



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103238263 A

(43) 申请公布日 2013. 08. 07

(21) 申请号 201180058198. 3

Q · M · 李

(22) 申请日 2011. 12. 01

(74) 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司 11245

(30) 优先权数据

61/418, 616 2010. 12. 01 US

61/479, 284 2011. 04. 26 US

13/106, 773 2011. 05. 12 US

代理人 赵蓉民

(51) Int. Cl.

H02J 7/02 (2006. 01)

H02J 7/04 (2006. 01)

H01M 10/46 (2006. 01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

2013. 06. 03

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2011/062908 2011. 12. 01

(87) PCT申请的公布数据

W02012/075301 EN 2012. 06. 07

(71) 申请人 德克萨斯仪器股份有限公司

地址 美国德克萨斯州

(72) 发明人 M · 叶 R · 斯戴尔 S · 陈 J · 钱

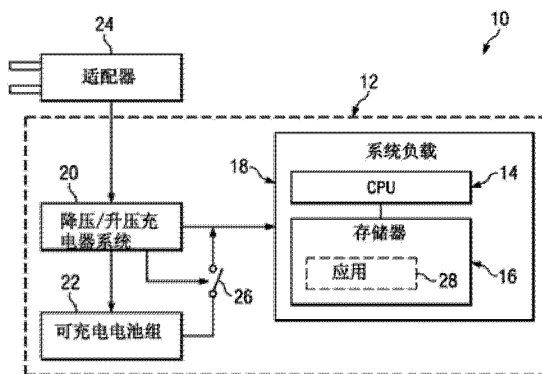
权利要求书2页 说明书6页 附图6页

(54) 发明名称

混合动力电池充电器控制设备和方法

(57) 摘要

本发明涉及供电系统(10)和用于操作该供电系统(10)的方法。供电系统(10)可连接从而从适配器(24)接收电力并向负载(18)供电。供电系统(10)包括可充电电池(22)、降压模式电路(38, 42)和升压模式电路(38, 40)。切换电路(64)在降压模式电路(38, 42)和升压模式电路(38, 40)之间切换用于向负载(18)供电。如果负载(18)需要的功率达到与适配器过载状况相关的第一预定电平第一预定时间(82), 那么切换电路(64)将所述降压模式电路(38, 42)从负载(18)断开, 并将可充电电池(22)和升压模式电路(38, 40)连接到负载(18)。第一预定电平可以由负载(18)建立的动态功率管理水平的第一预定百分比电流建立, 该动态功率管理水平和比由适配器(24)提供的功率电平低的功率电平相关。



1. 一种可连接从而从适配器接收电力并向负载供电的供电系统,包含:

可充电电池;

降压模式电路;

升压模式电路;以及

切换电路,所述切换电路用于在所述降压模式电路和升压模式电路之间切换以便向所述负载供电;

其中如果所述负载需要的功率达到与适配器过载状况相关的第一预定电平第一预定时间,那么切换所述电路将所述降压模式电路从所述负载断开,并将所述可充电电池和所述升压模式电路连接到所述负载。

2. 根据权利要求1所述的系统,其中所述第一预定电平是由所述负载建立的动态功率管理水平的电流的第一预定百分比建立,所述动态功率管理水平与在可以由所述适配器提供的功率电平以下的功率电平相关。

3. 根据权利要求2所述的系统,其中由所述负载建立的动态功率管理水平的所述电流的所述第一预定百分比是约105%。

4. 根据权利要求1所述的系统,其中如果所述负载需要的所述功率低于与所述适配器过载状况相关的第二预定电平第二预定时间,并且所述升压模式电路和可充电电池连接到所述负载,那么所述升压模式电路和所述可充电电池从所述负载断开并且所述降压模式电路起动。

5. 根据权利要求4所述的系统,其中如果所述负载需要的所述功率低于与所述适配器过载状况相关的第三预定电平,并且所述升压模式电路和可充电电池连接到所述负载,那么所述升压模式电路和所述可充电电池从所述负载断开并且所述降压模式电路起动,所述第三预定电平低于所述第二预定电平。

6. 在可连接到负载的供电系统中,所述供电系统具有可充电电池、充电电路和可连接从而从电源接收电力的适配器,所述充电电路包含:

降压模式电路,其用于在正常操作模式中向所述负载选择性供电;

升压模式电路,其用于在适配器过载操作模式中向所述负载选择性供电;以及

切换电路,其用于在所述降压模式电路和所述升压模式电路之间切换;

其中如果所述负载需要的所述功率达到适配器过载状况,那么所述充电电路关闭并等待预定时间;

其中在所述预定时间之后,所述充电电路检查以确定所述适配器过载状况是否仍存在;以及

其中如果所述适配器过载仍存在,那么所述充电电路从所述降压模式电路改变到所述升压模式电路,并将所述电池连接到所述负载从而向所述负载提供另外功率。

7. 根据权利要求6所述的系统,其中确定所述适配器是否仍在所述适配器过载状况的检查基于系统电流。

8. 根据权利要求6所述的系统,其中所述适配器过载状况由可编程电流阈值电路感测。

9. 根据权利要求6所述的系统,进一步包含适配器过电压保护电路以停用所述升压模式电路,从而防止所述升压模式电路在所述负载上生成过高的电压。

10. 根据权利要求 6 所述的系统,进一步包含监视计时器,所述监视计时器被配置成在预设时间之后从所述升压模式电路改变到所述降压模式电路。

11. 根据权利要求 10 所述的系统,进一步包含控制环路饱和和检测电路,从而如果控制环路饱和并且适配器电流高于预定电平那么停止升压模式操作。

12. 一种用于操作具有可充电电池、降压模式电路和升压模式电路的充电器电路的方法,包含:

操作所述降压模式电路从而在正常操作模式中向负载供电;

感测到所述充电器电路的输入电流;

如果所述输入电流超过由所述负载建立的动态功率管理水平的电流的第一预定百分比,那么关闭所述充电器电路第一预定时间;以及

如果在所述第一预定时间之后所述输入电流继续超过由所述负载建立的动态功率管理水平的电流的所述第一预定百分比,那么起动所述升压模式电路并且连接所述可充电电池从而向所述负载供电。

