

基于物联网的智能电表系统设计

蓝集明¹, 符长友¹, 周苗苗²

(1. 四川理工学院 计算机学院, 四川 自贡 643000; 2. 四川理工学院 自动化与电子信息学院, 四川 自贡 643000)

摘要: 针对传统的机械电表与普通的电子式电表根本无法满足现代智能电网的需求, 提出了采用高效的电能计量、嵌入式微控制器、3G 无线通信等多种技术, 并结合数据库管理技术, 研制出一款全新的基于物联网的智能电表系统; 文章详细阐述了系统构成、硬件与软件设计。实际测试结果表明, 基于物联网的智能电表系统精度高、误差小, 实现了电力公司、电力用户、电表三者间的数据交互, 能有效提高电力公司的管理水平。

关键词: 智能电表; 物联网; 3G; 智能电网; 电能参数

Design of Smart Meter System Based on IOT

Lan Jiming¹, Fu Changyou¹, Zhou Miaomiao²

(1. School of Computer Science, Sichuan University of Science & Engineering, Zigong 643000, China;

2. School of Electronic Information, Sichuan University of Science & Engineering, Zigong 643000, China)

Abstract: Because traditional mechanical meters and ordinary electronic meters haven't met the needs of the modern smart grid, a novel smart meter system based on Internet of Things (IOT) has been proposed in this paper. Some new technology, such as effective energy metering, embedded MCU, 3G wireless communication & Database management, has been applied in the smart meter system. The constitution of the system, the design of hardware and software have been introduced in detail in this paper. The experiment shows that the system has high precision and small error. Meanwhile the data exchange among power users, power corporations and smart meters had been accomplished effectively by the smart meter system. Furthermore the level of management for power corporations has been promoted.

Key words: smart meter; IOT; 3G; smart grid; energy parameters

0 引言

随着我国智能电网的全面建设, 电表作为智能电网的终端环节, 我们对它的功能提出了更高的要求: 不仅要实现对原始电能数据的采集、计量和显示, 还要实现电能数据的交互功能, 即除了让电力用户能及时、准确地了解其用电信息以外, 还要能帮助用户进行用电方案优化、降低用电成本、实施能效管理。此外, 还需实现电网的信息化、自动化、互动化。仅仅具有电能计量功能的机械式电表与普通的数字式电表已根本无法满足现代智能电网的需求。因此, 电力企业迫切需要一种功能更完善、全面、先进的并能实现电力公司与电力用户间数据交互的新型智能电表^[1-3]。

为此, 本文采用高效的电能计量技术、嵌入式微控制器技术、3G 无线通信技术, 并结合数据库管理系统, 设计出基于物联网的智能电表系统, 以实现电力公司、电力用户、电表间的交互式无线数据通信, 从而有效促进电力公司的管理水平与服务水平。

1 系统总体设计

基于物联网的智能电表系统由多个智能电表与电力管理中心构成, 它们之间通过 3G 技术实现无线数据通信, 如图 1 所示。

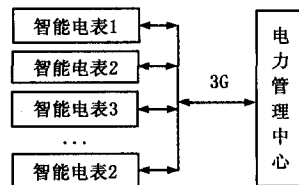


图 1 系统功能框图

智能电表的功能是实时监测电力用户用电情况（如电压、电流、功率、电能等相关参数）、电网运行状态（如功率因数、相角、线频率及谐波等相关参数）、存储、事件记录（如故障或异常事件、窃电事件等）及预警等操作。同时, 智能电表将所监测到的各种电能参数与额定电能参数进行比较、分析, 判断其是否超出额定值, 如果超出, 则产生相应的故障预警信号与控制操作。智能电表还把电能参数通过 3G 无线传送到电力管理中心。此外, 智能电表也接收从电力管理中心发来的各种控制指令, 并根据指令类型进行相应的控制操作或数据处理。为此, 智能电表由电能参数采集器、嵌入式微处理器、3G 无线通信、控制操作、实时时钟与 LCD 显示等模块构成。其中, 电能参数采集器则由电压互感器、电流互感器、单相电能计量芯片构成。智能电表的功能框图如图 2 所示。电力管理中心则是基于高级语言 VC++ 开发的管理系统, 其功能为接收智能电表发来的相关电能参数, 并自动存储、分类、比较、判定, 使电力管理人员能及时、准确地掌握各个电力用户的用电情况和电网的运行状态。同时, 电力管理人员也可通过该管理系统主动查询、了解、掌握各个智能电表的工作情况和电网的运行状态以及对某指定智能电表进行相关控制操作。

