

文章编号:1000-582X(2002)04-0006-05

# 虚拟式多通道温度测试仪\*

万相奎,秦树人,尹爱军

(重庆大学机械学院测试中心,重庆 400044)

**摘要:**介绍了温度测试的现状和新兴的虚拟仪器技术,探讨了将虚拟仪器技术应用于温度测试领域的方法,结合实例分别对虚拟式多通道温度测试仪的主控模块,通道设置模块,数据采集模块,分析模块,显示模块,存储模块以及其他辅助功能的设计和实现做了详细说明。实验表明本虚拟式温度测试仪测温响应时间短,测温范围宽,选择合适的传感器,可实现0~1000℃范围内测温,测温精度较高,既能实现在线分析又能实现离线处理。展示了虚拟仪器强大的生命力和温度测试的新方法,还展望了虚拟式温度测试仪的美好前景。

**关键词:**虚拟仪器技术;多通道;温度测试仪

**中图分类号:**T113

**文献标识码:**A

## 1 温度测试现状

温度是国际单位制中7个基本物理量之一。在工农业生产,国防和科研各部门,存在大量的温度测试问题。现有的温度测试仪器根据不同的测试对象和测温范围而有多种类型。常见的有热电偶测温仪,热电阻测温仪,膨胀测温仪及红外测温仪等等。这些硬件式温度仪都是把传感器输出的信号通过硬件化电路测量后用数码管显示出来,其基本结构如图1。

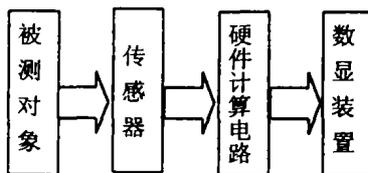


图1 传统硬件化温度仪结构图

传统硬件化温度仪的优点是测量稳定,操作简单。但若用户需要对某一段时间内的测试结果进行统计分析或计算平均测量值等,这些仪器便无能为力。随着用户对测量仪器个性化要求的不断提高,当前硬件化温度测试仪越来越显得不能满足需要,其缺点归纳起来,主要有:

1) 功能单一,只能显示数据,不能分析数据,也无

显示波形及打印波形等功能。

2) 存储容量小,不能存储实时测得的大量数据。

3) 单台仪器可同时测量的测点少甚至许多仪器不能同时测量多个测点,若要同时测量多个测点,只能同时使用多台仪器。

4) 功能较强的硬件化仪器价格昂贵,实现功能的电路复杂。

5) 不具开放性,用户参与性差,功能不能增减,难以升级,一旦过时其利用的价值将大大降低。

随着计算机技术的飞速发展,出现了基于计算机技术的虚拟仪器。虚拟仪器能克服传统仪器许多固有的缺点,正逐步在仪器制造和测试领域代替传统硬件式仪器<sup>[1]</sup>。虚拟式温度测试仪秉承虚拟仪器的优点从而能轻松且彻底地解决以上硬件化温度测试仪的不足。

## 2 虚拟仪器

虚拟仪器(Virtual Instrument)是将计算机资源(处理器,存储器,显示设备等)和传统仪器的部分硬件(A/D, D/A变换器,不同类型的传感器等)有效结合,充分利用计算机独具的运算、存储、回放、调用、显示以及文件管理等智能化功能,实现对采集数据进行数据分析、过程通信和实时处理的新一代高科技测试仪器。其基本结构为图2。

\* 收稿日期:2002-01-10

基金项目:国家自然科学基金资助项目(50135050)

作者简介:万相奎(1976-),男,湖北广水人,重庆大学硕士研究生。研究方向:智能测试与虚拟仪器技术。

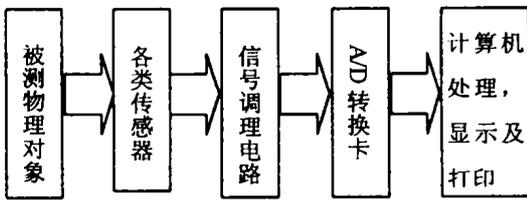


图 2 虚拟仪器结构简图

虚拟仪器技术是在计算机技术和现代测试技术深层次结合的基础上发展起来的一门新技术。它利用计算机强大的运算功能和存储能力,充分运用软件的作用来实现信号的在线采集,数据的实时显示,分析处理和打印输出等功能<sup>[2]</sup>。这样,构筑仪器的核心由传统仪器的硬件转移到了软件,由此有人提出了“软件即仪器”这样的观点。另外计算机友好的人机交互,方便快捷的即时在线帮助,强大图形处理能力更使得虚拟仪器如虎添翼。具体的说,虚拟仪器独特的优越性表现在:

1) 功能强大。由于虚拟仪器技术充分利用了计算机丰富资源,可在一台计算机内构建多台虚拟仪器,组成测试和分析能力极强的虚拟仪器库;也可对采集的大量数据做存储,分析,示波和打印。使用便携机,更可灵活用于各种情况,方便灵活。

2) 易扩展性。虚拟仪器可很容易通过软件实现功能扩展,更新换代简单。而传统仪器改造困难,一旦过时,基本上无利用价值,造成资源的浪费。

3) 经济美观。一台虚拟仪器可同时进行多通道测试,一台计算机能提供多台虚拟仪器。所以,虚拟仪器的性价比要远高于众多价格昂贵的硬件式仪器。同时,虚拟仪器的软件化仪器面板美观大方,充满个性。旋钮、开关、指示灯等控件的使用也模拟真实仪器,用户极易操作<sup>[3]</sup>。

4) 绿色特性。虚拟仪器只需要少量的硬件减少了资源和能源的消耗,从而极大减少了废弃仪器的处理,是 21 世纪典型的绿色产品。

正是基于以上诸多优点,虚拟仪器及其技术是当前许多机构研究的热点。国外的 HP 公司,美国国家仪器公司(NI 公司)等企业以及国内的重庆大学,哈尔滨工业大学等高校在这方面做了许多有益的探索和实践,分别研制出了自己各具风格的虚拟仪器系列产品,并已经得到推广。

### 3 虚拟式多通道温度测试仪的构建

#### 3.1 系统组成

整体来讲,虚拟式多通道温度测试仪由硬件和软

件两部分组成。硬件完成待测物理信号转换为数字信号以及提供软件运行环境和打印等功能,主要由温度传感器,调理电路板,32 路 A/D 卡以及 PC 机和打印设备组成。温度传感器把被测对象微弱的物理信号转换为电信号,经调理电路放大,滤波,转换成标准电压信号后,由 A/D 卡实现模数转换<sup>[4]</sup>,把数字信号送入 PC 机总线,由控制程序进行分析处理,最后打印输出需要的结果。软件是虚拟仪器的核心。虚拟式多通道温度测试仪利用微软公司的 VC++ 6.0 程序设计工具,采用面向对象程序设计方法和虚拟仪器技术,用软件实现该温度测试仪的整个通道设置,数据采集,数据分析,数据显示,数据存储功能及其它附加功能。下面结合实例来详细说明本仪器核心功能的虚拟化设计。

#### 3.2 虚拟化设计

传统硬件式温度测试仪器就其功能而言,一般只是对测试对象进行数据采集进而实时显示。而本文所设计的虚拟式多通道温度测试仪,其功能远多于此。在程序设计时,采用模块化思想,把整个系统划分为通道设置,数据采集、分析模块、显示模块,存储模块及辅助功能这几个模块,模块结构如图 3。

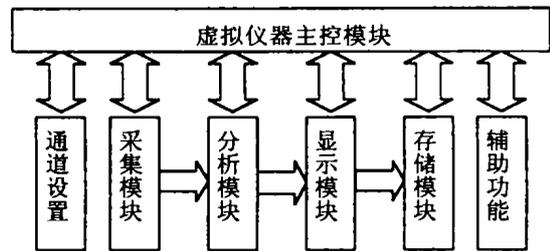


图 3 功能模块结构图

各模块内部分别完成确定的任务,模块之间相对独立而又通过系统的框架协议相互联系。

##### 3.2.1 虚拟仪器主控模块

为了使各模块之间按照系统的框架协议协调动作和相互通信,以及实现人机交互,我们设计了主控模块。

主控模块提供用户接口。在用户通过鼠标或键盘发出指令后,主控模块通过统一调度各功能模块实现用户意图。虚拟式多通道温度测试仪提供了类似于硬件仪器面板的形象逼真的仪器软面板,使得任何一个会操作硬件仪器的人也可毫不费力的操作虚拟仪器,实现两者之间的平滑过渡。

