

基于 ATT7022A 的多功能电表的设计

于爱华,何日阳

(浙江科技学院 自动化与电气工程学院,杭州 310023)

摘 要:采用高精度的电能专用计量芯片 ATT7022A 设计了一种电子式电能表。采用此方案测量各种电能参数,具有精度高,功能扩展方便,易于实现等优点。介绍了电能参数测量原理,详细分析了多功能电表的接口电路、软件结构、软件校表,给出了系统校表后的测量效果误差。

关键词:ATT7022;电能表;软件校表

中图分类号:TP393 文献标识码:A 文章编号:1671-8798(2008)03-0175-04

Design of multifunctional watt-hour meter based on ATT7022A

YU Ai-hua, He Ri-yang

(School of Automation and Electrical Engineering, Zhejiang University of Science and Technology, Hangzhou 310023, China)

Abstract: A high-accuracy chip (ATT7022A) for the electric energy measurement is introduced. It is convenient to realize and extend other functions with high precision. The paper presents the power measurement principle, analyzes the interface of multifunctional watt-hour meter, software architecture and software regulating meter. The error of the system is also given.

Key words: ATT7022; watt-hour meter; software regulating meter

电能是国民经济与人民生活的主要能源,随着我国电力工业的持续高速发展,电能作为一种能直接反映电力企业经济效益的商品而备受重视。电能表是测量电能的专用仪表,是电能计量最基础的设备,被广泛应用于发电、供电和用电的各个环节。目前,在三相电能计量方案中,采用专用集成电路的方案所占的比重越来越大,但长期以来电子式电能表计量方案所使用的产品多为进口芯片,电能计量方案设计应用复杂,而且成本偏高^[1]。ATT7022A 是珠海炬力集团将所掌握的先进的 16 位 A/D 转换与 24 位 DSP 技术合二为一集成到一起来完成电

能计量的采集与运算任务,并直接提供电能所需的各类参数。采用 ATT7022A 不但大大简化了电子式电能表计量部分的设计,而且也大大降低了电能表芯片的成本^[2]。

1 电能参数测量原理

单相电能参数测量原理:

电压有效值测量：
$$U_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt}$$
 (1)

电流有效值测量：
$$I_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2(t) dt}$$
 (2)

收稿日期:2008-06-05

作者简介:于爱华(1975—),男,江苏海安人,助理工程师,硕士,主要从事网络通信、单片机开发及电能测量的研究。

$$\text{单相有功平均功率: } P = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) i(t) dt \quad (3)$$

$$\text{单相无功平均功率: } Q = \frac{1}{T} \int_0^T u_q(t) i(t) dt \quad (4)$$

$$\text{视载功率 } S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (5)$$

$$\text{功率因数: } PF = \text{sign}(Q) \times \frac{\text{abs}(P)}{\text{abs}(S)} \quad (6)$$

$$\text{有功能量: } E_p = \int p(t) dt \quad (7)$$

$$\text{无功能量: } E_q = \int q(t) dt \quad (8)$$

其中 $u(t)$, $i(t)$, $u_q(t)$, 分别为电压、电流、电压经过希尔伯特数字移相滤波器移相 90° 的采样值^[7]。 T 为采样周期。对于三相四线合功率的有功和无功是各相之和。对于三相三线, 以其中一相为参考点, 计算其中两线电能, 如以 B 相有:

有功合功率:

$$P_3 = \frac{1}{T} \int_0^T u_{AB}(t) i_A(t) + u_{CB}(t) i_C(t) dt \quad (9)$$

无功合功率:

$$Q_3 = \frac{1}{T} \int_0^T u_{AB}^*(t) i_A(t) + u_{CB}^*(t) i_C(t) dt \quad (10)$$

式(9)(10)中 $u_{AB}^*(t)$, $u_{CB}^*(t)$, 是 AB、CB 线电压移相 90° 的采样值。

2 硬件设计

2.1 电能表的结构框图

电能表的硬件电路设计主要由测量单元 (ATT7022)、时钟 (DS1302)、单片机 (PIC16F877A)、LCD 显示、EEPROM、电源、通信接口和操作键等几部分组成。本方案的硬件结构框图如图 1 所示。

