

·电路与控制·

基于 ATMEGA1281 的钝感型电点火具触发器电路设计

蔡敬海, 杨 乾

(中国电子科技集团公司光电研究院, 天津 300000)

摘 要:设计了一种基于 ATMEGA1281 的钝感型电点火具触发器。该触发器可以控制产生多路用于触发钝感型电点火具的大电流脉冲。在设计中实现了脉冲通道工作状态检查、带载状态检查以及对脉冲电流的实时检测,体现了良好的测试性设计。同时,在设计中设置了多重保护电路,有效提高了触发器的可靠性和安全性。

关键词: ATMEGA1281; 钝感型; 电点火具; 实时的; 测试性; 可靠性; 安全性

中图分类号: TN702

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2015)-06-0070-05

Circuit Design of Insensitive Electric Igniter Trigger Based on ATMEGA1281

CAI Jing-hai, YANG Qian

(Academy of Opto-Electronics, China Electronics Technology Group Corporation (AOE CETC), Tianjin 300000, China)

Abstract: An insensitive electric igniter trigger based on ATMEGA1281 is designed. The trigger can offer multiplex large current pulse to trigger insensitive electric igniters. In the design, pulse channel operation state inspection, load state inspection and pulse current inspection in real time are realized and good testability design is shown. And multiple protection circuits are designed to improve the reliability and safety of the trigger effectively.

Key words: ATMEGA1281; insensitive; electric igniter; real-time; testability; reliability; safety

钝感型电点火具具有较强的抗电磁辐射特点(一般情况下,其发火电流为 5 A,并能够保证在电流为 1 A、5 min 内不发火),有效避免了在吸收射频功率后出现意外发火情况的发生^[1-3]。因此,钝感型电点火具被广泛应用于导弹、火箭、火箭弹、飞机弹射座椅和干扰弹中。文中基于 ATMEGA1281 单片机,设计了一种针对钝感型电点火具的触发器电路。该电路不仅可以通过控制产生多路大电流脉冲,而且具备同时产生两路大电流脉冲的能力。同时,还具有电压适应性强、测试性好、可靠性高、安全性高等特点。

1 触发器设计

鉴于钝感型电点火具的应用范围,无论其出现

无法发火现象,还是出现意外发火情况,均可能造成严重后果或重大损失。因此,在设计触发器时,不能仅考虑使其能够满足性能指标要求,还应重点考虑其可靠性、测试性、维修性和安全性设计^[4],以保证钝感型电点火具能够被安全、可靠地触发。

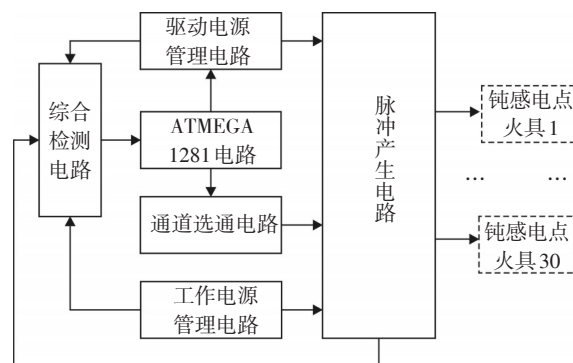


图1 系统原理框图

收稿日期: 2015-11-11

作者简介: 蔡敬海(1982-),男,河北省滦南县人,工学硕士,工程师,研究方向为光电工程;杨乾(1984-),男,河北省新乐市人,工学硕士,工程师,研究方向为光电工程。

图1为系统原理框图。触发器由 ATMEGA1281 电路、工作电源管理电路、驱动电源管理电路、通道选通电路、脉冲产生电路和综合检测电路组成。触发器软件采用单片机 C 语言编写^[5-6]。

1.1 ATMEGA1281 电路

ATMEGA1281 电路主要用于完成接收并处理各种状态指令和操作指令、综合信息处理、驱动电源控制、脉冲输出时序控制、存储触发程序和向上位机上报各种状态信息等任务。

