

文章编号:1674-2869(2015)04-0074-05

测量高速电路板上升时间的自动测试系统设计

刘向明,程金朋,金 薇,陆 春

武汉工程大学机电工程学院,湖北 武汉 430205

摘 要: 高速电路板的上升时间是衡量其性能优劣的一个重要参数,测量上升时间需要使用多台不同性质的仪器,才能完成信号的发送、数据采集、数据存储、分析波形等任务,采用传统人工控制仪器和手工抄录数据的方式,工作质量和工作效率不高,容易受人为因素影响,造成测试过程难于准确控制. 为此针对高速电路板上升时间的测试,设计了一套自动测试系统. 采用基于虚拟仪器的技术,通过通用接口总线实现 PC 机与可编程仪器之间的通信,使用图形化编程语言 LabVIEW 完成测试软件的编译,从而实现测试仪器的有序控制的目的. 在测试过程中,测试数据实时显示在测试软件的控制界面中;同时将采集的测试数据实时保存在数据库中,以供后续分析使用,扩展了测试仪器的功能.

关键词: 上升时间;虚拟仪器;通过通用接口总线;自动存储

中图分类号: TP3

文献标识码: A

doi: 10. 3969/j. issn. 1674-2869. 2015. 04. 016

0 引 言

印刷电路板(PCB 板)在电子通讯设备、电子计算机、家用电器等电子产品应用的越来越广泛,其性能的优劣直接关系到电子产品的使用寿命. 上升时间作为评判电路板性能优劣的一个技术指标,随着数字化技术的发展,电路板上通过的信号的传输速率也越来越高,信号的上升时间就会更快,对其检测的难度也越来越大. 而高速电路板具有密度高且引脚间距小的特点,完成其上升时间性能测试需要多台实验设备,如果使用人工操作按钮繁多的仪器,容易造成失误也难以提高生产效率,测试过程中的手工抄录测试数据也容易导致记录混乱的状况. 虚拟仪器技术的发展解决了这些问题,采用 NI-LabVIEW 虚拟平台,建立统一的集成测试平台将多台仪器有机集成,实现测试的流程控制和数据的自动存取^[1].

1 测试系统的总体设计

高速电路板上升时间测试系统主要由硬件和软件两部分组成,硬件部分由计算机、高速实时示波器泰克 DSA71254C(波形探测)、高速采样示波器泰克 DSA8200,安捷伦 5810A 网关、待测高速电路板、适配器、探针、专用电缆等组成. 计算机首先利用网线将计算机和安捷伦 5810A 网关相连,然后两台高速示波器通过 GPIB 专用电缆与安捷伦

5810 网关相连. 计算机给每台示波器分配一个 GPIB 地址,然后发送 SCPI(Standard Commands for Programmable Instruments)指令完成对仪器的控制^[2]. 其中示波器 DSA71254C 是完成信号的发送,示波器 DSA8200 是完成信号的采集. 硬件的连接示意图如图 1 所示.

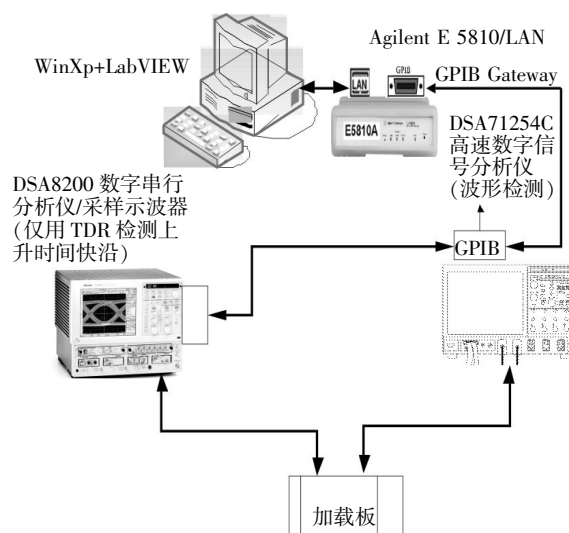


图 1 硬件连接示意图

Fig.1 The diagram of hardware connection

软件设计是该测试系统的核心部分,测试软件开始工作后,用户首先在测试软件的界面上刷新“VISA 资源名称”的控件,实现测试仪器的识别工作. 然后点击参数配置按钮,示波器 DSA71254C 完成关于上升时间的参数配置;接着点击测试按钮,

收稿日期:2015-04-12

作者简介:刘向明(1953-),男,湖北武汉人,教授,博士.研究方向:精密仪器控制.

