

航空瞄准显示设备外场检测仪设计

王皖阳, 裴 杰

(空军第一航空学院, 河南 信阳 464000)

摘要:航空瞄准显示设备是战斗机武器系统的重要组成部分,对其性能的检查测试研究十分必要。嵌入式PC由于功能扩展性强、体积轻便已经成为测试设备的主要搭建平台,文中设计了一种基于技术成熟的PC/104总线计算机测试平台的外场检测系统,能实现对机载设备信号的原位检测。根据航空瞄准显示设备测试需求,在多种方案中比较优选,制定出软、硬件结合的设计方案,并介绍了采用的主要技术手段。本系统的开发和应用,为提高装备的维修保障能力提供了一种有效手段,也为类似检测设备的设计提供一种有效的方法。

关键词:瞄准显示;检测系统;嵌入式PC

中图分类号:TP39

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2012)01-0152-05

Design of Aeronautical Collimation and Display Equipment's Outfield Test System

WANG Wan-yang, PEI Jie

(The First Aeronautical Institute of Air Force, Xinyang 464000, China)

Abstract: Fighter aviation target display device is an important part of weapons systems, the inspection of its performance testing research is necessary. The built-in PC is a test equipment to mainly build platform, it designed the outfield examination of the PC/104 total line calculator test platform of a kind of exploitation technique maturity system, and is able to achieve in situ detection of airborne signals. According to test requirements of aviation target display device, preferred in a variety of programs, develop software and hardware combined with design, and describe the main technical means used. Development and application of this system, provides an effective means for equipment maintenance support to improve capacity and an effective method for the design of similar testing equipment.

Key words: take aim at to show; examine system; built-in PC

0 引言

高级教练机上主要装备了光学瞄准具和军械综合显示器两个军械专业的瞄准显示设备,由于在飞机作战、训练中,航空瞄准显示设备需要给飞行员提供多种作战训练信息,因此必须及时、定期地对设备进行检查及保养,以保证设备的正常工作。而每次对设备拆卸检查既影响了保障时间,又加大了机务维护的工作量。因此,研制功能完备使用方便的外场原位检测系统非常必要。文中设计了一种利用技术成熟的PC/104总线计算机测试平台的外场检测系统,能实现对机载设备的原位检测。

1 方案比较和优选

经过统计和分析,检测仪需模拟的三相交流信号

有3路,直流模拟信号6路,离散量信号3路;所需的单端测量通道18路,电流测量通道4路,双端测量通道1路。根据测试需求,提出以下方案。

1.1 纯硬件方案

本方案没有控制用的计算机,操作方法与老式配电盘式的检查仪相同,因此仅适合测试内容简单的被测件。由于瞄准具是以CPU为核心的火控系统,构造复杂,测试装定的条件复杂,测试项目多,完全手动操作难度大,容易出错,且测试周期长。因此,这种仅提供硬件测试环境,不具备自动测试功能的测试仪不适合到部队使用。况且方案中没有计算机,难以采用与计算机配套的成熟产品,开发周期长,维护困难,不易扩充修改。本方案的优点是结构简单,可靠性高,成本低;缺点是仅提供硬件测试环境,不具备自动测试功能,手动操作难度大,测试周期较长,测试步骤繁琐且易出错。

1.2 ISA总线的计算机控制方案

ISA总线的计算机控制方案是控制和测量领域中

收稿日期:2011-05-29;修回日期:2011-09-08

基金项目:航空科学基金项目(20085197001)

作者简介:王皖阳(1982-),男,讲师,主研方向是航空火控系统作战使用及智能检测。

应用最多的^[1]。该方案的优点是与个人计算机的发展同步,可用的通用软硬件资源最丰富,通用化程度高。由于是计算机控制,测试时从参数装定到性能测试都可以自动进行,精度高,测试效率高,不易出现人为操作错误。该方案的缺点是系统非常复杂,成本高,可靠性差。若要采用加固军用计算机系统,可靠性可以满足要求,而成本则高达数十万元以上;若在现有经费基础上设计,则可靠性无法满足要求,且无法适应外场-40℃~+50℃的环境要求。

