



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101790709 A

(43) 申请公布日 2010. 07. 28

(21) 申请号 200880104884. 8

(22) 申请日 2008. 08. 27

(30) 优先权数据

- 60/968, 143 2007. 08. 27 US
- 60/978, 936 2007. 10. 10 US
- 60/981, 606 2007. 10. 22 US
- 61/022, 431 2008. 01. 21 US
- 61/029, 476 2008. 02. 18 US
- 61/049, 641 2008. 05. 01 US
- 61/058, 050 2008. 06. 02 US
- 12/145, 660 2008. 06. 25 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2010. 02. 26

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2008/074416 2008. 08. 27

(87) PCT申请的公布数据

W02009/029643 EN 2009. 03. 05

(71) 申请人 马维尔国际贸易有限公司

地址 巴巴多斯圣迈克尔

(72) 发明人 塞哈特·苏塔迪嘉 陈弘毅

普瑞玛南德·萨卡达

马克·N·福勒尔顿 杰伊·海博

(74) 专利代理机构 北京东方亿思知识产权代理  
有限责任公司 11258

代理人 宋鹤 南霆

(51) Int. Cl.

G06F 1/32(2006. 01)

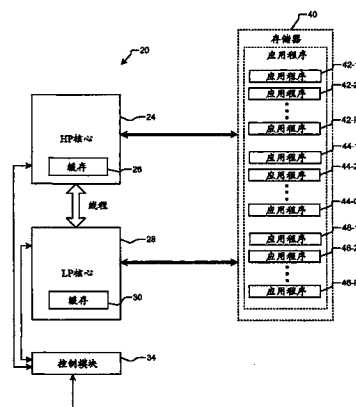
权利要求书 5 页 说明书 32 页 附图 17 页

(54) 发明名称

动态核心切换

(57) 摘要

一种系统包括第一不对称核心、第二不对称核心和核心切换模块。当系统在第一模式中操作时第一不对称核心执行应用程序，而当系统在第二模式中操作时第一不对称核心不活动。当系统在第二模式中操作时，第二不对称核心执行应用程序。核心切换模块在第一模式和第二模式之间切换系统的操作。核心切换模块在接收到第一控制信号之后选择性地停止第一不对称核心对应用程序的处理。核心切换模块将第一不对称核心的第一状态转移到第二不对称核心。第二不对称核心在第二模式中继续执行应用程序。



1. 一种系统,包括:

第一不对称核心,该第一不对称核心在所述系统在第一模式中操作时执行应用程序,而当所述系统在第二模式中操作时是不活动的;

第二不对称核心,该第二不对称核心在所述系统在所述第二模式中操作时执行所述应用程序;以及

核心切换模块,该核心切换模块在所述第一模式和所述第二模式之间切换所述系统的操作,在接收到第一控制信号之后选择性地停止所述第一不对称核心对所述应用程序的处理,并将所述第一不对称核心的第一状态转移到所述第二不对称核心,其中所述第二不对称核心在所述第二模式中继续执行所述应用程序。

2. 如权利要求 1 所述的系统,其中,所述第一控制信号指示出中断被禁止。

3. 如权利要求 1 所述的系统,其中,当所述第二不对称核心在所述第二模式期间继续所述执行应用程序时,指令在没有指令翻译的情况下被执行。

4. 如权利要求 1 所述的系统,还包括向所述应用程序提供服务的操作系统 (OS),其中所述核心切换模块对所述 OS 透明地在所述第一不对称核心和所述第二不对称核心之间切换所述应用程序的执行。

5. 如权利要求 1 所述的系统,其中,所述第一不对称核心的第一最大速度大于所述第二不对称核心的第二最大速度。

6. 如权利要求 1 所述的系统,其中,所述第一不对称核心以大于预定频率的频率操作,并且所述第二不对称核心以小于所述预定频率的频率操作。

7. 如权利要求 1 所述的系统,其中,所述第一不对称核心的第一最大操作功率级别大于所述第二不对称核心的第二最大操作功率级别。

8. 如权利要求 1 所述的系统,其中,所述第一不对称核心使用第一指令集架构 (ISA),所述第二不对称核心使用第二 ISA,并且所述第一 ISA 与所述第二 ISA 兼容。

9. 如权利要求 8 所述的系统,其中,所述第一 ISA 的第一指令集合是所述第二 ISA 的第二指令集合的超集,并且所述第一集合比所述第二集合包括更多的指令。

10. 如权利要求 4 所述的系统,其中,所述 OS 包括内核,并且所述核心切换模块在所述内核的级别之上执行。

11. 如权利要求 1 所述的系统,还包括监管器模块,其中所述核心切换模块与所述监管器模块集成。

12. 如权利要求 1 所述的系统,其中,当所述核心切换模块选择性地停止所述第一不对称核心对所述应用程序的处理时,所述核心切换模块保存所述第一状态。

13. 如权利要求 12 所述的系统,其中,所述核心切换模块使所述第二不对称核心上电,并使用所述第一状态来初始化所述第二不对称核心。

14. 如权利要求 2 所述的系统,其中,在所述第二不对称核心继续执行所述应用程序之后,所述中断被激活。

15. 如权利要求 13 所述的系统,其中,当所述第二不对称核心上电时,所述核心切换模块关闭所述第一不对称核心,并且在所述第一不对称核心被关闭之后,不向所述第一不对称核心提供功率,或者向所述第一不对称核心提供待机功率。

16. 如权利要求 15 所述的系统,还包括与所述第一不对称核心通信的第二级 (L2) 缓

存,其中在所述第一不对称核心被关闭之后,不向所述 L2 缓存提供功率或者向所述 L2 缓存提供待机功率。

17. 如权利要求 13 所述的系统,其中,当所述第二不对称核心未能上电时,所述核心切换模块使用所述第一状态来初始化所述第一不对称核心,所述第一不对称核心在所述第一模式中继续执行所述应用程序,并且中断被激活。

18. 如权利要求 1 所述的系统,其中,所述核心切换模块在所述第二模式和所述第一模式之间切换所述系统的操作,在接收到所述第一控制信号之后选择性地停止所述第二不对称核心对所述应用程序的处理,并且将所述第二不对称核心的第二状态转移到所述第一不对称核心,其中所述第一不对称核心在所述第一模式中继续执行所述应用程序,并且所述第一控制信号指示出中断被禁止。

19. 如权利要求 18 所述的系统,其中,当所述第一不对称核心在所述第一模式期间继续执行所述应用程序时,指令在没有指令翻译的情况下被执行。

20. 如权利要求 18 所述的系统,还包括向所述应用程序提供服务的操作系统 (OS),其中所述核心切换模块对所述 OS 透明地在所述第二不对称核心和所述第一不对称核心之间切换所述应用程序的执行。

21. 如权利要求 18 所述的系统,其中,当所述核心切换模块选择性地停止所述第二不对称核心对所述应用程序的处理时,所述核心切换模块保存所述第二状态。

22. 如权利要求 21 所述的系统,其中,所述核心切换模块使所述第一不对称核心上电,并使用所述第二状态来初始化所述第一不对称核心。

23. 如权利要求 18 所述的系统,其中,在所述第一不对称核心继续执行所述应用程序之后,所述中断被激活。

24. 如权利要求 22 所述的系统,还包括与所述第一不对称核心通信的第二级 (L2) 缓存,其中在所述第一不对称核心上电之后,功率被提供到所述 L2 缓存。

25. 如权利要求 22 所述的系统,其中,当所述第一不对称核心上电时,所述核心切换模块关闭所述第二不对称核心,并且在所述第二不对称核心被关闭之后,不向所述第二不对称核心提供功率或者向所述第二不对称核心提供待机功率。

26. 如权利要求 22 所述的系统,其中,当所述第一不对称核心未能上电时,所述核心切换模块使用所述第二状态来初始化所述第二不对称核心,所述第二不对称核心在所述第二模式中继续执行所述应用程序,并且所述中断被激活。

27. 如权利要求 1 所述的系统,还包括核心简档模块,所述核心简档模块根据所述应用程序的性能、资源利用率和核心利用率中的至少一个产生第二控制信号。

28. 如权利要求 27 所述的系统,还包括核心改变序列 (CCS) 模块,该 CCS 模块根据所述第二控制信号发起 CCS,其中所述核心切换模块根据所述 CCS 在所述第一不对称核心和所述第二不对称核心中的一个与所述第一不对称核心和第二不对称核心中的另一个之间切换所述应用程序的执行。

29. 如权利要求 28 所述的系统,其中,当以下各项的至少一项发生时所述 CCS 模块发起所述 CCS:

所述应用程序对所述第二不对称核心的所述核心利用率大于或等于第一预定阈值;

所述应用程序对所述第二不对称核心的所述核心利用率在第一预定时间段内大于或

等于第二预定阈值；

所述第二不对称核心的预期核心利用率大于或等于第三预定阈值，其中所述预期核心利用率是根据所述应用程序的类型和所述应用程序的执行历史记录中的至少一个来确定的；

所述应用程序对所述第一不对称核心的所述核心利用率小于或等于第四预定阈值；以及

所述应用程序对所述第一不对称核心的所述核心利用率在第二预定时间段内小于或等于第五预定阈值。

30. 如权利要求 28 所述的系统，其中，所述 CCS 模块根据所述应用程序的类型、所述应用程序的数量以及指令的类型中的至少一个来发起所述 CCS。

31. 如权利要求 27 所述的系统，其中，所述核心简档模块根据在所述第一不对称核心和所述第二不对称核心中的一个与所述第一不对称核心和所述第二不对称核心中的另一个之间切换应用程序的执行的次数来产生所述第二控制信号。

32. 如权利要求 27 所述的系统，还包括功率控制模块，该功率控制模块控制所述系统的功率消耗并根据所述第二控制信号和所述功率消耗产生第三控制信号。

33. 如权利要求 32 所述的系统，还包括根据所述第三控制信号发起 CCS 的核心变化序列 (CCS) 模块，其中，所述核心切换模块根据所述 CCS 在所述第一不对称核心和所述第二不对称核心中的一个与所述第一不对称核心和所述第二不对称核心中的另一个之间切换所述应用程序的执行。

34. 如权利要求 28 所述的系统，还包括频率改变序列 (FCS) 模块，所述频率改变序列模块根据所述第二控制信号发起 FCS，并根据所述 FCS 选择所述第一不对称核心和所述第二不对称核心中的至少一个的操作频率。

35. 如权利要求 28 所述的系统，还包括电压改变序列 (VCS) 模块，所述电压改变序列模块根据所述第二控制信号发起 VCS，并根据所述 VCS 选择所述第一不对称核心和所述第二不对称核心中的至少一个的电源电压。

36. 如权利要求 18 所述的系统，还包括功率管理模块，所述功率管理模块当所述系统在所述第一模式和所述第二模式之间切换所述操作时禁止所述中断，并当所述系统在所述第二模式和所述第一模式之间切换所述操作时禁止所述中断。

37. 如权利要求 28 所述的系统，还包括多个所述第一不对称核心，其中，当所述系统在所述第一模式中操作时，所述核心切换模块根据所述 CCS 而选择性地启动和停用所述多个所述第一不对称核心中的多于一个第一不对称核心。

38. 如权利要求 1 所述的系统，还包括胶合逻辑模块，所述胶合逻辑模块选择性地与所述核心切换模块通信并且：

接收中断；

从所述应用程序接收第一信号；以及

将所述中断和所述第一信号路由到所述第一不对称核心和所述第二不对称核心中被所述核心切换模块所启动的那个。

39. 一种片上系统 (SOC)，其包括如权利要求 1 所述的系统。

40. 一种系统级封装 (SIP)，其包括如权利要求 1 所述的系统。

41. 一种核心切换系统,包括:

模式切换模块,该模式切换模块接收切换信号以在第一模式和第二模式之间切换操作,

其中在所述第一模式期间,与应用程序相关的指令由第一不对称核心执行,第二不对称核心不活动,

其中在所述第二模式期间,所述指令由所述第二不对称核心执行,所述第一不对称核心不活动;

核心启动模块,该核心启动模块在中断被禁止之后停止所述第一不对称核心对所述应用程序的处理;以及

状态转移模块,该状态转移模块将所述第一不对称核心的状态转移到所述第二不对称核心,

其中,所述核心启动模块允许所述第二不对称核心继续所述指令的执行,并且所述中断被激活。

42. 如权利要求 41 所述的核心切换系统,其中,当所述第二不对称核心在所述第二模式期间继续执行所述指令时,所述指令在没有指令翻译的情况下被执行。

43. 如权利要求 41 所述的核心切换系统,其中,所述第一不对称核心的第一最大速度和第一最大操作功率级别分别大于所述第二不对称核心的第二最大速度和第二最大操作功率级别。

44. 如权利要求 41 所述的核心切换系统,其中,当所述第二不对称核心继续执行所述指令时,所述核心启动模块不向所述第一不对称核心提供功率或者向所述第一不对称核心提供待机功率。

45. 如权利要求 41 所述的核心切换系统,还包括核心简档模块,所述核心简档模块根据数据缓存缺失率、指令缓存缺失率和所述第一不对称核心每周期执行的指令中的至少一个产生预期指令执行率以用于执行所述应用程序,并根据所述预期指令执行率产生所述切换信号。

46. 如权利要求 41 所述的核心切换系统,还包括核心改变序列 (CCS) 模块,所述核心改变序列模块根据所述切换信号产生 CCS,其中所述核心启动模块根据所述 CCS 使所述第一不对称核心和所述第二不对称核心中的一个上电,并关闭所述第一不对称核心和所述第二不对称核心中的另一个。

47. 一种设备,包括:

存储器,该存储器存储包括内核的向应用程序提供服务的操作系统 (OS);以及

核心切换模块,该核心切换模块在第一模式和第二模式之间切换操作,其中,在所述第一模式期间,与所述应用程序相关的指令由第一不对称核心执行,第二不对称核心不活动,并且在所述第二模式期间,所述指令由所述第二不对称核心执行,所述第一不对称核心不活动,并且

其中,所述核心切换模块在所述内核之上的级别上操作。

48. 如权利要求 47 所述的设备,其中,所述核心切换模块对所述 OS 透明地在所述第一模式和所述第二模式之间切换操作。

49. 如权利要求 47 所述的设备,其中,所述核心切换模块包括:

模式切换模块,该模式切换模块接收切换信号以在所述第一模式和所述第二模式之间切换操作;

核心启动模块,该核心启动模块在中断被禁止之后停止所述第一不对称核心对所述应用程序的处理;以及

状态转移模块,该状态转移模块将所述第一不对称核心的状态转移到所述第二不对称核心,

其中,所述核心启动模块允许所述第二不对称核心继续所述指令的执行并激活所述中断。

50. 如权利要求 47 所述的设备,其中,当所述第二不对称核心在所述第二模式期间继续执行所述指令时,所述第二不对称核心在没有指令翻译的情况下执行所述指令。

51. 如权利要求 47 所述的设备,其中,所述第一不对称核心的第一最大速度和第一最大操作功率级别分别大于所述第二不对称核心的第二最大速度和第二最大操作功率级别。

52. 如权利要求 47 所述的设备,其中,当所述第二不对称核心继续执行所述指令时,所述核心切换模块不向所述第一不对称核心提供功率或者向所述第一不对称核心提供待机功率。

53. 如权利要求 47 所述的核心切换系统,还包括核心简档模块,所述核心简档模块根据数据缓存缺失率、指令缓存缺失率和所述第一不对称核心每周期执行的指令中的至少一个产生预期指令执行率以用于执行所述应用程序,其中所述核心切换模块根据所述预期指令执行率在所述第一模式和所述第二模式中的一个与所述第一模式和所述第二模式中的另一个之间切换操作。

54. 如权利要求 47 所述的核心切换系统,还包括核心改变序列 (CCS) 模块,所述核心改变序列模块根据数据缓存缺失率、指令缓存缺失率以及所述第一不对称核心和第二不对称核心中的一个每周期执行的指令中的至少一个产生 CCS,其中所述核心切换模块根据所述 CCS 使所述第一不对称核心和所述第二不对称核心中的一个上电,并关闭所述第一不对称核心和所述第二不对称核心中的另一个。

## 动态核心切换

### [0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求下列申请的优先权：2008年6月25日提交的第12/145,660号美国实用专利申请、2007年8月27日提交的第60/968,143号美国临时申请、2007年10月10日提交的第60/978,936号美国临时申请、2007年10月22日提交的第60/981,606号美国临时申请、2008年1月21日提交的第61/022,431号美国临时申请、2008年2月18日提交的第61/029,476号美国临时申请、2008年5月1日提交的第61/049,641号美国临时申请以及2008年6月2日提交的第61/058,050号美国临时申请。本申请是2006年9月20日提交的第11/523,996号美国申请的部分继续,其要求2006年9月12日提交的第60/825,368号美国临时申请、2006年8月24日提交的第60/823,453号美国临时申请以及2006年8月10日提交的第60/822,015号美国临时申请的利益。以上申请的公开内容在这里通过引用被全部并入。

### 技术领域

[0003] 本公开涉及移动计算设备,尤其是涉及对移动计算设备的多核心处理系统的核心(core)的动态切换。

### 背景技术

[0004] 这里提供的背景描述是为了一般呈现本公开的背景的目的。目前指出的发明人的工作(在其在此背景技术部分中所描述的程度)以及在提交时不能以其它方式看作现有技术的该描述的方面,既不明示也不隐含地承认为本公开的现有技术。

[0005] 诸如蜂窝电话、MP3播放器、全球定位系统(GPS)设备等的移动计算设备一般使用线路电源和电池电源二者供电。移动计算设备一般包括在操作期间消耗功率的处理器、存储器和显示器。处理器通常执行处理较不密集的简单应用程序和处理较密集的复杂应用程序二者。因此,处理器的诸如处理器速度之类的能力一般被选择成匹配将被执行的处理最密集的应用程序的性能要求。

[0006] 移动计算设备的一个明显的限制涉及在不进行再充电的情况下可使用电池来操作设备的时间量。使用满足处理密集的应用程序的性能要求的高速处理器通常增加功耗,这对应于相对短的电池寿命。

[0007] 现在参考图1A和1B,一些桌上型和膝上型计算机使用多个处理器集成电路(IC)或具有多个核心的单个处理器IC。这些系统可以具有不同的类型。如这里使用的,术语“处理器”用于指具有一个或多个处理核心的IC。多核心处理器指具有两个或更多个处理核心的IC、片上系统(system-on-chip, SOC)或系统级封装(system-in-package, SIP)。

[0008] 在图1A中,示出了包括主处理器2和一个或多个次级处理器3的不对称多处理器(MP)系统1。不对称MP系统1也可被实现为具有主核心和次级核心的单个IC或SOC。主处理器2具有与次级处理器3不同的指令集架构(ISA)。操作系统(OS)可在主处理器2上运行。应用程序可在次级处理器3上运行。次级处理器3不运行OS的线程,并且对OS调

度器可以是不可见的。实时 OS (RTOS) 的 OS 驱动器接口可在次级处理器 3 上运行。关键功能可被下载到次级处理器 3, 以用于处理器 2 的功率节约和占空比的减小。仅仅作为例子, 不对称 MP 系统 1 可用于专用处理 (例如, 视频、3D 图形等)。因为当应用程序被执行时, 除了主处理器 2 以外, 次级处理器 3 也可运行, 所以不对称 MP 系统 1 可能消耗大量的功率。

[0009] 在图 1B 中, 对称 MP 系统 5 可包括 N 个相同的处理器, 其中 N 是大于 1 的整数。对称 MP 系统 5 也可被实现为具有 N 个相同的核心的单个 IC 或 SOC。N 可与对称 MP 系统 5 的处理负荷成比例。N 个处理器使用相同的 ISA。N 个处理器对 OS 调度器可以是可见的。N 个处理器可透明地访问包括存储器和输入 / 输出 (I/O) 在内的系统资源。根据处理负荷, N 个处理器中的一个或多个可用于执行应用程序。对称 MP 系统 5 的高成本和高功耗往往使该架构不适合于较低成本的移动设备。

## 发明内容

[0010] 一种系统包括第一不对称核心、第二不对称核心和核心切换模块。当系统在第一模式中操作时第一不对称核心执行应用程序, 而当系统在第二模式中操作时第一不对称核心不活动 (inactive)。当系统在第二模式中操作时第二不对称核心执行应用程序。核心切换模块在第一模式和第二模式之间切换系统的操作。核心切换模块在接收到第一控制信号之后选择性地停止第一不对称核心对应用程序的处理。核心切换模块将第一不对称核心的第一状态转移到第二不对称核心。第二不对称核心在第二模式中继续执行应用程序。

[0011] 在另一特征中, 第一控制信号指示出中断被禁止。

[0012] 在另一特征中, 当第二不对称核心在第二模式期间继续执行应用程序时, 第二不对称核心在没有指令翻译 (translation) 的情况下执行指令。

[0013] 在其它特征中, 系统还包括向应用程序提供服务的操作系统 (OS)。核心切换模块对 OS 透明地在第一不对称核心和第二不对称核心之间切换应用程序的执行。

[0014] 在其它特征中, 第一不对称核心的第一最大速度大于第二不对称核心的第二最大速度。第一不对称核心以大于预定频率的频率操作。第二不对称核心以小于预定频率的频率操作。第一不对称核心的第一最大操作功率级别大于第二不对称核心的第二最大操作功率级别。

[0015] 在其它特征中, 第一不对称核心使用第一指令集架构 (ISA)。第二不对称核心使用第二 ISA。第一 ISA 与第二 ISA 兼容。第一 ISA 的第一指令集合是第二 ISA 的第二指令集合的超集 (superset)。第一集合比第二集合包括更多的指令。

[0016] 在其它特征中, OS 包括内核 (kernel)。核心切换模块在内核的级别之上执行。

[0017] 在其它特征中, 系统还包括监管器 (hypervisor) 模块。核心切换模块与监管器模块集成。

[0018] 在其它特征中, 当核心切换模块选择性地停止第一不对称核心对应用程序的处理时, 核心切换模块保存第一状态。核心切换模块使第二不对称核心上电 (power up), 并使用第一状态来初始化第二不对称核心。在第二不对称核心继续执行应用程序之后, 中断被激活 (enable)。当第二不对称核心上电时, 核心切换模块关闭第一不对称核心。在第一不对称核心被关闭之后, 不向第一不对称核心提供功率, 或者向第一不对称核心提供待机功率。

[0019] 在其它特征中, 系统还包括与第一不对称核心进行通信的第二级 (L2) 缓存



(cache)。在第一不对称核心被关闭之后,不向 L2 缓存提供功率,或者向 L2 缓存提供待机功率。

[0020] 在其它特征中,当第二不对称核心未能上电时,核心切换模块使用第一状态来初始化第一不对称核心。第一不对称核心在第一模式中继续执行应用程序,且中断被激活。