13. 根据权利要求 12 所述的方法,其中所述第一预定时间是至少 $100\ \mu\text{s}$ 。

14. 根据权利要求 12 所述的方法,其中所述动态功率管理水平是被建立从而以保护所述适配器免于过载状况的方式操作所述负载的输入电流电平。

15. 根据权利要求 12 所述的方法,其中如果所述输入电流小于第一预定电平,那么停止所述升压模式电路,将所述可充电电池从所述负载端断开,并且起动所述降压模式电路。

16. 根据权利要求 15 所述的方法,其中对于 10 毫欧感测电阻器,所述预定量小于约 1A。

17. 根据权利要求 15 所述的方法,其中如果所述输入电流高于所述第一预定电平并小于由所述负载建立的动态功率管理水平的所述电流的第二预定百分比第二预定时间,那么停止所述升压模式电路,将所述可充电电池从所述负载端断开,并且起动所述降压模式电路。

18. 根据权利要求 17 所述的方法,其中所述第二预定时间是约 1ms。

19. 根据权利要求 17 所述的方法,其中对于 10 毫欧感测电阻器,所述第一预定量大于 1A。

20. 根据权利要求 17 所述的方法,其中所述第二预定百分比小于由所述负载建立的所述动态功率管理电水的约 93%。

混合动力电池充电器控制设备和方法

技术领域

[0001] 本发明涉及电池充电的控制,其中可以响应于电流的高负载需求从充电适配器和电池抽取电流。

背景技术

[0002] 通常是锂离子电池的可充电电池在消费者电子装置尤其是便携计算机和移动装置中广泛使用。尽管可以与此类电池一起使用的装置的示例是多种的,但一些近来示例包括具有需要操作功率的 CPU 和存储器的智能电话、笔记本计算机、平板计算机和上网本计算装置等。当装置不由电池供电时,适配器普遍用来向电池与其关联的装置供电。同时,适配器向装置中的充电电路供电从而为电池充电。在此类充电电路中,同步切换降压变换器经常用来控制到电池的充电电流,同时向负载提供基本恒定的电压。

[0003] 传统上,当由 CPU 和系统负载需求的功率增加从而达到适配器功率限制时,充电电流可以降低到零,由此向对系统供电给予比为电池充电更高的优先权。然而,在某些状况下,如果 CPU 功率需求大于可以由适配器满足的功率需求,那么该适配器可能毁坏。此类状况的示例是系统冷却并且应用程序处理和加速数据流需要的 CPU 功率比适配器可以供应的功率大得多的时候。

[0004] 在过去,已发展对该问题的若干解决方案。例如,一种解决方案停用 CPU 高电流模式。然而这降低系统性能。另一解决方案使用带有增加的电流容量的适配器。然而这增加适配器成本。而另一解决方案降低系统总线电压。然而这不是广泛采纳的电池充电器解决方案,并且不适合高功率系统。仍另一解决方案是添加另外的升压变换器并且包括升压控制器。然而这需要至少一个功率 MOSFET、二极管和其他电路组件。然而该解决方案的成本高并且需要更多空间。

[0005] 因此,为解决在高速操作 CPU 的问题从而改善系统性能同时不毁坏适配器,当要求高功率时已建议使用电池和适配器同时向系统供电。其中这已完成的一种方式已在充电电路中使用升压变换器从而转换电池功率以便向系统输送。充电器可以在电池充电期间在同步降压模式中操作,并且当需要到 CPU 和系统的另外功率时在升压模式中操作。该类型的充电电路在此称为“混合动力电池充电器”。

发明内容

[0006] 上面的问题由使用电池充电器作为升压变换器从而将电池电压升压到适配器电压的系统和方法,以及用于在降压充电模式和升压供电模式之间实现平滑模式转换并实现最优化效率的控制方法来解决。

[0007] 在此描述的已提出的示例系统和方法将现有电池充电器配置与允许充电器在混合模式中操作的控制方法一起使用,其中充电器在电池充电期间在降压模式中操作,并且在电池放电期间在升压模式中操作从而向系统供应另外的功率。另外,系统不需要增加适配器电流容量,由此避免适配器的另外成本。其用最小空间需求实现高功率转换效率、低的

总系统成本。

[0008] 因此,根据可连接从而从适配器接收电力并向负载供电 / 提供功率(power)的供电系统的一个示例实施例,提供可充电电池、降压模式电路和升压模式电路。提供切换电路用于在降压模式电路和升压模式电路之间切换以便向负载供电。如果负载需要的功率达到与适配器过载状况相关的第一预定电平第一预定时间,那么切换电路将所述降压模式电路从负载断开,并将可充电电池和升压模式电路连接到所述负载。第一预定电平可以由负载建立的动态功率管理水平的电流的第一预定百分比建立,该动态功率管理水平可以和在可以由适配器提供的功率电平以下的功率电平相关。

[0009] 根据可连接到负载的供电系统的另一实施例,提供具有可充电电池、充电电路和可连接从而从电源接收电力的适配器的供电系统。充电电路包括降压模式电路以便在正常操作模式中向负载选择性供电,并且包括升压模式电路以便在适配器过载操作模式中向负载选择性供电。提供切换电路以便在降压模式电路和升压模式电路之间切换。如果负载需要的功率达到适配器过载状况,那么充电电路关闭并等待预定时间。在预定时间之后,充电电路检查从而确定适配器过载状况是否仍存在,并且如果适配器过载状况仍存在,那么充电电路从降压模式电路改变到升压模式电路,并将电池连接到负载从而向负载提供另外功率。确定适配器是否仍在过载状况的检查可以基于例如系统电流。

[0010] 根据用于操作具有可充电电池、降压模式电路和升压模式电路的充电器电路的方法的实施例,降压模式电路被操作从而在正常操作模式中向负载供电。感测充电器电路的输入电流。如果输入电流超过由负载建立的动态功率管理水平的第一预定百分比的电流,那么充电器电路被关闭第一预定时间。如果在第一预定时间之后输入电流继续超过由负载建立的动态功率管理水平的第一预定百分比的电流,那么启动升压模式电路并且可充电电池被连接从而向负载供电。