1.3 PC/104 总线的计算机方案

PC/104 总线的计算机基本上是专门用于控制和测量仪器的。PC/104 总线计算机的突出优点是可与 ISA 标准互相转换,体积小,价格低,有一定的通用货架产品,可靠性较高,可以满足-40℃~+55℃的环境要求。由于同样是计算机控制,测试时和 ISA 总线的计算机控制方案一样,从参数装定到性能测试都可以自动进行,精度高,测试效率高,不易出现人为操作错误。

通过以上三种方案的比较,本检查仪宜选用第三种方案^[2]。外场检查仪因为关系重大,使用频繁,工作环境恶劣,所以可靠性应该放在第一位来考虑。第一种方案虽然可靠性不错,但人机界面不友好,操作复杂易出错;第二种方案虽然性能优良,但可靠性无法满足要求;第三种方案与第二种相比虽然性能不如第二种好,但结构相对简单,可靠性很高,而且 PC/104 总线的计算机可以适应外场要求的-40℃~+55℃的环境要求。

PC/104 是嵌入式 PC 的机械电气标准,为嵌入式应用提供了标准的系统平台,它继承了 IBM-PC 开放式总线结构的优点,为设计应用系统提供了标准的、高可靠的、功能强大的、方便使用的系统组件。采用 PC/104 总线的最大优点是可以利用计算机控制整个检测流程,可以将操作规程、测试步骤和帮助集成到测试软件中,参数模拟和信号测量都可以在软件控制下自动进行。根据项目特点,综合考虑后采用第三种方案。选用 PC/104 总线计算机是构成便携式检查仪的理想方案。

2 硬件组成及工作原理

硬件部分主要由 PC/104 总线计算机、数据采集子系统、参数模拟子系统三个子系统组成^[3]。硬件的原理框图如图 1 所示。

PC/104 总线计算机是测试设备的核心,是检查仪的测试平台,也是检查仪软件的运行平台。本系统采用五块模块功能板搭建 PC/104 系统,核心是一块 SCM/SDXu,一种高集成度、自栈结构、与 IBM-PC/AT

完全兼容的 PC/104CPU 模块,主频为 133MHz,16MDRAM,提供 VGA 显示适配器和软驱、USB 接口;电源模块 JMM-512-V512 为提供 PC/104CPU 模块的工作电压,输入电压 7~30V,输出电压为±5V、±12V;二块 DIAMOND-MM-AT 高速数据采集板,其具有 16 路模拟输入,可配置 16 路单端输入或 8 路差分输入,16 位 A/D 分辨率,量程可编程;具有 8 路 DI、DO;拥有 32 位和 16 位定时/计数器及深度为 8 的 FIFO;一块 RUBY-MM-1612-XT 提供 16 位模拟输出和 24 路数字 I/O。

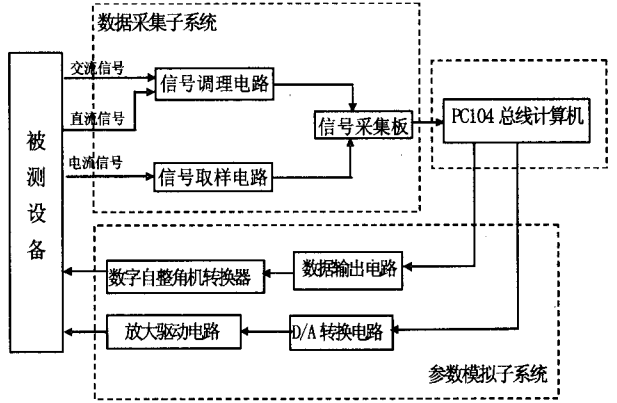


图 1 外场检查仪硬件原理框图

数据采集子系统由信号调理电路、信号取样电路、信号采集板等组成,通过该子系统将需要检测的交流电压信号、直流电压信号、电流信号转换为计算机能够处理的数字信息。信号调理电路对交直流电压信号进行调理匹配;信号取样电路将电流信号转换成电压信号;信号采集板将处理后的各种模拟信号转换成数字信号。在测试软件的控制下,测试设备有序地选通测试电路,采集数据,从而完成瞄准具性能参数的测试。

