

[文章编号]1000-1832(2011)04-0059-06

航天相机地检设备电源管理系统设计

彭琦¹, 刘晓龙², 周璐³, 陈佳豫⁴

- (1. 东北师范大学留学生教育学院, 吉林 长春 130024;
2. 东北师范大学网络信息中心, 吉林 长春 130024;
3. 吉林大学计算机科学与技术学院, 吉林 长春 130012;
4. 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130033)

[摘要] 为预防调试时交流 220 V 经地检设备串入航天相机而引起损坏, 采用铅酸蓄电池对地检设备供电, 设计了航天相机地检设备的电源管理系统. 介绍了铅酸蓄电池和 DC-DC 转换电路的特点并对电源管理系统的硬软件进行了设计. 采用 4 个阶段快速充电法以满足提高蓄电池寿命和快速充电要求; 采用 DC-DC 降压电路产生输出电压以提高蓄电池能量的利用率; 通过对蓄电池充放电过程中电压、电流、充放安时累计及温度进行自动检测, 可严格控制充放电过程并实时处理. 结果表明: 该航天相机地检设备的电源管理系统有效地实现了与交流 220V 的隔离, 节约了充电时间, 延长了使用寿命, 降低了能耗. 具有可靠性高、智能性强的特点, 具有较强的实用价值和保护报警功能.

[关键词] 航天相机; 地检设备; 铅酸蓄电池; DC-DC 转换电路; 电源管理系统

[中图分类号] TP 399 [学科代码] 590·6000 [文献标志码] A

航天相机由于应用的特殊性, 器件价格昂贵购买困难且对稳定性和可靠性要求很高, 对和其相连的地检设备的安全性也提出了苛刻的要求. 而大多地检设备直接采用交流 220 V 供电, 当出现漏电与接地不良等情况时, 可能出现交流 220 V 经地检设备串入航天相机中而引起器件的损坏, 造成重大损失.

随着电源技术的发展, 铅酸蓄电池由于其成本低、容量大、安全可靠等特点, 在通信、电动汽车、军事、航空航天等各个领域都有着广泛的应用. 蓄电池充电状况的好坏, 将直接影响到蓄电池的充放电特性及使用寿命. 在传统充电技术中, 常用的恒压充电、恒压限流充电、恒流充电等模式, 都是由人工控制充电过程, 大多存在着严重的过充电现象. 充电质量的好坏, 直接影响铅酸蓄电池的使用寿命. 目前对蓄电池充电的方法很多, 选择科学合理的充电方法将对延长蓄电池的使用寿命、节约经费开支, 无疑是一项非常有意义的工作^[1-4].

DC-DC 转换电路相对线性稳压电路以其能量转换效率高, 芯片发热少, 可升压、降压、反向转换等优点正广泛地应用于各种电路之中. TI 公司的 TPS54xx 系列芯片是非隔离型的降压 DC-DC 转换芯片, 该系列的芯片具有转换效率高、输入电压范围宽、输出电流大、工作频率高、能够减小外围器件的尺寸和成本等优点, 正广泛地应用于各种电子电路中^[5].

1 航天相机地检设备电源管理系统设计

航天相机地检设备需要 5 和 3.3 V 电源, 要求完全和交流 220 V 隔离, 且要求在保证输出功率的情

[收稿日期] 2011-08-21

[基金项目] 教育部 IPv6 技术升级项目(20083254070).

[作者简介] 彭琦(1977—), 女, 硕士, 主要从事计算机应用技术、网络信息处理研究; 通讯作者: 陈佳豫(1977—), 女, 博士, 副研究员, 主要从事软件工程计算机控制研究.

况下供电时间尽量长.当使用的铅酸蓄电池进行供电时,随着电量的消耗,蓄电池输出的电压会逐渐降低.

本文的设计是根据美国科学家马斯提出的最佳充电曲线完成的,使整个充电过程的实际充电电流始终等于或接近于曲线上蓄电池可接受的充电电流,充电速度可大大提高,出气率也可控制在很低的范围内,整个充电过程分为4个阶段.

(1)涓流充电:提供一个很小的充电电流,持续到蓄电池电压达到设定的阈值电压为止.

