

文章编号: 1001 - 893X(2010)08 - 0138 - 05

# 箔条/红外弹投放器自动测试系统的设计\*

王艳敏, 李 彬, 程嗣怡, 金政芝

(空军工程大学 工程学院, 西安 710038)

**摘要:**为实现信息化的综合保障,满足部队对机载自卫电子对抗系统内外场的检测需求,完成了对某型箔条/红外弹投放器自动测试系统的设计应用。详细阐述了以工控机和插卡式模块为核心的系统硬件和软件程序的设计过程,采用开放式设计思想和 PCI 总线技术,统一软硬件平台和接口,实现快速准确定位到故障模块。

**关键词:**电子对抗;箔条/红外弹投放分系统;自动测试系统;开放式设计

**中图分类号:** TN976    **文献标识码:** A    **doi:** 10.3969/j.issn.1001-893x.2010.08.029

## Design of an Automatic Test System for Chaff Flare Delivery Subsystem

WANG Yan-min, LI Bin, CHENG Si-yi, JIN Zheng-zhi

(The Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an 710038, China)

**Abstract:** To realize the comprehensive safeguard of airborne self-defense forces and satisfy internal electronic countermeasure (ECM) of detection requirements, an automatic test system for chaff flare delivery subsystem is designed. The hardware and software based on Industrial Control Computer and plug-in module are illustrated in detail. The aim of locating failure module accurately and fast is realized according to the open design idea and the PCI bus technology, through unifying software and hardware platform and interface.

**Key words:** ECM; chaff flare delivery subsystem; automatic test system; open design

### 1 引言

世界高新技术的发展和战争形态的变化对武器装备提出了越来越高的要求。随着现代武器装备日趋复杂化、集成化、信息化和智能化,其整体效能的发挥主要取决于以下两个方面:一是武器装备设计与制造的各项技术指标的实现,二是武器装备的安装、运行、管理、维修和诊断措施的实施。为了保障武器装备经常处于良好的战斗状态,武器装备的性能检测和故障诊断已成为综合技术保障的核心。因此,航空检测设备作为飞机航空设备系统完好率的重要因素,直接影响着飞机安全和战斗力的发挥<sup>[1]</sup>。某型箔条/红外弹投放器是某型飞机的重要机载无

源干扰设备,用于投放箔条/红外诱饵弹,对敌地面和机载雷达制导武器系统实施箔条干扰或对敌红外制导的空空和地空导弹实施红外干扰,提高飞机在作战中的生存率,保障作战任务的完成。为满足该系统定期检测的迫切需求,新研制了一种集成化、综合化和智能化的测试设备,具备对测试对象在二级维修中进行性能调整的支持能力,将测试对象的故障隔离到内场可更换组件(SRU)。

### 2 内装式箔条/红外干扰弹投放设备的组成及功用

内装式箔条/红外干扰弹投放设备是种类最多、装备量最大的一类电子对抗设备,一般包括显示控

\* 收稿日期:2010-04-18;修回日期:2010-05-19

制盒、程序器、顺序器、发射器和箔条/红外干扰弹等,其组成框图如图 1 所示。

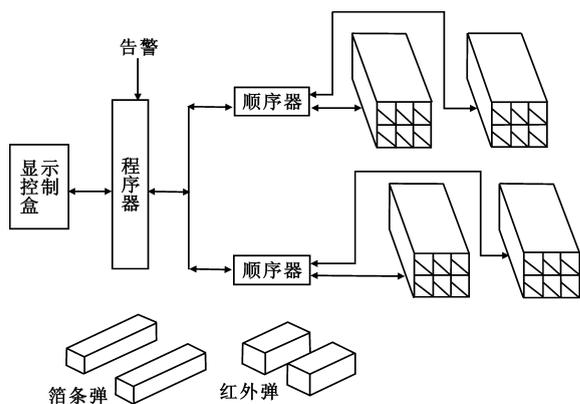


图 1 内装式机载箔条/红外干扰弹投放设备组成框图

Fig. 1 Installed inside type chaff flare delivery subsystem equipment composition diagram