[0021] 在其它特征中,核心切换模块在第二模式和第一模式之间切换系统的操作。核心切换模块在接收到第一控制信号之后选择性地停止第二不对称核心对应用程序的处理。核心切换模块将第二不对称核心的第二状态转移到第一不对称核心。第一不对称核心在第一模式中继续执行应用程序。第一控制信号指示出中断被禁止 (disable)。

[0022] 在另一特征中,当第一不对称核心在第一模式期间继续执行应用程序时,指令在没有指令翻译的情况下被执行。

[0023] 在其它特征中,系统还包括向应用程序提供服务的操作系统 (OS)。核心切换模块对 OS 透明地在第二不对称核心和第一不对称核心之间切换应用程序的执行。

[0024] 在其它特征中,当核心切换模块选择性地停止第二不对称核心对应用程序的处理时,核心切换模块保存第二状态。核心切换模块使第一不对称核心上电,并使用第二状态来初始化第一不对称核心。在第一不对称核心继续执行应用程序之后,中断被激活。

[0025] 在其它特征中,系统还包括与第一不对称核心进行通信的第二级 (L2) 缓存。在第一不对称核心上电之后,功率被提供到 L2 缓存。

[0026] 在其它特征中,当第一不对称核心上电时,核心切换模块关闭第二不对称核心。在第二不对称核心被关闭之后,不向第二不对称核心提供功率,或者向第二不对称核心提供待机功率。

[0027] 在其它特征中,当第一不对称核心未能上电时,核心切换模块使用第二状态来初始化第二不对称核心。第二不对称核心在第二模式中继续执行应用程序,且中断被激活。

[0028] 在另一特征中,系统还包括根据应用程序的性能、资源利用率和核心利用率中的至少一个产生第二控制信号的核心简档 (core profile) 模块。

[0029] 在其它特征中,系统还包括核心改变序列 (CCS) 模块,该模块根据第二控制信号发起 CCS。核心切换模块根据 CCS 在第一和第二不对称核心中的一个与第一和第二不对称核心中的另一个之间切换应用程序的执行。

[0030] 在其它特征中,当应用程序对第二不对称核心的核心利用率大于或等于第一预定阈值时,CCS 模块发起 CCS。当应用程序对第二不对称核心的核心利用率在第一预定时间段内大于或等于第二预定阈值时,CCS 模块发起 CCS。当第二不对称核心的预期核心利用率大于或等于第三预定阈值时,CCS 模块发起 CCS。预期核心利用率是根据应用程序的类型和应用程序的执行历史记录中的至少一个来确定的。当应用程序对第一不对称核心的核心利用率小于或等于第四预定阈值时,CCS 模块发起 CCS。当应用程序对第一不对称核心的核心利用率在第二预定时间段内小于或等于第五预定阈值时,CCS 模块发起 CCS。

[0031] 在另一特征中,CCS 模块根据应用程序的类型、应用程序的数量以及第一和第二不对称核心之一所执行的指令的类型中的至少一个来发起 CCS。

[0032] 在另一特征中,核心简档模块根据在第一和第二不对称核心中的一个与第一和第二不对称核心中的另一个之间切换应用程序的执行的次数来产生第二控制信号。

[0033] 在其它特征中,系统还包括功率控制模块,该模块控制系统的功率消耗并根据第

二控制信号和功率消耗产生第三控制信号。系统还包括根据第三控制信号发起 CCS 的核心改变序列 (CCS) 模块。核心切换模块根据 CCS 在第一和第二不对称核心中的一个与第一和第二不对称核心中的另一个之间切换应用程序的执行。

[0034] 在另一特征中,系统还包括频率改变序列 (FCS) 模块,该模块根据第二控制信号发起 FCS,并根据 FCS 选择第一和第二不对称核心中的至少一个的操作频率。

[0035] 在另一特征中,系统还包括电压改变序列 (VCS) 模块,该模块根据第二控制信号发起 VCS,并根据 VCS 选择第一和第二不对称核心中的至少一个的电源电压。

[0036] 在另一特征中,系统还包括功率管理模块,该模块当系统在第一模式和第二模式之间切换操作时禁止中断,并当系统在第二模式和第一模式之间切换操作时禁止中断。

[0037] 在其它特征中,系统还包括多个第一不对称核心。当系统在第一模式中操作时,核心切换模块根据 CCS 选择性地启动 (activate) 和停用 (deactivate) 这多个第一不对称核心中的多于一个的第一不对称核心。

[0038] 在另一特征中,系统还包括胶合 (glue) 逻辑模块,该模块选择性地与核心切换模块进行通信,接收中断,从应用程序接收第一信号,并将中断和第一信号路由到核心切换模块所启动的第一和第二不对称核心中的一个。

[0039] 在另一特征中,一种片上系统 (SOC) 包括所述系统。

[0040] 在另一特征中,一种系统级封装 (SIP) 包括所述系统。

[0041] 在又一些其它特征中,一种方法包括当在第一模式中操作时使用第一不对称核心执行应用程序。当在第二模式中操作时第一不对称核心不活动。该方法还包括使用核心切换模块在第一模式和第二模式之间切换操作。该方法还包括在接收到第一控制信号之后使用核心切换模块选择性地停止第一不对称核心对应用程序的处理。该方法还包括使用核心切换模块将第一不对称核心的第一状态转移到第二不对称核心,以及使用第二不对称核心在第二模式中继续执行应用程序。

[0042] 在另一特征中,该方法还包括禁止中断以及通过第一控制信号指示出中断被禁止。

[0043] 在另一特征中,该方法还包括当第二不对称核心在第二模式期间继续执行应用程序时,在没有指令翻译的情况下执行指令。

[0044] 在另一特征中,该方法还包括通过操作系统 (OS) 向应用程序提供服务,以及使用核心切换模块对 OS 透明地在第一不对称核心和第二不对称核心之间切换应用程序的执行。

[0045] 在其它特征中,该方法还包括选择性地以第一最大速度操作第一不对称核心以及选择性地以第二最大速度操作第二不对称核心。第一最大速度大于第二最大速度。该方法还包括选择性地以第一最大操作功率级别操作第一不对称核心,以及选择性地以第二最大操作功率级别操作第二不对称核心。第一最大操作功率级别大于第二最大操作功率级别。该方法还包括选择性地以大于预定频率的频率操作第一不对称核心,以及选择性地以小于预定频率的频率操作第二不对称核心。

[0046] 在其它特征中,该方法还包括使用第一指令集架构 (ISA) 来操作第一不对称核心,以及使用第二 ISA 来操作第二不对称核心。第一 ISA 与第二 ISA 兼容。该方法还包括使用第一 ISA 的第一指令集合操作第一不对称核心,以及使用第二 ISA 的第二指令集合操

- 作第二不对称核心。第一集合是第二集合的超集。第一集合比第二集合包括更多的指令。
- [0047] 在另一特征中,该方法还包括提供 OS 的内核以及在内核的级别之上执行核心切换模块。
- [0048] 在另一特征中,该方法还包括提供监管器模块,以及使核心切换模块与监管器模块集成。
- [0049] 在其它特征中,该方法还包括当核心切换模块选择性地停止第一不对称核心对应用程序的处理时保存第一状态。该方法还包括使第二不对称核心上电,并使用第一状态来初始化第二不对称核心。该方法还包括在第二不对称核心继续执行应用程序之后激活中断。该方法还包括当第二不对称核心上电时关闭第一不对称核心,以及在第一不对称核心被关闭之后不向第一不对称核心提供功率或者向第一不对称核心提供待机功率。
- [0050] 在其它特征中,该方法还包括提供第二级 (L2) 缓存。当第一不对称核心活动 (active) 时,第一不对称核心与 L2 缓存进行通信。该方法还包括在第一不对称核心被关闭之后不向 L2 缓存提供功率或者向 L2 缓存提供待机功率。
- [0051] 在另一特征中,该方法还包括当第二不对称核心未能上电时使用第一状态来初始化第一不对称核心,使用第一不对称核心在第一模式中继续执行应用程序,以及激活中断。
- [0052] 在另一特征中,该方法还包括使用核心切换模块在第二模式和第一模式之间切换操作,在接收到指示出中断被禁止的第一控制信号之后使用核心切换模块选择性地停止第二不对称核心对应用程序的处理,使用核心切换模块将第二不对称核心的第二状态转移到第一不对称核心,以及使用第一不对称核心在第一模式中继续执行应用程序。
- [0053] 在另一特征中,该方法还包括当第一不对称核心在第一模式期间继续执行应用程序时,在没有指令翻译的情况下执行指令。
- [0054] 在另一特征中,该方法还包括通过操作系统 (OS) 向应用程序提供服务,以及使用核心切换模块对 OS 透明地在第二不对称核心和第一不对称核心之间切换应用程序的执行。
- [0055] 在其它特征中,该方法还包括当核心切换模块选择性地停止第二不对称核心对应用程序的处理时保存第二状态。该方法还包括使第一不对称核心上电,并使用第二状态来初始化第一不对称核心。该方法还包括在第一不对称核心继续执行应用程序之后激活中断。
- [0056] 在其它特征中,该方法还包括提供第二级 (L2) 缓存。当第一不对称核心活动时,第一不对称核心与 L2 缓存进行通信。该方法还包括在第一不对称核心上电之后将功率提供到 L2 缓存。
- [0057] 在其它特征中,该方法还包括当第一不对称核心上电时关闭第二不对称核心,以及在第二不对称核心关闭之后不向第二不对称核心提供功率或者向第二不对称核心提供待机功率。
- [0058] 在另一特征中,该方法还包括当第一不对称核心未能上电时使用第二状态来初始化第二不对称核心,使用第二不对称核心在第二模式中继续执行应用程序,以及激活中断。
- [0059] 在另一特征中,该方法还包括根据应用程序的性能、资源利用率和核心利用率中的至少一个而产生第二控制信号。
- [0060] 在另一特征中,该方法还包括根据第二控制信号发起核心改变序列 (CCS),以及使

用核心切换模块、根据 CCS、在第一和第二不对称核心中的一个与第一和第二不对称核心中的另一个之间切换应用程序的执行。

[0061] 在其它特征中,该方法还包括当应用程序对第二不对称核心的核心利用率大于或等于第一预定阈值时发起 CCS。该方法还包括当应用程序对第二不对称核心的核心利用率在第一预定时间段内大于或等于第二预定阈值时发起 CCS。该方法还包括当应用程序对第一不对称核心的核心利用率小于或等于第三预定阈值时发起 CCS。该方法还包括当应用程序对第一不对称核心的核心利用率在第一预定时间段内小于或等于第四预定阈值时发起 CCS。

[0062] 在另一特征中,该方法还包括根据应用程序的类型和应用程序的执行历史记录中的至少一个来确定预期核心利用率,并且当第二不对称核心的预期核心利用率大于或等于预定阈值时发起 CCS。

[0063] 在另一特征中,该方法还包括根据第一和第二不对称核心之一所执行的应用程序的数量、第一和第二不对称核心之一所执行的应用程序的类型以及第一和第二不对称核心之一所执行的指令的类型中的至少一个来发起 CCS。

[0064] 在另一特征中,该方法还包括根据在第一和第二不对称核心中的一个与第一和第二不对称核心中的另一个之间切换应用程序的执行的次数来产生第二控制信号。

[0065] 在另一特征中,该方法还包括控制功率消耗,根据第二控制信号和功率消耗产生第三控制信号,根据第三控制信号发起核心改变序列 (CCS),使用核心切换模块在第一和第二不对称核心中的一个与第一和第二不对称核心中的另一个之间切换应用程序的执行。

[0066] 在另一特征中,该方法还包括根据第二控制信号发起频率改变序列 (FCS),以及根据 FCS 选择第一和第二不对称核心中的至少一个的操作频率。

[0067] 在另一特征中,该方法还包括根据第二控制信号发起电压改变序列 (VCS),以及根据 VCS 选择第一和第二不对称核心中的至少一个的电源电压。

[0068] 在另一特征中,该方法还包括提供多个第一不对称核心,以及当在第一模式中操作时,使用核心切换模块根据 CCS 选择性地启动和停用多个第一不对称核心中的多于一个第一不对称核心。

[0069] 在另一特征中,该方法还包括提供胶合逻辑模块,使用胶合逻辑模块选择性地与核心切换模块进行通信,通过胶合逻辑模块接收中断,通过胶合逻辑模块从应用程序接收第一信号,以及使用胶合逻辑模块将中断和第一信号路由到核心切换模块所启动的第一和第二不对称核心中的一个。

[0070] 在另一特征中,该方法还包括在片上系统 (SOC) 和系统级封装 (SIP) 之一中提供第一和第二不对称核心以及核心交换模块。

[0071] 在又一些其他特征中,一种系统包括当系统在第一模式中操作时执行应用程序的第一核心装置。当系统在第二模式中操作时第一不对称核心装置不活动。系统还包括当系统在第二模式中操作时执行应用程序的第二不对称核心装置。系统还包括用于在第一模式和第二模式之间切换操作的核心切换装置。核心切换装置在接收到第一控制信号之后选择性地停止第一不对称核心装置对应用程序的处理。核心切换装置将第一不对称核心装置的第一状态转移到第二不对称核心装置。第二不对称核心装置在第二模式中继续执行应用程序。

[0072] 在另一特征中,第一控制信号指示出中断被禁止。

[0073] 在另一特征中,当第二不对称核心装置在第二模式期间继续执行应用程序时,第二不对称核心装置在没有指令翻译的情况下执行指令。

[0074] 在其它特征中,系统还包括向应用程序提供服务的操作系统(OS)。核心切换模块对 OS 透明地在第一不对称核心装置和第二不对称核心装置之间切换应用程序的执行。

[0075] 在其它特征中,第一不对称核心装置的第一最大速度大于第二不对称核心装置的第二最大速度。第一不对称核心装置以大于预定频率的频率操作。第二不对称核心装置以小于预定频率的频率操作。第一不对称核心装置的第一最大操作功率级别大于第二不对称核心装置的第二最大操作功率级别。

[0076] 在其它特征中,第一不对称核心装置使用第一指令集架构(ISA)。第二不对称核心装置使用第二 ISA。第一 ISA 与第二 ISA 兼容。第一 ISA 的第一指令集合是第二 ISA 的第二指令集合的超集。第一集合比第二集合包括更多的指令。

[0077] 在其它特征中,OS 包括内核。核心切换装置在内核的级别之上执行。

[0078] 在其它特征中,系统还包括用于切换核心的监管器装置。核心切换装置与监管器装置集成。

[0079] 在其它特征中,当核心切换装置选择性地停止应用第一不对称核心装置对应用程序的处理时,核心切换装置保存第一状态。核心切换装置使第二不对称核心装置上电并使用第一状态来初始化第二不对称核心装置。在第二不对称核心装置继续执行应用程序之后,中断被激活。当第二不对称核心装置上电时,核心切换装置关闭第一不对称核心装置。在第一不对称核心装置被关闭之后,不向第一不对称核心装置提供功率,或者向第一不对称核心装置提供待机功率。

[0080] 在其它特征中,系统还包括用于缓存第一不对称核心装置的指令和数据的第二级(L2)缓存装置。在第一不对称核心装置被关闭之后,不向 L2 缓存装置提供功率,或者向 L2 缓存装置提供待机功率。

[0081] 在其它特征中,当第二不对称核心装置未能上电时,核心切换装置使用第一状态来初始化第一不对称核心装置。第一不对称核心装置在第一模式中继续执行应用程序,且中断被激活。

[0082] 在其它特征中,核心切换装置在第二模式和第一模式之间切换系统的操作。核心切换装置在接收到指示出中断被禁止的第一控制信号之后,选择性地停止第二不对称核心装置对应用程序的处理。核心切换装置将第二不对称核心装置的第二状态转移到第一不对称核心装置。第一不对称核心装置在第一模式中继续执行应用程序。

[0083] 在另一特征中,当第一不对称核心装置在第一模式期间继续执行应用程序时,指令在没有指令翻译的情况下被执行。

[0084] 在其它特征中,系统还包括向应用程序提供服务的操作系统(OS)。核心切换装置对 OS 透明地在第二不对称核心装置和第一不对称核心装置之间切换应用程序的执行。

[0085] 在其它特征中,当核心切换装置选择性地停止第二不对称核心装置对应用程序的处理时,核心切换装置保存第二状态。核心切换装置使第一不对称核心装置上电并使用第二状态来初始化第一不对称核心装置。在第一不对称核心装置继续执行应用程序之后,中断被激活。

[0086] 在其它特征中,系统还包括用于缓存第一不对称核心装置的指令和数据的第二级(L2)缓存装置。在第一不对称核心装置上电之后,功率被提供到L2缓存装置。

[0087] 在其它特征中,当第一不对称核心装置上电时,核心切换装置关闭第二不对称核心装置。在第二不对称核心装置被关闭之后,不向第二不对称核心装置提供功率,或者向第二不对称核心装置提供待机功率。

[0088] 在其它特征中,当第一不对称核心装置未能上电时,核心切换装置使用第二状态来初始化第二不对称核心装置。第二不对称核心装置在第二模式中继续执行应用程序,且中断被激活。

[0089] 在另一特征中,系统还包括用于根据应用程序的性能、资源利用率和核心利用率中的至少一个产生第二控制信号的核心简档装置。

[0090] 在其它特征中,系统还包括核心改变序列(CCS)装置,该装置用于根据第二控制信号发起CCS。核心切换装置根据CCS,在第一和第二不对称核心装置中的一个与第一和第二不对称核心装置中的另一个之间切换应用程序的执行。

[0091] 在其它特征中,当应用程序对第二不对称核心装置的核心利用率大于或等于第一预定阈值时,CCS装置发起CCS。当应用程序对第二不对称核心装置的核心利用率在第一预定时间段内大于或等于第二预定阈值时,CCS装置发起CCS。当第二不对称核心装置的预期核心利用率大于或等于第三预定阈值时,CCS装置发起CCS。预期核心利用率是根据应用程序的类型和应用程序的执行历史记录中的至少一个来确定的。当应用程序对第一不对称核心装置的核心利用率小于或等于第四预定阈值时,CCS装置发起CCS。当应用程序对第一不对称核心装置的核心利用率在第二预定时间段内小于或等于第五预定阈值时,CCS装置发起CCS。

[0092] 在另一特征中,CCS装置根据应用程序的类型、应用程序的数量以及第一和第二不对称核心装置之一所执行的指令的类型中的至少一个来发起CCS。

[0093] 在另一特征中,核心简档装置根据在第一和第二不对称核心装置中的一个与第一和第二不对称核心装置中的另一个之间切换应用程序的执行的次数来产生第二控制信号。

[0094] 在其它特征中,系统还包括功率控制装置,该装置用于控制系统的功率消耗并根据第二控制信号和功率消耗产生第三控制信号。系统还包括根据第三控制信号发起CCS的核心改变序列(CCS)装置。核心切换装置根据CCS在第一和第二不对称核心装置中的一个与第一和第二不对称核心装置中的另一个之间切换应用程序的执行。

[0095] 在另一特征中,系统还包括频率改变序列(FCS)装置,该装置用于根据第二控制信号发起FCS并根据FCS选择第一和第二不对称核心装置中的至少一个的操作频率。

[0096] 在另一特征中,系统还包括电压改变序列(VCS)装置,该装置用于根据第二控制信号发起VCS并根据VCS选择第一和第二不对称核心装置中的至少一个的电源电压。

[0097] 在另一特征中,系统还包括功率管理装置,该装置用于当系统在第一模式和第二模式之间切换操作时禁止中断并当系统在第二模式和第一模式之间切换操作时禁止中断。

[0098] 在其它特征中,系统还包括多个第一不对称核心装置。当系统在第一模式中操作时,核心切换模块根据CCS选择性地启动和停用这多个第一不对称核心装置中多于一个第一不对称核心装置。

[0099] 在其它特征中,系统还包括胶合逻辑装置,该装置选择性地与核心切换模块进行

通信。胶合逻辑装置接收中断，从应用程序接收第一信号，并将中断和第一信号路由到核心切换模块所启动的第一和第二不对称核心装置中的一个。

[0100] 在另一特征中，一种片上系统 (SOC) 包括所述系统。

[0101] 在另一特征中，一种系统级封装 (SIP) 包括所述系统。

[0102] 在又一些其它特征中，一种存储在计算机可读介质上并由处理器执行的计算机程序包括当在第一模式中操作时使用第一不对称核心执行应用程序。当在第二模式中操作时，第一不对称核心不活动。该计算机程序还包括使用核心切换模块在第一模式和第二模式之间切换操作。该计算机程序还包括在接收到第一控制信号之后使用核心切换模块选择性地停止第一不对称核心对应用程序的处理。该计算机程序还包括使用核心切换模块将第一不对称核心的第一状态转移到第二不对称核心，以及使用第二不对称核心在第二模式中继续执行应用程序。

[0103] 在另一特征中，该计算机程序还包括禁止中断以及通过第一控制信号指示出中断被禁止。

[0104] 在另一特征中，该计算机程序还包括当第二不对称核心在第二模式期间继续执行应用程序时在没有指令翻译的情况下执行指令。

[0105] 在另一特征中，该计算机程序还包括通过操作系统 (OS) 向应用程序提供服务，以及使用核心切换模块对 OS 透明地在第一不对称核心和第二不对称核心之间切换应用程序的执行。

[0106] 在其它特征中，该计算机程序还包括以第一最大速度选择性地操作第一不对称核心以及以第二最大速度选择性地操作第二不对称核心。第一最大速度大于第二最大速度。该计算机程序还包括以第一最大操作功率级别选择性地操作第一不对称核心，以及以第二最大操作功率级别选择性地操作第二不对称核心。第一最大操作功率级别大于第二最大操作功率级别。该计算机程序还包括以大于预定频率的频率选择性地操作第一不对称核心，以及以小于预定频率的频率选择性地操作第二不对称核心。

[0107] 在其它特征中，该计算机程序还包括使用第一指令集架构 (ISA) 操作第一不对称核心，以及使用第二 ISA 操作第二不对称核心。第一 ISA 与第二 ISA 兼容。该计算机程序还包括使用第一 ISA 的第一指令集合操作第一不对称核心，以及使用第二 ISA 的第二指令集合操作第二不对称核心。第一集合是第二集合的超集。第一集合比第二集合包括更多的指令。

[0108] 在另一特征中，该计算机程序还包括提供 OS 的内核以及在内核的级别之上执行核心切换模块。

[0109] 在另一特征中，该计算机程序还包括提供监管器模块，以及使核心切换模块与监管器模块集成。

[0110] 在其它特征中，该计算机程序还包括当核心切换模块选择性地停止第一不对称核心对应用程序的处理时保存第一状态。该计算机程序还包括使第二不对称核心上电并使用第一状态来初始化第二不对称核心。该计算机程序还包括在第二不对称核心继续执行应用程序之后激活中断。该计算机程序还包括当第二不对称核心上电时关闭第一不对称核心，以及在第一不对称核心被关闭之后不向第一不对称核心提供功率或者向第一不对称核心提供待机功率。

