

文章编号: 1672-2892(2010)03-0345-04

## 脉冲雷达高度表通用测试设备的设计

刘振吉, 高世鹰, 冉启友

(中国工程物理研究院 电子工程研究所, 四川 绵阳 621900)

**摘要:** 利用虚拟仪器技术可提高测试系统的灵活性和可扩展性。文中介绍了一种脉冲雷达高度表的通用测试设备的设计方法, 以计算机和标准仪器为硬件平台, 通过 Visual C++调用 LabVIEW 编写的控制标准仪器的动态库函数, 可以对脉冲雷达高度表的工作电压、发射频率、接收频率、动作灵敏度、发射功率等参数进行测量。通过 Visual C++编写的界面程序可直接显示、打印、存储测量结果, 可供以后查询。利用参数化设计技术和数据库建模知识, 通过在参数表中增加记录和升级动态库函数可以方便地用该测试设备测试其他的脉冲雷达高度表。

**关键词:** 雷达高度表; 通用测试设备; 虚拟仪器; 参数化设计技术

**中图分类号:** TN95; TP274

**文献标识码:** A

## Design of universal test equipment of pulse radar altimeter

LIU Zhen-ji, GAO Shi-ying, RAN Qi-you

(Institute of Electronic Engineering, China Academy of Engineering Physics, Mianyang Sichuan 621900, China)

**Abstract:** Virtual instrument technology can improve flexibility and expansibility of test system. A design method of universal test equipment for pulse radar altimeter is introduced in this paper. Based on computer and standard instruments, by using Dynamic Link Library(DLL) of standard instruments control built by LabVIEW via Visual C++, the parameters of pulse radar altimeter such as working voltage, transmitting frequency, receiving frequency, movement sensitivity and transmitting power can be tested, displayed, printed and stored. The test results can be queried in the future. By increasing notes in parameter list and upgrading DLL, it is convenient to measure other types of pulse radar altimeter with this test equipment using parametric design and database modeling technology.

**Key words:** radar altimeter; universal test equipment; virtual instrument; parametric design technology

脉冲雷达高度表是一种技术复杂的常用电子测高设备, 由于具有测高准确度高、实时性好的特点, 使其在军事、航空等领域的电子系统中得到了广泛应用。为保障脉冲雷达高度表的测高数据准确可靠, 就必须对其进行定期检定和测试, 以便及时发现问题, 排除故障。由于雷达高度表采用的设计技术较为复杂, 其关键参数的检测以往主要依靠技术人员借助标准仪器和自制单检设备来完成。这种检测方法手动操作多, 自动化程度不高, 检测周期长, 通用化程度低, 检测结果的准确性依赖于操作人员的技术水平、责任心和工作经验等。由于标准仪器的功能缺乏灵活性, 很难满足不断变化的测试任务的需求, 随着自动化测试技术的发展, 虚拟仪器技术得到了很快发展。虚拟仪器是利用计算机的显示器来模拟传统仪器的控制面板, 以多种形式表达输出测量结果, 利用I/O接口设备完成信号的采集测量, 用户只需改变软件程序或软件模块的组合, 就可以不断扩展和增强测试和分析功能<sup>[1-2]</sup>。目前相关部门也着手研制了一些雷达高度表的自动化测试设备<sup>[3-5]</sup>, 但是这些设备往往只能测一种型号的雷达高度表, 通用性和可扩展性差。因为不同型号的脉冲雷达高度表的参数类别基本一致, 主要是指标要求方面存在差异, 所以本文提出了一种基于虚拟仪器技术和参数化设计技术的脉冲雷达高度表通用自动化测试设备的设计方法。

### 1 通用测试设备的硬件架构设计

为了测试脉冲雷达高度表的灵敏度、发射频率、接收中心频率、发射脉冲功率以及平均脉冲重复周期等参数,

通用测试设备需要配套相关的标准仪器,根据被测参数的指标范围来选择相关标准仪器。

通用测试设备的硬件包括计算机、程控直流稳压电源、信号源、功率计、频谱分析仪、示波器、通用微波测试信号转接器(集成了环行器、衰减器和定向耦合器的功能)、PCI-1760 数字 I/O 卡、专用测试电缆、高频电缆、GPIB(General Purpose Interface Bus)电缆、GPIB-USB-HS 控制器,如图 1 所示。

