

基于 PC/104 总线的某型飞机武器控制系统的 ATS

杨勇智, 黄胜伦, 冯和军, 冯金富
(空军工程大学 工程学院, 陕西 西安 710038)

摘要:介绍了基于 PC/104 总线的武器控制系统自动测试系统(ATS)的测试背景与测试需求,详细论述了测试系统的软硬件设计方案,给出了部分关键电路的具体实现。达到了武器控制系统测试自动化的目的。

关键词:武器控制系统;自动测试系统;PC/104 总线

中图分类号:V246 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-3516(2003)03-0036-04

武器控制系统(Weapon Control System,简称 WCS)是飞机航空电子设备和武器系统的一部分,完成的功能是:监控、启动并管理外挂物和有关悬挂投放设备^[1],是一个全新的系统概念。我国对武器控制系统的跟踪研究刚刚起步,存在着技术储备量低、跨度较大的现实问题。该型飞机的 WCS 是一个由多个子部件所构成的模拟数字型混合系统,不仅各部件内部、相互之间的信号关系复杂,而且该系统其它航空电子系统以及各型外挂武器之间均存在着大量的电气交联关系,信号的传输关系复杂,并且信号之间有着严格的时序匹配关系。在自动测试中,一旦激励/响应信号的功能逻辑、时序匹配关系处理不当,往往会造成测试结果错误,甚至会导致被测系统的工作程序紊乱。针对以上情况,利用仅有的一些随机电气图纸进行系统的功能逻辑组合和控制算法的逆向推导,并结合具体待测部件的工作信号的实地测试,全面深入地分析研究了 WCS 及相关交联设备(或系统)的信号功能逻辑组合与时序匹配关系,结合部队的实际测试环境,采用 PC/104 总线模块设计了一种新型的自动测试系统。

基于 PC/104 总线的自动检测设备已经开发了很多^[2-3]。因为 PC/104 总线系统是一种新型的计算机测控平台,适合于制作高密度,小体积的便携式测试仪器。PC/104 总线技术的开发平台与现有的其他通用计算机系统完全相同,可以使用通用计算机来开发测试系统的应用程序。

1 测试功能需求

根据该型飞机 WCS 测试设备国产化的规范要求,待组建的测试系统应该满足如下的功能需求:

- 1)完成系统每个子部件的工作性能的分离测试;
- 2)完成整机全系统的功能测试和交联接口总线的参数测试;
- 3)根据测后数据和故障定位等级,对各子部件和全系统进行故障诊断和隔离;
- 4)结合开机自检和定期校准,保证系统测试的准确性和可靠性;
- 5)提供可视化的人机操作界面,对测试进程进行全程跟踪显示和最终存储、打印。

2 系统设计与实现

2.1 系统硬件设计

根据 WCS 各待测部件的电气特性和测试系统所要完成的测试任务,在对 WCS 所有被测信号和所需的

收稿日期:2002-05-24

收稿日期:军队科研基金资助项目(HX01207)

作者简介:杨勇智(1959-),男,北京人,硕士生,主要从事机载武器控制研究。

激励控制信号的性能指标、时序匹配关系等技术要求进行分析、归类并考虑到系统可靠性、可维护性和升级性需要的基础上,组建了以 PC/104 嵌入式工业控制计算机为控制核心的自动测试系统。自动测试系统的硬件总体框图如图 1 所示。系统硬件主要由 PC/104 主控机、总线地址译码/驱动/隔离、定时/计数器、模拟量 I/O、WCS 数据总线接口、开关量 I/O、开关矩阵、信号调理以及自检、外部计量接口等功能模块组成。系统中各硬件模块的功能简介如下:

1) PC/104 主控机。完成系统监控、测试序列管理、数据处理、故障诊断以及可视化用户接口界面等高级功能。

2) 总线地址译码/驱动/隔离模块。在 PC/104 主机与其它各功能模块之间设计了此模块,用以提高 PC/104 总线驱动能力及降低各功能模块对主机工作可靠性的影响,同时各测试功能模块在地址总线的译码信号的选通作用下分时工作^[4]。

3) 定时/计数器。此模块既可用于动态模拟航炮射击时余弹计数传感器所产生的脉冲序列,又可对武器发射、投放信号的延迟量和被测系统 BIT 的故障调频量进行测时与测频。