[0111] 在其它特征中,该计算机程序还包括提供第二级 (L2) 缓存。当第一不对称核心活动时,第一不对称核心与 L2 缓存进行通信。该计算机程序还包括在第一不对称核心被关闭之后不向 L2 缓存提供功率或者向 L2 缓存提供待机功率。

[0112] 在另一特征中,该计算机程序还包括当第二不对称核心未能上电时使用第一状态来初始化第一不对称核心,使用第一不对称核心在第一模式中继续执行应用程序,以及激活中断。

[0113] 在另一特征中,该计算机程序还包括使用核心切换模块在第二模式和第一模式之间切换操作,在接收到指示出中断被禁止的第一控制信号之后使用核心切换模块选择性地停止第二不对称核心对应用程序的处理,使用核心切换模块将第二不对称核心的第二状态转移到第一不对称核心,以及使用第一不对称核心在第一模式中继续执行应用程序。

[0114] 在另一特征中,该计算机程序还包括当第一不对称核心在第一模式期间继续执行应用程序时,在没有指令翻译的情况下执行指令。

[0115] 在另一特征中,该计算机程序还包括通过操作系统 (OS) 向应用程序提供服务,以及使用核心切换模块对 OS 透明地在第二不对称核心和第一不对称核心之间切换应用程序的执行。

[0116] 在其它特征中,该计算机程序还包括当核心切换模块选择性地停止第二不对称核心对应用程序的处理时保存第二状态。该计算机程序还包括使第一不对称核心上电并使用第二状态来初始化第一不对称核心。该计算机程序还包括在第一不对称核心继续执行应用程序之后激活中断。

[0117] 在其它特征中,该计算机程序还包括提供第二级 (L2) 缓存。当第一不对称核心活动时,第一不对称核心与 L2 缓存进行通信。该计算机程序还包括在第一不对称核心上电之后向 L2 缓存提供功率。

[0118] 在其它特征中,该计算机程序还包括当第一不对称核心上电时关闭第二不对称核心,以及在第二不对称核心关闭之后不向第二不对称核心提供功率或者向第二不对称核心提供待机功率。

[0119] 在另一特征中,该计算机程序还包括当第一不对称核心未能上电时使用第二状态来初始化第二不对称核心,使用第二不对称核心在第二模式中继续执行应用程序,以及激活中断。

[0120] 在另一特征中,该计算机程序还包括根据应用程序的性能、资源利用率和核心利用率中的至少一个产生第二控制信号。

[0121] 在另一特征中,该计算机程序还包括根据第二控制信号发起核心改变序列 (CCS), 以及使用核心切换模块、根据 CCS、在第一和第二不对称核心中的一个与第一和第二不对称核心中的另一个之间切换应用程序的执行。

[0122] 在其它特征中,该计算机程序还包括当应用程序对第二不对称核心的核心利用率大于或等于第一预定阈值时发起 CCS。该计算机程序还包括当应用程序对第二不对称核心的核心利用率在第一预定时间段内大于或等于第二预定阈值时发起 CCS。该计算机程序还包括当应用程序对第一不对称核心的核心利用率小于或等于第三预定阈值时发起 CCS。该计算机程序还包括当应用程序对第一不对称核心的核心利用率在第一预定时间段内小于或等于第四预定阈值时发起 CCS。



[0123] 在另一特征中,该计算机程序还包括根据应用程序的类型和应用程序的运行的历史记录中的至少一个来确定预期核心利用率,并且当第二不对称核心的预期核心利用率大于或等于预定阈值时发起 CCS。

[0124] 在另一特征中,该计算机程序还包括根据第一和第二不对称核心之一所执行的应用程序的数量、第一和第二不对称核心之一所执行的应用程序的类型以及第一和第二不对称核心之一所执行的指令的类型中的至少一个来发起 CCS。

[0125] 在另一特征中,该计算机程序还包括根据在第一和第二不对称核心中的一个与第一和第二不对称核心中的另一个之间切换应用程序的执行的次数来产生第二控制信号。

[0126] 在另一特征中,该计算机程序还包括控制功率消耗,根据第二控制信号和功率消耗产生第三控制信号,根据第三控制信号发起核心改变序列 (CCS),使用核心切换模块、根据 CCS、在第一和第二不对称核心中的一个与第一和第二不对称核心中的另一个之间切换应用程序的执行。

[0127] 在另一特征中,该计算机程序还包括根据第二控制信号发起频率改变序列 (FCS),以及根据 FCS 选择第一和第二不对称核心中的至少一个的操作频率。

[0128] 在另一特征中,该计算机程序还包括根据第二控制信号发起电压改变序列 (VCS),以及根据 VCS 选择第一和第二不对称核心中的至少一个的电源电压。

[0129] 在另一特征中,该计算机程序还包括提供多个第一不对称核心,以及当在第一模式中操作时,使用核心切换模块、根据 CCS、选择性地启动和停用这多个第一不对称核心中的多于一个的第一不对称核心。

[0130] 在另一特征中,该计算机程序还包括提供胶合逻辑模块,使用胶合逻辑模块选择性地与核心切换模块进行通信,通过胶合逻辑模块接收中断,通过胶合逻辑模块从应用程序接收第一信号,以及使用胶合逻辑模块将中断和第一信号路由到核心切换模块所启动的第一和第二不对称核心中的一个。

[0131] 在又一些其它特征中,一种核心切换系统包括模式切换模块、核心启动模块和状态转移模块。模式切换模块接收切换信号以在第一模式和第二模式之间切换操作。在第一模式期间,与应用程序相关的指令由第一不对称核心执行,而第二不对称核心不活动。在第二模式期间,指令由第二不对称核心执行,而第一不对称核心不活动。核心启动模块在中断被禁止之后停止第一不对称核心对应用程序的处理。状态转移模块将第一不对称核心的状态转移到第二不对称核心。核心启动模块允许第二不对称核心继续指令的执行并激活中断。

[0132] 在另一特征中,当第二不对称核心在第二模式期间继续执行指令时,第二不对称核心在没有指令翻译的情况下执行指令。

[0133] 在另一特征中,第一不对称核心的第一最大速度和第一最大操作功率级别分别大于第二不对称核心的第二最大速度和第二最大操作功率级别。

[0134] 在另一特征中,在第二不对称核心继续执行指令时,核心启动模块不向第一不对称核心提供功率或者向第一不对称核心提供待机功率。

[0135] 在其它特征中,核心切换系统还包括核心简档模块,该根据数据缓存缺失率 (miss rate)、指令缓存缺失率和第一不对称核心每周期执行的指令中的至少一个产生预期指令执行率以用于执行应用程序。核心简档模块根据预期指令执行率产生切换信号。

[0136] 在其它特征中,核心切换系统还包括核心改变序列 (CCS) 模块,该模块根据切换信号产生 CCS。核心启动模块根据 CCS 使第一和第二不对称核心中的一个上电,并关闭第一和第二不对称核心中的另一个。

[0137] 在又一些其它特征中,一种设备包括存储器和核心切换模块。存储器存储包括内核的向应用程序提供服务的操作系统 (OS)。核心切换模块在第一模式和第二模式之间切换操作。在第一模式期间,与应用程序相关的指令由第一不对称核心执行,而第二不对称核心不活动。在第二模式期间,指令由第二不对称核心执行,而第一不对称核心不活动。核心切换模块在高于内核的级别上操作。

[0138] 在另一特征中,核心切换模块对 OS 透明地在第一模式和第二模式之间切换。

[0139] 在其它特征中,核心切换模块包括模式切换模块、核心启动模块和状态转移模块。模式切换模块接收切换信号以在第一模式和第二模式之间切换操作。核心启动模块在中断被禁止之后停止第一不对称核心对应用程序的处理。状态转移模块将第一不对称核心的状态转移到第二不对称核心。核心启动模块允许第二不对称核心继续指令的执行并激活中断。

[0140] 在另一特征中,当第二不对称核心在第二模式期间继续执行指令时,在没有指令翻译的情况下执行指令。

[0141] 在另一特征中,第一不对称核心的第一最大速度和第一最大操作功率级别分别大于第二不对称核心的第二最大速度和第二最大操作功率级别。

[0142] 在另一特征中,在第二不对称核心继续执行指令时,核心切换模块不向第一不对称核心提供功率,或者向第一不对称核心提供待机功率。

[0143] 在其它特征中,核心切换系统还包括核心简档模块,该模块根据数据缓存缺失率、指令缓存缺失率和第一不对称核心每周期执行的指令中的至少一个产生预期指令执行率用于执行应用程序。核心切换模块根据预期指令执行率在第一和第二模式中的一个与第一和第二模式中的另一个之间切换操作。

[0144] 在其它特征中,核心切换系统还包括核心改变序列 (CCS) 模块,该模块根据数据缓存缺失率、指令缓存缺失率以及第一和第二不对称核心之一每周期执行的指令中的至少一个产生 CCS。核心切换模块根据 CCS 使第一和第二不对称核心中的一个上电并关闭第一和第二不对称核心中的另一个。

[0145] 在又一些其它特征中,一种方法包括在第一模式期间当第二不对称核心不活动时使用第一不对称核心执行与应用程序相关的指令,以及在第二模式期间当第一不对称核心不活动时使用第二不对称核心执行指令。该方法还包括接收切换信号以在第一模式和第二模式之间切换操作。该方法还包括根据切换信号在第一模式期间禁止中断。该方法还包括在中断被禁止之后停止第一不对称核心对应用程序的处理。该方法还包括将第一不对称核心的状态转移到第二不对称核心,允许第二不对称核心继续指令的执行,以及激活中断。

[0146] 在另一特征中,该方法还包括当第二不对称核心继续执行指令时,在没有指令翻译的情况下执行指令。

[0147] 在其它特征中,该方法还包括提供具有第一最大速度和第一最大操作功率级别的第一不对称核心以及提供具有第二最大速度和第二最大操作功率级别的第二不对称核心。第一最大速度和第一最大操作功率级别分别大于第二最大速度和第二最大操作功率级别。

[0148] 在另一特征中,该方法还包括在第二不对称核心继续执行指令时,不向第一不对称核心提供功率,或者向第一不对称核心提供待机功率。

[0149] 在其它特征中,该方法还包括根据数据缓存缺失率、指令缓存缺失率和第一不对称核心每周期执行的指令中的至少一个产生预期指令执行率用于执行应用程序。该方法还包括根据预期指令执行率产生切换信号。

[0150] 在另一特征中,该方法还包括根据切换信号产生核心改变序列 (CCS),根据 CCS 使第一和第二不对称核心中的一个上电,以及根据 CCS 关闭第一和第二不对称核心中的另一个。

[0151] 在又一些其它特征中,一种方法包括存储包括内核的向应用程序提供服务的操作系统 (OS),以及在第一模式期间当第二不对称核心不活动时使用第一不对称核心执行与应用程序相关的指令。该方法还包括在第二模式期间当第一不对称核心不活动时使用第二不对称核心执行指令。该方法还包括使用核心切换模块在第一模式和第二模式之间切换操作,以及在内核之上的级别上执行核心切换模块。

[0152] 在另一特征中,该方法还包括对 OS 透明地在第一模式和第二模式之间切换。

[0153] 在另一特征中,该方法还包括接收切换信号以在第一模式和第二模式之间切换操作,在中断被禁止之后停止第一不对称核心对应用程序的处理,将第一不对称核心的状态转移到第二不对称核心,允许第二不对称核心继续指令的执行,以及激活中断。

[0154] 在另一特征中,该方法还包括当第二不对称核心在第二模式期间继续执行指令时,在没有指令翻译的情况下执行指令。

[0155] 在其它特征中,该方法还包括提供具有第一最大速度和第一最大操作功率级别的第一不对称核心,以及提供具有第二最大速度和第二最大操作功率级别的第二不对称核心。第一最大速度和第一最大操作功率级别分别大于第二最大速度和第二最大操作功率级别

[0156] 在另一特征中,该方法还包括在第二不对称核心继续执行指令时不向第一不对称核心提供功率或者向第一不对称核心提供待机功率。

[0157] 在其它特征中,该方法还包括根据数据缓存缺失率、指令缓存缺失率和第一不对称核心每周期执行的指令中的至少一个产生预期指令执行率用于执行应用程序。该方法还包括根据预期指令执行率在第二模式中的一个与第一模式中的另一个之间切换操作。

[0158] 在另一特征中,该方法还包括根据数据缓存缺失率、指令缓存缺失率以及第一不对称核心每周期执行的指令中的至少一个产生核心改变序列 (CCS),根据 CCS 使第一和第二不对称核心中的一个上电,以及根据 CCS 关闭第一和第二不对称核心中的另一个。

[0159] 在又一些其它特征中,一种核心切换系统包括用于切换操作模式的模式切换装置。模式切换装置接收切换信号以在第一模式和第二模式之间切换。在第一模式期间,与应用程序相关的指令由用于执行指令的第一不对称核心装置执行,而用于执行指令的第二不对称核心装置不活动。在第二模式期间,指令由第二不对称核心装置执行,而第一不对称核心装置不活动。系统还包括用于启动第一和第二不对称核心装置的核心启动装置。核心启动装置在中断被禁止之后停止第一不对称核心装置对应用程序的处理。系统还包括用于将第一不对称核心装置的状态转移到第二不对称核心装置的状态转移装置。核心启动装置

允许第二不对称核心装置继续指令的执行并激活中断。

[0160] 在另一特征中,当第二不对称核心装置在第二模式期间继续执行指令时,指令在没有指令翻译的情况下被执行。

[0161] 在另一特征中,第一不对称核心装置的第一最大速度和第一最大操作功率级别分别大于第二不对称核心装置的第二最大速度和第二最大操作功率级别。

[0162] 在另一特征中,在第二不对称核心装置继续执行指令时,核心启动装置不向第一不对称核心装置提供功率或者向第一不对称核心装置提供待机功率。

[0163] 在另一特征中,核心切换系统还包括核心简档装置,该装置用于根据数据缓存缺失率、指令缓存缺失率和第一不对称核心装置每周期执行的指令中的至少一个产生预期指令执行率用于执行应用程序,并用于根据预期指令执行率产生切换信号。

[0164] 在其它特征中,核心切换系统还包括核心改变序列 (CCS) 装置,该装置用于根据切换信号产生 CCS。核心启动装置根据 CCS 使第一和第二不对称核心装置中的一个上电并关闭第一和第二不对称核心中的另一个。

[0165] 在又一些其它特征中,一种设备包括存储器,该存储器存储包括内核的向应用程序提供服务的操作系统 (OS)。该设备还包括用于在第一模式和第二模式之间切换操作的核心切换装置。在第一模式期间,与应用程序相关的指令由用于执行应用程序的第一不对称核心装置执行,而用于执行应用程序的第二不对称核心装置不活动。在第二模式期间,指令由第二不对称核心装置执行,而第一不对称核心装置不活动。核心切换装置在高于内核的级别上操作。

[0166] 在另一特征中,核心切换装置对 OS 透明地在第一模式和第二模式之间切换。

[0167] 在其它特征中,核心切换装置包括用于接收切换信号以在第一模式和第二模式之间切换操作的模式切换装置。核心切换装置还包括用于在中断被禁止之后停止第一不对称核心装置对应用程序的处理的中心启动装置。核心切换装置还包括用于将第一不对称核心装置的状态转移到第二不对称核心装置的状态转移装置。核心启动装置允许第二不对称核心装置继续指令的执行并激活中断。

[0168] 在另一特征中,当第二不对称核心装置在第二模式期间继续执行指令时,指令在没有指令翻译的情况下被执行。

[0169] 在另一特征中,第一不对称核心装置的第一最大速度和第一最大操作功率级别分别大于第二不对称核心装置的第二最大速度和第二最大操作功率级别。

[0170] 在另一特征中,在第二不对称核心装置继续执行指令时,核心切换装置不向第一不对称核心装置提供功率,或者向第一不对称核心装置提供待机功率。

[0171] 在其它特征中,该设备还包括核心简档装置,该装置根据数据缓存缺失率、指令缓存缺失率和第一不对称核心装置每周期所执行的指令中的至少一个产生预期指令执行率以用于执行应用程序。核心切换装置根据预期指令执行率在第一和第二模式中的一个与第一和第二模式中的另一个之间切换。

[0172] 在其它特征中,设备还包括核心改变序列 (CCS) 装置,该装置根据数据缓存缺失率、指令缓存缺失率以及第一不对称核心装置每周期所执行的指令中的至少一个产生 CCS。核心切换装置根据 CCS 使第一和第二不对称核心装置中的一个上电并关闭第一和第二不对称核心装置中的另一个。

[0173] 在又一些其它特征中,一种存储在计算机可读介质上并由处理器执行的计算机程序包括在第一模式期间当第二不对称核心不活动时使用第一不对称核心执行与应用程序相关的指令,以及在第二模式期间当第一不对称核心不活动时使用第二不对称核心执行指令。该方法还包括接收切换信号以在第一模式和第二模式之间切换操作。该方法还包括根据切换信号在第一模式期间禁止中断。该方法还包括在中断被禁止之后停止第一不对称核心对应用程序的处理。该方法还包括将第一不对称核心的状态转移到第二不对称核心,允许第二不对称核心继续指令的执行以及激活中断。

[0174] 在另一特征中,该计算机程序还包括当第二不对称核心在第二模式期间继续执行指令时,在没有使用指令翻译的情况下执行指令。

[0175] 在其它特征中,该计算机程序还包括提供具有第一最大速度和第一最大操作功率级别的第一不对称核心以及提供具有第二最大速度和第二最大操作功率级别的第二不对称核心。第一最大速度和第一最大操作功率级别分别大于第二最大速度和第二最大操作功率级别。

[0176] 在另一特征中,该计算机程序还包括在第二不对称核心继续执行指令时,不向第一不对称核心提供功率,或者向第一不对称核心提供待机功率。

[0177] 在其它特征中,该计算机程序还包括根据数据缓存缺失率、指令缓存缺失率和第一不对称核心每周期所执行的指令中的至少一个产生用于执行应用程序的预期指令执行率。该计算机程序还包括根据预期指令执行率产生切换信号。

[0178] 在另一特征中,该计算机程序还包括根据切换信号产生核心改变序列 (CCS), 根据 CCS 使第一和第二不对称核心中的一个上电,以及根据 CCS 关闭第一和第二不对称核心中的另一个。

[0179] 在又一些其它特征中,一种存储在计算机可读介质上并由处理器执行的计算机程序包括:存储包括内核的向应用程序提供服务的操作系统 (OS), 以及在第一模式期间当第二不对称核心不活动时使用第一不对称核心执行与应用程序相关的指令。该方法还包括在第二模式期间当第一不对称核心不活动时使用第二不对称核心执行指令。该方法还包括使用核心切换模块在第一模式和第二模式之间切换操作,以及在内核之上的级别上执行核心切换模块。

[0180] 在另一特征中,该计算机程序还包括对 OS 透明地在第一模式和第二模式之间切换。

[0181] 在另一特征中,该计算机程序还包括接收切换信号以在第一模式和第二模式之间切换操作,在中断被禁止之后停止第一不对称核心对应用程序的处理,将第一不对称核心的状态转移到第二不对称核心,允许第二不对称核心继续指令的执行以及激活中断。

[0182] 在另一特征中,该计算机程序还包括当第二不对称核心在第二模式期间继续执行指令时,在没有指令翻译的情况下执行指令。

[0183] 在其它特征中,该计算机程序还包括提供具有第一最大速度和第一最大操作功率级别的第一不对称核心以及提供具有第二最大速度和第二最大操作功率级别的第二不对称核心。第一最大速度和第一最大操作功率级别分别大于第二最大速度和第二最大操作功率级别

[0184] 在另一特征中,该计算机程序还包括在第二不对称核心继续执行指令时,不向第

一不对称核心提供功率,或者向第一不对称核心提供待机功率。

[0185] 在其它特征中,该计算机程序还包括根据数据缓存缺失率、指令缓存缺失率和第一不对称核心每周期所执行的指令中的至少一个产生预期指令执行率用于执行应用程序。该计算机程序还包括根据预期指令执行率在第二模式中的一个与第一模式中的另一个之间切换操作。

[0186] 在其它特征中,该计算机程序还包括根据数据缓存缺失率、指令缓存缺失率以及第一不对称核心每周期所执行的指令中的至少一个产生核心改变序列 (CCS),根据 CCS 使第一和第二不对称核心中的一个上电,以及根据 CCS 关闭第一和第二不对称核心中的另一个。

[0187] 从下文提供的详细描述中本公开进一步的适用领域将变得明显。应理解,详细描述和具体的例子希望仅用于说明的目的,而不是限制本公开的范围。

### 附图说明

[0188] 从详细描述和附图中将更充分地理解本公开,其中:

[0189] 图 1A 是根据现有技术的不对称多处理 (MP) 系统的功能框图;

[0190] 图 1B 是根据现有技术的对称 MP 系统的功能框图;

[0191] 图 2 是根据本公开的对称 MP 系统的功能框图;

[0192] 图 3A 和 3B 是根据本公开的包括高功率核心和低功率核心的示例性处理系统的功能框图;

[0193] 图 3C 是图 2A 和 2B 的示例性控制模块的功能框图;

[0194] 图 3D 是图 3A 的示例性核心利用率监控模块的功能框图;

[0195] 图 4 是用于操作包括高功率和低功率核心的处理系统的示例性方法的流程图;

[0196] 图 5 是具有第一和第二核心的另一示例性控制模块的功能框图;

[0197] 图 6 是用于操作图 5 的第一和第二核心的示例性方法的流程图;

[0198] 图 7 是用于操作图 5 的第一和第二核心的另一示例性方法的流程图;

[0199] 图 8A 和 8B 是根据本公开的示例性核心变形 (morph) 系统的功能框图;

[0200] 图 9A 是根据本公开的动态地切换核心的示例性功率管理系统的功能框图;

[0201] 图 9B 是根据本公开的动态地切换核心的另一示例性功率管理系统的功能框图;

[0202] 图 9C 是示例性核心切换模块的功能框图;

[0203] 图 10 是根据本公开的用于使用与监管器模块集成的核心切换模块来切换核心的示例性方法的流程图;

[0204] 图 11A 是示例性蜂窝电话的功能框图;

[0205] 图 11B 是与基站进行通信的示例性无线手持机 (handset) 的功能框图;

[0206] 图 11C 是示例性移动设备的功能框图;

[0207] 图 11D 是示例性全球定位系统 (GPS) 的功能框图;以及

[0208] 图 11E 是桌上型计算机和 / 或服务器的功能框图。

### 具体实施方式

[0209] 下面的描述在本质上仅仅是示例性的且决不意味着限制本公开、其应用或使用。

为了清楚,相同的标号在附图中将用于标识相似的元件。如这里使用的,短语“A、B 和 C 中的至少一个”应被解释为意指使用非排他的逻辑“或”的逻辑(A 或 B 或 C)。应理解,方法内的步骤可按不同的顺序执行,而不改变本公开的原理。