该电路以 ATMEGA1281 单片机为核心处理器^[7]。ATMEGA1281 是一款高性能、低功耗的 AVR 系列 8 位微处理器。具有 128 K 字节的系统内可编程 Flash, 4 K 字节的 EEPROM, 8 K 字节的内部 SRAM, 53 个通用 I/O 口(驱动能力强, 可单独设定为输入/输出), 8 路 10 位 ADC, 两个可编程的串行 USART, 独立片内振荡器的可编程看门狗定时器、与 IEEE1149.1 标准兼容的 JTAG 接口(支持片上调试, 可实现对 Flash、EEPROM、熔丝位和锁定位的编程), 以及空闲、ADC 噪声抑制、省电、掉电、Standby 以及扩展的 Standby 等 6 种休眠模式。

1.2 工作电源管理电路

工作电源管理电路用于为脉冲产生电路提供工作电源, 其原理图如图 2 所示。该电路的输出 V_{out} 由 5 V 和 28 V1 两个电源共同控制实现, 避免了仅由 28 V1 控制, 或先接入 28 V1 后接入 5 V 时, 脉冲产生电路出现通道误导通情况, 有效提高了系统工作的安全性。

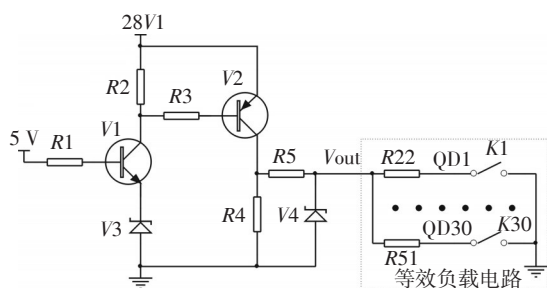


图2 工作电源管理电路原理图

当 5 V 和 28 V1 两个电源中任何一个不存在或

均不存在时, V_{out} 端无输出。当 5 V 和 28 V1 两个电源均存在时, 三极管 V1 基极电压为 5 V, 稳压管 V3 保证 V1 发射极电压为 3.3 V。由于 V1 的开启电压为 0.7 V, 因此, 三极管 V1 导通。同时, 三极管 V2 导通^[8]。

当无需触发电点火具时, 等效负载电路 QD1 ~ QD30 均为低电平(K1 ~ K30 均闭合), 由于 R22 ~ R51 阻值均为 200 k Ω , 因此负载电路等效负载 RL 阻值为 6.67 k Ω 。由于 R4 阻值为 50 k Ω , R5 阻值为 4.7 k Ω , 不考虑稳压管 V4, 计算可得 V_{out} 端电压值为 16.31 V。由于 V4 稳压值为 13 V, 因此, V_{out} 实际电压值为 13 V。

当需要触发 1 个电点火具时, QD1 ~ QD30 中存在 1 路为 OC 门开路(K1 ~ K30 中有 1 个断开), 其余为低电平, 此时负载电路等效负载 RL 阻值为 6.9 k Ω , 不考虑稳压管 V4, 计算可得 V_{out} 端电压值为 16.54 V。因此, V_{out} 实际电压值为 13 V。

当需要同时触发两个电点火具时, QD1 ~ QD30 中存在两路为 OC 门开路(K1 ~ K30 中有 2 个断开), 其余为低电平, 此时负载电路等效负载 RL 阻值为 7.14 k Ω , 不考虑稳压管 V4, 计算可得 V_{out} 端电压值为 16.77 V。因此, V_{out} 实际电压值为 13 V。

1.3 驱动电源管理电路

驱动电源管理电路用于为脉冲产生电路提供驱动电源, 其原理图如图 3 所示。该电路以 PA0 (CPU 电路输出的控制信号) 和 PB0/AQ (系统安全保险信号) 共同控制驱动电源的产生, 并设置了光电隔离。只有 PA0 和 PB0/AQ 均有效时, 才能产生驱动电源, 有效提高了系统工作的安全性。

