

doi: 10.7690/bgzd.2015.01.004

多管火箭炮地面发射控制装置

刘 栋, 李兴城, 李传军, 张双彪
(北京理工大学宇航学院, 北京 100081)

摘要: 为了满足多管火箭炮能够发射无控火箭弹、制导火箭弹等多种型号火箭弹的要求, 提出了一种基于 TMS320F2812 型 DSP 为核心的多管火箭炮地面发射控制装置。研究了其功能和系统方案, 重点对硬件中的弹种检测、状态监测电路、无控火箭弹发射点火电路等关键技术进行详细说明, 并进行了系统软件设计。在实际的试验中, 该系统能够安全可靠地完成多种型号火箭弹的发射任务, 实现了火箭炮地面发射控制装置的智能化和多功能化。

关键词: 火箭炮; 发射控制; 嵌入式控制器

中图分类号: TJ393 **文献标志码:** A

Ground Launch and Control Devices for Multi-Barrel Rockets

Liu Dong, Li Xingcheng, Li Chuanjun, Zhang Shuangbiao

(School of Aerospace Engineering, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China)

Abstract: For satisfying requirements of multi-barrel rocket launching free rocket, guided rocket and so on, put forwards multi-barrel rocket ground launch and control equipment which taking TMS320F2812 DSP as core. Research its function and system scheme, focus on describing key technology such as ammunition detection in hardware, status detection circuit, free rocket launch ignition circuit and so on. Then carry out system software design. In practice, the system can safely and reliably launch different type rockets, and realize intelligent and multi-functional rocket ground launch and control device.

Keywords: rocket; launch control; embedded controller

0 引言

多管火箭炮是现代战争中不可缺少的火力压制武器, 具有大面积瞬时密集火力打击的特点, 但由于现代战场环境和作战任务的复杂多变, 尤其是轻型部队和快速反应部队的迅猛发展, 要求陆军炮兵武器具备“一专多能”、“一物多用”的性能, 这也是新世纪列装和研制新型火箭炮的一大特点。采用一炮多弹可以满足不同的战术要求, 削减火箭炮型号数量^[1-2]。鉴于此, 笔者对现有的多管火箭炮的地面发射控制装置进行改造升级, 使其具备多功能、多适应能力, 具有一定的现实意义和使用价值。

由于传统无控火箭弹的发射系统采用热电池为供电电源, 依靠 3~5 A 的外加电流来激活热电池, 进而完成火箭发射。而制导火箭弹是通过地面发射装置先给弹载计算机提供+12 V 地面电源, 然后向弹载计算机发送发射指令来完成发射。由于对制导火箭弹的弹载计算机所需要的地面电源、电流值超出了无控火箭弹的点火电流阈值, 极易造成火箭弹的误触发; 因此, 对地面发射控制装置的可靠性和安全性提出了极高的要求。基于此, 笔者针对多管火箭炮地面发射装置的特殊功能和安全性要求, 提出了智能化、通用化和高安全可靠性的设计

方案, 该方案从硬件和软件 2 方面设计保证系统的功能实现和安全性。经过多次试验, 该地面发射装置能完成不同弹种、不同射序的火箭弹发射任务, 可满足发射的实时性、准确性及安全可靠性的要求。

1 系统功能与方案设计

1.1 系统功能分析

多管火箭炮地面发射控制装置的主要功能是:

- 1) 自动识别火箭弹类型, 完成无控火箭弹和制导火箭弹的弹种检测, 并监测火箭弹的发射状态;
- 2) 发射制导火箭弹前, 为制导火箭弹弹载控制系统提供所需的地面电源, 弹载控制系统接受火控计算机发送的制导火箭弹飞行控制参数(初始姿态角、经度、纬度、高程以及卫星的星历、目标位置等), 完成数据装订, 并检测装订信息的正确性及弹上控制系统的自动检测的正确性;
- 3) 具有单管发射、多管连续发射的功能, 可实现无控火箭弹和制导火箭弹按设定发射顺序和时间间隔发射点火。