[0210] 如这里使用的,术语“模块”指执行一个或多个软件或固件程序的专用集成电路(ASIC)、电子电路、处理器或核心(共享、专用或组)和存储器、组合逻辑电路和/或提供所述功能的其它适当的部件。

[0211] 大多数移动计算设备执行具有不同的复杂度和/或处理要求的应用程序。一些应用程序可使用单核低速处理器有效地被执行,而其它应用程序可使用单核高速处理器被有效地执行。仅作为例子,低速处理器可按小于或等于 500 兆赫兹(MHz)的速度操作,而高速处理器可按大于或等于 1 千兆赫兹(GHz)的速度操作。

[0212] 大多数移动计算设备目前仅使用一个单核处理器。使用单核处理器来执行所有类型的应用程序需要功率-性能折衷。例如,使用单核低速处理器可能在损害性能的情况下增加功率节约并延长电池寿命。一些处理密集的应用程序可能运行缓慢或根本不运行。相反,使用单核高速处理器可提高性能,同时减少电池寿命,因为高速处理器即使在执行需要较低的处理速度的应用程序时也消耗较多的功率。

[0213] 根据本公开,通过使用具有低速、低功率(LP)核心和高速、高功率(HP)核心的多核处理系统,可在移动设备中实现增加的功率节约和提高的性能。LP 核心和 HP 核心可在同一 IC 或 SOC 上实现,或作为合并到系统级封装(SIP)中的单独的 IC 实现。如将在下面进一步详细描述,多核处理系统根据正被执行的应用程序的类型、处理负荷和/或这里所述的其它因素,在 LP 和 HP 核心之间动态地切换。

[0214] 现在参考图 2,移动设备可包括不对称多处理(MP)系统 10,系统 10 包括 LP 核心 12 和 HP 核心 16。LP 核心 12 的指令集架构(ISA)可不同于 HP 核心 16 的 ISA。例如,HP 核心 16 可执行浮点指令,而 LP 核心 12 可能不执行浮点指令。此外,LP 和 HP 核心(下文中称为核心)12 和 16 具有不同的性能和能力(例如,不同的处理速度、功率消耗等)。或者,这两者可使用相同的 ISA。

[0215] 根据本公开,不对称 MP 系统 10 通过实现 LP 核心 12 和 HP 核心 16 之间的兼容性而以伪对称的方式操作。LP 和 HP 核心 12 和 16 之间的兼容性可用很多方式实现。例如,LP 和 HP 核心 12 和 16 可使用相同或相似的关键核心寄存器/接口;LP 核心 12 可使用寄存器映射;和/或 LP 核心 12 可使用与 HP 核心 16 的指令集相同的或为其子集的指令集。

[0216] 因此,操作系统(OS)和应用程序可在 LP 和 HP 核心 12 和 16 二者上运行。不对称 MP 系统 10 根据处理负荷和正被执行的应用程序的类型,在 LP 和 HP 核心 12 和 16 之间动态地切换,以按需要增加功率节约并提高性能。不对称 MP 系统 10 可用于通用处理(GPP)。

[0217] 本公开使用核心变形来优化功率消耗并提高性能。核心变形包括 MP 系统的核心的适应性动态切换。具体地,低功率和高功率核心被针对 OS 和/或应用程序安全和透明地切换。换句话说,OS 和应用程序可能不知道哪个核心当前正执行处理负荷。

[0218] 核心变形可优化电池寿命和性能。例如,在处理负荷低时使用 LP 核心来运行应用程序可延长电池寿命。另一方面,在处理负荷高时使用 HP 核心来运行应用程序可提供高性能。通过按需要在 LP 和 HP 核心之间动态地切换可优化功率消耗和性能这两者。

[0219] 在核心变形中,根据系统负荷而动态地激活(即,启动)或禁止(即,禁用)核心。

根据应用程序所要求的资源利用率和性能,可部分地确定系统负荷。在一些实现方式中,一次仅可有一个核心是活动的(即,执行应用程序)。当一个核心活动时,其它核心可被禁止(即,禁用)以节约功率。可用很多方式来禁止其它核心。例如,其它核心可被置于待机模式中,在该模式中,其它核心的时钟频率和/或电源电压可降低到比核心活动时更低的值。或者,可通过断开核心的电源来彻底关闭其它核心。

[0220] 当执行被从一个核心切换到另一个时,活动的核心可透明地运行 OS 和应用程序。具体地,当执行被从一个核心切换到另一个时,其它核心在没有翻译的情况下执行指令。因此,核心的切换对 OS 和应用程序是透明或不可见的,OS 和应用程序继续运行,就好像系统包括单个核心而不是多个核心一样。可在包括一个 LP 核心和一个 HP 核心的多核系统中使用核心变形。当应用程序要求比一个 HP 核心所提供的性能还要高的性能时,可使用多个 HP 核心。

[0221] 虽然使用移动计算设备作为例子在整个公开中讨论了动态核心切换,但是在其它计算系统(包括桌上型计算机、服务器等)中也可使用动态核心切换来减少功率消耗。

[0222] 在详细讨论之前,给出对附图的简要概述。图 3A 和 3B 示出具有 LP 核心和 HP 核心的多核处理系统。图 3C 示出切换多核处理系统的核心的控制模块。图 3D 示出控制模块的核心利用率模块。图 4 示出用于操作多核处理系统的方法。图 5 示出用于切换多核处理系统的核心的另一系统。图 6 和 7 示出用于操作多核处理系统的方法。图 8A 和 8B 示出当核心在核心变形期间被切换时操作一个核心的胶合逻辑模块。图 9A 示出使用核心切换模块来动态地切换核心的功率管理系统。图 9B 示出使用核心切换模块来动态地切换核心的功率管理系统。图 9C 示出示例性核心切换模块。图 10 示出用于使用核心切换模块动态地切换核心的方法的步骤。

[0223] 现在参考图 3A,其示出根据本公开的处理系统 20。处理系统 20 包括具有缓存 26 的 HP 核心 24 和具有缓存 30 的 LP 核心 28。处理系统 20 可按需要在 HP 和 LP 核心 24 和 28 之间切换以减少功率消耗,同时仍然支持以高速处理。处理系统 20 在以电池电源操作的移动设备中延长电池寿命方面可能是有用的。HP 和 LP 核心 24 和 28 都能够运行相同的操作系统和/或应用程序。此外,HP 和 LP 核心 24 和 28 都可执行彼此的指令、状态和/或线程并继续处理。

[0224] 在 HP 模式中,HP 核心 24 处于活动状态中并处理线程。LP 核心 28 在 HP 模式期间也可操作。换句话说,LP 核心 28 在 HP 模式的全部或一部分期间可处于活动状态。然而为了减少功率,在 HP 核心 24 处于活动状态时,LP 核心 28 可在不活动状态中操作。

[0225] 在 LP 模式中,LP 核心 28 在活动状态中操作并处理线程,而 HP 核心 24 处于不活动状态。不活动的核心可被完全关闭(没有功率被提供)。或者,包括比活动的功率级别低的功率级别的待机功率可在不活动状态中被提供到核心,以允许更快地转变到活动状态。

[0226] HP 和 LP 核心 24 和 28 可使用相同或相似的操作系统。LP 核心 28 可使用与 HP 核心 24 的 ISA 相同的或为其子集的 ISA。HP 和 LP 核心 24 和 28 可能能够运行相同的代码和/或应用程序,虽然是以不同的速度。HP 和 LP 核心 24 和 28 可具有相同或相似的架构。HP 核心 24 可具有比 LP 核心 28 更多的处理能力(例如,流水线、级等)。HP 和 LP 核心 24 和 28 二者在从 LP 模式转变到 HP 模式和从 HP 模式转变到 LP 模式时,可暂时地同时在活动状态中操作。



[0227] 存储器 40(例如易失性和 / 或非易失性存储器) 存储第一应用程序 42-1, 42-2, ... 和 42-P(总称第一应用程序 42)、第二应用程序 44-1, 44-2, ... 和 44-Q(总称第二应用程序 44) 和 / 或第三应用程序 46-1, 46-2, ... 和 46-R(总称第三应用程序 46), 其中 P、Q 和 R 是大于零的整数。第一应用程序 42 可包括在操作期间需要相对低的处理速度的应用程序, 并且可在 LP 或 HP 模式期间被执行。换句话说, 第一应用程序 42 可包括通常不是处理非常密集的应用程序。然而, 如果足够数量的第一应用程序 42 被同时执行, 则处理系统 20 可能需要转变到 HP 模式并在 HP 模式中操作。

[0228] 第二应用程序 44 可包括需要中等处理速度(例如, 平均起来一般高于第一应用程序 42 且低于第三应用程序 46) 的应用程序。根据情况, 第二应用程序 44 可能需要低、中或高处理速度。第三应用程序 46 可以是往往需要高处理速度的应用程序, 并可在 HP 模式中被最佳地操作。HP 和 LP 核心 24 和 28 可能能够运行所有三种类型的应用程序。或者, 一些应用程序可被限制为仅使用 HP 核心 24 运行。

[0229] 可提供控制模块 34 以选择性地控制 HP 和 LP 模式之间的转变。控制模块 34 可从另一模块或设备接收模式改变请求信号。控制模块 34 可监控指令、状态、线程的转移和 / 或与转移有关的信息(例如寄存器、状态、检查点和 / 或程序计数器)。一旦转移完成, 控制模块 34 就可将 HP 和 LP 核心 24 和 28 之一转变到不活动状态。

[0230] 处理系统 20 可用各种方式来封装。例如, 处理系统 20 的 HP 和 LP 核心 24 和 28 都可以可选地被实现为片上系统(SOC)。或者, 处理系统 20 可被封装为多个芯片, 这些芯片被布置为系统级封装(SIP) 或布置在印刷电路板(PCB) 上。设想了其它封装方法。

[0231] 现在参考图 3B, 处理系统 20 包括 HP 核心 24、LP 核心 28、共享寄存器文件 112 和控制模块 114。可使用高泄漏 / 高速工艺来制造 HP 核心 24。可使用低泄漏 / 低速工艺来制造 LP 核心 28。HP 和 LP 核心 24 和 28 分别包括晶体管 106 和 110。HP 核心 24 的晶体管 106 在活动状态中操作期间往往比 LP 核心 28 的晶体管 110 消耗更多的功率。在一些实现方式中, 晶体管 106 可具有比晶体管 110 更高的泄漏电流。晶体管 106 可具有比晶体管 110 的尺寸更大的尺寸。晶体管 106 的栅极可比晶体管 110 的栅极大。HP 核心 24 的门数(gate count) 可比 LP 核心 28 的门数大。

[0232] HP 核心 24 可具有比 LP 核心 28 更复杂的架构。例如, LP 核心 28 可具有比 HP 核心 24 更小的宽度和 / 或深度。宽度可由并行流水线的数量限定。HP 核心 24 可包括  $P_{HP}$  条并行流水线 142, 而 LP 核心 28 可包括  $P_{LP}$  条并行流水线 146。在一些实现方式中,  $P_{LP}$  可小于  $P_{HP}$ 。 $P_{LP}$  可为大于或等于零的整数。当  $P_{LP} = 0$  时, LP 核心 28 不包括任何并行流水线。深度可由级的数量限定。HP 核心 24 可包括  $S_{HP}$  个级 144, 而 LP 核心 28 可包括  $S_{LP}$  个级 148。在一些实现方式中,  $S_{LP}$  可小于  $S_{HP}$ 。 $S_{LP}$  可为大于或等于 1 的整数。

[0233] 可在 HP 核心 24 和 LP 核心 28 之间共享寄存器文件 112。或者, 每个 HP 和 LP 核心 24 和 28 可具有寄存器文件。寄存器文件 112 的内容可从很快将被禁用的活动核心转移到很快将被启动的不活动核心。寄存器文件 112 可对寄存器、检查点和 / 或程序计数器使用预定地址位置。例如, 分别由 HP 和 / 或 LP 核心 24 和 / 或 28 使用的寄存器、检查点和 / 或程序计数器可存储在寄存器文件 112 中的相同位置上。因此, 当从一个核心转变到另一核心时, HP 和 LP 核心 24 和 28 可定位特定的寄存器、检查点和 / 或程序计数器。寄存器文件 112 可以是分别在 HP 和 LP 核心 24 和 28 每一个中的寄存器文件(未示出)之外的。线程

可包括单线程和 / 或多线程。

[0234] 控制模块 114 可选择性地控制在 HP 和 LP 模式之间的转变。控制模块 114 可从另一模块或设备接收模式改变请求信号。控制模块 114 可监控指令、状态、线程的转移和 / 或与转移有关的信息（例如寄存器、状态、检查点和 / 或程序计数器）。一旦转移完成，控制模块 114 就可将 HP 和 LP 核心 24 和 28 之一转变到不活动状态。HP 核心 24、LP 核心 28、寄存器文件 112 和 / 或控制模块 114 可被实现为片上系统 (SOC) 130。

[0235] HP 核心 24 可包括缓存 26，而 LP 核心 28 可包括缓存 30。缓存 26 在尺寸上可比缓存 30 大。缓存 26 可比缓存 30 消耗更多的功率。仅仅作为例子，缓存 26 可包括四路缓存 (four-way cache)，而缓存 30 可包括直接映射缓存。仅仅作为例子，HP 核心 24 可按大于或等于 1GHz 的速度操作，而 LP 核心 28 可按小于或等于 500MHz 的速度操作。

[0236] 现在参考图 3C，控制模块 114 可包括下列模块中的一个或多个，以管理处理系统的操作。控制模块 114 可包括性能简档模块 116、空闲简档模块 118、核心简档模块 120、线程转移模块 122 和 / 或缓存监控模块 124。

[0237] 性能简档模块 116 可监控 HP 和 LP 核心 24 和 28 正执行的应用程序的性能，并可产生系统负荷的简档。具体地，性能简档模块 116 可动态地检测工作负荷的类型（例如，系统负荷是以 CPU 为主的 (CPU-bound)，以存储器为主的 (memory-bound)，还是这两者）。此外，当 HP 和 LP 核心 24 和 28 的时钟频率和 / 或电源电压改变时，性能简档模块 116 可检测性能瓶颈。

[0238] 空闲简档模块 118 可监控 CPU 利用率并确定用于操作 HP 和 LP 核心 24 和 28 的最低可能时钟频率和 / 或电源电压。空闲简档模块 118 可根据工作负荷而使对性能的影响最小化，同时对具有高空闲占空比的工作负荷节约功率。

[0239] 此外，当 HP 和 LP 核心 24 和 28 是不活动的时，空闲简档模块 118 可用于分别在 HP 和 LP 核心 24 和 28 中维持较低的功率级别。例如，空闲简档模块 118 可操作电源来提供低功率级别，该功率级别低于活动操作功率级别（但高于无功率）并足以允许不活动的核心快速转变到活动状态。

[0240] 当 HP 和 LP 核心 24 和 28 执行应用程序时，缓存监控模块 124 可监控缓存缺失率。例如，缓存监控模块 124 可监控 HP 和 LP 核心 24 和 28 的指令缓存缺失率和数据缓存缺失率。

[0241] 核心简档模块 120 可分析由性能简档模块 116、空闲简档模块 118 和 / 或缓存监控模块 124 产生的信息。根据该信息，核心简档模块 120 可在应用程序被执行时监控 HP 和 LP 核心 24 和 28 的核心利用率。核心简档模块 120 可指示出核心利用率何时处于某些预定阈值或在某些预定阈值之下。当需要从 LP 模式到 HP 模式或从 HP 模式到 LP 的切换以优化功率消耗和性能时，核心简档模块 120 可产生模式改变信号。功率管理系统在确定是否按要求改变模式时可利用该模式改变信号。

[0242] 更具体地，核心简档模块 120 可分别监控 HP 和 LP 核心 24 和 28 的处理速度。当 HP 核心 24 开始以低于第一预定阈值的第一处理速度操作时，核心简档模块 120 可指示需要将操作切换到 LP 核心 28。当 LP 核心 28 开始以高于第二预定阈值的第二处理速度操作时，核心简档模块 120 可指示需要将操作切换到 HP 核心 24。

[0243] 第一和第二预定阈值可为相等的或不相等的（以提供滞后 (hysteresis)）。换句

话说,第一预定阈值可低于第二预定阈值。第一和第二处理速度可在第一时段和第二时段内平均,以防止在处理速度瞬时改变期间切换。第一和第二时段可被设置为不同的时段以促进或延缓切换。第一时段、第二时段、第一预定阈值和第二预定阈值可由程序员预设或可以是用户定义的。通过这么做,用户可控制包括处理系统 20 的设备的功率耗散。当核心被切换时,线程转移模块 122 促进 HP 核心 24 和 LP 核心 28 之间的线程转移。

[0244] 现在参考图 3D,核心简档模块 120 可监控系统负荷。例如,可监控 HP 和 LP 核心 24 和 28 的一个或多个核心参数,以提供对核心利用率的指示。例如,核心简档模块 120 可监控处理速度、页面文件使用情况、输入 / 输出负荷、线程数、缓存使用情况和 / 或应用类型。CPU 使用情况可表示每单位时间操作的数量与核心的容量的比率。页面文件使用情况可表示页面文件的数量与页面文件的最大数量的比率。线程数可以是活动线程的数量。

[0245] 核心简档模块 120 可使用单个阈值。换句话说,到 HP 核心 24 的转变可发生在 LP 核心 28 的 CPU 使用情况在预定时段期间高于预定百分比时、页面文件使用情况大于预定页面文件数量时或者线程数大于预定线程数量时。核心简档模块 120 也可将多个标准合并成更复杂的条件。仅仅作为例子,核心简档模块 120 可能要求 LP 核心 28 的处理速度在预定时段期间高于最大速度的预定百分比并且输入 / 输出负荷大于预定值。也可使用滞后。设想了其他组合。

[0246] 现在参考图 4,其示出用于操作处理系统 20 的示例性方法 300。控制在块 304 开始,并前进到块 306。在块 306 中,控制确定当前操作模式。如果步骤 306 等于 HP,则控制继续进行步骤 308 并确定模式信号是否被设置为 LP 模式。如果步骤 308 为肯定,则控制继续步骤 310 并增大去往 LP 核心 28 和缓存 30 的功率。在步骤 312 中,控制确定 LP 核心 28 和缓存 30 是否准备好。在步骤 318 中,控制将在 HP 核心 24 上运行的指令、状态、线程等转移到 LP 核心 28。

[0247] 如果步骤 306 等于 LP,则控制继续进行步骤 328 并确定模式信号是否被设置为 HP 模式。如果步骤 328 为肯定,则控制继续进行步骤 330 并增大去往 LP 核心 24 和缓存 26 的功率。在步骤 332 中,控制确定 HP 核心 24 和缓存 26 是否准备好。在步骤 338 中,控制将在 LP 核心 28 上运行的指令、状态和 / 或线程转移到 HP 核心 24。

[0248] 现在参考图 5,其示出具有 HP 和 LP 核心的另一示例性系统。该系统包括 LP 核心 200 和 HP 核心 204,LP 核心 200 包括第一级 (L1) 缓存 202,HP 核心 204 包括 L1 缓存 206。LP 和 HP 核心 200 和 204 可通过总线 205 进行通信。可提供高速存储器 210。高速存储器 210 可包括静态随机存取存储器 (SRAM) 或其它适当的高速存储器。LP 和 HP 核心 200 和 204 可被实现为单独的 IC 并被布置为系统级封装 (SIP),或者被集成为 IC 或 SOC。高速存储器 210 也可与 LP 和 HP 核心 200 和 204 中的一个或两个集成。

[0249] LP 和 HP 核心 200 和 204 也可具有这里描述的属性中的一些或全部。LP 核心 200 可具有比 HP 核心 204 小的核心。除了 L1 缓存 202 和 206 以外,也可提供第二级 (L2) 缓存 208。L1 缓存 202 和 206 可与相应的 LP 和 HP 核心 200 和 204 集成。L2 缓存 208 可由核心 200 和 204 中的一个或两个利用。因为 L2 缓存 208 通常倾向于具有高泄漏电流和 / 或功率消耗,所以如果需要,则 L2 缓存的使用可被限制于 HP 核心 204。在一些实现方式中,HP 核心 204 可包括多个相同的核心。

[0250] LP 和 HP 核心 200 和 204 可利用不同 ISA 执行相同的操作系统 (OS),并可执行相

同的代码。作为 OS 的组成部分的内核模块 220 管理系统资源。仅仅作为例子, OS 可包括 **Linux®** 或其它适当的操作系统。内核模块 220 为应用程序 224 (例如, 应用程序 224-1, 224-2, ... 和 224-P) 在执行其功能时控制的资源 (例如, 高速存储器 210 或主存储器 228、LP 和 HP 核心 200 和 204、以及输入 / 输出设备 234) 提供最低级别抽象层。内核模块 220 一般通过进程间通信机制和系统调用来向应用程序 224 的进程提供这些资源。

[0251] 在引导 (boot up) 期间, 引导装载程序 (boot loader) 一般开始执行内核模块 220。内核模块 220 对其本身初始化并开始第一进程。随后, 内核模块 220 通常响应于外部事件 (例如应用程序 224 为了从内核模块 220 请求服务而使用的系统调用) 而执行, 或通过硬件部件向内核模块 220 通知事件所使用的中断而执行。内核模块 220 在没有进程可用来运行时也可执行空闲进程循环。

[0252] 可提供功率管理系统 (PMS) 模块 242 来管理功率消耗并根据所监控的系统负荷来发起或控制系统操作的改变。核心简档模块 240 可监控系统负荷, 例如核心负荷、输入 / 输出负荷、应用程序负荷和 / 或基于其它系统操作参数的负荷。

[0253] 例如, PMS 模块 242 可根据要求来控制 LP 核心 200 的不同操作频率之间的切换。换句话说, PMS 模块 242 可根据系统负荷, 处理 LP 核心 200 的 T 个不同操作速度之一之间的转变, 其中 T 是大于 1 的整数。例如, 在低负荷条件下, LP 核心 200 可最初以低于 100MHz 的速度操作。随着系统负荷的增加, PMS 模块 242 可能需要将操作速度增大到 200MHz。如可认识到的, 较高速度的操作也可与较高的功率消耗相关。可通过提高去往 LP 核心 200 和 / 或去往相关的时钟电路的电源电压  $V_{dd}$  来实现速度的增大。可采用额外的速度步骤来增大 LP 核心 200 的操作速度, 直到其最大处理速度。

[0254] 当 LP 核心 200 达到其最高操作速度并且出现额外的系统负荷时, 核心简档模块 240、PMS 模块 242 和 / 或内核模块 220 禁止中断, 并产生对监管器模块 213 或核心切换模块 212 的系统调用, 以触发转变。核心切换模块 212 可为独立的或可与监管器模块 213 集成。核心切换模块 212 可响应于系统调用而将操作从 LP 核心 200 转变 (切换) 到 HP 核心 204, 并在转变 (切换) 完成之后将控制返回到内核模块 220。