附图说明

[0011] 图 1 是混合电池充电器环境的示例的框图,其中可以采用在此描述的电池充电和控制电路和方法。

[0012] 图 2 是图示说明具有升压功能的充电器电路实施例的示例的电气原理图,该充电器电路可以用于在这里描述的电池充电和控制电路和方法。

[0013] 图 3A 是用于实施图 2 的电池充电和控制电路和方法的反馈放大器、占空比和驱动电路的示例的框图。

[0014] 图 3B 是用于实施图 2 的电池充电和控制电路和方法的开始 / 停止控制电路的示例的框图。

[0015] 图 4 是图示说明用于操作图 2 的电路进入操作的升压模式的方法的一个实施例的流程图。

[0016] 图 5 是图示说明用于操作图 2 的电路退出操作的升压模式的方法的一个实施例的流程图。

[0017] 图 6A-6D 是在图 2 的电路的操作中实现的各种参数对时间的波形。

[0018] 在各种附图中,类似参考号用来表明类似或相似的部分。

具体实施方式

[0019] 混合电池充电器环境 10 的示例的框图在图 1 中示出。混合电池充电器环境 10 包括系统 12,其可以是例如智能电话、笔记本、平板计算机和上网本计算装置等,该系统 12 具有需要操作功率的 CPU14 和存储器 16。CPU14 和存储器 16 是需要操作功率的系统负载 18 的部分。到系统负载的操作功率由降压 / 升压充电器系统 20 和关联的可充电电池组 22 以在下面更详细描述的方式提供。可充电电池组 22 可以是例如锂离子电池组,尽管其他可充电电池类型也可以被采用。

[0020] 提供适配器 24,其可选择的可连接从而典型地从未示出的交流出口(ac 出口)接收交流电力(ac 电力),从而将交流电力变换成直流电力(dc 电力)以向降压 / 升压充电器系统 20 供电,从而向系统负载 18 供电并且充电关联的可充电电池组 22。例如,根据具体系统负载 18 的具体功率需求,典型适配器可以在约 20V 供应 90W 的功率,由此具有供应约 4.5A 电流的能力。适配器当然是负载相关的,并且可以从一个应用到另一应用显著改变;然而,在此描述类型的混合电池充电器的优点中的一个是所需要的具体适配器的功率需求可以比适配器单独用来向系统负载 18 供应操作功率的情况下需要的功率需求低。适配器 24 可以被提供为在意图供电的装置或系统外部并且选择性可连接到其上的部件。

[0021] 当适配器 24 不连接以接收交流电力时,开关 26 将电池组 22 连接到系统负载 18,以便系统负载 18 由可充电电池组 22 直接供电。当适配器 24 连接以接收交流电力时,开关 26 被打开从而将可充电电池组 22 从系统负载断开,以便系统负载由交流适配器直接供电。根据在下面描述的实施例,当超过适配器 24 的容量时,可充电电池组 22 可以向系统负载 18 供应另外功率。更具体地,当系统负载 18 需要的功率多于适配器 24 可以提供的功率时,降压 / 升压充电器系统 20 可以例如通过将降压变换器充电器改变到升压变换器将可充电电池组 22 切换入系统,请求可充电电池组 22 提供另外功率。另外,当系统负载 18 需要的功率高于可以由适配器 24 提供的功率时,电池充电电流不仅降低到零,而且降压 / 升压充电器系统 20 在升压模式中操作,以便适配器和电池同时向系统供电。

[0022] 在一个实施例中,如果系统负载 18 需求的功率达到处于或超过适配器的最大功率限制的适配器 24 的过载状况,那么降压 / 升压充电器系统 20 立即关闭,并且等待在此称为“抗尖峰脉冲时间(deglitch time)”的预定周期。在抗尖峰脉冲时间之后,降压 / 升压充电器系统 20 基于总系统电流检查以确定适配器 24 是否仍在过载状况中。在抗尖峰脉冲时间之后,如果总系统电流仍高于适配器 24 的最大电流限制,那么降压 / 升压充电器系统从降压模式改变到升压模式,并允许可充电电池组 22 向系统负载 18 提供另外功率。结果,适配器 24 和可充电电池组 22 一起提供充足的系统功率,从而避免适配器毁坏,并使得包括其 CPU14 的系统负载 18 能够接收最大可用功率以便实现其最高性能。

[0023] 现在另外参考图 2,示出电气原理图,该电气原理图图示说明可以用来提供在此描述的电池充电和控制电路和方法的具有升压功能的充电器电路 30 的实施例的示例。充电器电路 30 具有动态功率管理(DPM)电路 32,该 DPM 电路 32 在输入节点 34 上从可以选择性连接到其上的上述类型的适配器 24 接收输入功率。

[0024] DPM 环路 32 包括输入电流感测电阻器 36,该输入电流感测电阻器 36 任意一侧上的节点被指定为“ACP”和“ACN”,作为输入端连接到充电器控制环路 38,其在下面更详细描述。一对 MOSFET 装置 40 和 42 被连接从而根据充电器是在降压还是在升压模式中操作,

从充电器控制环路 38 接收各自 / 相应的高侧和低侧驱动电压。电感器 44 通过充电电流感测电阻器 46 被连接到可充电电池组 22。充电电流感测电阻器的相应侧被指定为“SRP”和“SRN”，并且作为输入端被连接到充电器控制环路 38，如在下面更详细描述。从充电器电路 30 输出的电力由在线路 48 和基准电位或接地线 50 之间示出的 VBUS 电压并且由电流源 I_{SYS} 52 表示。

[0025] 现在另外参考图 3A 和 3B，分别示出的是反馈放大器 60、占空比和驱动器电路 62，以及升压停止和开始控制电路 64。反馈放大器 60 分别从输入电流感测电阻器 36 和充电电流感测电阻器 46 接收输入 ACP、CAN、SRP 和 SRN，向 III 型补偿电路 66 提供输入。来自补偿电路 66 的输出施加到控制环路饱和和确定电路 68 和 PWM 电路 70。来自控制环路饱和和确定电路 68 的输出连接到在下面描述的升压停止和开始电路 64，并且来自 PWM 电路 70 的输出连接到驱动逻辑电路 72。