系统上电后, 初始态的 PA0 和 PB0/AQ 均为高电平, D1 的 3 脚输出为高电平, D2 的 2 脚输出为高电平, D3 不工作, VG 点电压为 28 V, MOS 管 V5 不工作^[8], QDDY 端无输出。仅当 PA0 和 PB0/AQ 二者输出均为低电平时, D1 输出才为低电平, D2 输出为低电平, D3 工作。由于 V5 的开启电压为 -4 V, VG 点电压为 17.375 V, 计算可得 V5 的栅源级电压 V_{GS} 为 -10.625 V。因此, MOS 管 V5 工作在恒流区, QDDY 端有输出。

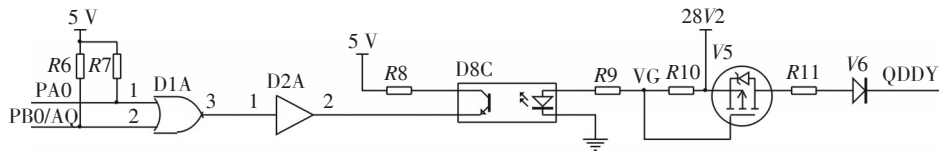


图3 驱动电源管理电路原理图

1.4 通道选通电路

通道选通电路主要由译码器(D4~D5)和比较器(D6~D13)组成,用于提供脉冲通道的选通信号,其原理图如图4所示。系统上电后,译码器输出O1~O30均为低电平,比较器输出QD1~QD30均为低电平,无选通信号产生。

当输入A、B、C、D中存在高电平,且CS1、/EN1

或CS2、/EN2中存在一组有效时,译码器输出O1~O30中某一路输出为高电平,对应的比较器发生偏转,即QD1~QD30中对应的一路输出为OC门开路输出^[9],此时能够提供1路选通信号;当A、B、C、D中存在高电平,且CS1、/EN1和CS2、/EN2均有效时,O1~O30中某两路输出同时为高电平,QD1~QD30中对应的两路输出为OC门开路输出,此时能够同时提供两路选通信号。