显示控制盒安装在飞机驾驶座舱里,用于显示设备的工作状态、发射器中干扰弹的余弹数量等参数,驾驶员可以通过面板上的控制开关和旋钮选择设备的工作方式、要投放的弹种及数量、投放时序、发出投放命令等。程序器是整个设备的处理中心,负责接收威胁告警信号,形成干扰弹投放控制参数,产生点火脉冲序列。威胁告警信号一般来自雷达告警接收机或导弹逼近告警设备。程序器将干扰弹点火脉冲序列送至顺序器,由顺序器将点火脉冲分配到发射器的触点上,引爆干扰弹。顺序器由多路点火脉冲分配电路单元组成。干扰弹最终要由发射器投放出去<sup>[2]</sup>。

### 3 测试系统需求分析

#### 3.1 测试信号需求分析

需求分析阶段研究的对象是测试系统的用户需求,只有经过确切描述的需求才能成为测试系统设计的基础。测试信号需求分析包括被测参数的形式(电量还是非电量、数字量还是模拟量)、范围和数量,性能指标要求,激励信号的形式和范围要求等。根据某型箔条/红外弹投放分系统测试要求,可将测试需求信号分为与其它系统的交联信号、电源信号、一次性指令信号、数字量信号、弹匣检测和点火脉冲输出信号。

##### (1)与其它系统交联信号

与其它系统的交联信号主要指箔条/红外弹投放分系统正常工作时与航空电子系统以及综合自卫电子战系统之间通信的总线信号。

##### (2)电源信号

电源信号是指被测部件进行性能测试时,各部件正常工作时所必须施加的工作电源。在箔条/红外弹投放分系统各部件测试时,施加的工作电源有 DC + 27V、DC ± 15V 和 DC + 5V 共计 9 个电源信号。

##### (3)一次性指令信号

箔条/红外弹投放分系统工作时,控制器的离散模块和电源控制模块与外部交联信号包括 APP 信号、起落架信号、作战信号、训练信号、箔条投放信号、箔条和红外弹投放信号、投弃信号。在进行离位测试时必须依靠测试系统从外部施加或接收这些信号,才能实现测试过程的正常进行,它们统称为一次性指令信号,这些一次性指令全部为 DC + 27 V 信号。

##### (4)离散数字量信号

数字量信号包括系统故障指示信号、校正错误指示信号、电源电压正常信号、数据奇偶错指示信号、OE 类型控制信号和作战/训练控制检测信号。

##### (5)弹匣检测信号和点火脉冲输出信号

弹匣检测和点火脉冲输出信号指对控制器和发射器进行单独测试时弹种检测和编码地址信号。

### 3.2 系统总体要求

被测对象某型箔条/红外弹投放分系统具有智能化控制功能。为了判断被测对象的工作状态是否完好,可以通过查看各分系统是否能够完成任务来判断其内部板卡或功能模块的好坏。根据对箔条/红外弹投放分系统综合性能分析以及结合目前自动测试技术的发展趋势,对箔条/红外弹投放器自动测试系统提出了如下测试要求:

(1)系统应能满足箔条/红外弹投放分系统的成套通电测试要求;

(2)系统应能自动完成箔条/红外弹投放分系统及单独对控制器和发射器的性能测试;

(3)系统应能实现快速故障定位,并根据故障模式给出所要采取的维修措施;

(4)软件具有良好的人机交互界面和在线帮助功能;

(5)检测结果可存储、入库和打印;

(6)系统具有自检功能。

### 4 测试系统硬件设计方案

采用开放式自动测试系统,因为开放式自动测试系统的逻辑结构是一个信息共享的结构,这些信息能在不同的测试阶段之间、自动测试系统内部不

同的部件之间、自动测试系统和其它系统之间共享。

在开放式自动测试系统<sup>[3]</sup>设计过程中测试总线的选择是一项重要的工作。在组建某型箔条/红外弹投放器自动测试系统时采用成熟的测试总线技术,既简化了系统软硬件的设计,又方便了系统组建,并且增加了系统的开放性、兼容性、可靠性和维护性,易于标准化,从而降低了系统造价。

