

ARM9 平台下基于嵌入式 LINUX 的二次仪表设计^①

Design of Secondary Instrument Based on Embedded Linux with ARM9

胡甲宁 孙育河 (新疆大学 电气工程学院 新疆 乌鲁木齐 830008)

梁岚珍 (北京联合大学 自动化学院 北京市 100101)

摘要: 二次仪表在测量系统中主要作用于接收前方仪表测量数据,进行算法处理校正,通过 GUI 在人机界面上产生分析测量结果。综合提高二次仪表的校正能力比一味提高传感器精度而增加仪表精度更具经济性。本文利用 ARM9 系列高性能 RISC 的运算能力与设备驱动能力搭载嵌入式 LINUX 系统,通过嵌入式 QT 的开发与辅以合适的校正算法,改进了传统二次仪表有限的功能与 GUI 设计,有效提高了测量精度,丰富了显示的测量信息量,并且提高了 GUI 友好程度。

关键词: ARM9 嵌入式 LINUX 嵌入式 QT 校正算法

在测量技术中,由于现场环境的限制,人员常常无法直接在测量点工作。于是使用一次仪表在测量点测量信号并传送到二次仪表处理是一种常见的手段。传统二次仪表由通用计算机或者单片机来实现,其中通用计算机体积与安装常常不符合工业现场的要求,而单片机相对不足的处理能力则不容易兼顾大量数据处理与 GUI 的丰富功能实现。本文采用三星公司的 S3C2410 作为处理器,利用 Linux 系统提的稳定性与良好网络特性设计一种易操作,功能强,易升级的二次仪表系统。

1 基于 ARM 的流量二次仪表总体结构设计

涡轮流量计由于成本低,精度高,易于测低速流体等优势在变粘度液体流量测量中占据重要地位。要获得流体的流量参数,首先要获得流体在不同温度下的粘度特性。在变粘度校准中,可以采用在实验台上改变流体温度的方法,校准被校准传感器在不同温度下和粘度下的仪表系数。流量计与实验台将频率信号与温度信号带回二次仪表,进行相应算法处理,曲线描绘与显示。整体结构框图如图 1 所示,其中实验台在开发过程中充当一个测量温度与原始数据整理的作用,实际应用中可剔除。其将流量计读取的频率与温度发送给 S3C2410。LQ080V3DG01 是一块 8 英寸的 TFT 真彩屏,共有 18 条数据线,其中 R, G, B 各六条,分别和 S3C2410 的控制口线 VD2 ~ VD7, VD10 ~ VD15, VD18 ~

VD23 相连接,舍弃传统键盘,采用 GUI 配合触摸屏的方式实现输入控制。

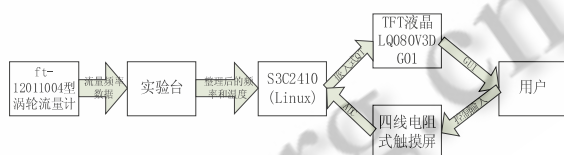


图 1 基于 S3C2410 的流量二次仪表整体结构图

2 校正算法设计

2.1 根据数据特性选择算法

现场测量中,噪声信号随环境和被测对象的特性有所不同。理想的情况下,噪声总是白噪声信号 ξ , 此时采集数据使用简单的线性插值回归就能得到良好的结果。但实际情况中,噪声不总是白噪声信号。本例中使用 ft-12011004 型涡轮流量计在 1.58cSt、2.986cSt、8.1cSt 和 24.4cSt 四个粘度下,在粘度不变的条件使频率递增,测得 32 组数据,采用通用粘度曲线法绘出的图形大致如图 2 所示:

从图中看出,仪表系数 k 和频率/粘度的函数关系大致是一条单值曲线。曲线线性度很差,并且有明显的高频噪声干扰。在频率点测试有限的情况下,利用线性插值法,很难保证测量点之间的频率下的测试精度。但是如果对曲线进行分段处理,利用最小二乘法

① 基金项目:新疆教育基金(XJEDU2005102)

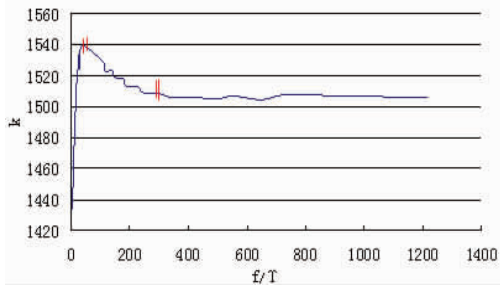


图 2 仪表系数和频率/粘度关系图

进行曲线拟合,可以很好的体现关系曲线。对于当前曲线进行三段处理,各段拟合公式如下:

第一段曲线拟合公式为:(频率/粘度范围为:7.35~37.33)

$$k = -0.1468(f/\gamma)^2 + 9.6358(f/\gamma) + 1378.3 \quad (1)$$

第二段曲线拟合公式为:(频率/粘度范围为:39.75~432.59)

$$k = 0.0003(f/\gamma)^2 - 0.2289(f/\gamma) + 1547.3 \quad (2)$$

三段曲线拟合公式为:(频率/粘度范围为:432.59~1217.02)

$$k = 0.0000(f/\gamma)^2 - 0.0011(f/\gamma) + 1505.2 \quad (3)$$

2.2 运动粘度的计算

拟合公式 γ 中频率 f 直由仪表传回,而流体粘度计算可以使用安德雷德(Andrade)公式:

$$\gamma = Ae^{B/T} \quad (4)$$

式中为流体运动粘度,单位 cSt; T 为热力学温度,单位 K; A, B 如下计算:

$$B = \frac{T_1 T_2 (\ln \mu_1 / \mu_2)}{T_2 - T_1}$$

$$A = \frac{\gamma_1}{\exp(B/T_1)} \quad (5)$$

应用上式可求得第三个温度点下粘度。可以以滑油粘度特性为例,滑油在 17.7°C 下粘度为 66.85cSt, 78.1°C 下粘度为 8.05cSt,利用上式计算第三温度点下的粘度。这样,如果已知流体温度,就可以计算出流体的当前粘度。得到粘度并计算出仪表系数 k 后,通过公式 $q = f/k$ 就可以计算出流量。

2.3 算法验证

为了验证结果,选择了一组粘度为 20.5cSt 的流体测试数据为代表进行验证,实验过程中连续改变传感器输出的频率,计算结果如表 1,其中标准流量,实际仪表系数由一支高精度流量计给出。

表 1 拟合所得仪表系数与实际仪表系数对比

标准流量 (L/min)	频率 f (Hz)	实际仪表系数 K (1/L)	由拟合公式得出 K	仪表系数相对误差
7.50	180.84	1446.04	1451.80	0.004
9.72	238.182	1470.8	1470.40	0.000
12.59	312.85	1490.7	1491.11	0.000
16.30	409.711	1507.89	1512.20	0.003
21.14	537.776	1526.62	1530.02	0.002
27.37	701.501	1537.98	1536.14	-0.001

可见仪表系数与实际仪表系数(由高精度流量计测得)相对误差不超过 0.5%,效果理想。

3 基于 S3C2410 的嵌入式 Linux 系统移植

嵌入式 Linux 开发的平台采用主机 - 开发板交叉编译的方式实现,由于 ARM 本身的资源比起 PC 机来匮乏许多,所以不适合在其上直接编译链接源代码。RED HAT 和其他系列的发行版 Linux 都很容易实现通过 NFS 服务器方式使 ARM 挂载 PC 的文件系统,而 ARM 通过 NFS 挂载方式直接可以运行 PC 中的程序而不需要下载到自身的有限 FLASH 中运行,这种方式则需要一块以太网卡及相应驱动。本例移植过程中除了 Bootloader 的编写以外,还要为以后 GUI 的开发添加进 QT 和 Qtopia 的映象和网卡的驱动程序等。编写过程中注意针对设计中的处理器在 Makefile 中加入:

```
s3c2410_config:unconfig @ ./mkconfig $ (@ : _
config =) arm arm920t s3c2410
```

将 bootloader 和内核映象等通过 JTAG 烧写进 FLASH 后,将开发板与 PC 机用网线和串口线相连,配置好 Minicom 的波特率,硬件端口后,复位开发板,移植成功则 ARM 会自动加载 LINUX 系统,并通过 Minicom 输出到 PC 机,成功后 Minicom 返回如图 3 所示:

```
Please press Enter to activate this console.

BusyBox v0.60.5 (2006.02.20-09:27+0000) Built-in shell
Enter 'help' for a list of built-in commands.

[root@ylinux /]#
CTRL-A Z for help | 115200 8N1 | NCR | Minicom 2.2
```

图 3 Linux 启动后的 Minicom 显示

此时 Linux 操作系统已经成功在 ARM 中运行,出现了 SHELL 命令端,此时将开发板与 PC 机设为同一子网内,执行 MOUNT 指令便可以挂载 PC 中的文件系统

