



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101997328 B

(45) 授权公告日 2013. 02. 27

(21) 申请号 201010578264. 7

(22) 申请日 2010. 12. 08

(73) 专利权人 上海理工大学

地址 200093 上海市杨浦区军工路 516 号

(72) 发明人 吴越鹏 刘磊 金爱娟 林璘

许晓鸣

(74) 专利代理机构 上海新天专利代理有限公司

31213

代理人 祖志翔

(51) Int. Cl.

H02J 7/00 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1529396 A, 2004. 09. 15, 全文.

马爱华 等. 基于 AVR 的锂电池智能充电器的

设计与实现. 《微计算机信息》. 2009, 71-73.

相韶霞 等. 2A 的恒流 / 恒压电池充电芯片
LT1769. 《国外电子元器件》. 2000, (第 3 期), 2-5.

审查员 张海春

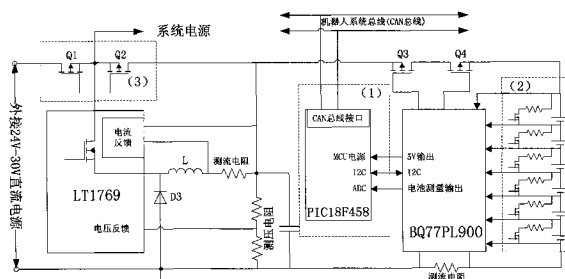
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 5 页

(54) 发明名称

锂电池管理系统

(57) 摘要

一种锂电池管理系统, 包括采用 LT1769 芯片的恒流恒压电路和采用 BQ77PL900 芯片的平衡保护电路, 该恒流恒压电路包括与 LT1769 芯片连接的由 P 沟道场效应管构成的第一开关元件和第二开关元件, 该第一开关元件能够在充电时保持导通且外部电源短路反接时快速关断, 该第二开关元件能够在供电时保持导通且外部连上充电需要时立即关断; 平衡保护电路包括有 PIC18F458 单片机和外部扩流电路, 该 PIC18F458 单片机与 BQ77PL900 芯片相连接并使之运行于主动控制模式中, 该外部扩流电路包括放大电路和功率放电电路, 该放大电路包括 PNP 三极管且与 BQ77PL900 芯片相连接, 该功率放电电路与放大电路连接, 包括连接功率放电电阻的功率场效应管。本发明能够实现对机器人锂电池充放电平衡及保护的优化管理。



1. 一种锂电池管理系统,包括采用 LT1769 芯片的恒流恒压电路和采用 BQ77PL900 芯片的平衡保护电路,其特征在于:所述恒流恒压电路包括与 LT1769 芯片连接的第一开关元件和第二开关元件,该第一开关元件和第二开关元件为 P 沟道场效应管,所述第一开关元件能够在充电时保持导通且外部电源短路反接时快速关断,所述第二开关元件能够在供电时保持导通且外部连上充电需要时立即关断;所述平衡保护电路包括有 PIC18F458 单片机和与所述 BQ77PL900 芯片相连接的外部扩流电路,该 PIC18F458 单片机能够控制电池的充电平衡,其通过 IIC 总线与所述 BQ77PL900 芯片相连接并使之运行于主动控制模式中,所述外部扩流电路包括第一级放大电路和第二级功率放电电路,该第一级放大电路与所述 BQ77PL900 芯片相连接,其包括 PNP 三极管,该 PNP 三极管为 9012,该第二级功率放电电路与第一级放大电路连接,其包括连接功率放电电阻的功率场效应管,该功率场效应管为 SSM3K302T,该功率放电电阻的功率为 1W。

2. 根据权利要求 1 所述的锂电池管理系统,其特征在于:所述 PIC18F458 单片机测量每节电池电压值并与阈值进行比较,以判断各节电池的平衡,同时,该 PIC18F458 单片机将电源的运行状态信息传输至机器人的中央处理单元。

锂电池管理系统

技术领域：

[0001] 本发明涉及机器人的电源系统,特别涉及一种用于具有自动充电功能的群体机器人的充放电平衡及保护的锂电池管理系统。

背景技术：

[0002] 由于群体机器人具有强大的信息处理能力、优秀的运动性能,同时还保持着小巧紧凑的特点,所以机器人的电源采用 6 节磷酸铁锂电池串联进行供电,以满足主处理单元和动力单元的用电。依照锂电池的充放电要求,电池的管理系统包括恒流恒压充电单元、放电欠压保护单元、充电过压保护电源以及各种短路过载保护单元等。串联使用锂电池存在有各节电池之间充放电的平衡问题:尽管串联使用锂电池可以严格保证各节电池充放电电流相等,然而由于各节电池之间本身储能特性的差异,会导致一部分电池提前充满,而另一部分电池会提前放电。如果缺乏必要的充电、放电的平衡管理,久而久之会导致一些电池长期充电不充分,而另一些电池则会放电不完全,并且差异会累积越来越大。因此,串联使用 6 节锂电池的管理系统需要有一个平衡充电的单元来解决上述的问题。本专利叙述的就是锂电池的平衡保护电路与恒流恒压电路,见附图 1。

[0003] 随着锂电池性能的逐渐提高,其不但能够用作为传统移动电子设备的电源,而且还可以作为动力电源来使用。但是一般动力电源都需要比较高的电压,所以几节甚至几十节电池串联使用时的充电平衡问题成了一个技术难点。现有的充电平衡法有:

[0004] (1) 被动平衡法:在电池管理系统中,每节电池均通过一个开关连接到一个负载电阻上,这种被动平衡电路可以对其中被选中的电池节单独放电。该方法只适用于在充电模式下抑制最强电池节的电压攀升,另外为限制功耗,此类电路一般只允许小电流放电,从而导致充电平衡耗时过长,可高达几小时。采用分立元件和通用单片机的被动平衡充电电路应用功率电阻耗能来提高被动平衡放电速度,能够大大减少充电环节中的平衡过程时间,但是却因为采用分立元件导致体积过大,而不适合紧凑型的群体机器人的要求。

[0005] (2) 主动平衡法:主动平衡法采用一个存储元件来转移能量,一种是用电容来做存储元件,还有一种是将能量存储在一个磁场中,再使用变压器来完成能量转换。如果采用前者,则将储能电容与所有电池节相连就需要庞大的开关阵列;如果采用后者,则平时采用的开关时序要严格正确,否则电池以及其电路就会有短路烧毁的危险,因此其可靠性比较低。

[0006] 比较以上两种方案,若采用电容主动平衡法,则开关阵列难以实现,若采用变压器形式的平衡法;则机器人内部空间无法加入体积庞大的变压器,同时开关时序问题也直接影响系统的可靠性。因此通过权衡利弊,被动平衡法充电是一个可行性较高的方法,但是要解决功耗和充电平衡速度的问题。

[0007] 图 2 所示的是一种现有的使用 Linear Technology 和 Texas Instrument 芯片的被动平衡法电路。该电路的优缺点如下所述。

[0008] (1) 恒流恒压电路

[0009] 优点——电路采用 Linear Technology 公司的 LT1769 芯片作为恒流恒压充电器, 根据 6 节铁锂电池的要求并且兼顾平衡充电速度和散热问题, 充电电流为 1.5A 左右, 最大电压为 $6 \times 3.6V = 21.6V$, 该芯片基本解决了充电问题。

[0010] 缺陷——该电路正常运行时发热量很大, 在群体机器人紧凑的狭小空间里恶化了系统的散热问题。

[0011] (2) 平衡保护电路

[0012] 优点——电路使用 Texas Instrument 公司的 BQ77PL900 芯片来完成电池欠压、过压、短路、过载以及充电平衡功能, 使用该芯片完成充电管理功能可以大大减少电池管理模块的体积。

[0013] 缺陷——首先, 德州仪器的这款芯片是针对普通聚锂电池设计的, 该芯片在自动模式运行时, 启动电池平衡的电压阈值为 4.2V, 而单节铁锂电池电压超过 3.6V 后电池就有过充损坏的危险, 因此该芯片不太适合铁锂电池, 只能通过该芯片的外部 MCU (Micro Control Unit) 的接口以及灵活的主控模式来实现 BQ77PL900 对铁锂电池的管理。其次, 由于芯片本身功耗限制, 其本身的平衡开关流过电流最大为 5mA, 这导致电池平衡时间耗时达数小时之久, 若采用外部扩流措施进行改善, 则要使用 1V 开通阈值的特殊 MOS 管, 这种 MOS 管不仅选型非常困难, 而且难以在低压差的条件下开通。总之, 电池平衡时间长度问题比较难解决。

发明内容:

[0014] 本发明所要解决的技术问题是克服现有机器人的被动平衡法锂电池管理系统功耗大、散热困难和充电平衡速度慢的缺陷, 提供一种锂电池管理系统, 其采用合理的主控模式和外部扩流措施, 降低元件功耗, 从而达到提高系统充电平衡速度、改善散热条件的目的。

[0015] 本发明解决其技术问题所采取的技术方案如下:

[0016] 一种锂电池管理系统, 包括采用 LT1769 芯片的恒流恒压电路和采用 BQ77PL900 芯片的平衡保护电路, 其特征在于: 所述恒流恒压电路包括与 LT1769 芯片连接的第一开关元件和第二开关元件, 该第一开关元件和第二开关元件为 P 沟道场效应管, 所述第一开关元件能够在充电时保持导通且外部电源短路反接时快速关断, 所述第二开关元件能够在供电时保持导通且外部连上充电需要时立即关断; 所述平衡保护电路包括有 PIC18F458 单片机和与所述 BQ77PL900 芯片相连接的外部扩流电路, 该 PIC18F458 单片机能够控制电池的充电平衡, 其通过 IIC 总线与所述 BQ77PL900 芯片相连接并使之运行于主动控制模式中, 所述外部扩流电路包括第一级放大电路和第二级功率放电电路, 该第一级放大电路与所述 BQ77PL900 芯片相连接, 其包括 PNP 三极管, 该第二级功率放电电路与第一级放大电路连接, 其包括连接功率放电电阻的功率场效应管。

[0017] 本发明所述的锂电池管理系统中的 PIC18F458 单片机测量每节电池电压值并与阈值进行比较, 以判断各节电池的平衡, 同时, 该 PIC18F458 单片机将电源的运行状态信息传输至机器人的中央处理单元; 所述第一级放大电路的 PNP 三极管为 9012, 所述第二级功率放电电路的功率场效应管为 SSM3K302T, 所述功率放电电阻的功率为 1W。

[0018] 与现有的使用 LT1769 芯片和 BQ77PL900 芯片的被动平衡法电路相比较, 本发明所

述的锂电池管理系统采用 PIC18F458 单片机来实现灵活的 BQ77PL900 芯片主控模式,同时采用一级放大和一级功率放电的外部扩流电路,从而兼顾了平衡放电速度和电路体积,达到了降低元件功耗、提高充电平衡速度的效果;本发明还采用 P 沟道场效应管 (MOSFET) 来替代者两个肖特基二极管,以解决 MOSFET 控制极电压给定和快速关断的问题,从而改善了整个线路板和系统的散热。