不同型号的脉冲雷达高度表连接天线的高频接口一般是标准的,但是其他电气接口(如供电、检测信号、终端输出等)往往不同,接插件的型号也不一定相同。在硬件的通用化设计方面除了专用测试电缆是与被测脉冲雷达高度表一一对应的,通用测试设备的其他硬件组成部分是不变的。

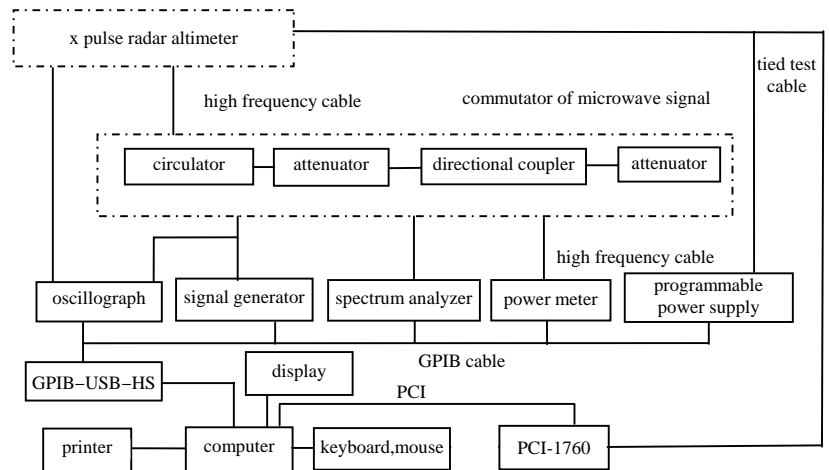


Fig.1 Hardware frame of universal test equipment of pulse radar altimeter  
图 1 脉冲雷达高度表通用测试设备硬件组成框图

## 2 通用测试设备的软件设计

### 2.1 软件总体结构

通用测试设备软件采用了参数化设计、数据库和虚拟仪器技术,操作系统采用Windows 2000,代码实现采用Visual C++语言和LabVIEW混合编程,数据库采用Access 2000。主控软件用Visual C++开发,对PCI-1760I/O 卡的控制通过Visual C++调用PCI插卡的驱动程序来完成,对示波器、信号源、频谱分析仪、功率计和程控直流稳压电源的控制通过LabVIEW编程来实现。根据参数化设计技术,将雷达高度表的参数测试功能进行数学建模,建立了通用的数学模型,通过在数据库中设计了相关的参数表对数学模型进行了描述。对测试雷达高度表不同参数的功能模块用LabVIEW封装成不同的动态库函数,提供给Visual C++调用<sup>[6]</sup>。通用测试设备的软件结构及接口关系框图见图2。

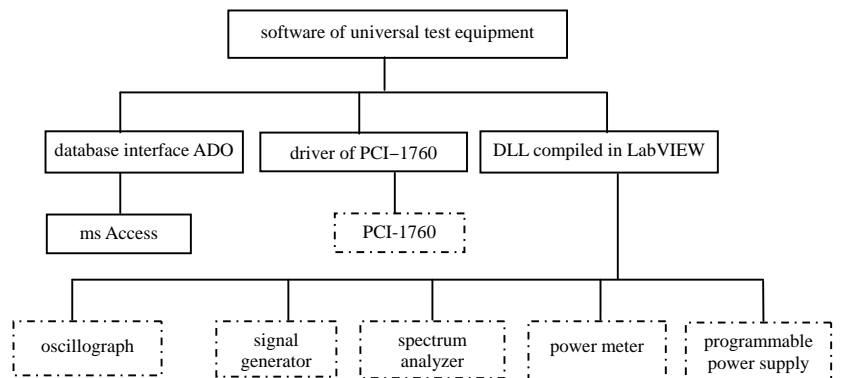


Fig.2 Software frame of universal test equipment of pulse radar altimeter  
图 2 脉冲雷达高度表通用测试设备软件结构框图