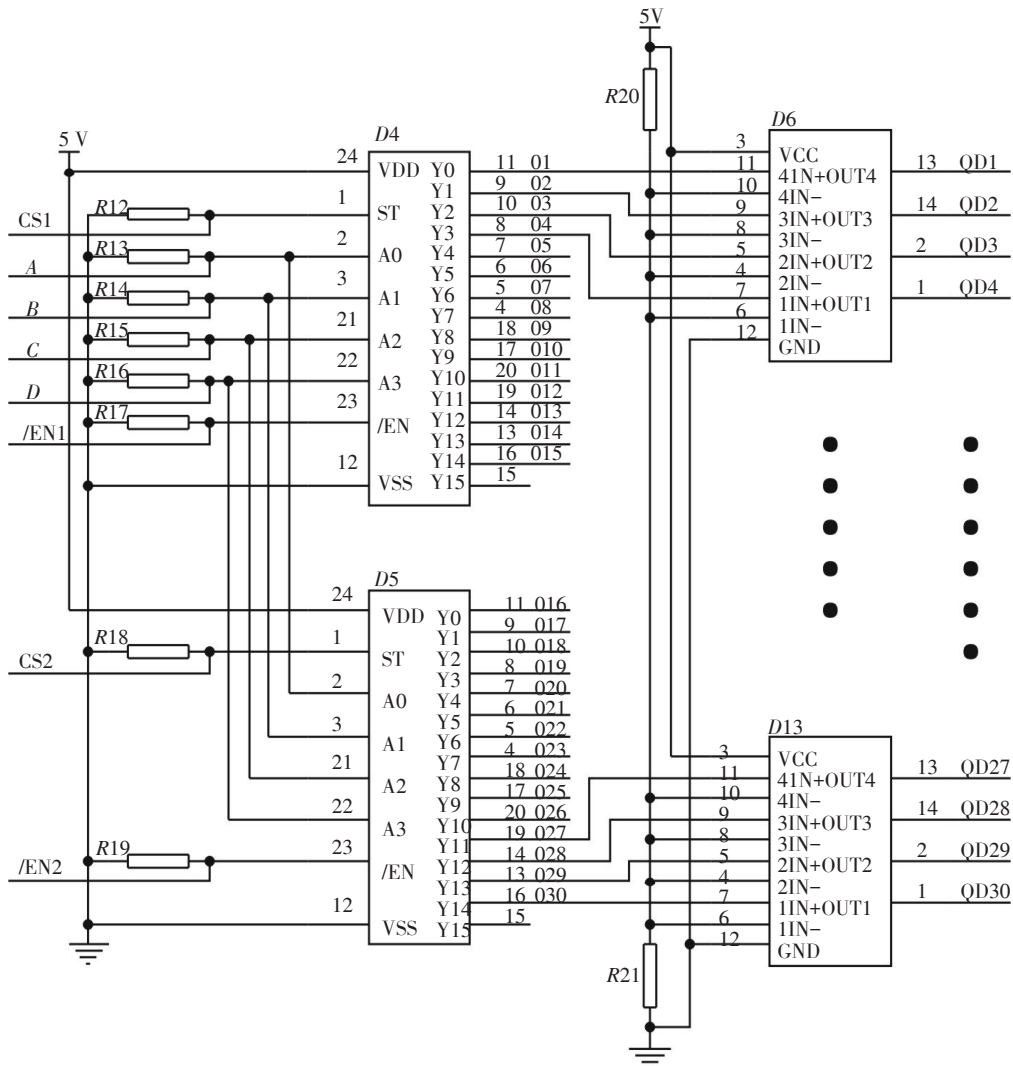


图4 通道选通电路原理图

1.5 脉冲产生电路

脉冲产生电路用于产生能够触发电点火具的大电流脉冲信号,其原理图如图5所示。系统上电后,初始态的 V_{out} 的电压范围为16 V, QD1~QD30均为低电平,因此VG1~VG30为低电平, MOS管V7~V36均不工作, Q1~Q30均无输出。当QD1~QD30中存在OC门开路输出时, VG7~VG36中相应节点的电压为13 V。因此,对应的MOS管栅源级电压范围为4.6 V。由于MOS管V7~V36的开启电压均为2 V,因此,对应的MOS管导通,且工作在恒流区。由于电点火具RL1~RL30等效阻值均为1 Ω ,驱动电源管理电路中R11阻值为2.2 Ω ,经计算可以得到,对应工作MOS管输出端QX的电流为8.4 A。

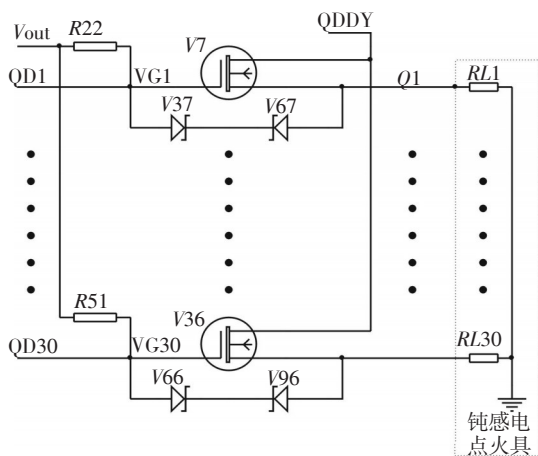


图5 脉冲产生电路原理图

1.6 综合检测电路

系统综合检测包括脉冲通道工作状态检查,带载状态检查,以及对脉冲电流的实时检测。设计以功能电路为主,并结合简洁的综合检测电路完成,综合检测电路原理图如图6所示。图中R52、R54阻值均为300 k Ω , R53、R55阻值均为20 k Ω , R56阻值为270 Ω , R57阻值为51 k Ω , R58阻值为10 k Ω , R59~R88阻值均为2 k Ω 。设计中充分考虑了简洁性设计,并采用扫描通路法进行完全扫描设计^[10-11]。所有检测均通过同一检测电路实现,并采用多路复用技术^[12]。

