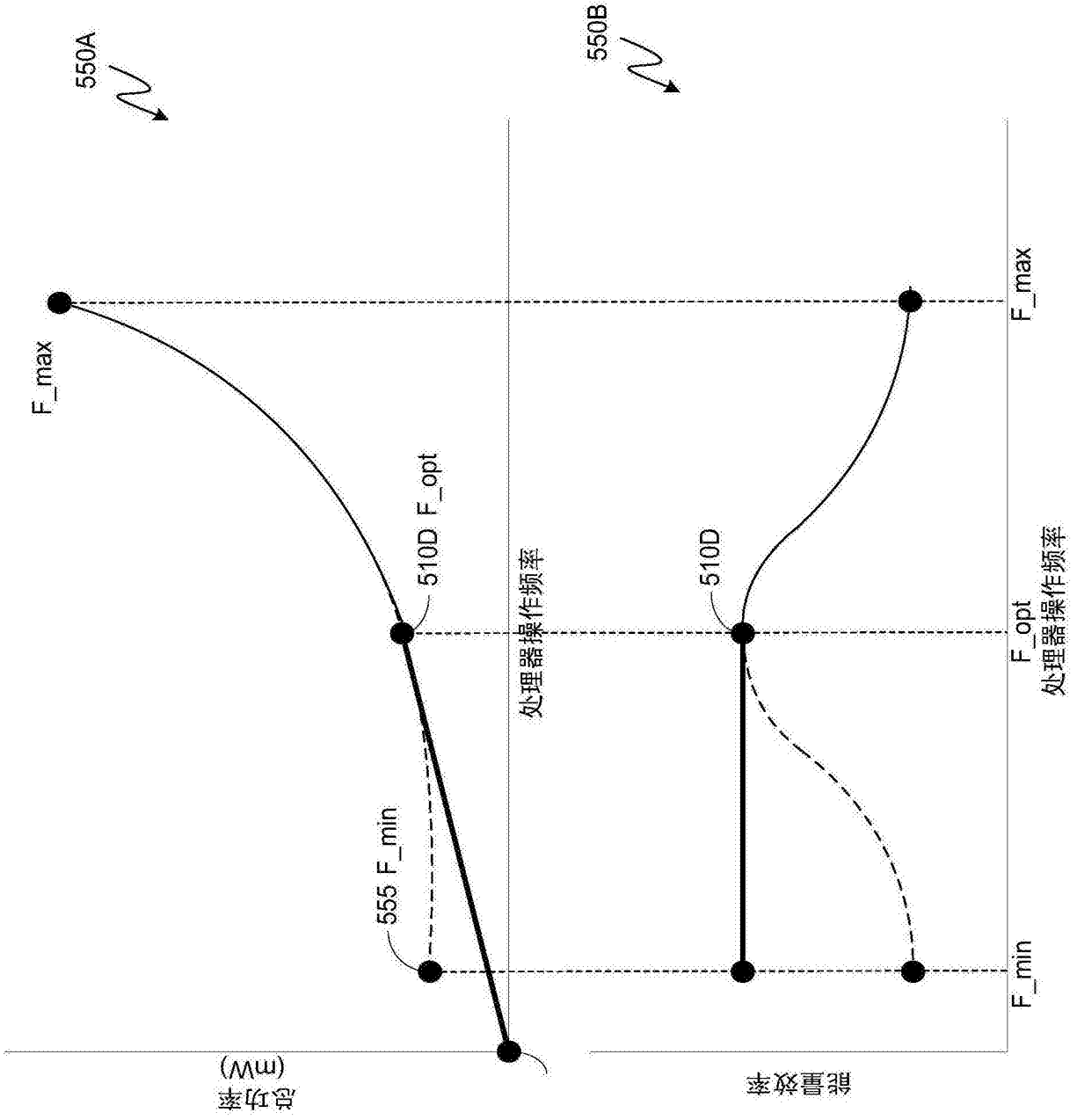


图2A

