

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2011.04.026

## 某型飞机武器控制系统交联组件测试仪

马登武<sup>1</sup>, 马羚<sup>2</sup>, 吕晓峰<sup>1</sup>

- (1. 海军航空工程学院 兵器科学与技术系, 山东 烟台 264001;
- 2. 海军航空工程学院 研究生管理大队, 山东 烟台 264001)

**摘要:** 为了提高测试效率, 设计某型飞机武器控制系统交联组件测试仪。根据某型飞机交联组件功能特点及输入输出关系, 研究其测试原理, 给出以 PC104 架构的测试仪总体设计方案。采用以 PC104 为控制核心的硬件架构和模块化软件设计思路, 通过穷举测试法将故障定位到独立测试单元。重点分析测试仪硬件功能模块实现方法、测试流程及故障诊断方法。结果表明, 该设计能实现测试信号的实时收发功能, 提高测试效率和设备运行可靠性。

**关键词:** 测试仪; PC104; 多线程技术; 故障诊断

**中图分类号:** TP274 **文献标志码:** A

## Test Instrument for Coupling Component in Certain Type Airborne Weapon Control System

Ma Dengwu<sup>1</sup>, Ma Ling<sup>2</sup>, Lu Xiaofeng<sup>1</sup>

- (1. Dept. of Ordnance Science & Technology, Naval Aeronautical & Astronautical University, Yantai 264001, China;
- 2. Administrant Brigade of Postgraduate, Naval Aeronautical & Astronautical University, Yantai 264001, China)

**Abstract:** To improve test efficiency, a test instrument for coupling component in certain type airborne weapon control system is designed. According to the characteristic, relationship with input and output, and test principle of certain type airborne coupling component, a design frame of test instrument based on PC104 is presented. The core of the hardware is PC104, the modularized design is adopted in software design and the fault can be confirmed into test unit through exhaustive test. Pay more attention to analyze the realization of test instrument hardware, test process and method of fault diagnosis. The results demonstrate that the design can realize the test signal receiving and sending real time, improve test efficiency and reliability of instrument running.

**Keywords:** test instrument; PC104; multithreading technique; fault diagnosis

### 0 引言

某型引进飞机装有武器控制系统, 用于管理和控制所携带的武器和相关悬挂投放装置。交联组件是该型武器控制系统的核心部件, 是其信息交联的枢纽。交联组件在控制计算机与执行部件之间执行接口功能, 实现 ARINC429 总线信号和离散量的相互转换。交联组件的主要功能是: 接收控制计算机送来的 ARINC429 总线信号, 并将其转换成武器发射控制信号; 接收机载武器状态信息, 将其转化为 ARINC429 总线信号, 并发送给控制计算机。由随机配备的测试设备完成对交联组件的测试, 测试步骤需人工逐步操作并判读, 测试效率低。为了提高测试效率, 笔者设计了基于 PC104 总线架构<sup>[1-2]</sup>、多线程技术编程和穷举测试法故障诊断的交联组件测试仪。

### 1 总体方案设计

交联组件测试中涉及 128 路离散量输入和 96

路离散量输出, 离散量输入/输出均包含 +27V/OPEN 和 GND/OPEN。交联组件测试仪的原理是: 向交联组件发送“ARINC429 总线信号/离散量”, 接收输出的“离散量/ARINC429 总线信号”, 将接收到的数据与标准数据比对, 进行检测和诊断。