参数模拟子系统由交流信号模拟电路(数字自整角机转换器)、数据输出电路、放大驱动电路、D/A 转换电路等组成,主要用来模拟瞄准具的各种工作参数。工作时,在 PC/104 总线计算机的控制下,通过数据输出电路、数字自整角机转换器可模拟三相交流的航姿信号:俯仰角、横滚角、航向角等;通过 D/A 转换电路、放大驱动电路可准确地模拟各种直流信号:空速、无线电高度、气压高度、光学距离、迎角等飞行参数。

测试过程中的所有信息均显示在计算机的屏幕上^[4]。由于外场光照环境变化大,系统采用一块带背光的 6.4 英寸的 LQ64D341 平板显示器,分辨率为 640×480 作为系统的显示器。

系统设置 5 个周边键,其功能动态定义,作为系统操作导航。测试程序和操作系统固化在一个 512M 的固态电子盘中。为保存测试结果,系统提供打印机接口,可即时打印或事后集中打印。其总线结构为选用成熟的硬件产品提供了基础,避免重复开发,也为系统

日后的维护、升级带来更大的方便。

3 软件组成及工作原理

外场检查仪软件是在 DOS 环境下开发并固化在 CPU 板固态盘中的测试分析程序,设计平台采用 TURBO C++ 3.0 for Dos 设计^[5]。汉字显示采用 UCDSO 6.0 的 16 点阵字库 CCLIB.DAT。

3.1 软件构架

软件需要完成的功能包括对测试仪硬件进行管理:硬件驱动、资源配置管理、安全使用和软件保护、调用接口、自校准、自检、计量。根据测试需求,提供与瞄准具和军械显示器交联的机载设备信号和部件间的驱动信号。完成系统和部件性能指标检测。完成测试过程的控制和管理:测试内容显示、项目选择、信号驱动、数据采集、结果处理。完成测试结果的显示和故障隔离。

按照模块化设计思想^[5],对检查仪的软件进行功能分解,主要包括界面控制与转换;对测试仪硬件进行管理;提供与被测设备交联的机载设备信号;完成性能指标检测;帮助提示。相应的软件模块主要有 5 个模块:主控模块、系统自检模块、参数模拟模块、性能测试模块和帮助说明模块。具体的测试流程如图 2 所示。

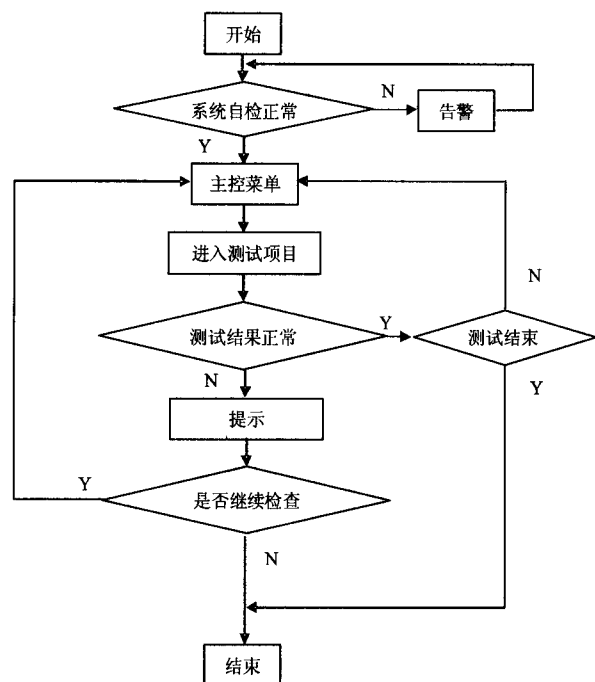


图 2 测试流程示意图

主控模块负责显示初始界面、设备选择界面、功能选择界面、测试项目选择界面,并控制各个界面间相互转换。初始界面在程序开始运行时显示,10 秒后自动进入设备选择模块。可以循环选择瞄准具或者军械综合显示器,选择被测设备后出现功能选择界面,列出软件所能完成的所有功能供用户选择,当用户选择某一

功能后,进入测试项目选择界面。测试项目选择界面显示被选择功能下的所有测试项目,供用户选择,按返回键可返回到功能选择界面。当用户选择某一项目后,进入具体的项目测试界面进行测试,按返回键可返回到项目选择界面。