(2)快速充电:提供一个恒定快速充电电流,持续到蓄电池的电压上升到过压充电电压的95%为止.

(3)过压充电:提供一个略高于蓄电池额定电压的恒定电压以使蓄电池能量最后达到饱和.

(4)浮充电:提供浮充电电流给蓄电池,以维持蓄电池处于饱和状态^[6].

当使用6V蓄电池供电并使用线性电源芯片产生5和3.3V时,电源的效率分别为83.3%和55%,电能利用率较低;当使用较高电压的蓄电池供电并使用DC-DC电源芯片TPS5430进行电压变换时,当输出电流为1A时效率为92%,当输出电流为3A时效率也在88%以上,可提高电源利用率,延长蓄电池的供电时间.

航天相机地检设备电源管理系统的工作原理(见图1):采用完全独立的充放电结构,采用两组电池轮流供电,一组供电,一组充电^[7];交流输入的220V电源经AC-DC开关电源输出三组直流电压,分别送给充电控制器、数控直流源和充电切换电路;充电控制器通过电池监测器A,根据蓄电池A的状态选择恒流还是恒压充电,在恒流充电阶段决定充电电流的大小,控制数控直流源电路输出满足要求的电流,并控制充电切换电路输出电流还是电压,并把当前充电蓄电池的状态通过RS232总线传送到PC机上;在放电部分,放电控制器通过电池监测器B检测蓄电池B的状态,通过LCD电路进行显示,在温度、电压和电流正常的情况下,向继电器发出打开控制信号,启动蓄电池输出,否则关闭蓄电池的后级输出电路,并启动蜂鸣器;蓄电池输出的电压经DC-DC转换电路后输出5和3.3V到地检设备;当蓄电池B的电耗尽时,开始对蓄电池B充电,采用蓄电池A放电.

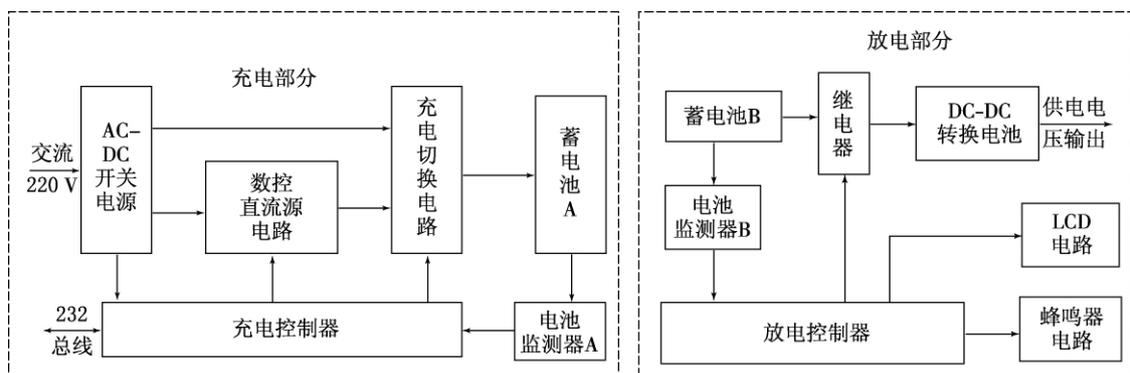


图1 航天相机地检设备电源管理系统结构图

2 航天相机地检设备电源管理系统硬件设计

电源管理系统包括电池监测器、AC-DC开关电源、充放电控制器、数控直流源电路、DC-DC转换电路、LCD和蜂鸣器电路等.

