

把握仪表的发展方向，就是把握衡器的未来

中国衡器协会 曹立平

【摘要】 本文参考国内外自动化测量仪器发展的技术资料，探讨比较成熟的仪器发展技术，如基于 PC 的测量技术、现代数据采集技术、计算机测量中的软件优先思想、无线网络和先进开发手段等可能对衡器发展产生的影响。

【关键词】 基于 PC 的测量；数据采集；软硬件协同设计；无线网络

我一直认为衡器是信息类电子产品。面对科技进步新形势的变化，企业随时掌握电子产业的发展趋势，及时调整的技术策略，既能体现出企业的智慧，又能发挥出企业威力。

当一台衡器的结构确定后，衡器的性能将由称重仪表来决定，也可以说仪表的未来决定了衡器的未来。从电子信息角度看，称重仪表是衡器的灵魂，以此观点规划称重仪表的发展，可以做到与电子科技发展同步。本文参考了一些国内外计算机应用和自动化测量仪器的技术文献，结合个人体验，与衡器界同仁探讨称重仪表的发展道路。

一、基于 PC 的称重技术灵活地实现用户定制的称重系统

传统称重仪表还是限于接收模拟信号进行整形放大、数字化转换、数据处理、显示称重结果，大多使用的 PC 也是被作为终端甚至外围设备（如国标中的一些规定，限制了 PC 的效用）。因此各个厂家提供的称重仪表最大的共同特点——由厂家定义的仪表。它们只是厂家遂心的产品，而用户则只能按照厂商的规定与仪表对话，甚至包括一个按键、一个符号都不得变更。传统仪表缺乏扩展、延伸等柔性能力。用户付出昂贵的代价，却仍难以满足自己所需的测量、控制任务。

现在信息社会要求衡器性能越来越高、功能越来越多样化。适应这种复杂任务的能力幸亏有了计算机，于是出现了基于 PC 构建的测量控制系统（PC-Based Measurements）。只要将数据采集模块、输入与输出 I/O、外围设备与 PC 有机组合，就完成了把通用计算机转换为测量控制系统的专家。这种模式称作由用户来定义的称重仪表。今天 PC 已进入多核处理器时代，利用其多任务、多线程、高速度、软硬件良好对接的特点，以计算机为核心特别灵活机动、性能卓越、功能强大的称重控制系统。

基于 PC 的测量技术具模块化 I/O、在线处理和分析、实时数据可视化、高效率数据储存、自动报告生成等显著优势。

1、适应各种需求的模块化 I/O (如图 1 所示)

基于 PC 的测量提供良好的柔性选择,很容易同现有系统如过程仪表、可编程逻辑控制器(PLC)和单环控制器等轻松集成,针对客户不同需求采用 PCI Express、PXI Express、USB、无线和以太网等标准总线和内部插件程序,将硬件和软件无缝对接起来,实现快速测量及用户自定义的处理、分析和显示,具有无可比拟的性价比。

2、强大的在线信号处理和过程分析能力

传统称重仪表中注重把测量功能排在第一位,而数据处理和分析被放在次要地位,方法也较落后和繁琐,如数据分析往往是将数据拷贝脱机进行。

在线处理和分析将自动化称重推上一个新水平,利用 PC 的先进计算技术对获得的信号实时处理和在线信号分析,大大减少了人工搜寻数据和脱机分析时间,如图 2 所示。



图 1 可供选择的 I/O



图 2 在线处理实时信号

3、实时数据可视化

选择图形编程语言为基于 PC 的仪表建立人机交互图形界面,实现实时数据可视化,让操作者与系统建立起友好而紧密的互动关系,做到“一切在视觉中,一切在掌握中”。

做好人机交互界面并不困难,在直观的图形化编程软件帮助下,一个没有任何计算机编程经验的技术人员通过交互控制窗口,分配描述硬件代号,配置总线通讯选项等工作,就可以轻松地将计算机转换为用户定义的测量系统,同时完成遵照应用程序需要的构建分析和可视化功能(如图 3 所示)。

4、领先的高效率数据储存

借助不断进步的 PC 技术能够一直提供领先的数据存储容量和效率。统计得出:硬盘海量容量(现在可达到兆兆字节的存储量)和读写速度每十年有 100 倍的增长,成本也以同级速度下降,不断创造出数据读写的高新记录。而且 PC 不同的 I/O 接口使操作者能随心所欲地随机或脱机交互数据(如图 4 所示)。

