



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103076868 B

(45) 授权公告日 2015. 08. 26

(21) 申请号 201310003482. 1

US 7383457 B1, 2008. 06. 03, 全文.

(22) 申请日 2013. 01. 06

CN 1310815 A, 2001. 08. 29, 全文.

(73) 专利权人 威盛电子股份有限公司

CN 101149637 A, 2008. 03. 26, 全文.

地址 中国台湾新北市

CN 101526845 A, 2009. 09. 09, 说明书第 3 页

第 6-14 行, 第 7 页第 10-13 行.

(72) 发明人 齐宗普 杨小露

审查员 丁娟子

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 史新宏

(51) Int. Cl.

G06F 1/26(2006. 01)

G06F 1/32(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101441504 A, 2009. 05. 27, 说明书第 1 页第 18 行 - 第 2 页第 2 行.

CN 1766799 A, 2006. 05. 03, 说明书第 4 页第 20-25 行, 图 2.

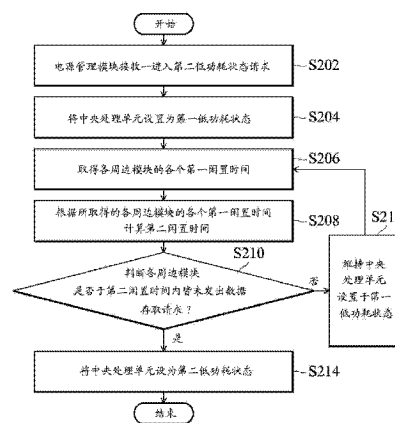
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 4 页

(54) 发明名称

电源管理方法及应用该方法的电子系统

(57) 摘要

本发明揭示一种电源管理方法及应用该方法的电子系统。该电源管理方法,适用于包括中央处理单元以及多个周边模块的电子系统上,且中央处理单元的电源状态具有至少工作状态、第一低功耗状态、第二低功耗状态。电源管理方法包括:当接收到要求中央处理单元进入第二低功耗状态请求时,将中央处理单元设置为第一低功耗状态;取得各周边模块的第一闲置时间以计算第二闲置时间;判断各周边模块是否于第二闲置时间内皆未发出数据存取请求,当第二闲置时间内周边模块皆未发出数据存取请求时,将中央处理单元设为第二低功耗状态,其中,第一闲置时间分别为所对应的周边模块于二组数据传输的间隔时间。



1. 一种电源管理方法,适用于一电子系统上,其中上述电子系统包括一中央处理单元以及多个周边模块,而上述中央处理单元的电源状态具有至少一工作状态、一第一低功耗状态、一第二低功耗状态,上述电源管理方法包括:

当接收到一要求中央处理单元进入第二低功耗状态请求时,将上述中央处理单元设置为上述第一低功耗状态;

取得各上述周边模块预估的一第一闲置时间;

根据各上述周边模块的上述第一闲置时间计算一第二闲置时间;

判断所有上述周边模块是否于上述第二闲置时间内皆未发出数据存取请求;以及

当于上述第二闲置时间内上述周边模块皆未发出数据存取请求时,将上述中央处理单元设为上述第二低功耗状态,

其中,各上述第一闲置时间分别为所对应的上述周边模块于二组数据传输的间隔时间。

2. 如权利要求 1 所述的方法,还包括:

当上述周边模块之一于上述第二闲置时间内发出数据存取请求时,维持上述中央处理单元设置于上述第一低功耗状态;以及

当上述周边模块完成数据存取请求所对应的数据传输后,重新计时上述第二闲置时间以再判断各上述周边模块是否于上述第二闲置时间内皆未发出数据存取请求。

3. 如权利要求 1 所述的方法,还包括:

估计上述电子系统的一预测闲置时间;

判断上述预测闲置时间减去上述第二闲置时间是否大于一目标闲置时间;以及

当上述预测闲置时间减去上述第二闲置时间小于上述目标闲置时间时,则不执行判断上述周边模块是否于上述第二闲置时间内皆未发出数据存取请求的步骤,并维持上述中央处理单元设置于上述第一低功耗状态。

4. 如权利要求 3 所述的方法,其中还包括:

取得上述电子系统的多个历史闲置时间;以及

将上述历史闲置时间加权平均以计算上述预测闲置时间。

5. 如权利要求 1 所述的方法,其中上述要求中央处理单元进入第二低功耗状态请求是由一操作系统发出。

6. 如权利要求 1 所述的方法,其中上述第二闲置时间设置为上述周边模块的上述第一闲置时间的最大者。

7. 如权利要求 1 所述的方法,其中当接收到上述要求中央处理单元进入第二低功耗状态请求时,还输出一闲置提醒信号至上述周边模块;以及当上述周边模块接收到上述闲置提醒信号时加速数据传输,其中当上述中央处理单元设为上述第二低功耗状态时,还输出一延迟提醒信号至上述周边模块;以及当上述周边模块接收到上述延迟提醒信号时延迟数据传输。

8. 如权利要求 1 所述的方法,其中上述第一低功耗状态为一高级配置与电源接口定义的 C2 状态,上述第二低功耗状态为所述高级配置与电源接口定义的 C3 状态或 C4 状态。

9. 一种电子系统,包括:

一中央处理单元,上述中央处理单元的电源状态具有至少一工作状态、一第一低功耗

状态、一第二低功耗状态；

多个周边模块；以及

一电源管理模块，当接收到一要求中央处理单元进入第二低功耗状态请求时，将上述中央处理单元设置为上述第一低功耗状态，

其中，上述电源管理模块用以取得各上述周边模块预估的一第一闲置时间，根据各上述周边模块的上述第一闲置时间计算一第二闲置时间，以及判断所有上述周边模块是否于上述第二闲置时间内皆未发出数据存取请求，

其中，当于上述第二闲置时间内上述周边模块皆未发出数据存取请求时，上述电源管理模块将上述中央处理单元设为上述第二低功耗状态，

其中，各上述第一闲置时间分别为所对应的上述周边模块于二组数据传输的间隔时间。

10. 如权利要求 9 所述的电子系统，其中当上述周边模块之一于上述第二闲置时间内发出数据存取请求时，上述电源管理模块维持上述中央处理单元设置于上述第一低功耗状态，当上述周边模块于完成数据存取请求所对应的数据传输后，上述电源管理模块再判断各上述周边模块是否于上述第二闲置时间内皆未发出数据存取请求。

11. 如权利要求 10 所述的电子系统，其中上述电源管理模块还包括一闲置计时器，该闲置计时器计时上述第二闲置时间，当上述周边模块完成数据存取请求所对应的数据传输后，上述电源管理模块重新启动该闲置计时器。

