

# 基于边界扫描技术的线缆测试设备设计

王 健, 周庆党, 王景生, 王永江

(中国人民解放军 93325 部队, 沈阳 110141)

**摘要:** 为了解决装备中大量线缆通断测试的需求, 将边界扫描测试技术应用到线缆测试中, 线缆之间连接关系转化为大规模逻辑器件之间的连接关系, 利用信号收发判断连接关系的正确性; 试验证明, 测试设备能够短时间内, 准确查找到线缆的错连、少连、多连等错误类型, 测试结果准确可靠, 满足大量线缆测试的需求, 也为边界扫描技术的扩展应用提供了一种有益的参考。

**关键词:** 边界扫描; 线缆测试; 自动测试

## A Design of Line Test Equipment Based on Boundary Scan Technique

Wang Jian, Zhou Qingdang, Wang Jingsheng, Wang Yongjiang

(PLA of 93325, Shenyang 110141, China)

**Abstract:** It is difficult to solve the problem of large amounts of lines open and short faults. The boundary scan technique is applied to the line test. So the connection between lines is changed into wire between large scale integrate circuit. The correction is judged by transforming and sending signals. This test equipment can solve the problem of line testing by experiment. The equipment can find wrong wire exactly for a short duration. The result is exact and reliable. The equipment satisfies the needs of large amounts of line test. It provides a good reference for the development of boundary scan.

**Keywords:** boundary scan; line test; auto test

## 0 引言

随着武器装备的现代化, 线缆和接插件的使用也呈现多批量、多品种、多芯数。这些线缆和接插件的使用, 使装备性能得到了大幅度提高, 但同时也增加了装备的复杂程度, 加大了装备的测试维修难度<sup>[1]</sup>。专用的线缆测试仪主要能够测量线缆的延迟、阻抗、电容、串扰、衰减等参数<sup>[2]</sup>。而在实际测试大量的交叉线缆时, 往往更加关注线缆的通断, 这样一方面专用测试仪的很多功能不能发挥, 另一方面专用测试仪测试点数较少, 不能满足大量线缆测试的需要<sup>[3]</sup>。边界扫描技术可将线缆之间的连接关系, 转化成大规模逻辑器件之间的连接关系, 判断出现的错误连线的位置, 满足短时间内, 大量线缆测试的需要。

## 1 被测线缆

### 1.1 被测线缆连接方式

线缆的连接方式多种多样, 有航插头之间的多芯线缆、印制板之间的连线、印制板到航插头之间的连线。这些线缆的测试方法一样, 只需制作相应的转接装置即可。

为了便于说明问题, 本文探讨的被测线缆主要以机箱内部印制板插槽之间的背部连线为例。

### 1.2 线缆错误类型

一般容易出现的线缆连接错误类型主要有以下几种: (1) 错连, 如图 1 (b) 所示; (2) 少连, 如图 1 (c) 所示, 缺少

了 B 点到 D 点的连线; (3) 多连, 如图 1 (d) 所示, 多连出了 A 点到 D 点的连线。

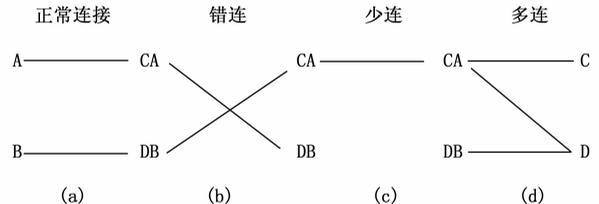


图 1 常见的错误连线类型

其中, 出现图 1 (d) 多连的情况下, 用传统的三用表通断测试时, 很难判断出错误位置, 这也为后期的调试工作带来巨大的困扰。

## 2 边界扫描基本原理

边界扫描技术是通过在芯片的每个信号引脚和芯片内部逻辑电路之间, 插入边界扫描单元 (boundary scan cell, BSC)。BSC 像一个虚拟的物理探头, 触及了芯片的内部状态, 这些电路单元不影响电路的正常工作, 如图 2 所示<sup>[4-5]</sup>。

边界扫描的基本思想是在器件内部靠近内核电路的部分输入/输出 (I/O) 管脚处增加移位寄存器单元和锁存器单元。在测试期间, 这些寄存器单元用于控制输入管脚的状态, 施加测试激励, 并读出输出管脚的状态, 取回测试响应, 寄存器单元实现类似“虚拟探针”的功能<sup>[6-8]</sup>。线缆之间的互连关系可以看成边界扫描器件之间的连接关系, 进行互连测试 (EX-TEST) 即可实现网络之间的故障诊断, 如图 3 所示。