[0019] 总之,本发明所述的锂电池管理系统具有充电平衡速度快、元件功耗低、散热条件好的优点,能够用于具有自动充电功能的群体机器人中,实现对机器人锂电池充放电平衡及保护的优化管理。

附图说明:

- [0020] 图 1 是机器人锂电池电源系统的结构简图。
- [0021] 图 2 是现有的被动平衡法锂电池管理系统的电路简图。
- [0022] 图 3 是本发明的电路结构简图。
- [0023] 图 4 是本发明恒流恒压电路的电路结构简图。
- [0024] 图 5 是本发明平衡保护电路的电路结构简图。
- [0025] 图 6 是 PIC18F458 单片机的主程序总流程图。
- [0026] 图 7 是采集锂电池电压与工作状态的子程序流程图。
- [0027] 图 8 是锂电池管理主状态机状态转移图。
- [0028] 图 9- 图 14 是本发明实际运行得到的各节锂电池的电压变化曲线图。

具体实施方式:

[0029] 现结合具体实施例和附图对本发明进行详细说明。

[0030] 请参阅图 3 本发明的一个具体实施例的电路简图,图示锂电池管理系统用于对具有自动充电功能的群体机器人的锂电池进行充放电平衡及保护管理。该锂电池管理系统包括采用 LT1769 芯片的恒流恒压电路和采用 BQ77PL900 芯片的平衡保护电路,其在图 2 所示的现有的被动平衡法锂电池管理系统的电路方案的基础上共作出 3 处改进:

[0031] 1、本发明的恒流恒压电路包括与 LT1769 芯片连接的第一开关元件 Q1 和第二开关元件 Q2,该第一开关元件 Q1 和第二开关元件 Q2 为 P 沟道场效应管,见图 3 中的虚线框 (3);该第一开关元件 Q1 能够在充电时保持导通且外部电源短路反接时快速关断,该第二开关元件 Q2 能够在供电时保持导通且外部连上充电需要时立即关断。

[0032] 由于机器人内部空间有限,并且充电芯片 LT1769 正常运行时发热量很大,如果其他器件也有严重的功率耗散就会加剧整个线路板和系统的散热问题。因此,本发明采用 P 沟道 MOSFET (场效应管) 来替代者图 2 所示现有技术中的两个肖特基二极管,以并且解决 MOSFET 控制极电压给定和快速关断的问题。

[0033] 首先,第二开关元件 Q2 的作用是当电池供电时保持开通,而在外部连上充电需要时立即关断。再请参阅图 4 本发明恒流恒压电路的电路结构简图,元件 D1、R1 和 DZ2 组成第二开关元件 Q2 的栅极控制电路,当所述锂电池管理系统突然连入充电站后 (见图 1),外接电压会直接通过元件 D1 迅速把第二开关元件 Q2 关断以防止外接电源对锂电池的直通短路。如果这时把充电断开或者外接电路短路或反接,由于第一开关元件 Q1 迅速关断,元件

D1 受反压阻断,然后第二开关元件 Q2 栅极电荷会缓慢地从电阻 R1 释放,直到元件 DZ2 击穿稳压;因为第二开关元件 Q2 本身的寄生二极管存在,所以从外接电源断开到第二开关元件 Q2 打开的几毫秒时间内供电不会出现断档。因此第二开关元件 Q2 设置为快关慢开的形式是完全可行的。

[0034] 其次,第一开关元件 Q1 的作用是在正常充电时保持导通,而在外部电源短路反接时快速关断。再请参阅图 4,元件 R2、R3、R4、D2、D3、DZ1、C1 和 PNP 三极管 9012 组成第一开关元件 Q1 的栅极驱动电路,通常第一开关元件 Q1 在未充电时为关断状态,所以栅极通过 R2 连接在电池端。充电工作时,PWM 波形的低电平、元件 D2 和栅源极之间的分布电容形成的峰值保持电路以及元件 DZ1 和 R3 组成的保护电路,使得栅极可以保持对源极 -16V 的电压。电路中元件 C1 的作用是加速第一开关元件 Q1 的导通与关断。PWM 刚工作时,元件 DZ1、C1 和 D1 提供一个快速拉低栅极的回路,当外部电源出现短路或反接时,三极管 9012 的导通加上元件 C1 本身带有的电压的自举作用,会使第一开关元件 Q1 的栅极瞬间抬高,使得第一开关元件 Q1 快速关断。而由于三极管 9012 控制 PN 结只能承受 -5V 的反向电压,所以元件 D3 的作用是给这个控制 PN 结作保护,使得其电压最大只能维持在 -0.7V 左右,元件 R4 则为元件 D3 和三极管 9012 的限流电阻承受工作时主要的电压降。

[0035] 2、本发明的平衡保护电路包括有 PIC18F458 单片机和与所述 BQ77PL900 芯片相连接的外部扩流电路。该 PIC18F458 单片机能够控制锂电池的充电平衡,其通过 IIC 总线与所述 BQ77PL900 芯片相连接并使之运行于主动控制模式中,见图 3 中的虚线框 (1)。

