

基于虚拟仪器概念的多功能无纸记录仪的设计开发

马钢股份公司自动化部(243011) 王国燕 罗 红

摘 要: 从虚拟仪器的概念出发,采用低成本自动化系统的研究方法,提出了一种在硬件上基于PC/104 嵌入式工控模板、软件上基于通用编程语言的多功能无纸记录仪,并着重从硬件设计和软件开发等方面进行了分析与论述。

关键词: 虚拟仪器 嵌入式系统 无纸记录仪

1 虚拟仪器技术的概念及其应用前景

自 1986 年美国国家仪器公司(NI)提出虚拟仪器(Virtual Instrument)的概念以来,这种集计算机技术、通讯技术和测量技术于一体的模块化仪器便在世界范围内得到了广泛的认同与应用,逐步体现了仪器仪表技术发展的一种趋势。由于微电子技术、计算机技术、网络通讯技术和软件技术的高度发展,以及它们与各种测量技术在仪器仪表上的应用,使新的测试理论、测试方法、测试领域以及仪器结构不断涌现并发展成熟,在许多方面已经冲破了传统仪器的概念,仪器测量的功能和作用也发生了质的变化。虚拟仪器概念的产生正是基于这样一种技术背景。

仪器仪表技术的发展大致经历了以下两条发展主线:从测量的技术和方法上划分,经历了从机械仪表、模拟电子仪表、数字化电子仪表到智能仪表的发展过程;从仪表结构上划分,经历了单机仪表、叠架式仪器系统到虚拟仪器系统的发展过程。传统仪器一般均为一个独立的装置,有机箱、操作面板、信号 I/O 端子、信号处理机构或电路等,检测结果输出方式有数字、指针或图形窗口等,有的还有打印输出口。传统仪表的功能可概括描述为:信号采集与控制、信号分析与处理、结果的表达与输出,这些功能均以硬件或固化软件的形式存在。这种架构形式决定了传统仪器只能由仪器的生产厂来定义制造,而用户无法改变。传统仪器基本上未能摆脱独立使用、手动操作、功能相对固定、使用具有局限性的模式。计算机技术的发展,给传统仪表技术注入了强大的活力,在微电子技术和 LSIC 技术推动下,有力地促进了数字化仪器、智能仪器的快速发展。

在虚拟仪器系统中,用计算机灵活强大的软件代替传统仪器的某些部件,用人的智力资源代替许多物质资源,通过一组软件和硬件,形成了既有普通仪器的基本功能、又有一般仪器所不具备的特殊功能的新仪器。虚拟仪器本质上是利用 PC 机强大的运算能力、图形环境和在线帮助功能,建立具有良好人机交互性能的虚拟仪器面板,完成对仪器的控制、数据分

析与显示,并通过一组软件和硬件,实现完全由用户自己定义、适合不同应用环境和对象的各种功能。在虚拟仪器系统中,硬件仅仅是解决信号的输入/输出问题的方法和软件赖以生存、运行的物理环境,软件才是整个仪器的核心构件,正如 NI 公司提出的口号“软件就是仪器”,任何使用者只要通过调整或修改仪器的软件,便可方便地改变和增减仪器的功能和规模,甚至仪器的性质。

虚拟仪器的构成:如果按照构成仪器的三大功能部件来分,所有控制系统、工业计测系统均可归纳至虚拟仪器的框架中来。目前较为常见的虚拟仪器是数据采集系统(SCADA),见图 1。可编程仪器的信号处理、定时控制、集成总线、高速缓存、DMA 等技术的应用,使这样的 SCADA 系统能达到仪器级的性能、精度与可靠性。



图 1 SCADA 结构

虚拟仪器的软件开发平台:虚拟仪器的软件开发平台目前主要有两类:第一类是基于传统语言的 Turbo C、VB、VC++ 等,这类语言具有适应面广、开发灵活的特点,但开发人员需有较多的编程经验和较强的调试能力;第二类是基于图形组态和编程的图形组态软件,如 HP 公司的 VEE、IOtech 公司的 DasyLab、NI 公司的 LabVIEW、Capital Equipment 公司的 Testpoint 2.0 和 HEM 公司的 Snap-Master 等。这类组态软件都通过建立和连接图标来构成虚拟仪器工作程序并定义其功能,而不是用传统的文本编辑形式。它们具有编程效率高、通用性强、交叉平台互换性好的特点,适用于大批量多品种仪器的生产。该类软件缺点是缺少程序流程控制,大都解释执行。