12. 如权利要求 9 所述的电子系统，其中上述电源管理模块还估计上述电子系统的一预测闲置时间，以及判断上述预测闲置时间减去上述第二闲置时间是否大于一目标闲置时间，

其中，当上述预测闲置时间减去上述第二闲置时间小于上述目标闲置时间时，上述电源管理模块则不判断上述周边模块是否于上述第二闲置时间内皆未发出数据存取请求，并维持上述中央处理单元设置于上述第一低功耗状态。

13. 如权利要求 12 所述的电子系统，其中上述电源管理模块还取得上述电子系统的多个历史闲置时间，并将上述历史闲置时间加权平均以计算上述预测闲置时间。

14. 如权利要求 9 所述的电子系统，其中上述要求中央处理单元进入第二低功耗状态请求是由一操作系统发出。

15. 如权利要求 11 所述的电子系统，其中上述第二闲置时间设置为上述周边模块的上述第一闲置时间的最大者。

16. 如权利要求 11 所述的电子系统，其中当上述电源管理模块接收到上述要求中央处理单元进入第二低功耗状态请求时，上述电源管理模块还输出一闲置提醒信号至上述周边模块，而当上述周边模块接收到上述闲置提醒信号时加速数据传输，其中当上述中央处理单元设为上述第二低功耗状态时，上述电源管理模块还输出一延迟提醒信号至上述周边模块，而当上述周边模块接收到上述延迟提醒信号时暂停数据传输。

17. 如权利要求 11 所述的电子系统，其中上述第一低功耗状态为一高级配置与电源接口定义的 C2 状态，上述第二低功耗状态为所述高级配置与电源接口定义的 C3 状态或 C4 状态。

电源管理方法及应用该方法的电子系统

技术领域

[0001] 本发明涉及电子系统的电源管理方法,特别是涉及具有高级配置与电源接口(Advanced Configuration and Power Interface, ACPI)的电子系统的电源管理方法。

背景技术

[0002] 如何降低非使用中处于闲置状态的计算机与子系统及其周边设备的用电量、延长电池使用效率等,其对于计算机系统电子系统,特别是对使用电池供应电力的便携式周边设备电子系统(例如,笔记型计算机,平板计算机或移动电话)至为重要。因此电子系统中往往都会执行电源管理,电源管理的规范有很多,例如高级配置与电源接口(Advanced Configuration and Power Interface或ACPI)规范,是一套有关电源管理标准的共同开放规范,乃由 Intel, Microsoft, Toshiba 等公司所共同所制定,高级配置与电源接口 ACPI 搭配电子系统的硬件可提供该电子系统适当的电源与主机工作频率,来达到省电与效率并存的目标。值得注意的是,高级配置与电源接口 ACPI 为在软件(如,操作系统)和硬件之间的一个共用电源管理接口,其电源管理由操作系统(Operation System)来直接主导,非由 BIOS 此一固件(firmware)所主导,可藉此改进先前各别厂商所制定的规格无法统一的情况。

[0003] 一般来说,操作系统都是参考应用程序的设定或是使用者的设定来当作进入省电模式的依据,操作系统使用高级配置与电源接口 ACPI 去控制硬件的电源状态包括工作状态(G0)、休眠状态(G1)、软件断离状态(G2)、硬件断开状态(G3)。在一般环境下,系统介于工作状态(G0)与休眠状态(G1)间的切换较多,其中系统又具有装置支持的电源省电层级及中央处理单元支持的省电层级。其中 ACPI 定义的中央处理单元的电源状态(C0、C1、C2、...、Cnstate)皆是在工作状态(G0)内所定义的,其中在 C0 状态时处理器仍正常处理指令,而当计算机系统于一段时间内闲置,操作系统则会将中央处理单元设置为低功耗状态,例如(C1、C2 至 Cn 状态)。

[0004] 高级配置与电源接口 ACPI 中定义中央处理单元的低功耗状态包括 C1 状态、C2 状态、C3 状态和 C4 状态,C2 状态比 C1 状态省电,C3 状态比 C2 状态省电,C4 状态比 C3 状态省电。在 C2 状态中,中央处理单元不执行任何指令,但能监控总线主控装置(Bus Master)的存取操作。其中总线主控装置(Bus Master)为计算机系统中控制总线的元件,例如 USB 控制器、PCI 控制器等等。在 C3 状态中,中央处理单元时钟停止,亦无法监控总线主控装置的存取操作,C4 状态与 C3 状态相比,中央处理单元的电压会被降低,以便处于更深度的低功耗状态中。

[0005] 当电子系统中的操作系统检测到电子系统中无任何动作超过一段既定时间,将使中央处理单元进入 C3 或 C4 状态,借此使得电子系统更有效地降低功耗。

[0006] 在 C2 状态下,若有中断事件产生或中央处理单元被请求执行指令时,中央处理单元会从 C2 状态回到 C0 状态。而在 C3 或 C4 状态下,如果有中断事件发生,中央处理单元会被从 C3 或 C4 状态唤醒到 C0 状态;如果有总线主控装置的存取请求发生,中央处理单元会被从 C3 或 C4 状态唤醒到 C2 状态。

发明内容

[0007] 本发明揭示一种电源管理方法,适用于一电子系统上,其中上述电子系统包括一中央处理单元以及多个周边模块,而上述中央处理单元的电源状态具有至少一工作状态、一第一低功耗状态、一第二低功耗状态,上述电源管理方法包括:当接收到一要求中央处理单元进入第二低功耗状态请求时,将上述中央处理单元设置为上述第一低功耗状态;取得各上述周边模块预估的一第一闲置时间;根据各上述周边模块的上述第一闲置时间计算一第二闲置时间;判断所有上述周边模块是否于上述第二闲置时间内皆未发出数据存取请求;以及当于上述第二闲置时间内上述周边模块皆未发出数据存取请求时,将上述中央处理单元设为上述第二低功耗状态,其中,各上述第一闲置时间分别为所对应的上述周边模块于二组数据传输的间隔时间。