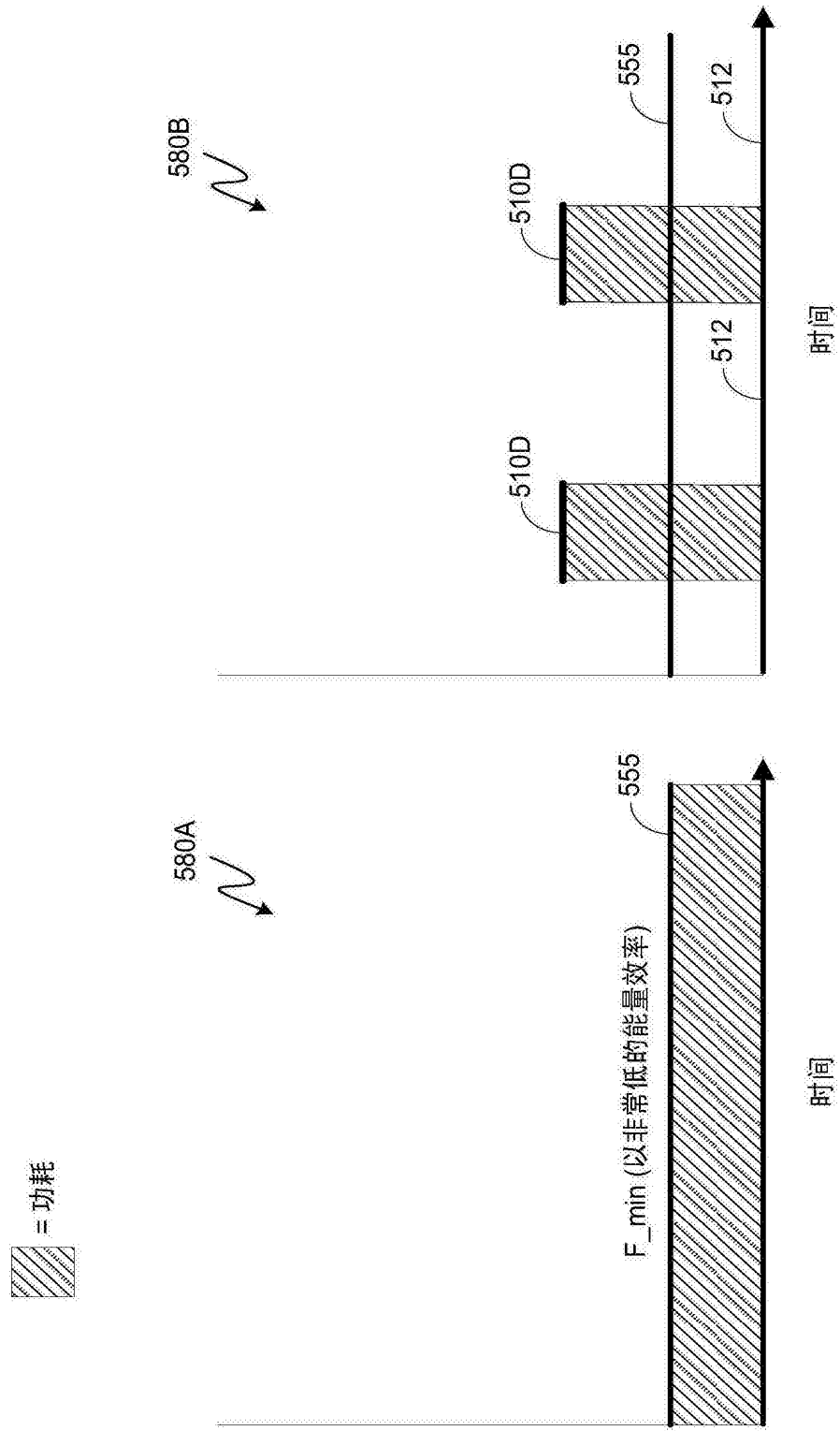


图2B