当今的仪器仪表开发技术正与计算机技术日益紧密地结合在一起,利用虚拟仪表技术开发基于 PC 机的多功能无纸记录仪,可使其硬件结构简单、可靠性高、兼容性好、功能大大增强、使用更为灵活,并且可

通过更新软件实现不同的记录要求,真正达到一机多用的目的。

2 多功能无纸记录仪的技术要求和系统功能

记录仪是工业自动化系统中十分常见的二次仪表。传统型模拟记录仪结构简单、功能单一,存在着卡纸、卡笔、断线等易发故障和换笔、换纸、添墨等大量日常维护工作。此类记录仪由于其结构与功能的局限性,无法满足综合生产管理、生产过程智能化、数据传输网络化和在线数据分析处理的需要。90年代以来,随着虚拟仪器技术的日益发展,采用低成本自动化技术,研制与开发各类多功能智能型记录仪呈迅猛发展之势,并逐渐批量进入工业应用领域。特别是在石化、冶金等行业的基础自动化与过程自动化系统中,已大量融入各种类型的虚拟嵌入式仪表,其卓越的性能、良好的数据在线处理能力和实时数据通讯能力以及友好的人机交互平台,得到人们日益重视。

基于虚拟仪器的多功能无纸记录仪在技术上不仅要具备传统式仪表所应具有的电性能和环境适应能力,而且还应具备如下的通用技术指标和系统功能:

(1)信号采样:设置模拟输入通道1~16路,采样周期可选0.25秒/0.5秒/1秒。记录间隔可通过设置画面设定为1秒/2秒/4秒/8秒/20秒/40秒/120秒等。开关量输入24点,接收被测对象的状态信号。模拟量输入通道可允许0~10V、1~5V、4~20mA的标准信号和S、B、R、K、N、T、E、J热电偶以及Pt100、Cu50热电阻等多种信号输入,且可提供隔离输入。

(2)设置功能:系统应具有强大的设置功能,可对仪表的通道名称、量程、报警上下限、信号类型、单位、记录周期、流量累计、流量温度压力补偿参数等进行设置。允许保存100组用户自定义设置。

(3)存储功能:配置硬盘,使存储历史数据量达GB级。根据采样时间不同,16个通道数据可存储三年以上,形成数据文件并能调出任意历史时刻曲线、数据、报警、流量累计值;可通过软盘转存任意时间段的历史数据或通过RS-232接口传送给其他PC机,在其上进行回放和分析打印。

(4)显示功能:全中文人机界面,显示信息丰富直观,操作简单。主要显示画面应有:①单通道趋势、棒图、瞬时数字显示(选显/循显)画面;②单通道历史趋势追忆;③多通道棒图、数字显示画面;④多通道历史趋势追忆;⑤多通道流量累计画面;⑥参数设置画面;⑦报警显示画面;⑧软盘转存画面;⑨RS-232通讯画面。

(5)连锁与报警功能:配置24点开关量输出通道,根据采样信号,提供简单的连锁和状态控制信号;并可任意设置各通道上限、上上限、下限、下下限报

警,在各显示画面上实时显示报警值,同时实现报警输出。

(6)数据管理功能:①显示各通道记录信号平均值、瞬时峰值、谷值等;②显示流量累积的班平均值、日平均值、月平均值;③显示流量累积的班累积值、日累积值、月累积值、年累积值;④提供常用数理统计工具,方便调用分析。

(7)打印功能:可连接通用打印机,随时打印任意时刻历史数据,打印单通道和多通道趋势曲线、报警信息、流量累积值等。

(8)流量温压补偿功能:包括对蒸汽、天然气、液体等各类流体的温压补偿。根据每种流体不同的测试方法,通过参数设置画面,以实现合适的测量与补偿功能。

(9)通讯功能:可选择使用RS-232C、RS-485通道接口与计算机联网,进行远距离通讯,可多台仪表组网实现集中管理。

(10)主要技术参数:

- 显示精度:工程量实时显示精度为 $\pm 0.3\%$ FS(满量程),曲线棒状图显示及追忆精度为 $\pm 0.5\%$ FS;

- 存储时间:仅受硬盘容量限制,一般16路模拟信号值可保存三年以上;

- 通讯接口:提供RS-232C/RS-485两个串行通讯接口。

以上技术指标和系统功能定义是多功能无纸记录仪软、硬件配置与设计的基本依据。

3 多功能无纸记录仪的硬件平台与软件开发

3.1 硬件方案

目前无纸记录仪的硬件平台的架构大致分为两类:第一类采用通用型单片机(MCS51系列、MCS96系列、MCS196系列等)或专用掩膜电路,并辅以外围I/O通道、存储电路等,具有成本低廉的特点,但开发周期长、存储容量小、软件通用性差;第二类是采用ALL-IN-ONE结构模板,构成嵌入式PC机系统,具有结构紧凑、功能强大、可靠性高、兼容性好、应用灵活方便、支持自开发、开发周期短等特点。考虑到多功能无纸记录仪不同于其他专用检测仪,它必须具有良好的数据分析处理能力、较大的存储空间和数据网络传输能力,因此选用ALL-IN-ONE型PC/104嵌入式模板构成记录仪的硬件平台是合适的。

PC/104总线的嵌入式工控模板是针对工业应用环境的恶劣条件而设计的,与PC机完全兼容,硬件接口均符合PC机标准,可直接驳接硬盘、软驱、显示器、键盘、鼠标等外部设备,共享PC机的设备驱动程序和其它基于PC的成熟软件。

本机采用了PC/104家族中的PCM-3335模板,其配置为386SX-40CPU、板载4MRAM、一个ATA硬盘

接口、一个 1.44MB 软驱接口、一个 VGA 接口、一个平板显示器接口、一个打印机并口和 RS-232 串口。

除 PCM-3335 模板外，构成硬件平台的其它部件有：

- 一个 1GB 硬盘驱动器和 1.44MB 软盘驱动器，用于记录数据、历史数据、组态文件的存储和转储。

- 一个分辨率为 $320 \times \text{RGB} \times 240$ 的 6" 彩色液晶显示器，自带控制器和显示缓冲区 VRAM，用于图形、图表、数据的显示，允许数据并行传输。

- 2×3 薄膜数字键盘，主要用于人工设定或功能切换等操作。

- 16 路 12 位 A/D 转换模板，可编程信号增益为 1~16，A/D 转换速率达 30kHz，用于对模拟信号的采样和转换。

- 热电偶转换卡可编程增益为 0.5~500，板上自带冷端补偿电路；热电阻转换卡可接铂、铜电阻，测量范围为 $-200^{\circ}\text{C} \sim +500^{\circ}\text{C}$ ；热电偶、热电阻转换卡与 A/D 转换模板配合可直接接收热电偶或热电阻的温度信号。

- 48 路开关量输入/输出模板，24×2 通道 TTL/DIO 为 8255 方式 0，可通过软件设置来决定某一路的输入或输出状态。

- RS-485 转换器，将 PCM-3335 上的 RS-232C 端口转换为 RS-485 端口，可实现单主站、多从站类型的分布式系统，其节点既可以是多台多功能无纸记录仪，也可以是其它控制设备如 PC 机、PLC 或智能仪表等。

- 开关电源，提供 +5V/7A、-5V/1A、+12V/3A、-12V/1A 四组电源供各模板使用，PC/104 模板大多只

需 +5V 单一电源，且具有先进的电源管理功能、功耗低，从而降低了系统对电源的要求。

上述部件通过标准插件联接，实现了模块化仪表结构设计，根据需要可更换部分模块，配以相应的软件，即可方便地组成适用各种应用场合的记录型智能仪表。

多功能无纸记录仪硬件配置示意图见图 2。本记录仪开发无需专用开发环境，只需在本配置上外接 VGA 显示器和一个标准键盘，即可实现系统开发。

3.2 软件设计与功能实现

由于 PC/104 模板与 PC 机系统完全兼容，为软件开发带来了极大的方便，无需编写专门的硬件驱动程序。

本机软件采用通用编程语言 TURBOC2.0 编制，运行在 DOS6.22 操作系统平台上，主要由采样中断服务程序、键盘扫描中断服务程序和主控程序组成。

采样中断服务程序主要是对各路模拟输入信号进行定时采集、数值滤波、工程量变换、信号补偿、报警判断、流量累计、数据存储等，中断周期为 100~1000ms 可调。

键盘扫描中断服务程序的任务是对数字键盘进行定时扫描。每个按键在不同操作画面下作用各不相同，根据判断结果置相应的标志，以便主程序执行相应的功能子程序。该定时程序逻辑 1/3 秒执行一次。键盘中断优先级低于采样中断。

