

16 路智能锂电池充电、维护仪设计

宋金华, 陈华强, 吴林, 谢启少

(同方电子科技有限公司, 江西九江 332002)

摘要: 锂电池广泛应用于消费及工业产品中, 基于 C8051F020 控制核心设计的 16 路智能锂电池充电、维护仪可以解决锂电池的集中充电及维护问题; 能化设计方便用户使用; 通过开关切换可以对电池进行充电工作, 也可以对电池进行维护工作; 通过开关切换可以对 7.2 V 电压规格的锂电池进行充电/维护工作, 也可以对 3.6 V 电压规格的锂电池进行充电/维护工作; 能够自动识别筛选出性能下降严重的电池, 方便用户及时报废更换该电池; 能够监测并指示各工作状态, 方便用户了解电池充电/维护工作在哪个过程; 能判别指示多种故障状态, 方便用户使用; 该设备能对不同电压规格的锂电池进行集中充电、维护管理, 具有高效、安全、智能可靠等特点。

关键词: 锂电池; 充电; 维护; 8051F020; 充电电压; 充电电流; 自动识别; 筛选

Design of Intelligent Charger for Lithium Ion Battery

Song Jinhua, Chen Huaqiang, Wu Lin, Xie Qishao

(Tongfang Electronic Science and Technology Co., Ltd, Jiujiang 332002, China)

Abstract: Lithium batteries are widely used in consumer and industrial products. In this paper, 16-way intelligent lithium battery charging and maintenance instrument based on C8051F020 control core can solve the problem of centralized charging and maintenance of lithium batteries. Enabling design is user-friendly; battery can be charged or maintained by switch switching; lithium batteries with 7.2 V voltage specification can be charged/maintained by switch switching; lithium batteries with 3.6 V voltage specification can be charged/maintained; batteries with serious performance degradation can be automatically identified and screened, which is convenient for users. It can monitor and indicate the working status of the batteries, which can help users understand the charging/maintenance process of the batteries, and can distinguish and indicate various failure states for users to use. The equipment can charge and maintain lithium batteries with different voltage specifications, and has the characteristics of high efficiency, safety, intelligence and reliability.

Keywords: Lithium battery; charging; maintenance; 8051F020; charging voltage; charging current; automatic identification; screening

0 引言

锂电池已广泛运用于手机等消费及工业产品中, 而锂电池长时间不使用可能导致电池性能下降严重或失效^[1]。为解决锂电池集中充电及维护问题, 本文设计了一款 16 路智能锂电池充电、维护仪 (以下简称维护仪), 可以同时给 16 块相同规格的锂电池集中充电或维护。大大方便了电池的集中充电工作, 同时方便仓储锂电池或其他长时间不使用的锂电池的维护工作。该维护仪还具有电池筛选功能, 在充电或维护过程中, 能自动识别筛选出性能下降严重的电池, 提醒用户及时更换报废该电池, 以避免性能下降严重的电池在设备使用过程中带来的待机时间缩短或其他严重后果。

1 工作原理

如图 1 所示, 维护仪包括以下几个功能电路部分: 输出 12 V (500 W) AC/DC 电源部分, 为充电电路提供电源

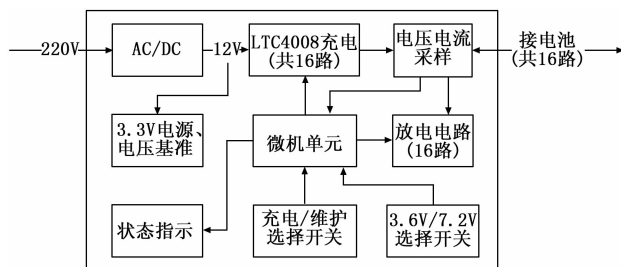


图 1 工作原理框图

输入; 3.3 V 电源及电压基准部分; LTC4008 充电电路部分, 一共有 16 路; 放电电路部分, 一共有 16 路; 微机控制单元; 状态指示部分; 充电/维护选择及 3.6 V/7.2 V 电池规格选择开关。

