

doi: 10.7690/bgzd.2015.04.008

安全可靠的火工品点火电路设计

丁 平, 马晓明

(中国人民解放军 92941 部队, 辽宁 葫芦岛 125001)

摘要: 针对火工品点火电路的高安全性与高可靠性的要求, 进行了点火电路的设计研究。以导弹爆炸螺栓为例, 分别设计了电源延时供电、点火控制和起爆执行的系统控制电路。应用结果表明: 该电路设计能可靠实现爆炸螺栓安全准确的点火控制, 可有效防止发生误爆, 保障设备、人员安全, 可为相关火工品点火控制电路设计提供参考。

关键词: 火工品; 点火; 可靠性; 安全性

中图分类号: TJ450.2 **文献标志码:** A

A Safety and Reliability Design for Igniting Circuits of Initiators

Ding Ping, Ma Xiaoming

(No. 92941 Unit of PLA, Huludao 125001, China)

Abstract: For the requirement of high-safety and high-reliability to igniting circuits of initiators, make a study to igniting circuits. Give a example to explode bolt in guided missile, design 3 specific circuits partly for circuit control system, the power-supply delay control, the strike control and the detonate implement. The application proves that it can realize the igniting control safety and exactly, avoid error igniting effectively and ensure the safety of personnel through simple design of circuits explosive bolt. It also can provide the reference to similar circuit design to igniting control.

Keywords: initiator; igniting; reliability; safety

0 引言

火工品是由火炸药制作的较敏感的小型爆炸元件或装置的总称。爆炸螺栓是应用于航天器上的一种常见的火工装置, 主要用于航天器的级间分离, 内装大药量猛炸药, 它的引爆是航天器内系统实现指令的关键环节^[1-3], 点火的成败往往决定着试验任务的成败及参试人员的安全。笔者针对导弹上使用的爆炸螺栓, 提出了一种点火电路的设计方案, 可以在保证爆炸螺栓高可靠点火的情况下兼顾点火的安全性, 能够有效防止误操作误点火。

1 火工品点火电路的工作原理

1.1 电路设计原理

爆炸螺栓的点火电路由解锁电路、点火控制电路和点火执行电路 3 部分组成。电路工作原理如图 1 所示。

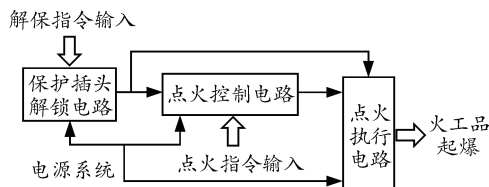


图 1 点火执行级电路工作原理

按照时序设置, 在执行点火电路解除保险指令后, 进入火工品点火程序, 电源电路为点火控制电路和点火执行电路供电, 开启点火指令接收波门, 此时输入点火指令并接收后, 通过点火控制电路里的延时设置延时到预定安全时间, 输出点火信号给点火执行电路, 执行级电路在限定时间内输出点火起爆功率信号, 引爆火工品。

1.2 电路设计特点

该电路能有效保证火工品点火的安全性和可靠性, 在未解除点火保险前, 点火控制电路和执行电路处于断电状态。此时即使有点火指令输入, 点火控制电路与点火执行电路也不会进入工作程序。

为保证系统安全, 平时储存、运输和测试时, 火工品点火头处于短路状态, 可有效防止误引爆。

2 点火执行级电路的设计

2.1 电源供电电路设计

电源是保证执行级电路内单元电路工作所需要的能源供给。由武器系统提供, 经过 AC/DC^[4]电源变换器将交流电转换为需要的直流输出供电电源, 电源转换示意图如图 2。

收稿日期: 2014-12-22; 修回日期: 2015-02-11

作者简介: 丁 平(1982—), 女, 山东人, 硕士, 工程师, 从事电气技术研究。

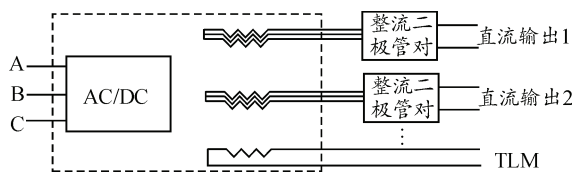


图2 电源转换示意图

2.2 点火控制电路设计

点火控制电路是利用三极管的开关特性来实现对固态继电器的驱动,如图3。电路由比较器LM111、555定时器^[5]及稳压管和电阻、电容等构成。

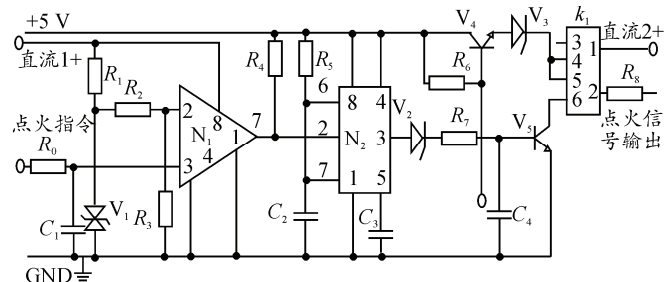


图3 点火控制电路设计

比较器 LM111 (N_1) 作为外部输入的 TTL 逻辑电平检测器件,直流 1+, 通过稳压管 V_1 得到 +5 V 电压, 经过 R_2 、 R_3 分压在比较器的同相端 2 脚得到 3.5 V 的电压基准。