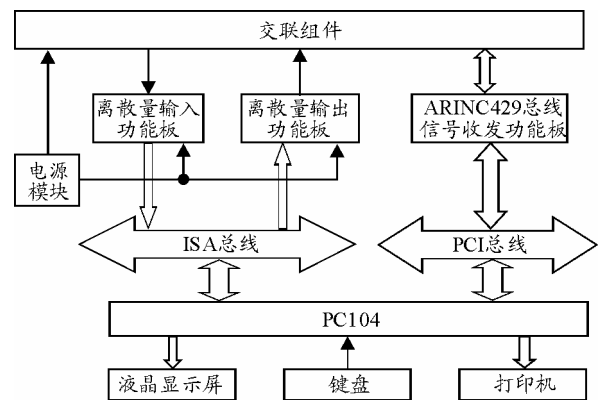


图 1 交联组件测试仪总体设计方案

根据交联组件的电气特征和测试设备所要完成的测试任务, 对所有被测信号和输入信号按功能属

收稿日期: 2011-01-25; 修回日期: 2011-02-25

作者简介: 马登武 (1964—), 男, 山东人, 博士, 教授, 从事航空武器系统分析与自动测试研究。

性、对应关系等技术指标进行分析归类，在考虑设备可靠性、维修性及扩展兼容能力的基础上，架构了以 PC104 为控制核心的测试设备<sup>[3]</sup>，设备总体设计方案如图 1。

## 2 硬件设计

测试设备硬件主要由 PC104 主板、离散量输入功能板、离散量输出功能板、ARINC429 总线信号收发功能板、电源模块和测试对接电缆等组成。

1) PC104 主板。主板采用 MSM900XEV 的 PC104plus 主板，CPU 为 AMD Geode LX900，600 MHz 主频，具有 256 MB 内存、2 个 RS-232 串型接口、EIDE 硬盘接口、键盘/鼠标接口、4 个 USB 接口、CRT/LED 视频接口、ISA 和 PCI 总线接口以及板载 CF 卡接口等功能。PC104plus 配以液晶显示器和键盘后，构成功能完善的嵌入式工业计算机。其电源由主板的电源总线提供。ISA 总线和 PCI 总线构成了主板的控制总线，PC104 通过控制总线对各个功能板进行控制，完成对被测件 (Unit Under Test, UUT) 的检测。

2) 电源模块。电源模块将输入的 220 V/50 Hz 交流电源通过线性稳压电路变换为多路直流电源，以供 UUT 和检测设备使用。

3) ARINC429 总线信号收发功能板。ARINC429 总线信号按消息字传输，每个消息字为 32 位，传输速率为 50 kbps。该功能板的主要功能在 ARINC429 总线信号和 PCI 总线之间起到桥梁作用，实现 ARINC429 总线信号的接收和发送。它既能接收 ARINC429 总线信号并将其转换为数字信号送入计算机，又能将计算机发出的数字信号转换为 ARINC429 总线信号输出<sup>[4]</sup>。整个功能板原理如图 2。

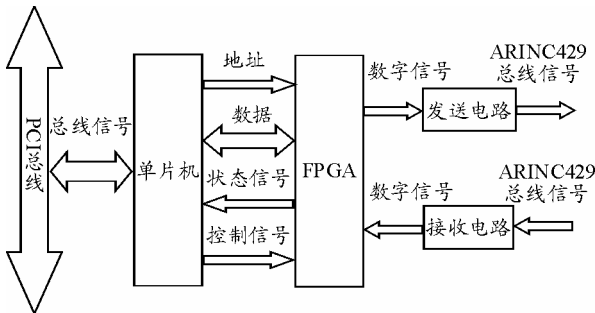


图 2 ARINC429 总线信号收发功能板原理框图

4) 离散量输入功能板。离散量输入功能板用于接收 UUT 送来的离散量，进行光耦隔离和电平转换<sup>[5]</sup>。将离散量转换为数字量信号，经寄存器送入计算机。离散量输入功能板原理如图 3。

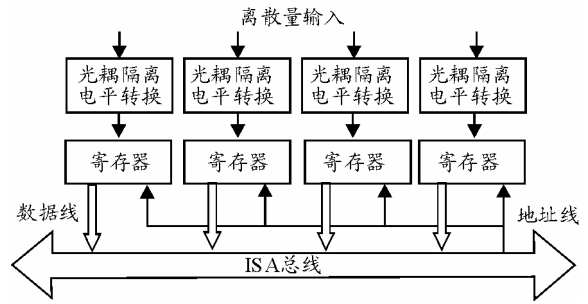


图 3 离散量输入功能板原理框图

以 +27 V/OPEN 离散量输入为例，其光耦隔离电平转换电路原理如图 4。采用光电耦合器完成数字量的隔离及传输，能有效地抑制尖峰脉冲及各种噪声干扰，使通道上的信噪比大大提高，具有很强的抗干扰能力。R1 为限流电阻。如果不加限流电阻或阻值很小，光电耦合器仍能工作，但发光二极管导通电流很大，对外部电源有较大冲击，所以在可能的情况下，R1 应尽量取大些。R2 为上拉电阻。集电极开路的输出端，通常要加上拉电阻。上拉电阻应当根据后级输入电路的需要选择阻值<sup>[6]</sup>。