5、迅速、准确地自动生成报告

报告生成是数据分析中至为关键的环节。基于 PC 的仪表可以准确调用运算函数和预置的数据处理软件,自动完成从测量、处理、控制到产生报告的全部过程。在提高质量的同时,节省时间和

资费。

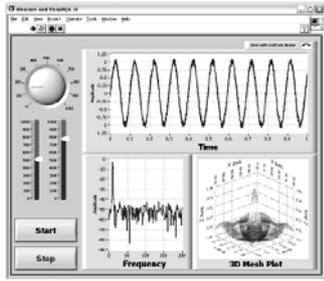


图3 迅速建立的用户图形界面



图4 自定义高速流盘式数据记录器

综于以上 5 个显著的优点，基于 PC 的衡器有着特殊的应用前途。当然，作为称重系统，就要考虑到计量模块的独立性与安全性，方便校验与锁封。此外，衡器标准也要跟上时代，不能绊了技术发展的后腿。

二、数据采集的解决方案

1、数据采集的概念

未来的称重仪器有可能作为多参数多通道的混成处理装置，集成多种嵌入式硬件和软件，对电压、流量、震动、温度、湿度、速度等等参量进行测量、修正和处理。通过模块化的数据采集硬件、标准 PC 总线，将测量数据送至台式计算机或笔记本电脑，结合软件进行采集数据的测量和处理，这就是数据采集 DAQ (Data Acquisition) 的概念（如图 5 所示），它更侧重于信号调理方面。

通过各种途径，让基于 PC 的测控系统与现有过程仪表、可编程逻辑控制器（PLC）和单环控制器相互集成，实现多通道（有的仪器达 32 通道）、高速、高效、方便的测量。DAQ 可以根据任务和条件，选择不同的 PC 技术灵活地定制数据采集系统。

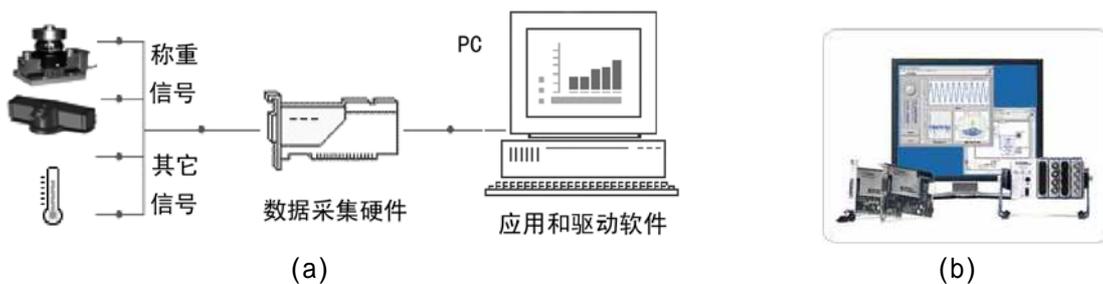


图5 数据采集

a.示意图

b.实物模型图

2、数据采集解决方案

建立数据采集系统时，有五项目件必须考虑：传感器、信号、信号调理、数据采集（DAQ）硬件和程序软件（包括驱动程序和应用程序）。下面，我们仅就信号调理和程序软件两项简约述之。

(1) 信号调理

信号调理系统可以用模块化或系统集成的形式搭建,配合信号调理的附件可以使用在多种应用场合,例如放大、衰减、隔离、桥接的完整性、同步取样、传感器激励等等。

使用信号调理时必须考虑的其它重要标准包括封装(模块化或整合式)、效能、I/O 数量、高级功能以及价格。

(2) 程序软件

1) 驱动程序软件

软件将 PC 和 DAQ 硬件转变成完整的数据采集、分析及呈现系统。若是没有软件来控制或驱动硬件,DAQ 设备就无法正常运作。驱动程序软件使操作者能够轻易与硬件沟通,是应用程序软件和硬件之间的中间层。驱动程序软件也让程序设计师不需要进行缓存器层级的程序设计就具有读写硬件的功能。

2) 应用程序软件

应用程序是用来制作客户定制的应用层,符合特定条件的开发环境,也可以是以配置为基础、具有预先设计功能的程序。应用程序软件为驱动程序软件增加分析及呈现的功能。要选择正确的应用程序软件,应先评估应用程序的复杂度,也如是否能取得符合应用所需的配置式软件条件等问题。

如果应用程序很复杂,或是没有现成的程序可用,则可使用开发式的程序环境。现在在以配置为基础的软件环境,不再需要程序设计,让使用者只需轻点鼠标,就能自己设定并完成交互式测量。

