

doi: 10.7690/bgzdh.2022.01.002

基于 MSP430 单片机的智能手枪枪-弹识别系统

罗大鹏¹, 赵河明¹, 彭志凌¹, 高捷², 贺磊¹, 车悦¹, 王英¹

(1. 中北大学机电工程学院, 太原 030051; 2. 宁波军鸽防务科技有限公司产品中心, 浙江 宁波 315000)

摘要: 为解决丢失枪、弹后给社会带来的危害及加强警方对枪、弹的管控等问题, 基于 MSP430 单片机与无线射频技术 (radio frequency identification, RFID) 设计一套智能枪-弹识别系统。该系统包括接触式电子击发手枪弹、枪内处理单元 2 部分, 可以实现枪-弹识别: 正常击发编写过特殊识别码的子弹, 对码失败或没有编写识别码的普通子弹无法完成击发, 并在击发失败后触发失败提醒。结果表明: 该系统可以有效减少因枪支违法外流带来的生命财产损失, 加强枪、弹管控。

关键词: MSP430 单片机; 枪-弹识别; 电子击发

中图分类号: TJ21 **文献标志码:** A

Intelligent Gun-bullet Recognition System Based on MSP430 Single-chip Microcontroller

Luo Dapeng¹, Zhao Heming¹, Peng Zhiling¹, Gao Jie², He Lei¹, Che Yue¹, Wang Ying¹

(1. College of Mechatronics Engineering, North University of China, Taiyuan 030051, China;

2. Product Center, Ningbo Military Pigeon Defense Technology Co., Ltd., Ningbo 315000, China)

Abstract: In order to solve the problem of the harm to the society caused by the loss of guns and bullets and strengthen the control of guns and bullets by the police, an intelligent gun-bullet recognition system based on MSP430 single-chip microcomputer and radio frequency identification (RFID) technology is designed. The system consists of two parts: the contact electronic firing pistol cartridge and the processing unit in the gun, which can realize gun-bullet recognition: the bullet with the special recognition code is fired normally, the ordinary bullet with the failure of code matching or without the recognition code cannot be fired, and the failure reminder is triggered after the firing fails. The results show that the system can effectively reduce the loss of life and property caused by the illegal outflow of guns, and strengthen the control of guns and bullets.

Keywords: MSP430 single-chip microcomputer; gun-bullet recognition; electronic firing

0 引言

枪是一种用来维护社会公共安全的武器装备, 被各国公安人员广泛使用。在我国, 枪械作为公安系统的重要资产, 是法定严格管理的物资, 若有枪械遗失以及盗抢事件发生, 会给社会的稳定带来极大的安全隐患^[1-2]; 故从技术手段加强枪、弹管控是十分必要的。

枪-弹识别是指手枪只能发射授权给它的枪弹, 未经授权的枪弹在该手枪上无法击发。若警察不慎将智能手枪遗失或被不法分子抢走, 犯罪分子装上口径一致的非特殊处理子弹, 无法击发; 并且智能手枪弹在不慎遗失后也不会被不法分子用于其他同口径的手枪。智能手枪在遗失后无弹, 智能手枪弹在遗失后无法匹配非认证枪只, 都变成较为安全的“废铁”, 枪、弹都得到更为严格有效的管

控, 减少警民生命与财产损失。

1 总体设计

智能手枪枪弹识别系统的设计包括枪内处理模块和智能手枪弹 2 大单元。具体操作流程如下:

- 1) 射手扣动扳机后, 电子撞针接触枪弹电子底火;
- 2) 电池单元给智能手枪弹系统与枪内处理系统供电;
- 3) 弹内无线射频技术 (RFID) 模块将提前通过管控平台录入的识别码输送给弹内单片机, 弹内单片机再通过枪-弹传输模块将其输送给枪内的单片机;
- 4) 枪内单片机将其与枪内 RFID 模块传来的识别码进行比对, 若匹配成功, 枪内单片机给弹内击发模块发送击发信号, 电热桥丝电路接通, 加热桥丝, 成功击发子弹;
- 5) 若匹配失败, 则枪内单片机给枪内失败提醒模块发送信号, 触发击发失败提醒, 振动发声。系统流程如图 1 所示。