[0008] 本发明揭示一种电子系统,包括:一中央处理单元,上述中央处理单元的电源状态具有至少一工作状态、一第一低功耗状态、一第二低功耗状态;多个周边模块;以及一电源管理模块,当接收到一要求中央处理单元进入第二低功耗状态请求时,将上述中央处理单元设置为上述第一低功耗状态,其中,上述电源管理模块用以取得各上述周边模块预估的一第一闲置时间,根据各上述周边模块的上述第一闲置时间计算一第二闲置时间,以及判断所有上述周边模块是否于上述第二闲置时间内皆未发出数据存取请求,其中,当于上述第二闲置时间内上述周边模块皆未发出数据存取请求时,上述电源管理模块将上述中央处理单元设为上述第二低功耗状态,其中,各上述第一闲置时间分别为所对应的上述周边模块于二组数据传输的间隔时间。

[0009] 本发明能够随时根据周边模块不同的情况来动态地调整第二闲置时间,进而可延长电子系统于第二低功耗状态的时间,并且避免在某些情况下中央处理单元频繁的在第一低功耗状态以及第二低功耗状态之间切换。

附图说明

[0010] 由阅读以下详细说明及结合附图的举例,可更完整地理解本发明所揭示的内容:

[0011] 图 1 是显示根据本发明一实施例的电子系统;

[0012] 图 2 是显示根据本发明一实施例的一电子系统的电源管理方法流程图;

[0013] 图 3 是显示根据本发明另一实施例的一电子系统的电源管理方法流程图;以及

[0014] 图 4 是显示周边模块的数据传输的一实施例的状态时序图。

[0015] 附图符号说明

[0016] 100 ~ 电子系统;

[0017] 110 ~ 中央处理单元;

[0018] 122 ~ 电源管理模块;

[0019] 124-1、124-2、124-3 ~ 周边模块;

[0020] C0、C2、C3、C4 ~ 电源状态;

[0021] IDLE ~ 闲置 / 延迟提醒信号;

[0022] t ~ 时间轴;

[0023] t124-1、t124-2、t124-3 ~ 第一闲置时间;

[0024] T_{idle} ~ 第二闲置时间；

[0025] T0、T1、T2、T3、T4、T5 ~ 时间。

具体实施方式

[0026] 以下叙述显示许多藉本发明完成的实施例。其叙述用以说明本发明的基本概念并不带有限定的含意。本发明的范围在本发明的权利要求中有最佳的界定。

[0027] 本发明提供一种电源管理方法,适用于具有一高级配置与电源接口 (Advanced Configuration and Power Interface, ACPI) 的电子系统上。本发明根据目前系统的实际操作状况,动态改变闲置计时器的计时周期,在一些实施例中还预测闲置的持续时间,藉此来决定是否进入更低功耗的状态,以达到系统功耗与性能的均衡。另一方面,还根据目前的电子系统的状态通知各周边模块调整数据传输的时机,因此更为延长中央处理单元处于低功耗状态的时间。

[0028] 图 1 是显示根据本发明一实施例的电子系统。电子系统 100 主要包括一中央处理单元 110 以及周边模块 124-1、124-2、124-3,电子系统 100 举例而言,采用高级配置与电源接口 (Advanced Configuration and Power Interface, ACPI) 来定义中央处理单元 110 的电源状态,则中央处理单元 110 的电源状态包括一工作状态 (C0state) 以及多个低功耗状态(例如 C1 状态、C2 状态、C3 状态和 C4 状态等)。在一实施例中,电子系统 100 还包括一电源管理模块 122,电源管理模块 122 例如一电源管理单元(Power Management Unit, PMU),其可用以控制中央处理单元 110 的电源状态。其中周边模块 124-1、124-2、124-3 可为总线控制元件(Bus Master)或各种输入/输出装置,例如,PCIE 控制器、PCI 控制器、HD Audio 控制器、SDIO 以及存储器接口控制器、键盘/鼠标控制器、USB 控制器等,但并不限制于此。在电子系统 100 为 X86 平台的计算机系统的实施例中,电源管理模块 122 以及周边模块 124-1、124-2、124-3 内建于一芯片组(chipset)中。在一些实施例中,电源管理模块 122 可产生闲置提醒信号或延迟提醒信号给所有周边模块 124-1、124-2、124-3,以建议周边模块 124-1、124-2、124-3 进行数据传输的时机,从而延长中央处理单元处于更低的低功耗状态的时间。应了解到,本发明实施例中以三个周边模块仅用以作为举例,然而本发明并非限制于此,电子系统 100 可仅仅具有单个周边模块,或是多个周边模块。

[0029] 图 2 是根据本发明一实施例的一电子系统的电源管理方法流程图。图 4 表示周边模块 124-1、124-2、124-3 的数据传输的一实施例的状态时序图。以下藉由图 2 的流程图并结合图 4 的数据传输状态时序图来说明本发明。

[0030] 在步骤 S202 中,电源管理模块 122 接收操作系统 (Operation System, 图未绘示) 的要求中央处理单元 110 进入第二低功耗状态(例如 C3/C4 状态)请求。接着在步骤 S204 中,电源管理模块 122 先将中央处理单元 110 设置为第一低功耗状态(例如 C2 状态),如图 4 中时间 T0 时接收到要求中央处理单元 110 进入第二低功耗状态请求,中央处理单元 110 则由工作状态 (C0 状态) 切换至第一低功耗状态 (C2state)。

[0031] 这里先阐明操作系统如何决定进入第二低功耗状态(例如 C3/C4 状态),并向电源管理模块 122 发出所述要求中央处理单元 110 进入第二低功耗状态请求。当电子系统 100 的操作系统中所有程序(process)都处于休眠状态时,操作系统会将一闲置程序(idle process)作为活动程序。闲置程序请求将中央处理单元 110 设为低功耗状态。操作系统

根据电子系统 100 的历史闲置状况以及目前闲置状况预测目前闲置的持续时间。将该持续时间与中央处理单元 110 的每个低功耗状态(例如 C1 状态、C2 状态、C3 状态和 C4 状态等)的阈值时间进行比较,以选择一个既可以满足低功耗状态退出潜时(exit latency),又可以最大程度降低中央处理单元 110 功耗的低功耗状态作为本次进入的目标状态,例如该持续时间超过一既定时间,则选择 C3 状态作为目标状态。则操作系统使用驱动程序(driver)的接口函数通知电子系统 100 的硬件系统(如图 1 的电子系统 100)将中央处理单元 110 设置为所选的低功耗状态。

[0032] 本发明的电子系统 100 的硬件系统(如图 1 的电子系统 100)接收到操作系统请求中央处理单元 110 进入 C3/C4 状态的请求后,电子系统 100 的硬件系统并不会立即将中央处理单元 110 设置为 C3/C4 状态,而是首先将中央处理单元 110 设置为 C2 状态,接着启动一闲置计时器,当周边模块 124-1~124-3 中所有的总线主控元件在该闲置计时器的计时周期(T_{idle})内均未发出数据存取请求,则由电源管理模块 122 控制对应信号将中央处理单元 110 设置为 C3/C4 状态。当中央处理单元 110 设置为 C3/C4 状态后,当周边模块 124-1~124-3 中有总线主控元件发出数据存取请求时,中央处理单元 110 则会唤醒至 C2 状态。