在组建某型箔条/红外弹投放器自动测试系统的硬件平台时,需要根据测试系统对测量、带宽、传输延迟、性能和易连接性等不同需求,选择合适的总线连接技术。PCI局部总线<sup>[4]</sup>是一种32位或64位地址线/数据线复用的总线,其用途是在高度集成的外部设备控制器件、扩展板和处理器系统之间提供一种内部连接机制。PCI总线的组建、扩展板接口与处理器无关,在多处理器系统结构中,数据能够高效地在多个处理器之间传输。在保证测试系统的可靠性、稳定性与实时性的基础上,考虑到测试系统性价比的因素,且PCI总线硬件插卡种类齐全、生产厂家多,因此采用基于PCI总线的仪器扩展平台方案。

基于PCI总线的仪器扩展平台方案采用以PCI总线接口的工控机和插卡式仪器模块为基础进行硬件平台集成,与GPIB仪器组成的堆叠式系统相比,具有体积小、集成化程度高、数据传输速度快以及控制灵活等优势;与基于VXI总线<sup>[5]</sup>的测试系统相比,具有相当大的价格优势。因此,采用基于PCI总线的工控机和插卡式仪器模块为基础的开放式自动测试系统。按照开放式自动测试系统设计思想,测试系统的硬件由基本硬件平台、适配器和电源控制模块三大部分组成。系统总体设计原理框图如图2所示。

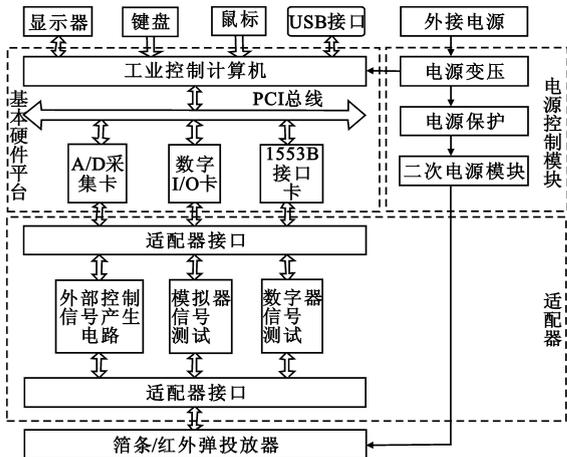


图2 总体设计原理框图  
Fig.2 Chief design principle diagram

基本硬件平台包括工业控制计算机及外设、多功能A/D数据采集卡、数字I/O卡、1553B总线接口卡,它构成满足系统测试时所需的控制、数据分析处理等要求的硬件基础,既可提供所需的激励信号,还能对被测系统的响应输出进行测量、分析和处理。1553B总线接口卡在测试软件的控制下,可加载被检测箔条/红外弹投放分系统及交联设备工作数据,完成航电总线和电子战总线的通信;工业控制计算机可通过PCI总线控制接口,对总线通信接口模块中的接口电路进行远程操作控制;显示器、键盘及鼠标是人机交互的外设。

在被测设备与基本硬件平台之间,设置被测设备的适配器。适配器主要由外部控制信号产生电路、信号输入/输出适配接口、信号转换与匹配电路、连接电缆等部分组成。它用于实现被测设备与系统的交联,在工控计算机输出来的控制信号作用下,产生激励信号至被测设备,将来自被测设备的响应信号调理后送至工控计算机系统,实现自动测试。它还可用于手动测试,通过适配器面板上设置的控制开关、电缆接口,构成试验器,满足系统独立测试或成套通电检测的要求。

根据测试系统硬件设计方案,设计并研制了测试系统适配器(如图3所示)和电源控制模块(如图4所示),包括信号输入/输出适配接口、信号调理电路、外部控制信号产生电路以及电源保护与监控电路,配置了满足任务需求的测试板卡资源,在所选板卡提供的电气规范下,设计了数据测量/控制模块和总线通信仿真模块,完成了系统的硬件集成和调试工作。

