

基于 LabVIEW 虚拟仪器技术的海洋环境监测数据采集与处理系统

陈东升^{1, 2}, 许肖梅^{1, 2}, 李雪丁³, 童峰^{1, 2}

(1. 厦门大学 水声通信与海洋信息技术教育部重点实验室, 福建 厦门 361005; 2. 厦门大学 海洋学系, 福建 厦门 361005; 3. 厦门大学 近海海洋环境科学国家重点实验室, 福建 厦门 361005)

摘要: 介绍一种基于 LabVIEW 虚拟仪器技术的数据采集与处理系统。该系统以单片机和计算机为硬件平台, 采用高精度 16 位 $\Sigma-\Delta A/D$ 转换器 AD7705 对采集到的信号进行 A/D 转换, 通过串口进行数据通信, 实现了叶绿素浓度的计算机自动采集、实时数据显示、分析和数据管理等功能。该实现方案还可用于温度、盐度等参数的高精度自动数据采集系统, 在海洋环境监测中具有推广应用的现实前景。

关键词: LabVIEW; AT89C51 单片机; 数据采集; 叶绿素浓度

中图分类号: P71, TP391

文献标识码: B

文章编号: 1003-2029 (2007) 01-0016-05

引言

虚拟仪器技术是利用高性能的模块化硬件, 结合高效灵活的软件来完成各种测试、测量和自动化的应用。灵活高效的软件能帮助创建完全自定义的用户界面, 模块化的硬件能方便地提供全方位的系统集成, 标准的软硬件平台能满足对同步和定时应用的需求。它代表了测量仪器与自动测试系统未来的发展方向。“软件就是仪器”反映了虚拟仪器技术的本质特征。

LabVIEW (laboratory virtual instrument engineering workbench) 是基于 G 语言 (graphical language) 虚拟仪器开发环境。它提供了丰富的数据采集、分析及存储函数, 囊括了 PCI、GPIB、PXI、VXI、RS-232/485、USB 和 IEEE 1394 等在内的各种仪器通讯总线标准的所有功能函数。图形化编程方式, 设计者无需写任何文本格式的代码, 是真正的工程师的语言, 已经成为一个业界领先的工业标准软件工具, 广泛用于开发测试、测量和控制系统^[1, 2]。

1 工作原理

本设计通过 AT89C51 单片机控制数据的采集和串行

通信^[3]; 采用 16 位 $\Sigma-\Delta A/D$ 转换器 AD7705 进行高精度 A/D 转换; 利用 MAX202 芯片完成 RS232 电平和 TTL 电平之间的转换; 使用 LabVIEW 虚拟仪器软件建立人机操作平台, 实时显示、处理和存储采样数据。其系统原理图如图 1 所示。

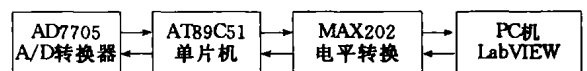


图 1 系统原理图

2 硬件设计

2.1 A/D 转换及与单片机的连接

AD7705 芯片是带有自校正功能的 $\Sigma-\Delta A/D$ 转换器^[4, 5]。其内部由多路模拟开关、缓冲器、可编程增益放大器 (PGA)、 $\Sigma-\Delta$ 调制器、数字滤波器、基准电压输入、时钟电路及串行接口组成。其中串行接口包括寄存器组, 它由通信寄存器、设置寄存器、时钟寄存器、数据输出寄存器、零点校正寄存器和满程校正寄存器等组成。该芯片还包括 2 通道差分输入。AD7705 是一个完整的 16 位 A/D 转换器, 只需接晶体振荡器、精密基准源和少量去耦电容即可连续进行 A/D 转换。AD7705 与单片机接口电路如图 2 所示。

2.2 通信电平转换

本设计采用 MAXM 公司生产的低功耗、单电源的 MAX202 芯片进行 PC 机 RS-232 电平与 AT89C51 单片机 TTL 电平之间的转换。因为它自身带有电源变压变换器, 只需 +5V 的电源, 为串行通信带来了较好的性能和低廉的