1.1 电池充电

连接交流市电, 打开电源开关; 确认好要充电的锂电池是 3.6 V 规格还是 7.2 V 规格, 并把选择开关置于正确的电压规格选择位置 (开关位置对应的“3.6 V”或“7.2 V”指示灯亮); 把充电/维护开关置于充电位 (开关位置对应的“充电”指示灯亮); 维护仪处于充电状态, 各路对应的

收稿日期: 2019-04-03; 修回日期: 2019-04-28。

作者简介: 宋金华(1976-), 男, 江西新干人, 大学本科, 工程师, 主要从事电源与电磁兼容与设计工作方向的研究。

指示灯为绿灯;将待充电的锂电池插入相应的槽位,维护仪开始充电,对应指示灯为绿灯闪烁;充满时为绿灯;当有故障时为红灯闪烁;完全放电的锂电池充满约 3 小时,充满后的锂电池应及时拔下,在此接口上可再次插入待充电的锂电池开始充电。

1.2 电池维护

连接交流市电,打开电源开关;确认好要充电的电池是 3.6 V 规格还是 7.2 V 规格,并把选择开关置于正确的电压规格选择位置(开关位置对应的“3.6 V”或“7.2 V”指示灯亮);把充电/维护开关置于维护位(开关位置对应的“维护”指示灯亮);维护仪处于维护状态,各路对应的指示灯为绿灯;将待维护的锂电池插入相应的槽位,维护仪开始维护工作。

维护时,首先对电池进行充电,第一次充电过程中对应指示灯为绿灯闪烁;充满后自动转为放电,放电过程中对应指示灯为红灯;放电结束后自动转为第二次充电,第二次充电过程中对应指示灯为红绿交替;第二次充电到电池总容量的 50% [2] 左右结束,即完成整个维护过程,维护结束,其对应指示灯为绿灯。完全放电的锂电池维护结束约 7 小时,维护完的锂电池应及时拔下,在此接口上可再次插入待维护的锂电池开始维护。

(以上充电、维护工作时间是针对 7.2 V/6 AH 电池的充电、维护的时间)

2 硬件设计

2.1 主要参数指标

- 1) 交流电压: 176~264 V; 频率: 50 Hz±3 Hz;
- 2) 被充电/维护电池: 3.6 V、7.2 V 锂电池;
- 3) 充电电流: 3 A;
- 4) 保护功能: 短路保护,充满保护;
- 5) 失效电池筛选功能: 自动筛选出性能下将严重的电池;
- 6) 指示:
 - a) 充电过程绿灯闪烁,充满绿灯;
 - b) 维护时,第一次充电绿灯闪烁;放电红灯;第二次充电,红绿交替闪烁;维护结束绿灯;
 - c) 故障: 红灯闪烁。

2.2 AC/DC 电源

充电电路的恒流充电电流为 3 A,最高充电电压为 8.4 V;每一路充电电路所需的电源功率约 28 W,16 路充电电路所需的最大电源功率约 450 W。所以功率电源部分选用 500 W 的 AC/DC 模块。

2.3 充电电路

如图 2 所示:LTC4008 是一款高效同步整流充电管理芯片,其转换效率高于 90% [3]。其充电电压由电阻 R1、R2、R3 设定。其计算公式为: $V = V_{FB} \times (1 + R1 / (R2 // R3))$,其中 $V_{FB} = 1.2 V$ 、 $R2 // R3$ 表示为 R3 与 R3 的并联阻值。

通过单片机控制 R3 是否接入来设定为给 3.6 V 锂电池

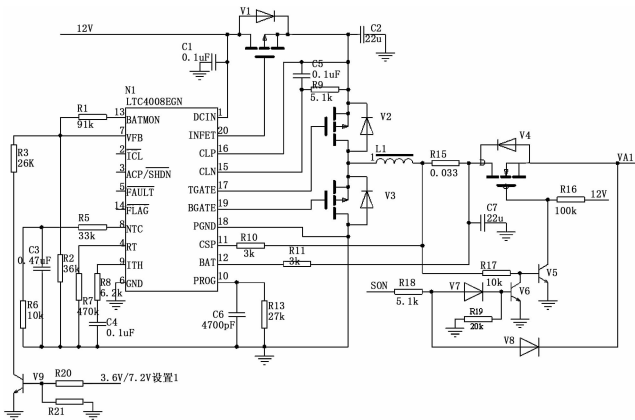


图 2 充电电路

或 7.2 V 锂电池充电。当 3.3 V/7.2 V 设置信号为高电平时,设置为给 7.2 V 规格锂电池充电,R3 与 R2 并联到地,LTC4008 的最高充电电压为 8.4 V;当 3.3 V/7.2 V 设置信号为低电平时,设置为给 3.6 V 规格锂电池充电,R3 悬空不起作用,LTC4008 的最高充电电压为 4.2 V。