[0255] 术语“监管器”通常指允许多个操作系统同时为主计算机上运行的虚拟化平台。监管器可用于在一个 OS 操作时安全地暂停另一个 OS 的操作。监管器一般在内核之上操作。或者, 监管器可在内核之下操作。

[0256] 在本公开中, 术语“监管器”指允许主机设备使用多个不对称处理器的虚拟化平台, 这些处理器使用同一 OS。与不在受信区域中的其它用户应用程序相比, 监管器在受信区域中操作。受信区域是提供代码隔离的安全环境, 其中服务可被安全地执行, 而没有外部中断。监管器管理处理器之间的转移, 并在一个不对称处理器操作时暂停另一个不对称处理器的操作。或者, 监管器可用于运行使用多个 OS 的多个不对称处理器。

[0257] 根据核心切换模块 212 是否集成在监管器模块 213 中, 监管器模块 213 或核心切换模块 212 在引导之后从 RAM 或其它存储装置被加载到高速存储器 210 中。核心切换模块 212 在受信区域中切换核心。当一个核心的操作被暂停并移交到另一个核心时, PMS 模块 242 禁止对 LP 和 HP 核心 200 和 204 之一的中断。监管器模块 213 和 / 或核心切换模块 212 通过使核心与 OS 和应用程序隔离来提供硬件抽象, 并使核心的切换对 OS 和应用程序而言是透明的。

[0258] 核心切换模块 212 在内核模块 220 之上的级别上执行。因为核心切换模块 212 对 OS 和应用程序透明地切换核心,所以当核心切换模块 212 切换核心时,OS 和应用程序可照旧运行。

[0259] 在中断被 PMS 模块 242 禁止之后,核心切换模块 212 复制 LP 核心 200 的状态,启动 HP 核心 204,并利用 LP 核心 200 的状态来初始化 HP 核心 204。在 HP 核心 204 被初始化之后,核心切换模块 212 禁用 LP 核心 200。HP 核心 204 继续执行应用程序,且 PMS 模块 242 激活中断。

[0260] 在使用 HP 核心 204 执行指令之后,系统负荷可能最终降低。当系统负荷降低到预定点时,核心切换模块 212 可将操作从 HP 核心 204 转变回 LP 核心 200。如可认识到的,当需要相对低的处理速度时,采用核心切换的系统可受益于 LP 核心 200 的低功率消耗。当需要高速度处理时,可使用 HP 核心 204 并在处理负荷足够降低时将其关闭。

[0261] 现在参考图 6,其示出用于操作图 5 的 LP 和 HP 核心 200 和 204 的方法的步骤。控制以步骤 250 开始。在步骤 252,核心简档模块 240 监控 LP 核心 200 的系统负荷。在步骤 256,核心简档模块 240 确定是否有切换到 HP 核心 204 的需要。如果步骤 256 为否定,则控制返回到步骤 252。

[0262] 如果步骤 256 为肯定,则控制消息被发送到核心切换模块 212。核心切换模块 212 在步骤 260 读取 LP 核心 200 的状态(指针、寄存器、操作码(opcode)、操作数(operand)、程序计数器(PC)等)并将状态或表示 LP 核心 200 的状态的信息复制到高速存储器 210 中。在步骤 264,核心切换模块 212 将 HP 核心 204 转变到活动状态。核心切换模块 212 在步骤 268 将 LP 核心 200 的状态从高速存储器 210 加载到 HP 核心 204 中。在步骤 272,核心切换模块 212 将 LP 核心 200 转变到不活动状态。在步骤 276,HP 核心 204 在加载到 HP 核心 204 中的状态下继续执行。换句话说,操作在 LP 核心 200 进入不活动状态时的相同程序计数器值处继续。

[0263] 在步骤 280,在完成从 LP 核心 200 加载的指令之后,HP 核心 204 可在应用程序级开始执行。在步骤 288,核心简档模块 240 监控 HP 核心 204 的系统负荷。在步骤 292,核心简档模块 240 确定是否有切换到 LP 核心 200 的需要。

[0264] 如果步骤 292 为否定,则控制返回到步骤 288。否则,如果步骤 292 为肯定,则核心切换模块 212 在步骤 296 读取 HP 核心 204 的状态,并将状态或表示 HP 核心 204 的状态的信息复制到高速存储器 210 中。或者,状态可被直接复制到要启动的核心。在步骤 300,核心切换模块 212 将 LP 核心 200 转变到活动状态。在步骤 306,核心切换模块 212 将 HP 核心 204 的状态从高速存储器 210 加载到 LP 核心 200 中。

[0265] 在步骤 310,HP 核心 204 转变到不活动状态。在步骤 320,LP 核心 200 在加载的状态下继续执行。在步骤 324,在完成加载的指令之后,LP 核心 200 在应用程序级执行,且控制返回到步骤 252。

[0266] 现在参考图 7,其示出用于操作图 5 的 LP 和 HP 核心 200 和 204 的另一方法的步骤。控制在步骤 328 开始。在步骤 330,控制确定 LP 核心 200 是否是活动的。如果步骤 330 为肯定,则核心简档模块 240 监控 LP 核心 200 的速度或系统负荷。在步骤 338,核心简档模块 240 监控正执行的应用程序的类型。在步骤 342,控制确定是否有任何应用程序中被指定为 HP 类型。

[0267] 当应用程序被指定为 HP 类型应用程序时,到 HP 核心 204 的立即转变可发生在应用程序被发起时。HP 类型的应用程序可以是编程的和 / 或用户指定的。或者,可根据电池充电状态来选择 HP 应用程序。换句话说,除了当电池为低时,应用程序可默认为 HP 核心操作。当电池为低时,应用程序可被迫以减小的操作速度在 LP 核心上操作或根本不操作。其它应用程序可专门在 HP 核心 204 上执行。

[0268] 如果步骤 342 为否定,则控制在步骤 348 确定系统负荷是否大于第一阈值。如果步骤 348 为否定,则控制返回到步骤 330。如果步骤 348 为肯定,则控制继续进行步骤 352,并使用核心切换模块 212 转变到 HP 核心 204。在步骤 356,核心简档模块 240 监控 HP 核心 204 的系统负荷。在步骤 360,控制确定系统负荷是否小于第二阈值。如果步骤 360 为否定,则控制返回到步骤 356。如果步骤 360 为肯定,则控制在步骤 376 转变到 LP 核心 200,且控制返回到步骤 330。

[0269] 如果步骤 342 为肯定,则控制以步骤 364 继续,并使用核心切换模块 212 转变到 HP 核心 204。在步骤 368,控制确定 HP 类型的应用程序是否被关闭或以其它方式终止。如果步骤 368 为否定,则 HP 核心 204 继续执行 HP 类型的应用程序。如果步骤 368 为肯定,则控制以步骤 372 继续并确定在关闭 HP 类型的应用程序之后系统负荷是否小于第二速度阈值。如果步骤 372 为否定,则控制返回到步骤 372。如果步骤 372 为肯定,则控制在步骤 376 转变到 LP 核心 200,且控制返回到步骤 330。

[0270] 当 LP 核心对移动计算设备的硬件和软件的其余部分而言可能类似或看起来像 HP 核心时,核心切换对 OS 和应用程序可能是透明的。当 LP 核心类似于 HP 核心时,无需进行任何修改或线程着色 (thread-coloring),为 LP 核心排定的线程就可对 HP 核心排定,反之亦然。换句话说,应用程序可由任一核心执行,而不考虑任一核心的线程的特性。因此,核心切换变得对 OS 和应用程序而言透明。

[0271] 当 LP 和 HP 核心具有相同或兼容的关键核心寄存器和接口时,LP 核心可类似于 HP 核心。关键核心寄存器和接口的例子包括 CPUID 寄存器、调试寄存器、缓存组织和控制寄存器、CP 寄存器、跟踪 (trace) 宏、存储器管理单元 (MMU) 和性能管理单元 (PMU)。此外或作为替代,LP 核心可实现寄存器映射接口和 / 或微序列器来获得与 HP 核心的动态兼容性。作为替代或此外,LP 核心的指令集可与 HP 核心的指令集相同或是 HP 核心的指令集的子集。

[0272] 现在参考图 8A 和 8B,当核心正被核心切换模块切换时,胶合逻辑模块 380 可用于每次激活 (即,启动) 仅一个核心。在图 8A 中,胶合逻辑模块 380 可接收来自移动设备的其它硬件和软件的外部中断 (例如,IRQ 和 FIQ) 和其它输入 (例如,跟踪宏和调试)。此外,当 LP 和 HP 核心 200 和 204 正被切换时,胶合逻辑模块 380 可从 LP 和 HP 核心 200 和 204 接收唤醒交换信号。唤醒交换信号指示出在核心切换期间 LP 和 HP 核心 200 和 204 中的一个何时醒来而另一个何时关闭。基于唤醒交换信号,胶合逻辑模块 380 可将中断和其它输入路由到 LP 和 HP 核心 200 和 204 中在核心被切换之后活动的一个核心。

[0273] 具体地,在图 8B 中,胶合逻辑模块 380 可包括中断控制和复用设备 382、跟踪宏和调试复用设备 384 以及复用控制模块 386。中断控制和复用设备 382 可接收外部中断,并可根据外部中断为 LP 和 HP 核心 200 和 204 产生掩蔽的中断和等待中断 (WFI) 信号。跟踪宏和调试复用设备 384 可接收用于 LP 和 HP 核心 200 和 204 的跟踪宏和调试输入。

[0274] 复用控制模块 386 可接收唤醒交换信号,并可根据唤醒交换信号产生复用控制信

号。复用控制信号可指示出 LP 和 HP 核心 200 和 204 中的哪一个在核心切换完成之后的某一时刻是活动的。或者,核心切换模块可根据唤醒交换信号来控制中断控制和复用设备 382 以及跟踪宏和调试复用设备 384。

[0275] 根据复用控制信号,中断控制和复用设备 382 可将掩蔽的中断和 WFI 信号路由到 LP 和 HP 核心 200 和 204 中在核心被切换之后活动的核心。跟踪宏和调试复用设备 384 可将跟踪宏和 / 或调试信号路由到 LP 和 HP 核心 200 和 204 中在核心被切换之后活动的核心。这样,LP 和 HP 核心 200 和 204 中在某个时刻只有一个是活动的并执行应用程序。

[0276] LP 和 HP 核心 200 和 204 具有对称的通信能力,这是因为胶合逻辑模块 380 对称地与 LP 和 HP 核心 200 和 204 进行通信。具体地,由中断控制和复用设备 382 以及跟踪宏和调试复用设备 384 产生的信号被对称地传递到 LP 和 HP 核心 200 和 204。因此,不管 LP 和 HP 核心 200 和 204 中的哪个在某个时刻是活动的,LP 和 HP 核心 200 和 204 的硬件接口和信令能力都是类似的。这使移动设备的其它硬件能够与任一核心通信,而不考虑或不识别哪个核心是活动的。

[0277] 此外,由于对称通信,LP 和 HP 核心 200 和 204 的可编程性是类似的。具体地,应用程序可在活动的 LP 核心 200 或 HP 核心 204 上透明地运行,而不考虑或不识别哪个核心是活动的。胶合逻辑模块 380 所提供的硬件和软件透明度或对称性使硬件和软件厂商能够正常使用、修改、开发和 / 或添加产品,就好像只有一个核心存在一样。

[0278] 当 HP 核心 204 包括多个相同的核心时,中断控制和复用设备 382 可为相应的核心产生掩蔽的中断和 WFI 信号。此外,跟踪宏和调试复用设备 384 可将跟踪宏和调试信号路由到相应的核心。

[0279] 现在参考图 9A 和 9B,其示出使用动态核心切换来优化移动设备的功率消耗的功率管理系统 (PMS) 400。在图 9A 中,PMS 400 包括 PMS 模块 402、核心序列模块 413、核心切换模块 414 和胶合逻辑模块 380。在一些实现方式中,核心切换模块 414 可与监管器模块 415 集成。PMS 模块 402 包括功率控制模块 404、性能简档模块 406、空闲简档模块 408、OS 任务简档模块 410 和核心简档模块 412。PMS 模块 402 根据用户简档、正被执行的应用程序的类型、从 OS 接收的输入以及通过相应的设备驱动器接收的各种硬件设备的状态来管理功率消耗。

[0280] 功率控制模块 404 可通过用户简档从用户接收关于功率 / 性能的输入。例如,用户可指定应用程序的性能级别,而不考虑所带来的功率消耗。此外,功率控制模块 404 可从性能简档模块 406、空闲简档模块 408、OS 任务简档模块 410 和核心简档模块 412 接收输入。

[0281] 性能简档模块 406 可产生指示出应用程序的当前性能和所要求或期望的性能的输出。例如,性能简档模块 406 可对功率控制模块 404 和核心简档模块 412 指示参数,这些参数包括应用程序的当前核心利用率、缓存缺失率以及系统负荷是以存储器为主的、以核心为主的还是以 I/O 为主的。性能简档模块 406 可部分地根据从 OS 服务模块 416、设备驱动器模块 418 和核心 420 接收的输入产生输出。核心 420 可包括 LP 和一个或多个 HP 核心。

[0282] OS 服务模块 416 可包括内核输入 / 输出控制 (IOCTL) 模块 422 和调度模块 424。内核 IOCTL 模块 422 可将当前的 I/O 使用情况报告给功率控制模块 404。调度模块 424 可调度 OS 任务。OS 任务的例子包括任务数、进程数和线程量 (thread quantum)。OS 任务的调度由 OS 任务简档模块 410 监控并被报告给功率控制模块 404。空闲简档模块 408 可从

OS 服务模块 416 接收输入,并可在核心 420 空闲时向功率控制模块 404 报告。

[0283] 设备驱动器模块 418 可包括控制移动计算设备的硬件设备的设备驱动器。例如,设备驱动器模块 418 可包括电池驱动器模块 426,电池驱动器模块 426 根据从 PMS 模块 402 接收的信号控制移动计算设备的电池。电池驱动器模块 426 可将电池的状态报告给功率控制模块 404。

[0284] 此外,设备驱动器模块 418 可包括功率管理中断控制 (PMIC) 模块 428,PMIC 模块 428 根据从 PMS 模块 402 接收的输入来控制硬件设备所消耗的功率。设备驱动器模块 418 可包括监控性能或资源利用率参数的性能监控单元 (PMU) 模块 430。资源利用率参数可包括 OS 和正被核心 420 执行的应用程序的存储器使用情况、缓存使用情况、总线使用情况、I/O 使用情况和 CPU 使用情况。PMU 模块 430 可将资源利用率参数报告给性能简档模块 406。具体地,当应用程序被核心 420 之一执行时,PMU 模块 430 可在各种资源利用率参数越过(即,超过或下降到低于)相应的预定阈值时进行报告。阈值可以是可编程的。

[0285] 设备驱动器模块 418 还可包括监控硬件设备的状态的设备超时和状态监控模块 432。设备超时和状态监控模块 432 在硬件设备中的任一个是空闲的或由于缺乏可用来执行所请求的任务的足够资源而已超时的时候,向功率控制模块 404 报告。功率控制模块 404 可关闭空闲的硬件设备以节约功率。或者,功率控制模块 404 可启动(即,开始上电)额外的资源,以便硬件设备可通过完成所请求的任务而不是超时来表现性能。

[0286] 核心简档模块 412、核心序列模块 413 和核心切换模块 414 实现核心变形。核心简档模块 412 可根据应用程序的执行的历史记录或日志来预期或预测功率/性能要求。例如,核心简档模块 412 可根据数据缓存缺失率、指令缓存缺失率和/或正被核心 420 中活动的那个每周期所执行的指令,来预测应用程序的每秒百万指令 (MIPS) 的数量要求。核心简档模块 412 可从性能简档模块 406、空闲简档模块 408 和 OS 任务简档模块 410 中的至少一个接收历史纪录。根据历史记录,核心简档模块 412 可预期或预测应用程序可能要求的功率/性能。

[0287] 核心简档模块 412 可在功率/性能要求改变到大于或小于阈值的值时产生事件。例如,核心简档模块 412 可在核心利用率或缓存缺失率超过相应的预定阈值时产生事件。该事件是对根据功率/性能要求的改变来切换核心的请求。此外,核心简档模块 412 可监控核心切换的频率并产生事件以使摆动 (thrash)(即,核心 420 的不必要切换)达到最低限度。例如,核心简档模块 412 可监控核心 420 在预定的时间段内被切换的次数。核心简档模块 412 可在该次数超过动态可编程的阈值时产生事件。当该事件被接收时,功率控制模块 404 可决定单独根据该事件来切换核心。或者,功率控制模块 404 可分析包括资源利用率(过去的、当前的和计划的)在内的所有接收到的信息,并确定是否切换核心。

[0288] 有时,尽管有该事件,功率控制模块 404 也可忽略核心简档模块 412 并且决定不切换核心。例如,当移动设备由线路电源供电且 HP 核心是活动的核心时,虽然该事件可能指示出性能要求为低,但是功率控制模块 404 可以不切换核心。或者,当 HP 核心是活动的核心且应用程序被指定为高性能应用程序时,虽然移动设备不由线路电源供电且该事件由于低电池而请求到 LP 核心的切换,但是功率控制模块 404 可以不切换核心。

[0289] 在图 9B 中,核心序列模块 413 可包括频率改变序列 (FCS) 模块 434、电压改变序列 (VCS) 模块 436 和核心改变序列 (CCS) 模块 438。当核心简档模块 412 用信号通知事件



时,功率控制模块 404 可产生对内核 IOCTL 模块 422 的以下三种调用中的至少一种: FCS 调用、VCS 调用和 / 或 CCS 调用。内核 IOCTL 模块 422 又可产生以下三种序列中的至少一种: 频率改变序列、电压改变序列和 / 或核心改变序列。

[0290] 根据所接收的频率改变序列, FCS 模块 434 可产生改变活动的核心的时钟频率的信号。根据所接收的电压改变序列, VCS 模块 436 可产生改变活动核心的电源电压的信号。根据所接收的核心改变序列, CCS 模块 438 可产生切换核心 420 的信号。CCS 模块 438 可结合频率和 / 或电压改变序列发起核心改变序列。核心改变序列降低系统开销、系统等待时间和核心转变时间。现在更详细地描述 CCS 模块 438。

[0291] 当功率控制模块 404 决定切换核心时, PMS 模块 402 禁止中断并产生对监管器模块 415 和 / 或核心切换模块 414 的系统调用以切换核心 420。根据系统调用, CCS 模块 438 产生调用并将该调用输出到监管器模块 415 和 / 或核心切换模块 414。监管器模块 415 和 / 或核心切换模块 414 切换核心 420。在核心 420 被切换之后, 监管器模块 415 和 / 或核心切换模块 414 将控制返回到内核 IOCTL 模块 422 和 / 或 OS 服务模块 416。随后, 新启动的核心继续操作, 且 PMS 模块 402 激活中断。

[0292] 下面是当 CCS 模块 438 可发起核心改变序列时的一些例子。CCS 模块 438 可在 LP 核心的核心利用率大于或等于高预定阈值时发起核心改变序列, 以从 LP 核心切换到 HP 核心。仅仅作为例子, 高预定阈值可为诸如 80% 或 90% 之类的百分比。CCS 模块 438 可在 LP 核心的核心利用率在预定时间段内大于或等于高预定阈值时发起核心改变序列。该预定时间段可以短或长。仅仅作为例子, 该预定时间段可为两秒或十秒。高预定阈值和预定时间段可被编程以优化性能、功率并使可能不必要的核心切换达到最低限度。

[0293] CCS 模块 438 可在 LP 核心的预期核心利用率大于或等于高预定阈值时发起核心改变序列。可根据正被执行的应用程序的类型和 / 或应用程序的执行历史记录, 来确定预期核心利用率。仅仅作为例子, 被用户标记为需要高性能的应用程序可发起从 LP 核心到 HP 核心的核心切换。

[0294] CCS 模块 438 可在 HP 核心的核心利用率小于或等于低预定阈值时发起核心改变序列, 以从 HP 核心切换到 LP 核心。仅仅作为例子, 低预定阈值可为诸如 5% 或 10% 之类的百分比。CCS 模块 438 可在 HP 核心的核心利用率在预定时间段内小于或等于低预定阈值时发起核心改变序列。该预定时间段可以短或长。仅仅作为例子, 该预定时间段可为两秒或十秒。低预定阈值和预定时间段可被编程以优化性能、功率并使可能不必要的核心切换达到最低限度。

[0295] CCS 模块 438 可根据正被 LP 和 HP 核心之一执行的应用程序的数量来发起核心改变序列。仅仅作为例子, 当正被执行的应用程序的数量为 10 或更多时, 核心可从 LP 核心切换到 HP 核心, 而当正被执行的应用程序的数量为 10 或更少时, 核心可从 HP 核心切换到 LP 核心。CCS 模块 438 可根据应用程序的类型发起核心改变序列。仅仅作为例子, 当正被执行的应用程序被指定为需要高性能时, 核心可从 LP 核心切换到 HP 核心。最后, CCS 模块 438 可根据被调度来由核心之一执行的指令的类型来发起核心改变序列。仅仅作为例子, 当 LP 核心正执行应用程序并且被调度来执行的指令可由 HP 核心而不是 LP 核心执行时, 核心可从 LP 核心切换到 HP 核心。

[0296] 更具体地, CCS 模块 438 可如下产生切换核心 420 的信号。当 CCS 模块 438 接收

到核心改变序列时, CCS 模块 438 将调用输出到监管器模块 415 和 / 或核心切换模块 414。核心切换模块 414 根据核心改变序列切换核心 420。具体地, 核心切换模块 414 将活动的核心的状态转移到不活动的核心, 在活动和不活动的核心 420 之间执行握手, 并如下执行核心切换。

[0297] 当 PMS 模块对核心 420 禁止中断时, 核心切换模块 414 开始核心切换。核心切换模块 414 暂停 OS 和应用程序的执行并将核心 420 与 OS 和应用程序隔离开。核心切换模块 414 可保存活动的核心的状态, 包括核心寄存器、CP 寄存器、堆栈指针、程序计数器、PMU 事件和 MMU 配置。核心切换模块 414 通过开启或增大去往时钟、L2 缓存 (例如, 如果不活动的核心是 HP 核心) 和不活动的核心的功率供应来启动不活动的核心。

[0298] 根据从不活动的核心接收的唤醒交换信号, 核心切换模块 414 确定不活动的核心是否在唤醒信号被输出到不活动的核心后的预定时间内醒来 (即, 上电)。如果不活动的核心在预定时间内不确认 (即, 不醒来或上电), 则核心切换模块 414 重新加载活动的核心的状态。核心切换模块 414 将控制返回到内核 IOCTL 模块 422 和 / 或 OS 服务模块 416。活动的核心根据重新加载的状态继续执行应用程序, 且 PMS 模块 402 对活动的核心激活中断。