收稿日期: 2006-08-15

基金项目: 福建省自然科学基金 (D0510003) 资助项目。

作者简介: 陈东升 (1975-), 男, 厦门大学海洋与环境学院在读博士生。

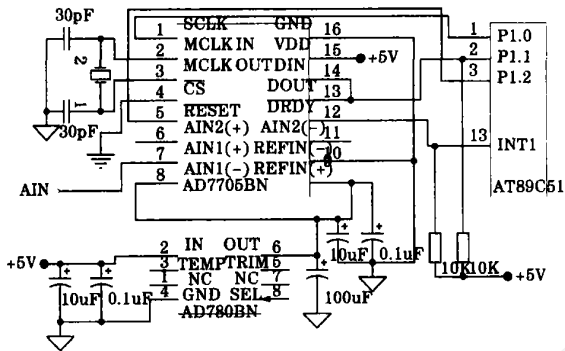


图 2 AD7705 与 AT89C51 单片机接口电路

价格。需要注意的是 MAX202 最好使用钽电容, 而且要尽量靠近芯片。

3 软件设计

AT89C51 单片机控制 AD7705 进行 A/D 转换, 最重要的是有效初始化 AD7705。AD7705 的 PGA 可通过指令设定, 可选择 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128 八种增益之一, 并可利用它将不同幅度范围各类输入信号放大到接近 A/D 转换器的满标度电压再进行 A/D 转换。当电源电压为 5V, 基准电压为 2.5V 时, AD7705 可直接接受从 0~ +20 mV 到 0~ +2.5V 摆幅范围的单极性信号和 0~ ±20 mV 到 0~ ±2.5V 范围内的双极性信号, 它运用 $\Sigma\Delta$ 技术实现 16 位无误码性能; 它的输出速度同样可由指令设定, 范围由 20 Hz 到 500 Hz; 它能够通过指令设定对零点和满程进行校正; AD7705 与微处理器的数据传送通过串行方式进行, 采用了节省端口线的通讯方式, 最少只占用控制机的两条端口线。AD7705 内含八个寄存器, 对 AD7705 芯片的所有操作都必须先从写通信寄存器开始。

3.1 单片机汇编程序设计

单片机程序流程图如图 3 所示。在程序中有两个重要的子程序, 分别为 A/D 采样子程序和通信子程序。

AT89C51 单片机控制 AD7705 进行 A/D 转换, 最重要的是有效初始化 AD7705, 设定其为 50 Hz 的转换频率, 自校准模式, 增益为 1, 相关程序如下:

```
CLR RESETP ; 复位 AD7705, 初始化 AD7705
MOV R7, # 15
DEL0: DJNZ R7, DEL0
      SETB RESETP
      NOP
      MOV A, # 20H ; 选择时钟寄存器
      LCALL W_rite7705
```

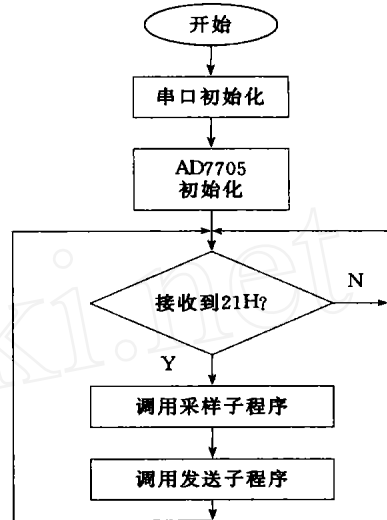


图 3 AT89C51 单片机工作流程图

```
MOV A, # 0CH ; 50Hz 的转换频率
```

```
LCALL W_rite7705
```

```
MOV A, # 10H ; 选择设计寄存器
```

```
LCALL W_rite7705
```

```
MOV A, # 40H ; 自校准模式, 增益为 1
```

```
LCALL W_rite7705
```