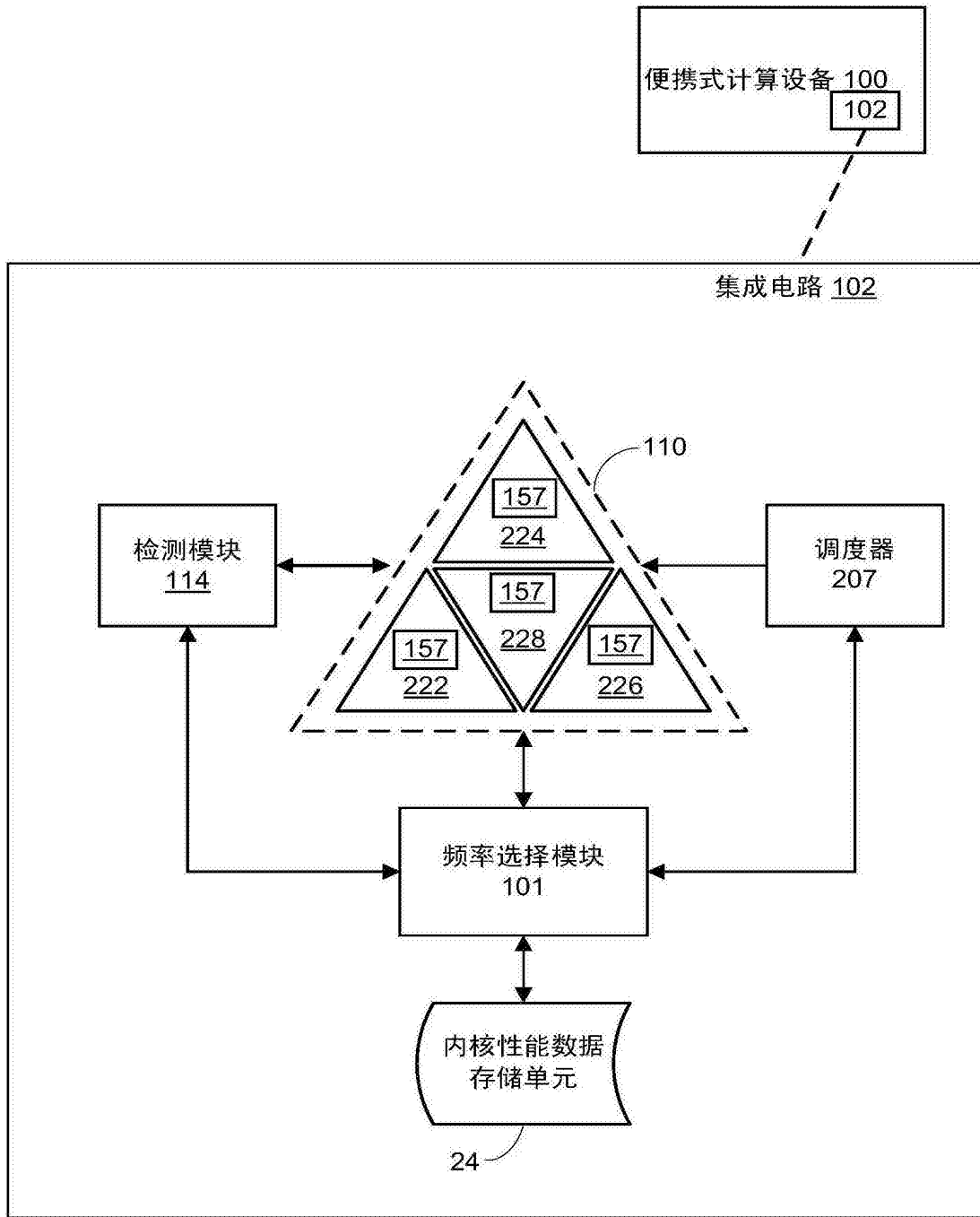


图3

100