收稿日期: 2021-10-13; 修回日期: 2021-11-28

基金项目: 山西省青年科技基金(201801D221236)

作者简介: 罗大鹏(1996—), 男, 山西人, 硕士, 从事机电控制技术研究。E-mail: 18734566641@163.com。

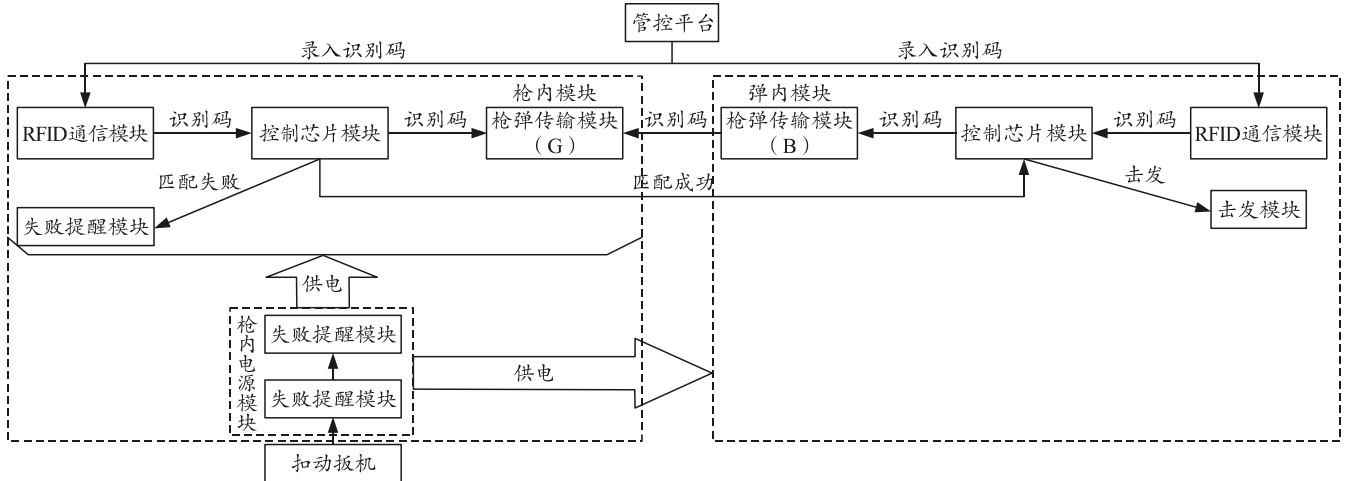


图 1 总体系统流程

2 枪内模块设计

枪内模块主要由电源模块、MSP430 处理芯片、RFID 通信模块、失败提醒模块以及对码模块组成，其工作流程如图 2 所示。

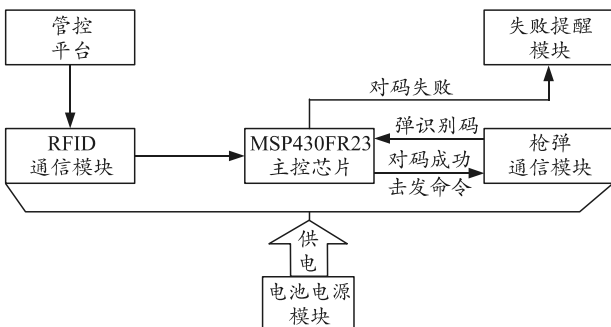


图 2 枪内模组工作流程

2.1 电源模块

如图 3 所示，结合套筒内为击发模组及电源预留的空间，选用较小的 250 mAh 的 3.7 V 聚合物锂电池为击发模组电源，电池尺寸为：厚度 2.0 mm，宽度 40.0 mm，长度 37.5 mm；质量约 5 g。



图 3 聚合物电池

电源模块电路设计如图 4 所示。图中：VCC_BAT 为锂电池正极；C₂ 为去耦电容，目的是

稳定输入电压；U₂ (TPS71533) 芯片为降压处理芯片，作用是把 3.7 V 的电压降为 3.3 V；右端的 VCC 直接与 MSP430 处理芯片相连，为了稳定芯片工作电压，连接有 C₃ 滤波电容。