系统自检模块在瞄准具进行检测前,首先要对外场检查仪提供的各种信号进行自检,以证明外场检查仪是否正常,防止由于检查仪故障而损坏被测设备。当检查仪自身工作不正常时,CPU 自动向用户报警,列出出错信息,并终止程序继续运行。故障排除后,程序将再次对检查仪硬件本身进行自检,直到无故障时才开始进行检测。

参数模拟模块在测试过程中主要用于模拟 3 路航姿信号:俯仰角、横滚角、航向角,软件通过 CPU 数据总线向数字自整角机转换器模块输出数字信号,由转换器模块输出三相交流信号来进行模拟。外场检查仪需模拟空速、距离、气压高度等直流电压信号,软件通过 CPU 数据总线向 D/A 转换板发送相应数字信号,D/A 转换后产生模拟信号,再用高精度运放放大输出。

性能测试模块是本套软件设计中的核心部分,由测试项目显示模块、底层测试函数和结果评估模块构成。测试项目显示模块负责显示各个测试项目的测试界面,包括各种提示信息、输出参数、测试点信息、交互按钮、测试项目选择、提示操作步骤和注意事项等信息。底层测试函数实现具体测试功能。

结果评估模块将测量得到的数据和技术指标进行对比,判定测量结果是否达标。进行性能测试时,由底层测试函数完成具体的测试工作,测试完成后,测试项目显示模块负责显示测量结果,同时根据评估模块的输出,将合格测试结果用绿色显示,不合格者用红色显示,从而完成该检查仪的性能测试功能。

3.2 程序设计

主程序显示初始画面和主菜单。主菜单定义为 mainmenu 结构,用 dispmenu() 函数显示,用 getsel() 函数选择子菜单。功能函数包括基本功能函数和测试函数。基本功能函数有汉字显示函数,数值显示函数,测量结果处理函数,菜单显示函数、选择函数,直、交流电压输出函数,旋转变压器控制函数,数字信号输入、输出函数,直流电压、电流采集函数,交流电压、电流采集函数。它们主要完成菜单设计、信号控制、测量及结果处理的基本操作。测试函数则包括系统自检、计量和外场检查的所有项目对应的 26 个函数^[6]。主要功能函数包括:

(1) 汉字显示函数。

本软件需要显示汉字提示信息、帮助信息、测量结

果等。若软件直接在 UC DOS 6.0 环境下工作,则需占用大量内存,影响软件运行速度。因此,本软件编写了汉字显示函数,用于调用 UC DOS 6.0 的 16 点阵字库 CCLIB.DAT,用画点的形式在 Turbo C++ 3.0 图形模式下画出汉字。这样既保证了汉字显示速度,又不占用内存。

(2) 直流电压采集函数。

直流电压用 DIAMOND-DMM 板单端模式采集。先连续采集 100 个点,得到 100 个采集代码,然后根据代码与电压间的换算关系算出对应电压值,最后求出平均值作为测量结果。

(3) 交流电压采集函数。

检查仪交流电压用 DIAMOND-DMM 板双端模式采集^[7]。先连续采集 4000 个点,经过滤波,找出 10 个周期的采样点,用交流有效值公式计算出各周期交流有效值,然后求平均值作为测量结果。

(4) 直流电压输出函数。

检查仪直流电压用 DIAMOND-RMM (输出电压范围为 $-10V \sim +10V$) 板输出,然后经运放放大。该函数先根据电压与输出代码公式算出输出代码 output-code,将该代码输出到板子的指定端口,启动数模转换器输出所需电压。

(5) 旋转变压器控制函数。

本测试仪有三个旋转变压器,通过译码器选择。片选编码分别为 00、01、10、11,其中 00 为三个旋转变压器均无效。输入信号为 12 位 DO (0 ~ 212),对应角度为 $0^\circ \sim 360^\circ$ 。输出电压时,先使三个旋转变压器均无效,再根据角度与输出代码间的公式 $outcode = degree/360.f * (1 < 14)$ 算出 12 位的 outcode,把 outcode 分解成两个字节,一个为 8 位有效位 low,一个为 4 位有效位 high,同时将片选编码合成到 high。最后将这两个字节数据写到指定的 DO 端口,选中指定旋转变压器,并输出所需交流电压^[8]。