2.1 电池监测器

DS2438是Dallas公司的一款智能电池监测芯片,仅需单个管脚就可完成单线接口通信,并提供64B的串行数据,其片上的温度传感器可省掉外部的热敏电阻.芯片内部结构(如图2所示):集成了可分别用于电压和电流测量的双通道10B的A/D转换器、温度传感器、电流积分器、连接断开传感器等电路,可测量电池电压、电流、温度和剩余电量,并保存在内部的寄存器中;同时具有40个字节非易失性用户存储器,可用于存储电池的相关参数;当检测到和电池的连接断开时,返回到低功耗的休眠状态.DS2438工作温度范围为 $-40^{\circ}\text{C}\sim+85^{\circ}\text{C}$,采用8脚SOIC表面贴装封装形式,电源端工作电压2.4~10V为电压转换的输入端,当电压为5V时,测量范围为0~10V,分辨率为10mV.当DS2438接收到

电压转换命令时启动转换,转换结果存于 2 字节的电压寄存器中. 电流转换通过转换 V_{SENS+} 和 V_{SENS-} 间的电压实现,测量范围为 $-122 \sim +122$ mV,分辨率为 $0.244\ 14$ mV. DS2438 内部带有温度传感器,它提供 13bit 的温度转换,可在超过 $-55^{\circ}\text{C} \sim 125^{\circ}\text{C}$ 的温度范围工作,分辨率为 $0.031\ 25^{\circ}\text{C}$. 另外,DS2438 根据每次电流转换的结果,进行剩余电量加或减的操作,存于电流累加器中,统计出最终剩余电量^[8].

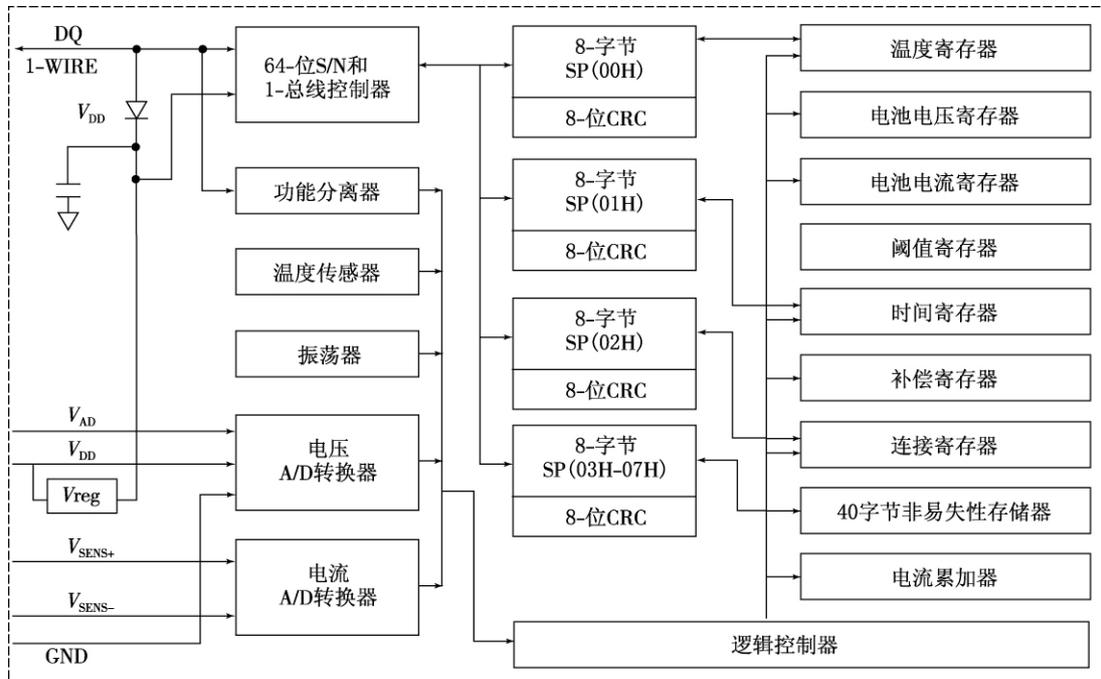


图 2 DS2438 内部结构图

2.2 AC-DC 开关电源

电源主要是把输入的交流 220 V 电源转换为多路直流输出电源,分别为充电控制器、数控直流源和充电切换电路提供电源. 首先将输入的交流电压信号经整流滤波电路后变为直流信号,然后经逆变电路输出交流,最后在转换为直流信号,其中包括了逆变电路和反馈控制电路. 单端反激开关电源具有输出纹波小、输出稳定、输入输出电气隔离、效率高以及具有良好的动态响应性能等优点. 电路中的控制芯片采用 Unitorde 公司推出的电流型脉宽调制器 UC3842,该调制器单端输出,可以直接驱动双极型功率管或场效应管,并且电流控制型具有快速的瞬态响应和高度的稳定性. 当电源输入电压或负载发生变化时,反馈的电感电流变换率能直接跟随输入电压和输出电压变换,只要开关管电流脉冲一达到设定的幅值,脉宽比较器就工作,开关管关断,保证了输出电压的稳定.