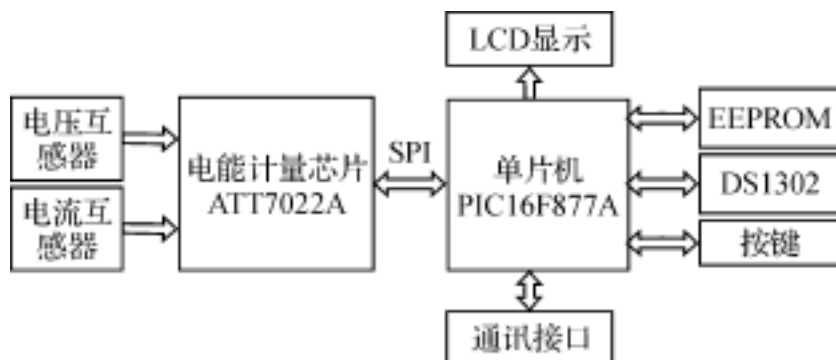


图 1 图 1 硬件结构框图

Fig. 1 Hardware structure

2.1.1 测量单元 测量各种电能参数, 主要由电压互感器 (PT)、电流互感器 (CT) 和专用电能计量芯片 ATT7022A 构成。电流和电压信号分别经过电流互感器和电压互感器送给 ATT7022A 处理, ATT7022A 完成各种电能参数的测量并通过 SPI 提供给 MCU。

2.1.2 单片机 主要完成接收各种电能参数信息并进行相关的数据处理, 控制 LCD 按要求显示各种参数以及实现和 PC 之间的通信。这里采用的是 Microchip 公司的 PIC16F877A 作为主控芯片。

2.1.3 电源 用来向单片机、测量单元、通信接口和 DS1302 等电路供电。利用电压互感器 (PT), 电流互感器 (CT) 将电网与测量电路隔离开来, 以保证整个测量系统稳定可靠性。

2.2 电能表的硬件接口设计

三相表计量芯片的采样电压输入可采用电阻分压方式、电压互感器方式或通过电流互感器, 再将电流转换成电压的方式^[2]。本研究采用第二种方法 (图 2), 将芯片与电网进行了隔离, 从而获得良好的抗干扰性能。电流采样是通过电流互感器差分方式完成的, 接线方式如图 3 所示。

