

# 电容放电式火工品发火电压检测仪

张晶威, 孟立凡

(仪器科学与动态测试国防重点实验室309, 中北大学 太原 030051)

**摘要:** 针对电容式放电火工品发火电压检测自动化生产的要求, 设计了一种基于电容放电式的火工品发火电压检测仪, 该系统硬件平台以单片机STM8为核心, 集成了数控步进调压电源, 电容放电发火电路模块, 并设计了放电开关驱动电路以提高开关导通速度, 提高电容能量的释放效率。实验结果表明该测试仪能模拟电容放电式火工品的发火过程, 操作简便, 满足其测试精度。

**关键词:** 火工品; 检测仪器; STM8; 数字电源

**中图分类号:** TJ45, TD235      **文献标识码:** A

## Fire voltage tester for capacity discharged initiating explosive devices

Zhang Jingwei, Meng Lifan

(Key Laboratory of Instrument Science and Dynamic Measurement Technology, North University of China, Taiyuan Shanxi 030051, China)

**Abstract:** For the requirements of capacity-discharge product, a test system based on capacity-discharge has been designed. The MCU STM8 is the core of system, and the digital step power, capacity-discharge circuit have been compacted in the system. And one of key diver has been designed for speeding up the switch conducting. The capacity energy has been used for high efficiency. The system could simulate the capacity discharged processing and meet the testing precision.

**Keywords:** initiating explosive devices; testing equipment; STM8; digital power

## 0 引言

具有储能作用的电解电容与欧姆级( $\Omega$ )小阻值电阻构成 RC 放电回路,其放电瞬间的大电流可以在电阻上产生较高的热量,足以导致涂抹在电阻(此发火电路中称为“桥丝”)上的敏感化学药剂发火,这是电容放电式火工品引信的机理<sup>[1-2]</sup>,其电路模型如图 1 所示。

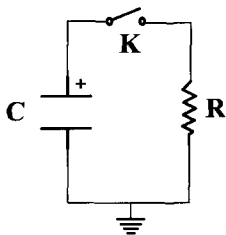


图 1 电容放电式发火电路简图

本文设计了一套基于电容放电式火工品引信发火电压检测仪器。与传统的利用分立电源调压测量的方式相比,本系统具有精度高,调节方便,尤其能提高大批量火工品发火电压测试的效率。

## 1 发火电压测试仪的系统框架

本系统集成了数字电源步进调压的功能,利用数模转换器(DAC)配合电源芯片实现系统的数字调压,同时系统采用模数转换器(ADC)实时采集系统中储能电容的电压值,并将数据反馈于微控制器(MCU),与设定电压比较,控制电容充电电压。电压调节完成后,系统通过 LED 闪烁提示电压调节完成,按下发火按键即可完成测试。系统内容还包含校准、控制、显示和通信功能,外部保留安装桥丝的接口,方便桥丝电阻的安装,系统框架如图 2 所示。

电容放电式火工品发火电压测试仪系统框架

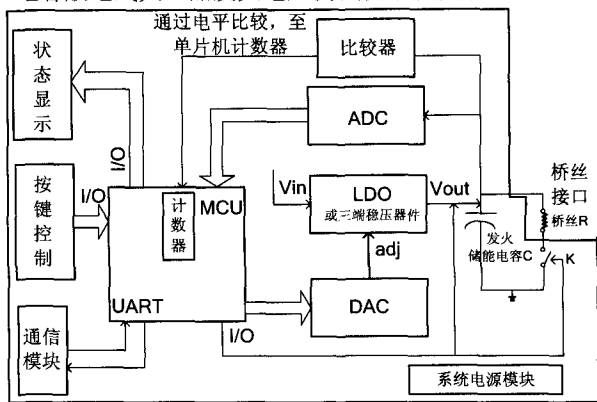


图 2 系统硬件平台框架

各模块功能：

### (1) 微控制器(MCU)

本系统采用 STM8 单片机作为系统的核心控制器,主要应用了此单片机的普通 I/O(Input and Output) 扫描按键,驱动数码管和 LED 显示电压和系统状态,并驱动部分 MOS 开关实现控制。应用了计数器做电容放电曲线的计时,此部分功能可以用于系统发火电路的校准。应用 I<sup>2</sup>C 总线与 ADC, DAC 通信。应用 UART 与外部 MAX232 芯片组成了系统的通信模块。