1.2 系统方案

地面发射控制装置是多管火箭炮火控系统的最终执行部分, 主要完成多种火箭弹的发射任务, 检

收稿日期: 2014-07-04; 修回日期: 2014-08-26

作者简介: 刘 栋(1989—), 男, 内蒙古人, 硕士, 从事多管火箭炮火控系统研究。

测监控和与火控计算机通信等任务。整个地面发射控制系统主要由通信模块、功能切换和安全保险模块、弹种检测和状态监测模块、无控火箭弹点火模块、制导火箭弹通信和电源管理模块组成。地面发射控制系统功能图如图 1 所示。

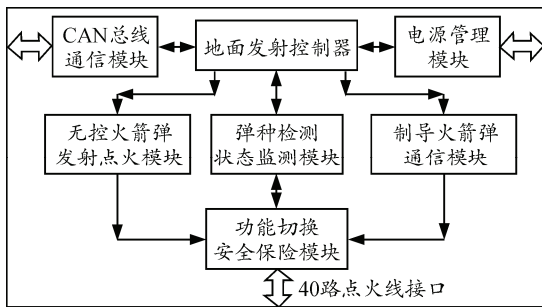


图 1 地面发射控制系统功能

在发射前，地面发射控制装置能准确安全地完成弹种检测、并通过功能切换电路选择对应的发射点火电路，准备完成后解除安全保险进入发射等待状态。通过与火控计算机的通信，接收发射指令，完成发射任务。同时状态监测电路实时监测火箭弹发射状态，并在整个发射过程中的安全性。

2 硬件设计

2.1 系统硬件结构

地面发射控制系统硬件是整个装置的关键部分，硬件的实现关系到整个系统的控制性能和安全可靠性能。地面发射控制系统的嵌入式控制器是系统的核心硬件，可完成与火控计算机通信及数据的处理，弹种检测电路的数据处理、功能切换电路的控制，火箭弹的发射点火控制、制导火箭弹飞控参数的装订等任务。笔者采用 TI 公司的 TMS320F2812 型 DSP 芯片作为嵌入式控制器，可以满足系统对运算能力和实时性的要求^[3-4]。本系统的硬件以 DSP 为核心控制器，由无控火箭弹发射点火电路、制导火箭弹通信电路、弹种检测及状态监控电路、CAN 总线通信接口电路等组成。

2.2 关键电路设计

2.2.1 CAN 总线通信接口电路设计

多管火箭炮火力控制系统通过 CAN 总线将各个分系统连接，形成局部网络，实现高速信号传输，保证恶劣电磁环境下可靠数据传输。笔者选用 SJA1000 作为 CAN 总线的控制器、TJA1050T 作为收发器^[5-7]。CAN 总线通信接口电路如图 2 所示。