[0026] 在升压停止和开始电路 64 中产生的开始升压和停止升压信号也作为输入连接到驱动逻辑电路 72。输出 HSON 和 LSON 信号连接到输出驱动器 74 和 76，由 BTST、PHASE 和 REGN 以及 GND 电压调整该输出驱动器 74 和 76 电平，从而在正确电压电平向 MOSFET 装置 40 和 42（图 1）提供驱动信号。

[0027] 升压停止和开始电路 64 在现在另外参考的图 3B 中示出。升压停止和开始电路 64 接收表示在 ACP 和 CAN 之间的电压差的输入。该电压差可以用适当比例例如在图 3A 的反馈放大器 60 中发展 / 产生 (develop)。

[0028] 关于开始升压模式，由比较器 80 比较在 ACP 和 CAN 之间的电压差与基准电压，例如 $1.05 \times V_{\text{REF_IAC}}$ 。 $V_{\text{REF_IAC}}$ 表示由主机建立的具体上电流电平，低于该电平则适配器的操作应被保持从而避免毁坏适配器。比较器 80 具有滞后 / 磁滞以便在 ACP-CAN 电压差上的瞬间改变不导致比较器 80 改变状态。基准电压被建立以便如果在输入电流感测电阻器 36 两侧产生的电压差 ACP-CAN 达到适配器 24 功率限制的预定百分比，在此情况下是 105%，那么比较器 80 改变输出状态。

[0029] 来自比较器 80 的输出连接到延迟电路 82，该延迟电路 82 操作从而响应于在比较器 80 的输出中状态的改变关闭充电器并开始预定延迟例如 $170 \mu\text{s}$ 。如果从比较器 80 输出的电压在预定延迟之前返回到低值，表明不需要升压模式，那么升压模式不启动并且充电器重新接通。然而，在预定延迟到期之后，开始升压输出改变状态，触发驱动逻辑电路 72（图 3A）从而经低侧驱动器 76 接通 / 打开低侧 MOSFET 装置 42（图 2），并且经高侧驱动器 74 接通 / 打开高侧 MOSFET 装置 40（图 2）。

[0030] 关于停止升压信号，四个可能输入信号可以触发该停止升压信号。四个信号被施加到或门 83，该或门 83 的输出是施加到驱动逻辑电路 72（图 3A）的停止升压信号。第一输入信号是当电压差 ACP-CAN 低于预定电压例如 10mV 时由比较器 84 产生的立即触发。当该状况发生时，升压模式立即关闭从而防止 ACOV（系统总线过电压）。第二输入信号是当电压差 ACP-CAN 是低于 $V_{\text{REF_IAC}}$ 电压电平的预定百分比时发生的触发。在图示说明示例中，百分比是 93% 并且由比较器 86 建立。如果电压差 ACP-CAN 是低于 $V_{\text{REF_IAC}}$ 电压电平的预定百分比，并且来自比较器 84 的输出不高，那么 1ms 延迟由计时器 88 计时从而触发停止升压输出信号。

[0031] 另外，如果在方框 90 中确定控制环路饱和，并且如果电压差 ACP-CAN 不是低于

VREF_IAC 电压电平的预定百分比,那么停止升压输出信号被触发。最终,提供监视计时器 92 从而确保升压模式不保持占用预定时间,例如在示出的示例中是 175 秒。

[0032] 充电器电路 30 的操作在现在另外参考的图 4 的流程图 99 中图示说明。在菱形 10, 为在系统功率高于适配器可以提供的功率时进入升压模式以便从适配器 24 和可充电电池组 22 供电,做出输入电流是否大于 IDPM 的 105% 的确定。IDPM 是为适配器 24 设定的电流阈值,以便在该阈值充电器减小充电电流并甚至给予放电电流从而尝试在该阈值调节适配器电流,以避免适配器过载。例如,如果 20V、90W 适配器可以给出 4.5A 电流,并且系统负载设定成在 4.1A 触发,那么当适配器电流高于 4.1A 时,充电电流减小从而将适配器电流保持在 4.1A。如果适配器电流接近限制例如 4.4A,那么在系统负载中的控制器将节流从而减小 CPU 功率,以便适配器将不出现高于 4.5A 的电流并毁坏。4.1A 称为 IDPM 电流(DPM 动态功率管理电流)。因此,充电电流基于系统电流动态改变,以便总适配器电流在 IDPM 设定点上或在该 IDPM 设定点下良好调节。

[0033] 如果输入电流不大于 IDPM 的 105%,那么重复确定。另一方面,如果输入电流大于 IDPM 的 105%,那么充电器立即关闭,方框 102。最小 100 μ s 的延迟(例如通常延迟可以是 170 μ s)被启动,方框 104。如果输入电流仍大于 IDPM 的 105%,菱形 106,那么升压模式开始,方框 108,如果其他状况全部满足。如果输入电流不大于 IDPM 的 105%,那么过程在菱形 100 重新启动。

[0034] 触发退出升压模式的状况在现在另外参考的图 5 中的流程图 120 中示出。如在上面关于图 3B 描述的,四个状况同时被监控。如在菱形 122 中示出,由比较器 84 做出确定从而确定输入电流是否高于预定电平,从而防止 ACOV 或系统总线过电压。如果输入电流低于预定电平,例如对于 10 毫欧感测电阻器低于 10mV,那么升压模式立即关闭,方框 124。

[0035] 如果对升压模式电压的需要不再存在,那么也退出升压模式。因此,由比较器 86 做出输入电流是否小于 IDPM 的预定百分比的确定,例如在图示说明实施例中的 93%,菱形 126。如是,那么将对抗尖峰脉冲时间例如 1ms 计时,方框 128,此后退出生压模式,方框 124。

[0036] 另一方面,如果输入电流大于 IDPM 的 93%但小于积分器的输入电流调节点,菱形 130,如果环路积分器触及(hit)饱和(见于在图 3A 中的控制环路饱和确定电路 68 和在图 3B 中的控制环路饱和方框 90),那么退出升压模式,方框 124。延迟时间取决于环路响应。