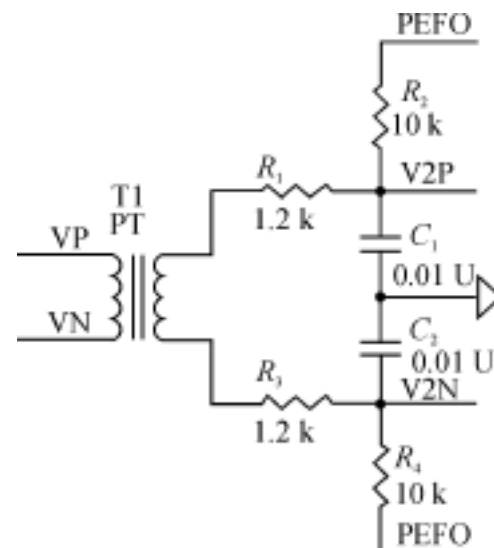


图 2 电压采样电压互感器

Fig. 2 Voltage sampling by transformer

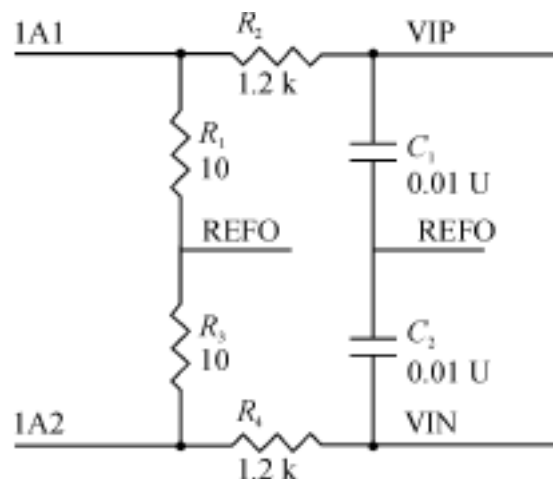


图 3 电流采样差分输入

Fig. 3 Current sampling by differential input

2.3 电能表与单片机的 SPI 接口

ATT7022A 的接口设计如图 4 所示, ATT7022A 与单片机有 6 条连线, 其中 4 条是 SPI 口线 CS、SCLK、DIN、DOUT, 一条 ATT7022A 的复位控制线, 一条握手信号线 SIG。

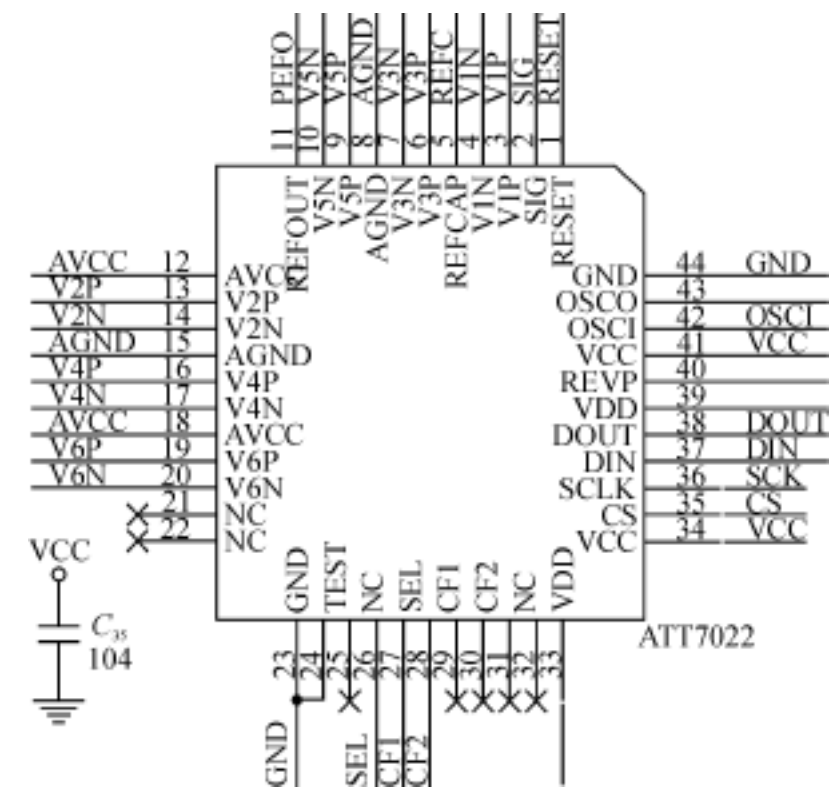


图 4 ATT7022A 的 SPI 接口设计

Fig 4 Design of ATT70221A SPI interface

3 软件设计

3.1 系统软件设计

主程序包括初始化程序、软件校表子程序、读取 ATT7022A 子程序、显示子程序。初始化子程序主要有对 I/O 管脚设置、SPI 口初始化、异步串行通信 (USART) 接口初始化、读取 EEPROM 预置参数等功能^[3-4]。

在程序的开始阶段可以对各项参数的相关校正寄存器进行一次性校正,在随后的程序中需要对电能芯片进行读写时就可以方便地读入。注意 ATT7022A 的各项参数的更新时间大概是 1/3 s。系统软件流程图如图 5 所示。