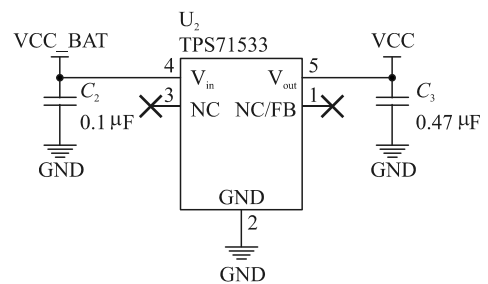


图 4 电源电路设计

2.2 枪内模块主控芯片

考虑功耗因素，选择德州仪器的低功耗 MSP430 系列单片机 MSP430FR2311。它具有低至 50 pA 电流泄露输入集成式跨阻放大器，可实现电平检测。在 1 MHz 的情况下，针对应用进行优化的低功耗睡眠模式电流低至 170 μA，可将电池的使用寿命延长至 10 年以上的超低功耗，是枪内击发模组的核心部分。

2.3 RFID 通信模块

RFID 从 20 世纪 90 年代兴起并迅速发展，成为当今最流行的智能管理系统。RFID 是一种非接触的自动识别技术，通过射频信号自动识别目标对象并获取相关数据。整个识别过程无须人工干预，以其无需接触的物理特点，可以广泛应用于制造业、物流、仓储等领域的无线通信板块^[3-6]。

RFID 通信模块的作用是接收管控平台传入的识别码信息，并把它传递给 RFID 芯片 U₃ (M24LR04E-R)。

2.4 枪-弹传输模块

枪-弹传输模块枪部分如图 5 所示。

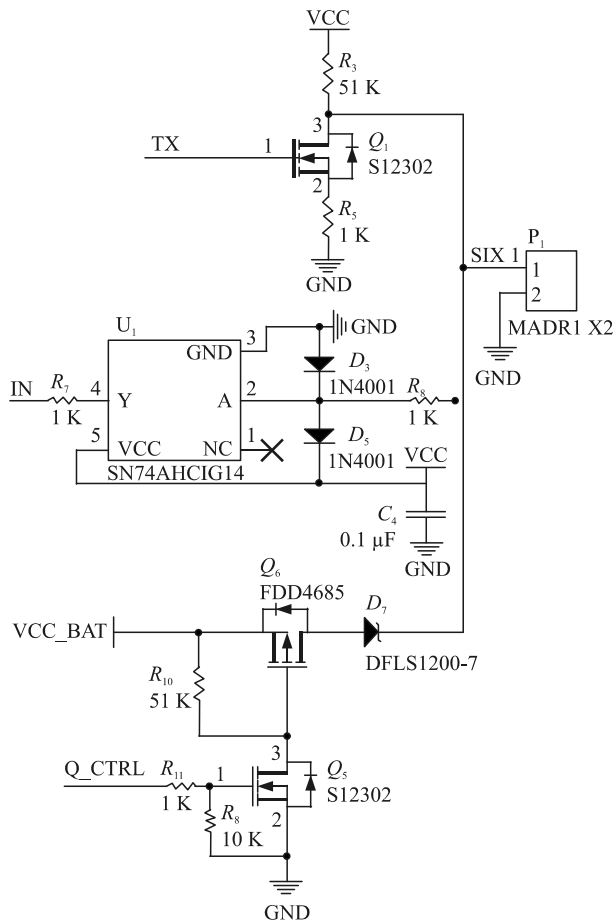


图 5 枪-弹传输模块(G)

图中：IN 为施密特触发器的输出口，接单片机 I/O 口用来接收识别码；TX 用来输出识别码匹配结果；Q_CTRL 为传电模块的触发接口，扣动扳机，枪内单片机给高电平，触发供电开关，开始给弹供电；U₁ 为施密特触发器，输入在上阈值之上输出为 1，变动至下阈值之下输出为 0，输入在上下阈值之间，不改变输出，用于帮助识别不稳定信号。系统通过枪弹电子撞针接触传递信号与电能，信号难免出现些微失真，使用施密特触发器可以帮助识别失真信号。