4) 模拟量 I/O。此模块以 4 路 8 位串行 D/A 转换器给定被测系统工作所需的各种模拟量信号,并通过 8 通道 8 位 A/D 转换器采集被测设备以模拟量形式输出的各种性能参数。

5) WCS 数据总线接口。用于模拟产生火控计算机向 WCS 传送的 32 位双极性串行码信息,同时对 WCS 向其它航空电子系统发送的 32 位双极性串行码信息进行分析解读。

6) 开关量 I/O。用于激励和测量被测系统工作时的各种指令、状态信号。

7) 开关矩阵。实现被测设备的 I/O 信号通道的分时选通和测试点的转换。

8) 信号调理。采用耦合隔离、程控滤波、电平转换及功率驱动等功能电路,对被测系统与自动测试系统之间的交互信号进行预处理,以提高系统测量精度。

9) 自检和外部计量接口。既可用于对测试系统自身的各测试功能模块进行全面的自动化检测与诊断,以保证测试的准确度和可靠性,同时可通过外部计量接口模块实施测试系统的定期计量检定工作。

2.2 关键硬件电路设计与实现

2.2.1 50 kHz 时基信号发生器

由于在此测试系统中的通信都是以串行码的形式进行的,且数据传输的速率为 50 kbps,因此设计了如图 2 的 50 kHz 时基信号发生器。

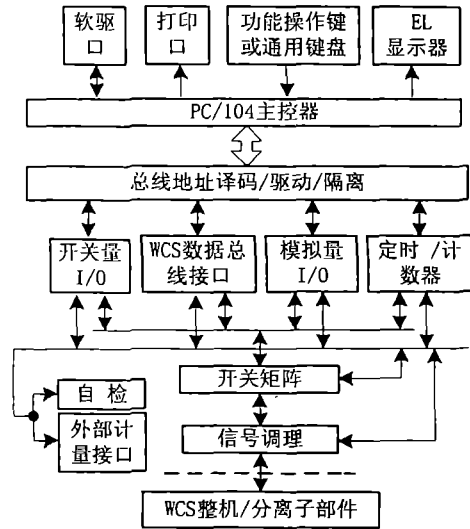


图 1 自动测试系统的硬件总体框图

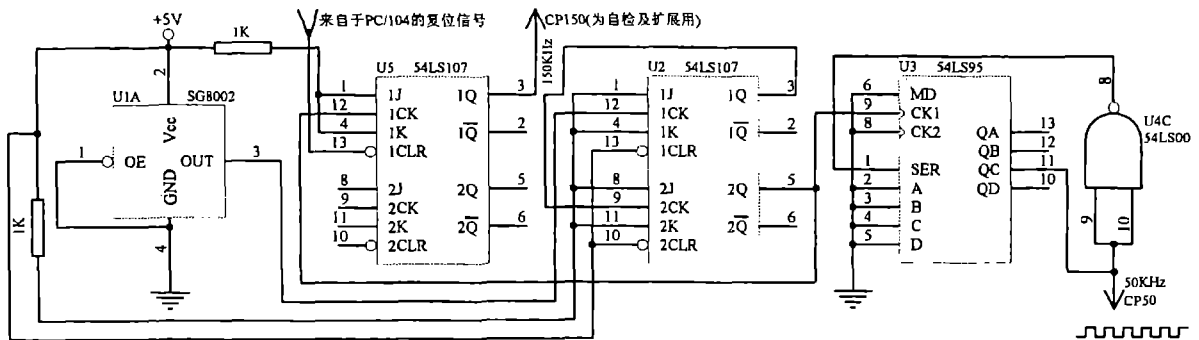


图 2 50 kHz 时基信号发生器

图 2 中,SG8002 是日本 EPSON 公司生产的可编程晶体振荡器,其频率稳定性为 $\pm 100 \text{ ppm}/-20^\circ\text{C} \sim +$

70 ℃。由它产生的 1.2 MHz 脉冲信号经 54LS107 双 JK 触发器 4 分频后得到 300 kHz 的方波。此方波一路经 54LS107 再次 2 分频后形成 150 kHz 信号 CP150, 此信号用作测试系统的自检、外部检定以及该测试系统的测试扩展用; 另一路则经 4 位移位寄存器 54LS95 的 6 分频后得到所需的 50 kHz 时基信号 CP50。