比较器的反相端 3 脚连接到由电阻 R_0 、 C_1 组成的 RC^[6]网络。当点火指令输入为低时, 比较器 N_1 管脚 3 的电压低于管脚 2 的电压, N_1 输出正逻辑, 555 定时器 (N_2) 不工作, 点火指令无效; 当点火指令输入为高时, 电阻 R_0 和电容 C_1 组成的 RC 电路开始充电, N_1 管脚 3 的电压开始慢慢升高, 当充电到一定时间时 (即延迟时间), 电压升到 N_1 管脚 2 的电压, N_1 输出反转, 输出负逻辑, 555 定时器 (N_2) 工作, 输出一定宽度的方波脉冲, 即为点火控制输出信号。其中, 指令延迟时间 t_1 的计算公式:

$$t_1 = -A \times C_1 \times R_0 \quad (1)$$

$$A = \ln(1 - U_{ct}/E) \quad (2)$$

式中: A 为时间常数; U_{ct} 为 N_1 管脚 2 的比较值; E 为输入指令电压值。

2.3 点火执行电路设计

点火执行级电路由点火控制继电器、储能电容、储能电容充电限流电阻、点火限流电阻和点火指令抗干扰滤波等部分组成。点火执行电路设计如图4。

当点火机构解除保险后, 电源给点火储能电容 C_3 充电, 使点火执行电路处于待发状态。

火工品点火指令输出时, 此信号送到电子开关, 它经过分压电阻 R_1 、 R_2 和电容 C_1 、 C_2 加到闸流二极管 V_1 上, 信号足够大时, 触发闸流二极管, 电容

C_3 通过 V_2 、 V_1 和 V_4 向火工品点火头 DL 放电, 完成火工品起爆。

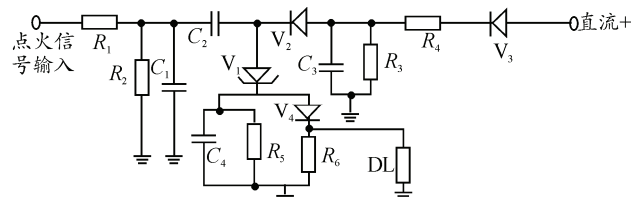


图4 点火执行电路设计

其中该点火执行电路采取了下述抗干扰措施:

1) 对触发信号输入端的干扰杂波, 用滤波电容 C_1 加以旁路;

2) 在闸流二极管 V_1 的负端接 R_5 、 C_4 滤波电路, 可以提高点火执行电路的抗干扰能力。当有负脉冲干扰信号从地线经 DL 及二极管 V_4 传到闸流二极管负极时, 此信号立即由 C_4 旁路, 使闸流二极管不会误导通;

3) 在直流+电源线上串接一个二极管 V_3 , 可防止负脉冲通过, 起到抗干扰作用。

3 结论

笔者采用简单的电路形式保证了点火电路的可靠性和安全性, 是具备两级安全延时等多重保护的高可靠的点火执行级电路, 具有以下优点:

1) 采用 AC/DC 变换器将交流电转换为需要的直流电, 为整个电路提供了电压稳定的供电电源;

2) 采用了点火储能电容为二次电源^[7], 提高了点火安全性;

3) 充电限流电阻前串接二极管, 保证了储能电容组电能不会因为供电电压的下降而反向释放;

4) 具备指令安全接收、信号干扰滤除等功能, 能有效吸收点火指令上幅度不大于 10 V、脉冲宽度小于 100 ms 的干扰脉冲, 抗干扰能力强。

参考文献:

- [1] 姜建武, 龙源, 谢兴博. 废弃火炸药和常规弹药的处置与销毁技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 2009: 42-55.
- [2] 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: 214-218.
- [3] 邵苗苗. 脉冲点火电路设计及其安全性分析[J]. 兵工自动化, 2014, 33(5): 66-68.
- [4] 李朋. 三相输入 AC/DC 输出串联全桥组合变换器[J]. 四川兵工学报, 2011, 32(12): 62-64.
- [5] 阎石. 数字电子技术基础[M]. 4 版. 北京: 高等教育出版社, 1998: 348-352.
- [6] 童诗白, 华成英. 模拟电子技术基础[M]. 3 版. 北京: 高等教育出版社, 2001: 401-405.
- [7] 曹广平. 航天电子设备二次电源输入保护电路设计[J]. 电讯技术, 2011, 51(5): 114-116.