2.5 失败提示模块

在对码失败后，枪弹击发失败，枪支会进入停滞静止状态，让使用者难以区分是对码失败、电池断电或内部出现其他问题；因此，加入失败提示模块，用以提示对码击发失败。对码失败后，单片机 P1.0 和 P2.0 输出高电平给蜂鸣器和电动马达模块，发声并且震动提示击发失败。

对码失败后，枪内单片机给 BEEP 和

MOTOR_CTRL 高电平，BEEP 和 MOTOR_CTRL 蜂鸣器与有源马达模块触发引脚。因单片机输出能力有限，故采用单片机输出控制信号，控制加入限流与下拉电阻的 N 型晶体管控制器进行蜂鸣器与马达模块地控制工作。

3 智能手枪弹设计

现有电击发方式分为直接接触式电击发与非接触式感应线圈电击发。由于非接触式使用电磁线圈产生感应电流进行击发，所需要的电能相对较多，考虑到空间与功耗，故选择较为成熟可靠的接触式电击发。

如图 6 所示，智能手枪弹由弹头、发射药、弹壳和电底火组成。

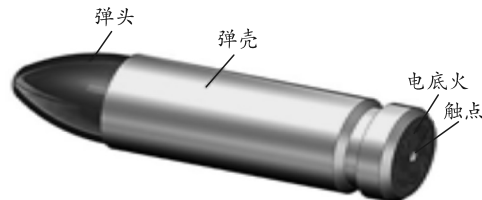


图 6 子弹结构

弹头和弹壳的结构大多依照 DAP92 式手枪弹结构设计，主要变动部位为电底火部分，智能手枪电底火部分结构如图 7 所示。

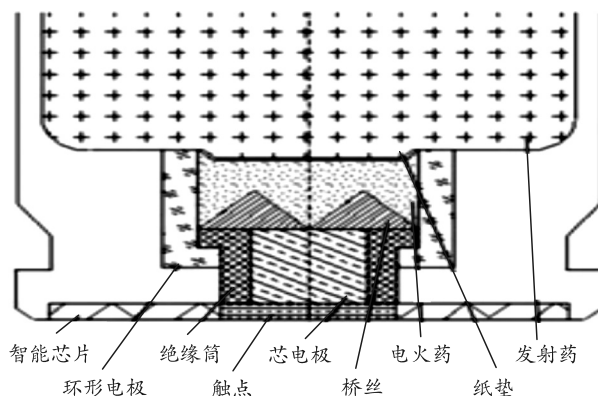


图 7 电底火结构

其中，弹内智能芯片由电源模块、MSP430 处理单元、枪-弹传输模块、RFID 通信模块以及击发模块组成，其工作流程如图 8 所示。

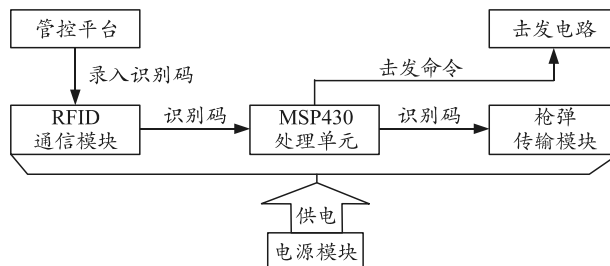


图 8 枪弹智能芯片工作流程

首先,需要管控平台的 PCB 板载天线提前给每一发智能手枪弹电底火上的 RFID 通信模块录入识别码。当射手扣动扳机,带动电击针头向前和智能手枪弹电底火接触片接触,电源模块导通,套筒内的电池与弹内智能芯片电路连通。由于电池输出的是 3.7 V 电压并且可能受外部干扰出现不稳定波动, MSP430 单片机需要稳定的 3.3 V 电压驱动;故在弹内芯片电路里设置了电源降压稳压模块。经过处理的电源通到单片机后,处理单元开始工作,将管控平台输入的认识码信息发送给枪内的单片机处理模块,枪内单片机将发送来的识别码与已录入的识别码进行对比,若识别码信息匹配,则给击