[0033] 在本发明一实施例中,该闲置计时器的计时周期(T_{idle})可设定为一固定值,但实际的系统操作状况具有差异,固定的计时周期并非适用各种实际的状况。举例来说,如果计时周期(T_{idle})的数值过大,则中央处理单元 110 在 C3/C4 状态的时间会减少,甚至是无法进入 C3/C4 状态,另一方面,如果计时周期(T_{idle})的数值过小,则中央处理单元 110 会频繁的在 C2 状态与 C3/C4 状态之间切换,以上状况皆会使系统功耗产生无谓的消耗。

[0034] 因此以下藉由图 2 的流程图并结合图 4 的数据传输状态时序图详述在本发明的另一实施例中,如何动态决定该闲置计时器的计时周期(T_{idle})。在步骤 S206 中,电源管理模块 122 取得周边模块 124-1、124-2、124-3 的各个第一闲置时间 t_{124-1} 、 t_{124-2} 、 t_{124-3} ,其中第一闲置时间 t_{124-1} 、 t_{124-2} 、 t_{124-3} 分别为所对应的周边模块 124-1、124-2、124-3 于二组数据传输的间隔时间。以下以图 4 来说明周边模块 124-1、124-2、124-3 的第一闲置时间 t_{124-1} 、 t_{124-2} 、 t_{124-3} 。在图 4 中,横轴表示为时间轴,而时间轴上的长条矩型表示进行数据传输的工作任务。可注意到,数据传输大致上可分为传输时间段(即长条矩型在时间轴上的宽度)以及闲置时间段(即相邻二个长条矩型之间空白在时间轴上的宽度),每个周边模块 124-1、124-2、124-3 可以根据自身的设计预估其第一闲置时间值(即图 4 的相邻二个长条矩型之间空白在时间轴上的宽度)并汇报至电源管理模块 122。以周边模块 124-1 为例说明第一闲置时间 t_{124-1} ,假定周边模块 124-1 包括一可暂存连续 100us 数据分组的缓冲区,并且当该缓冲区填充至 60%(即填充连续 60us 的数据分组)时启动数据传输,以将缓冲区中的数据写入动态随机存取存储器(DRAM)中。假定将缓冲区中的数据写入动态随机存取存储器需要 40us,当周边模块 124-1 接收到数据分组时,先将数据暂存于内部的缓冲区,待缓冲区填充至 60%时,再启动数据传输(需时 40us),接着 60us 后缓冲区又被填充至 60%,则再次启动数据传输,以此类推。则可知,周边模块 124-1 的传输时间段持续时间为 40us,而闲置时间段(即第一闲置时间) t_{124-1} 则为 60us。

[0035] 在步骤 S208 中,电源管理模块 122 根据所取得的各周边模块 124-1、124-2、124-3 的各个第一闲置时间 t_{124-1} 、 t_{124-2} 、 t_{124-3} 计算第二闲置时间 T_{idle} 。在一些实施例中,第二闲置时间 T_{idle} 为各第一闲置时间 t_{124-1} 、 t_{124-2} 、 t_{124-3} 中最大者,举例来说,若第一闲置时间 t_{124-1} 大

于 t_{124-2} 以及 t_{124-3} , 则第二闲置时间 T_{idle} 可设置为等于其中最大的第一闲置时间 t_{124-1} 。

[0036] 在步骤 S210 中, 电源管理模块 122 判断各周边模块是否于第二闲置时间 T_{idle} 内皆未发出数据存取请求。举例来说, 在步骤 S210 中, 电源管理模块 122 可启动闲置计时器来计时第二闲置时间 T_{idle} 。若闲置计时器在计时至第二闲置时间 T_{idle} 之后, 周边模块 124-1、124-2、124-3 仍然都没有数据传输时, 如图 4 中时间 T_1 到 T_2 期间周边模块 124-1、124-2、124-3 都未发出任何数据存取请求, 则进入步骤 S214。反之, 若闲置计时器在计时第二闲置时间 T_{idle} 期间, 周边模块 124-1、124-2、124-3 有任何一个周边模块发出数据存取请求时, 则进入步骤 S212。

[0037] 在步骤 S212 中, 意即周边模块 124-1、124-2、124-3 之一于第二闲置时间 T_{idle} 内发出数据存取请求, 此时, 电源管理模块 122 维持中央处理单元 110 设置于第一低功耗状态 (例如 C2 状态), 并等待对应的周边模块完成对应的数据存取请求所对应的数据传输之后返回到步骤 S206。在一实施例中, 若周边模块 124-1、124-2、124-3 之一于第二闲置时间 T_{idle} 内发出数据存取请求时 (即步骤 S210 的否), 电源管理模块 122 可重置 (reset) 上述闲置计时器, 并于上述周边模块完成数据存取请求所对应的数据传输后电子系统 100 再次闲置时, 重新启动闲置计时器以重新计时上述第二闲置时间 (即执行步骤 S210)。本发明于一实施例中, 电子系统 100 中的周边模块 124-1、124-2、124-3 的第一闲置时间 t_{124-1} 、 t_{124-2} 、 t_{124-3} 相对稳定时, 当步骤 S212 执行完毕以后也可不返回到步骤 S206, 而是直接返回执行步骤 S210, 即再次启动闲置计时器以重新计时上述第二闲置时间。在另一实施例中, 当步骤 S212 执行完毕以后可返回到步骤 S206, 由电源管理模块 122 再次根据取得的各周边模块 124-1、124-2、124-3 的闲置时间计算第二闲置时间 T_{idle} 。

[0038] 在步骤 S214 中, 意即周边模块 124-1、124-2、124-3 于第二闲置时间 T_{idle} 内皆未发出数据传输请求, 参照图 4 中时间 T_2 , 此时, 电源管理模块 122 将中央处理单元 110 设为第二低功耗状态 (如 C3/C4 状态), 以降低电子系统 100 的功率损耗。另一方面, 当中央处理单元 110 进入第二低功耗状态之后, 若周边模块 124-1、124-2、124-3 之一于发出数据存取请求, 参照图 4 的时间 T_3 , 如果周边模块 124-1 发出数据存取请求, 则电源管理模块 122 则会将中央处理单元 110 从第二低功耗状态 (如 C3/C4 状态) 唤醒至第一低功耗状态 (如 C2 状态) 以进行对应的数据传输。

