

# 基于FPGA的蓄电池参数检测仪

窦文森<sup>1,2</sup> 熊显名<sup>1</sup> 郝建卫<sup>2</sup>

(1. 桂林电子科技大学电子工程与自动化学院 桂林 541004;

2. 桂林电子科技大学信息科技学院电子工程系 桂林 541004)

**摘要:** 蓄电池的各项参数反映了其本身的性能,对用电设备的正常运行具有极其重要的意义,为了实现在线、准确的测量蓄电池的各项参数,以现场可编程门阵列(FPGA)为核心设计了一种蓄电池参数检测仪。采用交流注入法测量蓄电池的内阻,专用芯片LTC2943测量蓄电池的电压、充放电电流、温度和剩余电量等参数。对新旧蓄电池内阻进行了对比测试,对单节蓄电池进行了其他参数的测试。结果表明,该设计使用方便、可靠性较好、测量精度较高,具有较高的实用价值。

**关键词:** FPGA; 电池容量; 电池内阻; 蓄电池

**中图分类号:** TP2 TN707 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.8040

## Storage battery parameter detector based on FPGA

Dou Wenmiao<sup>1,2</sup> Xiong Xianming<sup>1</sup> Hao Jianwei<sup>2</sup>

(1. Institute of Electrical Engineering and Automation, Guilin university of Electronic Technology, Guilin 541004, China;

2. Department of Electronic Engineering, Institute of Information Science and Technology,

Guilin University of Electronic Technology, Guilin 541004, China)

**Abstract:** The parameters of storage battery performance reflects itself, has very important significance for the normal operation of the electrical equipment, in order to measure the battery parameters on-line and accurately, using a field programmable gate array (FPGA) designed a detector of battery parameters as the core. The AC injection is used to measure the resistance of the battery, LTC2943 to measure battery voltage, charge and discharge current, temperature and residual energy parameters. The old battery internal resistance were measured and compared to a new battery, and other parameters of single battery were tested. the results show that this design has the advantages of convenient use, high reliability, high measurement accuracy, and has high practical value.

**Keywords:** FPGA; battery capacity; battery internal resistance; storage battery

## 1 引言

蓄电池作为直流备用电源,目前在汽车、电动车、UPS不间断电源等领域被广泛使用,蓄电池的蓄电能力等各项参数的好坏直接影响整个电力系统的可靠运行,准确检测蓄电池的蓄电能力、剩余电量、内阻和充放电电压电流等参数,进行及时的充电与维护,是延长电池使用寿命,维持电池容量,使系统高效安全运行的重要环节<sup>[1-3]</sup>。目前,蓄电池的参数检测大多数是分开进行的,如电池内阻采用直流放电法或交流注入法的内阻测试仪测量,容量用放电测试仪测量,而且这些测量多数是离线的。论文将几种电池参数测量相关技术通过FPGA有机结合,设计了一种蓄电

池多种参数的仪器,内阻的测量采用交流注入四线端子法<sup>[4]</sup>,提高了测量精度;剩余电量的测量采用计算流入与流出蓄电池的电能差的方法,可以在线实时监测蓄电池的剩余电量<sup>[5]</sup>,而不需要将蓄电池取下,使用专门的放电仪器进行放电测量;其他参数采用常规测量方法。各种参数的测量并行进行,相互独立,避免了相互之间的干扰。

## 2 系统总体设计

蓄电池参数检测仪采用Altera公司的Cyclone IV系列中的EP4CE22F17芯片作为核心,采用自顶向下的设计方法,用SOPC Builder构建NIOS II软核处理器作为主控,用Verilog HDL描述系统所需的逻辑电路以及与

NIOS II 软核联系。用 Quartus II 软件对各个逻辑电路进行编译、综合、仿真,并将 NIOS II 软核与各个模块逻辑电路整合,构成一个可编程的片上系统,置于一块 FPGA 芯片上<sup>[6]</sup>,从而提高了系统的处理速度、抗干扰能力和稳定性,降低了系统的复杂性、功耗和成本。除此之外,还包含电池内阻测量、电池电压/电流/剩余电量/温度测量<sup>[7]</sup>、人机接口、电源等组成部分,总体设计原理如图 1 所示。

