

# 开关电源自动化测试系统的设计与实现<sup>①</sup>

梁 嫣 郑正奇 (华东师范大学 信息学院电子科学系 上海 200241)

张晶 (美国国家仪器有限公司 上海 201203)

**摘 要:** 按照以软件为核心的模块化系统构架, 设计并实现了新一代开关电源自动化测试系统。该系统能自动完成开关电源功能测试, 并能存储测试结果、生成测试报表和进行统计过程分析。实际使用结果表明, 该系统较之传统的电源自动化测试系统具有开发周期短, 总体成本低, 测试吞吐量高, 扩展性好和升级容易等优点, 能够很好地满足客户的要求。

**关键词:** 以软件为核心; 自动化测试; 模块化仪器; 开关电源

## Design and Implementation of Switching Power Supply Automatic Test System

LIANG Yan, ZHENG Zheng-Qi (Department of Electronic Engineering, School of Information Science and Technology, East China Normal University, Shanghai 200241, China)

ZHANG Jing (National Instruments, Shanghai 201203, China)

**Abstract:** This paper designs and implements a new generation switching power supply automatic test system according to the module architecture of the software-as-the-core. The new system can complete the function test of switching power automatically, save the test results, generate test report and make the statistical process analysis. The result of actual use shows that compared with the traditional switching power automatic test system, the new system has the advantages like short development cycle, low total cost, high throughput, good expandability, easy-to-upgrade and so on. It can meet the customer's requirements well.

**Keywords:** software-as-the-core; automatic test; module instrument; switching power supply

开关电源自动化测试系统是电源行业生产制造部门必备的自动化测试系统。传统的开关电源自动化测试系统以 GPIB 卡控制多台传统仪器<sup>[1]</sup>, 完成自动化测试功能。整个系统受限于传统仪器功能, 不易扩展, 很难满足产品升级所带来的新的测试要求; 受限于 GPIB 总线速度, 很难实现并行测试和提高测试速度; 受限于封闭式的应用软件, 很难进行系统维护和二次开发。另外, 整个系统的硬件成本非常高, 开发周期非常长。为缩短开发周期、降低系统成本、提高测试效率、满足日益更新的测试需求, 本文根据以软件为核心的模块化系统构架重新设计了整个开关电源自动化测试系统, 并成功实现了该系统。

的一种自动化测试系统设计构架。它包括测试管理软件、测试开发软件、系统服务与驱动程序软件、处理总线平台和模块化 I/O 与仪器控制五个层次<sup>[2]</sup>, 如图 1 所示。



图 1 以软件为核心的模块化的系统构架

## 1 以软件为核心的模块化系统构架简介

以软件为核心的模块化系统构架是近年发展起来

以软件为核心的模块化系统构架能缩短自动化测

① 收稿时间:2009-05-20

试系统的开发时间、降低自动化测试系统的总体成本、为自动化测试系统提供更大的灵活性<sup>[3]</sup>。

## 2 电源自动化系统的设计与实现

### 2.1 系统功能需求

根据用户需求，该系统应有如下功能：

(1) 覆盖所有需要测试的功能，如表 1 所示：

表 1 测试功能需求表

输出性能测试	输入特性测试	调整测试	时序测试
直流电压	浪涌电流	电压调整	开机时序
直流电流	输入电流	电流调整	关机时序
纹波	输入功率	交叉调整	上升时间
噪声	功率因素	动态负载	下降时间
效率	电压谐波		保持时间
	电流谐波		逻辑时序
	输入电压缓升/ 降测试		
	输入频率缓升/ 降测试		