[0039] 应了解到, 由于中央处理单元 110 在未进入第二低功耗状态以前, 电源管理模块 122 会不断地返回到步骤 S206 以取得周边模块 124-1、124-2、124-3 新的第一闲置时间 t_{124-1} 、 t_{124-2} 、 t_{124-3} , 并接着于步骤 S208 中计算新的第二闲置时间 T_{idle} , 故本发明能随时动态改变闲置计时器的计时周期, 即第二闲置时间 T_{idle} , 来决定是否进入更低功耗的状态。因此, 相较于将闲置计时器的计时周期设置为固定值, 本发明还能够随时根据周边模块不同的情况来产生适当长度的第二闲置时间 T_{idle} , 进而可延长电子系统于更低功耗状态 (如 C3/C4 状态) 的时间, 并且避免在某些情况下中央处理单元 110 频繁的在第一低功耗状态以及第二低功耗状态之间切换。

[0040] 图 3 是根据本发明另一实施例的一电子系统的电源管理方法流程图。在步骤 S302 中, 电源管理模块 122 接收操作系统 (Operation System, 图未绘示) 的进入第二低功耗状态 (例如 C3/C4 状态) 请求, 接着在步骤 S304 中, 电源管理模块 122 先将中央处理单元 110 设置为第一低功耗状态 (例如 C2 状态)。

[0041] 在步骤 S306 中,电源管理模块 122 取得周边模块 124-1、124-2、124-3 的各个第一闲置时间 t_{124-1} 、 t_{124-2} 、 t_{124-3} ,其中第一闲置时间 t_{124-1} 、 t_{124-2} 、 t_{124-3} 分别为所对应的周边模块 124-1、124-2、124-3 于二组数据传输的间隔时间,如图 4 所示。

[0042] 在步骤 S308 中,电源管理模块 122 根据所取得的各周边模块 124-1、124-2、124-3 的各个第一闲置时间 t_{124-1} 、 t_{124-2} 、 t_{124-3} 计算第二闲置时间 T_{idle} ,在一些实施例中,第二闲置时间 T_{idle} 为闲置时间 t_{124-1} 、 t_{124-2} 、 t_{124-3} 中最大者,或是可为第一闲置时间 t_{124-1} 、 t_{124-2} 、 t_{124-3} 中最大者再乘上适当的加权值。

[0043] 接着,在步骤 S310 中,电源管理模块 122 还估计此次电子系统 100 的预测闲置时间。举例来说,电子系统 100 的闲置时间为周边模块皆未发出任何数据存取请求的时间,如图 4 的 T1 至 T3 的时间区间。可根据该电子系统 100 的多个历史闲置时间以估计电子系统 100 本次的预测闲置时间,历史闲置时间例如可为最近 10 次电子系统 100 的闲置时间。历史闲置时间可由电源管理模块 122 于每次电子系统 100 闲置时进行统计并储存。电源管理模块 122 取得多个历史闲置时间后,可以加权平均各历史闲置时间的方式估计此次电子系统 100 的预测闲置时间。

[0044] 接着,在步骤 S312,电源管理模块 122 判断预测闲置时间减去第二闲置时间 T_{idle} 是否大于目标闲置时间。当预测闲置时间减去第二闲置时间 T_{idle} 大于目标闲置时间时,继续步骤 S314。反之,当预测闲置时间减去第二闲置时间 T_{idle} 不大于目标闲置时间时,继续步骤 S316。其中,中央处理单元 110 在目标闲置时间内从第一低功耗状态切换至第二低功耗状态所消耗的功率、维持在第二低功耗状态所消耗的功率以及从第二低功耗状态切换回第一低功耗状态所消耗的功率的总和等于中央处理单元 110 在目标闲置时间内维持在第一低功耗状态所消耗的功率。由于中央处理单元 110 在第二低功耗状态(如 C3/C4 状态)所消耗的功率消耗的功率小于第一低功耗状态(如 C2 状态)所消耗的功率,但中央处理单元 110 在进入以及退出第二低功耗状态(如 C3/C4 状态)时产生峰值功率,因此只有当电子系统 100 的预测闲置时间足够长(例如步骤 S312,预测闲置时间大于目标闲置时间),则表示此时中央处理单元 110 从进入第二低功耗状态直至从第二低功耗状态唤醒所消耗的功率会小于维持在第一低功耗状态所消耗的功率,此时中央处理单元 110 进入第二低功耗状态可减少功率消耗而不会造成系统功耗的浪费以及效能降低。在一些实施例中,目标闲置时间可为一经验值或是藉由实验求得的最适值,藉此得以判断中央处理单元 110 进入第二低功耗状态是否符合效益,避免中央处理单元 110 在第一低功耗状态以及第二低功耗状态的间频繁切换,而造成计算机系统功率消耗反而增加。

[0045] 在步骤 S314 中,电源管理模块 122 判断各周边模块是否于第二闲置时间 T_{idle} 内皆未发出数据存取请求。若是,则进入步骤 S318。反之则进入步骤 S316。步骤 S314 的相关技术细节类似图 2 步骤 S210,在此不再赘述。

[0046] 在步骤 S316,电源管理模块 122 维持中央处理单元 110 设置于第一低功耗状态(如 C2 状态),并等待对应的周边模块完成对应的数据存取请求所对应的数据传输后之后返回到步骤 S306。步骤 S316 的相关技术细节类似图 2 步骤 S212,在此不再赘述。

[0047] 在步骤 S318,电源管理模块 122 将中央处理单元 110 设为第二低功耗状态(如 C3/C4 状态),以降低电子系统 100 的功率损耗。另一方面,当中央处理单元 110 进入第二低功耗状态之后,若周边模块 124-1、124-2、124-3 之一于发出数据存取请求,则电源管理模块

122 则会将中央处理单元 110 从第二低功耗状态唤醒至第一低功耗状态以进行对应的数据传输。步骤 S318 的相关技术细节类似图 2 步骤 S214, 在此不再赘述。

[0048] 在本发明一些实施例中, 当电源管理模块 122 接收到操作系统 (Operation System) 的要求中央处理单元进入第二低功耗状态请求时 (例如, 步骤 S202 或步骤 S302), 电源管理模块 122 还输出闲置提醒信号至各周边模块 124-1、124-2、124-3, 而当周边模块 124-1、124-2、124-3 接收到闲置提醒信号时加速数据传输。换句话说, 借着在中央处理单元 110 设为第二低功耗状态 (C3/C4 状态) 之前尽量完成数据传输来腾空周边模块内部缓冲区的空间, 可延迟该周边模块进行下一次数据传输的时间, 进一步的延长了中央处理单元 110 在第二低功耗状态 (C3/C4 状态) 的时间。