收稿日期: 2013-02-05; 修回日期: 2013-04-13。

基金项目: 四川省教育厅科研项目(13zb0137); 国家级大学生创新创业训练计划(201210622016); 四川理工学院科技项目(2012KY10)。

作者简介: 蓝集明(1973-), 男, 富顺人, 硕士, 讲师, 主要从事物联网及其相关技术的研究。

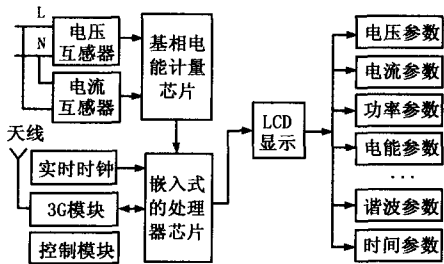


图2 智能电表功能框图

2 关键技术点电路设计

2.1 电能参数采集模块电路设计

电能参数采集器是整个智能电表的核心组成部分,采用单相多功能计量芯片 ATT7059 来实现。该芯片内部含有二路 19-bit Sigma-Delta A/DC 转换器,支持 3000:1 的动态范围,采用 SPI 通信方式。同时支持有功、无功、视在功率和有功电能脉冲输出,并且还含有相关的寄存器^[4]。其电路设计如图 3 所示。

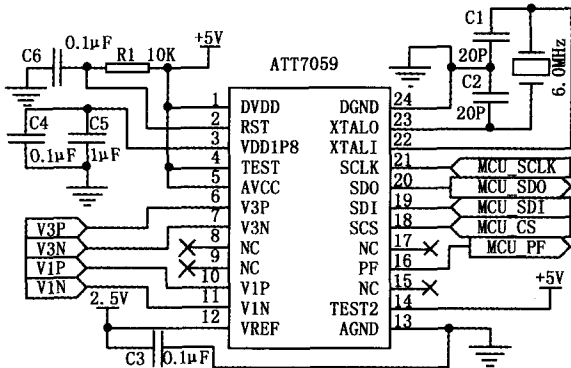


图3 智能电表电路设计图

2.2 3G 无线通信模块电路设计

3G 无线通信采用 MC8630 模块,其支持 CDMA2000 1X/EV-DO Rev. A 与 CDMA2000 1X 网络,同时也支持 800 MHz 与 1900 MHz 双频。具有语音、短信、数据业务功能。其数据业务前向峰值数据速率可达 3.1 Mbit/s,反向峰值数据速率 1.8 Mbit/s,可以为用户提供经济型高速互联网接入和无线数据等业务。使用 AT 指令,通过 MC8630 的 USB 串行接口对其进行读写操作控制^[5]。MC8630 的 UIM_DATA、UIM_CLK、UIM_RST 分别与 UIM 卡座的 Data、Clock、Reset 引脚相连,其电路设计如图 4 所示。

2.3 系统 MCU 电路设计

由于模块 MC8630 与外部器件通信采用 USB 接口,因此要求系统 MCU 必须含有 USB 接口,于是采用嵌入式单片机 AT83C5136。该芯片是一款带有全速 USB 功能的高性能 8 位嵌入式微处理器。其采用 80C52 内核,含有 32K 字节的片上 ROM,32K 字节的 E²PROM,并扩展了 1K 字节的 RAM。同时,支持 USB2.0 协议,支持全双工的 UART 通信,有 TWI、SPI 总线接口,34 个 I/O 口^[6]。其电路设计如图 5 所示。