军械综合显示器的检测主要是提供 27V 电源,因为两个设备是分开测试的,信号通过软件用 DO 控制继电器实现,在不增加新硬件的基础上,充分利用二块 DIAMOND-MM-AT 高速数据采集卡上剩余的 DO 通道,合理地利用了有效资源。

软件具有容错和防止误操作功能,操作简单,尽量做到自动化,用户使用五个功能键进行操作;内容显示采用汉字或图形界面,显示应直观,提示信息适当。测试项目既可随机选择,又可按“下一项”键自动进行。为了保证用户更好地使用本系统,设计了帮助说明模块提供了各种操作的帮助说明。在任何界面或测试步骤,用户只要按下帮助按钮,模块将显示该界面或步骤下所有操作的帮助信息。

4 采用的主要技术

4.1 PC/104 总线技术

PC/104 是一种工业计算机总线标准^[9]。PC/104 的板卡标准尺寸为 $90mm \times 96mm$,这样小的尺寸使得 PC/104、PC/104+ 和 PCI-104 模块板成为了嵌入式系统应用的理想产品。产品在电气特性和机械特性上可靠性极高,功耗低,产生热量少。板卡与板卡之间通过自堆栈进行可靠的连接,抗震能力强。

标准的 PC 兼容体系结构大大减少了设计的工作量。模块化、通用化的系统更易于维护、易于扩展、易于系列化、易于升级。大大减少了重复学习、重复开发的成本。

4.2 数字自整角机技术

外场检查仪需模拟的三相交流信号有 3 路,用于模拟航姿信号:俯仰角、横滚角、航向角。传统的解决办法是用变压器绕制来模拟^[10]。这种方法很复杂,变压器中间抽头有几十个,精度差,可靠性差。现在采用数字自整角机转换器模块来实现航姿信号的模拟,数字自整角机转换器是一种全电子的自整角机模拟输出装置,其功能是将输入的数字全角量转换成自整角机变压器形式的模拟电压输出。采用数字自整角机技术大大提高了精度和可靠性。

4.3 高精度参数模拟技术

外场检查仪需模拟的直流电压信号有六路,用于模拟空速、距离、气压高度等信号。为了提高这些参数的模拟精度,采用 14 位的 PC/104 总线 D/A 转换板产生模拟信号,再用高精度运放放大输出,大大提高了模拟精度^[11]。

4.4 交流信号处理技术

检测过程中有 115V 等交流信号需要测量,传统的测量方法是用整流滤波方法将交流电压转换为直流电压再进行测量,这个过程中就引入了较大的误差,并使硬件电路复杂化,降低了系统可靠性。因此,采用了交流信号处理技术,用高速高精度采集卡直接采集交流信号的瞬时电位,每个周期可采集 250 个数据点左右,然后由高速 CPU 对这些数据进行实时处理,采用数字滤波技术,得出准确的交流电压有效值^[12]。

4.5 自动化技术

为了使检查仪具有较高的自动化程度,主要在三个方面做了工作:

(1) 能自动实时地模拟状态参数。

各个项目所需的状态参数性质、数量不同,为了完整、自动地模拟各状态参数,将它们都分类放在项目库中,软件根据其类型和大小,并结合通道库进行匹配计算,给出正确信号。

(2) 能自动实时地提示操作方法与步骤。

测试过程中,每个项目的操作方法、步骤都不同,提示、帮助信息的形式也不一样。软件设计时将它们与项目数据库分离,通过索引加载显示,实现了测试时自动实时地显示提示、帮助信息。即使是第一次使用检查仪的用户也可以顺利完成全部测试。

(3)能自动测试数据并进行分析处理。

对各种形式的测试结果,软件根据其误差范围实时地显示结果,提示检测项目是否符合技术要求,测试点性能好坏一目了然。

5 结束语

以往的外场检查仪多采用面板式开关操作,操作步骤繁琐,自动化程度低,结果记录困难,针对这些问题设计的航空瞄准显示设备微机检测系统,具有检测精度高、操作简单、结果输出方便等优点,且体积小、重量轻,由于全套系统所有部分集成在一个标准手提机箱内,因此便于携带或车载以实现对机载设备的原位检测。使用该系统维护机载设备时,机务人员可根据具体情况,只将检测有问题的部件从飞机上拆下进行维修,正常的部件则可继续使用,这就大大地提高了维护效率和减少了人为差错。同时也为其他机载系统或电子设备的检测提供了一种行之有效的办法。