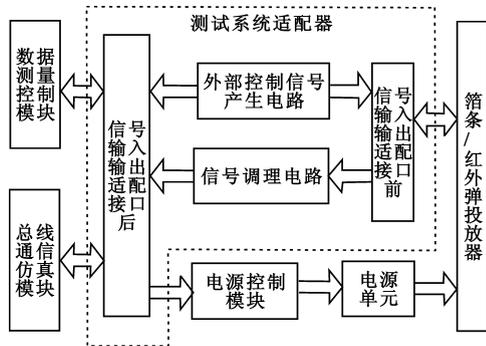


图3 测试系统适配器组成框图  
Fig.3 Block diagram of test system adapter

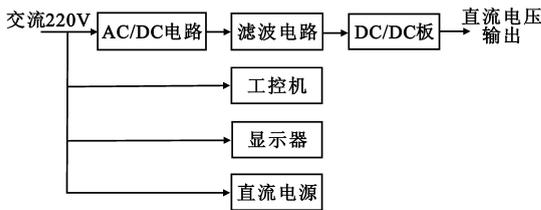


图 4 电源控制模块组成框图

Fig. 4 Block diagram of power source control module

## 5 测试系统软件设计方案

箔条/红外弹投放器自动测试系统采用以软件为核心的测试机制,软件设计采用了层次化、模块化的软件框架结构,如图 5 所示。

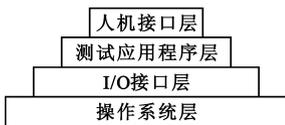


图 5 软件层次化结构图

Fig. 5 Software hierarchical structure

箔条/红外弹投放器自动测试系统的软件系统组成框图如图 6 所示,分为程序和文档两大部分,在此基础上构建了软件系统平台。

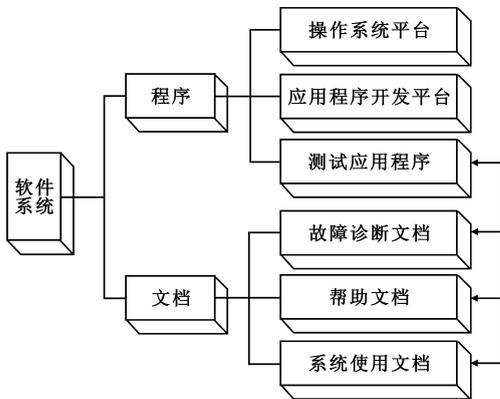


图 6 软件系统组成框图

Fig. 6 Block diagram of software system

程序部分是软件系统平台的核心,它由操作系统平台、应用程序开发平台、测试应用程序三部分组成。测试应用程序按照主控程序、测试程序和功用程序 3 个层次进行设计,各个功能部分、各个测试子项都是独立的模块,以减少彼此之间的影响。软件设计实现了层次化、模块化的要求。

文档部分用于测试系统文档管理,由故障诊断

文档、帮助文档、系统使用文档三部分组成。故障诊断文档是一些标准的 Windows 帮助文件,主要放置一些被测设备的故障模块类型文档、故障图示、故障排除流程等,它可被故障诊断软件模块调用。帮助文档以联机在线的形式融合于软件系统中,用户通过操作指定的按键,可获得系统操作使用的帮助和测试连接图等信息。系统使用文档主要给用户提供系统的电子文档资料,如技术说明书、使用维护说明书、电路原理图、用户手册等。

利用 Borland Delphi 软件<sup>[6]</sup>开发平台,遵循模块化、层次化的软件设计思想完成了测试系统的软件设计。深入分析了测试应用程序各组成模块的主要功能以及主控程序、测试程序和性能参数测试流程设计,实现了系统测试功能,包括测试设备自检、功能测试、参数测试以及单机测试功能。

## 6 结束语

该自动测试系统具有开机自检和操作员启动自检功能,能自动完成各仪器模块是否连接良好及工作正常的测试,并将故障隔离到独立的仪器、模块,测试结果可自动显示和打印。通过各项测试,各项技术指标均达到了设计要求,有些设计指标优于原设计值,比如平均故障间隔时间、平均修复时间等。系统初步使用表明,系统具有良好的操作性和维护性,能够完成箔条/红外弹投放分系统全性能指标的自动测试和故障诊断,解决了部队对新型无源投放设备检测维修的迫切需求,极大地提高了该型设备的维修保障水平,取得了良好的经济效益和军事效益。但测试设备机动性能与现代战争对航空武器装备的机动保障能力的需求还有一定差距,因此,下一步将研制配套的便携式测试系统,进一步提高测试系统机动保障能力。