[0299] 相反, 如果核心切换模块 414 在预定时间内从不活动的核心接收到确认, 则核心切换模块 414 将先前活动的核心的状态转移到新启动的核心。核心切换模块 414 利用先前活动的核心的状态来初始化新启动的核心。在新启动的核心被初始化之后, 核心切换模块 414 通过关闭或减少去往时钟、L2 缓存 (例如, 如果先前活动的核心是 HP 核心) 和先前活动的核心的功率供应, 来将先前活动的核心关闭到不活动的状态。核心切换模块 414 将控制返回到内核 IOCTL 模块 422 和 / 或 OS 服务模块 416。新启动的核心根据加载的状态继续执行应用程序。PMS 模块 402 对活动核心激活中断。这样, 核心切换模块 414 安全地并与 OS 和应用程序隔离地切换核心, 并使核心切换对 OS 和应用程序透明。

[0300] 当核心切换模块 414 将操作从 LP 核心切换到 HP 核心时, OS 和应用程序继续运行, 就好像它们以升高的频率或电源电压在单个核心上继续执行一样。另一方面, 当核心切换模块 414 将操作从 HP 核心切换到 LP 核心时, OS 和应用程序继续运行, 就好像它们以降低的频率或电源电压在单个核心上继续执行一样。

[0301] 核心切换模块 414 和 / 或监管器模块 415 可将在核心切换期间由核心 420 交换的握手信息传递到胶合逻辑模块 380。握手信息可包括指示出核心 420 中的哪个是活动的、中断何时被禁止 / 激活等的信号。根据握手信号, 胶合逻辑模块 380 将中断和来自应用程序的其它信号路由到核心 420 中活动的那个。

[0302] 在使用中, 核心 1 可为 LP 核心, 而核心 2 可为 HP 核心。移动计算设备通常可使用核心 1 执行大多数应用程序。核心 1 可在分别由频率改变序列和电压改变序列指定的频率和电压级别上操作。频率改变序列可包括按需要而顺序地增大或减小活动的核心的时钟频率的控制信号。电压改变序列可包括按需要而顺序地增大或减小活动的核心的电源电压的控制信号。

[0303] 当需要高性能时 (例如, 当核心 1 的利用率在当前时钟频率和电源电压下为最大时), FCS 模块 434 可根据为核心 1 产生的频率改变序列在一频率范围内从低到高改变核心 1 的时钟频率, 直到达到核心 1 的最高和 / 或期望操作频率为止。作为替代或此外, VCS 模块 436 可根据为核心 1 产生的电压改变序列在一电压范围内从低到高改变核心 1 的电源电

压,直到达到核心 1 的最高和 / 或期望工作电源电压为止。

[0304] 当应用程序要求更高的性能时(即,当核心 1 的利用率在最高频率和电压下为最大时),核心切换模块 414 可开始核心切换。核心切换模块 414 可启动核心 2,将核心 1 的状态移交到核心 2,并关闭核心 1 或以其它方式使核心 1 成为不活动的。具体地,核心切换模块 414 可禁用核心 1 并复制核心 1 的状态。然后,核心切换模块 414 可使核心 2 上电。在上电时,当核心 2 初始化时,核心切换模块 414 可将核心 1 的状态移交到核心 2。也就是说,核心切换模块 414 可利用核心 1 的状态来重置核心 2。此后,核心切换模块 414 可关闭核心 1。核心 2 可使用核心 1 的状态在核心 1 进入不活动状态处继续执行应用程序。PMS 模块 402 可激活中断。调度模块 424 可将本来要由核心 1 执行的线程调度来由核心 2 执行。

[0305] 最初,核心 2 可在分别由频率改变序列和电压改变序列指定的频率和电压级别上操作。随后,FCS 模块 434 可根据应用程序所要求的性能水平,在一频率范围内从低到高然后从高到低改变核心 2 的时钟频率。作为替代或此外,VCS 模块 436 可根据应用程序所要求的性能水平,在一电压范围内从低到高并从高到低改变核心 2 的电源电压。如果 HP 核心包括多个核心 2,则随着应用程序所要求的性能水平继续改变,每个其他的核心 2 可被启动和禁用。

[0306] 当应用程序所要求的性能水平降低到核心 2 所表现的性能不再最佳的、有效的、期望的和 / 或可能的这样一个水平时,核心切换模块 414 可切换核心。核心切换模块 414 可启动核心 1,将核心 2 的状态移交到核心 1,并关闭核心 2 或以其它方式使核心 2 成为不活动的。具体地,核心切换模块 414 可禁用核心 2 并复制核心 2 的状态。然后,核心切换模块 414 可使核心 1 上电。在上电时,当核心 1 初始化时,核心切换模块 414 可将核心 2 的状态移交到核心 1。也就是说,核心切换模块 414 可利用核心 2 的状态来重置核心 1。核心 1 可使用核心 2 的状态在核心 2 进入不活动状态处继续执行应用程序。PMS 模块 402 可激活中断。此后,核心切换模块 414 可关闭核心 2。调度模块 424 可将本来要由核心 2 执行的线程调度为由核心 1 执行。

[0307] 现在参考图 9C,示例性核心切换模块 414 可包括模式切换模块 414-1、核心启动模块 414-2 和状态转移模块 414-3。当操作将从 LP 模式切换到 HP 模式或从 HP 模式切换到 LP 模式时,模式切换模块 414-1 接收控制信号。在对当前活动的核心的中断被禁止之后,核心启动模块 414-2 停止当前活动的核心(例如,核心 1)正执行的应用程序的处理。核心启动模块 414-2 启动当前不活动的核心(例如,核心 2)并监控当前不活动的核心是否上电。在新启动的核心(例如,核心 2)上电之后,状态转移模块 414-3 将当前活动的核心的状态转移到新启动的核心。新启动的核心继续应用程序的指令的执行,且核心启动模块 414-2 激活对新启动的核心的中断。核心启动模块 414-2 关闭核心 1。

[0308] 这样,核心切换模块 414 可动态地切换核心 420,并降低功率消耗和提高移动设备的性能。此外,因为当核心 420 被切换时,核心切换模块 414 安全地并隔离地将一个核心的状态移交到另一个,所以核心 420 的切换对在核心 420 上运行的应用程序和 OS 是透明的。因此,核心 420 与现有处理硬件是插接兼容的,并可在没有任何硬件修改的情况下代替现有处理硬件。

[0309] 现在参考图 10,其示出用于使用核心切换模块 414 来切换核心 420 的方法 500。控制在步骤 502 开始。控制在步骤 504 确定核心简档模块 412 是否产生事件以切换核心

420(例如,从活动的核心(核心1)到不活动的核心(核心2))。如果步骤504的结果为否定,则控制等待,直到核心简档模块412产生事件以切换核心420为止。如果步骤504的结果为肯定,则功率控制模块404在步骤506根据当前和/或预期的资源利用率来确定核心420是否可被切换。如果步骤506的结果为否定,则控制忽视该事件并返回到步骤504。如果步骤506的结果为肯定,则控制前进到步骤508。

[0310] 控制在步骤508禁止中断。核心1在步骤510完成核心1正执行的任何未决的读取/写入(R/W)命令。控制在步骤512产生对核心切换模块414的系统管理中断(SMI)调用,以切换核心420(例如,禁用活动核心(核心1),并启动不活动核心(核心2))。

[0311] 控制在步骤514保存活动核心(核心1)的状态。为了一致性,控制在步骤516冲刷(flush)核心1的L1缓存。控制在步骤518将事件发送到不活动的核心(核心2)。控制在步骤520确定核心2是否已通过上电并通过转变到活动状态而确认该事件。如果步骤520的结果为肯定,则控制在步骤521关闭核心1或以其它方式减小核心1的功率。控制在步骤522将所保存的核心1的状态加载到核心2中。在步骤524,核心2在核心1关闭处继续应用程序的执行。控制在步骤526激活中断。控制返回到步骤504。

[0312] 然而,如果步骤520的结果为否定(即,如果核心2不确认该事件且不上电),则控制在步骤528将核心1的状态重新加载到核心1中。核心1在步骤530继续应用程序的执行。控制在步骤532激活中断。控制返回到步骤504。

[0313] 图11A-11E示出了结合本公开的教导的各种示例性实现方式。在图11A中,本公开的教导可以实现在蜂窝电话858的多核控制模块中。蜂窝电话858包括蜂窝电话控制模块860、电源862、存储器864、存储设备866以及蜂窝网络接口867,该蜂窝网络接口867可包括天线。蜂窝电话858可包括网络接口868、麦克风870、音频输出872(例如扬声器和/或输出插孔)、显示器874以及用户输入设备876(例如键区和/或点选设备)。如果网络接口868包括无线局域网接口,则可包括天线869。

[0314] 蜂窝电话控制模块860可实现根据本公开教导的多核控制模块。蜂窝电话控制模块860可接收来自蜂窝网络接口867、网络接口868、麦克风870和/或用户输入设备876的输入信号。蜂窝电话控制模块860可对信号进行处理,包括编码、解码、滤波和/或格式化,并生成输出信号。输出信号可被传输到存储器864、存储设备866、蜂窝网络接口867、网络接口868和音频输出872中的一个或多个。

[0315] 存储器864可包括随机存取存储器(RAM)和/或非易失性存储器。非易失性存储器可包括任何合适类型的半导体或固态存储器,例如闪存(包括NAND和NOR闪存)、相变存储器、磁RAM以及其中每个存储器单元具有多于两个状态的多态存储器。存储设备866可包括光学存储驱动器(例如DVD驱动器)和/或硬盘驱动器(HDD)。电源862向蜂窝电话858的组件提供功率。

[0316] 在图11B中,本公开的教导可以实现在无线手持机958的多核控制模块中。无线手持机958包括电话控制模块960、电源962、存储器964、存储设备966以及基站接口967,该基站接口967可包括天线(未示出)。无线手持机958可包括麦克风970、音频输出972(例如扬声器和/或输出插孔)、显示器974以及用户输入设备976(例如键区和/或点选设备)。

[0317] 手持机控制模块960可实现根据本公开教导的多核控制模块。手持机控制模块

960 可接收来自基站接口 967、网络接口 968、麦克风 970 和 / 或用户输入设备 976 的输入信号。手持机控制模块 960 可对信号进行处理,包括编码、解码、滤波和 / 或格式化,并生成输出信号。输出信号可被传输到存储器 964、存储设备 966、基站接口 967 和音频输出 972 中的一个或多个。

[0318] 存储器 964 可包括随机存取存储器 (RAM) 和 / 或非易失性存储器。非易失性存储器可包括任何合适类型的半导体或固态存储器,例如闪存 (包括 NAND 和 NOR 闪存)、相变存储器、磁 RAM 以及其中每个存储器单元具有多于两个状态的多态存储器。存储设备 966 可包括光学存储驱动器 (例如 DVD 驱动器) 和 / 或硬盘驱动器 (HDD)。电源 962 向无线手持机 958 的组件提供功率。

[0319] 在图 11C 中,本公开的教导可以实现在移动设备 989 的多核控制模块中。移动设备 989 可包括移动设备控制模块 990、电源 991、存储器 992、存储设备 993、网络接口 994 以及外部接口 999。如果网络接口 994 包括无线局域网接口,则可包括天线 (未示出)。

[0320] 移动设备控制模块 990 可实现根据本公开教导的多核控制模块。移动设备控制模块 990 可接收来自网络接口 994 和 / 或外部接口 999 的输入信号。外部接口 999 可包括 USB、红外和 / 或以太网。输入信号可包括压缩的音频和 / 或视频,并且可以遵循 MP3 格式。此外,移动设备控制模块 990 可接收来自用户输入 996 的输入,该用户输入 996 例如是键区、触摸板或独立的按钮。移动设备控制模块 990 可对输入信号进行处理,包括编码、解码、滤波和 / 或格式化,并生成输出信号。

[0321] 移动设备控制模块 990 可向音频输出 997 输出音频信号,并向显示器 998 输出视频信号。音频输出 997 可包括扬声器和 / 或输出插孔。显示器 998 可呈现图形用户界面,该界面可包括菜单、图标等。电源 991 向移动设备 989 的组件提供功率。存储器 992 可包括随机存取存储器 (RAM) 和 / 或非易失性存储器。

[0322] 非易失性存储器可包括任何合适类型的半导体或固态存储器,例如闪存 (包括 NAND 和 NOR 闪存)、相变存储器、磁 RAM 以及其中每个存储器单元具有多于两个状态的多态存储器。存储设备 993 可包括光学存储驱动器 (例如 DVD 驱动器) 和 / 或硬盘驱动器 (HDD)。移动设备可包括个人数字助理、媒体播放器、膝上型计算机、游戏机或其他移动计算设备。

[0323] 在图 11D 中,本公开的教导可以实现在全球定位系统 (GPS) 1089 的多核控制模块中。GPS 1089 可包括 GPS 控制模块 1090、电源 1091、存储器 1092、存储设备 1093 和外部接口 1099。

[0324] GPS 控制模块 1090 可实现根据本公开教导的多核控制模块。GPS 控制模块 1090 可接收来自外部接口 1099 的输入信号。外部接口 1099 可包括无线信号、USB、红外和 / 或以太网。输入信号可包括压缩的音频和 / 或视频,并且可以遵循 MP3 格式。此外,GPS 控制模块 1090 可接收来自用户输入 1096 的输入,该用户输入 1096 例如是键区、触摸板或独立的按钮。GPS 控制模块 1090 可对输入信号进行处理,包括编码、解码、滤波和 / 或格式化,并生成输出信号。

[0325] GPS 控制模块 1090 可向音频输出 1097 输出音频信号,并向显示器 1098 输出视频信号。音频输出 1097 可包括扬声器和 / 或输出插孔。显示器 1098 可呈现图形用户界面,该界面可包括菜单、图标等。电源 1091 向 GPS 1089 的组件提供功率。存储器 1092 可包括

随机存取存储器 (RAM) 和 / 或非易失性存储器。

[0326] 非易失性存储器可包括任何合适类型的半导体或固态存储器, 例如闪存 (包括 NAND 和 NOR 闪存)、相变存储器、磁 RAM 以及其中每个存储器单元具有多于两个状态的多态存储器。存储设备 1093 可包括光学存储驱动器 (例如 DVD 驱动器) 和 / 或硬盘驱动器 (HDD)。移动设备可包括个人数字助理、媒体播放器、膝上型计算机、游戏机或其他移动计算设备。

[0327] 在图 11E 中, 本公开的教导可以实现在桌上型计算机和 / 或服务器 1100 的多核控制模块 1103 中。桌上型计算机和 / 或服务器 1100 可包括多核处理系统 1102, 该多核处理系统 1102 包括多核控制模块 1103。桌上型计算机和 / 或服务器 1100 还可包括 I/O 核心 1104、存储器 1106 和 I/O 设备 1108。桌上型计算机和 / 或服务器 1100 可由电源 1112 供电。

[0328] 多核处理系统 1102、I/O 核心 1104 和存储器 1106 可经由系统总线 1110 通信。I/O 设备 1108 可包括硬盘驱动器 (HDD)、光盘 (CD) 驱动器、数字多功能盘 (DVD) 驱动器、显示器、键盘和其他 I/O 设备。I/O 核心 1104 可包括对 I/O 设备 1108 进行控制的 I/O 控制器。多核处理系统 1102 可执行存储在 HDD、CD 驱动器和 / 或 DVD 驱动器上的操作系统 (OS) 和应用程序。当多核处理系统 1102 执行应用程序时, 多核控制模块 1103 可提供提高的功率节约和提高的性能。

[0329] 本领域的技术人员现在可从以上描述中意识到本公开的宽泛教导可通过多种形式实现。因此, 虽然本公开包括具体示例, 但是本公开的真实范围不应当局限于此, 因为在研究附图、说明书和所附权利要求之后本领域的技术人员可以明白其他修改。