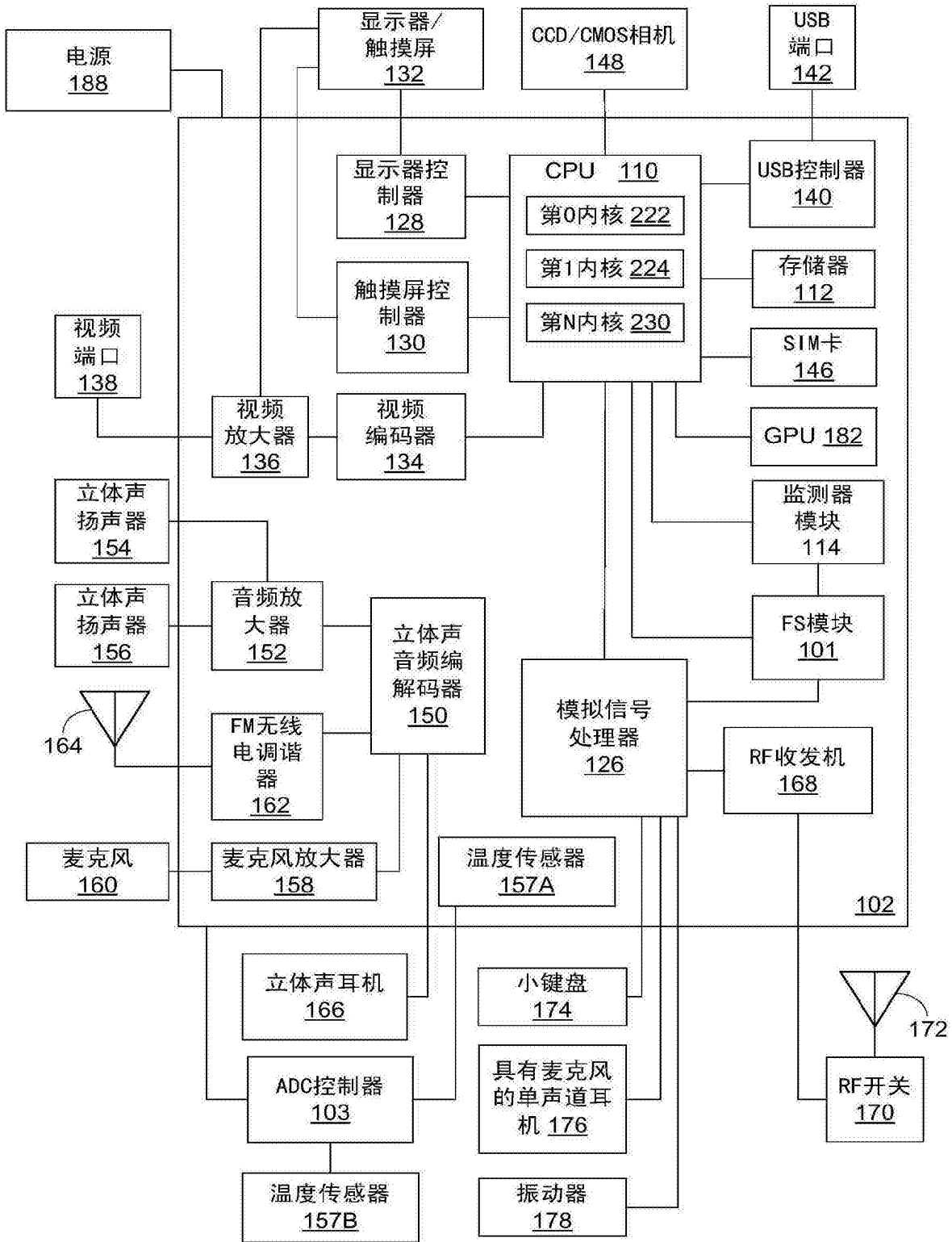


图4