对脉冲通道工作状态进行检查时, QDDY由28 V1提供。当脉冲通道故障时,检测通道为28 V1、R56、V97、R57、R58,计算可知, V_{R58} 为4.59 V。当脉冲通道正常时,如电点火具接入系统,检测通道为28V1、

R56、V97、V7~V36、R59~R88、RL1~RL30、R57、R58,计算可知, V_{R58} 为16.4 mV;如部分电点火具未接入系统,检测通道为28V1、R56、V97、V7~V36、R59~R88、R57、R58,计算可知, V_{R58} 为3.91 V。

对带载状态进行检查时, QDDY由28V1提供。当电点火具接入系统时,检测通道为28V1、R56、V97、V7~V36、R59~R88、RL1~RL30、R57、R58,计算可知, V_{R58} 为16.4 mV。如部分电点火具未接入系统,则 V_{R58} 值为对脉冲通道工作状态进行检查时脉冲通道正常时 V_{R58} 的值,即3.91 V。

对脉冲电流进行实时检测时, QDDY由28V2提供。当电点火具接入系统时,检测通道为28V2、V5、R11、V6、V7~V36、R59~R88、RL1~RL30、R57、R58,计算可知,脉冲电流为8.41 A,对应 V_{R58} 为1.38 V。如部分电点火具未接入系统,检测通道为28 V2、V5、R11、V6、V7~V36、R59~R88、R57、R58,计算可知,脉冲电流为99 mA,对应 V_{R58} 为16.2 mV。

综合测试电路的输出 V_{R58} 由ATMEGA1281单片机通过ADC1口进行采集后进行处理,并由此判断脉冲通道工作状态是否正常,电点火具是否存在,以及脉冲电流是否正常^[13]。电路中设置R52~R55,主要是实时监控28V1和28V2的实际电压值,以便设置合理的阈值,保证测试结果的准确性。

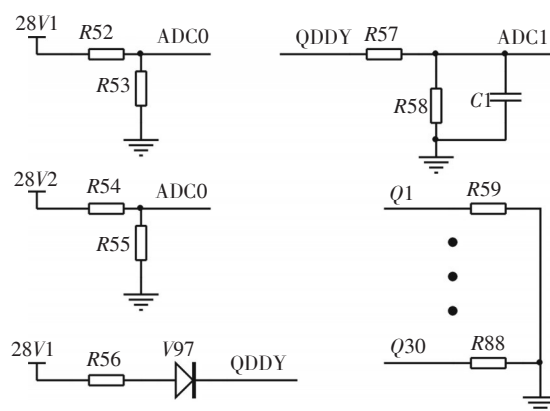


图6 综合检测电路原理图

2 结束语

文中开发的基于ATMEGA1281单片机的触发器电路,不仅实现了30路大电流脉冲输出,并且能够同时实现两路大电流脉冲的输出。经过实验室测试,该电路的28 V1和28 V2两个电源在18~32 V的电压范围内时,脉冲的电流范围为5.28~9.66 A,能够可靠触发钝感电点火具。设计中通过采用多信号

输入控制、简洁性设计、多路复用测试等技术等,减小了系统电路的规模,有效提升了系统的可靠性、测试性、维修性和安全性水平,可以广泛应用于航空航天领域。

参考文献

- [1] 杨培杰,李金明,王阵.电火工品等效天线模型的建立与分析[J].装备环境工程,2012,9(2):46-48.
- [2] 王雪松,卫鑫.电磁环境对舰艇火工品的安全影响[J].舰船电子工程,2012,32(6):133-136.
- [3] 周奎军,陈红俊,叶淑琴,等.钝感型瞬时/延期两用点火具的研究[J].火工品,2007,(6):39-42.
- [4] 许萌,李执力,王鹏.武器装备的“五性”工作研究[J].国防技术基础,2009(9):26-29.
- [5] 沈文,Eagle lee,詹卫前.AVR单片机C语言开发入门指导[M].北京:清华大学出版社,2003:17-264.
- [6] 海涛.ATmega系列单片机原理及应用—C语言教程[M].