##### 3.2.2 通道设置模块

通道设置模块确定用哪些通道来测试以及被测对象的个数。虚拟式多通道温度测试仪具有 32 个测试

通道,采用单通道和多通道两种选择方式来对测试通道进行设置。当用户只需对某一个测点进行测试时,可用1~32个通道中的任意一个通道来测试,也可以用默认的方式让通道1来测试。当需要同时测试多个通道时,选择多通道旋扭。在多通道方式下,最多可同时显示4个通道的实时温度变化值和温度统计直方图。所以在进行测试前用户要先确定测试几个测点以及用哪几个通道来进行测试。本仪器采用对话框方式来设置多通道选择。例如当用户选择用2号和22号通道时,其界面如图4。

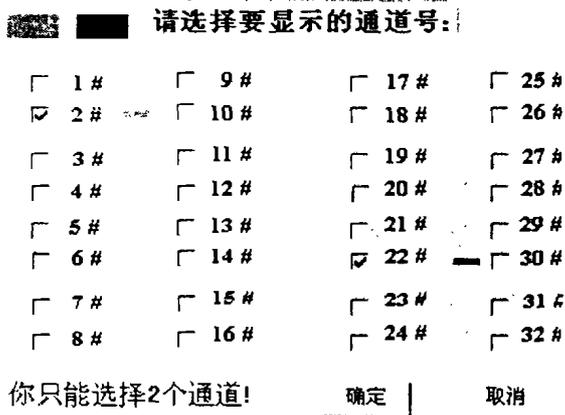


图4 双通道设置

用户只需要在对话框中相应通道处点击鼠标左键即可。点击“确定”按钮完成通道设置。

### 3.2.3 数据采集模块

数据采集模块实现从A/D卡中读取转化后的数字信号的功能。采样频率由用户根据被测对象的实际情况来自己设置。一般来讲,采样频率的设置应满足采样定理,即:  $f_s \geq 2f_{\max}$ , 其中  $f_s$  为采样频率,  $f_{\max}$  为信号的最高频率。由于本虚拟仪器用来测试的对象是温度,温度变化的频率相对来说比较缓慢,故通常也可设远大于2,如本测试仪一般采用  $f_s = 50f_{\max}$ , 这样,可以获得更为平滑的温度曲线和更准确的温度变化过程<sup>[5]</sup>。通过软件来对A/D卡进行分频,将不同的分频系数存到一静态数组中,动仪器面板上的频率控制滑块,根据滑块的不同位置决定A/D卡不同的采样频率。该频率在频率窗口中显示出来。进而实现了用户自由选择采样频率的功能。在软件设计的时候,我们根据所选用的采集卡的性能而采用了轮循查询采样的方法。通过提高采样频率来确保采样数据的完整性。这种方法思路简单,方便实用。对于温度这类低频信号而言,无论高性能采集卡还是适当的低性能采集卡,都一样可行,具

有通用性。

在数据采集的过程中,采用两种采样方式来满足用户的不同要求:

#### 1) 采集显示方式

采集显示方式是在采集之前设定好每个通道需要采集的点数,采集过程开始后,一边采集,一边对采集的数据进行实时处理,实时显示,不保存采集的数据和处理的结果。

采集显示方式可及时显示被测对象的当前情况,实时性强。但由于实时显示和处理进行的相当快,用户不易观察清楚具体的当前显示的数据值,同时它要求采样频率要远大于信号频率,以防数据处理时间过长,采样频率过低引起信号失真。当用户需对数据做详细分析时,可采用采集存盘方式把采得的数据存储,然后在离线状态下进行。

#### 2) 采集存盘方式

采集存盘方式也需要在开始采集之前设置好每个通道希望采集的点数。采集过程开始后,先把采集的数据放入数据缓冲区,等整个采集过程完成后,提示用户,用户将这些数据存入指定的文件,而不做任何处理和显示。这种采集方式对采样的频率要求没有采集显示方式的高。当用户需对采集的数据进行分析处理时,可在离线状态下用“回放”功能键调出数据来处理。

在实际的采集过程中,用户可根据实际情况和自己的需要来确定用哪一种采集方式。也可先用采集显示方式来查看采集的数据波形,依此来适当调整和设置适当的采样频率,最后用采集存盘方式来存储数据,为离线分析和进一步处理提供数据。

