

# 基于 MSP430 与 ATT7022B 的四遥测量模块

The Measurement Module of Four-Remotion Based on MSP430 and ATT7022B

(青岛理工大学) 苏善伟

SU SHANWEI

**摘要:**本文介绍了一种电力四遥监控系统中的遥测模块,其控制核心是 TI 公司的 MSP430 单片机,采样电路由珠海炬力公司的 ATT7022B 三相电能芯片构成。这种测量模块,具有三相电能表的功能,可以测量三相电路中电流、电压、频率、功率、功率因数、电能等参数。

**关键词:** MSP430; ATT7022B; 遥测

**中图分类号:** TP368 **文献标识码:** B

**Abstract:** The article introduces a measurement module which is one part of Four-Remotion monitoring and control system. It is composed of the control unit of single chip of MSP430 made by TI and sampling circuit which is based on the energy chip of ATT7022B of Juli company, Zhuhai. This kind of measurement module, with the function of three-phase energy meter, can be applied to measure electrical parameters such as current, voltage, frequency, power, power factor, energy.

**Key words:** MSP430, ATT7022B, Remote Measurement

## 1 前言

所谓四遥-是“遥测、遥信、遥控、遥调”技术的简称,“遥测”是指利用电子技术远方测量集中显示诸如电流、电压、功率、电能等物理量的系统技术。该电力“四遥”测量模块采用 16 位的 430 单片机与集成电能芯片 ATT7022B,具有准确度高,误差曲线平直,性能稳定可靠,自身损耗低,而且功能容易扩展等优点。该电能芯片具有 SPI 接口,外部微处理器可通过此接口读取原始值,再根据相应的计算公式进行计算,最后得到各项电力参数的测量值。

## 2 系统介绍

遥测模块,也可以作为普通电子式电能表使用,其采样方式及采用什么 MCU 有多种方案,不少已经投入实际使用。但是基于 MSP430 单片机,采用高度集成的采集芯片 ATT7022B 进行电流和电压采样的模块还没有广泛投产使用。尽管 TI 公司提供了多种采样方案,但是其采样电路比较复杂,难于调试,更没有采用专用的电能表的采用芯片。

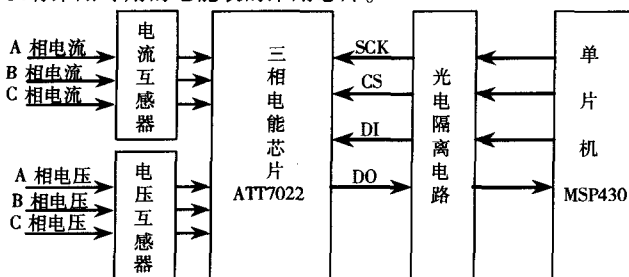


图 1

图 1 是遥测模块的硬件组成,合理的把 TI 的 MSP430F449 单片机和珠海炬力的 ATT7022B 电能采集芯片集合,发挥各自

的优势,避开复杂的采样电路的设计。

### 2.1 硬件部分:

#### MSP430F449 单片机

TI 公司的 MSP430 系列单片机是一种具有超低功耗的功能强大的 16 位单片机。新开发的 F 系列具有 Flash 存储器,如 F449 就具有 60KB 的 Flash,在系统设计,开发调试及实际应用上比其他 MCU 都有比较明显的优势。

#### (1) 超低功耗

MSP430F 系列运行在 1MHz 时钟的条件下时,工作模式不同为 0.1~400uA,工作电压为 1.8~3.6V。

#### (2) 超强处理能力

8MIPS 的 CPU 内核,16 位×16 位的硬件乘法器。

#### (3) 灵活的配置方法

MSP430 F 系列具有丰富的寻址方式,只需要 27 条指令;片内寄存器数多,可以实现多种运算;有高效的查表处理方法。这一切保证了可以编译出高效的程序。许多中断,可以嵌套,使用方便。

#### (4) 片上集成外围功能模块

MSP430 F 系列集成了较多的片上外围设备。这些外围设备功能相当强大:12 位 A/D,精密模拟比较器,硬件乘法器,2 组频率可以达到 8MHz 的时钟模块,2 个带有许多捕获比较的 16 位定时器,看门狗功能,2 个可实现异步和同步及多址访问的串行通信接口,数十个可实现方向的设置及中断功能的并行输入,输出端口,拥有 SPI 和 UASRT 通讯端口。

#### (5) 高效的开发方式

MSP430FX 系列具有 FLASH 存储器,这一特点使得它的开发工具相当简便。利用单片机自身带有的 JTAG 接口或片内 BOOT ROM 内固化的默认的加载程序载入器 Bootstrap 可以进行串口或并口,通过 UART 将程序代码装入 Flash 存储器中。可以在一台 PC 及一个小 JTAG 控制器的帮助下实现程序的