[0037] 最终,如果监视计时器 92 (见于图 3B)启用,如果计时器已终止并且将不写入充电电压或电流命令,菱形 134,那么退出升压模式,方框 124。当然,如果用于进入升压模式的状况中的任何一个仍存在,那么电路重新进入升压模式。

[0038] 在图 2 的充电器电路 30 的操作中所见的各种波形在现在另外参考的图 6A-6D 中示出。系统电流 I_{SYS} 由在图 6A 中的波形 140 示出,图示说明在 DPM 模式中的增加的系统电流。适配器电流 I_{ADP} 由在图 6B 中的波形 142 示出,图示说明在适配器电流限制的适配器电流的操作。电池充电电流 ICHG 由在图 6C 中的波形 144 示出,图示说明由输入电流的调节引起的充电电流的降低。并且恒定输出电压由在图 6D 中的波形 146 示出。

[0039] 在此描述的实施例的优点中的一个是有电池充电器拓扑可以被使用,但实施例的控制方法可以用来允许充电器在电池充电期间在降压模式中操作,并且在电池放电期间在升压模式中操作以便向系统供应另外的功率。实现的益处中的一些包括允许 CPU 以高性能在高速操作、减小对增加的适配器电流容量的需求、为适配器消除额外成本、使得高功率

转换效率成为可能、减小总系统成本,以及需要最小解决方案空间。

[0040] 电气连接、耦合与连接已关于各种装置或元件描述。连接与耦合可以是直接的或间接的。在第一和第二电气装置之间的连接可以是直接电气连接或可以是间接电气连接。间接电气连接可以包括处理从第一电气装置到第二电气装置的信号的中间元件。