三、衡器人应有“软件优先”的胸怀和眼光

1、“软件优先”实际是矫枉过正,提倡软硬兼顾的思想

(1)“软件优先”是发展的选择

面对不容乐观的全球经济和制造成本一路攀升的现状,企业不得不寻求一种既能尽快满足客户需求又能满足企业生存发展之路,越来越多的企业钟情于以软件定义的仪器,可以在减少成本的条件下获得更灵活及高性能的绩效。

软件定义的仪器系统也称作虚拟仪器,包含了模块化硬件架构和用户自定义的软件,通过硬件模块将标准仪器与包含数据处理的用户自定义的测试设备整合起来。它们在软件为核心的模块化基础上,大多采用基于开放式的 PXI (PCI eXtensions for Instrumentation) 硬件标准,定义自己的软件仪器系统。虚拟仪器基于软件优先的原则,发挥软件最大的灵活性、兼容性和客户化能力,还能通过减少硬件降低整个系统成本,实使广泛的工业领域受益,世界上数以千计的企业热衷于它。

利用虚拟仪器,设计人员可以通过更新软件算法,快速对测试设备进行重新配置,以满足不断改变的测试需求。比如在全量程范围内设置多点、多分段的修正,除变动误差外其余误差依照标准修正为零,使测量更为理想(如图 6 所示);加入信号自动识别技术,能清除变动信号和粗大干扰等非正常信号的影响,又不存在硬件固有的延时效应,提高动态测量性能;发挥软件的校验、修正能力,既能减少硬件成本,更可提高准确度的长期稳定性。

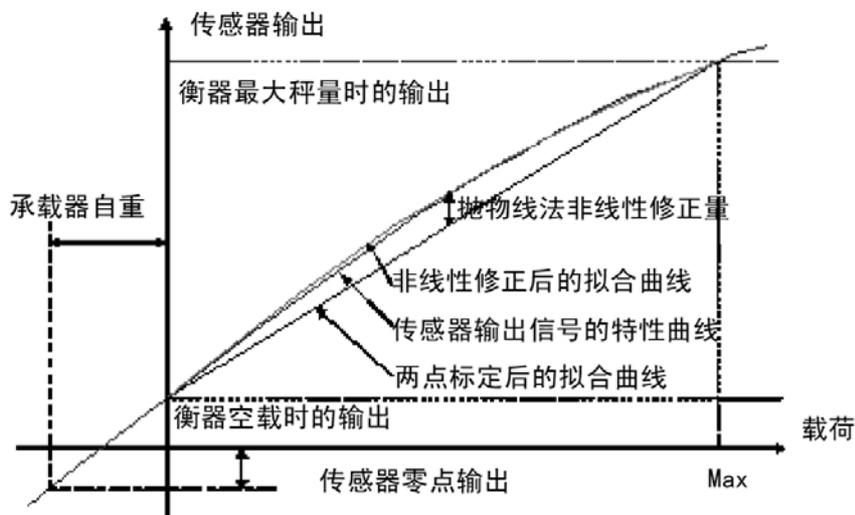


图 6 通过修正拟合传感器的输出

(2) 实现“软件就是仪器”的条件

软件设计人员值得注意的是：实现软件与硬件的无缝对接；充分考虑混合测试系统的复杂程度，软件兼容性与接口的兼容性是十分必要的；驱动软件须经得起时间的考验；为操作系统的变动留有空间。此外，当你考虑未来的项目时，必须重视软件的向下兼容性能。

做到以上几点后，我们才能说：“软件就是仪器（The Software Is the Instrument）”，实实在在地体会软件发展为我们带来的神奇。

(3) 软、硬件协同的概念最重要

“软件优先”是仪表设计理念的革新，是对传统的矫枉过正，但绝不能干排斥硬件作用的事。应当说，硬件和软件今天不再是截然分开的两个概念，而是不离不弃、相辅相成、亲密无缝对接的关系。

今天，由软硬件协同设计的方法还产生了一个新词——codesign，它使用统一的方法和工具对软件和硬件进行描述、综合和验证，可以避免软件、硬件体系独立设计带来的各自为政的弊病。

本文的用意是借助国际流行的“软件定义仪器”的思想，引起衡器界同仁的重视。虚拟仪器应在称重仪表开发中更能体现出优越性，比如我们可以用仿真测试完成设计模型。当然，路要一步一步走，眼下要做的是在称重系统中尽可能多的嵌合的软件功能模块，尽可能多的以软代硬，以取得衡器功能更大的扩展性和智能化的升级。