示波器 DSA8200 的 TDR(时域反射计)模块发送快沿信号经过适配器到达高速电路板上的某个待测通道,然后由示波器 DSA71254C 采集经过高速电路板的信号,最后经过滤波算法处理后将测试的相关数据通过安捷伦 5810A 发送到计算机,计算机接收到数据后将数据解包、处理、显示. 此测试系统的流程图如图 2 所示.

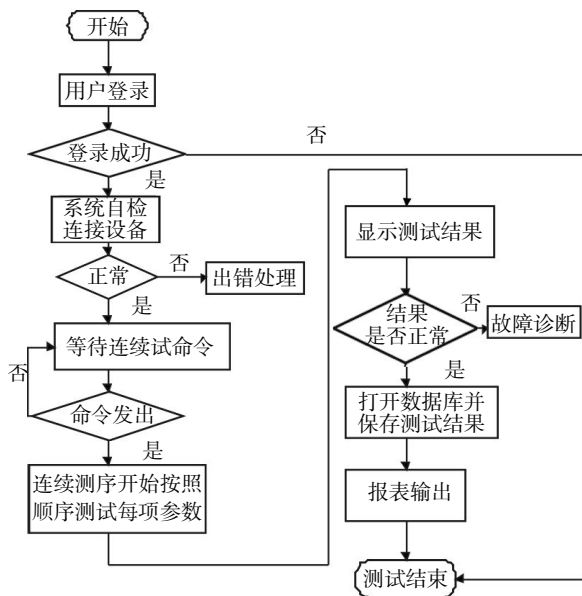


图2 测试软件流程图

Fig.2 The flow chart of test software

2 上升时间的测试方法

按照设计要求规定在 200Mbps~3.6Gbps 条件下对通过高速电路板的上升时间的测试进行评判. 对高速电路板测试时,示波器 DSA8200 的 TDR 模块发送标准快沿信号,快沿信号经过电缆、Pogo Vin(弹簧针)进入高速电路板,在高速电路板上传输后,通过集成电路接口适配器、探针、电缆到达示波器 DSA71254C. 因此测试仪器所测量到的量值反映出的是电缆、Pogo Vin、高速电路板、集成电路接口适配器、探针和测试仪器的综合结果. 因此由示波器 DSA71254C 测量的上升时间并不是高速电路板的真正上升时间,需要考虑测量过程中各个部分所造成的上升时间的损耗. 对上升时间的损耗补偿,首先计算出 Pogo Vin 和集成电路接口适配器的上升时间. 在不连接高速电路板的情况下,利用 50 欧姆的电阻线将示波器 DSA8200 和示波器 DSA71254C 连接到一起. 然后用示波器 DSA8200 的 TDR 模块发送标准的快沿信号 t_0 (29 ps),再使用示波器 DSA71254C 采集波形,并测量该信号的上升时间 t_1 ,利用式(1)计算出 Pogo Vin 和集成电路接口适配器所造成的上升时间的

损耗 t_a 为

$$t_a = \sqrt{t_1^2 - t_0^2 - t_p^2 - t_c^2} \quad (1)$$

其中 t_p 为探针上升时间的损耗, t_c 为 50 欧姆电阻线的上升时间损耗.

然后运行高速电路板测试软件,示波器 DSA8200 的 TDR 模块发送标准的快沿信号 t_0 (29 ps),再使用示波器 DSA71254C 采集波形,并测量该信号的上升时间 t_r ,利用式(2)计算出高速电路板的上升时间为 t_H 为

$$t_H = \sqrt{t_r^2 - t_a^2 - t_p^2 - t_c^2} \quad (2)$$

所以利用公式(1)和(2)可以求出经过补偿处理的高速电路板的上升时间,最终和高速电路板上上升时间的取值范围比较,判断高速电路板在上升时间的性能指标是否合格.

3 测试软件的构成

高速电路板自动测试系统的测试软件使用 LabVIEW 编写,在 Windows 环境下运行. 可以解决多类设备接入、数据畅通流转、校准结果整合等问题,实现仪器控制、参数设置、数据实时显示、数据采集和处理、报表生成等功能. 根据加载板测试软件流程图可知,测试软件主要包括 3 个模块:密码登陆模块,参数测试采集模块和数据处理模块,软件总的构成如图 3 所示.