[0036] 本发明使用一块 PIC18F458 单片机通过 IIC 总线使电池管理芯片 BQ77PL900 运行于主动控制模式,并由单片机 PIC18F458 来控制锂电池的充电平衡。其基本原理是通过 IIC 总线命令写入芯片 BQ77PL900,使其电压输出端所测量的各节电池电压之间循环切换。这样就可以通过单片机 PIC18F458 自带的 ADC 来测量每节电池的电压值,经过适当转换就可以和 3.6V 阈值进行比较来判断进行各电池的平衡。同时,单片机 PIC18F458 的 CAN 总线收发模块又可以将电源的各种运行状态信息传输至机器人的中央处理单元。

[0037] 3、本发明的平衡保护电路的外部扩流电路包括第一级放大电路和第二级功率放电电路,该第一级放大电路与所述 BQ77PL900 芯片相连接,其包括 PNP 三极管 9012,该第二级功率放电电路与第一级放大电路连接,其包括功率场效应管 SSM3K302T,该功率场效应管 SSM3K302T 连接功率为 1W 的功率放电电阻,见图 3 中的虚线框 (2)。

[0038] 由于所述 BQ77PL900 芯片本身功耗的限制,该 BQ77PL900 芯片自带的平衡开关流过电流最大只有 5mA,这导致电池平衡时间耗时长达几小时之久,因此需要对所述 BQ77PL900 芯片的平衡电流采用功率电阻进行扩流。请参阅图 5 所示平衡保护电路的电路结构简图,由于 3.6V 电压时内部 FET 打开 700Ω 电阻上的压降只有 0.8V,这样第一级放大电路只能一个 PNP 三极管 9012 打开,由于 PNP 基极电流限制,实测中电流放大倍数为 250 的三极管最多只能放大到 70mA 左右电流,为了更高速率地放电,所以选择 100Ω 电阻连接于三极管 9012 的集电极,此时三极管 9012 饱和导通,在放电功率 MOSFET (场效应管) SSM3K302T 的 GS 极之间形成 $3.6 - 0.6 = 3V$ 的压差,而 SSM3K302T 为 1.8V 导通阈值、导通电阻为 87mΩ 的功率 MOSFET (功率场效应管),所以第二级功率管可以被完全开通。为了兼顾系统的平衡充电速度、功耗以及电路体积,每节电池使用 2 个 1W 的功率电阻实现大于 300mA 的平衡放电电流,此时二电阻总共损耗的功率为 $3.6V \times 0.3A = 1.08W$,对于 2W 的上限以及

过压电池单元轮流平衡放电的控制策略,所述锂电池管理系统可以稳定可靠地在紧凑的空间里运行,这样既可以兼顾平衡阶段的速度与电路体积,又可以方便元件选型与实现。

[0039] 以下为本发明所述的锂电池管理系统控制软件的工作流程以及状态转移过程。

[0040] 请参阅图 6 所示 PIC18F458 单片机主程序总流程图, PIC18F458 单片机主程序流程中锂电池管理主要分两部分,一部分是采集锂电池运行的各种信息,包括各节电池的电压、芯片是否触发保护动作以及当前平衡信息;另一部分是,根据采集的信息来判断锂电池关机主状态机的状态跳转,同时状态机给出相应的命令写入 BQ77PL900 芯片使其正确动作。

[0041] (1) 采集信息程序的具体流程如图 7 所示。为了使采集到的电压值具有一定精准性,采集时锂电池的充电和平衡都要关闭,所以,在关闭动作执行之前,需要读取当前状态以便采集电压之后恢复。采集电压时充电开关关闭会使充电效率有所降低,采集时间主要与通行时间以及芯片内部切换电容保持时间常数有关,实验验证为 4ms 就可以完成所有的采集工作,而采集程序每 200ms 才被运行一次,所以牺牲 1/50 的速度换取不受电池内阻影响的准确电池电压是可以接受的。

[0042] (2) 请参阅图 8 电池管理主状态机状态转移图。普通情况下锂电池的充电和放电都属于状态机里的“正常”状态,每次程序在“正常”状态时,只要判断各节电池有没有超过 3.6V 以便及时跳转到“平衡”态,另外还判断从芯片寄存器读出的状态标志以便跳转至“保护”状态,判断结束后程序立即跳出,直到下一次定时器的触发。只要有一节锂电池发生过压,状态机就跳转至“平衡”状态,在平衡状态时,程序查找高于 3.57V 的电池节,由于芯片耐压原因,各节电池只能分别进行平衡,直到所有电池节都低于 3.57V 后充电开关打开继续正常充电。无论状态机处于“平衡”还是“正常”状态,一旦读到芯片寄存器中的异常状态置位了后,立即跳转至“保护”状态,通过 200ms 的基准等待 25 个保护循环,就向芯片写入恢复命令,来尝试异常状态是否解除,如果错误没有解除,芯片会自动进行新的保护动作。

[0043] 为了直观地显示各节电池运行状态与电压,调试时采用 RS232 串口向 PIC18F458 单片机传送所有信息,在 PIC18F458 单片机端使用 National Instrument 公司开发图形化编程平台 LabVIEW 来制作电池监控程序。