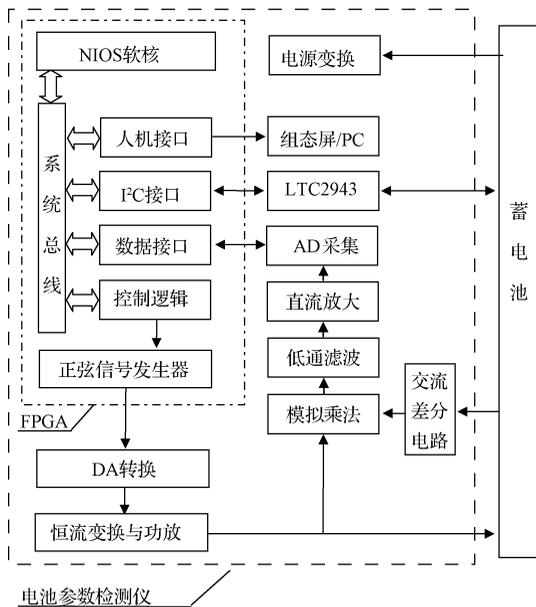


图 1 蓄电池参数检测仪系统组成

蓄电池内阻测量采用交流注入法,该方法不需对蓄电池进行放电,可以实现安全在线检测电池内阻,不会对蓄电池的性能造成影响。在 FPGA 内部采用逻辑电路的方式设计正弦信号发生器,由 NIOS II 软核控制输出到外部 DA 转换器生成正弦波,该正弦波经恒流变换与功率放大后转换为交流恒流信号注入到待测蓄电池,为了降低系统的复杂性,提高测量精度,内阻测量的接线采用了四端子方式,将蓄电池两端上的电压响应信号通过交流差分电路与产生恒定交流源的正弦信号经过模拟乘法器相乘,再将模拟乘法器的输出电压信号通过滤波电路,使交流信号转变为直流信号,直流信号经直流放大器放大后进行 AD 转换,将转换后的值送入 NIOS II 软核进行分析运算,将结果通过人机交互接口显示出来。

蓄电池的电压/电流/剩余电量/温度的检测采用专用芯片 LTC2943 来实现,该款芯片是凌力尔特公司推出的一款具温度、电压和电流测量功能的多节电池电量测量芯片,通过 I<sup>2</sup>C 接口与 FPGA 连接,完成上述参数的在线检测。

系统的电源由待测蓄电池或外部电源单独供给,经电源转换电路转换成各个部分所需要的电压。

FPGA 根据用户设定,对蓄电池参数进行测量,并将测量结果发送到屏幕或 PC 机显示,以便根据所测的参数采取相应的措施。

### 3 系统硬件电路设计

#### 3.1 蓄电池内阻测量电路

蓄电池内阻测量<sup>[8]</sup>电路由 DA 转换、恒流变换、差分放大、模拟乘法、直流放大、AD 转换构成,电路如图 2 所示。

DA 转换采用 12 位的 DAC7541,与 OPA604 结合实现电压输出,FPGA 内部正弦信号发生器逻辑模块产生的正弦波形数据送给 DAC7541 后,由 OPA604 输出正弦波形。正弦波形由音频功放 TDA7294 转换为恒流信号并放大驱动蓄电池,蓄电池的响应经 AD620 差分放大与原正弦信号相乘并滤波,得到与内阻相关的直流信号,由 ADS8322 转换为数字信号送回 FPGA 处理并显示。

#### 3.2 蓄电池电压/电流/剩余电量/温度检测电路

检测蓄电池电压/电流/剩余电量/温度的专用芯片 LTC2943 与 FPGA 硬件接口采用 I<sup>2</sup>C 总线,因此,在设计 NIOS II 软核时配置了该接口,并使用上拉电阻后连接到 LTC2943 对应的管脚。其电路如图 3 所示。