AT89C51 单片机串行通信分异步通信和同步通信两种基本方式。本设计采用异步通信方式, 用定时器 T1 方式 2 定时, 产生 9 600 bps 的波特率。单片机的串口通信编程主要包括两大部分: (1) 对单片机串行口初始化; (2) 在确定的工作方式下, 单片机串行口的输入/输出程序编程, 采用中断方式。

3.2 LabV IEW 设计人机操作平台

LabV IEW 是一种用图表代码来代替编程语言创建应用程序的开发工具, 它使用数据流编程方法描述程序的执行, 用图表和连线代替文本册形式编写程序。LabV IEW 是一种带有扩展库函数的通用程序开发系统, 其库函数包括数据采集、GPB (General Purpose Interface Bus 通用接口总线) 和串口仪器控制, 数据显示、分析与存储等。它不但能完成一般的数学运算、逻辑运算和输入输出功能, 还带有专门的用于数据采集和仪器控制的库函数和开发工具, 尤其带有专业的数学分析程序包, 基本上可以满足复杂的工程计算和分析要求。

VISA (Virtual Instrument Software Architecture, 虚拟仪器软件体系结构) 实质上是 I/O 接口软件库及其规范的总称。与现有其他 I/O 接口软件相比, VISA 的 I/O 控制功能适用于各种仪器总线类型, 包括了 VXI, GPB, RS232 等各类总线的控制操作, 也包括了消息基器件、寄存器器件、存储器器件等仪器的操作, 其形式上是一致的, 而且也适用于多种网络机制, 无论虚拟仪器网络构成是多机箱扩

展网络还是以以太网，仪器操作都是一致的。

本设计中主要应用串行通信节点: 初始化串口(设置串口的波特率、数据位、停止位等参数)、串口写(将需要送出的数据发送至串口的输出缓存)、串口读(从串口读出数据), 分别如图 4、图 5、图 6 所示。

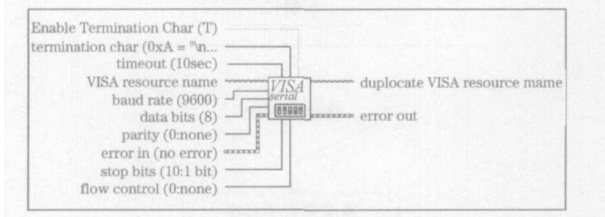


图 4 初始化串口节点

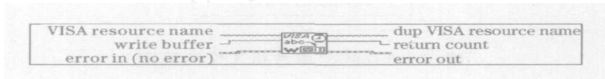


图 5 串口写节点

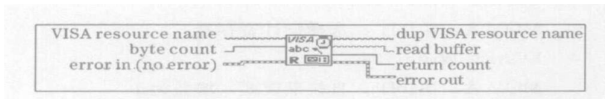


图 6 串口读节点

4 叶绿素浓度的数据采集与处理

叶绿素 a 是海洋初级生产力估算中的一个重要基础参数。近年来各国海洋水色卫星的发射令海洋水色遥感获得很大发展, 大量遥测叶绿素 a 数据弥补了海洋现场观测的不足。但二类水体叶绿素遥感反演精度低是不争的事实, 为提高精度需要尽可能广泛地取得二类水体叶绿素 a 实测数据^[6]。本设计成功实现了叶绿素浓度的计算机自动采集、实时数据显示、分析和数据管理等, 主要分两部分: (1) 前端信号调理部分由 WET Labs WETStar 叶绿素荧光计完成, 泵入水样中所含叶绿素受 455 nm 蓝光激发, 在 685 nm 处发射的荧光被检测器检出, 输出直流电压信号^[7]; (2) 该输出直流电压信号经过本系统数据采集送入计算机, 通过 2 个厂家提供的转换参数 $V_{空白}$ 和 SF 转换成叶绿素浓度。

在计算机 Windows 系统下, LabVIEW 设计的前面板提供了友好的人机操作平台。用户可以在前面板校验系统; 选择串口; 设置波特率、数据位数、停止位数; 定制自动采集个数、时间间隔、启动和停止数据采集; 实时显示数据; 存储和管理数据; 通过 LabVIEW 的 Web Publishing Tool 还可使其他用户远程监测和共享数据。人机操作平台如图 7 所示。