### (2) 发火电路

系统的发火电路是由仪器内部的储能电解电容, MOS 放电开关与外接被测桥丝组成,此模块属于仿真真实系统的放电过程,其部件参数需要与实际系统的性能参数一致,例如电容容值,桥丝阻值, MOS 开关的静态导通电阻等参数<sup>[4]</sup>。

系统对储能电容充电后, STM8 控制放电 MOS 开关闭合,即 RC 回路放电,实现桥丝发火。

### (3) 电压调节与发火控制电路

系统中储能电容的充电电压调节是依靠普通的三端稳压器件与数模转换器(DAC)协同实现的,其电路简图如图 3 所示。

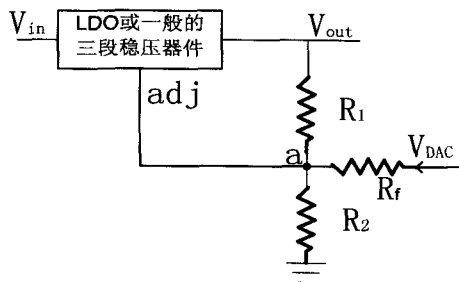


图3 电容充电调压电路简图

由节点电流定律，a处有如下公式：

$$\frac{V_{DAC} - V_{adj}}{R_f} + \frac{V_{out} - V_{adj}}{R_1} + \frac{0 - V_{adj}}{R_2} = 0 \quad (1)$$

一般的三端稳压器件  $V_{adj}=1.2\text{ V}$ ，确定了  $V_{DAC}$  和  $V_{out}$  的调节范围，即可得到  $R_1, R_2, R_f$  三者的比例关系，一般而言选择  $\text{K}\Omega$  级的电阻，能够兼顾电阻精度和电路功耗两方面的因素。实现了通过调整DAC的输出模拟电压控制电容充电电源的电压。

值得注意的是在选定了  $R_1, R_2, R_f$  阻值后式(1)可以转化为  $V_{DAC}$  和  $V_{out}$  的比例关系，即  $V_{out}=kV_{DAC}+b$  ( $k$  为比例系数， $b$  为常数)，则确定了DAC的分辨率与  $V_{out}$  输出电压步进档位的关系。例如：输出电容

的充电电压调节范围是  $5\sim 15\text{ V}$ ， $0.05\text{ V}$  步长调压，则系统输出为：

$$\frac{15-5}{0.05} = 200, \text{ 至少需要 } 8 \text{ 位 DAC (256LSB),}$$

但DAC的电压输出电压的调节精度被DAC的量化误差所制约<sup>[5]</sup>，例如DAC的参考电压  $V_{REF}=5\text{ V}$ ，则其  $1\text{ LSB}$   $= \frac{5}{256} \approx 0.02\text{ V} \approx 0.02\text{ V}$ ，对应  $V_{out}$  输出  $0.05\text{ V}$ ，若DAC输出电压的线

性度有偏差，无法通过调整DAC调节  $V_{out}$ ，若采用高分辨率的DAC，通过比较设定电压和ADC的实际采集电压，可以调整DAC的几个LSB，提高  $V_{out}$  输出精度。

在发火电路控制部分，需要完成  $V_{out}$  与放电开关K的配备，即在电容充电状态开关K断开  $V_{out}$  处输出闭合，放电状态需要  $V_{out}$  迅速断开，独立电容放电的电路，紧接着开关K闭合。