### 3.2.4 数据处理模块

虚拟仪器的一大突出优点是具有智能化,能根据用户的需要来对采集进来的数据进行分析、处理、优化和组合,形成新的具有新的实际物理意义的数据,最后以图形或其他形式提供给用户。所以数据的分析处理模块可以说是虚拟仪器的一大核心单元。针对本虚拟式多通道温度测试仪而言,主要对采集数据做出以下处理:

#### 1) 软件滤波

软件滤波用来剔除奇异数据。虚拟仪器的可使用范围极为广泛,其使用环境也可能各不相同。在外界干扰信号或电压信号不稳定时,传感器和调理电路可能会受到影响,产生明显不符合实际情况的奇异数据。在这种情况下,软件滤波功能自动将这些奇异数据滤掉,维持上一次的采样值不变。

#### 2) 报警判断

在采样之前,用户可在已选择的测温范围之内任意设定温度的上下限。当实际测温值高于或低于当前设定的温度上下界时,仪器会自动产生声音和图像报警信息,提示用户温度异常。

### 3) 统计处理

统计处理为后面的温度统计直方图显示做准备。它对每个通道采集进来的数据做新的组合计算,得到其对应的每个测点的温度概率分布情况。

综上所述,整个数据处理的流程如图 5。

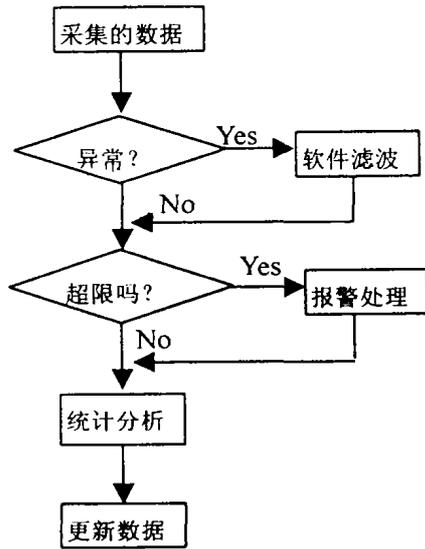


图 5 数据处理流程图

### 3.2.5 数据的显示、存储及打印

数据显示包括数据的数字显示,图形显示和统计显示这几种形式。数字显示类似于硬件式仪器的数码管。本仪器的当前温度,平均温度以及温度偏差等均采用这种显示方式。为了更形象、直观地表达当前温度,

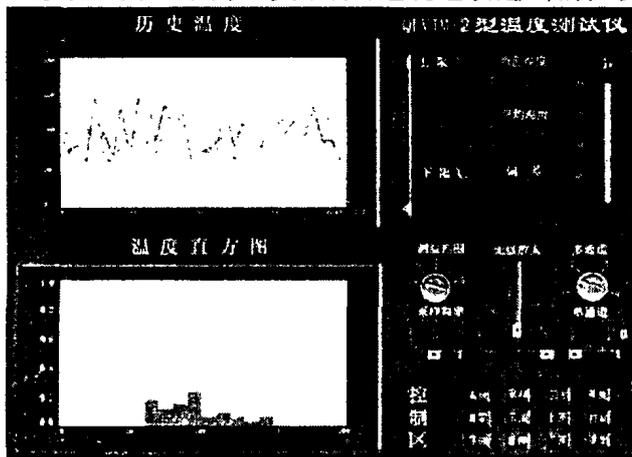


图 6 测温仪 4 通道回放界面

我们在设计中还采用了传统的温度计显示来图形化表达当前温度。温度直方图显示方式从统计学角度来描绘了当前各通道的温度值分布情况。这对于用户来分析被测对象的温度变化情况有很好的参考价值。

虚拟式温度测试仪借助于计算机的大容量存储器,可把所有实测的数据存储成文件,用于在离线状态下任何时刻的用户回放和动态示波。图 6 是 4 个通道同时回放时的仪器界面。也可把存储的数据以图形方式通过打印功能打印出来,重新对它们做进一步的分析研究。

### 3.2.6 辅助功能模块

除以上核心功能之外,本虚拟仪器温度测试仪添加了许多辅助功能,来更方便地为用户分析数据服务。

#### 1) 波形的区域放大功能

为了更清楚的反映在不同的时间段内被测对象的温度曲线的变化情况,可用回放状态下在历史温度曲线中点击右键并拖动鼠标来选择用户所希望上午的放大区域。

#### 2) 查看温度值

查看波形图中任意时刻所对应的任意一点的温度值,在回放状态下选用翻页按钮,选中某一页的波形图,然后移动鼠标到用户希望的时间处,击右键,当前时间对应的温度值显示在当前温度窗口处。