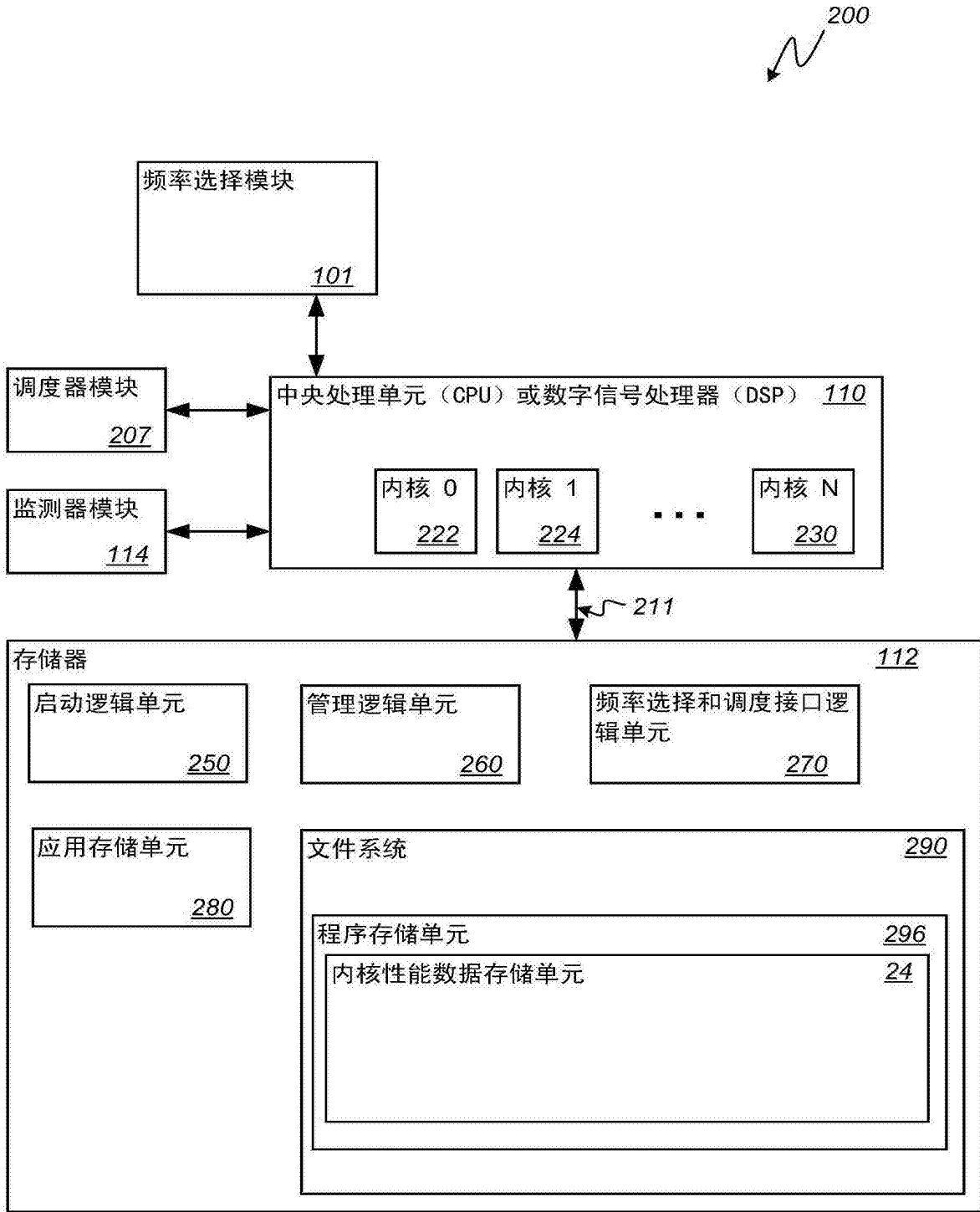


图5

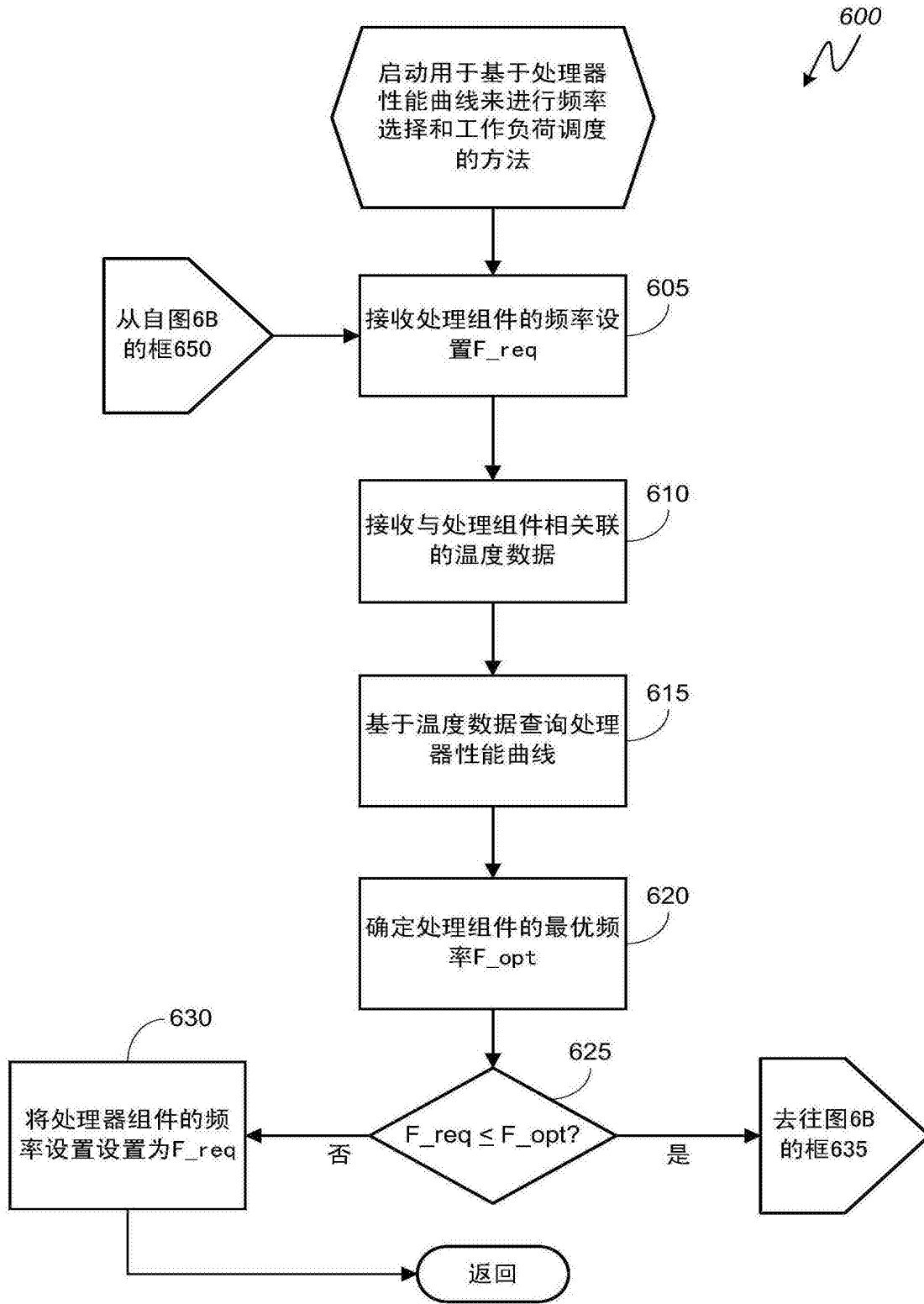