#### (4) 电压采集

本系统通过ADC采集电容输出电压，在ADC采集与储能电容之间需要连接射级跟随器<sup>[6-7]</sup>，隔离电容放电电路与电压测量电路。

#### (5) 电源

本系统内部实现了步进数控电源的功能，并且由于需要设备为便携手持式，供电为锂电池，系统内部还包含了升压电路。系统电源分配图如图4所示。

#### (6) 通信接口

本系统利用STM8的串口与RS232芯片组成RS232通信模块，可以同上位机通信完成仪器的

### 平台电源分布

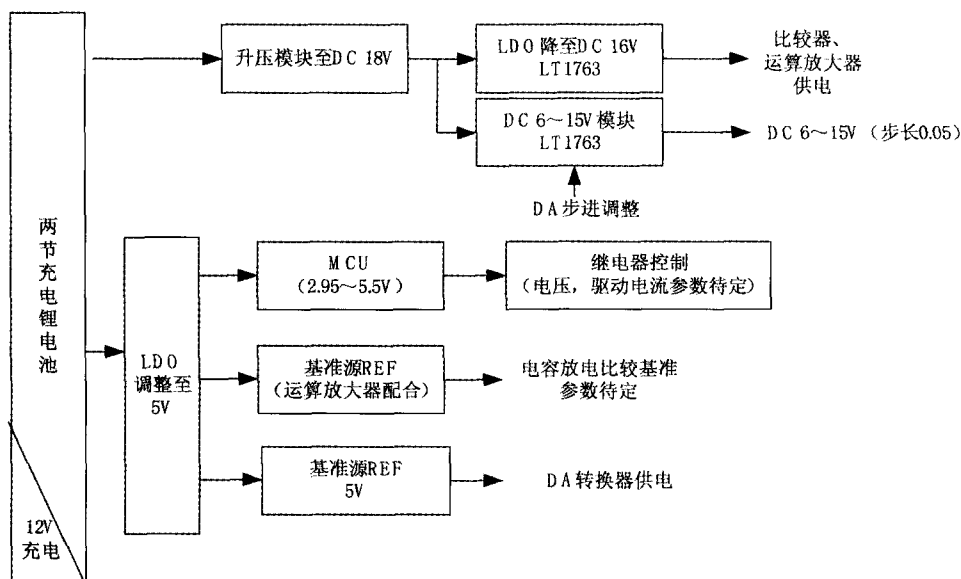
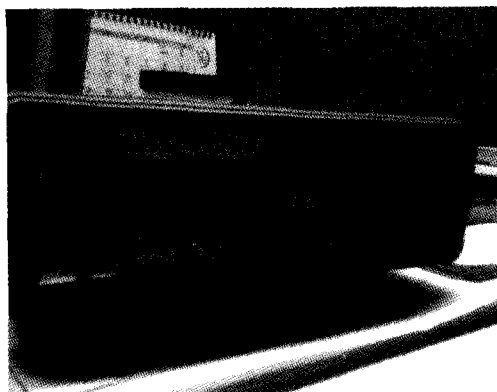


图4 系统电源分布图

校准和数据读取等功能。

本检测仪的原理样机如图 5 所示。



(a) 原理样机面板



(b) 原理样机背面接口

图 5 系统原理样机外观

## 2 系统的软件流程

系统 MCU 控制流程如图 6 所示。

系统上电后首先检测串口是否与上位机通信，系统在与上位机通信过程调整程序参数校准仪器，读取检测数据等功能检测 0.1 ms 无通信标志，则执行测试流程。

系统在测试流程中，首先需手动输入仪器的测试参数，如测试电压，电源快捷调节的步进步长等，同时系统具备保留过去已设定参数功能，可以简化操作流程，确认这些参数后，则系统通过

比较设定电压与电容充电电压，自动的调节储能电容的电压，电压调节精确后，指示灯闪烁提示可以按下发火按键进行试验，测试完毕后检测放电时间，保存数据，重复输入电压进行下一次测试。