及执行 PC 硬盘中储存的交叉编译的程序。当液晶的 GUI 匹配程序完成后,便可以脱离串口和上位 PC 机,在液晶上运行控制台,执行必要的命令。

4 基于 QT 的 GUI 实现

4.1 GUI 的显示实现

本例中二次仪表面板由 640x480 的 TFT 液晶屏 LQ080V3DG01 配合四线电阻式触摸屏实现输入输出控制,在众多嵌入式 GUI 中,QT/Embedded 由于完备的 C++ 库和 API,良好的移植性以及较多的技术支持而被本设计中采用。仪表中的操作界面是有不同的窗口组成,一个窗口必要的显示和控制元素包括标签,按钮,文本框等,根据不同需求还可以配置滚动条,进度条,图片等元素,这些在 Qt 都被定义为 C++ 的对象,对象之间通信通过信号与插槽机制实现,以界面中的一个标签对象与滚动条对象的信号与插槽关联 C++ 代码为例如下:

```
QLabel * label = new QLabel;
QScrollBar * scroll = new QScrollBar;
QObject::connect
( scroll, SIGNAL( valueChanged( int ) ), label, SLOT( setNum( int ) ) );
```

这样定义了一个 Label 对象和滚动条对象 scroll,并将 valueChange() 信号与标签对象的 setNum 相关联,信号携带一个整形参数,这样标签就可以总是显示滚动条位置的值。

当一个对象完成它的任务,相应的信号与槽没有必要保持关联时,可以用 disconnect 函数来断开连接:

```
Bool QObject::disconnect ( const QObject * sender, const char * signal, const Object * receiver, const char * member) [ static ]
```

使用信号和插槽机制编写嵌入式 Qt 窗口,可以避免传统的函数回调过程中凌乱的函数指针。增加系统的健壮性,在仪表这一类强调稳定性的设备中显得尤为重要。

4.2 触摸屏驱动编写

S3C2410 中嵌有 ADC 和触摸屏接口,只需要在微控制器外部外接少量器件,就可以和触摸屏相连,实现触摸功能。在 Linux 操作系统中,该控制器对应的字符型驱动源文件为:s3c2410-ts.c,将该驱动编译为模块后,生成驱动模块:s3c2410ts.ko,然后只要把该模块用 insmod 命令插入内核就可以使用该驱动模块。

4.3 GUI 主界面显示

二次仪表应用程序设计完成后,根据配置以及按钮说明,用触摸屏可以操作完成读取数据,处理,曲线比较,记录等各种功能,用户选择菜单选项后,窗口自动转换到相应功能的服务窗口,主界面如图 4 所示。



图 4 基于 Qt 的二次仪表主界面

5 结束语

将设计的二次仪表用于 ft-12011004 型涡轮流量计的数据处理与显示上,获得了很好的效果。由二次仪表的最小二乘回归拟合,成功使一支普通流量计与高端流量计的误差减少到 0.5% 之内。

本文作者创新点:相对于多数二次仪表使用单片机简单地接收数据与线性回归处理,本例中基于 ARM Linux 的流量测量的二次仪表开发提出了新型仪表中普及精确处理算法(如分段最小二乘回归)与嵌入式系统结合的思想。基于 Qt 的 GUI 可以让用户清晰的根据触摸屏菜单提示操作,符合用户习惯的 Windows 风格,解决了很多仪表测量时在不同界面中,功能键设计过多则操作盘庞大复杂,太少则会牵扯到功能复用,增加用户使用难度的矛盾问题,而采用本系统后,厂家对于某型仪表的新型算法或者外设改进都可以方便的挂载在系统模块上,用户能够方便的得到升级,维护等服务。

参考文献

- 1 杨华中. 数值计算方法与 C 语言工程函数库. 北京: 科学出版社.
- 2 林晓飞. 基于 ARM 嵌入式 Linux 应用开发与实例教程. 北京: 清华大学出版社, 2007.
- 3 张纪坤, 张小全. 嵌入式 Linux 系统开发技术详解. 北京: 人民邮电出版社, 2006.
- 4 杨根生, 林辉渝. 流量测量仪表. 机械工业出版社, 1986.
- 5 C++ GUI QT3 编程. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2006.
- 6 Rubini A 等, Linux 设备驱动程序. 2 版. 魏永明, 译. 北京: 中国电力出版社, 2002.