LTC4008 的充电电流由 R15 阻值设置,恒流充电时 LTC4008 控制 R15 的压降为 0.1 V,如图 2 中充电电流设置为 3 A。充电输出控制由 MOS 管 V4 来实现,充电过程中充电输出控制信号 SON 为高电平,V4 导通;充电结束后 SON 信号为低电平,关断充电输出。当输出端短路时,可以通过肖特基二极管 V8 的箝位快速关断充电输出,同时微机监测到该短路信息后,通过软件把充电输出控制信号置为低,关断充电输出。

2.4 微机控制电路

如图 3 所示:控制部分的核心由 C8051F020 单片机组成。该单片机集成有 Flash、内部数据 RAM、12 位 AD、64 个数字 I/O 引脚等,是一款高效的 8 位微处理器 [4],极大地简化了硬件电路设计。该单片机实现对 16 路充电电路电压的设置、对 16 路充电/放电开关分别切换控制、实时监测 16 路的充电/放电的电压电流信息、并指示各路的工作状态。

C8051F020 的 P0 口包含与 ZLG7290 通信的接口、充电/维护设置端口、3.6 V/7.2 V 设置端口;P1 口为 9 至 16 路的放电控制端口;P2 口为 9 至 16 路的充电输出控制端口;P3 口为 9 至 16 路的充电电压设置端口;P4 口为 1 至 8 路的放电控制端口;P5 口为 1 至 8 路的充电输出控制端口;P6 口为 1 至 8 路的充电电压设置端口;P7 口为多路模拟开关的选通控制端口;AIN 端口为电压电流采样输入口。

2.5 电压电流采样

如图 4 所示:应用了双向电流采样芯片 N4 (LTC6104),实现充电电流及放电电流的采样放大。电路中设计了 16 路 LTC6104 电流采样电路,分别对 16 路电池的充电/放电电流采样。

电流采样电阻 R24 的压降经 N4 内部的双差分放大电路处理,在其 1 脚输出与 R24 压降成线性关系的电压信号;