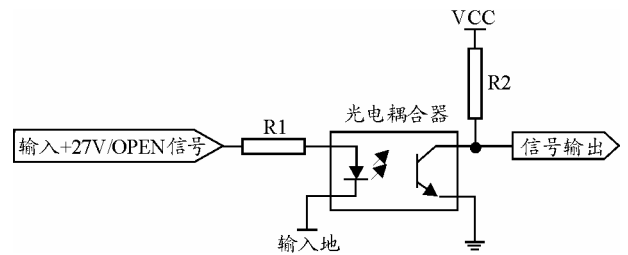


图 4 光耦隔离电平转换原理图

5) 离散量输出功能板。离散量输出功能板用于向 UUT 发送离散量。继电器驱动电路主要完成 96 路单刀单掷继电器的驱动，此部分电路采用型号为 ULN2003 的达林顿管来实现继电器的驱动。离散量输出功能板原理如图 5。

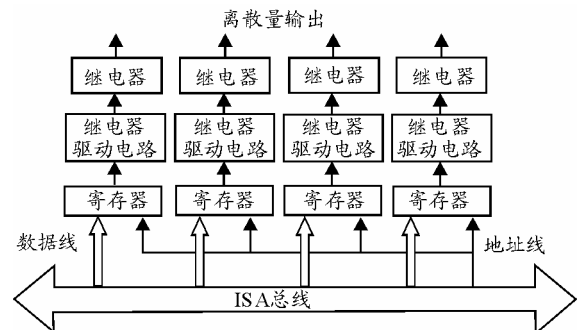


图 5 离散量输出功能板原理框图

## 3 软件设计

测试仪的软件设计是在 Windows XP 操作系统和 embedded VC++ 4.0 编程开发环境支持下完成

的, 测试软件的总体逻辑流程如图 6。

交联组件测试分为 2 个通道进行, “ARINC429 总线信号发送-离散量接收”通道和“离散量发送-ARINC429 总线信号接收”通道。前者是测试软件控制 ARINC429 总线信号收发功能板发送 ARINC429 总线信号, 经过交联组件相应的功能通道, ARINC429 总线信号转换为离散量, 同时, 软件控制离散量输入功能板接收离散量, 将离散量转换为数字信号并送入 PC104 进行故障诊断分析。

系统采用穷举测试法<sup>[7]</sup>进行故障定位。穷举测试法是指: 在被测电路的输入端输入所有可能的测试码, 观察电路输出是否符合一定的逻辑功能。对于“ARINC429 总线信号发送-离散量接收”通道而言, ARINC429 总线信号和离散量存在一一对应关系, 可将此通道分为 128 路独立的测试单元进行穷举测试, 若 PC104 接收的 128 路离散量数据与标准数据进行比对均正确, 则该通道正常, 否则, 故障可定位到相应的测试单元。