2.2.2 单/双极型变换电路

该电路主要是由电平匹配器 1、电平匹配器 2、反相加法器以及功率放大器等 4 部分组成, 具体的电路原理图见图 3。其基本工作原理是: 由 32 位单极性串行码发送电路产生的双通道互补对称串行码 $\text{иH}\phi \cdot \text{сH}1$ 和 $\text{иH}\phi \cdot \text{сH}2$ 信号经电平匹配器 1、2 后形成反相加法器所需的输入信号 V_{o1} 和 V_{o2} 。 V_{o1} 、 V_{o2} 以及补偿电平信号 V_r 经加法器线性叠加得到双极性串行码“双纹 a”。由于“双纹 a”信号功率较小, 不能直接驱动被测设备内部电路, 故将其再进行一级功率放大, 以满足实际需要。图 3 中, 电平匹配器、反相加法器均采用 OPA689 高精度高速集成运放芯片, 功率放大器采用大功率高频功放芯片 BUF634。

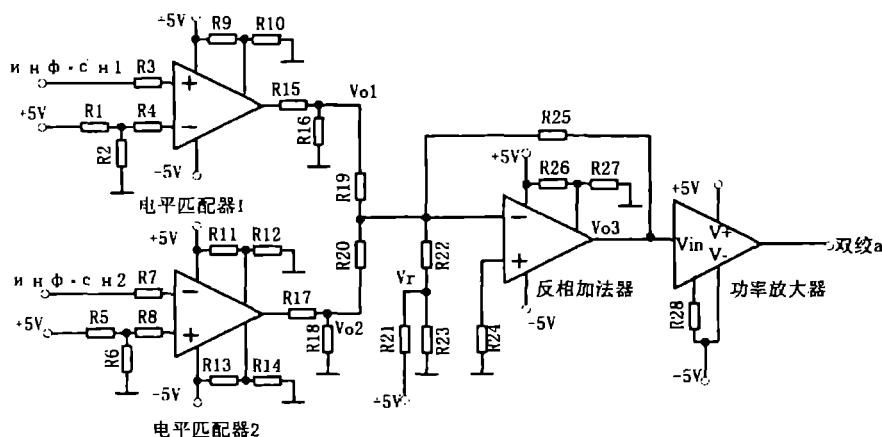


图 3 单/双极性变换电路实现原理图

2.3 系统软件设计

测试系统的软件设计是在 DOS7.0 操作系统和 Borland C++ 5.02 编程开发环境支持下完成的。在软件总体设计中, 以被测设备和所要完成的测试任务为对象, 采用模块化结构设计方法, 按照系统所要实现的功能将软件划分为各个功能子模块。各个子模块的规模合理、耦合度较小, 基本符合“内部高度内聚、外部松散耦合”的设计原则^[5], 从而提高了软件的可靠性, 而且使软件易于维护和扩展。测试系统的软件功能框架如图 4 所示。本文仅对其中的主要模块作一简要说明。

1) 系统自检。用于对测试系统自身的硬件进行全面的自动化检测与诊断。

2) 系统应用主界面。程序设计时采用了友好的可视化人机交互界面。通过层叠式下拉菜单、弹出式对话框、丰富的中文联机帮助(测试系统功能简介、操作维护规程、各待测设备或整机的测试项目说明), 为操作人员提供了一个直观、易学、易用的集成化测试环境。

3) 设备测试。在此模块中设计了“测试方式选择”、“测试项目选择”、“测试生成”以及“数据处理”四个子模块。系统根据用户选择的测试方式(单步、半自动、自动)、测试项目, 由“测试生成”子模块自动确定为完成用户提交的某一测试方式、单

个或多个组合测试项目所需的测试节点配置、测试序列生成等工作。之后, PC/104 主机通过标准 I/O 总线接口启动系统各硬件功能模块完成具体的通道配置、激励生成、数据采集等测试工作。“数据处理”子模块则完