## 3 设计方案

### 3.1 硬件设计方案

为了使用方便, 测试设备采用板式计算机, 用户只需把精力放在软件开发和程序应用上, 能够缩短项目开发周期。本设

收稿日期:2014-09-10; 修回日期:2014-11-05。

作者简介:王 健(1984-),男,河北唐山人,助理工程师,主要从事自动测试及效能评估方向的研究。

周庆党(1971-),男,辽宁沈阳人,工程师,主要从事自动测试技术、装备保障技术等方向的研究。

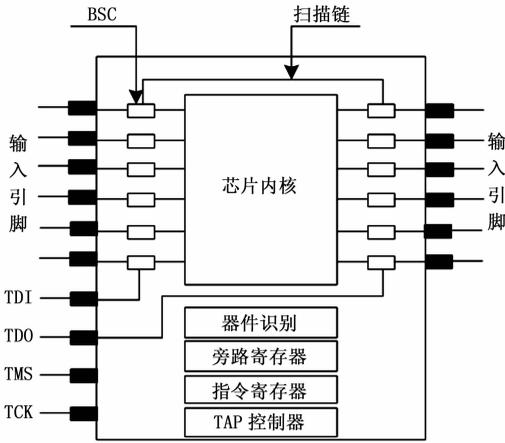
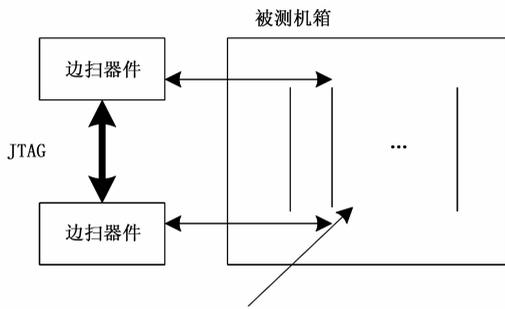


图 2 支持边界扫描的芯片结构



被测机箱内部线缆连接关系  
图 3 边界扫描测试基本思路

备最终选择了 PC104 架构，能够流畅地运行 Windows XP 等大型操作系统，容易实现界面友好的人机交互，在有效地减小体积与重量的同时，还有具有极好的抗震性。

设备的硬件平台组成主要由 Intel N2600 双核 CPU 工控主板、JTAG 控制器、可编程 IO 控制单元、接口和液晶屏、触摸屏等部分组成，如图 4 所示。

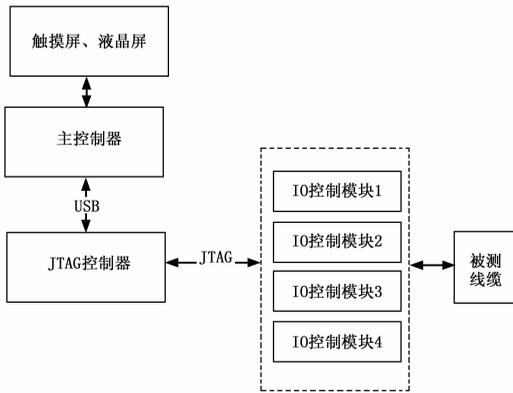


图 4 硬件平台组成

触摸屏结合液晶屏构成设备人机交互的主要媒体，它通过 USB 驱动线和 VGA 视频线分别连接到 intel N2600 CPU 主板的 USB 接口和 VGA 显卡接口上，操作人员可以通过触摸屏点击软件界面的按钮，执行相应的操作，得到所要求的结果。

接口资源主要包括人机接口和可编程 IO 控制单元接口构

成。人机接口包括输入和输出模块。可编程 IO 控制单元，该接口符合 IEEE1149.1 标准的边界扫描接口，采用四个复杂可编程器件 XC95288XL，单个器件含有 168 个 IO 口，刚好满足测试接口数量的需求。

4 个复杂可编程器件 XC95288XL 串成一个扫描链。

可编程控制单元通过 JTAG 总线控制 (USB100)，内部的 JTAG 总线控制器可以通过上位机软件控制 IO 单元的每一个引脚的信号收发。

### 3.2 软件设计方案

测试设备基于 WindowsXP 系统，采用 Visual Studio 2005 开发环境，设备信息采用 SQLite 数据库，详细配置信息以 XML 文件形式保存。