[0044] 以下为本发明所述系统一次实际运行的测试数据与结果。

[0045] 图 9- 图 14 纪录的是 6 节锂电池各自的电压变化曲线。从图 9- 图 14 中任一图中可以看到,电池电压在平衡时的曲线一直在 3.57V-3.61V 之间振荡,平衡阶段时间则逐渐变长,因为最后一次的平衡时,所有电池基本都已经到达 3.57V 以上。来看最后一次平衡的时间,图中表明最后一次完整的平衡过程是开始于 600 采样点左右,而结束于 950 采样点左右,根据 200ms 的采样率计算: $(950-600) \times 0.2 = 70s$,也就是说分别平衡 6 节电池的时间为 1 分 10 秒左右,这比现有技术中动辄 30 分钟到 40 分钟的平衡时间大大缩短,保守地估计,如果充电过程需要经历 10 次这样极端的平衡时间,总平衡时间也不会高于 15 分钟。所以本发明所述的锂电池管理系统大大地提高了电池充电速度;此外,用于开关使用的功率管开通电阻都小于 $15m\Omega$,所以回路上开关功率器件正常运行时都无法感觉到温升。总之,本发明可以顺利的使用在 Swarm 等群机器人中。

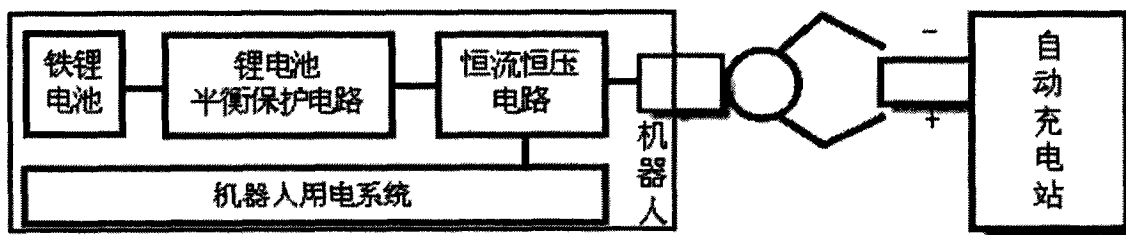


图 1

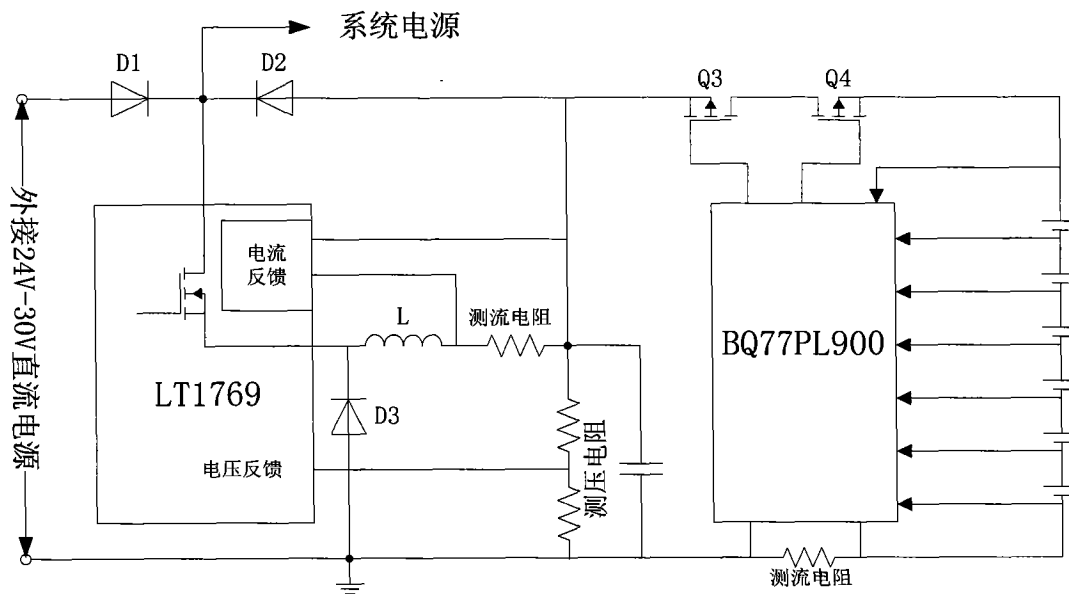