图6A

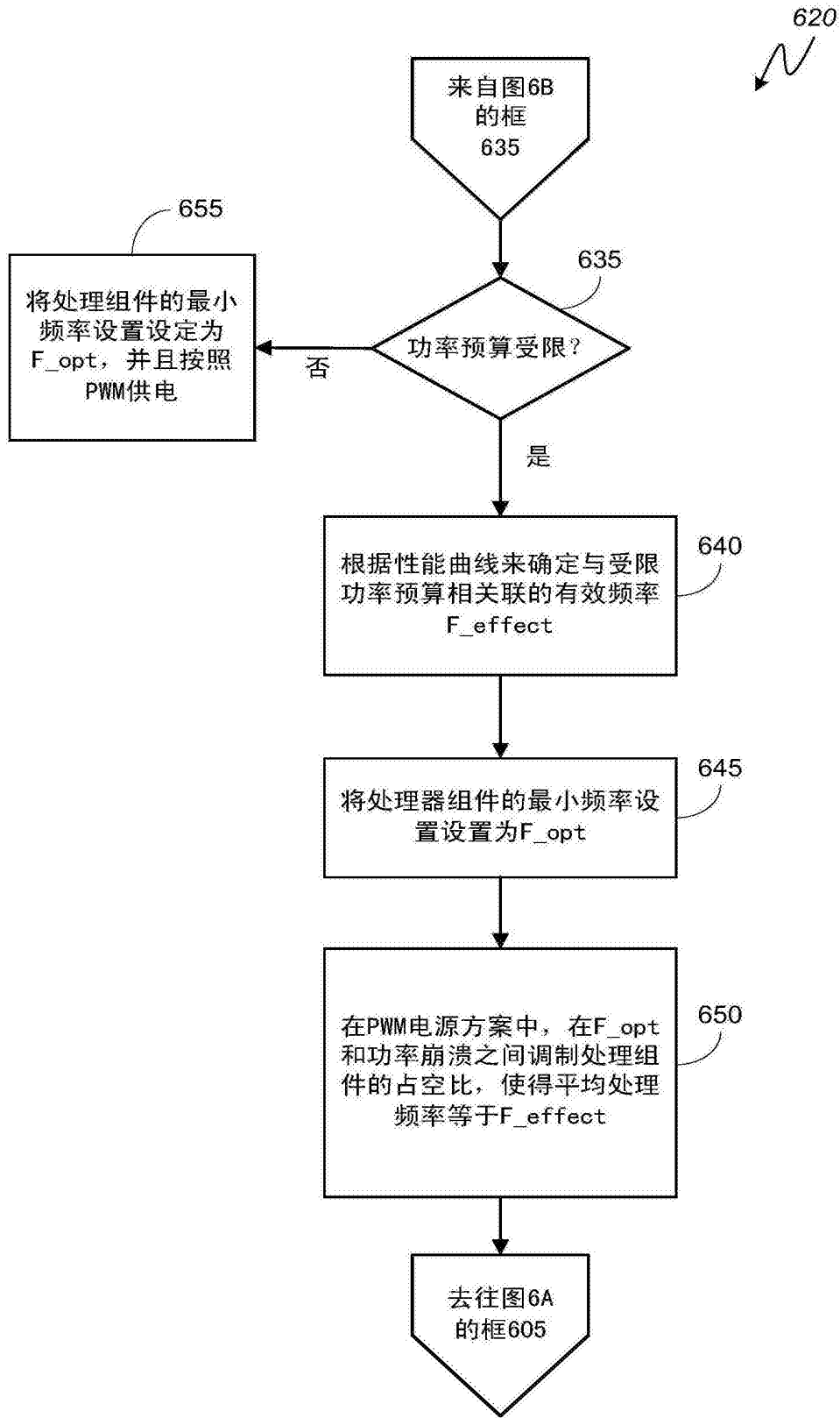