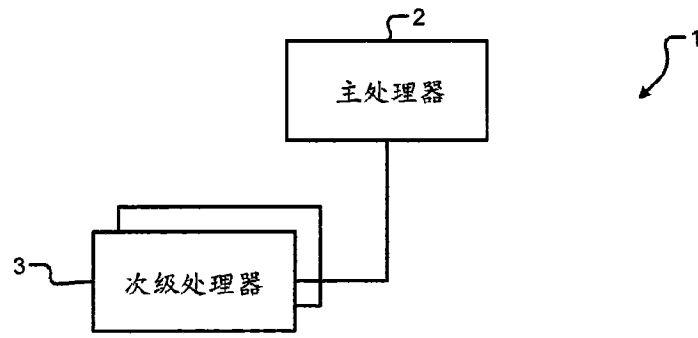


图 1A

现有技术

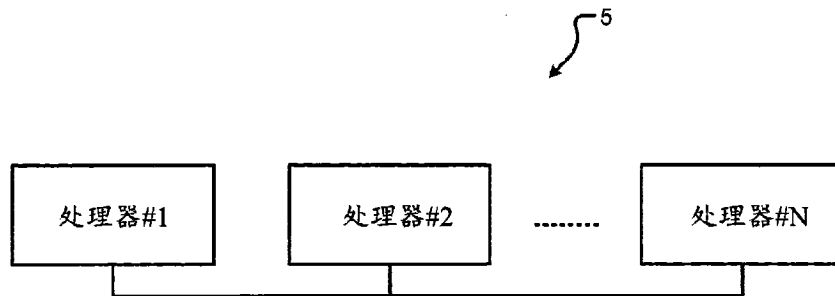


图 1B

现有技术

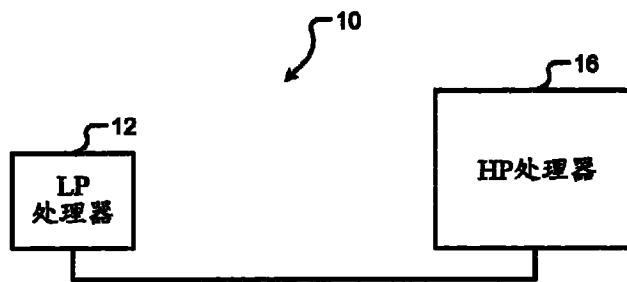


图 2

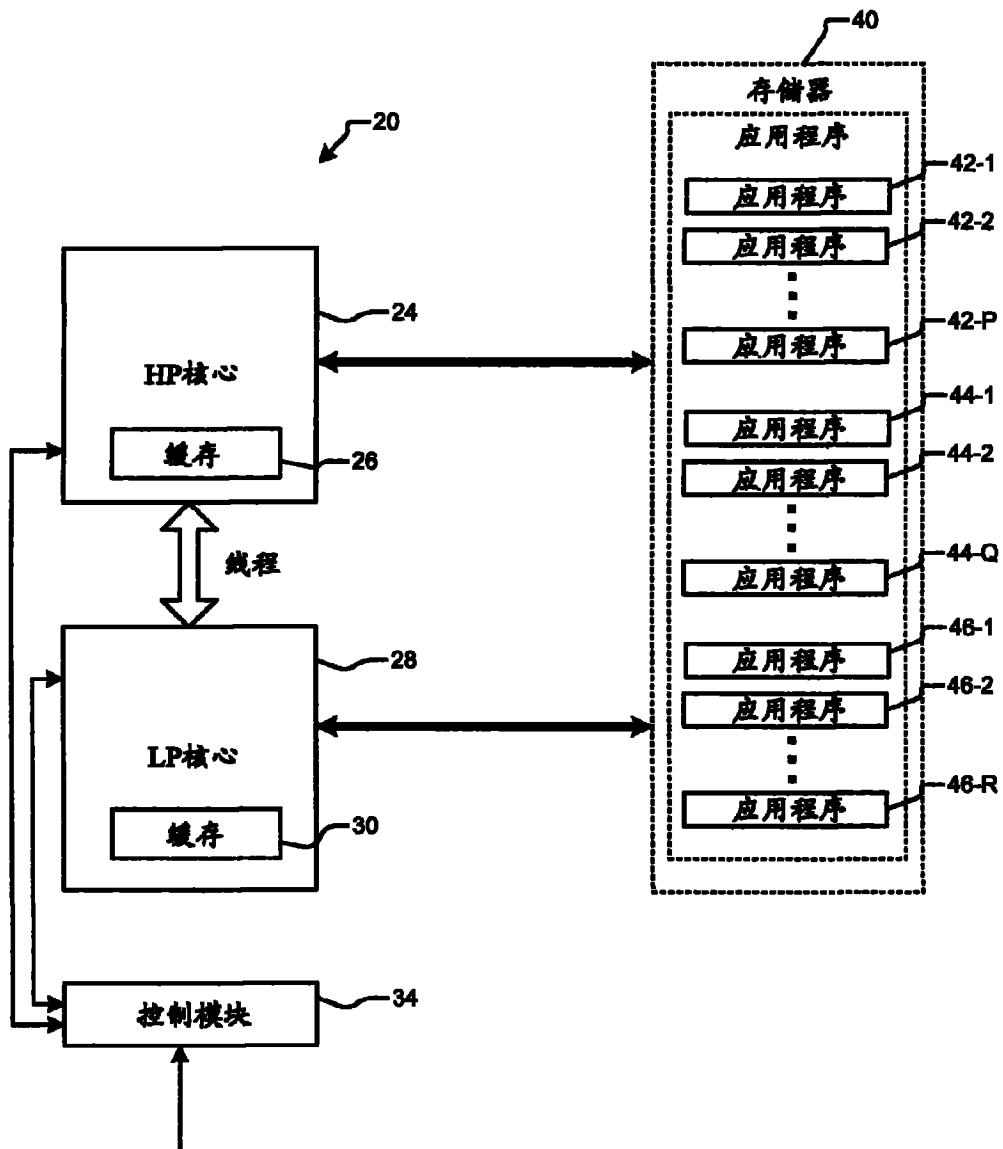


图 3A



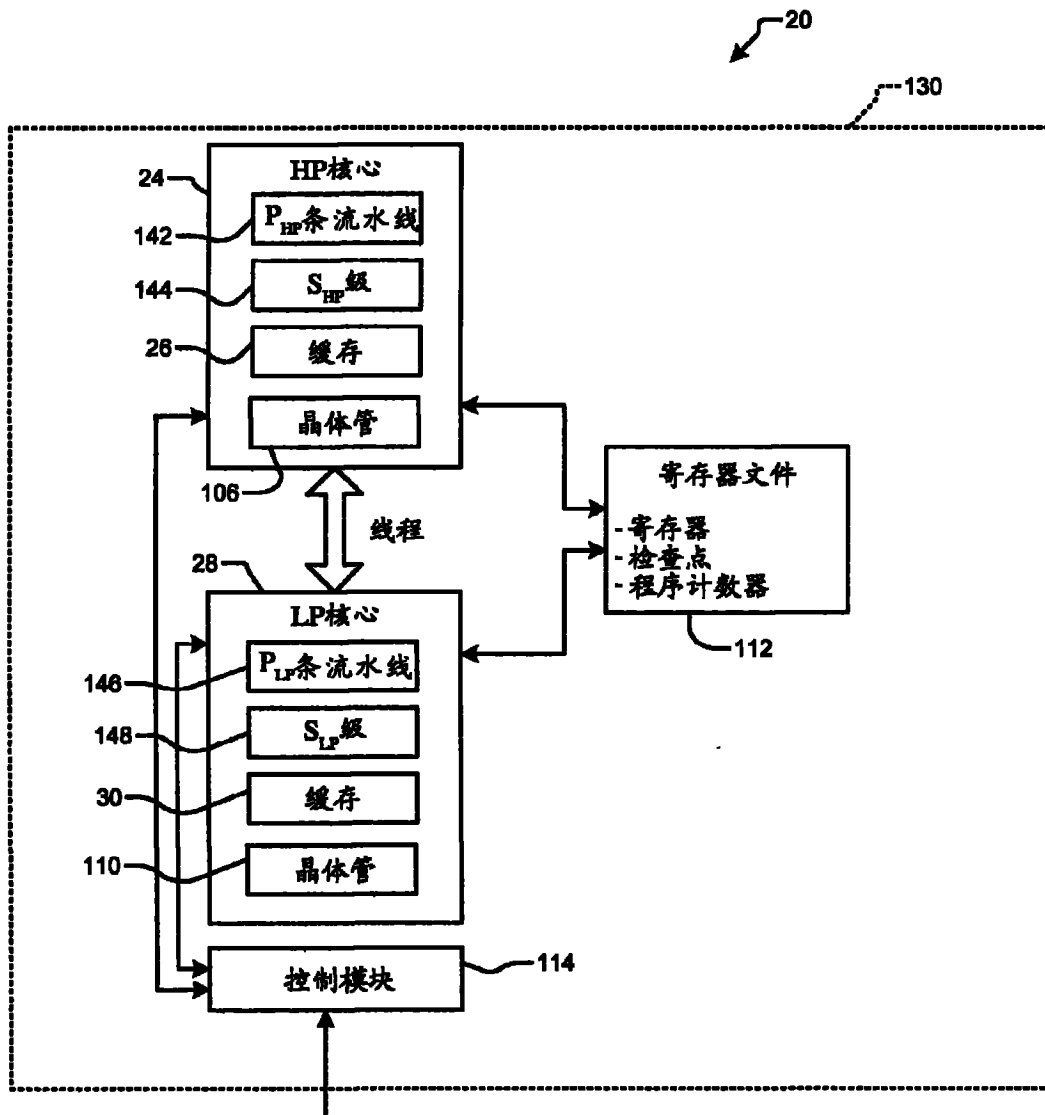


图 3B

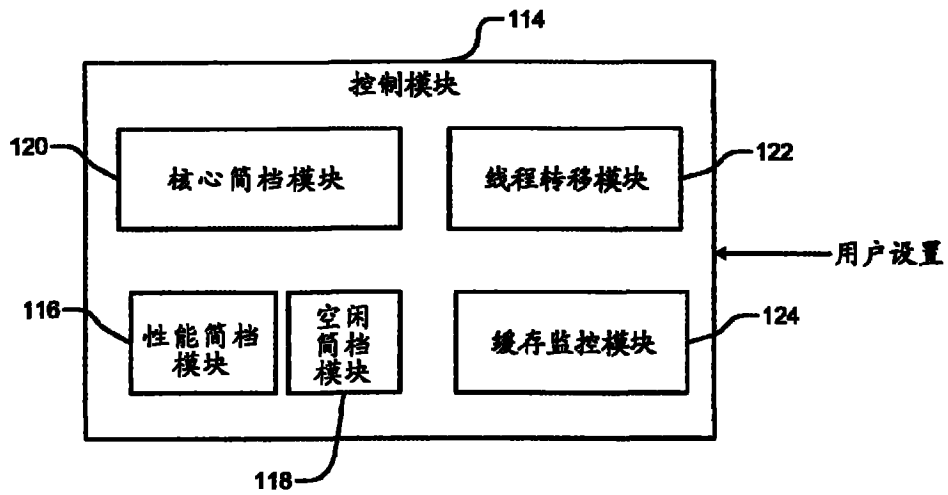


图 3C

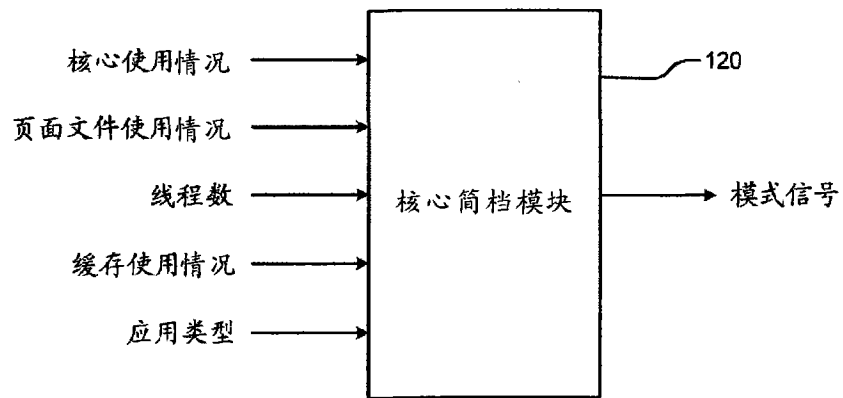


图 3D

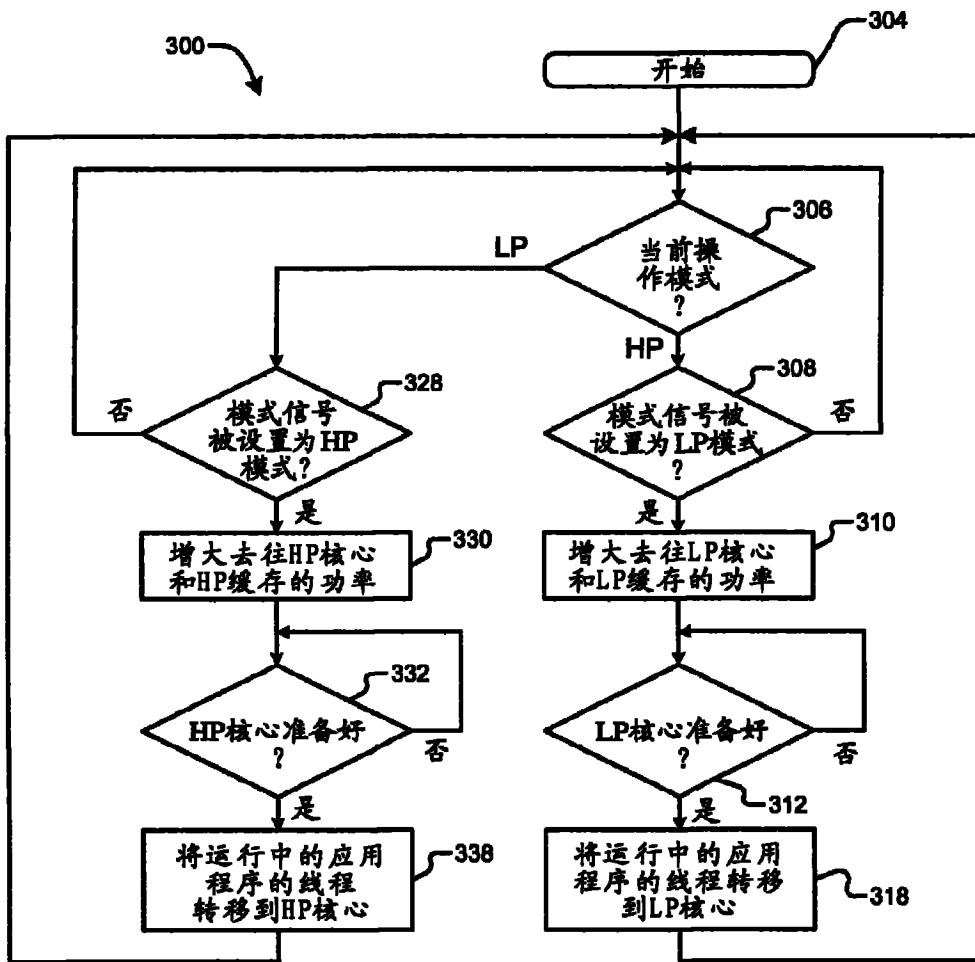


图 4

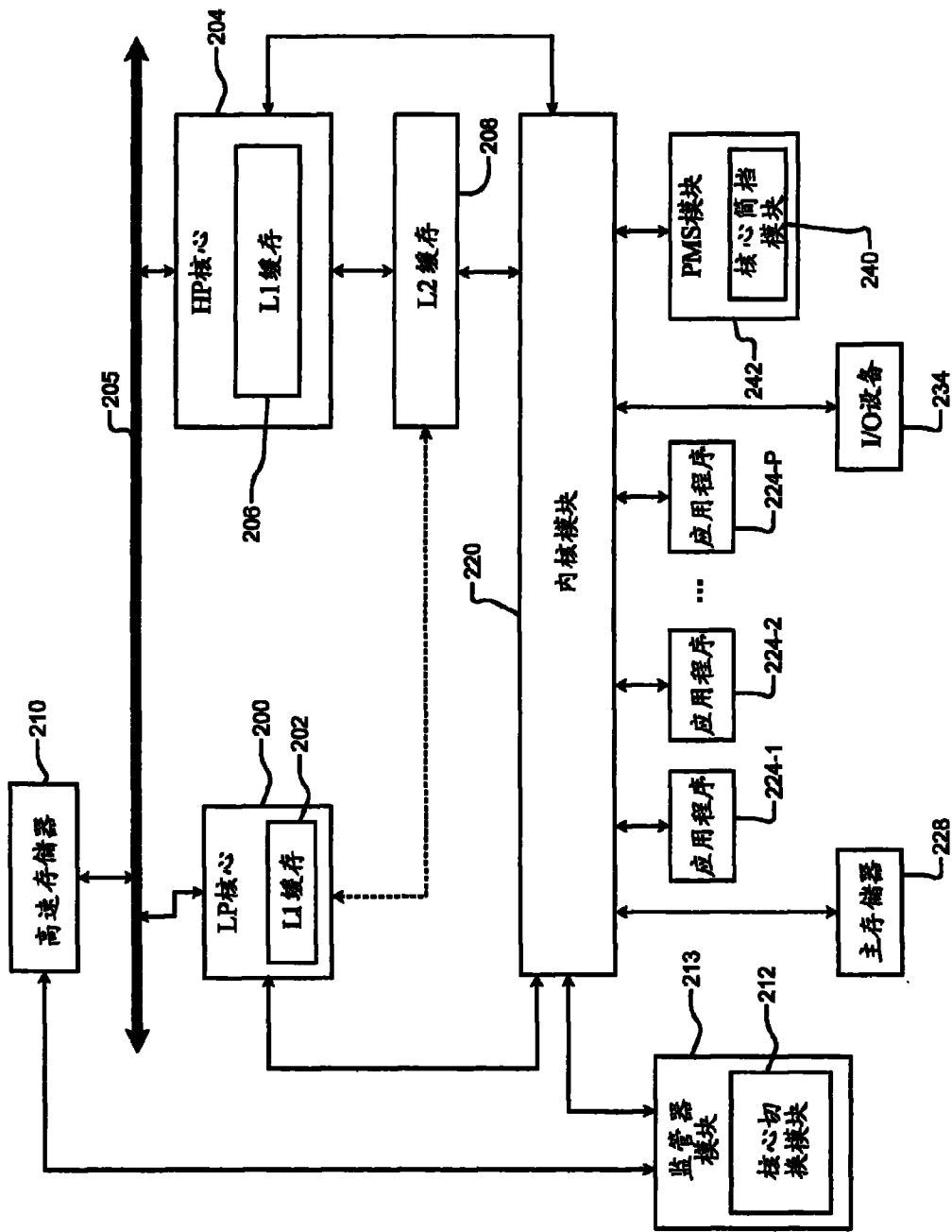


图 5

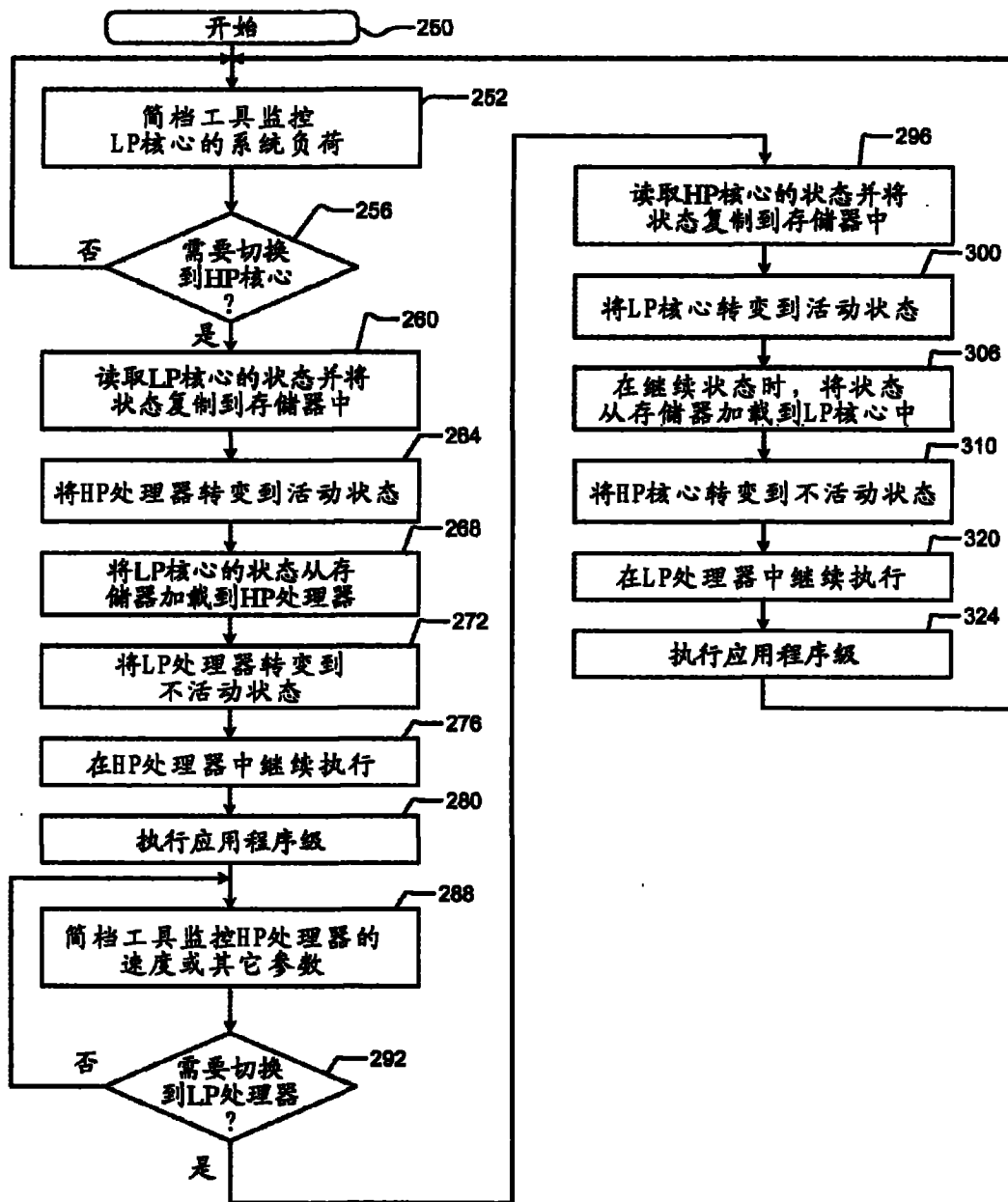


图 6

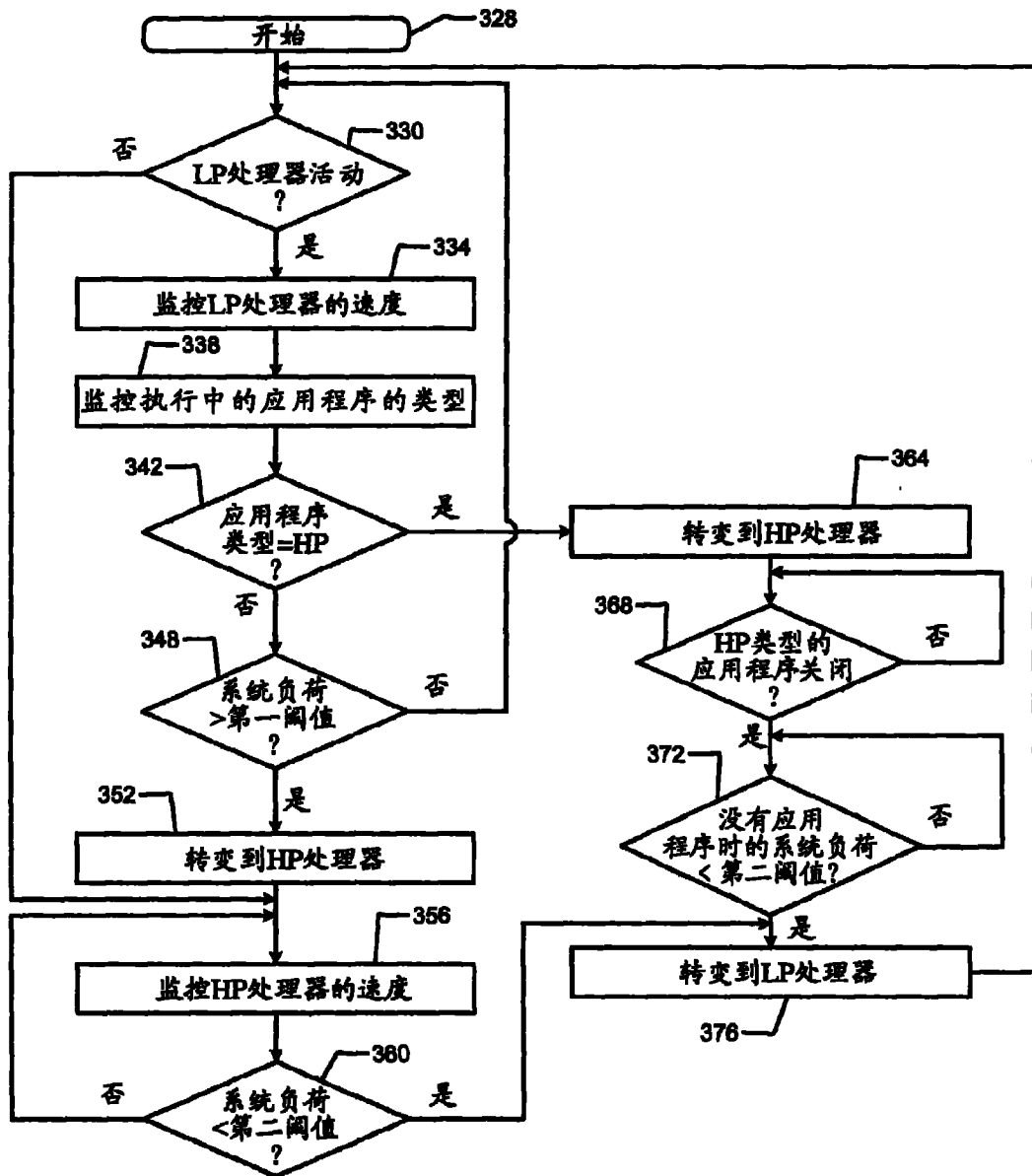


图 7