图 3 中,与 LTC2943 相连接电阻 R5 为电流取样电阻,根据蓄电池的最大充放电电流确定该电阻的功率,如充放电最大电流为 5 A,那么该电阻的功率应大于  $P = 5^2 \times 0.1 = 2.5 \text{ W}$ 。RL 为蓄电池的负载,BT1 为被测蓄电池,根据 LTC2943 的芯片手册,该电路可以测量 3.6 ~ 20 V 电池。芯片通过 VSEN+ 和 VSEN- 两个管脚测量电池的电压和电流,并根据流入流出电池的电流计算出电池的剩余电量。LTC2943 内部带有温度传感器,因此,安装时需要将芯片贴近被测电池,以便进行电池温度的检测。

#### 3.3 人机交互电路

人机交互选用 3.2 寸的 TFT 组态触摸屏,通过 UART 接口与 FPGA 连接,不使用屏幕时,可使用切换开关将屏幕断开,使用 USB 转 UART 线与电脑连接,通过上位 PC 机观测并分析检测的数据,绘制参数变化曲线<sup>[9]</sup>。组态屏界面的设计采用图形化方式,方便快捷,而且界面美观,操作方便。人机交互接口电路如图 4 所示。

### 4 系统软件设计

系统软件包含两部分:1)NOIS II 软核处理器程序设计;2)正弦信号发生器程序设计<sup>[10]</sup>。

NIOS II 软核处理器软件主要包括 DAC7541 驱动、ADS8322 驱动、组态屏幕驱动、正弦模块控制等模块的程序设计,主程序的流程如图 5 所示。