主控程序包括对各部分程序的初始化、设置参数的读入、实时数据的动态刷新、画面切换、实时趋势显示、历史趋势显示、流量累计显示、报警显示及输出、数据的软盘转存、RS232 或 RS485 通讯及数据、趋势、

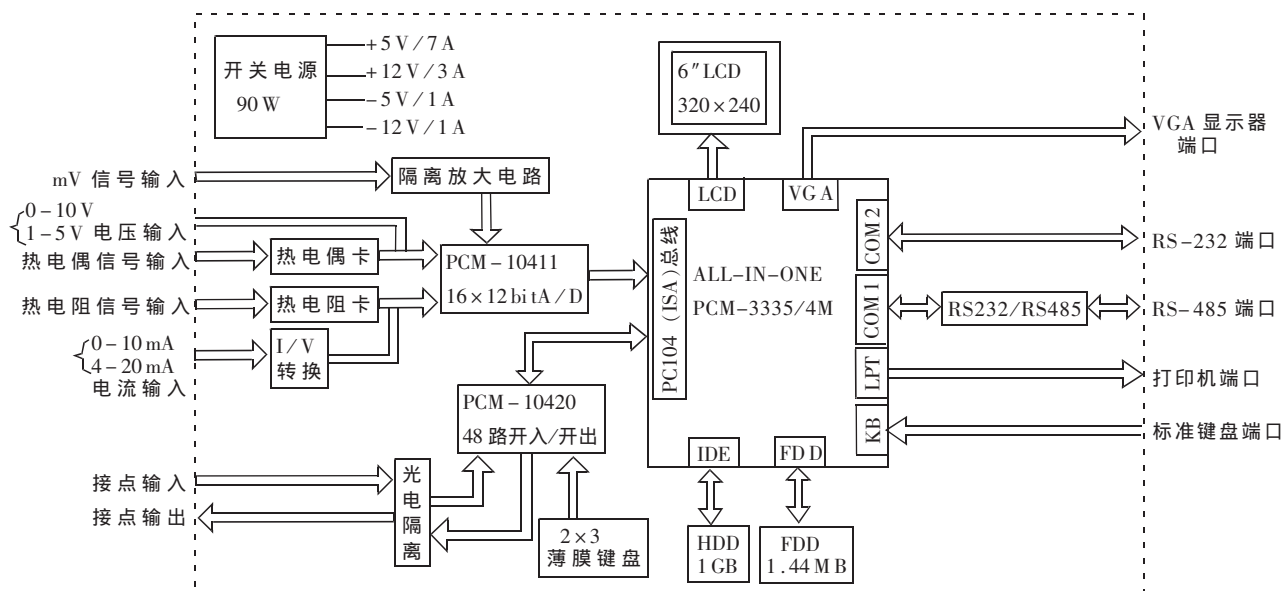


图 2 无纸记录仪硬件配置框图

报警信息的打印等子程序模块。

系统开机后首先进行系统参数初始化和模拟量板、开关量板、RS232 口等硬件的初始化,然后开辟内存数据区,设置实时中断,进入画面显示状态。系统共设置九类画面,根据按键判断调用不同的画面功能子程序,以实现趋势、棒图、实时数据、历史趋势、数据转存、RS232 通讯、报警、打印等画面的切换功能。

3.3 软件设计要点

3.3.1 采样数据的滤波

对采样信号的数值处理是保证记录仪记录精度的重要环节。在软件中针对各种信号相对于时间的变化率不同,采用了不同的数值滤波方法,如中值均值复合滤波法和卡尔曼滤波法,防止脉动和随机干扰引起的误差。例如对于中值均值复合滤波法采用每次对每个参数连续采样 6 次,将所得的数据排序,去除最大值和最小值,将其余数据取算术平均值作为有效采集数据。