值得称赞的是数字化称重传感器，将模拟放大、ADC 和补偿、校正功能由仪表前移至测量前沿，利用单片机技术实现软硬件集成，并且以尽可能短的模拟信号传输距离换来了超长的数字信号传输距离，提高了数据采集的质量，堪称是软硬件结合的仪表设计典范。

2、软件的审查评估要求及其宗旨

针对计量软件，OIML D31 《General requirements for software controlled measuring instruments》Edition 2008 (E)详尽规定了对计量器具控制软件的通用要求，大家更熟悉它之前的版本 D-SW Draft 1WD (2006-1-27)，该工作草案由 OIML TC5/SC2 技术委员会编写，起草时考虑了加拿大计量软件标准和欧洲计量器具指令 (MID) 中的软件要求。

我国国家质检总局也依据 D-SW Draft 1WD 于 2007 年 8 月 21 日发布了 JJF-1182-2007 《计量器具软件测评指南》，于同年 11 月 21 日起实施。

这些规程的宗旨都是强调对计量器具软件进行控制，确保计量器具的计量特性符合法制计量要求。

2011 年 11 月中国计量科学研究院成立了国家计量器具软件测评中心，该中心主要承担起草评价计量器具软件的国家计量技术规范、研究计量器具软件测评方法和防作弊技术、接受委托对计量器具软件进行测评和测试、提供预警信息等工作。在该中心成立时国家质检总局计量司有关负责人说，计量器具软件测评工作非常重要，以后可能将计量器具软件测评工作作为计量器具型式评价的重要前提。

因此，衡器企业应重视这一即将开展起来的工作，做好接轨，避免日后被动。

保证法定相关软件和法定相关参数的安全性、防止作弊是其中重要控制内容，软件工作者应细览规程全文。2007 年梅特勒-托利多 (常州) 称重设备系统有限公司的戴峰先生写过“对 OIML D-SW 国际计量软件指南的理解和浅析”的文章，刊登于当年的《称重科技论文集》里，可作参考。本文不重复赘述。

四、符合无线总线标准的衡器将有更广阔的使用空间

大规模 DCS 系统中需布置很长的电缆或光缆，不仅成本高昂，而且长距离的电缆还容易引入噪声污染。类似这种情况，我们可以大胆设想，如果在恶劣的、或危险的、或移动的的复杂环境中，不便在称重传感器和称重仪表之间连接缆线，这时我们只要给称重传感器配置了无线输出的能力，就像计算机采用 Wi-Fi 标准连接 WLAN 似的灵活方便，不是可以去除计算机与测量硬件之间的长长线缆连接了吗。

实现这一构想的关键，是借助工业化的 WSN (wireless sensor network) 标准和技术，为远端的称重传感器及其他参数采集装置集成无线通讯模块，模块内安装射频功放电路，则可建立起多跳点自组织通讯的无线测量网络。WSN 一般可以传送 500m 距离，或选择更远距离的产品，国内生产的有华为、中兴等公司，国外有 SIMENS、SIMCOM、WAVECOM 等公司。

网络中不规则分布的多个传感器信号发送到控制节点，如果使用数字化称重传感器则实现集成度更高、环节更少、传递质量更好、还具可实现有双向通信功能。这就是采用将采集系统移至更接近信号源的地方的思想，用 WSN 技术并结合主干线以太网，可以更方便、灵活地进行分布式测量并将数据可靠回传至中央监控平台，同时上位机也可向各个采集点发布命令和数据。使称重传感器具有 WSN 能力，不仅可以打破在传输场地、传输距离、施工条件、传输质量等方面的限制，而且在称

重系统的巡检、定位、校验与诊断等方面有更强的竞争力。因此，建设无线网络的衡器，也是设计思想的一个飞跃。

五、仪表开发点滴经验

1、严格遵守设计流程

传统的总体设计遵循“设计—样机—测试—系统（验证、修正）”的流程。该流程是工业化生产经验的升华，可谓经典。

具体的设计环节可在传统流程的基础上进行，根据任务的性质大体划分两个阶段，第一个是设计阶段，可分解为系统指标设计、电子电气电路设计、元器件设计、造型设计 4 个步骤，完成之后设计阶段后进入到验证与修正的第二个阶段；第二阶段可分解为部件级别的试验与验证、子系统级试验与验证和系统试验与验证 3 个步骤。在子系统和系统级验证里分别试验和修正它们的时域特性和频域特性，验证同时进行设计参数的确定。有个专家将这样的流程排成“V”型流程图（如图 7 所示），很形象易记。