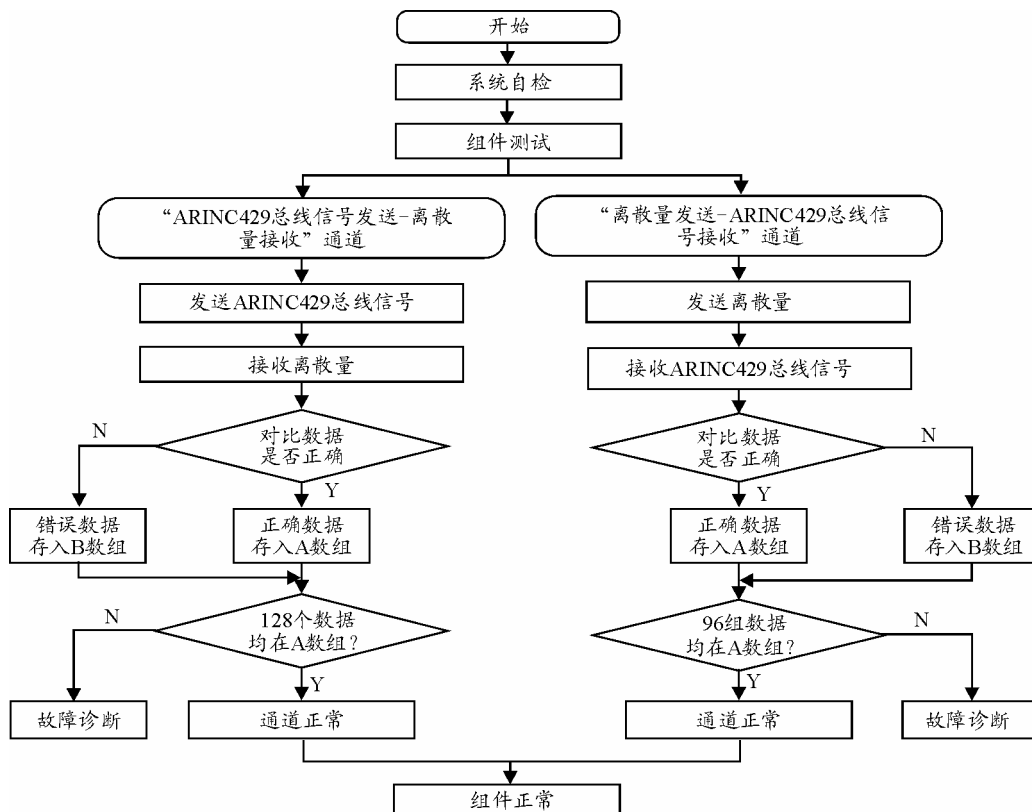


图 6 测试软件总体逻辑流程

为了提高测试仪的易维护性和测试效率, 采用多线程技术<sup>[8]</sup>实现了 ARINC429 总线信号和离散量的实时收发。以“ARINC429 总线信号发送-离散量接收”通道测试为例, 核心代码如下:

```

/*****主线程*****/
for(send429_num=0;send429_num<128;send429_num++)
{
    WStatus=429_Init(0,3,&cardnum);
    //初始化 ARINC429 总线信号收发板
    .....
    hThread[0]=CreateThread(NULL,0,ReceiveDIThread,
    NULL,0,NULL);
    //创建离散量输入板卡接收离散量线程
    429_Transmit(cardnum,4,&data);
    //发送 ARINC429 总线数据

```

```

WaitForMultipleObjects(1,hThread,TRUE,1000);
//线程同步
CloseHandle(hThread[0]);//关闭线程
Sleep(100);//延时 1 000 μs
}
.....
for (i=0;i<128;i++)
{
    if(receive_DI_A[i]==receive_DI_right[i])
    {
        num++;
    }
}
if(num==128)
strcpy(xsl,"429 发送-离散量接收通道良好!");
//检测接收数据是否均在 A 数组, 以进行故障定位

```

```

/*****接收离散量线程*****/
DWORD WINAPI ReceiveDIThread(LPVOID lpParam)
{
    while(1)
    {
        getword=GetPortWord(HwCtrl,DI_PortAddr);//
        读取 DI_PortAddr 地址的离散量数据
        if((getword&receive_DI_right[send429_num])==
        receive_DI_right[send429_num])
        {
            receive_DI_A[send429_num]=getword;
            break;
        }//将接收数据与标准数据比对
        .....
    }
}

```

### 4 结束语

实际应用表明：该测试仪设计合理，工作可靠稳定，操作维护方便，功能上完全满足对某型飞机交联

\*\*\*\*\*

(下转第 66 页)