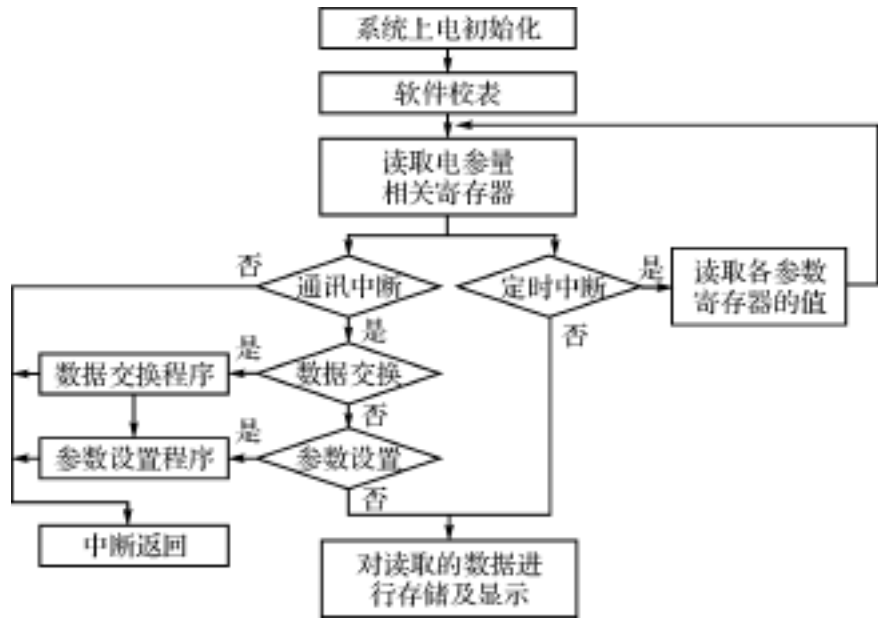


图 5 系统软件流程图

Fig. 5 Flow chart of system software

3.2 SPI 通信接口

计量参数是通过 SPI 提供给外部 PIC16f877 单片机,同时单片机也可以通过 SPI 配置 ATT7022 芯片寄存器,更新校表数据。SPI 接口读写信号时序图如图 6、7 所示。

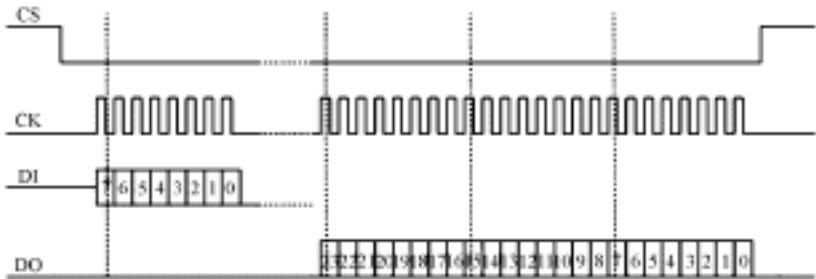


图 6 读数据 SPI 时序图

Fig 6 SPI time sequence for data reading

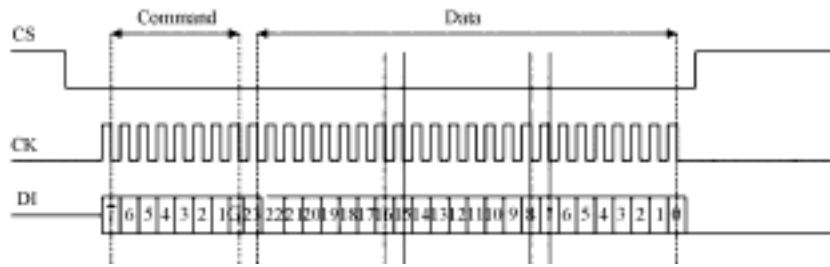


图 7 写数据 SPI 时序图

Fig. 7 SPI time sequence for data writing

- Bit7/ 6: 1 0 表示写命令,用于更新校表数据
- Bit7/ 6: 1 1 表示写入特殊命令字
- Bit7: 0 表示读命令,用于外部 MCU 读取 ATT7022 的计量数据
- Bit5 .. 0: 表示数据地址,详见文献[2]寄存器定义部分

工作过程:先通过 SPI 写入 1 个 8 Bits 的命令字,延时 3μs,接着通过 SPI 读出或者写入 24 Bits 的数据。

3.3 软件校表

ATT7022A 支持全数字校表,即软件校表,通过校表有功精度可高达 0.5 级,无功精度达到 2 级^[5-6]。校表时,先向 ATT7022A 写入写命令,跟着写校表数据。软件校表流程如图 8 所示(写操作时,将校表寄存器地址最高位置 1,称其为命令,如写寄存器 20H,命令为 A0H)