图6B

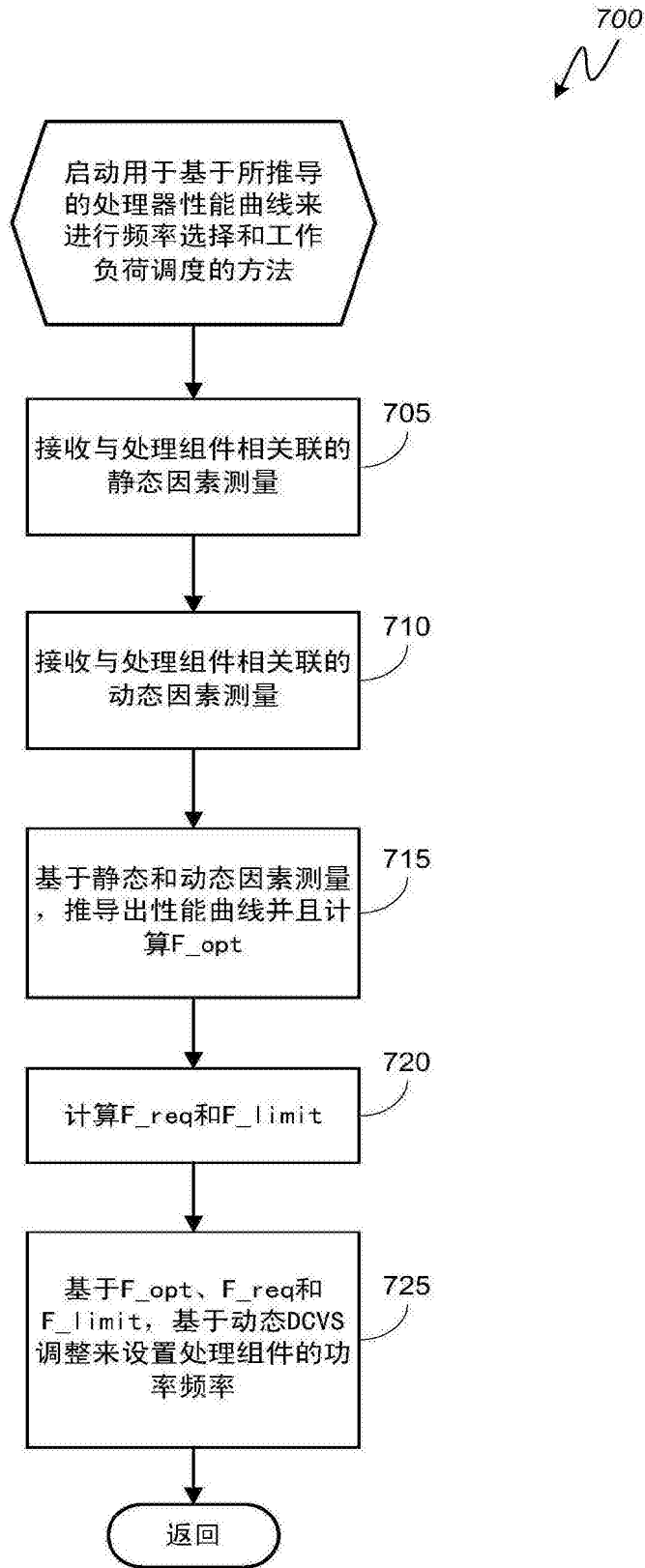