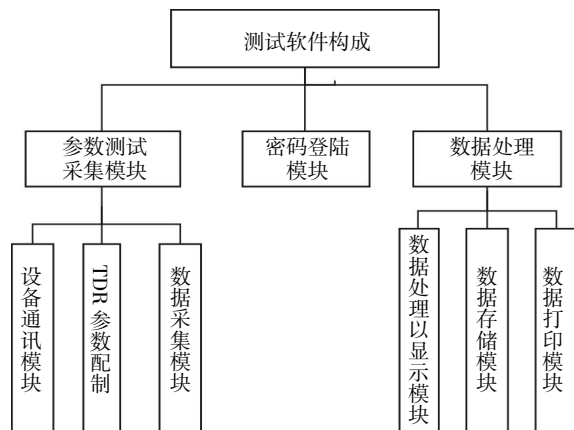


图3 系统软件框架

Fig.3 The framework of system software

3.1 密码登陆模块

在企业中应用的系统,安全性十分重要. 只有输入正确的用户名和密码才能进入主测试界面. 测试人员具有不同的操作权限,分为 Administer 用户和 User 用户, Administer 用户可以对整个测试软件进行查看和修改, User 用户只能查看测试软件,不能进行任何测试模块的修改,从而实现测试人员的权限控制机制. 如果输入的用户名或者密

码错误,系统会弹出“用户名或者密码错误,请重新输入!”对话框.如果信息正确,登陆成功.

3.2 参数测试采集模块

参数测试采集模块主要包括设备通讯模块, TDR 参数配置模块和数据采集模块.

3.2.1 设备通信模块 确保计算机和示波器之间通讯正常的情况下,才可以发送控制指令完成相应的操作.利用 LabVIEW 中提供的一组 VISA 函数,可以直接将仪器指令发送到仪器,完成数据的编码、数据的打包及读写数据缓存等操作.首先由 VISA 资源名称来获取测试的 GPIB 地址,接着通过 VISA 打开 VI,建立设备和 LabVIEW 的连接.然后通过 VISA 写入 VI 将指令字符发送到指定的仪器或设备,测试仪器根据指令字符完成相应的操作.如果需要将测试数据返回到计算机中,使用 VISA 读取 VI.此 VI 将测试仪器存储器中的数据根据指令的要求全部或部分返回到计算机中.当一个完整的测试命令运行结束后,必须将打开的 VISA 资源名通过 VISA 关闭 VI 关闭当前打开的端口. VISA 函数是 NI 公司开发的一种驱动软件体系结构,只要测试仪器中安装 NI 公司的插件,就能实现计算机与仪器之间的通信,而不需要考虑在仪器与计算机之间再建立一种新的通信机制,利用 VISA 函数实现仪器与计算机的通信,更加安全可靠,不会出现数据丢失的现象^[3].

设备通信时,会出现通信不畅现象,为提高测试软件的工作效率,进行相应的错误机制处理.通过获取 VISA 的错误簇,根据其错误状态、错误码来识别导致异常的原因,并根据错误原因,向使用者提供异常的解决方法.当出现 VISA 读写,会话丢失等通信异常时,可通过重启出现异常的 VISA 端口来快速恢

复通信.根据通信异常发生时用户所操作的前面板,来定位出现异常的 VISA 端口.然后关闭该 VISA 端口,以清理本次会话所使用的 VISA 资源.

3.2.1 TDR 参数配置模块 在高速电路板某个通道的上升时间检测过程中,需要利用示波器 DSA8200 的 TDR 模块.测试过程中, TDR 模块发送上升时间为 29 ps 的标准快沿信号,为待测高速电路板提供信号的输入,因此需要对 TDR 模块进行差分信号、极性、内部时钟频率等参数的设置.

3.2.3 数据采集模块 当发出的快沿信号通过高速电路板后,利用示波器 DSA71254C 内的测量模块对其通过高速电路板某通道的上升时间的信号进行 A/D 转换,信号变成数字形式存入示波器的存储器中,微处理器对存储器中的数字化波形进行相应的处理.由于示波器采集到的点数只是采样原信号的少量点数,为了很好的恢复和重建信号,对采样信号进行正弦插值运算,并最终将波形显示在显示屏上,完成波形数据的采集.然后将测试到的数据和图形以约定格式的数据包传递给计算机.数据采集模块的部分程序框图如图 4 所示.

3.3 数据处理功能模块

3.3.1 数据处理及显示模块 计算机接收示波器传输过来的数据并对数据进行解析和处理.示波器 DSA71254C 在完成波形重建后,其微处理器就会计算出上升时间的值并将其以字符串的形式保存在存储器中.计算机通过 VISA 读取 VI 将示波器存储器中的数据读取过来,然后按照公式(1)公式(2)对数据运算,计算出经过补偿处理的上升时间的值,然后和合格范围内的上升时间的值进行对比,判断待测加载板的上升时间值是否合格,并将测试结果显示在测试软件的前面板上.