[0041] 本发明涉及领域的技术人员认识到可以对已描述实施例和在本发明的保护范围内实现的许多其他实施例做出修改。

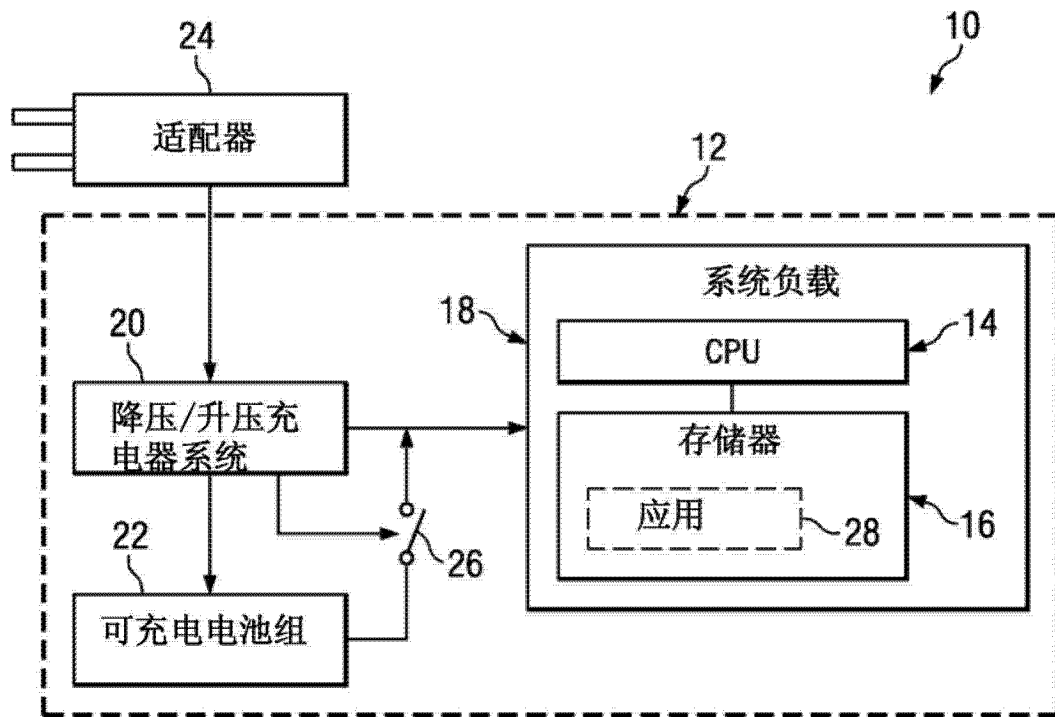


图 1

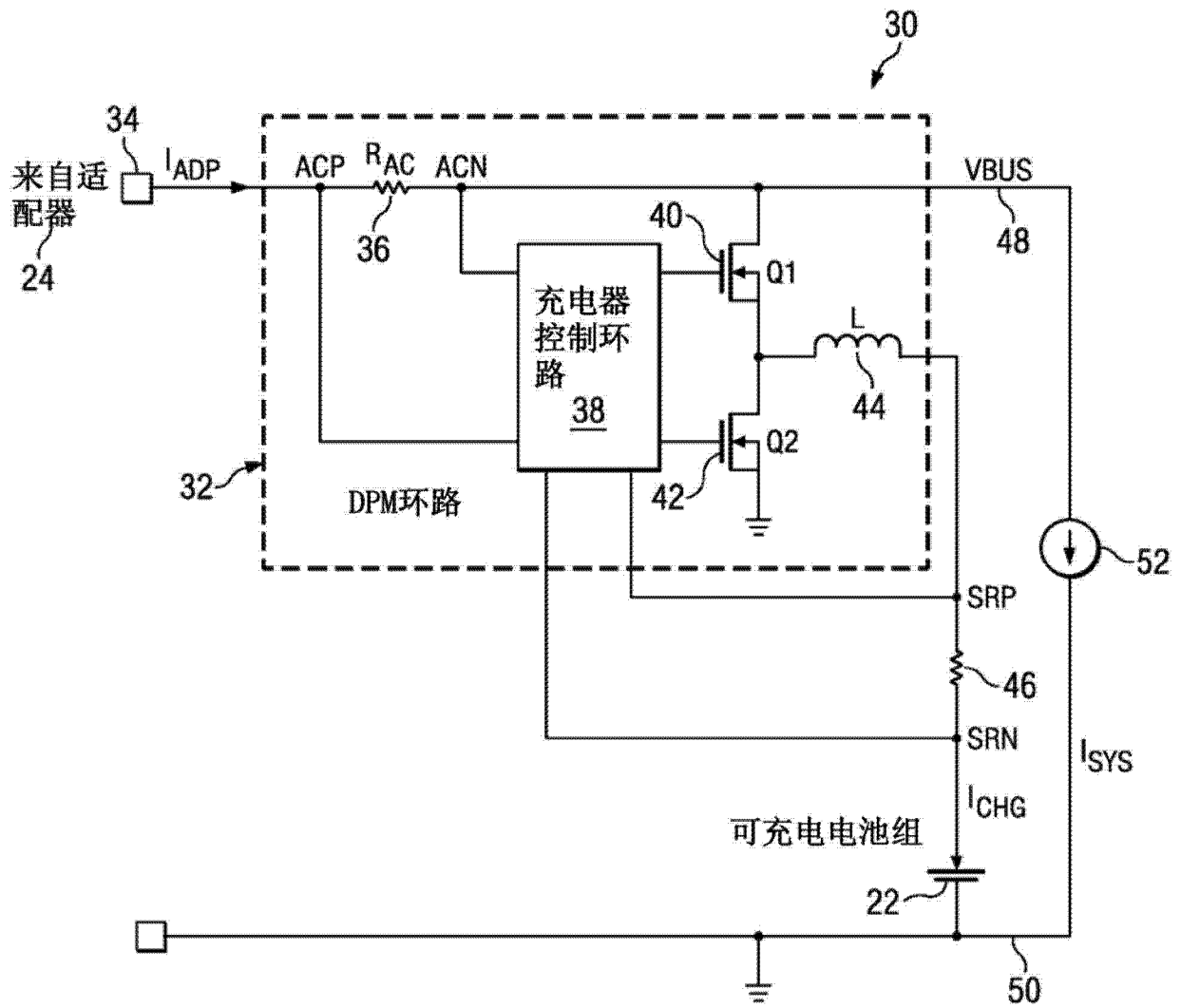


图 2