4 结 果

系统经过软件校后,系统在额定电压 $U_n = 220$ V 额定电流 $I_b = 1.5$ A 下有功和无功误差如表 1、表 2 所示。

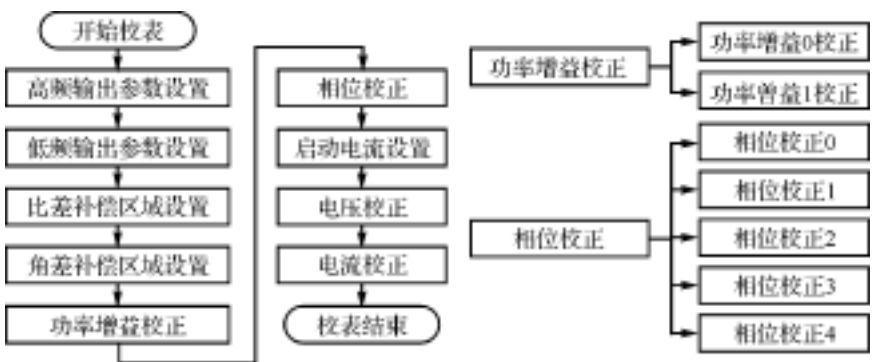


图 8 软件校表程序流程图

Fig.8 Flow chart of software regulating meter

经过软件校表,系统在小于额定电流工作范围内有功误差较小,精度较高;误差不超过 0.2%,达到 0.2 s 国家标准。无功误差小于 0.1%,满足一般电表要求。

表 1 有功误差

Table 1 Active power error

额定电流试验点	功率因数			
	0.5C	0.8C	1	0.5L
400	0.228	0.032	0.032	0.081
200	0.215	0.083	0.022	0.067
100	-0.037	0.045	0.017	0.096
50	0.107	-0.060	0.021	-0.03
40	0.053	-0.090	-0.009	0.151
20	-0.024	0.047	0.013	0.071
10	-0.059	0.026	0.008	0.099
5	-0.087	-0.059	0.009	-0.068
4	0.094	-0.067	0.015	-0.055
2	0.089	-0.064	0.004	0.108
1	0.090	-0.084	-0.016	-0.135

表 2 无功误差

Table 2 Inactive power error

额定电流试验点	功率因数		
	0.5C	1	0.5L
400	0.02	0.05	-0.03
200	0.01	0.03	-0.02
100	0.02	0.01	-0.05
50	0.03	-0.01	-0.06
40	0.02	-0.02	-0.07
20	0.02	-0.02	-0.08
10	0.02	0.01	-0.025
5	0.05	0.02	-0.05
4	0.06	0.02	-0.04
2	0.01	0.02	0.02
1	0.05	0.05	0.03

5 结 语

由本文所述可见,采用 ATT7022 实现了全数字电能计量,它不但大大简化了电子式电能表的计量部分的设计,缩短系统开发周期,而且测量精度较高,同时也大大降低了电能表的芯片成本。

参考文献:

[1] 郭自勇,内置振荡器的电能测量芯片 ADE7757 及其应用[J].国外电子元器件,2003,44(7):64-66.

[2] 珠海炬力集成电路设计有限公司.ATT7022A 用户手册[Z].2005.

[3] 周立功单片机.RS-485 选型及应用指南[Z].2005.

[4] 李学海.PIC 单片机原理[M].北京:北京航空航天大学出版社,2004:184-196.

[5] 俞胜荣,胡龙湘.对电子式电能表几项功能的讨论[J].电测与仪表,2006,43(1):19-21,48.

[6] 孙国栋,雷在栓,周玉国,等.综合电力监控仪表的设计[J].电测与仪表,2007,44(7):37-40.

[7] BAO Shuping, ZENG Xianwu. Development of Multi-function Electronic Measurement Using DSP Techniques[J].Modem Electronics Technique,2007,28(4):15-18.