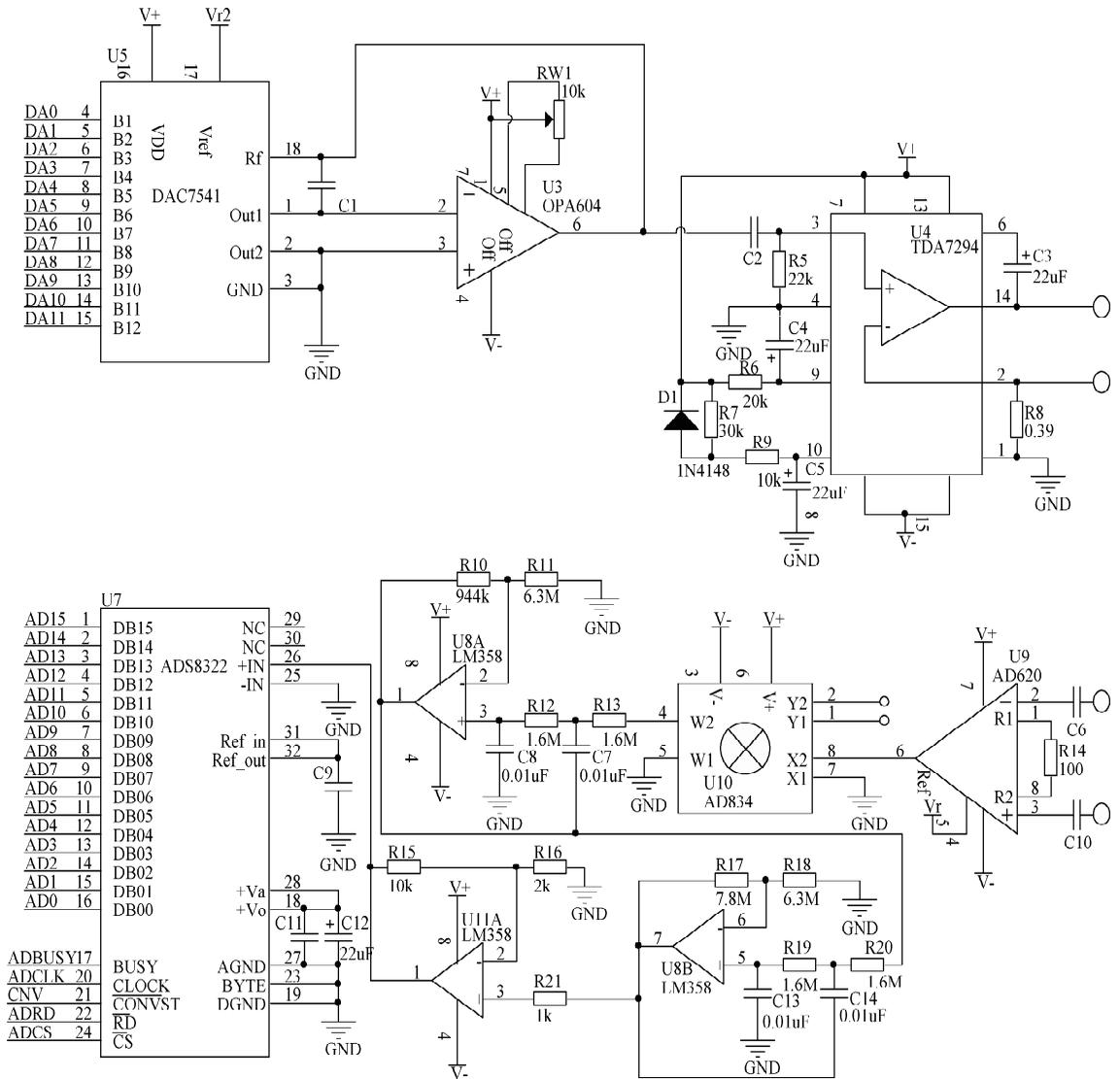


图2 内阻检测电路

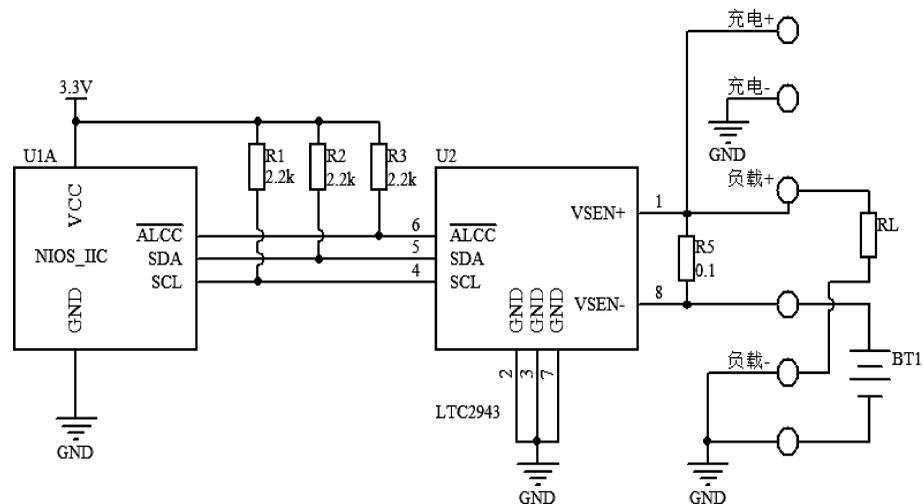


图3 LTC2943 接口电路

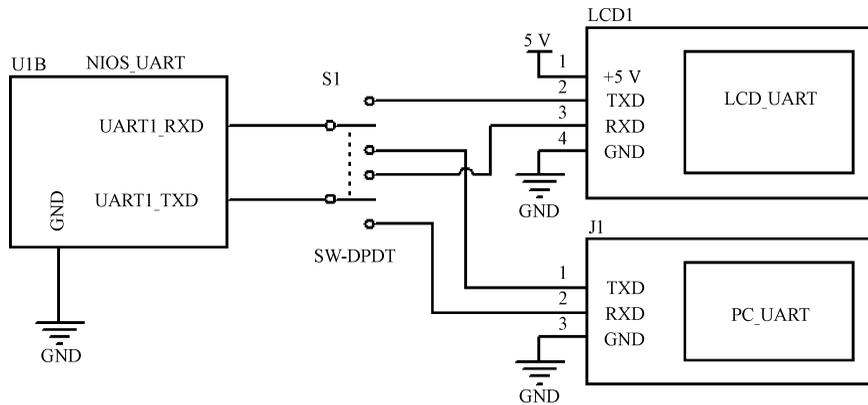


图4 人机接口电路

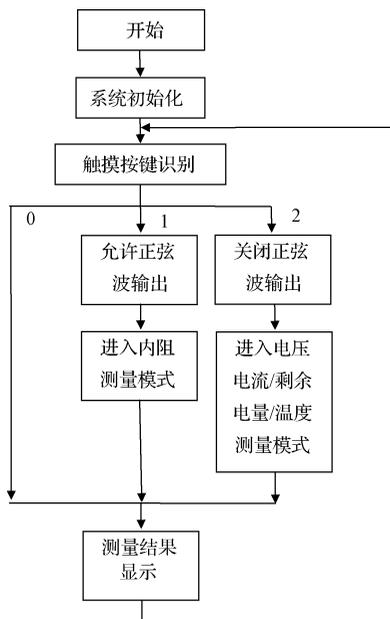


图5 主程序流程

蓄电池参数检测仪开始工作后，NIOS II 软核处理器首先对内部的资源、逻辑电路等进行初始化，然后识别触摸屏的按键，根据按键进入不同的菜单，进行相应的测量，并把测量的结果送到屏幕显示。

正弦信号发生器程序设计是利用 DDS 原理产生，其基本思想是将要产生的波形的一个周期的数字化样本，存放在一个波形存储器中(又称为波形数字检索表)。然后通过一个地址发生器对检索表的波形数据周而复始地寻址读出，在经过 D/A 变换和滤波后就可以获得所需要的模拟波形。DDS 产生正弦信号发生器的原理如图 6 所示。

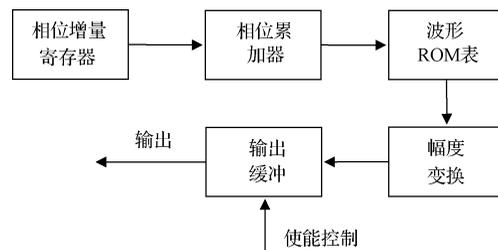


图6 正弦信号发生器

### 5 测试结果与分析

蓄电池参数测试仪的测试分两部分完成，内阻的测量和其他参数的在线测试。