2.4 实时时钟电路设计

为了确保整个智能电表系统的实时性,采用 DS1302 作为系统实时时钟。该芯片具有标准 I²C 串行接口,系统 MCU 可

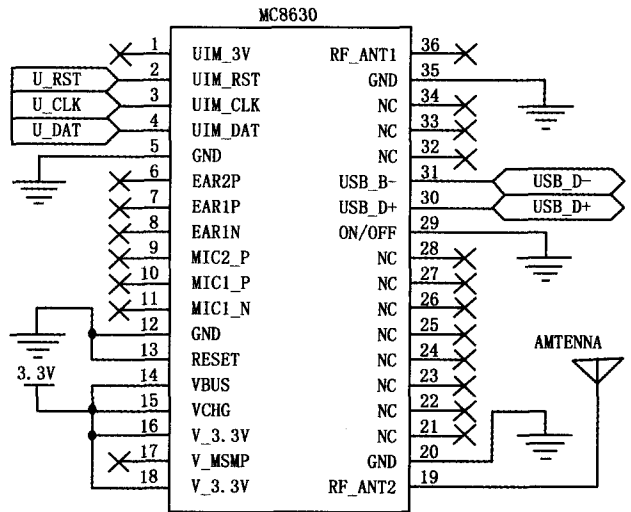


图4 MC8630 模块电路设计图

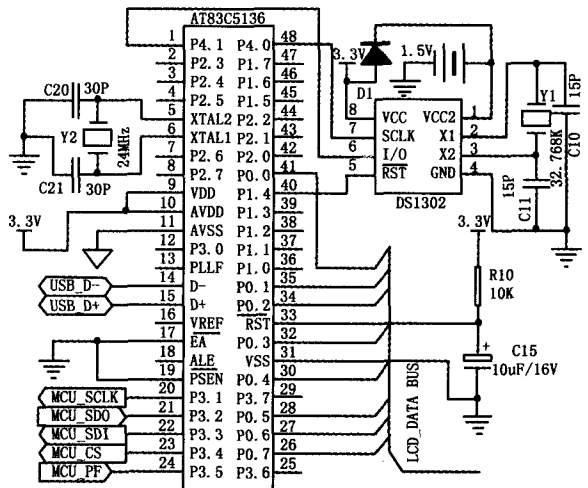


图5 系统 MCU 电路设计图

利用该接口读写实时时钟寄存器(包括年、月、日、星期、时、分、秒等时间寄存器、报警寄存器、控制寄存器、通用 SRAM 寄存器)^[7]。该芯片与系统 MCU 的连接如图 5 的右上方所示。

3 相关程序设计

3.1 电能参数读取子程序

通过 SPI 总线,从 ATT7059 读出电能参数,其主要程序如下所示。

```
void Read_SPI(unsigned char data)
{
    SPI_CS=0;
    for(i=0;i<8;i++)
    {
        SPI_CLK=0;
        SPI_CLK=1;
        rByte<<=1;
        rByte|=SPI_SO;
    }
    return rByte
}
```

(下转第 2026 页)

参考文献:

- [1] 孙利民, 李建中, 陈渝, 等. 无线传感器网络 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.
- [2] Aspnes J, Goldenberg D, Yang Y R. On the computational complexity of sensor network localization [A]. Proceedings of First International Workshop on Algorithmic Aspects of Wireless Sensor Networks [C]. 2004: 32-44.
- [3] Kannan A A, Guoqiang Mao, Vucetic B. Simulated annealing based localization in wireless sensor network [A]. Proceedings of the 30th Annual IEEE Conference on Local Computer Networks (LCN) [C]. 2005: 513-514.
- [4] 叶蓉, 赵灵. 基于蚁群粒子群混合的无线传感器网络定位算法 [J]. 计算机测量与控制, 2011, 19 (3): 732-735.
- [5] Li H, Xiong S W, Liu Y, et al. A Localization Algorithm in Wireless Sensor Networks Based on PSO [J]. Computer Science, 2011,

(6729): 200-206.

- [6] Storn R, Price K. Differential evolution—a simple and efficient heuristic for global optimization over continuous space [J]. Journal of Global Optimization, 1997, 11 (4): 341-359.
- [7] 刘波, 王凌, 金以慧. 差分进化算法研究进展 [J]. 控制与决策, 2007, 22 (7): 721-729.
- [8] 赵仕俊, 孙美玲, 唐懿芳. 基于遗传模拟退火算法的无线传感器网络定位算法 [J]. 计算机应用与软件, 2009, 26 (10): 189-192.
- [9] Wu Y C, Lee W P, Chien C W. Modified the Performance of Differential Evolution Algorithm with Dual Evolution Strategy [A]. Proceedings of International Conference on Machine Learning and Computing [C]. 2011: 57-63.
- [10] 孙美玲. 基于遗传算法的无线传感器网络节点自身定位算法研究 [D]. 青岛: 中国石油大学, 2009.