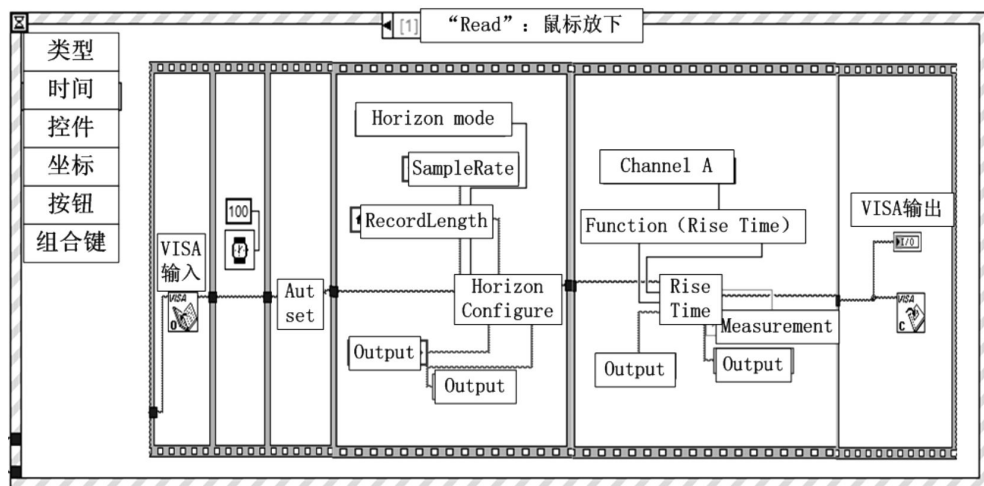


图 4 数据采集模块程序图

Fig.4 The program graph of data acquisition module

3.3.2 数据存储模块 数据存储模块将计算机每次测试的结果实时送入数据库中保存,采用数据库访问工具包 LabSQL 来实现 LabVIEW 软件和 ACCESS 数据库之间的数据传输,LabSQL 将复杂的底层 ADO 及 SQL 操作封装成一系列的 LabSQL VIs。使用 SQL 命令如:“Select”、“Insert”、“Update”、“Create”可实现获取查询数据库、插入数据库、更新数据库、创建数据库等操作^[4]。使用 SQL 语言不仅简单方便,且源代码是开放和全面免费的。

3.3.3 数据打印模块 使用时间越长,保存在数据库表的数据会越多,但并不是每次测试出来的数据都是用户需要的,用户需要根据实际需求打印出在何时测量的那块高速电路板的那条通道。先通过 SQL 的查询命令将相应的数据显示在测试软件前面板的表格控件中,并不是直接在 LabVIEW 软件中打印数据,而是使用 ReportGeneration 工具包中的打印 VI 将测试数据导入到 Microsoft Office Excel 中。该打印 VI 放入程序框图时会出现配置对话框,将提前利用 EXCEL 制作的模版文件(.xlt 文件)导入,再根据具体需要设置其参数。将该 VI 的接线端子和表格控件中相应的数据名称连接到一起,就可以将查询到的数据保存到 EXCEL 表格中。

3.4 软件设计完成

完成各个子模块的设计后,将所有子模块进行整合,设计出人机交互界面,此界面的设计遵循:面向用户的原则,简明性原则和一致性原则。高速电路板测试软件的前面板如图 5 所示。

图5 测试软件的前面板

Fig.5 The front panel of the test software

4 现场调试

完成测试软件的设计后,开始进行对测试软件的调试,对其进行排错、修改和扩充,验证其功能是否能按照要求准确实现。

该测试软件的最终使用者是现场测试的技术人员,在经过对软件使用流程进行简单讲解和培训后,用户可以按照测试软件和测试仪器的使用说明书完成测试仪器和电缆的接线,并自主的完成整个测控系统的调试工作。

从测试结果来看,高速电路板的测试现场如图 6 所示。测试软件可以实时完成测试仪器的控制,并将测试数据和示波器显示的波形传回到计算机。在对同一高速电路板同一通道的多次测试中,得到的最大偏差不超过 1%,符合设计需求的测试范围。测试结果如表 1 所示。