(2) 测试项目编辑功能，可以根据不同的测试需求增加或删除测试项。

(3) 测试数据存储功能，把测试数据自动存入数据库。

(4) 测试报表生成功能，根据需要自动生成测试报表。

(5) 用户管理功能，根据不同用户授予不同权限。

(6) 灵活系统构架，根据实际需求增加或删除仪器设备。

(7) 数据统计和分析功能，能计算出 Cpk，绘制出控制图。

### 2.2 硬件设计与实现

#### 2.2.1 系统总线选择

系统总线是系统硬件构架的核心，它决定了数据传输速度，直接影响系统的测试效率。

常见的总线有 GPIB、USB、Ethernet/LAN/LXI、PXI 和 PXI Express，其带宽和传输延迟比较如图 2 所示：

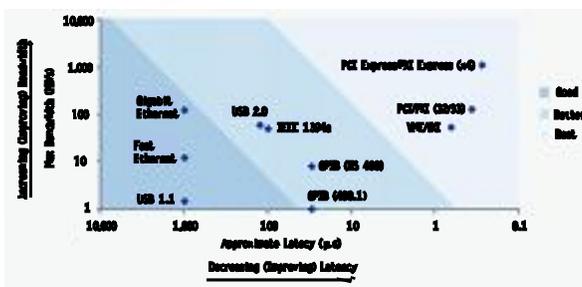


图 2 常见总线带宽和传输延迟比较

PXI Express 总线具有最大的带宽和最低的传输延迟。PXI 总线具有很高的带宽和很低的传输延迟。考虑 PXI 总线的模块化仪器大大多于 PXI Express 总线，本文将选择 PXI 作为系统总线。

#### 2.2.2 PXI 总线介绍

PXI<sup>[4]</sup> (PCI eXtensions for Instrumentation, 面向仪器系统的 PCI 扩展) 是一种坚固的基于 PC 的测量和自动化平台。PXI 结合了 PCI 的电气总线特性与 CompactPCI 的坚固性、模块化及 Eurocard 机械封装的特性，并增加了专门的同步总线和主要软件特性。这使它成为测量和自动化系统的高性能、低成本运载平台。这些系统可用于诸如制造测试、军事和航空、机器监控、汽车生产及工业测试等各种领域中。

PXI 在 1997 年完成开发，并在 1998 年正式推出，它是为了满足日益增加的对复杂仪器系统的需求而推出的一种开放式工业标准。

#### 2.2.3 硬件系统构架

本系统使用的硬件如表 2 所示：

表 2 开关电源自动化测试系统硬件

名称	型号	总线类型	功能
PXI 控制器	PXI-8110	PXI	系统控制器
PXI 机箱	PXI-1042	PXI	机箱
8 通道数字化仪	PXI-5105	PXI	时序测量
6 位半万用表	PXI-4070	PXI	电压电流测量
DIO 控制卡	PXI-6512	PXI	IO 控制
电子负载	63303	GPIB	提供负载
程控交流电源	6530	GPIB	提供交流电源
交流分析仪	6630-1D	GPIB	功率测量

测量硬件选用基于 PXI 总线的模块化仪器，功率硬件选用基于 GPIB 总线的传统仪器。PXI 总线与 GPIB 总线一起构建以 PXI 总线为核心的混合总线系统。这样的总线系统既具有 PXI 总线的优点，又能利用具有大功率优势的传统仪器。整个系统的硬件构架如图 3 所示。

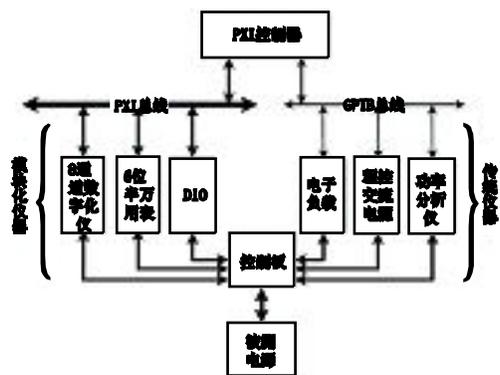


图 3 硬件构架

### 2.3 软件设计与实现

#### 2.3.1 软件开发平台简介

TestStand<sup>[5]</sup>是美国国家仪器有限公司的一款用于测试序列开发、管理和执行的测试管理软件。它将通用测试执行任务(如报告生成)与专用测试任务(如执行某项测试)相分离,为执行环境定制、报告生成、数据库记录和操作者界面等功能提供了所必需的工具。