内阻测量的测试选用了 5 颗 12 V 的蓄电池，分别进行满电内阻测试，并使用 YR1030 电池内阻测试仪进行校准，测试结果如表 1 所示，可以看出，所设计的蓄电池参数测试仪的内阻测量具有比较高的精度。

表 1 蓄电池内阻测试数据

蓄电池序号	电池规格	电池状态	电池内阻/ $\Omega$	YR1030 测试结果/ $\Omega$
1	12 V 20 AH	新电池	0.020	0.022
2	12 V 20 AH	旧电池	0.034	0.036
3	12 V 20 AH	旧电池	0.038	0.039
4	12 V 4 AH	新电池	0.053	0.055
5	12 V 4 AH	旧电池	0.067	0.067

其他参数的在线测试需要在放电状态下进行，因此，采用电子负载设置为恒流模式接入蓄电池放电回路进行

测试,模拟蓄电池的在线状态。为了快速完成测试,选用了一节 12 V 4 AH 的蓄电池进行测量。首先将蓄电池的电量充满,接入所设计的蓄电池参数测试仪上,连接好电子负载,并在测试仪菜单中设置测试电池为满电状态,此时测量的电压值为 13.117 V;其次进行放电测量,设置放电的终止电压为 10.5 V(认为此时电量放空)和放电电流为 1 A,设置完成后点击开始进行测试,测试结果如表 2 所示。表中蓄电池电压用台式万用表进行了校准,蓄电池的温度用测温枪进行了定点校准,剩余电量的测量数据与采用测量电压估计的方法获得的结果基本一致。