2.3 充放电控制器

控制器主要是完成蓄电池的充放电管理,采用单片机 AT89C55 的最小系统来实现此功能. AT89C55 是美国 ATMEL 公司生产的低电压、高性能的 8 位 CMOS 单片机,时钟频率范围为 $0 \sim 33$ MHz,与 MCS-51 的指令系统和引脚完全兼容,适合于许多复杂控制应用场合. 片内资源丰富,含 20 kB 的在线可编程 flash 存储器,可重复擦写 1 000 次;还包含 256×8 bit 的内部 RAM,32 个可编程的 I/O 口线,3 个 16 位定时器/计数器. AT89C55 单片机的中断系统是 8 位单片机中功能较强的一种,可以提供 8 个中断请求源,还具有低功耗空闲和掉电模式.

2.4 数控直流源电路

数控直流源电路原理图如图 3 所示,当 MOSFET 的漏极电压 V_{DD} 和电阻 R 保持不变时,当改变栅极电压 V_{IN} 时,漏极电流会随着改变,通过控制 MOSFET 的栅极电压可实现对漏极电流的控制. 设计对蓄电池充电电流的

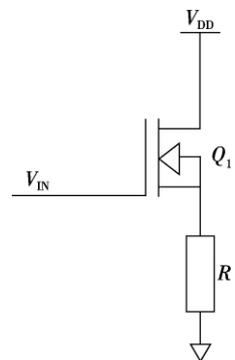


图 3 数控直流源电路原理图

控制,采用改变 MOSFET 的栅极电压来改变充电电流的大小,并通过智能电池监视芯片 DS2438 测量

蓄电池的充电电流,实现充电电流的闭环控制.

2.5 DC-DC 转换电路

本文设计采用了 TI 公司的 DC-DC 电源转换芯片 TPS5430,其输入电压范围是 5.5~36 V,最低输出电压为 1.2 V,正常输出电流为 3 A(峰值为 4 A),开关频率为 500 kHz,最高效率可达 95%^[9-10],设计中的具体电路如图 4 所示.