LabVIEW 是美国国家仪器有限公司的一款图形化的编程语言,它广泛地被工业界、学术界和研究实验室所接受,视为一个标准的数据采集和仪器控制软件。它为数据采集,分析和表达提供了丰富的函数,可以方便快速地实现各种测量功能。

#### 2.3.2 软件构架

软件构架,如图 4 所示。整个系统的功能分为三个层次,最底层是硬件驱动层,主要负责仪器控制和数据采集;中间层是测试功能层,在 LabVIEW 下进行数据处理,获得测试要求中的参数,完成测试功能开发;最高层是测试管理层,在 TestStand 下开发测试系统构架,集成 LabVIEW 下开发的测试功能,实现通用测试功能,如测试报表等。



图 4 软件构架

这三个层次完全独立,具有最小的耦合性,可以进行并行开发。测试功能层不用关心底层硬件是什么以及数据从哪个具体的仪器中来,只需专注于数据处理和分析;测试管理层不用关心测试功能如何实现,只需专注于测试序列和测试构架的设计与实现。

当有增加/删减测试功能的需求时,只需要增加/删减相应的仪器、仪器驱动和测试功能并调整测试序列即可,并不需要对整个测试软件做较大的修改,具有很强的灵活性。

#### 2.3.3 系统界面

本系统界面设计简洁、友好,适合生产线操作人员使用,如图 5 所示:



图 5 电源自动化系统测试界面

## 3 试验结果

### 3.1 开发时间

本系统从设计开发到调试完毕仅用了 2 人 2 周的时间大大低于现有商业开关电源自动化测试系统的开发时间。

### 3.2 测试时间

本系统在生产线上与用户现有的商业开关电源自动化测试系统作对比。表 3 是 100 次测试时间平均值对比,从表中可以看出,本系统总体测试时间比成熟的商业系统提升 15.38%;时序测试部分采用了高带宽的模块化仪器,测试时间提升 52.5%;调整测试和动态测试,由于需要反复控制传统仪器并且商业系统已使用了底层函数对仪器控制进行了优化,所以本系统的速度比商业系统慢。

表 3 测试时间对比

测试项	本系统(秒)	商业系统(秒)
输入输出测试	3.637	4.5
开机时序重载	4.67	8.63
关机时序重载		2.69
开机时序轻载	4.89	6.15
关机时序轻载		2.64
调整测试重载	3.198	5.83
调整测试中载	2.307	
调整测试轻载	2.307	
动态测试 5V	3.505	2.25
动态测试 3.3V	3.464	2.25
动态测试 12V	3.441	2.19
总计	31.419	37.13
速度提升	15.38%	

### 3.3 测试精度

表 4 是 100 次调整测试的测试结果平均值对比, (下转第 114 页)

(上接第 125 页)

由表中可以看出,本系统的测试精度与商业系统的误差在 0.2%以内,完全满足用户测试需求。

表 4 调整测试

被测信号	本系统(V)	商业系统(V)	误差(V)
5V	5.091	5.078	0.013
3.3V	3.295	3.288	0.007
12V1	12.134	12.118	0.016
12V2	12.122	12.131	0.009
5VSB	4.924	4.914	0.01
-12V	-12.117	-12.131	0.014

## 4 结语

本文按照“以软件为核心的模块化系统构架”设计并实现了开关电源自动化测试系统。实验表明,基

于该构架的系统较之传统的系统具有开发周期短、测试速度快、测试精度高、总体成本低、维护方便和升级容易的特点,适合生产线自动化测试升级的需求。

## 参考文献

- 1 Maniktala S. 王志强译.精通开关电源设计.北京:人民邮电出版社, 2008.242-243.
- 2 徐赟.设计下一代自动化测试系统.今日电子, 2008,8: 58-61.
- 3 单祥茹.下一代自动化系统将以软件为核心.电子技术, 2008,7:122.
- 4 什么是PXI/CompactPCI——PXI技术指南.美国国家仪器有限公司, 2008.
- 5 什么是NI TestStand.美国国家仪器有限公司, 2008.