(上接第 2019 页)

.....

```
SPI_CS=1;
}
```

3.2 MC8630 USB 读写操作子程序

AT83C5136 与 MC8630 通信通过 USB 接口来实现的, 其主要程序如下。

```
void USB_Read_Write()
{ if (uart_test_hit())
    { buff[uart_usb_index++] = uart_getchar();
      if (uart_usb_tx_ready())
      { for(j=0;j<uart_usb_index;j++)
        { uart_usb_putchar(buff[j]); }
        uart_usb_index=0;
      } }
    ....
    if (uart_tx_ready())
    { if (uart_usb_test_hit()) { uart_putchar(uart_usb_getchar());
    } } }
```

4 电能参数采集与实测对比

以 PHILIPS 公司生产的 40W/230V_{AC}、60W/230V_{AC}、100W/230V_{AC} 灯泡作为本智能电表系统的被测对象, 并对其实时在线监测, 同时也使用高精度功率分析仪 PA6000 作为计量工具, 两种设备所测试的电能参数值如表 1 所示。

表 1 不同负载时的两种设备测试的相关电能参数值

参数名称	负载:40W/230V		负载:60W/230V		负载:100W/230V	
	监测值	计量值	监测值	计量值	监测值	计量值
U(V)	237.13	236.48	236.40	235.98	236.51	236.49
I(A)	0.175	0.176	0.259	0.261	0.431	0.434
P(W)	41.48	41.61	61.23	61.58	101.94	102.63
f(Hz)	50.11	50.09	49.98	49.99	50.06	50.03

注: U (V) 表示交流电压, V 为其单位伏; I (A) 为交流电流, A 为其单位安培, P (W) 为功率, W 为其单位瓦特; f (Hz) 表示线频率, Hz 为其单位赫兹。

由公式:

$$\Delta \text{误差} = \frac{|\text{测量值} - \text{计量值}|}{\text{计量值}} \times 100\%, \text{ 可以计算出电能}$$

参数的各项误差。下面为电压、电流、功率等参数的最大误差值:

$$\Delta U = \frac{|237.13 - 236.48|}{236.48} \times 100\% = 0.275\%$$

$$\Delta I = \frac{|0.261 - 0.259|}{0.261} \times 100\% = 0.766\%$$

$$\Delta P = \frac{|102.63 - 101.94|}{102.63} \times 100\% = 0.672\%$$

由此可见, 本智能电表系统所测试的电能参数精度高、误差小, 优于计量所要求的精度与误差, 完全满足实际生产的需求。

5 结束语

基于物联网的智能电表系统不仅能实时在线监测、显示电力用户的各项电能参数, 而且通过物联网技术实现了实现电力公司、电力用户及电表三者间的数据通信, 从而有效提升电力公司的管理水平与供电服务水平。

参考文献:

- [1] 宋树祥, 韦正丛, 梁承福, 等. 基于低压电力载波通信的单相智能电表的设计 [J]. 计算机测量与控制, 2012, 20 (6): 1711-1713.
- [2] 静恩波. 智能电网发展技术综述 [J]. 低压电器, 2010, 6: 14-18.
- [3] 聂 殉. 对智能电网中智能电表技术的展望 [J]. 湖北电力, 2010, 34 (3): 47-48.
- [4] 炬泉光电科技 (上海) 股份有限公司. ATT7059BU 用户手册 Rev0.7 [M]. 炬泉光电科技 (上海) 股份有限公司.
- [5] 中兴通讯股份有限公司. MC8630 模块用户硬件设计手册 V1.3 [M]. 中兴通讯股份有限公司, 2009.
- [6] Atmel Corporation. Datasheet of AT83C5136 Rev. C [EB/OL]. <http://www.atmel.com/Images/doc7683.pdf>, 2007, 11.
- [7] Maxim Corporation. Datasheet of DS1302 [EB/OL]. <http://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS1302.pdf>.