参考文献:

- [1] 孙传友,孙晓斌.测控系统原理与设计[M].北京:北京航

(上接第 139 页)

挖掘抽取关联规则,帮助进行搭配进货。还有很多地方需要进一步研究,比如:选取规则的标准应该如何设定,商品搭配进货的比例如何计算,进货时间如何确定等都没有涉及;此外只是利用规则进行了最简单的进货规划,没有利用叠加原则进行最终运算,将来会继续对这些问题进行研究。

参考文献:

- [1] 邵峰晶,于忠清.数据挖掘原理与算法[M].北京:中国水利水电出版社,2003:93-95.
- [2] Agrawal R, Imielinski T, Swami A. Mining Associations between Sets of Items in Massive Databases[C]//Proc of the ACM-SIGMOD 1993 Int'l Conference on Management of Data. Washington D C:[s. n.],1993.
- [3] Ganter B, Wille R. Formal Concept Analysis: Mathematical Foundations[M]. [s. l.]:Springer,1999.
- [4] Houtsma M, Swami A. Set-Oriented Mining for Association Rules in Relational Databases[C]//Proceedings of the 11th IEEE International Conference on Data Engineering. Taipei:

航空航天大学出版社,2002.

- [2] 杨成,查光东.基于层次模型的航空火控系统检测数据库系统[J].计算机测量与控制,2004(2):158-160.
- [3] 王少力,吕超.嵌入式计算机模块 PC/104 在工程中的应用[J].光电技术应用,2003(5):73-75.
- [4] 宋辉,蔡忠春.基于 PC/104 的某型飞机发动机控制检测系统的设计[J].装备制造技术,2010(6):55-58.
- [5] 陆庆峰,毛羽刚,黎林坡,等.嵌入式无线视频监控系统的设计与实现[J].计算机技术与发展,2010,20(8):12-15.
- [6] Gue Weina, Deng Hong. Design of Interact Remote Control Hanging Keyboard for Computer Teaching[J]. Control & Automation,2005(3):1-15.
- [7] 肖忠祥,孟开元.数据采集原理[M].西安:西北工业大学出版社,2001.
- [8] Fedman P, Jennings R. 即学即用 VISUAL C[M].江峡,译.北京:电子工业出版社,1996.
- [9] PC/104 Embedded Consortium. PC/104 Specification Version 2.5[S].2003.
- [10] Wolf W. 嵌入式计算系统设计原理[M].孙玉芳,译.北京:机械工业出版社,2002.
- [11] 宋亮,原亮,满梦华,等.军用嵌入式系统中 PCB 设计与测试规范研究[J].计算机技术与发展,2010,20(1):235-239.
- [12] Teng Yuntan, Zhang Lian. Technique Development of PC104 Embedded Module and Its Application in the Geophysical Instrument Design[J]. Acta Seismologica Sinica,2002(1):107-113.
- [s. n.],1995:25-34.
- [5] Agrawal R, Sokant R. Fast Algorithms for Mining Association Rules[C]//Proc of the 20th VLDB Conf. [s. l.]:[s. n.],1999:33-45.
- [6] 史忠植.知识发现[M].北京:清华大学出版社,2002:22-23.
- [7] 胡纯蓉,刘新华,陈世平.基于 WEB 的比价交易代理模式的研究[J].计算机技术与发展,2011,21(4):228-230.
- [8] 涂承胜,陆玉昌.Web 使用挖掘技术研究[J].小型微型计算机系统,2004,25(7):14-18.
- [9] 向坚持,刘相滨,徐选华.基于用户行为的 Web 使用挖掘数据采集技术研究[J].计算机与现代化,2007(12):59-62.
- [10] 朱志国,邓贵仕.Web 使用挖掘技术的分析与研究[J].计算机应用研究,2008,25(1):29-32.
- [11] 刘立军,周军,梅红岩.web 使用挖掘的数据预处理[J].计算机科学,2007,34(5):200-201.
- [12] 高峰,谢剑英.发现关联规则的增量式更新算法[J].计算机工程,2000,26(12):49-50.