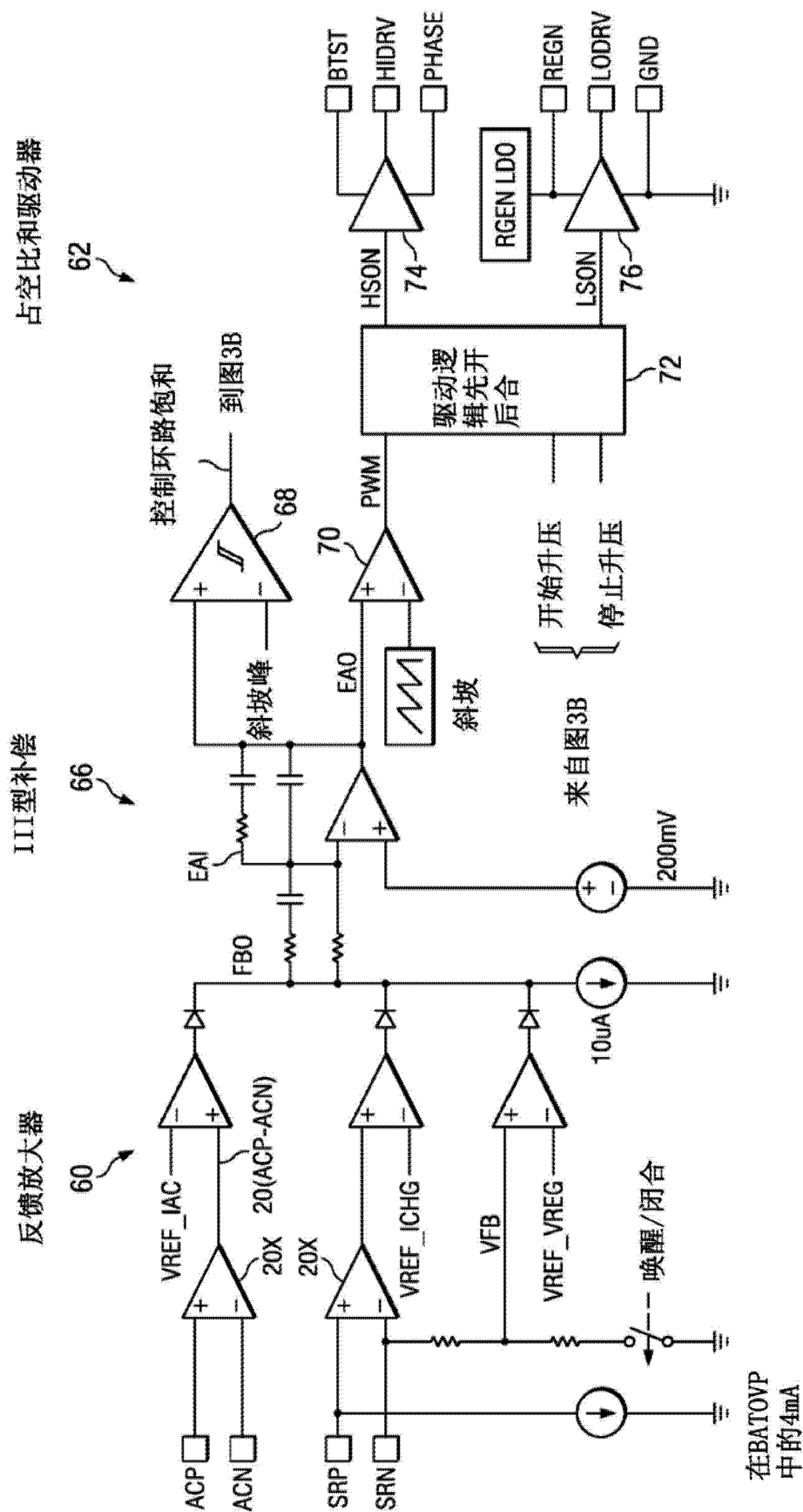


图 3A

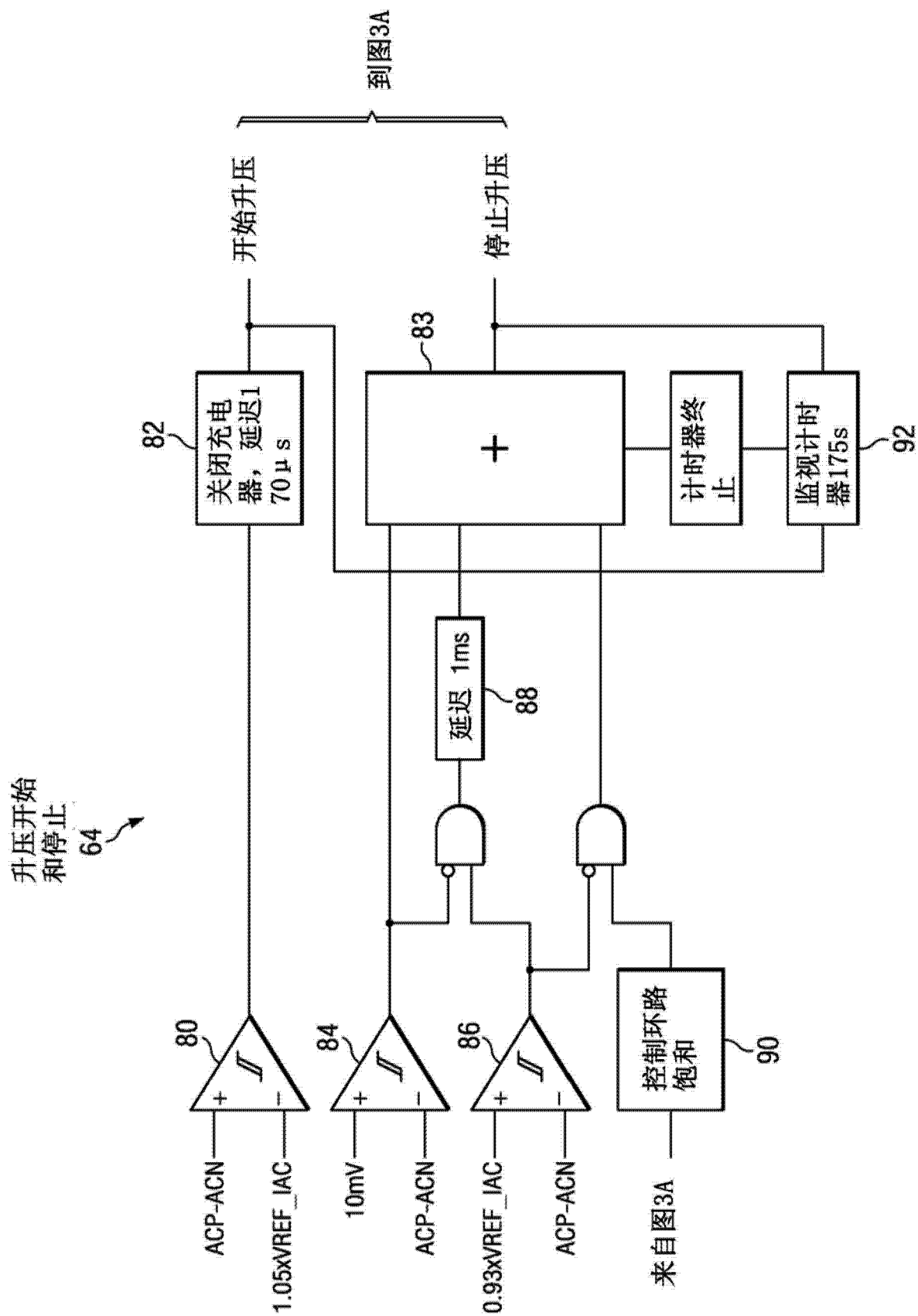
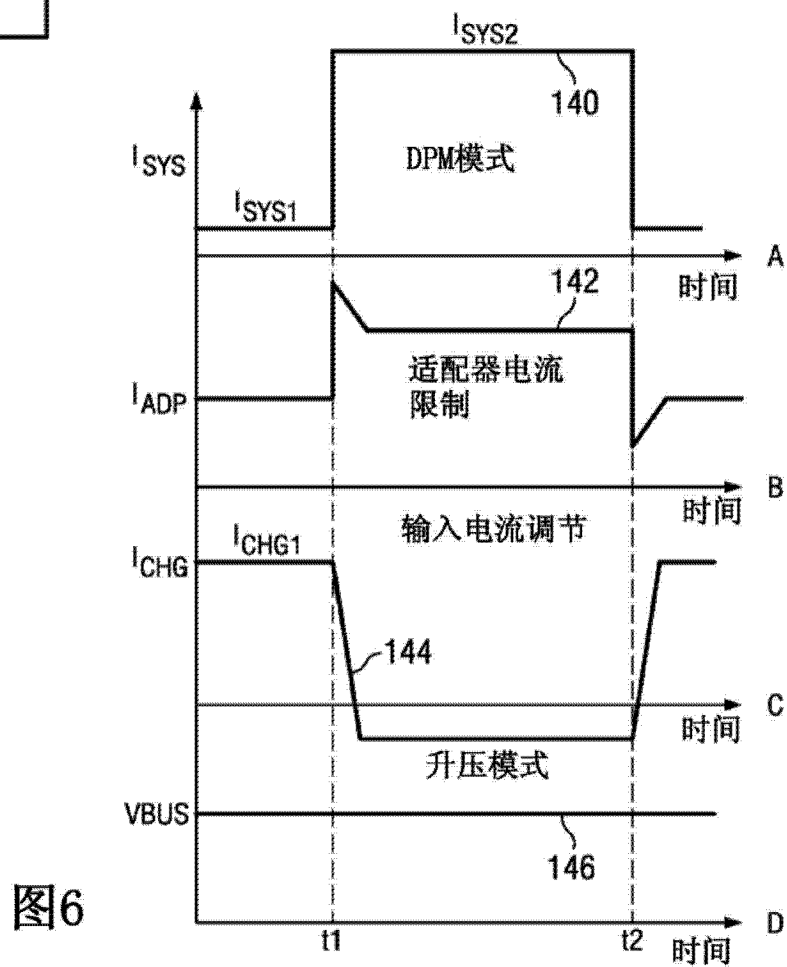
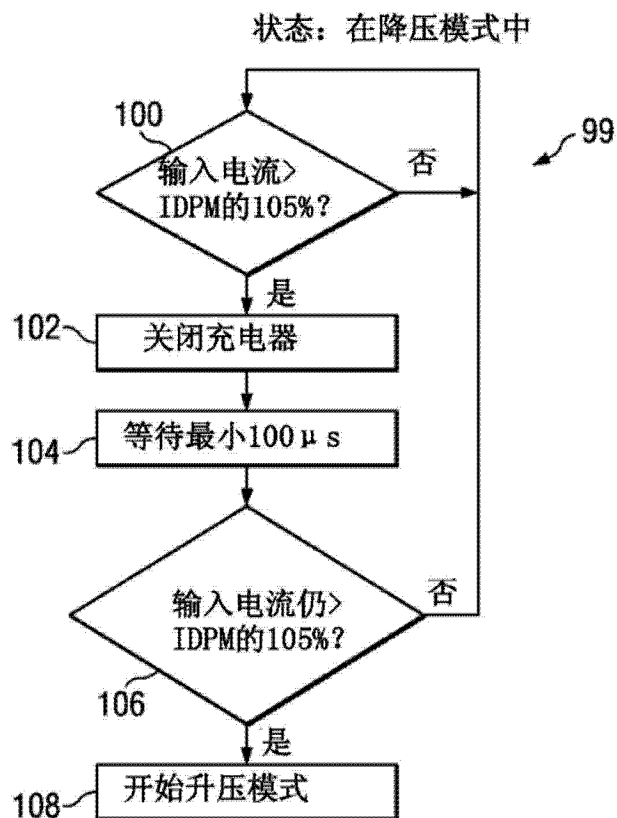