发模块发送高电平信号,加热桥丝的线路被导通,桥丝加热,引燃电火药以及其上的发射药,火药剧烈燃烧产生高温高压气体,推动弹头急速射出;若任务匹配不成功,加热桥丝的线路不会被导通,子弹无法击发,并触发击发失败提醒。下面就各模块的电路设计作详细说明。

3.1 弹内核心处理器模块

MSP430 处理单元是整个智能芯片的核心部分,主要作用是处理 RFID 通信模块的识别码信息和对击发控制模块进行功能操作,其电路设计如图 9 所示。

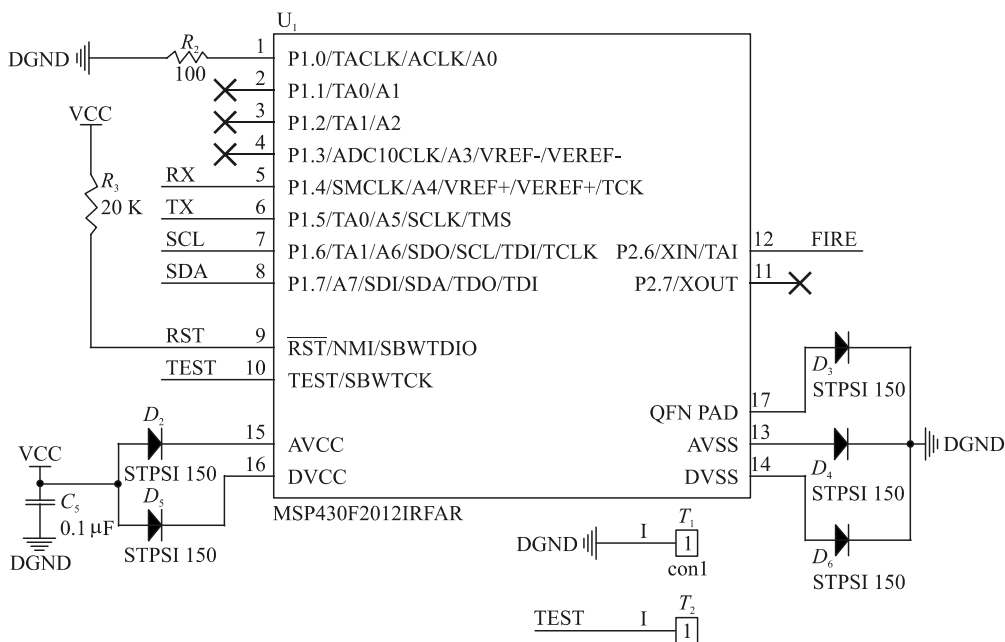


图 9 MSP430 处理单元电路设计

图中: R_3 为上拉电阻,组成复位电路; C_5 为去耦电容,用来保护处理单元免受电源端噪声的影响; D_2 、 D_5 为隔离二极管,使得 AVCC 与 DVCC 相互独立,彼此不受影响; D_4 、 D_3 、 D_6 同理; T_1 、 T_2 为编程接口; SCL 与 SDA 负责与 RFID 模块通信, SCL 输出 I²C 时钟信号, SDA 接收 I²C 数据信号; TX 发送识别码信号, RX 接收识别结果信号; FIRE 为击发模块控制信号。

3.2 电源模块

由于 MSP430 处理单元以及 RFID 芯片均需要稳定的 3.3 V 电压输入,这就需要弹内电源模块对撞针传来的电信号进行滤波整流。

此处所指的电源模块并不是真的电源,而是因为从撞针传来的电池电压不稳且杂波众多,故设置

了电压转换稳压模块,称为弹内电源模块。

3.3 击发模块

击发模块的作用是当识别码匹配成功时,弹内 FIRE 发送高电平,导通桥丝电路,加热桥丝,击发成功;当识别码匹配失败时,桥丝电路无法导通,桥丝不能被加热,击发失败。其电路设计如图 10 所示。

