

可在线编程的电子延期雷管设计*

李红月¹, 刘 锋², 颜事龙²

(1.安徽理工大学 电气与信息工程学院,安徽 淮南 232001;

2.安徽理工大学 化学工程学院,安徽 淮南 232001)

摘要:介绍了一种可在线编程的电子延期雷管的设计方案,分析了方案的安全性和可靠性,阐述了该方案的实现方法,给出了电子雷管内部控制电路芯片的功能结构图和部分软件流程图。试验表明,系统可编程延期范围达到0 ms~15 000 ms,编程增量为1 ms间隔,安全可靠,延期精度高,操作使用方便。在未来工程爆破中将具有很好的应用前景。

关键词:电子雷管;控制电路芯片;AVR单片机

中图分类号:TP391

文献标识码:A

文章编号:1674-7720(2011)14-0084-03

Design of online programming electronic delay detonator

Li Hongyue¹, Liu Feng², Yan Shilong²

(1.College of Electric and Information Engineering of Anhui University of Science and Technology, Huainan 232001, China;

2.College of Chemical Engineering, Anhui University of Science and Technology, Huainan 232001, China)

Abstract: A design proposal about a kind of online programming electronic detonator is introduced in this paper. It analyzes its safety and reliability, explains the methods to realize it. It also gives the structure of the system and electronic detonator internal control circuit structure diagram and part of the software flowchart. As a conclusion, The programmable delay time of this system ranges from 0 to 15 000 milliseconds, and the time programmable increment step can reach 1 millisecond. With its safety and reliability, its accuracy in delay time and its easy of use, it will be extensively applicable to complicated blasting engineering of high quality.

Key words: electronic detonator; control circuit chip; AVR single chip

电子雷管一般分为三种类型:(1)电起爆可编程的电子雷管,延期时间在爆破现场按爆破员要求设定,并在现场对整个爆破系统的起爆时序实施编程;(2)电起爆非编程的电子雷管,在工厂预先设定固定延期时间;(3)非电起爆的非编程的电子雷管,可以用导爆管或低能导爆索等非电起爆器材引发电子延期体,继而起爆其固定延期时间在工厂预先设定^[1-2],能够方便地组成简单、先进的起爆网络是电子延期雷管的一大优点。本方案提供了一种可在线编程的电子延期雷管的设计方法。

1 电子延期雷管

电子延期雷管是一种可以任意设定并准确实现延期发火时间的新型电雷管,其本质是采用一个微电子芯片取代普通电雷管中的化学延期药与电点火元件,不仅大大地提高了延时精度,而且控制了通往引火头的电

源,从而最大限度地减少了因引火头能量需求所引起的延时误差。

本方案设计的可在线编程的电子延期雷管的结构如图1所示。

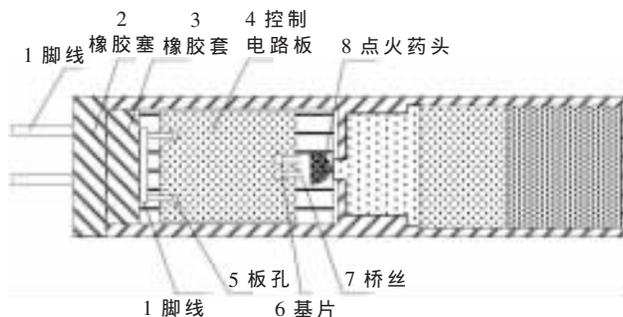


图1 电子延期雷管结构图

* 基金项目:安徽理工大学青年科学研究基金项目(QN200713);国家自然科学基金项目(51074006)