#### 3.2.1 软件平台构成

软件平台主要由数据管理和测试管理两大部分组成。

应用软件主要是对设备信息的管理，对于被测设备的具体配置：设备名称、分类、线序及其映射等需要系统的本地数据库管理，便于用户合理的自行建立测试设备信息和维护。

#### 3.2.2 应用软件流程

设备应用软件流程图，如图 5 所示。

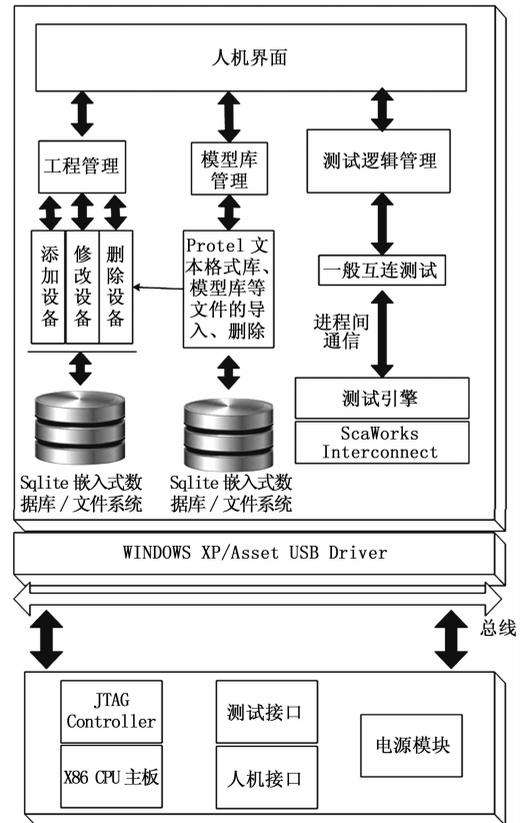


图 5 设备应用软件流程图

工程管理：负责维护本地设备的信息，添加、删除、修改设备信息和设备分类。

模型库管理：负责维护本地及插件模型库，导入、删除 Protel 文本格式库。

测试逻辑管理：根据当前加载的设备信息生成测试流程，通过人机交互调用测试引擎执行测试，根据返回结果判断出连接的状态，如果有异常，在界面显示出短路，开路的情况。

测试引擎: 负责调用 ScanWorks Interconnect 模块, 执行 RunAction, 读取内部互联结果整理后, 返回给测试逻辑管理, 测试逻辑管理通过比较连线的正确状态而找出有问题的连线。

数据库: SQLite 是开源嵌入数据库, 引用广泛, 其 api 类似一般的 RDBMS, 支持 SQL 语言, 方便维护数据。

## 4 试验结果与分析

### 4.1 线缆测试验证

基于边界扫描的线缆测试设备共提供了 640 个测试点, 能够测试出线缆的开路、短路等故障。验证步骤如下。

步骤 1: 自动探测出线缆的正确连接关系。

步骤 2: 将被测机箱 A 插槽的 A68 脚和 B 插槽的 C68 脚短路后, 测试结果如图 6 所示。

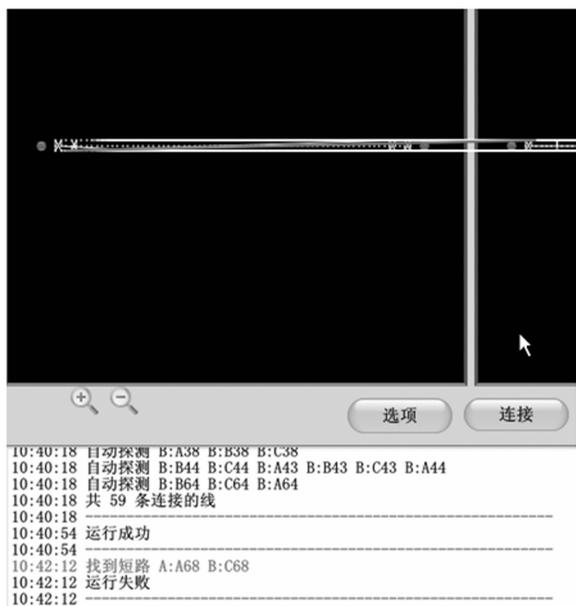


图 6 判断出错误的连线

### 4.2 试验结果分析

通过反复试验, 均能够在短时间内查找出错误连线的具体位置, 大大节约了人工测试的时间成本。由四片可编程逻辑芯片组成的扫描链路性能稳定, 较短的链路避免了相互的干扰; 软件部分执行的测试逻辑管理功能, 能够准确隔离出错误的位置。通过试验表明了基于边界扫描技术的线缆测试设备定位故障准确, 耗时短, 能够满足大量线缆测试的需要。