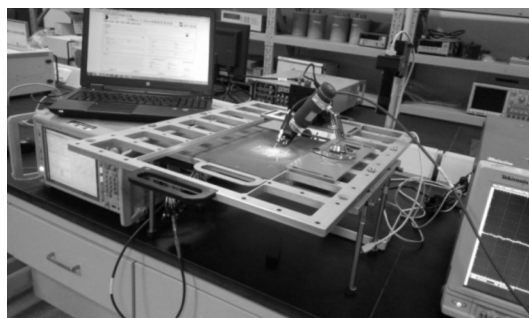


图6 高速电路板的测试现场

Fig.6 The test field of high-speed circuit board

表1 测试结果

Tab.1 The result of test

通道号	上升时间/ps	测试时间	测试人员	过程信息
通道 1	38.36	2015/1/8	** 工程师	无错误
通道 1	38.06	2015/1/8	** 工程师	无错误
通道 1	38.89	2015/1/8	** 工程师	无错误
通道 1	39.58	2015/1/8	** 工程师	无错误
通道 1	38.24	2015/1/8	** 工程师	无错误

相比原来的人工操作仪器和人工抄录测试数据,使用高速电路板自动测试系统以来,提高了生产效率,降低劳动强度,表 2 为两种测试方式的对比。

表2 自动测试和人工测试对比

Tab.2 The comparison of automatic test and manual test

选项	人工操作	测试系统操作
工作人员	两人	一人
测试时间/min	20	5
记录方式	人工抄录	自动生成
出错率/%	8	0.5

5 结 语

高速电路板自动测试系统除了应用于高速电路板上升时间的测量外,经过简单扩展后,还可以测量误码率、信号衰减和电压峰峰值等参数,具有测试流程清晰、模块化设计、数据采集存储灵活、扩展方便等优点,在工程和实验测量中与传统测试方式相比较优势明显,实现了“软件就是仪器”的理念^[5]。通过在 709 研究所稳定运行半年表明:该测试系统稳定可靠、测试简单,对于自动测试的研究有较大的借鉴意义。

致 谢

在研究过程中,中国船舶集团第 709 研究所提供了实验场地和实验设备,在此表示衷心的感谢!

参考文献

- [1] 毛义梅, 张晶. 基于 GPIB 接口总线的虚拟仪器设计[J]. 仪器仪表学报, 2001, 22(4): 281-282.
MAO Yimei, Zhang Jing. The design of virtual instrument with GPIB interface[J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2001, 22(4): 281-282. (in Chinese)

- [2] 张金, 王伯雄. 基于 LabVIEW 的 GPIB 总线独立仪器集成测试平台[J]. 仪器技术与传感器, 2010(9): 14-15.
ZHANG Jin, WANG Boxiong. The integration testing platform based on LabVIEW GPIB bus independent instrument[J]. Instrument Technique and Sensor, 2010(9): 14-15. (in Chinese)
- [3] 袁云. 基于 LabVIEW 环境的 VCM 测控系统研究[D]. 武汉: 武汉工程大学, 2013: 51-55.
YUAN Yun. Research on measurement and control system of the VCM based on LabVIEW[D]. Wuhan: Wuhan Institute of Technology, 2013: 51-55. (in Chinese)
- [4] 尹技虎, 王峰. 基于 LabSQL 的 LabVIEW 数据库访问技术[J]. 仪表技术, 2011(4): 55-56.
YIN Jihu, WANG Feng. The LabVIEW database access technology based on LabSQL [J]. Instrumentation Technology, 2011(4): 55-57. (in Chinese)
- [5] 沈月伟. 基于 Labview 的数字电路板板级自动测试系统的研制[D]. 西安: 西安科技大学, 2009: 23-28.
SHEN Yuewang. The design of digital circuit automatic testing system at board level based on LabVIEW [D]. Xi'an: Xi'an University of Science and Technology, 2009: 23-28. (in Chinese)

Design of automatic test system for testing the rise time of high-speed circuit board

LIU Xiang-ming, CHENG Jin-peng, JIN Wei, LU Chun

School of Mechanical and Electrical Engineering, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430205, China;

Abstract: High-speed circuit board has been widely applied in various electronic equipment, the rise time of which is an important parameter to measure its performance. To measure the rise time of High-speed circuit board, multiple types of instruments were used to accomplish series of tasks, including signal sending, date recording, date storing and analyzing. The traditional measuring method adopts manual control instrument to transcribe data, which resulted in low quality and inefficiency and is affected easily by artificial factors. As a consequence, the testing process is difficult to control accurately. Therefore, we designed an automatic test system for measuring the rise time of high-speed circuit board. Based on virtual instrument technology, general-purpose interface bus was used to realize the data communication between the programmable instrument and personal computer. Then, the testing software was compiled by graphical programming language of LabVIEW. Finally, the purpose of designing a controllable automatic test system was achieved. In the process of testing, test data display in the control interface of the testing software. Meanwhile, the testing results are saved in database for the later analysis, thus the functions of testing instrument are greatly extended.

Keywords: rise time; virtual instrument; general-purpose interface bus; autosave

本文编辑: 陈小平