应用奇葩

Example of Application

2 控制电路硬件设计

电子延期雷管采用一个控制电路板取代普通雷管中的化学延期药剂,不仅大大提高了延期精度,降低了爆破震动危害^[1],而且通过控制电路,提高了雷管的抗干扰能力。

本方案设计的控制电路板框图如图 2 所示。

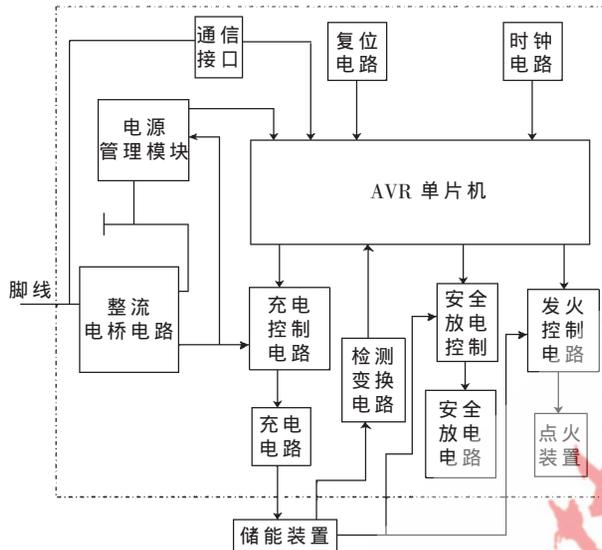


图 2 电子雷管控制电路板框图

控制电路芯片主要由 AVR 单片机组成的智能控制单元、整流电路、充电控制及充电电路、安全放电电路、检测变换电路、发火控制电路、通信接口电路、电源管理电路等部分组成。通过通信网络可以和起爆装置进行信息交流。如果通过接收起爆装置发送过来的电子雷管的 ID 与储存在存储单元本身的 ID 相同,则开始接收起爆装置发送的充电命令、检测命令、设置延时时间、点火命令等并根据命令字做出相应的反应。

2.1 AVR 单片机特点

本设计中要求智能控制单元能够安全可靠地工作,在接收到控制命令后能快速做出正确反应,同时要求内部资源丰富(如要求片内集成多种频率的 RC 振荡器可选、上电自动复位、串行通信接口、看门狗、ADC 转换等功能),这样外围电路就可以比较简单,设计时系统将更加稳定可靠^[3-4]。在满足上述条件的前提下,要求单片机价格低廉,控制电子雷管的价格^[3]。只有这样,才有可能将电子雷管真正大规模投入生产,并广泛应用。

本设计选用的 AVR 单片机可以满足上述要求,它采用哈佛结构,精简指令集,执行速度快,片内集成有本设计要求的功能电路,内部资源丰富,带 E²PROM、PWM、RTC、SPI、UART、TWI、ISP、AD、Analog Comparator 和 WDT 等,性价比高^[4-5]。

2.2 控制电路功能实现

控制电路各个功能模块功能的实现是接收到控制命令之后,智能控制单元通过检测当前状态做出相应反

应。例如要对储能装置进行充电:智能单元接收到充电控制命令后,在相应的管脚输出控制信号,使充电控制电路中的电子开关处在闭合状态,充电电路向控制电路芯片外的储能装置进行充电。充电时间到时,智能控制单元发控制信号,将充电控制电路中的电子开关打开。充电完成后,通过检测变换电路将充电情况通过 AVR 的 A 口 10 位 AD 转换电路转换成相应数据,再通过通信接口回送给控制管理层以便做出正确决策。