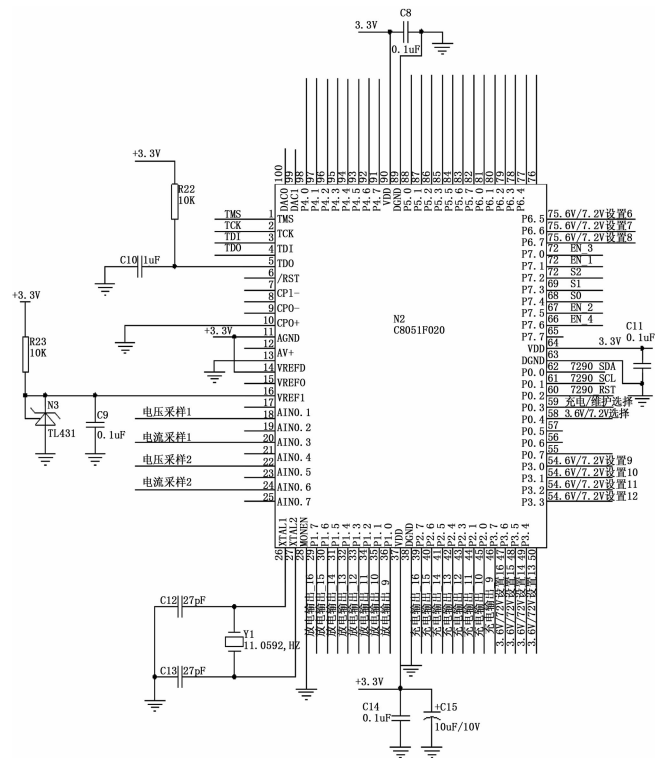


图 3 微机控制电路

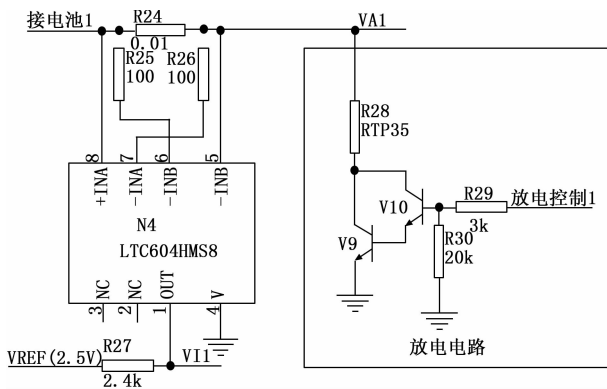


图 4 电流采样电路

充电电流信号： $V_{I1} = V_{REF} + V_{SENSE} \times (R_{27}/R_{25})$ ；放电电流信号： $V_{I1} = V_{REF} - V_{SENSE} \times (R_{27}/R_{25})$ ，其中 V_{REF} 为 2.5 V、 V_{SENSE} 为电流采样电阻 R_{24} 上的压降。

2.6 多路模拟开关

单片机需要对 16 路电池电压、16 路充电/放电电流共 32 路模拟信号进行采样，用 4 片多路模拟开关 74HC4051 来实现选通控制，选通的电压电流信号分别送单片机的 AIN0.0、AIN0.2、AIN0.4、AIN0.6 端口。

2.7 放电电路

如图 4 所示：电池放电电阻选用 3.9 Ω 欧姆、35 W 的功率电阻。放电电流约 2 A 左右，最大功率有 18 W，该电阻为 TO220 封装，方便安装于散热器上用风机强制风冷散热。

共有 16 路放电电路，通过单片机来分别控制 16 路放电

电路的工作状态。

2.8 状态指示

如图 5 所示：用 16 个红、绿共阴双色发光二极管来分别指示 16 路的充电、维护的工作状态，方便观察各路的工作过程及状态。

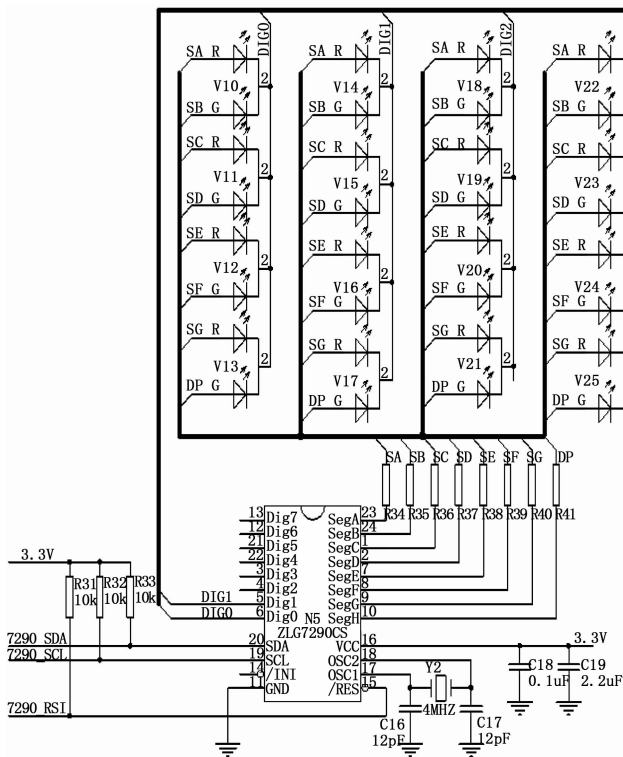


图 5 状态指示电路

应用 ZLG7290 接口键盘及 LED 驱动器来管理这 16 个双色发光二极管^[5]。

2.9 充电/维护、3.6 V/7.2 V 选择控制

如图 6 所示：当 S1 开关导通接地时，充电/维护信号为低电平，单片机监测到该低电平信号后，维护仪被设置为充电状态，同时 V27 “充电”指示灯亮，V26 “维护”指示灯不亮；当 S1 开关断开时，充电/维护信号为高电平，单片机监测到该高电平信号后，维护仪被设置为维护状态，同时 V27 “充电”指示灯不亮，V26 “维护”指示灯亮。