[0049] 另一方面, 当中央处理单元 110 设为第二低功耗状态时 (例如, 步骤 S214 或步骤 S318), 电源管理模块 122 还输出延迟提醒信号至各周边模块 124-1、124-2、124-3, 当周边模块 124-1、124-2、124-3 接收到上述延迟提醒信号时尽量延迟数据传输, 藉此延迟该周边模块进行下一次数据传输的时间, 进一步的延长了中央处理单元 110 在第二低功耗状态 (C3/C4 状态) 的时间。

[0050] 以下详述上述闲置 / 延迟提醒信号的一实施方式, 请返回参考图 1, 电源管理模块 122 输出 IDLE 信号给所有周边模块 124-1、124-2、124-3, 以建议每个周边模块进行数据传输的时机。闲置 / 延迟提醒信号以表 1 所示的 2 位元的 IDLE 信号为例, 当然这里并非限制闲置 / 延迟提醒信号为下述表 1 的形式, 也可以是其它形式:

[0051]

编码	CPU 的电源状态	描述
2'b00	C0	各周边模块正常处理数据传输
2'b01	C2	闲置提醒信号, 提示各周边模块尽快完成数据传输
2'b10	C3/C4	延迟提醒信号, 提示各周边模块尽量不发起数据传输
2'b11	预留	预留

[0052] 表 1

[0053] 以下对 IDLE 信号做进一步解释。

[0054] 当 IDLE 信号为 2'b00 时, 表示电子系统 100 处于活动状态 (active), 各周边模块正常处理数据传送。

[0055] 当 IDLE 信号为 2'b01 时, 为前述的闲置提醒信号, 表示电子系统 100 处于 C2 状态, 各周边模块应尽快处理数据传输请求。例如, 假定周边模块 124-1 包括一可暂存连续 100us 数据分组的缓冲区, 并且当该缓冲区填充至 60% (即填充连续 60us 的数据分组) 时启动数据传输, 以将缓冲区中的数据写入动态随机存取存储器 (DRAM) 中。当收到编码为 2'b01 的 IDLE 信号时, 周边模块 124-1 应尽快将缓冲区中的数据写入动态随机存取存储器中, 而不必等待其内部的缓冲区填充至 60%, 使其缓冲区在稍后进入 C3/C4 状态时尽量处于空的 (empty) 状态。此外, 还例如, 周边模块 124-2 为一音频控制器 (High Definition Audio

Controller)时,其应在收到闲置提醒信号(IDLE=2' b01)时尽量从动态随机存取存储器读取更多数据存入其内部缓冲区,使其缓冲区在稍后进入 C3/C4 状态时尽量处于满的(full)状态,进而延长中央处理单元 110 于 C2 状态进入 C3/C4 状态后处于 C3/C4 状态的时间。

[0056] 当 IDLE 信号的编码为 2' b10 时,为前述的延迟提醒信号,表示系统处于 C3/C4 状态。各周边模块尽量不发出数据传输,以使得中央处理单元 110 尽可能处于 C3/C4 状态。举例来说,假设原先周边模块 124-1 的缓冲区填充至 60%时发出数据传输请求,当周边模块 124-1 接收到上述延迟提醒信号(IDLE=2' b10)时,则改为将缓冲区填充至 80%时才发出数据传输请求,进而延长中央处理单元 110 于 C3/C4 状态的时间。

[0057] 应了解到,本领域的技术人员在不背离本发明的精神及范畴下可对上述方法的步骤进行删除、增加或改变顺序。本发明虽已叙述较佳的实施例如上,但因了解上述所揭示的内容并非用以限制本发明实施例。相反地,其涵盖多种变化以及相似的配置(本领域的技术人员可明显得知)。此外,应根据本发明的权利要求作最广义的解读以包含所有上述的变化以及相似的配置。