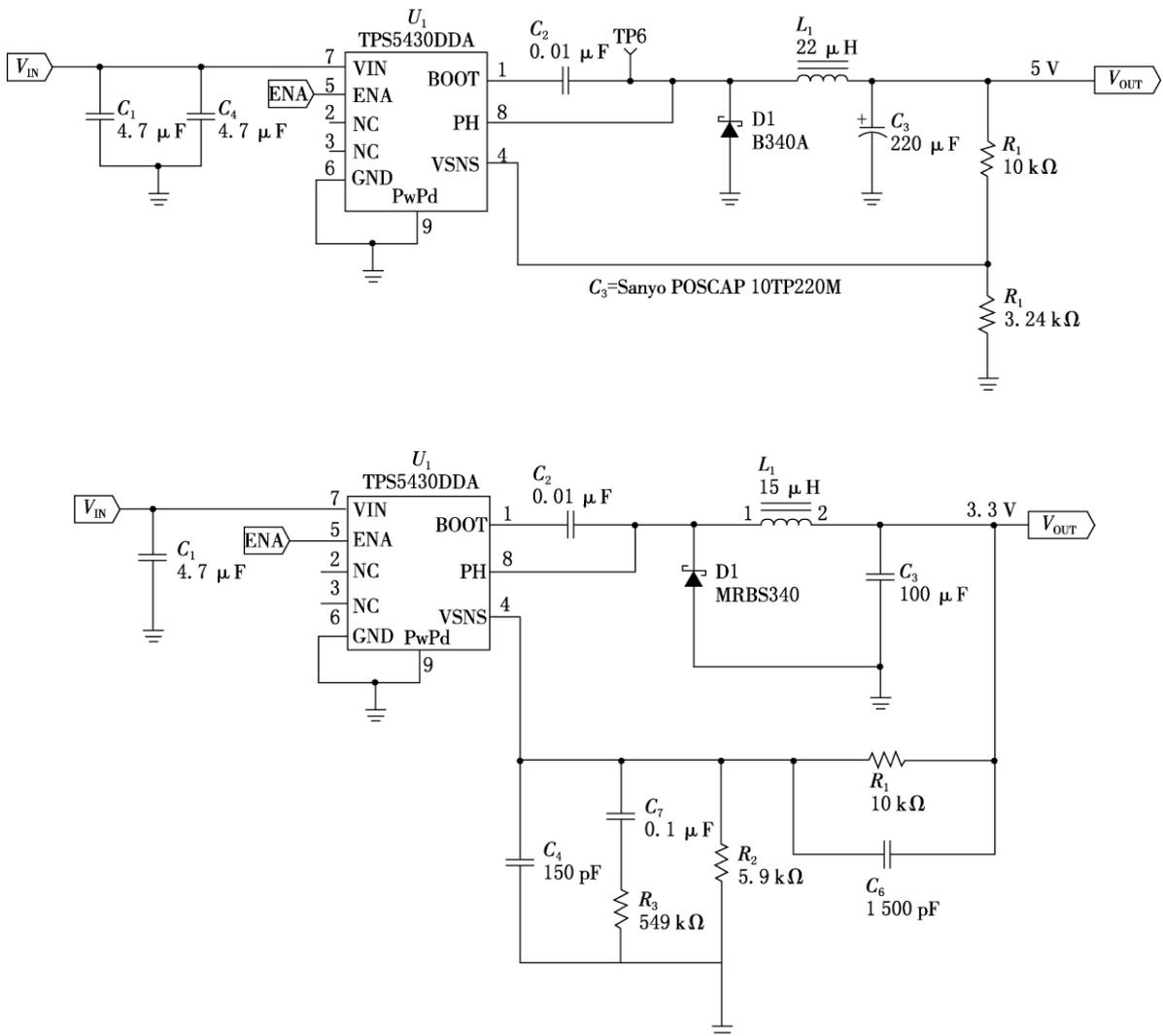


图 4 DC-DC 电源转换原理图

2.6 LCD 和蜂鸣器电路

设计中 LCD 用于显示蓄电池的工作状态,蜂鸣器在检测到蓄电池参数异常时报警. 12232F 是一种内置 8 192 个 16×16 点汉字库和 128 个 16×8 点 ASCII 字符,集图形点阵液晶显示器,可以显示 7.5×2 个汉字,它与外部 CPU 接口可采用并行或串行方式. 液晶要显示图形或字符,必须有微控制器通过相应的 I/O 引脚,向其发出指令或数据,液晶才能按照要求显示. 12232F 液晶能识别 18 条指令,分别实现清屏、光标闪烁、显示点定位等功能. 另外它还能接受 ASCII 字符编码和汉字码,显示相应的字符. 所有的指令数据都是 10 位的,分别用 RW,RS,D7,D6,D5,D4,D3,D2,D1 和 D0 表示,由于液晶属于慢显示器件,微控制器还可以在 D7 位上查询指令是否已经执行完毕,以便发出下一条指令或数据. 蜂鸣器最重要的特点是只要按照极性要求加上合适的直流电压就可以发出固有频率的声音,使用起来比扬声器简单,由于蜂鸣器是感性负载,不采用单片机的 I/O 口直接对其进行操作,可加一只驱动三极管,并在蜂鸣器的两端并一只续流二极管.