## 参考文献:

[1] 李行善,左毅,孙杰. 自动测试系统集成技术[M]. 北京:电子工业出版社,2004.  
 LI Xing-shan, ZUO Yi, SUN Jie. Automatic Test System Integration Technology [M]. Beijing: Publishing House of Electronic Industry, 2004. (in Chinese)  
 [2] 张伟. 电子对抗装备[M]. 北京:航空工业出版社,2009.  
 ZHANG Wei. Electronic Warfare Equipment [M]. Beijing: Aviation Industry Press, 2009. (in Chinese)  
 [3] Michael J Stora, Droste D. "ATE Open System Platform"

IEEE - P1552 Structured Architecture for Test Systems (SATS)[C]//Proceedings of IEEE Systems Readiness Technology Conference. [S.l.]:IEEE, 2003:85-94.

- [4] 刘帅,曹成俊,李志强.PXI总线技术在虚拟仪器中的应用[J].计算机与数字工程,2008(8):188-191.  
LIU Shuai, CAO Cheng-jun, LI Zhi-qiang. PXI Bus Technology in Application of Virtual Instrument [J]. Computer and Digital Engineering, 2008(8):188-191. (in Chinese)
- [5] 张毅刚,彭喜元,姜守达,等.自动测试系统[M].哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2004.  
ZHANG Yi-gang, PENG Xi-yuan, JIANG Shou-da, et al. Automatic Test System [M]. Harbin: Harbin Industrial University Press, 2004. (in Chinese)
- [6] 伍俊良. Borland Delphi 应用与开发教程[M].北京:机械工业出版社,2004.  
WU Jun-liang. Borland Delphi Application and Development Course [M]. Beijing: Mechanical Industry Press, 2004. (in Chinese)

#### 作者简介:

王艳敏(1984-),男,陕西咸阳人,硕士研究生,主要研

究方向为电子对抗理论与技术;

WANG Yan-min was born in Xianyang, Shaanxi Province, in 1984. He is now a graduate student. His research direction is electronic countermeasure theory and technology.

Email: ilovexianyang2008@163.com

李彬(1973-),男,湖南益阳人,副教授、硕士生导师,主要研究方向为电子对抗理论与技术;

LI Bin was born in Yiyang, Hunan Province, in 1973. He is now an associate professor and also the supervisor of graduate student. His research direction is electronic countermeasure theory and technology.

程嗣怡(1980-),男,江苏南京人,讲师,主要研究方向为自动测试技术;

CHENG Si-yi was born in Nanjing, Jiangsu Province, in 1980. He is now a lecturer. His research direction is automatic testing technology.

金正芝(1986-),男,湖南长沙人,硕士研究生,主要研究方向为电子对抗理论与技术。

JIN Zheng-zhi was born in Changsha, Hunan Province, in 1986. He is now a graduate student. His research direction is electronic countermeasure theory and technology.

## 关于征集本刊论文获奖证书、证明的通知

《电讯技术》从1958年创刊起,至今已经走过了半个多世纪的历程,她的每一个成长脚步都离不开您们长期以来的关注、关心、支持与厚爱,在此向您们表示衷心的感谢!

为了进一步完善本刊已发表论文的后期质量跟踪与监测体系,加强与作者的沟通和联系,及时了解与客观评价本刊已发表论文的学术影响力以及产生的社会效应和间接经济效益,本刊编辑部现向广大作者征集各种获奖证书或获奖证明。如果您在本刊发表论文后:获国家级或省部级成果奖;被有关机构采纳(包括被新闻媒体报道);产生间接经济效益等,请提供有效获奖证书及产生相关经济效益的证书/证明复印件。凡提供者今后向本刊投稿时将优先处理,通过评审后优先安排发表,免收一切费用,从优支付稿酬,并及时刊登作者信息和获奖奖项,以示褒奖。

获奖证书/证明可以通过邮局寄送,也可扫描成电子版通过电子邮件发送。邮局寄送地址:四川省成都市营康西路85号《电讯技术》编辑部,邮编:610036;电子邮件:dxjs@swiet.com.cn或dianxunjishu@china.com。更多信息请关注本刊网站:www.teleonline.cn。

对于您的合作与支持表示感谢!

《电讯技术》编辑部