### 2.2 软件功能模块

基于虚拟仪器技术的通用测试设备在软件功能上划分为用户信息管理、用户口令修改、仪器设备管理、雷达高度表信息、参数测试及存储、历史数据查询打印和在线帮助等模块,其功能模块框图见图3。

下面主要介绍仪器设备管理和参数测试及存储2个功能模块。

#### 2.2.1 仪器设备管理

仪器设备的相关信息及其在通用测试设备中的GPIB地址要存放在数据库中,在通用测试设备软件运行时要根据相关信息进行设备自检和控制,如果仪器访问不成功要给出提示信息。在GPIB总线上所有仪器必须

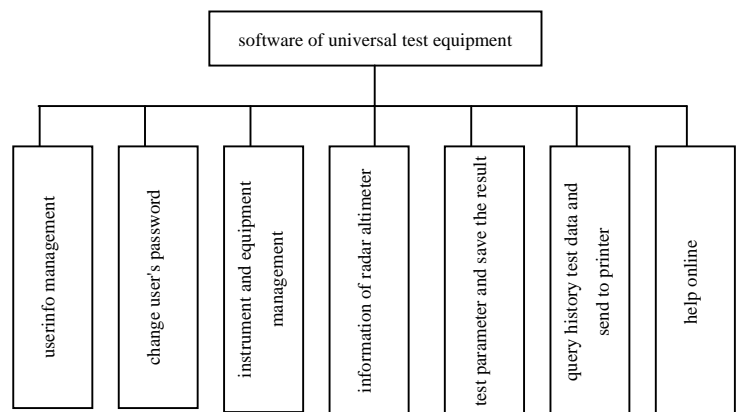


Fig.3 Software function frame of universal test equipment of pulse radar altimeter  
图 3 脉冲雷达高度表通用测试设备软件功能框图

具有各不相同的仪器地址，否则无法正确访问，仪器地址是在硬件上设定的，设置仪器地址的方法有两种：一种是通过拨动仪器内部或后面的开关进行设置；另一种是通过菜单选择来设置 GPIB 地址<sup>[7-9]</sup>。

### 2.2.2 参数测试及存储

该模块执行时根据测试参数表的相关记录调用相应的 LabVIEW 封装的动态库函数完成相关参数的测试，或者根据参数计算表的相关记录进行计算得到相应的计算参数。计算参数不需要直接测试而是通过其他的参数测量结果进行处理后得到，例如雷达高度表的收发频率差就是通过测试得到的接收频率和发射频率相减得到。该模块能将测试或计算结果、合格范围以及是否合格等信息直接显示在屏幕上供查看和打印，也可以存储下来供以后查询和打印。

### 2.3 LabVIEW 封装动态库及其调用

从编程的可扩展性考虑，LabVIEW 封装的动态库中的函数名称与测试参数表中的方法号相对应，命名规则是由 Lab\_GetParaNum 和一个整数组成，目前版本的动态库中定义了 200 个虚函数。用 LabVIEW 仪器 I/O 助手编写控制标准仪器的功能模块程序时，在 LabVIEW 的 Build Specifications 中选择 Shared Library (DLL (Dynamic Link Library))，函数设置为 Lab\_GetParaNum1~Lab\_GetParaNum200 中的某具体值，还可对 DLL 的输出路径等进行设置。

根据雷达高度表某个参数的测试流程，在仪器 I/O 助手里，首先选择要通信的目标仪器和定义基本的连接参数；然后向仪器发送查询命令，读回仪器的响应结果。在编写 LabVIEW 程序时一定要定义 Connector (连接器)，即定义参数形式和接口，使 LabVIEW 与 Visual C++ 能互相进行通信。该参数的测试功能调试成功后，编译输出相关的 \*.dll, \*.lib 和 \*.h 文件。

在 Visual C++ 中调用 LabVIEW 封装的动态库函数时，需要在 Visual C++ 的工程中添加相关的 \*.h, \*.lib 文件以及 LabVIEW 中的 cintools 文件夹路径。如果要在脱离 LabVIEW 的环境下调用该 DLL，则需要保存 cintools 文件夹内容，并且安装与 LabVIEW 版本相匹配的 LabVIEW Run-time Engine<sup>[6]</sup>。