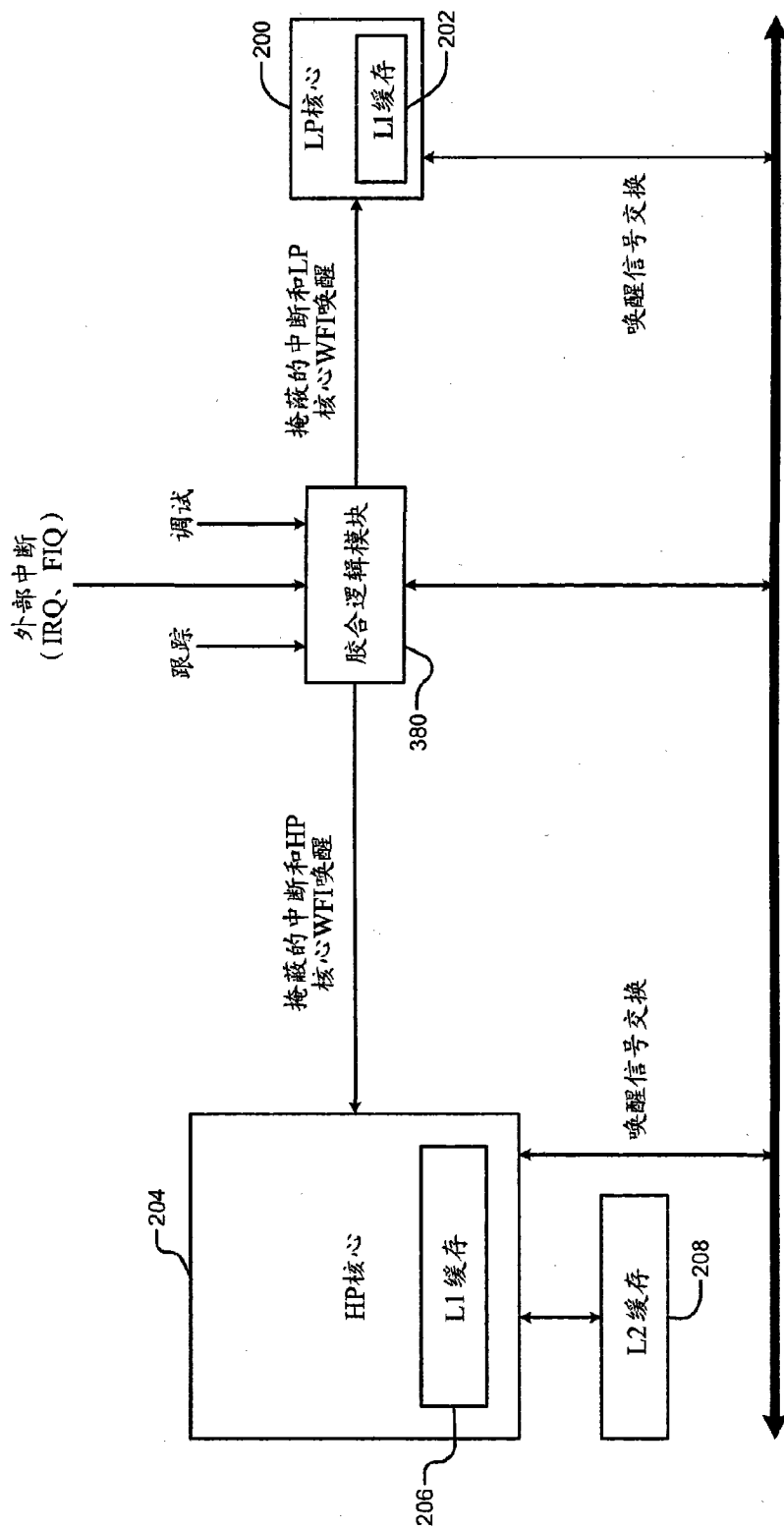


图 8A

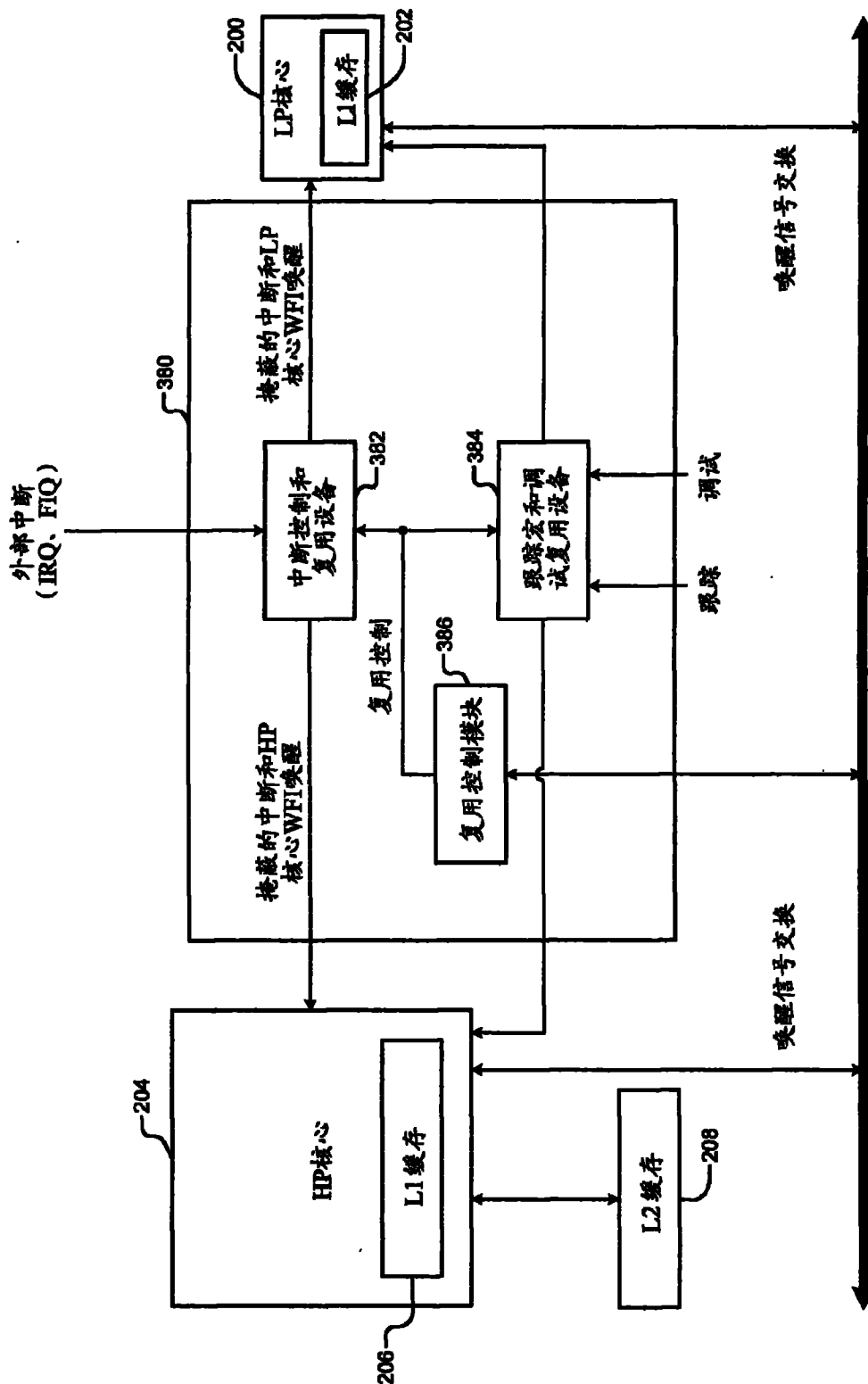


图 8B



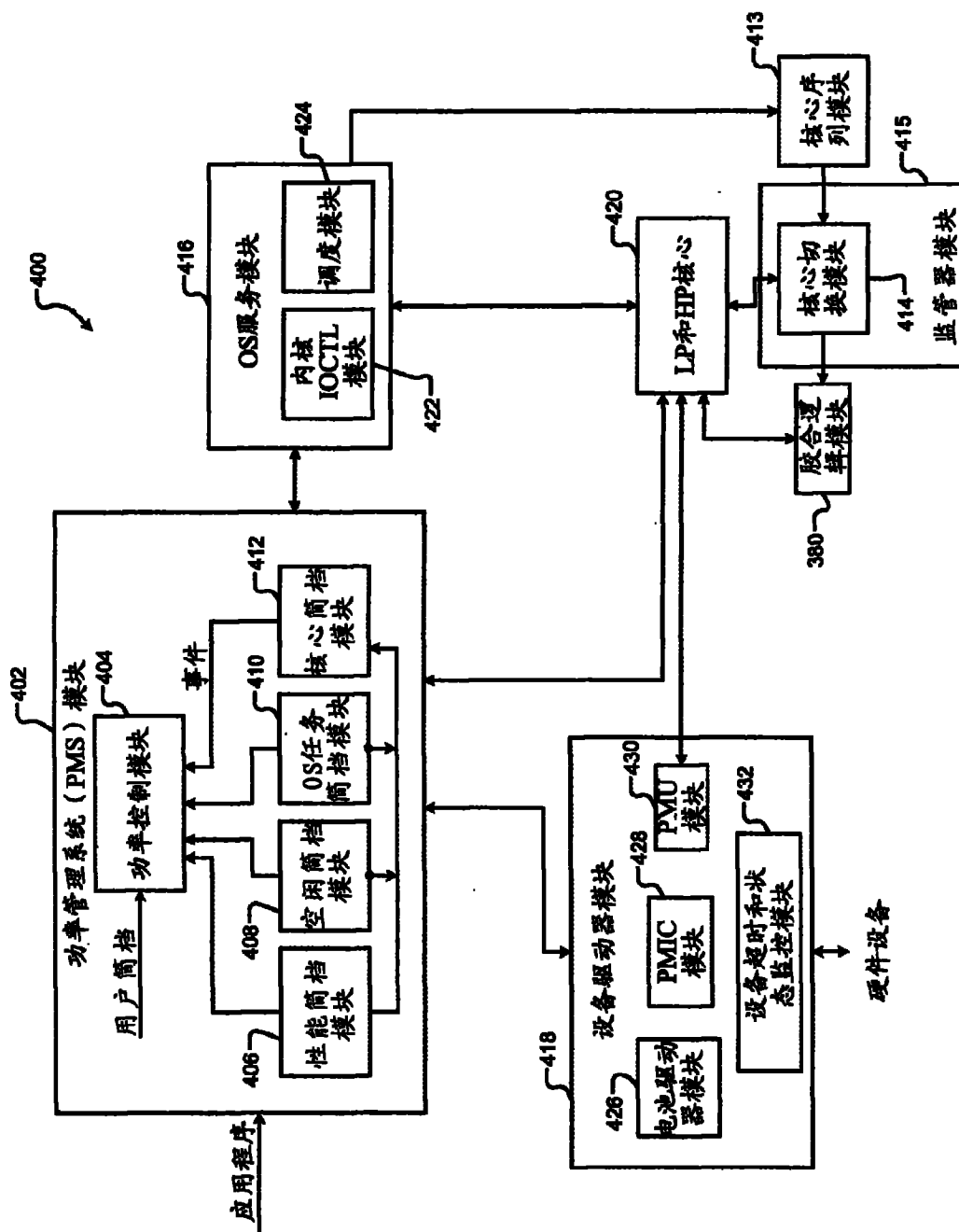


图 9A

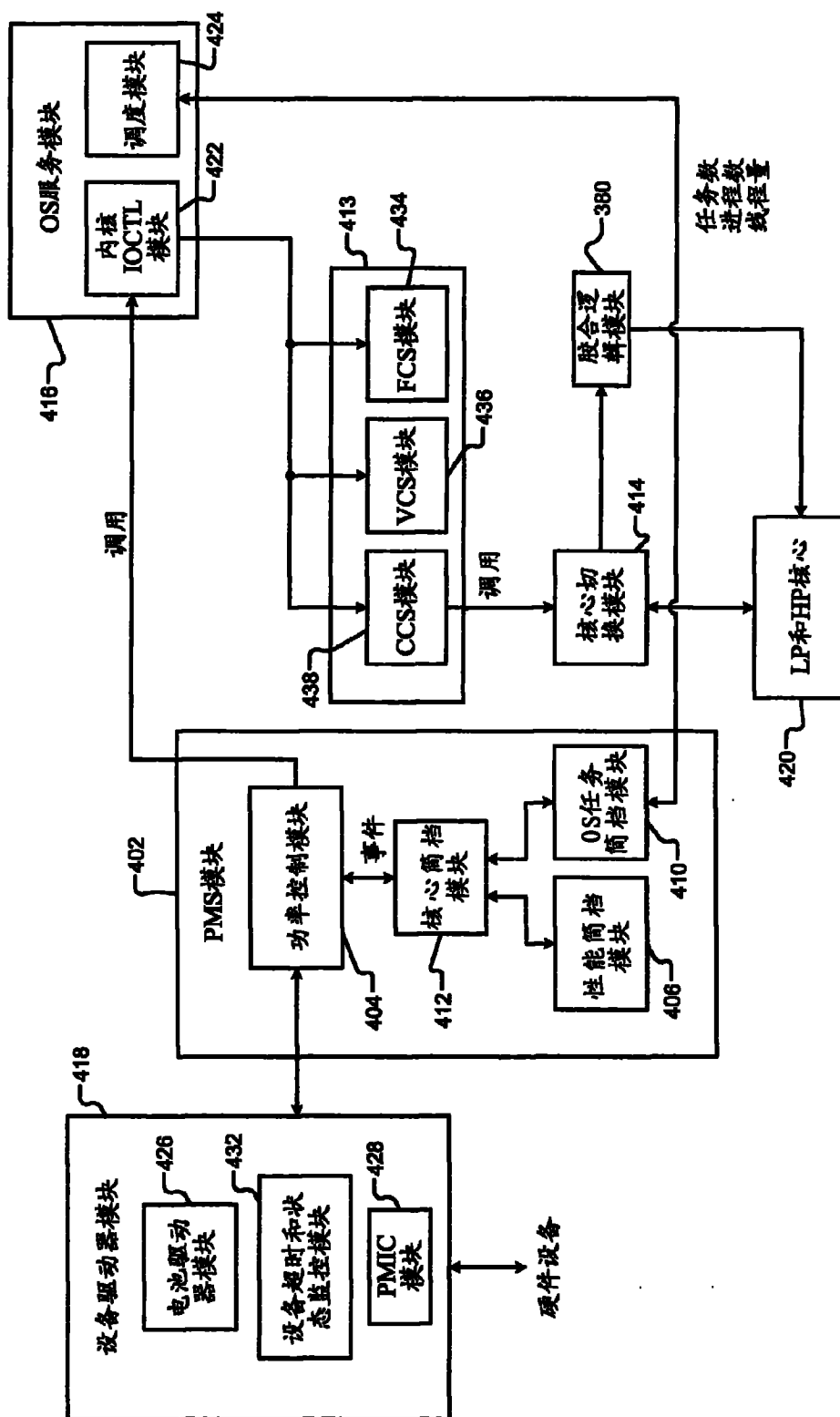


图 9B

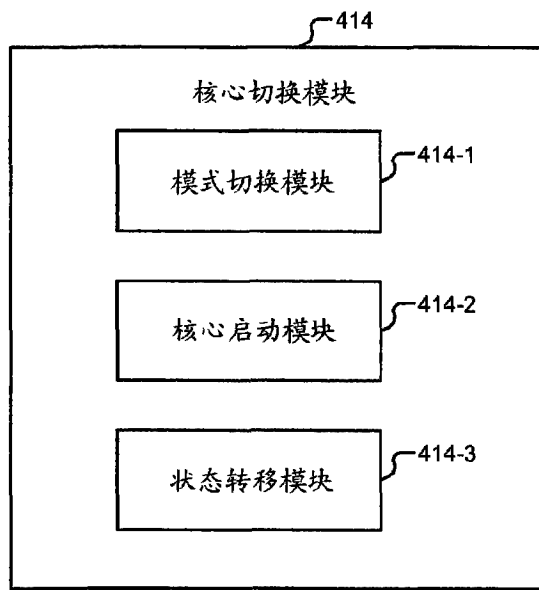


图 9C

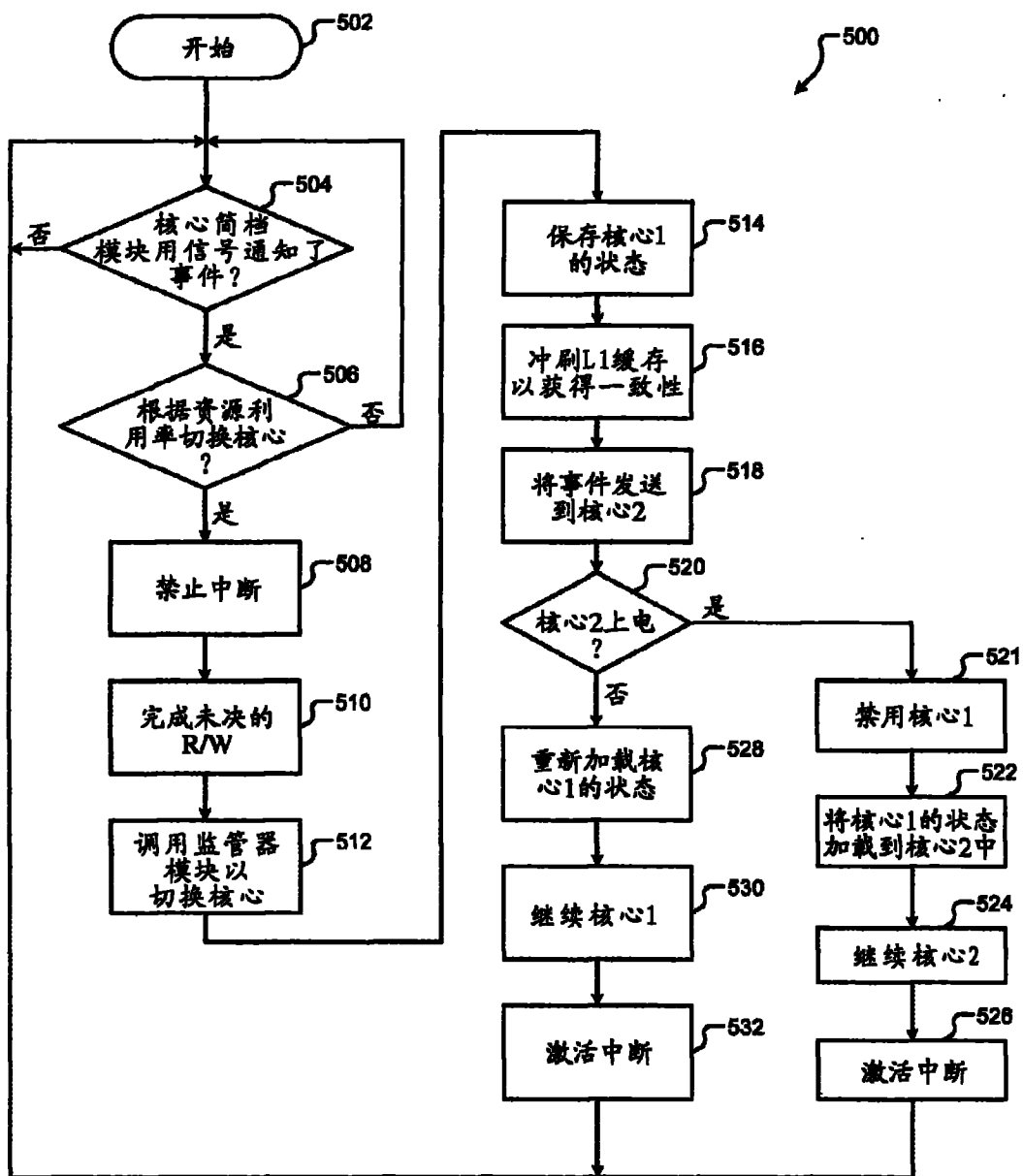


图 10

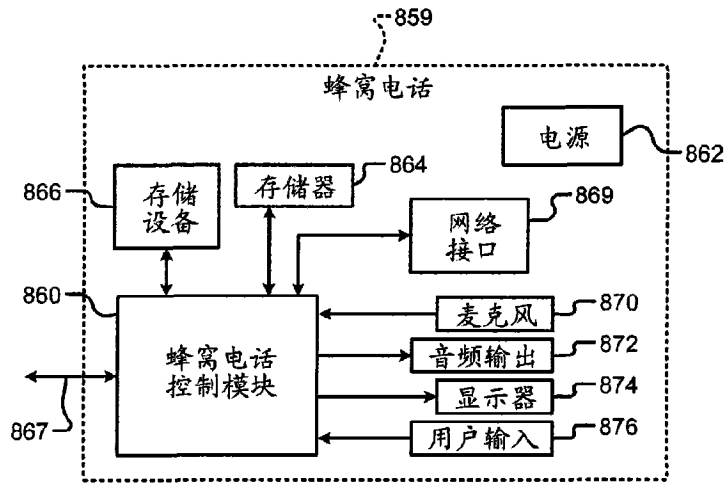


图 11A

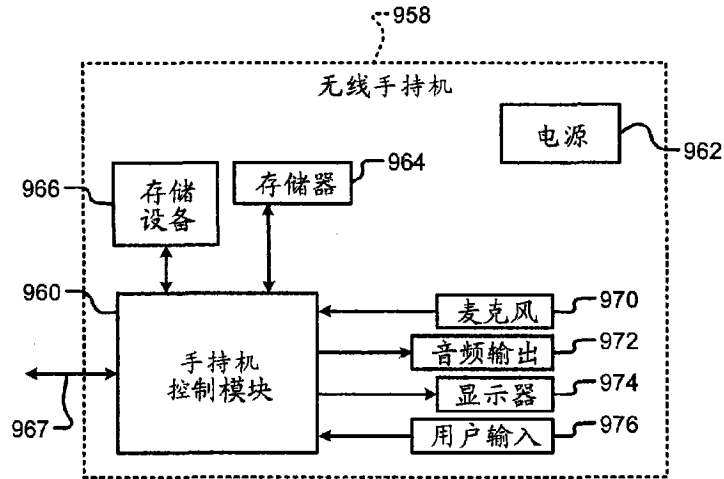


图 11B

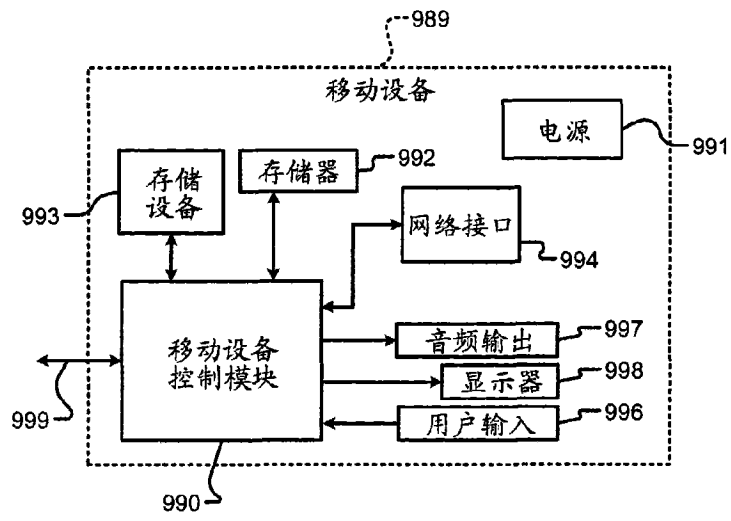


图 11C

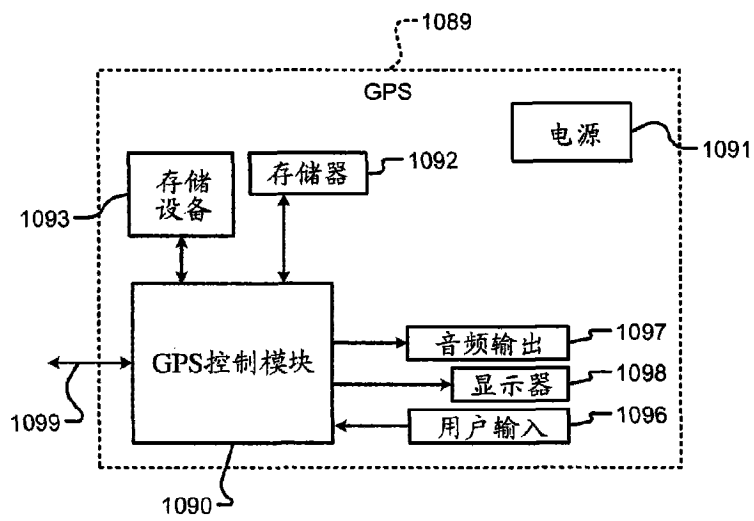


图 11D

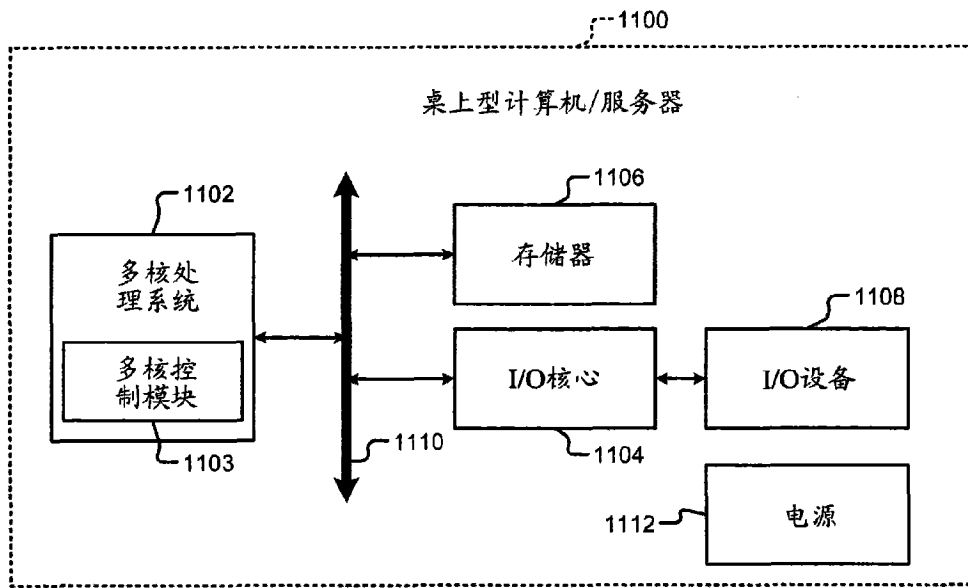


图 11E