## 5 结论

测试设备解决了人工测试效率低下的问题, 为维修和调试工作提供了支持, 具有一定的应用和推广价值。

边界扫描测试技术一般主要用于板级测试中, 本文将其应用到机箱线缆的通断测试中, 是边界扫描测试技术的一种扩展应用, 为其更加深入的应用提供了一种参考。

### 参考文献:

- [1] 蔡 军, 张 婵. 基于工控机的航空电缆测试系统 [J]. 工业控制计算机, 2007, 20 (5): 46-47.
- [2] 胡振强, 崔艳丽. 多芯线缆快速测试技术分析 [J]. 计算机与网络, 2011, 11: 41-43.
- [3] 宋 光, 邓卫东. 线缆测试仪在机箱测试中的应用 [J]. 仪器与应用, 2007, 27: 39-43.
- [4] 李 洋, 杨华中. 基于边界扫描技术的电路板测试研究 [D]. 北京: 清华大学, 2008.
- [5] 于德伟. 基于边界扫描的数字系统可测试性设计研究 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2006.
- [6] 潘小龙. 基于边界扫描技术的测试系统的研究与应用 [D]. 南京: 南京航空航天大学, 2008.
- [7] 何庆佳. 雷达电路板故障诊断系统的边界扫描模块的软件设计与实现 [D]. 成都: 电子科技大学, 2011.
- [8] 陈 星, 黄考利, 连光耀, 等. 从 1149.1 标准到 1149.7 标准分析边界扫描技术的发展 [J]. 计算机测量与控制, 2009 (8): 1460-1462.

(上接第 18 页)

## 5 结论

本文采用近场探头和频谱仪的方案, 完成了电磁干扰近场测试系统的设计。硬件上采用近场探头组, 可以实现不同测试环境的需求, 频谱仪的外输出方式及对应修正处理, 提高了系统测试精度, 触发开关的引入方便现场测试, 提高了测试效率; 软件上结合虚拟仪器的多线程思想、VISA 技术和 NI-DAQmx 库函数实现仪器通讯和数据采集, 简化了编程, 并具有通用性。该近场测试系统摆脱了电磁干扰测试的环境限制, 简化了测试工作流程, 提高了测试效率, 并且开发周期短, 目前已交付成都飞机设计研究所, 成功排查出某飞机系统间电磁干扰源。

### 参考文献:

- [1] 马伟明, 孟 进. 独立电力系统及其电力电子装置的电磁兼容 [M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- [2] 颜 伟. 复杂电子系统辐射 EMI 噪声机理分析与抑制 [J]. 中国

电机工程学报, 2013, 33 (15): 173-180.

- [3] 张东卫, 邢 悦, 崔 翔. 电力线通信网络电磁辐射近场测量系统 [J]. 中国电机工程学报, 2010, 30 (12): 117-121.
- [4] 区健昌. 电磁兼容性设计与预测仪器的现状 [J]. 电气技术, 2005 (12): 38-44.
- [5] 赵 阳, 封志明, 等. 电磁兼容测试方法与工程应用 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2010.
- [6] 赵 阳, 颜 伟, 赵 波, 等. 电路辐射干扰机理诊断与特性估计 [J]. 电工技术学报, 2010, 25 (10): 6-13.
- [7] 习郑虎, 年夫顺, 梁胜利. 基于 LabWindows/CVI 的 USB 总线微波功率计软件设计 [J]. 计算机测量与控制, 2011, 19 (1): 213-215.
- [8] 谭秀萍, 吴晓辉, 范蟠果, 等. LabWindows/CVI 多线程技术在电负载系统中的应用 [J]. 测控技术, 2011, 30 (8): 79-82.
- [9] 王学伟, 张未未, 赵 勇. USB-GPIB 控制器及 VISA 函数库的设计 [J]. 电子测量与仪器学报, 2008, 22 (3): 87-92.
- [10] 薛文琪, 翟正军. 基于虚拟仪器的电源测试系统设计与实现 [J]. 计算机工程与设计, 2010, 31 (6): 30-34.