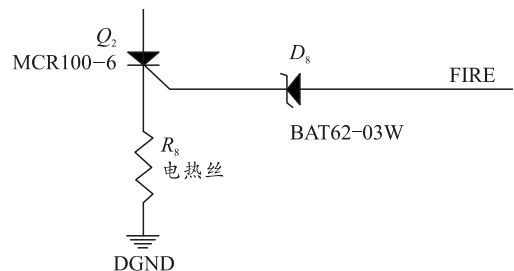


图 10 击发电路设计

图中： Q_2 为单向可控硅 MCR100-6，用以触发电路，弹内芯片通过其控制是否加热桥丝，击发弹药； D_8 为稳定可控硅 Q_2 工作，防止反接的二极管；

R_8 为桥丝，用以引燃弹内电火药。

3.4 枪-弹传输模块

枪-弹传输模块如图 11 所示。

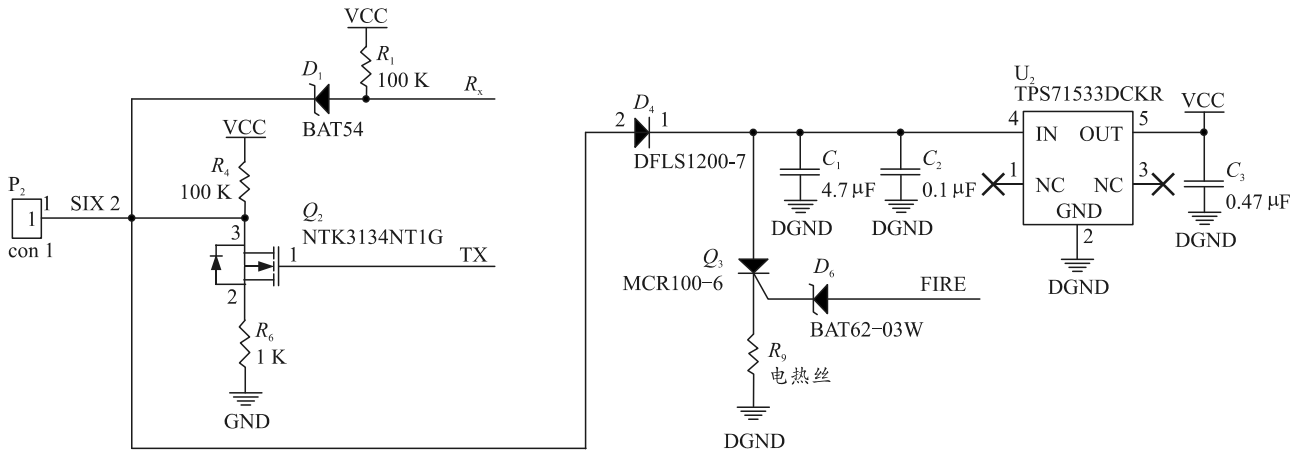


图 11 枪-弹传输模块 (B)

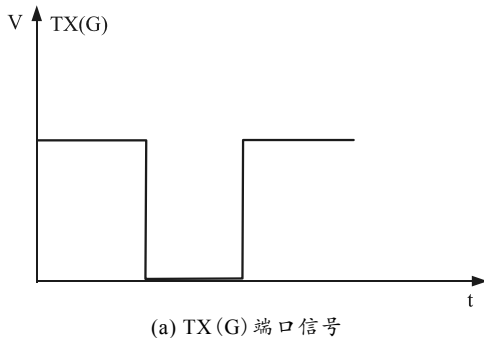
RX 为弹内单片机接收匹配信息的接口，TX 为弹内单片机发送识别码的接口。下半部分为电源稳压模块与击发模块，不再赘述。