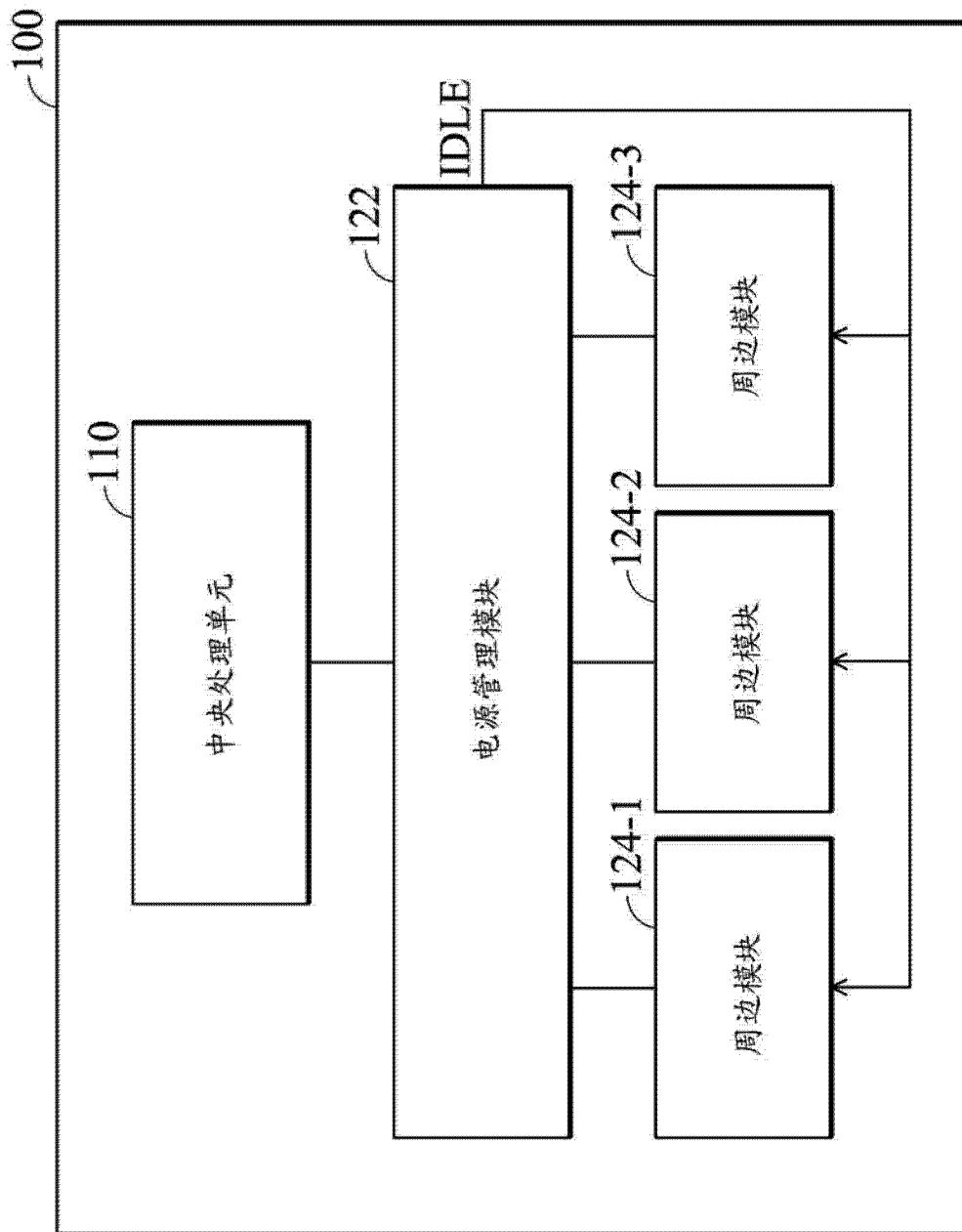


图 1

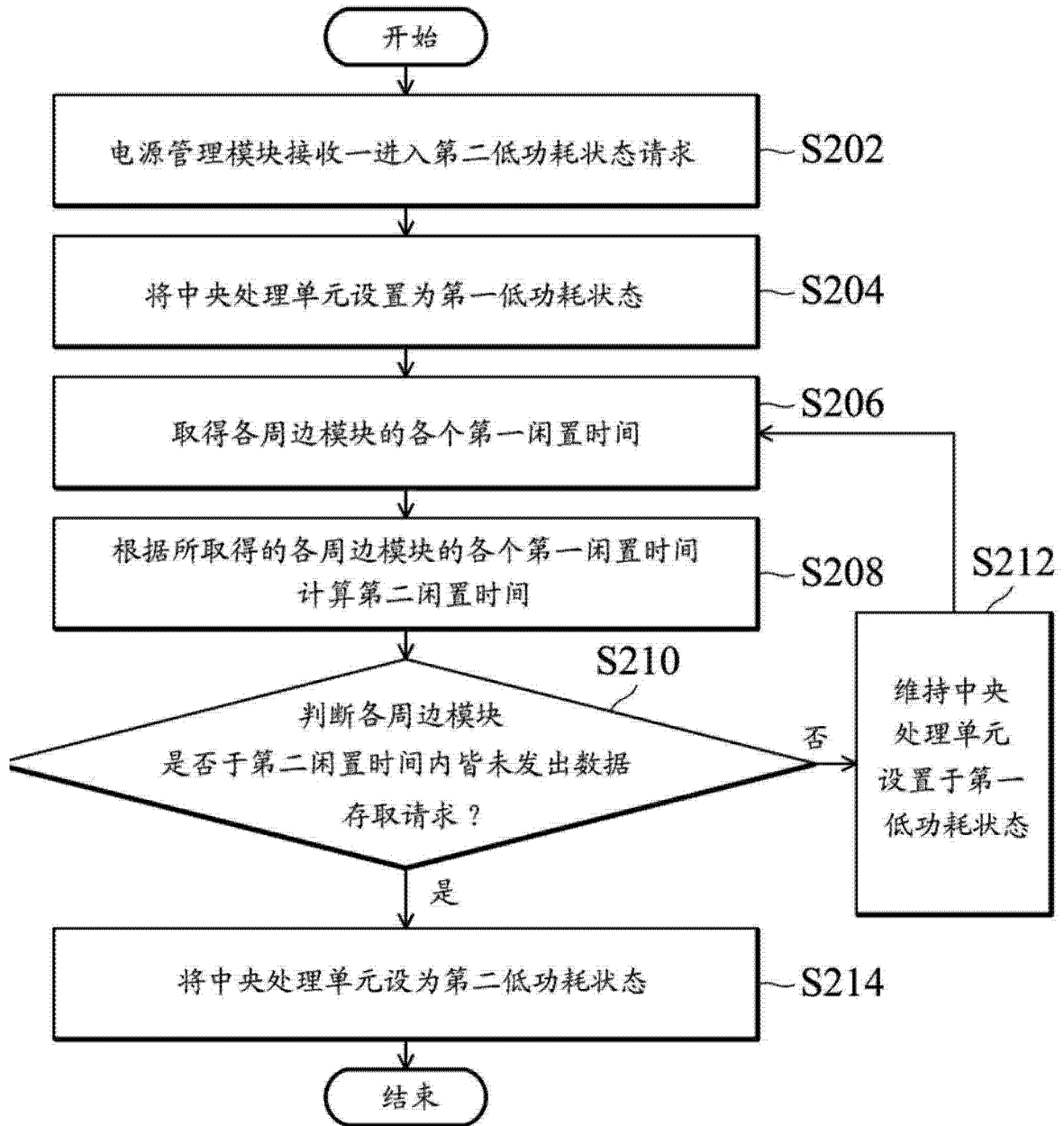


图 2