图7

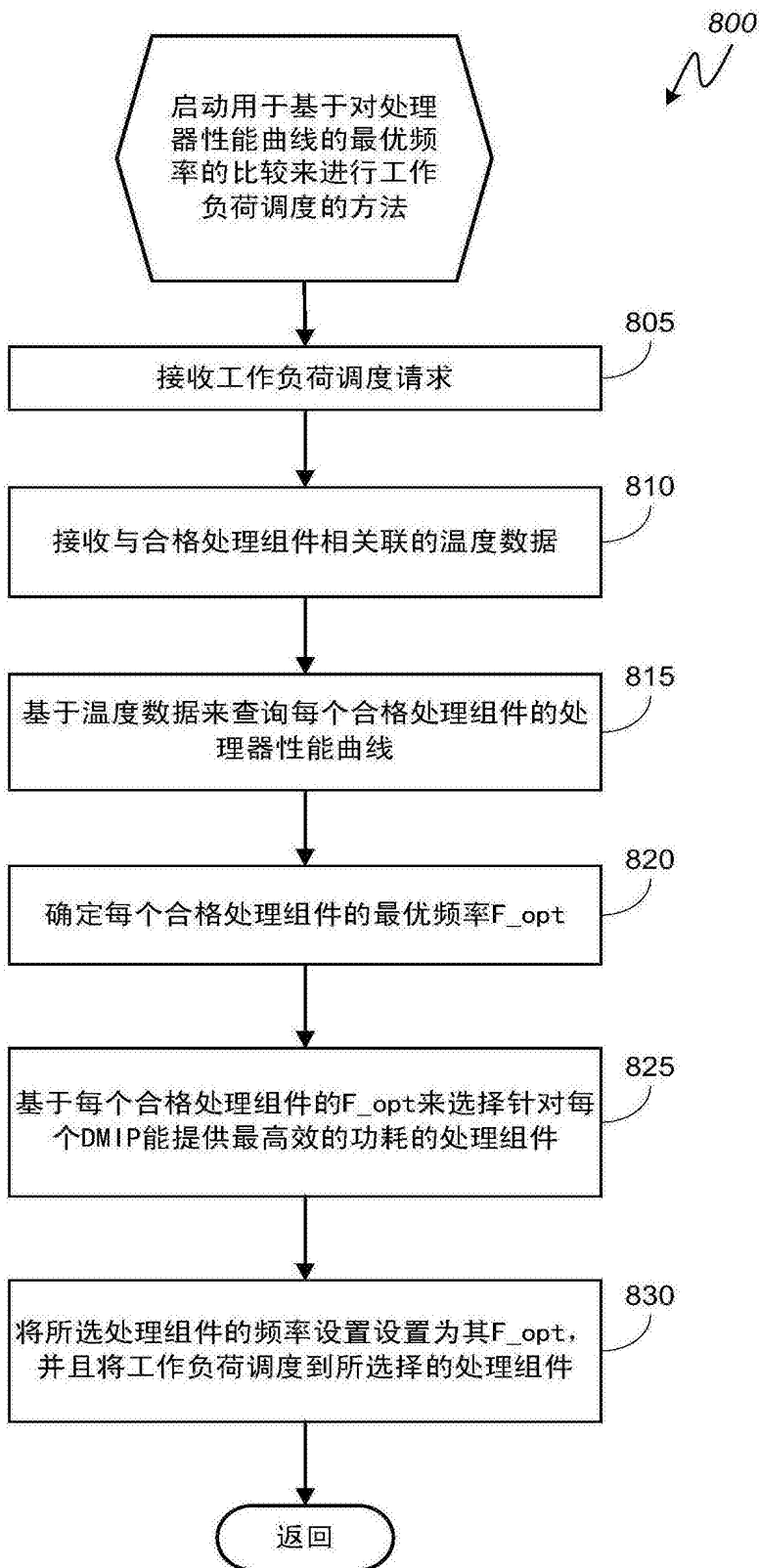


图8