如果存在，则获取  $g^{p_i}$  在数组  $grid[]_{\times 3}$  中的索引赋值给  $gindex$ ，在数组  $coordIndex []$  中找到索引为  $gindex$  的  $I_{g_x g_y g_z}$ ，把  $i$  存储在  $I_{g_x g_y g_z}$  中。如果不存在，在数组  $grid[]_{\times 3}$  中，找到小于  $g_x g_y g_z$  的最大栅格号赋值给  $mmg$ ，获取它的索引赋值给  $mmgindex$ ，把  $g^{p_i}$  存储在这个栅格号的后面，在数组  $coordIndex[]$  中到索引为  $mmgindex$  的  $I_{g_x g_y g_z}$ ，在其后新建一个  $I_{g_x g_y g_z}$ ，把  $i$  存储在新建的  $I_{g_x g_y g_z}$  中。

4) 流程跳到第 2 步。这样流程就进入了循环，直到程序在进行第 2 步时不成功，这就表示点云数据的栅格化已经完成。此时流程进入第 5 步。

5) 对于寻找球领域的点  $p_k$ ，建立其领域索引数组  $LcoordIndex[]_{\times 1}$ 。计算出该点理论上的 1 级搜索栅格号  $G_1^{p_k}$ ，共计 27 个。建立 1 级搜索栅格号数组  $grid1pk[]_{\times 3}$ ，把这 27 个栅格号按由小到大的先后顺序存储在这个数组里。读取  $grid1pk[]_{\times 3}$  中的第一个栅格号。

6) 将当前读取的栅格号与  $grid[]_{\times 3}$  求交集。如果交集为空，则流程进入第 7 步。如果交集不为空集，则根据该栅格号在  $grid[]_{\times 3}$  中的索引，在数组

组件的测试需要，有效地提高了检测和诊断效率。

### 参考文献：

- [1] 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.
- [2] 杨勇智, 黄胜伦, 冯和军, 等. 基于 PC/104 总线的某型飞机武器控制系统的 ATS[J]. 空军工程大学学报: 自然科学版, 2003, 4(3): 36-39.
- [3] 党广利, 冯金富, 闫威. 某型机载武器控制系统自动测试仪的研制[J]. 计算机测量与控制, 2003, 11(5): 362-364.
- [4] 鲁兴举, 郑志强, 彭学锋. 基于 ARINC429 总线的导弹综合测试系统[J]. 兵工自动化, 2005, 24(2): 14-15.
- [5] 周明光, 马海潮. 计算机测试系统原理与应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2005: 151-160.
- [6] 田鹏飞, 胡昌华, 何华锋, 等. 基于 VXI 总线的开关量 I/O 模块设计[J]. 火箭与制导学报, 2010, 30(2): 21-24.
- [7] 杨士元. 数字系统的故障诊断与可靠性设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 2000: 100-114.
- [8] 郑慧, 范忠诚. 零基础学 Visual C++[M]. 北京: 机械工业出版社, 2008: 315-330.

$coordIndex[]$ 中找到该栅格号的  $I_{g_x g_y g_z}$ ，求出每个点与  $p_k$  的距离，将距离小于  $L$  的点的索引存储在  $LcoordIndex[]_{\times 1}$  中。

7) 读取  $grid1pk[]_{\times 3}$  中的下一个栅格号。流程跳到第 6 步，程序进入循环。直到程序在“读取  $grid1pk[]_{\times 3}$  中的下一个栅格号”时失败，这表示  $p_k$  的领域搜索完成， $N_{p_k}^L = LcoordIndex[]_{\times 1}$ 。

### 4 结束语

该改进型栅格算法与传统的栅格算法相比，不用寻找点云数据在各坐标轴上的最大、最小值，不用寻找点云数据的包围盒，不用存储不包含点的栅格号；提出的球领域搜索算法与 K 领域搜索算法相比，不用进行多级栅格搜索。因此，减少了计算量，节省了时间和内存，提高了效率。下一步，还将对该算法进行验证。

### 参考文献：

- [1] 赵伟玲. 三维点云的数据预处理和圆提取算法研究[D/OL]. 万方数据, [20100-08-14]. [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Thesis\\_Y1436701.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Thesis_Y1436701.aspx).
- [2] 刘立强. 散乱点云数据处理相关算法的研究[D/OL]. 万方数据, [20100-10-8]. [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Thesis\\_Y1678646.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Thesis_Y1678646.aspx).