图 3B



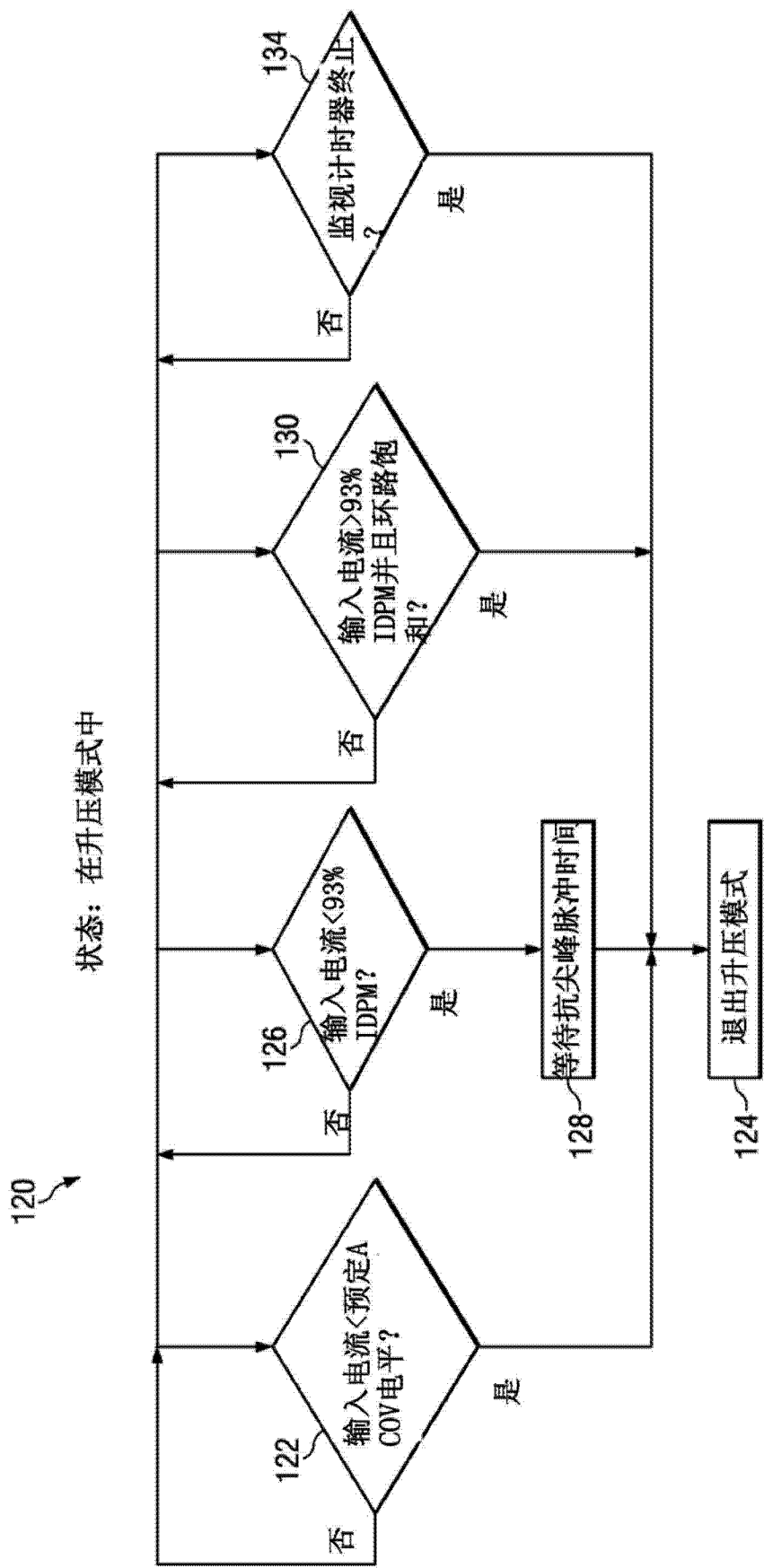


图 5