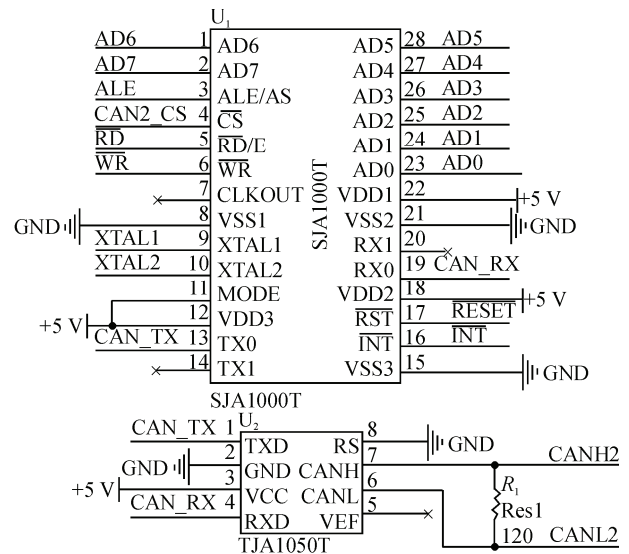


图 2 CAN 总线通信接口电路

2.2.2 弹种检测、状态监测模块设计

弹种检测、状态监测模块主要完成对制导火箭弹和无控火箭弹辨识，并承担对装弹、留膛等状态的监测等任务。为了保证弹种检测、状态监测模块能够对弹种准确无误地检测，同时要求弹种检测的过程的安全性。文中的检测电路采用电阻检测法。这种方法与恒流源法相比，具有可靠性高，线性度高、结构简单受温度影响小等特点。

电阻检测法是以火箭弹点火头为测试电阻，通过对点火头的电阻值测量判断火箭弹弹种类型，其关键问题是在检测过程中要保证点火头的电流远远小于无控火箭的点火临界电流。弹种检测、状态监测电路图 3 如所示。

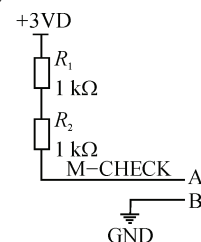


图 3 弹种检测、状态监测电路

AB 两端接火箭弹的点火装置， R_1 和 R_2 为限流电阻，防止电流过大引起点火装置的误发。本设计中 VCC 为 +3 V 电压； R_1 和 R_2 的阻值取 1 k Ω ，保证电路中电流的限制在 1.5 mA 以下，其电流远远小于点火电阻激活 3~5 A 的激活电流。弹种检测、状态监测原理是：分别在点火前后，通过 AD 模块对 AB 两端电压进行采样，由 DSP 控制器对采样数据处理后完成检测任务。

发射点火前，当膛内没有火箭弹时 $U_{AB}=3$ V。当膛内装有无控火箭弹时，AB 两端测量无控火箭

弹的点火电阻，其阻值约为 $2\ \Omega$ ，此时 $U_{AB}\approx 3\text{ mV}$ 。流过点火电阻的电流 $I_{AB}\approx 1.5\text{ mA}$ 。当膛内装有制导火箭弹时，进过测量 AB 两端电压值 U_{AB} 为 2.2 V 左右。发射后，检测两端电压是否有留膛。可见，该电路能够安全准确地完成各项检测任务。

2.2.3 无控火箭弹发射点火电路

无控火箭弹发射点火电路完成无控火箭弹的发射点火，其电路如图 4 所示。

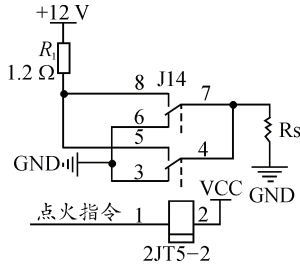


图 4 无控火箭弹发射点火电路

点火电路主要包括点火限流电阻 R_1 ，点火控制继电器 J14。点火器电阻 R_S 的阻值为 $1.2\sim 2.25\ \Omega$ 。可靠激活电流为 $\geq 2\text{ A}$ 。为了确保点火电路的点火可靠性，电路中限流电阻 R_1 的阻值选择 $1.2\ \Omega$ ，功率为 2 W 。由于车载电源电压会产生一定的损耗，电压在 $9\sim 12\text{ V}$ 之间变化时，电路中可以产生的电流最小为 2.6 A ，可以满足点火的可靠激活电流。电路中的最大电流为 5 A 。点火继电器的常闭触点接地，保证点火电路的安全性，同时采用两路并联的冗余设计，确保点火电路的可靠发火^[8-10]。

2.2.4 电源管理模块

电源管理模块主要完成地面发射装置的电压管理。为了保证地面发射控制系统的安全性，本设计电源分为发射点火电源和控制系统电源，2 个电源相互独立并电气隔离。控制系统的供电电压为 5 V ，通过电源转换模块将电压转换为需要的 $3.3, 3, 1.8\text{ V}$ 电压。发射点火电源电压为 $+12\text{ V}$ ，为无控点火电路和制导火箭弹弹种计算机提供地面电压。