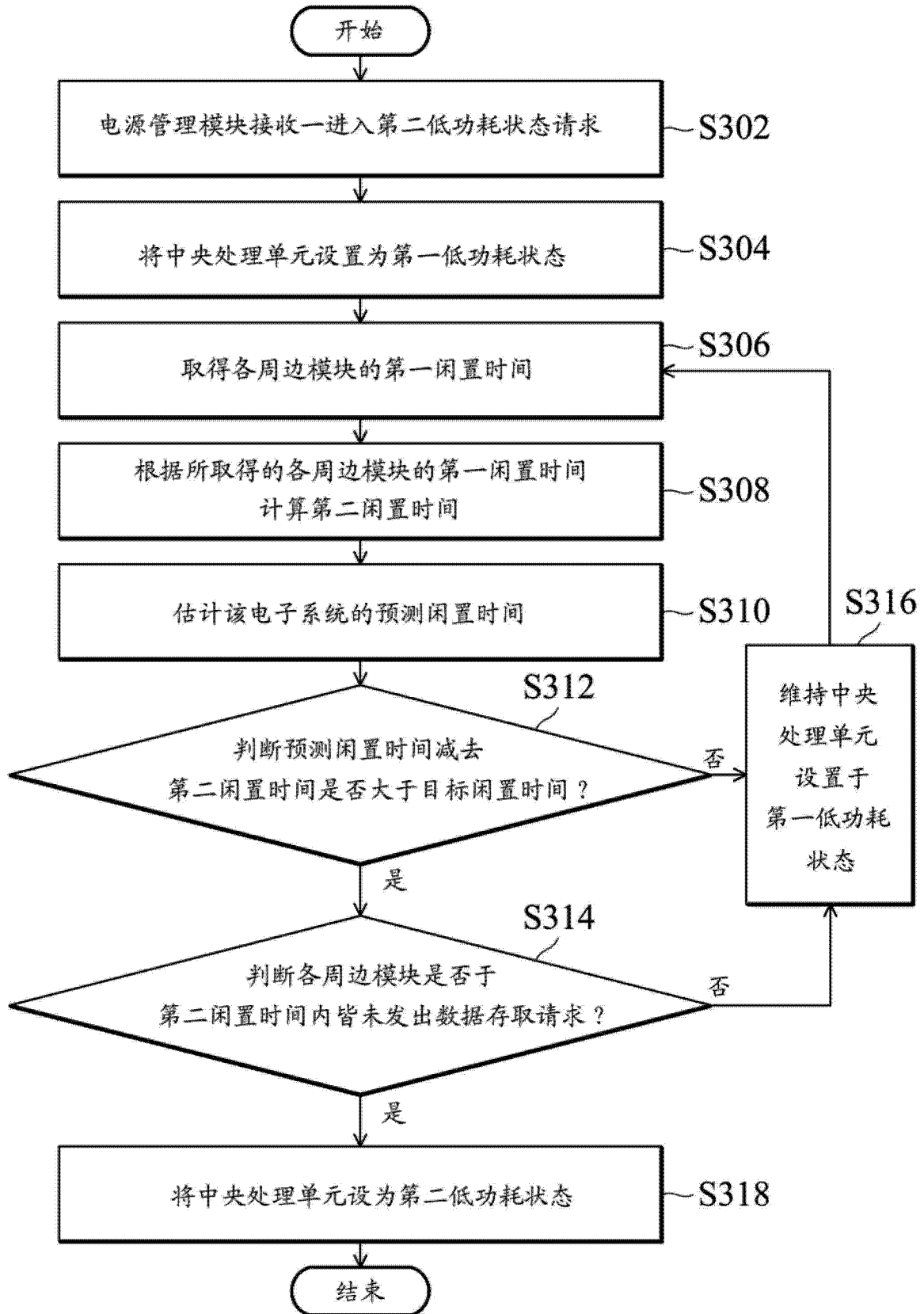


图 3

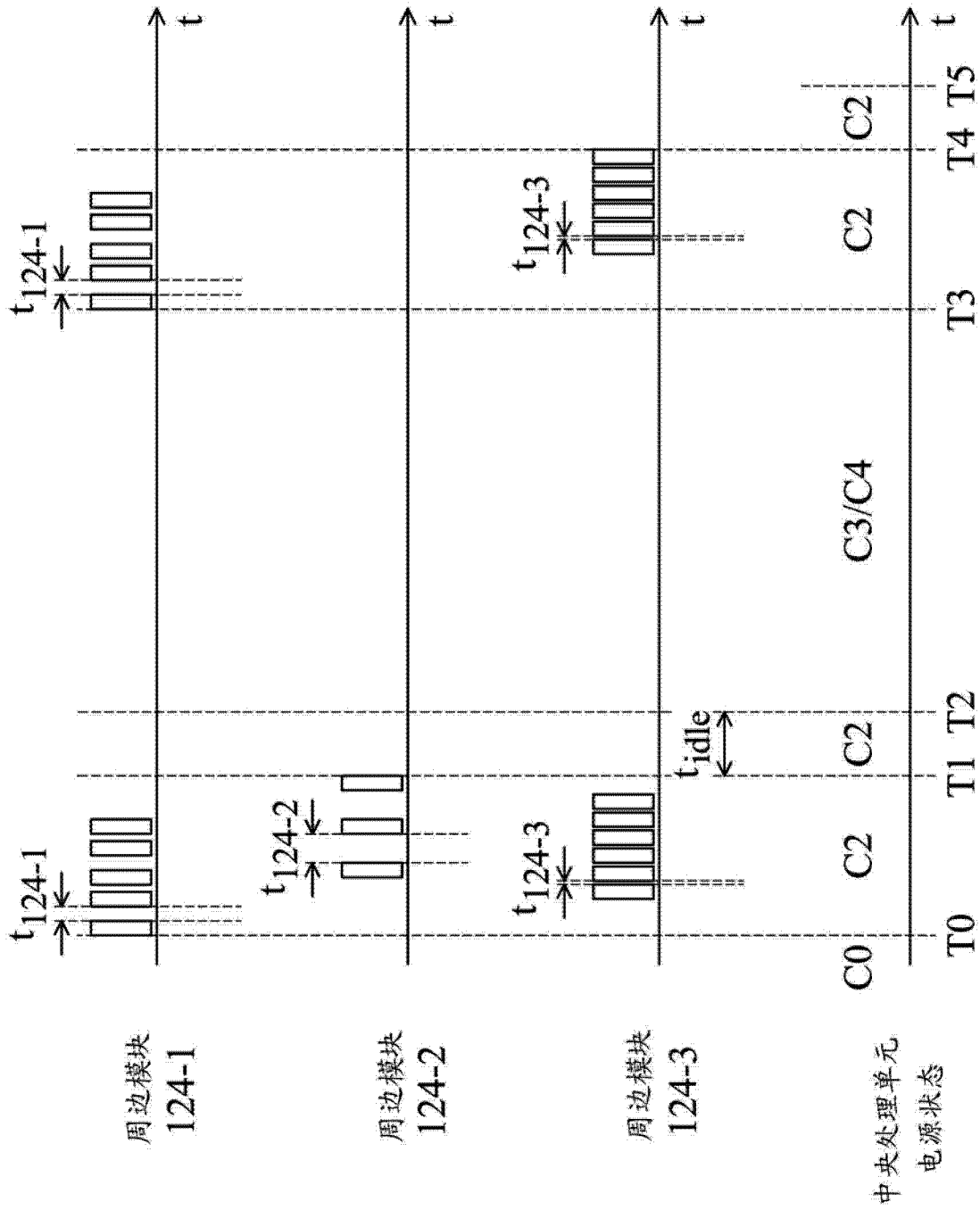


图 4