### 2.4 参数化设计及数据库实现

为实现测试设备的通用化，根据对脉冲雷达高度表需要测量的主要指标参数的分析，设计了产品信息表、测试参数表、动态库函数描述表和计算参数表。这 4 个数据表通过产品编号、型号为主键建立关联，数据表的结构描述详见表 1~表 4。

表 1 产品信息表结构描述

Table1 Structure of product information table

field name	data type	is null	explain
order	smallint	no	
productnum	char(20)	no	user definition
productname	char(30)	no	
manufactnum	char(20)	no	manufacturer definition
type	smallint	no	
manufacturer	char(20)	no	manufacturer definition
madetime	char(20)	no	manufacturer definition
remark	char(30)	yes	

要增加不同型号的脉冲雷达高度表为测试对象时，一方面根据该雷达高度表的电气接口设计一套相应的专用电缆；另一方面在测试参数表中增加该型号相关的测试参数记录，并升级 LabVIEW 动态库函数。

### 2.5 参数测量流程

在进行参数测试时通过产品编号在产品信息表中找到对应的雷达高度表型号后，在测试参数表中找到该型号对应的参数记录，逐条调用相应的 LabVIEW 动态库函数即可得到参数的测量值，然后在计算参数表中找到该型号对应的参数记录，逐条计算出结果。最后将参数测量值和是否合格的结果显示在屏幕上，可供用户打印、存储。具体的参数测量设计流程见图 4。

表 2 测试参数表结构描述

Table2 Structure of test parameter table

field name	data type	is null	explain
type	smallint	no	user definition
order	smallint	no	
paraname	char(30)	no	
minvalue	float	yes	
maxvalue	float	yes	
metricunit	char(10)	yes	
methodnum	smallint	no	DLL function compiled in LabVIEW
remark	char(30)	yes	

表 3 动态库函数描述表结构描述

Table3 Structure of DLL function describe table

field name	data type	is null	explain
methodnum	smallint	no	1-200
functionname	char(20)	no	Lab_GetParaNum1~Lab_GetParaNum200
describe	char(50)	yes	introduction of the function

表 4 计算参数表结构描述

Table4 Structure of calculate parameter table

field name	data type	is null	explain
type	smallint	no	manufacturer definition
order	smallint	no	
paraname	char(30)	no	
minvalue	float	yes	
maxvalue	float	yes	
metricunit	char(10)	yes	
paraorder1	smallint	no	order of same type of parameter table
paraorder2	smallint	yes	order of same type of parameter table
relatinnnum	smallint	no	correlation of two parameters
remark	char(30)	yes	

### 3 应用实例分析

将通用测试设备用于某脉冲雷达高度表的单检测试,首先根据此雷达高度表的电气接口设计生产了专用于该雷达高度表的测试电缆,然后根据该雷达高度表需要测量的主要参数情况,在测试参数表和计算参数表中增加相应记录,并编写与测试参数表中新增记录相关的 LabVIEW 动态库函数,在实现功能时也参考了一些提高测试准确性的算法<sup>[10]</sup>。由于主要测试工作都是软件自动完成,用通用测试设备完成该雷达高度表的测试只需 5 min。针对同一类型的雷达高度表,以前由较熟练的技术人员借助标准仪器和自制单检设备来完成测试及数据记录需要 15 min 左右。测试数据方面,通过多次测试对比,发现用通用测试设备得到的测试数据一致性较好,主要原因就是自动化测试引入的人为因素少。

### 4 结论

基于虚拟仪器技术的脉冲雷达高度表通用测试设备设计方法,可扩展性强,较好地体现了软件就是仪器的虚拟仪器设计技术,对其他类型的测试设备研制提供了一种较好的参考方法。采用通用测试设备可减轻用户的工作强度,提高测试工作效率,不会因人为因素影响测试结果的准确性。在研究过程中也发现了一个问题,就是雷达高度表的有些参数如动作灵敏度测试过程比较复杂,用 LabVIEW 封装的动态库函数执行时间相对较长,因为是独占 CPU 运行,所以主控软件会有一段时间表现为不响应。尽管这一问题不影响通用测试设备的正常使用,仍可以通过进一步优化软件设计,完善数学模型加以改进。