下载,方便的完成在线程序调试。

### ATT7022B 电能芯片

ATT7022B 是珠海炬力集成电路设计有限公司生产的一款高精度三相电能计量芯片,该芯片对有功、无功功率的测量精度分别达到 0.2s 和 0.5s,所能测量的电参数包括有功、无功、视在功率、双向有功和四象限无功电能;电压和电流有效值;相位、频率等。ATT7022B 具有计量参数齐全、校表功率完善等优点,简化了软件设计,缩短了软件开发周期。特别是 ATT7022B 可支持全数字校表,即软件校表。软件校表可提高校表精度、简化硬件设计、降低设计成本,为三相多功能计量装置提供了功能更加齐全、设计更加简单的应用方案。

#### (1) 工作原理

ATT7022B 首先通过 6 通道 16 位  $\Sigma-\Delta$  的 ADC 模数转换电路来对输入电流和电压信号进行采样,转换后的数字量再经过 24 位 DSP 数字信号处理以完成全部三相电能参数的运算,同时将结果保存在相应的寄存器中并通过 SPI 口与 MCU 进行数据交换,DSP 模块同时还生成有功/无功电能脉冲输出 CF1/CF2,可用于现场校表。ATT7022 在设计中已考虑到校表的方便性,采用全数字校表,只需适当修改校表寄存器即可实现校表功能。

#### (2) 串行 SPI 接口

ATT7022 提供有标准的 SPI 接口,可与带 SPI 口的 MCU 直接连接,也可用适当的 I/O 口线仿真 SPI 总线,其仿真读写程序很容易实现。

ATT7022 的一个数据传输总线从向 SPI 接口的 DIN 端送入 8 位命令字开始的,当命令中包括一个写入命令时,在其后的 24 个 SCLK 周期内,串口将持续从 DIN 端读入 24 位串行数据。当发出一个读取命令时,串口将根据发出的命令来进行寻址,然后在其后的 24 个连续的 SCLK 周期从 DOUT 引脚上串行输出寄存器内容。数据的传输总是 MSB 在前,LSB 在后。读寄存器时,SCLK 为高,数据在 DOUT 引脚上有效。而在写寄存器时,数据则在 SCLK 的下降沿从 DIN 引脚读入,这一点在仿真 SPI 读写操作子程序时应引起注意,否则读写寄存器将出错。ATT7022B 的读写时序见图 2 所示。

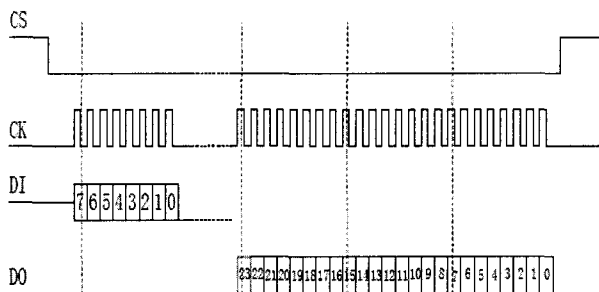


图 2

#### (3) 寄存器配置及校表方法

ATT7022B 的寄存器分为计量参数和校表参数两部分。器件中的计量参数寄存器多达 82 个,它们的地址在 01H~6FH 中不连续分布,未使用部分可留给以后扩展。计量参数的计算全部由硬件完成,用户只需进行单位换算就可得到测量值。

校表参数寄存器包括相位补偿设置、功率增益、相位校正、电压/电流校正、比差补偿设置、启动电流、高频脉冲输出设置、断相阈值电压设置和合相能量累加模式等 36 个寄存器,它们

的地址不连续地分布在 01H~2AH,也考虑了以后的扩展。应当说明的是,两个寄存器的地址有重叠部分,但它们的物理位置是分开的,可以通过读写命令来区分。

校表是电能表设计中非常重要的环节,ATT7022B 上电复位后,校表寄存器的初始数据为默认值,此时读出的计量参数值和实际参数值不符,因而需要对校表寄存器进行设置,以将测量值减小到误差范围之内。校表可按高频输出参数设置、比差补偿区域设置、角差补偿区域设置、功率增益校正、相位校正、启动电流设置、功率增益校正、参量累加模式设置、电压校正、电流校正的先后顺序进行。现以电压增益的校准为例简要说明 ATT7022B 的校表方法,其它参数校准请参照该芯片的参考文献。