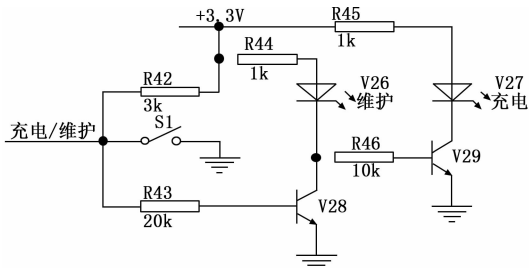


图 6 充电/维护选择电路

3.6 V/7.2 V 选择控制电路与充电/维护选择电路的工作原理一致。

2.10 3.3 V 电源、电压基准

用一个 3.3 V 线性稳压芯片得到 3.3 V 电源, 为单片机等电路供电。同时一个 2.5 V 的电压基准为单片机的 A/D 采样及 LTC6104 电流采样电路提供电压基准。

3 软件设计

采用模块化软件设计, 在主程序中套用各功能子程序, 这样软件设计逻辑严谨、条理清晰^[6]。包括有电压采样子程序、电流采样子程序、第一次充电子程序、放电子程序、第二次充电子程序、状态指示子程序等。程序流程如图 7 所示。

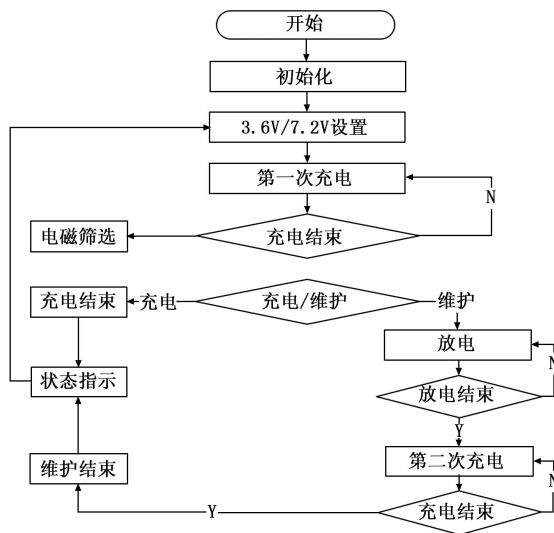


图 7 软件流程图电路

3.1 电压电流采样

单片机内置 12 位 AD, 通过控制 4 片多路模拟开关 74HC4051 来实现对 32 路模拟信号进行采样。

3.2 第一次充电子程序

第一次充电子程序中根据对电池电压及充电电流来综合判断充电状态。当充电电流值大于 0.3 A 时, 判为充电状态, 对应的指示灯为绿灯闪烁; 当电池电压达到恒压充电电压值 (3.6 V 电池规格恒压充电电压值为 4.2 V, 7.2 V 电池规格恒压充电电压值为 8.4 V) 且充电电流小于 0.3 A 时判电池充满, 充电结束, 关断充电输出 (SON 信号置为低电平), 对应的指示灯为绿灯。

当第一次充电结束关断充电输出后, 电池电压低于 8.2 V (3.6 V 规格电池电压低于 4.1 V) 则判电池性能下降严重, 提醒用户及时更换报废该电池。对应的指示灯为红灯闪烁。

3.3 放电子程序

在维护状态下, 当第一次充电结束后, 维护仪自动转为放电过程, 对应的放电控制信号置为高电平, 电池通过功率电阻放电, 对应的指示灯为红灯。

在放电过程中。单片机实时监测电池电压电流, 当电池电压放至 6 V 时判放电结束。对应的放电控制信号置为低电平, 关断放电电路。

3.4 第二次充电子程序

当放电结束后, 维护仪自动转为第二次充电过程, 对

应的充电输出控制信号 (SON 信号置为低电平) 置为高电平, 开始第二次充电, 对应的指示灯为红绿交替闪烁。

在第二次充电过程中。单片机实时监测电池电压电流, 当电池电压达到恒压充电电压值 8.4 V (3.6 V 电池规格恒压充电电压值为 4.2 V) 时判第二次充电放电结束, 关断充电输出 (SON 信号置为低电平)。