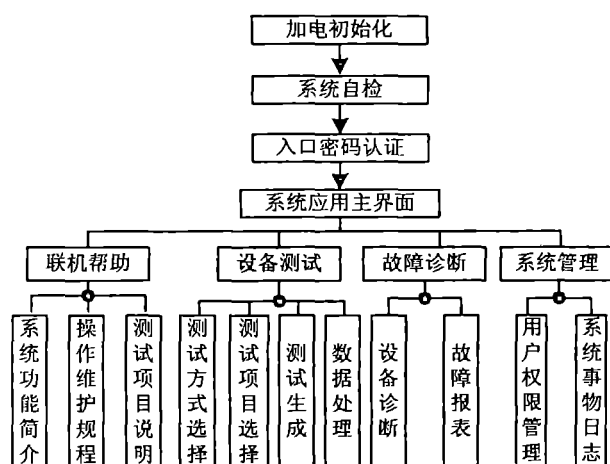


图 4 自动测试系统的软件功能框图

成数字滤波、数据超差判定,并根据用户需求完成数据显示(图表、文本)、保存、打印以及提交故障诊断模块所需数据的格式转换等工作。

4)故障诊断。根据被测对象的工作原理、工作过程、信号时序与逻辑匹配关系以及 WCS 的维护技术资料、历史性故障数据,测试系统采用了故障树分析^[6]与故障仿真相结合的诊断方法。在故障树分析中,将各种故障现象整理、分析,以每一种故障现象作为顶事件,根据组成被测设备的 LRU(Line Replaceable Unit,外场可更换单元)、SRU(Shop Replaceable Unit,内场可更换单元)以及 SRM(Shop Replaceable Module,内场可更换模块)的功能分配和信号数据流对应关系,按照故障的层次性和相关性逻辑推理出产生此故障的各种可能原因,构成故障树的树干。根据具体情况再进一步细化故障树的树干,逐次分析直到最后将故障原因定位到单个 LRU、SRU、SRM 及某些可调整修复的元器件,从而构筑起对应此故障现象的故障树。故障仿真则是依据被测系统在一定的激励下生成的响应(电压、电流、频率等)处于一个由上、下限规定的容限区间的原则建立的。具体做法是:事先将一组精心选择的激励信号加在无故障的同型设备上为好板仿真,收集到好板对该激励信号组的响应数据。测试时,将与进行好板仿真时完全一致的激励信号组顺序地施加给所要诊断的被测设备,并将其响应与好板仿真所得出的响应数据周期性加以比较。若不匹配,则可认为在一定可信度下已经检测、定位出这个或这些故障。在系统实时运行中,若检测到被测设备存在故障,首先进行语音报警,然后在系统应用主界面上自动以“故障报表”形式输出故障代码、故障部位、故障原因。

此外,测试系统的软件程序还具有防错和容错功能。防错主要指在每一次进入测试系统时,由软件程序自动对硬件设备初始化,并且在每测试完一个项目后自动对各功能模块的转换通道复位,以免出现短路和错测现象。通过接口电缆内部的设备特征电阻来实现部件自动识别,以达容错的目的。

3 结论

部队的实际使用结果表明:整个系统设计合理,工作可靠,基于嵌入式工业控制计算机的测试设备检测精度高,操作维护方便,大大地提高了 WCS 的故障检测与诊断效率,为提高航空武器系统技术保障能力和作战效能奠定了坚实的基础。

参考文献:

- [1] 孙隆和. 外挂物管理系统的演变[A]. 武器控制系统译文集(一)[C]. 洛阳:中航总 613 所,1991.
- [2] 杨军锋,朱家海,谢红星. 航空测试仪器中的 PC/104 总线技术[J]. 空军工程大学学报(自然科学版),2000,1(4):13-16.
- [3] 吕永健,谢文俊,王 瑾. 基于 PC/104 总线的飞机综合告警系统自动测试设备[J]. 空军工程大学学报(自然科学版),2001,2(2):24-26.
- [4] 冀捐灶,张殿治. 单片机在多输入多输出编码器设计中的应用[J]. 空军工程学院学报,1999,19(1):50-52.
- [5] 潘锦平,施小英,姚天昉. 软件系统开发技术[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,1999.
- [6] 周华东,孙优贤. 控制系统的故障检测与诊断技术[M]. 北京:国防工业出版社,2000.

(编辑:姚树峰)

Research on PC/104 – based ATS of An Airborne Weapon Control System

YANG Yong – zhi, HUANG Sheng – lun, FENG He – jun, FENG Jin – fu

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

Abstract: The testing background and testing requirement of PC/104 – based ATS of WCS are discussed in this paper. And additionally, the program designs of software and hardware are elaborated in detail, especially some key circuits are given, through which the automatic test of WCS is achieved.

Key words: weapon control system; automatic test system; PC/104