图 2

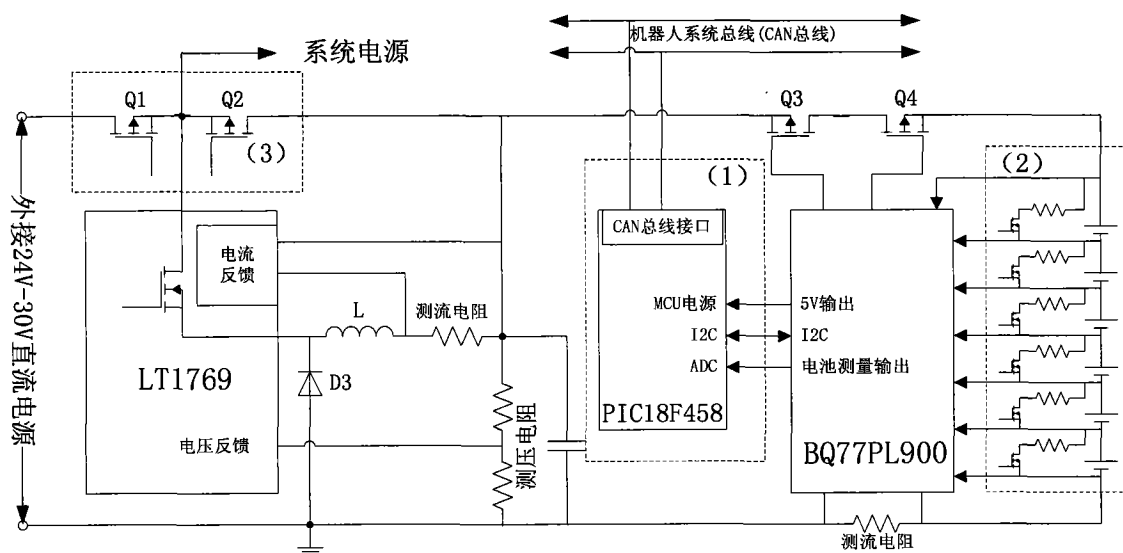


图 3

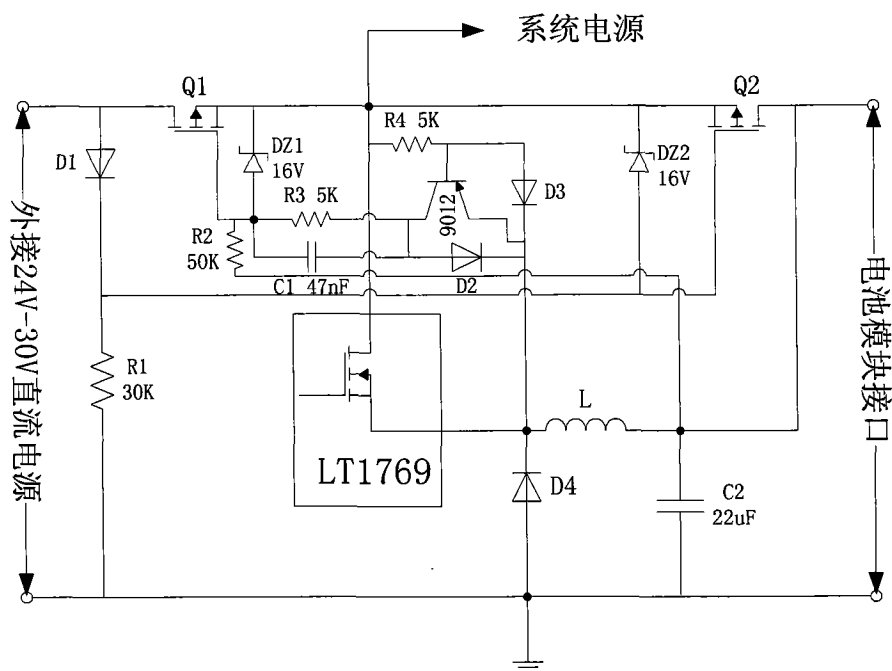


图 4

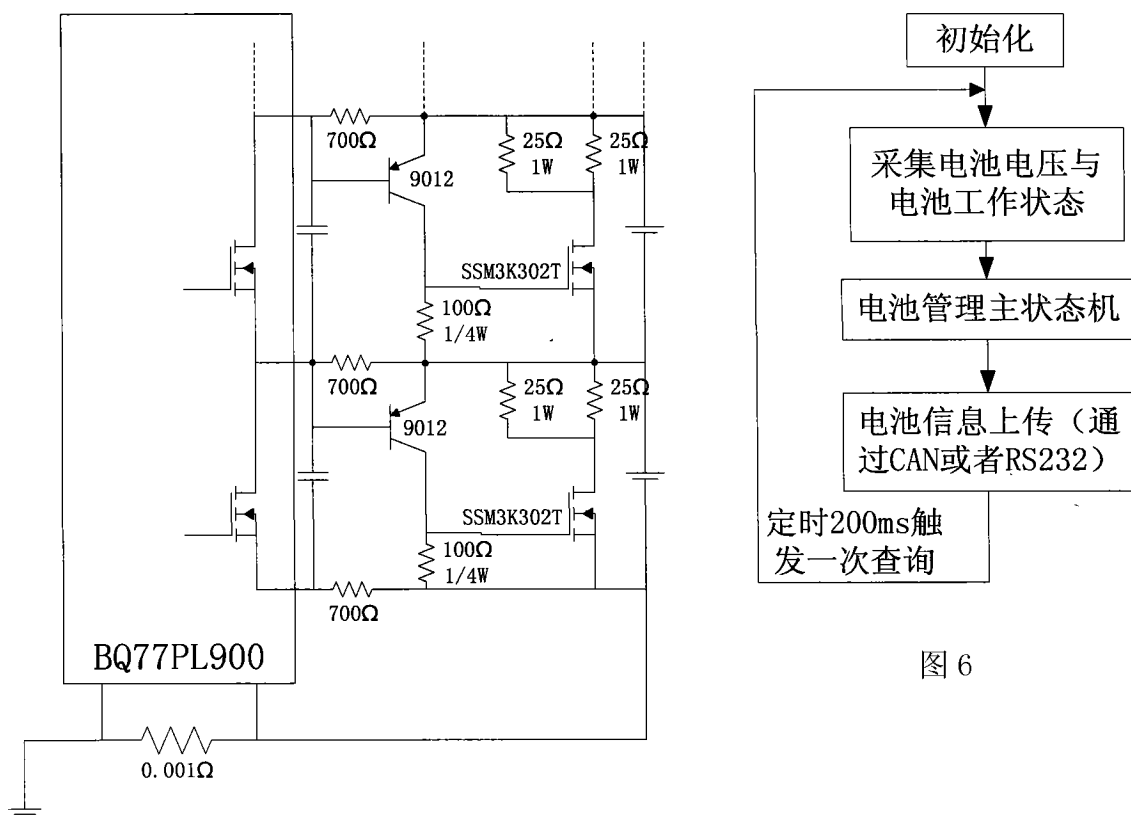


图 6

图 5

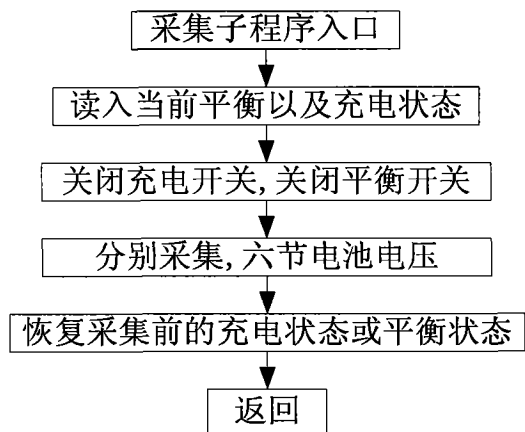


图 7

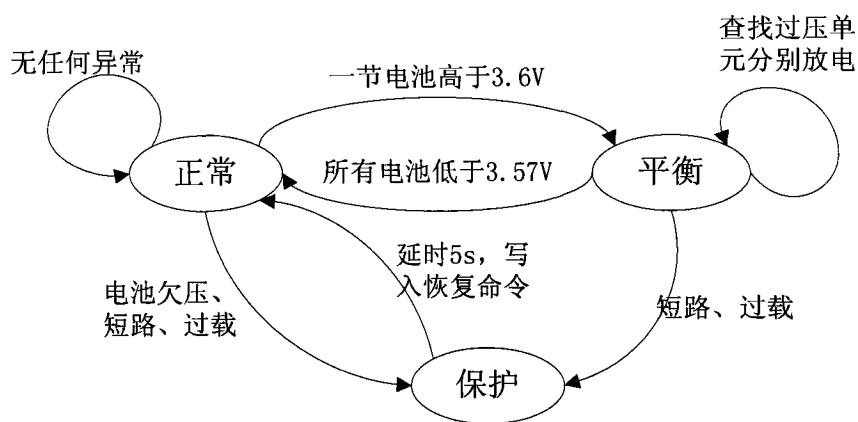


图 8

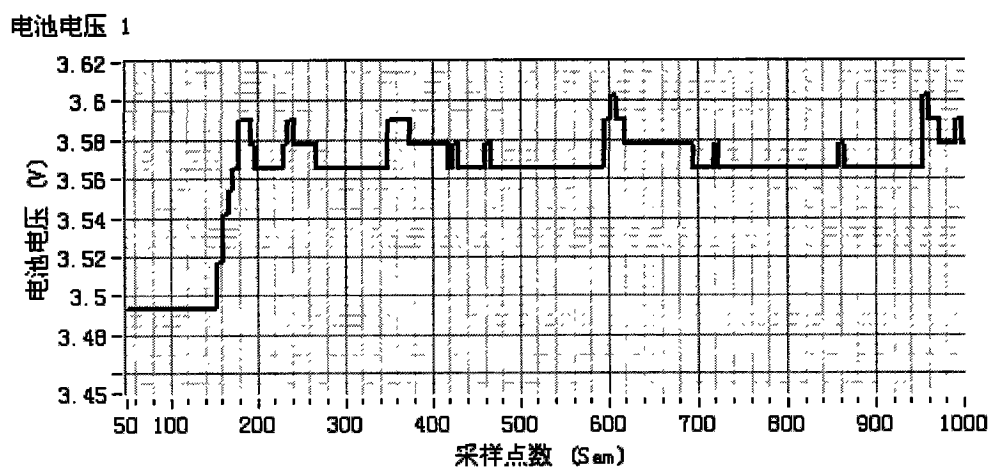