4 枪-弹通信设计

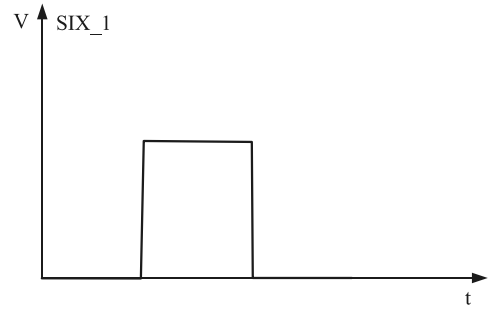
4.1 传输信号

扣动扳机，电子撞针接触电子底火，枪内套筒电路与弹内电路对接。

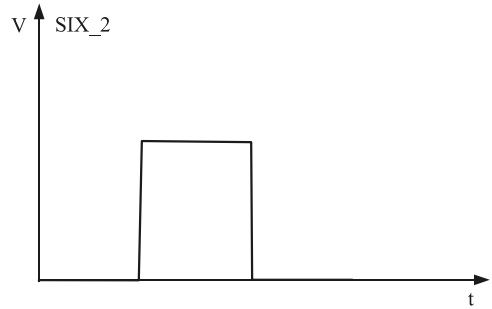
枪内击发模组通过 TX 管脚(G)控制晶体管开关发送信息，当 TX 管脚(G)为低电平，N 晶体管未导通，枪电路 SIX_1 输出高电平，此时弹电路 SIX_2 信号亦为高电平，RX 管脚(B)为高电平。反之，当套筒内击发模组 TX 管脚(G)管脚为高电平，晶体管导通，SIX_1 输出低电平，此时弹电路 SIX_2 信号亦为低电平，RX 管脚(B)为低电平，完成信号输送。通过电路分析得知，套筒内单片机发送低电平信号，弹芯片接收高电平；当套筒内单片机发送高电平信号，智能芯片接收低电平。具体套筒内击发模组发送信号与智能芯片接收信号逻辑关系如图 12 所示。



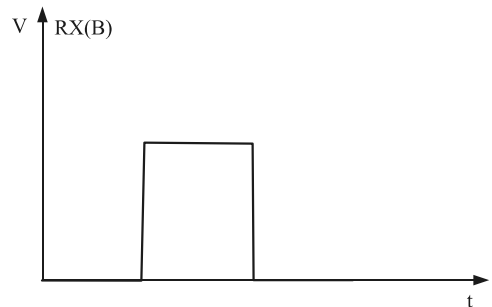
(a) TX(G) 端口信号



(b) SIX_1 端口信号



(c) SIX_2 端口信号



(d) RX(B) 端口信号

图 12 枪单片机发送信号与弹芯片接收信号逻辑关系

4.2 枪-弹加密通信设计

由于 RFID 系统实体之间利用无线信号进行通

信, 传输的数据是暴露的^[7-9]。若采取普通的高低电平的方式, 数据保密性得不到保证; 因此, 笔者为了指令传输的安全可靠性, 对指令进行编码解码操作。该操作应节约电能且编码解码时间尽可能短, 以提高传输可靠性。

1) 智能芯片与套筒内击发模组通信协议。

利用高低电平组合时间不同区分加密编码“0”和“1”。其中高电平标准值 50 μs(45~55 μs 即可), 低电平标准值 50 μs(45~55 μs 即可), 高电平标准值 50 μs(45~55 μs 即可), 代表编码 0; 低电平标准值 100 μs(95~105 μs 即可), 高电平标准值 50 μs(45~55 μs 即可), 低电平标准值 100 μs(95~105 μs 即可), 代表编码 1。加密编码如图 13 所示。