3 航天相机地检设备电源管理系统程序设计

3.1 充电程序设计

充电系统首先检测电池的电压,若电池电压低于设定的门槛电压 V_{TH} ,则进入涓流充电阶段,充电切换电路输出数控直流源产生的电流,充电系统提供一个很小的充电电流;当电池电压达到 V_{TH} 之后,则进入快速充电阶段,充电切换电路输出数控直流源产生的电流,充电系统提供一个恒定快速充电电流;当检测到的蓄电池电压达到过压充电电压 V_{OC} 的 95%,则进入过压充电阶段,充电切换电路输出 AC-DC 开关电源产生的电压,提供一个略高于蓄电池额定电压的恒定电压 V_{OC} 以使蓄电池能量最后达到饱和;在过压充电中,当充电电流下降到预设值 I_{SET} 后,表明蓄电池充满电后,则进入浮充充电阶段,充电切换电路输出 AC-DC 开关电源产生的电压 V_F ,提供浮充电流给蓄电池,以维持蓄电池处于饱和状态.在充电过程中,实时监测并在程序处理的间隙定期通过 RS232 总线并把电池的电压、温度和充电电流等状态信息传输到 PC 机上显示,并在各阶段中检测到蓄电池温度过高时断开充电电路,充电主程序流程图如图 5 所示.

3.2 放电程序设计

放电系统在上电时首先打开继电器,把蓄电池和后续电路连通,然后检测电池的电压、电流和温度值同时进行显示,并和规定的门限值比较,若超过规定值,则断开继电器同时驱动蜂鸣器报警;当检测到的参数没有超过规定值时,通过当前的电压和电流值,预估蓄电池能继续工作的时间,并通过 LCD 显示出来,放电主程序流程图如图 6 所示.

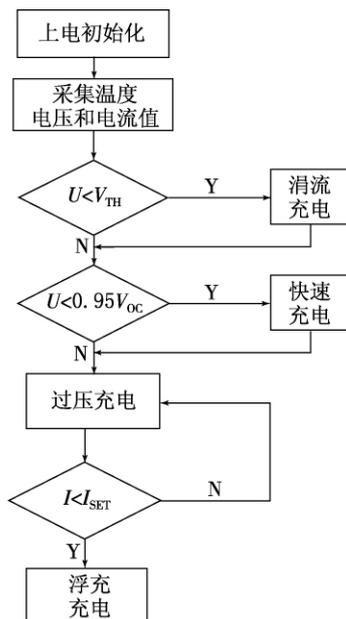


图 5 充电主程序流程图

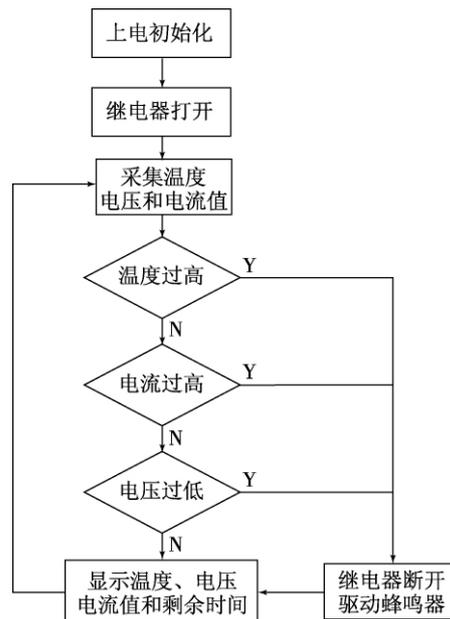


图 6 放电主程序流程图

4 结论

航天相机地检设备的电源管理系统采用铅酸蓄电池对地检设备供电,采用 4 个阶段快速充电法以满足提高蓄电池寿命和快速充电要求.采用 DC-DC 降压电路产生输出电压以提高蓄电池能量的利用率,将 DS2438 作为充放电系统的检测核心,在核心控制部件微处理机的控制下,通过对蓄电池充放电过程中电压、电流充放安时累计及温度进行自动检测,可严格控制充放电过程并实时处理整个充电过程,所有判别工作都由微处理器自动完成.实验结果表明:该航天相机地检设备的电源管理系统有效实现了和交流 220 V 的隔离,具有上电之后自动检测蓄电池是否反接、短接、电池电压、容量和环境温度的功能,并根据蓄电池的初始状态参数自动转入相应阶段充电,实现了对充放电过程中各种参数数字化采样、数字化处理、全数字显示功能,优化了充电过程,提高了蓄电池的使用寿命和充电效率,具备节能约 60%,节约了充电时间,延长了使用寿命,降低了能耗,具有可靠性高、智能性强的特点,具有较强的实用价值和保护报警功能.