3.3.2 高端内存与硬盘缓冲区的使用

PCM-3335 模板有 4MB 内存。为了在 DOS 下有效地使用扩展内存,合理利用有限的内存资源,采取以下步骤:(1)装载扩展内存管理程序 HIMEM.SYS;(2)安装 EMM386.EXE,利用扩展内存创建上位内存 UMB;(3)将 DOS 程序、设备驱动程序和磁盘缓冲区装入高端内存或 UMB 中。

另外为提高系统的实时性和可靠性,减少读/写硬盘的次数,为系统安装了 SMARTDRV 程序,在扩展内存中创建了一个 2MB 超高速缓冲区,即当程序要从磁盘读取信息时,SMARTDRV 从磁盘读入多倍于所需信息的信息,保存在超高速缓冲区中,下次应用程序还要从该文件中读入信息时,SMARTDRV 就直接从超高速缓冲区中提供信息,从而提高了程序执行速度。而且 SMARTDRV 总是将新的或修改过的信息拷贝到硬盘,所以关机时不会丢失数据。

3.3.3 图形制作与汉字显示

在画面程序设计时采用了如下方法:首先用绘图软件绘出画面的静态部分,制成压缩的图形数据文件,系统启动时将各图形数据文件自动调入内存虚拟盘上,需显示某画面时将该图形数据文件直接写入 VRAM 中,再从动态数据区取所需显示数据。这样大大加快了画面及汉字的显示与刷新速度,满足了实时响应的要求。

本记录仪采用全汉字界面,但动态提示信息中用到的汉字仅几十个,为减少系统占用的存储空间,有必要建立自己的汉字库。利用公式:

$$\text{区位码} = \text{汉字机内码} - 0xA0A0$$

$$\text{字库码} = (\text{区码} - 1) \times 94 + (\text{位码} - 1)$$

从 UCDS 的 16×16 的字库中提取出所需汉字的字模信息,存入一文件构成小汉字库。显示时,从自建字库中找到所需汉字的字模,在西文环境下利用 PUTPIX-

EL 函数以点图方式显示。由于所用汉字有限,所以小汉字库占用空间不大。

4 多功能无纸记录仪的特点与应用前景

(1)由于采用嵌入式设计,记录仪外形尺寸可制成标准模拟仪表安装尺寸,直接替换Ⅲ型仪表。经使用 0.01 级标准表检测,其实时显示精度优于±0.3%FS。

(2)无纸、墨水及一切机械传动部件,硬件模块采用工控设计,适应工业现场要求,可靠性高。

(3)硬件系统与 PC 机系统完全兼容,且采用模块化仪表结构,组态灵活方便,系统开发周期短,通用性强。

(4)人机界面友好,全汉字画面显示,能以多种彩色画面实时、动态地显示现场的工艺参数,信息量大,按键设置少,操作简单、方便。

(5)大容量数据存储,1~3 年数据可随时查看。

(6)配有软驱、串行、并行输出接口,能随时调出数据或方便地与 PC 机通讯。

基于虚拟仪器概念设计的多功能无纸记录仪充分体现了虚拟仪器功能强大、结构灵活、适应范围广的特点,特别是其软、硬件均采用模块化设计,更换部分插件或软件即可方便地组成各种带记录功能的智能二次仪表。一块多功能无纸记录仪可代替多台传统式仪表,且所存数据极易查询和实现统计分析。无纸记录仪及其系列智能二次表的开发使用,将会大大减少仪表架上仪表的数量,节省大量的配件和维修开销,降低维护人员工作量,使企业管理更趋数据化和网络化。

参考文献

- 1 阮德生.自动测试技术与计算机仪器系统设计.西安:西安电子科技大学出版社,1997
- 2 王留群.虚拟仪器及其应用.世界仪表与自动化,1999(8)
- 3 LabVIEW Users Manual.National Instrument Corp, USA
- 4 陈万春,朱良军.ALL-IN-ONE 型 PC/104 嵌入式工业控制计算机.电子技术应用,1996;22(7)

(收稿日期:1999-11-17)