3 系统软件设计

地面发射控制系统软件是该装置的核心部分。地面发射控制装置采用 C 语言在嵌入式控制器下开发控制程序，根据软件功能划分以下几个模块进行程序开发：CAN 总线通信程序；自动弹种检测、发射状态的实时监控程序；无控火箭弹点火系统的控制程序；制导火箭弹飞控参数装订及点火控制程序；火控计算机通信数据处理及决策控制程序。根据火控系统的发射流程要求，地面发射控制系统嵌入式控制器主程序流程图如图 5 所示。程序运行后进行

初始化操作并锁定安全保险，完成后进入等待接受火控计算机指令状态，接收到指令后自动的完成相应的操作，并将执行状态及时反馈给火控计算机。

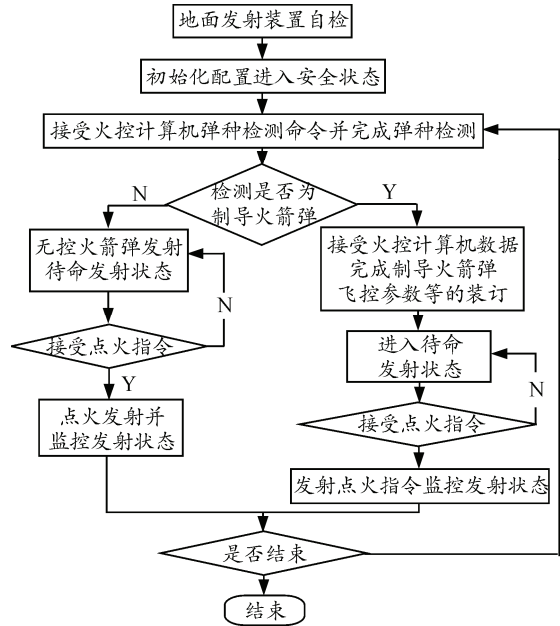


图 5 地面发射控制程序流程

4 总结

经过多次调试与试验证明：笔者研制的多管火箭弹地面发射控制装置能够安全可靠地实现对制导火箭弹、无控火箭弹等多种型号的火箭弹的发射任务。笔者通过硬件和软件模块化设计，实现了火箭炮地面发射控制的智能化和多功能化，对现有火箭炮系统的性能改进也具有一定的现实意义，可作为其他类似武器系统升级方案的参考。

参考文献：

- [1] 马合林. 某多管火箭炮点火控制系统设计[D]. 南京：南京理工大学，2007.
- [2] 刘伟. 多管火箭火控系统总体技术研究[D]. 南京：南京理工大学，2007.
- [3] 李庆常. 数字电子技术基础[M]. 北京：机械工业出版社，2008：185-200.
- [4] 顾卫钢. 手把手教你 DSP-基于 TMS320X281X[S]. 2011.
- [5] 裴益轩, 霍勇谋. CAN 总线技术在高炮武器系统中的应用研究[J]. 火炮发射与控制学报, 2003(2): 26-30.
- [6] 刘健, 刘刚. 总线技术在武器系统中的应用[J]. 兵工自动化, 2002, 22(5): 28-31.
- [7] 周立功. 项目驱动 CAN-bus 现场总线基础教程[M]. 北京：北京航空航天大学出版社，2012：28-33.
- [8] 高先锋. 一种高可靠点火执行级电路的设计[J]. 现代电子技术, 2012, 15(35): 164-167.
- [9] 黄少波. 空空导弹发动机点火系统安全性设计[J]. 航空兵器, 2008, 2(1): 26-30.
- [10] 张爱军. 一种基于 DSP 的半导体桥起爆电路的设计[J]. 电力电子技术, 2011, 10(45): 47-50.