电压增益校正  $U_{gainA}$ 、 $U_{gainB}$ 、 $U_{gainC}$ :在 ATT7022 初始化时, $U_{gain}$  为 0,标准表上读出的电压有效值为  $U_r$ ,通过 SPI 口读出的测量电压有效值寄存器的值为  $Data_u$ 。此时,如实际电压有效值  $U_r$ ,测量电压有效值为  $U_{rms}=Data_u \times 2^{10}/2^{23}$ ,由于:

$$U_{gain}=(U_r/U_{rms})-1$$

因此,如果  $(U_{gain} \geq 0)$ ,则  $U_{gain}=\text{INT}[U_{gain} \times 2^{23}]$

否则  $U_{gain} < 0$ ,则  $U_{gain}=\text{INT}[2^{24}+U_{gain} \times 2^{23}]$ ,式中,INT 表示取结果的整数部分。

#### (4) 互感器参数选择

选用的电流互感器规格为 5A/2.5mA,精度是 0.05 级,负载阻抗为 40 $\Omega$ ,电压互感器规格选择电流型电压互感器 2mA/2mA,在其前端通过 110K 功率电阻把 220V 电压信号转变成 2mA 电流信号,负载电阻为 250 $\Omega$ 。这样在输入额定电流、额定电压时,其电流、电压差动输入电压的有效值分别为 0.1V 和 0.5V 左右,可满足 ATT7022B 的要求。

#### (5) 特点

ATT7022B 能够提供的计量参数除瞬时有功功率、无功功率、视在功率、有功电能、无功电能、功率因数、相位、电压有效值、电流有效值、瞬时合相电流值、线电压频率值、四象限无功、正向和反向有功电能外,还包括缺相、相序错误和反向有功指示等状态信息,非常适用于三相电路中各种电参数的测量。

#### 2.2 软件部分

对于 MSP430 单片机,由 TI 公司自带的嵌入式软件开发平台 IAR EMBEDDED WORKBENCH。该软件可对开发系统进行在线调试,带有 C 编译器,可采用高效、便捷、通用的 C 语言编程。

通过 MSP430F449 的 P4.2—P4.5 端口对 ATT7022B 芯片进行同步数据传递,其中 P4.2 用于 CS,P4.3 端口用于 DI,P4.4 用于 DO,P4.5 用于 SCK,程序流程图如下图 3 所示。

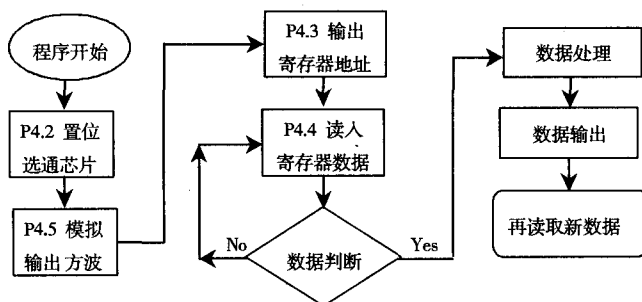


图 3 程序流程图

(下转第 92 页)

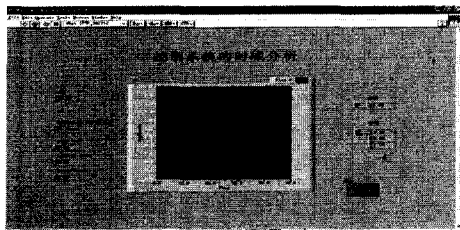
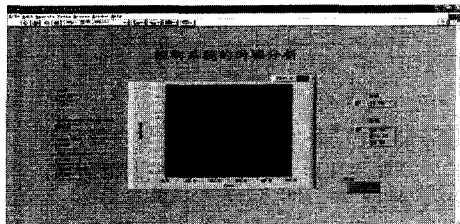
(d)  $\xi = 0$ (e)  $\xi < 0$ 

图6 二阶线性系统的时域仿真

#### 4 结束语

本研究只是对 LabVIEW 系统仿真技术进行了初步的分析和研究,还可以更进一步把仿真和真实系统相连接,充分利用 LabVIEW 在控制系统仿真方面的优势,在计算机上加上适当的数据采集卡就可以将仿真系统和真实系统结合起来,这在工程中和教学上都有一定的现实意义。

本文作者创新点:

利用 LabVIEW 进行系统仿真,可以应用于教学,还可以进一步与真实系统相连接。

参考文献

- [1]National Instruments Corporation.Getting Started with LabVIEW, April 2003 Edition.
- [2]National Instruments Corporation.LabVIEW User Manual , April 2003 Edition.
- [3]刘君华,贾惠芹,丁晖,阎晓艳.虚拟仪器图形化编程语言 LabVIEW 教程[M].西安:西安电子科技大学出版社,2003.
- [4]雷振山.LabVIEW 7 Express 实用技术教程[M].北京:中国铁道出版社,2004.
- [5]杨乐平,李海涛,赵勇,杨磊,安雪滢. LabVIEW 高级程序设计[M].北京:清华大学出版社,2003.
- [6]周求湛,钱志鸿等.虚拟仪器与 LabVIEW TM 7 Express 程序设计[M].北京:北京航空航天大学出版社,2004.
- [7]吴苗.基于 LabView 的设备驱动程序开发技术研究[J]微计算机信息.2006(2): 153

作者简介:刘玥(1975-),女,汉族,讲师,硕士,主要从事计算机控制、计算机仿真等研究。宗哲玲(1966-),女,汉族,副教授,天津现代职业技术学院。

**Biography:**Liu Yue,female,borned in 1975,han,master,research field:computer control,computer simulation.

(300222 天津 天津现代职业技术学院)刘玥 宗哲玲

(300222 天津 天津工程师范学院)田立国

通讯地址:(300222 天津 天津现代职业技术学院信息工程系)刘玥

(收稿日期:2007.4.13)(修稿日期:2007.5.15)

(上接第 119 页)

**Biography:**Zhang Jun , born in 1982, a postgraduate student in East China Institute of Technology, majored in computer. Research direction: Communication and embedded system.

(330013 南昌 东华理工学院核资源与环境教育部重点实验室)张军 周书民

通讯地址:(344000 江西省 抚州市东华理工学院信息工程学院)张军

(收稿日期:2007.4.13)(修稿日期:2007.5.15)

(上接第 123 页)

SPI 通信一般分为硬件 SPI 通信和软件 SPI 通信。如果本系统选用硬件 SPI 通信,就需要在程序中把 P4.2-P4.5 四个口定义成同步串行通信口,P4.3 利用 TXBUF 发送数据,P4.4 利用 RXBUF 接受数据,P4.5 提供同步 CLK 信号。如果定义同步发送与接受数据位数是 8 位的话,这样利用 TXBUF 发送 8 位的地址数据一次就完成,与普通的数据发送没有什么区别,但是利用 RXBUF 接受 24 位的寄存器数据,需要连续接受三次。通过实际调试发现,这种通信方式对时序要求极为严格,使用起来较麻烦。

在本系统中,改用了软件 SPI 通信,使用 I/O 口模拟硬件 SPI 通信,通过程序控制 P4.5 产生高低电平,通过 P4.3 输出 8 位的地址数据,在 8 个 CLK 脉冲信号下就可以完成,然后紧接着通过 P4.4 接受 24 位的寄存器数据,在 24 个 CLK 脉冲信号下就可以完成。这种通信方式使用起来操作性较强,简易实用

#### 3 结束语

本模块作为电力四遥监控系统的测量单元,所涉及到的软硬件均通过了实验调试,工作正常,性能稳定。该模块可以单独作为三相电能表使用,也可以外加显示模块、通信模块、遥测模块、通信模块等就可以形成电力四遥监控系统,从而可以广泛应用于电力系统的各种配电设备中。

创新点:1、利用的 16 位 MSP430 单片机与电能集成芯片 ATT702 2B 构成的测量模块,充分发挥它们各自的优点,具有硬件电路接口简单,集成度高,运行速度快,功能强大等特点,2、本模块应用灵活,不但可以作为“四遥”监测系统的遥测模块,而且可以单独作为三相电能表使用,均能达到各种性能指标与精度要求。

参考文献

- [1] 胡大可.MSP430 系列单片机 C 语言程序设计与开发 [M].北京:北京航空航天大学出版社,2003.
- [2]魏小龙.MSP430 系列单片机接口技术及系统涉及实例[M].北京:北京航空航天大学出版社,2002.
- [3]三相电能计量芯片-ATT7022B 使用手册.珠海炬力集成电路设计有限公司. 2004
- [4]阎纲.基于 MSP430 单片机的红外遥控器设计.[J]微计算机信息, 2006 年第 10-2 期,P223-225

作者简介:苏善伟(1979.10-),男,汉族,山东阳谷人,硕士研究生,现为青岛理工大学教师,研究方向为检测技术与传感器。

**Biography:**Su Shanwei(1979-10~), male, Han, Yanggu Shandong, Master, Teacher of Qingdao Technological University. Research field:Testing technology and Sensor.

(266520 青岛 青岛理工大学)苏善伟

通讯地址:(266520 山东 青岛开发区青岛理工大学黄岛校区自动化工程学院)苏善伟

(收稿日期:2007.5.13)(修稿日期:2007.6.15)