图 9

电池电压 2

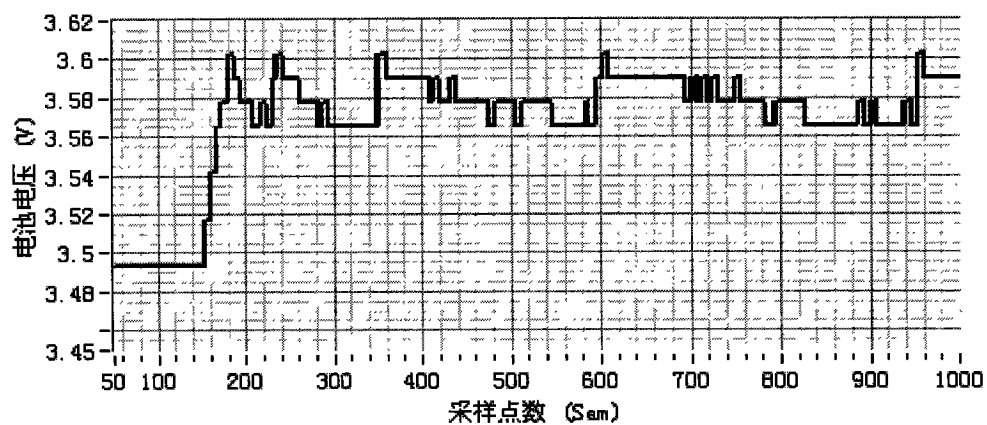


图 10

电池电压 3

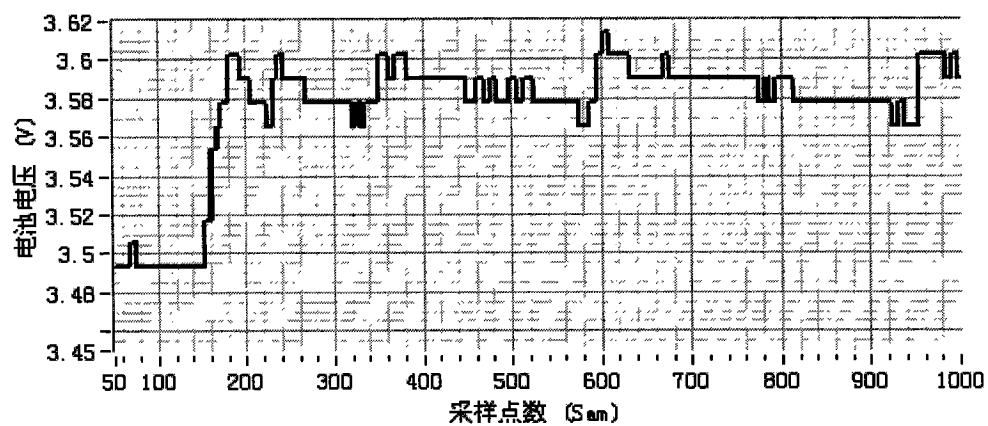


图 11

电池电压 4

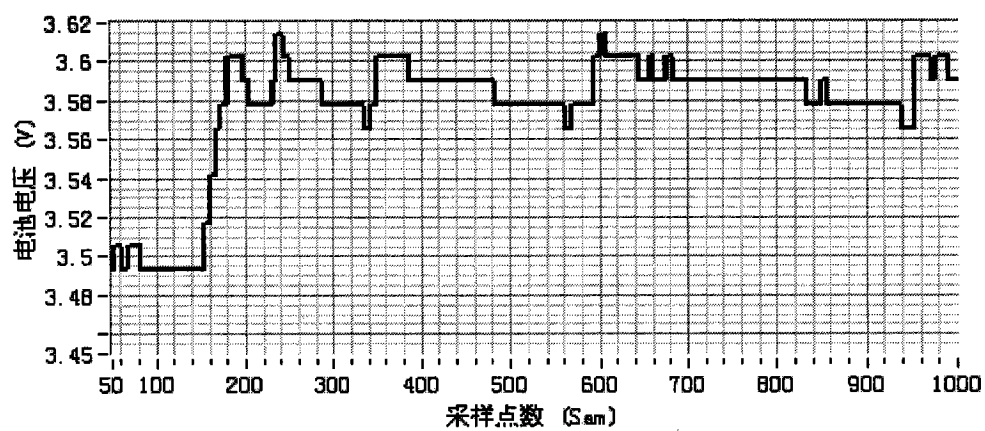


图 12

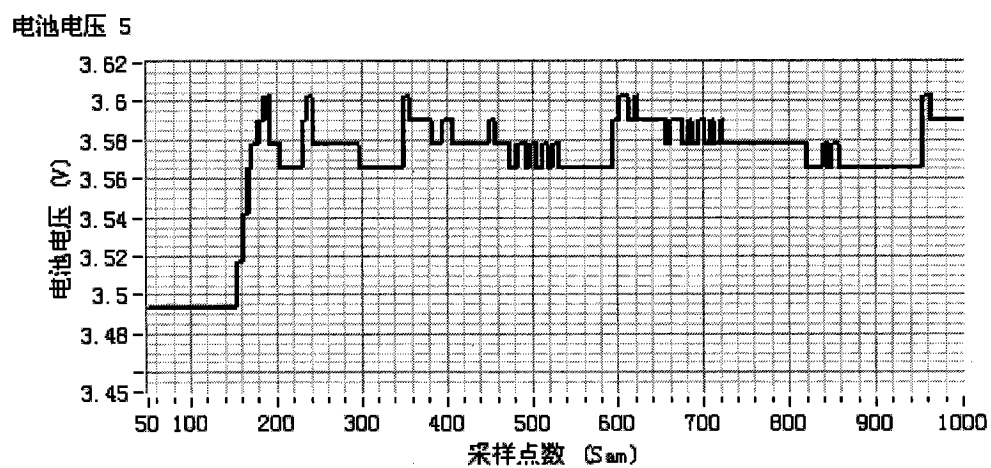


图 13

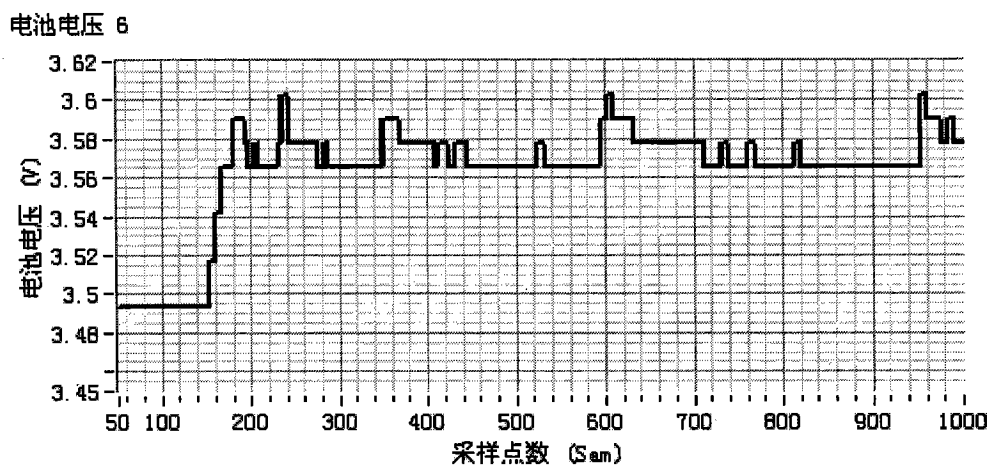


图 14