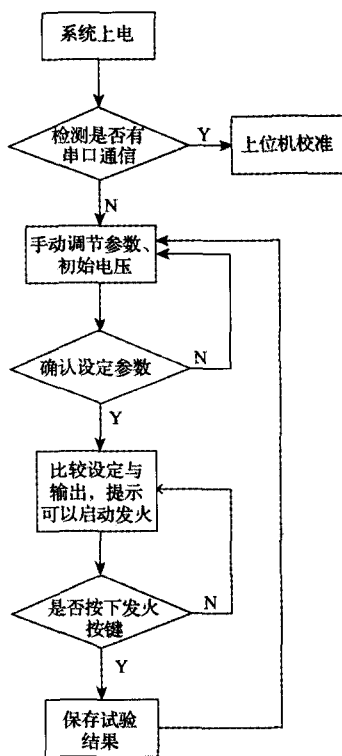


图 6 系统软件执行流程

## 3 实验与结论

本系统是基于电容放电式火工品引信发火电压检测仪器。经工程应用实践表明，与传统的利用分立电源调压，万用表测量的试验方式相比，本系统精度高，特别是较好的模拟了电容能量施加于药剂发火的过程，见图 7 曲线。其中曲线 a 为电容放电曲线，曲线 c 为 MOS 开关导通过程，曲线 b 为两者之差，即为桥丝电阻的电压变化过程，其中 a, b 曲线的一致程度很高，证明电容能量有效施加与桥丝。另外，系统操作方便，提高了对大批量火工品发火电压的测试效率。

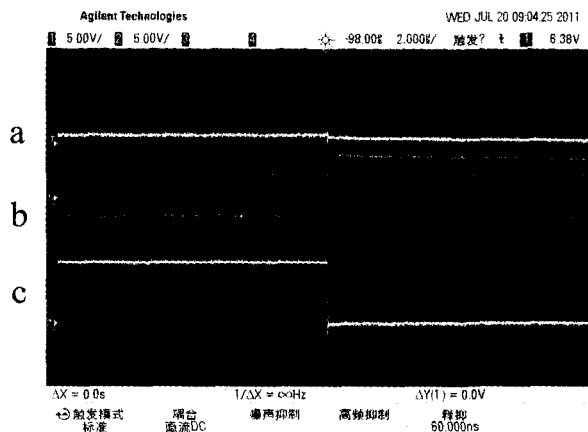


图7 电容放电瞬间曲线

## 参考文献

- [1] 王凯民,温玉全.军用火工品设计技术[M].北京:国防工业出版社,2006:123-124.
- [2] 刘明芳,张小兵.半导体桥电路的设计与仿真[J].火工品,2008(2):1-5.
- [3] 马潮.AVR单片机嵌入式系统原理与应用实

践[M].北京:北京航空航天大学出版社,2011:25-26.

- [4] 张晶威.一种电子雷管发火电路开关驱动的研究[J].爆破器材,2011(6):34-36.
- [5] 程德福,林君.智能仪器[M].北京:机械工程出版社,2010:77-78.
- [6] 童诗白,华成英.模拟电子技术基础[M].北京:高等教育出版社,2009:125-127.
- [7] 冈村迪夫.OP放大电路设计[M].北京:科学出版社,2004:8-9.

## 作者简介:

张晶威,中北大学在读硕士研究生,研究方向:嵌入式系统、智能仪器。

E-mail: zhang\_jv@hotmail.com



(上接第72页)

## 参考文献

- [1] 朱小清,詹云翔.光度测量技术及仪器[M].北京:中国计量出版社,2007:16-18.
- [2] 李行善,左毅,孙杰,等.自动测试系统集成技术[M].北京:电子工业出版社,2004:8-9.
- [3] 叶国文.基于单片机的温湿度变送器的设计[J].微计算机信息,2008,24(23):126-128.
- [4] 白泽生,白宗文.一种简易光照度检测电路的设计[J].现代电子技术,2006(11):91-92.
- [5] 王莘之.单片机应用系统抗干扰技术[M].北京:北京航空航天大学出版社,2000:10-13.
- [6] 刘彬,张秋焯.光电检测前置放大电路的设计[J].燕山大学学报,2003,27(3):193-196.

- [7] 曹国华,高艺.高速嵌入式单片机与接口技术[M].北京:国防工业出版社,2005:9-24.
- [8] 钟波,丁永刚.基于ATMEGA8的温湿度系统的设计[J].电子测试,2009(3):43-46.

## 作者简介:

王莹莹,本科,主要研究方向为传感器智能仪器等。

叶国文,职称高级工程师、硕士,主要研究方向:传感器、信号处理与分析等。

E-mail: yeguowen2@126.com



# 电容放电式火工品发火电压检测仪

作者: [张晶威, 孟立凡](#)  
作者单位: [仪器科学与动态测试国防重点实验室309, 中北大学太原, 030051](#)  
刊名: [电子测试](#)  
英文刊名: [Electronic Test](#)  
年, 卷(期): 2012(5)

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_dzcs201205017.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_dzcs201205017.aspx)