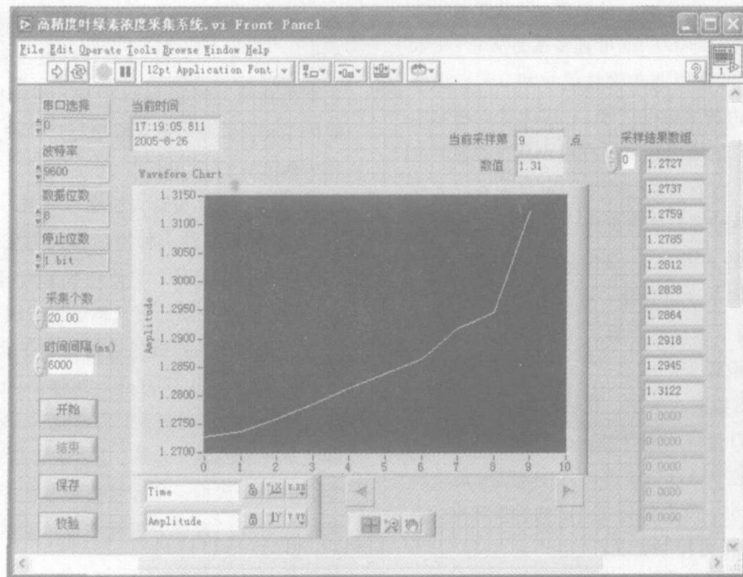


图 7 LabVIEW 设计的人机操作平台

对于不同的溶液浓度, 采用 Sea-Bird SBE19 CTD 仪器和基于虚拟仪器技术的数据采集系统对 WET Labs WET-Star 叶绿素荧光计探头 1006P 校正时测得的数据如表 1。

相应的测量曲线如图 8 所示。

与 Sea-Bird 公司的 SBE19 CTD 仪器相比较, 本系统在

实验室测量海水水样的叶绿素浓度更加方便, 处理和管理数据更加灵活多样。更换前端探头为 CDOM 荧光计 865P, 并稍微改动程序, 本系统也可用于有色可溶性有机物 (CDOM) 浓度的计算机自动测量、实时数据显示和管理等。

表 1 两种仪器对叶绿素荧光计探头 1006P 校正测得的数据

项 目	取出的量 (m l)	SBE19 (V)	虚拟仪器 (V)	相对应的溶液浓度 ($\mu\text{g/L}$)
0	0	0.073 604	0.069 586	0
1	1	0.075 518	0.069 801	6.68
2	5	0.085 889	0.080 111	33.4
3	10	0.100 048	0.094 375	66.8
4	15	0.112 641	0.106 853	100.2
5	20	0.126 894	0.121 057	133.6
6	25	0.139 096	0.134 45	167

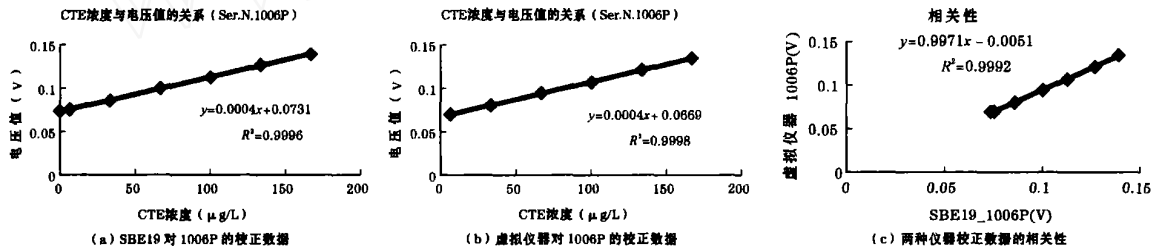


图 8 两种仪器对 1006P 校正得到的数据的比较和线性相关分析结果

5 结束语

本文使用了 AT89C51 单片机控制 AD7705 进行数据采集, 通过 RS-232 串口实现与 LabV IEW 的数据通信, 利用 LabV IEW 的强大的信号分析处理功能, 构建了一套高精度的叶绿素浓度测量系统。实践表明, 在实验室测量海水