#### 3) 波形无级缩放

同样也可用无级放大功能的水平滑块和竖直滑块来对波形进行无级放缩,提供用户不同的分析角度,满足用户不同的分析要求。

### 3.3 性能评价

虚拟式多通道温度测试仪是基于虚拟仪器技术构建的,拥有虚拟仪器的一切性能优点。从数据流向的角度来看,物理信号通过传感器到调理电路再到 A/D 卡,最后经 PC 总线送入计算机处理。无论是硬件式仪器还是虚拟仪器,都经传感器和调理电路把物理信号转换为电信号。传感器的性能对两类仪器的影响都是至关重要的。它基本上决定了整个仪器测试系统所能达到的最佳性能。A/D 卡的性能在虚拟仪器的测试中也具有重要的地位。但它是灵活多变的,用户可根据不同的测试要求采取不同的采集方式,选择不同性能的 A/D 卡。若对于高性能的 A/D 卡可用多通道同步采集处理方式,对于较低性能的 A/D 卡,可采取轮循采集的方法。虚拟式多通道温度测试仪,即可选择较高性能的 A/D 卡,也适用于较低性能的 A/D 卡。借助于计算机快速的数据处理能力,最优化的软件程序和适当的采样频率,虚拟式多通道温度测试仪完全能够用于对温度

这类低频信号的单点和多点测试。

#### 4 结束语

虚拟仪器正逐步替代传统硬件式测试仪器。虚拟式多通道温度测试仪正是运用虚拟仪器技术开发新型温度测试仪的一次成功尝试,由于软件是其核心,仪器的批量制造变得十分简单。只要搭配相同的传感器(甚至搭配不同的传感器,但在本测试仪测温范围类也)同样可行),调理电路和 A/D 卡,即可得到性能完全一样的新仪器,因此具有十分强的现实意义和推广价值。

计算机性能的不断提,计算机网络的迅速发展,也为虚拟仪器实现更强大的功能提供了条件,使得远距离的网络化虚拟仪器实时测试成为可能<sup>[6]</sup>。只要进一步对虚拟式多通道温度测试仪添加网络功能模块,借助于宽带网络技术同样可以很容易的实现远距离,多通道

实时测试。这无疑是温度测试领域的又一大进步。

#### 参考文献:

- [1] 秦树人,张思复,汤宝平,等. 集成测试技术与虚拟仪器[J]. 中国机械工程,1999,10(1):77-80.
- [2] QIN SHUREN. Integrated testing technology and virtual instrument [C]. Luoyang: Proceedings of ISIST, 1999.
- [3] 毋妙丽,何国华,杨宏文,等. 虚拟仪器的设计思想在测试仪中的实践与应用[J]. 上海铁道大学学报,1997,18(4):124-127.
- [4] 周永强,姚振和. 虚拟仪器数据采集系统的研制[J]. 长江科学院院报,1999,16(7):43-46.
- [5] 崔志尚. 温度计量与测试[M]. 北京:中国计量出版社,1998.
- [6] 朱晓华,章玉鉴. 用 ActiveX 控件构造虚拟仪器[J]. 计算机应用,1998,18(12):21-23.

## Virtual Multi-channel Instrument of Temperature Measurement

WAN Xiang - kui, QIN Shu - ren, YIN Ai - jun

(College of Mechanical Engineering, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

**Abstract:** This article introduces the current status of temperature measurement and Virtual Instrument (VI) technology. The method of temperature measuring field with VI technology is discussed. Combining the example we also detailedly illuminate how to design the modules of main control, channel setting, data collection, data processing, data display, data storage and the other auxiliary functions of the virtual multi - channel temperature measurement. How to realize them is also narrated. Experiments show that the virtual instrument of temperature measurement has a very short response time of temperature measuring and a wide range of temperature measuring. If we choose the proper sensor, we can get the temperature from 0 to 1 000 °C, and precision is rather high. We can both analyze the on - line data and process them off line. All of this shows the powerful life of VI and a new method of temperature measurement. In the end, we give the nice future of the virtual instrument of temperature measurement.

**Key words:** VI technology; multi-channel; temperature measurement

(责任编辑 成孝义)