表 2 蓄电池放电测试数据

放电时间 /h	电压/V 仪器/万用表	电流 /A	温度/°C 仪器/测温枪	剩余电量 (%)
0	13.117/13.116	1.003	28.7/28.5	100
0.5	12.723/12.726	1.002	29.2/29.0	86
1.0	12.614/12.612	1.005	29.8/29.5	72
1.5	12.487/12.490	1.004	29.5/29.7	59
2.0	12.344/12.345	1.002	29.6/29.7	45
2.5	12.154/12.153	1.005	29.8/29.8	31
3.0	11.894/11.896	1.005	29.9/29.8	17
3.5	11.263/11.264	1.004	29.9/29.9	3
3.62	10.503/10.501	1.004	30.0/30.0	0

为了方便使用者观测蓄电池测试数据的变化情况,可连接 PC 机绘制并存储测试曲线,蓄电池放电测试曲线如图 7 所示。图中横坐标轴为时间轴,点虚线为蓄电池的放电电压,短划线为放电电流,实线为蓄电池的剩余电量。

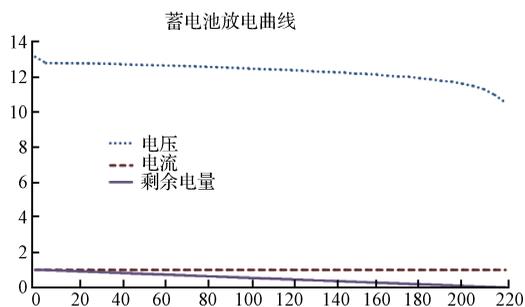


图 7 蓄电池放电曲线

## 6 结论

基于 FPGA 的蓄电池参数测试仪将逻辑接口电路和微处理器集成到一块 FPGA 芯片内,实现了模块间互不干扰与并行处理,不但节省了空间、降低了电路的复杂度,而且提高了稳定性,降低了系统的功耗。经试验测试,该仪器使用方便,运行稳定,参数测试精度较高,能够实现蓄电池各参数的在线和离线测量。

## 参考文献

- [1] 胡为民. 铅酸蓄电池内阻在线监测系统[J]. 电源世界,2013(12):43-47.
- [2] 邓淑贤. 电动汽车大容量锂电池管理系统设计[J]. 国外电子测量技术,2013,32(9):34-37.
- [3] 蒋涛,于平,刘宇,等. 区域自动气象站蓄电池在线监测系统的研究[J]. 国外电子测量技术,2016,35(2):85-89.
- [4] 姜印平,刘江江,李杰. 基于 MSP430 单片机的智能电池检测仪[J]. 仪器仪表学报,2008,29(5):1040-1043.
- [5] 高明裕,张红岩. 蓄电池剩余电量在线检测[J]. 电测与仪表,2013,37(9):25-29.
- [6] 荣少巍. 基于 FPGA 的高精度多通道采集存储系统研究[J]. 电子测量技术,2014,37(4):108-111.
- [7] 史相玲. 蓄电池在线监测的研究[D]. 武汉:华中科技大学,2009:24-32.
- [8] 刘险峰. 蓄电池容量在线检测的研究[J]. 蓄电池,2009(3):140-144.
- [9] 张佳伟,陈小慧,杨焱存. 网络化蓄电池运行参数在线监测系统的设计[J]. 电子测量与仪器学报,2014,28(2):117-183.
- [10] 吴繁红. NIOS II 处理器大容量数据采集存储系统设计[J]. 单片机与嵌入式系统应用,2013(11):38-41.

## 作者简介

窦文森,1984 年出生,助理实验师,主要研究方向为智能仪器系统。

E-mail:dwm-2005@163.com

熊显名(通讯作者)1964 年出生,研究员,主要研究方向为仪器科学。

E-mail:5311128@qq.com

郝建卫,1956 年出生,高级实验师,主要研究方向为电视技术、电源技术、电子技术。