水样叶绿素浓度, 相对于利用庞大昂贵的 Sea-Bird SBE19 CTD 仪器配备 WET Labs WETStar 叶绿素荧光计探头的方法, 采用虚拟仪器的方法投资少, 操作更简便。此外, 本设计方案还可用于温度、盐度、浊度、酸碱度等其他海洋参数的高精度数据监测, 在分析仪器制作、工程测量等方面有很现实的意义。

参考文献:

- [1] 石博强, 赵德永, 李畅等. LabV IEW 6.1 编程技术实用教程 [M]. 北京: 中国铁道出版社, 2002.
- [2] Robert H, Bishop. LabV IEW Student Edition 6i [M]. 北京: 电子工业出版社, 2003.
- [3] 余永权. Flash 单片机原理及应用 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2000.
- [4] AD7705/AD7706 Datasheet, Analog Devices, Inc.
- [5] AD780 Datasheet, Analog Devices, Inc.
- [6] 商少凌, 张彩云, 曾银东. 珠江口及其邻近海域走航式叶绿素荧光计数据的校正 [J]. 热带海洋学报, 2004, 23: 69- 74.
- [7] WETStar Miniature Fluorometer User's Guide. WET Labs Inc, 1996. 14- 17.

(下转第 37 页)

2004, 38 (1): 48—59.

- [11] Gwyn Griffiths · Technology and Applications of Autonomous Underwater Vehicles[M] London: Taylor & Francis book company, 2003
- [12] 王树新, 王延辉, 张大涛, 等. 温差能驱动的水下滑翔器设计与实验研究 [J]. 海洋技术, 2006, 25 (1): 1- 5.
- [13] 胡克, 于建成, 张奇峰. 水下滑翔机器人载体外形设计与优化 [J]. 机器人, 2005, 27 (2) . 108- 112, 117.
- [14] 于建成, 张奇峰, 吴利红等. 水下滑翔机器人系统研究 [J]. 海洋技术, 2006, 25 (1): 6- 10.

Underwater Observing Technique for Navy-civil Dual-use

GAO Yan-bo^{1,3}, HAN Jin-feng^{2,3}, MA Chang-lei³

(1. Environmental Science and Engineering College, Dalian Maritime University, Dalian 16026, China;

2. Tianjin University,

Abstract: Several underwater observing technique for military and Navy-civil dual-use, such as autonomous profiling float, underwater vehicle and underwater autonomous survey platform etc developed by foreign countries in recent years is summarized. Their characteristics and key technique are analyzed, the developed status of above technique is introduced, relevant countermeasures and advices are put forward.

Key words: profiling float; underwater vehicle; autonomous underwater platform

(上接第 19 页)

A System of Ocean Environmental Data Acquisition Based on LabVIEW Virtual Instrument Technology

CHEN Dong-sheng^{1,2}, XU Xiao-mei^{1,2}, LI Xue-ding³, TONG feng^{1,2}

(1. Key Laboratory of Underwater Acoustic Communication and Marine Information Technology (Xiamen University), Ministry of Education, Xiamen 361005, China; 2. Department of Oceanography, Xiamen University, Xiamen 361005, China; 3. State Key Laboratory of Marine Environmental Science (Xiamen University), Xiamen 361005, China)

Abstract: This paper introduces a data acquisition and analysis system with the virtual instrumentation technology, based on PC and microcontroller and software of LabVIEW. The system uses AT89C51 microcontroller to collect data by controlling a 16-bit, sigma-delta ADCs, AD7705 to carry out A/D conversion, and transfers data by the serial port. It realizes data acquisition, display, analysis and management of chlorophyll automatically. It can also be used to collect data of temperature, salinity and other environmental factors of the seawater in high precision.

Key words: LabVIEW; AT89C51 microcontroller; data acquisition; Chl-a