3 软件流程设计

本方案设计的电子延期雷管的软件通信流程图如图 3 所示。

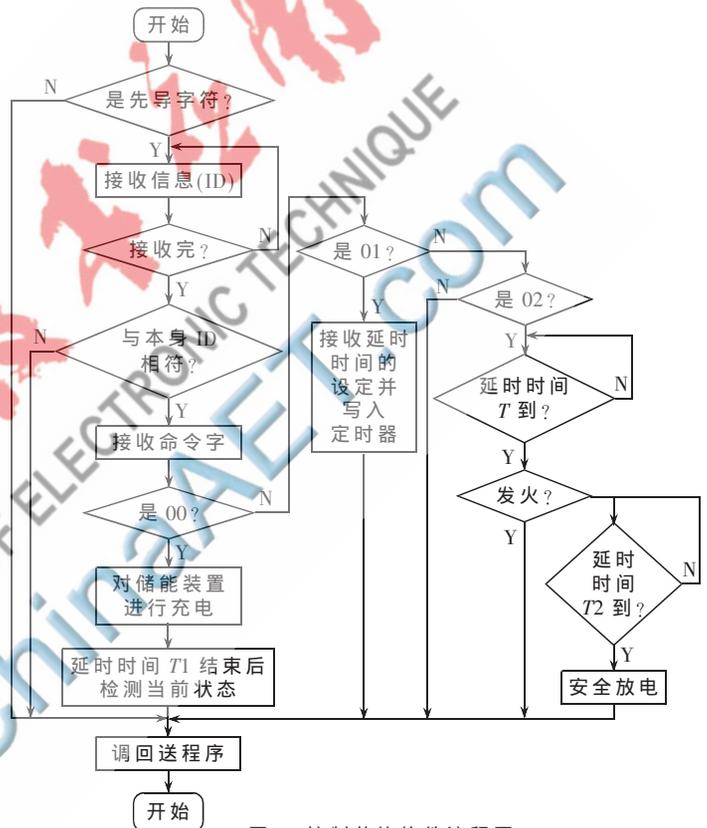


图 3 控制芯片软件流程图

4 安全性分析

本方案给出的可在线编程的电子延期雷管设计使用了多种安全性技术,如密码技术、ID 比较、系统检测、控制电路板采用的抗干扰技术、安全放电电路的设置等^[6-8]。因此安全性能高。

4.1 软件采用的安全技术

起爆装置先发送要选中的电子雷管的 ID 编码,与固化在各个电子雷管中的 ID 编码比较,相符后才能向该电子雷管发送各种控制命令,这样的软件设置增强了系统的安全性^[6]。控制器可在线检测起爆网络中各个电子延期雷管的当前工作状态,如充电、延期时间的设置等要及时回送给起爆装置以供在线监测,若检测没有通过则需要排除故障。这些软件采用的安全技术提高了系统的安全可靠性。

4.2 控制电路采用的安全技术

在线可编程电子延期雷管的控制电路使用了良好的抵抗干扰技术。在电子雷管的控制电路中设计了安全放电回路,当雷管接收到发火控制命令并经过系统设计的延时时间后没有发火,AVR 单片机检测到信号后,经过一定的延时后向安全放电控制回路发控制信号,将充电后储能装置储存的能量通过安全放电电路消耗掉。消除了丢炮后续处理工作的危险。控制电路板采用隔离电路,使得工程爆破网路系统中常见的静电、杂散电流等干扰不能直接作用于雷管的点火元件,提高了电子雷管的本质安全性^[2,8]。

试验结果表明,该方案设计的电子延期雷管可编程延期范围达到 0 ms~15 000 ms,编程增量为 1 ms 间隔,雷管延期时间长且误差小。安全可靠,延期精度高,操作使用方便,性价比高。总之,数码雷管代表了工程爆破向数字化发展的一个方向,在振动控制要求严格、起爆段间时差要求精确、起爆时间长等复杂环境下的工程爆破中有应用和推广价值。

参考文献

- [1] 丁化成,耿德根,李君凯.AVR 单片机应用设计[M].北京:北京航空航天大学出版社,2002.
- [2] 王苗苗.嵌入式系统设计与实例开发[M].北京:清华大学出版社,2002.
- [3] 张凤登.现场总线技术与应用[M].北京:科学出版社,2008.
- [4] 邱锦波,刘振坚.基于 DSP 和 CAN 总线的采煤机分布式控制装置[J].煤炭科学技术,2008,36(3):4-7.
- [5] 周立功.ARM 微控制器基础与实战[M].北京:北京航空航天大学出版社,2003.
- [6] 颜景龙.铍钵起爆系统的安全性分析与试验[J].工程爆破,2008,14(2):70-72.
- [7] 韩志军.单片机系统设计与应用实例[M].北京:机械工业出版社,2010.
- [8] 聂煜,莫元玲,陈辉俊.RS-485 总线在新型电子雷管网中的应用[J].现代机械,2006(5):39-41.
- [9] 高铭,李勇,滕威.电子雷管及其起爆系统评述[J].煤矿爆破,2006(3):23-26.
- [10] BARTLEY D A, MCCLURE R.电子雷管技术的现场进一步应用[J].国际爆破与破碎杂志,2003(7):93-96.
- [11] 任侠,陈国虎.基于 VB 的远程通信程序[J].解放军信息工程学院,计算机应用,1999,19(2):60-62.
- [12] 卢毅.Visual Basic 6 数据库设计实例导航[M].北京:科学出版社,2001.

(收稿日期:2011-02-24)

作者简介:

李红月,女,1978年生,讲师,硕士,主要研究方向:计算机监测与控制。