在第二次充电结束后, 整个维护过程结束, 对应的指示灯为绿灯。

3.5 状态指示子程序

单片机与 ZLG7290 之间为 I²C 接口通信协议。ZLG7290 可独立控制这 32 个发光二极管 (16 个双色发光二极管) 来指示对应的充电、维护状态:

1) 在充电状态下, 电池充电过程对应的指示灯为绿灯闪烁; 充满结束时对应的指示灯为绿灯。

2) 在维护状态下, 第一次充电过程中对应的指示灯为绿灯闪烁; 第一次充电结束后自动转为放电过程, 对应的指示灯为红灯; 放电结束后自动转为第二次充电过程, 对应的指示灯为红绿交替闪烁; 维护结束绿灯。

3) 故障指示: 在充电维护过程中监测到电池性能下降严重时其对应的指示灯红灯闪烁; 当充电输出端口短路或者电池电压充不上去时, 判充电输出故障, 其对应的指示灯红灯闪烁; 当所接电池规格不符时, 其对应的指示灯红灯闪烁。

根据故障指示判断: 在维护仪刚开机时, 指示灯红灯闪烁, 则是充电电路输出故障, 可能是充电输出端口短路或充电电路故障; 刚插上电池开始工作时, 指示灯红灯闪烁, 则可能是电池电压规格不符或电池失效; 在充电结束后指示灯红灯闪烁, 则是电池性能下降严重提醒^[7]。

4) 空载指示: 当电池接口没有连接电池时, 单片机结合该端口的电压电流信号, 可判断出该端口为空载, 其对应的指示灯绿灯。

3.6 充电/维护选择控制

充电/维护选择控制: 当单片机的 P0.3 端口监测到 3.6 V/7.2 V 选择信号为低电平时, 维护仪设定的是充电工作模式; 反之维护仪设定的是维护工作模式。

维护仪工作模式设置好后, 16 路电路都同时工作在该模式下。

3.7 3.6 V/7.2 V 选择控制

3.6 V/7.2 V 选择控制: 当单片机的 P0.4 端口监测到 3.6 V/7.2 V 选择信号为低电平时, 维护仪设定的是为 3.6 V 规格电池充电/维护工作模式, 单片机的 3.6 V/7.2 V 设置信号为高电平, LTC4008 充电电路的最高充电电压设置为 8.4V; 反之维护仪设定的是为 3.6 V 规格电池充电/维护工作模式, LTC4008 充电电路的最高充电电压设置为 4.2 V。

维护仪的电池电压规格工作模式设置好后, 16 路电路都同时工作在该电压规格模式下。

不同的电池电压规格不能同时工作, 当单片机监测到所连接的电池电压规格与所设置的工作模式不符时, 维护

能自动识别,其对应的指示灯红灯闪烁故障指示。其工作原理为:当接上锂电池开始工作时,充电电路首先对锂电池用一个 50 mA 电流的涓流充电,约 1 秒时间停止充电;单片机再根据该端口的电压信息,来判断所连接的锂电池规格是否与设备当前的电压规格工作模式相符;涓流充电另一个功能就是激活处于保护状态的锂电池。

4 维护仪的测试验证

根据上述设计思想制作出的 16 路智能锂电池充电、维护仪。可以同时 16 块同规格的锂电池进行充电或维护^[8]。打开电源开关,可以设置并指示充电或维护工作状态;可以设置并指示对 3.6 V 或 7.2 V 电压规格的电池进行充电/维护;充电工作模式时,充电指示灯绿灯闪烁,充满指示灯亮绿灯;维护工作模式时,第一次充电指示灯绿灯闪烁,第一次充电结束后自动转为放电指示灯亮红灯,放电结束后自动转为第二次充电指示灯红绿交替闪烁,第二次充电完成后维护指示灯亮绿灯;性能下降严重的电池,能自动识别筛选指示出来,指示灯红灯闪烁指示该故障;充电输出端口短路时能关断输出,指示灯红灯闪烁指示该故障。

5 结论

本文对维护仪的工作原理进行了详细的介绍,结合硬件电路和软件设计重点介绍该设备如何实现其智能化:通过开关切换可以对电池进行充电工作,也可以对电池进行维护工作;通过开关切换可以对 7.2 V 电压规格的锂电池进行充电/维护,也可以对 3.6 V 电压规格的锂电池进行充

(上接第 279 页)