#### 参考文献:

- [1] 季韶红,盛立峰,侯天伟. 虚拟仪器的构成与发展[J]. 吉林广播电视大学学报, 2008(2):119-121.
- [2] 梁虹,吴瑞金,果占治,等. 基于虚拟仪器的直升机电源综合测试系统[J]. 信息与电子工程, 2007,5(1):30-34.
- [3] 张剑,张新勤,任伟,等. 基于虚拟仪器的舰载某型雷达测试系统的实现[J]. 计算机测量与控制, 2008,16(3):346-348.
- [4] 张明. 测高雷达自动化测试系统开发研究[D]. 绵阳:中国工程物理研究院, 2008.
- [5] 曾峦,王元钦,马宏. 雷达高度表检测系统的研制[J]. 计算机测量与控制, 2004,12(5):46-48.
- [6] 高世鹰,刘振吉. 基于 VC++ 6.0 的 GPIB 仪器控制实现方法[J]. 电子测试, 2008(10):51-54.
- [7] 陈健,王莹. LabVIEW 中多台 GPIB 接口仪器实现波形和数据采样技术[J]. 机床与液压, 2005(5):116-118.
- [8] 罗军,袁扬,廖俊必. 基于 LabVIEW 的泰克示波器与计算机的通信[J]. 计算机工程与设计, 2009,30(2):249-252.
- [9] 吕继宇,张华春,阴和俊. 基于 LabVIEW 的频谱仪控制系统设计[J]. 测试技术学报, 2005,19(4):75-80.
- [10] 张九才,杨显志,王文祥,等. 提高微波频率测量精度的方法[J]. 中国测试技术, 2006,32(2):6-9.

#### 作者简介:



刘振吉(1974-),男,山东省潍坊市人,硕士,副研究员,主要研究方向为自动化测试系统的研究与应用.email:iwillbetter518@163.com.

高世鹰(1981-),女,四川省安县人,硕士,主要研究方向为测试设备。

冉启友(1964-),男,重庆酉阳县人,学士,高级工程师,主要研究方向为微波技术。

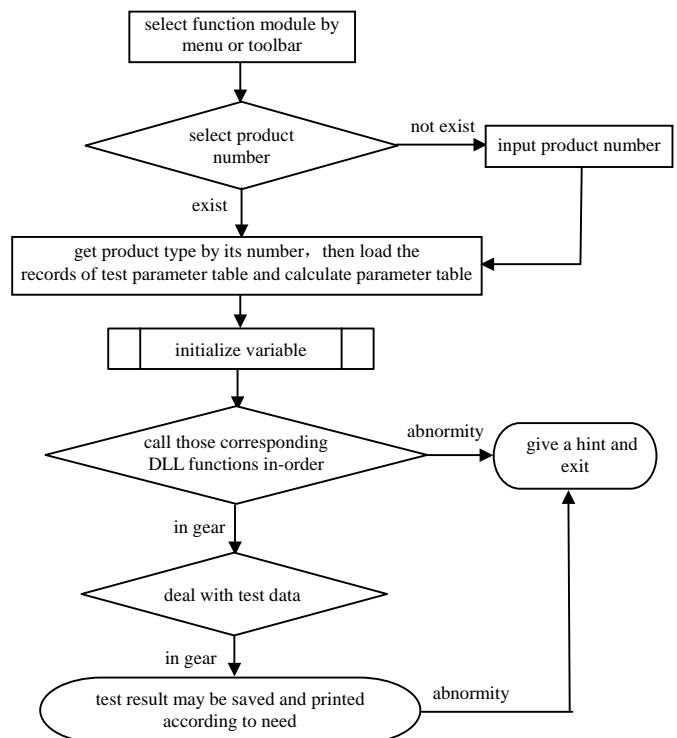


Fig.4 Test flow of pulse radar altimeter  
图4 脉冲雷达高度表测量流程框图