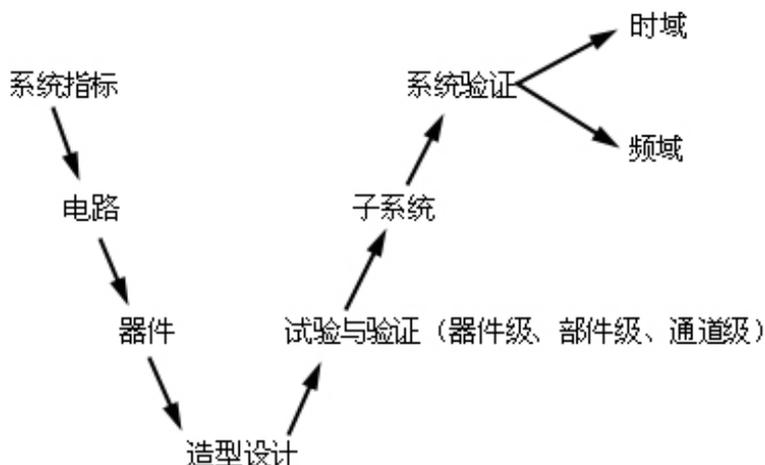


图 7 设计“V”型流程

2、利用仿真（Computer Simulation）手段开发仪表事半功倍

（1）建立模型

对于新产品设计最有帮助的莫过于仿真试验。仿真测试的第一步是建立仿真模型，对于有源器件，我们可以从器件供应商那里取得模型及参量；而对于无源器件和部件、通道模型，供应商无法提供，则是要靠我们自己来取得的。但有些情况下，模型是不可能用抽象办法得到，这时只好求助于对 PCB 等实体测试，以实验的方法求得数据。

（2）仿真测试

仿真是计算机给我们带来的又一个实利。利用仿真软件形象地描述测试问题，可以优化所涉及的无源电路。对于部件，通过仿真测试，可以反得模型和参数。这种双向互相验证的方法是行之有

效的，这里暂时称之为“仿真双向协同设计法”。

经验表明，模拟测量中拐点数据很有参考价值；数字电路里，长0长1都容易形成缓坡，1010时可能影响上升沿，长0后的1和长1后的0则可能使误码率加大。但是有些部件可能是不可测的，例如没有可测点，这时需要在软件上找出路。因为对于软件来说，似乎一切皆有可能（如图8所示）。

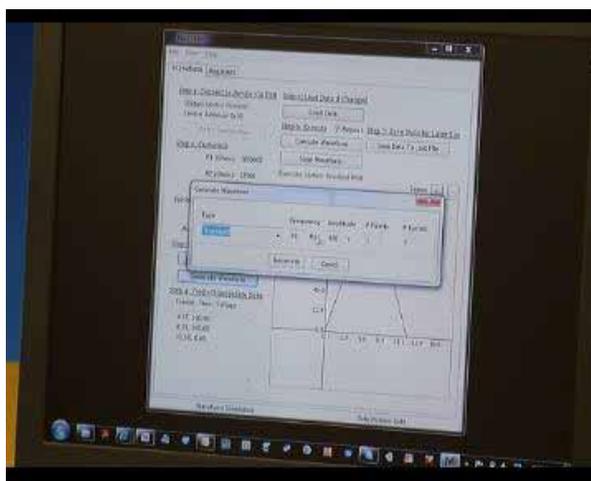


图8 利用仿真软件测试部件参数

好的产品是设计出来的，但实现设计的思路和技术不是唯一的，也未必“最好+...+最好=最好”。万物皆非完美，每种措施的代价不同，须统而考之。

参考资料

1. DAQ、X 系列自动测试技术资料，National Instrument，2011。
2. 嵌入式系统的构建，慕春棣，清华大学自动化系教材。
3. 集成创新是工控与自动化的发展核心，段明祥，工业控制计算机。
4. PC-based Telerehabilitation System, ECE 2009。
5. Advanced Cognitive Riadio Network, Scientific research Publishing Inc., 2011.
6. The PC based programmable Control Solution, Hurco Automation Ltd.

作者简介

曹立平，毕业于清华大学自动控制系。曾任中国衡器协会副理事长，全国衡器标准化技术委员会委员，全国衡器技术专家委员会常务副主任委员，在企业时曾主持过大型精密电子仪器的研发与试制。