识别网络、系统和应用的网络安全特征。实施渗透测试需要 7 个步骤,依次是前期交互、信息收集、威胁建模、漏洞分析、渗透、攻击和报告。

4 结束语

文中基于民用航空电子系统网络安全验证目标,提出了民用航空电子系统网络安全符合性验证方法;基于 DO-326A 中的网络安全验证过程,提出民用航空电子系统适用的验证活动目标;结合通用信息系统的网络安全测试技术,提出了适用于民用航空电子系统的网络安全鲁棒性测试方法和网络安全脆弱性测试方法,为民用航空电子系统的网络安全适航提供了可行的思路。

参考文献:

- [1] 田莉蓉. 机载电子设备适航符合性方法探索 [J]. 航空计算技术, 2017, 47 (5): 130-134.
- [2] 周庆, 刘斌, 余正伟. 面向机载软件适航验证的灰盒测试方法 [J]. 系统工程与电子技术, 2012, 34 (8): 1729-1734.
- [3] 张双, 孔德岐, 李晓东. 机载系统安保风险评估方法 [J]. 计算机工程与应用, 2013, 49 (16): 232-264.
- [4] Mulle K, Schwarz R, Tverdyshev S. MILS-Based information flow control in the avionic domain: a case study on compositional

电/维护;能够自动识别筛选出性能下降严重的电池,方便用户及时报废更换该电池;能够监测并指示各工作状态,方便用户了解电池充电/维护工作在哪个的过程;能判别指示多种故障状态,方便用户使用。

该 16 路智能锂电池充电、维护仪大大的方便了用户对不同电压规格锂电池的集中充电、维护管理,具有高效、安全、智能可靠等特点。

参考文献:

- [1] 范雪. 车载智能充电器的设计与实现 [J]. 计算机测量与控制, 2017 (09): 123-125, 173.
- [2] 霍利锋. 锂电池维护仪的设计与实现 [J]. 电子设计工程, 2013 (24): 62-64.
- [3] 刘鲁香. 4A 高效化学电池充电器控制器 LTC4008 [J]. 国外电子元器件, 2004 (01): 47-50.
- [4] 薛亚洲. 一种 GPS 数据记录仪的设计实现 [J]. 计算机测量与控制, 2017 (12): 295-297, 301.
- [5] 高美珍. ZLG7290 在智能仪表面板接口设计中的应用 [J]. 国外电子元器件, 2006 (10): 51-53.
- [6] 张玮昕. 某型装备嵌入式检测维修平台开发 [J]. 计算机测量与控制, 2014 (02): 440-442.
- [7] 肖广兵. 便携式 HEV 动力电池故障诊断系统的设计 [J]. 电子技术应用, 2013 (10): 84-87.
- [8] 柴剑珩. 实用新型的车载便携式无人机电池维护箱 [J]. 电子技术与软件工程, 2018 (22): 231-232.
- [9] architecture and verification [A]. The 31st Digital Avionics Systems Conference [C]. 2012.
- [5] Federal Aviation Administration. 14 CFR Part 25. Special Condition; Boeing Model 787-8 Airplane. System and Data Networks Security—Isolation or Protection from Unauthorized Passenger Domain Systems Access [R]. 美国: Federal Register, 2007.
- [6] Federal Aviation Administration. 14 CFR Part 25 Special Conditions; Boeing Model 747-8 Airplanes, Systems and Data Networks Security—Isolation or Protection From Unauthorized Passenger Domain Systems Access [R]. 美国: Federal Register, 2010.
- [7] Federal Aviation Administration. 14 CFR Part 25 Special Conditions; Airbus Model A350-900 Airplanes; Isolation or Protection of the Aircraft Electronic System Security From Unauthorized Internal Access [R]. 美国: Federal Register, 2014.
- [8] 中国民用航空总局, AP-21-AA-2011-03-R4, 航空器型号合格审定程序 [S]. 北京: 中国民用航空局, 2011.
- [9] RTCA. DO-326. Airworthiness Security Process Specification [S]. 美国: RTCA, 2010.
- [10] RTCA. DO-326A. Airworthiness Security Process Specification [S]. 美国: RTCA, 2014.
- [11] RTCA. DO-356A. Airworthiness Security Methods and Considerations [S]. 美国: RTCA, 2018.