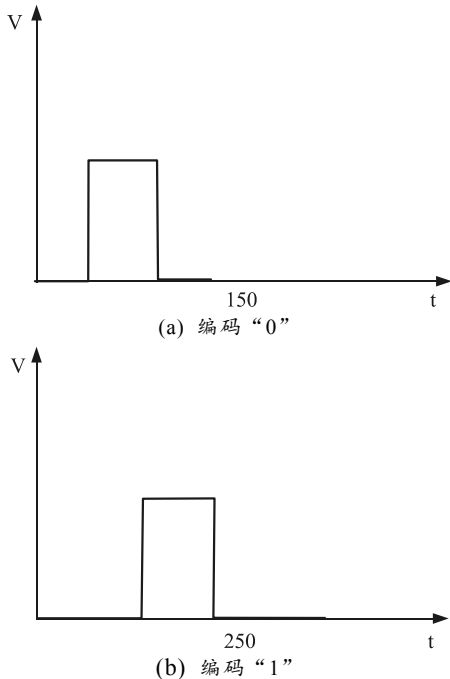


图 13 加密编码

智能芯片对识别码进行编码操作, 套筒内处理解码时通过计算高低电平时间不同来判断编码“0”和“1”, 进而计算出识别码匹配与否。

2) 通信格式。

考虑到节约电能和编码解码时间, 通信格式由 1 个起始码(4 位)、1 个数据码(8 位)以及 1 个终止码(4 位)组成, 总共 16 位, 其中中间 8 位数据码就是智能芯片要发送的识别码, 4 位起始码作为数据有效标识, 4 位终止码作为发送结束标识。若枪内单片机未接收到起始码, 则该数据码无效。数据格式如图 14 所示。

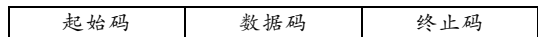


图 14 数据格式

若设定 1010 为起始码, 弹识别码为 01010011, 1001 为终止码, 则实验编码如图 15 所示。

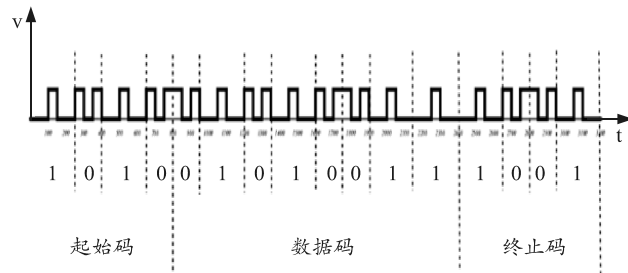


图 15 编码举例

5 结束语

基于套筒内空间以及功耗考虑, 笔者利用 MSP430 系列单片机的低功耗特性, 结合 RFID 无线射频技术, 设计了一整套包括智能枪弹、枪内识别处理单元的枪-弹识别系统。该系统可以准确识别枪弹信息, 击发特定枪弹, 非特定枪弹失败提醒, 符合信息与电子化的时代潮流, 有助于加强枪、弹管控, 有力地推动部队装备信息化、智能化的发展。未来研究方向应是枪-弹-人三者识别结合, 在枪、弹管控方面可以达到更好效果。

参考文献:

- [1] 韩慧. 基于 RFID 技术的枪械追踪技术研究与应用[D]. 长春: 长春工业大学, 2017.
- [2] 胡致铨, 肖欢, 黄明柱. 基于指纹识别技术的智能手枪设计研究[J]. 科技展望, 2016, 26(23): 179.
- [3] 李涛, 刘亚丽. 一种新的基于双 PUF 的 RFID 认证协议[J/OL]. 计算机研究与发展, 2021: 1-14[2021-03-16]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1777.tp.20210303.1726.006.html>.
- [4] TEWARI A, GUPTA B B. Cryptanalysis of a novel ultra-lightweight mutual authentication protocol for IoT devices using RFID tags[J]. The Journal of Supercomputing, 2017, 73(3): 1085-1102.
- [5] 赵进, 王曙燕, 曹小鹏, 等. 基于 RFID 的智能枪械管理系统设计与实现[J]. 现代电子技术, 2011, 34(5): 33-35.
- [6] 李军. 自主标准 RFID 信令的分析设计及实践[J]. 国外电子测量技术, 2017, 36(9): 82-85.
- [7] 周振柳, 李丰鹏, 郑安刚. 轻量级安全的 RFID 电能计量封印的设计与实现[J]. 电子测量与仪器学报, 2016, 30(2): 304-310.
- [8] 孙浩文. 面向 ISO 14443A 标准的 RFID 协议安全分析技术研究与应用[D]. 南京: 南京邮电大学, 2020.
- [9] 冉松, 涂集林, 黎梅, 等. 智能制造在枪弹制造行业内的应用[J]. 兵工自动化, 2020, 39(11): 24-26, 35.