北京:机械工业出版社,2008:6-310.

- [7] 张军.AVR单片机应用系统开发典型实例[M].北京:中国电力出版社,2005:229-248.
- [8] 童诗白,华成英.模拟电子技术基础[M].北京:高等教育出版社,2001:23-48.
- [9] 阎石.数字电子技术基础[M].北京:高等教育出版社,2001:78-81.
- [10] 魏忠林,李天刚,刘于端,等.电子设备测试性设计及系统划分的研究[J].科学技术与工程,2005,5(23):1800-1802.
- [11] 杨冬健,王红,刘金甫.航空设备的测试性设计和验证技术概述[J].测控技术,2006,25(10):1-5.
- [12] 童军,马晓莉,南权,等.基于多路复用技术的多种信号测量系统[J].微计算机信息,2008,24(1-1):78-80.
- [13] 顾耀林,翁丽华,王正山.AVR单片机在多回路数据采集器中的应用[J].微计算机信息,2007,23(12-2):110-111,92.

(上接第25页)

大而降低;当空气间隙的大小固定,周期越大,衍射效率越高。当周期和空气间隙远远大于衍射光学元件的微结构高度时,空气间隙和周期的大小对衍射效率的影响就微乎其微。当空气间隙、周期和衍射元件微结构高度接近时,随着空气间隙的增大,衍射效率下降的比较明显。选择合适的周期,控制好多层衍射光学元件空气间隙的大小,对提高衍射光学元件的衍射效率有重要意义。由图7可知,在同一波段范围内,空气间隙固定,波长对衍射效率的影响不大。

4 结论

根据衍射光学理论,推导了双层衍射光学元件的衍射效率表达式,建立含有空气间隙的双层衍射光学元件衍射效率分析模型,得到了可见光波段、红外波段内双层衍射光学元件衍射效率对应的合理空气间隙范围。在双层衍射光学元件设计和制造过程中,空气间隙和周期必须控制在合理范围内。由计算结果可知,双层衍射光学元件衍射效率在一定空气间隙范围内对其影响不敏感,当空气间隙逐渐增大时,衍射效率将随空气间隙的增大而降低。对于不同材料在不同波段的组合,尽管数值计算结果上有差异,但不会改变空气间隙对其衍射效

率的总体变化。

参考文献

- [1] 赵丽萍,邬敏贤,金国藩.折衍射混合单透镜的色球差校正研究[J].光学学报,1998,18(5):621-626.
- [2] 孙强,卢振武,王肇圻.谐衍射/折射双波段系统设计[J].光学学报,2004,24(6):830-833.
- [3] 范长江,王肇圻,吴环宝,等.红外双波段双层谐衍射光学系统设计[J].光学学报,2007,27(7):1266-1270.
- [4] 白剑,马韬,沈亦兵,等.多层衍射光学元件的特性分析[J].红外与激光工程,2006,35(s):44-47.
- [5] 马韬,沈亦兵,杨国光.利用多层表面微结构提高DOE宽波段衍射效率[C]//2006年全国光电技术学术交流会会议论文集:F集,成都:中国宇航学会,2006:233-239.
- [6] 崔庆丰.折衍射混合光学系统的研究[D].长春:中国科学院长春光学精密机械研究所,1996.
- [7] 吴宗凡,柳美琳,张绍举,等.红外与微光技术[M].北京:国防工业出版社,1998:286-300.
- [8] Arieli Y, Ozeri S, Eisenberg N, et al. Design of a diffractive optical element for wide spectral bandwidth [J]. Opt. Lett, 1998, 23: 823-824.
- [9] Fujita F, Nishihara H, Koyama J. Blazed gratings and Fresnel lenses fabricated by electron-beam lithography[J]. Opt.Lett, 1982, 7: 578-580.
- [10] 杨亮亮.多层衍射光学元件衍射效率的研究[D].长春:长春理工大学,2013.